

Работа 2.1.3 Определение показателя адиабаты по скорости звука в газе

Иван Сладков

18 февраля 2022 г.

1 Аннотация

В данной работе производится измерение частоты колебаний и длины волны при резонансе звуковых колебаний в газе, заполняющем трубу, а также определение показателя адиабаты с помощью уравнения состояния идеального газа.

2 Теоретические сведения

Скорость распространения звуковой волны в газах зависит от показателя адиабаты γ . Скорость звука в газах определяется формулой

$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}}. \quad (1)$$

Преобразуя эту формулу найдём

$$\gamma = \frac{\mu}{RT} c^2. \quad (2)$$

Таким образом, для определения показателя адиабаты достаточно измерить температуру газа и скорость распространения звука (молярная масса газа предполагается известной).

Если длина трубы равна целому числу полуволен, то

$$L = n\lambda/2, \quad (3)$$

где L — длина трубы, λ — длина волны, и $n \in \mathbb{N}$.

В данном опыте длина трубы постоянна, поэтому для последовательных резонансов применимы следующие формулы:

$$L = \frac{\lambda_{k+1}}{2}(n+k) \quad (4)$$

$$f_{k+1} = f_1 + \frac{c}{2L}k \quad (5)$$

3 Оборудование и инструментальные погрешности

Установка, использованная в данном опыте, изображена на рисунке 1. Для определения показателя адиабаты γ применялась установка с нерегулируемой длиной трубы. В ходе опыта, с помощью звукового генератора (ГЗ) регулировалась частота производимого звука с целью получения резонанса.

Длина трубы: $l = 79.5 \pm 0.5$ см

Температура газов: $T = 297.6 \pm 0.1$ К

Погр. звукового генератора: $\Delta = \pm 10$ Гц

4 Результаты измерений и обработка данных

Результаты измерений представим в виде таблицы 1. Проверена повторяемость результатов при возрастании и убывании частот. 10-й резонанс при измерениях для воздуха получить не удалось. Это может быть связано с высокой чувствительностью ручки «Частота» звукового генератора.

Построим график 2, отображающий зависимость между k и $f_{k+1} - f_1$. В таком графике, согласно формуле (5), угловой коэффициент равен $\frac{c}{2L}$, откуда получим скорость звука: $c = 2Lk$, зная её, можем определить показатель адиабаты из формулы (2); посчитаем погрешности. Занесём результаты в таблицу 2.

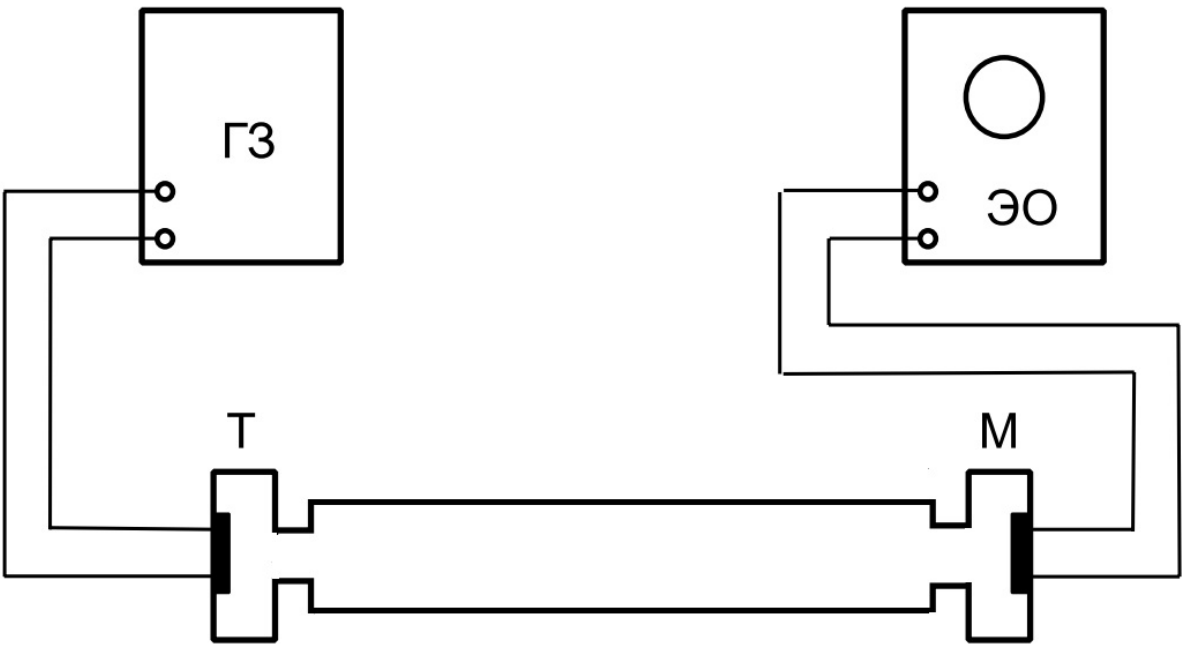


Рис. 1: Установка для определения показателя адиабаты

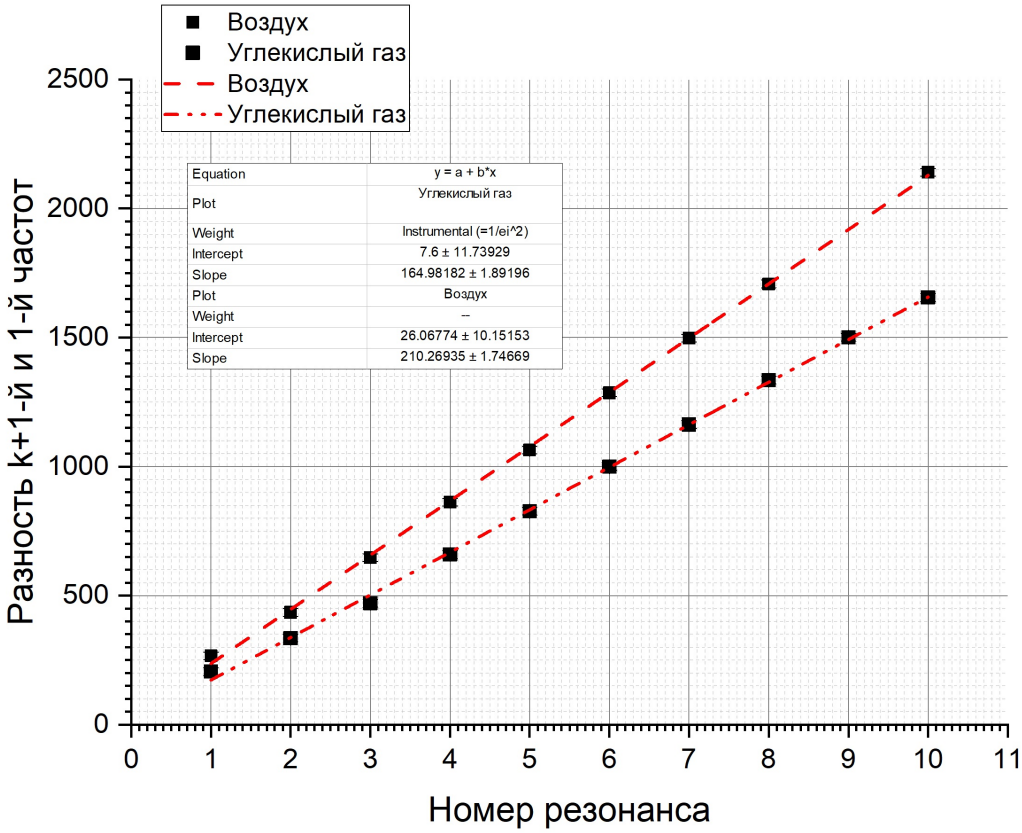


Рис. 2: Зависимость разности частот от номера резонанса

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\nu(\text{O}_2)$, Гц	220	586	655	867	1082	1284	1506	1718	1928	—	2361
$\nu(\text{CO}_2)$, Гц	175	380	510	645	834	1002	1175	1338	1510	1676	1830

Таблица 1: Результаты измерений

	k	Скорость звука, см/с	Молярная масса, г/моль	Показатель адиабаты
Воздух	210 ± 2	33430 ± 350	29	1.30 ± 0.03
CO₂	165 ± 2	26230 ± 340	48	1.33 ± 0.03

Таблица 2: Расчёт показателя адиабаты

5 Вывод

Произвели измерение частоты колебаний и длины волны при резонансе звуковых колебаний в газе, заполняющем трубу при её постоянной длине. На основе этих данных рассчитали скорости звука в воздухе и углекислом газе; они оказались близки к табличным значениям. Это говорит о неплохой точности метода. С помощью уравнения состояния идеального газа определили показатели адиабаты каждого газа.