

Лабораторная работа 2.1.3  
Определение  $\frac{C_p}{C_v}$  по скорости звука в газе

Вячеслав Ждановский, студент 611 группы ФРКТ

Шамиль Вагабов, студент 611 группы ФРКТ

Станислав Токарев, студент 611 группы ФРКТ

25 апреля 2017 г.

**Цель работы:** 1) измерение частоты колебаний и длины волны при резонансе звуковых колебаний в газе, заполняющем трубу 2) определение показателя адиабаты с помощью уравнения состояния идеального газа

**В работе используются:** звуковой генератор ГЗ; электронный осциллограф ЭО; микрофон; телефон; раздвижная труба; теплоизолированная труба, обогреваемая водой из термостата; баллон со сжатым углекислым газом; газгольдер

**Теоретические сведения:** Скорость распространения звуковой волны в газах зависит от показателя адиабаты  $\gamma$ .

Скорость звука в газах определяется формулой:

$$c = \sqrt{\gamma \frac{RT}{\mu}} \Rightarrow \gamma = \frac{\mu}{RT} c^2 \quad (1)$$

Звуковая волна, распространяющаяся вдоль трубы, испытывает многократные отражения от торцов. Звуковые колебания в трубе являются наложением всех отражённых волн и, вообще говоря, очень сложны. Картина упрощается, если длина трубы  $L$  равна целому числу полуволн, то есть когда

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

Если это условие выполнено, то волна, отражённая от торца трубы, вернувшись к её началу и вновь отражённая, совпадает по фазе с падающей. Совпадающие по фазе волны усиливают друг друга  $\rightarrow$  амплитуда возрастает  $\rightarrow$  наступает резонанс.

При звуковых колебаниях слои газа, прилегающие к торцам трубам, не испытывают смещения. Узлы смещения повторяются по всей длине трубы через  $\lambda/2$ . Между узлами находятся максимумы смещения (пучности).

Скорость звука связана с его частотой  $f$  и длиной волны  $\lambda$  соотношением  $c = \lambda f$ .

Подбор условий, при которых возникает резонанс, можно производить двумя способами:

а) при неизменной частоте  $f$  и переменной  $L$ , тогда для последовательных резонансов  $L_{n+k} = n\lambda/2 + k\lambda/2$  б) при неизменной длине  $L$  и переменной  $f$ , тогда для последовательных резонансов:

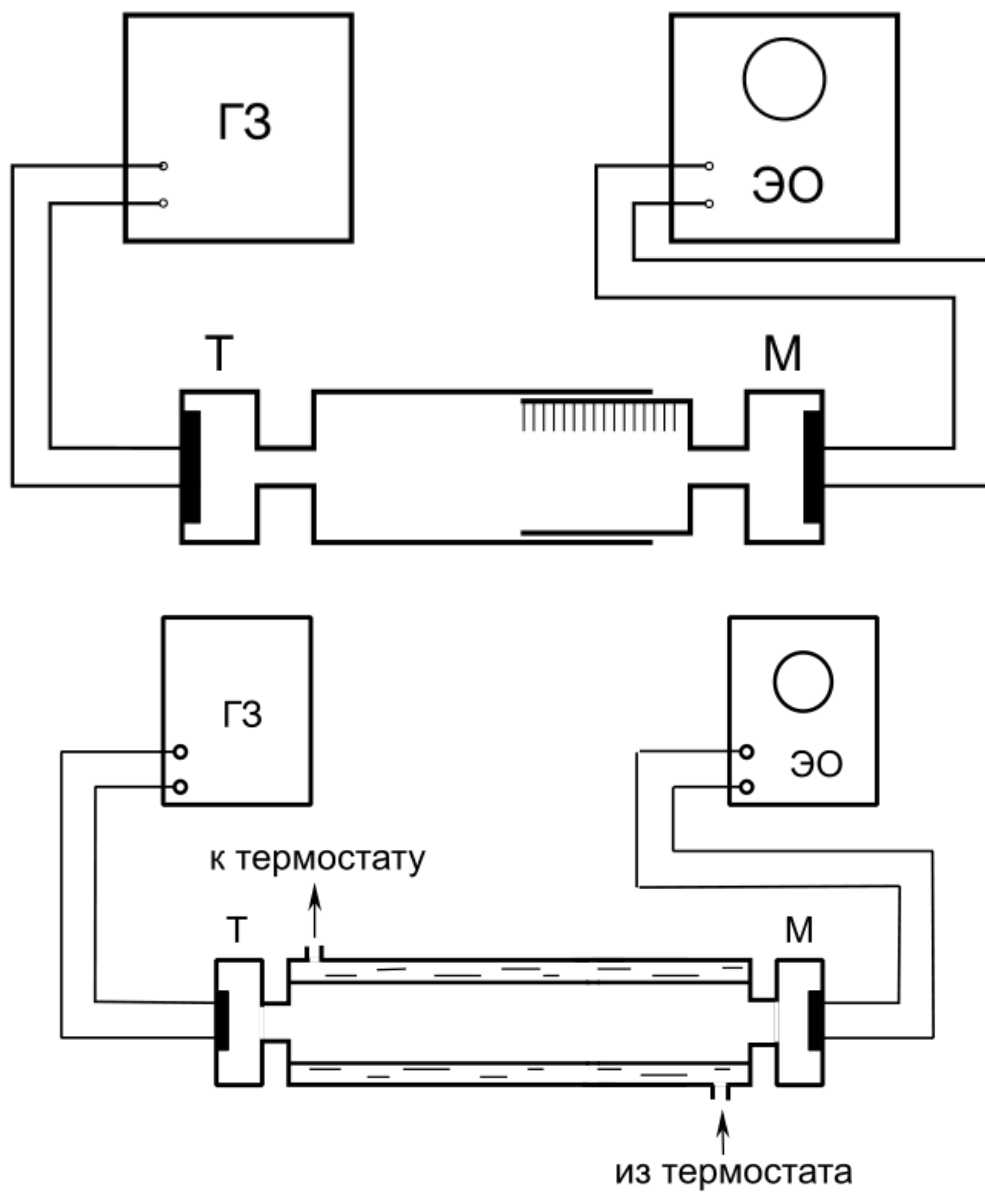
$$L = \frac{\lambda_{k+1}}{2} (n+k) \quad (3)$$

Получаем:

$$f_{k+1} = f_1 + \frac{c}{2L} k \quad (4)$$

Скорость звука, деленная на  $2L$ , определяется, таким образом, по угловому коэффициенту графика зависимости частоты от номера резонанса.

**Экспериментальная установка:**



**Описание работы установки:** Звуковые колебания в трубе возбуждаются телефоном Т и улавливаются микрофоном М. Мембрана телефона приводится в движение переменным током звуковой частоты; в качестве источника переменной ЭДС используется звуковой генератор ГЗ. Возникающий в микрофоне сигнал наблюдается на осциллографе ЭО. Микрофон и телефон присоединены к установке через тонкие резиновые трубки. Тонкая связь достаточна для возбуждения и обнаружения звуковых колебаний в трубе и в то же время мало возмущает эти колебания: при расчётах оба торца трубы можно считать неподвижными, а влиянием соединительных отверстий пренебречь.

**Ход работы:**  $L = (370 \pm 5 \text{ mm})$  - длина трубы.  $p = 767$  мм. рт. ст. Плавнo увеличивая частоту генератора, получим ряд последовательных резонансных значений частоты, отмечая момент резонанса по увеличению амплитуды колебаний на экране осциллографа.

k, номер резонанса	1	2	3	5	6	7
f, Hz	477	931	1428	2315	2775	3238

Таблица 1: Измерения для  $t = 21 \pm 0.2^\circ \text{C}$

k, номер резонанса	1	2	3	5	6	7
f, Hz	482	941	1440	2342	2812	3827

Таблица 2: Измерения для  $t = 30 \pm 0.2^\circ \text{C}$

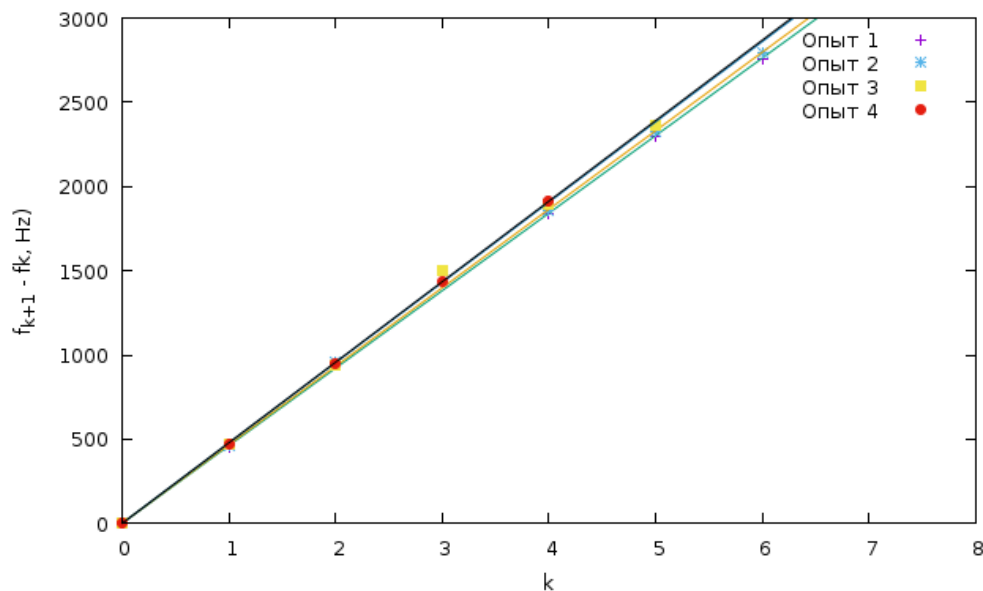
k, номер резонанса	1	2	3	4	5	6
f, Hz	489	958	1429	1967	2380	2853

Таблица 3: Измерения для  $t = 40 \pm 0.2^\circ \text{C}$

k, номер резонанса	1	2	3	4	5
f, Hz	499	972	1451	1935	2415

Таблица 4: Измерения для  $t = 50 \pm 0.2^\circ \text{C}$

Построим графики зависимостей  $f_{k+1} - f_1$  от  $k$ . Найдем коэффициенты наклона прямых:



$$k_1 = 460.5 \pm 3.0 \text{ Hz} \quad (5)$$

$$k_2 = 466.3 \pm 1.6 Hz \quad (6)$$

$$k_3 = 476.7 \pm 5.5 Hz \quad (7)$$

$$k_4 = 478.3 \pm 0.7 Hz \quad (8)$$

Отсюда найдем скорости звука и показатели адиабат.

№ опыта	c, м/с	$\gamma$
1	$340.8 \pm 5.1$	$1.38 \pm 0.02$
2	$345.1 \pm 4.8$	$1.36 \pm 0.03$
3	$352.8 \pm 6.2$	$1.38 \pm 0.04$
3	$354.0 \pm 4.8$	$1.36 \pm 0.03$

Таблица 5: Полученные результаты

**Подведение итогов:** данный метод позволяет получить достаточно точные значения показателя адиабаты.

Большую погрешность в результат эксперимента вносит изменение температуры в помещении, а также возможная негерметичность трубы и примеси в газах.