

Ярославский государственный педагогический
университет им. К. Д. Ушинского

Кафедра общей физики
Лаборатория молекулярной физики
и термодинамики

Лабораторная работа № 6а
Определение отношения C_p/C_V
воздуха методом
СТОЯЧИХ ЗВУКОВЫХ ВОЛН

Ярославль
2015

Оглавление

1.	Вопросы для подготовки к работе	3
2.	Краткая теория	3
3.	Выполнение работы и обработка результатов	5
	Задание 1.	5
	Задание 2.	5
4.	Контрольные вопросы	6
5.	Содержание отчета	7

Составители: Т.Н. Спиридонова, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры общей физики
В.К. Мухин, старший преподаватель кафедры общей физики

Лабораторная работа № 6а

Определение отношения $\frac{C_p}{C_v}$ воздуха методом стоячих звуковых волн

Цель работы:

- знакомство с одним из методов определения $\frac{C_p}{C_v}$,
- сравнение результатов эксперимента с теорией.

Приборы и принадлежности: звуковой генератор ЗГ-10, сосуд с водой, специальная шкала на стене, динамическая головка (громкоговоритель), соединенная с выходом звукового генератора.

Литература:

1. Детлаф А.А. Курс общей физики. М., 2007.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. т. 1. СПб., 2007.
3. Гершензон Е.М. и др. Молекулярная физика. М., 2000.

1. Вопросы для подготовки к работе

1. Образование стоячих волн, уравнение стоячей волны, его анализ.
2. Скорость звука в газах.
3. Адиабатический процесс, показатель адиабаты.
4. Расчетная формула; измерение величин, входящих в нее.

2. Краткая теория

При отражении звуковой волны от препятствия при определенном условии (см. ниже задание 2 страница 6) образуются стоячие волны с распределением смещений, даваемым формулой:

$$y = 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \omega t,$$

где y — смещение точки среды, находящейся на расстоянии x от источника колебаний,
 A — амплитуда,
 ω — частота колебаний.

Амплитуда стоячей волны зависит от положения рассматриваемой точки. Смещение максимально при условии, что

$$\cos \frac{2\pi}{\lambda} x = 1,$$

тогда

$$y = 2A.$$

Это пучности стоячей волны. Расстояние между двумя соседними пучностями (или узлами, если $y = 0$) равно половине длины бегущей волны.

Измерив это расстояние, можно найти длину волны и скорость звука в среде:

$$v = \lambda \nu, \tag{2.1}$$

где λ — длина волны,
 ν — частота собственных колебаний столба воздуха, равная при резонансе частоте вынуждающих колебаний.

Скорость звука в сплошной среде можно определить также следующим образом:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

где E — модуль Юнга среды,
 ρ — ее плотность.

Процесс распространения акустических волн можно считать адиабатным, поэтому в газе

$$v_0 = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho_0}}, \tag{2.2}$$

3. Выполнение работы и обработка результатов

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ — отношение теплоемкостей,
 P — давление,
 ρ_0 — плотность при 0°C .

При расчетах скорости звука необходимо учесть температурную зависимость плотности:

$$\rho_t = \rho_0 \frac{1}{1 + \alpha t},$$

где t — температура в $^\circ\text{C}$,
 α — коэффициент расширения воздуха,
 $\alpha = 0,004$.

С учетом этой зависимости получим:

$$v = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho_t}} = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho_0} (1 + \alpha t)}. \quad (2.3)$$

3. Выполнение работы и обработка результатов

Задание 1.

Приравняв выражения (2.1) и (2.3), получите расчетную формулу для γ .

Определите атмосферное давление P и температуру воздуха t .

Плотность воздуха при данном давлении и 0°C найдите в справочнике.

Задание 2.

Источником колебаний в данной работе является мембрана динамической головки, соединенной с выходом звукового генератора. Головка расположена на вертикальном сосуде. Частота генератора (вынужденных колебаний) может быть различна в зависимости от положения регулятора частоты. Громкость звука также регулируется.

Воздушный столб в сосуде звучит максимально громко, когда в нем устанавливается стоячая волна, которая возникает, если четверть длины волны укладывается на длине воздушного столба нечетное число раз. Изменяя длину этого столба, добиваются резонанса, то есть совпадения частот собственных и вынужденных колебаний.

Включите генератор в сеть и установите частоту 500 Гц (или по указанию преподавателя) и отрегулируйте громкость. Перемещением воды в сосуде добейтесь наступления максимальной громкости звука. Отметьте при этом положение уровня воды на шкале. Найдите следующее (соседнее) положение уровня, при котором громкость максимальна.

Разность этих показаний даст половину длины волны λ .

Повторите измерения при той же частоте 5 – 7 раз. Результаты измерений занесите в таблицу:

Таблица 1

№	x_1	x_2	$\lambda = 2\Delta x$	γ	$\Delta\gamma$	$(\Delta\gamma)^2$
1						
2						
3						
⋮						
Сумма	X	X	X		X	
Среднее	X	X	X		X	X

Рассчитайте отдельные значения γ и её среднее значение. Обработайте результаты.

Сравните полученное значение с результатом расчета по классической теории.

4. Контрольные вопросы

1. Сущность изученного метода, вывод расчетной формулы γ .

5. Содержание отчета

2. Почему процесс распространения звука можно считать адиабатическим?
3. Какие еще существуют методы определения γ ?

5. Содержание отчета

Название работы, её цель, вывод расчётной формулы, таблица результатов наблюдений и вычислений, краткие выводы с анализом результатов эксперимента.