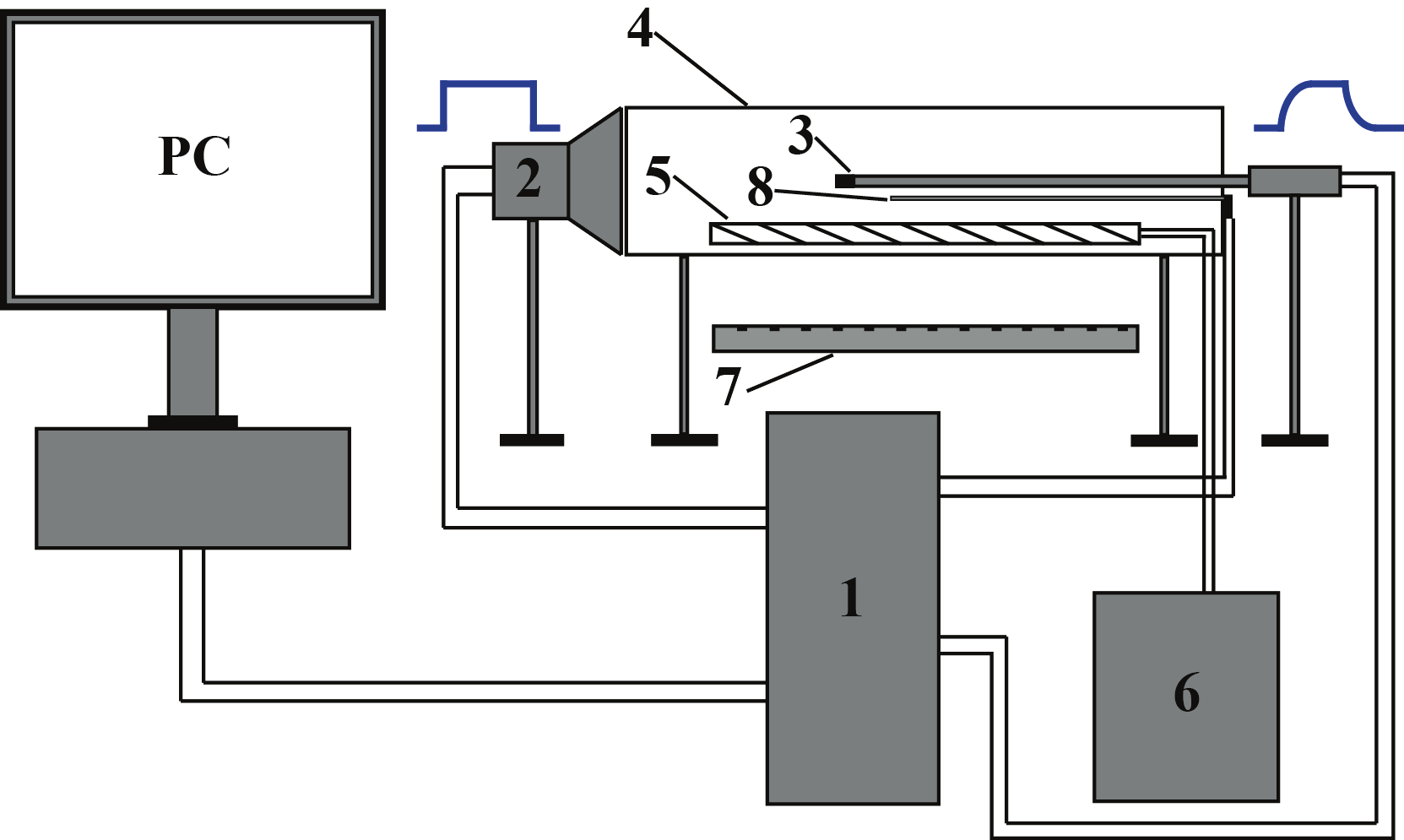
**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ**

*Поляков Даниил, Б23-ФЗ*

**Цель работы:** определение скорости звука в воздухе методом «динамика и микрофона», изучение зависимости скорости звука от температуры.

**Схема установки и оборудование:**



1. Блок преобразования электрических сигналов;
2. Динамик;
3. Микрофон;
4. Трубка, в которой распространяется звуковая волна;
5. Нагреватель воздуха в трубке;
6. Блок питания нагревателя воздуха;
7. Линейка;
8. Термопара для измерения температуры воздуха в трубке;

* Компьютер с ПО CASSY Lab.

**Расчётные формулы:**

* Скорость звука:

– измеренное расстояние между

динамиком и микрофоном;

– поправка на неопределённость

положения источника звука;

– время между отправкой и

приёмом звукового сигнала.

* Поправка на положение источника звука:

– измеренное расстояние между

динамиком и микрофоном в

1-ом положении;

– измеренное расстояние между

динамиком и микрофоном во

2-ом положении;

– время между отправкой и

приёмом звукового сигнала в

1-ом положении;

– время между отправкой и

приёмом звукового сигнала во

2-ом положении.

* Теоретическая зависимость скорости звука от температуры:

– температура воздуха в °C;

– температура воздуха в °K;

– газовая постоянная;

– показатель адиабаты;

– молярная масса воздуха.

* Формулы для вычисления погрешностей:
  + Стандартное отклонение измеряемой величины:
  + Относительная погрешность косвенных измерений:
  + ;
  + ;

**Методика измерений**

1. Запустим ПО CASSY Lab и установку. Расположим микрофон на расстоянии до динамика, примерно равном , измеренном линейкой. Проведём серию из **5** измерений времени между отправкой и приёмом звукового сигнала в установке. Переместим микрофон на расстояние и аналогично измерим . Вычислим поправку .
2. Определим зависимость скорости звука от температуры. Зафиксируем положение микрофона и измерим при начальной температуре . Включим нагреватель воздуха в трубке. Постепенно увеличивая температуру трубки, будем снимать соответствующие значения времени и температуры . После того, как температура воздуха в трубке достигнет 60 °C, выключим нагреватель и повторим измерения в обратном направлении, при остывании воздуха.

**Таблицы и обработка данных**

Коэффициенты наклона графиков (и их погрешности) прямых зависимостей найдём по методу наименьших квадратов.

Погрешность расстояний, измеренных линейкой, примем равной половине цены деления: .

***1. Определение поправки***

**Таблица 1.** *Результаты исследования зависимости* ***∆t(S)***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |
| 1 | 20±0.05 | 0.4987 | 0.49876±0.00013 |
| 0.4987 |
| 0.4987 |
| 0.4987 |
| 0.4990 |
| 2 | 40±0.05 | 1.0945 | 1.09478±0.00018 |
| 1.0948 |
| 1.0948 |
| 1.0950 |
| 1.0948 |

Вычислим поправку ***∆S*** и её погрешность:

Теперь можно найти значение скорости звука. Измерения проводились при температуре . При расчёте будем использовать результаты при .

***2. Исследование зависимости скорости звука от температуры***

Зафиксируем положение микрофона в положении . При этом реальное расстояние от источника звука до приёмника равно .

**Таблица 2.** *Результаты исследования зависимости* ***с(θ)***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № |  |  |  |  |  |
| 1 | 22.2 | 1.0905 | 336.9 | 344.6 | -2.24 |
| 2 | 25.0 | 1.0885 | 337.5 | 346.2 | -2.52 |
| 3 | 30.1 | 1.0810 | 339.8 | 349.2 | -2.68 |
| 4 | 32.5 | 1.0792 | 340.4 | 350.6 | -2.90 |
| 5 | 35.1 | 1.0783 | 340.7 | 352.0 | -3.23 |
| 6 | 37.5 | 1.0770 | 341.1 | 353.4 | -3.48 |
| 7 | 40.0 | 1.0763 | 341.3 | 354.8 | -3.81 |
| 8 | 42.6 | 1.0742 | 342.0 | 356.3 | -4.02 |
| 9 | 45.0 | 1.0730 | 342.4 | 357.7 | -4.27 |
| 10 | 47.4 | 1.0713 | 342.9 | 359.0 | -4.48 |
| 11 | 50.0 | 1.0653 | 344.8 | 360.5 | -4.33 |
| 12 | 52.5 | 1.0628 | 345.7 | 361.8 | -4.47 |
| 13 | 55.1 | 1.0598 | 346.6 | 363.3 | -4.58 |
| 14 | 57.5 | 1.0573 | 347.5 | 364.6 | -4.71 |
| **15** | **60.0** | **1.0555** | **348.0** | **366.0** | **-4.90** |
| 16 | 56.9 | 1.0590 | 346.9 | 364.3 | -4.77 |
| 17 | 54.9 | 1.0613 | 346.1 | 363.2 | -4.69 |
| 18 | 52.5 | 1.0628 | 345.7 | 361.8 | -4.47 |
| 19 | 49.9 | 1.0643 | 345.2 | 360.4 | -4.23 |
| 20 | 47.5 | 1.0665 | 344.5 | 359.1 | -4.07 |
| 21 | 45.0 | 1.068 | 344.0 | 357.7 | -3.82 |
| 22 | 42.4 | 1.0695 | 343.5 | 356.2 | -3.57 |
| 23 | 39.9 | 1.0712 | 342.9 | 354.8 | -3.33 |
| 24 | 37.5 | 1.0730 | 342.4 | 353.4 | -3.12 |
| 25 | 35.0 | 1.0750 | 341.7 | 352.0 | -2.91 |
| 26 | 32.2 | 1.0773 | 341.0 | 350.4 | -2.68 |
| 27 | 29.7 | 1.0800 | 340.2 | 348.9 | -2.52 |
| 28 | 27.5 | 1.0835 | 339.1 | 347.7 | -2.48 |

Здесь в таблице – экспериментально полученная скорость звука, – вычисленная по формуле (теоретическая) скорость звука.



**График 2.1.** *Зависимость экспериментально полученной скорости звука* (•) *и теоретически вычисленной* (▪) *от температуры воздуха*

Полученные графики напоминают прямые, что связано с коротким диапазоном изменения температуры.

Теперь изобразим графики линеаризованных зависимостей и :

**

**График 2.2.** *Зависимость квадратов экспериментально полученной скорости звука* (•) *и теоретически вычисленной* (▪) *от температуры воздуха*

Коэффициенты наклона графиков:

**Выводы**

В результате эксперимента была получена скорость звука в воздухе при нормальных условиях и температуре :

Это значение совпадает с теоретическим.

При исследовании зависимости скорости звука от температуры, были получены значения скорости, близкие к теоретическим. Однако, процентное отклонение было не постоянным – оно увеличивалось с увеличением температуры, вплоть до 4.9% при 60 °C. После линеаризации графиков **с(θ)** можно наблюдать большую разницу экспериментально и теоретически полученных коэффициентов наклона:

Теоретически коэффициент вычисляется как . Вряд ли свойства воздуха в комнате, где проводилась лабораторная работа, так сильно отличаются от средних. Скорее всего это различие связано с неправильной калибровкой экспериментальной установки или термопары, но также может быть связано с малым диапазоном рассмотренных температур. Также мы не учитывали уменьшение показателя адиабаты с ростом температуры, но оно очень мало изменяется в нашем диапазоне температур. Несмотря на это, экспериментально полученные значения скорости звука достаточно близки к теоретическим в том диапазоне температур, в котором проводились измерения.