

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ И ЧАСТОТЫ МЕТОДОМ РЕЗОНАНСА

Основы теории. Методика выполнения эксперимента и описание установки

Одним из распространённых методов определения длины волны и частоты звуковых колебаний является резонансный метод.

Цель работы: опытным путём определить длину звуковой волны и частоту колебаний методом резонанса со звуковой волной воздушного столба в трубе.

Приборы и принадлежности: звуковой генератор, телефон T , труба A со шкалой, сообщающаяся со стеклянной трубкой D , слуховая трубка C , сосуд B , соединенный гибким шлангом с трубой A термометр.

При распространении звуковых волн, источником которых является телефон T (рис. 8.1), в трубе, закрытой с одного конца поршнем Π , имеет место процесс наложения волны, отраженной от поршня, на волну бегущую.

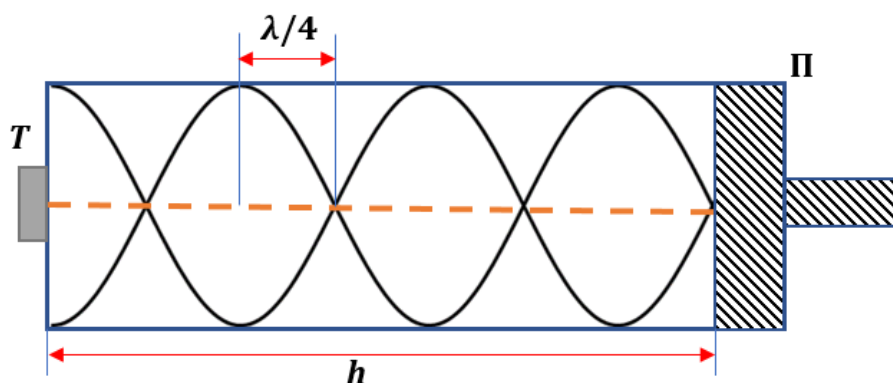


Рис. 8.1. Закрытая труба

В результате в трубе устанавливается стоячая волна с пучностью колебаний вблизи источника звука T и узлом у закрытого конца Π . Как видно из этого рисунка, возникновение стоячей волны при указанных граничных условиях возможно, если на высоте воздушного столба h укладывается нечетное число четвертей длин волн, т. е. при

$$h = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad (8.1)$$

где $k = 0, 1, 2, 3 \dots$

При соблюдении условия (8.1) частота колебаний, возбуждаемых источником T , оказывается кратной частоте собственных колебаний воздушного столба, амплитуда колебаний частиц воздуха в пучностях оказывается максимально возможной, труба настраивается в резонанс с источником звука. Таким образом резонанс наступает при высоте столба воздуха, соответственно равной

$$h_1 = \frac{\lambda}{4}, h_2 = 3 \frac{\lambda}{4}, h_3 = 5 \frac{\lambda}{4} \dots \quad (8.2)$$

Если над трубкой A (рис. 8.2), частично заполненной водой, поместить источник звука – телефон T , то при плавном изменении уровня жидкости в данной системе будет наблюдаться периодические изменения громкости звука.

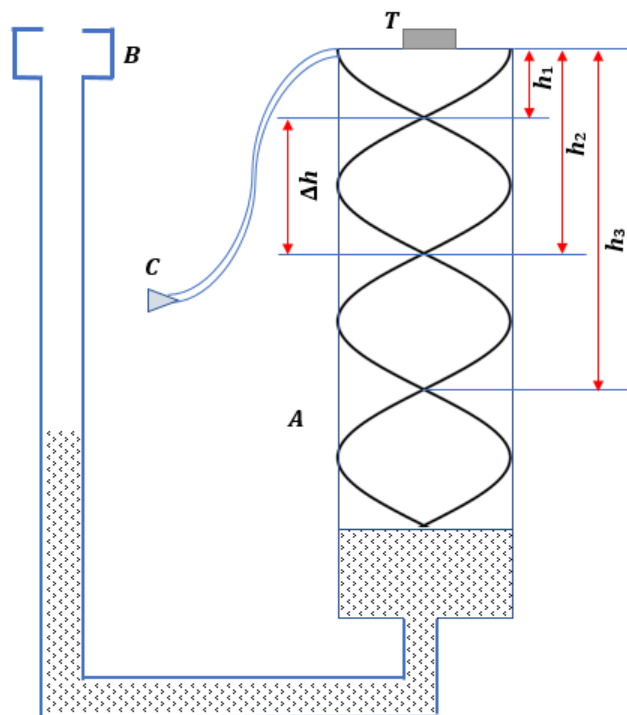


Рис. 8.2. Схема установки

Моменты наибольшей громкости звука могут быть установлены на слух и имеют место при высоте столба воздуха в трубке A равной h_1 , h_2 , h_3 и т.д. Расстояние между соседними положениями уровня воды, при которых наблюдается максимум громкости (между h_1 и h_2 , между h_2 и h_3 и т.д.), как следует из (8.2) равно

$$\Delta = h \frac{\lambda}{2}. \quad (8.3)$$

Определив Δh опытным путем, можно определить длину звуковой волны

$$\lambda = 2h. \quad (8.4)$$

Частота звуковых колебаний определяется по формуле

$$\nu = \frac{v}{\lambda}, \quad (8.5)$$

где v – скорость звука в воздухе, рассчитываемая из соотношения

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}, \quad (8.6)$$

в котором γ – коэффициент Пуассона; R – универсальная газовая постоянная; T – температура воздуха в трубе; M – молярная масса воздуха.

Выполнение работы

1. Поднимая сосуд B с водой, добиться наивысшего уровня воды в трубе A (он фиксируется по положению уровня в стеклянной трубке D), высота столба воздуха в трубе при этом наименьшая.

2. Медленно опуская сосуд B , добиться наибольшей громкости звука. Отметить по шкале положение уровня воды h . Повторить операцию еще три раза и в таблицу записать среднее значение величины h .

3. Продолжая опускать сосуд B , произвести изменения h (руководствуясь указаниями пункта 2), соответствующие еще трем следующим моментам усиления звука.

4. Найти Δh – расстояния между соседними уровнями воды в трубе A , соответствующие моментам усиления звука.

5. Найти среднее значение Δh .

6. Определить длину волны по формуле (8.4).

7. Рассчитать скорость звука по формуле (8.6), предварительно измерив температуру воздуха.

8. Вычислить частоту звуковых колебаний по формуле (8.5). Результаты измерений и расчетов занести в табл.8.1.

9. Рассчитать ошибки в определении λ и ν .

Таблица 8.1

Результаты измерений

$\gamma = 1,4 \quad R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К}) \quad M = 29 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$						
$\langle h \rangle$	Δh	$\langle \Delta h \rangle$	λ	Т, К	v , м/с	ν , Гц
см						

Контрольные вопросы и задания

1. В чем заключается явление акустического резонанса?
2. Что является резонатором в данной работе?
3. Каковы условия образования стоячих волн? Вывести формулу для собственных частот колебаний воздушного столба в данном случае.
4. Каковы условия, при которых труба настроена в резонанс (для случая открытой и закрытой трубы)?
5. Каков метод определения длины звуковой волны и частоты звуковых колебаний, используемый в данной работе (с выводом расчетных формул).