

## Лабораторная работа № 1.13<sup>1)</sup>

Определение частоты колебаний камертона методом резонанса

### Введение

В трубе длиной  $h$ , закрытой с одного конца, можно возбудить стоячую звуковую волну с пучностью смещения (и скорости) на открытом конце и узлом этих величин на закрытом (явление акустического резонанса). Длина такой звуковой волны  $\lambda_n$  удовлетворяет условию:

$$h = (2n+1) \lambda_n/4, \quad \text{где } n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

Этим длинам волн соответствуют резонансные частоты:

$$\nu_n = u/\lambda_n = u \cdot (2n+1)/4h, \quad (2)$$

где  $u = u_0 \sqrt{\theta/273}$  – скорость звука в условиях эксперимента;  $u_0=332$  м/с – скорость звука в воздухе при  $0^\circ\text{C}$ ;  $\theta$  – абсолютная температура в комнате.

В данной работе явление акустического резонанса положено в основу определения частоты колебаний камертона.

### Экспериментальные задачи, поставленные в работе:

- изучение явления акустического резонанса;
- определение частоты колебаний камертона.

### Описание экспериментальной установки

Экспериментальная установка изображена на рис. 13.1. Звуковые волны, возбуждаемые колеблющимся камертоном **К**, распространяются в воздухе. Стекло́нная трубка **А** соединена резиновым шлангом с сосудом **В**, заполненным водой. Если уровень воды в трубке таков, что длина воздушного столба удовлетворяет условию (1), то устанавливается стоячая волна с максимумом смещения на открытом конце трубки **А**. Уровень воды в трубке можно изменять, передвигая сосуд **В** по вертикальным направляющим.

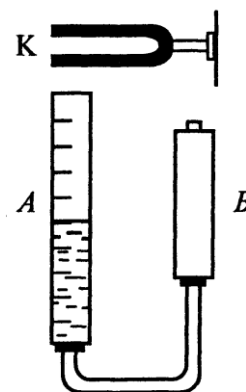


Рис. 13.1

Возбуждая в камертоне (см. рис. 13.1) свободные колебания (с помощью ударов резинового молоточка) и постепенно сначала понижая уровень воды в трубке (начиная с положения, когда уровень почти совпадает с верхним обрезом трубки), а затем, повышая его, отмечают положение уровня воды в тот момент, когда наблюдается наиболее громкое звучание (акустический резонанс).

Рекомендуется определить три последовательных положения резонансного уровня воды, для каждого из которых выполняется условие (1).

### Подготовка протокола к работе

*(Выполняется во внеаудиторное время при подготовке к занятию)*

Запишите в лабораторной тетради номер и название работы.

Запишите в тетради заголовок: «**Задание 1. Измерение длины воздушного столба, соответствующего условию резонанса звуковой волны, возбуждаемой камертоном**».

Ознакомьтесь с методикой получения акустического резонанса в столбе воздуха и измерением его высоты.

<sup>1)</sup> Подготовлено преподавателями КОЭФ Александровым В.Н., Васильевой И.А. и Коротаевой Е.А.

Запишите в тетради заголовок: «**Задание 2. Вычисление частоты колебаний камертона**».

Запишите формулы для вычисления частоты колебаний камертона и относительной ошибки этих косвенных измерений  $\varepsilon_v$  (см. также **В4** в [3])  
Подготовьте табл. 1 для записи результатов измерений и вычислений **Заданий 1 и 2**.

Таб. 1

№ камертона	$h_1$ , м	$h_2$ , м	$h_3$ , м	$\theta$ , К	$u$ , м/с	$\lambda$ , м	$\nu_{рез}$ , с <sup>-1</sup>	$\varepsilon_v$ , %
1								
2								

### Измерения и обработка результатов

#### Задание 1

Проведите, в соответствии с изложенной выше методикой, измерение высот  $h_i$  воздушного столба, удовлетворяющих условиям резонанса звуковых волн, возбуждаемых последовательно двумя камертонами, и их результаты внесите в табл. 1.

#### Задание 2

Длину звуковой волны в воздухе можно найти из выражения:  $h_3 - h_2 = \lambda_{рез} / 2$ , где  $h_2$  и  $h_3$  – второй и третий резонансные уровни. Откуда  $\nu_{рез} = \nu_{кам} = u / \lambda_{рез}$  ( $u$  – скорость звука при измеренной температуре  $\theta$  в аудитории).

Вычислите частоты колебаний камертонов. Данные измерений  $\theta$  и вычислений  $u$ ,  $\lambda$ ,  $\nu_{рез}$  и  $\varepsilon_v$  внесите в таб. 1.

#### Рекомендуемая литература

1. Гершензон Е.М., Малов Н.Н., Мансуров А.Н. Курс общей физики. Механика. (2001), §10.3, гл. 11.
2. Стрелков С.П. Механика. (4-е изд., 2005), гл.XV.
3. Введение в физический практикум.

#### **Примерные контрольные вопросы**

1. Напишите уравнение стоячей волны, возникающей при колебаниях воздушного столба в трубке. Узел или пучность смещения приходится на границу вода – воздух?
2. Начертите график смещения точек от времени в стоячей волне в трубке при  $n = 2$  и укажите на нем положение узлов и пучностей скорости точек, деформации, кинетической и потенциальной энергии.
3. Происходит ли передача энергии в стоячей волне? Аргументируйте свой ответ.
4. Начертите графики смещения, скорости точек и деформации от координаты в стоячей волне в трубке для двух моментов времени, отличающихся на четверть периода колебаний –  $T/4$ .
5. Как происходит движение отдельных частей камертона, после удара по его ножке резиновым молоточком?