

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО"

Университет ИТМО

Физико-технический факультет

ОБЩАЯ ФИЗИКА ЛЕКЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Методические рекомендации
к проведению лекционных демонстраций по разделам:
механика, термодинамика, электромагнетизм, оптика, атомная физика

Санкт-Петербург, 2020

1 Колебания и волны

1.1 Камертон

1.1.1 Набор камертонов



Рис. 1: Камертоны

1. Общая теория:

Камертон — источник звука, испускающий единственную частоту, чистый тон, эталонную высоту звука. Когда слышим звук, звучащее тело (камертон) совершает колебания - мелкие, быстрые, повторяющиеся движения повторяющиеся движения. Колебания камертона носят гармонический характер. Частота колебаний в звуковой волне определяет тон звука. Звуки низких тонов - колебания малой частоты в звуковой волне. Звуку высокого тона соответствует большая частота колебаний. Чем больше размеры камертона, тем ниже звук, он испускает при ударе по нему.

2. Ход демонстрации:

Возьмем несколько камертонов разного размера и расположим их на слух в порядке возрастания высоты звука. Тем самым они окажутся расположенными и по размеру: самый большой камертон даёт низкий звук, а - наиболее высокий.

1.1.2 Резонанс

1. Общая теория:

[1] Совпадение периода свободных колебаний системы с периодом внешней силы, действующей на эту систему, называется резонансом. Таким образом, амплитуда вынужденного колебания достигает наибольшего значения при резонансе. Явления, возникающие при резонансе, называют резонансными явлениями. Если затухание мало, так что период свободных колебаний близок к собственному периоду, под резонансной настройкой можно понимать совпадение периода вынуждающей силы с собственным периодом.

[2] То есть резонансом называют относительно большой отклик осциллятора на воздействие с частотой близкой к собственной частоте осциллятора. При воздействии силы с амплитудой F и циклической частотой на механический осциллятор с массой m , зависимость его координаты x от времени t описывается уравнением: $\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + w_0^2x = \frac{F}{m}\sin\omega t$, где β - коэффициент затухания, во многом определяемый вязкостью среды, в которой колеблется осциллятор.

Решением этого уравнения является функция вида: $x = x_z \exp(-\beta t) \sin(\omega_z t + \phi_z) + x_0 \sin(\omega t + \phi)$, где x_z амплитуда и ϕ_z начальная фаза затухающих колебаний определяются начальными условиями, $\omega_z = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ - частота затухающих колебаний.

Величина $x_0 = \frac{F}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\beta^2\omega^2}}$ называется амплитудой вынужденных колебаний.

Сдвиг по фазе вынужденных колебаний относительно внешнего возмущения определяется выражением: $\operatorname{tg}\phi = \frac{2\beta\omega}{\omega^2 - \omega_0^2}$

2. Ход демонстрации:

- [3] Проще всего наблюдать акустический резонанс с помощью двух одинаковых камертонов. Расположим камертоны на небольшом расстоянии так, чтобы отверстия ящиков были направлены друг к другу. Ударив молоточком По ветви одного камертона, мы обнаружим вскоре, что и второй камертон начинает звучать. Звуковая волна от первого камертона создает периодическую силу, действующую на второй камертон. Частоты колебаний камертонов одинаковы, и амплитуда колебаний второго камертона вследствие резонанса оказывается достаточно большой. Если же взять камертоны с различными собственными частотами, то второй камертон при возбуждении первого практически звучать не будет.
- Если изменить период колебания правого камертона, надев на его ножку небольшую муфточку, то он перестанет отзываться на колебания левого камертона. При наличии на правом камертоне муфты его собственная частота колебаний меняется, и амплитуда колебаний уменьшается настолько, что звука мы не услышим. Увеличение массы ветви камертона меняет частоту его собственных колебаний, и происходит расстройка резонанса.
- Явление резонанса используется для усиления звучания камертона. Если вилку камертона снять с ящика и возбудить в ней колебания, то звук будет очень слабым.

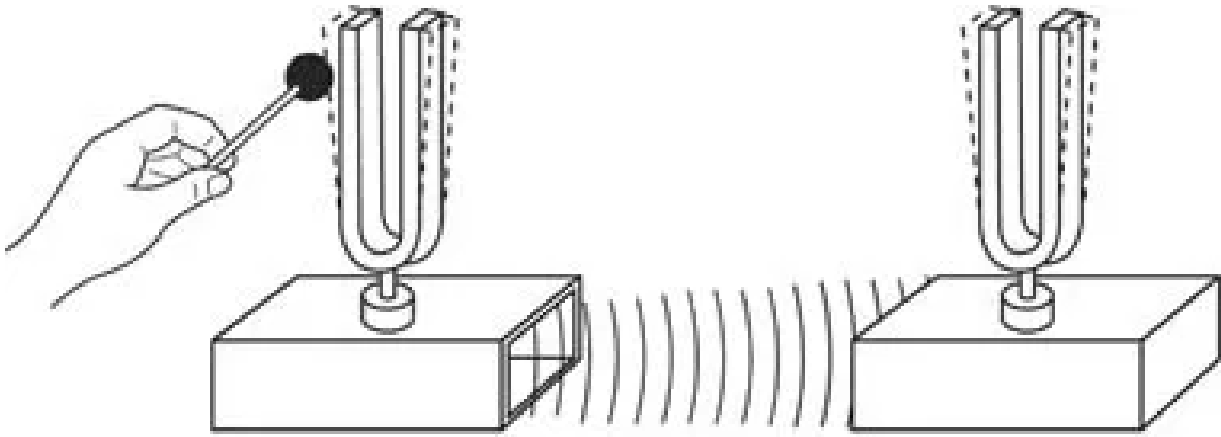


Рис. 2: Резонанс

1.1.3 Колебания ножек камертона в стробоскопическом освещении



Рис. 3: Стробоскоп

При звучании камертона его ножки колеблются, в результате чего в воздухе и возникает звуковая волна. Для наблюдения необходимы звучащий на низкой частоте камертон (он имеет большие, более удобные для наблюдения, ножки) и стробоскоп. Можно использовать как обычный, так и электрокамертон. Перед показом опыта нужно предварительно установить частоту световых вспышек стробоскопа, совпадающую с частотой звучания камертона. Затем аудитория затемняется, и возбуждаются колебания ножек камертона. При подобранной частоте вспышек ножки кажутся неподвижными. Если немного увеличить или уменьшить частоту вспышек стробоскопа, то можно будет наблюдать медленные колебания ножек камертона, причем эти колебания будут происходить по отношению друг к другу в противофазе.

Список литературы

- [1] Ландсберг, Элементарный учебник физики, Колебания и волны
- [2] Захаров Ю.А., Лысогорский Ю.В., Изучение резонанса с помощью камертона и компьютера на физическом практикуме, Казанский государственный университет, кафедра общей физики
- [3] Мякишев, 11 класс, Колебания и волны