

Нормативные документы

- СНиП 23-03-2003
«Защита от шума»
- СП 23-103-2003
«Проектирование звукоизоляции
ограждающих конструкций
жилых и общественных зданий»

СП 51.13330.2011

Актуализированная версия

СНиП 23-03-2003 «Защита от шума»

СП 51.13330.2011

**СВОД ПРАВИЛ
ЗАЩИТА ОТ ШУМА
Sound protection**

**Актуализированная редакция
СНиП 23-03-2003**

Дата введения 2011-05-20

Архитектурно-строительная акустика

- Создание условий
для наилучшего восприятия речи и музыки
- Подавление шума,
(обеспечение звукоизоляции и шумозащиты)

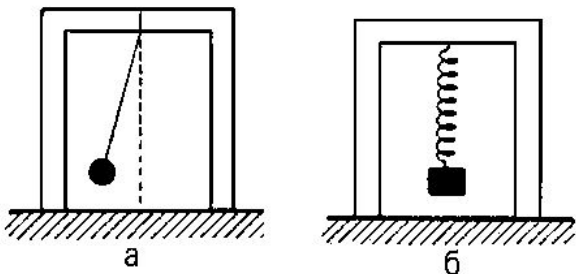
Колебания

- движения или процессы, характеризующиеся определенной повторяемостью во времени

Периодические процессы –
процессы, повторяющиеся
через равные промежутки времени

Свободные (собственные) колебания

- совершаются за счет первоначально сообщенной энергии при последующем отсутствии внешних воздействий на систему, совершающую колебания



Гармонические колебания

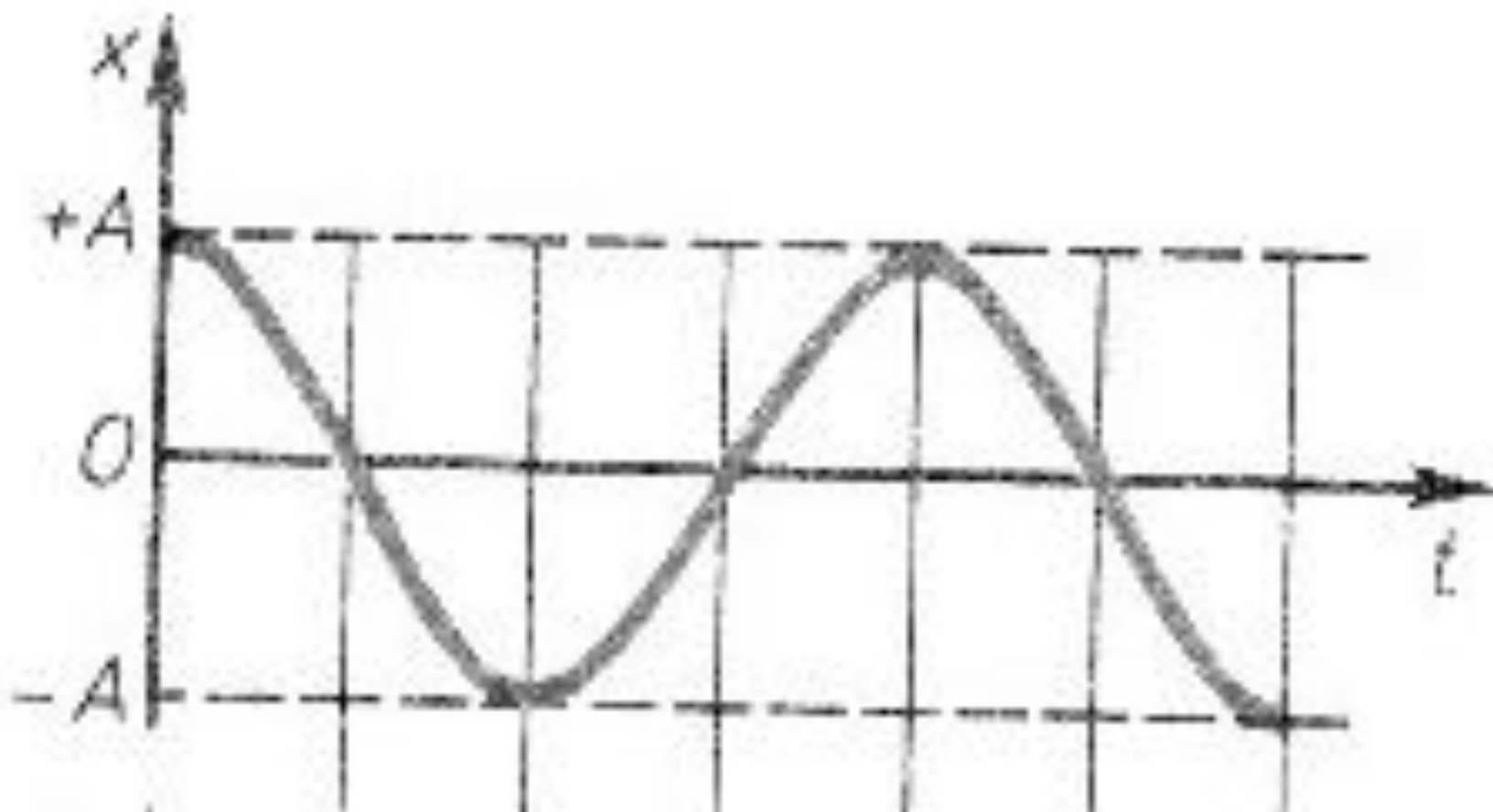
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$$

$$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0')$$

- $A = x_{\max}$ - амплитуда колебания
- ω_0 - собственная частота колебаний
- φ_0 - начальная фаза

Гармонические колебания



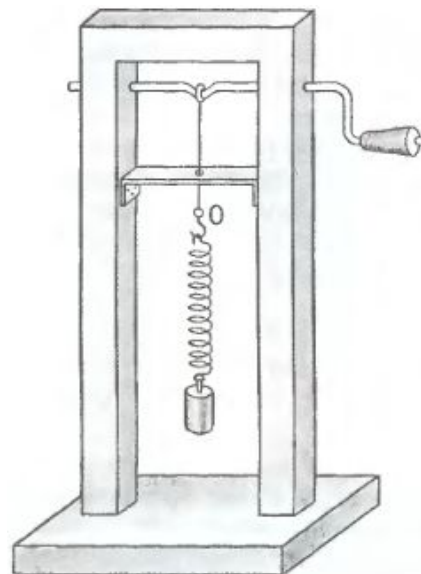
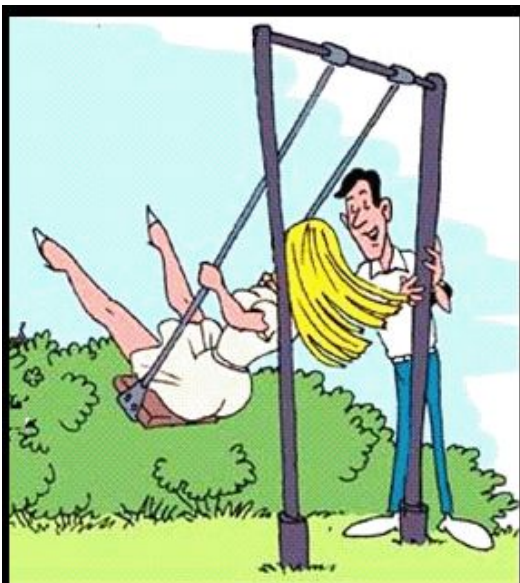
Вынужденные колебания

возникают под действием

внешнего

периодически изменяющегося

фактора



Резонанс

- явление резкого возрастания
амплитуды вынужденных колебаний
при приближении частоты вынуждающей силы
к собственной частоте колебательной системы

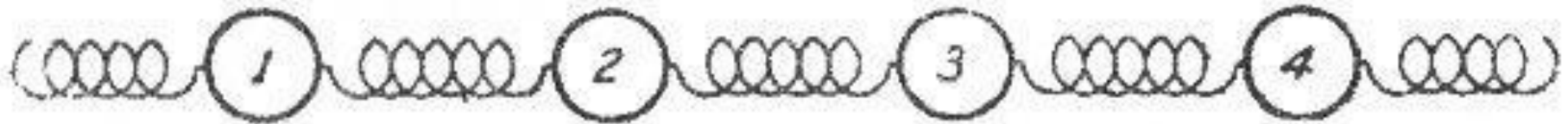
Упругая или механическая волна

- процесс распространения колебаний
в упругой среде
- механические возмущения
(деформации),
распространяющиеся в упругой среде

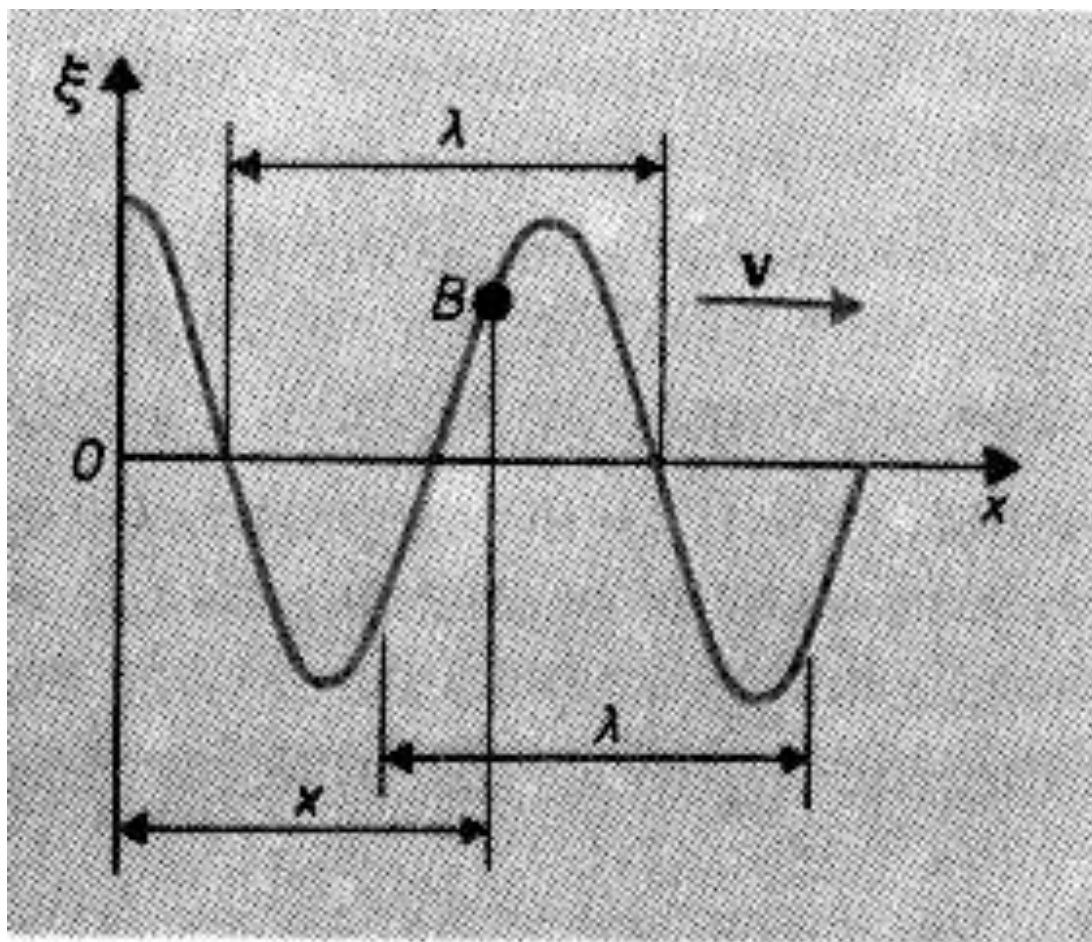
Гармоническая волна или синусоидальная волна

Упругая волна называется
гармонической,
если соответствующие ей
колебания частиц среды
являются гармоническими

Волновая модель



Зависимость смещений частиц среды
от расстояния до источника
в какой-либо определенный момент времени



Длина волны

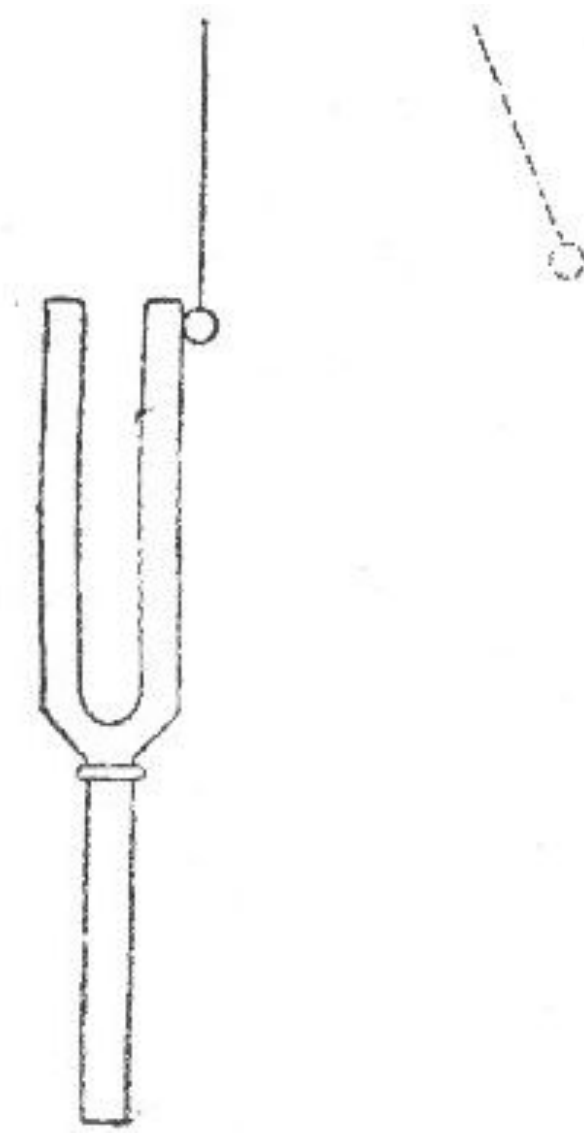
- расстояние, измеренное вдоль направления распространения волны, между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе (разность фаз их колебаний равна 2π)
- расстояние, на которое распространяется волна за время равное периоду колебаний

$$\lambda = V \cdot T = \frac{V}{\nu}$$

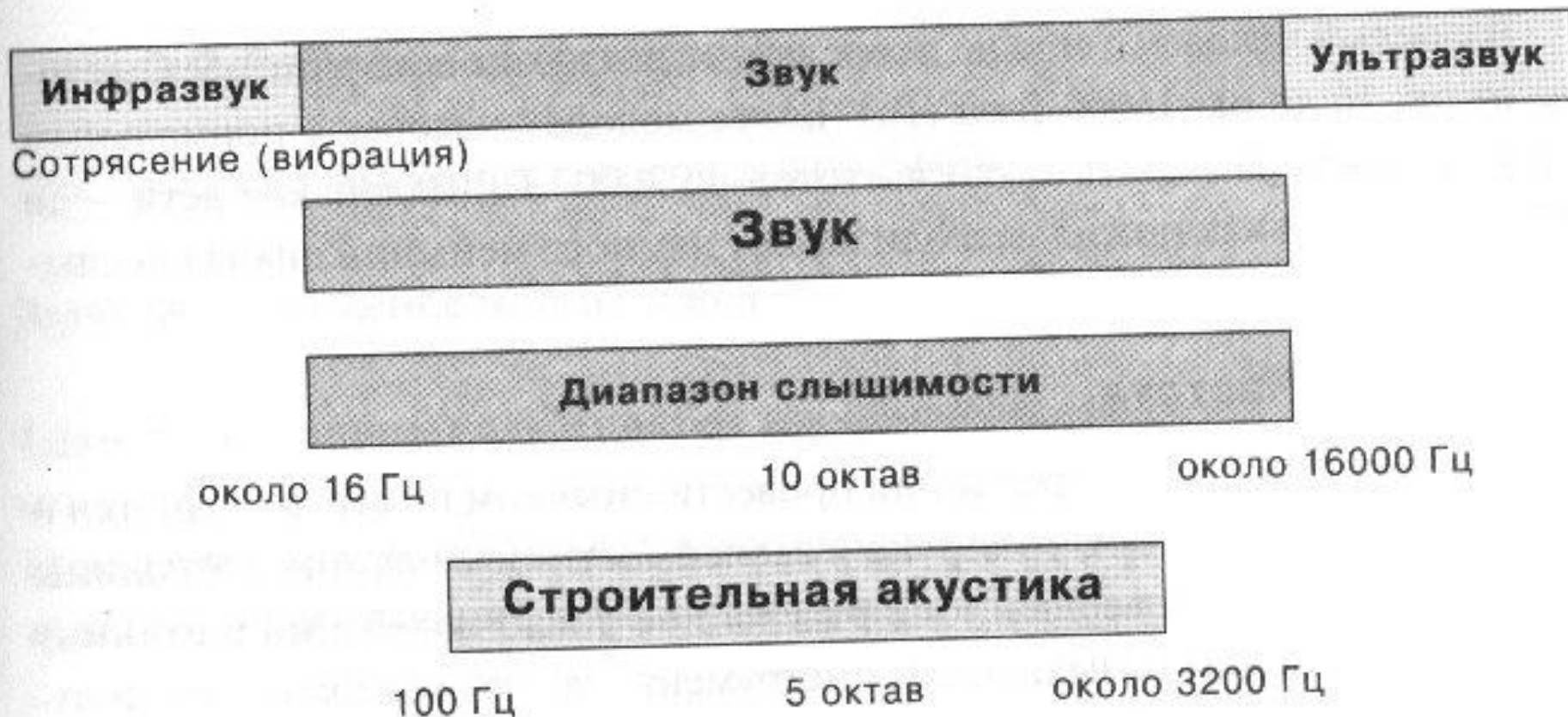
Звуковые волны (звук)

– упругие волны,
т.е. механические возмущения,
распространяющиеся в упругой среде,
вызывающие у человека
звуковые ощущения

Колебательное движение камертона можно сделать видимым



Частотные диапазоны



Волновая поверхность (фронт волны)

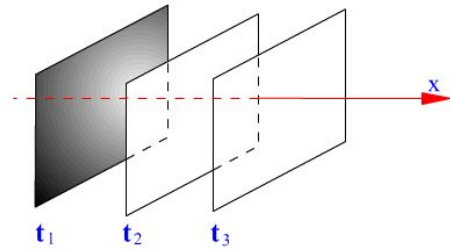
– геометрическое место точек,
в которых **фаза колебаний**
имеет одно и то же значение

Направление распространения волны
в каждой точке волновой поверхности
является нормалью к ней

Волна называется

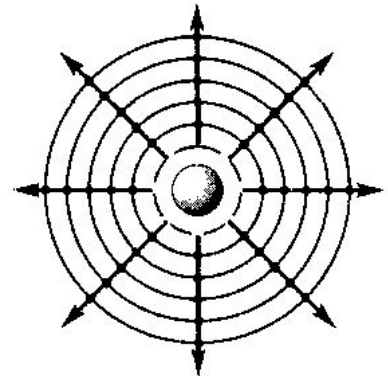
- **Плоской,**

если ее волновые поверхности представляют совокупность плоскостей, параллельных друг другу



- **Сферической (шаровой),**

если ее волновые поверхности имеют вид концентрических сфер

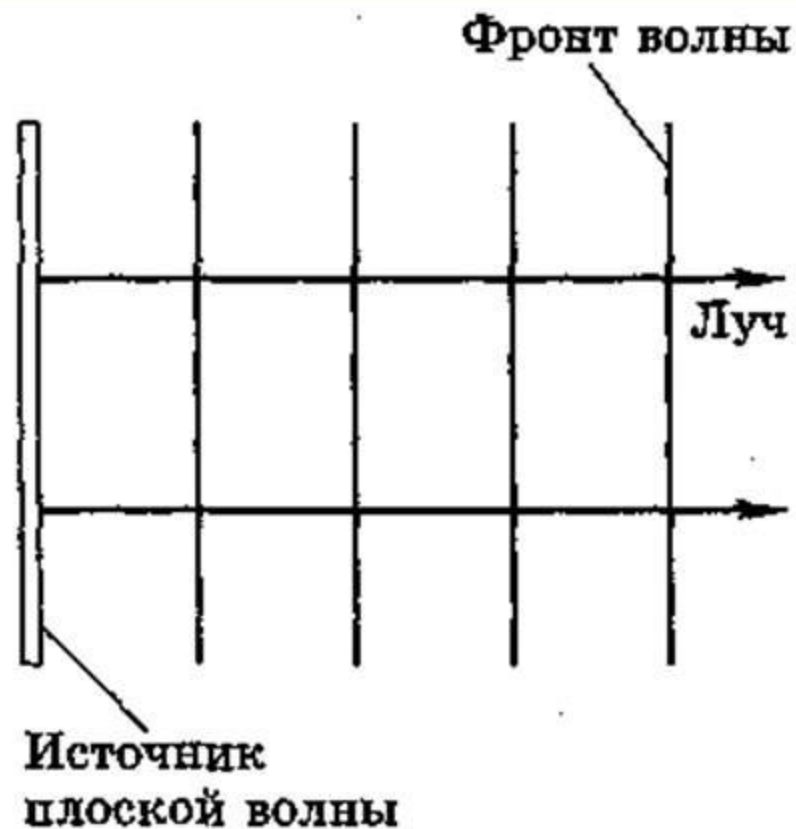


- **Цилиндрической,**

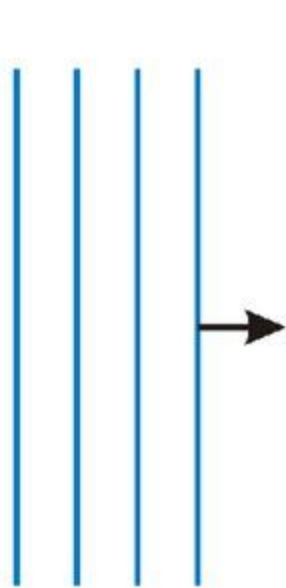
если ее волновые поверхности имеют вид боковых поверхностей цилиндра

Сферическая волна

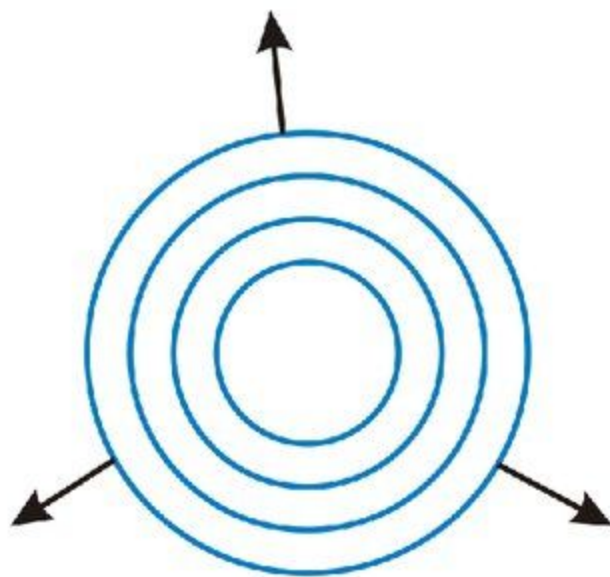
Плоская волна



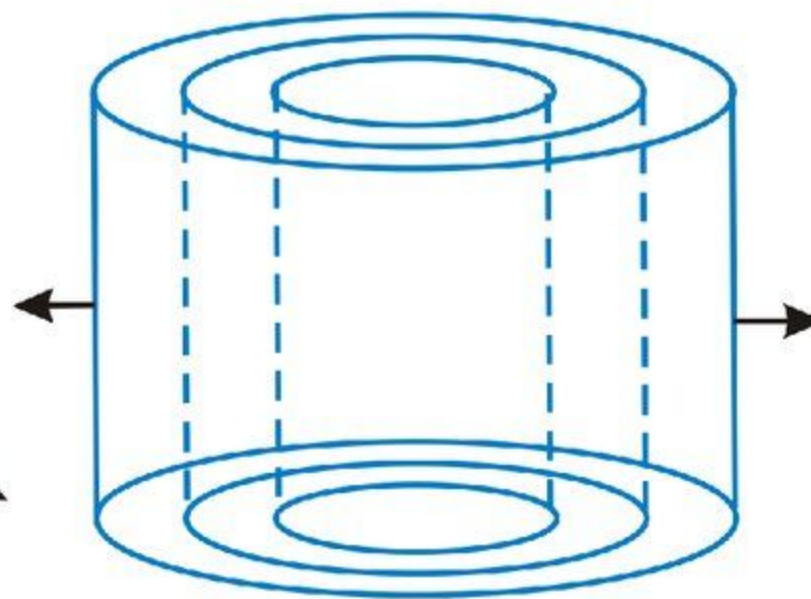
Плоские, сферические и цилиндрические волны



плоская волна



сферическая волна



цилиндрическая волна

Уравнение бегущей волны

ИСТОЧНИК:

$$\xi(0, t) = A \cos \omega t$$

точка, расположенная на расстоянии x
от источника колебаний в момент времени t :

$$\xi(x, t) = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{V} \right)$$

$\Delta t = \frac{x}{V}$ – время, необходимое
для прохождения волной расстояния x

Уравнение бегущей волны

- Плоская волна

$$\xi(x, t) = A \cos \omega \left(t - \frac{x}{V} \right)$$

- Сферическая волна

$$\xi(r, t) = \frac{A_0}{r} \cos \omega \left(t - \frac{r}{V} \right)$$

Волновое уравнение

(в общем случае
в однородной изотропной среде)

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{V^2} \cdot \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

для плоской волны

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{1}{V^2} \cdot \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

Продольная волна

направление колебаний частиц среды
совпадает
с направлением распространения волны

Продольные волны
связаны с объемной деформацией
Могут образовываться
и распространяться в любой среде

Поперечная волна

частицы среды колеблются,
оставаясь в плоскостях,
перпендикулярных
направлению распространения волны

Поперечные волны
связаны с деформациями сдвига
Могут образовываться
и распространяться только в твердых телах

Упругие свойства среды характеризуются одной или двумя упругими постоянными

- K – модуль объемной упругости
- G – модуль сдвига

Скорость распространения

- Продольной волны в однородной газообразной среде или жидкости
- Поперечной волны в неограниченной изотропной твердой среде
- Продольной волны в тонком стержне
- В пластине

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

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

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho(1 - \nu^2)}}$$

Скорость распространения звуковой волны в газе

$$pV = \frac{m}{\mu} RT \qquad \rho = \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT} \qquad K = \gamma p$$

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$$

$$v = \sqrt{\frac{1,4 \cdot 8,31 \cdot (273 + 20)}{0,029}} = 342,85 \text{ м/с}$$

$$v = 330 + 0,6t$$

$$v = 330 + 0,6 \cdot 20 = 342 \text{ м/с}$$

Волна характеризуется

- Амплитудой (определяет громкость)
- Частотой (определяет высоту тона)
- Формой (определяет окраску звучания)

Восприятие звука в зависимости от свойств волны

- Частота – определяет высоту тона
- Амплитуда – определяет громкость
- Форма волны – определяет окраску звучания

Амплитуда



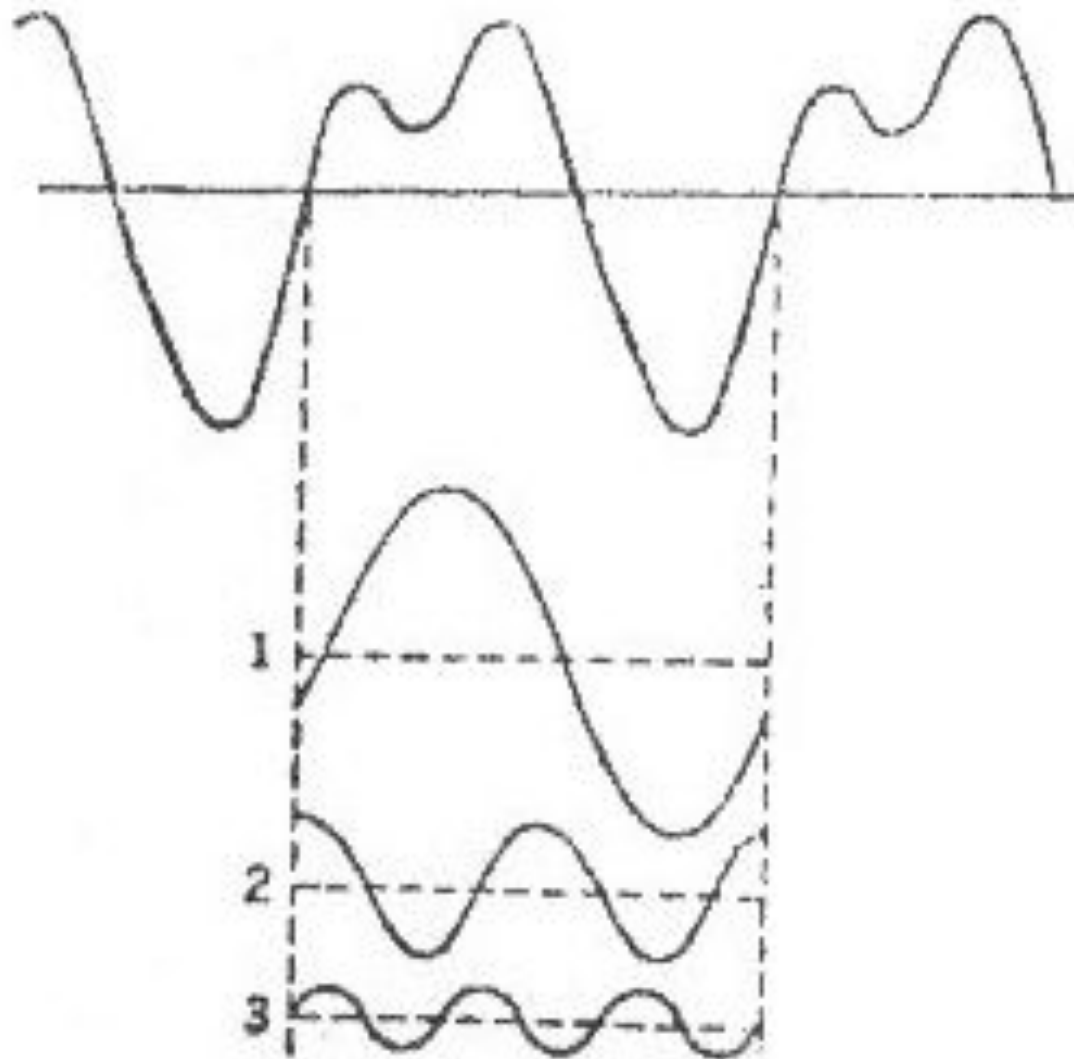
Частота

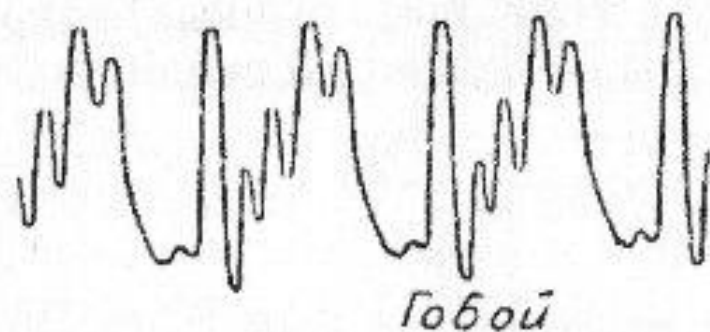
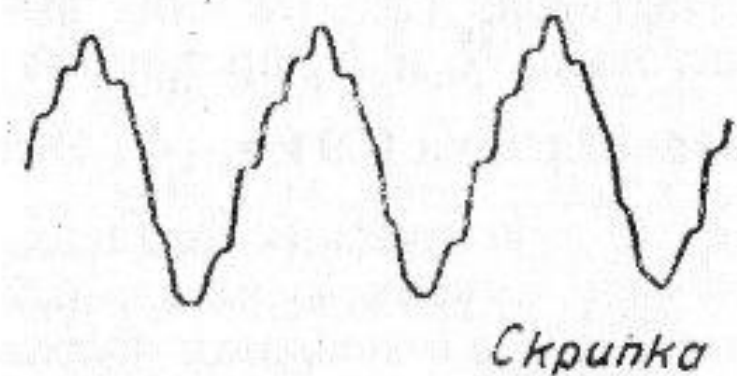
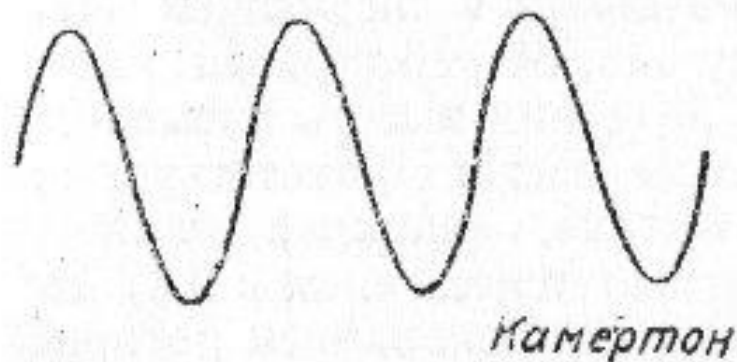


Форма волны

- Синусоидальная звуковая волна –
ЧИСТЫЙ ТОН
- Несинусоидальная звуковая волна

Сложение трех синусоидальных колебаний с кратными частотами (1:2:3) (на примере скрипичного тона)





Фиг. 45. Формы волн тонов, произведенных камертоном, скрипкой и гобоем. Все три тона одинаковой высоты и примерно одинаковой громкости.

Форма волны

Тон: Звуковые колебания синусоидальной формы.



Звучание: Наложение многих тонов.



Шум: Нерегулярные колебания без закономерной зависимости.



Громкий резкий короткий звук: Кратковременный, очень сильный быстро кончающийся звуковой сигнал.

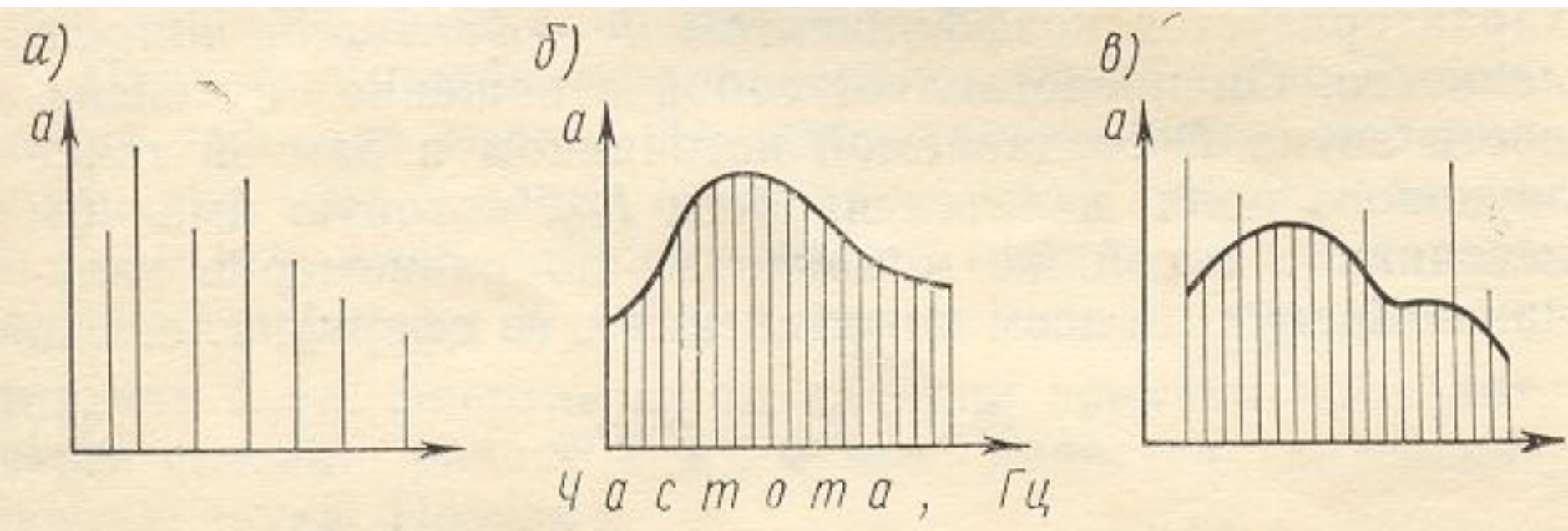


Частотный спектр (или частотная характеристика)

– распределение (зависимость)
какой-либо физической величины
(звуковой энергии,
амплитуды колебаний и т.п.)
от частоты

Типы спектров

- Линейчатый (дискретный) спектр – а
- Сплошной спектр – б
- Смешанный спектр – в



Типы спектров

- **Линейчатый дискретный спектр**

периодические колебания сложной формы
(представляются суммой синусоидальных колебаний
с различной амплитудой)

- **Сплошной спектр**

непериодические колебания сложной формы
(представляются в виде бесконечно большого числа
синусоидальных составляющих)

- **Смешанный спектр**

наложение линейчатого и сплошного спектров

Белый шум

- равномерное распределение энергии в звуковом диапазоне частот

Октава

– полоса частот (от f_1 до f_2), в которой верхняя частота в 2 раза больше нижней

Третьоктавная полоса $\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2} = 1,26$

За среднюю частоту полосы принимают среднегеометрическую частоту

$$f_{cp} = \sqrt{f_1 f_2}$$

Принятый ряд октавных полос частот

Граничные частоты по- лосы, Гц	45—90	90— 180	180— 355	355— 710	710— 1400	1400— 2800	2800— 5600	5600— 12 000
Средняя частота, Гц .	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Среднегеометрическая частота $1/3$ -октавной полосы	Границы $1/3$ -октавной полосы
50	45—56
63	57—70
80	71—88
100	89—111
125	112—140
160	141—176
200	177—222
250	223—280
315	281—353
400	354—445
500	446—561
630	562—707
800	708—890
1000	891—1122
1250	1123—1414
1600	1415—1782
2000	1783—2244
2500	2245—2828
3150	2829—3563

Среднегеометрическая частота $1/3$ -октавной полосы	Границы $1/3$ -октавной полосы
50	45—56
63	57—70
80	71—88
100	89—111
125	112—140
160	141—176
200	177—222
250	223—280
315	281—353
400	354—445
500	446—561
630	562—707
800	708—890
1000	891—1122