

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)

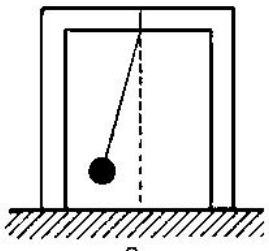
Колебания

- движения или процессы, характеризующиеся определенной повторяемостью во времени

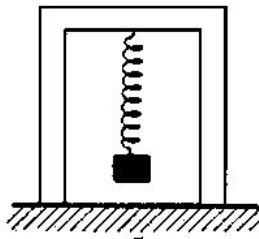
Периодические процессы –
процессы, повторяющиеся через равные промежутки времени

Свободные (собственные) колебания

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



а



б

Гармонические колебания

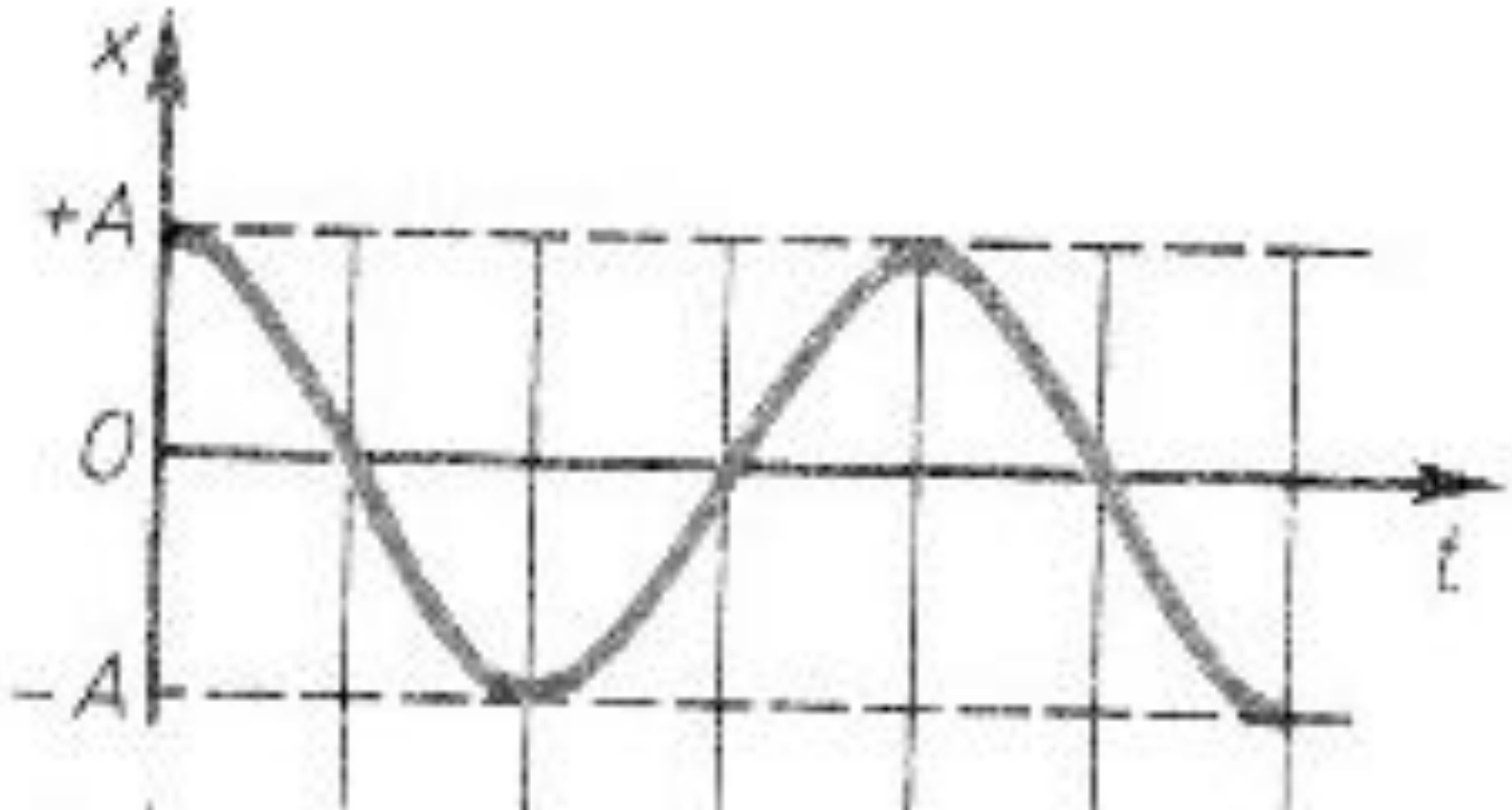
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$$

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

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

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

Гармонические колебания



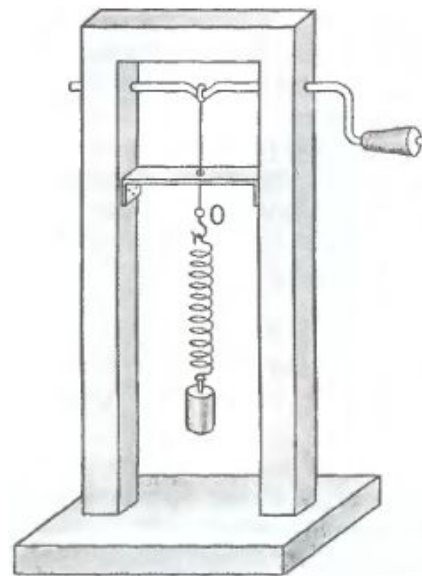
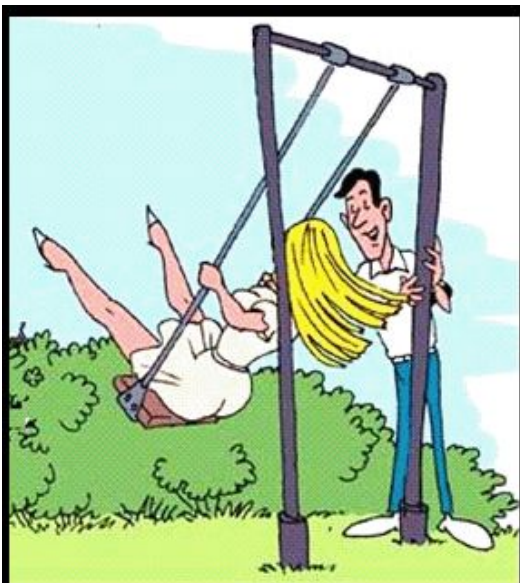
Вынужденные колебания

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

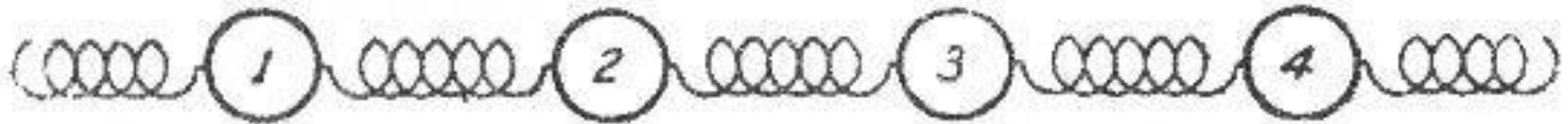
Упругая волна называется

гармонической,

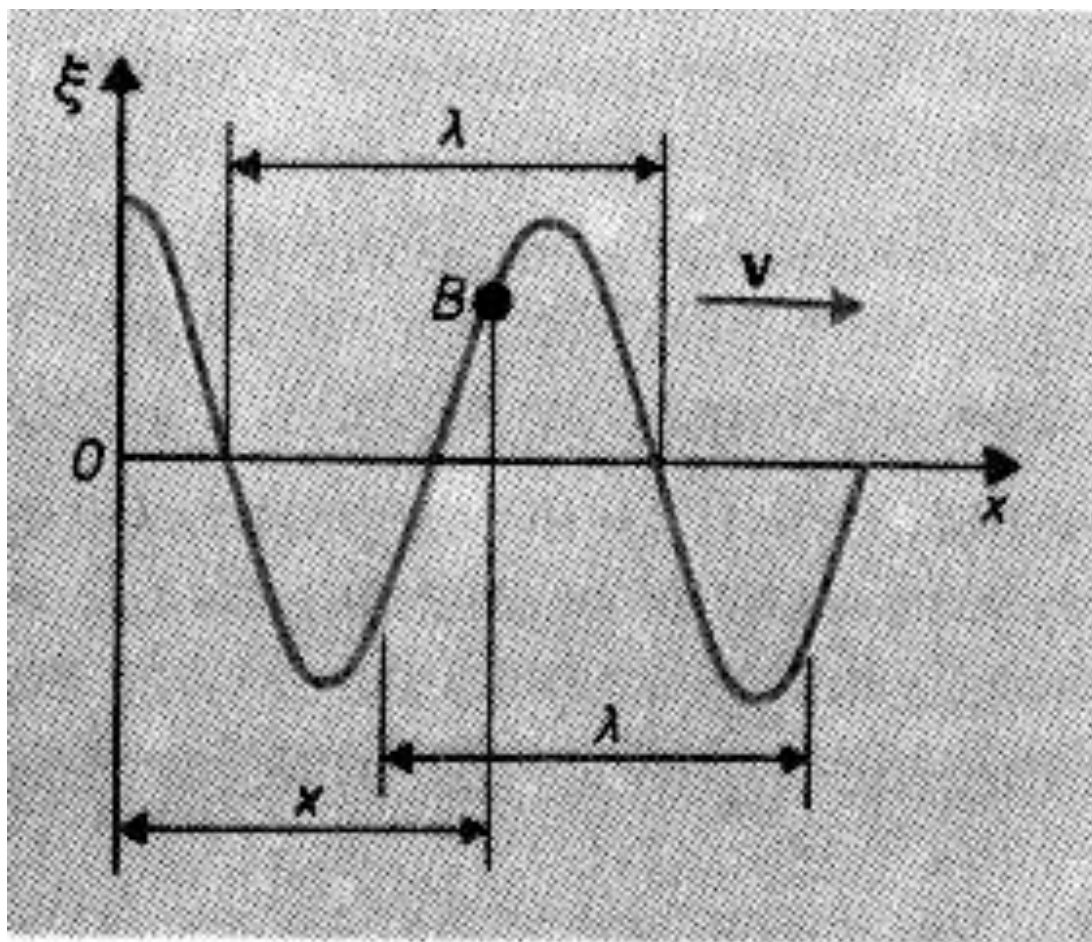
если соответствующие ей

колебания частиц среды
являются гармоническими

Волновая модель



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



Длина волны

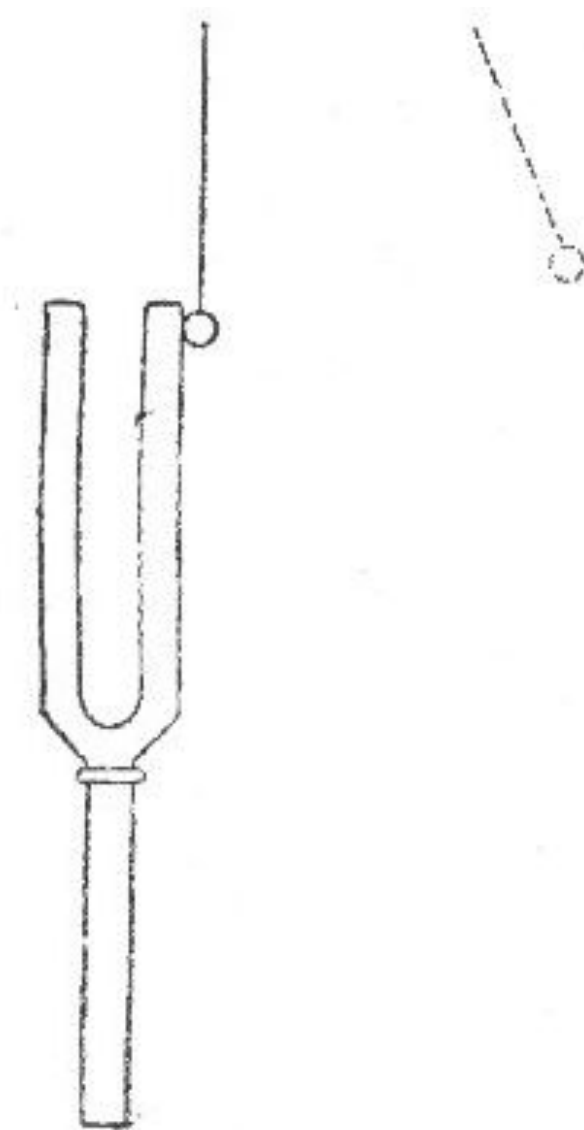
- расстояние, измеренное вдоль направления распространения волны, между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе (разность фаз их колебаний равна 2π)
- расстояние, на которое распространяется волна за время равное периоду колебаний

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

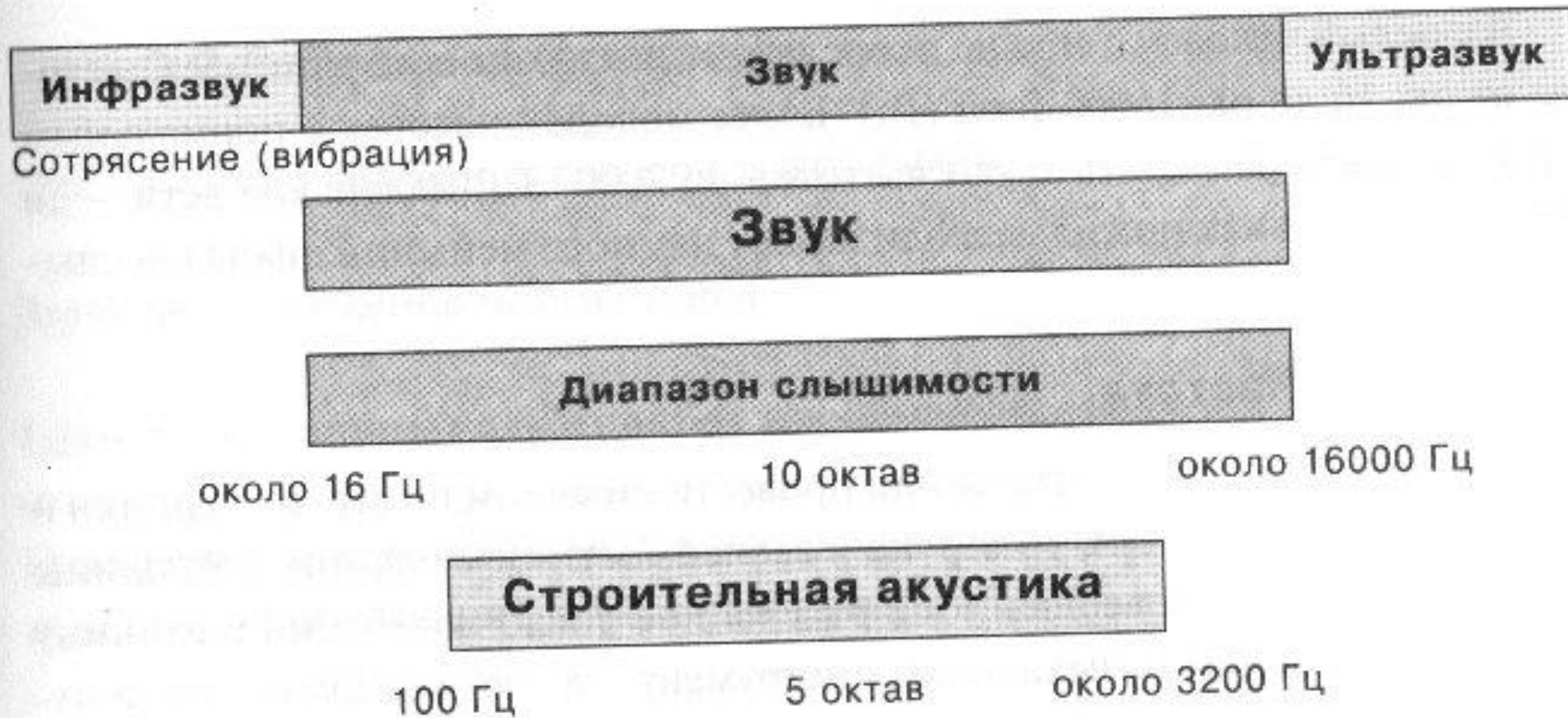
Звуковые волны (звук)

– 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)

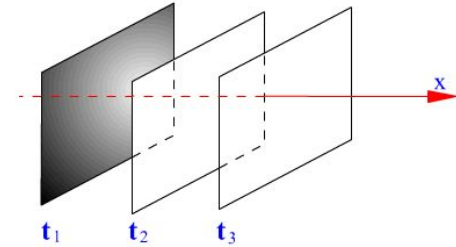
– геометрическое место точек,
в которых **фаза колебаний**
имеет одно и то же значение

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

Волна называется

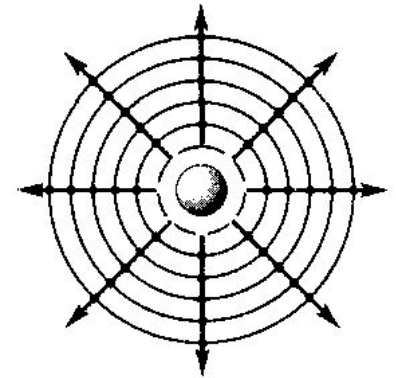
- **Плоской,**

если ее волновые поверхности представляют совокупность плоскостей, параллельных друг другу



- **Сферической (шаровой),**

если ее волновые поверхности имеют вид концентрических сфер

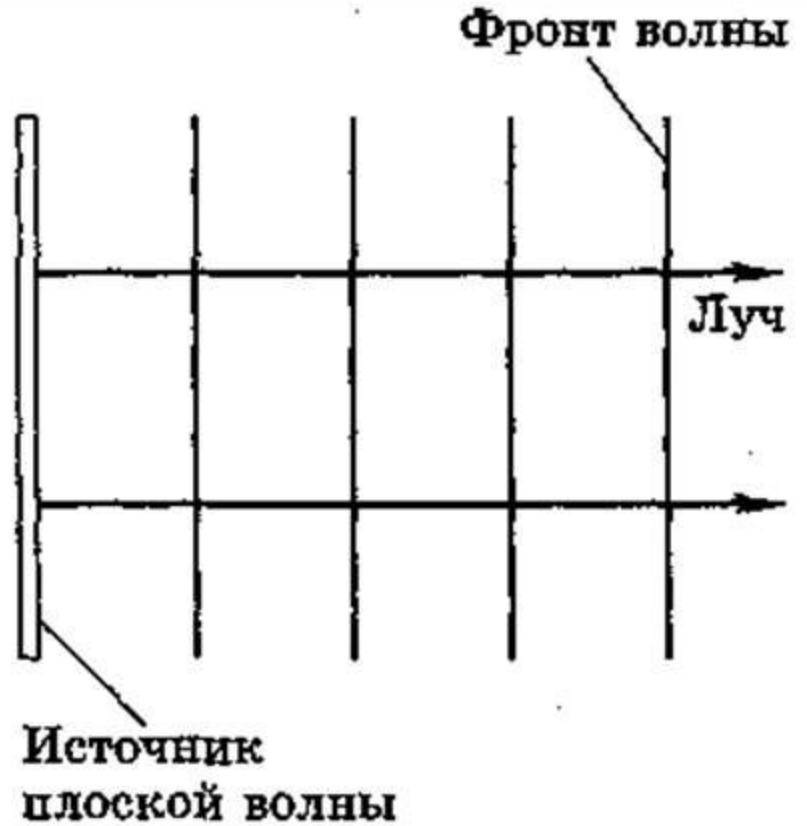


- **Цилиндрической,**

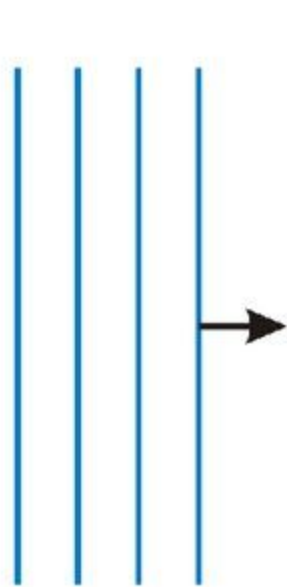
если ее волновые поверхности имеют вид боковых поверхностей цилиндра

Сферическая волна

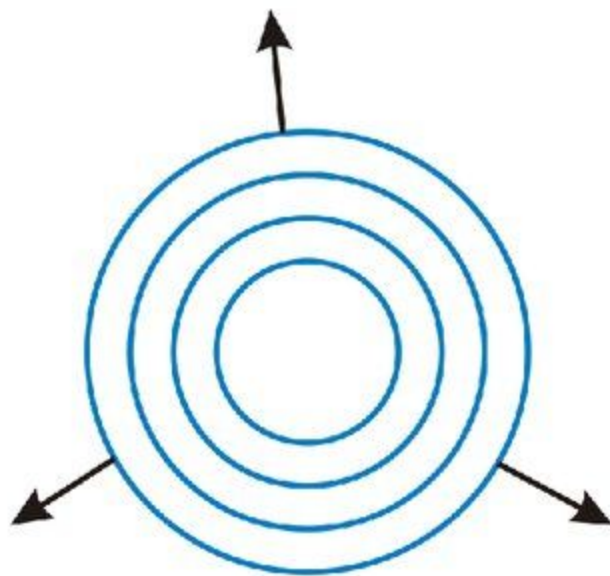
Плоская волна



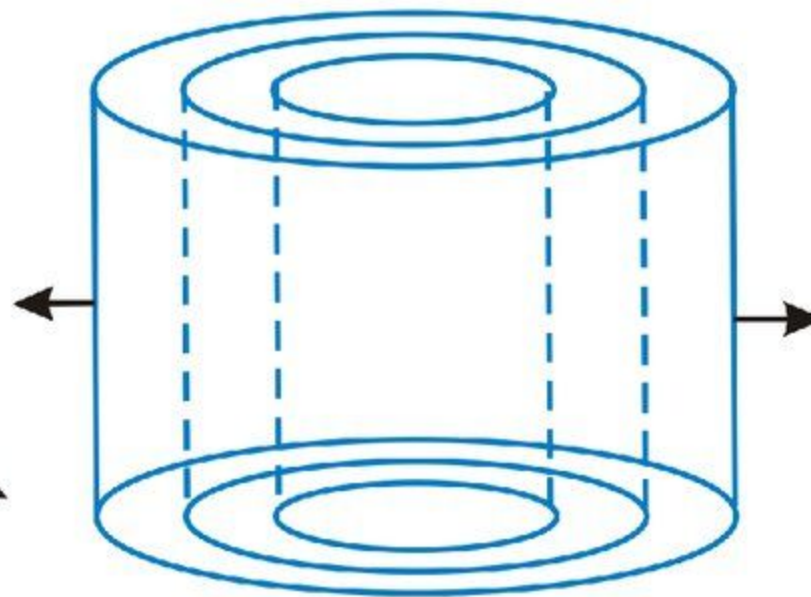
Плоские, сферические и цилиндрические волны



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

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

- Поперечной волны в неограниченной изотропной твердой среде

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

- Продольной волны в тонком стержне

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

- В пластине

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

Скорость распространения звуковой волны в газе

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

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

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

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

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

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



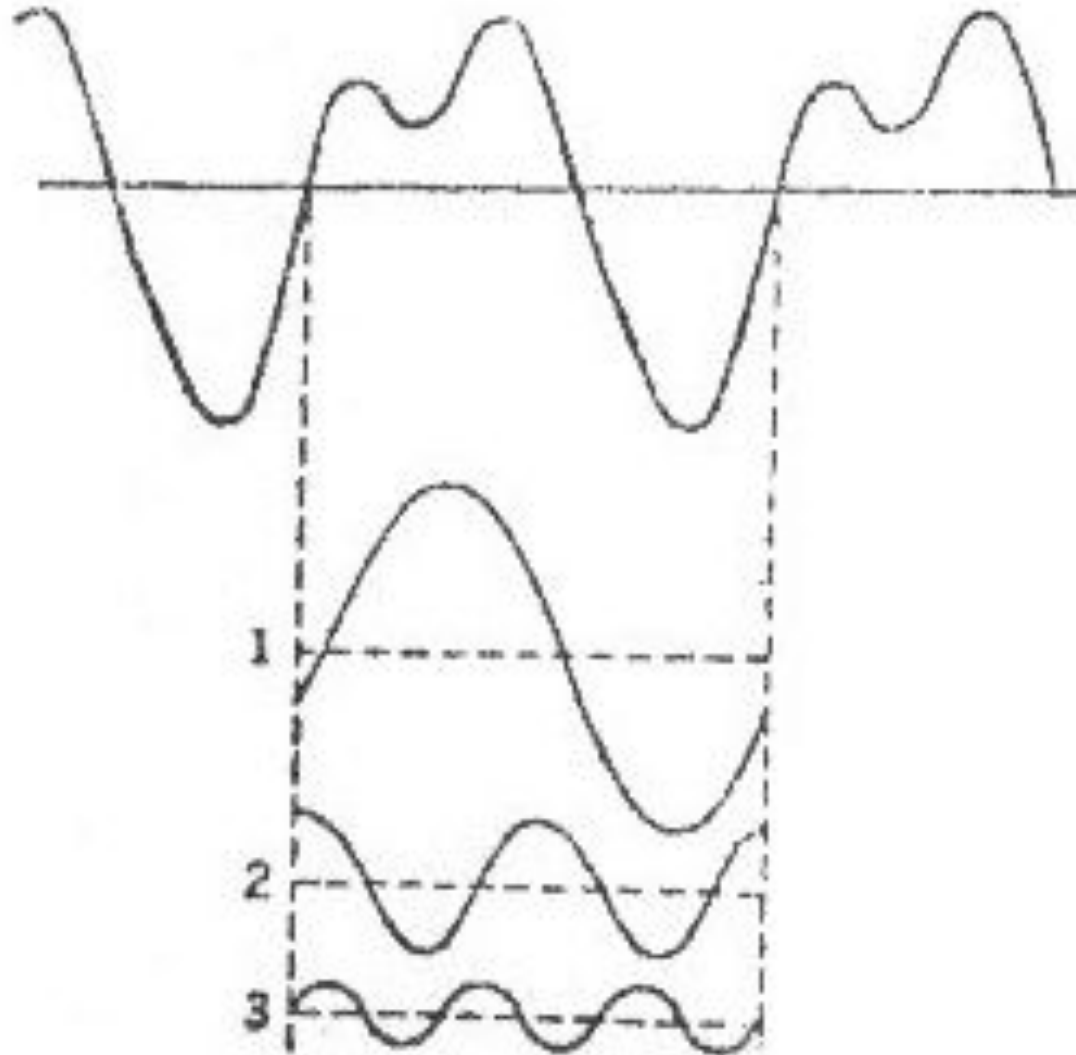
Частота

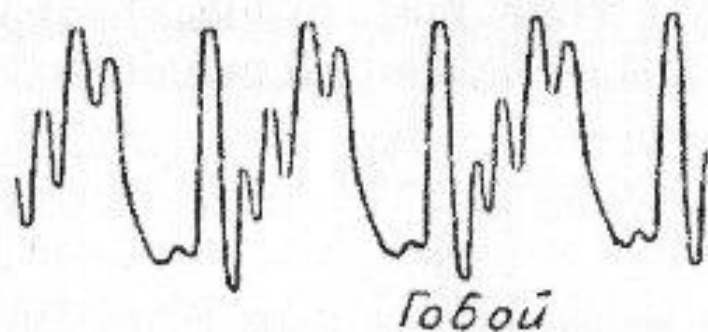
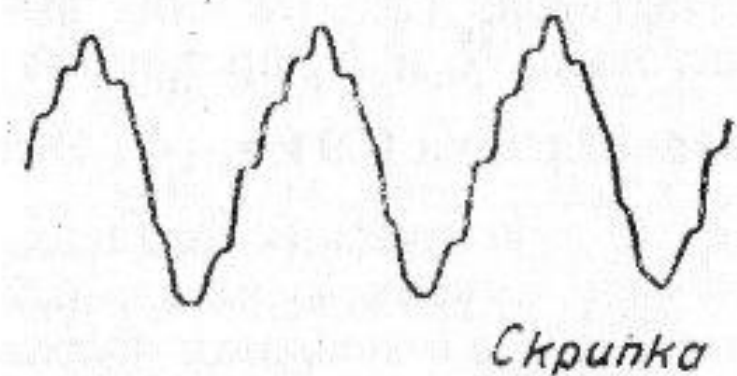
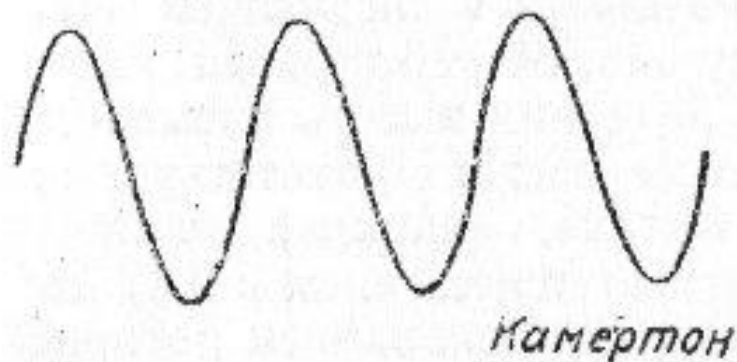


Форма волны

- 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.

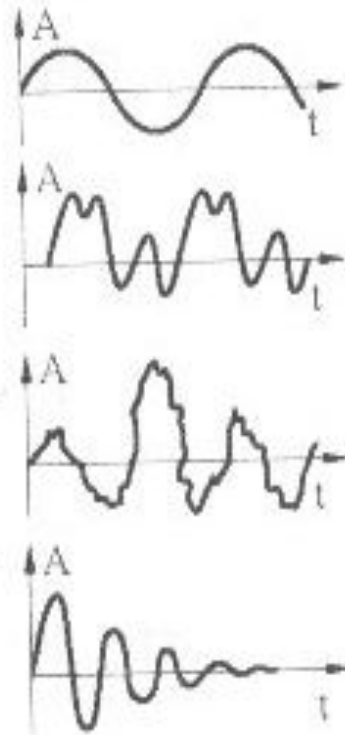
Форма волны

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.

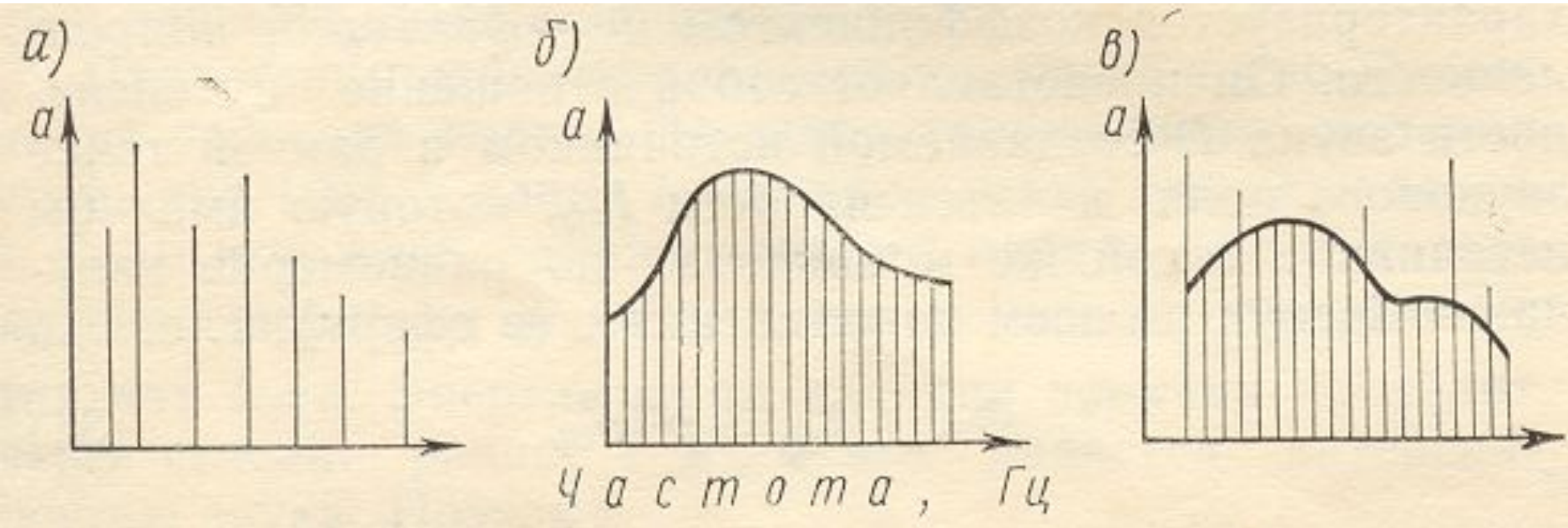


Частотный спектр (или частотная характеристика)

– 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 |