

§34-40. Звуковые волны

- **Механические колебания среды с частотой $17\div 20\ 000$ Гц, распространяющиеся в среде, называются акустическими (звуковыми) волнами (звуком)**
- **Любое тело, колеблющееся со звуковой частотой, создает в окружающей среде звуковую волну (звук)**
- **Такие тела называются источниками звука**

- **Звук распространяется в любой упругой среде - твердой, жидкой, газообразной, то есть в веществе. В вакууме, где вещества нет, звук распространяться не может**
- **Звуковые волны, как любые механические волны (или волны другой природы, например, электромагнитные волны) распространяется в пространстве не мгновенно, а с определенной скоростью:**
$$v = \frac{s}{t}$$

- **Скорость звуковой волны зависит от свойств среды: природы, влажности, плотности, температуры:**

$$v_{зв} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

- **Например:**

- **Скорость звука в воздухе (0⁰С) 332 м/с**
- **Скорость звука в воздухе (20⁰С) 343 м/с**
- **Скорость звука в водороде (0⁰С) 1248 м/с**
- **Скорость в углекислом газе (0⁰С) 259 м/с**

- При отражении звука возникает эхо:
- Например:
- Если расстояние от источника звука до препятствия, от которого отражается звук, S , то время, через которое эхо вернется к источнику звука равно:

$$t_{\text{эхо}} = \frac{S}{v_{\text{ЗВ}}}$$

- Реальная звуковая волна - затухающий волновой процесс из-за рассеяния механической энергии волны в результате взаимодействия волны со средой

- При вынужденных звуковых колебаниях частота колебаний и звуковой волны от источника колебаний (звука) равно частоте вынуждающей силы
- Амплитуда установившихся вынужденных колебаний невелика, но при частоте вынуждающей силы равной собственной частоте колебаний системы, возникает резкое увеличение амплитуды колебаний - *явление акустического резонанса*
- Например:
- для двух резонирующих камертонов

§35,36. Высота, тембр, громкость звука

- **Высота звука определяется частотой колебаний источника звука: чем больше частота, тем выше издаваемый звук**
- **Звук источника, совершающего колебания одной частоты, называется *чистым тоном***
- **Реальные звуки - совокупность колебаний разных частот**
- **Самая низкая частота сложного звука называется *основной частотой*, соответствующий ей звук -**

- **Высота сложного звука определяется высотой его основного тона**
- **Все остальные тоны сложного звука называются *обертонами***
- **Частоты всех обертонов данного звука в целое число раз больше частоты его основного тона *высшие гармонические тона (гармоника)***
- **Набор обертонов определяет *тембр* (окраску) звука**
- ***Тембр звука определяется совокупностью его обертонов***

- **Громкость звука определяется амплитудой колебания частиц среды (например, воздуха): чем больше амплитуда колебаний, тем звук громче**
- **При субъективном оценивании человеком громкости звука нужно учитывать различную чувствительность слухового аппарата к звукам разной частоты:**
- **При одинаковых амплитудах как более громкие человек воспринимает звуки с частотой от 1000 до 5000 Гц**
- **Громкость звука зависит также от его длительности и индивидуальных**

- **Громкость звука - субъективное качество слухового ощущения, позволяющее располагать все звуки по шкале от тихих до громких**
- **Единица громкости звука сон - соответствует уровню громкости в 40 фон при частоте звука 1000 Гц**
- **1 Ф (фон) равен интенсивности звука I ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в децибелах для чистого тона частотой 1000 Гц, громкость которого при сравнении на слух равна громкости данного звука**
- **Интенсивность звука (сила звука) - объектив-ная характеристика звуковой волны, энергия, переносимая звуковой волной за 1 с через площадку в 1 м^2 в направлении распростране-ния волны**

- **Уровень интенсивности звука по шкале децибел**

$$N = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

- где I - интенсивность звука, $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$

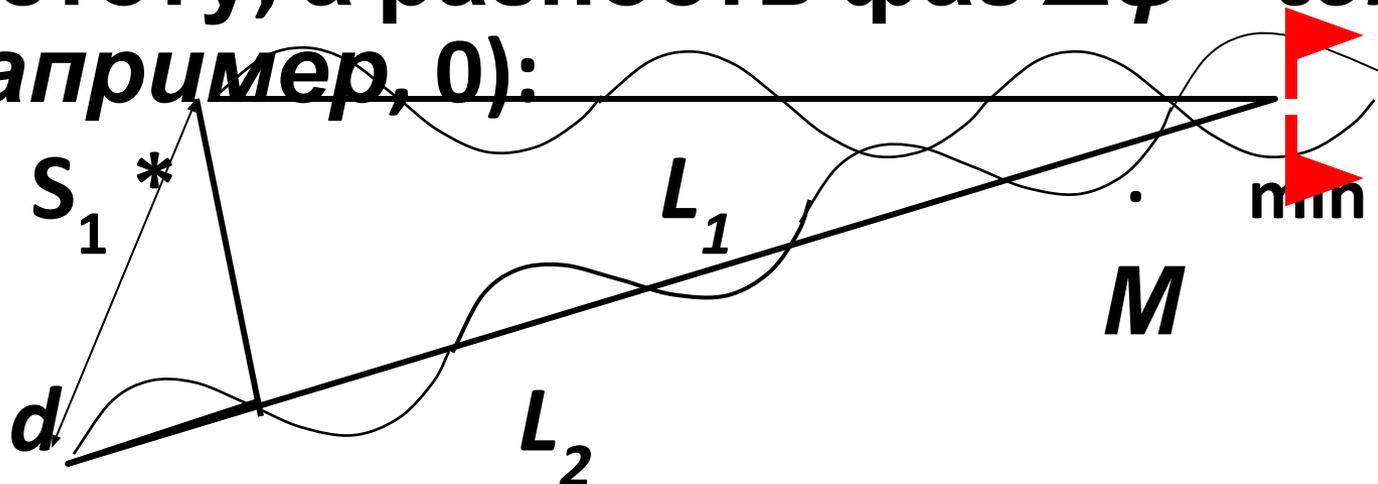
- Для плоской бегущей звуковой волны
- $$\frac{\rho^2}{2\rho c}$$

- где p - амплитуда звукового давления; ρ - плотность среды; c - скорость звука в среде

- **Например:** громкость звука при листании газеты соответствует уровню звукового давления 20 дБ, звонок будильника 80 дБ, двигатель самолета 130 дБ. при > 130 дБ возникает болевое

§42. ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЛН

- При распространении в среде несколь-ких (например, двух) волн, они наклады-ваются друг на друга
- Если волны имеют одинаковую частоту, а разность фаз $\Delta\phi = const$, (например, 0):



$\Delta = L_1 - L_2$ - геометрическая разность

Условия максимума и минимума интерференции

- **Условие максимума** амплитуды результирующего колебания в данной точке пространства: геометрическая разность хода волн

$$\Delta_{max} = 2k \cdot \lambda / 2 = k \cdot \lambda \rightarrow k = 0, 1, 2 \dots$$

- **Условие минимума** амплитуды результирующего колебания в данной точке пространства: геометрическая разность хода волн

$$\Delta_{min} = (2k+1) \cdot \lambda / 2 \rightarrow k = 0, 1, 2 \dots$$

- **Геометрическая разность хода волн:**

$$\Delta = l_2 - l_1$$

- **Интерференция** - сложение в пространстве когерентных волн, при котором образуется *интерференционная картина* - постоянное во времени распределение амплитуд результирующих колебаний, максимумов и минимумов
- Волны называются **когерентными**, если имеют одинаковую частоту и постоянную разность фаз в любой точке пространства (*например, $\Delta\phi = 0$*)

- Не изменяющаяся со временем картина распределения в пространстве максимумов и минимумов амплитуд колебаний называется ***интерференционной карти-ной***, которая возникает при сложении волн от когерентных источников звука
- Явление интерференции характерно для волн любой природы (например, для световых волн)

