

Тема урока: Звук. Скорость звука.

Тебе удивляться нисколько не надо,

Что сквозь преграды, глазам ничего не дающие видеть,

Звуки доходят до нас и касаются нашего слуха.

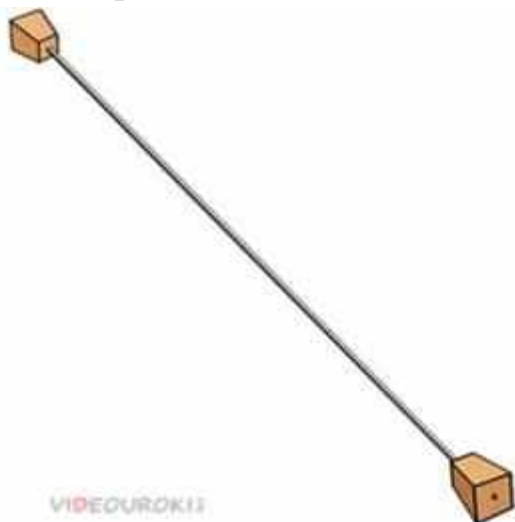
Лукреции Кар. О природе вещей

В прошлой теме говорилось о волне и её основных характеристиках — период, амплитуда, частота. Также говорилось о длине волны и скорости её распространения.

Все знают, как разнообразен мир окружающих нас звуков — это голоса людей, пение птиц, жужжание пчел, гром во время грозы, шум леса на ветру, звук проезжающих автомобилей, самолетов и т.д.

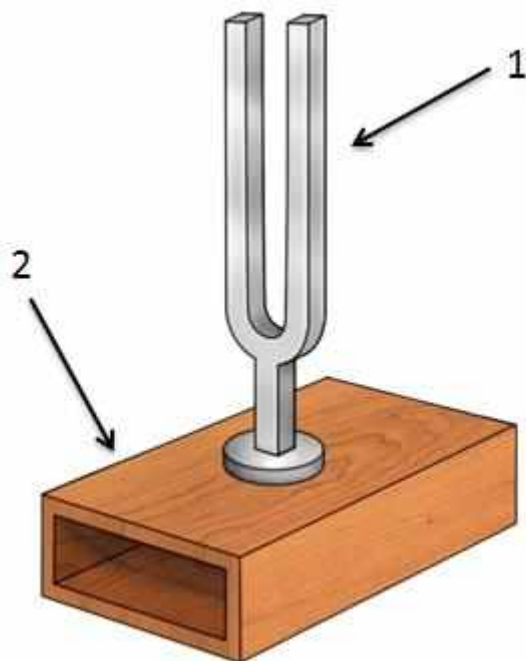


Общим для всех звуков является то, что порождающие их тела, т.е. источники звука, колеблются. В этом можно убедиться на простых опытах. Рассмотрим их.



На рисунке изображена укрепленная в тисках упругая металлическая линейка. Известно, что линейка будет издавать звук, если ее свободную часть привести в колебательное движение. В данном случае колебания источника звука очевидны.

Обратимся к следующему рисунку. На нем представлено изображение звучащей струны, концы которой закреплены. Размытие очертаний этой струны и кажущееся утолщение в середине свидетельствуют о том, что струна колеблется.



1. Изогнутый металлический стержень на ножке; 2. Резонаторный ящик

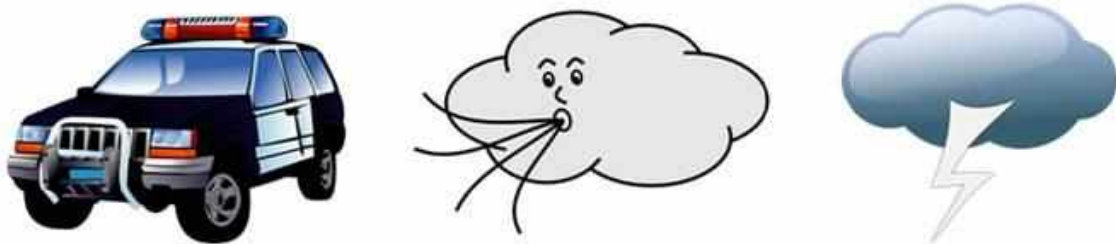
Рассмотрим следующий прибор — камертон. Он представляет собой изогнутый металлический стержень на ножке, укрепленный на резонаторном ящике. Если по камертону ударить мягким молоточком, то камертон зазвучит. Если к звучащему камертону поднести стеклянную бусинку, подвешенную на нитке, то она начнет отскакивать от камертона, свидетельствуя о колебаниях его ветвей.

Различные опыты свидетельствуют о том, что любой источник звука обязательно колеблется (хотя чаще всего эти колебания незаметны для глаза). Например, звуки голосов людей и многих животных возникают в результате колебаний их голосовых связок, звучание духовых музыкальных инструментов, звук сирены, свист ветра, шелест листьев, раскаты грома обусловлены колебаниями масс воздуха.

Колебания голосовых связок



Колебания масс воздуха



Но далеко не всякое колеблющееся тело является источником звука. Например, не издает звука колеблющийся грузик, подвешенный на нити или пружине.

Т.о., **звуковые волны (звук)** — это упругие продольные волны, которые, воздействуя на слуховой аппарат человека, вызывают определенные (слуховые) ощущения.

Исследования показали, что **человеческое ухо способно воспринимать как звук механические колебания в пределах от 16 Гц до 20 000 Гц** (передающиеся обычно через воздух). Поэтому колебания этого диапазона частот называются **звуковыми или акустическими**.

Механические колебания, частота которых превышает 20 000 Гц, называются **ультразвуковыми**, а колебания с частотами менее 20 Гц — **инфразвуковыми**.



Следует отметить, что указанные границы звукового диапазона условны, так как зависят от возраста людей и индивидуальных особенностей их слухового аппарата. Обычно с возрастом верхняя частотная граница воспринимаемых звуков значительно понижается — некоторые пожилые люди могут слышать звуки с частотами, не превышающими 6000 Гц. Дети же, наоборот, могут воспринимать звуки, частота которых несколько больше 20 000 Гц.

Колебания, частоты которых больше 20 000 Гц или меньше 20 Гц, слышат некоторые животные.

В вакууме звуковые волны распространяться не могут. Для доказательства этого электрический звонок нужно поместить под колокол воздушного насоса. По мере того как давление воздуха под колоколом уменьшается, звук ослабевает, пока не прекращается совсем, хотя колебания звонка происходят.



Плохо проводят звук такие материалы, как войлок, пористые панели, пресованная пробка и т.д. Эти материалы используют для звукоизоляции, т.е. для защиты помещений от проникновения в них посторонних звуков.

Звуковые волны распространяются с конечной скоростью, которая зависит от особенностей среды: **плотности, упругости, температуры.**

Звуковые волны, как и другие волны, характеризуются такими объективными величинами, как **частота, амплитуда, фаза колебаний, скорость распространения, длина волны и др.** Но, кроме этого, они описываются тремя субъективными характеристиками. Это — **громкость звука, высота тона и тембр.**

Одной из важнейших характеристик звуковых волн является спектр.

Спектром называется набор различных частот, образующих данный звуковой сигнал.

Спектр может быть *сплошным и дискретным*

В **Сплошном спектре** присутствуют волны, частоты которых заполняют весь спектральный диапазон.

В **дискретном спектре** - конечное число волн с определенными частотами и амплитудами, которые образуют рассматриваемый сигнал.

По типу спектра звуки разделяются на *шумы и музыкальные тона*.

Вторая субъективная характеристика — это высота тона. **Высота тона** — это качество звука, определяемое человеком субъективно на слух и зависящее от частоты звука. Чем больше частота, тем выше тон звука.

Если звуковые колебания происходят по гармоническому закону, то они воспринимаются человеком как определенный музыкальный тон. Различают **высокий тон** — это колебания высокой частоты. И **низкий тон** — это звуки низкой частоты.

Если в звуковой волне присутствуют колебания всевозможных частот, то люди его воспринимают в виде шума.

Шум - это совокупность множества разнообразных кратковременных звуков (хруст, шелест, шорох, стук и т.д.) - представляет собой наложение большого числа колебаний с близкими амплитудами, но различными частотами (имеет сплошной спектр).

Музыкальные звуки с одним и тем же основным тоном различаются **тембром**, т.е. характером нарастания амплитуд в начале звучания и их спадом в конце.

Кроме того, восприятие звука органами слуха зависит от того, какие частоты входят в состав звуковой волны.

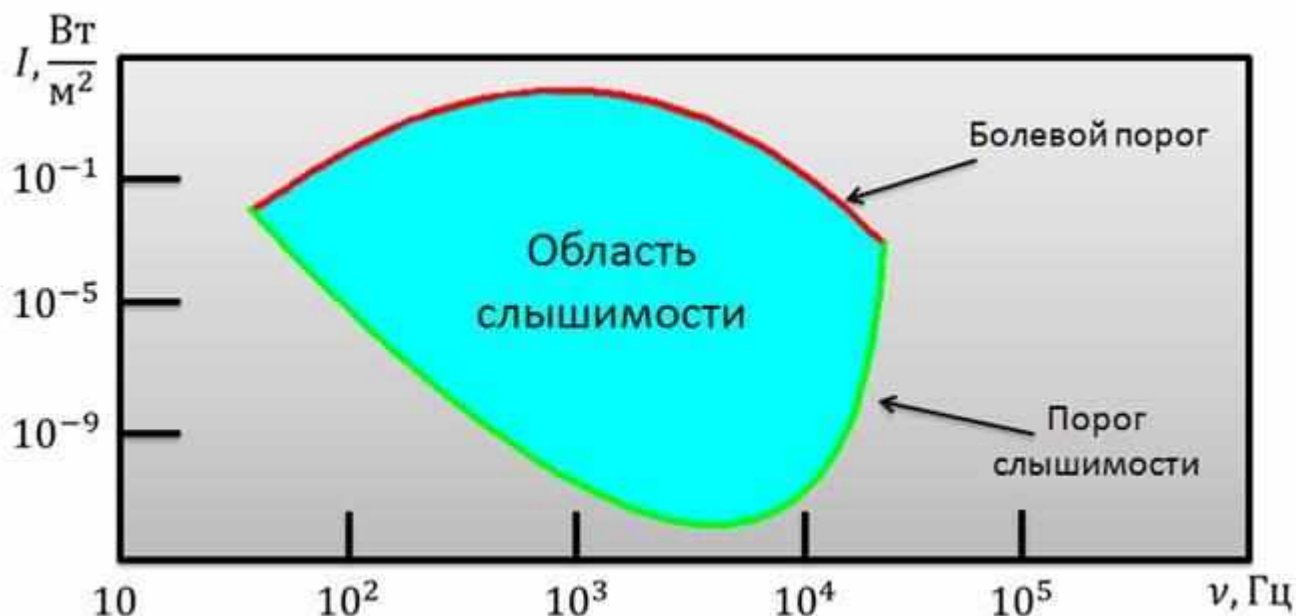
Музыкальный тон - создается периодическими колебаниями звучащего тела (камертон, струна) и представляет собой гармоническое колебание одной частоты.

Музыкальный звук (созвучие) - результат наложения нескольких одновременно звучащих музыкальных тонов, из которых можно выделить основной тон, соответствующий наименьшей частоте.

Основной тон называется *первой гармоникой*. Все остальные тоны называются **обертонами**. Обертоны называются гармоническими, если частоты обертонов кратны частоте основного тона, т.о. музыкальный звук имеет дискретный спектр.

Чувствительность человеческого уха различна для разных частот. Для того, чтобы вызвать звуковое ощущение, волна должна обладать некоторой минимальной интенсивностью, но если эта интенсивность превышает определенный предел, то звук не слышен и вызывает только болевые

ощущения. Таким образом, для каждой частоты колебаний существует наименьшая — **порог слышимости**, и наибольшая — **порог болевого ощущения**, интенсивность звука, которая способна вызвать звуковое ощущение. Область между болевым порогом и порогом слышимости называется областью слышимости.



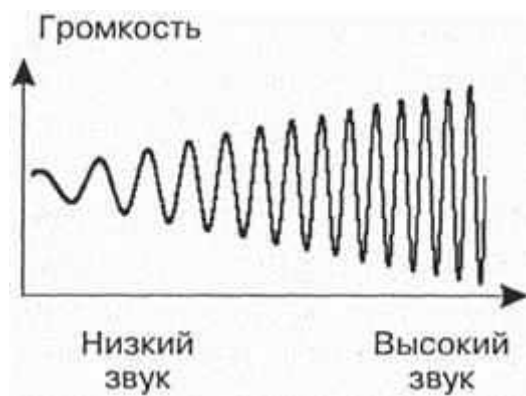
Любой звук помимо частоты характеризуется интенсивностью.

Если интенсивность звука I — это величина, объективно характеризующая волновой процесс, то субъективной характеристикой звука является громкость.

Интенсивность звука I - это энергии W , переносимая волной в единицу времени $\Delta t=1\text{с}$ через единичную площадку площадью $S=1\text{м}^2$, расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны:

$$I = \frac{W}{S\Delta t} \left[1 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$$

Громкость зависит от интенсивности звука, т.е. определяется квадратом амплитуды колебаний в звуковой волне и чувствительностью уха. Т.о. чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.



Уровни интенсивности звука L определяют обычно, используя обычно, используя шкалу, единицей которой является **бел(Б)** или, что гораздо чаще **децибел (дБ)** (одна единица бела).

1Б самый слабый звук, который воспринимает наше ухо. Единица названа в честь изобретателя телефона А.Г. Белла. Измерения уровня интенсивности в децибелах проще, поэтому принято в физике и технике.

Уровень интенсивности L любого звука в децибела вычисляется через интенсивность звука по формуле:

$$L = 10 \lg\left(\frac{l}{l_0}\right)$$

l -интенсивность данного звука, l_0 — интенсивность 1Вт/м², соответствующая минимально возможной интенсивности звука, улавливаемого ухом человека.

Скорость звука

| Твердые тела | v , м/с | Жидкости | v , м/с | Газы и пары | v , м/с |
|--------------|-----------|----------------|-----------|--------------------|-----------|
| Алмаз | 18 350 | Олово | 2270 | Пары воды при 0 °С | 401 |
| Алюминий | 6260 | Вода при 0 °С | 1403 | при 100 °С | 405 |
| Железо | 5850 | при 20 °С | 1483 | Воздух при 0 °С | 331 |
| Бетон | 4250—5250 | при 100 °С | 1543 | при 20 °С | 343 |
| Стекло | 4000—5000 | Жидкий водород | 1187 | при 100 °С | 387 |
| Кирпич | 3600 | Эфир | 985 | Кислород при 0 °С | 387 |

$$340 \text{ м/с} \approx 1224 \text{ км/ч}$$

Основные выводы:

- **Звуковые волны**— это упругие продольные волны, которые, воздействуя на слуховой аппарат человека, вызывают определенные (слуховые) ощущения.
- Звуковые волны распространяются с конечной скоростью, которая зависит от особенностей среды: **плотности, упругости, температуры.**
- **Звуковые волны**, как и другие волны, **характеризуются** такими объективными величинами, как **частота, амплитуда, фаза колебаний, скорость распространения, длина волны и др.** Но, кроме этого, они описываются тремя субъективными характеристиками. Это — **громкость звука, высота тона и тембр.**
- **Громкость** зависит от **интенсивности звука**, т.е. определяется квадратом амплитуды колебаний в звуковой волне и чувствительностью уха. Т.е. чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук.
- **Высота тона** — это качество звука, определяемое человеком субъективно на слух и зависящее от частоты звука. Чем больше частота, тем выше тон звука.
- Музыкальные звуки с одним и тем же основным тоном различаются **тембром**, т.е. характером нарастания амплитуд в начале звучания и их спадом в конце.