

# ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ. СКОРОСТЬ ЗВУКА.

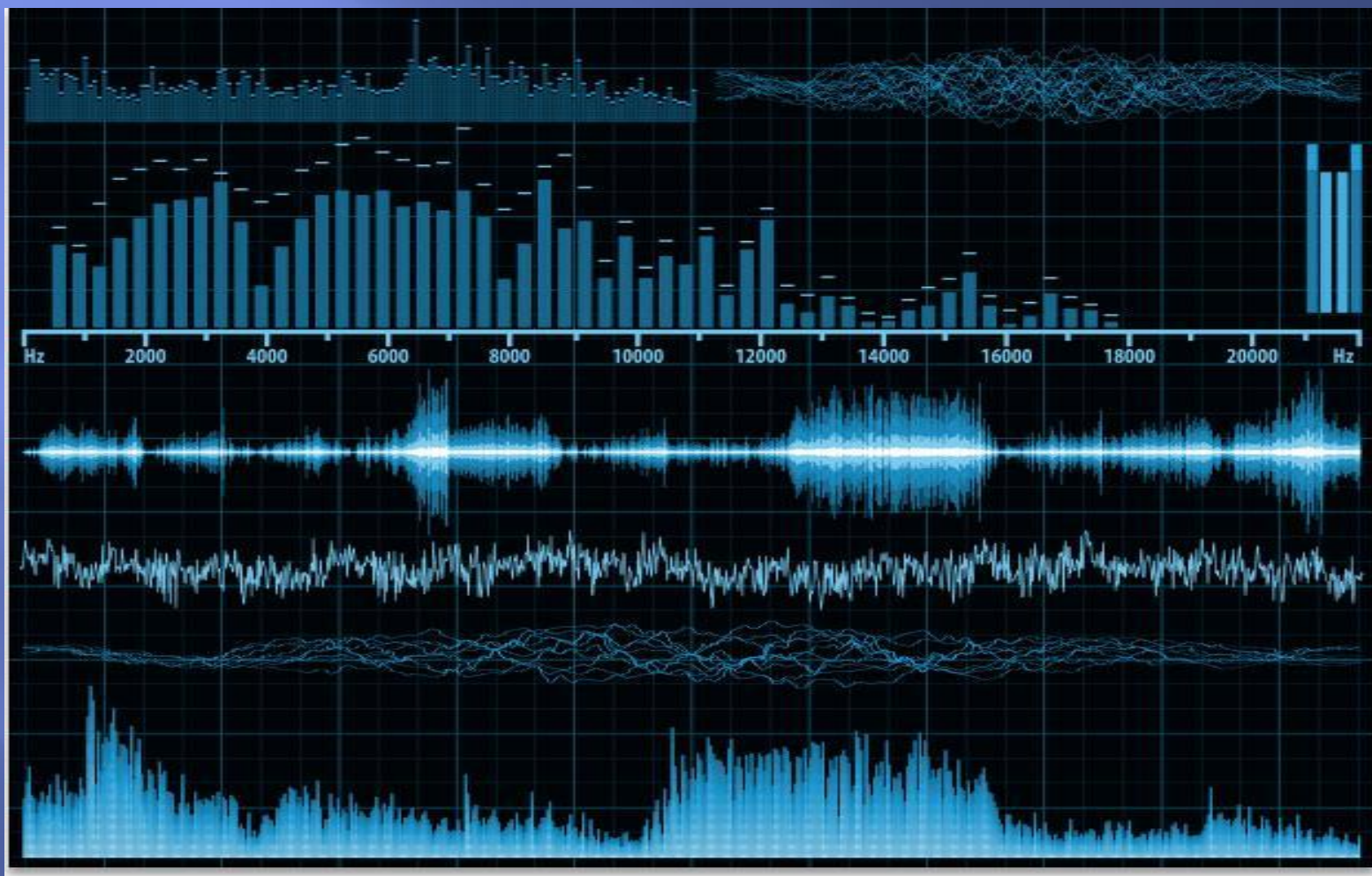
Выполнила  
Ученица 9А класса  
Епифанова Дарья  
МОУ СОШ №32  
г.Подольска  
Учитель:  
Феськова С.П.

19.05.16

# Звуковые волны

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

# Разновидности звуковых волн

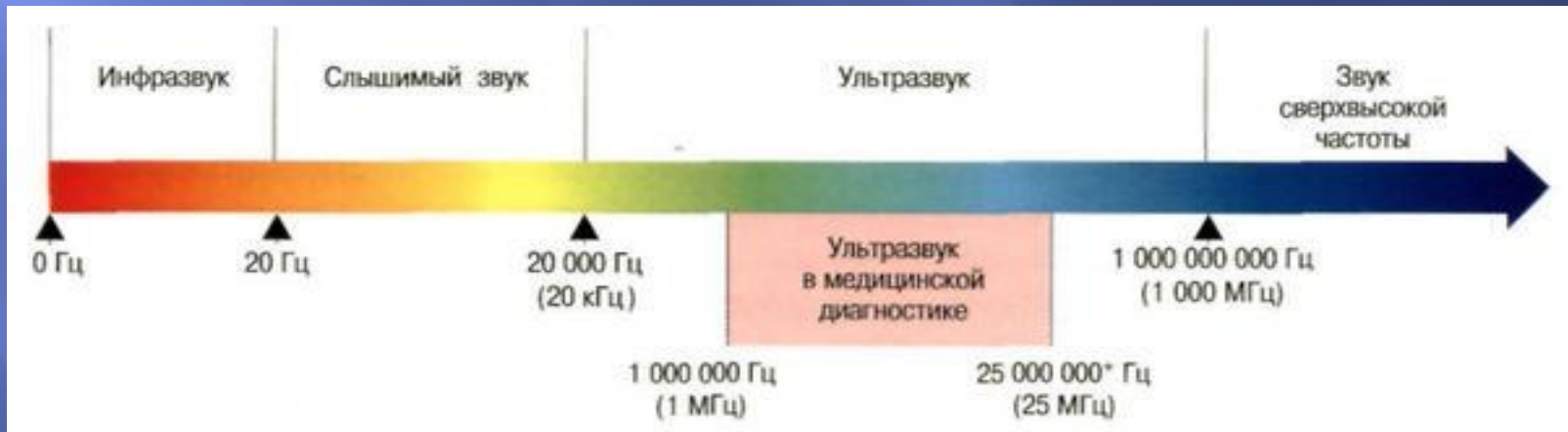


Человеческое ухо воспринимает в виде звука упругие колебания, частота которых находится в пределах от 16 до 20000 Гц. Такие колебания называются **акустическими**.

Акустика — раздел физики, в котором рассматриваются свойства звуковых волн, закономерности их возбуждения, распространения и действия на встречные препятствия.

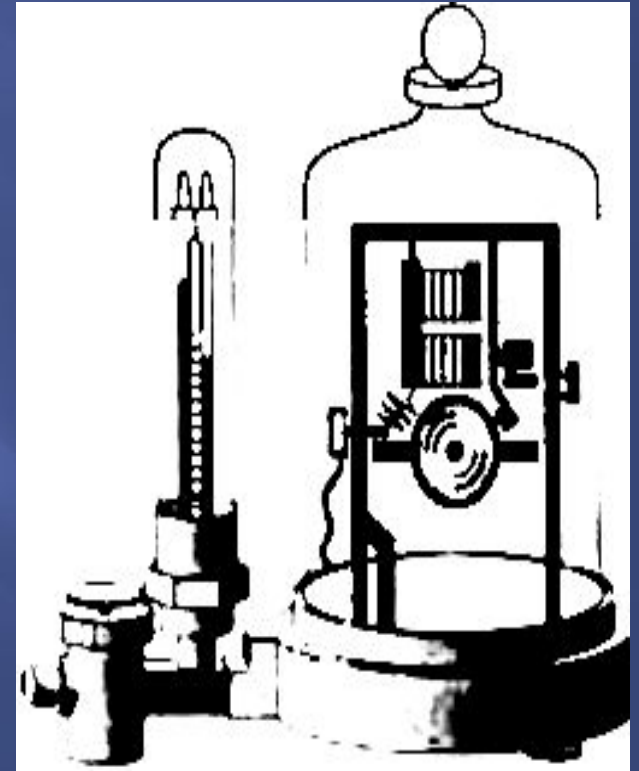


Звуковые колебания с частотами, меньшими 16 Гц, называются **инфразвуками**, а с частотами, большими 20000 Гц, — **ультразвуками**. Любое тело (твердое, жидкое или газообразное), колеблющееся со звуковой частотой, создает в окружающей среде звуковую волну.



# Звуковые волны в вакууме

В вакууме звуковые волны распространяться не могут. Для доказательства этого электрический звонок нужно поместить под колокол воздушного насоса (рис. 1). По мере того как давление воздуха под колоколом уменьшается, звук ослабевает, пока не прекращается совсем, хотя колебания звонка происходят



# Звукоизоляция

Плохо проводят звук такие материалы, как войлок, пористые панели, прессованная 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.



# Скорость звука

Скорость звука — скорость распространения упругих волн в среде: как продольных (в газах, жидкостях или твёрдых телах), так и поперечных, сдвиговых (в твёрдых телах). Определяется упругостью и плотностью среды: как правило, в газах скорость звука меньше, чем в жидкостях, а в жидкостях — меньше, чем в твёрдых телах. Также, в газах скорость звука зависит от температуры данного вещества, в монокристаллах — от направления распространения волны. Обычно не зависит от частоты волны и её амплитуды; в тех случаях, когда скорость звука зависит от частоты, говорят о дисперсии звука.

# История измерения скорости

## звука

Уже у античных авторов встречается указание на то, что звук обусловлен колебательным движением тела (Птолемей, Евклид). Аристотель отмечает, что скорость звука имеет конечную величину, и правильно представляет себе природу звука.

Попытки экспериментального определения скорости звука относятся к первой половине XVII в.

Ф.Бэкон в «Новом органоне» указал на возможность определения скорости звука путём сравнения промежутков времени между вспышкой света и звуком выстрела. Применяв этот метод, различные исследователи (М.Мерсенн, П.Гассенди, [У.Дерхам](#), группа учёных Парижской Академии наук — Д.Кассини, Пикар, Гюйгенс, Рёмер) определили значение скорости звука (в зависимости от условий экспериментов, 350 — 390 м/с).

# История измерения скорости звука

Теоретически вопрос о скорости звука впервые рассмотрел Ньютон в своих «Началах». Ньютон фактически предполагал изотермичность распространения звука, поэтому получил заниженную оценку. Правильное теоретическое значение скорости звука было получено Лапласом.

# Расчёт скорости в жидкости и газе

Скорость звука в однородной жидкости (или газе) вычисляется по формуле:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\beta\rho}}$$

В частных производных:

$$c = \sqrt{-v^2 \left( \frac{\partial p}{\partial v} \right)_s} = \sqrt{-v^2 \frac{C_p}{C_v} \left( \frac{\partial p}{\partial v} \right)_T}$$

где  $\beta$  — адиабатическая сжимаемость среды;  $\rho$  — плотность;  $C_p$  — изобарная теплоемкость;  $C_v$  — изохорная теплоемкость;  $p, v, T$  — давление, удельный объем и температура среды;  $S$  — энтропия среды.

где  $\beta$  — адиабатическая сжимаемость среды;  $\rho$  — плотность;  $C_p$  — изобарная теплоемкость;  $C_v$  — изохорная теплоемкость;  $p, v, T$  — давление, удельный объем и температура среды;  $S$  — энтропия среды.

# Твёрдые тела

В однородных твёрдых телах могут существовать два типа объемных волн, отличающихся друг от друга поляризацией колебаний относительно направления распространения волны: продольная (P-волна) и поперечная (S-волна). Скорость распространения первой

всегда выше, чем скорость второй :

$$c_P = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)\rho}}$$

$$c_S = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2(1 + \nu)\rho}}$$

где  $K$  — модуль всестороннего сжатия;  $G$  — модуль сдвига;  $E$  — модуль Юнга;  $\nu$  — коэффициент Пуассона. Как и для случая с жидкой или газообразной средой, при расчетах должны использоваться адиабатические модули упругости.

# Скорость звука в воде

В чистой воде скорость звука составляет около 1500 м/с (см. опыт Колладона – Штурма) и увеличивается с ростом температуры. Прикладное значение имеет также скорость звука в солёной воде океана. Скорость звука увеличивается в более солёной и более тёплой воде. При большем давлении скорость также возрастает, то есть чем глубже, тем скорость звука больше. Разработано несколько эмпирических формул для вычисления скорости распространения звука в воде.

Например, формула Вильсона 1960 года для нулевой глубины даёт следующее значение скорости звука. Иногда также пользуются упрощённой формулой Лероя.

# Скорость звука в разных средах

Наименование (0°C)	Скорость звука, м/с
Хлор	206
CO <sub>2</sub>	260
Кислород	316
Воздух	331
Азот	334
Гелий	972
Водород	1286

**Газы**

Наименование (25°C)	Скорость звука, м/с
Эфир	985
Метиловый спирт	1143
Ртуть	1450
Вода пресная	1493
Вода морская	1533
Глицерин	1904
Керосин (20°C)	2330

**Жидкости**

