

Техническая акустика и защита от шума



Лекция №1
Упругая среда.

Понятие волны в упругой среде
Поперечная и продольная волна в упругой
среде.

Цель работы

Ознакомиться с основными понятиями и определениями, физическими закономерностями и принципами распространения звуковых волн в различных средах



1 Упругая среда. Понятие волны в упругой среде.

Упругая среда – это среда, частицы которой связаны между собой упругими силами



- Если колеблющееся тело находится в упругой среде, то оно приводит в колебательное движение соприкасающиеся с ним частицы среды, которые создают периодические деформации.
- При этих деформациях в среде появляются упругие силы, стремящиеся вернуть элементы среды к первоначальным состояниям равновесия; благодаря взаимодействию соседних элементов среды, упругие деформации будут передаваться от одних участков среды к другим, более удаленным от колеблющегося тела.

- Периодические деформации, вызванные в каком-нибудь месте упругой среды, будут распространяться в среде с некоторой скоростью, зависящей от ее физических свойств.
- При этом частицы среды совершают колебательное движение около положений равновесия. От одних участков среды к другим передается только состояние деформации.
- Процесс распространения колебательного движения в среде называется волновым процессом или просто **волной**.

2 Поперечная и продольная волна в упругой среде. Понятие длины волны

- В зависимости от характера возникающих упругих деформаций различают продольные и поперечные волны.
- В продольных волнах частицы среды колеблются вдоль направления распространения колебаний. В поперечных волнах частицы среды колеблются перпендикулярно направлению распространения волны.

ПРОДОЛЬНЫЕ ВОЛНЫ

ВОЛНЫ ВО ВРЕМЯ ШТОРМА



ВОЛНЫ У БЕРЕГА

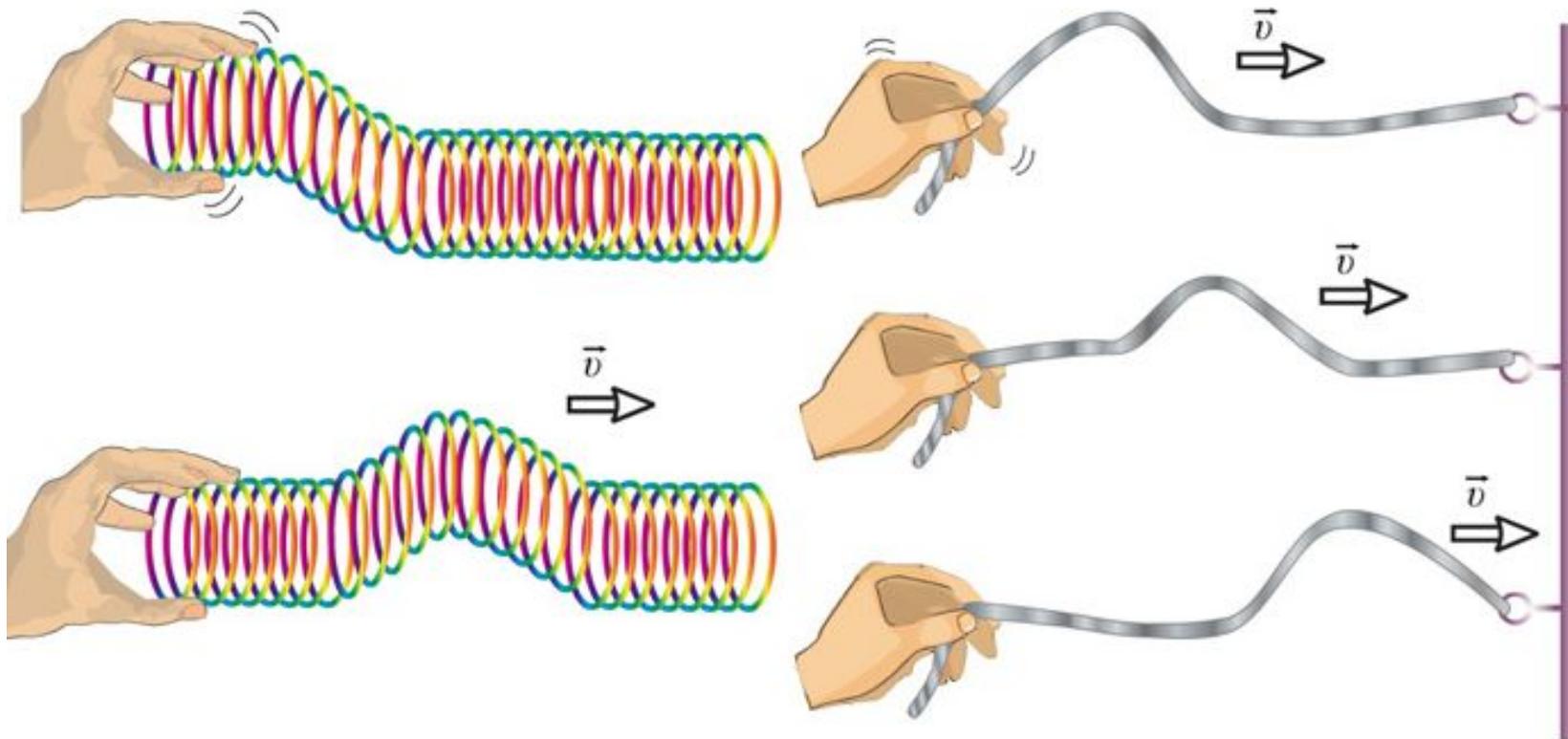


Волну называю продольной, в том случае, если частицы среды совершают колебания в направлении распространения волны

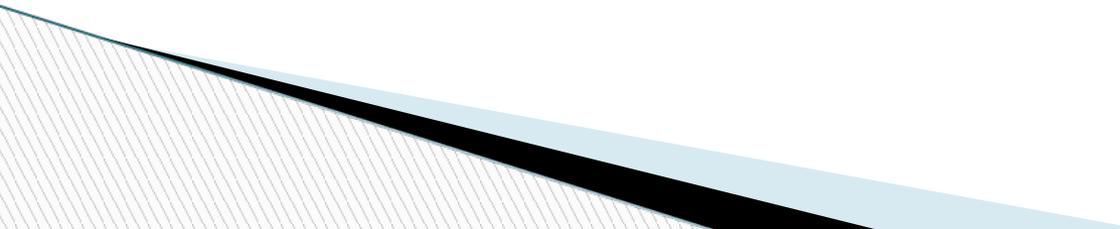
ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛН В ТВЁРДОМ ТЕЛЕ

В пружине

В шнуре

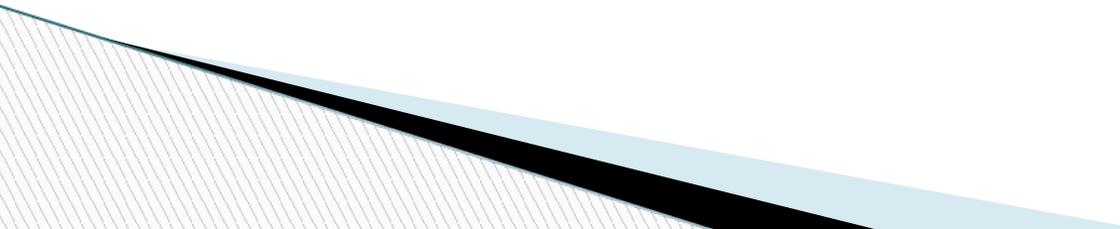


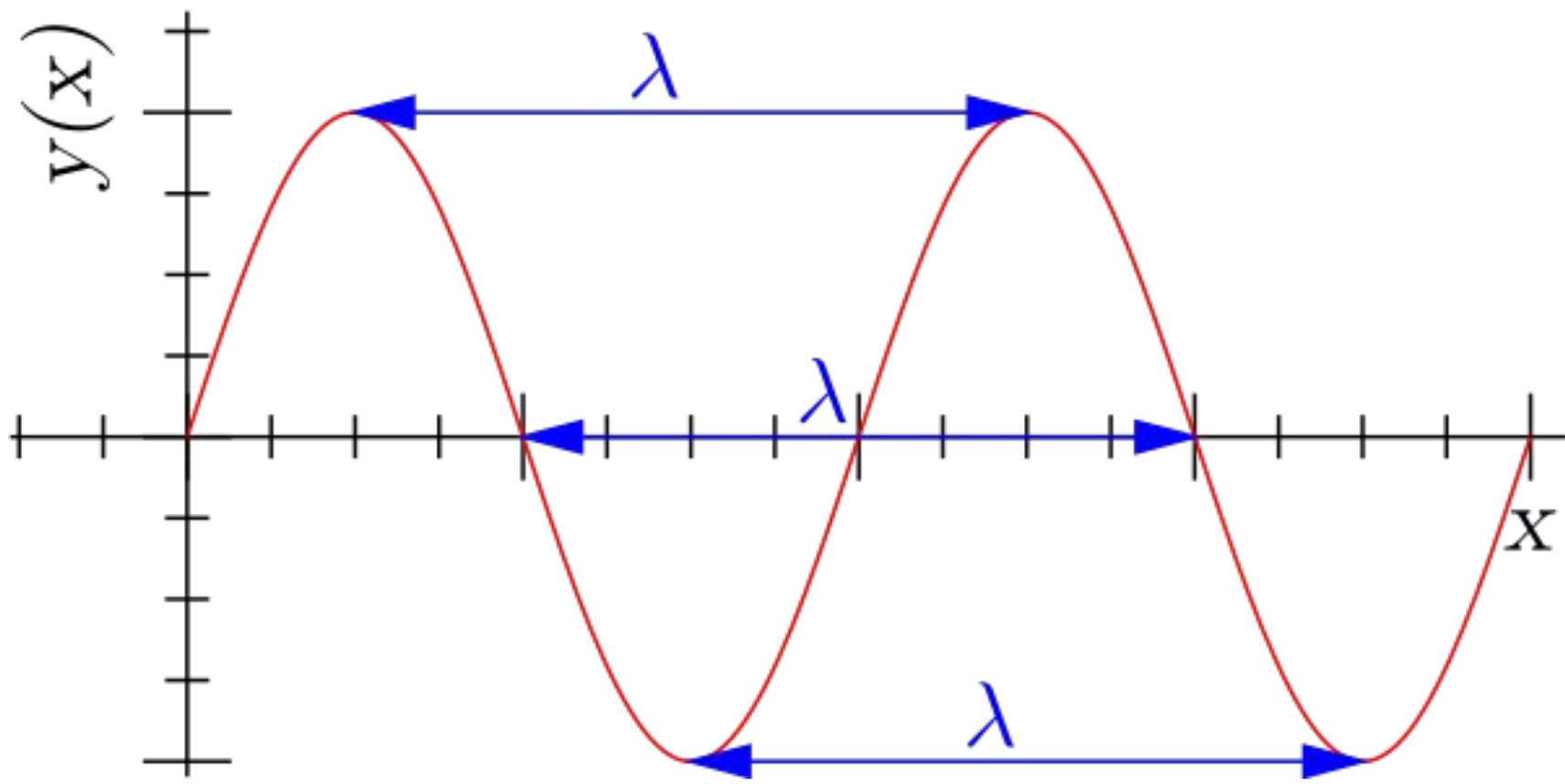
Волну называют поперечной волной, если колебания частиц среды происходят в направлениях перпендикулярных к направлению распространения волны.

- Жидкие и газообразные среды не имеют упругости сдвига, поэтому в них возбуждаются только продольные волны, распространяющиеся в виде чередующихся сжатий и разрежений. Волны, возбуждаемые на поверхности воды, являются поперечными, они обязаны своим существованием земному притяжению.
 - В твёрдых телах могут быть вызваны и продольные и поперечные волны.
- 

Длина волны

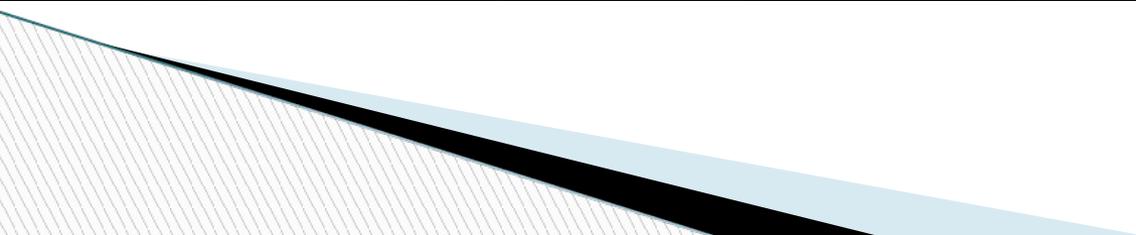
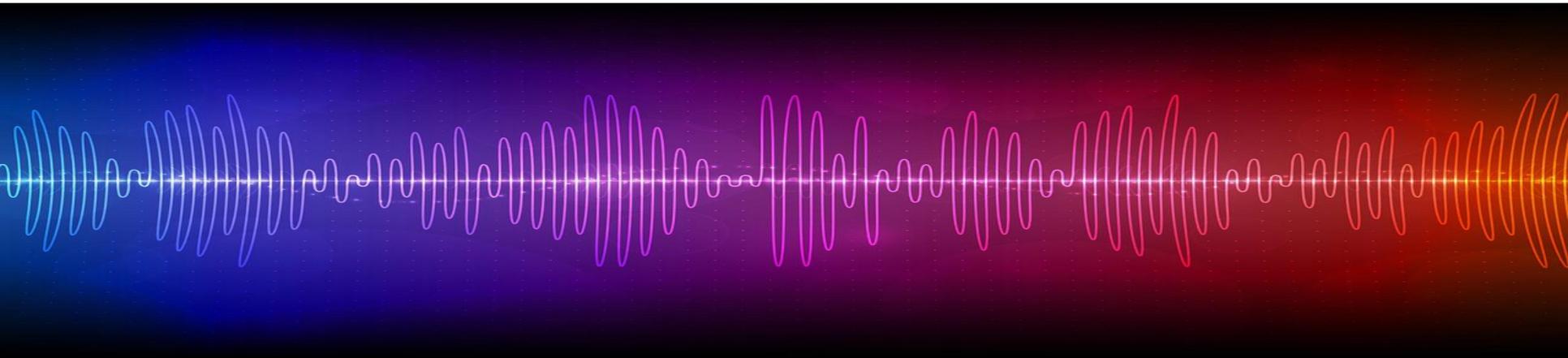
Длина волны — расстояние — расстояние между двумя ближайшими друг к другу точками в пространстве, в которых колебания происходят в одинаковой фазе.





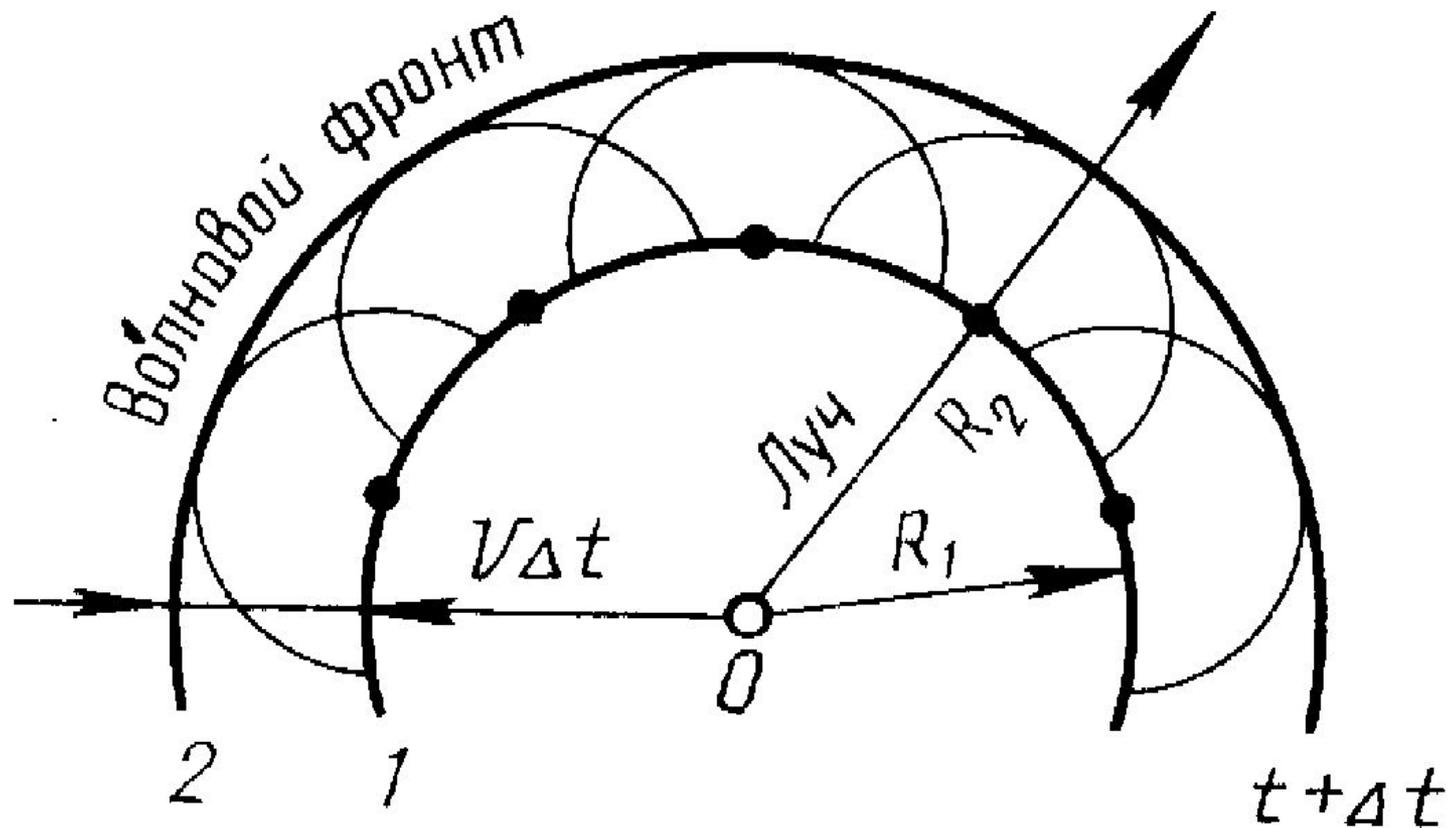
3 Звук, звуковая волна, волновая поверхность (фронт волны), луч

- Звук — физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде.



- Пусть точечный источник волны начал возбуждать в среде колебания в момент времени $t = 0$; по истечению времени t это колебание распространится по различным направлениям на расстояние $r = v_i t$, где v_i - скорость волны в данном направлении. Поверхность, до которой доходит колебание в некоторый момент времени, называется **фронтом волны**.

- ▣ **Луч** — линия, нормальная — линия, нормальная к волновой поверхности. Под направлением распространения волн понимают направление лучей. Если среда распространения волны однородная и изотропная, лучи прямые (причем, если волна плоская — параллельные прямые).



4 Расчет скорости распространения звуковой волны в газах и

ЖИДКОСТЯХ

- 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 β — адиабатическая сжимаемость среды; ρ — плотность; C_p — изобарная теплоемкость; C_v — изохорная теплоемкость; p, v, T — давление, удельный объем и температура среды; s — энтропия среды.

- Для газов формула выглядит так:

$$c = \sqrt{\frac{\gamma kT}{m}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} = \sqrt{\frac{\gamma R(t + 273,15)}{M}} = \alpha \sqrt{T}$$

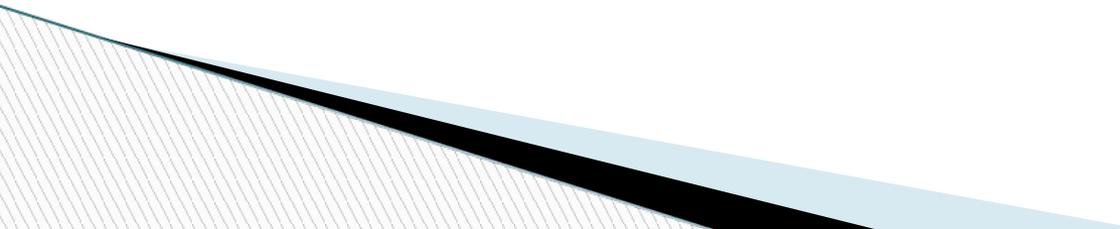
- где γ — показатель адиабаты: 5/3 для одноатомных газов, 7/5 для двухатомных (и для воздуха), 4/3 для многоатомных;
- k — постоянная Больцмана;
- R — универсальная газовая постоянная;
- T — абсолютная температура в кельвинах;
- t — температура в градусах Цельсия;
- m — молекулярная масса;
- M — молярная масса.

$$\alpha = \sqrt{\frac{\gamma R}{M}}$$

- По порядку величины скорость звука в газах близка к средней скорости теплового движения молекул и в приближении постоянства показателя адиабаты пропорциональна квадратному корню из абсолютной температуры.

5 Скорости распространения звуковой волны в жидкостях и твердых телах.

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.

**Скорость звука в газах
0 °С, 101325 Па;**

Вещество	м/с	км/ч
Азот	334	1'202.4
Аммиак	415	1'494.0
Ацетилен	327	1'177.2
Водород	1284	4'622.4
Воздух	331	1'191.6
Гелий	965	3'474.0
Кислород	316	1'137.6
Метан	430	1'548.0
Угарный газ	338	1'216.8
Углекислый газ	259	932.4
Хлор	206	741.6

Скорость звука в воздухе при различной температуре. От -150 до 1000 °С.

t, °С	скорость звука в воздухе	
	м/с	км/ч
-150	216,7	780,1
-100	263,7	949,2
-50	299,3	1077,6
-20	318,8	1147,8
-10	325,1	1170,3
0	331,5	1193,4
10	337,3	1214,1
20	343,1	1235,2
30	348,9	1256,2
50	360,3	1296,9
100	387,1	1393,7
200	436,0	1569,5
300	479,8	1727,4
400	520,0	1872,1
500	557,3	2006,4
1000	715,2	2574,8

Скорость звука в газах увеличивается с повышением температуры. При повышении температуры воздуха на 1 ° скорость звука в нем увеличивается на 0,59 м/с.

- В однородных твёрдых телах могут существовать два типа объемных волн, отличающихся друг от друга поляризацией колебаний относительно направления распространения волны: продольная (Р-волна) и поперечная (S-волна). Скорость распространения первой всегда выше, чем скорость второй.
- В многофазных средах из-за явлений неупругого поглощения энергии скорость звука, вообще говоря, зависит от частоты колебаний (то есть наблюдается дисперсия скорости).
- При наличии границ раздела, упругая энергия может передаваться посредством поверхностных волн различных типов, скорость которых отличается от скорости продольных и поперечных волн. Энергия этих колебаний может во много раз превосходить энергию объемных волн.

Твердые вещества при температуре 25 °С

Наименование	Скорость звука (м/с)
Алмаз	12000-18350
Бетон	4250-5250
Графит	1470
Дерево дуб	4115
Дерево пробка	430-530
Дерево сосна	5030
Стеарин 20 °С	1380
Стекло (борсиликатное)	5640
Железо, сталь	5130
Алюминий	5100-6250
Кирпич	3600
Лед -4°С	3980
Медь	3560
Золото	3240
Оргстекло	2550-2680
Резина	1600
Шифер	4510
Чугун	3850

- В чистой воде скорость звука составляет 1500 м/с.
 - 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.
- 