СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ.

Когда две одинаковые волны с равными амплитудами и периодами распространяются навстречу друг другу, то при их наложении возникают стоячие волны. Стоячие волны могут быть получены при отражении от препятствий. Допустим, излучатель посылает волну к препятствию (падающая волна). Отраженная от него волна наложится на падающую волну. Уравнение стоячей волны можно получить сложением уравнения падающей волны

Y1=Asinw(t-(x/v))=Asin2П((t/T)-(x/(лямбда)))

и уравнения отраженной волны  
y2=Asin2П((t/T)+(x/(лямбда)))

Отраженная волна движется в направлении, противоположном падающей волне, поэтому расстояние х берем со знаком минус. Смещение точки, которая участвует одновременно в двух колебаниях, равно алгебраической сумме y=y1+y2. После несложных преобразований, получаем

Y=Asin((2Пt)/T)cos((2Пx)/(лямбда))

Это уравнение стоячей волны определяет смещение любой точки волны.

Величина Aст=|2Acos((2Пx)/(лямбда))|

не зависит от времени и определяет амплитуду любой точки с координатой х. Каждая точка совершает гармоническое колебание с периодом Т. Амплитуда Аст для каждой точки вполне определена. Но при переходе от одной точки волны к другой она изменяется в зависимости от расстояния х. Если придавать х значения, равные (лямбда)/4 , 3целые (Лямбда)/4  и т.д., то при подстановке в уравнение (8.16) получим cos((2Пx)/(лямбда))=0 . Следовательно, указанные точки волны остаются в покое, т.к. амплитуды их колебаний равны нулю. Эти точки называются узлами стоячей волны. Точки, в которых колебания происходят с максимальной амплитудой, называются пучностями. Расстояние между соседними узлами (или пучностями) называются длиной стоячей волны и равно

(дельта)x=(лямбда)/2=(лямбда)ст

где λ - длина бегущей волны.

В стоячей волне все точки среды, в которой они распространяются, расположенные между двумя соседними узлами, колеблются в одной фазе. Точки среды, лежащие по разные стороны от узла, колеблются в противофазе -фазы их отличаются на π. т.е. при переходе через узел фаза колебаний скачкообразно меняется на π. В отличие от бегущих волн в стоячей волне отсутствует перенос энергии вследствие того, что образующие эту волну прямая и обратная волны переносят энергию в равных количествах и в прямом и в противоположном направлениях. В том случае, когда волна отражается от среды более плотной, чем та среда, где распространяется волна, в месте отражения возникает узел, фаза изменяется на противоположную. При этом говорят, что происходит потеря половины волны. Когда волна отражается от среды менее плотной в месте отражения, появляется кучность, и потери половины волны нет.

БЕГУЩАЯ ВОЛНА.

**Бегущая волна** — волновое движение, при котором поверхность равных фаз (фазовые волновые фронты) перемещается с конечной скоростью (постоянной для однородной среды). С бегущей волной, групповая скорость которой отлична от нуля, связан перенос энергии, импульса или других характеристик процесса[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B3%D1%83%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0#cite_note-femto-1).

**Бегущая волна** - волна, которая при распространении в среде переносит энергию (в отличие от стоячей волны). Примеры: [упругая волна](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0) в стержне, столбе газа, жидкости, электромагнитная волна вдоль длинной линии, в волноводе[[2]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%B3%D1%83%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0#cite_note-2).

**Бегущая волна** — волновое возмущение, изменяющееся во времени ~t и пространстве ~zсогласно выражению

Y(z,t)=A9z,t)sin(kz-wt+ф),

Где A(z,t)  — амплитудная огибающая волны, k — [волновое число](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) и ф — [фаза колебаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9). [Фазовая скорость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) Vр этой волны даётся выражением

Vр=w/k=λf,

где λ — это [длина волны](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B).

ПОПЕРЕЧНАЯ ВОЛНА.

**Поперечная волна** - волна, распространяющаяся в направлении, перпендикулярном к плоскости, в которой происходят колебания частиц среды (в случае упругой волны) или в которой лежат векторы электрического и магнитного поля (для электромагнитной волны).

К поперечным волнам относят, например, волны в струнах или упругих мембранах, когда смещения частиц в них происходят строго перпендикулярно направлению распространения волн, а также плоские однородные электромагнитные волны в изотропном диэлектрике или магнетике; в этом случае поперечные колебания совершают векторы электрического и магнитного полей.

Поперечная волна обладает поляризацией, т.е. вектор её амплитуды определённым образом ориентирован в поперечной плоскости. В частности, различают линейную, круговую и эллиптическую поляризации в зависимости от формы кривой, которую описывает конец вектора амплитуды. Понятие поперечной волны так же, как и продольной волны, до некоторой степени условно и связано со способом её описания. "Поперечность" и "продольность" волны определяются тем, какие величины реально наблюдаются. Так, плоская электромагнитная волна может описываться продольным Герца вектором. В ряде случаев разделение волн на продольные и поперечные вообще теряет смысл. Так, в гармонической волне на поверхности глубокой воды частицы среды совершают круговые движения в вертикальной плоскости, проходящей через волновой вектор \vec{k}, т.е. колебания частиц имеют как продольную, так и поперечную составляющие.

ПРОДОЛЬНАЯ ВОЛНА

**Продольные волны** ─ распространяющееся с конечной скоростью в пространстве переменное взаимодействие материи, которое обычно характеризуется двумя функциями ─ векторной, направленной вдоль потока энергии волны, и скалярной функцией. В [упругих волнах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B) (звуковых волнах) векторная функция описывает колебания скорости движения элементов среды распространения волны. В зависимости от вида продольных волн и среды их распространения, скалярная функция описывает разного рода изменения в среде или в поле, например, плотность вещества.

Продольными волнами называются волны, в которых колебания совершаются вдоль направления распространения. Примером таких волн могут быть акустические (упругие) волны, в редких случаях существуют примеры продольных электромагнитных волн (в сильно диспергирующих средах).

Понятие плотности потока энергии продольных волн впервые введено русским физиком[Н. А. Умовым](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BC%D0%BE%D0%B2,_%D0%9D%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B9_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B5%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D1%87).

ПЛОСКАЯ ВОЛНА.

**Плоская волна** —[волна](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B0), [фронт](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%84%D1%80%D0%BE%D0%BD%D1%82)которой имеет форму плоскости.

Фронт плоской волны неограничен по размерам, вектор [фазовой скорости](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C)перпендикулярен фронту. Плоская волна является частным решением[волнового уравнения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) и удобной абстрактной моделью: такая волна в природе не существует, так как фронт плоской волны начинается в –(бесконечность) и заканчивается в +(бесконечность), чего, очевидно, быть не может. Кроме того, плоская волна переносила бы бесконечную мощность, и на создание плоской волны потребовалась бы бесконечная энергия. Волну со сложным (реальным) фронтом можно представить в виде [спектра](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80) плоских волн с помощью [преобразования Фурье](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%A4%D1%83%D1%80%D1%8C%D0%B5) по пространственным переменным.

Уравнение плоской волны:

S(x,y,z,t)=Acos(wt-Kxx(одна из х снизу от к)-kyy-kzz)

Где kx(x снизу)=((2П)/(лямбда))cos(альфа),ky=((2П)/(лямбда))cos(бета),kz=((2П)/(лямбда))cos(гамма)

ВОЛНОВЫОЕ УРАВНЕНИЕ.

Продефференцируем дважды по каждой переменной уравнение плоской волны

((дельта^2)S)/( (дельта)t^2)=-(w^2)Acos(wt-k(~)r(~))=-(w^2)S;

((дельта^2)S)/ ((дельта)x^2)=-(kx^2)(x снизу)Acos(wt-k(~)r(~)=-(kx^2)S;

((дельта^2)S)/ ((дельта)y^2)=-(ky^2)Acos(wt-k(~)r(~)=-(ky^2)S;

((дельта^2)S)/( (дельта)z^2)=-(kz^2)Acos(wt-k(~)r(~))=-(kz^2)S;

Сложим последние три уравнения и получим:

((дельта^2)S)/( (дельта^2)x)+( (дельта^2)S)/( (дельта^2)y)+( (дельта^2)S)/( (дельта^2)z)=-((kx^2)+(ky^2)+(kz^2))S=-(k^2)S.

И этого следует

S=-(1/(w^2))\*(( (дельта^2)S)/( (дельта)t^2))

Тогда

((дельта^2)S)/( (дельта^2)x)+( (дельта^2)S)/( (дельта^2)y)+( (дельта^2)S)/( (дельта^2)z)= =-(1/(w^2))\*(( (дельта^2)S)/( (дельта)t^2))

Это уравнение носит название волнового уравнения. Всякая функция, удовлетворяющая этому уравнению описывает некоторую волну.

ФАЗОВАЯ СКОРОСТЬ.

[w(t-(x/v))+ф0]=const

Это выражение дает связь между временем t и координатой х, в которой зафиксированное значение фазы осуществляется в данный момент. Определив dx/dt  , мы найдем скорость, с которой перемещается данное значение фазы. Дифференцируя это соотношение, получим

Dt-(1/v)dx=0  
Откуда  
(dx)/(dt)=v

Таким образом, скорость распространения волны V в уравнении есть скорость перемещения фазы, в связи с чем ее называют фазовой скоростью.

ГРУППОВАЯ СКОРОСТЬ.

**Групповая скорость** — это величина, характеризующая скорость распространения «группы волн» - то есть более или менее хорошо локализованной квазимонохроматической волны (волны с достаточно узким спектром). Обычно интерпретируется как [скорость](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) перемещения максимума амплитудной[огибающей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B3%D0%B8%D0%B1%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B0%D1%8F) квазимонохроматического [волнового пакета](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D0%B5%D1%82) (или цуга волн). В случае рассмотрения распространения волн в пространстве размерностью больше единицы подразумевается как правило волновой пакет близкий по форме к плоской волне[[1]](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D1%83%D0%BF%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C#cite_note-.D0.A4.D0.AD1-1).

Групповая скорость во многих важных случаях определяет скорость переноса энергии и информации квазисинусоидальной волной (хотя это утверждение в общем случае требует серьёзных уточнений и оговорок).

Групповая скорость определяется динамикой физической системы, в которой распространяется волна (конкретной среды, конкретного поля итп). В большинстве случаев подразумевается [линейность](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C&action=edit&redlink=1) этой системы (точно или приближенно).

Для одномерных волн групповая скорость вычисляется из [закона дисперсии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D0%B8):

Vgr=(dw)/(dk),

где w — [угловая частота](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0), k — [волновое число](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE).

СЛОЖЕНИЕ ВОЛН.

За процессом сложения волн можно пронаблюдать, бросив в воду два камня, создав этим две кольцевые волны. Можно увидеть следующую картину:   
- Каждая волна проходит сквозь другую и в дальнейшем ведет себя так, будто другой волны не существует;  
- Если две волны встречаются в одном месте гребнями, то в этом месте возбуждение воды усиливается, если гребень одной волны встречается с впадиной другой, то возмущения поверхности не будет.

Вообще же в каждой точке среды **колебания, вызванные двумя волнами, складываются. Результирующее смещение любой частицы среды представляют собой сумму смещений, которые происходили бы при распространении одной из волн в отсутствие другой**.

Сложение в пространстве двух (или нескольких) волн, при котором образуется постоянное во времени распределение амплитуды результирующих колебаний в различных точках пространства, называется**интерференцией**.

Стоячая волна - пример интерференции двух волн, бегущих в противоположные стороны.

|  |  |
| --- | --- |
| Если источники волн когерентны (рисунок справа), то есть имеют одинаковую частоту и разность их фаз постоянна, то полученная интерференционная каритна - устойчива. |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Только при сложении когерентных волн образуется устойчивая интерференционная картина, такая картина представлена на рисунке слева. Источники этих волн - на рисунке вверху.  Если разность фаз источников колебаний не остается постоянной, то в любой точке среды будет меняться разность фаз колебаний, возбуждаемых двумя волнами. Поэтому амплитуда результирующих колебаний будет меняться с течением времени. В результате максимумы и минимумы перемещаются в пространстве и интерференционная каритна размывается. |

Интерференция присуща волновым процессам любой природы. Можно, например, наблюдать интерференцию звука. Обнаружение интерференционной каритны доказывает, что имеет место волновой процесс.

КОГЕРЕНТНОСТЬ.

Для образования устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы источники волн имели одинаковую частоту и разность фаз их колебания была постоянной. Источники, удовлетворяющие этому условию, называются когерентными\*.   
  
От латинского слова cohaereus - взаимосвязанный.   
Волны таких источников также называются когерентными.   
  
Когерентность волн бывает временной и пространственной. Источники, у которых разность фаз остается постоянной, называются когерентными. Наиболее простой способ создать когерентные источники – это использовать реальный источник и его изображение. Существуют различные способы создания когерентных источников. Основные схемы наблюдения интерференции в немохроматическом свете используют деление волнового фронта (обычно от точечного источника) или деление амплитуды волны. При этом создаются две когерентных волны, которые интерферируют при небольшой разности хода.   
  
Согласованность волн, которая заключается в том, что разность фаз остается неизменной с течением времени для любой точки пространства называется временной когерентностью.   
  
Согласованность волн, которая заключается в том, что разность фаз остается постоянной в разных точках волновой поверхности, называется пространственной когерентностью.   
  
Реальные источники практически не могут быть когерентными