Механические волны

Темы кодификатора ЕГЭ: механические волны, длина волны, звук.

Механические волны — это процесс распространения в пространстве колебаний частиц упругой среды (твёрдой, жидкой или газообразной).

Наличие у среды упругих свойств является необходимым условием распространения волн: деформация, возникающая в каком-либо месте, благодаря взаимодействию соседних частиц последовательно передаётся от одной точки среды к другой. Различным типам деформаций будут соответствовать разные типы волн.

Продольные и поперечные волны

Волна называется *продольной*, если частицы среды колеблются параллельно направлению распространения волны. Продольная волна состоит из чередующихся деформаций растяжения и сжатия. На рис. 1 показана продольная волна, представляющая собой колебания плоских слоёв среды; направление, вдоль которого колеблются слои, совпадает с направлением распространения волны (т. е. перпендикулярно слоям).

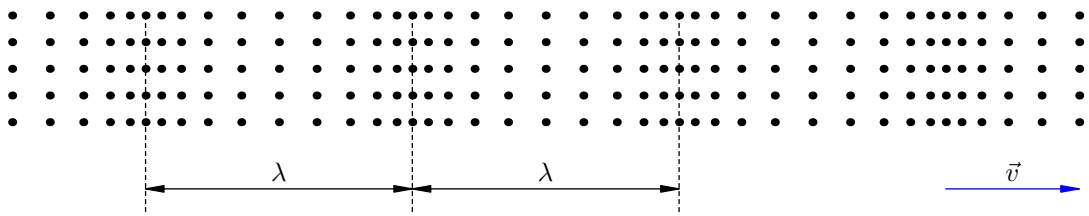

Рис. 1. Продольная волна

Волна называется *поперечной*, если частицы среды колеблются перпендикулярно направлению распространения волны. Поперечная волна вызывается деформациями сдвига одного слоя среды относительно другого. На рис. 2 каждый слой колеблется вдоль самого себя, а волна идёт перпендикулярно слоям.

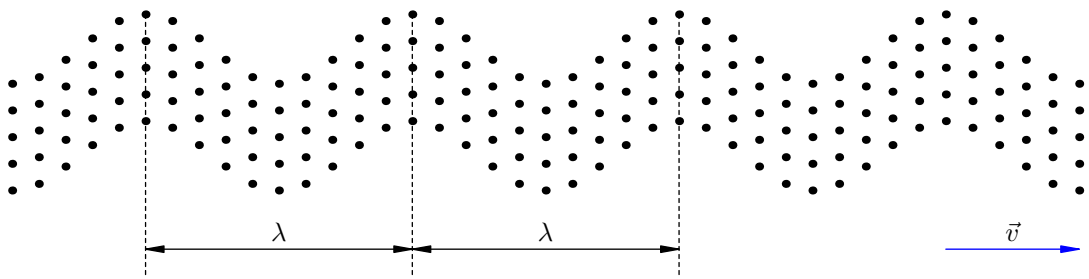

Рис. 2. Поперечная волна

Продольные волны могут распространяться в твёрдых телах, жидкостях и газах: во всех этих средах возникает упругая реакция на сжатие, в результате которой появятся бегущие друг за другом сжатия и разрежения среды.

Однако жидкости и газы, в отличие от твёрдых тел, не обладают упругостью по отношению к сдвигу слоёв. Поэтому поперечные волны могут распространяться в твёрдых телах, но не внутри жидкостей и газов[1].

Важно отметить, что частицы среды при прохождении волны совершают колебания вблизи неизменных положений равновесия, т. е. в среднем остаются на своих местах. Волна, таким образом, осуществляет *перенос энергии, не сопровождающийся переносом вещества.*

Наиболее просты для изучения *гармонические волны.* Они вызываются внешним воздействием на среду, меняющимся по гармоническому закону. При распространении гармонической волны частицы среды совершают гармонические колебания с частотой, равной частоте внешнего воздействия. Гармоническими волнами мы в дальнейшем и ограничимся.

Рассмотрим процесс распространения волны более подробно.

Допустим, что некоторая частица среды (частица 1) начала совершать колебания с периодом T. Действуя на соседнюю частицу 2, она потянет её за собой. Частица 2, в свою очередь, потянет за собой частицу 3 и т. д. Так возникнет волна, в которой все частицы будут совершать колебания с периодом T.

Однако частицы имеют массу, т. е. обладают инертностью. На изменение их скорости требуется некоторое время. Следовательно, частица 2 в своём движении будет несколько отставать от частицы 1, частица 3 будет отставать от частицы 2 и т. д. Когда частица 1 спустя время T завершит первое колебание и начнёт второе, своё первое колебание начнёт частица $N+1$, находящаяся от частицы 1 на некотором расстоянии λ.

Итак, за время, равное периоду колебаний частиц, возмущение среды распространяется на расстояние λ. Это расстояние называется *длиной волны.* Колебания частицы $N+1$ будут идентичны колебаниям частицы 1, колебания следующей частицы $N+2$ будут идентичны колебаниям частицы 2 и т. д. Колебания как бы воспроизводят себя на расстоянии λ. Поэтому длину волны λ можно назвать *пространственным периодом* колебаний; наряду с временны́м периодом T она является важнейшей характеристикой волнового процесса.

В продольной волне длина волны равна расстоянию между соседними сжатиями или разрежениями (рис. 1). В поперечной — расстоянию между соседними горбами или впадинами (рис. 2). Вообще, длина волны равна расстоянию (вдоль направления распространения волны) между двумя ближайшими частицами среды, колеблющимися *одинаково* (т. е. с разностью фаз, равной 2π).

Скоростью распространения волны называется отношение длины волны к периоду колебаний частиц среды:

$$v = \frac{\lambda}{T}\,.$$

Частотой волны называется частота колебаний частиц:

$$\nu = \frac{1}{T}\,.$$

Отсюда получаем связь скорости волны, длины волны и частоты:

$$v = \lambda\nu. \tag{1}$$

Звук

Звуковыми волнами в широком смысле называются всякие волны, распространяющиеся в упругой среде. В узком смысле *звуком* называют звуковые волны в диапазоне частот от 16 Гц до 20 кГц, воспринимаемые человеческим ухом. Ниже этого диапазона лежит область *инфразвука*, выше — область *ультразвука.*

[1]На поверхности жидкости могут существовать волны особого типа, похожие на поперечные — так называемые *поверхностные волны.* Они возникают под действием силы тяжести и силы поверхностного натяжения.

К основным характеристикам звука относятся *громкость* и *высота*.

Громкость звука определяется амплитудой колебаний давления в звуковой волне и измеряется в специальных единицах — *децибелах* (дБ). Так, громкость 0 дБ является порогом слышимости, 10 дБ — тиканье часов, 50 дБ — обычный разговор, 80 дБ — крик, 130 дБ — верхняя граница слышимости (так называемый *болевой порог*).

Тон — это звук, который издаёт тело, совершающее гармонические колебания (например, камертон или струна). Высота тона определяется частотой этих колебаний: чем выше частота, тем выше нам кажется звук. Так, натягивая струну, мы увеличиваем частоту её колебаний и, соответственно, высоту звука.

Скорость звука в разных средах различна: чем более упругой является среда, тем быстрее в ней распространяется звук. В жидкостях скорость звука больше, чем в газах, а в твёрдых телах — больше, чем в жидкостях.

Например, скорость звука в воздухе при 0 °C равна примерно 340 м/с (её удобно запомнить как «треть километра в секунду»)[2]. В воде звук распространяется со скоростью около 1500 м/с, а в стали — около 5000 м/с.

Заметим, что *частота* звука от данного источника во всех средах одна и та же: частицы среды совершают вынужденные колебания с частотой источника звука. Согласно формуле (1) заключаем тогда, что при переходе из одной среды в другую наряду со скоростью звука изменяется длина звуковой волны.

[2]Если хочешь найти расстояние до грозовых туч в километрах, посчитай, через сколько секунд после молнии придёт гром, и раздели полученное число на три.