Сложение волн. Проще всего проследить за сложением механических волн, наблюдая волны на поверхности воды. Если мы бросим в воду два камня, то образуются две круговые волны ж можно заметить, что каждая волна проходит сквозь другую и ведёт себя з дальнейшем так, как будто другой волны совсем не существовало.

Теперь посмотрим более внимательно, что происходит в местах, где волны накладываются одна на другую. Если две волны встречаются в одном месте своими гребнями, то в этом месте возмущение поверхности воды усиливается. Если же, напротив, гребень одной волны встречается с впадиной другой, то поверхность воды не будет возмущена.

В каждой точке среды колебания, вызванные двумя волнами, просто складываются.

Интерференцией называется явление наложения в пространстве волн с образованием устойчивой во времени картины максимумов и минимумов амплитуды колебаний частиц среды.

Выясним, при каких условиях наблюдается интерференция волн.

Для этого рассмотрим более подробно сложение волн, образующихся на поверхности воды.

Можно одновременно возбудить две круговые волны в ванне с помощью двух шариков, укреплённых на стержне, которые совершают гармонические колебания (рис. 5.19).

В любой точке М на поверхности воды (рис. 5.20) будут складываться колебания, вызванные двумя волнами (от источников 01 и 02). Амплитуды колебаний, вызванных в точке М обеими волнами, будут, вообще говоря, различаться, так как волны проходят различные пути d1 и d2. Но если расстояние I между источниками много меньше этих путей (Z « и I « d2), то обе амплитуды можно считать практически одинаковыми.

Результат сложения волн, приходящих в точку М, зависит от разности фаз колебаний, возбуждённых этими волнами в данной точке. Пройдя различные расстояния dx и d2, волны имеют разность хода Ad = d2 - dv Если разность хода равна длине волны X, то вторая волна запаздывает по сравнению с первой на один период (именно за период волна проходит путь, равный её длине волны X). Следовательно, в этом случае гребни (как и впадины) обеих волн совпадают.

Условие максимумов. На рисунке 5.21 изображена зависимость от времени смещений х1 и х2, вызванных двумя волнами при Ad = X. Разность фаз колебаний равна нулю (или, что то же самое, 2л, так как период синуса равен 2л). В результате сложения этих колебаний возникают результирующие колебания с удвоенной амплитудой. Колебания результирующего смещения х показаны на рисунке цветной штриховой линией. То же самое будет происходить, если на отрезке Ad укладывается не одна, а любое целое число длин волн.

Амплитуда колебаний частиц среды в данной точке максимальна, если разность хода двух волн, возбуждающих колебания в этой точке, равна целому числу длин волн.

Условие минимумов. Пусть теперь на отрезке Ad укладывается половина длины волны. Очевидно, что при этом вторая волна отстаёт от первой на половину периода. Разность фаз оказывается равной к, т. е. колебания будут происходить в противофазе. В результате сложения этих колебаний амплитуда результирующих колебаний равна нулю, т. е. в рассматриваемой точке колебаний нет (рис. 5.22). То же самое произойдёт, если на отрезке укладывается любое нечётное число полуволн.

Амплитуда колебаний частиц среды в данной точке минимальна, если разность хода двух волн, возбуждающих колебания в этой точке, равна нечётному числу полуволн:

Если разность хода d2 — dx принимает промежуточное значение между Ли —, то и амплитуда результирующих колебаний принимает некоторое постоянное промежуточное значение между удвоенной амплитудой и нулём.

Амплитуда колебаний в любой точке не меняется с течением времени.

На поверхности воды возникает определённое, неизменное во времени распределение амплитуд колебаний, которое называют интерференционной картиной.

На рисунке 5.23 показана фотография интерференционной картины для двух круговых волн от двух источников. Белые участки в средней части фотографии соответствуют максимумам колебаний, а тёмные — минимумам.

Когерентные волны.

Источники, которые имеют одинаковую частоту и колебания которых имеют постоянную во времени разность фаз, называются когерентными.

Для образования устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы источники волн были когерентными.

Когерентными называют и созданные этими источниками волны. Только при сложении когерентных волн образуется устойчивая интерференционная картина.

Если же разность фаз колебаний источников не остаётся постоянной, то в любой точке среды разность фаз колебаний, возбуждаемых двумя волнами, будет меняться с течением времени. Поэтому амплитуда результирующих колебаний с течением времени будет непрерывно изменяться. В результате максимумы и минимумы перемещаются в пространстве, и интерференционная картина размывается.

Распределение энергии при интерференции. Волны несут энергию. Что же происходит с этой энергией в точках интерференционного минимума? Куда она исчезает?

Наличие минимума в данной точке интерференционной картины означает, что энергия сюда не поступает совсем. Вследствие интерференции происходит перераспределение энергии в пространстве. Она не распределяется равномерно по всем частицам среды, а концентрируется в максимумах за счёт того, что в минимумы не поступает вовсе.

Стоячая волна\*. Ярким примером интерференции волн служит стоячая волна.

Стоячая волна — вид волнового движения без переноса энергии. Она образуется при наложении двух волн, прямой и обратной, распространяющихся навстречу друг другу.

Обратная волна может возникнуть в результате отражения прямой волны. Уравнения этих волн запишем в виде

Можно показать, что это уравнение отражённой волны справедливо в том случае, если расстояние от источника до препятствия равно целому числу полуволн. При наложении этих волн

Уравнение (5.8) представляет собой уравнение стоячей волны.

Из этого уравнения следует, что амплитуда колебаний при возбуждении стоячей волны, равная Аст = 2sm cos j , зависит от положения колеблющейся точки, т. е. определяет амплитуду колебаний в точке с координатой х. В точках, для которых колебания происходят с удвоенной амплитудой: Аст = 2sm (интерференционные максимумы, или пучности, стоячей волны).

В точках, для которых колебания не происходят, Аст = 0 (интерференционные минимумы, или узлы, стоячей волны).

Расстояние между двумя соседними пучностями или двумя соседними узлами равно.

На рисунке 5.24 изображены мгновенные снимки стоячей волны в моменты времени.

В таблице проведено сравнение стоячей и бегущей волн.

Стоячие волны возбуждаются, например, в струнах музыкальных инструментов. Образование стоячей волны — частный случай интерференции волн.

Рассмотрим возбуждение стоячей волны в струне, закреплённой с двух концов (рис. 5.25). Очевидно, что точки закрепления будут являться узлами стоячей волны. Самая большая длина волны, возбуждаемая в струне длиной L будет при условии L = —, X = 2L. Такая длина волны соответствует самой низкой частоте Vj. На рисунке 5.26 показаны возможные волны в струне. Частоты колебаний, возбуждённых этими волнами, кратны Уг:

Частоты, при которых возникают стоячие волны, называются собственными или резонансными частотами.

Если оттянуть и отпустить струну или дотронуться до неё смычком, то в ней возникают волны -J- = L с различными частотами, которые определяются параметрами струны (собственные, или резонансные, частоты). Если нет затухания, то эти волны могут существовать бесконечно долго.

Если один из концов струны сделать свободным (рис. 5. 27), то на свободном конце будет пучность стоячей волны, а на закреплённом - узел. Тогда наибольшая длина волны X = 4L, а наименьшая частота = —, соответственно резонансные частоты равны:

Если поместить рядом две одинаковые струны и в одной из них возбудить колебания, то вторая струна начинает звучать. Это явление получило название акустического резонанса.

Акустическим резонансом называется явление возрастания амплитуды звуковой волны в системе при приближении частоты источника, возбуждающего в ней колебания, к собственной частоте колебаний системы.

Дифракция. Нередко волна встречает на своём пути небольшие (по сравнению с длиной волны) препятствия, которые она способна огибать. Когда размеры препятствии малы, волны, огибая края препятствий, смыкаются за ними. Так, морские волны свободно огибают выступающий из воды камень, если его размеры меньше длины волны или сравнимы с ней. За камнем волны распространяются так, как если бы его не было совсем. Только за препятствием большого по сравнению с длиной волны размера образуется тень: волны за него не проникают.

Способностью огибать препятствия обладают и звуковые волны. Вы можете слышать сигнал машины за углом дома, когда самой машины не видно.

Отклонение от прямолинейного распространения волн, или огибание волнами препятствий, называется дифракцией.

Дифракция присуща любому волновому процессу, так же как и интерференция. При дифракции происходит искривление волновых поверхностей у краёв препятствий.

Явление дифракции волн на поверхности воды можно наблюдать, если, например, поставить на пути волн экран с узкой щелью, размеры которой меньше длины волны (рис. 5.28). В этом опыте хорошо видно, что за экраном распространяется круговая волна, как если бы в отверстии экрана находилось колеблющееся тело — источник волн. Согласно принципу Гюйгенса каждая точка волнового фронта является источником вторичных волн. Огибающая фронт волн от вторичных источников поверхность даёт положение нового фронта волны (рис. 5.29). Луч, определяющий направление распространения волны, перпендикулярен фронту. Мы видим, что волна огибает препятствие.

Необходимым условием наблюдения дифракции является соизмеримость препятствия с длиной волны.

Если же размеры щели велики по сравнению с длиной волны, то картина распространения волн за экраном совершенно иная (рис. 5.30). Волна проходит сквозь щель, почти не меняя своей формы.

Поляризация волн.

Плоскополяризованной волной называется волна, при распространении которой колебания частиц происходят в одной плоскости.

Если на пути волны поставить преграду в виде пластины с вертикальной прорезью, то поперечная волна будет распространяться и за пластиной, однако колебания в этой волне будут происходить только в вертикальной плоскости. Эта волна будет плоскополяризованной. Если в шнуре возбудить колебания в горизонтальной плоскости, то волна дойдёт только до пластины и дальше распространяться не будет. Очевидно, что поляризация может происходить только в случае поперечных волн. Продольная волна не поляризуется.