

Интерференция волн

Явление интерференции возникает при наложении когерентных волн.

Когерентные волны

Это волны, имеющие одинаковые частоты, постоянную разность фаз, а колебания происходят в одной плоскости.

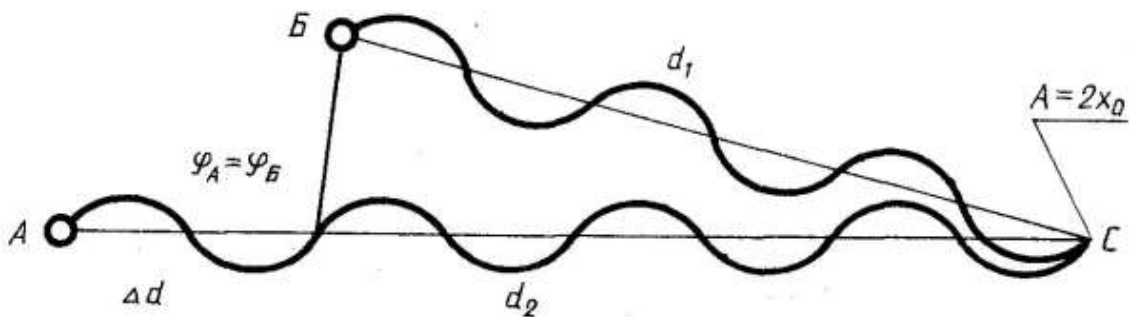
Результат суперпозиции волн зависит от того, в каких фазах накладываются друг на друга колебания.

Если волны от источников A и B придут в точку C в одинаковых фазах, то произойдет усиление колебаний; если же — в противоположных фазах, то наблюдается ослабление колебаний.

Постоянное во времени явление взаимного усиления и ослабления колебаний в разных точках среды в результате наложения когерентных волн называется интерференцией. В результате в пространстве образуется устойчивая картина чередования областей усиленных и ослабленных колебаний.

Условия максимума и минимума

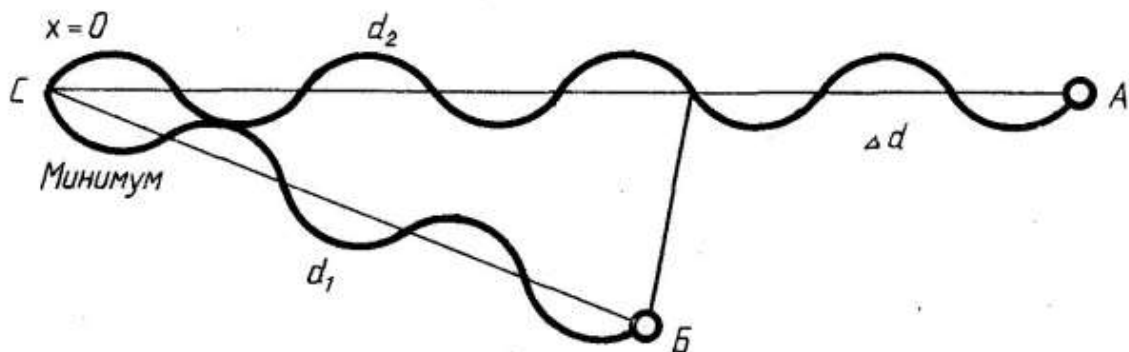
Условия максимума



Если колебания вибраторов A и B совпадают по фазе и имеют равные амплитуды, то очевидно, что результирующее смещение в точке C зависит от разности хода двух волн. Если разность хода этих волн равна целому числу волн (т. е. четному числу полуволн) $\Delta d = k\lambda$, где $k = 0, 1, 2, \dots$, то в точке наложения этих волн образуется интерференционный максимум.

Условие максимума: $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} = k\lambda$, $A = 2x_0$.

Условие минимума



Если $\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, где $k = 0, 1, 2, \dots$, то это означает, что волны от вибраторов A и B придут в точку C в противофазе и погасят друг друга: $A = 0$.

Если Δd равно нечетному числу полуволн, то $\Delta d = \frac{\lambda}{2}, 3 \frac{\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}$.

Если Δd не равно целому числу полуволн, то $0 < A < 2x_m$.

Распределение энергии при интерференции

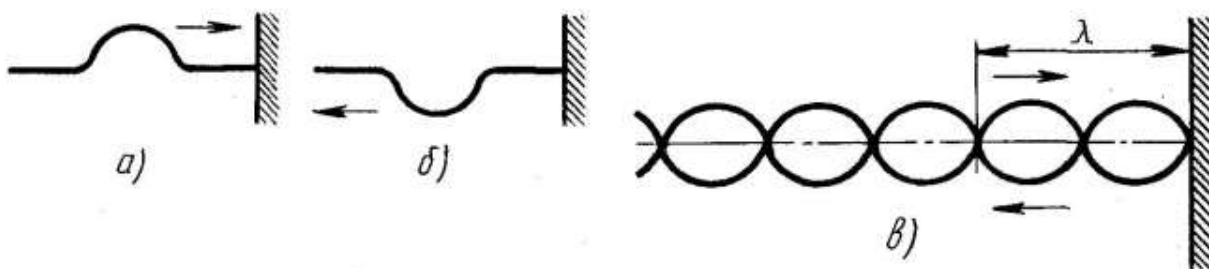
Наличие минимума в точке C означает: энергия W сюда не поступает.

Наличие максимума в точке C означает: происходит увеличение за счет перераспределения энергии в пространстве. Так как энергия пропорциональна квадрату амплитуды x_0 , то при увеличении x_0 в 2 раза энергия увеличивается в 4 раза.

Это означает, что в точку C поступает энергия в 4 раза больше энергии одного вибратора при условии: энергии вибраторов равны.

Интерференция присуща волнам любой природы (механическим, электромагнитным).

Стоячие волны



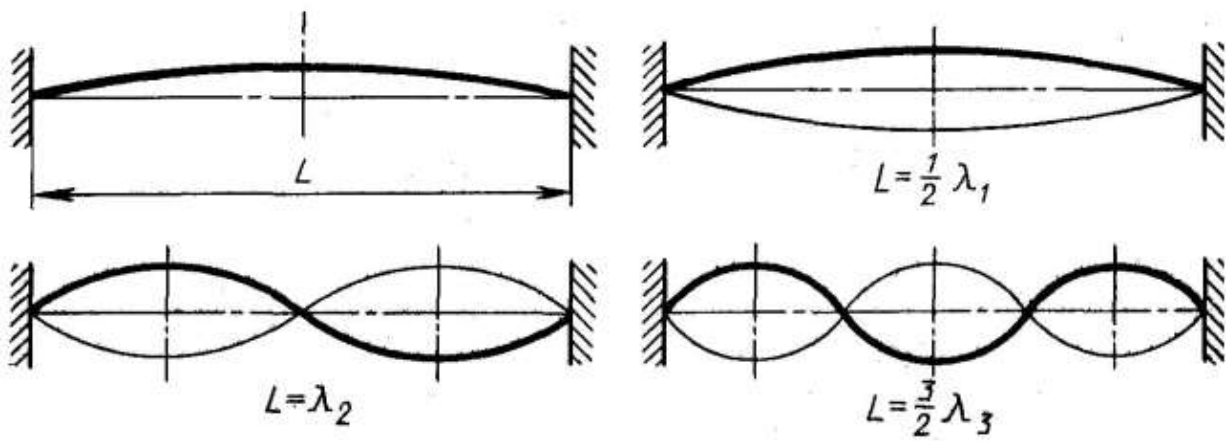
Если раскачивать один конец веревки с правильно подобранной частотой (другой ее конец закреплен), то к закрепленному концу побежит непрерывная волна, которая затем отразится с потерей полуволны. Интерференция падающей и отраженной волн приведет к возникновению стоячей волны, которая выглядит неподвижной.

Устойчивость стоячей волны удовлетворяет следующему условию:

$$L = n\lambda/2, \quad \lambda = \frac{v}{\nu}, \quad L = \frac{n v}{\nu},$$

где L — длина веревки; $n = 1, 2, 3$ и т. д.; v — скорость распространения волны, которая зависит от натяжения веревки.

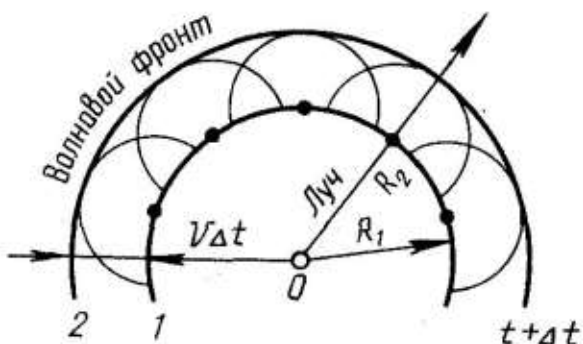
Стоячие волны возбуждаются в любых телах, способных совершать колебания.



Образование стоячих волн является резонансным явлением, которое происходит на резонансных или собственных частотах тела. Точки, где интерференция гасится, называются узлами, а точки, где интерференция усиливается, — пучностями. Помимо поперечных стоячих волн существуют еще и продольные стоячие волны.

Принцип Гюйгенса (1690)

Х. Гюйгенс предложил рассматривать каждую точку среды, до которой дошло возмущение, источником вторичных волн. Например, сферическая волна распространяется в изотропной среде, т. е. скорость волны одинакова по всем направлениям. Пусть в момент времени t фронт волны находится в положении 1. За время Δt каждая вторичная волна распространится на расстояние $\Delta R = v\Delta t$ по направлению прямой фронта волны. Огибающая этих элементарных волн (линия 2) определяет новое положение волнового фронта. Так ведут себя волны на поверхности воды: имеют форму окружностей. Используя рассмотренный принцип, можно объяснить отражение, дифракцию и другие явления.



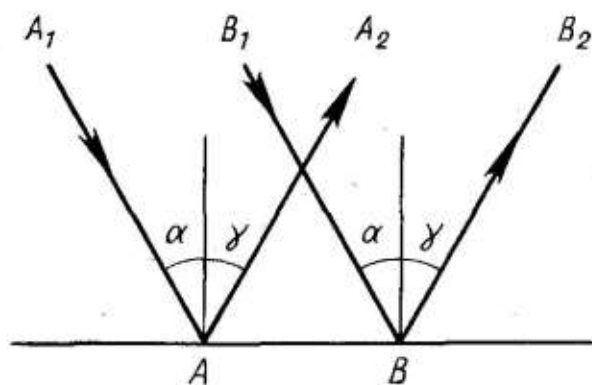
Закон отражения волн

A_1A и B_1B — два луча падающей волны;

AA_2 и BB_2 — отраженные лучи.

1. Угол отражения равен углу падения: $\alpha = \gamma$.

2. Падающий луч, отраженный луч и перпендикуляр, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.



Эти два закона справедливы для всех видов волн.

Закон преломления волн

α — угол падения; β — угол преломления;

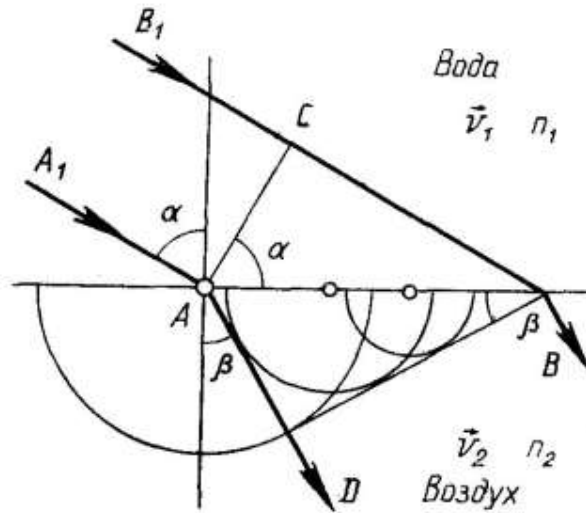
AC — волновая поверхность падающей волны; DB — волновая поверхность преломленной волны.

1. Падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред, восстановленный в точке падения луча, лежат в одной плоскости.

2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\left| \frac{BC}{AB} \right|}{\frac{AD}{AB}} = \frac{BC}{AD} = \frac{v_1 \Delta t}{v_2 \Delta t}$$

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = n_{2,1} = \frac{n_2}{n_1}.$$



Преломление волн при переходе из одной среды в другую вызвано различием в скоростях.

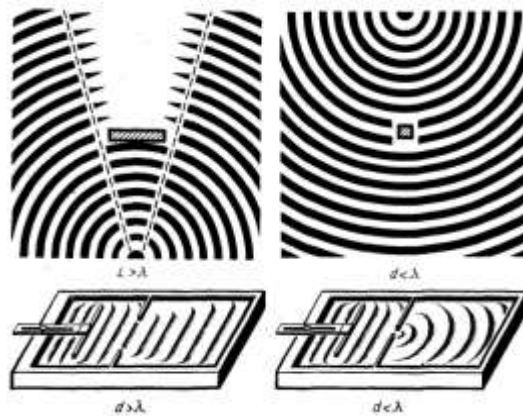
Дифракция волн

Явление отклонения от прямолинейного распространения и огибания волнами препятствий называется дифракцией.

Соотношение между длиной волны (λ) и размерами препятствий (L) определяет в основном поведение волны.

Дифракция — общее свойство волн любой природы, которая происходит всегда, но условия ее наблюдения разные.

Волна на поверхности воды распространяется в сторону достаточно большого препятствия, за которым образуется тень, т. е. волнового процесса не наблюдается. Такое свойство используется при устройстве волноломов в портах. Если же размеры препятствия сравнимы с длиной волны, то за препятствием будет наблюдаться волнение, т. е. дифракция волн.



Опыты показывают, что дифракция существует всегда, но становится заметной при условии:

$$d \ll \lambda,$$

где d — размер препятствия.

Встреча волны с экраном, имеющим отверстия.

У одних отверстий диаметр больше длины волны, у других отверстий диаметр меньше длины волны.

Примеры проявления дифракции

Слышимость громкого разговора за углом дома, звуки в лесу, волны на поверхности воды.

Причина возникновения дифракции

Вторичные волны, создаваемые точками среды, находящимися на краях отверстий или препятствий, проникают за препятствия, вследствие чего фронт волны искривляется и волна огибает препятствие.