26 въпрос. Интерференция на вълните.
Принцип на суперпозицията.

Когато вълните се разпространяват в пространството (тримерна вълна), във всеки момент голям брой частици трептят с еднаква фаза. Тяхната съвкупност образува повърхност, наречена вълнова повърхнина.

По определение геометричните места на точките, в които частиците трептят с еднаква фаза, се нарича ***фазова или вълнова повърхнина***.

Линиите, които са перпендикулярни на вълновите повърхнини, се наричат ***лъчи на разпространение***.

Лъчите започват от източника на вълната и показват посоката, в която се разпространява енергията от вълните. В еднородна среда лъчите са прави линии.

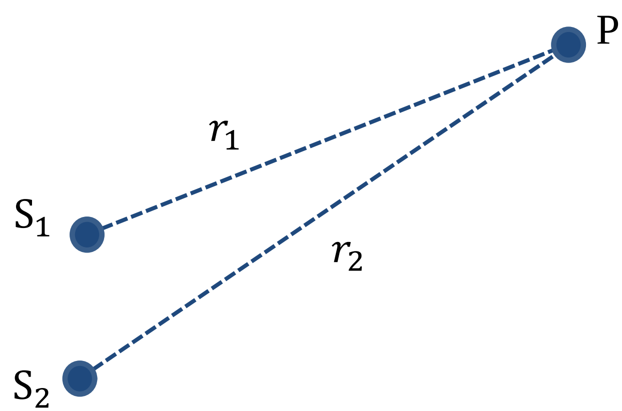
Вълни, чиито вълнови повърхнини са успоредни равнини, се наричат ***плоски вълни***.

Ако скоростта на разпространение на вълните в различните направления е еднаква, средата се нарича ***изотропна***. В нея на голямо разстояние от източника на вълната вълновите повърхнини представляват концентрични сфери, а лъчите на разпространение – разходящ сноп от прави линии, които се пресичат в точковия източник на вълната. Такъв вид вълни се наричат ***сферични вълни***.

Съвкупността от точки, до които е достигнало вълновото движение в даден момент, се нарича ***фронт на вълната***.

Фронтът на вълната е границата, разделяща трептящите частици от тези, до които все още не е достигнало трептеливото движение. Фронтът на всяка вълна е само един, докато вълновите повърхнини са много.

Да разгледаме случая, когато в дадена среда се пораждат вълни от два точкови източника S_1 и S_2, които трептят хармонично с еднакви кръгови честоти и с постоянна разлика във фазите. Такива източници и породените от тях вълни се наричат ***кохерентни***. В изотропна среда всеки от тези източници поражда сферични вълни. Ако вълните се разпространяват само върху една повърхност, те ще бъдат кръгови повърхнинни вълни.



Нека с r_1 и r_2 означим разстоянията от двата източника до една произволна частица P от средата. Двете вълни се разпространяват независимо една от друга с еднакво скорости v. Те ще принуждават избраната от нас частица да участва в две трептения, които се описват с уравненията

$$y_1 = A_1 \sin\left[\omega\left(t - \frac{r_1}{v}\right)\right]$$

$$y_2 = A_2 \sin\left[\omega\left(t - \frac{r_2}{v}\right)\right]$$

Амплитудите на двете трептения зависят от положението на точката P, т.е. от разстоянията r_1 и r_2.

Уравненията на двете трептения могат да се запишат и във вида

$$y_1 = A_1 \sin(\omega t + \varphi_1)$$

$$y_2 = A_2 \sin(\omega t + \varphi_2)$$

където величините $\varphi_1 = -\frac{\omega r_1}{v}$ и $\varphi_2 = -\frac{\omega r_2}{v}$ могат да се разглеждат като начални фази на съответните трептения.

Съгласно принципа на суперпозицията отклонението от равновесното положение на резултантното трептене на частицата P във всеки момент от време ще е равно на сумата от отклоненията y_1 и y_2, т.е.

$$y = y_1 + y_2 = A_1\sin(\omega t + \varphi_1) + A_2\sin(\omega t + \varphi_2)$$

Но резултантното трептене може да се запише във вида $y = A\sin(\omega t + \varphi)$, с амплитуда A и начална фаза φ. Следователно

$$A\sin(\omega t + \varphi) = A_1\sin(\omega t + \varphi_1) + A_2\sin(\omega t + \varphi_2)$$

От тригонометричната формула за синус на сумата от два ъгъла получаваме

$$A\cos\varphi\sin\omega t + A\sin\varphi\cos\omega t =$$
$$= A_1\cos\varphi_1\sin\omega t + A_1\sin\varphi_1\cos\omega t + A_2\cos\varphi_2\sin\omega t + A_2\sin\varphi_2\cos\omega t$$

За да е изпълнено това равенство във всеки момент, коефициентите пред sinωt и cosωt в дясната и лявата страна трябва да са равни помежду си, т.е. трябва да са изпълнени равенствата

$$A\sin\varphi = A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2$$
$$A\cos\varphi = A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2$$

За да намерим амплитудата A повдигаме двете равенства на квадрат и ги събираме почленно

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2(\cos\varphi_1\cos\varphi_2 + \sin\varphi_1\sin\varphi_2)$$

Като използваме формулата за косинус от разликата на два ъгъла, получаваме

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

Но

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{\omega r_2}{v} - \left(-\frac{\omega r_1}{v}\right) = \frac{\omega}{v}(r_1 - r_2) = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2)$$

Нека фазовата разлика е равна на четно число π, т.е.

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = 2m\pi$$

или

$$\boldsymbol{r_1 - r_2 = 2m\frac{\lambda}{2}}$$

където $m = \pm 1, \pm 2, \pm 3$ ... е цяло число.

В този случай $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = 1$ и за амплитудата на резултантното трептене получаваме

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2$$

или

$$A = A_1 + A_2$$

***Следователно във всички точки, за които разликата от разстоянията до източниците е равна на четно число $\boldsymbol{\frac{\lambda}{2}}$, частиците ще трептят с максимална амплитуда*.**

Нека фазовата разлика е равна на нечетно число π, т.е.

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(r_1 - r_2) = (2m+1)\pi$$

или

$$\boldsymbol{r_1 - r_2 = (2m+1)\frac{\lambda}{2}}$$

където $m = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$ ... е нула или цяло число.

В този случай $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = -1$ и за амплитудата на резултантното трептене получаваме

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1) = A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2$$

или

$$A = |A_1 - A_2|$$

Следователно във всички точки, за които разликата от разстоянията до източниците е равна на нечетно число $\frac{\lambda}{2}$, частиците ще трептят с минимална амплитуда.

Явлението, при което се наблюдава усилване на трептенията в едни точки и отслабване в други точки в резултат от наслагването (събирането) на две или повече кохерентни вълни, се нарича ***интерференция на вълните***.

Пример 1: Две вълни са кохерентни, ако:

А) се разпространяват в една и съща среда;

Б) имат различни честоти, но еднакви начални фази;

В) имат еднакви честоти;

Г) имат еднакви честоти и постоянна фазова разлика.