

## Звукови вълни – основни характеристики. Скорост на звука. Ефект на Доплер

### Звукови вълни – основни характеристики. Скорост на звука. Ефект на Доплер

Звуковите вълни представляват механични трептения, които се разпространяват в материална еластична среда с определена честота, варираща в граници от **20 Hz** до **20 kHz**. Те предизвикват в нашите слухови органи специфично възприятие, наречено звук.

Като физично явление звукът се характеризира освен с честотата си (определена по-горе) и с величините интензитет и скорост.

Интензитетът (силата) на звука се определя както интензитетът на всяка еластична вълна като средната енергия, пренасяна от звуковите вълни за единица време през единица площ, разположена перпендикулярно на посоката на разпространение на вълните:

$$I = \frac{E}{St}$$

$$I = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 A^2$$

Мерната единица за интензитет на звука също е ват на квадратен метър [ $\text{W/m}^2$ ].

Скоростта  $v$  на разпространение на звука зависи от свойствата на средата – основно от плътността  $\rho$  и способността ѝ да се деформира. В газовете звука се разпространява като надлъжна вълна, а скоростта ѝ се определя от промяната на налягането  $P$  в даден обем при промяната на плътността  $\rho$  на средата, вследствие деформацията –  $v = \sqrt{\frac{dP}{d\rho}}$ . Като имаме предвид голямата скорост на разпространение (**~340 m/s**), можем да считаме процеса за адиабатен и от уравнения на Поасон и Клапейрон–Менделеев можем да получим често използваната формула  $v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$ , където  $R$  е

универсалната газова константа, а  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ ,  $T$  и  $\mu$  съответно са коефициентът на Поасон, термодинамичната температура и моларната маса на газа. В течностите скоростта на звука зависи от модула на обемна деформация  $K$  –  $v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$ , а в твърдите тела, където може да се разпространява като

надлъжна и напречна вълна, от модулите  $E$  на надлъжна и  $G$  на напречна деформация ( $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$  за

надлъжните вълни и  $v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$  за напречните).

надлъжните вълни и  $v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$  за напречните).

надлъжните вълни и  $v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$  за напречните).

надлъжните вълни и  $v = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$  за напречните).

### Ефект на Доплер

В разглеждания дотук предпологахме, че източникът на звук е неподвижен. Оказва се, че ако източникът на звука и приемникът, с който го регистрираме, се движат един спрямо друг, честотата на звука  $f'$ , която регистрира приемникът, се различава от честотата  $f$  на излъчените звукови вълни. Това явление се нарича ефект на Доплер, на името на австрийския физик К. Доплер, който пръв го е обяснил. В най-простия случай, когато източникът и приемникът се движат по една права със скорости съответно  $v_1$  и  $v_2$ , а положителната посока на оста  $X$  насочим от източника към приемника, честотата  $f'$ , която се регистрира от приемника ще бъде:

$$f' = f \frac{v - v_2}{v - v_1},$$

където с  $v$  сме означили скоростта на разпространение на звука в дадената среда, а с  $f$  – честотата на излъчваните от източника вълни.

Честотната област на звука се разделя на три обхвата: инфразвуков, звуков и ултразвуков. Въздействието на инфразвуковите вълни върху живите организми все още не е добре изучено и е предмет на изследвания. За тях е характерно, че се поглъщат слабо от средата, поради което се разпространяват на големи разстояния.

Ултразвуковите вълни намират широко приложение в техниката и медицината.

Поради голямата си честота те имат силно диспергиращо действие, което се използва при различни технологични процеси: приготвяне на емулсии и суспензии, получаване на сплави с дребнозърнеста структура, обработка на твърди материали (рязане, шлайфане, пробиване на отвори и т.н.), почистване повърхностите на различни малки детайли и др. Ултразвукът се разпространява във водата без чувствителни загуби на енергия, поради което се използва за подводна сигнализация, откриване на най-различни обекти под водата, както и за изследване релефа на морското дъно. Уредите, които се прилагат за тези цели, се наричат ултразвукови локатори. Чрез тях се откриват и вътрешни дефекти в различните твърди материали.

В медицината ултразвуковите вълни се използват за най-различни цели. Напоследък ултразвуковите апарати за диагностика заменят успешно рентгеновите апарати. В неврохирургията ултразвукът се използва за третиране на много малки участъци от мозъка, върху които оказва разрушително действие, без да се нарушава нормалното функциониране на останалите части от мозъка.