

Звукови вълни – основни характеристики. Скорост на звука. Ефект на Доплер. Електромагнитни вълни. Скала на електромагнитните вълни

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 [W/m^2].

Скоростта v на разпространение на звука зависи от свойствата на средата – основно от плътността ρ и способността ѝ да се деформира. В газовете звукът се разпространява като надлъжна вълна, а скоростта ѝ се определя от промяната на налягането P в даден обем при промяната на плътността ρ 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 уравненията 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 μ 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).

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 \vec{v}_s и \vec{v}_r , а положителната посока на оста X насочим от източника към приемника, честотата f' , която се регистрира от приемника ще бъде:

$$f' = f \frac{v - v_r}{v - v_s},$$

където с v сме означили скоростта на разпространение на звука в дадената среда, с f – честотата на излъчваните от източника вълни, а v_s и v_r са проекциите на вектора на скоростта съответно на източника и приемника (със съответния знак) върху така избраната ос X .

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.

Електромагнитни вълни. Скала на електромагнитните вълни

Когато дефинирахме електромагнитното поле казахме, че то се създава вследствие на преобразуване на енергията на променливо електрично поле в енергия на променливо магнитно поле и обратно. При това преобразуване на енергията интензитетите \vec{E} на електричното и \vec{H} на магнитното поле се променят периодично. Като се използват уравненията на Максвел може да се покаже, че при разпространението на електромагнитното поле в някаква среда, интензитетите \vec{E} и \vec{H} удовлетворяват уравнения от вида:

$$(1) \quad \begin{aligned} \Delta \vec{E} &= \varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon_r \mu_r \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \\ \Delta \vec{H} &= \varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon_r \mu_r \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} \end{aligned}$$

които са диференциални вълнови уравнения. В такъв случай решенията на (1) трябва да описват някаква вълна с фазова скорост:

$$(2) \quad v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon_r \mu_r}}.$$

Тази вълна Максвел нарича електромагнитна вълна, а за скоростта ѝ във вакуум ($\varepsilon_r = \mu_r = 1$) получава:

$$(3) \quad v_0 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}.$$

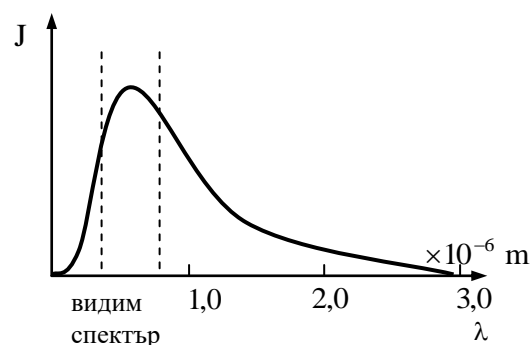
Стойността, получена от (3) – $3 \cdot 10^8$ m/s, е много близка до определената по-рано стойност на скоростта на светлината във вакуум c . Това дава основание на Максвел да направи предположението, че светлината също е електромагнитна вълна и $v_0 \equiv c$. Оказало се също така, че $\sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$ за прозрачните вещества съвпада с коефициента им на пречупване n . Така скоростта на светлината v в дадено вещество с коефициент на пречупване n ще бъде (2), (3):

$$v = \frac{c}{n}.$$

По-рано показахме, че $\vec{E} \perp \vec{B} \Rightarrow \vec{E} \perp \vec{H}$. Следователно векторите \vec{E} и \vec{H} трептят във взаимно перпендикулярни посоки, а посоката на разпространение на електромагнитната вълна е перпендикулярна и на двата вектора, т.е. електромагнитната вълна е напречна вълна. Основната разлика между електромагнитните и еластичните вълни е, че при електромагнитната вълна се променят периодично интензитетите на електричното и магнитното поле, т.е. характеристики на самата вълна, а не както при еластичната вълна – положенията на частици от средата. Затова електромагнитните вълни могат да се разпространяват и във вакуум, а еластичните не могат.

Електромагнитните вълни имат твърде широк диапазон от честоти. Обикновено те се класифицират по дължината на вълната и се разделят на няколко области:

- Диапазон на дългите радиовълни ($10^4 \div 10^2 \text{ m}$); използва се най-много за радиовръзки. Основният недостатък на разглежданите радиовълни се дължи на факта, че йоносферата (въздушният слой с повишена концентрация на заредени частици, който има височина $100 \div 300 \text{ km}$ над земната повърхност) ги поглъща. По тази причина те не са ефективни за радиовръзка на големи разстояния. Използват се повече за радиовръзки в подводния флот.
- Диапазон на средните и късите радиовълни ($10^2 \div 10 \text{ m}$); използва се основно за радиосъобщения. За разлика от дългите вълни тези вълни се отразяват от йоносферата. Вследствие на многократно отражение от нея те могат да обходят земното кълбо и да осигурят далечна радиовръзка.
- Метров диапазон ($10 \div 1 \text{ m}$); използва се за телевизия и радиолокация. В телевизията е необходимо да се предават на големи разстояния не само звукови сигнали, но и изображения. Всяко изображение посредством фотоелектронен преобразувател се превръща в редица от електрични сигнали. Вълните от този диапазон се разпространяват добре през йоносферата и не се връщат към повърхността на Земята. Поради това, за да се увеличи разстоянието на телепредаванията, излъчвателите на телевизионните станции трябва да се поставят на много високи места (телевизионни кули). В днешно време на специално избрани околоземни орбити се изпращат спътници, които постоянно се намират над определени райони и служат за ретранслация на телевизионните предавания.
- Сантиметров диапазон ($1 \div 10^{-2} \text{ m}$); използват се в авиацията за точна и близка радиолокация. Вълните от сантиметровия диапазон се поглъщат силно от веществото, поради което са удобни за изучаване на неговите свойства.
- Милиметров (микровълнов) диапазон ($10^{-2} \div 10^{-3} \text{ m}$); използва се за точна радиолокация и за научни цели. При изучаване поглъщането на микровълните от многоатомните молекули се получава информация за строежа им. С помощта на този метод неотдавна е открито, че в Космоса съществуват не само прости молекули като амоняк, водород и др., но и молекули на сложни съединения – аминокиселини. Общият брой на откритите сложни молекули достига около **200**.
- Инфракчервен диапазон ($10^{-3} \div 10^{-6} \text{ m}$); използва се при изучаване вътрешната структура на веществата – определяне вида на взаимодействието между молекулите, характера на движението на ядрата в атомите и др.
- Видима светлина ($7.5 \times 10^{-7} \div 4 \times 10^{-7} \text{ m}$); – електромагнитните вълни, които се възприемат от зрителния орган на човека, и включва цялата информация, която той получава за заобикалящия го свят. Спектърът на видимата светлина е показан на фиг. 2.
- Ултравioletов диапазон ($4 \times 10^{-7} \div 10^{-7} \text{ m}$); тези вълни имат способността да въздействат много силно на веществото. Поради силното си взаимодействие с веществото ултравioletовото излъчване на Слънцето се поглъща почти напълно (**99%**) от атмосферата и по този начин се предпазва Земята.
- Диапазон на рентгеновите лъчи и гама-лъчите ($\lambda < 10^{-7} \text{ m}$); рентгеновото излъчване се използва в медицината за рентгенова диагностика, а в техниката за откриване на различни дефекти в материалите (рентгенова дефектоскопия). Гама-лъчите поради голямата си проникваща способност ($f > 10^{20} \text{ Hz}$) намират приложение за изследване структурата на ядрата.



фиг. 1