

Šíření akustického vlnění

Úvod - základní pojmy a veličiny

Akustika je nauka o slyšitelném zvuku, ultrazvuku a infrazvuku. Slyšitelným zvukem rozumíme zvuk o frekvenci **16-20000 Hz**, Ultrazvukem pak hodnoty nad 20 kHz a infrazvukem hodnoty do 16 Hz.

Zvuk je mechanické vlnění látkového prostředí, šíří se tedy v plynech, kapalinách i pevných látkách (ve vakuu se zvuk nešíří).

Zdroje zvuku jsou tělesa, ve kterých vzniká chvění, které se přenáší na okolní prostředí a v něm se dále šíří jako postupná vlna mechanického vlnění. Příkladem budiž struna, tyč, blána atd.

Pro popsání zvukové vlny se používá akustický tlak, rychlost částic a intenzita zvuku.

Základními veličinami, které popisují šíření akustického vlnění, jsou: *frekvence kmitavého pohybu* f (Hz) a *rychlost šíření* c (m/s). Z těchto dvou veličin můžeme dále odvodit *vlnovou délku* λ (m). Ta je dána vztahem: $\lambda = c/f$ neboli $\lambda = c \cdot T$.

Periodické zvuky se nazývají **tóny** nebo hudební zvuky. Jestliže má zvuk harmonický průběh, je to jednoduchý tón. Periodické zvuky složitějšího průběhu označujeme jako složené tóny. Mezi hudební zvuky patří nejen zvuky hudebních nástrojů, ale např. i samohlásky řeči, jejichž zvuk je periodický, ale není harmonický. Odlišnost časového průběhu zvuků z různých zdrojů nám umožňuje jejich vzájemné odlišení (např. rozpoznání hlasů různých lidí, různých hudebních nástrojů). Hudební tóny tvoří řada harmonických kmitání o různé **frekvenci** a **amplitudě**, jejichž superpozicí pak vzniká výsledný složený tón. Neperiodické zvuky vnímáme jako hluk (zvláštním případem je pak šum doprovázející sluchové vjemy prakticky neustále). Neperiodický průběh mají také souhlásky.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Vlastnosti zvuku.*

Akustické pole

Akustický signál se šíří od zdrojů ve formě **vlnoploch**, které jsou závislé na rozměrech zdroje. Zvuk se akustickým polem šíří podle Huygensova principu.

Huygensův princip

Každý bod vlnoplochy, do kterého dospělo v určitém okamžiku postupné vlnění v izotropním prostředí, můžeme pokládat za **bodový zdroj** elementárního vlnění. To se z něj dále šíří v elementárních vlnoplochách. Vlnoplocha postupného vlnění je plocha, jejíž body kmitají se **stejnou fází**, neboli plocha, na níž leží body, které dospěly ze zdroje za stejnou dobu. Vlnoplocha v dalším časovém okamžiku je „obálka“ všech elementárních vlnoploch ve směru šíření vlnění. I zvuk se šíří tímto mechanismem. Díky Huygensovu principu můžeme zkonstruovat vlnoplochu v určitém okamžiku, je-li známa její poloha a tvar v některém předcházejícím okamžiku.

 *Podrobnější informace naleznete na stránce Huygensův princip.*

Šíření zvuku v prostoru

Ve volném vzduchu se zvuk šíří od zdroje volně všemi směry dle zmiňovaného Huygensova principu. Je-li zdroj zvuku malý, mají vlnoplochy tvar koule, je-li zdroj zvuku například rozměrná deska, jsou vlnoplochy rovinné. Za rovinné plochy považujeme i plochy od zdroje vzdálené, kdy je poloměr „koule“ tak velký, že její výseč můžeme pokládat za rovinnou plochu.

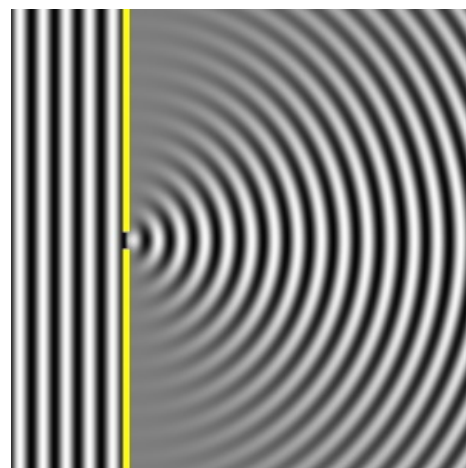
Šíření ve vlně rovinné

Rovinná vlna vzniká, když body v prostoru, u nichž je v jednom okamžiku stejný akustický stav, tvoří **rovinu**. U rovinné vlny platí **konstantní poměr** mezi akustickým tlakem a akustickou rychlostí.

Šíření ve vlně kulové

Pro kulovou vlnu předchozí poznatek neplatí, neboť tu není akustický tlak s akustickou rychlostí ve fázi.

Šíření zvuku v různých prostředích



Huygensův princip pro šíření vln

Zvuk se šíří převážně vlněním postupným **podélným**, výjimkou jsou pevné látky, ve kterých se zvuk může šířit i vlněním postupným příčným. Molekuly prostředí mají pak od své střední polohy výchylky buď ve směru šíření vlny (podélné vlnění) nebo kolmo na směr šíření vlny (příčné vlnění). Zvláštním případem jsou pak povrchy kapalin, kde se šíří vlny příčné, zatímco uvnitř kapaliny se šíří vlny podélné.

Rychlost šíření zvuku

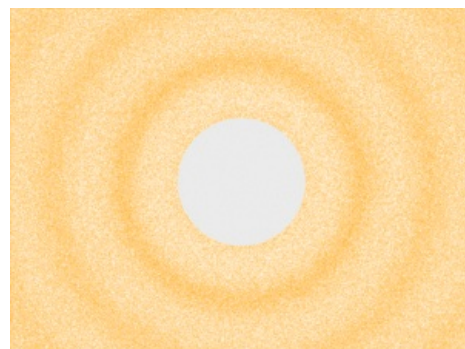
Rychlost šíření zvukové vlny závisí na daném prostředí a také na okamžitých podmínkách, jakými jsou teplota, tlak a u vzduchu i vlhkost. U plynů platí, že pro adiabatický děj lze rychlost šíření vzduchu odvodit ze stavové rovnice plynu. Závislost rychlosti zvuku v ve vzduchu na teplotě t v Celsiových stupních vyjádříme takto:

$$v = (331 + 0.6 t) \text{ m/s}$$

Rychlost zvuku v suchém vzduchu roste přibližně lineárně se **zvyšující se teplotou**. Rychlost zvuku také nepatrně roste se zvyšující se vlhkostí vzduchu. V kapalinách a v pevných látkách se šíří rychleji než v plynech.

Šíření zvuku ve vybraných prostředích

Prostředí	Rychlost zvuku (m/s)	Teplota (°C)
Vzduch	331,8	0
Voda	1500	25
Ocel	5000	20
Led	3250	-4
Sklo	5200	20



Šíření zvuku

Odráz zvuku

Šíření zvuku je ovlivněno i překážkami, na které zvukové vlnění dopadá. Na rozhraní dvou prostředí se zvuk **odráží**. Zvláštním případem odrazu zvuku od rozlehlé překážky (budova, skalní stěna atd.) je **ozvěna**.

Vlastností sluchu je totiž rozlišení dvou po sobě jdoucích zvuků, mezi kterými uplyne alespoň **0,1 s**, což je doba, za kterou zvuk urazí celkovou vzdálenost 34 m (17 m od posluchače k dané překážce a 17 m zpět). 1 s je také přibližně doba, kterou potřebujeme na vyslovení jedné slabiky. Při vzdálenosti 17 m od překážky tedy vzniká tzv. jednoslabičná ozvěna, při větších vzdálenostech mohou vznikat i ozvěny víceslabičné. Jestliže je překážka blíže než 17 m, jednotlivé zvuky již neodlišíme, ty se částečně překrývají a odražený zvuk splývá se zvukem původním. Toto se projevuje prodloužením doby trvání zvuku, tzn. i poté, co zdroj přestal zvuk vydávat. Tento jev nazýváme dozvukem. Dobou dozvuku nazýváme dobu, po které se sníží hladina **akustického tlaku** o 60 dB.

Odráz zvuku od pevných předmětů se využívá pro měření hloubek moří. V biofyzice uplatňujeme ultrazvuk pro ultrasonografii. Někteří živočichové jej využívají k prostorové orientaci, např. netopýři.

Průběh odražené vlny závisí na povaze překážky. U pevné překážky se zvuková vlna odrazí s opačnou fází. Dochází ke skládání vln – k takzvané **interferenci vlnění**. Vzniká **stojaté vlnění**, kde některé body jsou neustále v klidu (uzly), některé neustále pohybu (v maximálním pohybu – kmitny). Tomuto se též říká **chvění**. Pokud je překážka poddajná, vlnění se odrazí se stejnou fází. Tohoto se využívá například u varhan.

Ohyb zvuku

Zvuková vlna se ohýbá kolem objektů, které jsou s ní srovnatelně dlouhé. Pro slyšitelné frekvence je to pár centimetrů až asi 21 metrů. Díky ohybu tedy zvuk slyšíme i za překážkami. Vyskytne-li se více vln současně, dochází opět k interferenci. Pakliže jsou frekvence nehodné, nebo jejich poměr není celé číslo, většinou vznikají takzvané zázneje – rázy, což je kolísání intenzity zvuku.

Odkazy

Související články

- Huygensův princip

Externí odkazy

- Článek o zvuku na české wikipedii
- Propagace vlny na anglické wikipedii
- Akustické vlnění* na stránkách webFyzika FSv ČVUT (<http://webfyzika.fsv.cvut.cz/PDF/prednasky/akustika.pdf%7CPřednáška>)
- Šíření akustických vln ve volném prostoru* – Doc. Ing. Richard Nový, CSc., Ústav techniky prostředí, ČVUT (http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SHV/SHV_outdoor.pdf%7C)

Použitá literatura

- NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. *Biofyzika v medicíně*. 1. vydání. Praha : Manus, 2003. 398 s. ISBN 80-86571-03-3.
- ROSINA, Jozef, et al. *Biofyzika : Pro zdravotnické a biomedicínské obory*. 1. vydání. Praha : Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4237-3.
- LEPIL, Oldřich. *Fyzika pro gymnázia : mechanické kmitání a vlnění*. 4. vydání. Praha : Prometheus, 2007. ISBN 978-80-7196-387-5.