

Mechanické vlnění a temperované ladění

J. Navrátil

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19, Praha 1
pepa.navratil@gmail.com

Abstrakt

Cílem článku je podhalit fyzikální a matematické pozadí hudby a zařadit hudbu mezi fyzikální jevy v přírodě. Též se zmíníme o zvláštních druzích hudby a jejich fyzikálním vysvětlení.

1 Úvod

Už od početí se ve svém životě setkáváme s mechanickým vlněním. Ultrazvuk se používá při těhotenských vyšetřeních i při dalších lékařských zákrocích. Pokud se podaří vhodným způsobem vytvářet zvuk, vzniká tzv. hudba. Hudbu znají lidé už od starověku, a už v té době začali používat matematiku pro její popis. Od dob starověku sice došlo k pokroku, ale mnoho principů stále zůstalo zachováno.

2 Mechanické vlnění

Mechanické vlnění je jedním z nejčtetnějších fyzikálních jevů v přírodě. Setkáváme se s ním při poslechu rádia, při sledování televize i při některých lékařských vyšetřeních. Mechanické vlnění lze rozdělit na několik druhů, podrobnější informace podá další kapitola.

3 Příčné, podélné a stojaté vlnění a zvuk

Prvním druhem vlnění je tzv. příčné vlnění. To probíhá kolmo na směr šíření vlny, proto pomocí něj nedochází k přenosu energie. Z fyzikálního hlediska jsou tedy zajímavější další druhy vlnění. Pro podélné vlnění podél osy x platí rovnice

$$x = x_m \left[\sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

kde x_m je amplituda vlnění, t je čas, T je perioda vlnění a λ je amplituda vlnění.

Posledním druhem vlnění je stojaté vlnění. To se liší od předchozích druhů šířením prostorem a všechny body kmitají se stejnou fází. Dochází zde ke střídaní uzlů, kde je amplituda vlnění nulová, a kmiten, kde je amplituda maximální. Vzdálenost kmiten a uzlů je $\lambda/2$. Na závěr této kapitoly se ještě zmíníme o zvuku. Zvuk lze charakterizovat jako podélné nebo příčné vlnění, které lze zaznamenat lidským uchem, tj. vlnění v rozsahu 20Hz až 20kHz. Rozlišujeme dva základní typy zvuků, a to hudební, které též nazýváme tóny a nehudební. Hudební zvuk je příjemný na poslech, lze ho vytvořit pomocí hudebních nástrojů. Nehudební zvuk lze slyšet např. při výstřelu z pistole. Při šíření zvuku ve vzduchu dochází k malým změnám tlaku, které se šíří až k lidskému uchu, kde jsou zaznamenány. Podrobnější

informace lze nalézt v [1]. Pro měření zvuku byla zavedena logaritmická jednotka decibel, zkráceně dB.

$$I = 20 \log (p/p_0)$$

Pokud frekvence zvuku přesáhne hranici 20 kHz hovoříme o ultrazvuku, který se využívá např. při lékařských vyšetřeních. Pokud se zvuk dostane pod hranici 20 Hz hovoříme o infrazvuku.

4 Temperované ladění, zvláštní druhy hudby

Přestože většina lidí zná hudbu pouze jako jistý druh umění, lze harmonii v hudbě popsat pomocí matematiky. Popisem harmonie pomocí matematiky se už dokonce zabývali ve starověkém Řecku.

Základním intervalem v hudbě je oktáva. Pokud je tón zvýšen o oktávu, znamená to, že se frekvence vlnění zdvojnásobila. Máme určenou oktávu a nastává otázka, jak ji rozdělit na menší intervaly. Pokud použijeme čisté ladění, tak definujeme kvintu jako poměr frekvencí 2:3. Skládáním oktávy a kvinty dostaneme postupně další intervaly. Nastává ovšem problém, že pokud složíme 84 půltónů, tak získáme různý poměr při skládání kvint a oktáv. Tento rozdíl se nazývá Pythagorejské koma a způsobuje drobné rozladění.

Problém s rozladěním vyřešilo v 16. století zavedení temperovaného ladění. Jednotlivé tóny tvoří geometrickou posloupnost s kvocientem $\sqrt[12]{2}$. Složením dvanácti tónů dostaneme oktávu.

Zvláštním druhem tónů jsou alikvotní tóny. Společně s hraným tónem dochází ještě k vytváření dalších tónů na vyšších frekvencích, které vytvářejí charakteristický tón nástroje. Někdy je možné alikvotní tón zesílit. Například při hře na kytaru hovoříme o tzv. flazoletech. Součástí některých kultur je dokonce zpěv alikvotních tónů.

5 Závěr

Domnívám se, že přestože hudbu zná téměř každý, jen velice málo lidí je obeznámeno s matematicko - fyzikálním pozadím hudby. Doufám, že tento článek jim pomohl alespoň trochu poznat propojení vědy a umění.

Poděkování

Na úplný závěr bych rád poděkoval panu Ing. Vojtěchovi Svobodovi CSc. za organizaci fyzikálního semináře.

Reference:

- [1] Seznam encyklopedie, <http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/481256-mechanicke-vlneni>
- [2] M. Vlachová, <http://mfweb.wz.cz/fyzika/137.htm>
- [3] R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands: Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady, 1.díl, Fragment, Praha, 2002, str. 635-638
- [4] P. Zbytovský, <http://www.gjk.wjake.com/clanky/23-pythagorejske-koma>