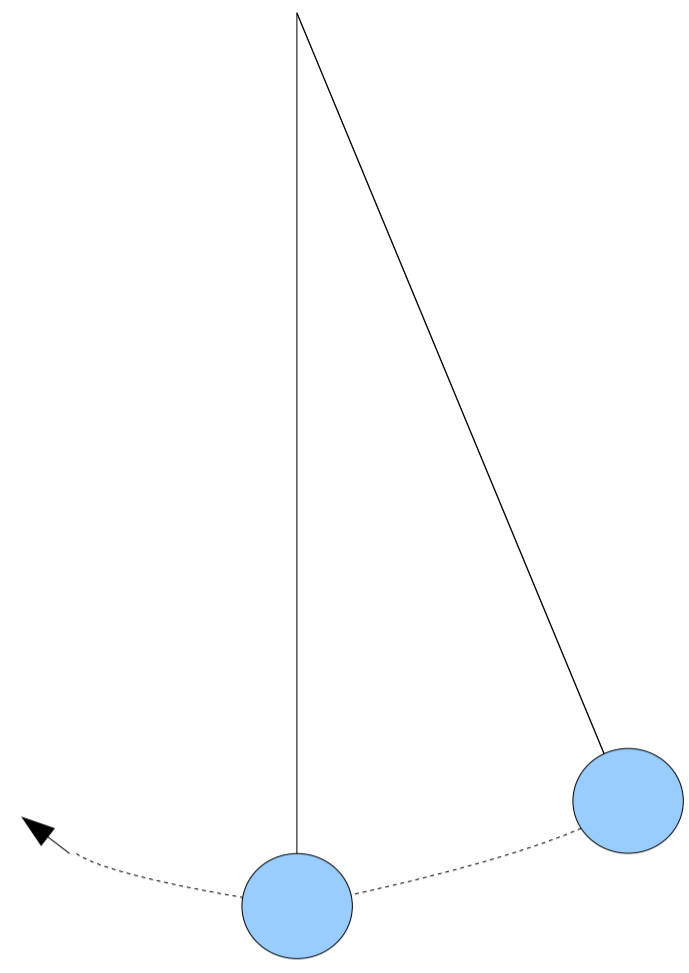


Mechanické vlnění a temperované ladění

Josef Navrátil, FJFI ČVUT, pepa.navratil@gmail.com

Mechanické vlnění

- Jeden z nejčastějších fyzikálních jevů v přírodě
- Přenos energie mezi částicemi hmotného prostředí
- Setkáváme se s ním při poslouchání hudby, televizního vysílání, i v podobě světla
- Přenos energie probíhá bez přenosu hmoty pomocí na sebe návazných harmonických oscilátorů
- Příkladem harmonického oscilátoru je matematické kyvadlo



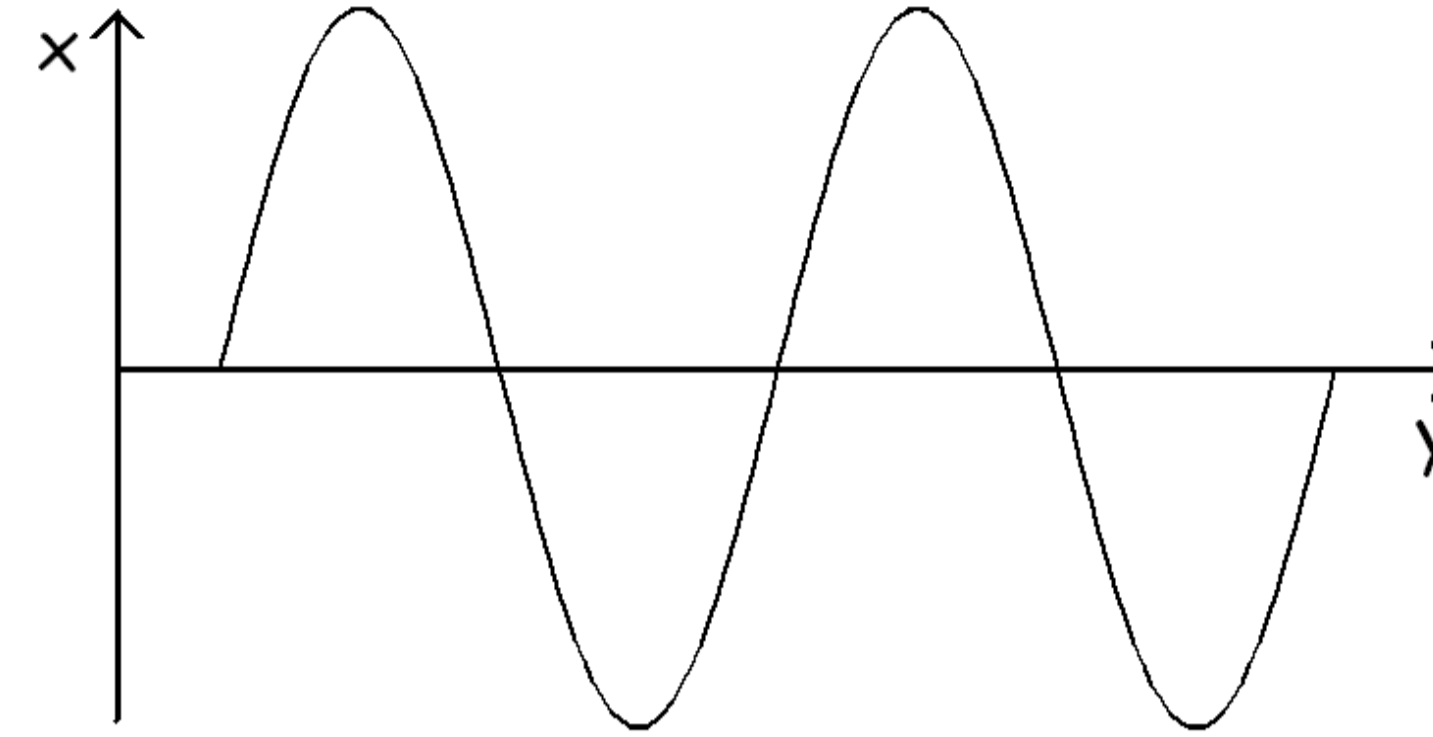
Obr 1: Matematické kyvadlo



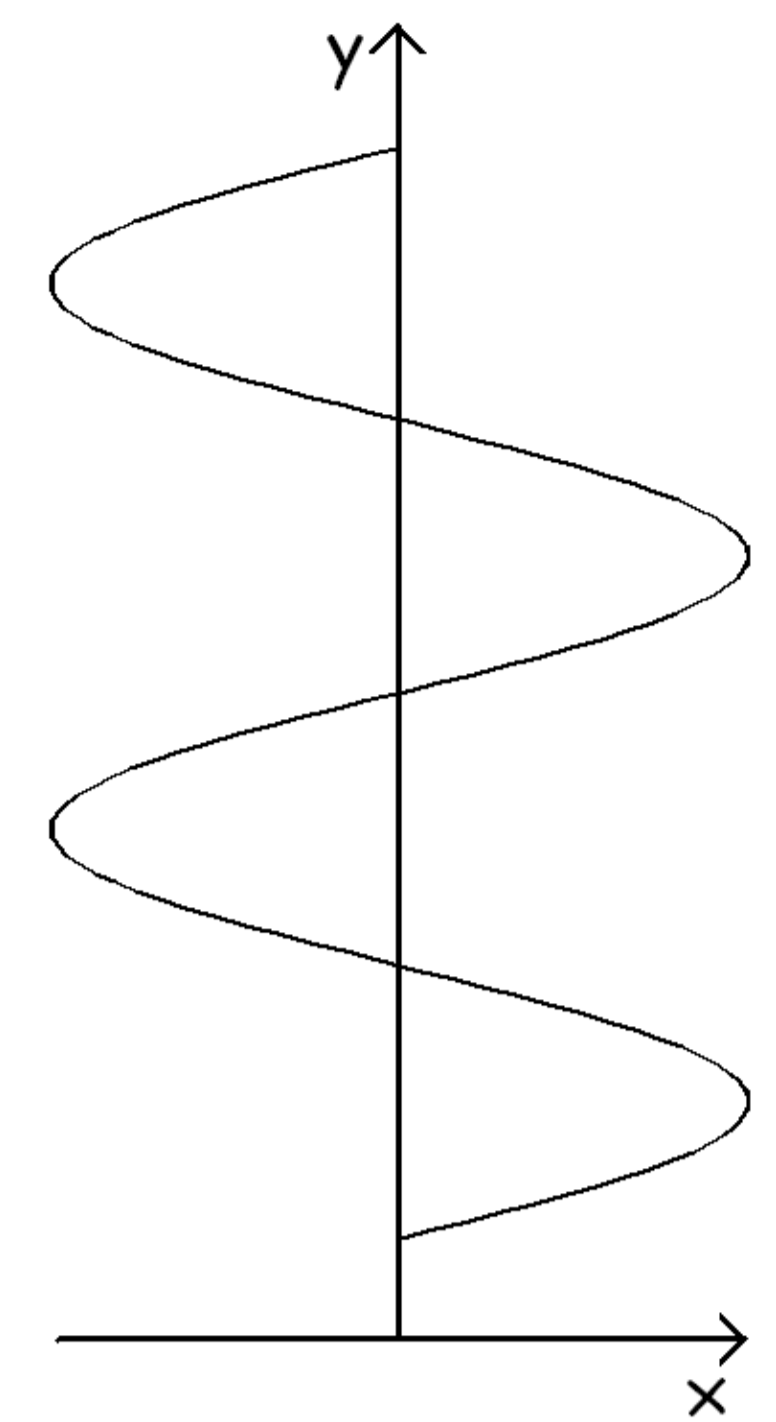
Obr 2: Televizní vysílač na Ještědu

Postupné podélné a příčné vlnění

- Postupné vlnění – dochází k přenosu energie – šíří se prostorem
- Příčné – Probíhá podél osy x – Platí pro něj vztah: $y = y_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{y}{\lambda}\right)$
- Podélné – Probíhá podél osy y – Platí pro něj vztah: $x = x_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$



Obr 3: Příčné vlnění



Obr 4: Podélné vlnění

Stojaté vlnění a zvuk

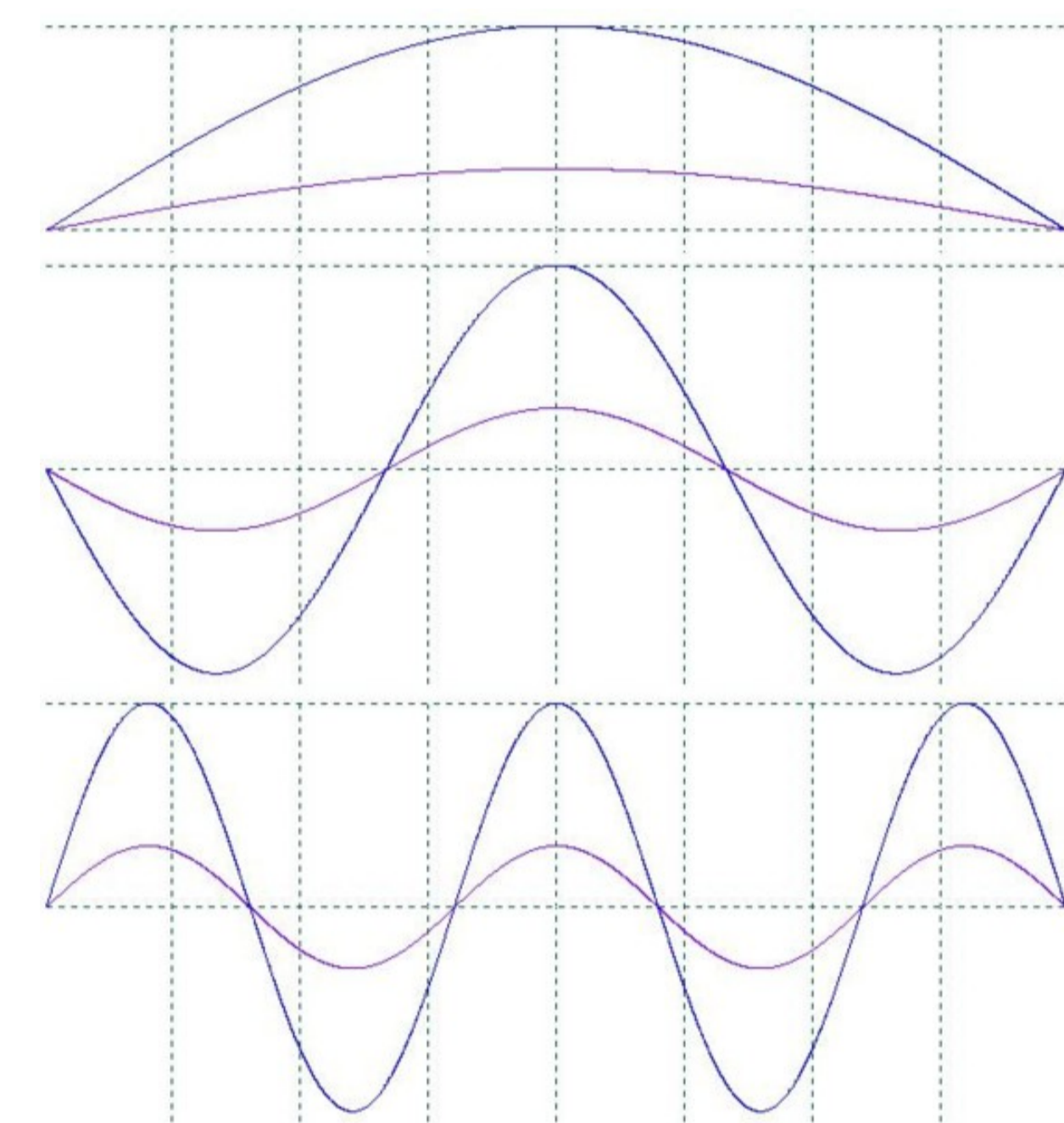
- Stojaté vlnění – nešíří se prostorem a všechny body kmitají se stejnou fází – vlnění s charakteristickým prostorovým rozložením amplitud, střídají se zde uzly (amplituda vlnění nulová) a kmitny (amplituda vlnění maximální) – kmitny jsou od sebe vzdáleny $\lambda/2$
- Zvuk – podélné nebo příčné vlnění v látkách, které je schopno zaznamenat lidské ucho – dělí se na dvě skupiny – hudební (tóny) – pravidelný pohyb hmotného prostředí příjemné na poslech. Zdrojem hudební nástroje, hlasivky, atd. – nehudební – nepravidelné rozrušky, například výstřel ze zbraně,...
- Šíření zvuku ve vzduchu – zvuk se šíří pomocí vybračí molekul vzduchu – působením zdroje zvuku dochází ke změně tlaku plynu, postupně se změna tlaku šíří až k lidskému uchu, kde je zaznamenána ušním bubínkem – matematicky popsáno pomocí vlnové rovnice

$$\frac{\partial^2 x}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

- Měření zvuku: – pro zvuk byla zavedena logaritmická stupnice:

$$I = 20 \log\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

- jednotkou je decibel dB.
- Vnímání zvuku – lidské ucho dokáže vnímat zvuk v rozsahu 20Hz až 20KHz, – zvuk o frekvenci menší než 20 Hz se nazývá infrazvuk – zvuk frekvenci vyšší než 20KHz se nazývá ultrazvuk
- Využití zvuku – ultrazvuk se využívá při lékařských vyšetřeních, a lékařských zákrocích – v hudbě, zvuk je vytvářen pomocí hudebních nástrojů, viz obrázek houslí



Obr 5: Příklad příčného stojatého vlnění na struně



Obr 6: Housle - strunný hudební nástroj smyčcový



Obr 7: Obrázek z ultrazvukového vyšetření

Temperované ladění

-existuje několik druhů ladění:

- Čisté ladění
 - intervaly jsou vyjádřeny jako poměry celých čísel
 - např. Pythagorejské ladění
 - tóny jsou skládány
 - při použití Pythagorejského ladění dochází k problémům, že při složení 84 půltónů dochází k rozladění, tzv. Pythagorejskému komatu, rozdíl frekvencí
- Rovnoměrné temperované ladění
 - Intervaly jsou vyjádřeny poslopností, zvýšení tónu o oktávu znamená zvýšení frekvence vlnění na dvojnásobek
 - Vyřešilo problém Pythagorejského koma
 - Jednotlivé tóny tvoří geometrickou poslopnost s kvocientem $\sqrt[12]{2}$
 - zavedeno v době klasicismu
 - dnes nejvíce používané, výjimku tvoří některé hudební nástroje – např. Varhany

Poděkování a zdroje

Poděkování panu Ing. Svobodovi CSc. Za organizaci Fyzikálního semináře, dále paní učitelce Zuzaně Valentové ze ZUŠ Semily (pomoc s hudebními intervaly) a na závěr Pythagorejčům za položení základů hudební logiky.

Wikipedie, http://cs.wikipedia.org/wiki/Mechanické_vlnění

Magda Vlachová, <http://mfweb.wz.cz/fyzika/137.htm>

Feynmanovy přednášky z fyziky s řešenými příklady, 1.díl, Fragment 2002

Matina Kasperová, <http://www.ordinace.cz/clanek/tehotensky-ultrazvuk/>

<http://www.gjk.wjake.com/clanky/23-pythagorejske-koma/>

<http://utf.mff.cuni.cz/vyuka/OFY016/F2001/KARLIKKAREL1DO C.DOC>