

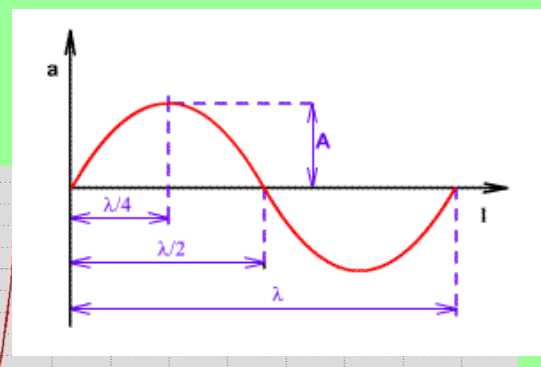
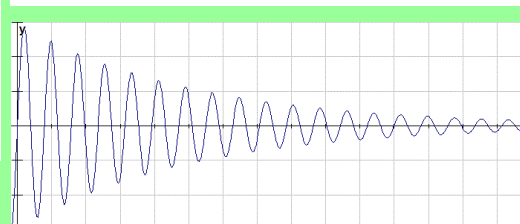
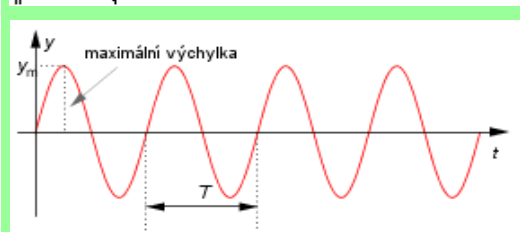
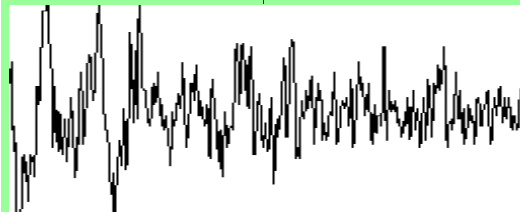
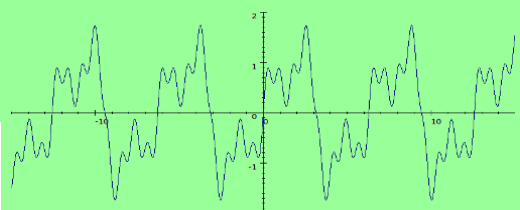
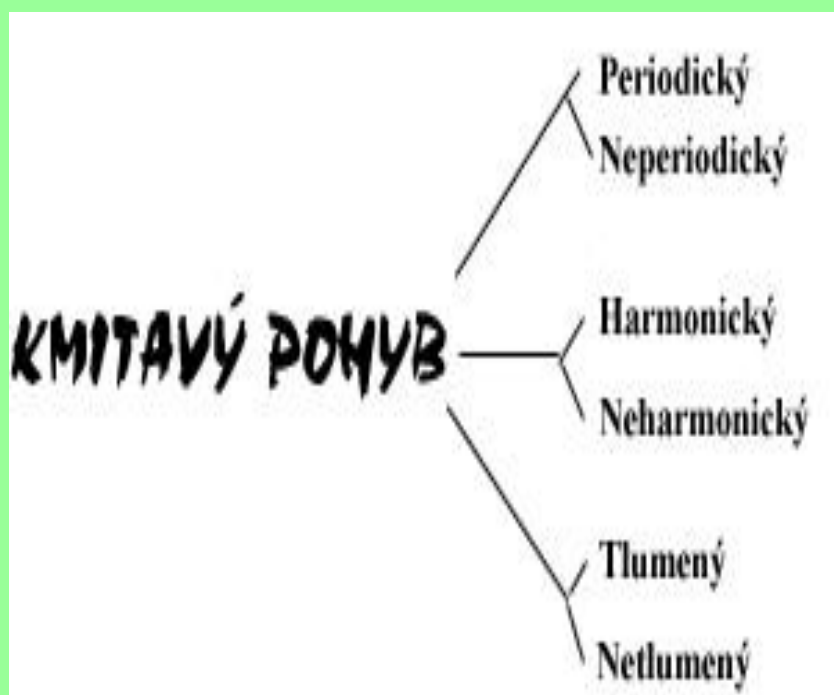
# AKUSTIKA

Žák rozpozná ve svém okolí zdroje zvuku a kvalitativně analyzuje příhodnost daného prostředí pro šíření zvuku. (F-9-5-01)  
 Žák určí v jeho okolí zdroj zvuku.

= věda o zvuku

Zvukem je každé *mechanické vlnění* v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem.

## Kmitavý pohyb



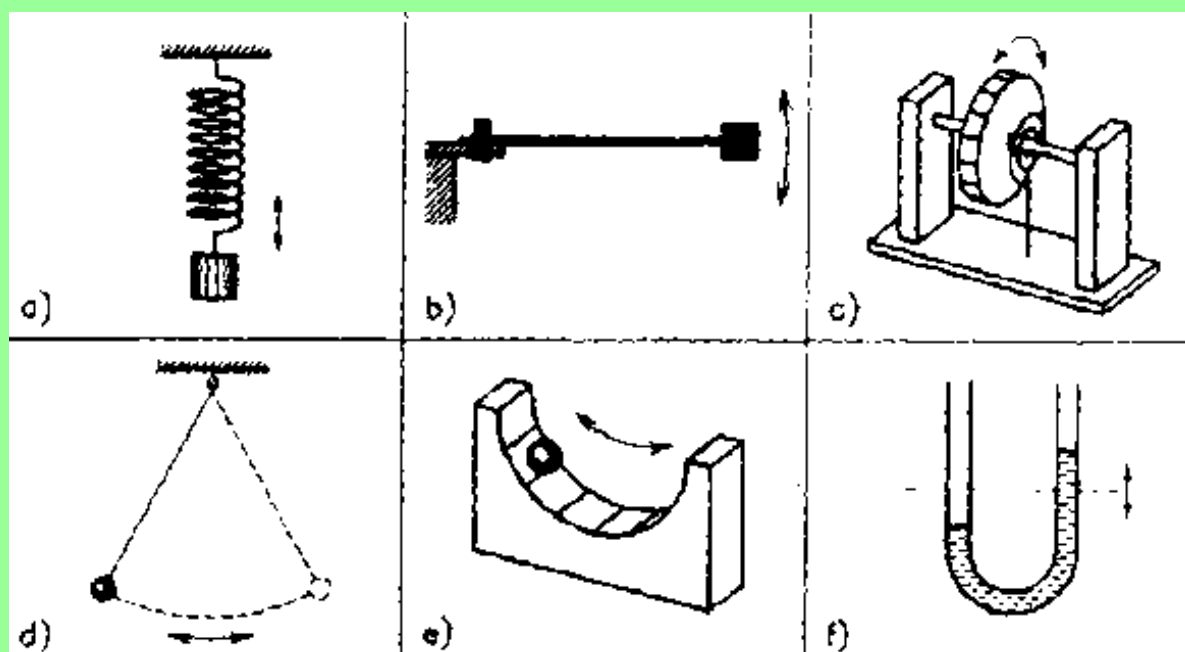
**A = amplituda** = největší výchylka = velikost vlny apod.

**$\lambda$  (čti lambda) = vlnová délka** = délka jedné periody

(sinusoidy) = **1 kmit**

**$\lambda/2$  = půl periody = 1 kyv**

Příklady kmitání:

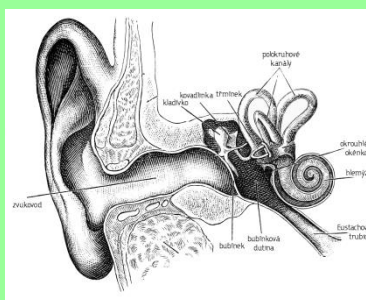
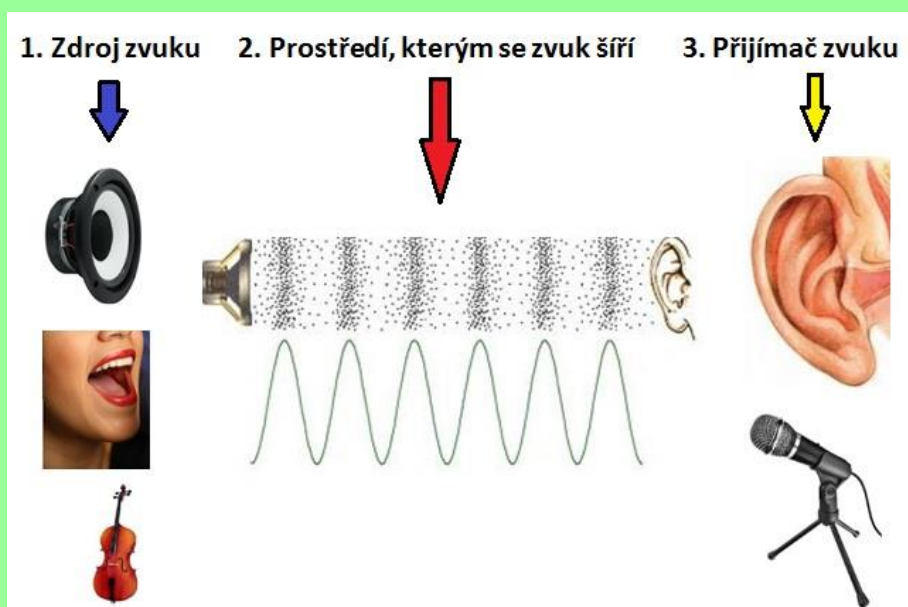


Abychom slyšeli zvuk, musí existovat:

**zdroj zvuku** – např. hudební nástroje, hlasivky, reproduktory...

**látkové prostředí** – např. vzduch, voda, dřevo, kovy...

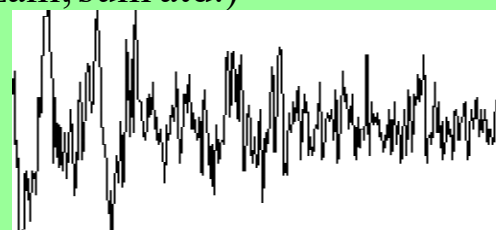
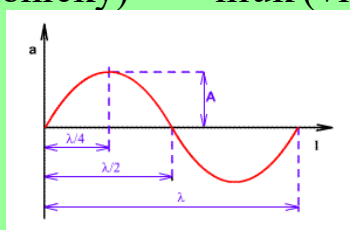
**přijímač zvuku** – např. ucho, mikrofon, některé antény, snímače...



## Zdroj zvuku

Zdrojem zvuku je každé chvějící se (kmitající, vibrující) těleso. Pokud těleso kmitá:

- pravidelně (harmonicky) → hudební zvuk neboli tón, akord
- nepravidelně (neharmonicky) → hluk (vrzání, šum atd.)



# Látkové prostředí

*Žák pozná, že k šíření zvuku je nezbytnou podmínkou látkové prostředí.*

*Žák využívá s porozuměním poznatek, že rychlost zvuku závisí na prostředí, kterým se zvuk šíří.*

Zvuk se přenáší v jakémkoliv látkovém prostředí, tzn. kromě vakua (vzduchoprázdna). Rozdíl je pouze v rychlosti a intenzitě (hlasitosti) přeneseného zvuku.

Měřením byla zjištěna rychlost šíření zvuku, viz tabulka:

Látka	Rychlost zvuku [m/s]	Rychlost zvuku [km/h]	Látka	Rychlost zvuku [m/s]	Rychlost zvuku [km/h]
vakuum	0	0	korek	500	1 800
vzduch (0 °C)	332	1 195	PVC	2 380	8 568
vzduch (20 °C)	340	1 224	sklo	5 200	18 720
voda jezerní	1 450	5 220	cihla	3 600	12 960
voda mořská	1 500	5 400	beton	1 700	6 120
led	3 200	11 520	měď	3 500	12 600
dřevo	3 400	12 240	ocel	5 000	18 000

# Zvukové vlnění. Tón. Výška tónu.

*Žák zjistí, že výška tónu je tím větší, čím větší je jeho kmitočet.*

Zvukem je každé *mechanické vlnění* v látkovém prostředí, které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem.

Mechanické vlnění může být buď **podélné** (*dochází k němu ve vzduchu*), nebo **příčné** (*dochází k němu v ostatních prostředích*), viz

<http://www.gvp.cz/~horyna/fyzika/2/kmitaniavlneni/> (dole)

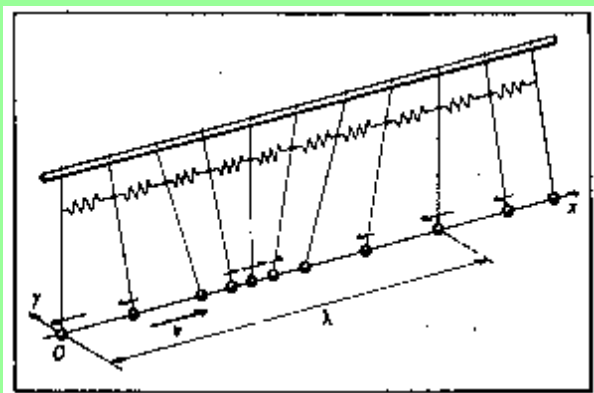
<https://sites.google.com/site/zvukovejevylneni/home/podelne-vlneni>

<https://sites.google.com/site/zvukovejevylneni/home/pricne-vlneni>

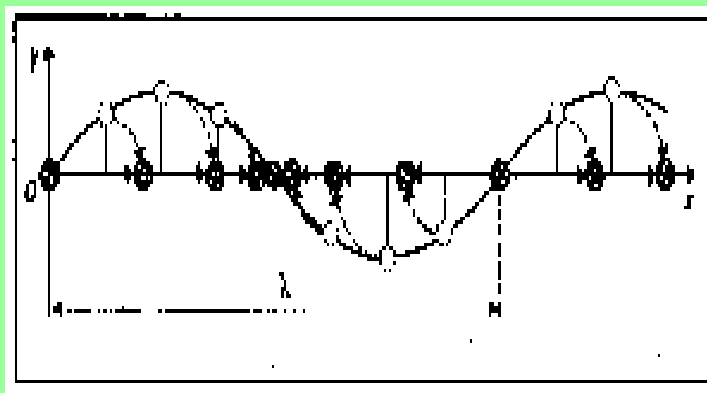
<http://www.schulphysik.de/java/physlet/applets/welle01.html>.

Rychlost zvuku v prostředích, kde se zvuk šíří pomocí příčného vlnění, je větší než ve vzduchu.

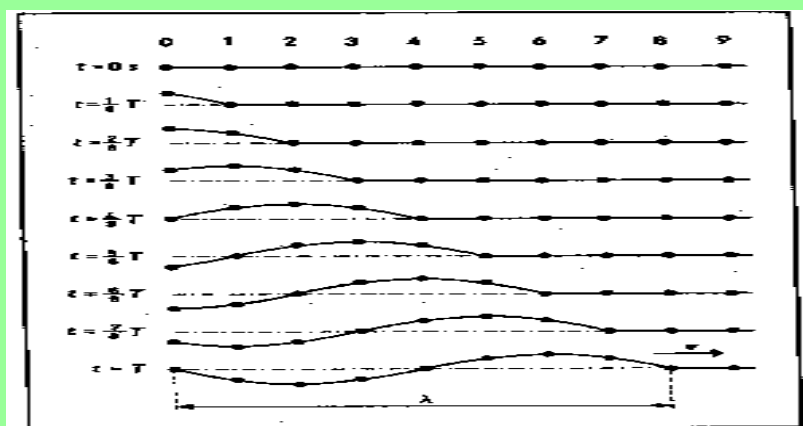
*Postupné podélné vlnění*



*Postupné příčné vlnění*



*Postupné příčné vlnění v řadě bodů*



Kmitání částic přenášejících zvuk se pravidelně opakuje. Počet pravidelných kmitů za 1 sekundu určuje **frekvenci –  $f$** .

**Tón** = jednoduchý zvuk

- *výšku tónu* určuje frekvence (kmitočet)
- čím větší frekvence tónu, tím vyšší tón

**Frekvence:** – fyzikální veličina, která určuje výšku tónu

(kmitočet) = počet pravidelných kmitů za 1 sekundu

- značí se **f** (malé f)
- základní jednotka je 1 hertz [herc] – 1 Hz
- vedlejší jednotky jsou kHz, MHz, GHz...
- základní vzorce:  $f = v : \lambda$  (lambda)  $f = 1 : T$
- např. tón „komorní *a*“ má frekvenci 440 Hz

**Vlnová délka:** – fyzikální veličina

= délka jedné periody (sinusoidy) = **1 kmit**

- značí se  $\lambda$  (lambda)
- základní jednotka je 1 metr – 1 m
- základní vzorce:  $\lambda = v : f$

## Dopplerův jev

Dopplerův jev nastává při relativním pohybu zdroje zvuku a pozorovatele, který zvuk vnímá. Pozorovatel slyší jiné frekvence, než je frekvence zdroje:

- vyšší – jestliže se vzájemně přibližují
- nižší – jestliže se vzájemně oddalují

V roce 1843 pozoroval, ale ne zcela objasnil, rakouský fyzik J. Ch. Doppler.

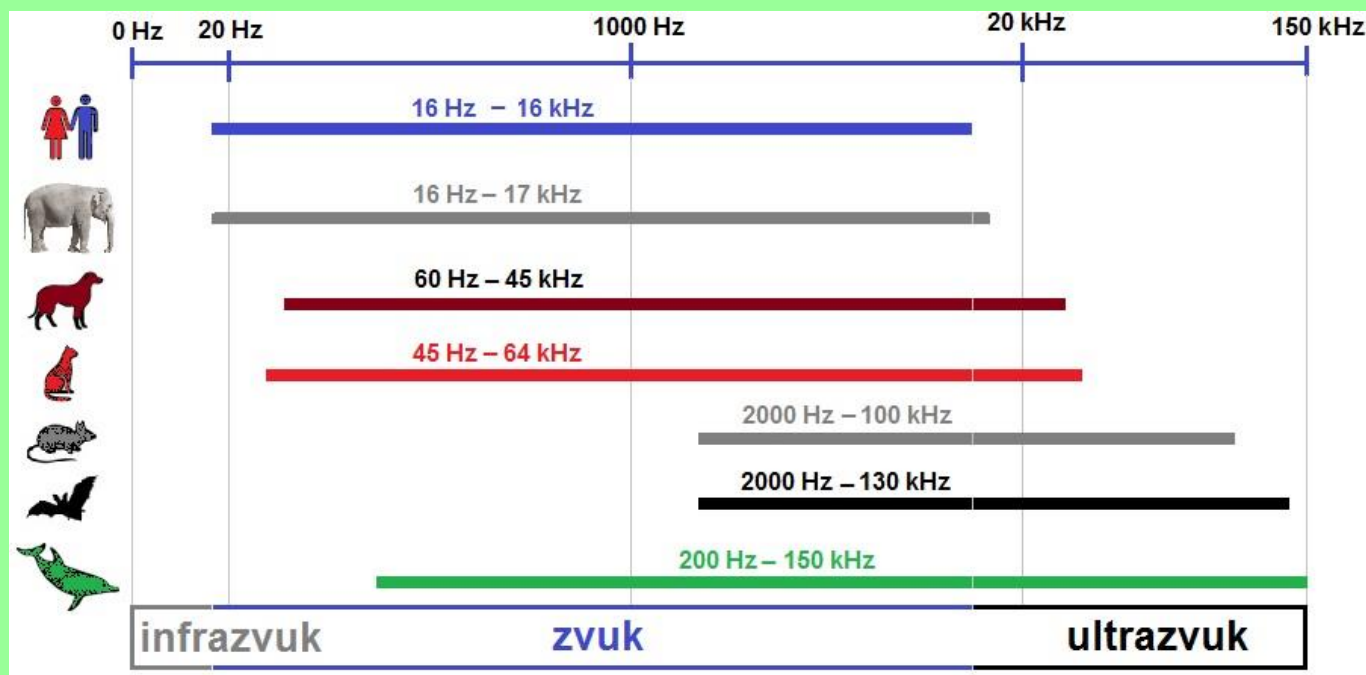
<https://www.youtube.com/watch?v=s8HGoqRrCE0>

<https://www.youtube.com/watch?v=MIXaoQGkU4>

<https://www.youtube.com/watch?v=h4OnBYrbCjY>

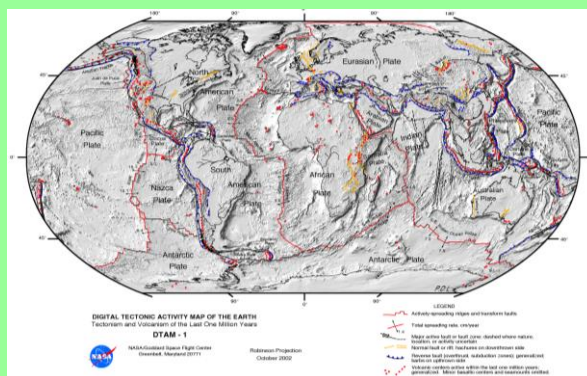
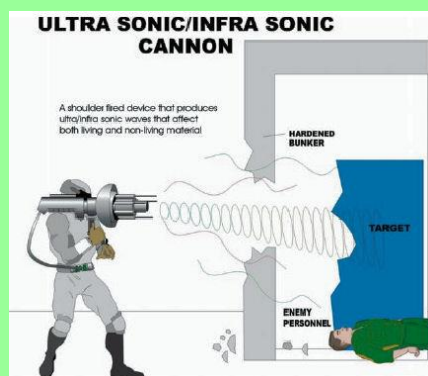
Podle frekvence vlnění zvuk dělíme na tři skupiny:

- **Infrazvuk** –  $f < 16 \text{ Hz}$
- **Slyšitelný zvuk** –  $16 \text{ Hz} \leq f \leq 20 \text{ kHz}$  ( $f = 16 \text{ Hz}$  až  $20\,000 \text{ Hz}$ )
- **Ultrazvuk** –  $f > 20 \text{ kHz}$



**Infrazvuk:** – zvukové vlny s frekvencí nižší než 16 Hz, které nejsou slyšitelné lidským uchem

- používají ho sloni, velryby, hroši, nosorožci a aligátoři k dorozumívání
- i když ho neslyšíme, může mít špatné účinky na lidský organizmus
- využívá se v seismologii či jako zbraň (infrazvukové dělo)

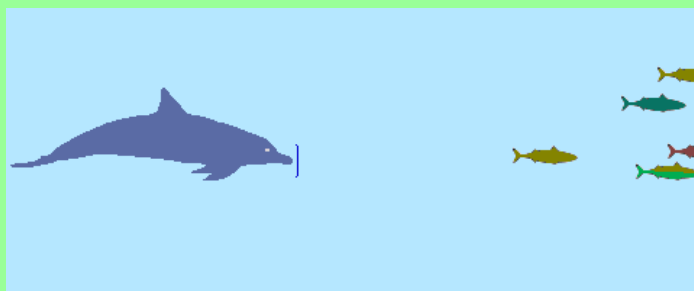




**Zvuk:** – většina energie vynaložené při mluvení připadá na zvuky o  $f$  od 100 až 6000 Hz, ale nejdůležitější frekvence pro komunikaci leží v pásmu od 300 Hz do 3000 Hz.

**Ultrazvuk:** – zvukové vlny s frekvencí vyšší než 20 000 Hz, které nejsou slyšitelné lidským uchem

- využívá se v lékařství (v diagnostice i při léčbě)
- k zjišťování vad v materiálech (defektoskopie)
- používají ho netopýři nebo ponorky (sonar) k orientaci v prostoru

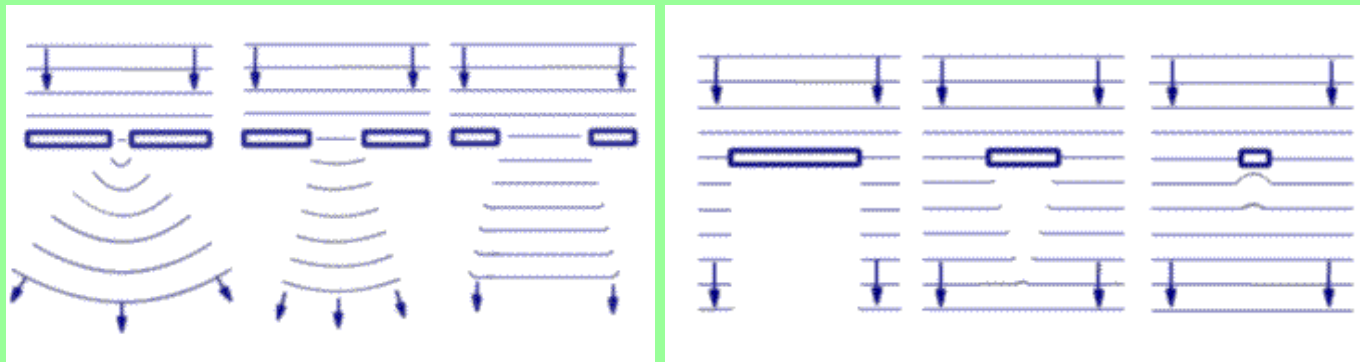




# Odraz zvuku

*Žák chápe odraz zvuku jako odraz zvukového vzruchu od překážky a dovede objasnit vznik ozvěny.*

Setká-li se zvuk s překážkou, zčásti ho překážka pohltí a zčásti se odrazí. Pokud je překážka malá, šíří se zvuk i za ní – nastává **ohyb** zvuku.



## Ozvěna

Na rozhraní dvou prostředí se zvuk odráží, tedy dochází k odrazu vlnění. Nastává-li odraz zvuku v malé místnosti, splývá odražený zvuk s původním. Přichází-li odražený zvuk se zpožděním nejméně 0,1 sekundy, urazí-li tedy asi 34 metrů (min. 17 m tam a 17 m zpět), vzniká ozvěna.

Ozvěna je jev, který vzniká v případě, že pozorovatel slyší zvuk přímo od zdroje i zvuk odražený od překážky a vnímá je odděleně.



Člověk dokáže rozlišit zvuk vydaný zdrojem od zvuku, který se odrazil. Aby však došlo ke správnému rozlišení, musí být překážka vzdálena od zdroje minimálně 17 metrů. Zvuk urazí celkem 34 metrů (tam a zpět), což mu zabere cca 0,1 sekundy a naše ucho tuto prodlevu zaznamená – slyšíme ozvěnu. Pokud je překážka blíže, zvuky splývají. (viz str. 176-177)

## Rezonance (= Nucené chvění)

Nucené chvění (rezonance) je vznik zesíleného zvuku (*velkých kmitů (amplitudy) zdroje zvuku*) opakovaným (*periodickým*) působením malé síly oscilátoru (*ale stejné frekvence jako je kmitání zdroje*).

*Nucené kmitání vzniká působením vnější periodické síly na mechanický oscilátor. Frekvence kmitů je pak shodná s frekvencí působící síly a kmitání oscilátoru je netlumené. Amplituda kmitů je pak dosáhne největší hodnoty a dochází k rezonančnímu zesílení. Malou, periodicky opakující silou lze v oscilátoru vzbudit kmitání o značné amplitudě výchylky, pokud je frekvence vnějšího působení shodná s frekvencí vlastního kmitání oscilátoru.*

Rezonancí dochází např. k rozkmitání:

- rezonančních desek u hudebních nástrojů,
- částí strojů při rotaci,
- mostu při pochodu vojenského útvaru přes most atd.

<http://vojtahanak.cz/files/kmity/rezonance.html>

<http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/akustika/kmitani/nucene-kmitani-rezonance>

### Nucené chvění – rezonance

Chvění ladičky vyvolá i nucené chvění ve sloupci vzduchu v rezonanční skříňce. Tón ladičky díky tomu slyšíme zesílený. Říkáme, že je vzduchový sloupec v rezonanci s tónem ladičky. Ladička vydává základní tón, rezonanční skříňka vydává základní tón + tóny harmonické (tóny, které mají frekvence jako celé násobky frekvence základního tónu). Tóny harmonické dávají základnímu tónu „barvu“.

Př.: tón komorní *a* má frekvenci 440 Hz

$f_1 = 440 \text{ Hz}$	}	= základní tón
$f_2 = 880 \text{ Hz}$		
$f_3 = 1.320 \text{ Hz}$		
$f_4 = 1.760 \text{ Hz}$		
$f_5 = 2.200 \text{ Hz}$		= tóny harmonické

# Ochrana před nadměrným hlukem

*Žák posoudí možnosti zmenšování vlivu nadměrného hluku na životní prostředí. (F-9-5-02)*

*Žák rozumí pojmu hlasitost zvuku a má představu, jak hlasité jsou různé zdroje zvuku v jeho okolí.*

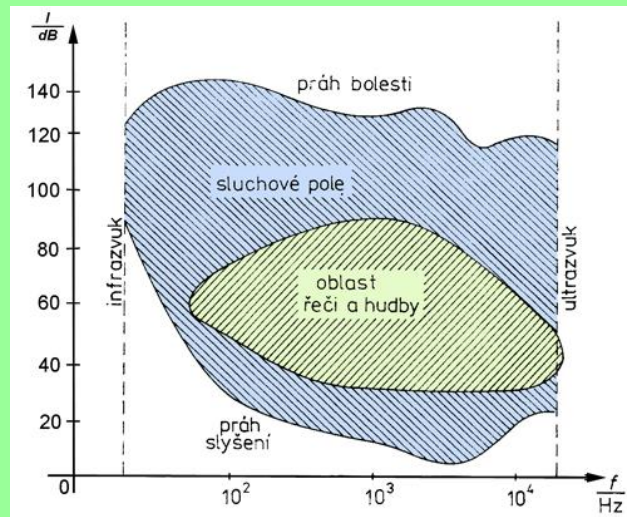
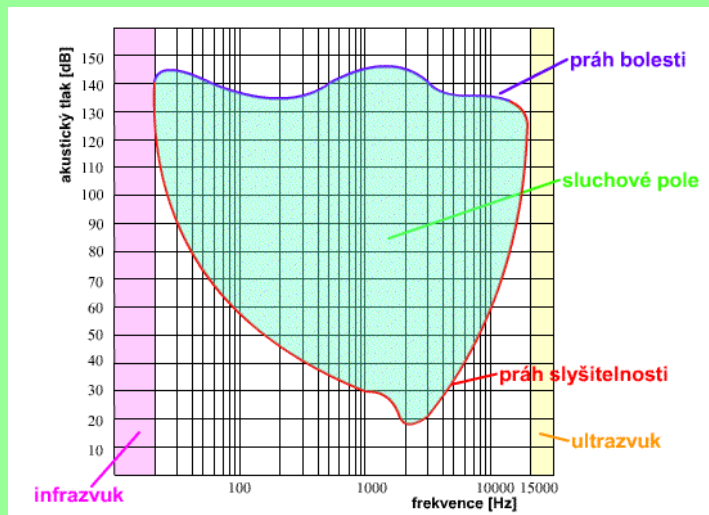
*Žák určí možnosti, jak omezit nepříznivý vliv nadměrně hlasitého zvuku na člověka.*

Pro srovnávání hlasitosti zvuku se používá fyzikální veličina **hladina zvuku**.

## Hladina zvuku:

- je to fyzikální veličina
- (hladina intenzity zvuku) – značí se **L**
- základní jednotka je 1 bel – 1 B
- používá se menší jednotka, **1 decibel – 1 dB**

Druh zvuku	Hladina zvuku – L	Subjektivní vnímání
práh slyšení	<b>0 dB</b>	
tikot hodinek	10 dB	hluboké ticho
šeptání, šum v lese	30 dB	
knihovna	40 dB	ticho
hlasitý hovor ve vzdálenosti 1 m	50 dB	běžný hluk
hlasitá hudba	80 dB	nepříjemný
pouliční hluk	až 90 dB	velmi nepříjemný
sbíječka	105 dB	krátce snesitelný
start letadla ve vzdálenosti 300 m	120 dB	
práh bolesti	<b>130 dB</b> (140 dB)	bolest
start letadla ve vzdálenosti 50 m	140 dB	



## Pobyt ve hlučném prostředí

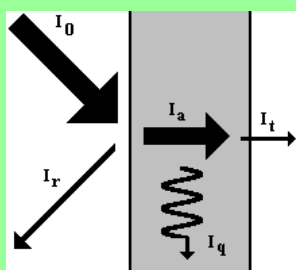
*Žák posoudí možnosti zmenšování vlivu nadměrného hluku na životní prostředí. (F-9-5-02)*

Delší pobyt v prostředí s hladinou zvuku **nad 70 dB** se považuje za zdraví škodlivý. Může působit zvýšenou únavu nebo bolesti hlavy, nevolnosti.

Při hladinách zvuku **přes 80 dB** je ohrožen sluch. Proto se na hlučných pracovištích používají chrániče uší.

## Způsob ochrany – pohlcování zvuku

V důsledku toho, že při dopadu zvukového vlnění na překážku (např. stěna, dveře...) část zvukové energie proniká do druhého prostředí a zbytek se od překážky odrazí podle zákona odrazu, je intenzita odraženého (reflektovaného) vlnění  $I_r$  vždy menší než intenzita  $I_0$  vlnění dopadajícího na stěnu. Část zvukové energie, která pronikla do překážky je z hlediska místnosti ztracená (pohlčená)  $I_a$ .



$I_0$  = intenzita dopadajícího zvuku

$I_r$  = intenzita odraženého (reflektovaného) zvuku

$I_a$  = intenzita absorbovaného (pohlčeného) zvuku

$I_t$  = intenzita prošlého (transferovaného) zvuku

$I_q$  = intenzita zvuku přeměněná na teplo

## Pohlcování zvuku

Prostorová akustika popisuje, jak se chová zvuk v prostoru. To znamená, že posluchač a zdroj zvuku jsou ve stejné místnosti. Pokud nejsou v místnosti téměř žádné zvukově izolační plochy (stěna, střecha a podlaha), bude se zvuk odrážet mezi povrchy a bude trvat dlouho, než se zvuk zanikne. Posluchač v tomto druhu místnosti pak bude mít problém registrovat mluvího, protože slyší jak přímý zvuk, tak opakované odražené zvukové vlny.

Pokud jsou povrchy místo toho pokryty materiálem pohlcujícím zvuk, bude odražený zvuk zanikat mnohem rychleji a posluchač uslyší jen přímý zvuk. Také celková hladina zvuku v místnosti se sníží.

Zvukově izolační vlastnosti materiálu jsou vyjádřeny činitelem zvukové pohltivosti,  $\alpha$  (alfa) v závislosti na frekvenci. Alfa ( $\alpha$ ) se pohybuje od 0 do 1,00 (od celkového odrazu po celkové pohlcení).

Zde najdete několik praktických činitelů pohltivosti pro určité materiály:

oktávové pásmo (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
beton	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04
sádrokarton na sloupcích	0.2	0.15	0.1	0.08	0.05	0.05
okna	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
50-mm deska z minerální vlny*	0.2	0.65	1.0	1.0	1.0	1.0
100-mm deska z minerální vlny*	0.45	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0

\* s pevným podkladem

## Úkol: Co k sobě patří? Utvoř dvojice!

Amplituda	jednotka frekvence
Decibel	časový interval mezi dvěma zvukovými vlnami
Frekvence	velikost (výška) zvukové vlny
Hertz	jednotka úrovně hlasitosti
Perioda	počet kmitů vlny za 1 sekundu

## Zdroje informací a obrázků:

R. Kolářová, J. Bohuněk – Fyzika pro 7. ročník základní školy; Prométheus Praha, ISBN: 978-80-7196-265-6

Ing. P. Tarábek, CSc., Mgr. P. Červinková a kol. – Odmaturuj z fyziky; Didaktis 2004, ISBN: 80-86285-39-1

<http://www.gvp.cz/~horyna/fyzika/2/kmitaniavlneni/>

[http://www.army.cz/images/id\\_8001\\_9000/8753/radar/k12.htm](http://www.army.cz/images/id_8001_9000/8753/radar/k12.htm)

<https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1668>

[http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly\\_akustika.htm](http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/pistaly_akustika.htm)

<http://www.jesen.cz/clanek17.html>

<https://drgrozescu.org/2015/05/16/terras-tectonic-plates/>

[http://sparc.fpv.umb.sk/kat/kf/Integrovana\\_prirodoveda/TG/Zvuk/Piskat/greaty.host.sk/akustika/fjdifra.html](http://sparc.fpv.umb.sk/kat/kf/Integrovana_prirodoveda/TG/Zvuk/Piskat/greaty.host.sk/akustika/fjdifra.html)

[http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/obrazky/akustika\\_sluchove\\_pole.gif](http://homen.vsb.cz/~ber30/texty/varhany/anatomie/obrazky/akustika_sluchove_pole.gif)

[http://edu.techmania.cz/sites/default/files/encyklopedie/insert/98\\_7.gif](http://edu.techmania.cz/sites/default/files/encyklopedie/insert/98_7.gif)

<http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/197-odraz-zvuku-pohlcovani-zvuku> - Jaroslav Reichl

<https://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/pohlcovani-zvuku>