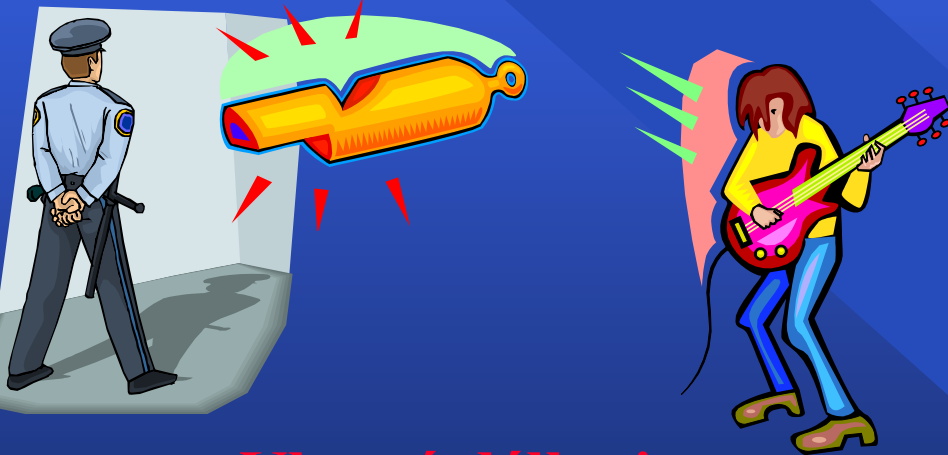


# Zvukové vlny, kmitání a využití v klinické praxi

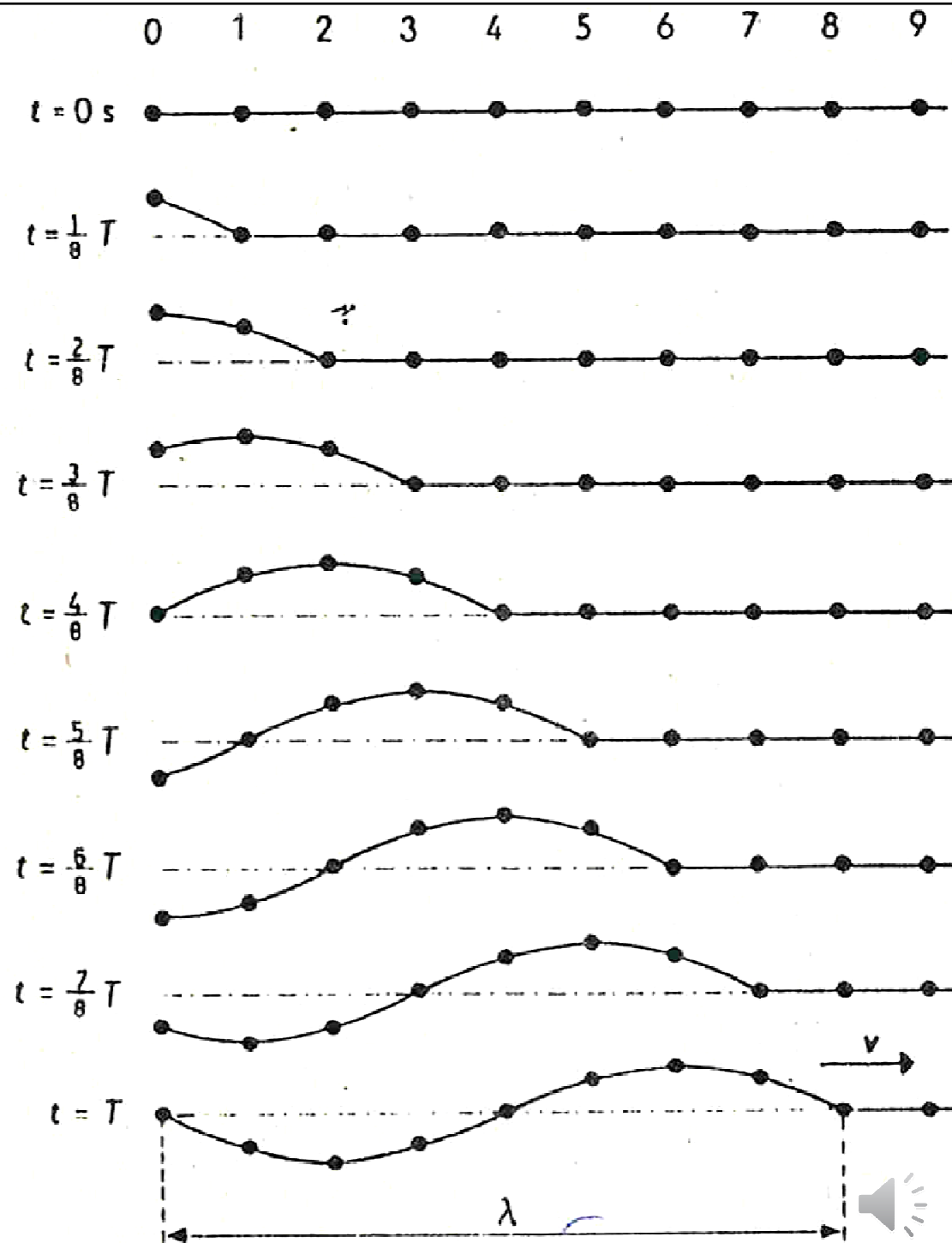
*Beneš Jiří*



# Mechanické vlnění a jeho typy



**Vlnová délka je vzdálenost dvou nejbližších bodů, které kmitají se stejnou fází**



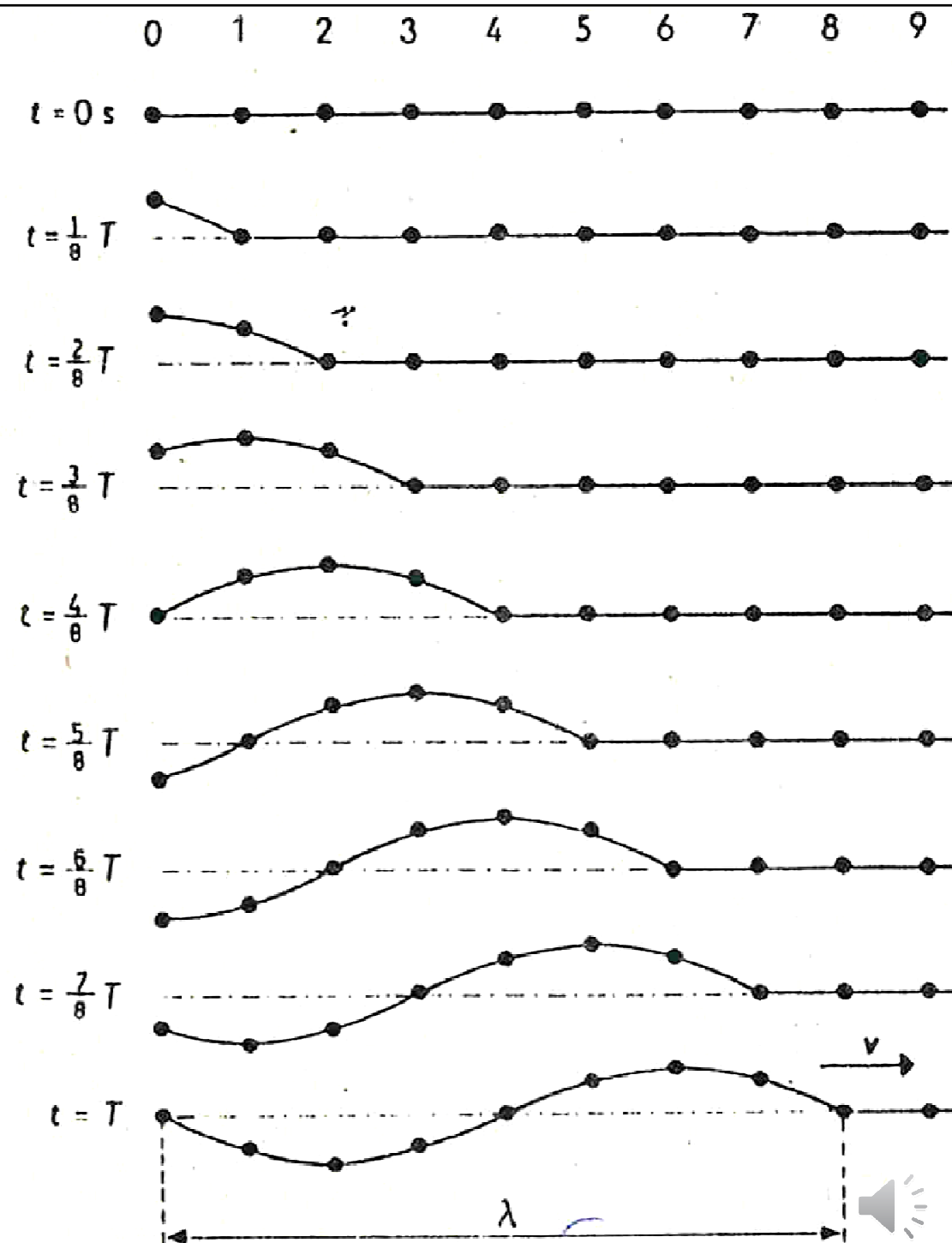
# Mechanické vlnění a jeho typy

Vlnová délka je vzdálenost dvou nejbližších bodů, které kmitají se stejnou fází

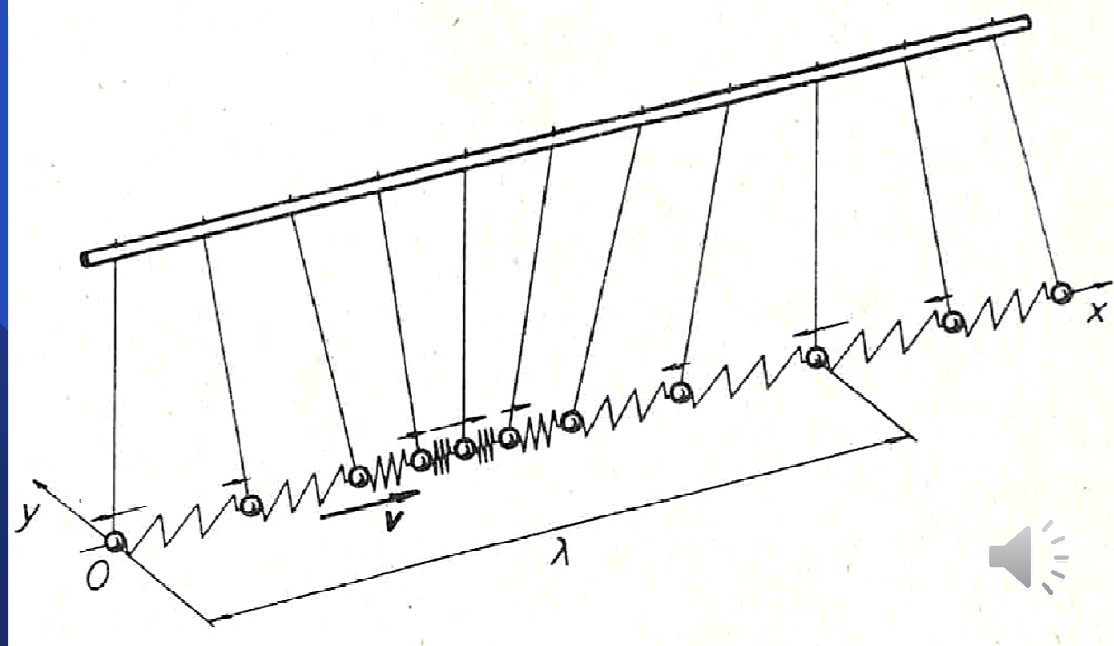
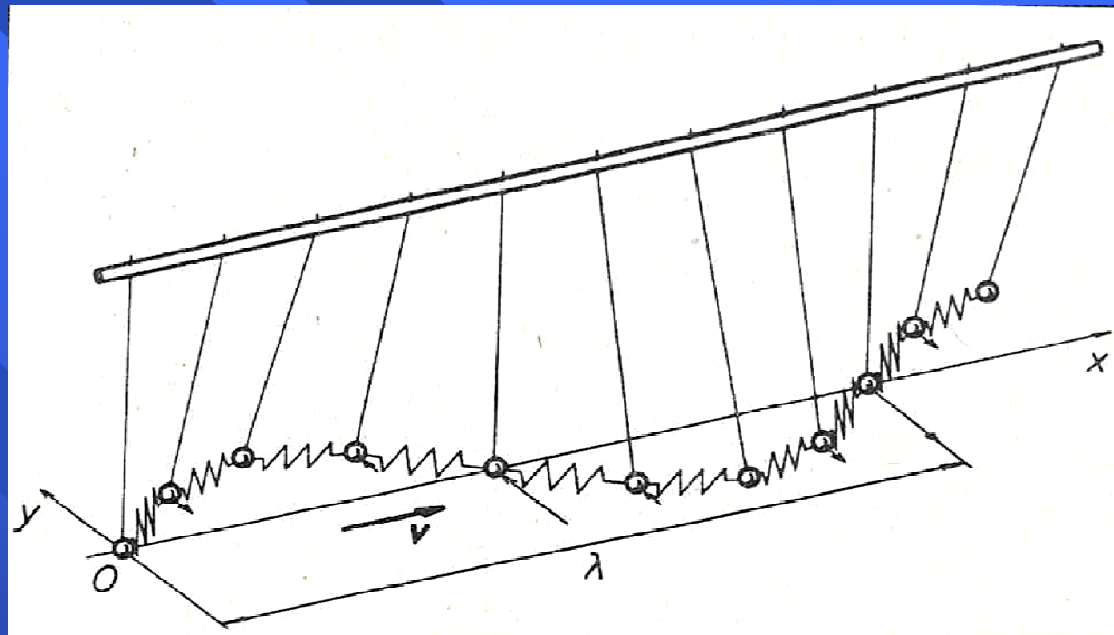
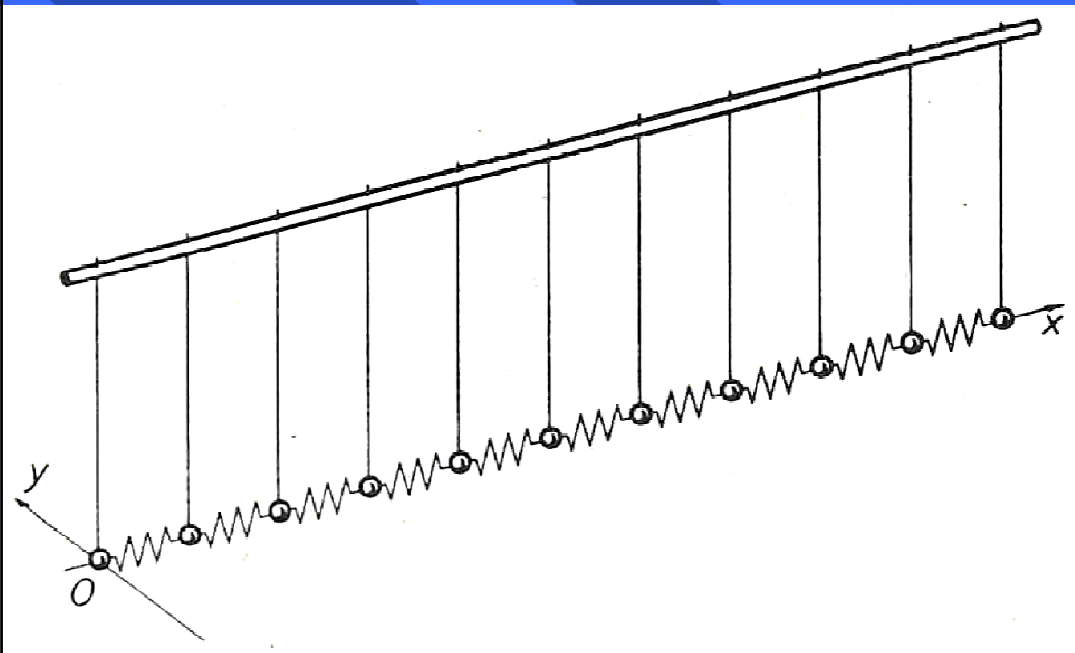
- frekvence  
nebo kmitočet  
[Hz]

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$



# Mechanické vlnění *3.třída předškolní výchovy – citace zdroj obr.*



$$\underline{\lambda = v \cdot T = v/f}$$

$\lambda$  je vlnová délka

$v$  je rychlost

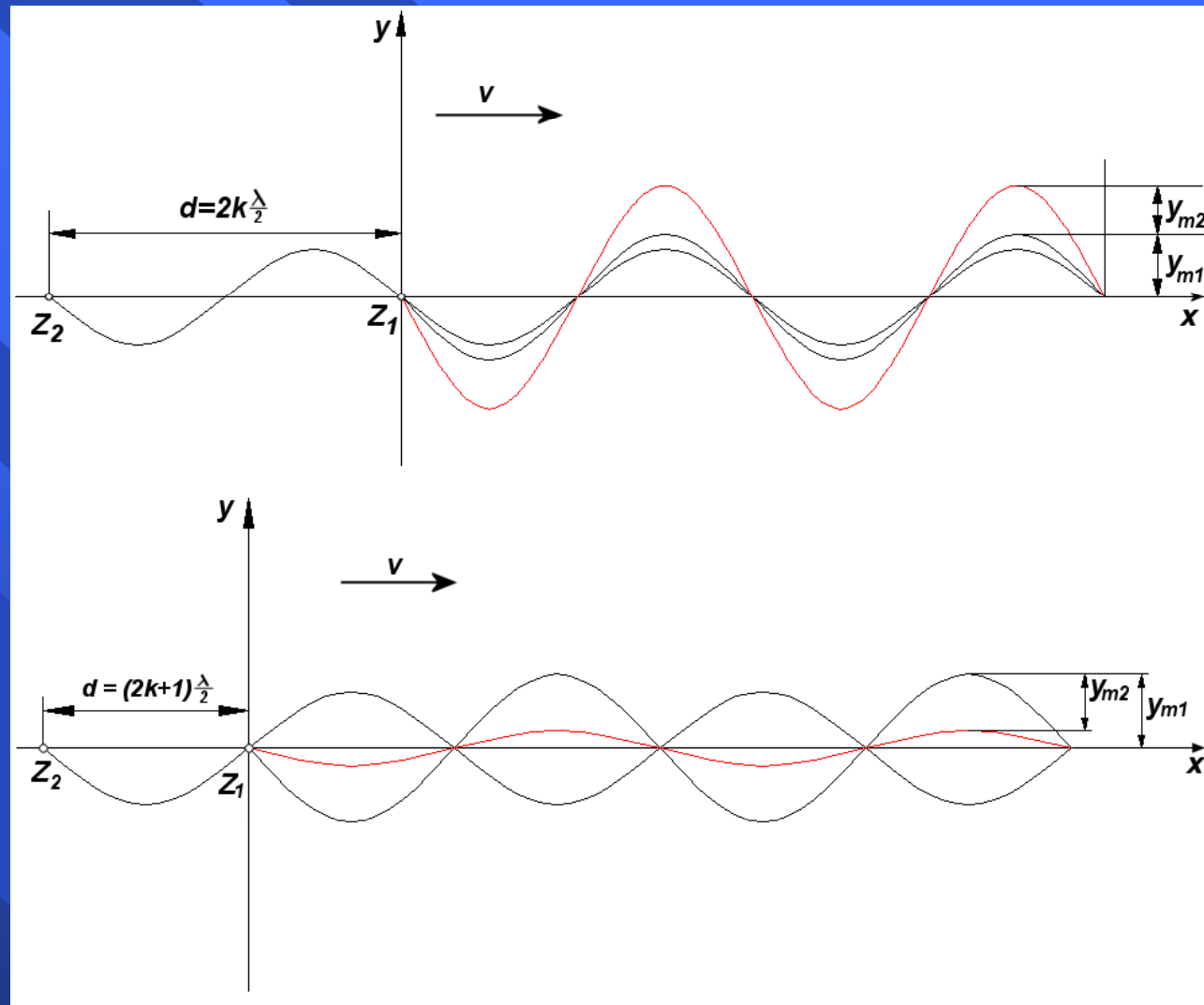
$T$  je čas –doby periody

( $S=v \cdot t$ )

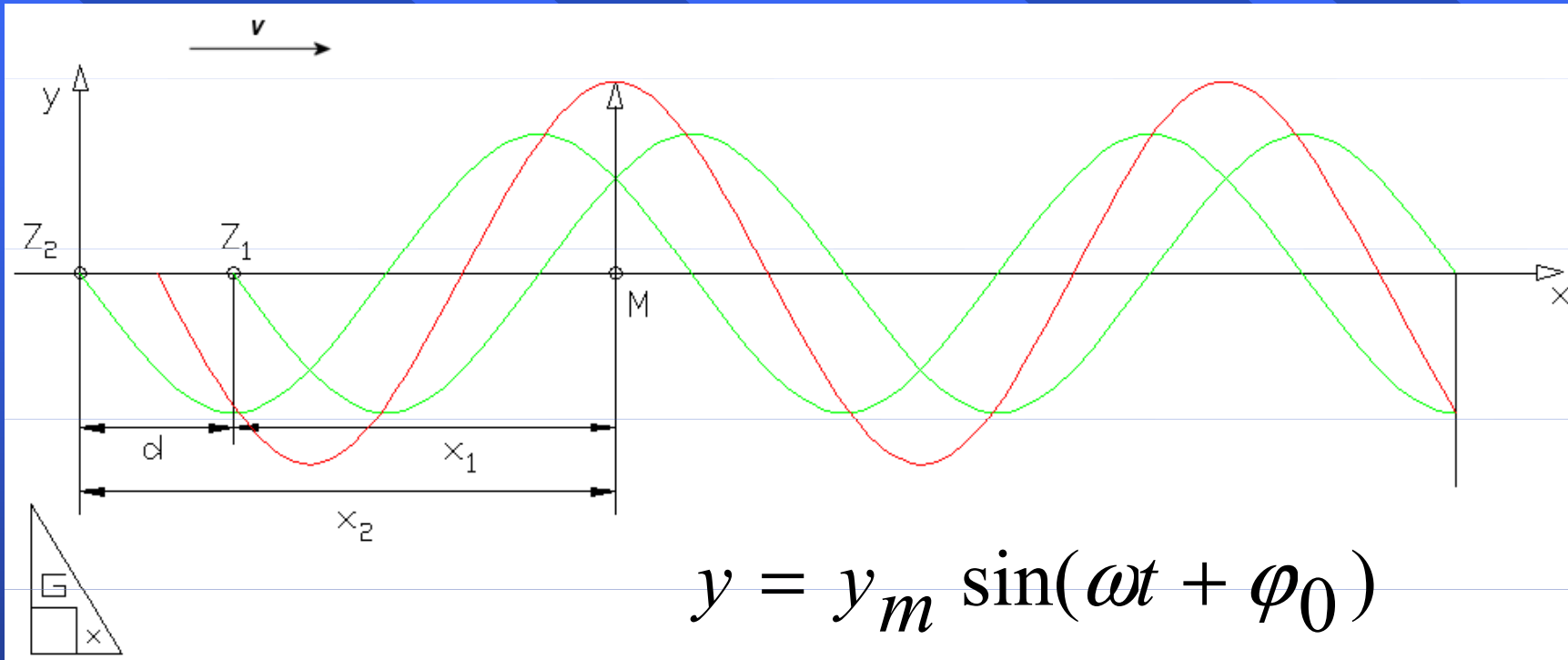


# Pojmy interference, sčítání amplitudy, dráhový rozdíl, fázový rozdíl

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} d$$



# Okamžitá výchylka kmitu



$$a = -\omega^2 y$$

$$F = -m\omega^2 y$$

Zrychlení harmonického pohybu je přímo úměrné okamžité výchylce a v každém okamžiku má opačný směr.



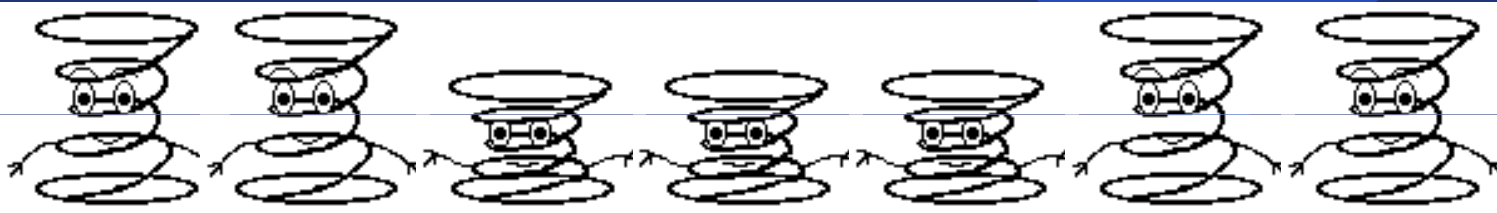
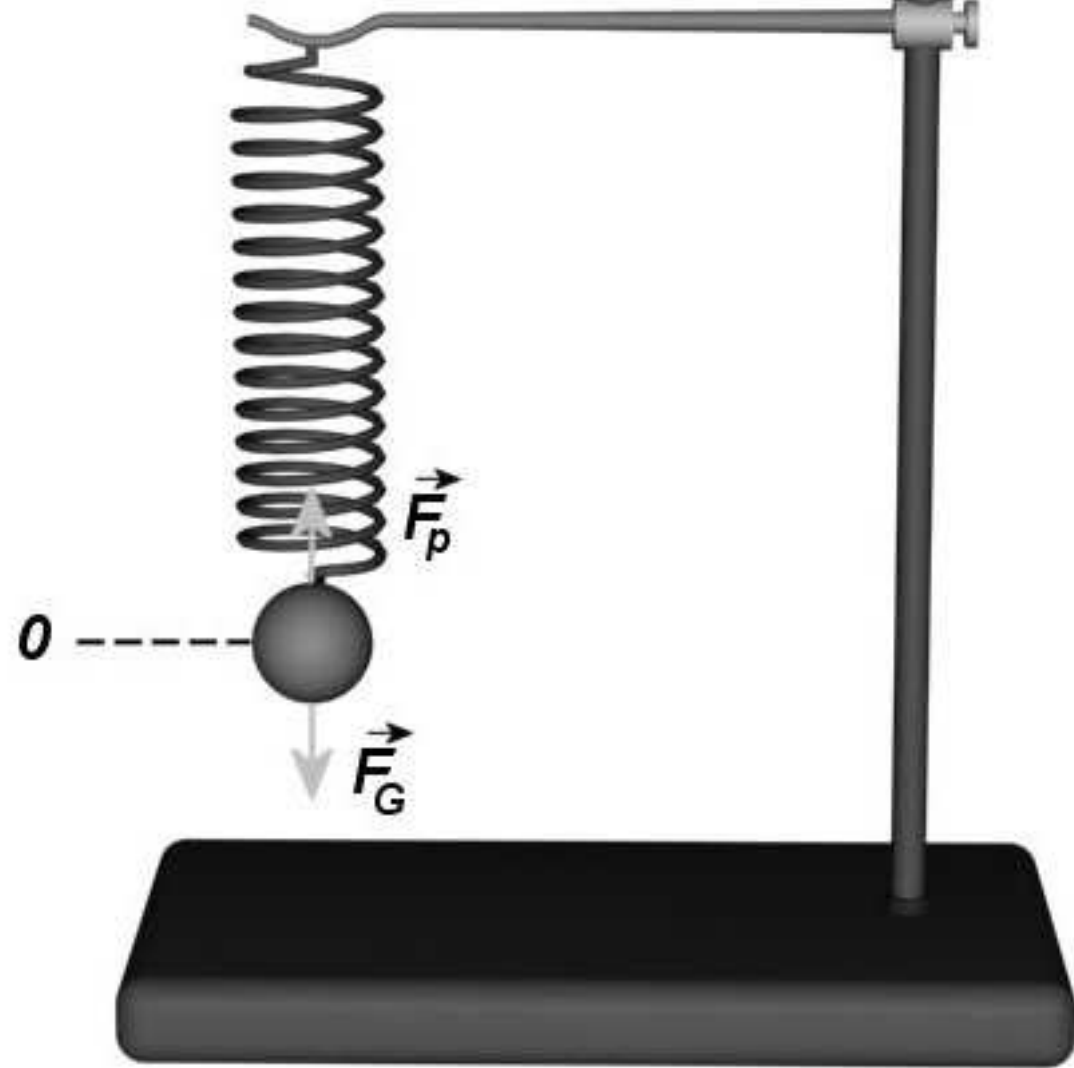
# Kmitání vlastní většinou tlumené a nucené kmitání

**K** je tuhost pružiny

$$F = -ky$$

$$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$F = F_p + F_G = k(\Delta l - y) - mg = k\Delta l - ky - mg = -ky$$



## Volné

Působí jediná síla = elastická

Amplituda je konstantní

## Tlumené

Působí 2 síly: elastická +  
tlumící

Tlumící síla: tření, odpor  
prostředí aj.

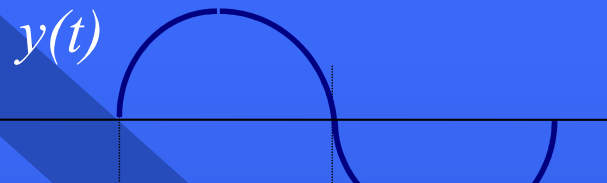
Amplituda klesá s časem. Po  
dostatečně dlouhé době je  
amplituda prakticky nulová

## Vynucené

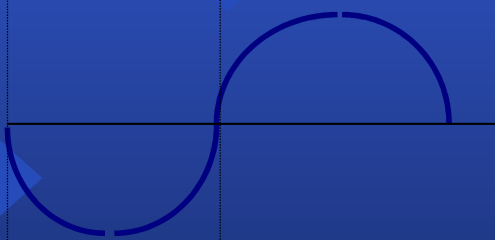
Působí 3 síly: elastická +  
tlumící +

+ vnější budící síla

Kmitočet vynuc. kmitů =  
kmitočtu budící síly. Amplituda  
závisí na rozdílu kmitočtu  
volných kmitů a budícího  
kmitočtu

$$y = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0) \quad t=0$$


$$v = \dot{y} = \omega \cdot A \cos(\omega t + \varphi_0)$$


$$a = \dot{v} = \ddot{y} = -\omega^2 \overbrace{A \sin(\omega t + \varphi_0)}^y$$


$$a = \ddot{y} = -\omega^2 y$$





## Infrazvuk a ultrazvuk

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

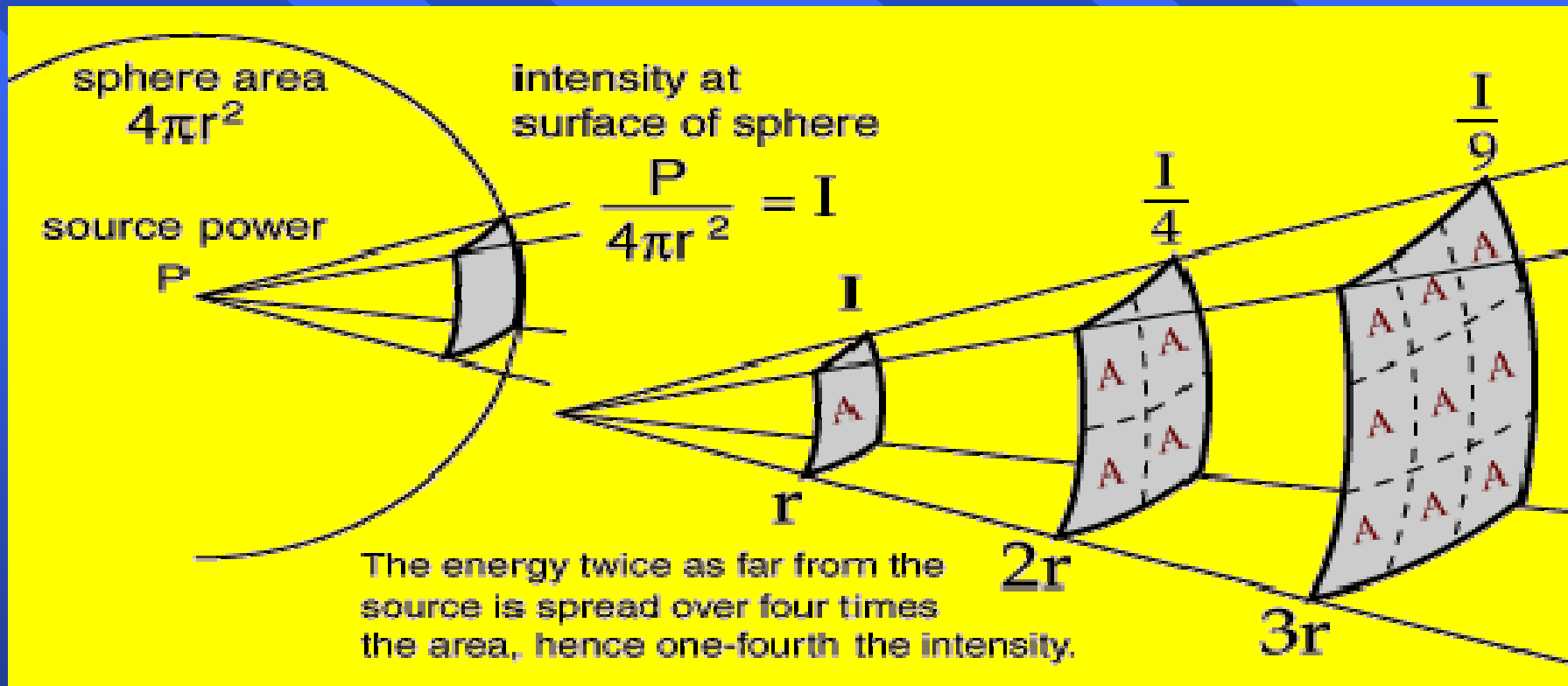
$$v_t = 331,82 [ms^{-1}]$$

Ozvěna, dozvuk,  
Výška tonu frekvencí barva  
Jeho spektrem

Látka	Rychlost zvuku
voda (25°C)	1500
rtuť	1400
beton	1700
led	3200
ocel	5000
sklo	5200



# Inverse Square Law; Sound



The sound intensity from a point source of sound will obey the inverse square law if there are no reflections or reverberation. A plot of this intensity drop shows that it drops off rapidly



## Hlasitost zvuku

$$I = \frac{\text{výkon}}{\text{plocha}}$$

**P je výkon tedy tlak**

**S je plocha a tedy jednotkou je  $W/m^2$**

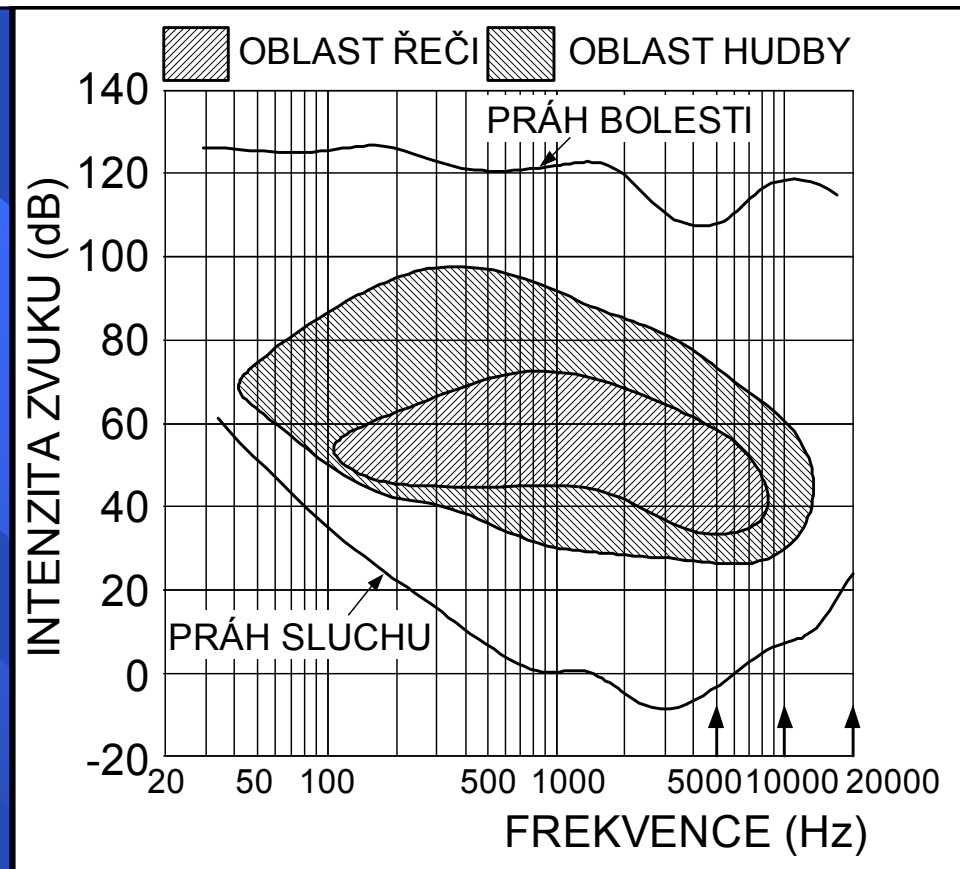
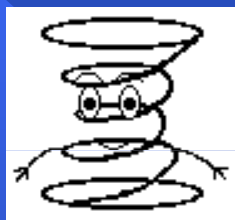
**určuje práh slyšení- pro frekvenci  
1kHz je prahem slyšení  $I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2}$**

Zdroj zvuku	Vzdálenost (m)	Hladina intenzity zvuku (dB)
tikot hodinek	0,1	20
tichý rozhovor	1	40
normální hovor	1	60
křik	1	80
symfonický orchestr hluk	3 až 5	80
motorových vozidel	10	90
startující letadlo	10	110

$$10 \cdot \log \frac{I}{I_0} (dB)$$



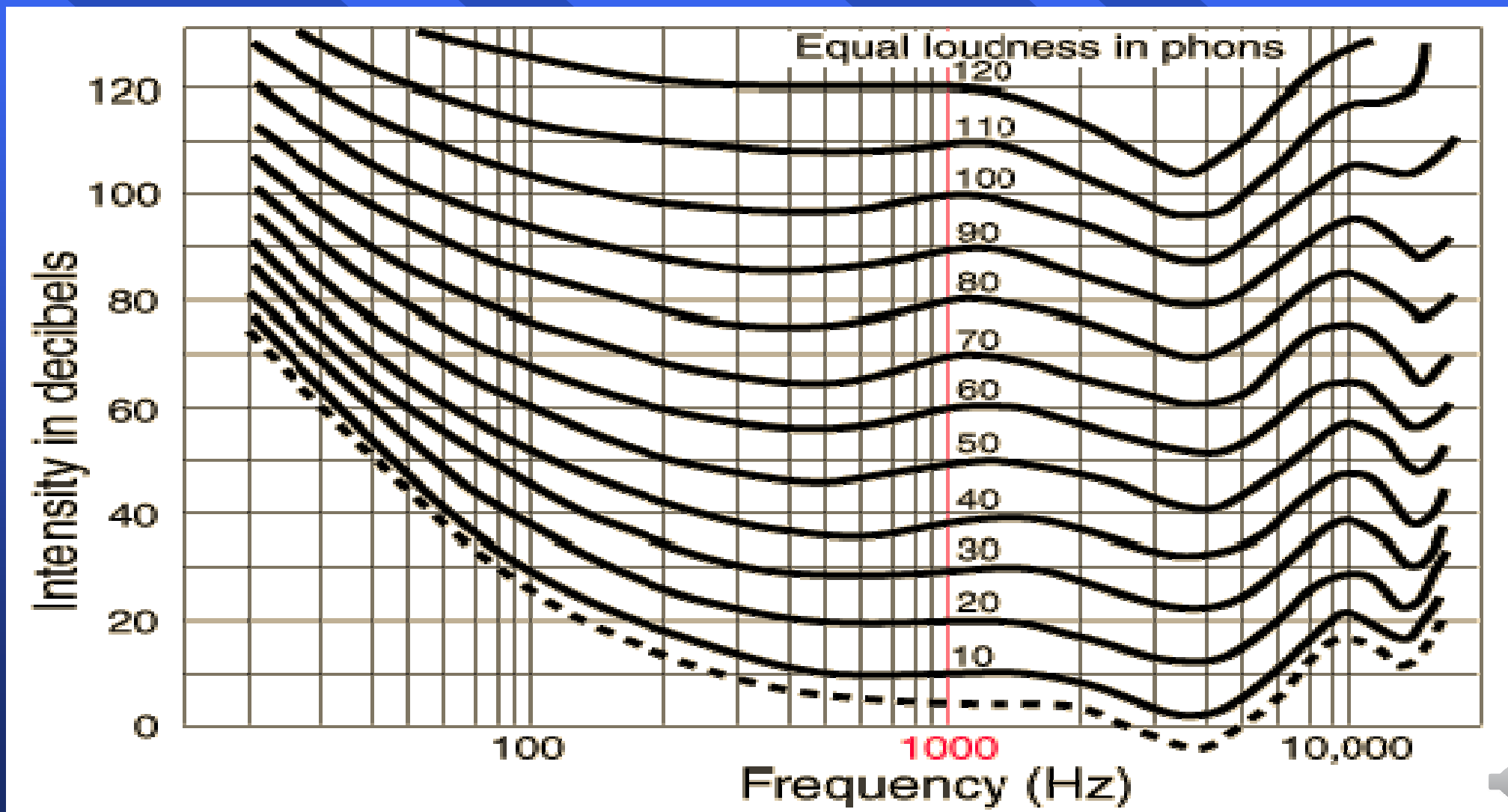
# Mechanické vlnění a jeho typy



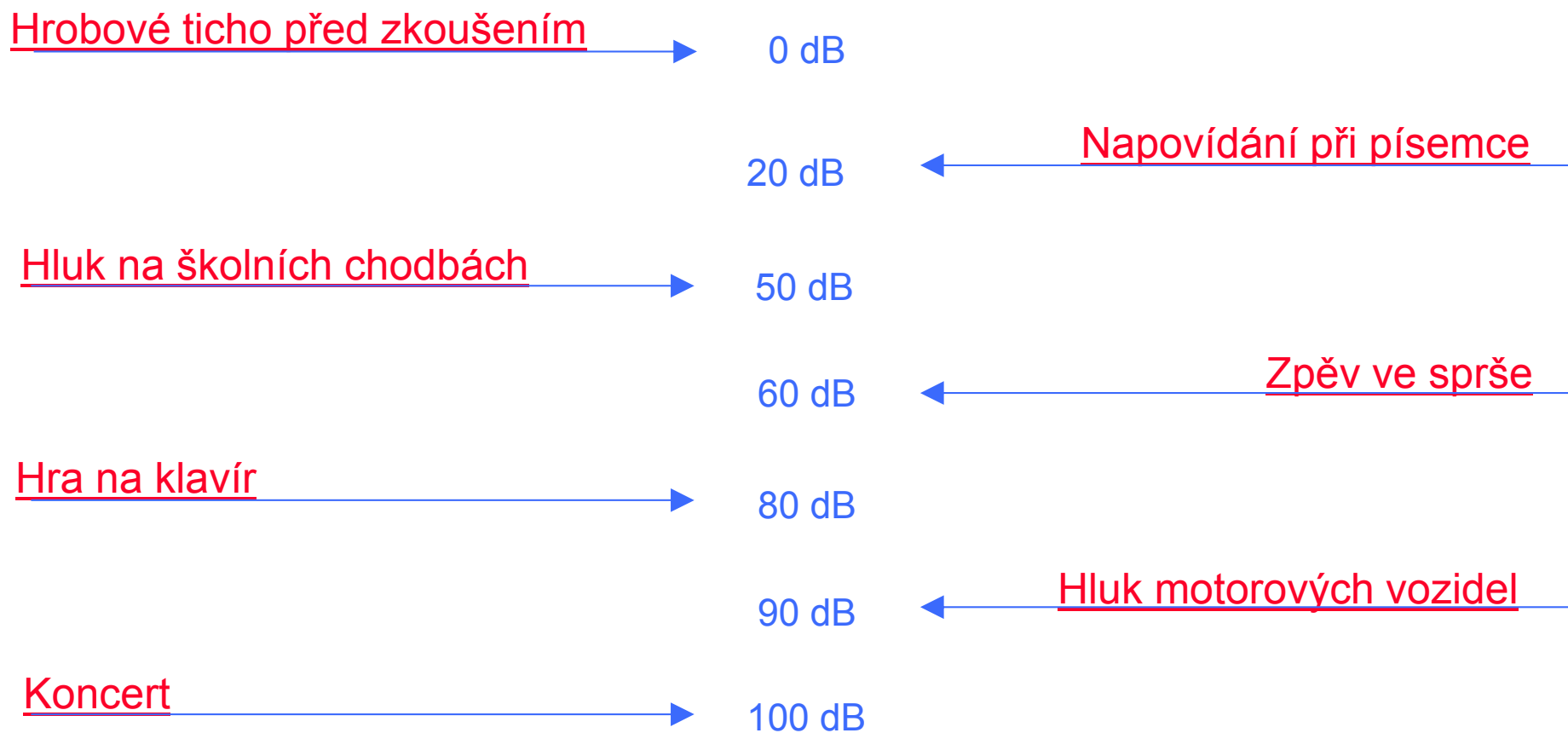
$$10 \cdot \log \frac{I}{I_0} \text{ (dB)}$$



# Křivky stejné hlasitosti



# Srovnání běžných zvuků





## Akustický odpor

$$Z = \frac{P_{ef}}{v_{ef}} = \rho c$$

## Dopplerův jev

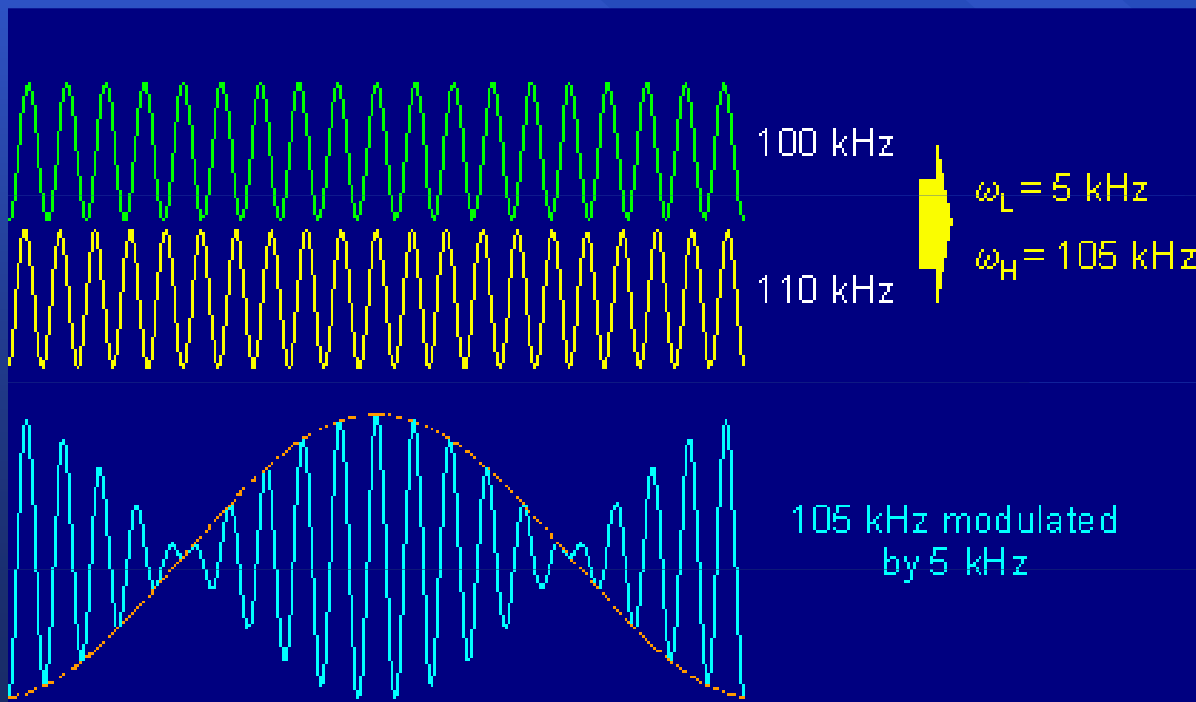
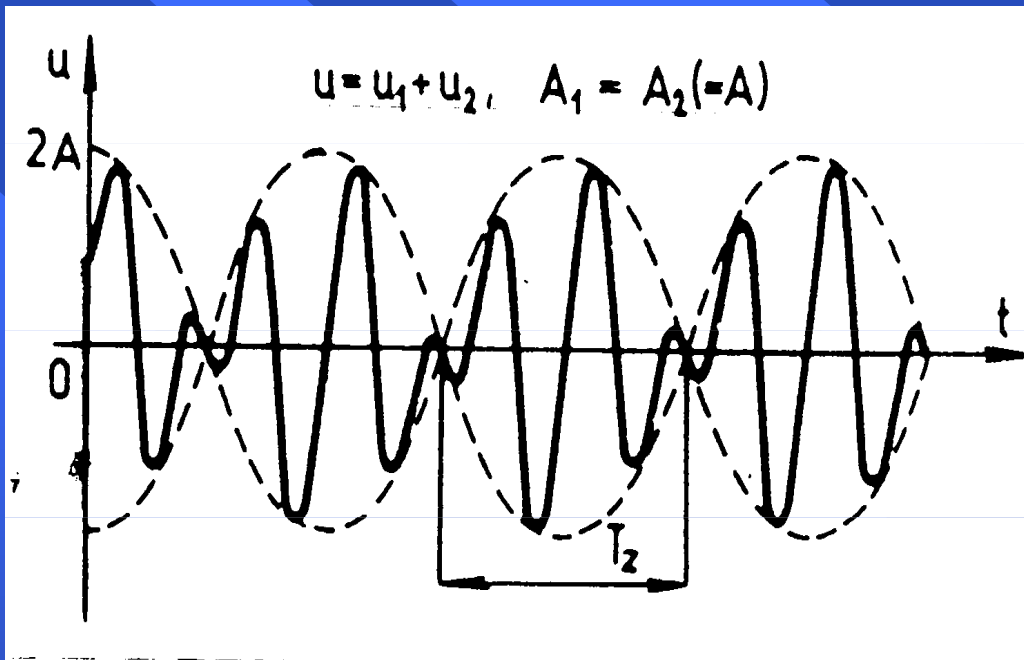
$$\lambda = \lambda_0 \pm \frac{v_{zdr}}{f_0} = \lambda_0 \pm v_{zdr} \times T$$

$$f = f_0 \frac{c \pm v_{zdr}}{c \mp v_{poz}}$$

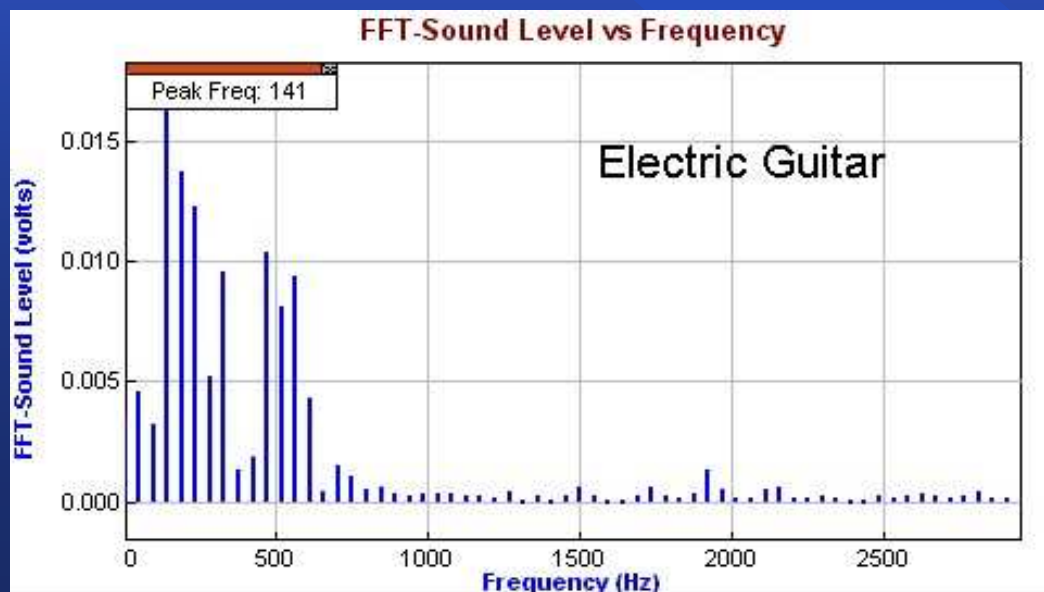
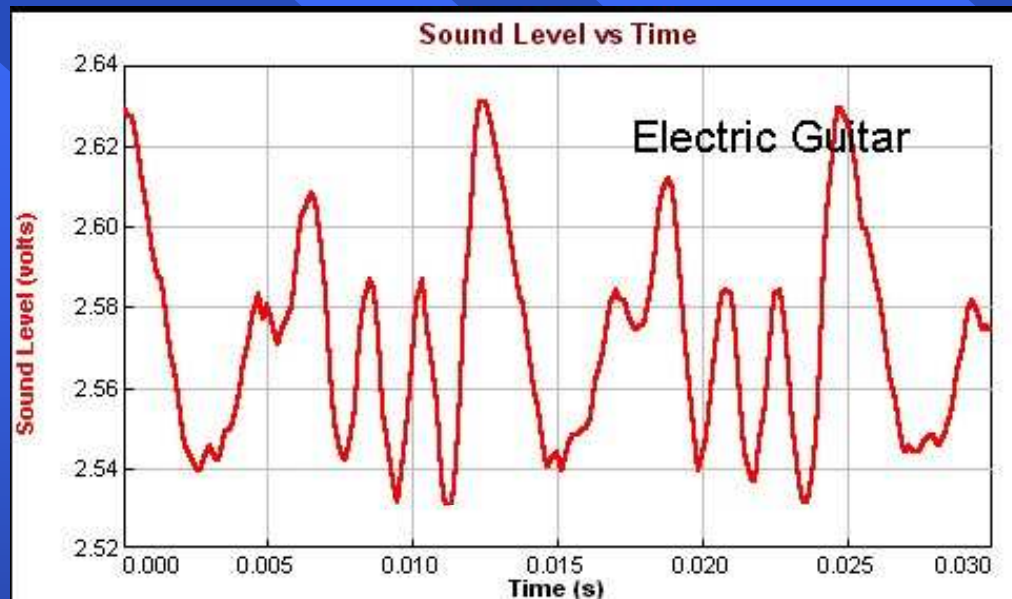




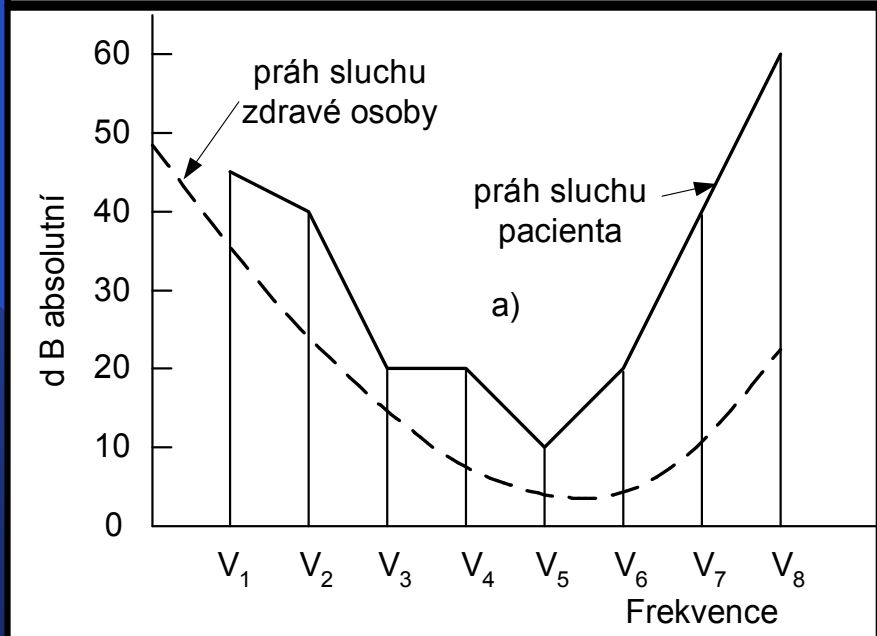
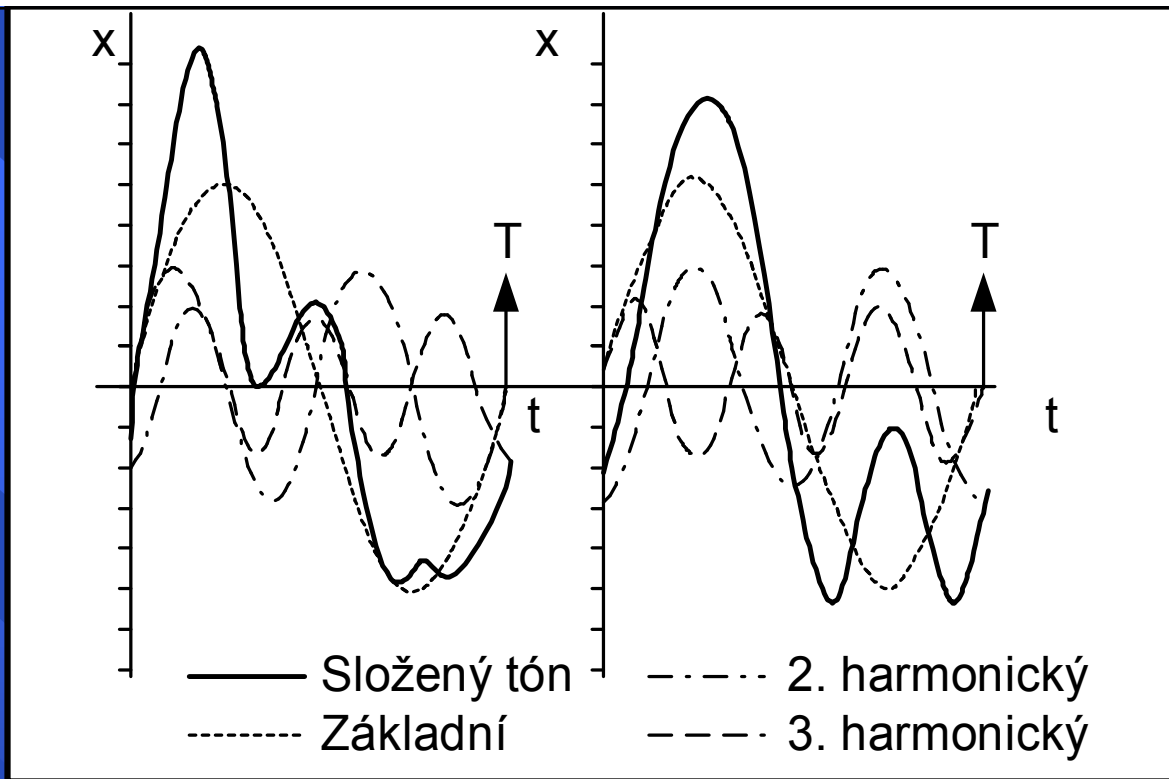
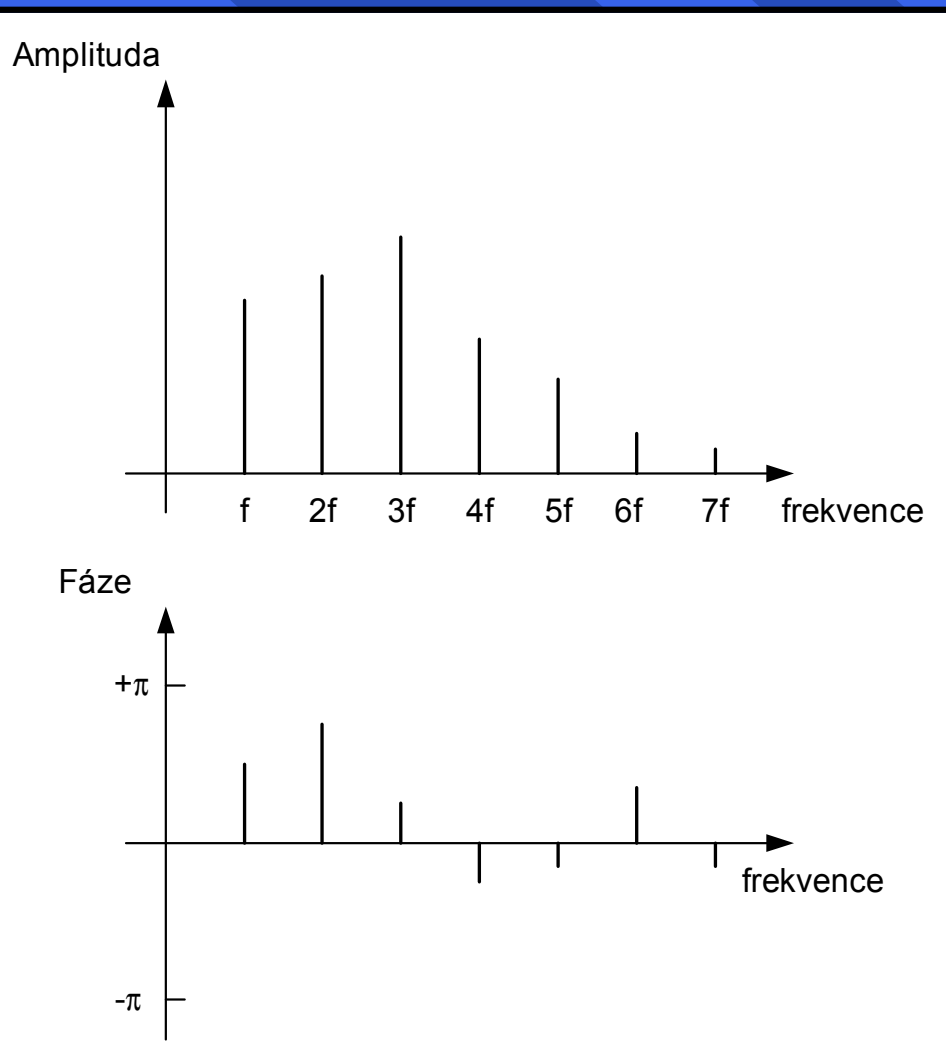
# Dvě frekvence jako rázy postupně s jinou frekvencí.



# Hudební rozklad frekvencí



# Rozklad frekvencí

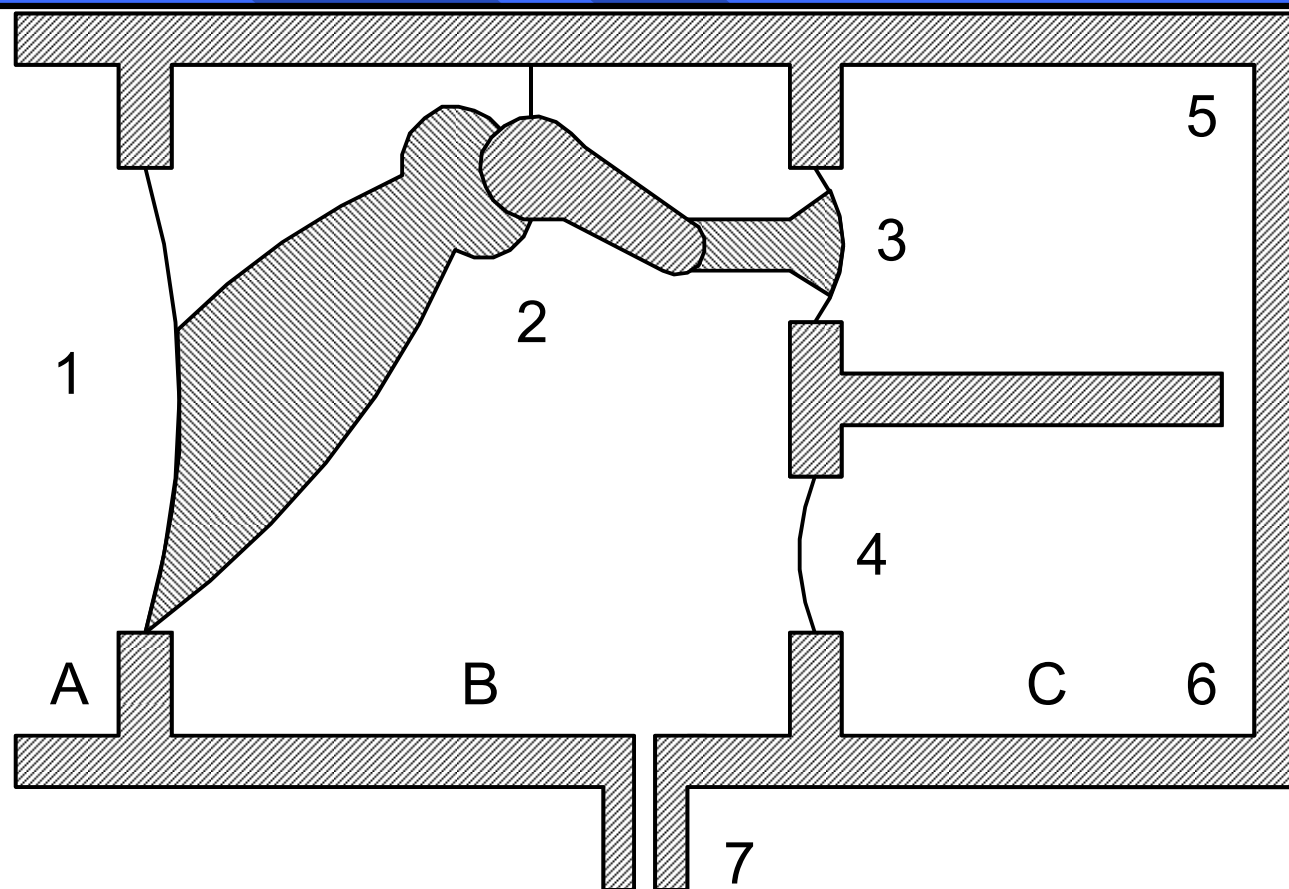
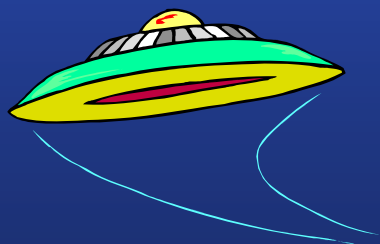


Obr. 6.10: Audiogram v hladině intenzity zvuku



# UCHO

# UFO

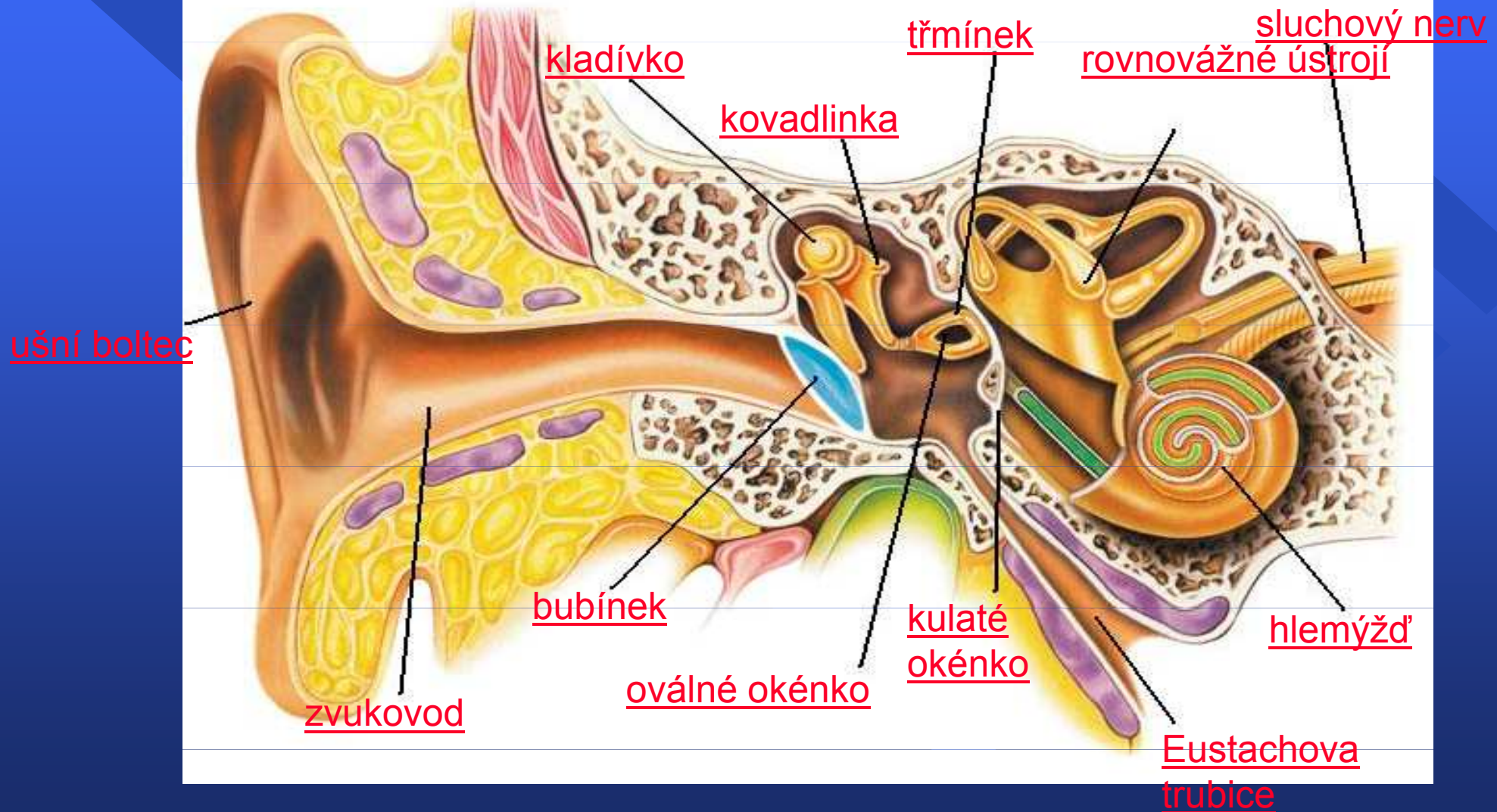


## Schéma sluchového orgánu:

A - vnější ucho, B - střední ucho, C - vnitřní ucho,  
1 - bubínek, 2 - sluchové kůstky, 3 - oválné okénko,  
4 - kruhové okénko, 5 - scala vestibuli,  
6 - scala tympani, 7 - Eustachova trubice

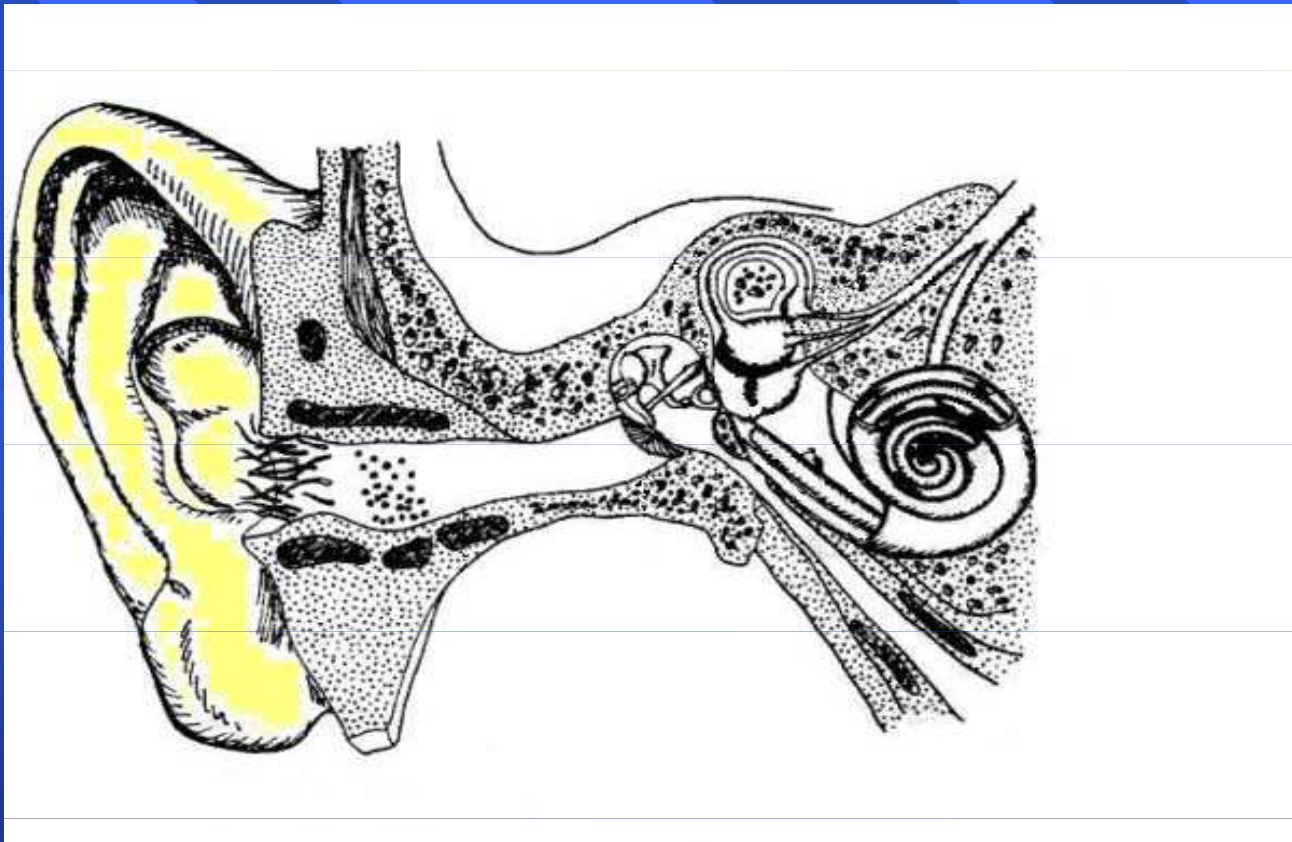


# Anatomie lidského ucha





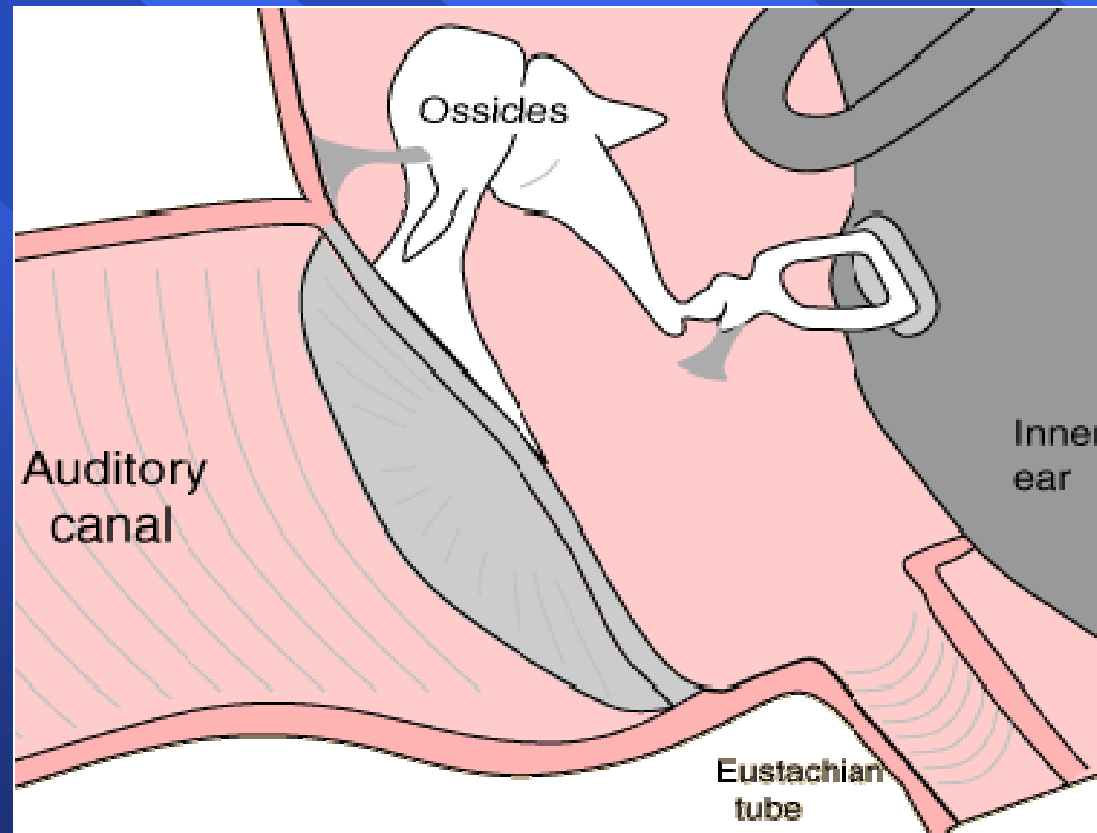
# Princip průchodu zvuku uchem

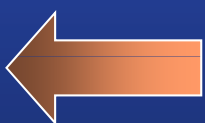
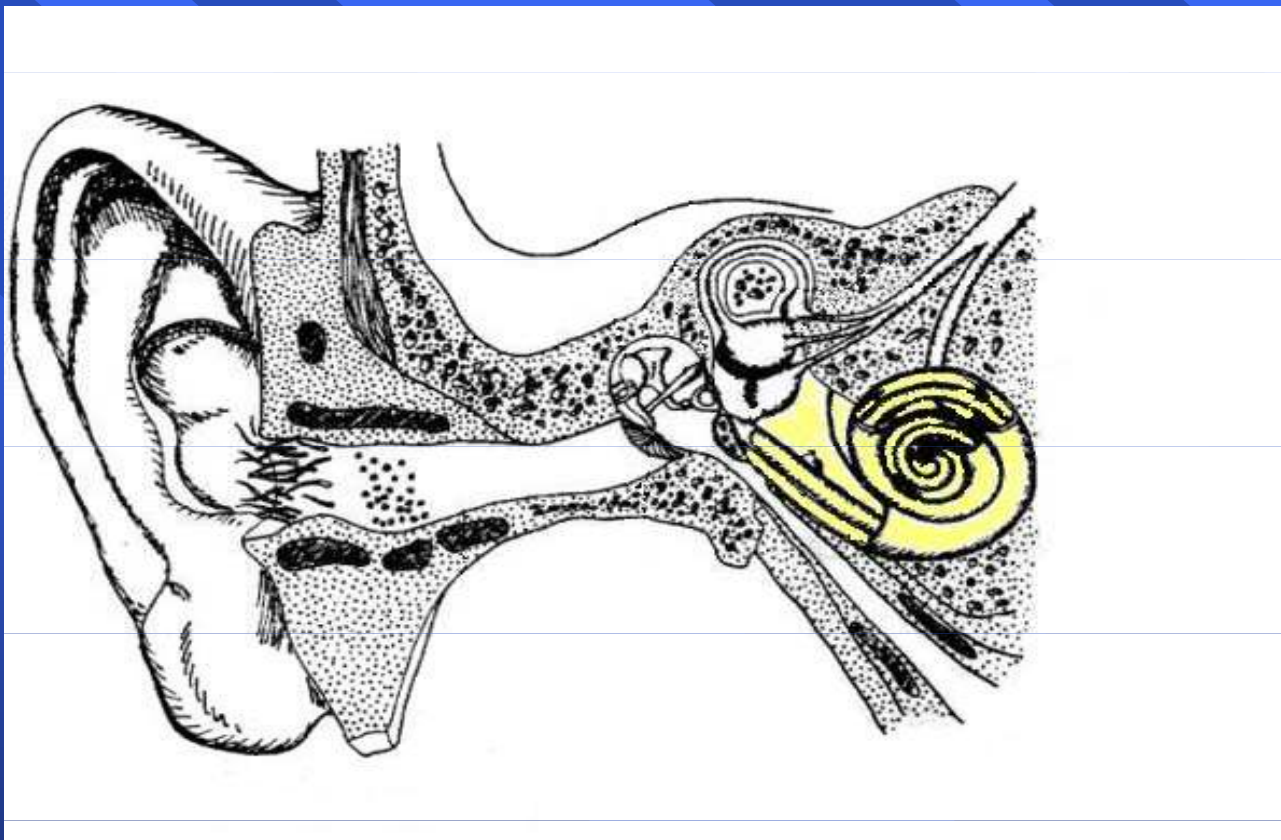


Zvuk je zachycen ušním boltcem



# Střední ucho





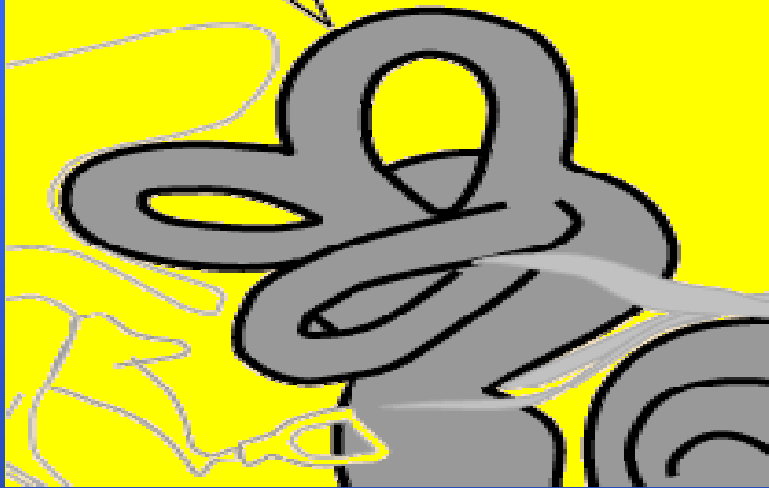
V hlemýždi jsou kmity převedeny Cortiho buňkami na elektrické impulzy





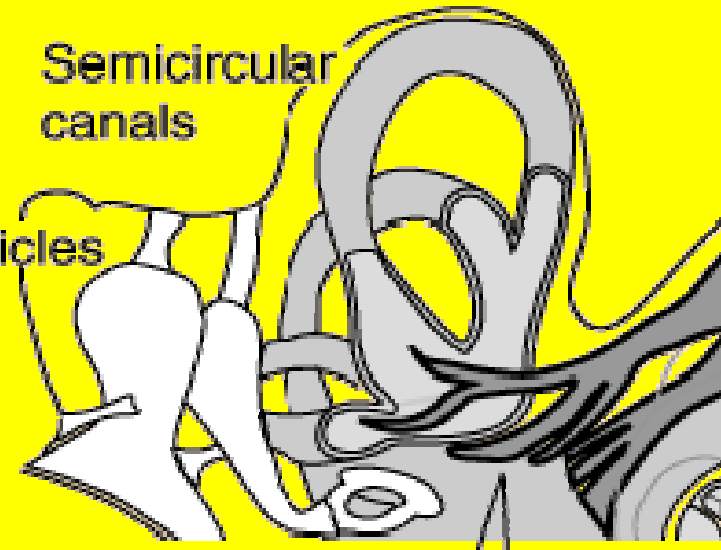
# Semicirkulární Kanálky

Accelerometers in three perpendicular planes, they help you keep your balance.



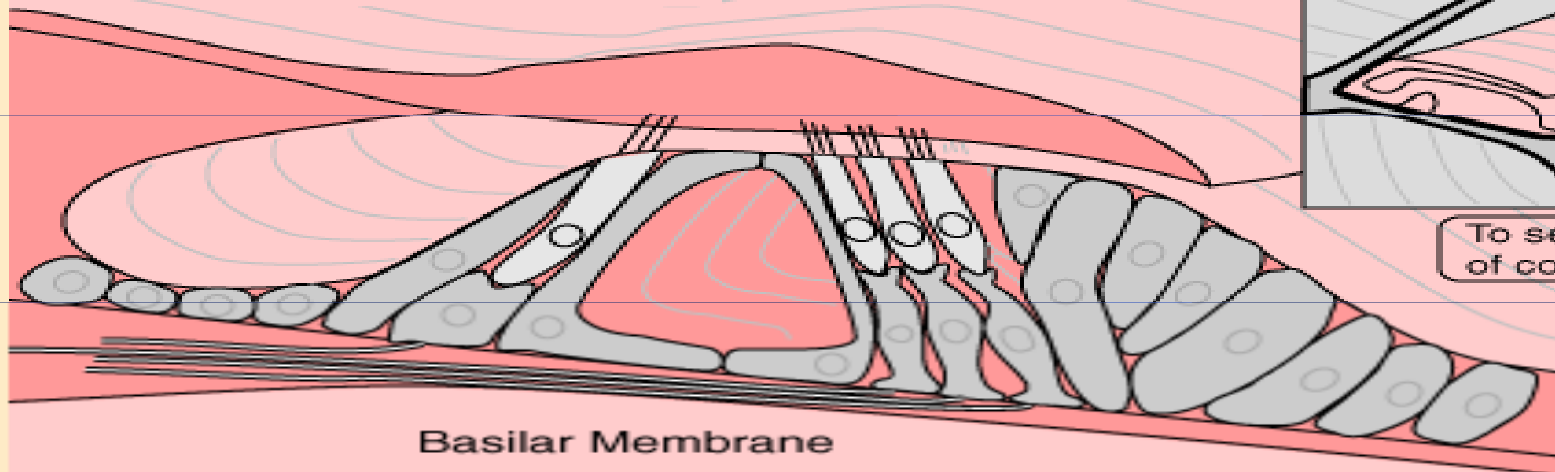
Semicircular canals

Ossicles

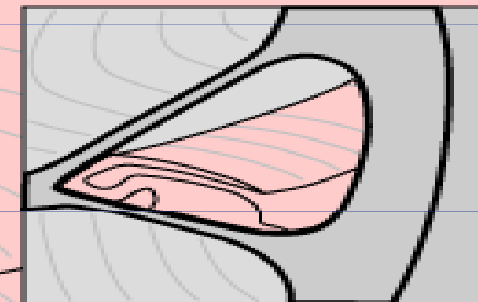


Nerve connections feed information to the brain.

Tectorial Membrane



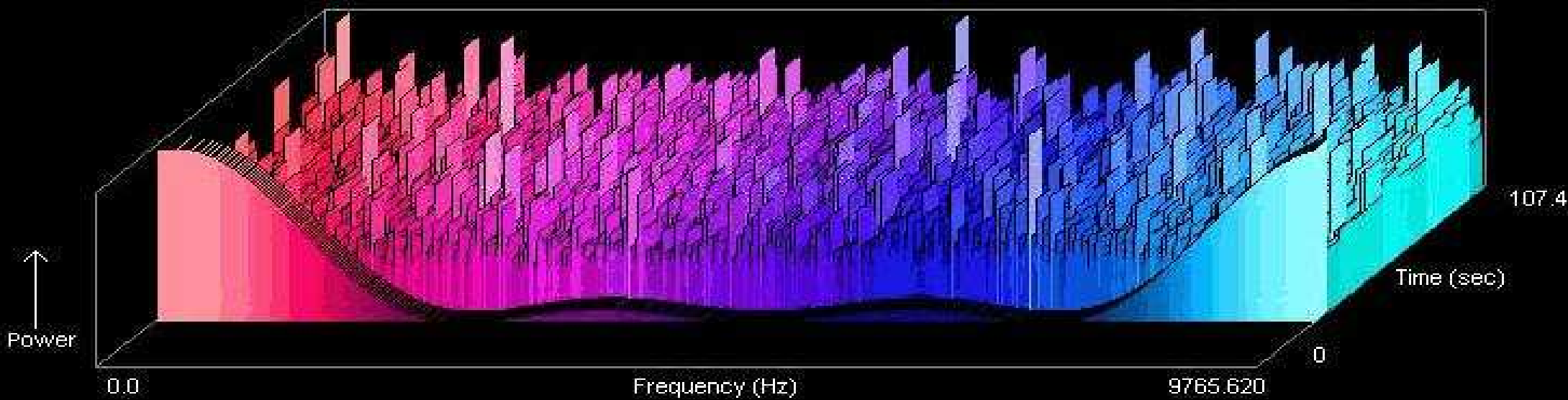
Basilar Membrane



To section of cochlea



# Storfrekvens



# Piezelektrický jev

