

# Psychoakustika

PSY212 Psychologie zvuku

# Různé úrovně studia sluchu

---

- psychoakustika
  - jak fyzikální podnět vytváří sluchový vjem
- sluchová kognice
  - jak se sluchové vjemy organizují do smysluplných celků, jak jim rozumíme
- psychologie zvukového prostředí
  - s jakými významy se zvuky pojí, jak ovlivňují prožitek či výkon, jak vypadá příznivé (podporující) zvukové prostředí

# Co je to „zvuk“ ?

- fyzikální jev (mechanické vlnění)
- psychický fenomén (vjem)

# Oblast akustiky

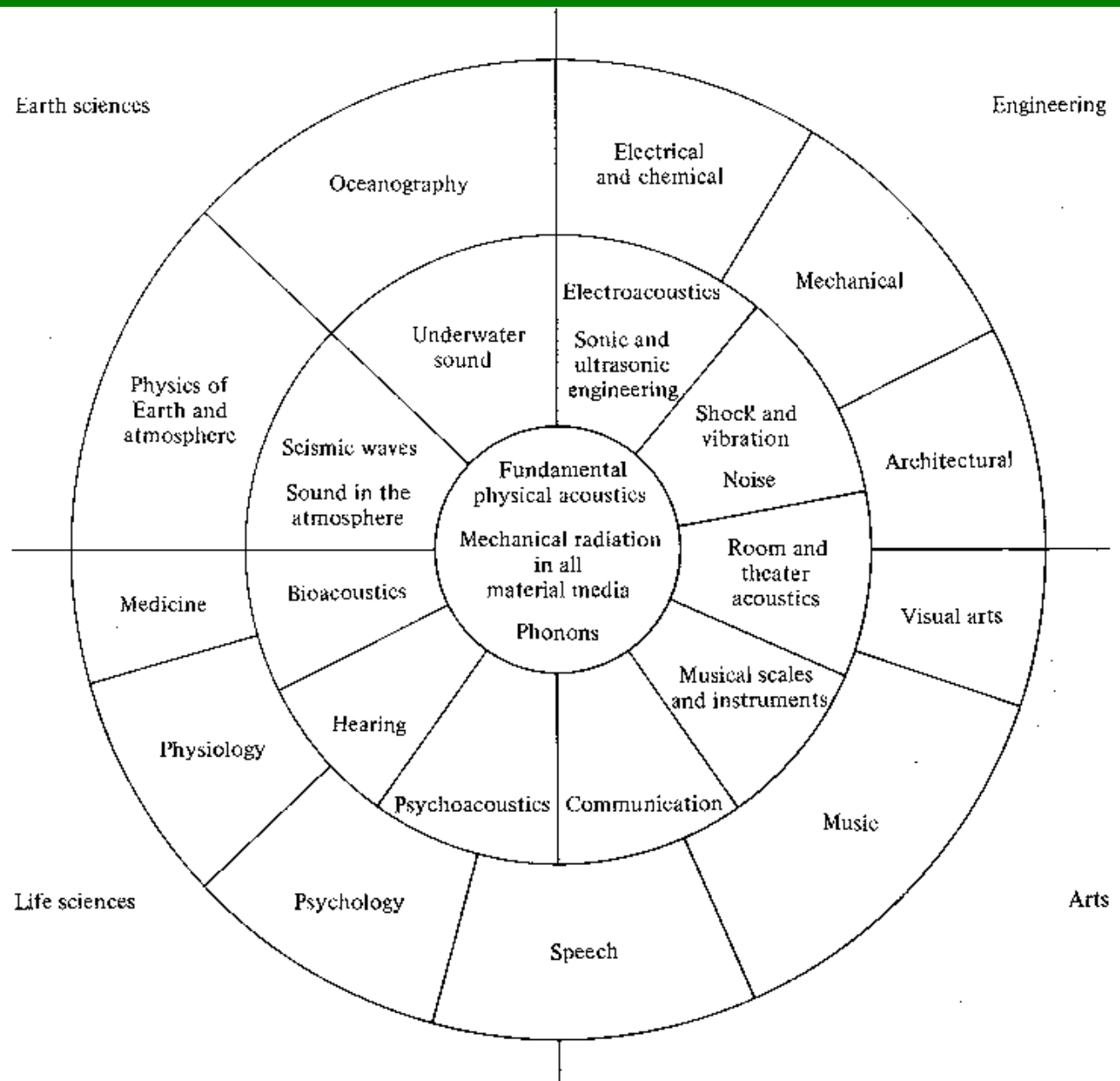
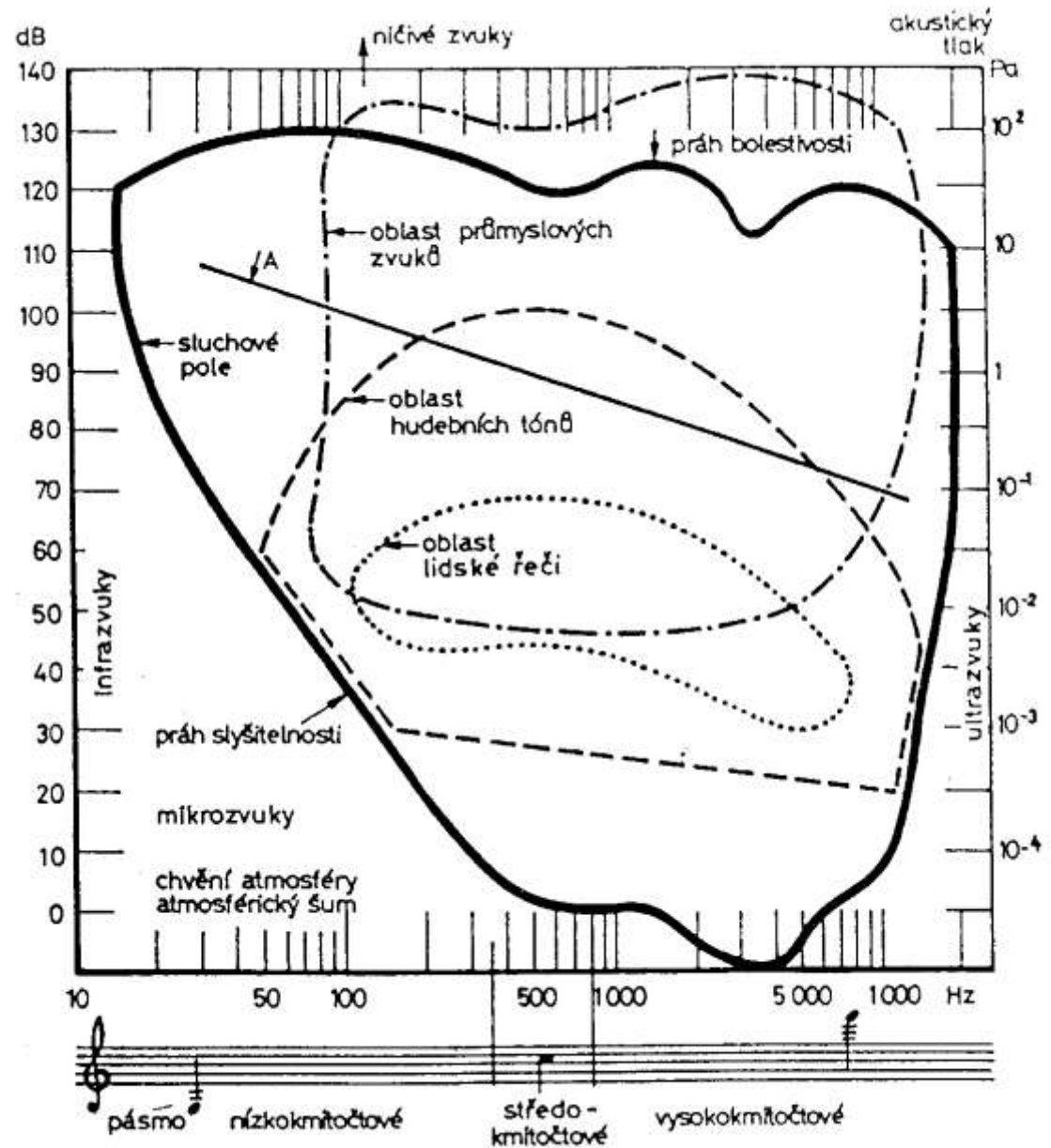


Figure 1-1 Circular chart illustrating the scope and ramifications of acoustics. [Adapted from R. B. Lindsay, *J. Acoust. Soc. Am.*, 36:2242 (1964).]

# Základní dimenze zvukového vjemu

- výška ~ frekvence
- hlasitost ~ intenzita
- trvání ~ čas
- barva (timbre) ~ spektrum
- směr (lokalizace)

# Sluchové pole



A-hranice, nad kterou je hluk považován při trvalé denní expozici za škodlivinu

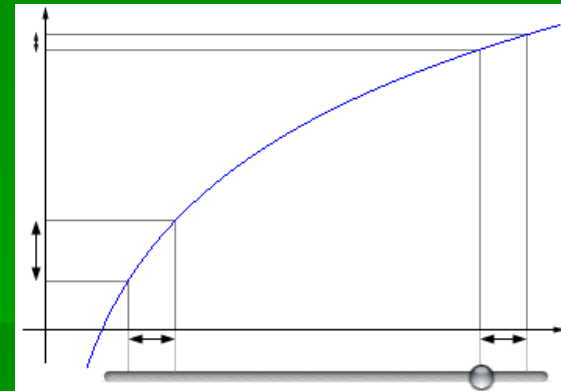
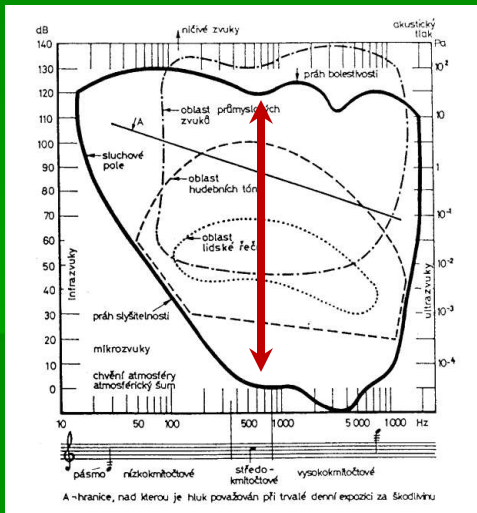


**HLASITOST**

# Sluchové prahy

práh bolesti  
(hmatový práh)

rozdílový práh  
(~Weber-Fechnerův zákon)

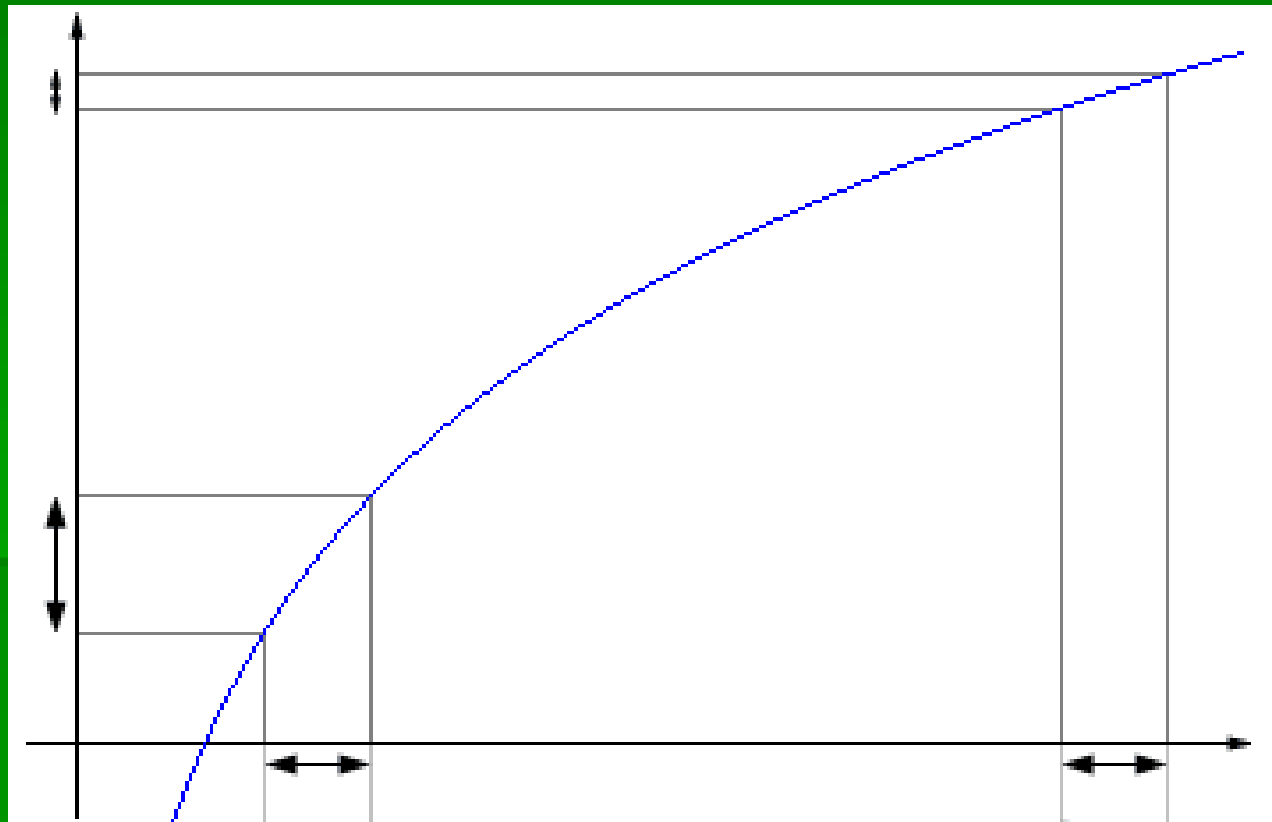


absolutní práh



# Vztah mezi akustickým tlakem a hlasitostí: logaritmický vztah

hlasitost



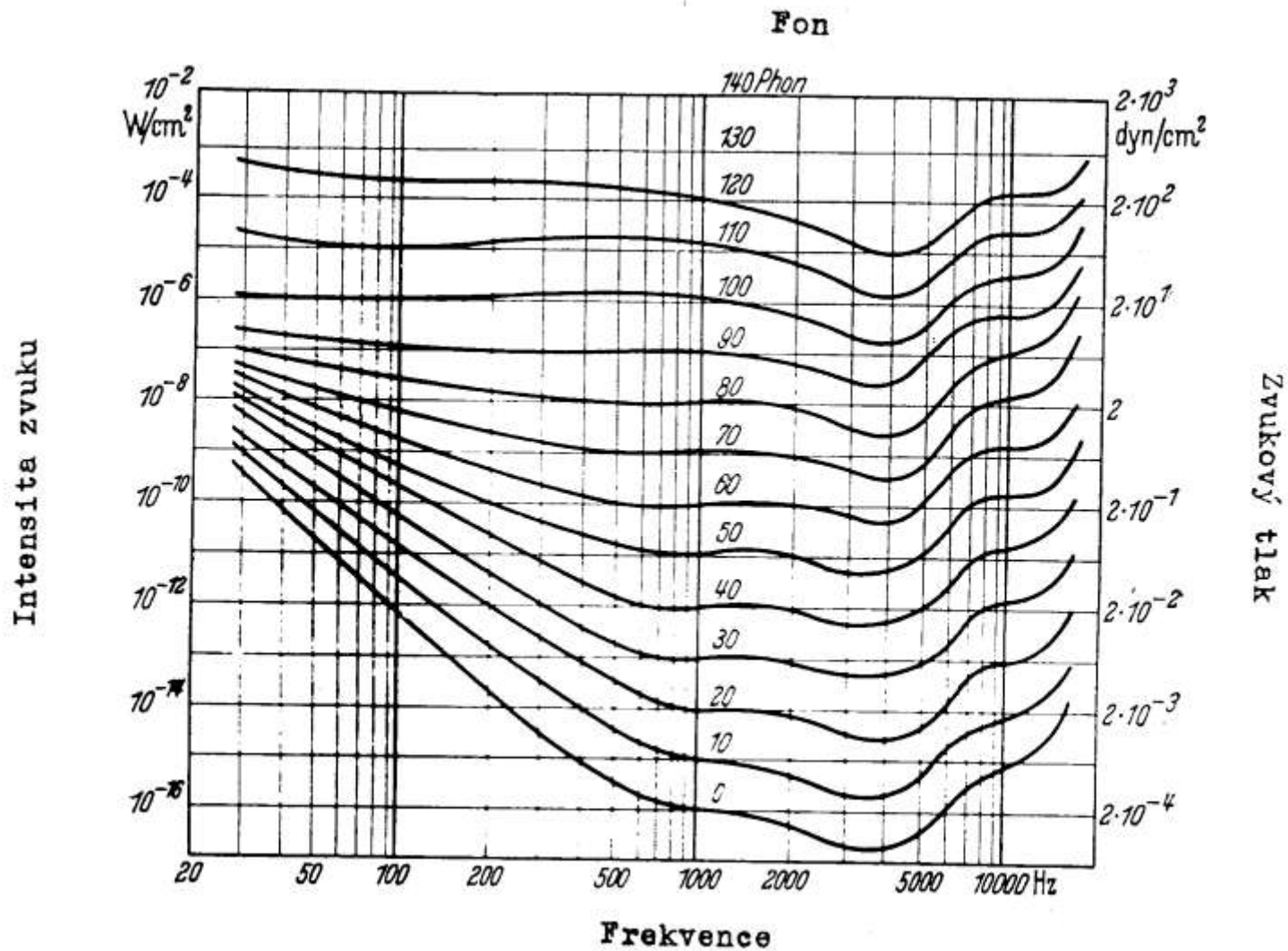
akustický tlak

# Jak je to s decibely ?

*...aneb jak odradit studenta ☺*

- hladina intenzity zvuku
  - [dB] nad standardní nulovou hladinou
- hladina nad prahem sluchu
  - [dB] nad sluchovým prahem
- hladina hlasitosti
  - [Ph / dB] nad sluchovým prahem
- (subjektivní hlasitost)
  - [son] je aditivní

# Křivky stejné hlasitosti



# Jak velký rozdíl je 1 dB?

<http://www.phys.unsw.edu.au/jw/dB.html>

Intenzita v decibelech	Slovní vyjádření	Příklady	Nebezpečná doba expozice
0	práh slyšení		
20	hluboké ticho	televizní studio, zasněžený les v bezvětří	
30		tichá čítárna, tichý šepot	
40	ticho	tichá kancelář, obývací pokoj, ložnice mimo dosah hluku veřejné dopravy	
50	klid	hluk mírné veřejné dopravy z dálky, lednička, jemný vánek	
60		klimatizace ve vzdálenosti 6 m, hovor, hluk šicího stroje	
70	mírný hluk	veřejná doprava, psací stroj, hlučná restaurace	začátek kritické hranice (při trvalé expozici)
80		podzemní dráha, intenzivní veřejná doprava, zvonění budíku z půlmetrové vzdálenosti, hluk v továrně	déle než 8 hodin
90	silný hluk	hluk nákladních aut, hlučné domácí spotřebiče, dílenské nářadí	méně než 8 hodin
100		motorová pila, hluk v kotelně, pneumatické kladivo	méně než 2 hodiny
120	velmi silný hluk	rockový koncert před reproduktory, zahřmění	bezprostřední ohrožení
140		výstřel z pušky, tryskové letadlo	jakákoli expozice je nebezpečná
180		startující raketa	nevyhnutelné poškození sluchu

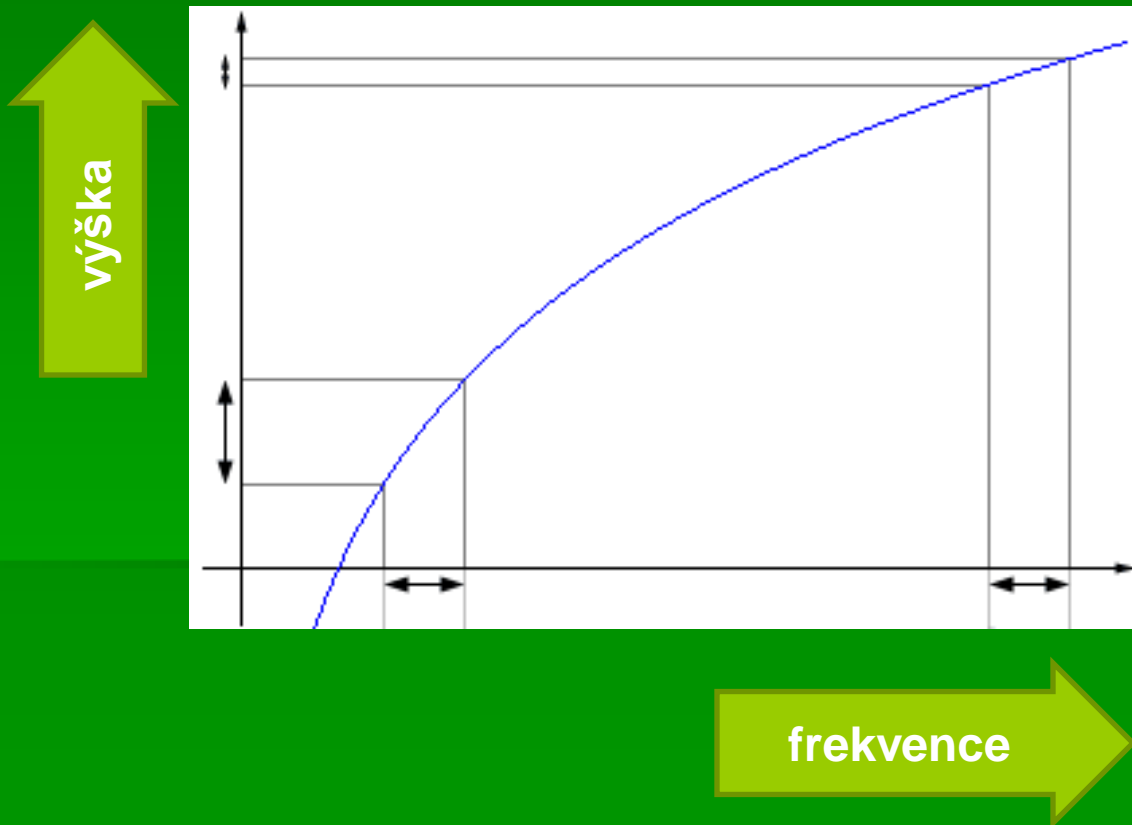


**VÝŠKA**

# Rozsah lidského sluchu



# Vztah mezi frekvencí a výškou: logaritmický vztah



Ukázka 

(lineárně vzrůstající frekvence)



# Oktávový jev

- $a = 220 \text{ Hz}$
- $a^1 = 440 \text{ Hz}$  („komorní A“)
- $a^2 = 880 \text{ Hz}$
- $a^3 = 1760 \text{ Hz}$
- $a^4 = 3520 \text{ Hz}$

Ukázka 

# Harmonická řada tónů

110 – 220 – 330 – 440 – 550 – 660 – 770 – 880  
(A) (a) (a<sup>1</sup>) (a<sup>2</sup>)

The image shows a musical staff with two systems of clefs: a bass clef on the left and a treble clef on the right. The staff is divided into five sections by vertical dashed lines, labeled 'Oktávy' (Octaves) 1 through 5. Below the staff, the notes are numbered 1 through 16, labeled 'Čísteckové tóny' (Pure tones). The notes are: 1. (C2), 2. (C3), 3. (G2), 4. (C3), 5. (E3), 6. (G3), 7. (Bb3), 8. (C4), 9. (E4), 10. (G4), 11. (Bb4), 12. (C5), 13. (Eb5), 14. (E5), 15. (G5), 16. (C6). Arrows indicate the direction of the notes: down for 7, 11, and 14; up for 13; and down for 14. The notes are written as whole notes on the staff.

Ukázka 

(řada harmonických tónů zahráná na violoncello)



## **„Preparovaný klavír“**

Struny jsou rezonátory, které zesilují harmonické složky tónu

# Rázy (zázněje)

stabilní tón

440 Hz

438 Hz

stoupající tón

220 Hz

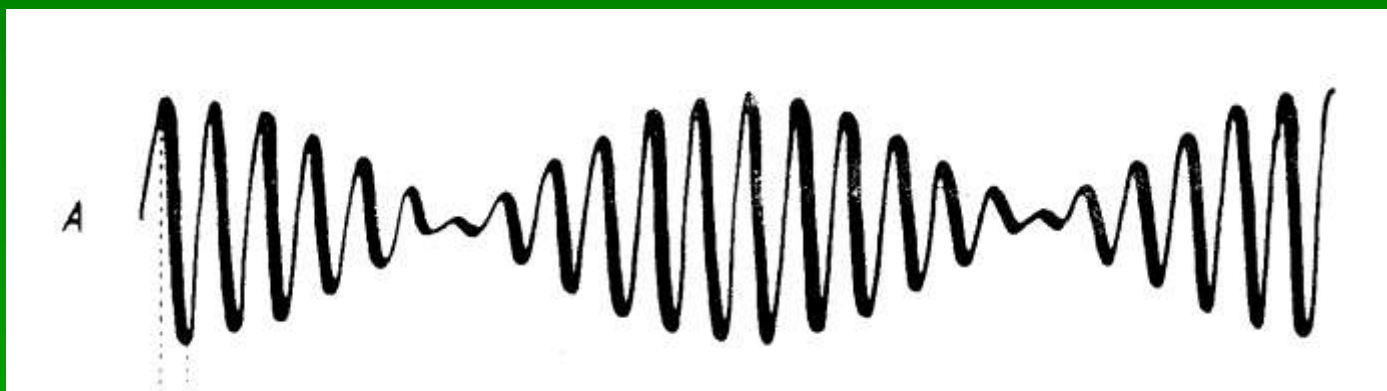
a) sinusový tón



b) složený tón



# Rázy (zázněje)



# Subjektivní harmonické tóny

- ucho samo funguje jako rezonátor, k jednoduchému sinusovému tónu přidává řadu harmonických násobků
- jejich existenci lze objektivně zjistit
- slyšitelnými se stávají při hladině hlasitosti nad 40 dB

# Kombinační tóny

Vznikají vzájemnou kombinací dvou tónů

- **diferenční (rozdílové) tóny**
  - rozdíl frekvencí  
(např. 400 Hz a 500 Hz → 100 Hz)
- **sumační tóny**
  - součet frekvencí  
(např. 400 Hz a 500 Hz → 900 Hz)
  - bývají slabší

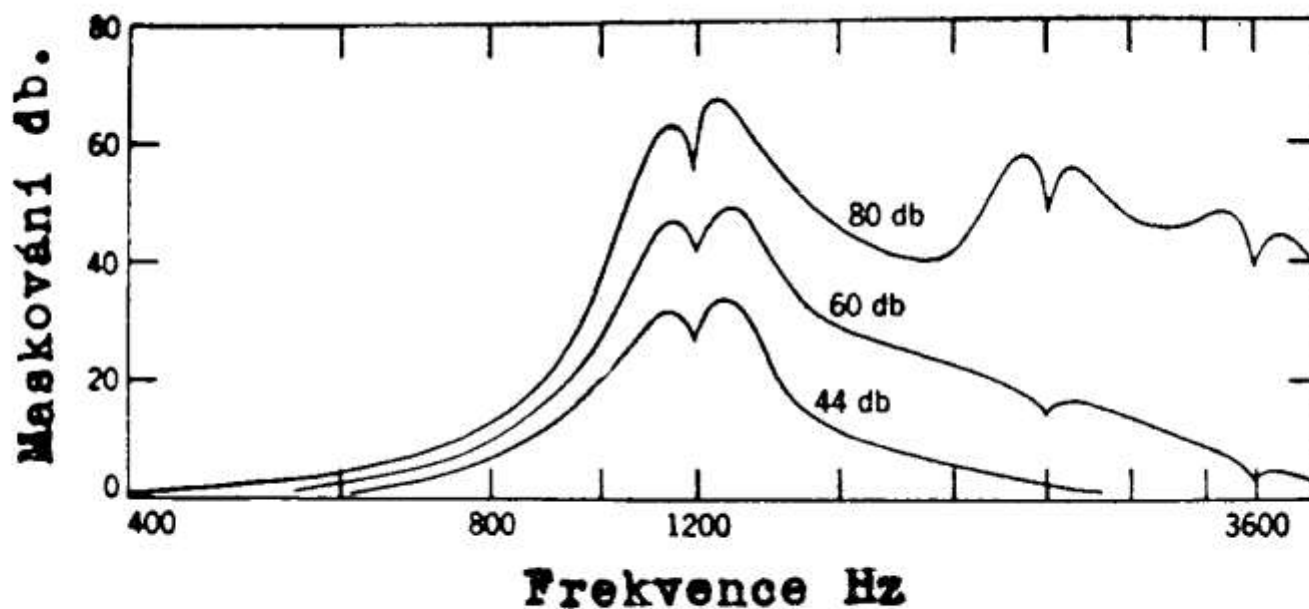


Ukázka 1 (rozdílový tón)



Ukázka 2 (rozdílový tón podpořený zázněji)

# Maskování

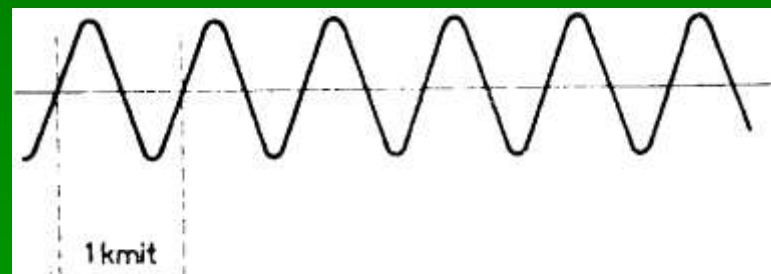


22. Maskování tónem 12000 Hz v hladině 44, 60 a 80 db.



# Základní typologie zvuků z hlediska frekvenčního složení

**Jednoduchý tón**

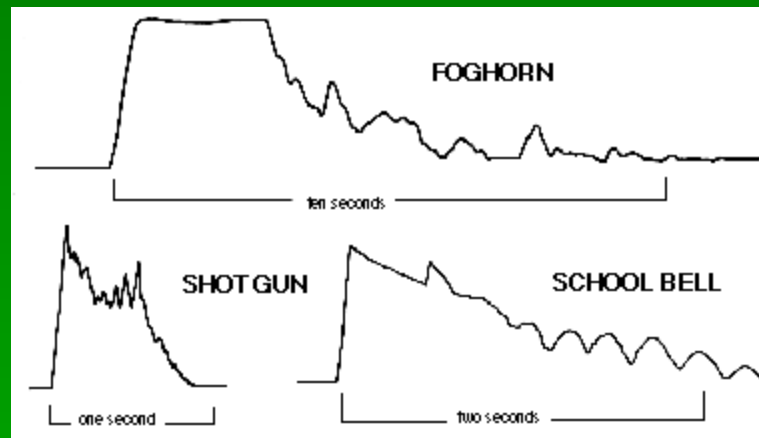


**Složený tón**




**Šum (šelest)**





# TRVÁNÍ

# Dimenze času - trvání

- práh časového minima
  - práh časového optima
  - časové prahy závisejí na intenzitě a frekvenci
  - refrakterní fáze = obnovení schopnosti sluchu reagovat
    - prvenství sluchu
-  Ukázka (velmi krátký tón a tón trvající 1 s)

# Fyzika vs. percepce

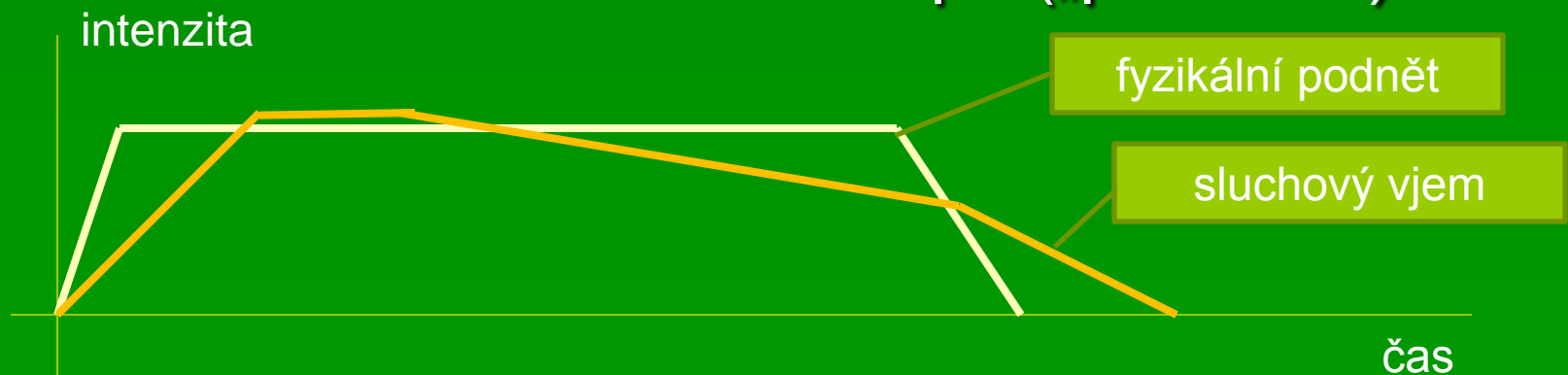
časové minimum

časové optimum

adaptace (zvýšení prahu)

senzibilizace (snížení prahu)

sluchová stopa („paobraz“)

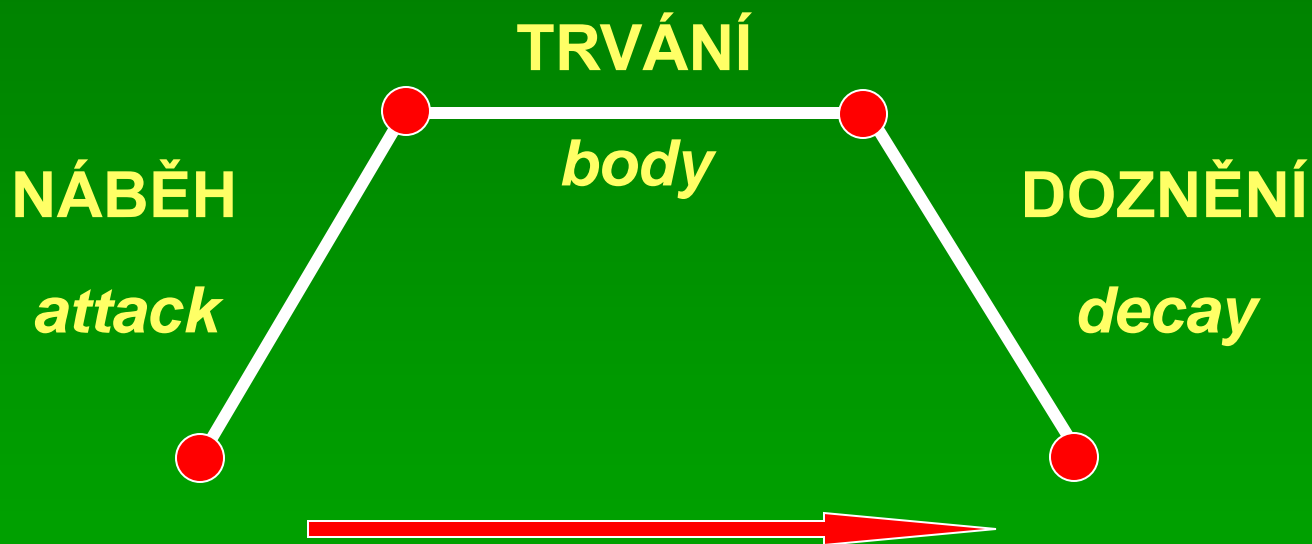


# Zvukový objekt

---

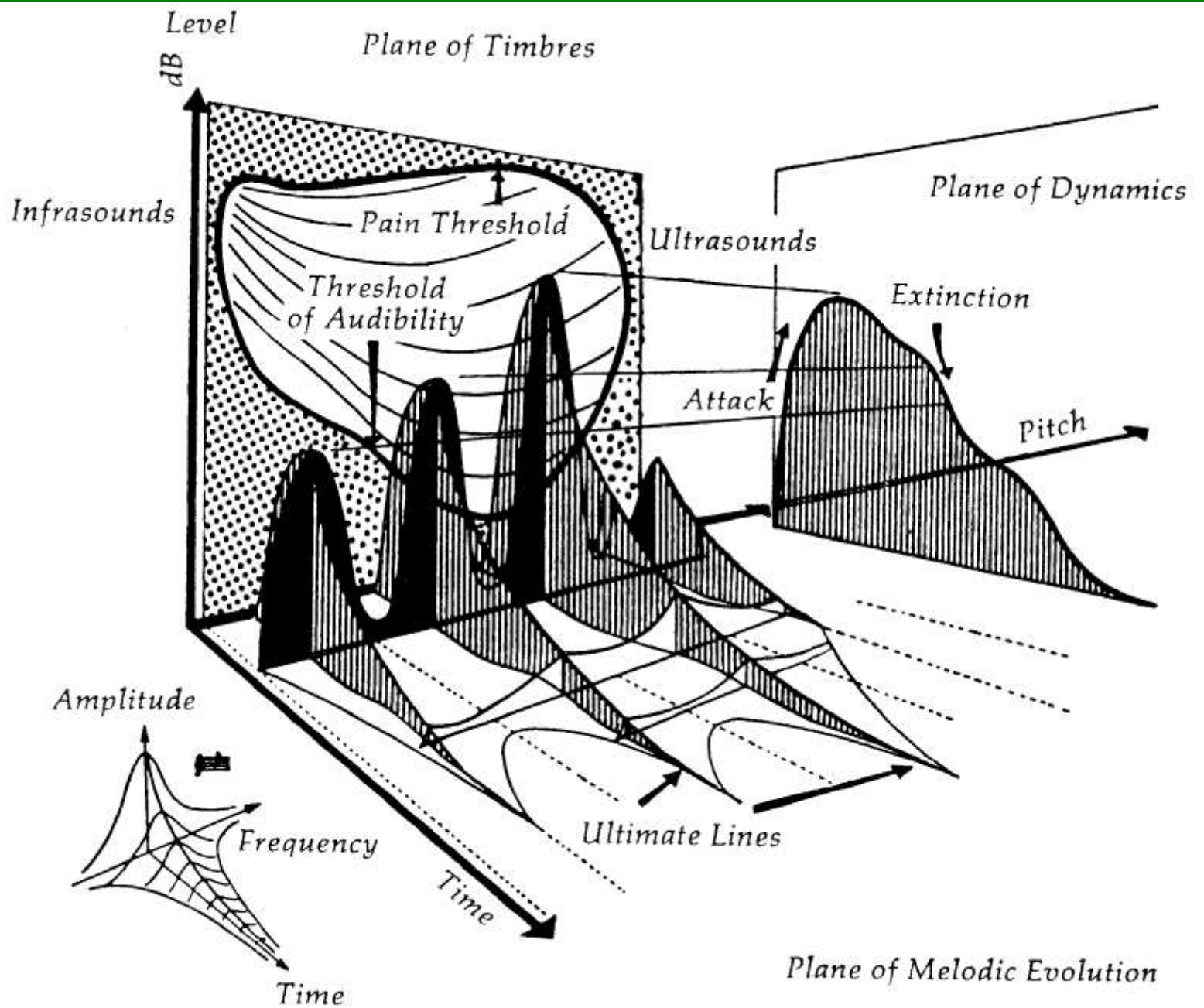
- elementární zvukový jev mající začátek, průběh a konec
  - zvukový vjem samotný, oproštěný od významové roviny (odkazu na zdroj zvuku)
-

# Obálka zvukového objektu



Ukázky zvuku hudebních nástrojů

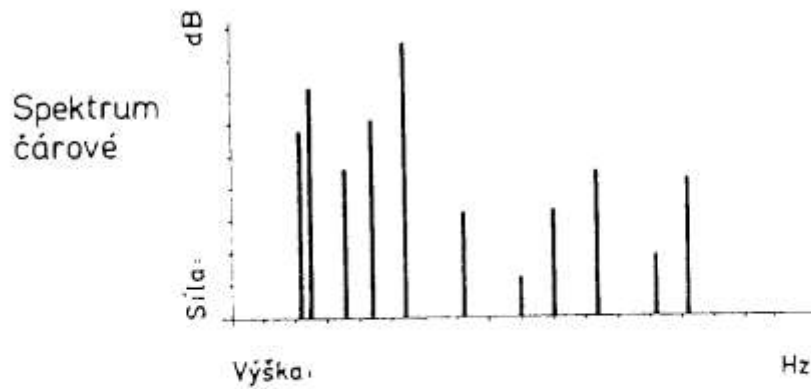
<http://www.dsokids.com/listen/instrumentlist.aspx>




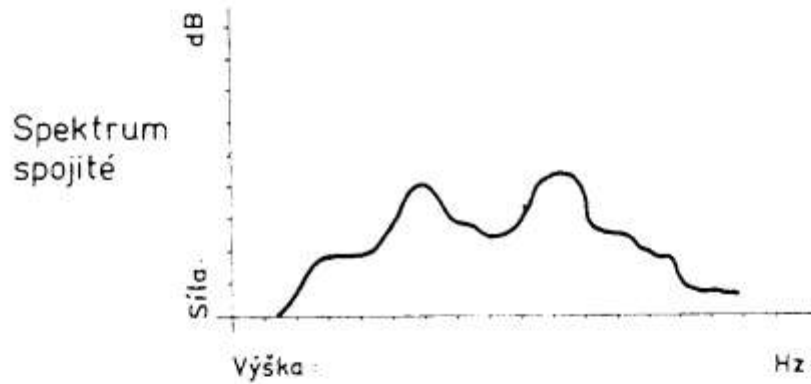



**BARVA**

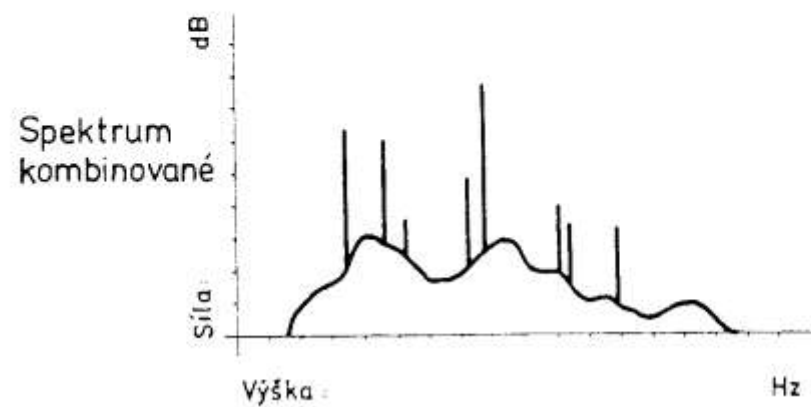




**Ukázka 1**   
(durový akord)



**Ukázka 2**   
(řeka)



**Ukázka 3**   
(ventilace)

# Témbr

## u hudebních nástrojů

- př. příčná flétna
  - rejstřík hluboký: duté a kovově znějící tóny
  - rejstřík střední: tóny lahodně syté
  - rejstřík vysoký: tóny pronikavě ostré
- př. housle
  - struna  $e^2$ : zvuk jasný, jásavý, u ocelových strun ostrý
  - struna  $a^1$ : něžný, sladký tón
  - struna  $d^1$ : temnější, melancholičtější
  - struna  $g$ : kovově sytý zvuk

(A. Modr: *Hudební nástroje*)

# Slovní označení tónbrů hudebních nástrojů (anketa z r. 1944)

- **1. skupina: citově výrazová označení**  
majestátní, mdlý, melancholický, mužný, robustní, smutný, tesklivý, tklivý, ušlechtilý, výbojný, zádumčivý
- **2. skupina: izosenzorická metaforizující označení**  
břeskný, bručivý, bučivý, houkavý, hvízdavý, jásavý, ječivý, kvílivý, mečivý, nosový, písklavý, plačtivý, sípavý, vřeštivý, vřískavý
- **3. skupina: heterosenzorické synestetické metaforý**
  - **zrakové**  
dutý, jasný, jiskřivý, kovový, krytý, kulatý, lesklý, oslnivý, perlivý, plný, plochý, prázdný, stříbřitý, široký, temný, tenký, tmavý, úzký, zářivý, zastřený, zvonivý
  - **hmatové a tepelné**  
bodavý, drsný, hebký, hřejivý, hutný, chladný, měkký, ostrý, pevný, pronikavý, průbojný, průrazný, sametový, stísněný, suchý, teplý, tvrdý, vláčný, vlahý, vroucí
  - **chuťové**  
lahodný, sladký, sytý, šťavnatý

# Dimenze témbru

- jasnost spektra (*brightness*)
- segment nástupu zvuku (*attack*)
- jednoduchost chování harmonických tónů v čase

Ukázka 

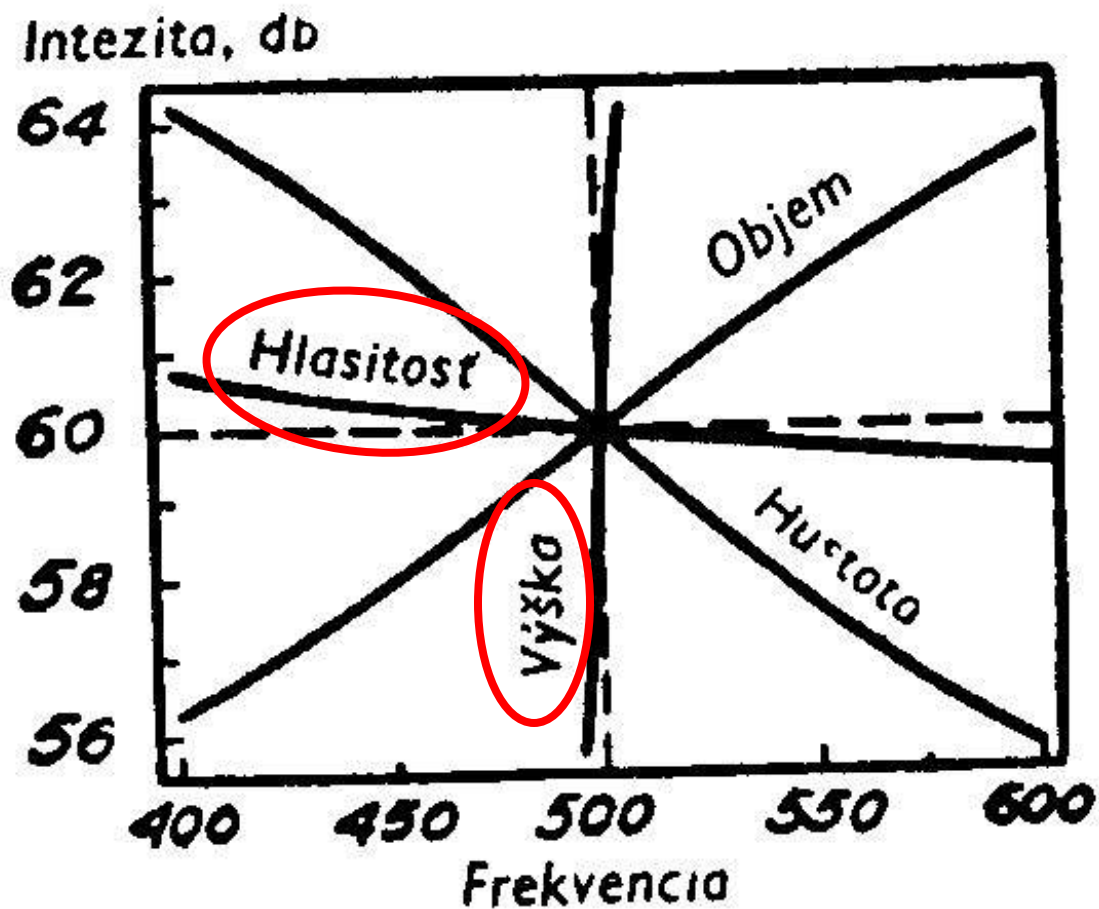
(demoskladba ukazující možnosti práce s témbrem na analogovém syntezátoru)

# Témbr

## u každodenních zvuků

- ukázka 1 
- ukázka 2 
- ukázka 3 
- ukázka 4 
- ukázka 5 

# Vzájemná závislost mezi dimenzemi





**SMĚR**

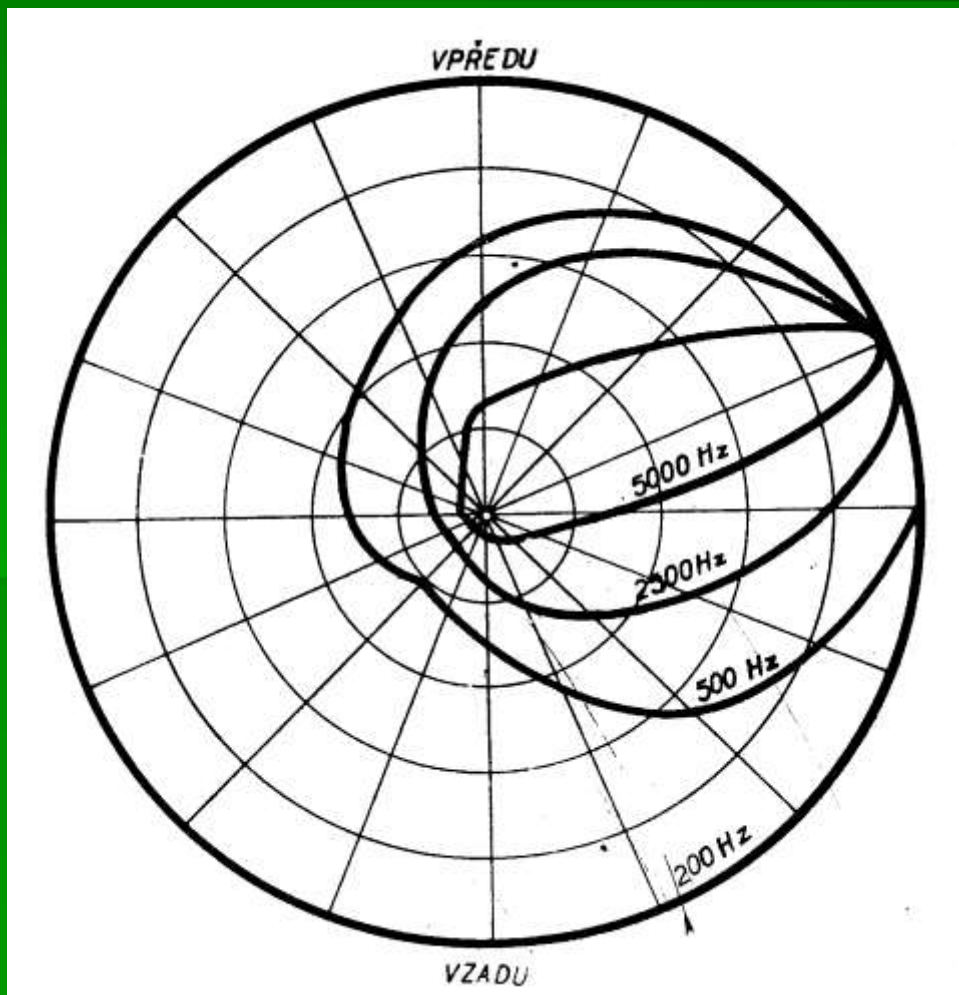
# Směrové slyšení

---

- rozdíl intenzity
- časový posun
- pohyby hlavou
- změna skladby zvuku
- vliv akustiky prostoru



# Směrová charakteristika lidského ucha (pravého)



Z jakého směru musí přicházet zvuk, aby byl nejlépe zachycen.