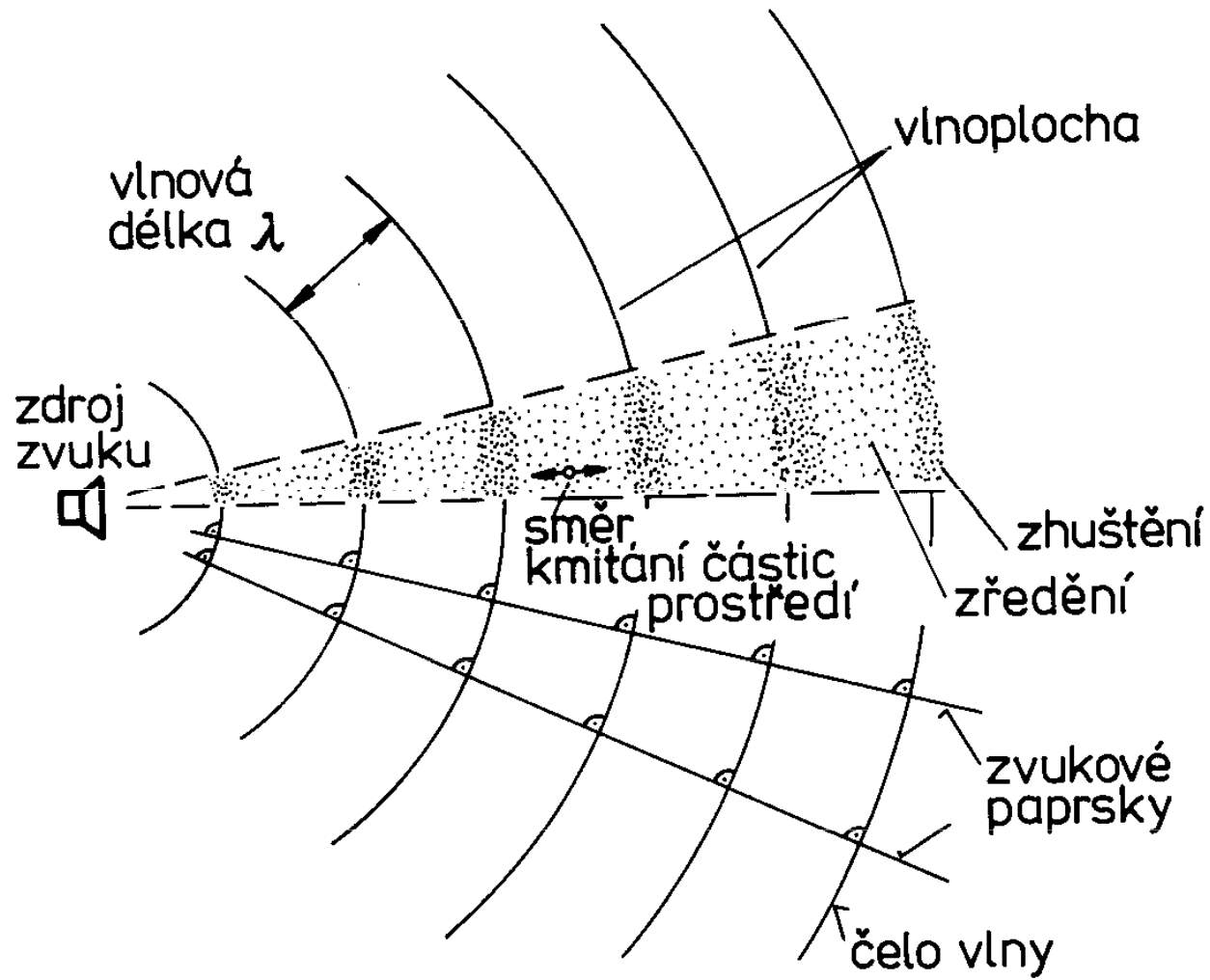
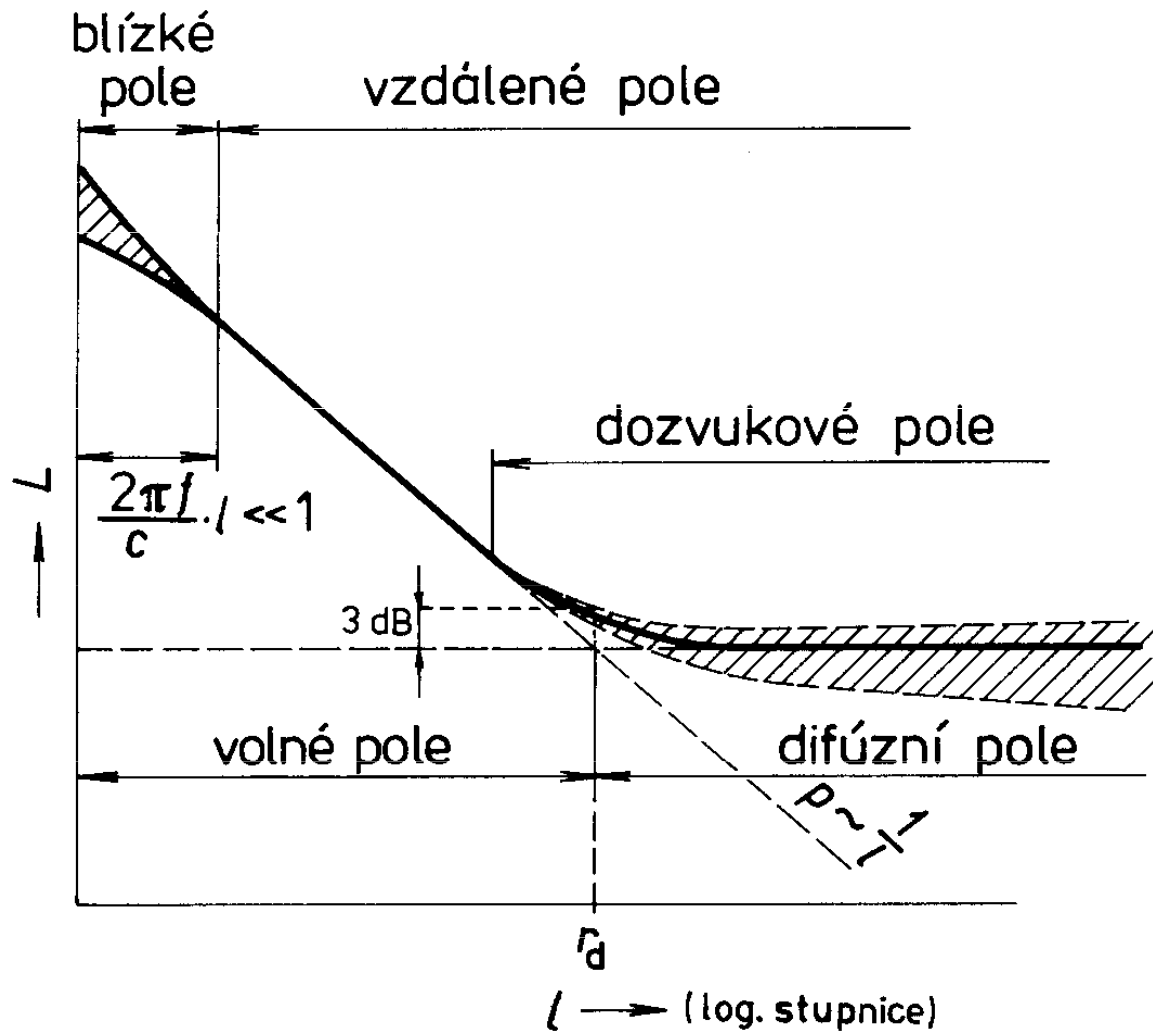


Akustika

Zvuková vlna



Zvukové pole

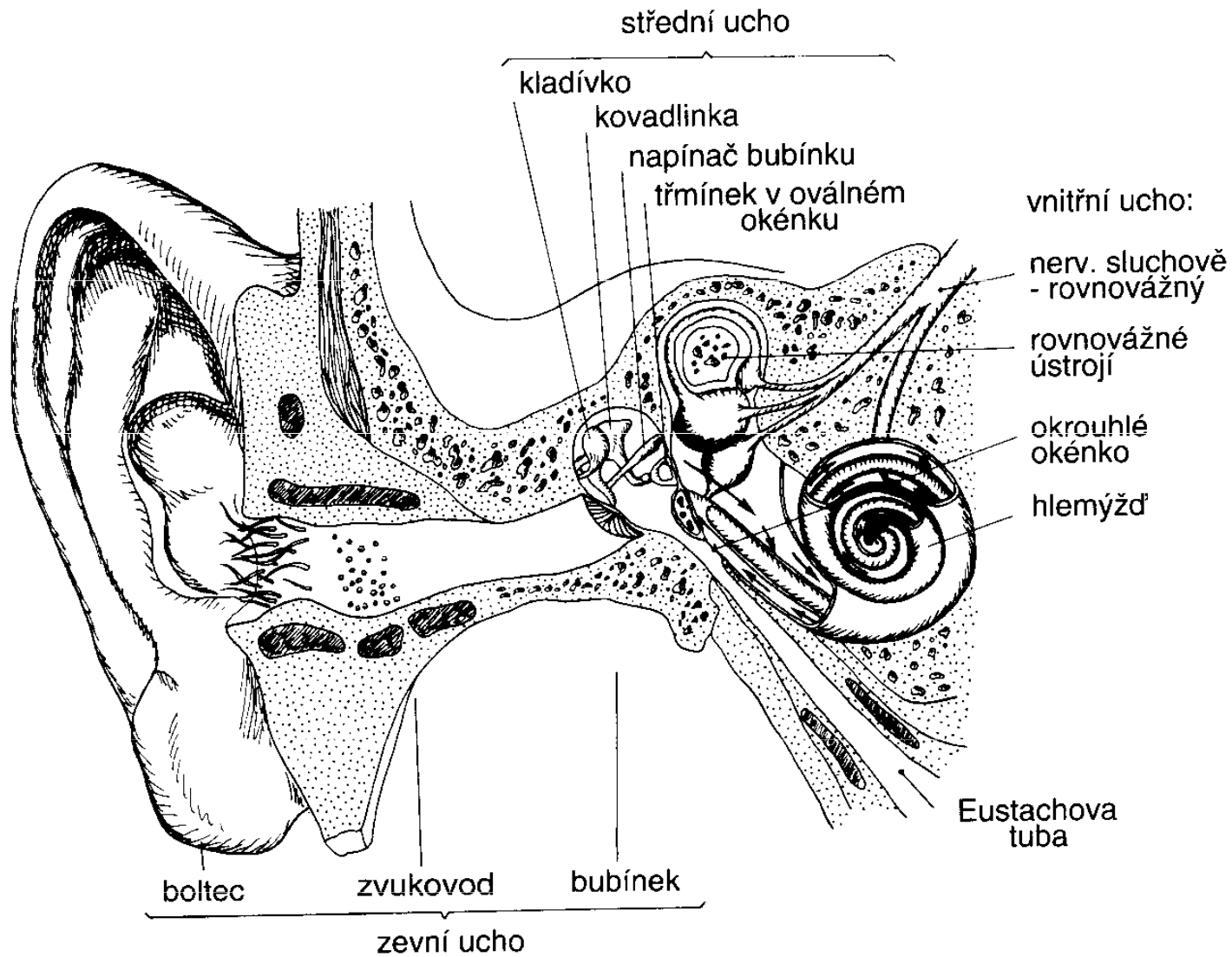


$$r_d = 0.14 \cdot \sqrt{A}$$

$$r_d = 0.057 \cdot \sqrt{\frac{V}{T}}$$

- r_d – dozvuková vzdálenost
- A – celková pohltivost
- V – objem
- T – doba dozvuku

Sluchový orgán

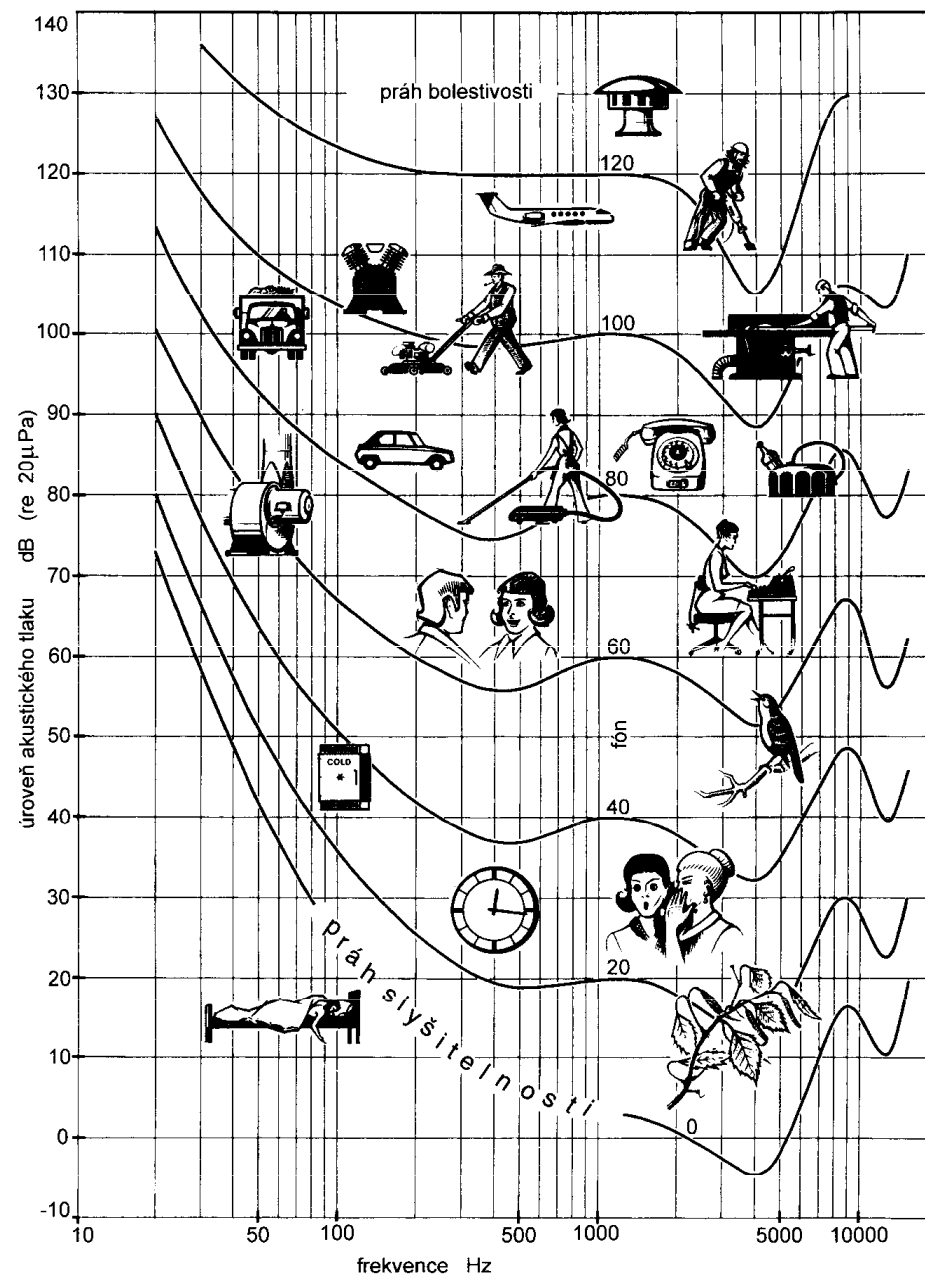


Ucho je z technického hlediska naprosto nemožný přístroj. Takový počet a navíc během „práce“ se měnících nelinearit, nepřesností, chyb a „vymyšlení“ si těžko jinde nalezneme

- na lineární vzrůst akustického tlaku odpovídá sluchový vjem logaritmickým vzrůstem počítku (**Fechner-Weberův zákon**; vede na pojem hladin)
- „kmitočtová charakteristika“ ucha je několikrát zakřivená a nelineární v rozsahu několika decibelových dekád (vede na **váhové křivky**)
- kmitočtová charakteristika mění podle působící intenzity dopadajícího signálu (proto bylo dříve používáno několik váhových křivek: *A, B a C*)
- naprosto nemusí být vnímány, poměrně intenzivní, signály, pokud současně je vnímán jiný kmitočtově blízký signál (**maskovací efekt** - silnějším signálem je „zahlušena“ určitá oblast bazilární membrány)
- v systému přenosu počítku vznikají nové, **zkreslující složky** (s vyšším kmitočtem), neobsazené v dopadajícím signálu (většinou jsou díky maskovacím efektům podružné - nerespektováno, mění se však barva tónu)

- naopak si sluch vymýšlí složky tím, že dopadem dvou kmitočtově soudílných signálů si mozkový analyzátor domyslí vjem kmitočtu jejich nejvyššího společného dělitele - **aurální tóny**, nebo si něco úplně vymyslí („zvonění v uchu“, podráždění části bazilární membrány nebo sluchového nervu - nerespektováno, obtěžující, ale ne zdravotně nebezpečné)
- stejně intenzivní signál vnímá sluch s různou velikostí vnímaného počítku v závislosti na době krátkodobého působení signálu; je to důsledek funkce předpětí středoušního svalstva a jeho reakční doby (řádově desetiny milisekundy) na prudkou změnu hladiny působícího signálu (vede spolu se setrvačností ukazatele měřidla na **dynamické charakteristiky** *S* - slow, *F* - fast a / - impulz)
- navíc k tomu přidá psychika jedince a mozkový analyzátor tzv. „tchýnin efekt“, tj. dýchá-li tchyně v sousední místnosti, je to pro někoho daleko rušivější než řvoucí big-beat (s tím se nedá nic dělat)
- vyšší kmitočty (formanty) mají pro srozumitelnost řeči větší důležitost než tón základní, a tak při zdůraznění nižších kmitočtů (útlumem vyšších kmitočtů se vzdáleností nebo zesílením při reprodukci) se srozumitelnost zhoršuje (tzv. „nádražní efekt“)
- vjem změny hudební výšky tónu neodpovídá fyzikálním změnám a je závislý i na vnímané akustické intenzitě (dalo vznik stupnici v jednotkách „mel“)

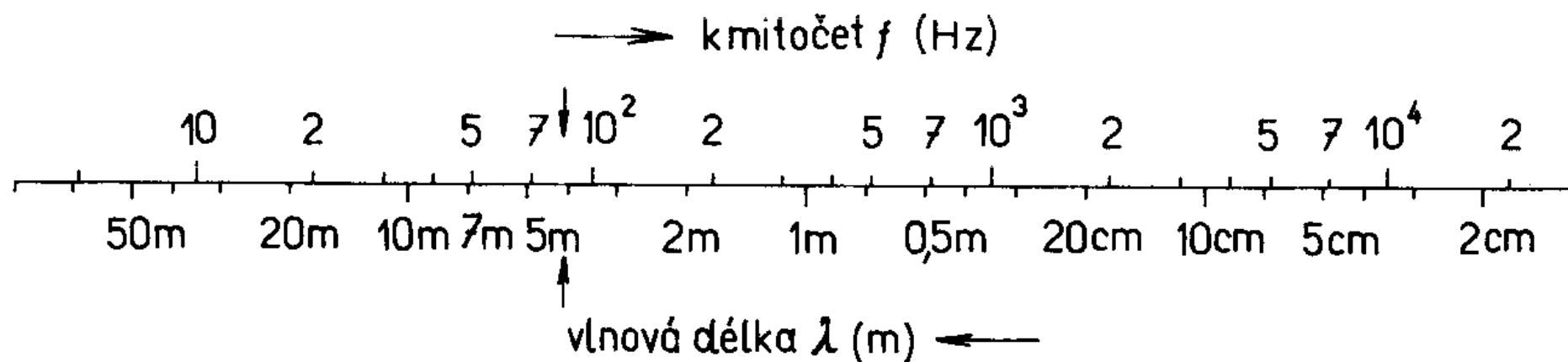
Křivky stejné hlasitosti



Fyziologie

- Maskovací efekt – kmitočtové blízké tóny, akustická intenzita o 10 dB vyšší, maskování v 1 oktávě dolů a až do nejvyšších kmitočtů
- Ozvěna – 100 ms (34 m)
- Směšování – 40 ms až 70 ms
- Prahy poznatelnosti
 - citlivé osoby 1 dB
 - pozorovatelná 3 dB
 - jednoznačná 5 dB
 - dvojnásobný hlas asi 10 dB

Vlnová délka zvuku při 20°C (343 m/s)



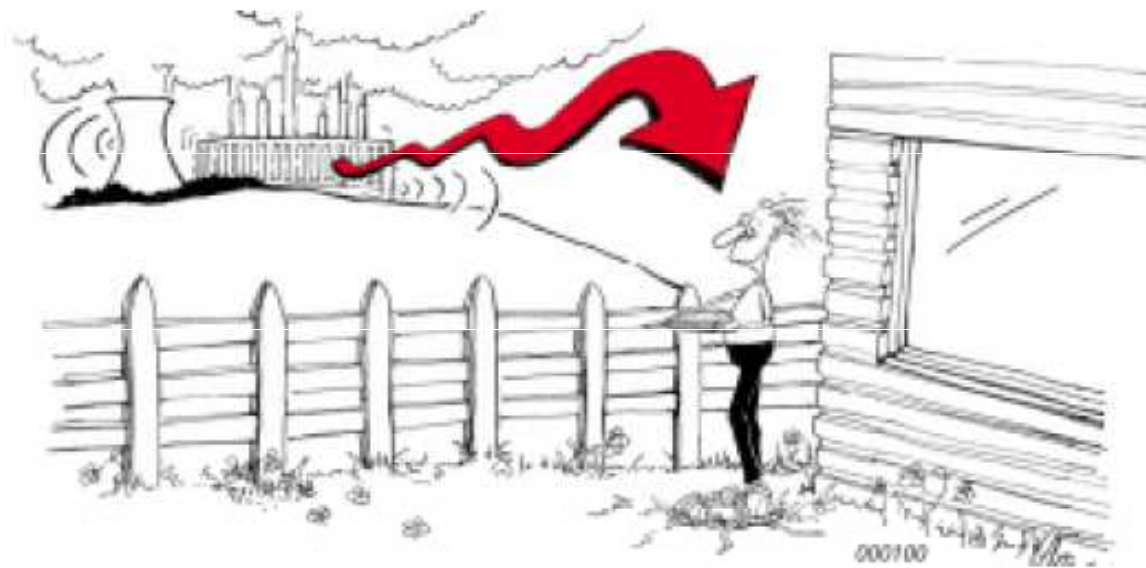
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Odraz

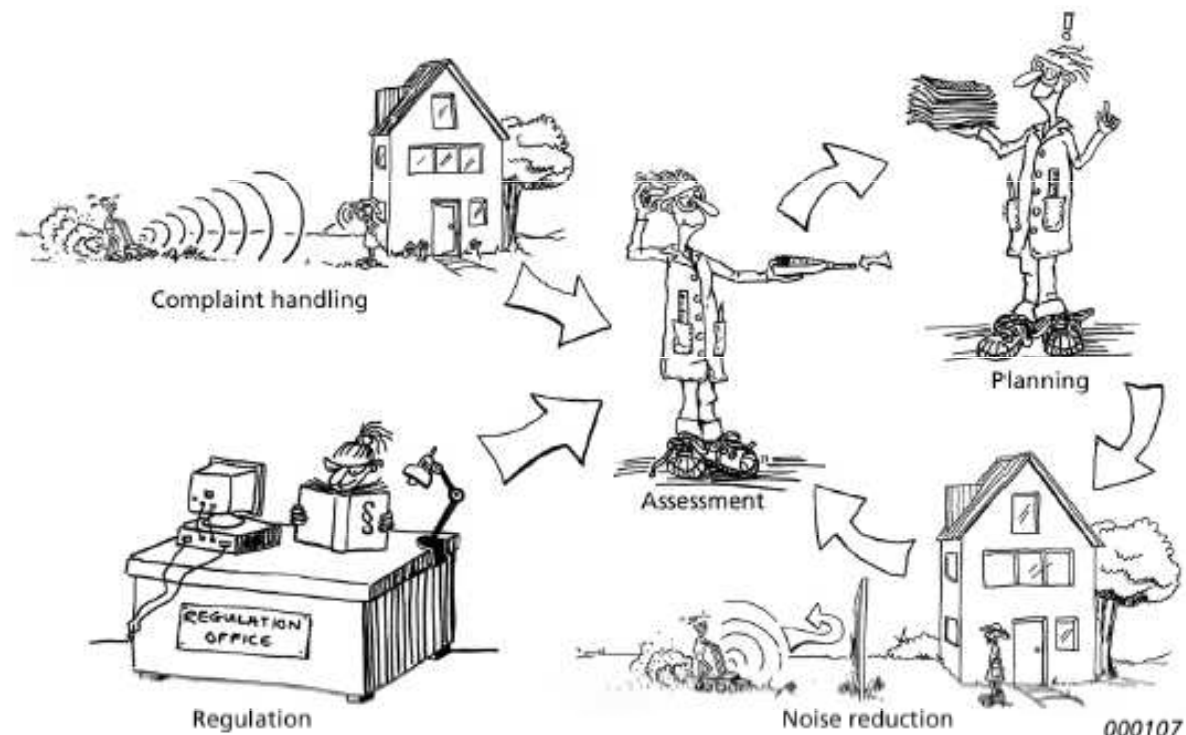
nastává jen v případě, že vlnová délka je menší nebo rovna rozměru překážky (ve všech směrech)

$$\lambda \leq l \quad \text{nebo} \quad f \geq \frac{c}{l}$$

Hluk z okolí



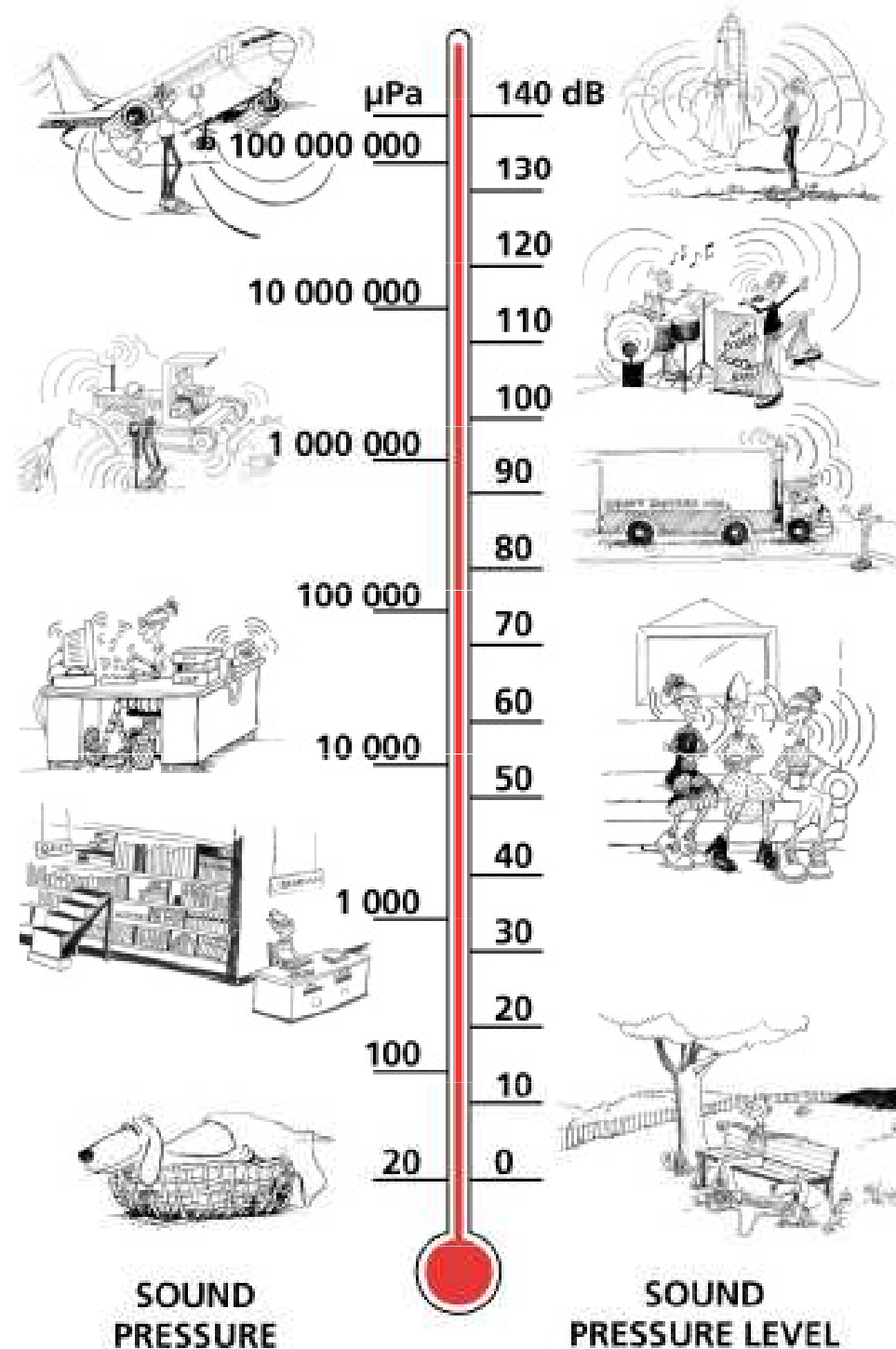
Hodnocení hluku



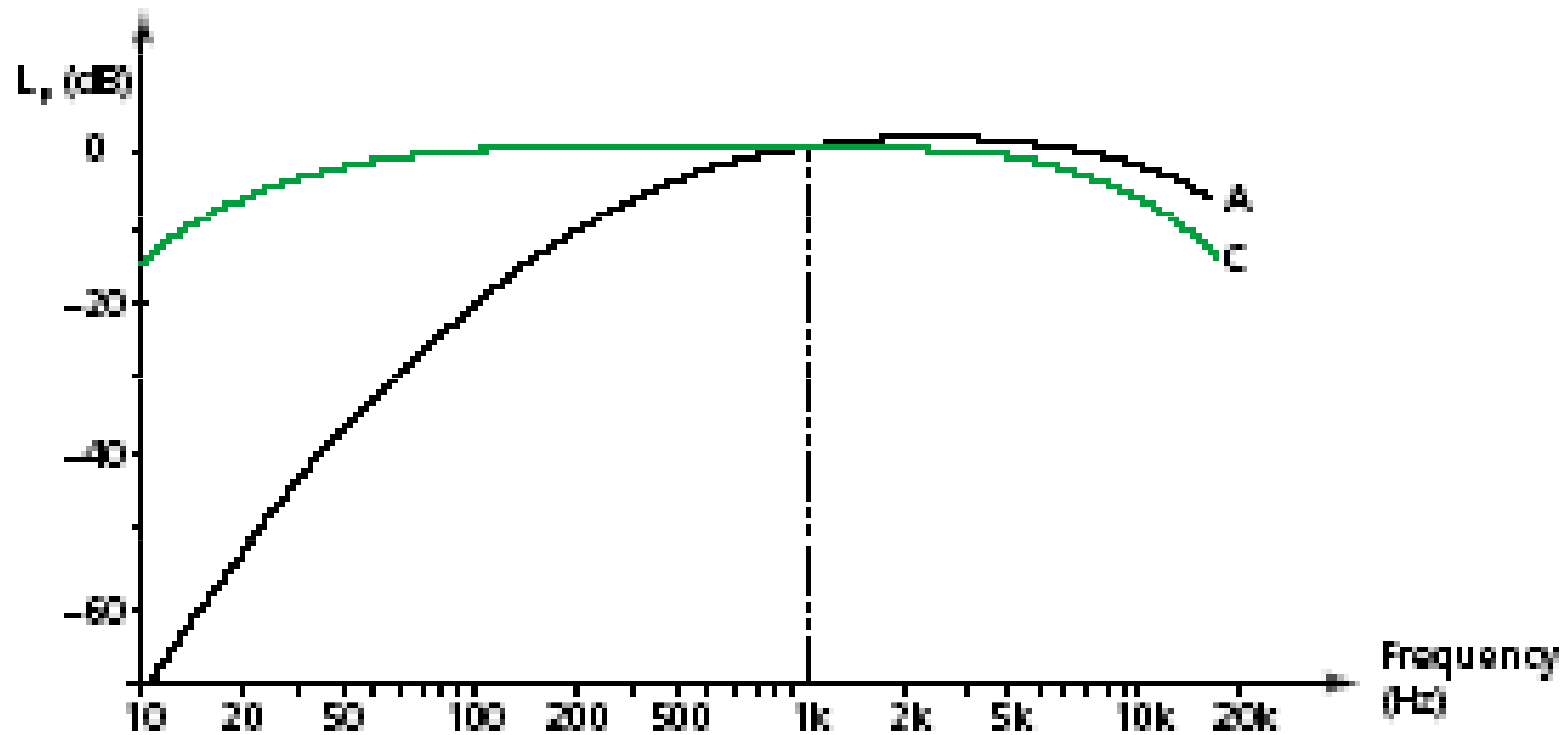
Zvuk

- atmosférický tlak $2 \cdot 10^5$ Pa
- zvukový obvyklý rozsah
 - práh slyšení $20 \mu\text{Pa} \sim 0$ dB
 - práh bolesti 100 Pa ~ 133 dB
- normální slyšení 20 Hz až 20 kHz

Co jak hlučí



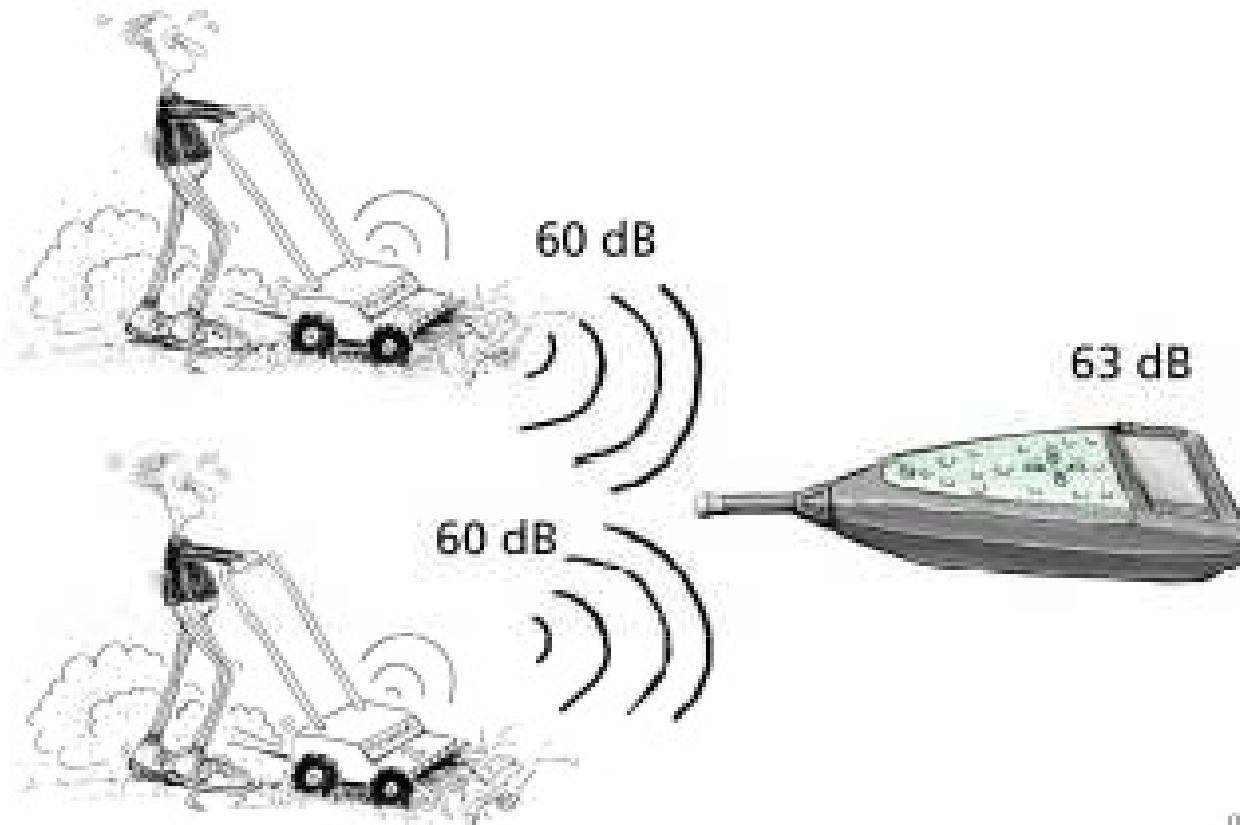
Váhové křivky



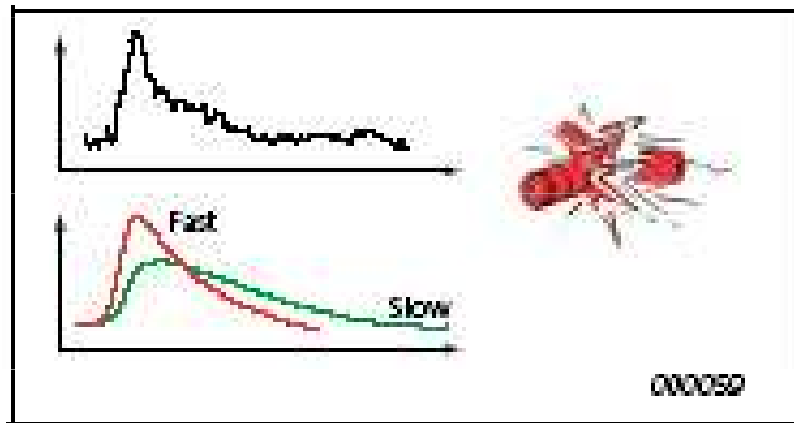
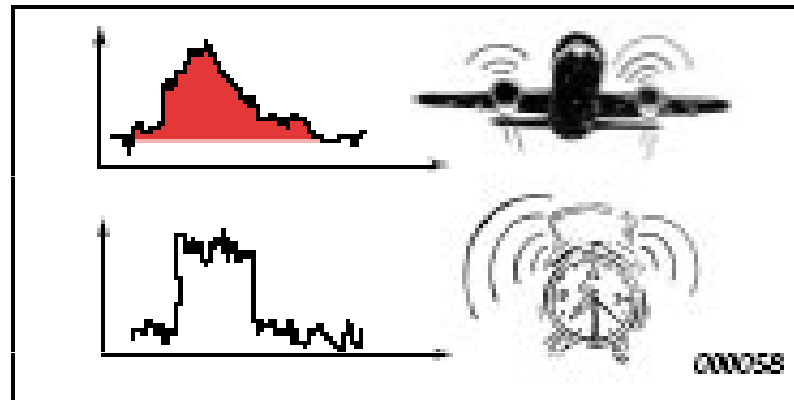
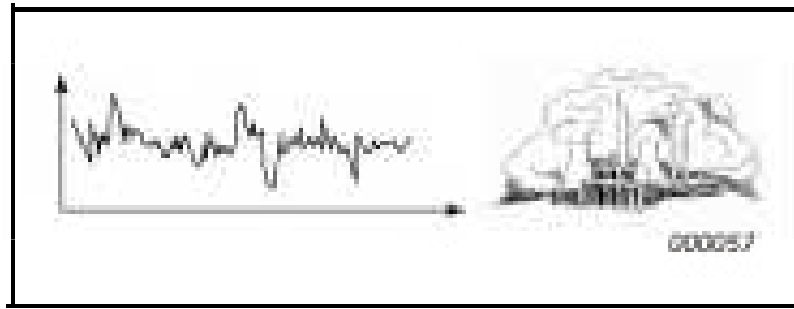
000055

Součet intenzit

$$L_{\text{result}} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{e1}}{10}} + 10^{\frac{L_{e2}}{10}} + 10^{\frac{L_{e3}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{en}}{10}} \right)$$

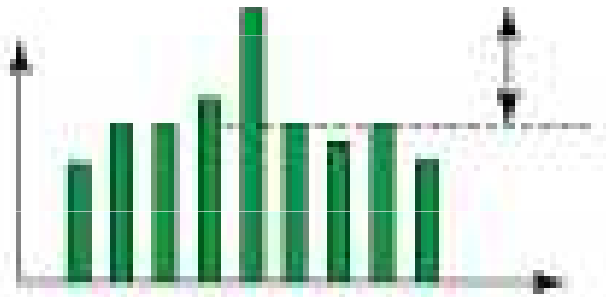


Průběh hluku

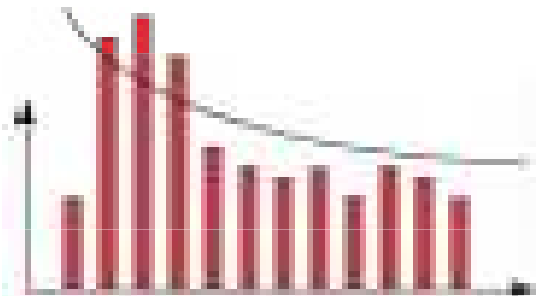


- Spojitý
- Nesouvislý (přerušovaný)
- Impulzní

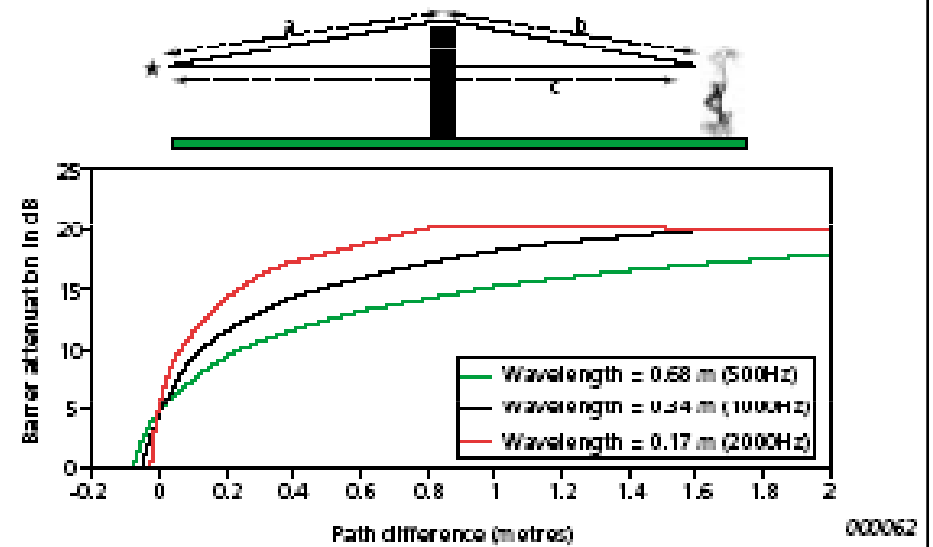
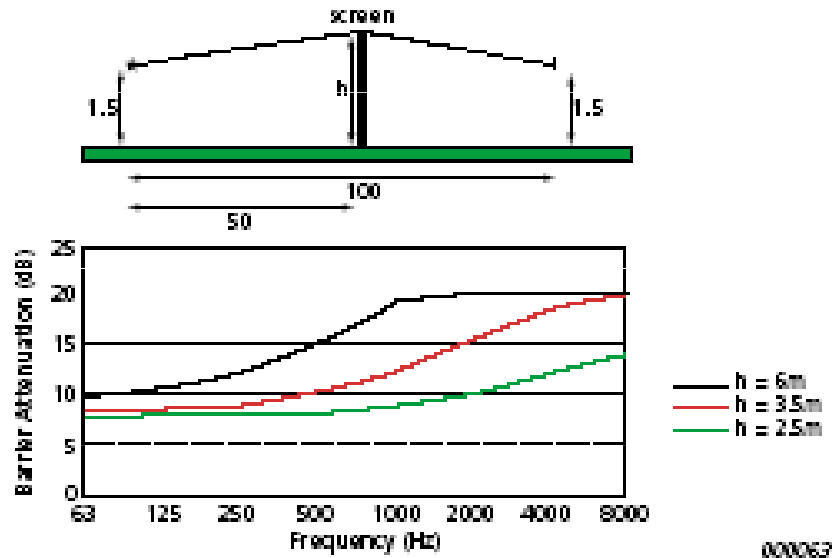
Rozložení hluku



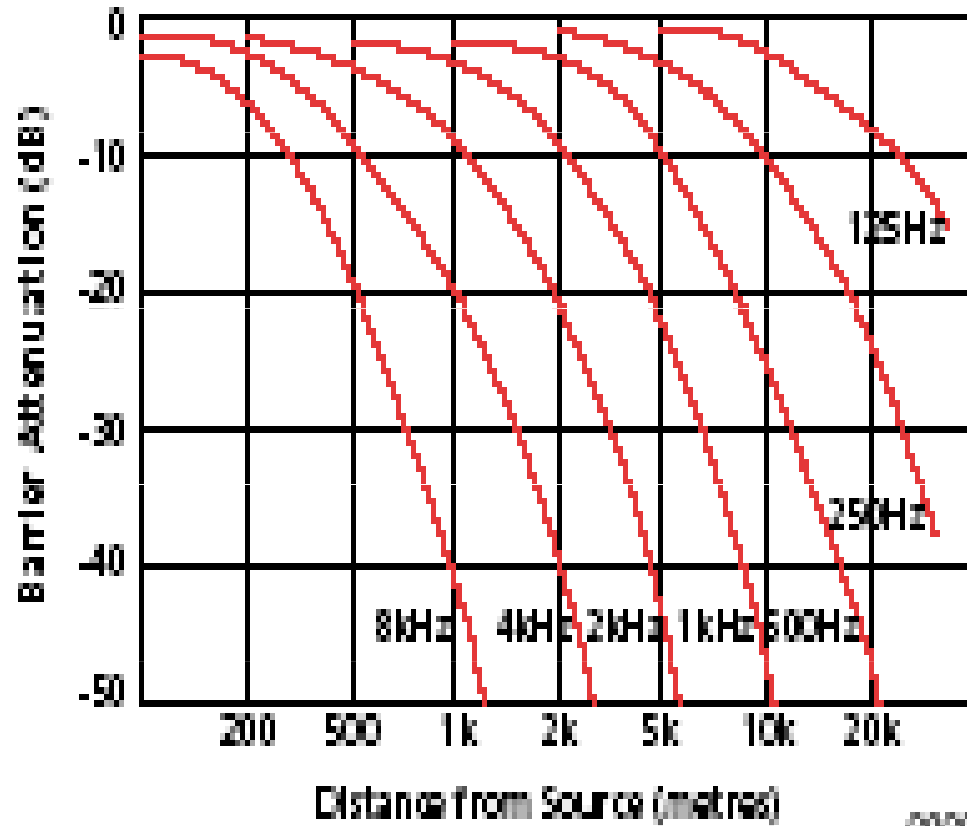
- Tóny
- Nízké frekvence



Hlukové bariéry

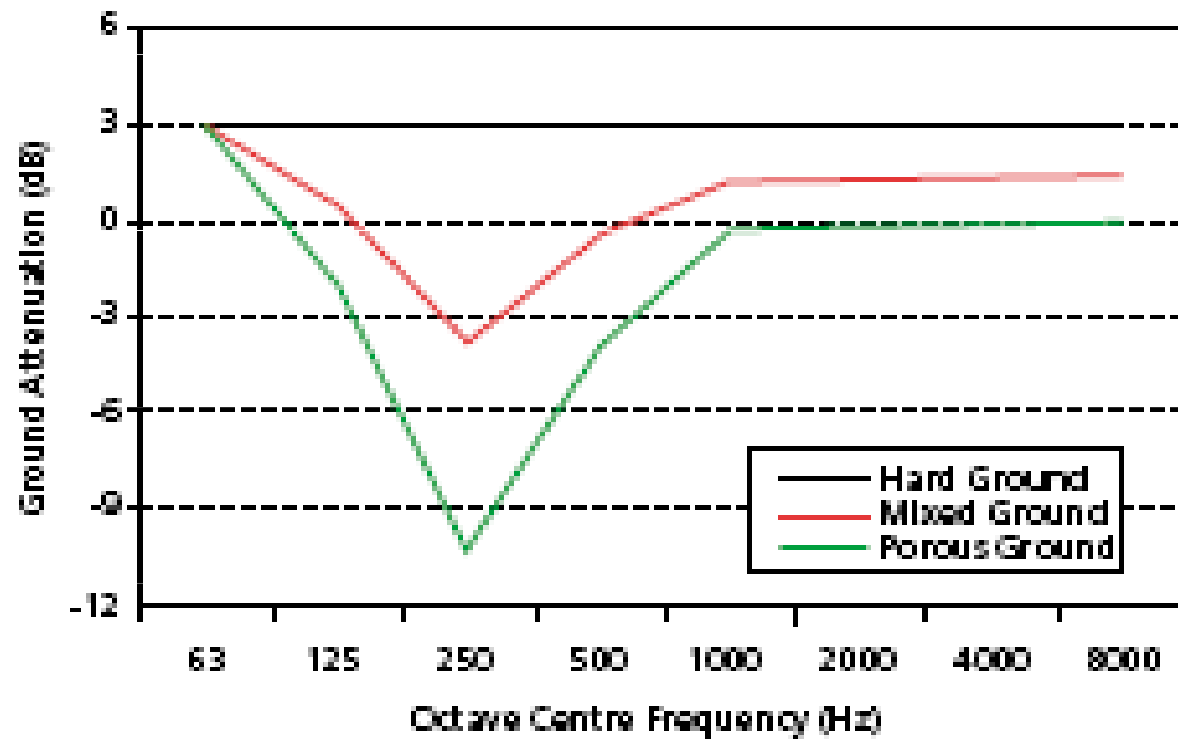
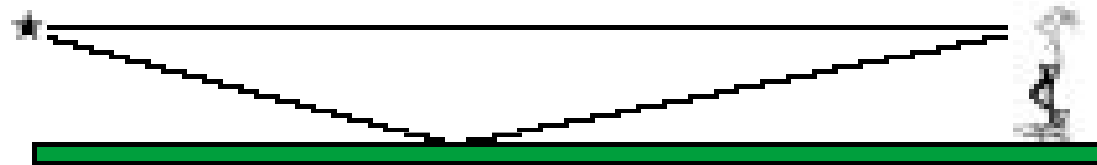


Útlum hluku

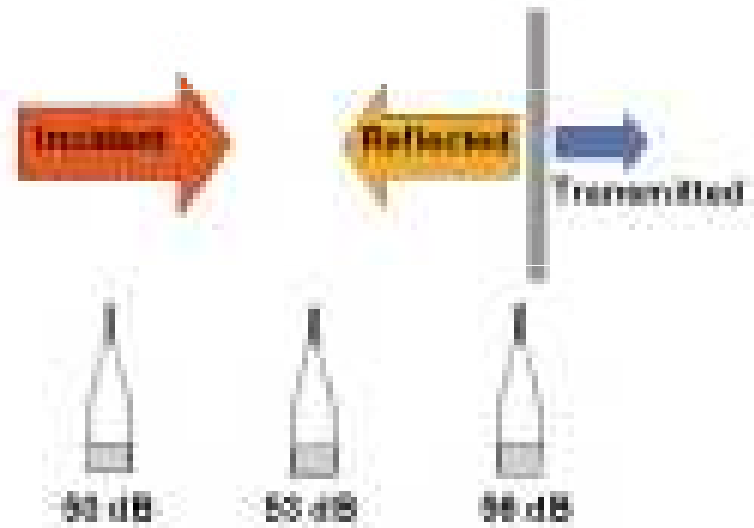


- vzdálenost od zdroje
- frekvenční rozložení
- okolní teplota
- vlhkost
- okolní tlak

Vliv okolí (odrazu)



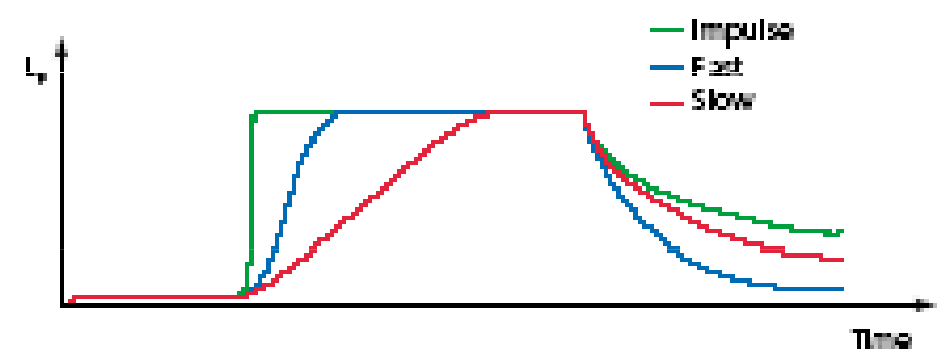
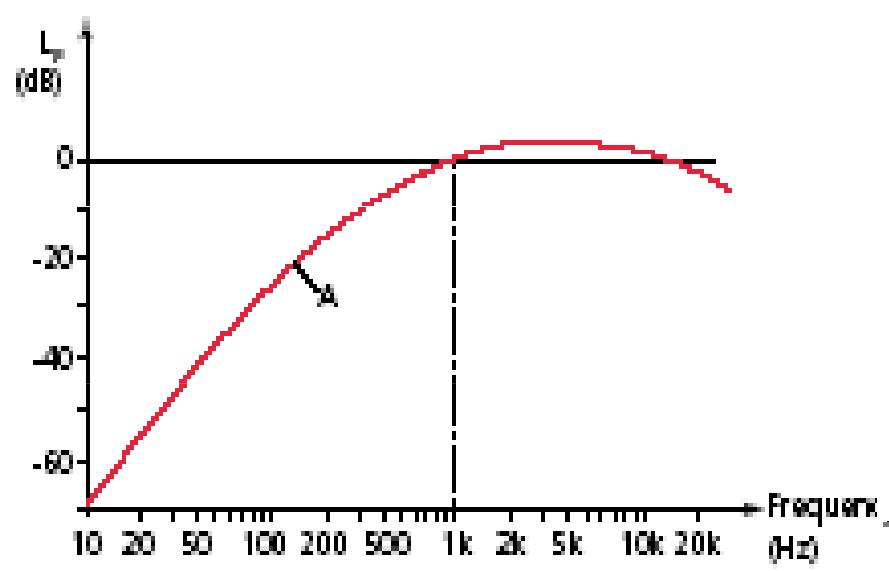
Zvuk a překážka



Vliv oken

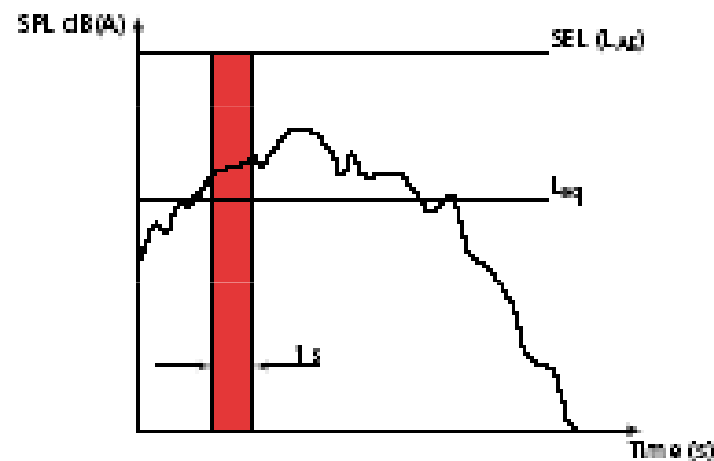
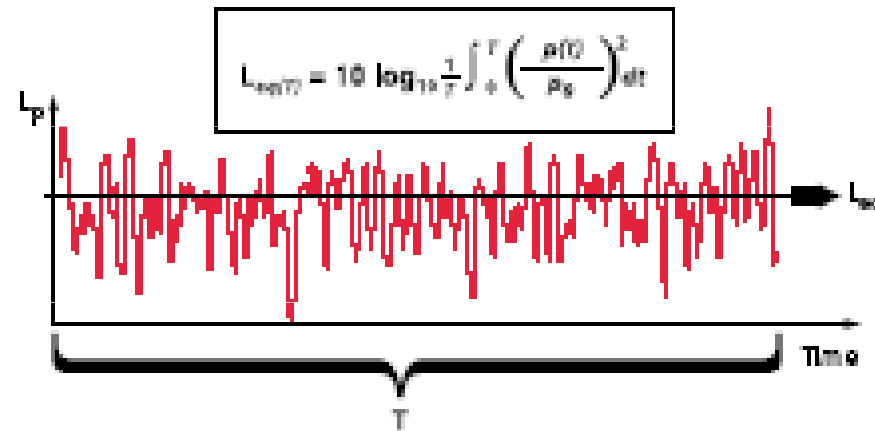


A – filtr , režim měření

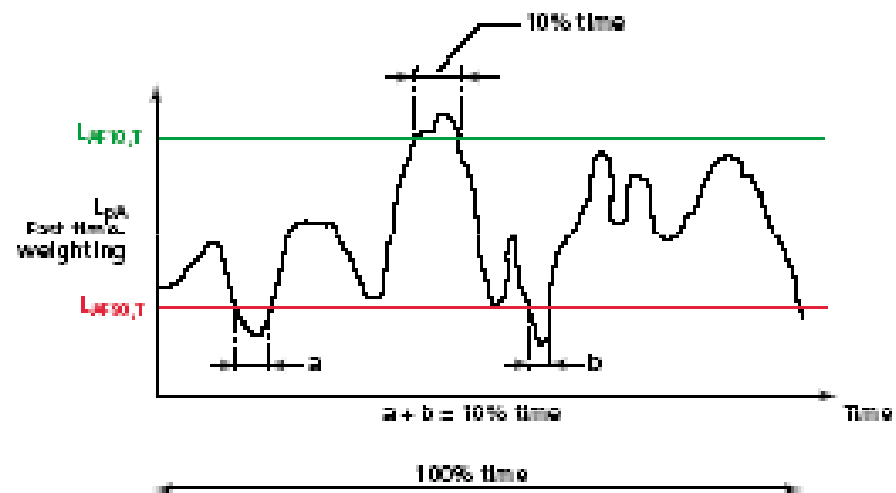


000074

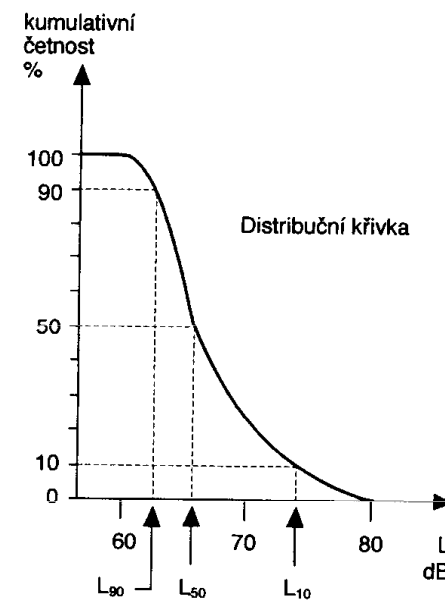
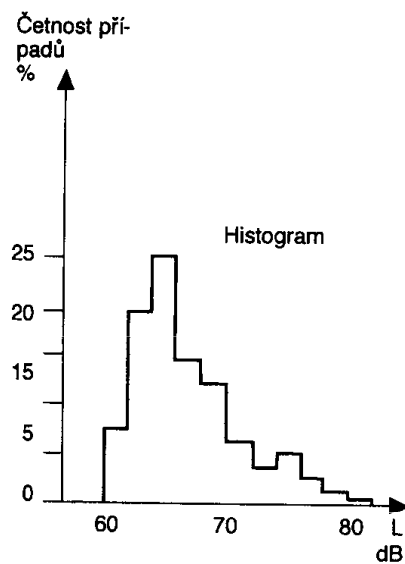
Ekvivalentní a sekundová hladina



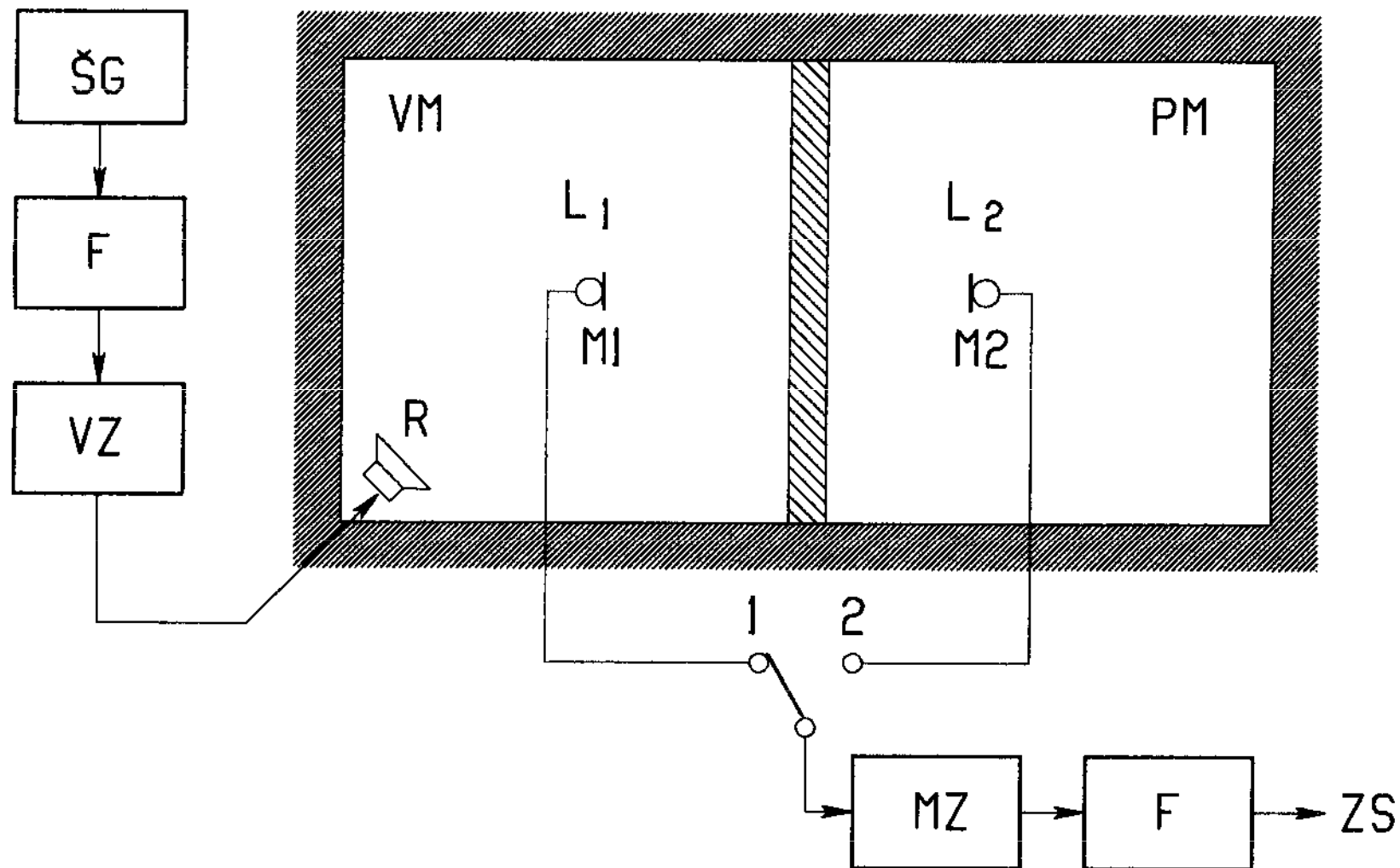
Statistické hladiny



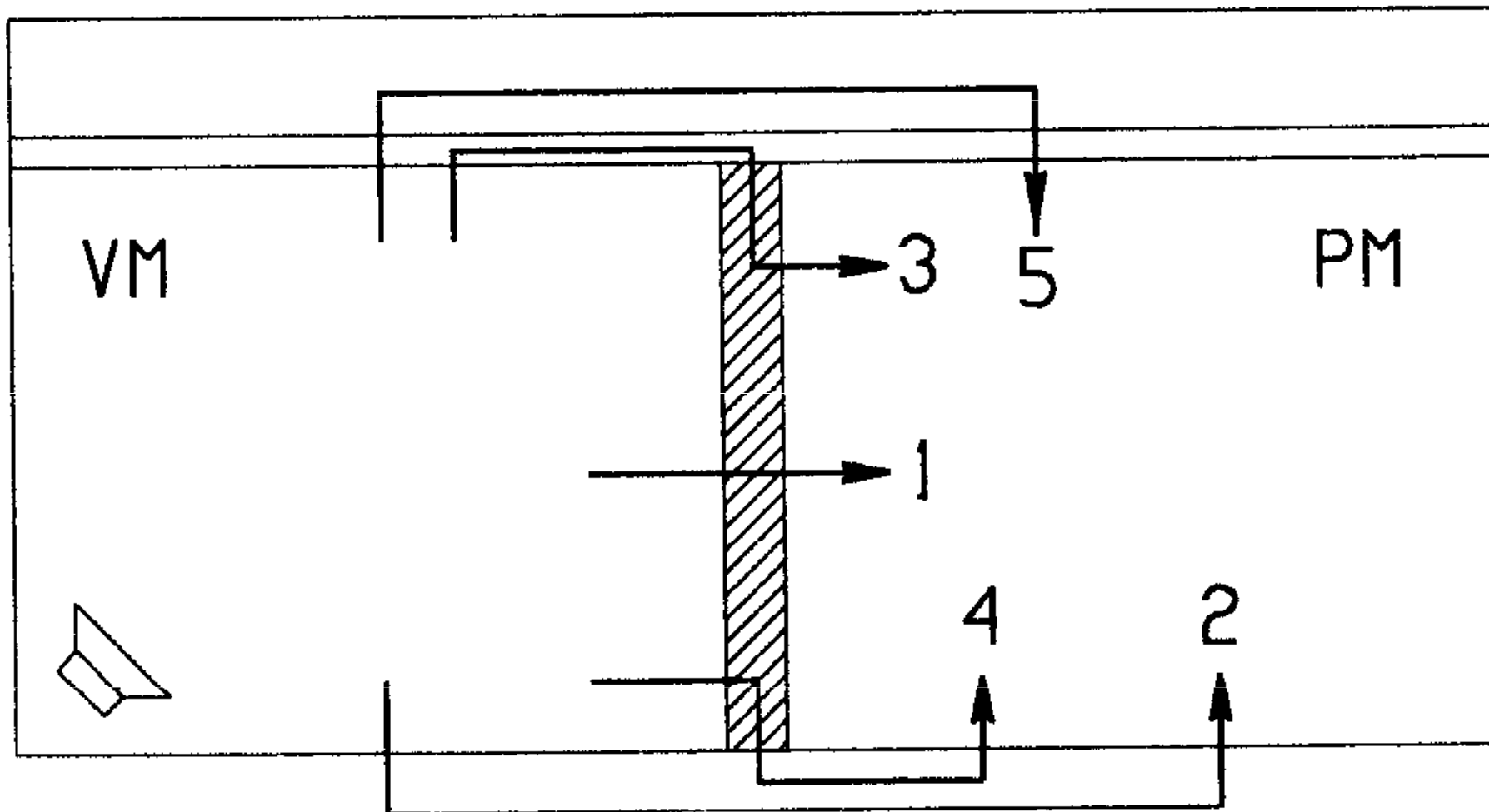
000077



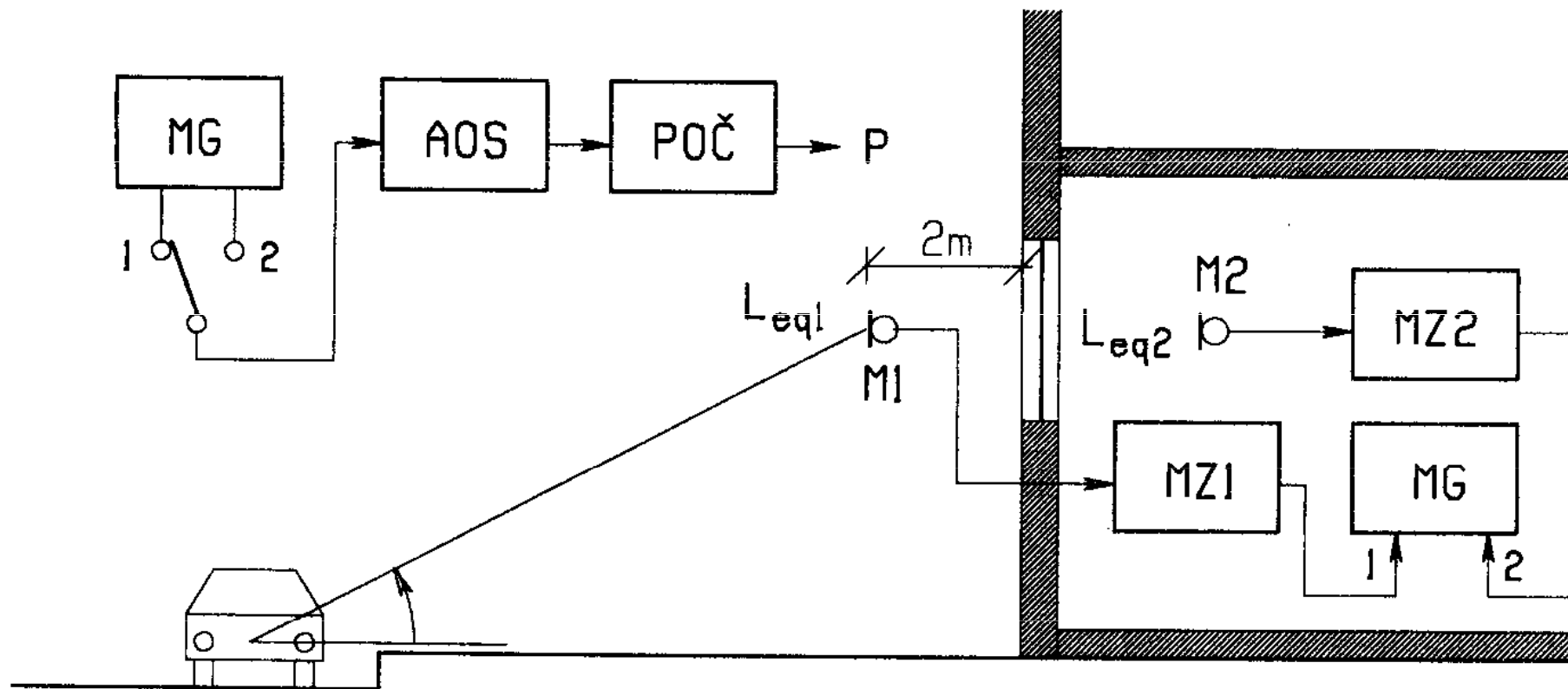
Měření vzduchové neprůzvučnosti vnitřních konstrukcí - laboratoř



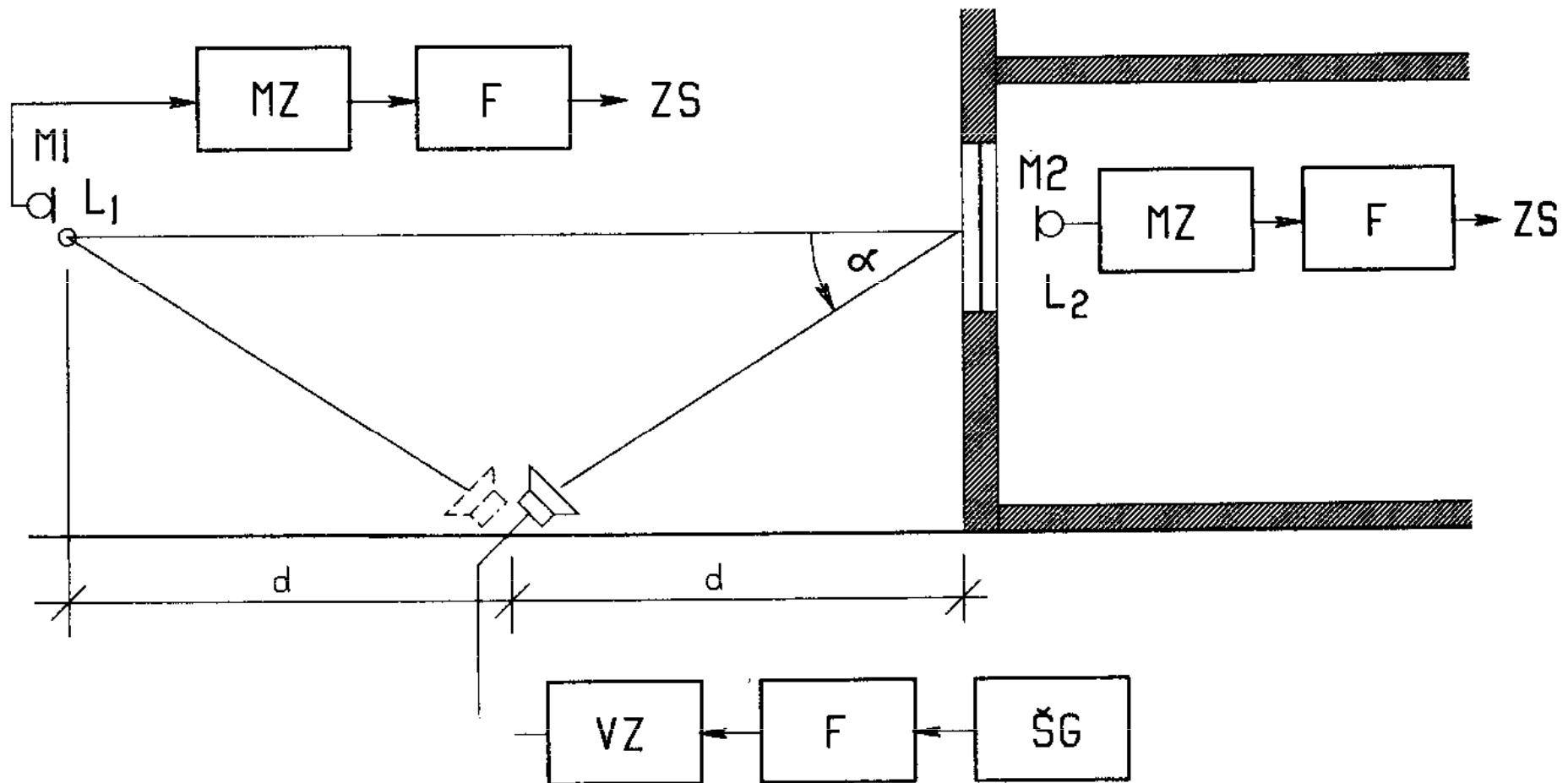
Měření vzduchové neprůzvučnosti vnitřních konstrukcí – na stavbě



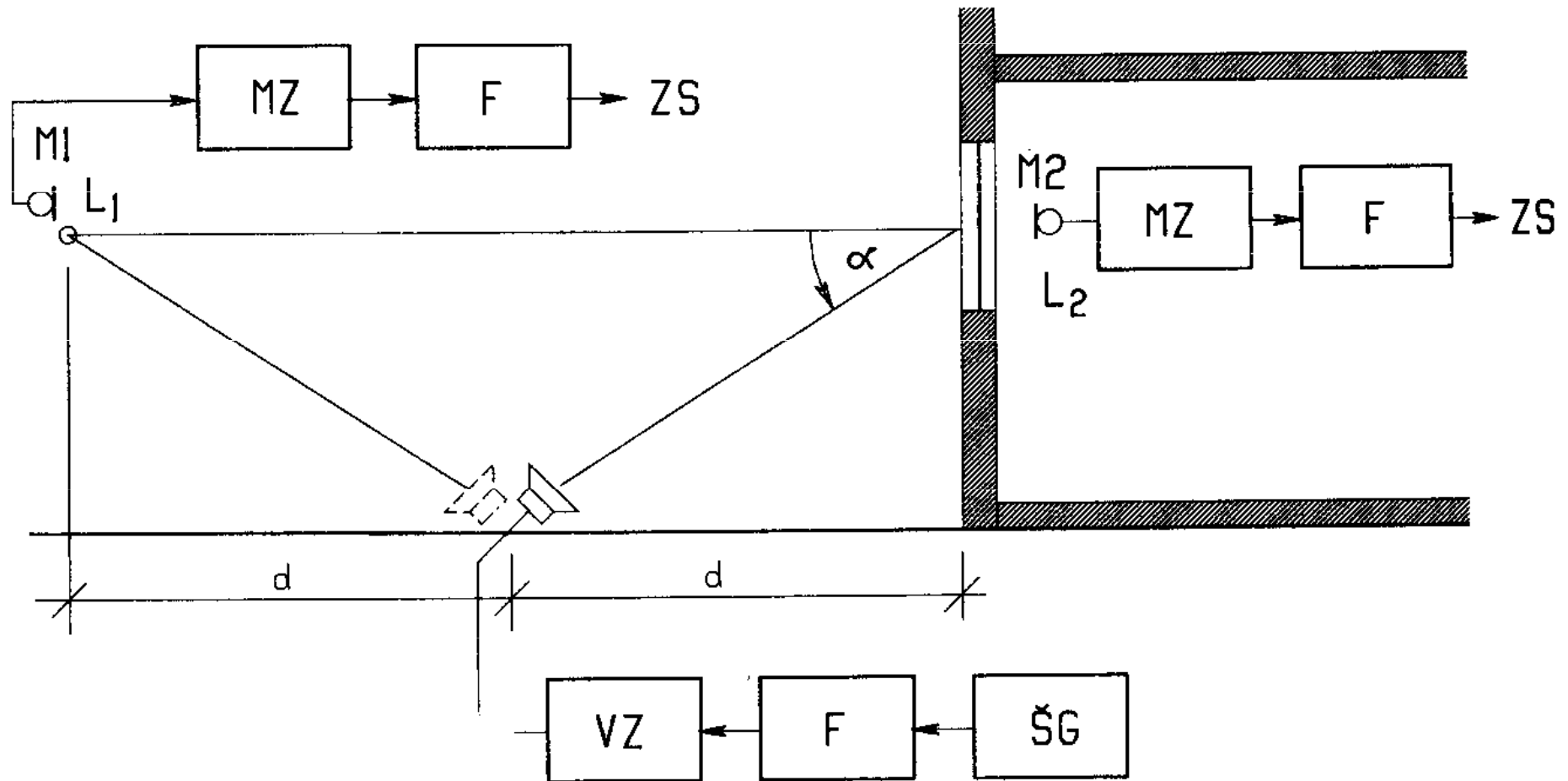
Vzduchová neprůzvučnost obvodového pláště - vozidlem



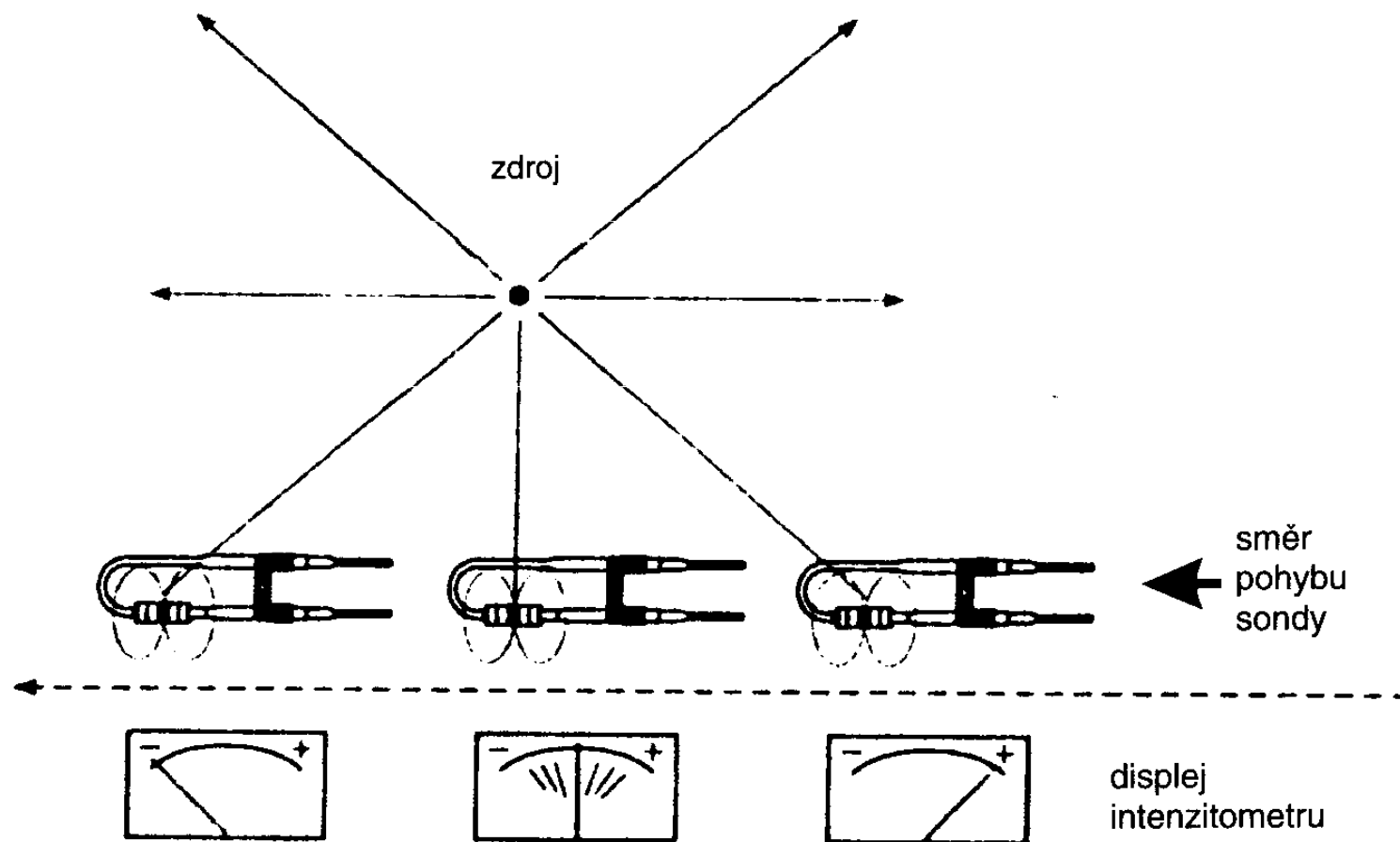
Vzduchová neprůzvučnost obvodového pláště – hlukem reproduktoru



Kročejová neprůzvučnost stropních konstrukcí



Poloha zdroje pomocí intenzitní sondy



Vnitřní akustika

- intenzita zvuku není tak utlumena jako ve volném prostoru
- doznívání vlivem odrazů
- statistická akustika – aproximace difúzního akustického pole
- **hustota** akustického pole je rovnoměrně rozložena
- zvuk se šíří stejnoměrně ve všech směrech

Intenzita zvuku dopadajúcího na povrch interiéru

$$I_D = \frac{1}{4} \cdot I = \frac{w \cdot c}{4}$$

Ustálená hustota energie

$$V \cdot \frac{dw}{dt} = P - \frac{w \cdot c}{4} \cdot S \cdot \alpha \quad w = w_0 \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$w_0 = \frac{4 \cdot P}{c \cdot A} \quad A = S \cdot \alpha$$

$$\tau = \frac{4 \cdot w}{c \cdot A}$$

po vypnutí zdroje

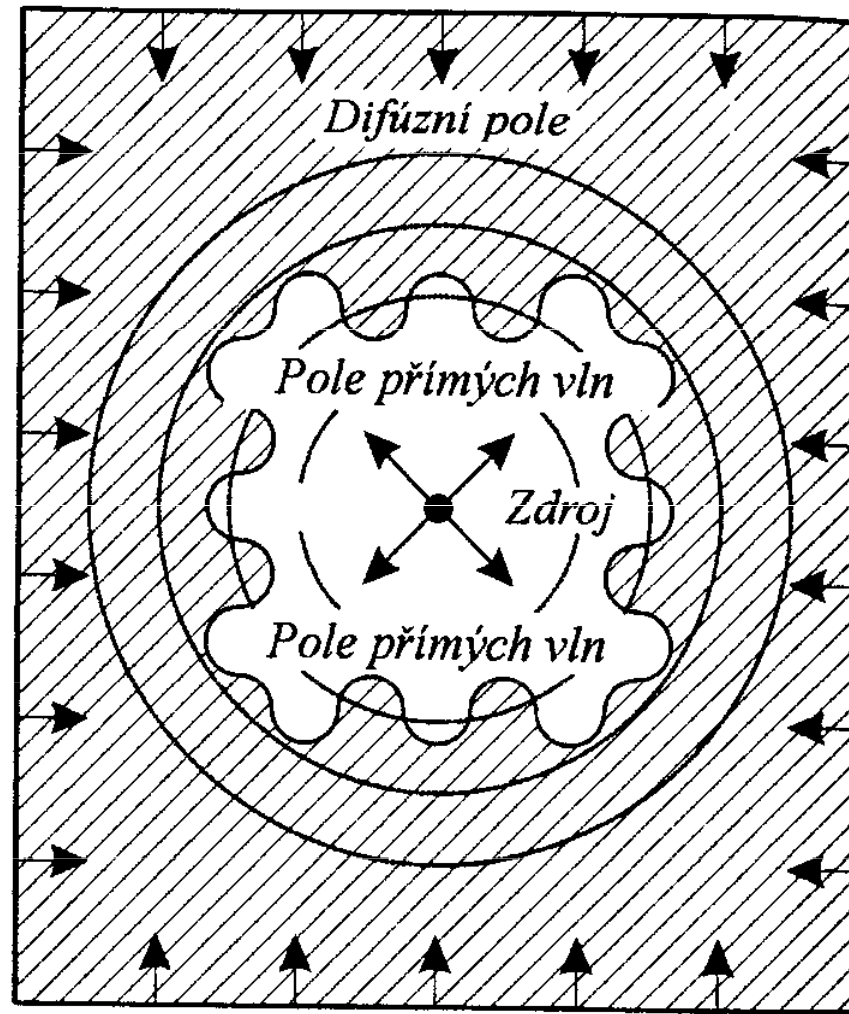
$$w = w_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \quad I = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Dozvuk

doba dozvuku – čas potřebný k poklesu
hladiny zvuku o 60 dB od vypnutí zdroje

Sabine	$T_S = 0,163 \cdot \frac{V}{A}$	$\alpha_s \leq 0,2$
Eyringh	$T_E = 0,163 \cdot \frac{V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s)}$	$0,2 < \alpha_s \leq 0,8$
Millington	$T_M = 0,163 \cdot \frac{V}{-\sum_i S_i \cdot \ln(1 - \alpha_i)}$	$\alpha_s > 0,8$

Vlnění v místnosti



Akustické pole

pole přímých vln

$$I = w \cdot c = \frac{P}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

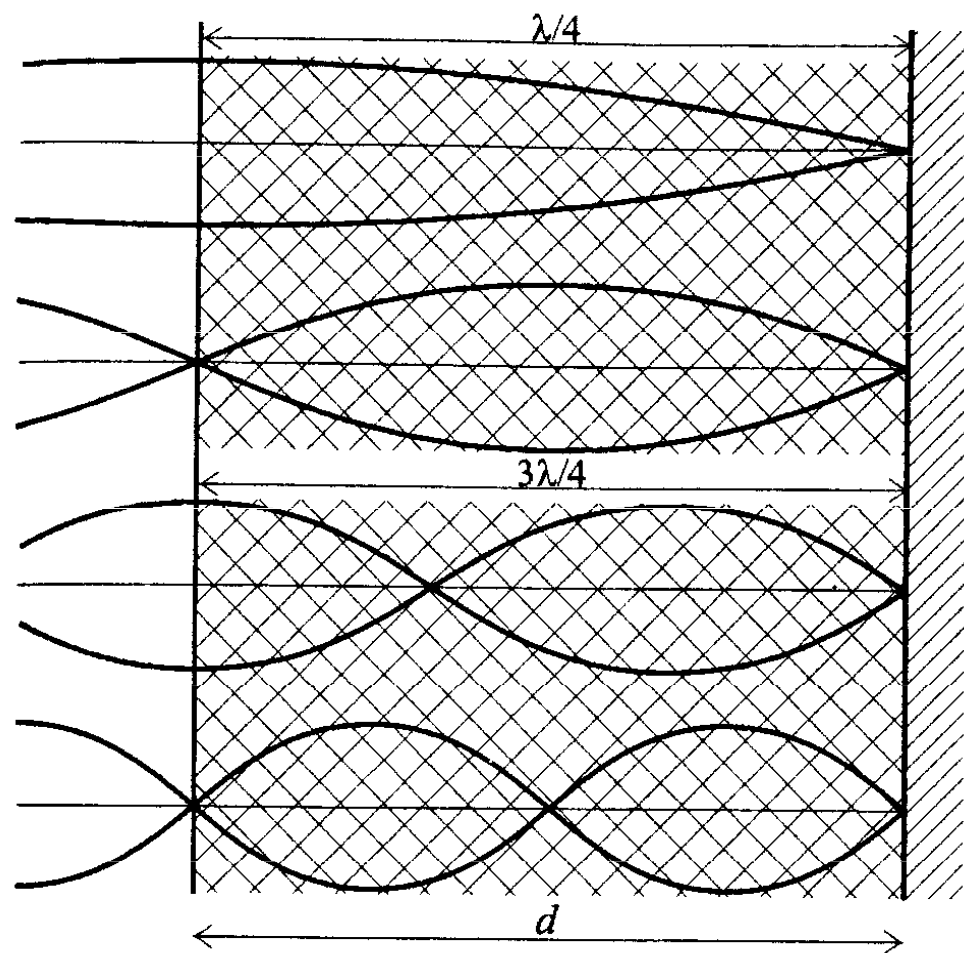
difúzní pole

$$w_D = \frac{4 \cdot P \cdot (1 - \alpha_s)}{S \cdot \alpha_s \cdot c}$$

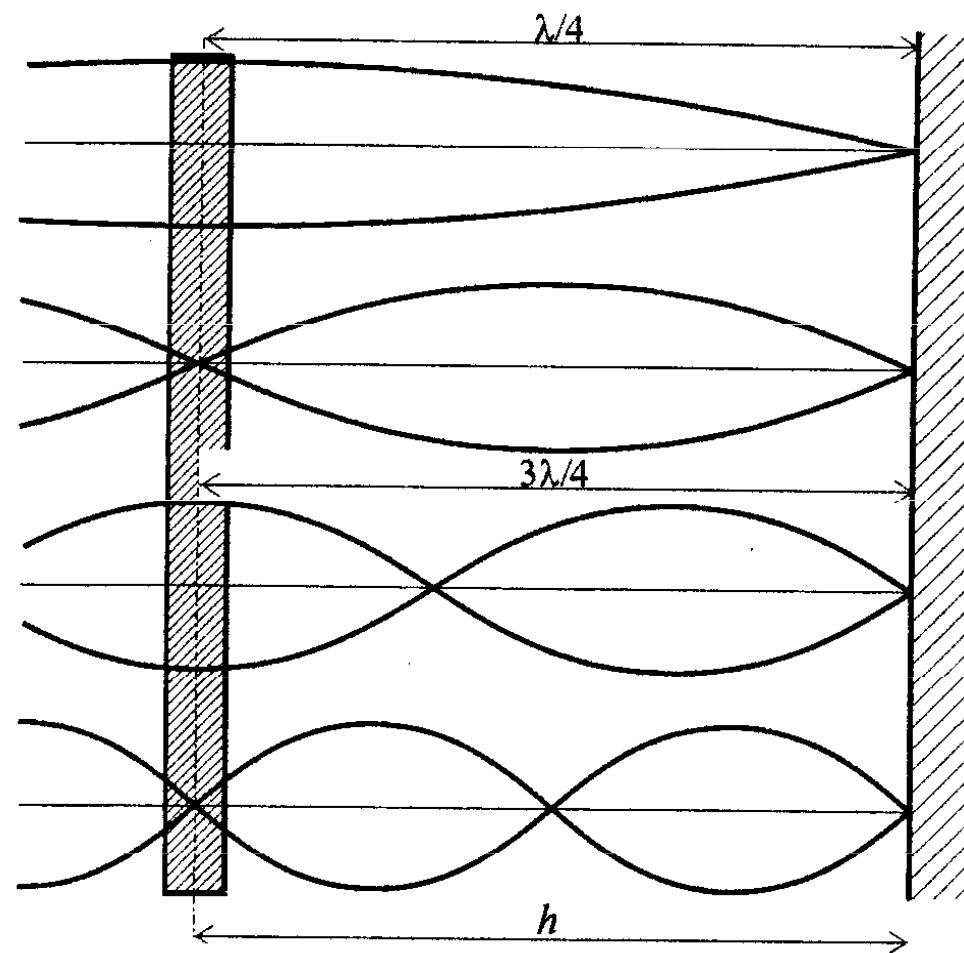
celková intenzita ustáleného pole

$$I_0 = w_0 \cdot c = P \cdot \left(\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_s)}{S \cdot \alpha_s} \right)$$

Absorbér

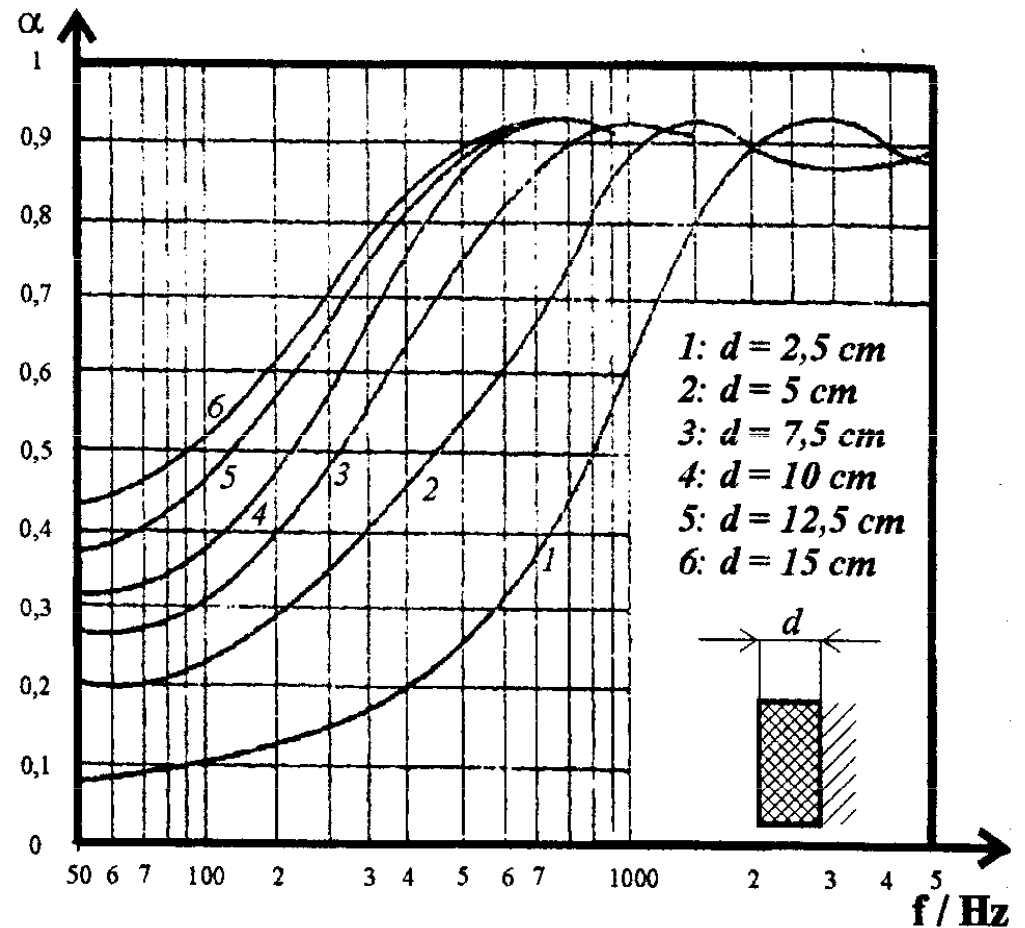
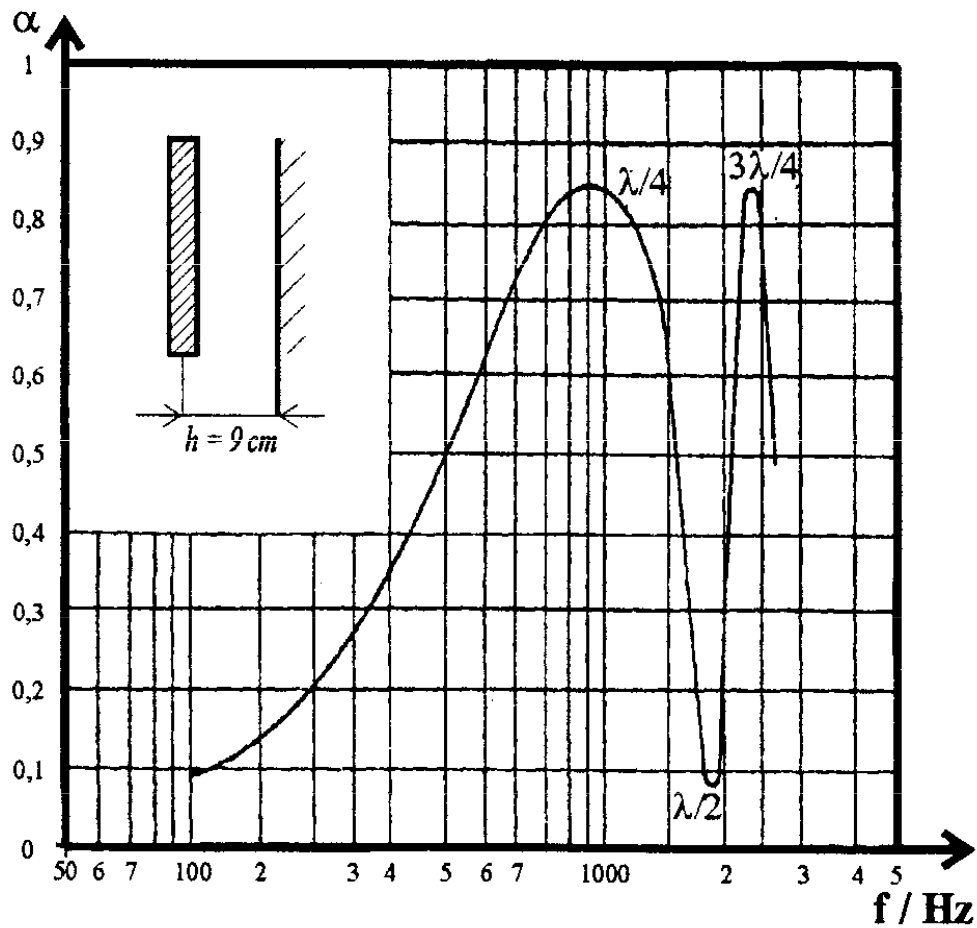


přilehlý ke stěně



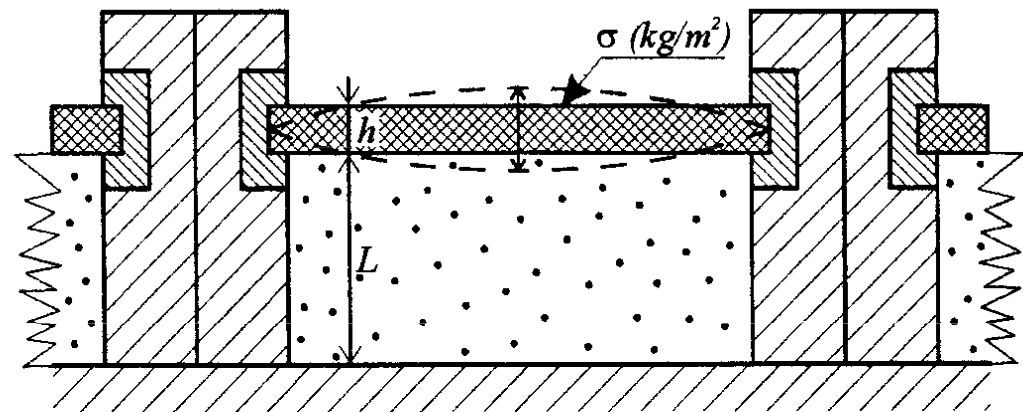
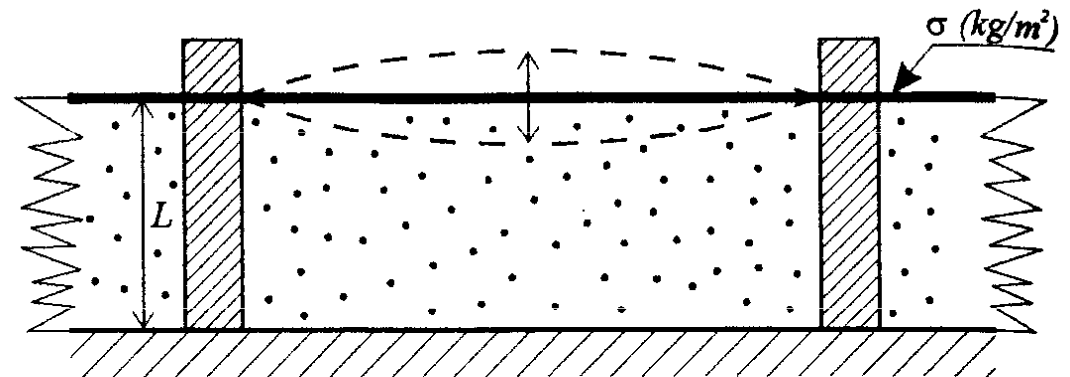
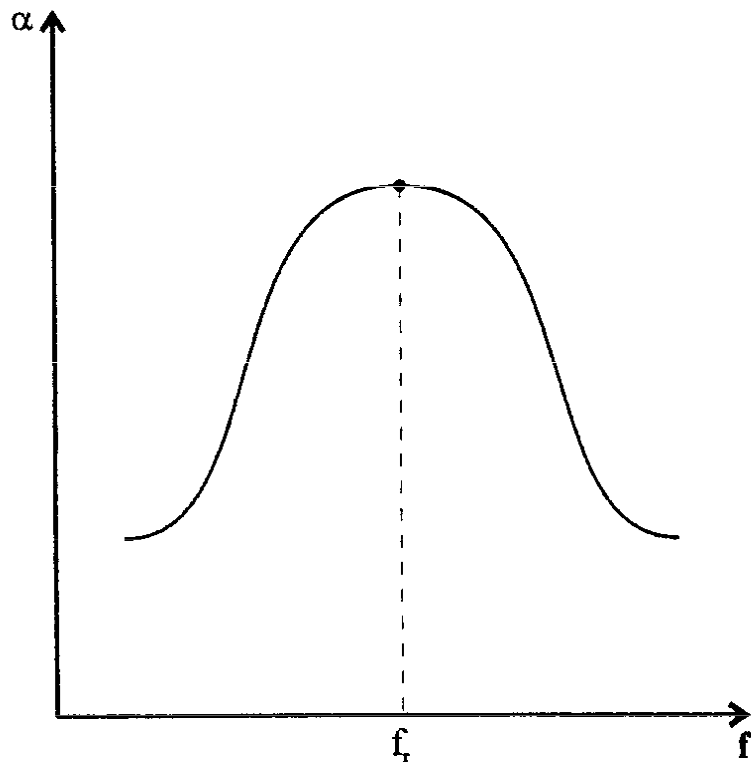
oddělený od stěny

Součinitel pohltivosti & frekvence



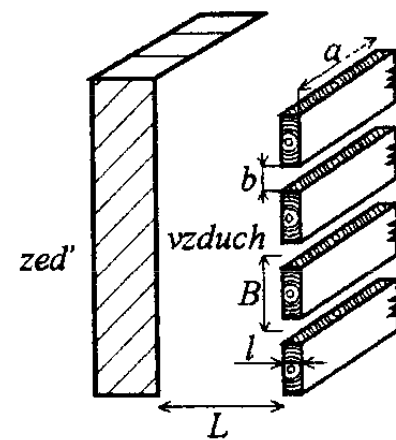
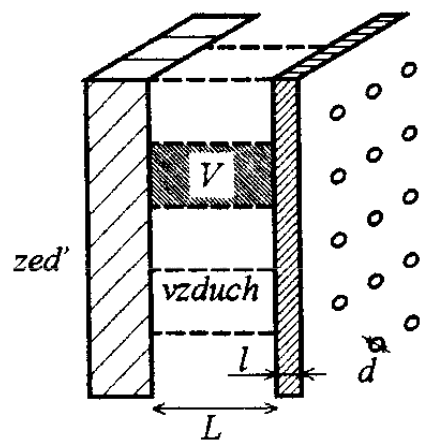
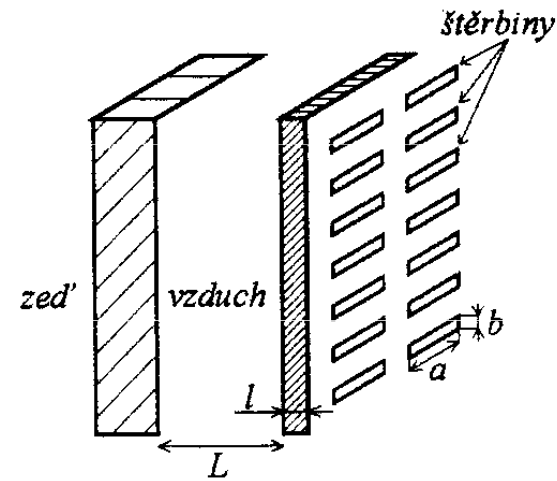
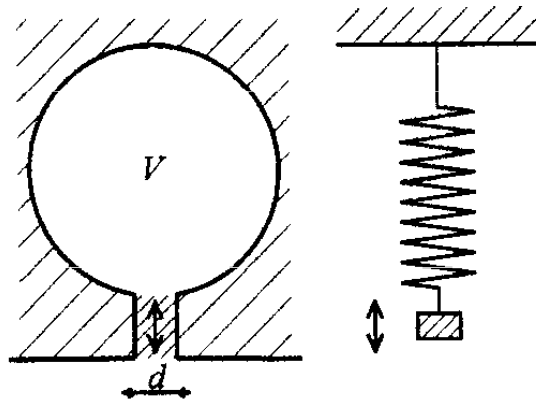
Membrána a deska

$$f_r \approx \frac{60}{\sqrt{\sigma \cdot L}}$$

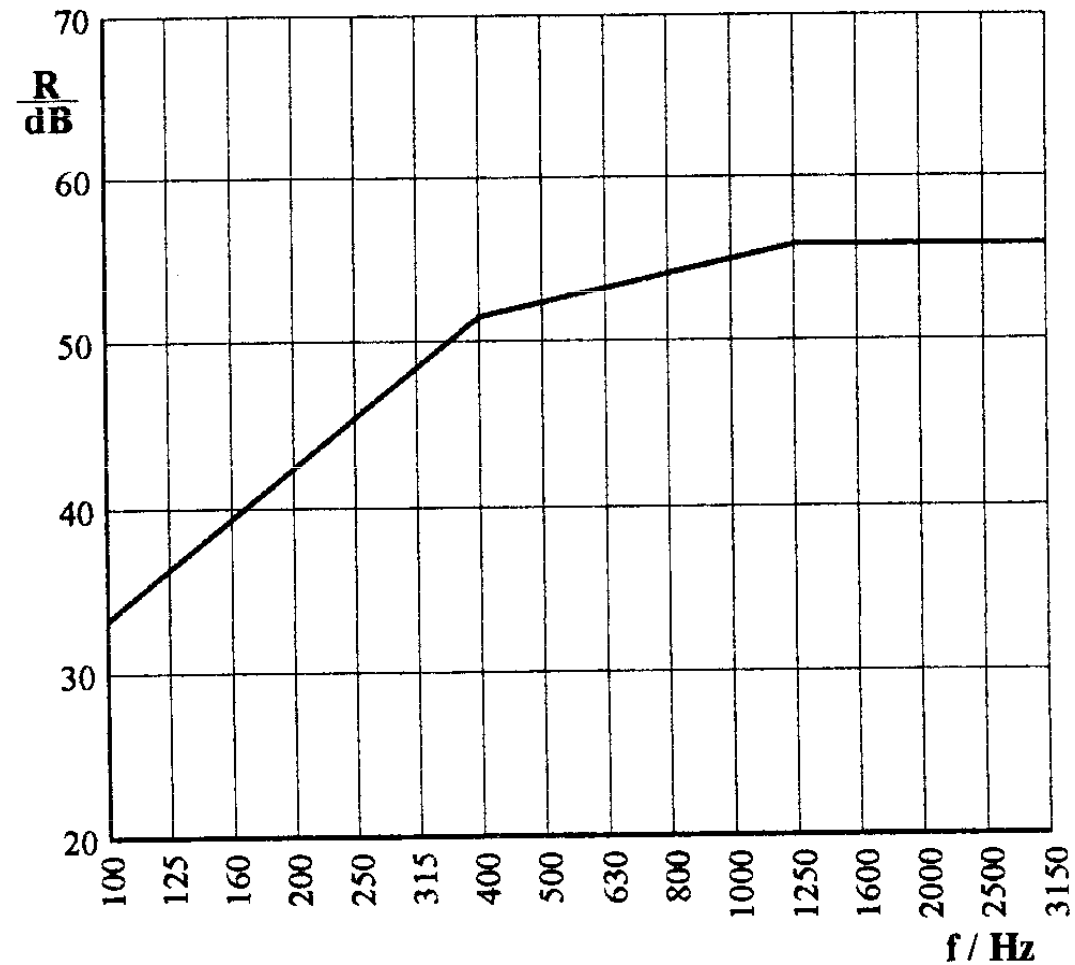
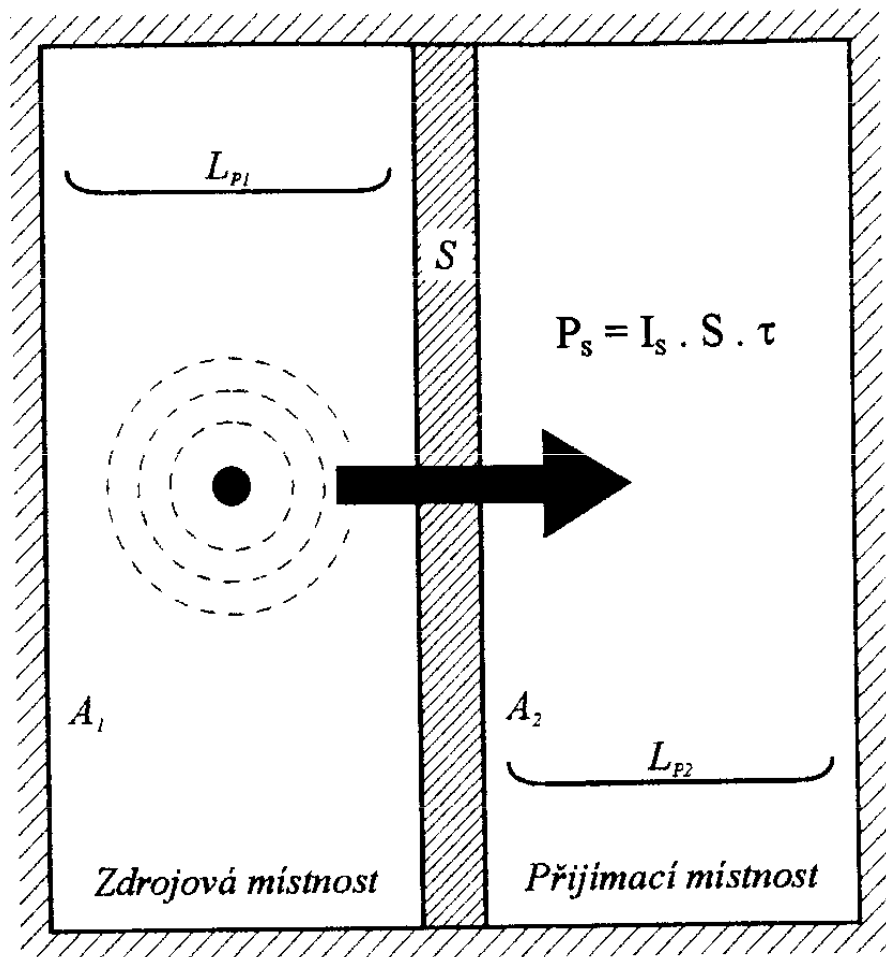


$$f_r \approx \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{1,4 \cdot 10^5}{\sigma \cdot L} + \frac{K}{\sigma}}$$

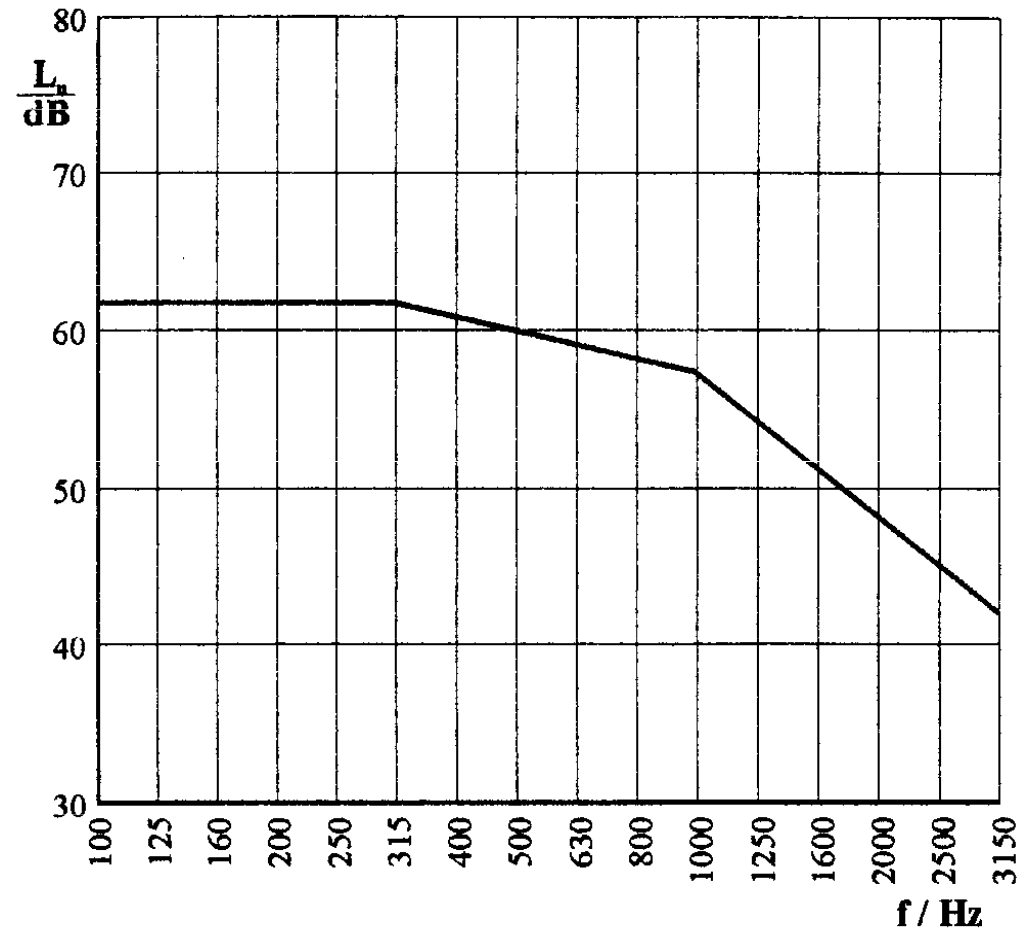
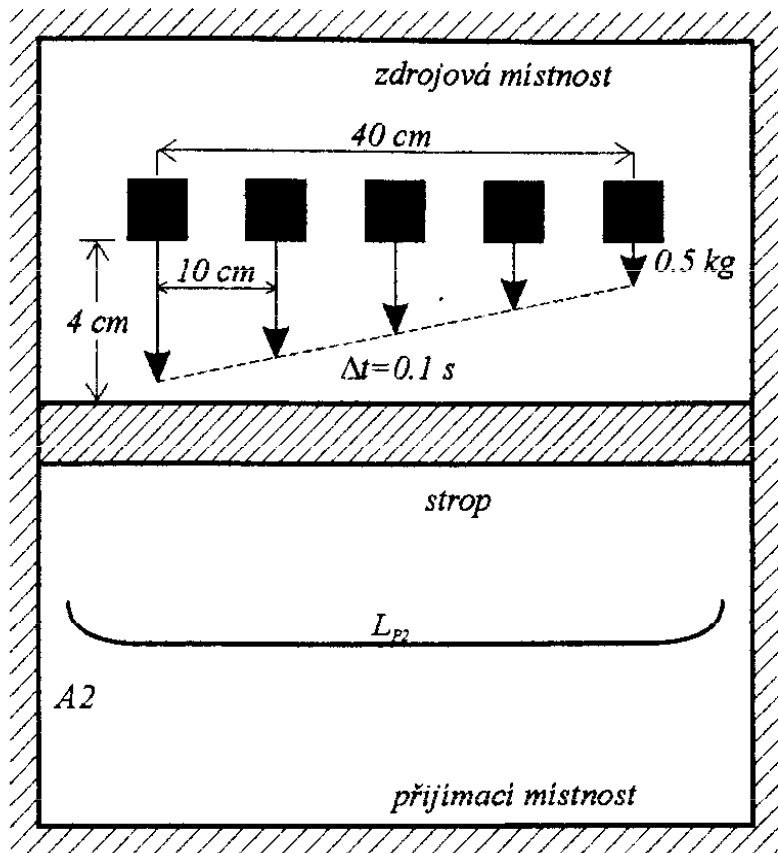
Helmholtzův rezonátor a panely



Vzduchová naprůzvučnost



Kročejevá neprůzvučnost

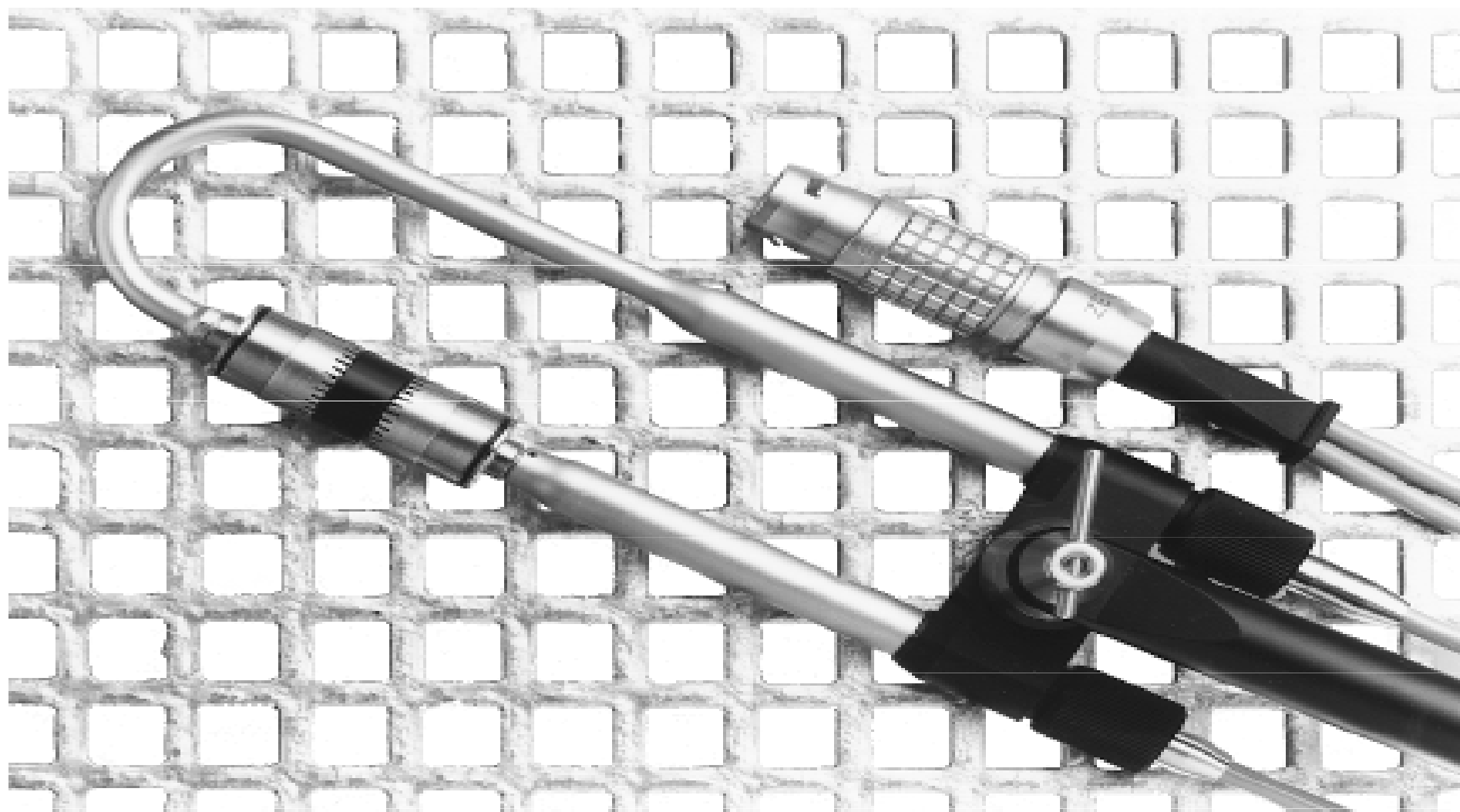


Mikrofon

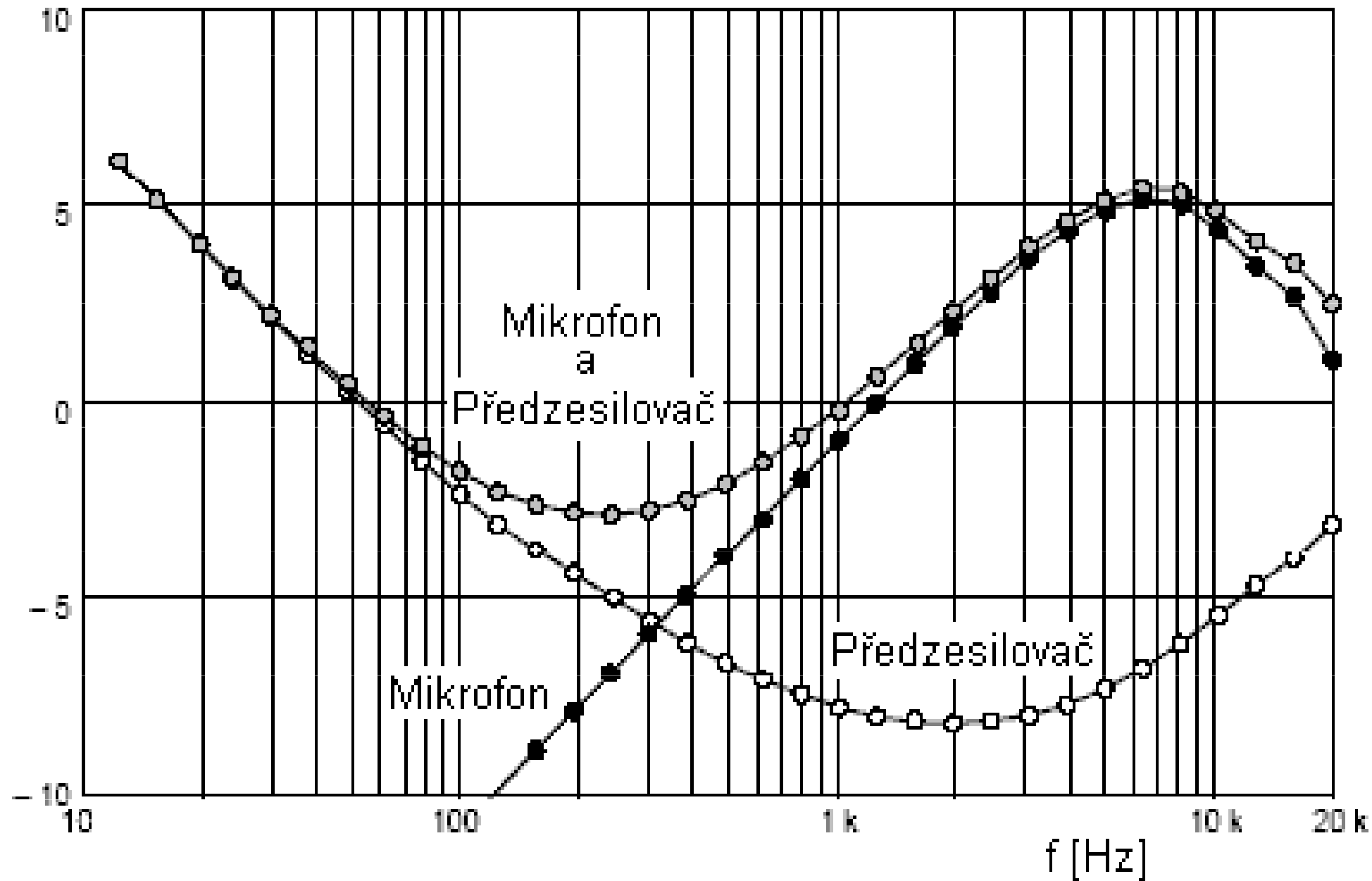


© 2008

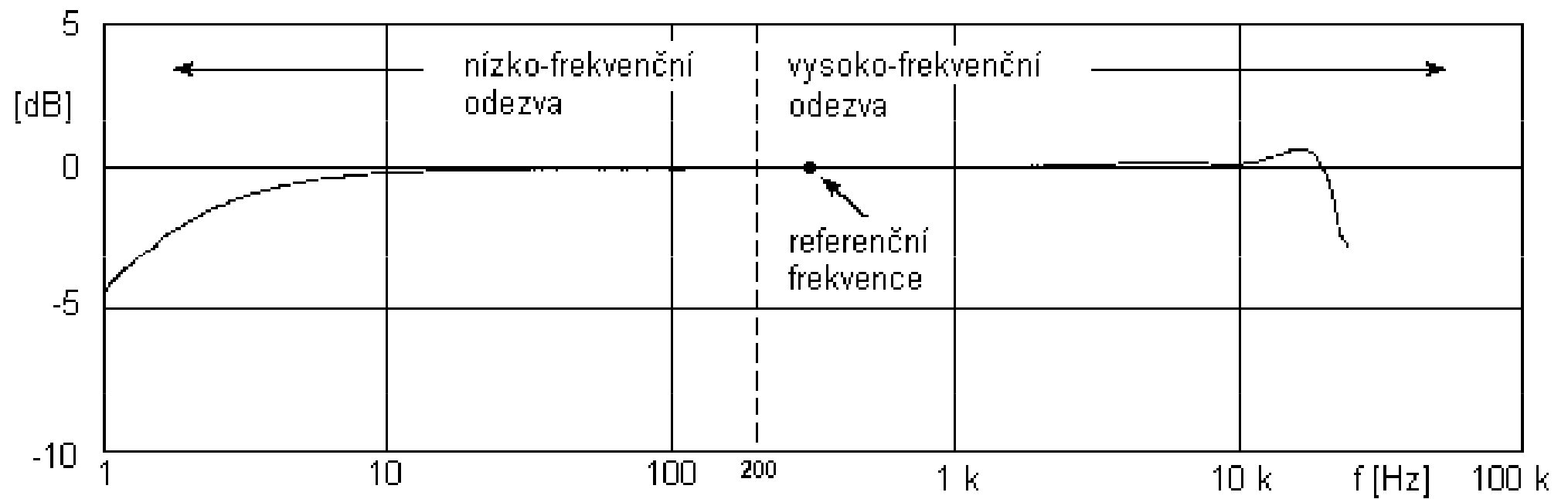
Intezitní sonda



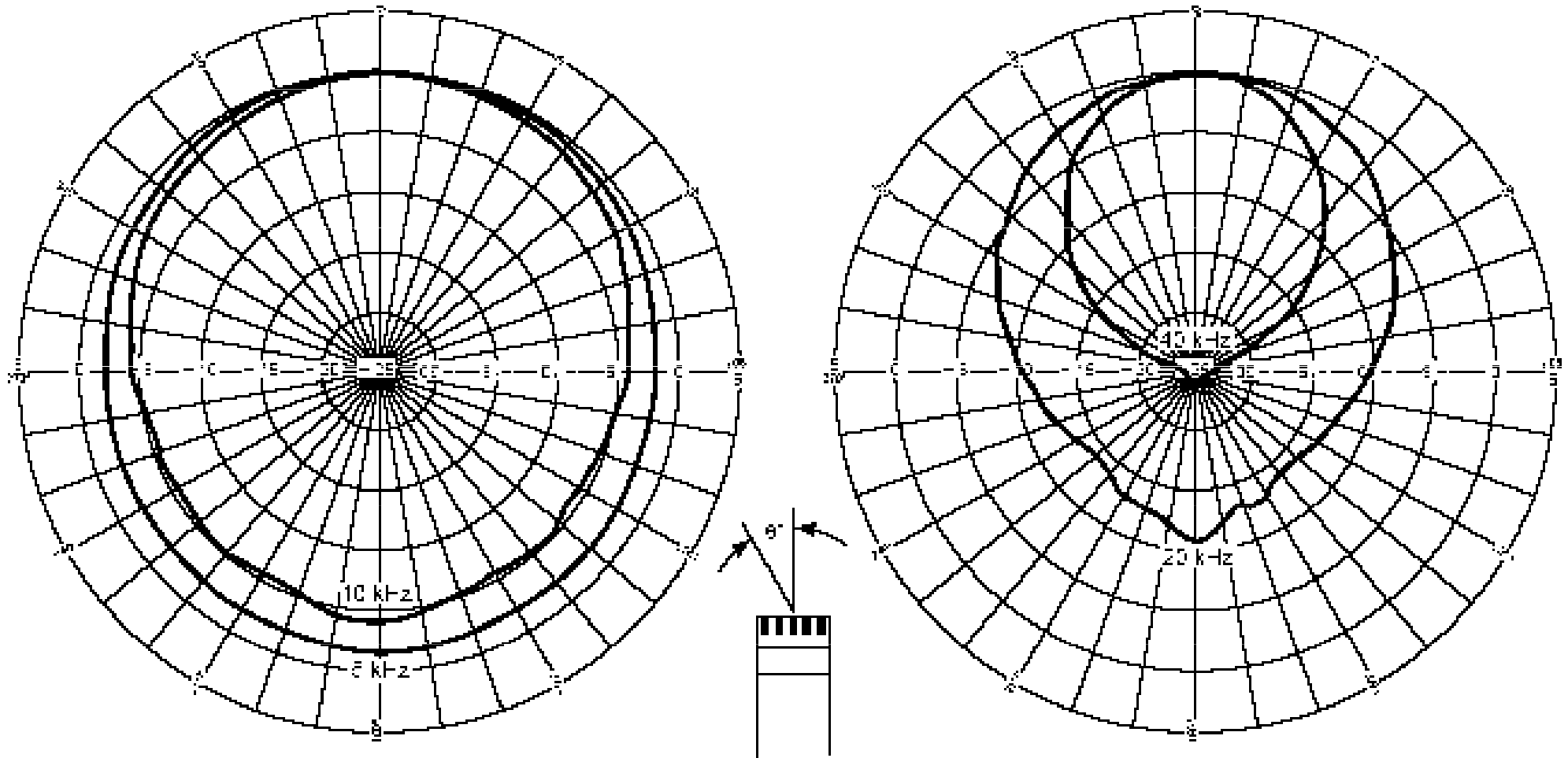
Mikrofon a předzesilovač



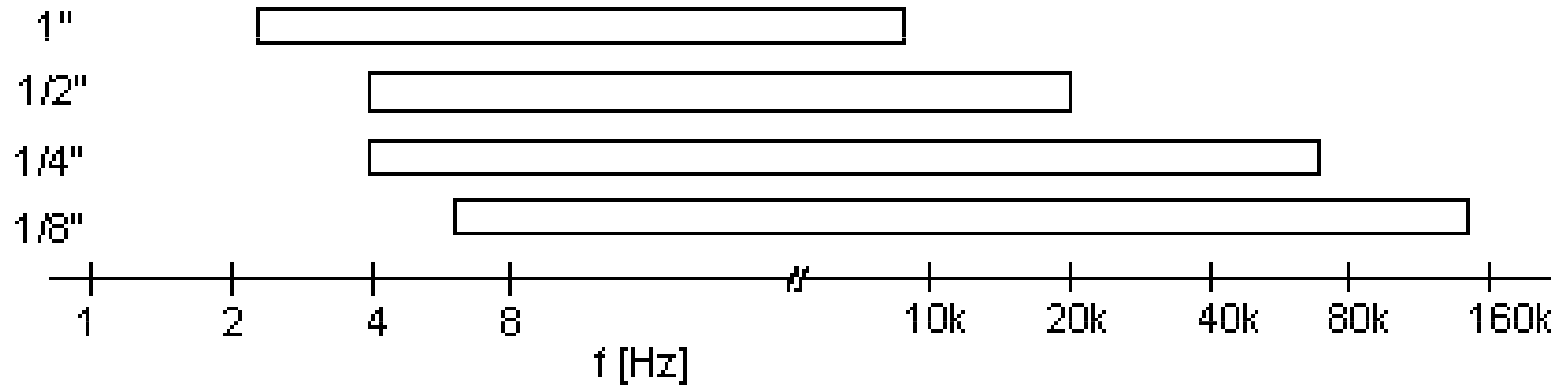
Charakteristika mikrofonu



Směrová charakteristika



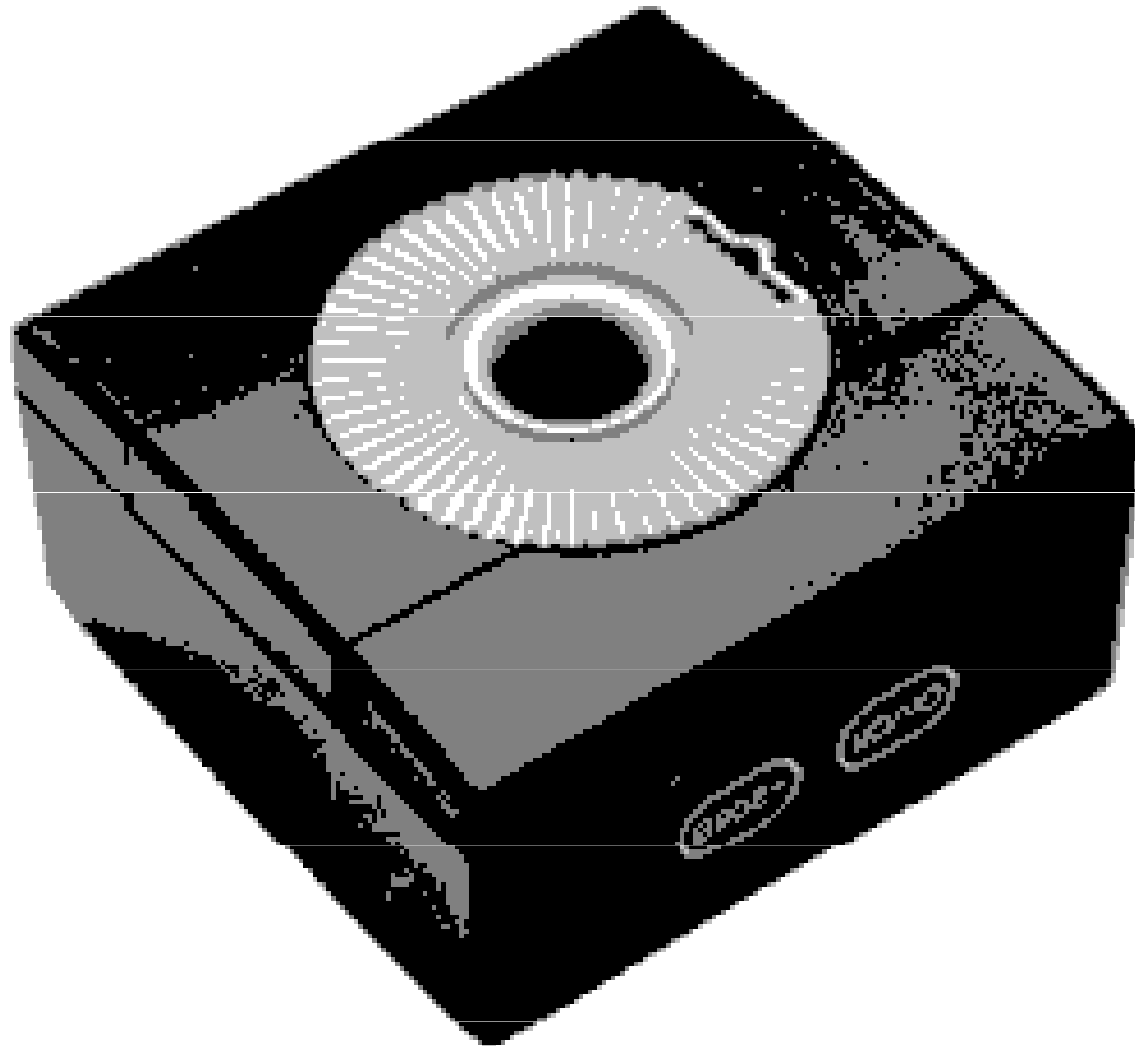
Mikrofony - velikosti



Kalibrace

94 dB

1 kHz



Nashledanou

