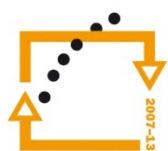




MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

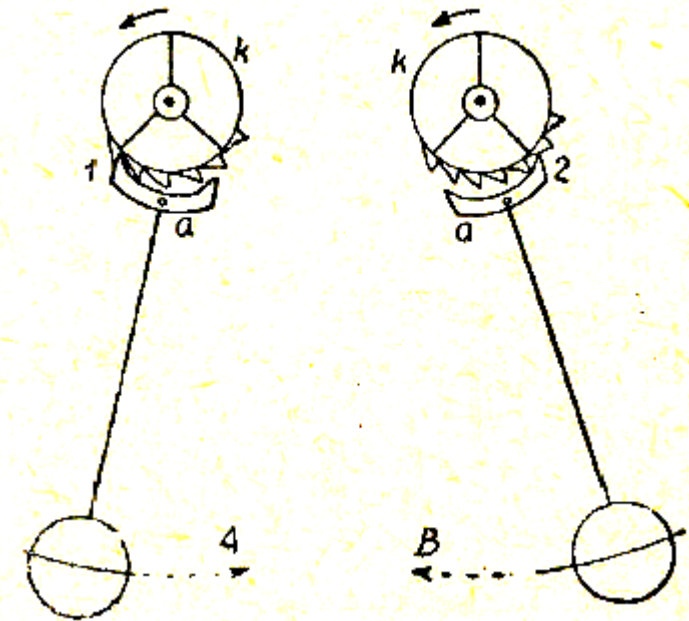
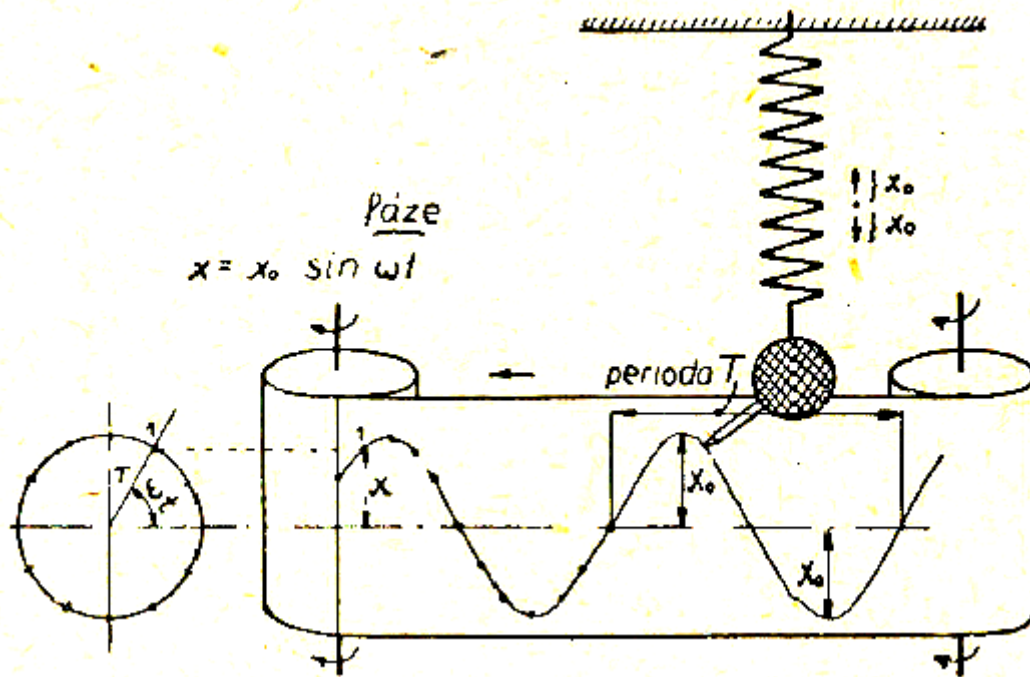
Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

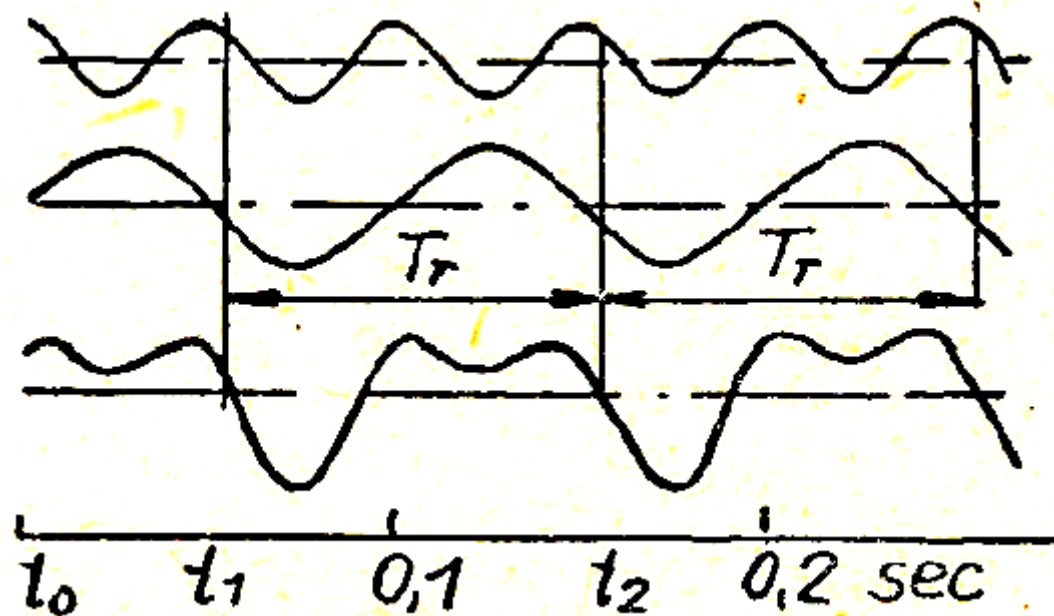
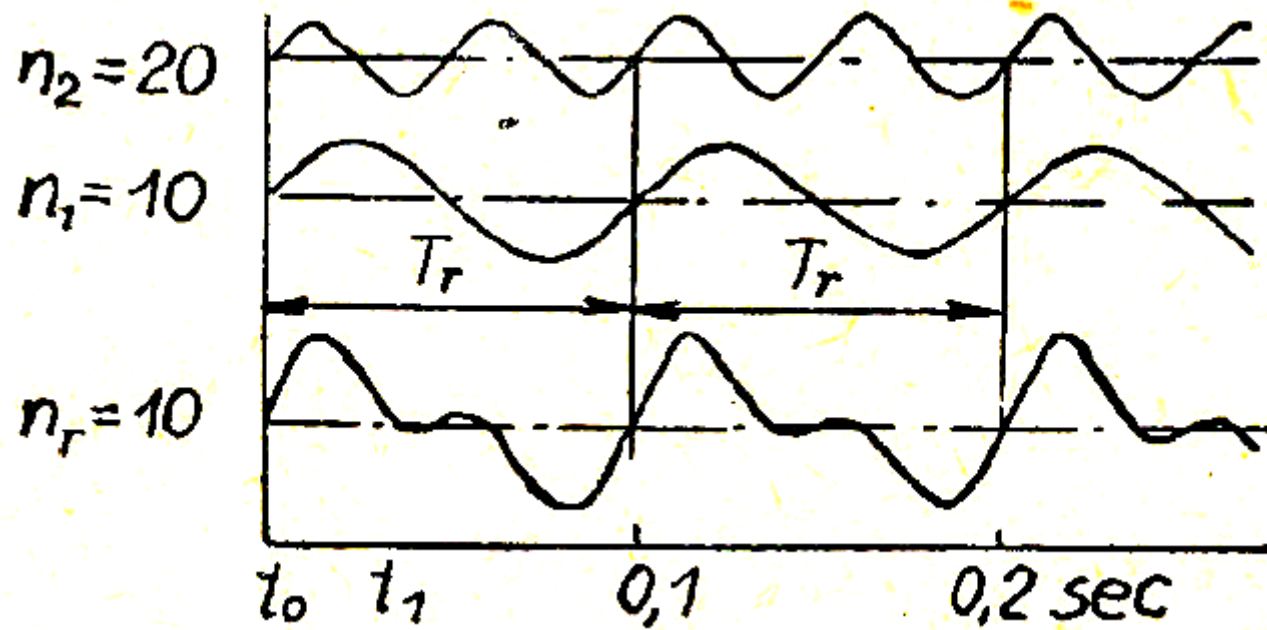
- Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT
Název: Kontrola a měření strojních součástí a jejich polotovarů
Téma: **Měření hluku a vibrací**
Autor: Ing. Smolek Jan
Číslo: VY_32_INOVACE_24-05
Anotace: Prezentace jako podpora k výkladu o principech a účelech měření vibrací strojních zařízení.
Problematika je zmiňována ve Strojních a technologických laboratořích středních průmyslových škol.
DUM je určen pro čtvrté ročníky všech oborů.
Materiál byl vytvořen v dubnu 2013.

Osnova:

- Kmitání a vlnění
- Šíření rozruchu
- Zvuk (hluk) = **akustické tj. slyšitelné vlnění v plynném či kapalném prostředí**
 - Akustický tlak, výkon, intenzita
 - Lidský sluch
 - Měření hluku
- Vibrace = **mechanické vlnění (kmitání) bez kmitočtového omezení v tuhých látkách**
 - Výchylka, rychlost, zrychlení a síla
 - Měření vibrací

Netlumené kmity:

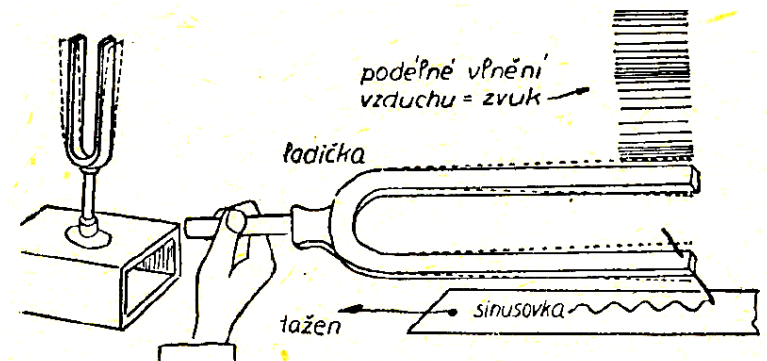
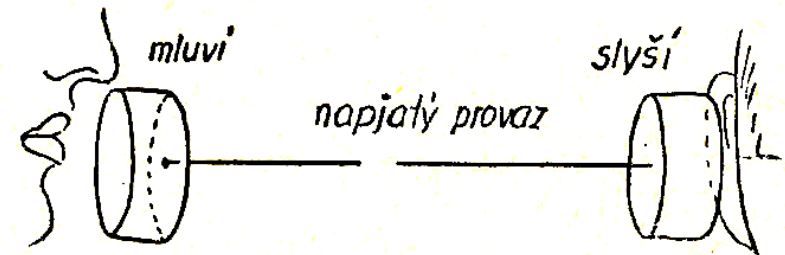
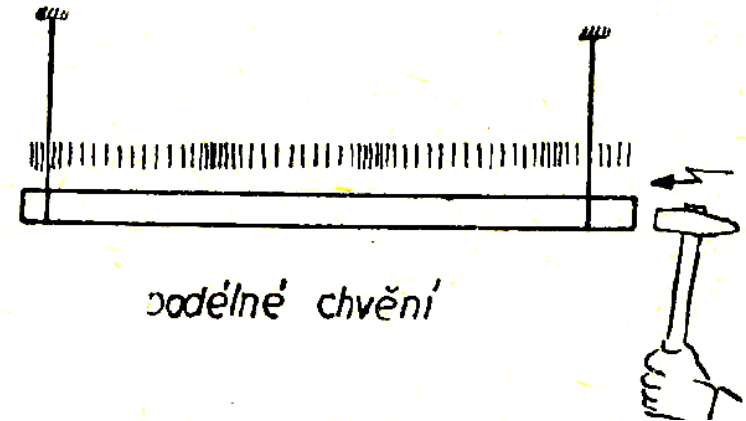
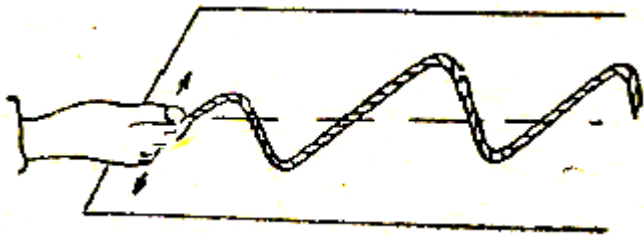
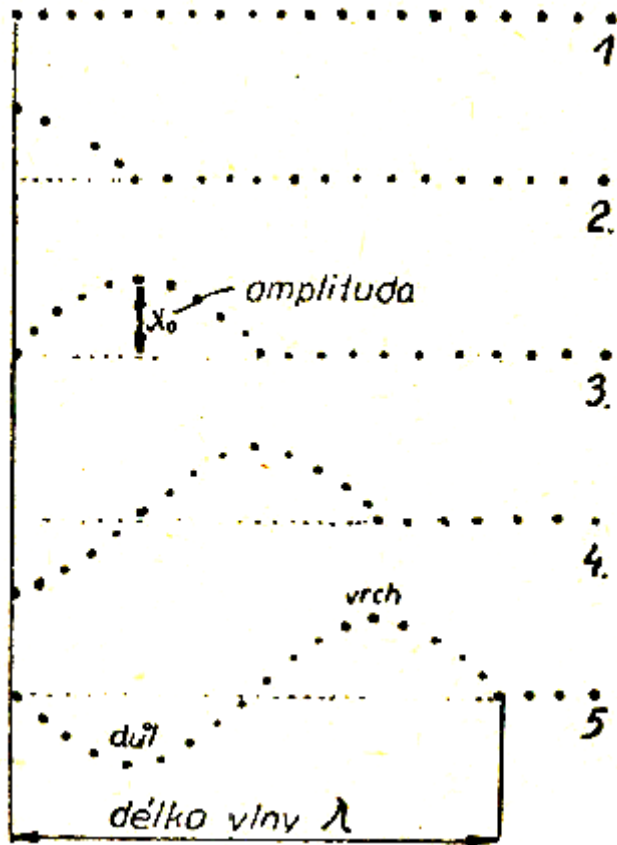




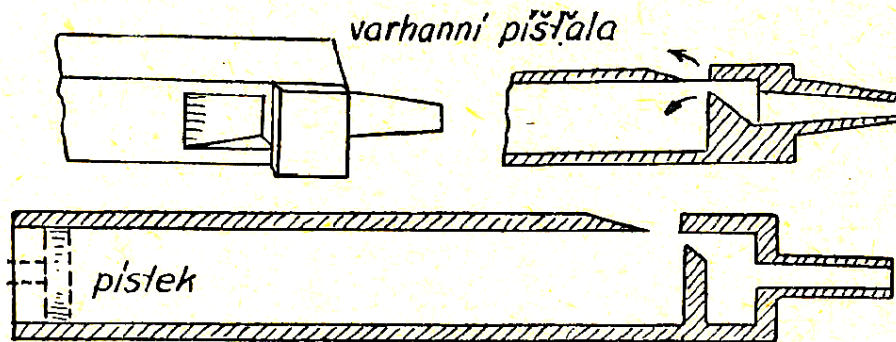
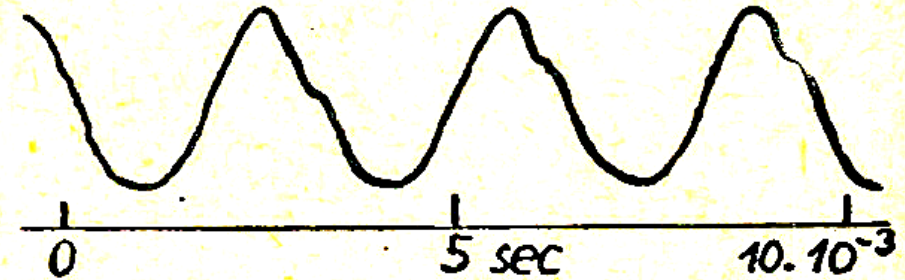
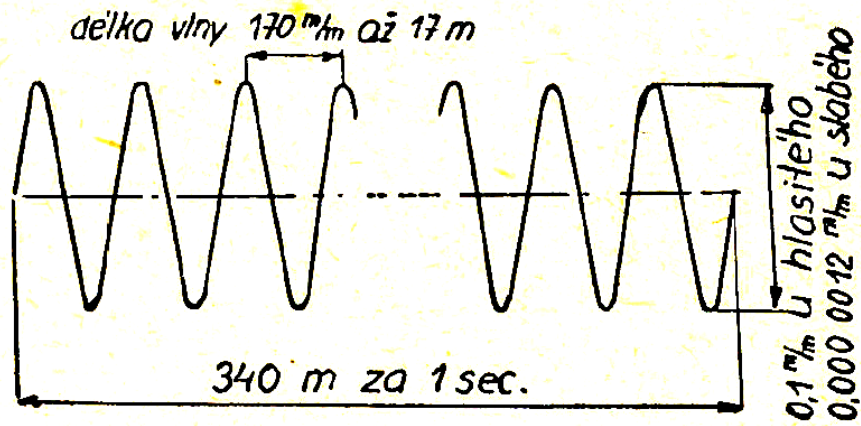
Nesinusové kmity:

Vlnění hmoty:

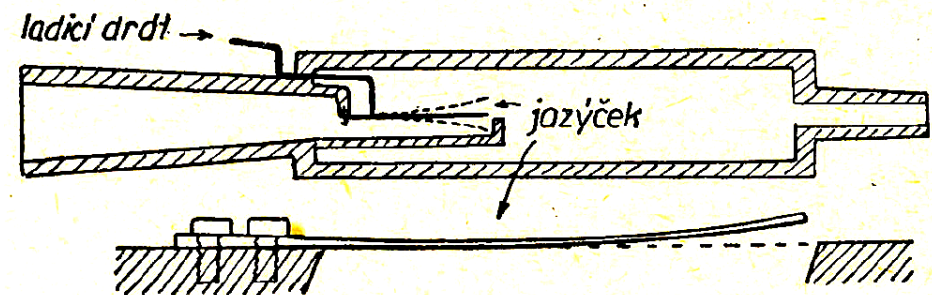
(příčné, podélné, stojaté chvění)



Vlnění sloupců kapalin a plynů:

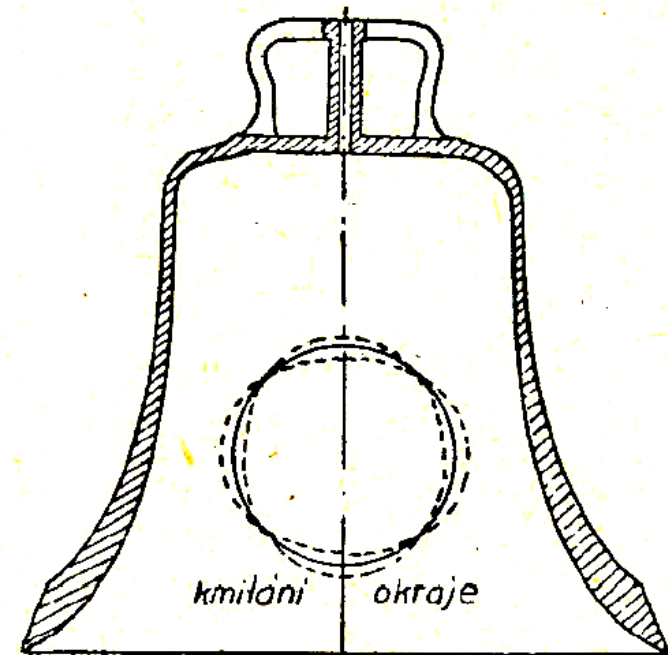
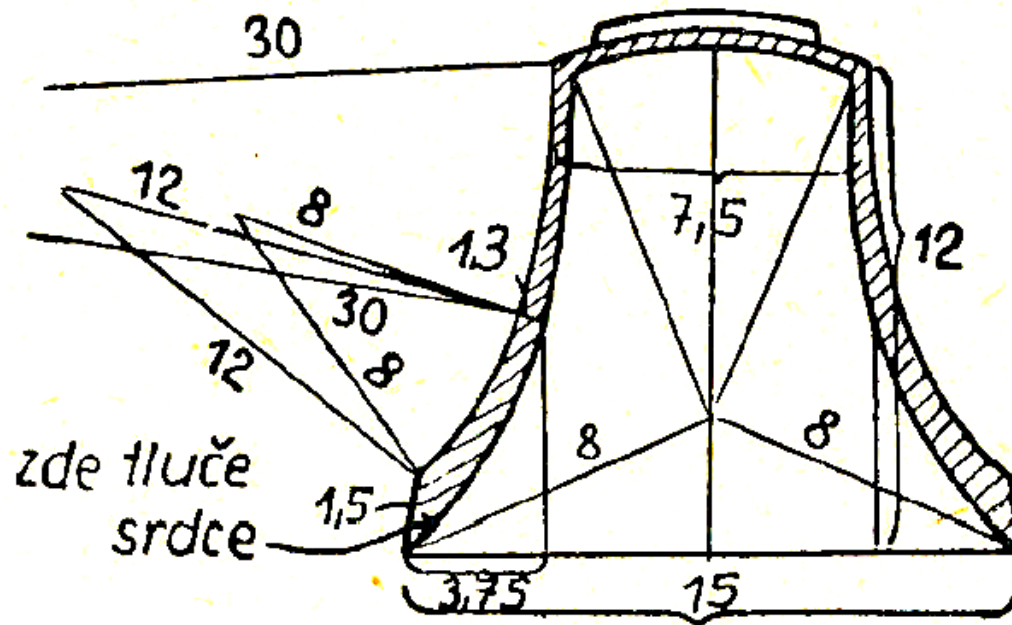


Píšťala retná

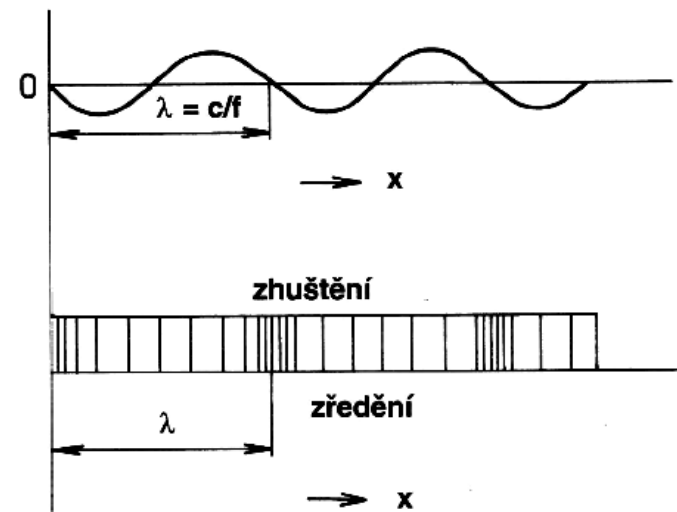
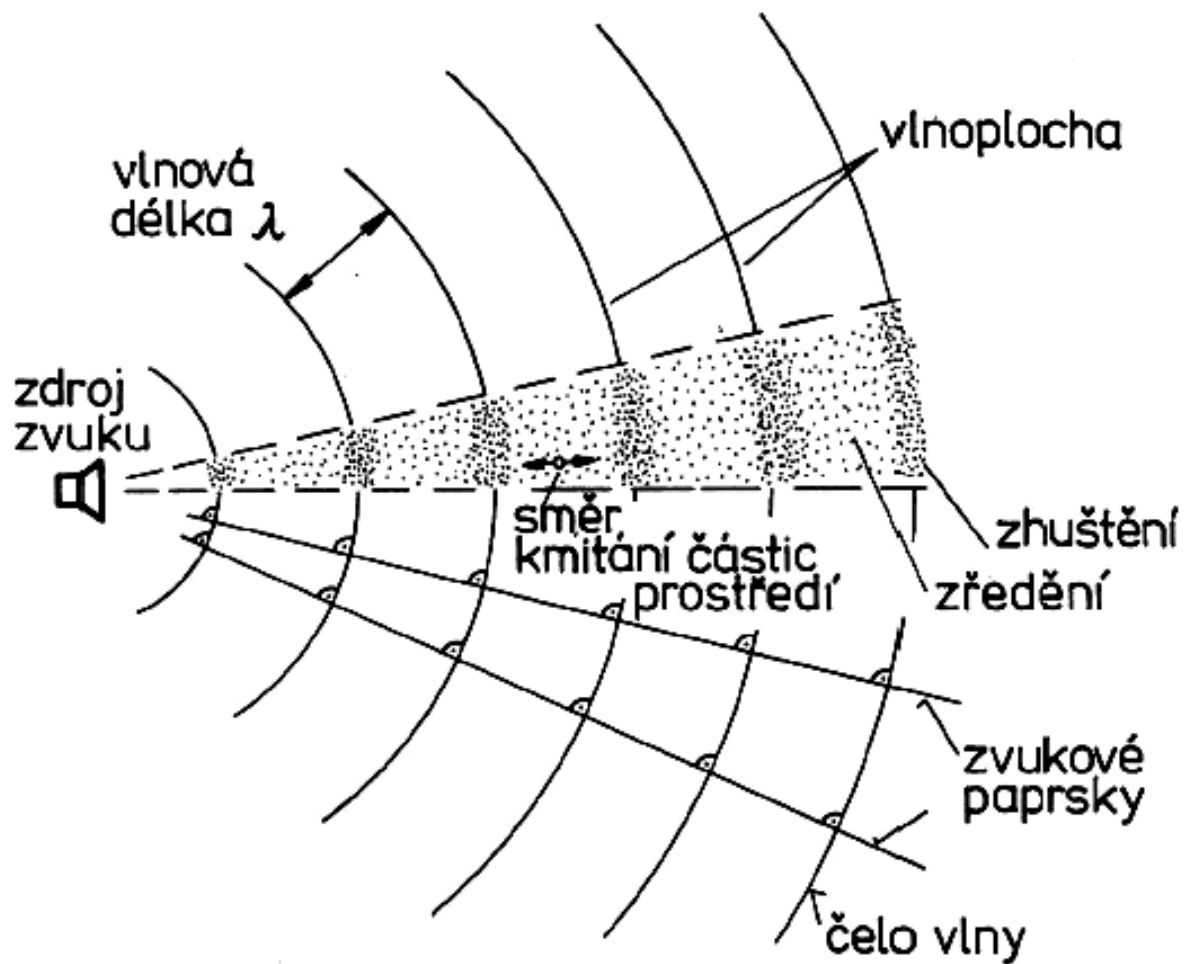


Píšťala jazýčková

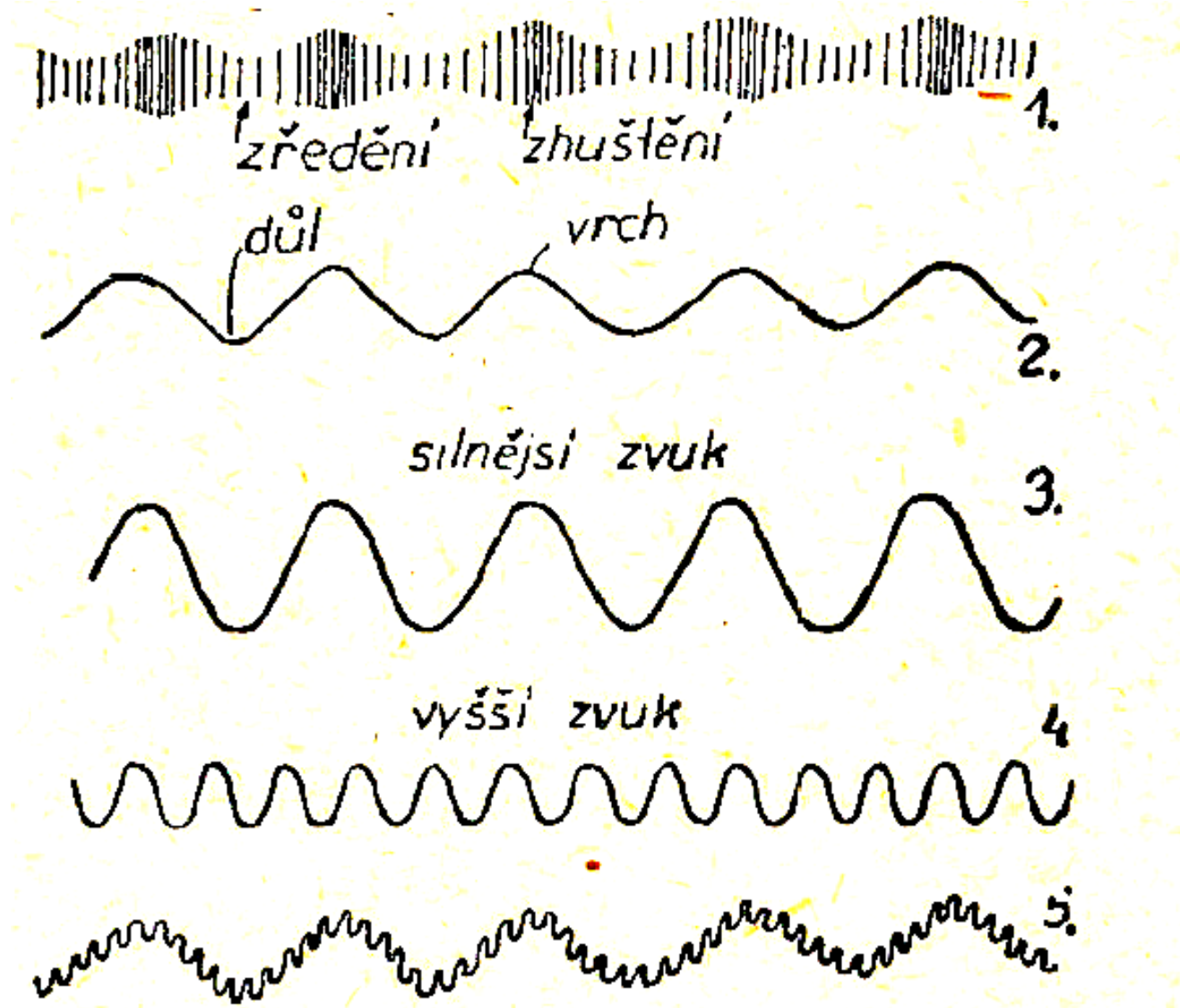
Vlastní vlnění ploch: (Chladniho obrazce)



Šíření rozruchu:



Zvukové vlny ve vzduchu:



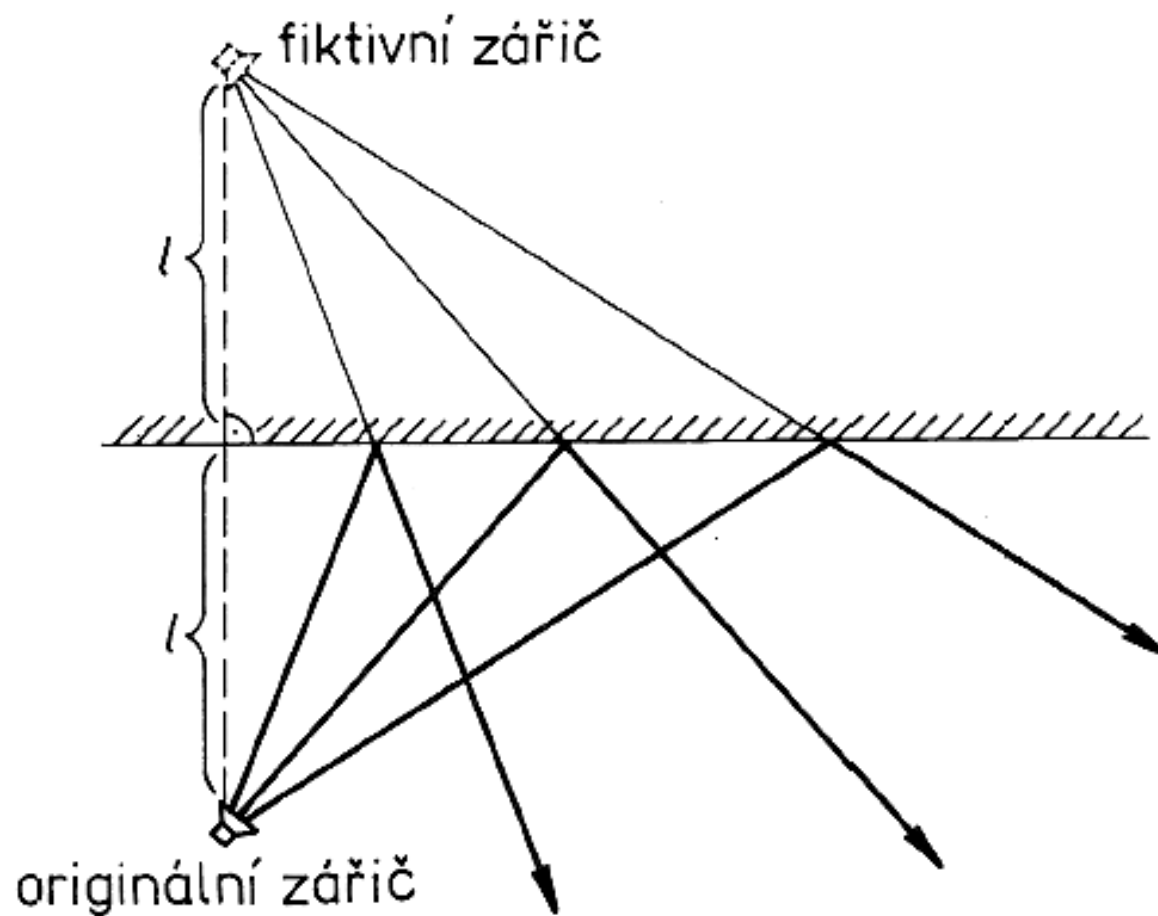
Rychlost šíření rozruchu v m.s⁻¹

Prostředí	Rychlost šíření	Prostředí	Rychlost šíření
Vzduch, 0 °C, 10 ⁵ Pa	332	dřevo, po letech	≈ 4300
Vzduch, 20 °C, 10 ⁵ Pa	343	dřevo napříč let	≈ 1500
Vzduch, 40 °C, 10 ⁵ Pa	356	papír	≈ 2000
Vzduch, -20 °C, 10 ⁵ Pa	319	cihly, beton	≈ 2200
Ocel	≈ 5200	beton	≈ 3000
Hliník	≈ 4900	voda, 14 °C	1450
Sklo	≈ 5300	PVC	≈ 850
Mosaz	≈ 3500	tech. pryž (40° Sh)	≈ 60
Olovo	≈ 1300	vlákniny	≈ 40

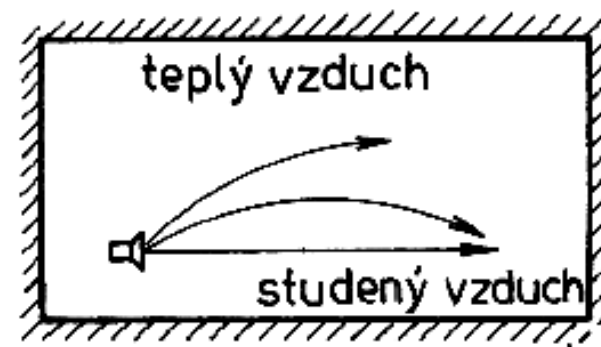
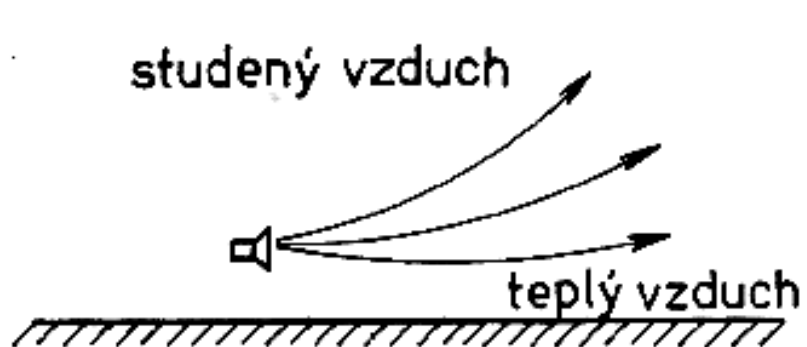
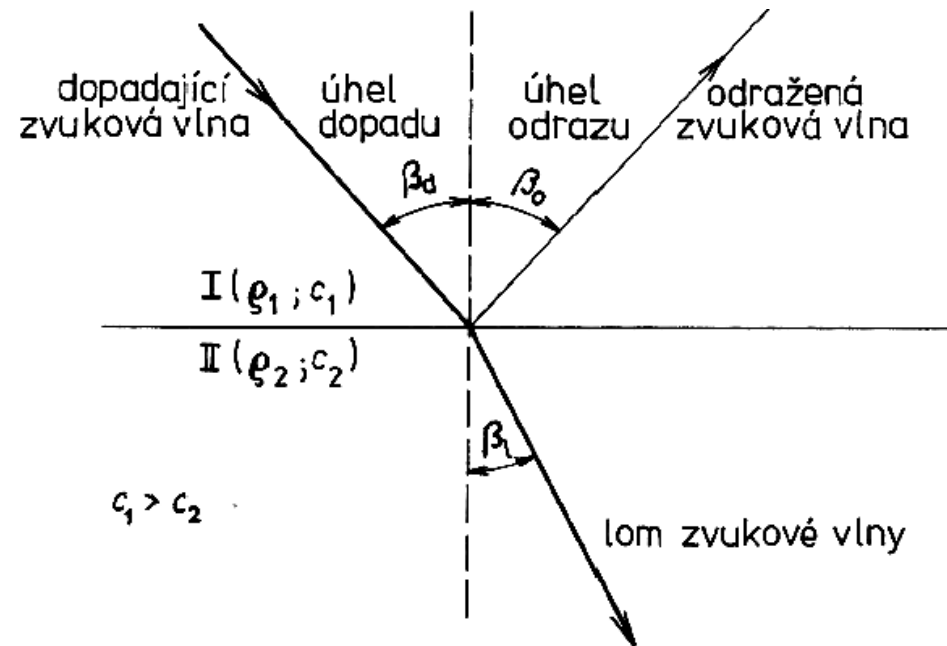
**Přepočty hladin,
zrychlení, rychlosti a
síly:**

Hladina L_a, L_v, L_F [dB]	Zrychlení a [m/s ²]	Rychlost v [m/s]	Síla F [N]
0	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-9}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$
10	$3,16 \cdot 10^{-6}$	$3,16 \cdot 10^{-9}$	$3,16 \cdot 10^{-6}$
20	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,00 \cdot 10^{-8}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$
30	$3,16 \cdot 10^{-5}$	$3,16 \cdot 10^{-8}$	$3,16 \cdot 10^{-5}$
40	$1,00 \cdot 10^{-4}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$	$1,00 \cdot 10^{-4}$
50	$3,16 \cdot 10^{-4}$	$3,16 \cdot 10^{-7}$	$3,16 \cdot 10^{-4}$
60	$1,00 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$
70	$3,16 \cdot 10^{-3}$	$3,16 \cdot 10^{-6}$	$3,16 \cdot 10^{-3}$
80	0,01	$1,00 \cdot 10^{-5}$	0,01
90	0,0316	$3,16 \cdot 10^{-5}$	0,03162
100	0,1	$1,00 \cdot 10^{-4}$	0,1
101	0,112	$1,12 \cdot 10^{-4}$	0,112
102	0,126	$1,26 \cdot 10^{-4}$	0,126
103	0,141	$1,41 \cdot 10^{-4}$	0,141
104	0,158	$1,58 \cdot 10^{-4}$	0,158
105	0,178	$1,78 \cdot 10^{-4}$	0,178
106	0,200	$2,10 \cdot 10^{-4}$	0,2
107	0,224	$2,24 \cdot 10^{-4}$	0,224
108	0,251	$2,51 \cdot 10^{-4}$	0,251
109	0,282	$2,82 \cdot 10^{-4}$	0,282
110	0,316	$3,16 \cdot 10^{-4}$	0,316
111	0,355	$3,55 \cdot 10^{-4}$	0,355
112	0,398	$3,98 \cdot 10^{-4}$	0,398
113	0,447	$4,47 \cdot 10^{-4}$	0,447
114	0,501	$5,01 \cdot 10^{-4}$	0,501
115	0,562	$5,62 \cdot 10^{-4}$	0,562
116	0,631	$6,31 \cdot 10^{-4}$	0,631
117	0,707	$7,07 \cdot 10^{-4}$	0,707
118	0,794	$7,94 \cdot 10^{-4}$	0,794
119	0,891	$8,91 \cdot 10^{-4}$	0,891
120	1	$1,00 \cdot 10^{-3}$	1
130	3,162	$3,16 \cdot 10^{-3}$	3,162
140	10	$1,00 \cdot 10^{-2}$	10
150	31,6	$3,16 \cdot 10^{-2}$	31,6
160	100	0,1	100

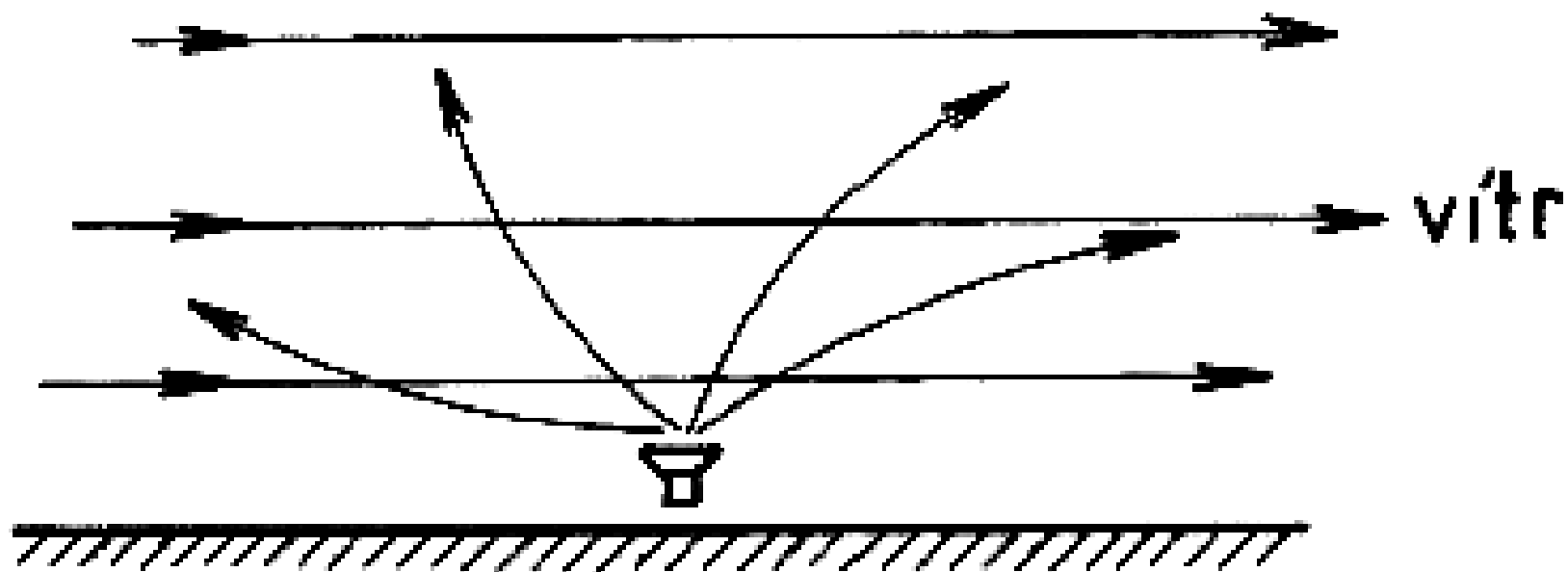
Odraz při šíření vln rozruchu proti překážce:



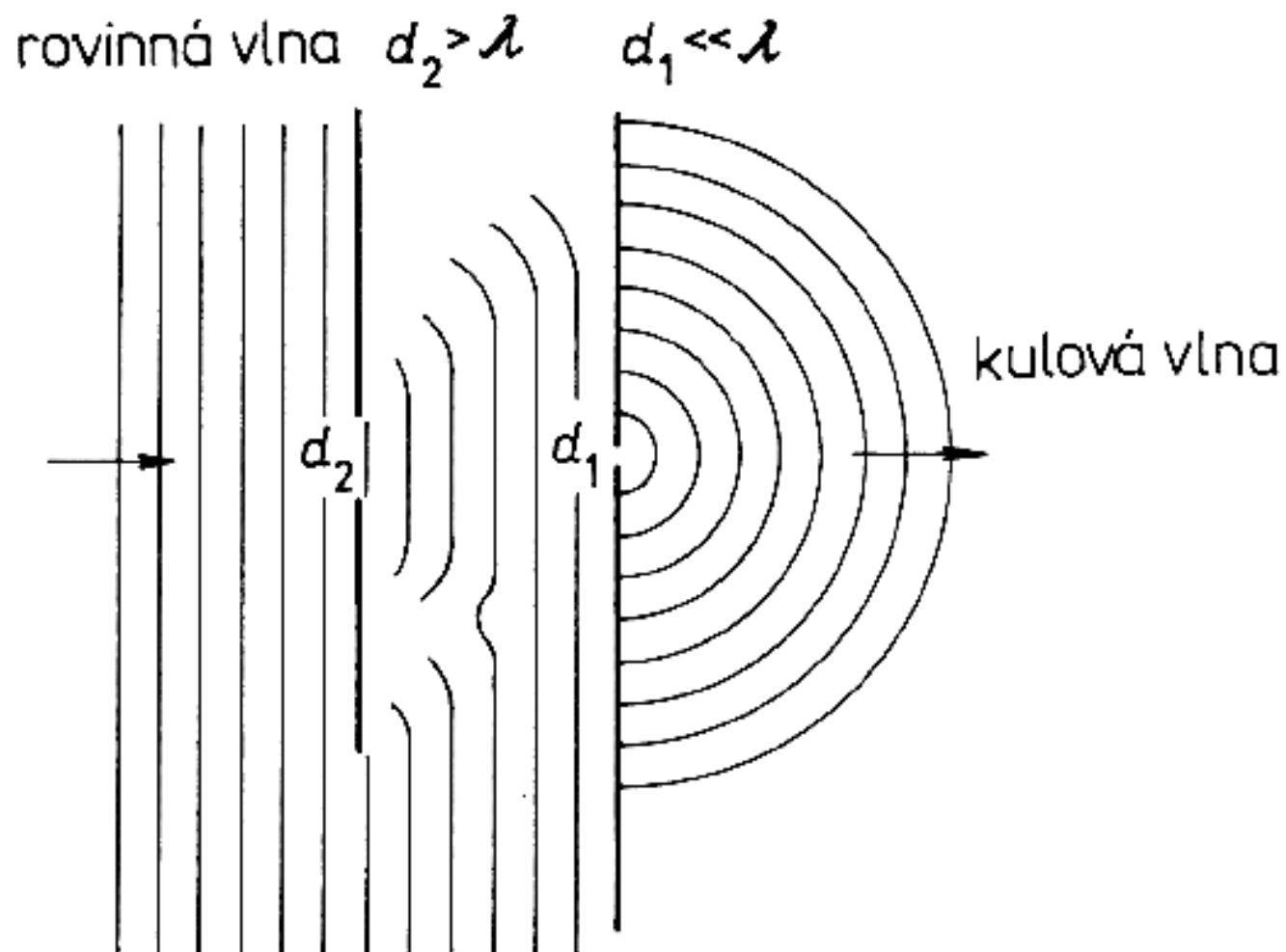
Lom a odraz zvukového paprsku na rozhraní prostředí s danou hustotou a rychlostí šíření:



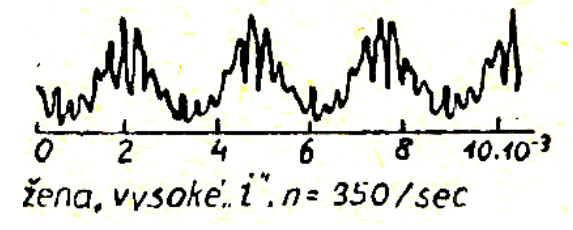
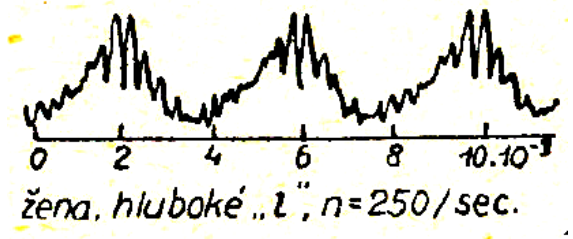
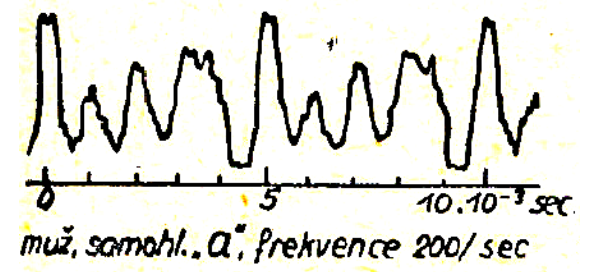
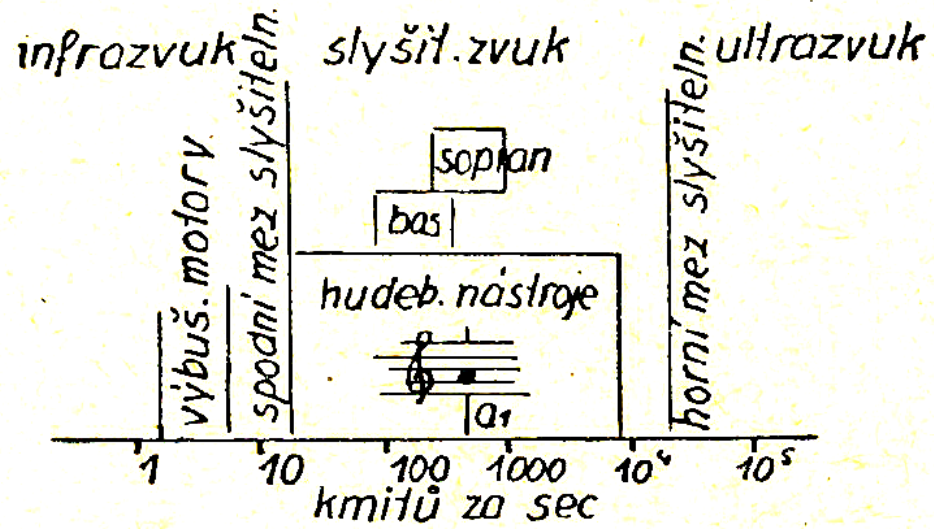
Unášení zvuku větrem:



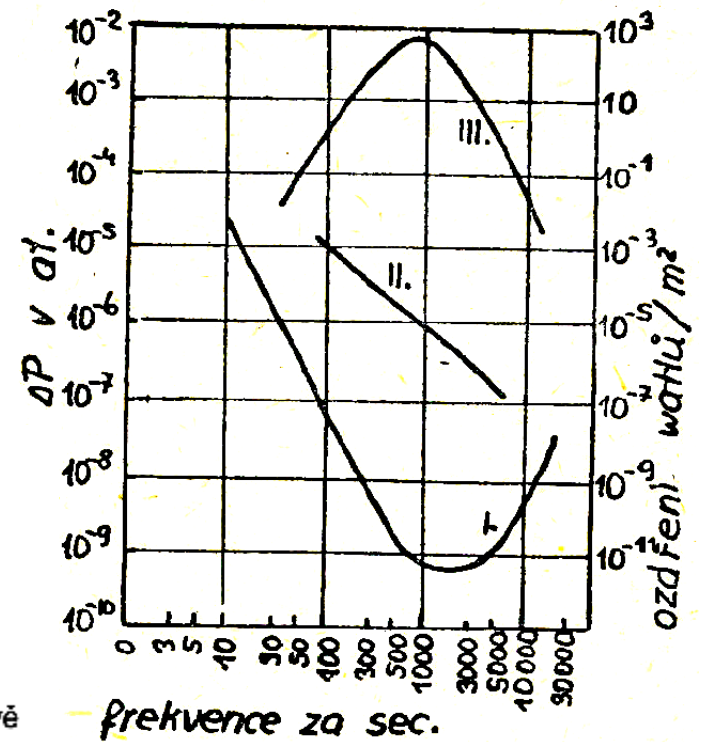
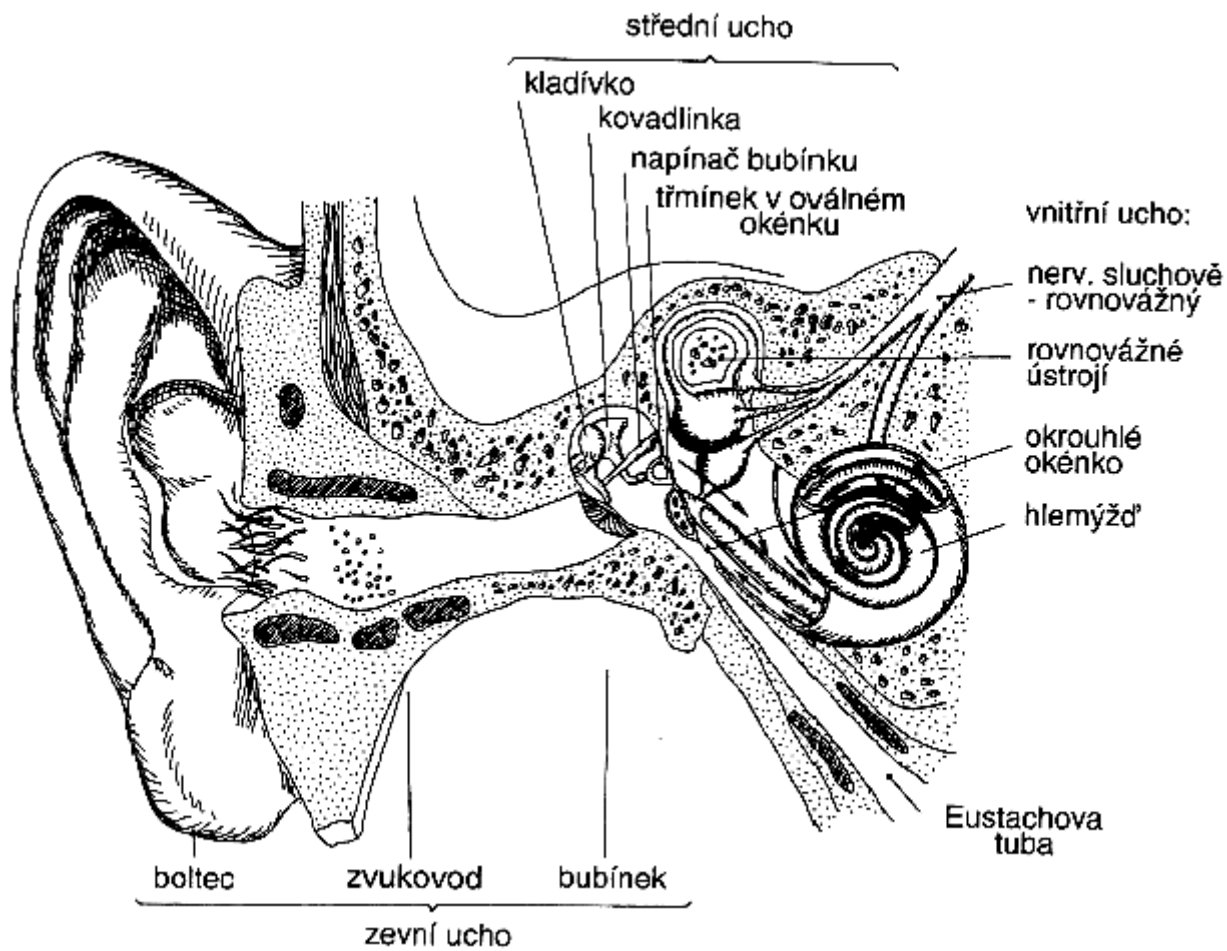
Průchod zvuku otvory v překážce:



Tóny:



Lidský sluch:





Technické měření zvuku: (fon, decibel)

Při technickém měření zvuku srovnáváme sílu zvuku se zvukem, který má frekvenci 1000 kmitů za sec, a pro stejně silně nařízený srovnávací zvuk určíme

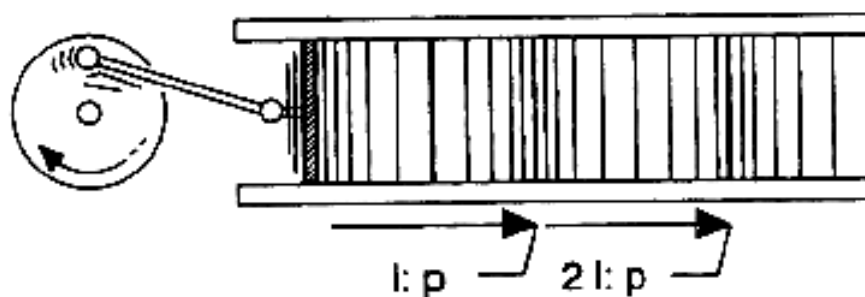
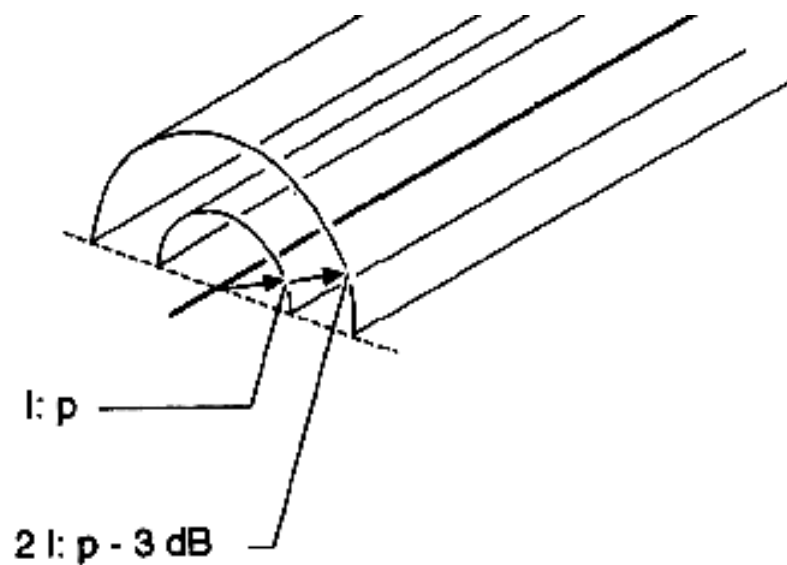
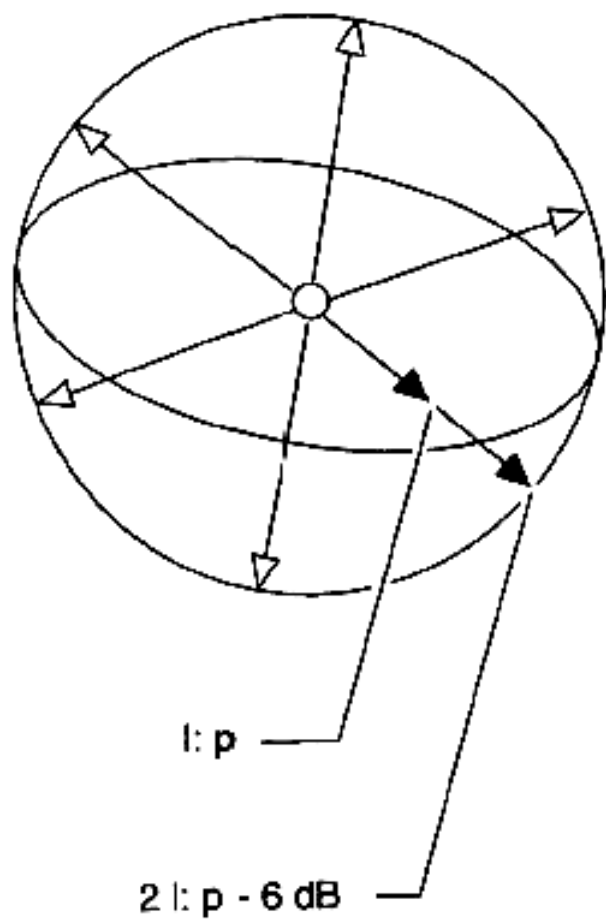
$$20 \cdot \log (\Delta p / \Delta p_0). \quad (D)$$

Δp = tlaková amplituda zvukové vlny; jmenovatel Δp_0 bývá obyčejně volen 0,00002 newtonů/m²; odpovídá to asi hranici slyšitelnosti ucha při frekvenci $\omega = 1000/\text{sec}$. Z rovnice (D) dostaneme bezrozměrné číslo. Násobíme je číslem 1 a této jedničce říkáme *fon*. Tlakovou amplitudu Δp zvukové vlny můžeme místo účinku na ucho přímo změřit. Dosadíme-li ji pak do (D), nenazývá se už 1 již jsme násobili *fon*, nýbrž říká se jí *decibel*. V radiotechnice měříme decibely.

Akustický tlak:

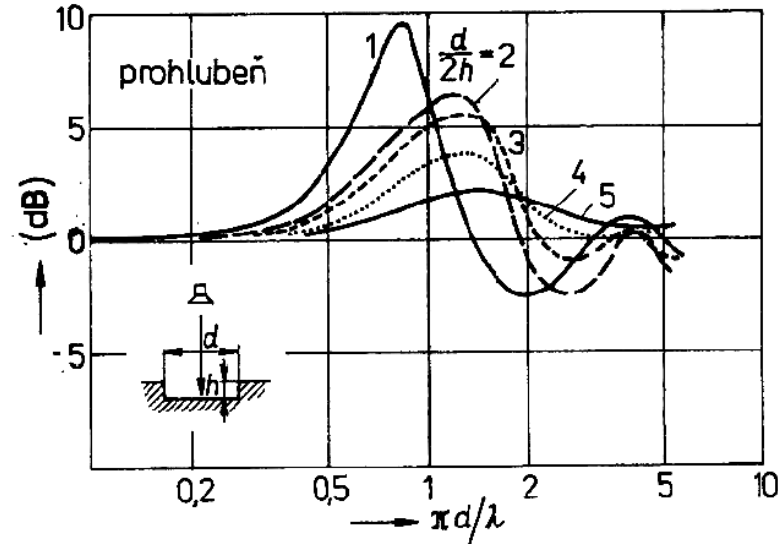
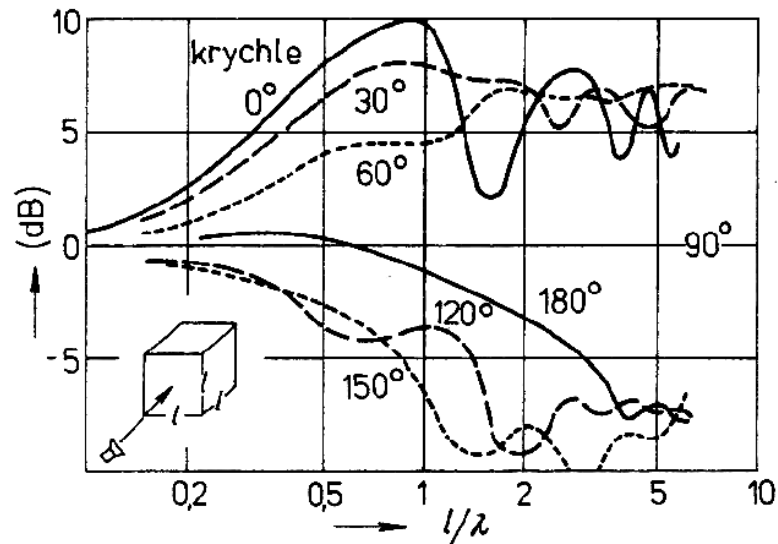
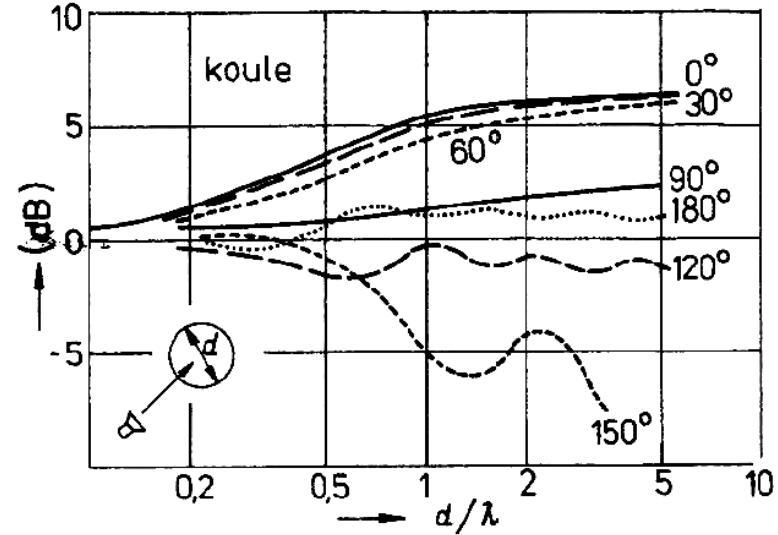
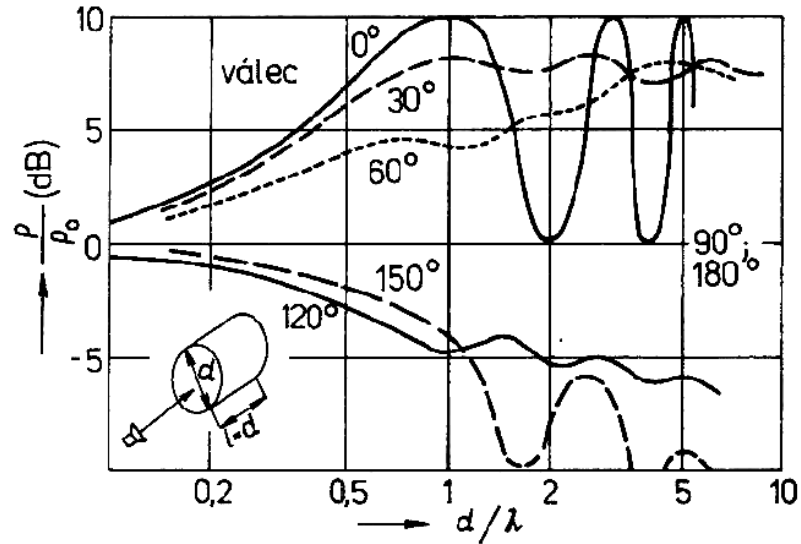
Tak je **hladina akustického tlaku** L_p dána vztahem

$$L_p = 20 \cdot \log (p/p_0) = 20 \cdot \log p + 94 \quad [\text{dB}]$$



Pokles akustického tlaku při zdvojnásobení vzdálenosti:

Vzestup akustického tlaku před překážkou a akustický stín za ní:



Akustický výkon:

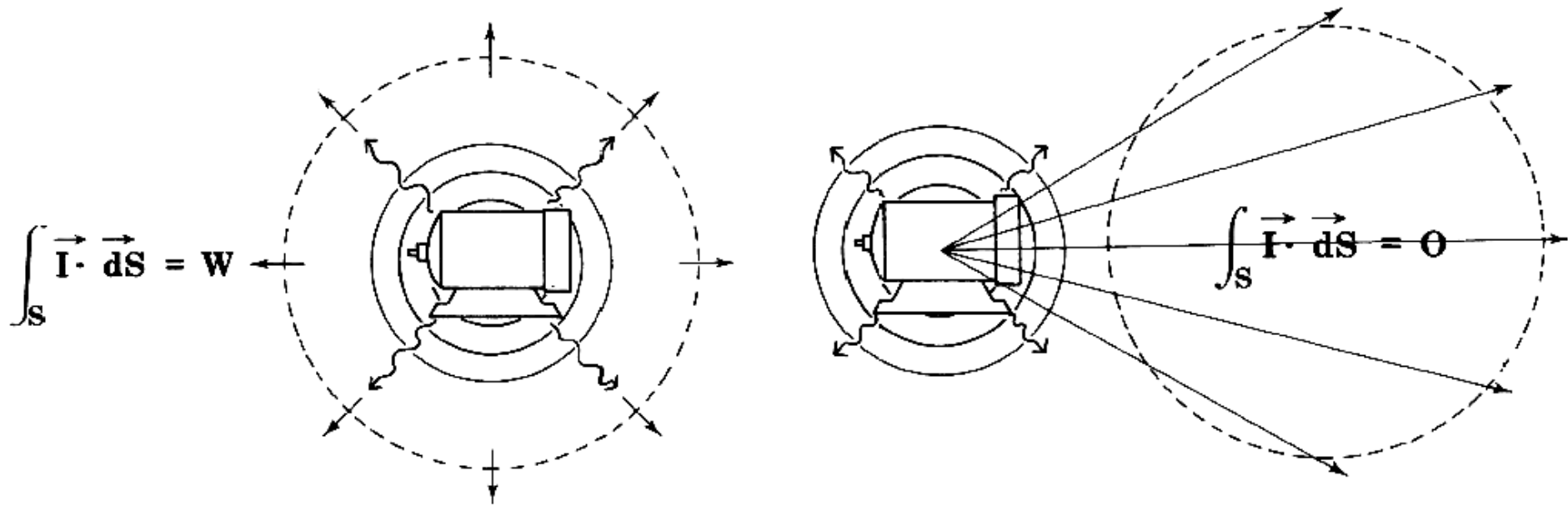
$$W = p \cdot v \cdot S = I \cdot S$$

$$[W; Pa, m^2, m/s; W/m^2, m^2]$$

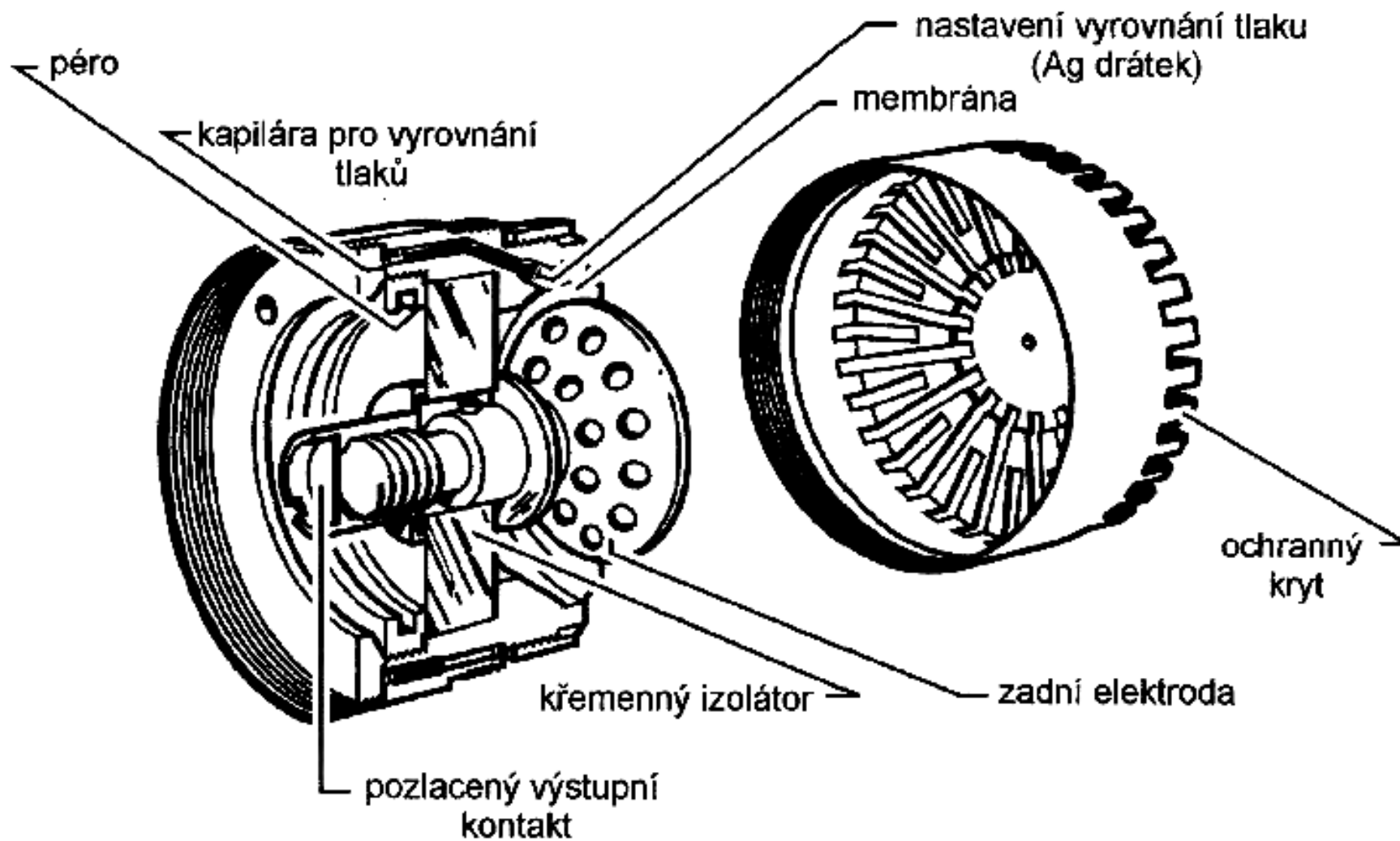
Slabý šepot, šum v tichém lese	$1 \cdot 10^{-10} \dots 1 \cdot 10^{-9}$	[W]
Hovorová řeč, panelový byt ve dne	$1 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-5}$	
Luxování, hlasitá řeč	$5 \cdot 10^{-4} \dots 2 \cdot 10^{-3}$	
Křik, bruska, píšťalka	$1 \cdot 10^{-2} \dots 0,1$	
Kovářská dílna, textilka	0,5 ... 1	
Symfonický orchestr, fortissimo	5 ... 15	
Trysková stíhačka	$\approx 10\ 000$	
Veliké dopravní letadlo (jumbojet)	$\approx 50\ 000$	
Kosmická raketa	$\approx 50\ 000\ 000$	

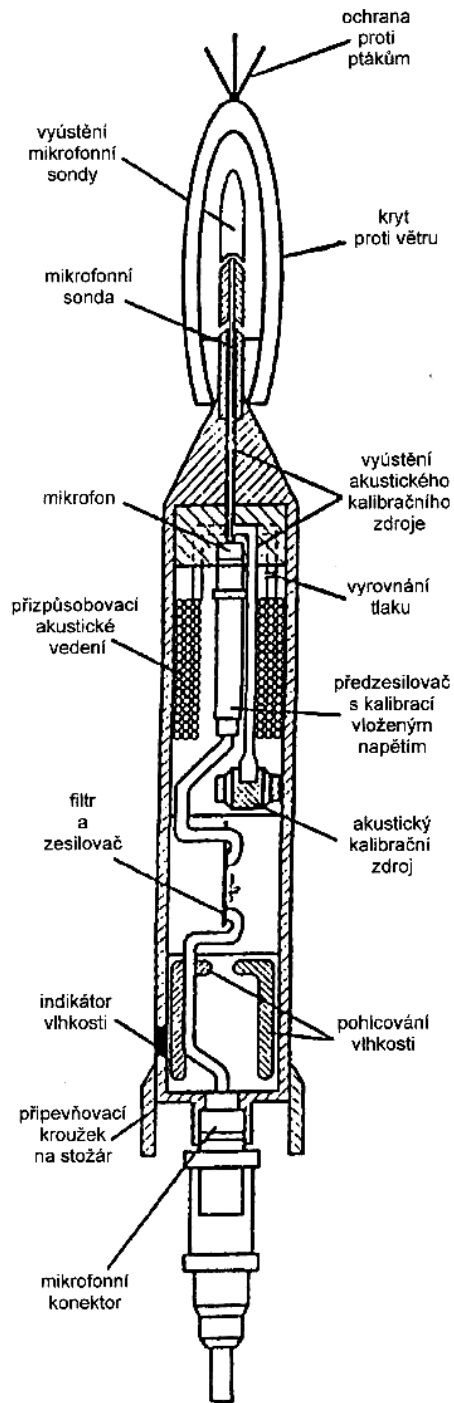
Akustická intenzita:

(zdroj zvuku uvnitř sledovaného prostoru a vně)



Mikrofon:

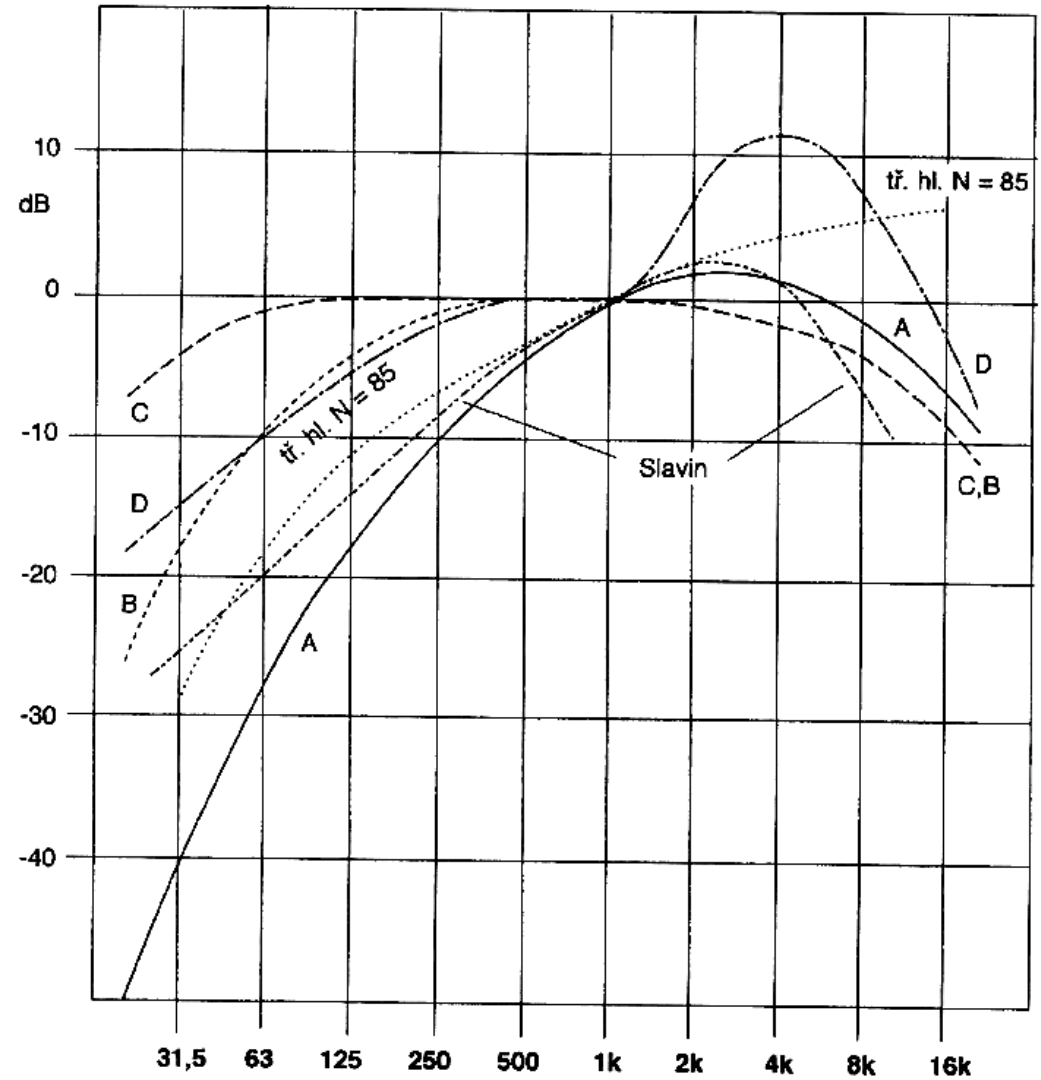




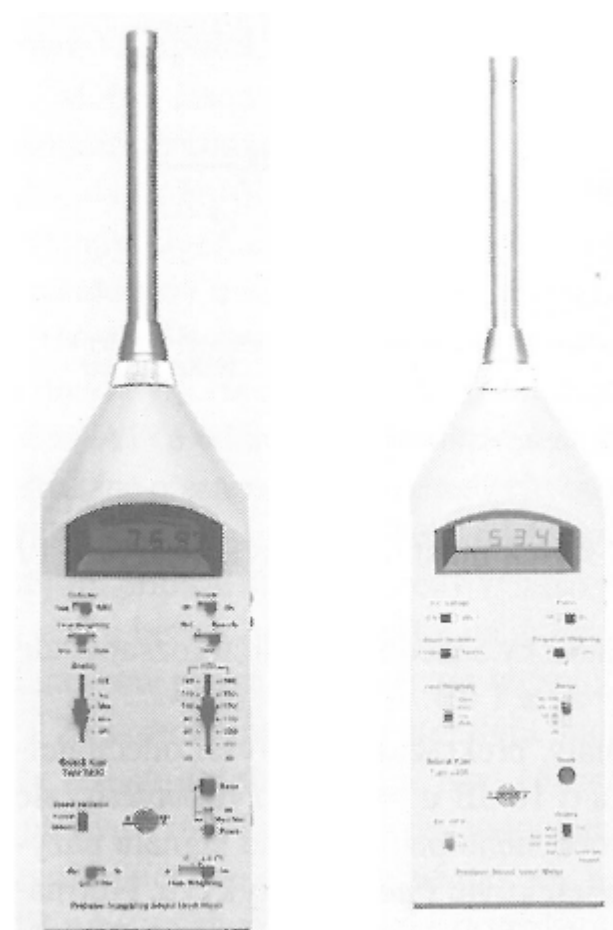
Speciální snímací mikrofonní hlavice pro extrémní povětrnostní poměry a s dálkovou kalibrací:

Subjektivní vjem a objektivní hodnoty:

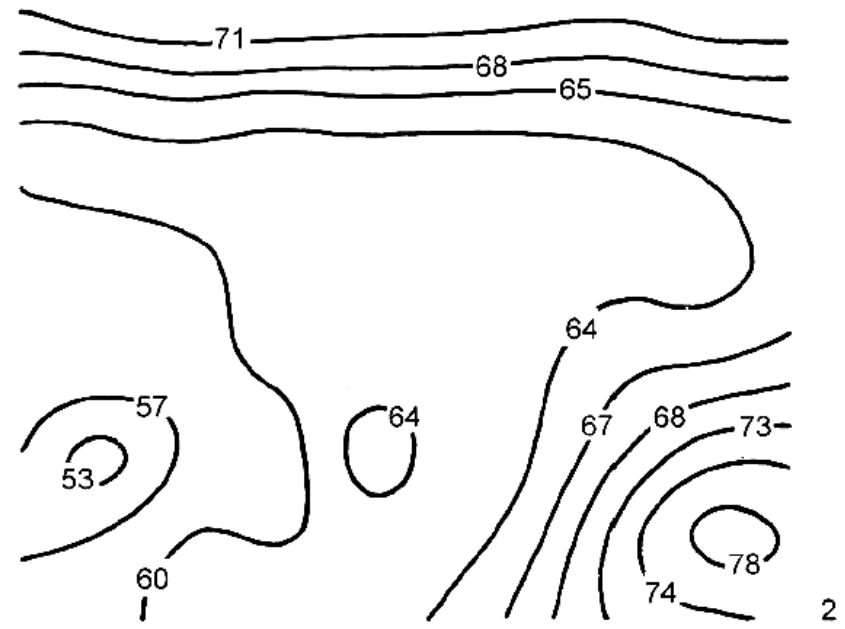
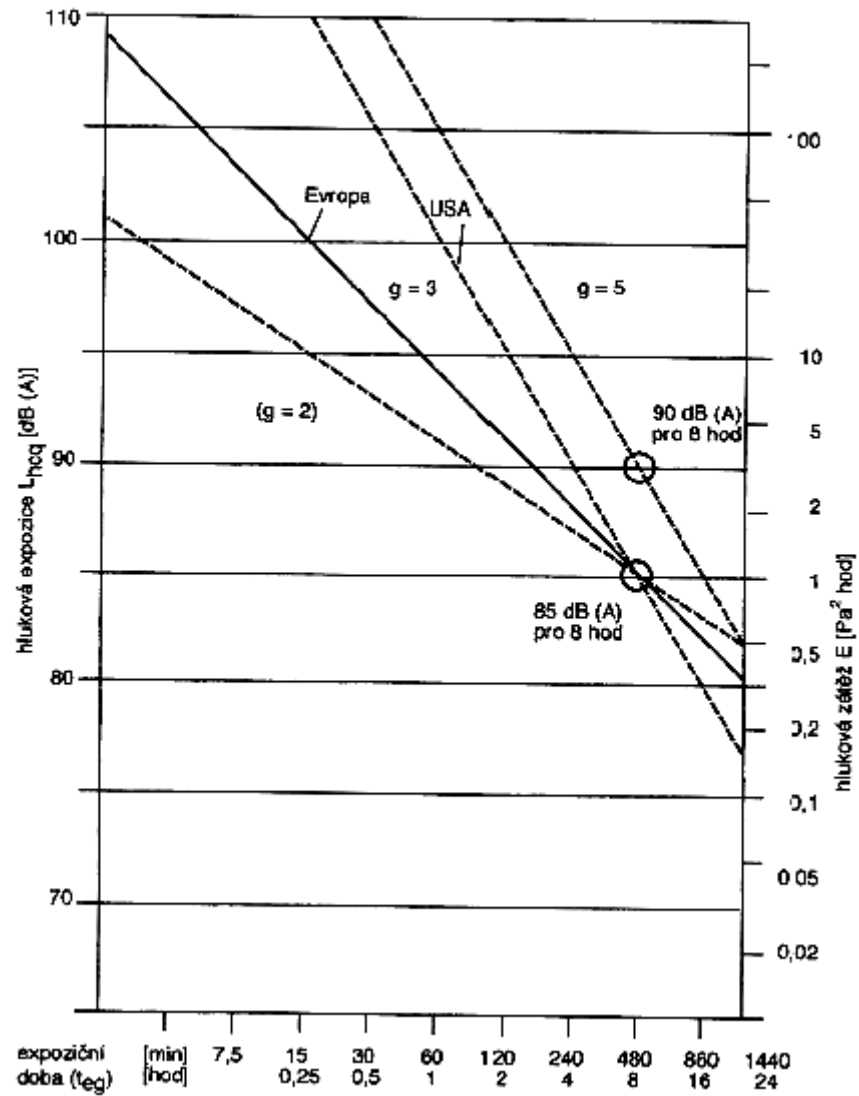
- Rušení (disturbance)
- Rozmrzelost (annoyance)
- Hlučnost (noisiness)
- Obtěžování (nuisance)



Zvukoměry:



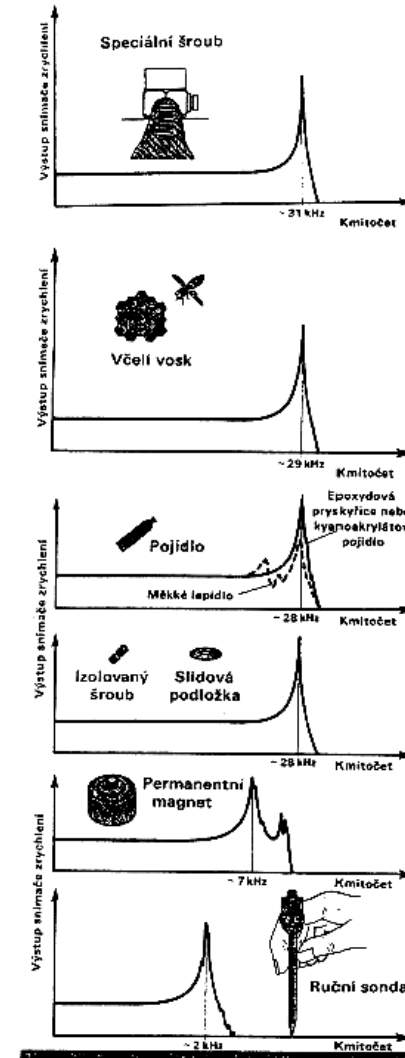
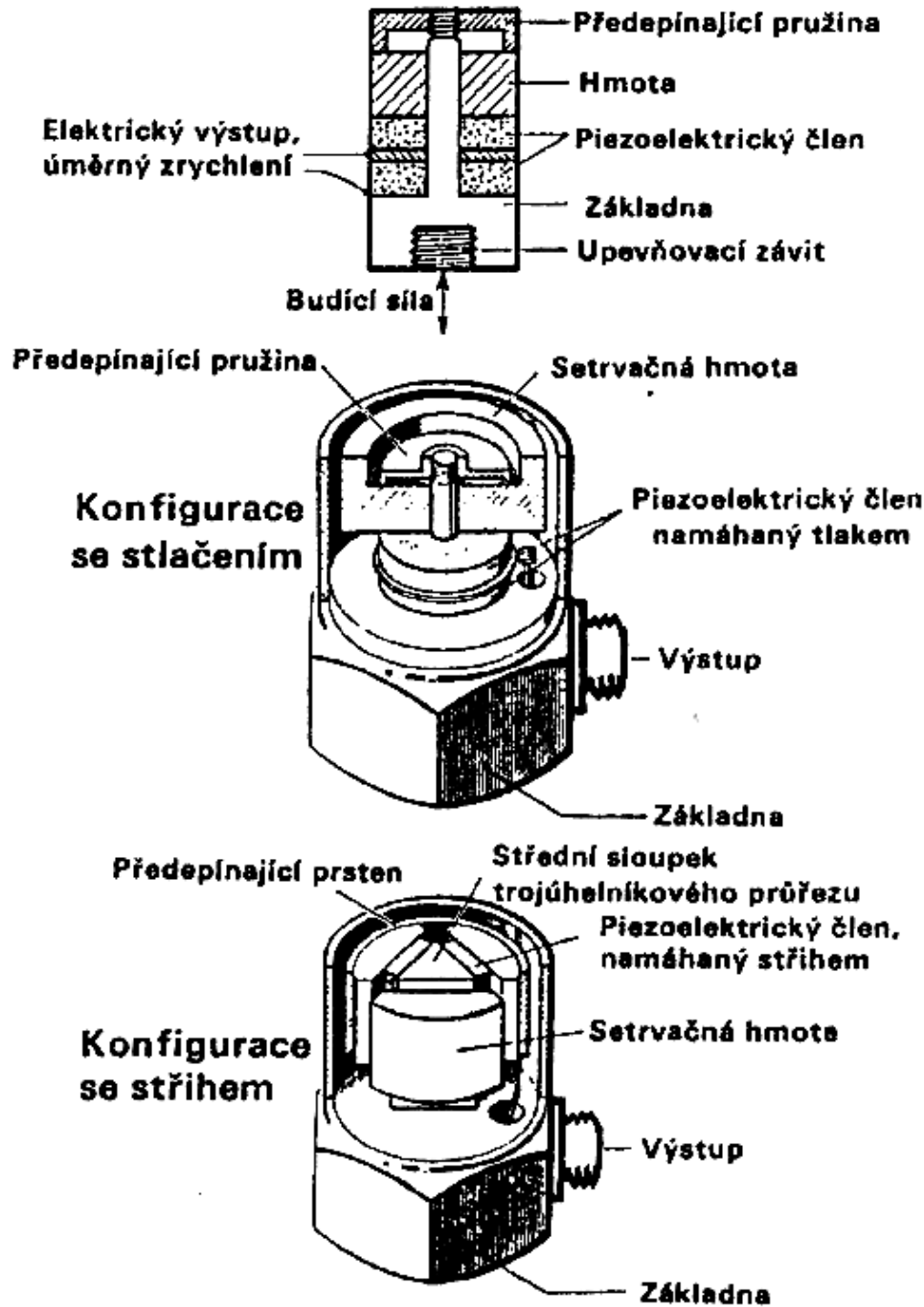
Zvukové expozimetry (dozimetry):



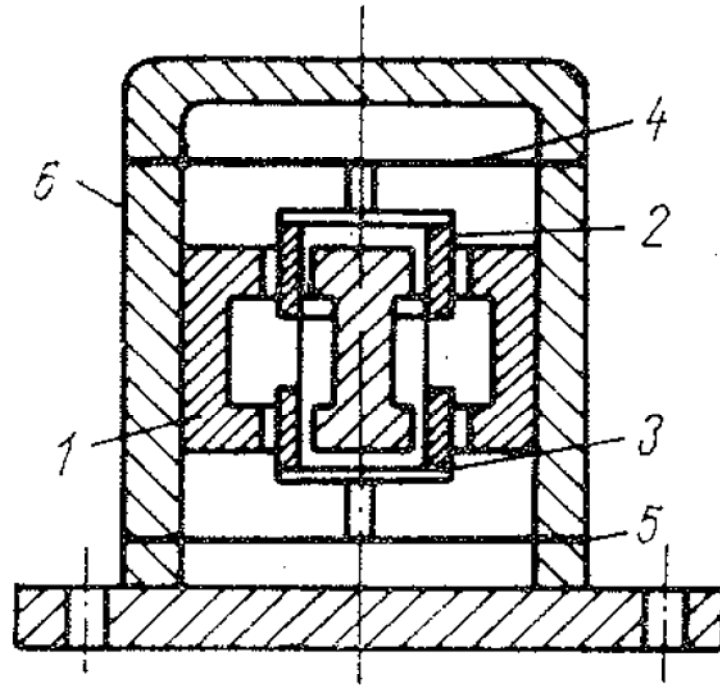
Kmitavý pohyb - Vibrace:

výchylka kmitavého pohybu - <i>nestandardizováno</i> ,	$1 \cdot 10^{-9}$ [m]
rychlost kmitavého pohybu	$1 \cdot 10^{-9}$ [m/s]
zrychlení kmitavého pohybu	$1 \cdot 10^{-6}$ [s ⁻²]
síla	$1 \cdot 10^{-6}$ [N]

Snímače vibrací:

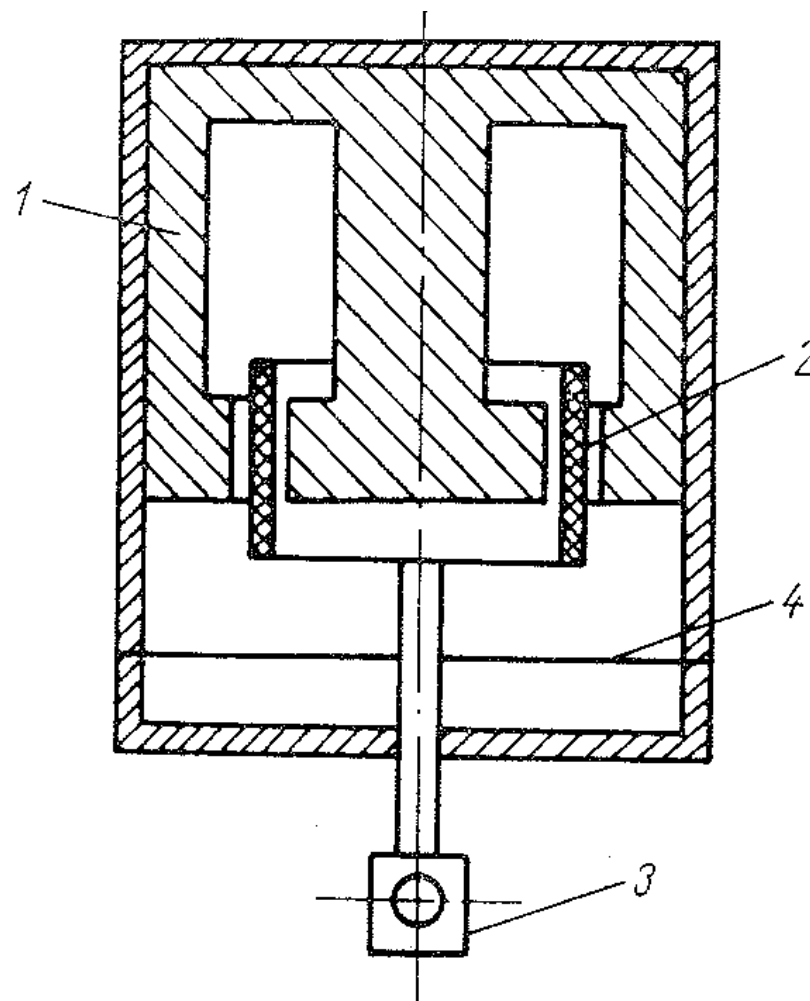


Elektrodynamický snímač kmitů absolutní:



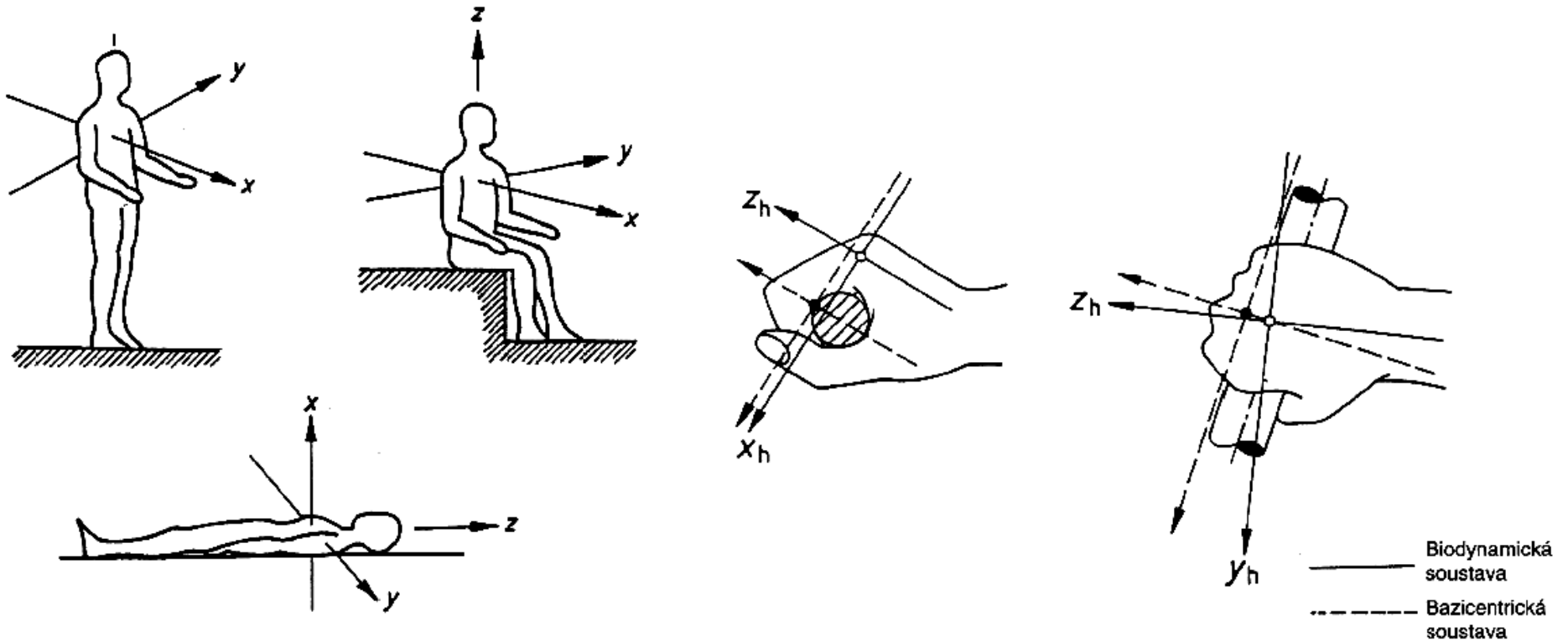
a — absolutní, 1 — permanentní magnet, 2, 3 — elektrická cívka, 4, 5 — pružné membrány, 6 — kryt

Elektrodynamický snímač kmitů relativní:



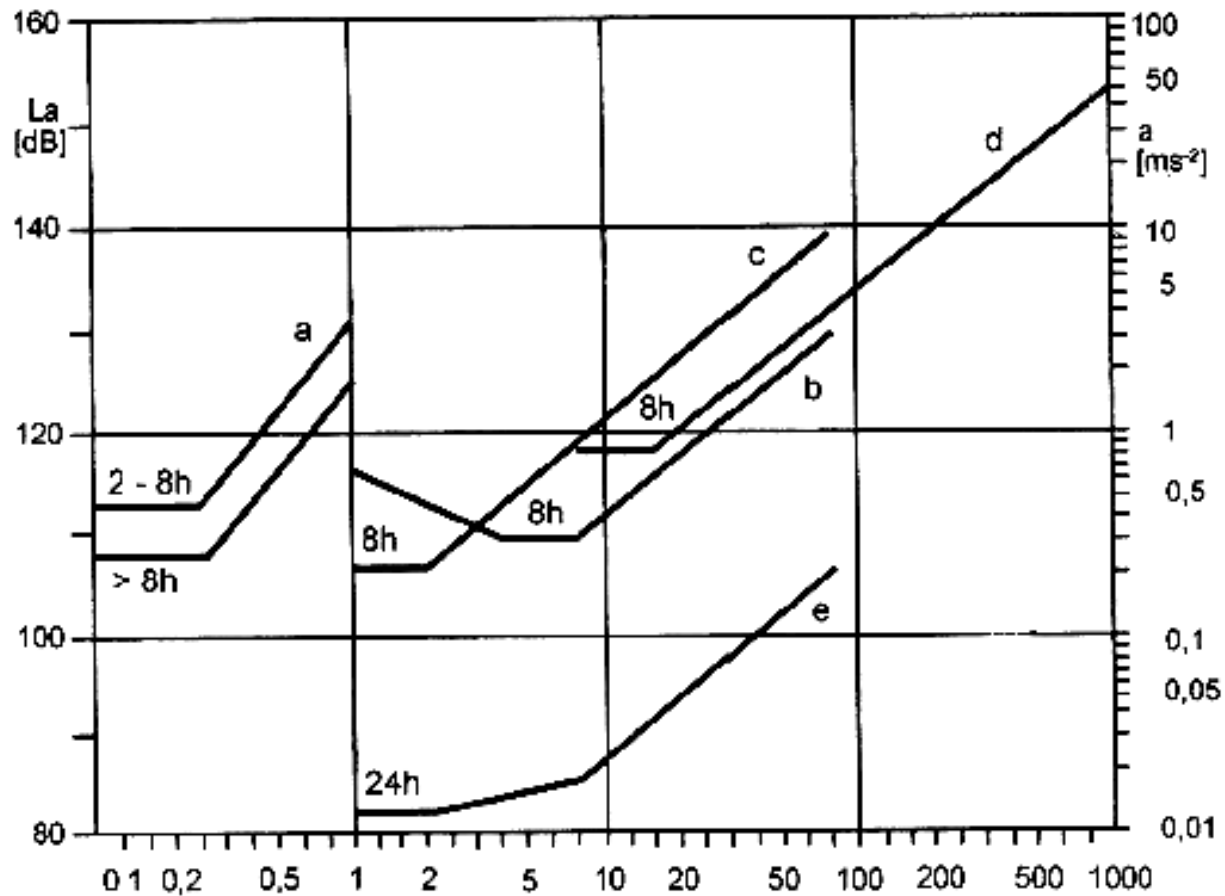
b — relativní, *1* — permanentní magnet, *2* — elektrická pohyblivá cívka, *3* — připojení ke kmitající části, *4* — membrána

Soustava souřadnic lidského těla a ruky:



Nejvyšší přípustné hodnoty vibrací:

- a. Vertikální vibrace
- b. Celkové vertikální vibrace
- c. Celkové horizontální vibrace
- d. Místní vibrace na ruce
- e. Vibrace v budovách



„Interaktivní prvky“:

- Překreslete si vyučujícím určená schémata atp.;
- V průběhu výkladu si pečlivé poznamenávejte klíčové informace;
- Popište vlastními slovy jednotlivé snímky (vysvětlete funkci, atp.);
- Pokuste se nalézt v právě probrané prezentaci nepřesnosti, pro svůj názor správně formulujte argumenty;

Použitá literatura:

- **DOBROVOLNÝ B. *Technická fyzika*. Praha 1952**
- **CHOCHOLA K., SLACH J., ŠULC J. *Laboratorní cvičení*. Praha: STNL 1961.**
- **MARTINÁK, M. *Kontrola a měření*. Praha: STNL 1989.**
- **MIKULČÁK J. et al. *Matematické, fyzikální a chemické tabulky*. Praha: SPN, 1970.**
- **SMETANA C. a kol. *Hluk a vibrace*. Sdělovací technika. Praha 1998 ISBN 80-901936-2-5**
- **ŠULC, J. *Technologická a strojnická měření*. Praha: STNL 1982.**
- **ŠULC, J., VYSLOUŽIL, Z. *Laboratorní cvičení technologická a strojní*. Praha: STNL 1970.**
- **VÁCLAVOVIČ A., *Měření a kontrola ve strojírenství*. Praha: SNTL, 1967.**
- **VYSLOUŽIL Z., ZELKO J. *Meranie v strojárstve*. Bratislava: SVTL 1962.**
- **VYSLOUŽIL Z., KOVAL J. *Technologické a strojnické merania*. Bratislava: Alfa, 1978.**