

Laboratorium teledetekcji

Sensory akustyczne

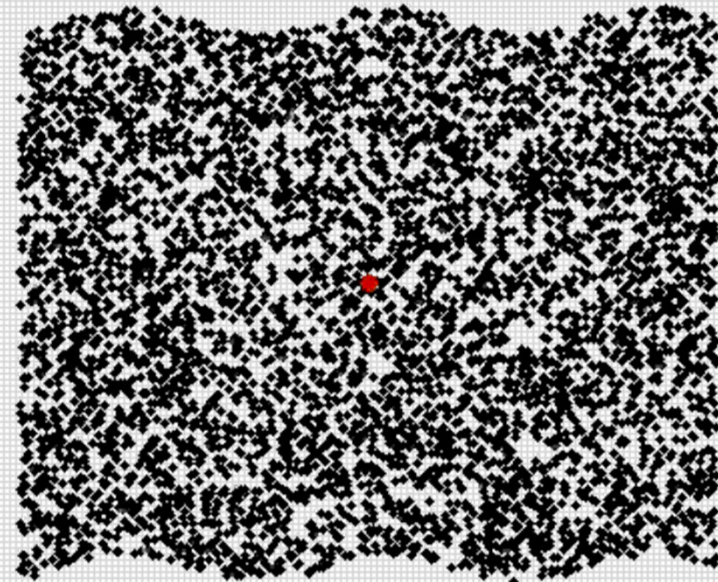
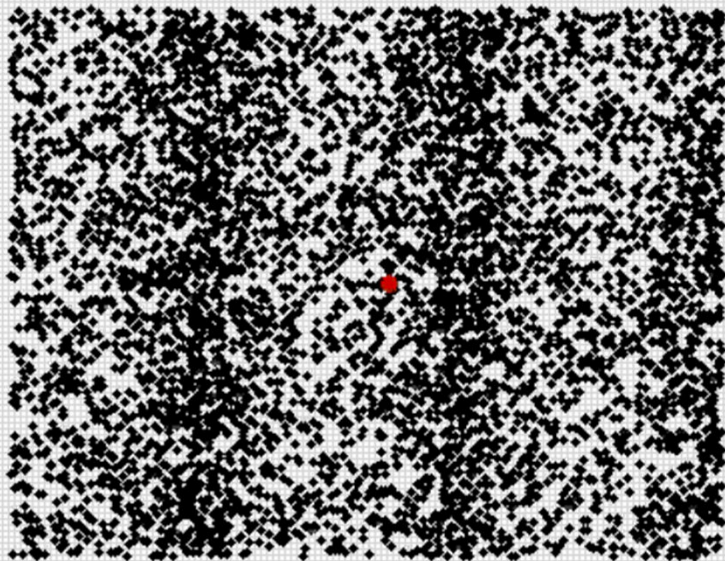
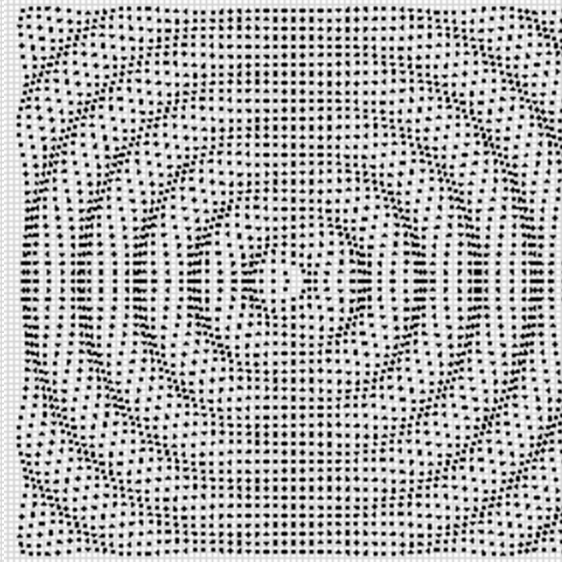
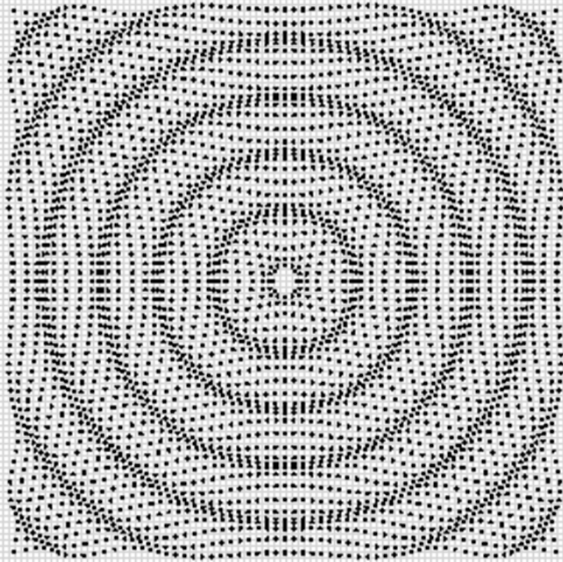
płk dr hab. inż. Mateusz Pasternak

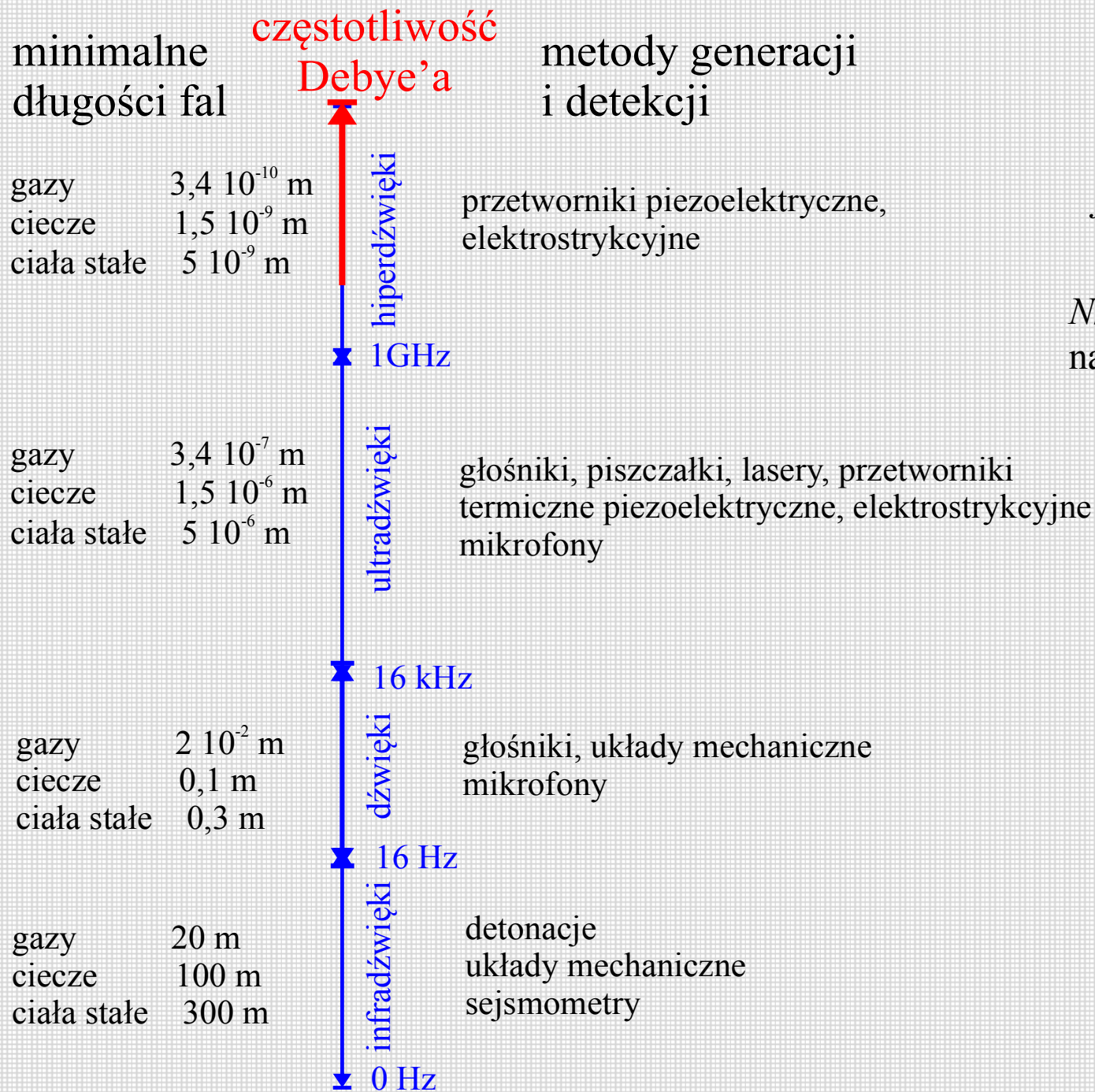
22 683 76 67

mpasternak@wat.edu.pl

<http://mpasternak.wel.wat.edu.pl/>

najprostsze źródła dźwięku





$$f_{\max} = v \sqrt[3]{\frac{3N}{4\pi V}}$$

N/V – liczba atomów na jednostkę objętości

Widmo dźwięku

czujnik (sensor)

def.

Czujnikiem akustycznym nazywa się układ fizyczny, w którym pod wpływem oddziaływań akustycznych ze strony obiektu badanego zachodzą zjawiska dające się wykorzystać jako źródła informacji o tym obiekcie

Podstawowe parametry

czułość

liniowość

impedancja wyjściowa

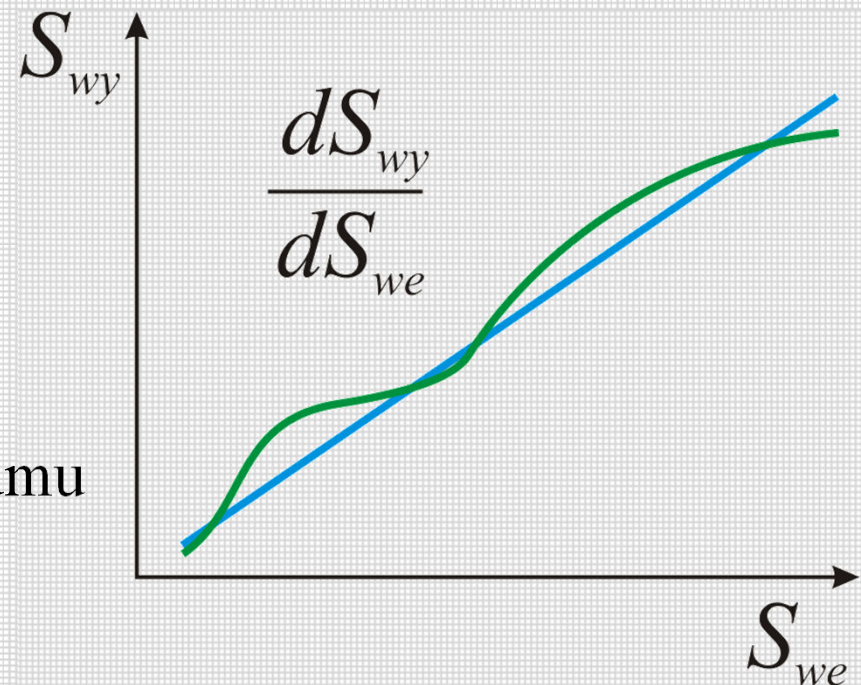
charakterystyka częstotliwościowa

charakterystyka kierunowa

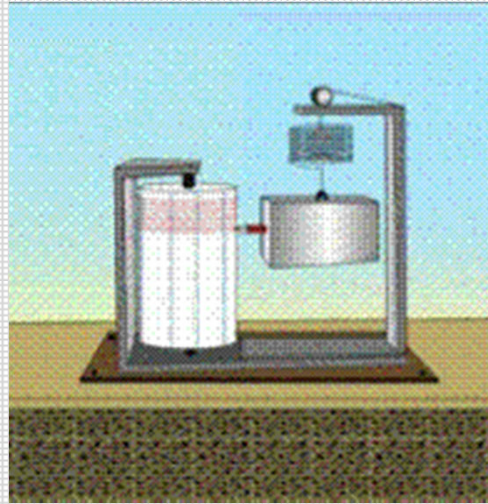
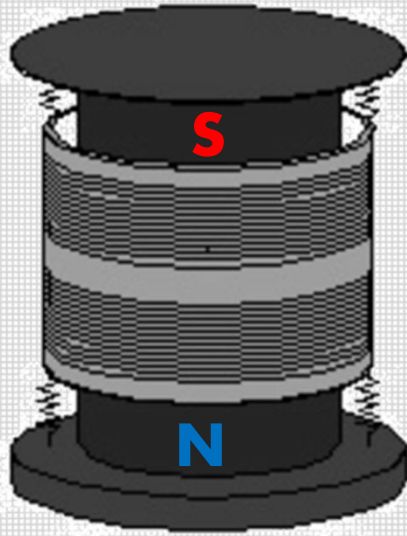
min. odstęp poziomu sygnału od szumu

zakres dynamiczny

wrażliwość na pola zakłócające

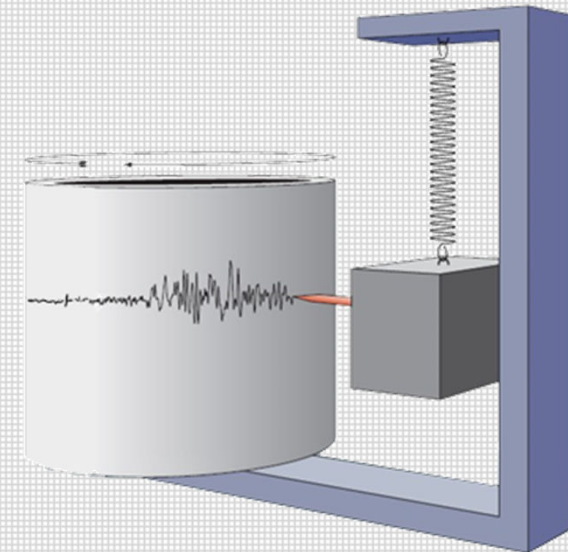


Częstotliwości najniższe - sejsmometria

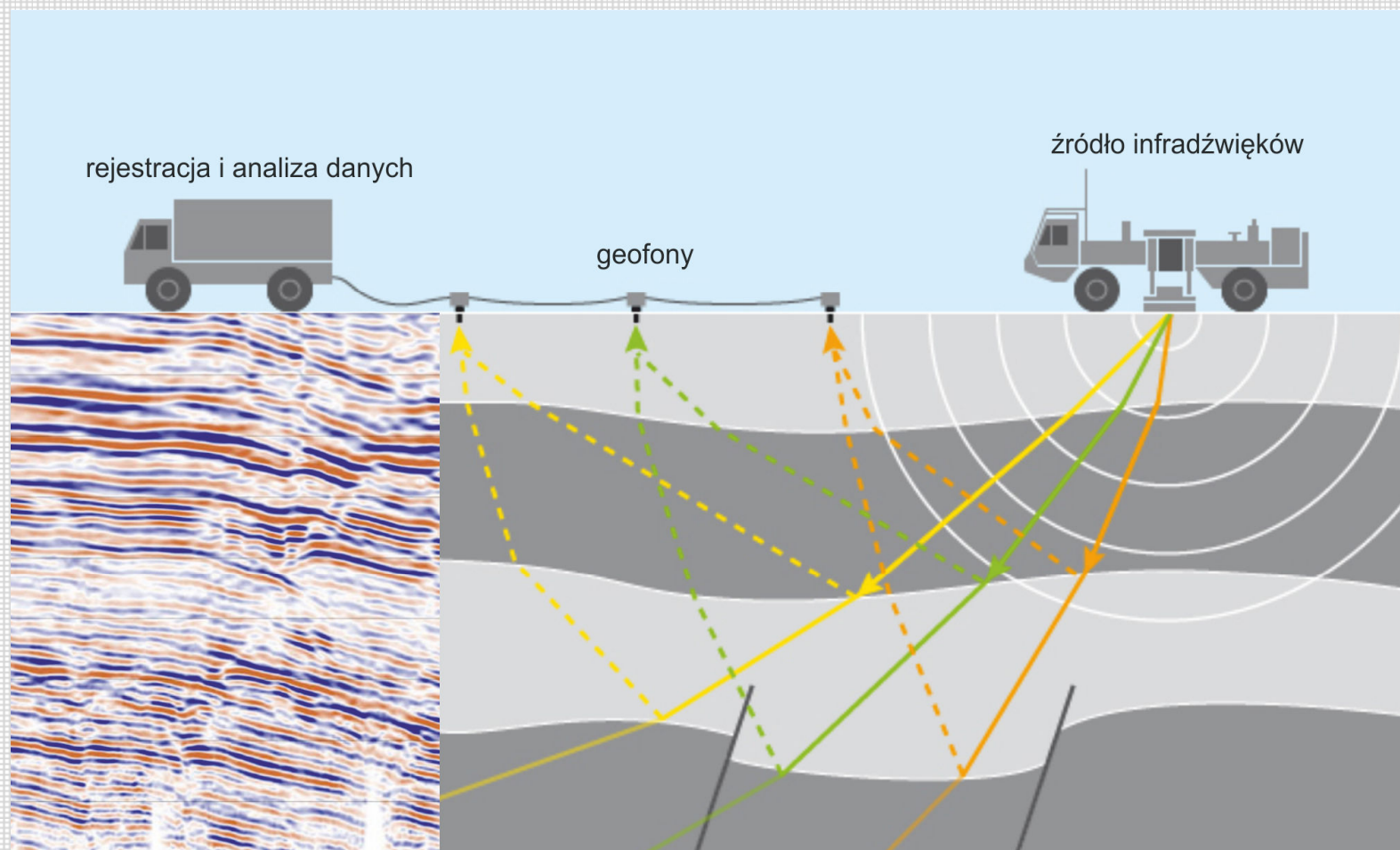


metody pomiaru

- mechaniczne
- elektromechaniczne
- optoelektroniczne
- akustoelektroniczne

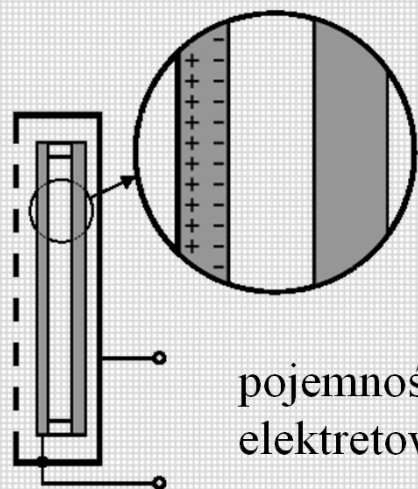
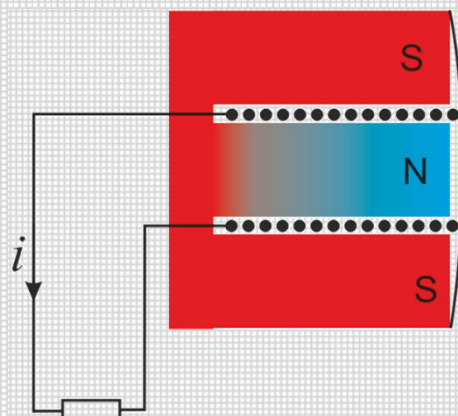


Profilowanie infradźwiękowe

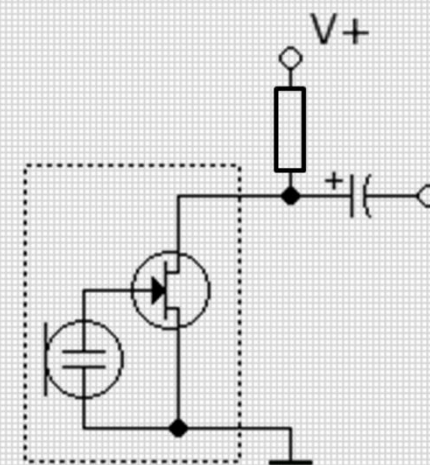


MIKROFONY – detekcja częstotliwości słyszalnych (akustycznych)

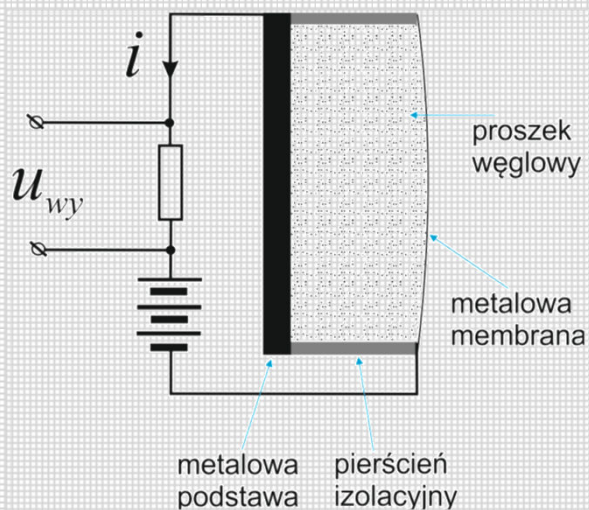
magnetoelektryczny



pojemnościowy
elektretowy

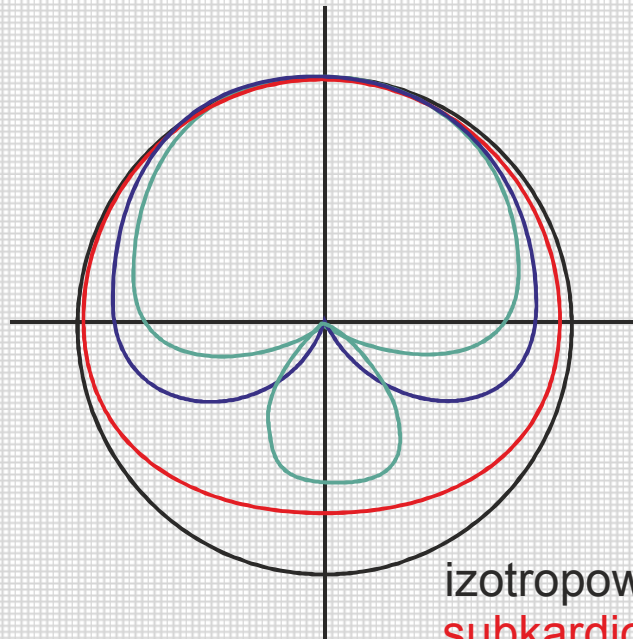


węglowy

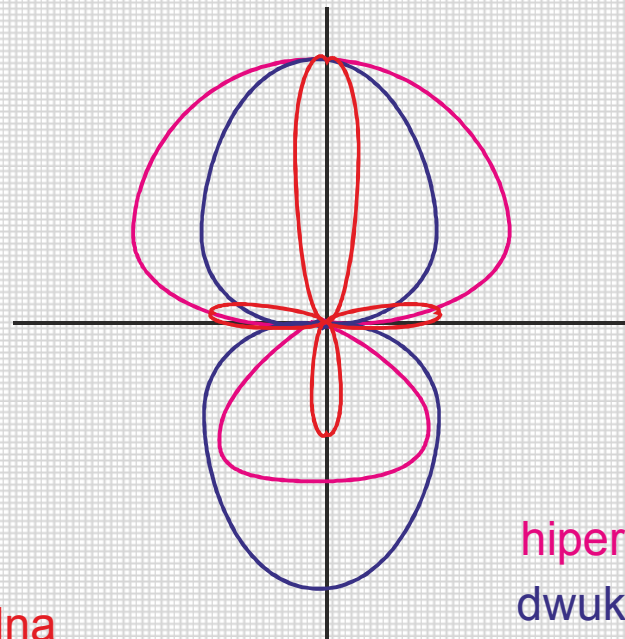


wartości orientacyjne	czułość [mV/μbar]	pasmo [kHz]	impedancja [MΩ]	poziom zniekształceń
węglowe	1 – 50	0,2 - 3	0,001	wysoki
pojemnościowe	0,5 – 10	0,01 - 20	100	b. niski
elektretowe	0,5 – 10	0,01 - 20	1000	b. niski
piezoelektryczne	0,2 – 2	> 20	1000	niski
magnetoelektryczne	0,05 – 1	0,03 - 15	0,0001	niski

Podstawowe rodzaje charakterystyk

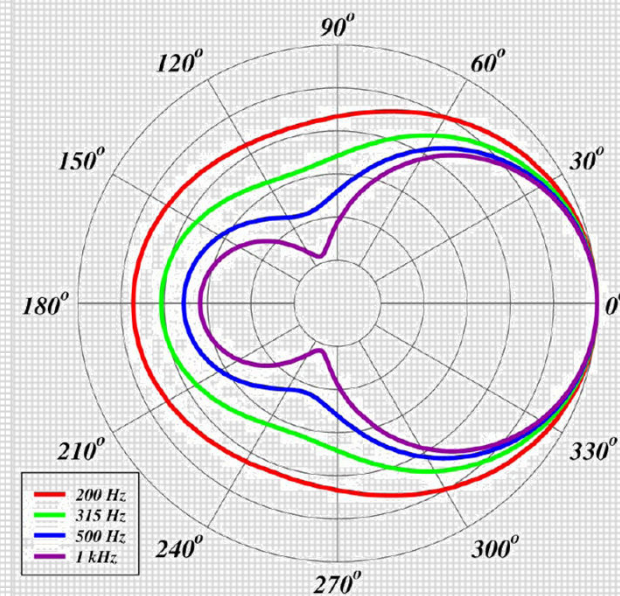


izotropowa
subkardioidalna
kardioidalna
superkardioidalna

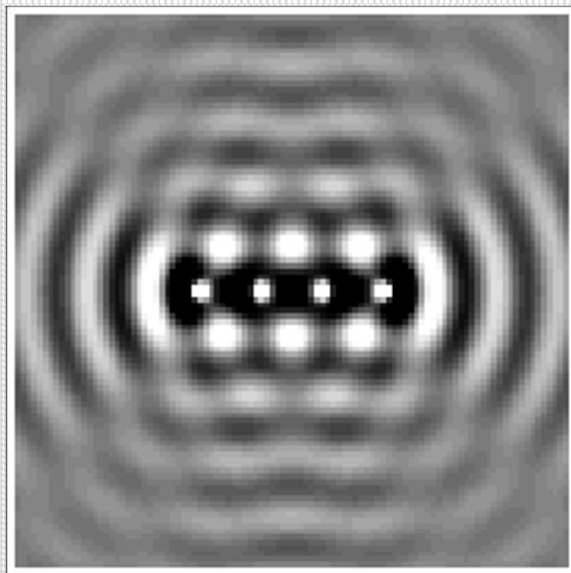
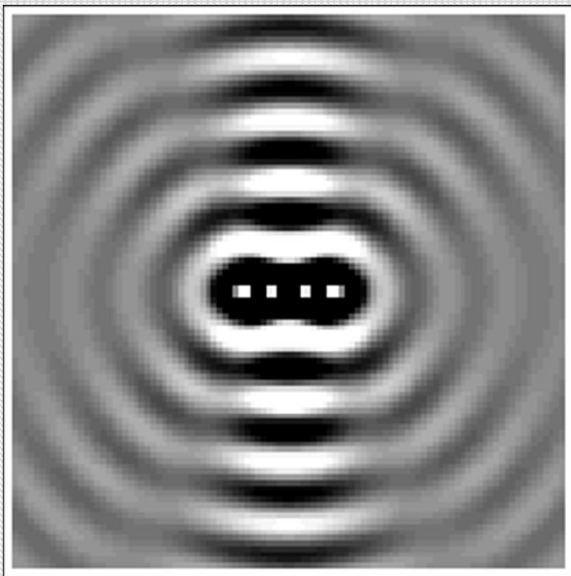
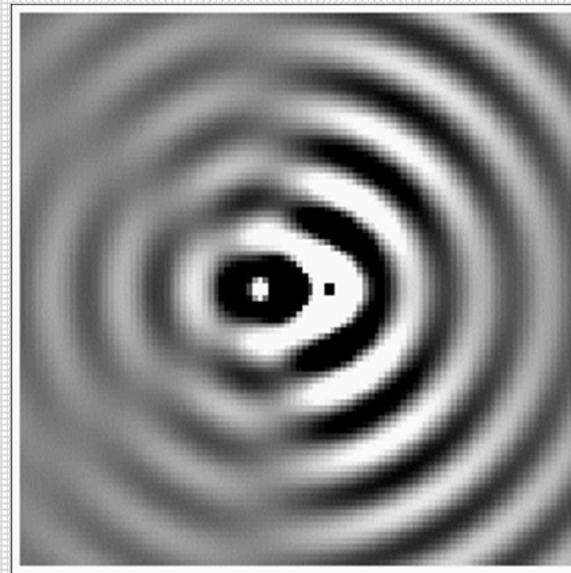
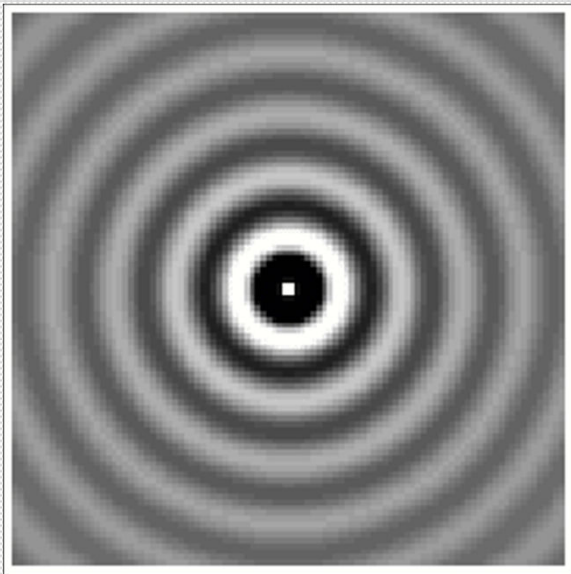


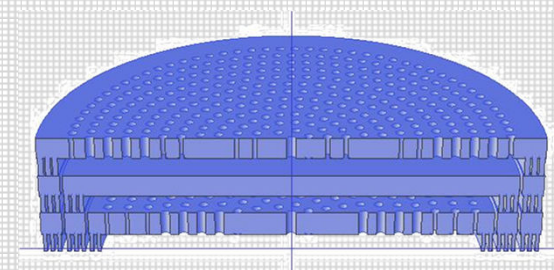
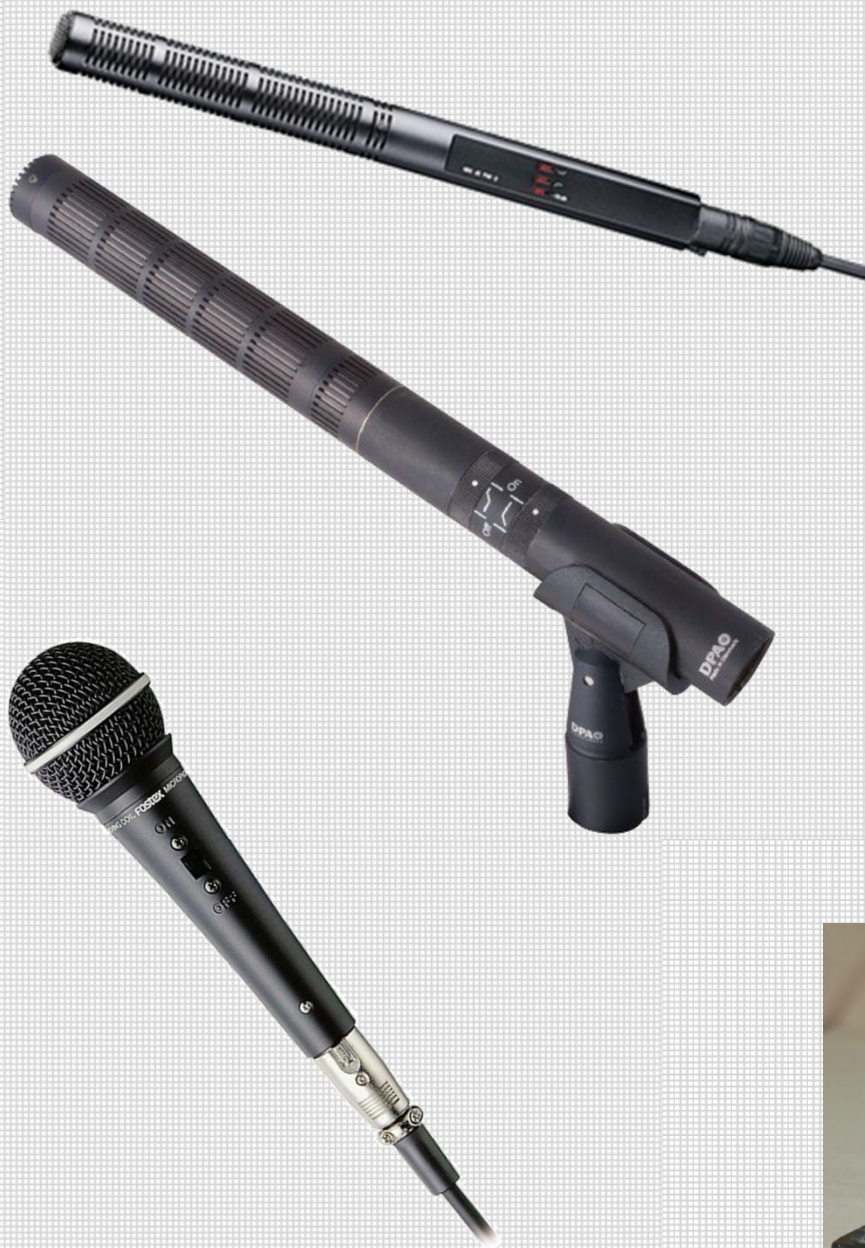
hiperkardioidalna
dwukierunkowa
kierunkowa

Zależność charakterystyki od częstotliwości



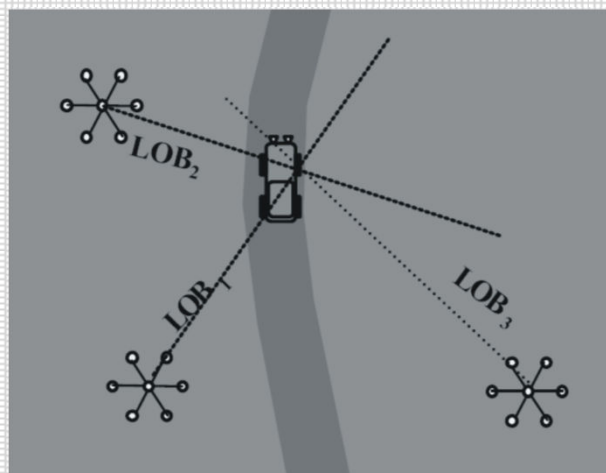
Szyki detektorów



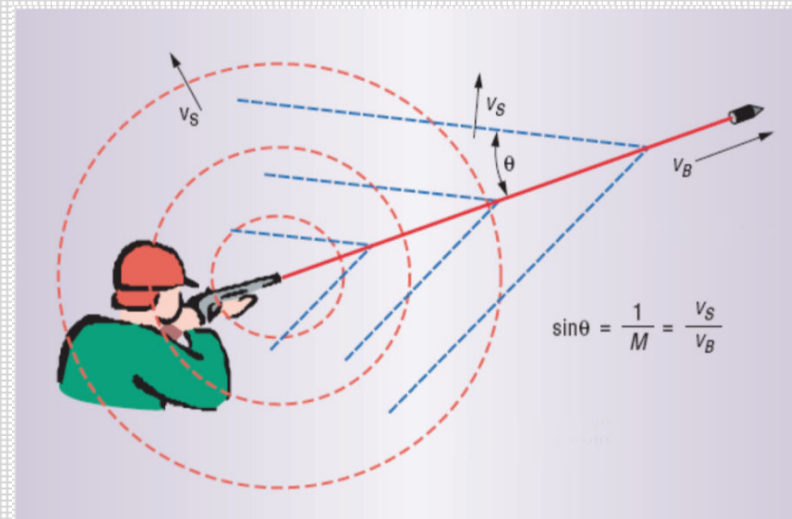


Przykłady zastosowań szyków detektorów

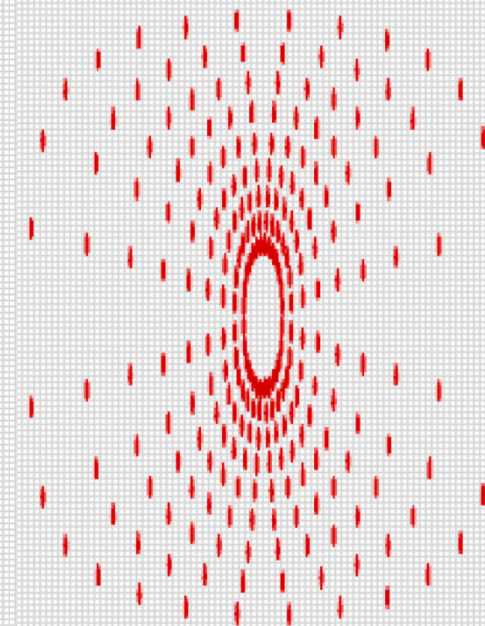
Wykrywanie i rozpoznawanie pojazdów



Detekcja snajperów



Wykrywanie i rozpoznawanie obiektów latających



ULTRADŹWIEKI i HIPERDŹWIEKI

Metody generacji i detekcji

nieodwracalne

- termiczne
- optyczne

odwracalne

- elektrostatyczne

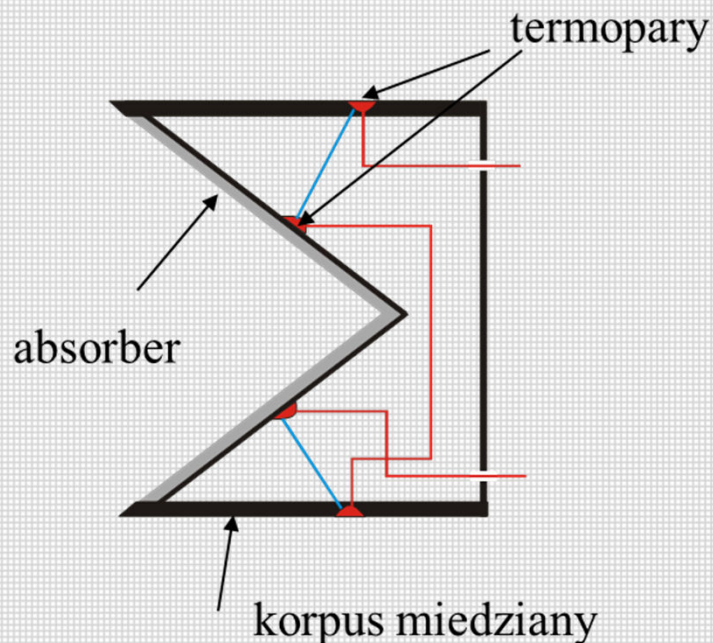
pojemnościowe
piezoelektryczne
elektrostrykcyjne

- elektromagnetyczne

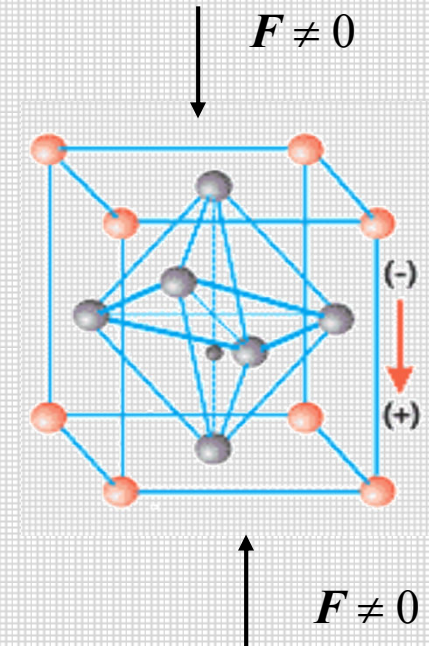
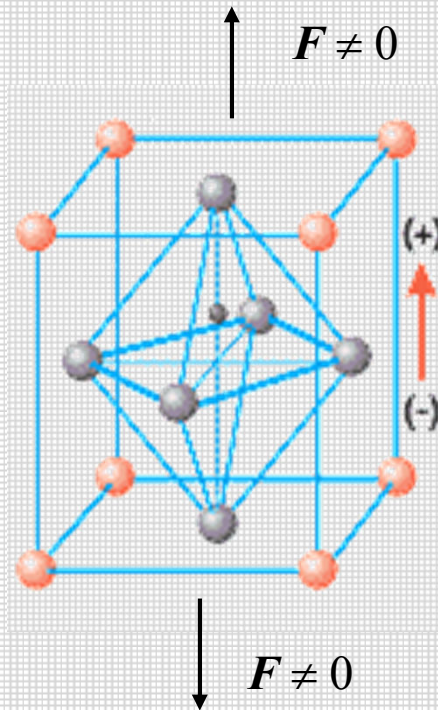
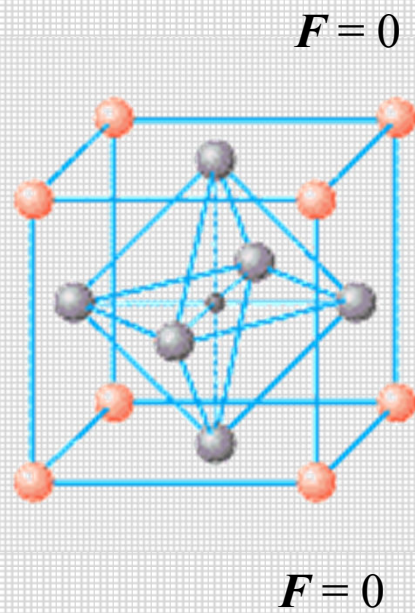
- magnetoelektryczne

- magnetyczne

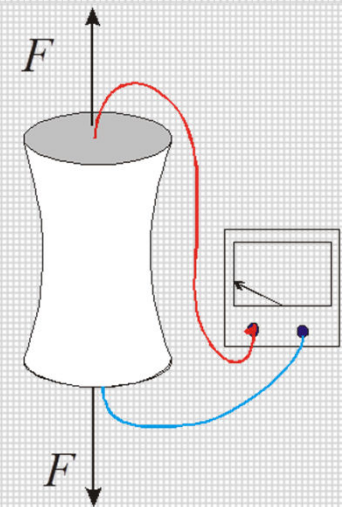
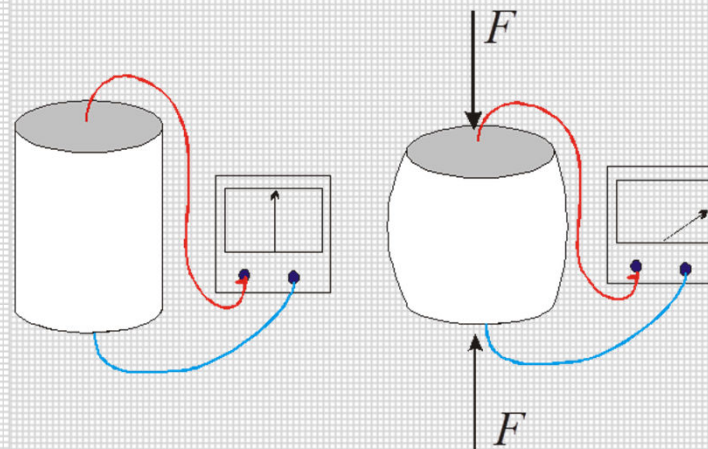
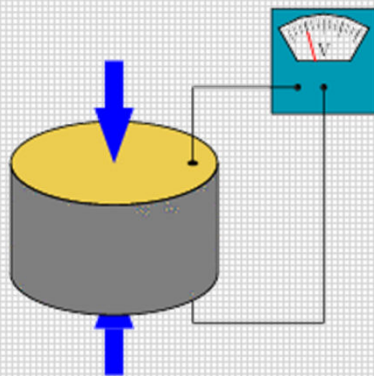
piezomagnetyczne
magnetostrykcyjne
z indukcją prądów wirowych



PIEZOELEKTRYCZNOŚĆ



Proste zjawisko piezoelektryczne



Zachodzi też zjawisko odwrotne!

Piezoelektryki

SiO₂ LiNbO₃ LiTaO₃ BaTiO₃ SrTiO₃ KNbO₃ KNaC₄H₄O₆·4H₂O Pb(ZrTi)O₃ czyli PZT

Deformacje są proporcjonalne do natężenia pola elektrycznego

moduł piezoelektryczny d $S = d \cdot E$

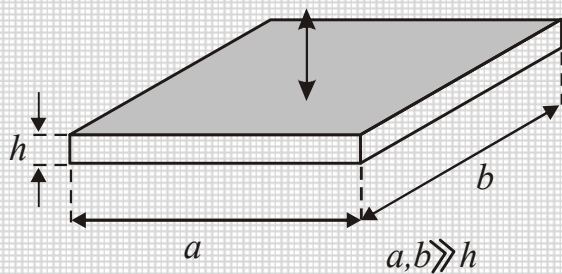
Przykładowe wartości modułu piezoelektrycznego

dla kwarcu $d \approx 2,3 \cdot 10^{-12}$ [C/N] słaby piezoelektryk

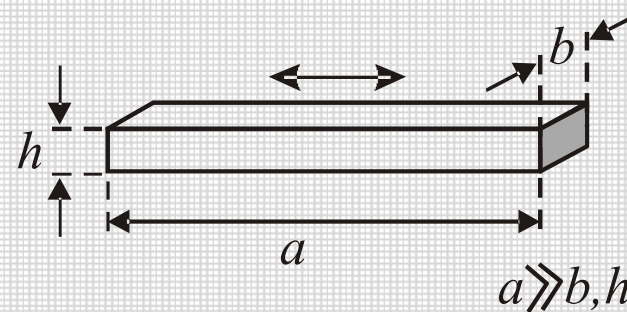
dla PZT $d \sim 1000 \cdot 10^{-12}$ [C/N] silny piezoelektryk

Przykładowe sposoby drgań płytek piezoelektrycznych (Kazis)

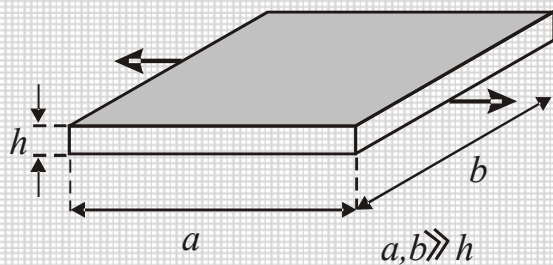
drgania grubościowe podłużne



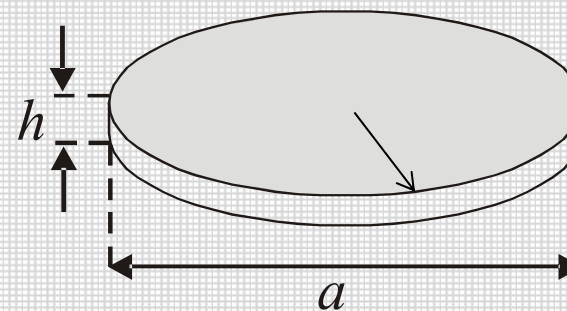
drgania wzdluzne



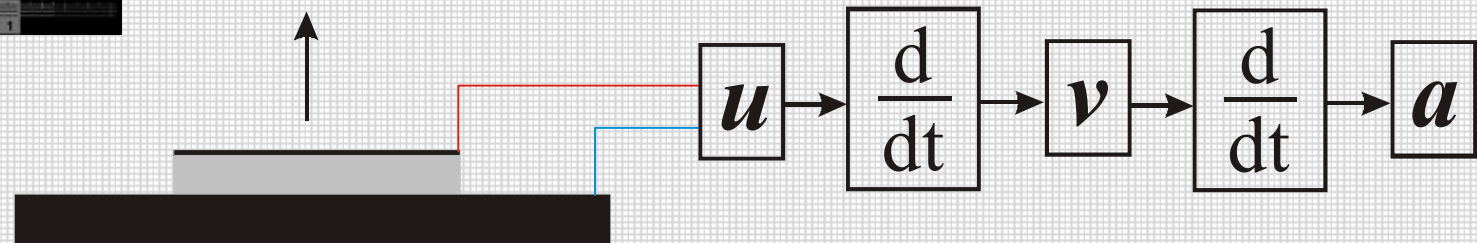
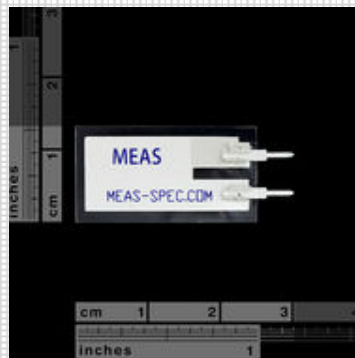
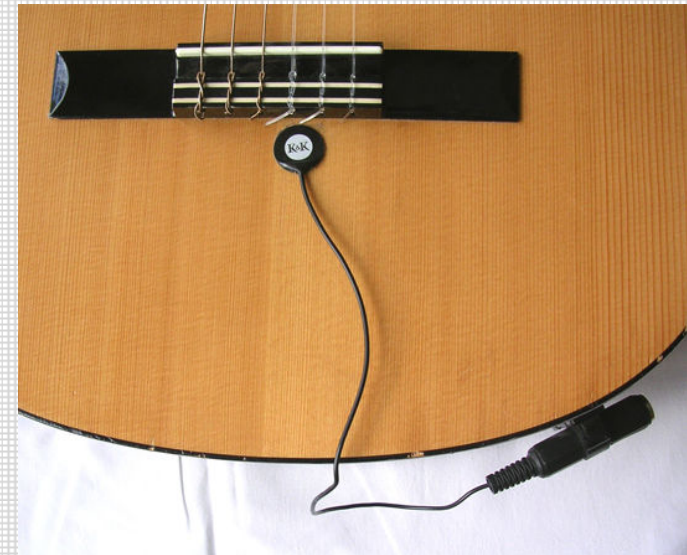
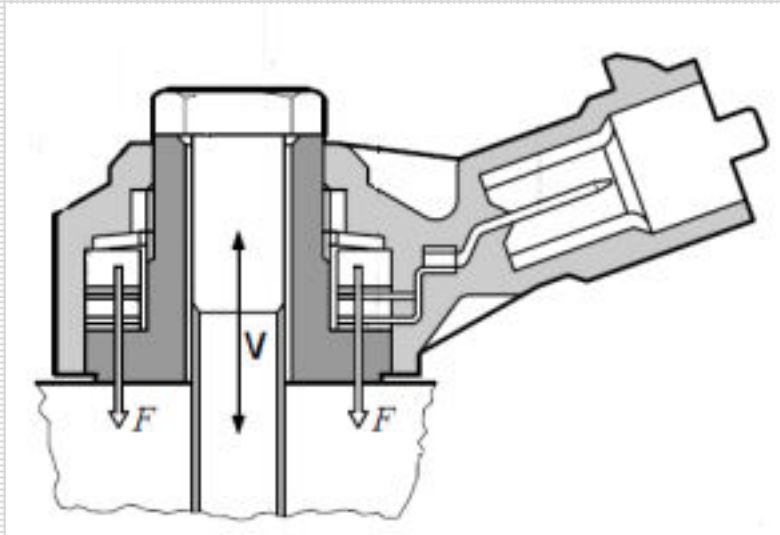
drgania scinajace



drgania radialne

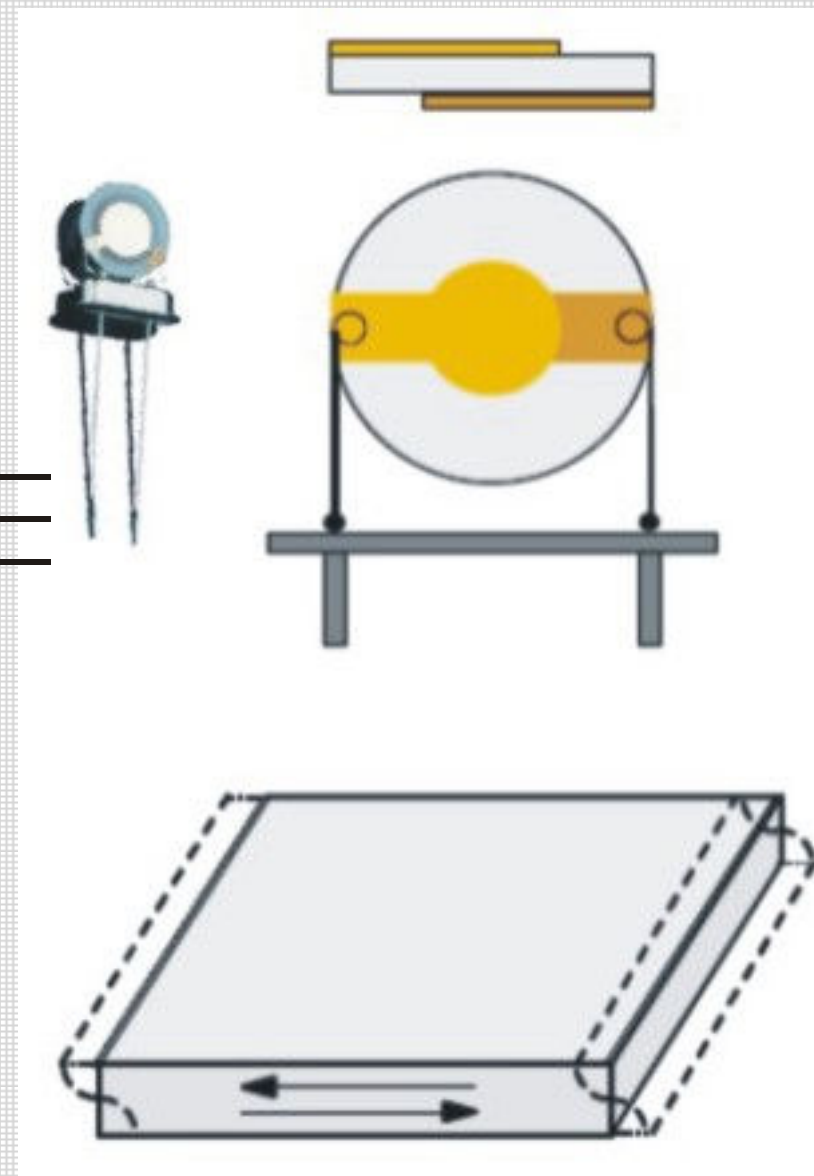
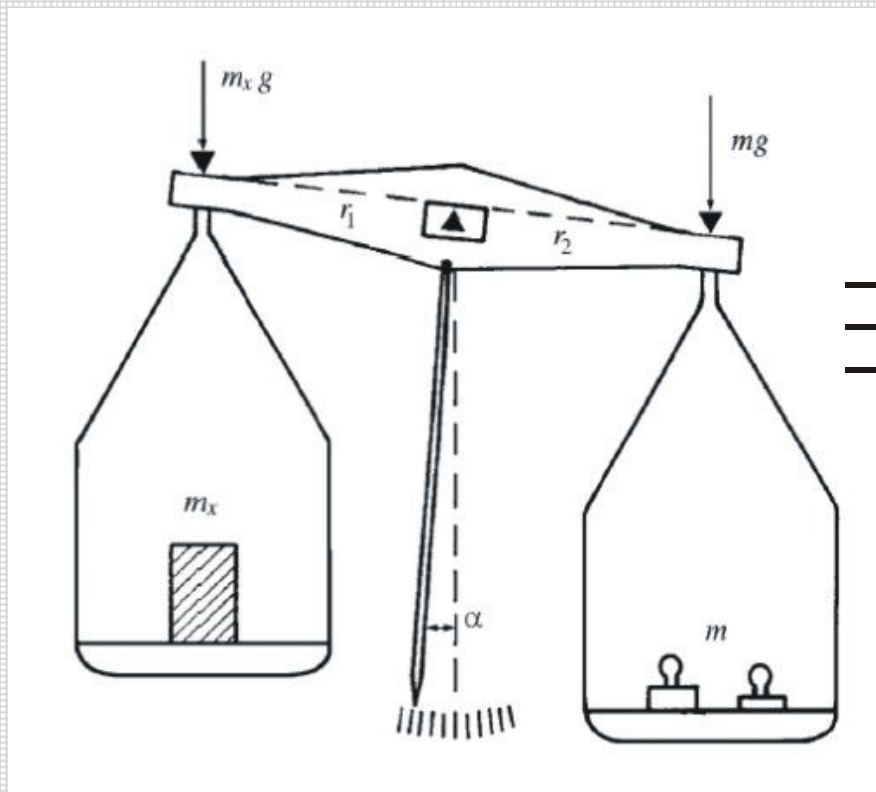


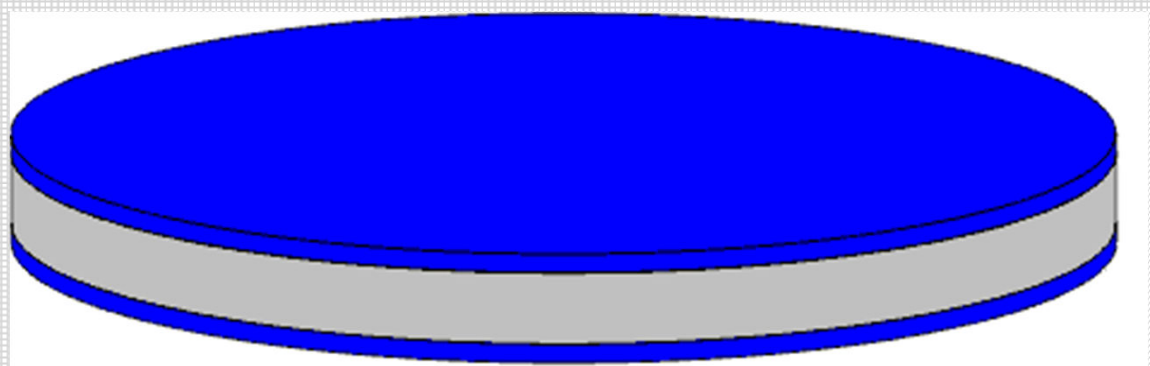
Czujniki wielkości mechanicznych



Czujniki gazu

QCM





Wzór Sauerbraya

$$\Delta f = -\frac{2nf_0^2 \Delta m}{A\sqrt{\rho_k \mu_k}}$$

f_0 częstotliwość podstawowa nieobciążonego rezonatora,

n numer owertonu,

Δm - zmiana masy warstwy chemoczułej spowodowana sorpcją cząstek

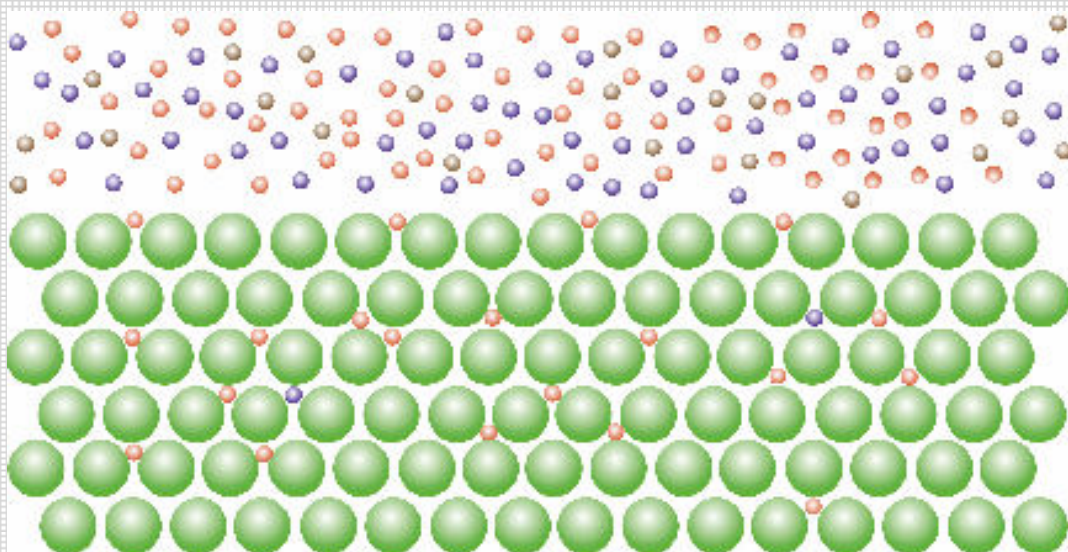
A - powierzchnia rezonatora

ρ_k - gęstość kwarcu

μ_k - moduł ścinania dla kwarcu.

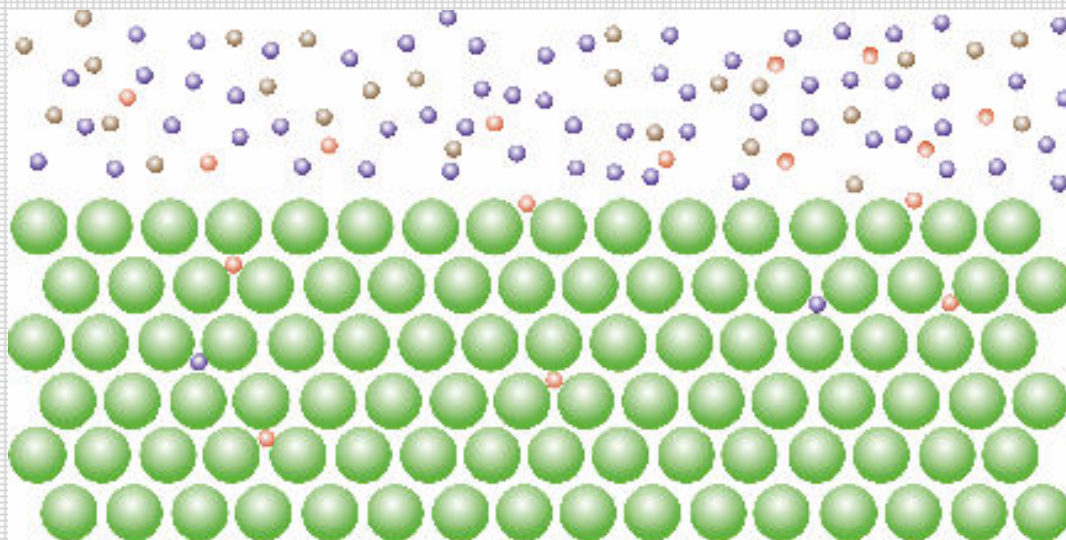
Stosunek koncentracji par w fazie stałej do koncentracji w fazie gazowej jest stały

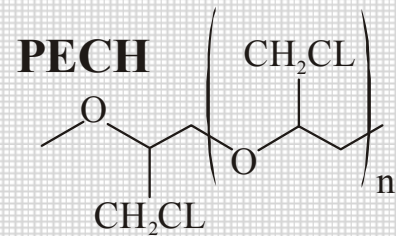
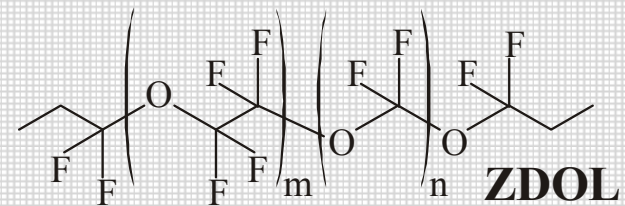
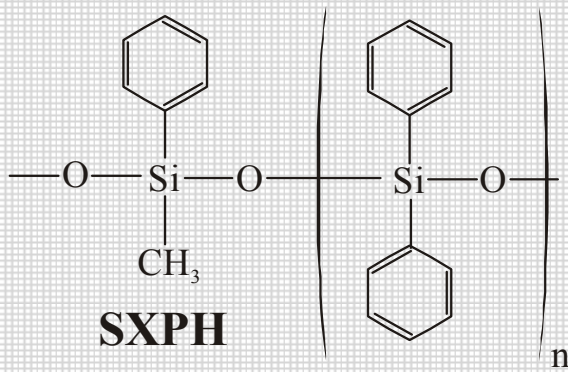
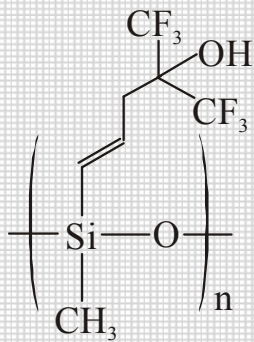
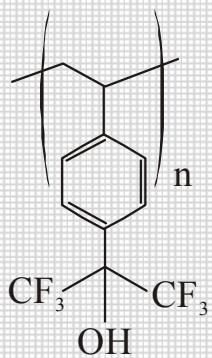
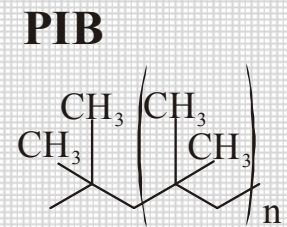
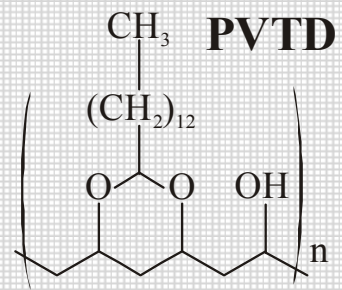
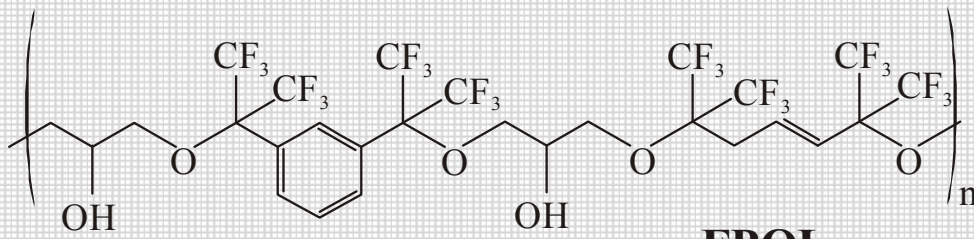
$$K = \text{const}$$



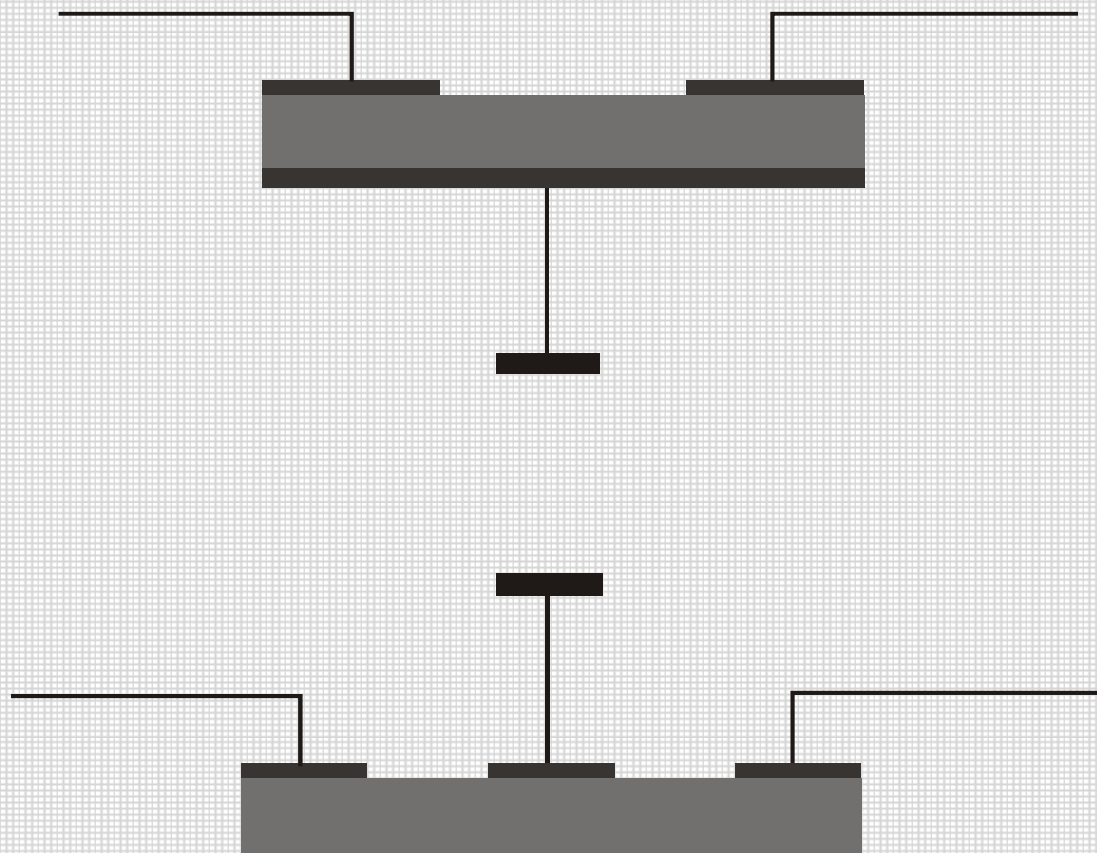
wysokie stężenie cząstek w otoczeniu
duża liczba cząstek wchłoniętych
duża masa warstwy chemoczułej

niższe stężenie cząstek w otoczeniu
niższa liczba cząstek wchłoniętych
niższa masa warstwy chemoczułej





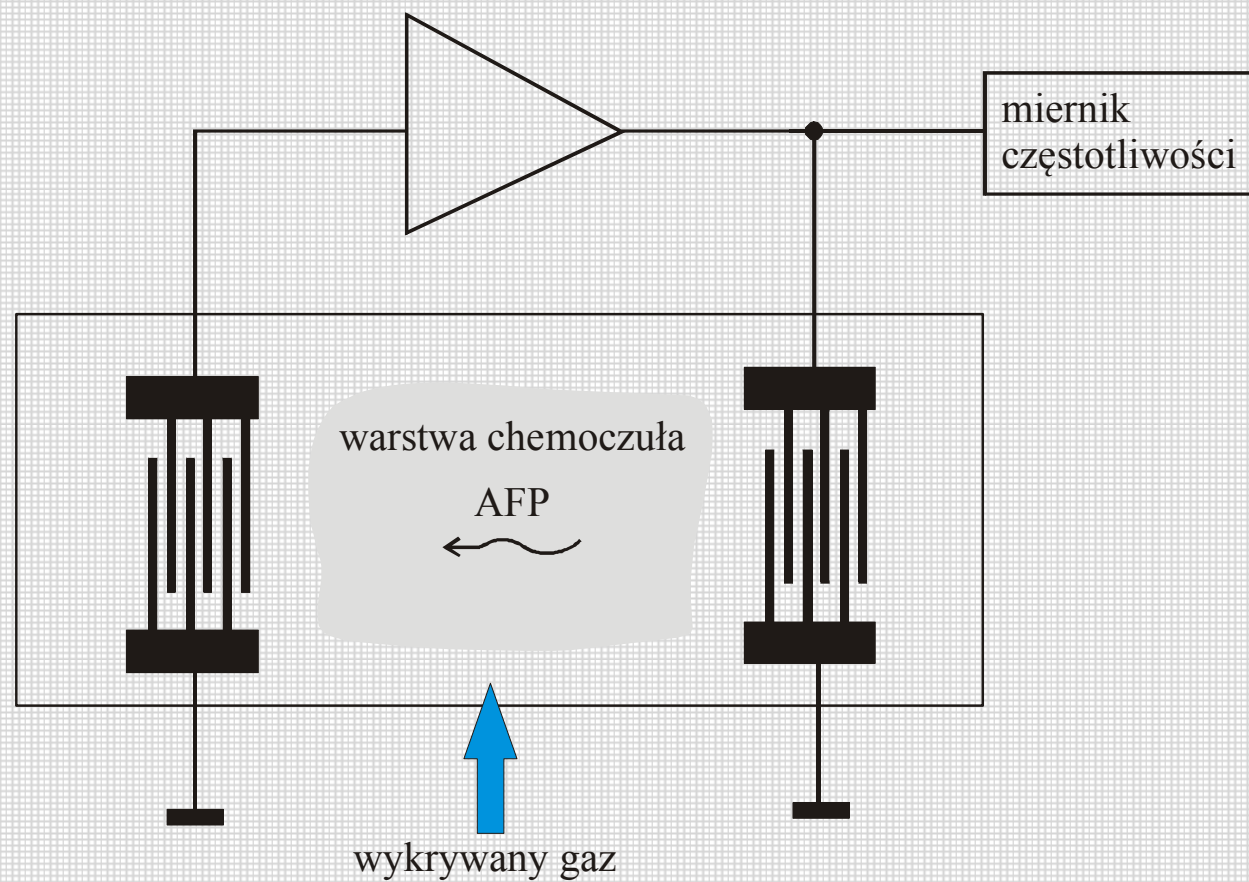
Ewolucja – przetwornik fal objętościowych => przetwornik fal powierzchniowych (IDT)



przetwornik IDT - międzypalczasty



Zasada działania czujnika gazu z AFP



Wzór Aulda

$$\frac{\Delta v_R}{v_R} = -\frac{v_R h}{4P_R} \left[\rho |v_{R_Y}|^2 + \left(\rho - \frac{4\mu}{v_R^2} \frac{\lambda + \mu}{\lambda + 2\mu} \right) |v_{R_Z}|^2 \right]_{y=0}$$

h - grubość warstwy

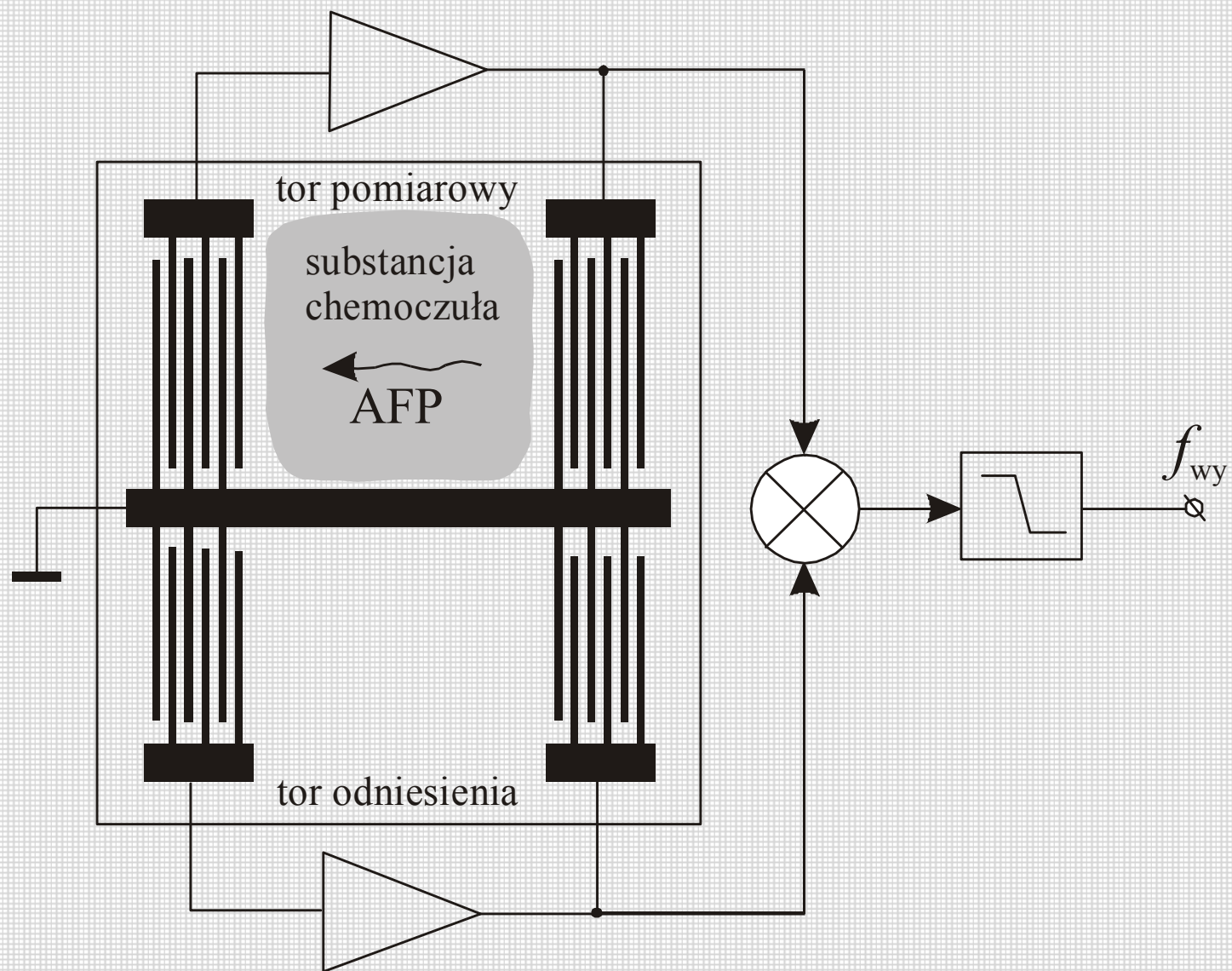
ρ - gęstość warstwy

λ i μ stałe Lamé dla warstwy

P_R gęstość mocy fali Rayleigha,

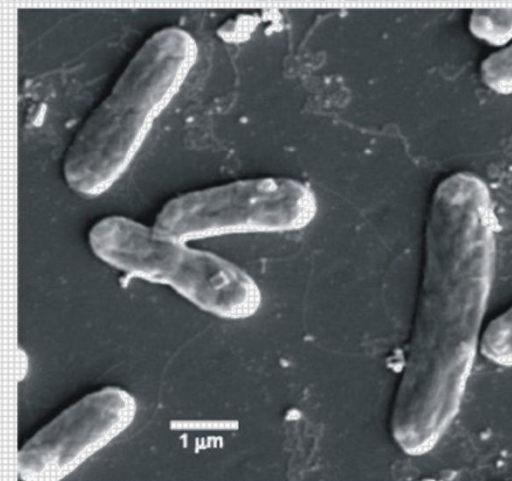
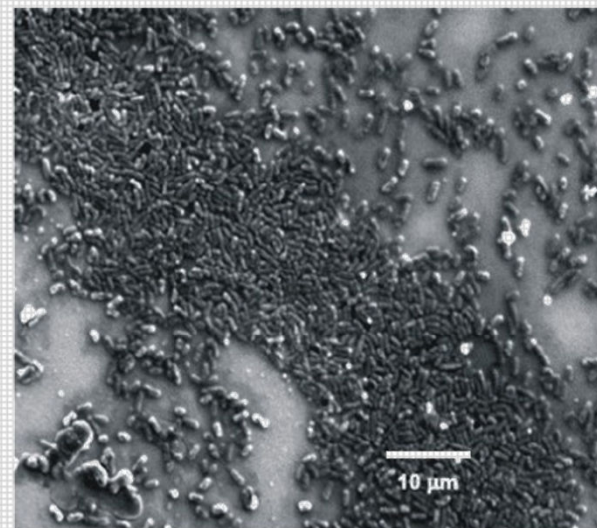
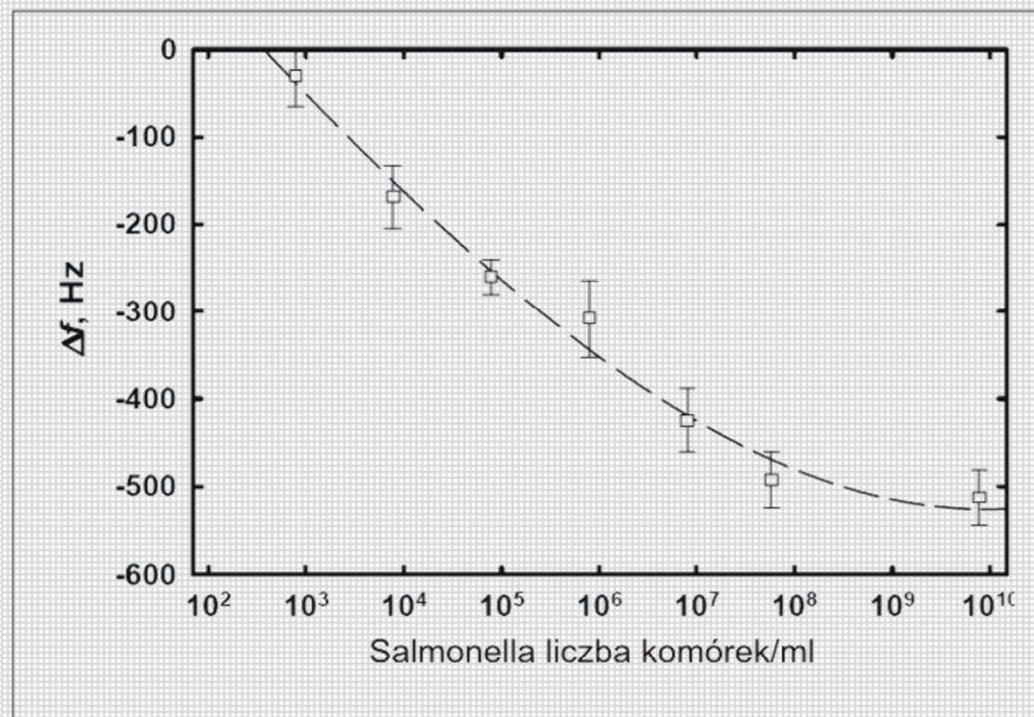
v_R prędkość fali Rayleigha

(składowa poprzeczna = 0).



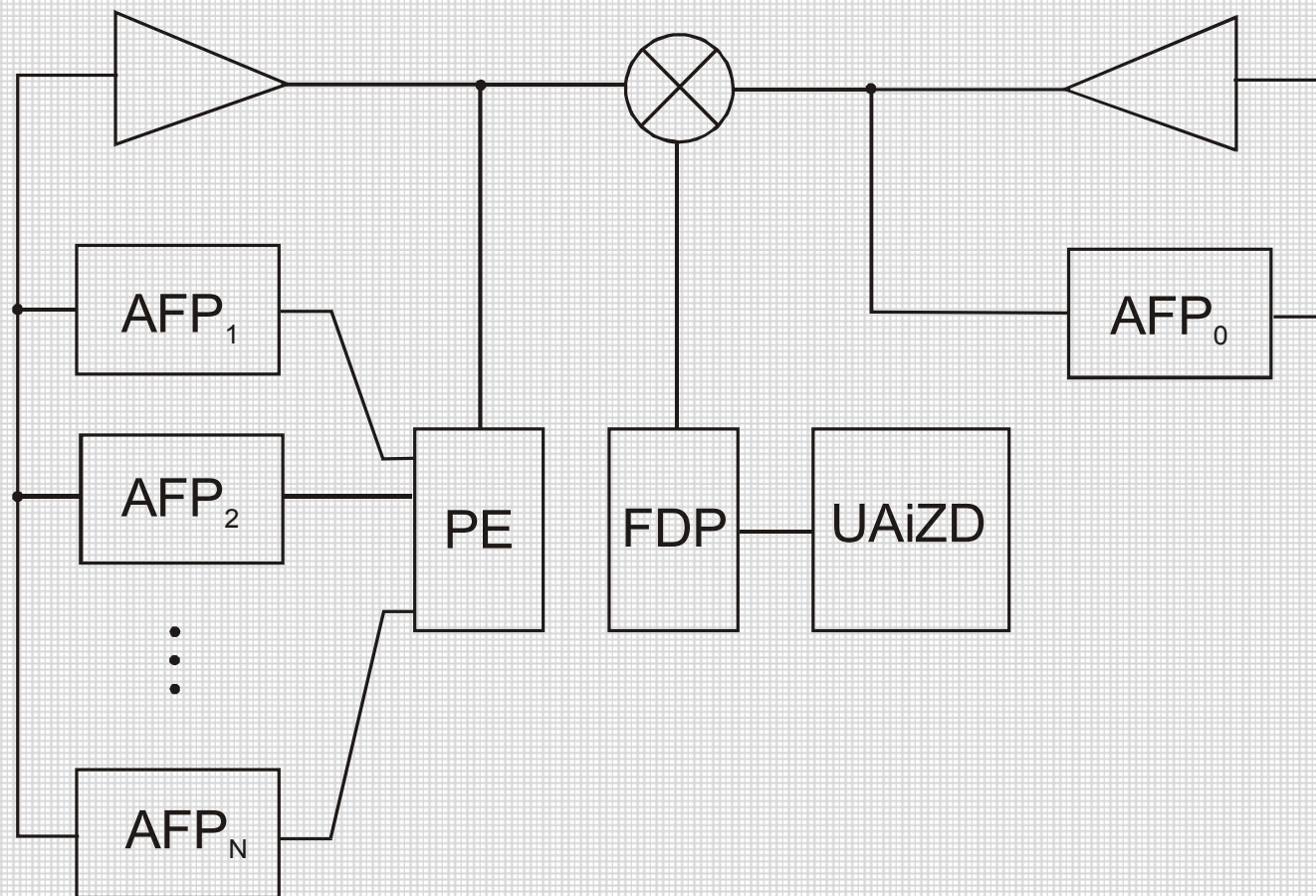
	poziom detekcji [ppb]	
analit	powietrze	woda
Chloroform	45	0.65
<i>Cis</i> 1,2 Dichloroethene	47	1.7
Benzene	42	0.96
Carbon Tetrachloride	130	16.49
Trichloroethylene	6.3	0.40
Toluene	11	0.15
Tetrachloroethylene	5.7	0.57
Ethylbenzene	2.7	0.07
<i>O</i> - Xylene	2.5	0.11
1,1,2,2 Tetrachloroethane	3.6	0.56

Możliwa jest także detekcja zakażeń



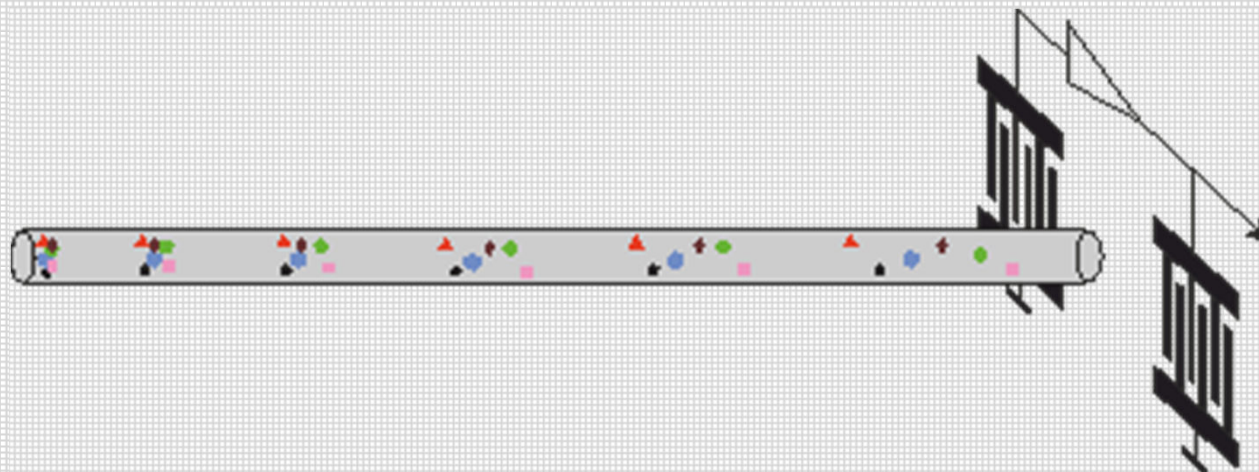
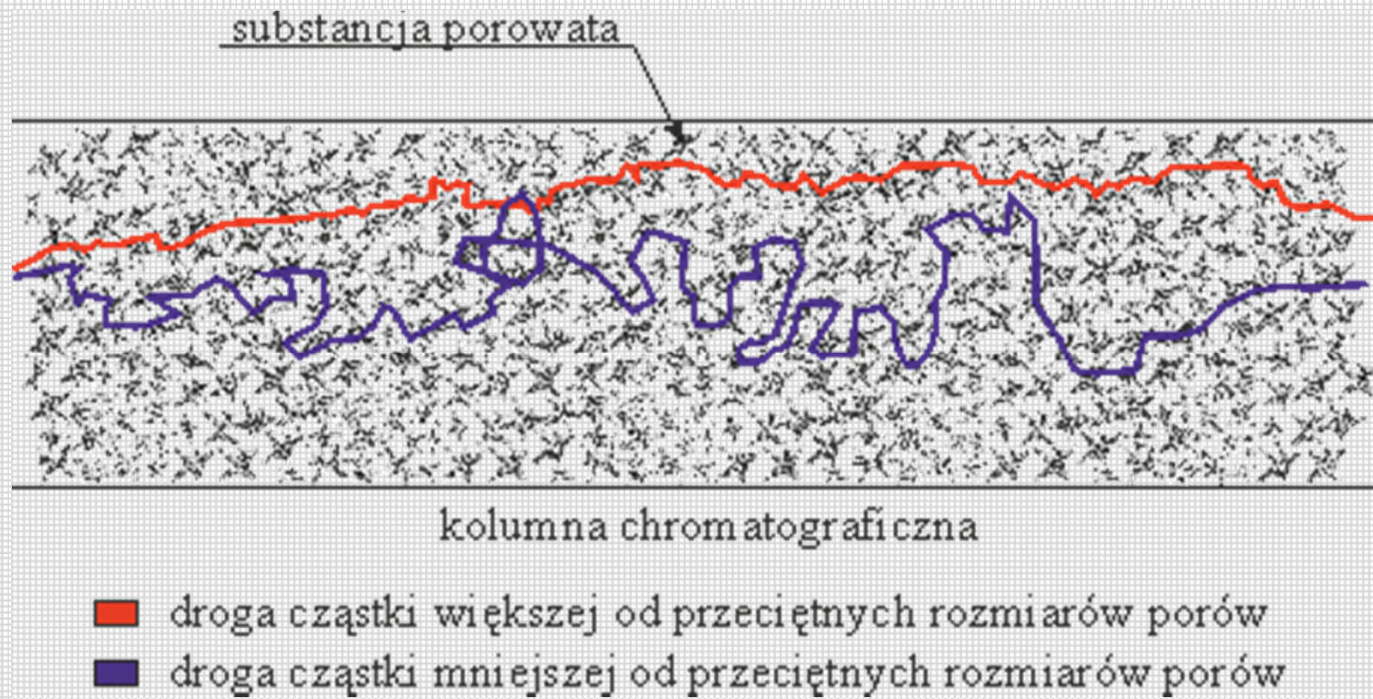
Elektroniczne nosy

E-nos

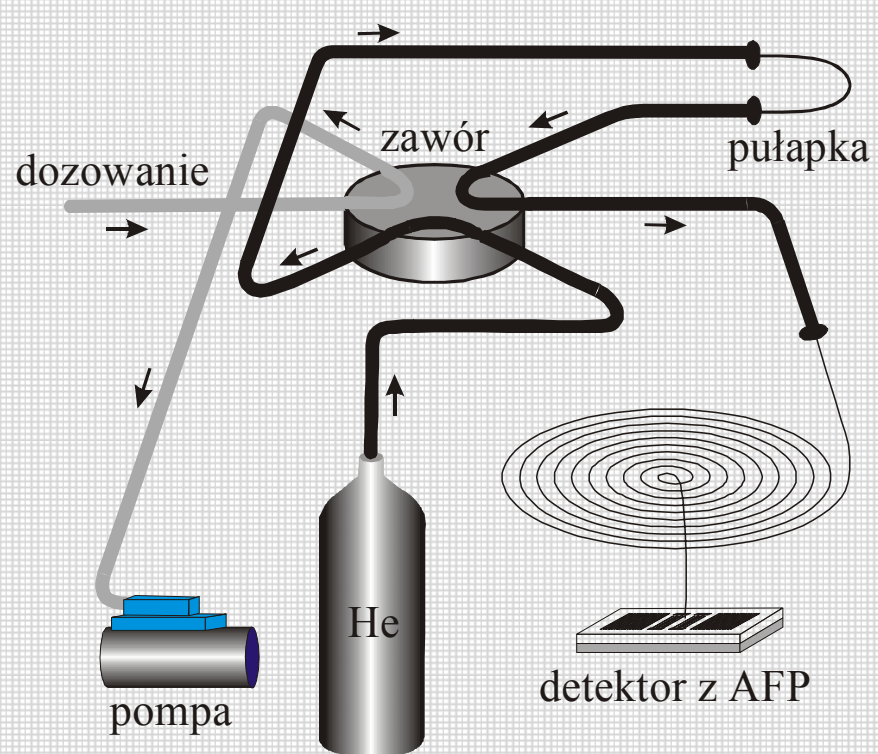
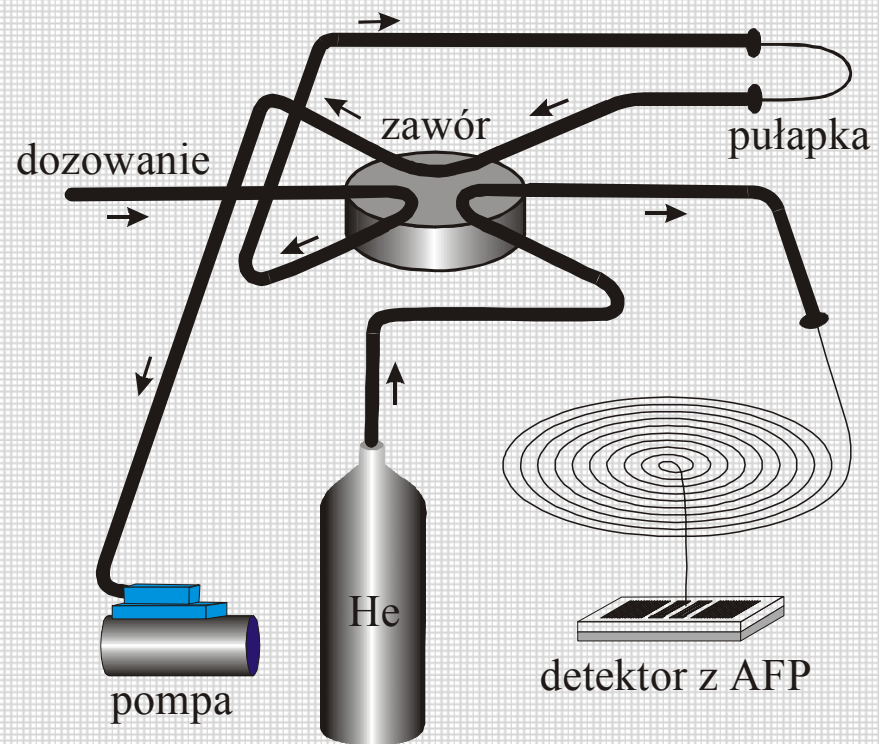


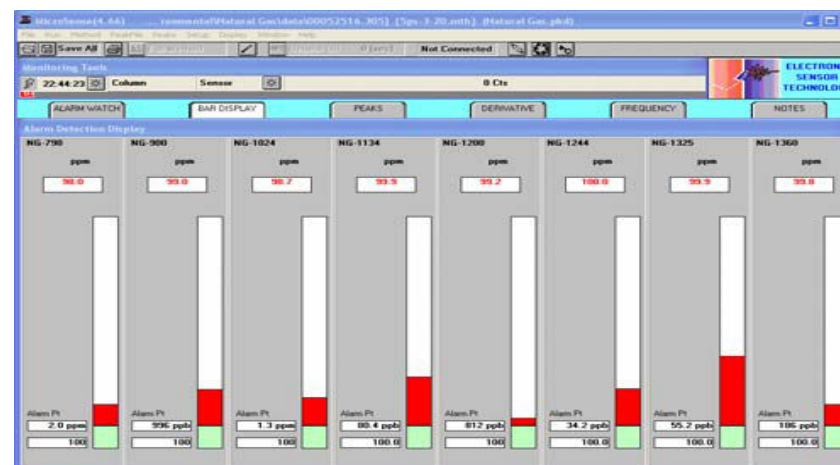
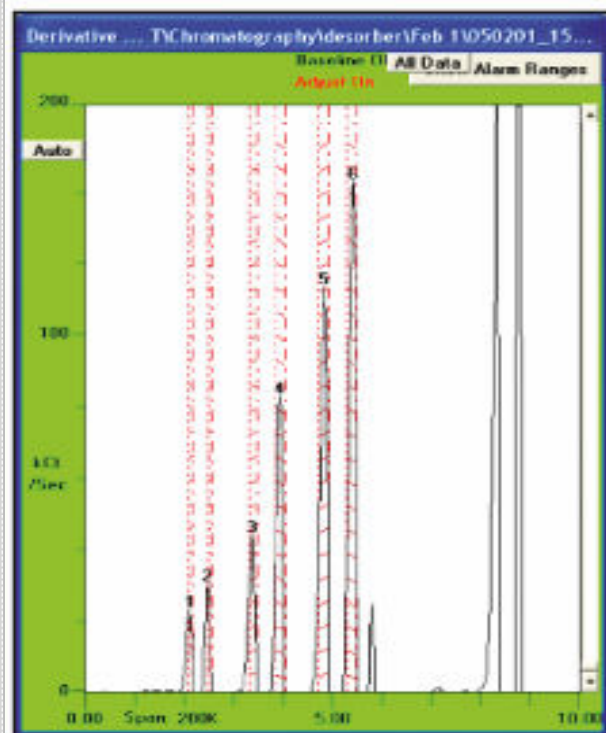
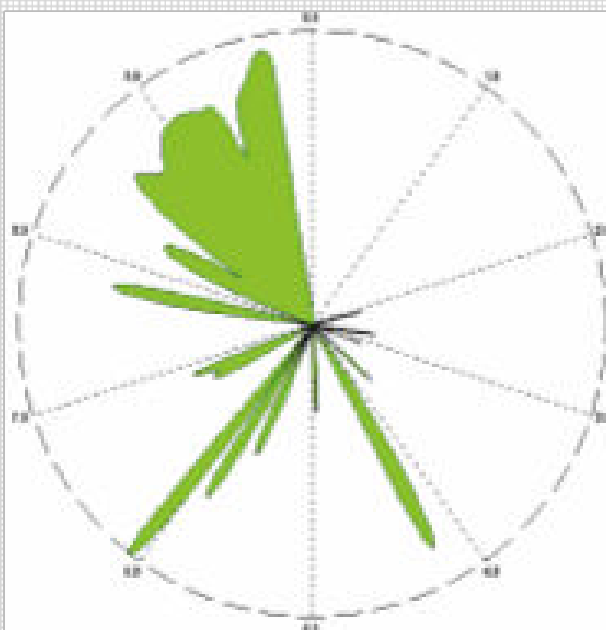
Warstwy chemoczułe reagują na obecność konkretnych gazów
lub wielkości równania LSER – cechy gazów

Zastosowanie chromatografii gazowej



Z-nos





Peaks

☒ Cts
 ☐ ppm
 All Al

Range Sum: 0
 Tag Sum: 0

Peak	RT	Amount	Substar
1	2.091	2,760 Cts	benzene
2	2.460	3,254 Cts	tce
3	3.362	6,154 Cts	toluene
4	3.916	11,717 Cts	pce
5	4.838	18,343 Cts	ethylbenzene
6	5.412	21,218 Cts	o-xylene
7	17.938	748 Cts	system

	Direct 10 Second	15 Second Prec.	Sensitivity Gain
Benzene	103	2760	26.8
TCE	99	3254	32.9
Toluene	199	6154	30.9
PCE	316	11717	37.1
Ethylbenzene	465	18343	39.4
o-Xylene	620	21218	34.2

