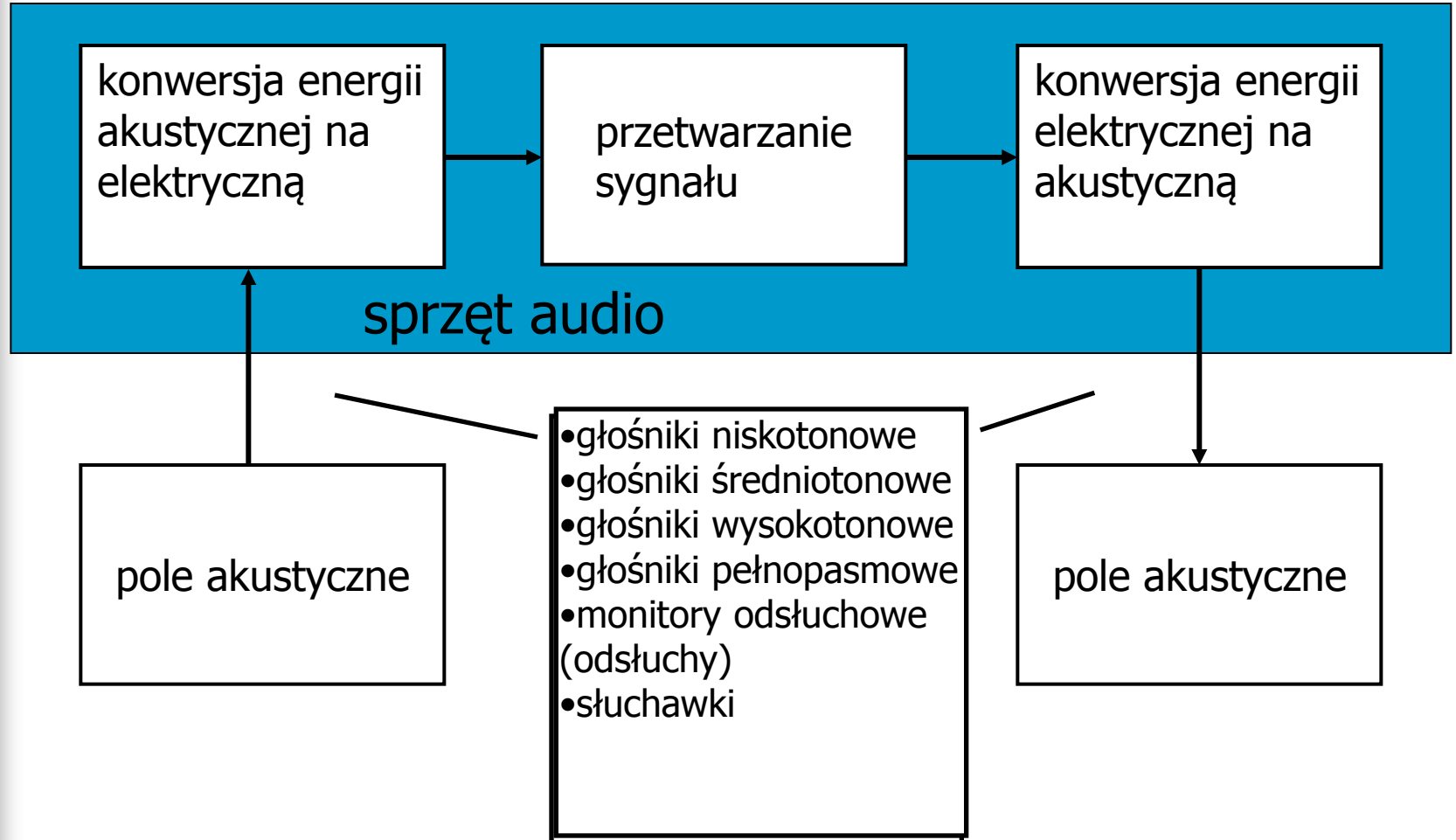


# Przetworniki elektroakustyczne

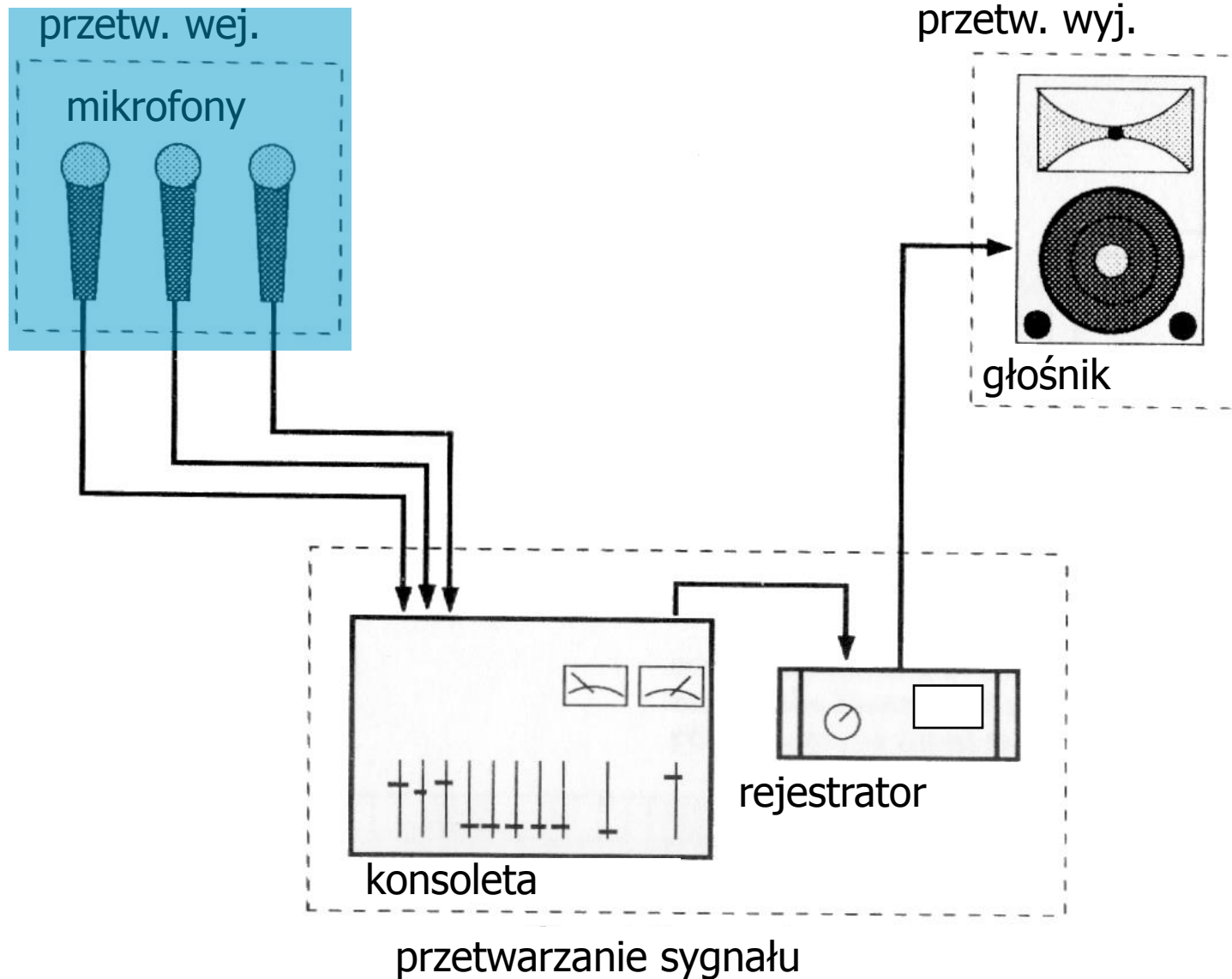


*Opracował:*  
***dr inż. Piotr Suchomski***

# Przetwarzanie dźwięku



# Jak się nagrywa dźwięk?





# Mikrofony - definicje

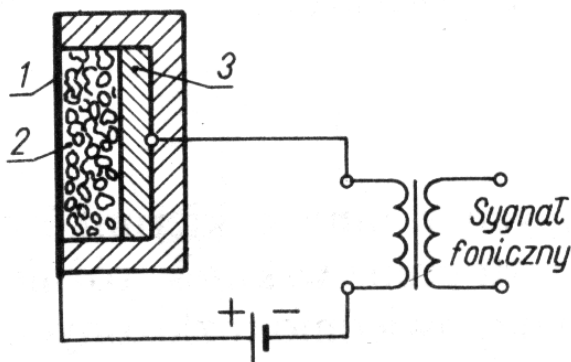
**Mikrofon** - przetwornik elektroakustyczny przetwarzający energię fali dźwiękowej na energię elektryczną

**Skuteczność** mikrofonu – jak ciche dźwięki mikrofon jest w stanie przechwycić

**Charakterystyka kierunkowa** mikrofonu to wykres skuteczności mikrofonu dla różnych kątów padania dźwięku

# Mikrofon węglowy

- wynaleziony w 1878 r. przez Davida Hughesa
- zasada działania jest oparta na zmianach rezystancji proszku węglowego ściskanego przez membranę, drgającą pod wpływem zmian ciśnienia akustycznego wytwarzanego przez padającą falę dźwiękową



Mikrofon węglowy

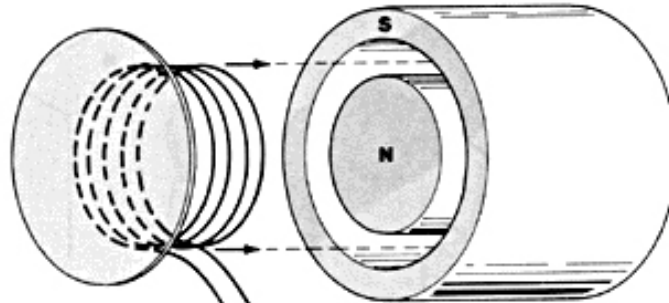
- 1 – membrana;
- 2 – proszek węglowy;
- 3 – elektroda stała

- Zalety: duża skuteczność (do 1V/Pa), impedancja rzędu kilkaset omów
- Wady: duży poziom szumów, ograniczone pasmo przenoszenia, silne zniekształcenia, niewielki zakres dynamiki, niestabilność pracy

# Mikrofon dynamiczny

## ■ Mikrofon cewkowy

- w polu magnesu stałego porusza się cewka nawinięta cienkim drutem miedzianym, mechanicznie połączona z membraną

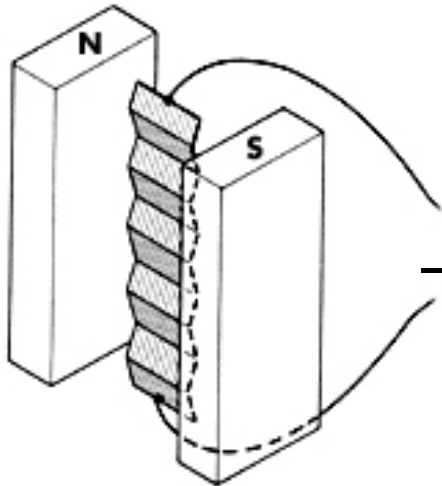


- zalety: płaska charakterystyka przenoszenia w zakresie od 40 Hz do 10kHz, dużą skuteczność, niski poziom szumów własnych, odporność na wstrząsy, niewrażliwość na podmuchy wiatru, możliwość podłączenia do długich kabli, brak napięć zasilających
- wady: podatność na przenikanie zakłóceń indukowanych przez zewnętrzne pole elektryczne, duże wymiary i ciężar (w porównaniu z mikrofonami pojemnościowymi i elektretowymi)

# Mikrofon dynamiczny

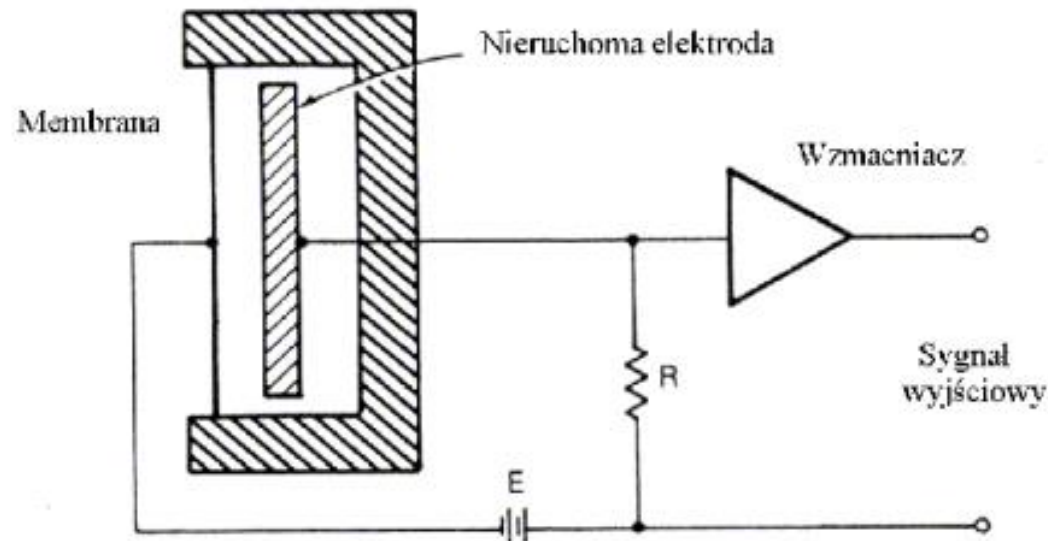
## ■ Mikrofon wstęgowy

- elementem czynnym w tego rodzaju mikrofonie jest cienka (2-5 mm) wstęga aluminiowa o szerokości ok. 0,5 cm i długości kilku cm (4-7 cm), poruszająca się w szczelinie między nabiegunnikami magnesu
  - zalety: dobra skuteczność, niski poziom szumów własnych, brak zasilania, korzystna, prawie niezależna od częstotliwości w całym przenoszonym paśmie charakterystyka kierunkową
  - wady: wrażliwość na wstrząsy i ruchy powietrza, uwydatnianie tonów o małych częstotliwościach, zwłaszcza przy pracy w niewielkiej odległości od źródła dźwięku (tzw. efekt zbliżeniowy), konieczność stosowania transformatora



# Mikrofon pojemnościowy

- wykorzystuje zmiany pojemności spowodowane drganiami membrany

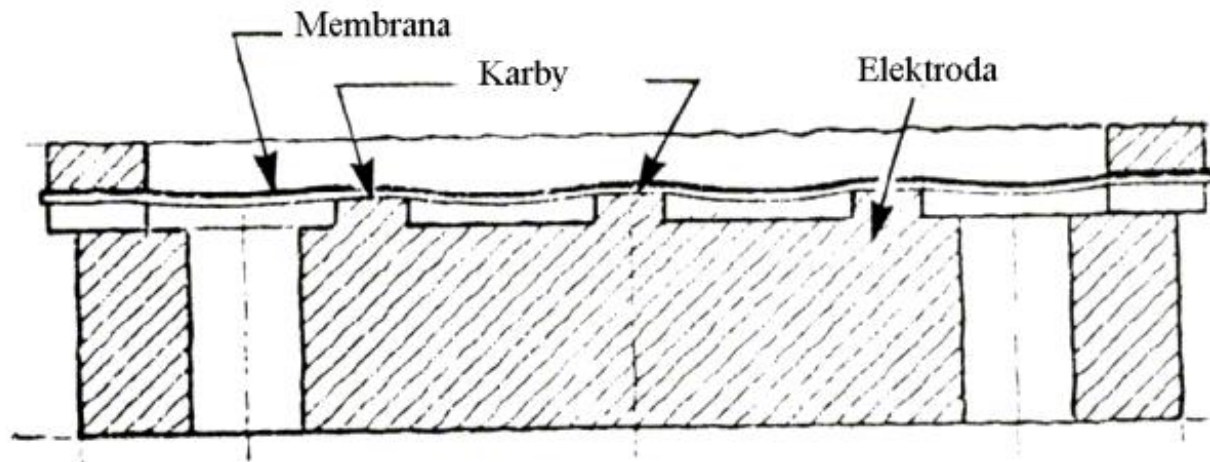


- zalety: duża skuteczność, płaska ch-ka przenoszenia w szerokim zakresie częstotliwości, małe wymiary, mała wrażliwość na drgania mechaniczne i obce pole magnetyczne
- wady: konieczność stosowania przedwzmacniacza, konieczność doprowadzenia napięcia do polaryzacji membrany i zasilania przedwzmacniacza



# Mikrofon elektretowy

- membranę stanowi folia plastikowa z napyłoną, cienką (ok. 50 nm) warstwą metalu, trwale spolaryzowana elektrycznie na etapie produkcji

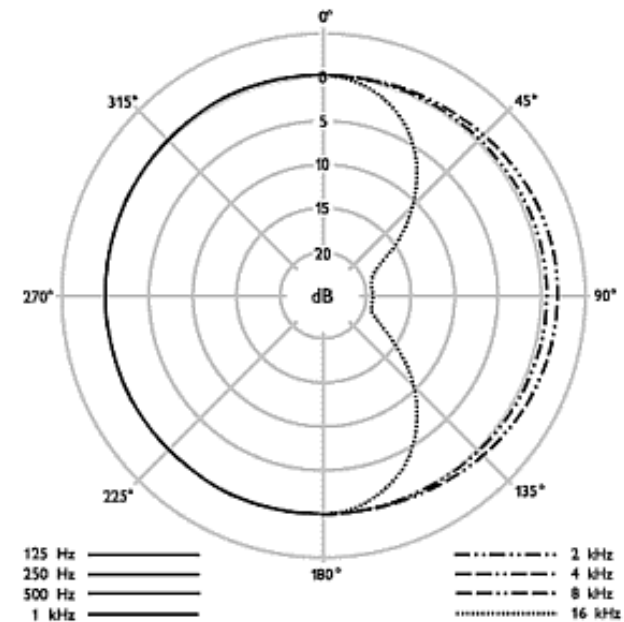
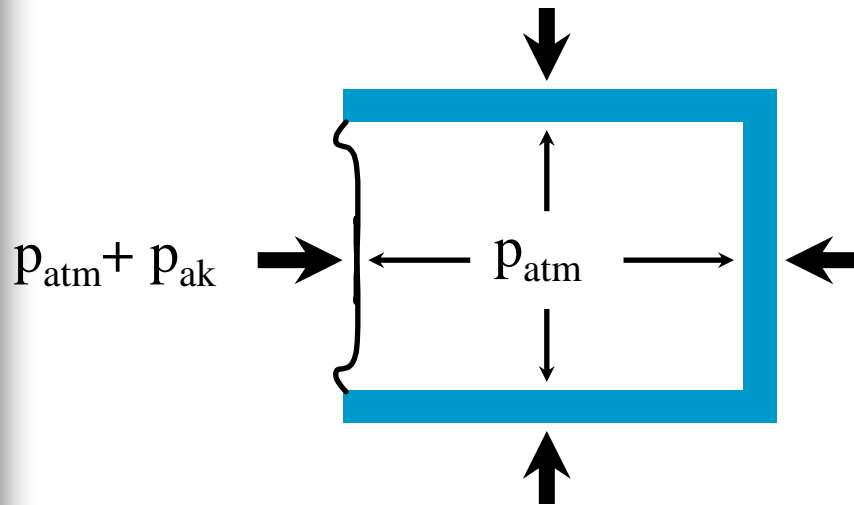


ulepszona wersja-*back-electret* -elektret umieszczony jest na nieruchomej elektrodzie. Membrana zbudowana jest z cienkiego (ok. 5  $\mu\text{m}$ ) poliestru pokrytego jedno- lub dwustronnie warstwą złota lub innego metalu

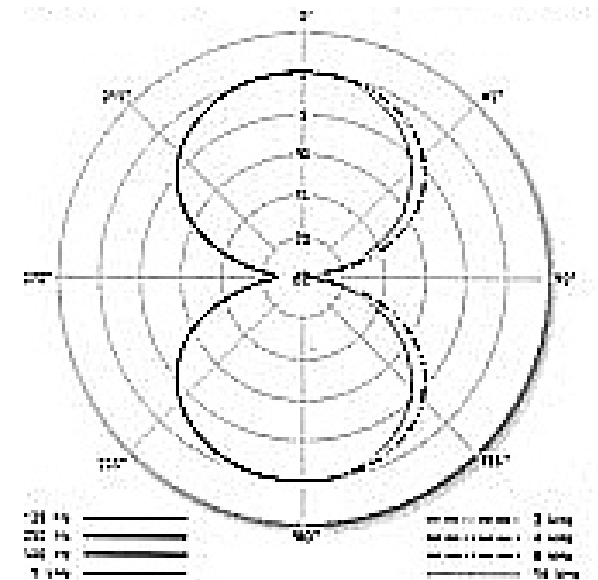
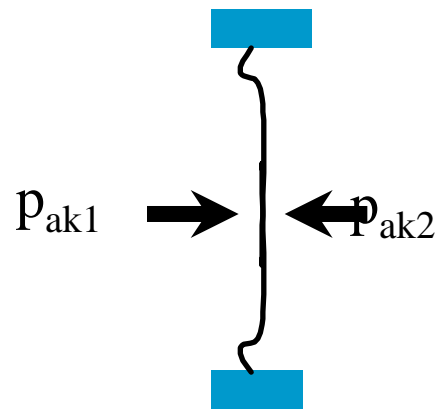
zalety: jak dla mikrofonu pojemnościowego, nie jest potrzebna polaryzacja membrany

# Charakterystyki kierunkowe

## ■ mikrofon ciśnieniowy

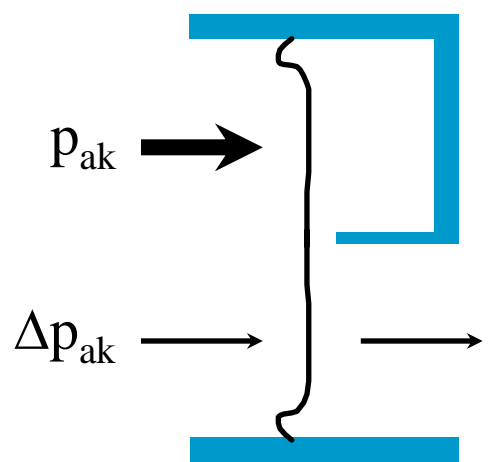
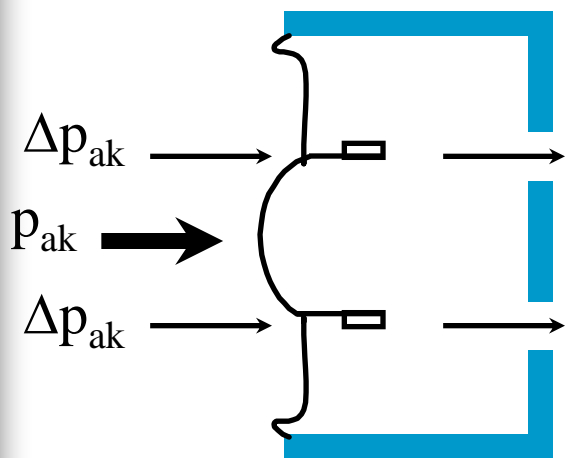


## ■ mikrofon gradientowy



# Charakterystyki kierunkowe

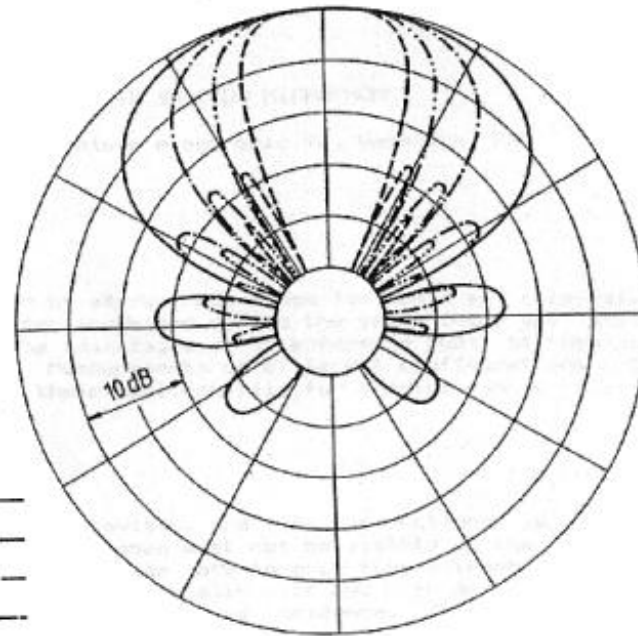
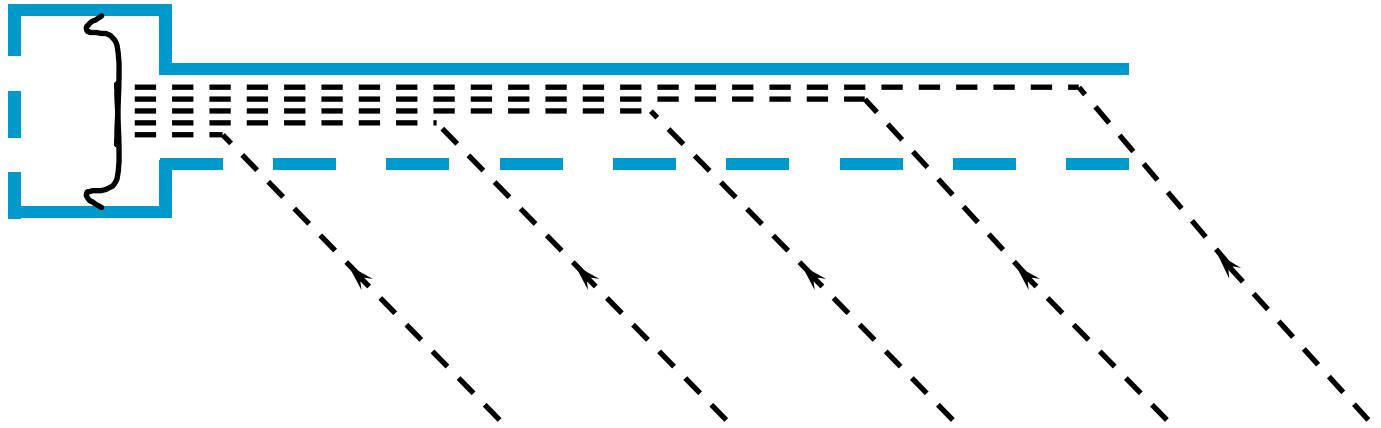
## ■ mikrofon ciśnieniowo-gradientowy



| Pozycja przełącznika | Część omni |   | Część cosinusowa |   | Charakterystyka końcowa |
|----------------------|------------|---|------------------|---|-------------------------|
| 1                    | •          | + |                  | - |                         |
| 2                    |            | + |                  | - |                         |
| 3                    |            | + |                  | - |                         |
| 4                    |            | + |                  | - |                         |
| 5                    |            | + | •                | - |                         |

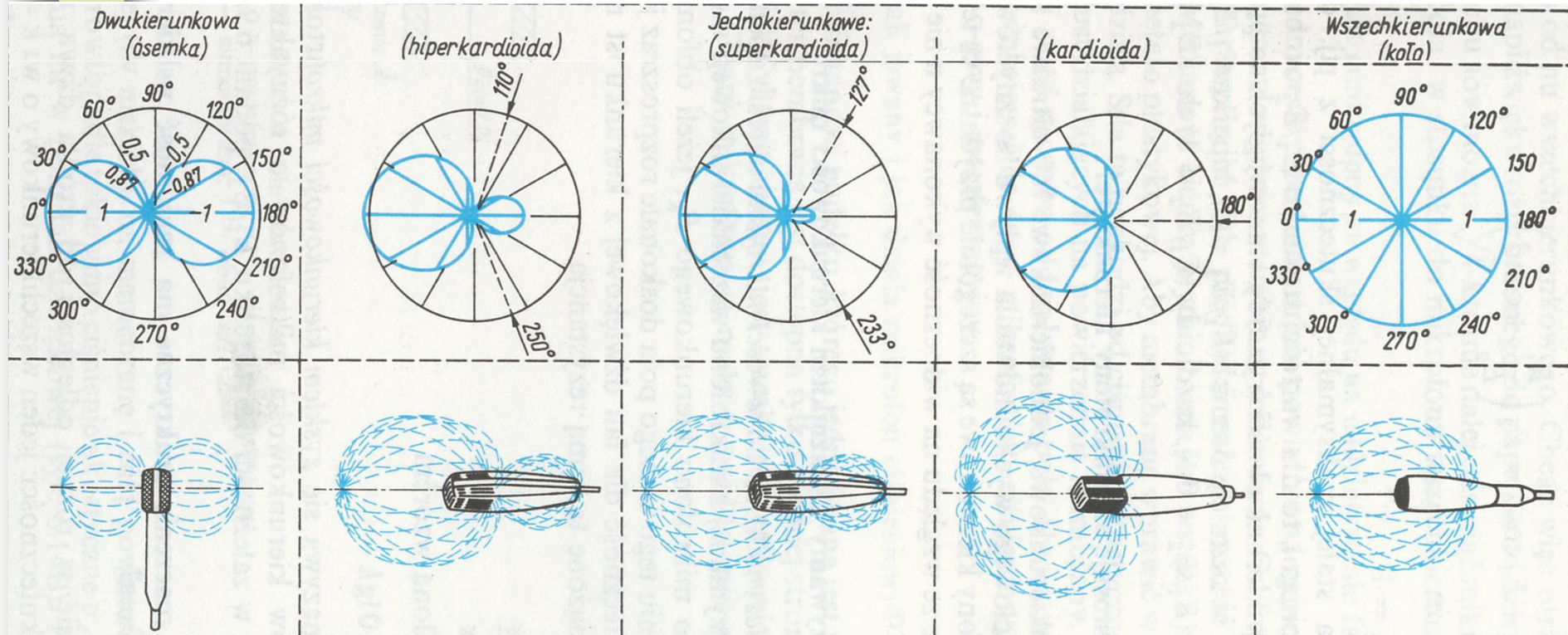
# Charakterystyki kierunkowe

- mikrofon interferencyjny



2000 Hz —  
4000 Hz - - -  
8000 Hz - · - ·  
16000 Hz · · · ·

# Charakterystyki kierunkowe



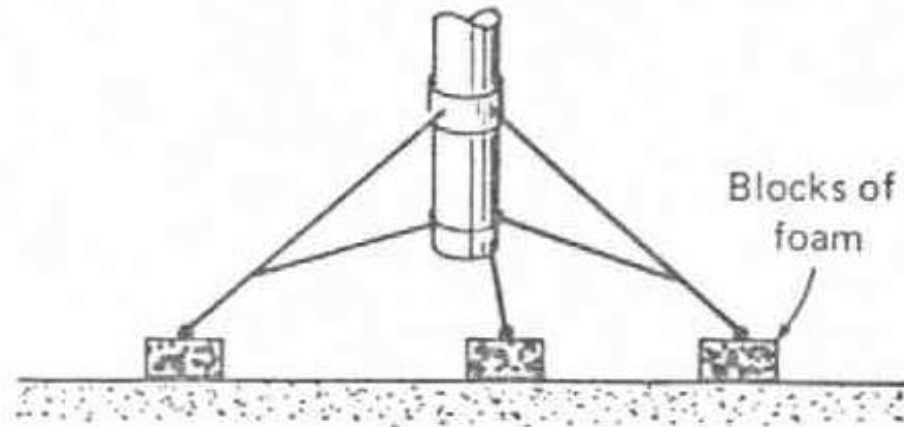
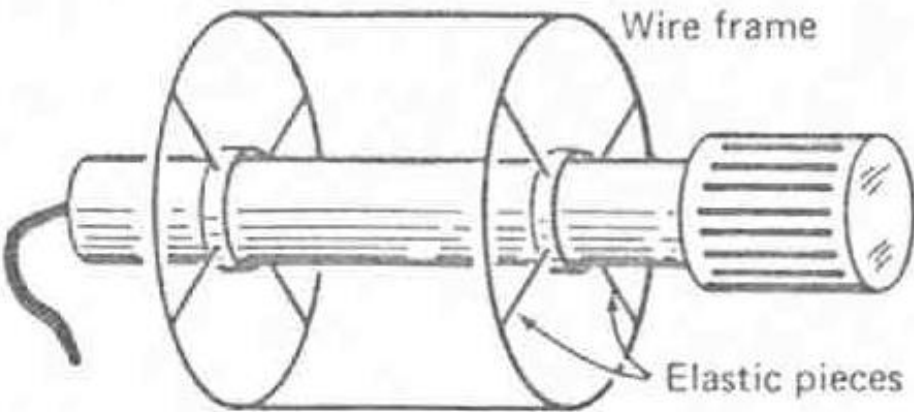
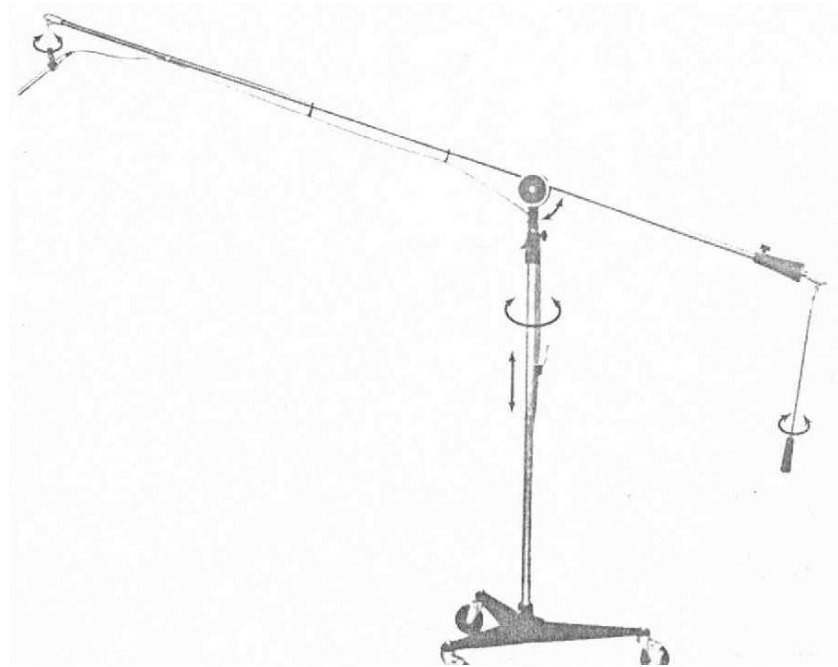
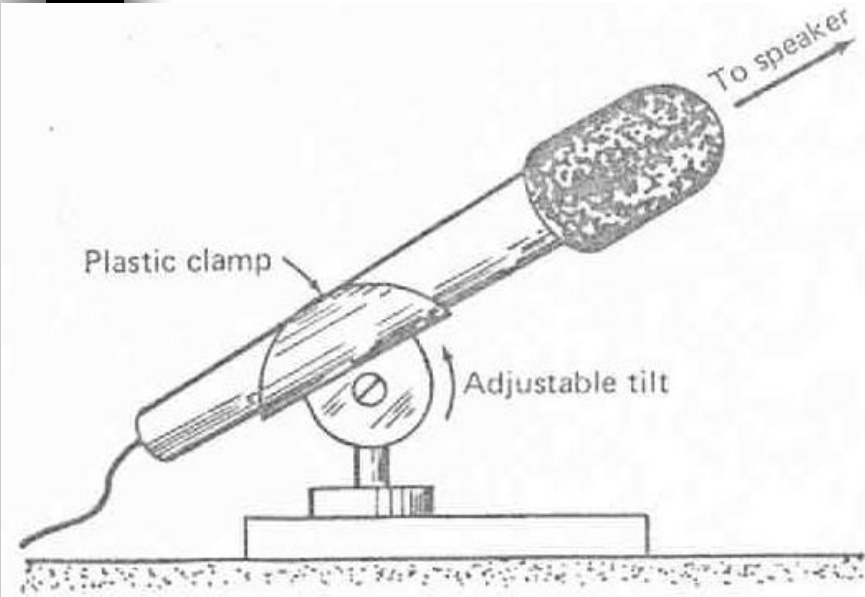
# MIKROFON M 149 Tube



# Mikrofony w studiach

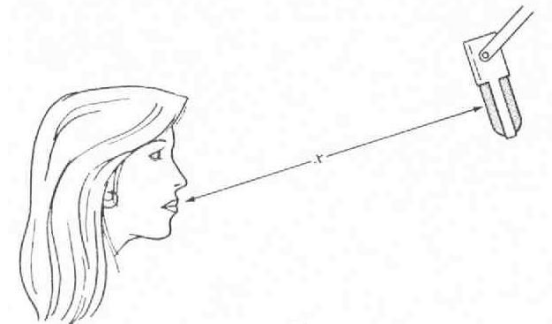
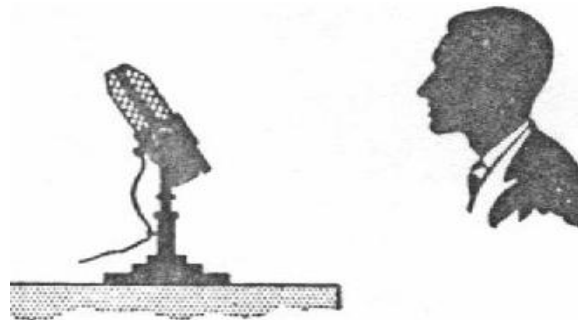
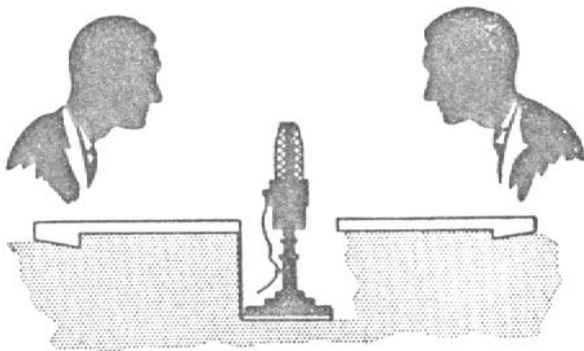
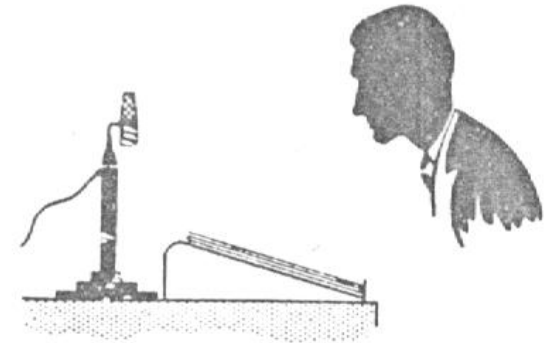
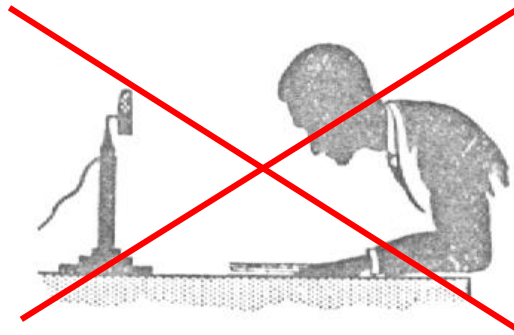
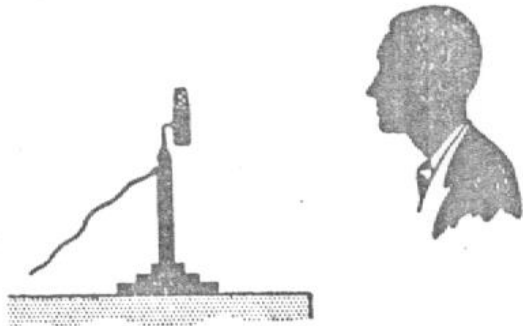
- wybór mikrofonu jest uzależniony od:
  - rodzaju studia
  - parametrów akustycznych studia
    - czas pogłosu
    - poziom zakłóceń (wewnętrznych i zewnętrznych)
    - objętość
  - liczby osób przebywających w studiu

# Przykładowe ustawienia mikrofonów





# Przykładowe ustawienia mikrofonów



# Problemy



- Dyscyplina rozmówców
- Audycja stereofoniczna lub wielokanałowa



Ustawienia i rodzaje mikrofonów

# Ustawienia mikrofonów



■ Przykład ustawienia mikrofonów dla prowadzącego i trzech rozmówców (należy bardzo uważać przy doborze mikrofonów i ich rozmieszczeniu)

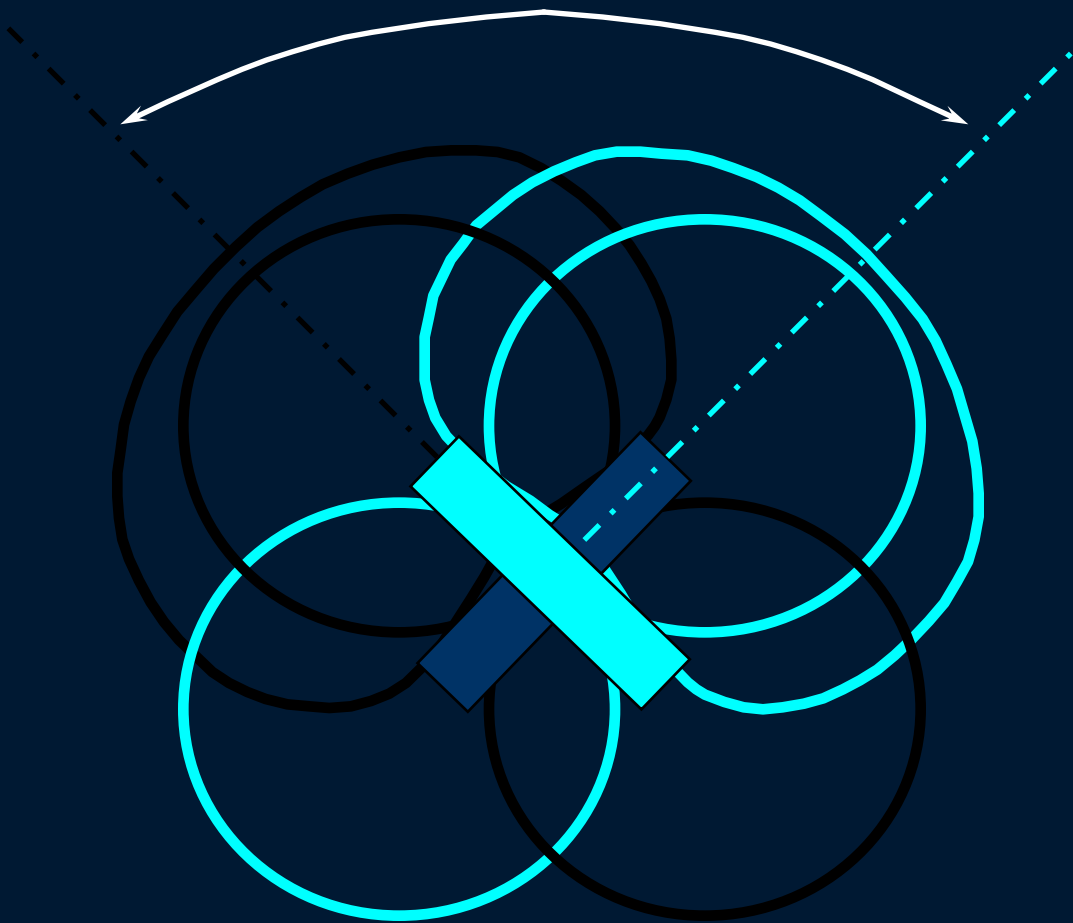


# Stereofoniczne systemy mikrofonowe

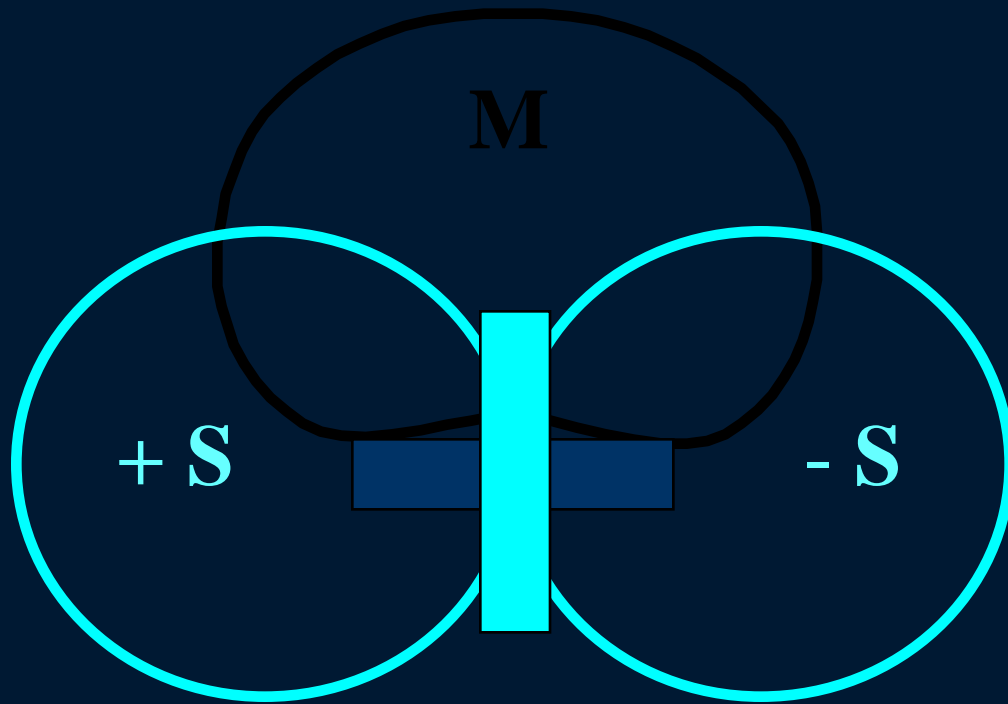
- Systemy natężeniowe
  - system XY
  - system MS
- Systemy fazowe
  - system AB
- Systemy natężeniowo-fazowe
  - system OSS
  - systemy ORTF i NOS
  - sztuczna głowa

# System XY

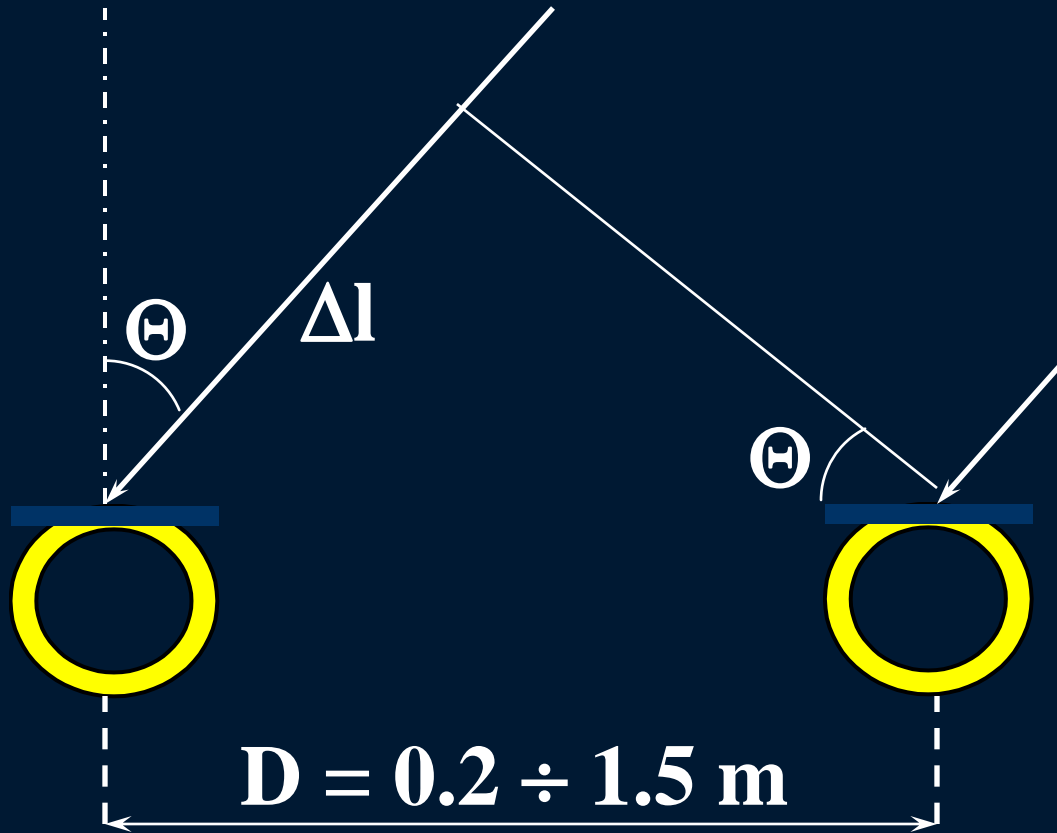
$90^\circ \div 120^\circ$



# System MS

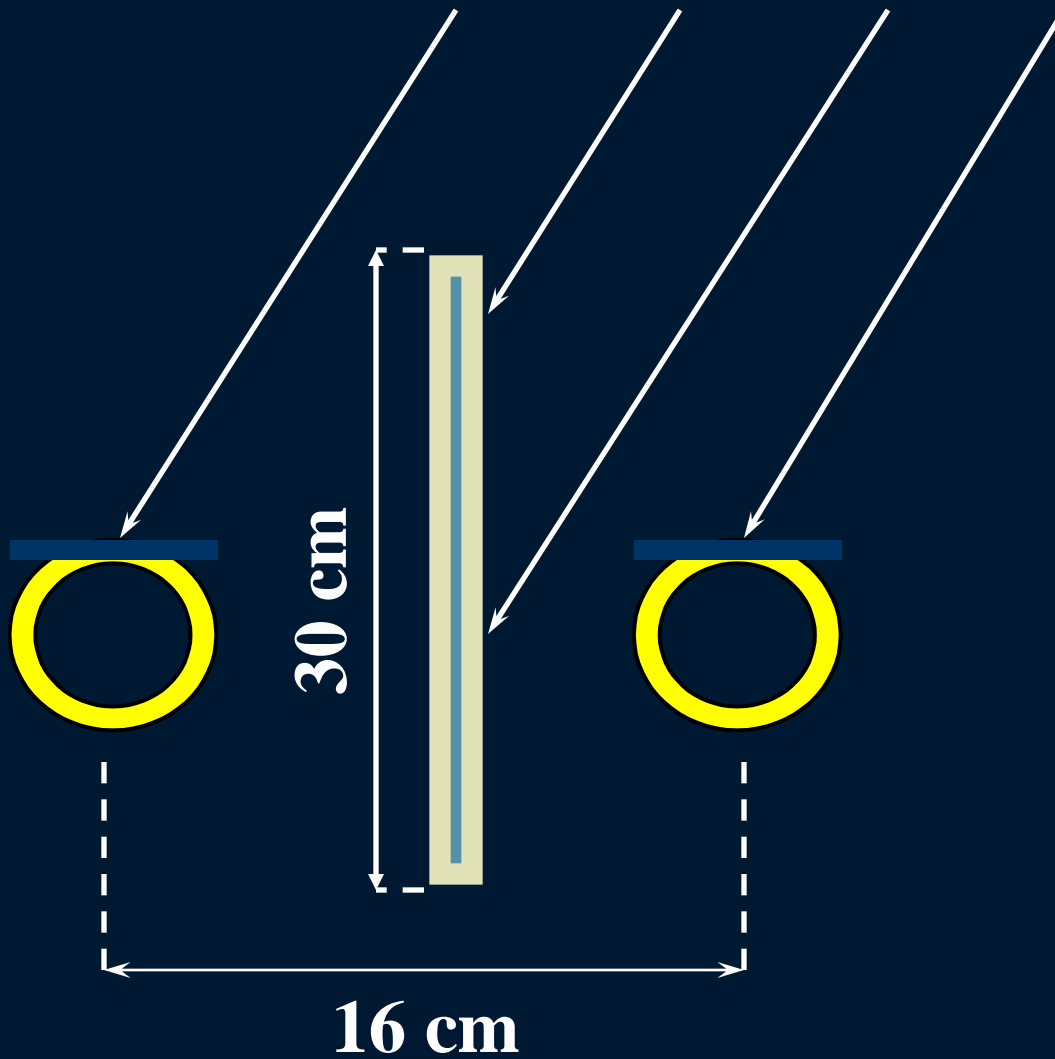


# System AB



$$\Delta l = D \sin \Theta$$

# System OSS

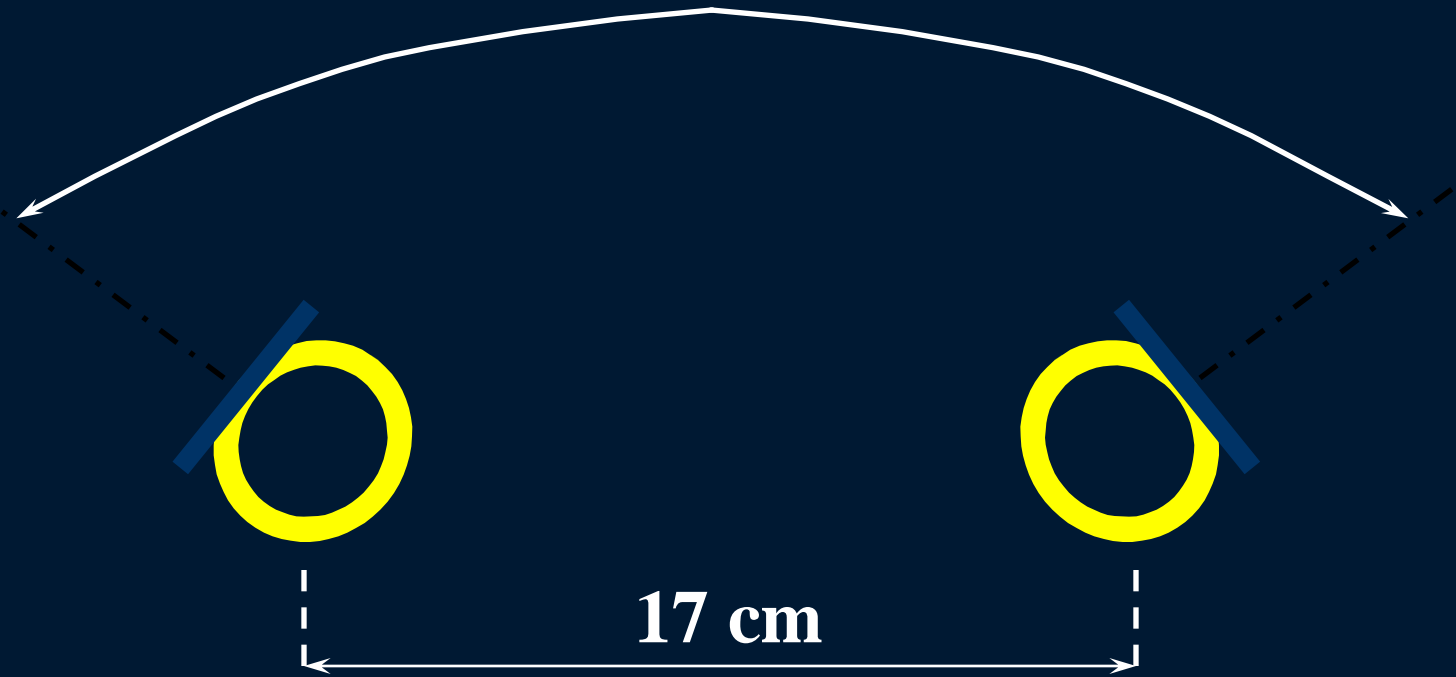
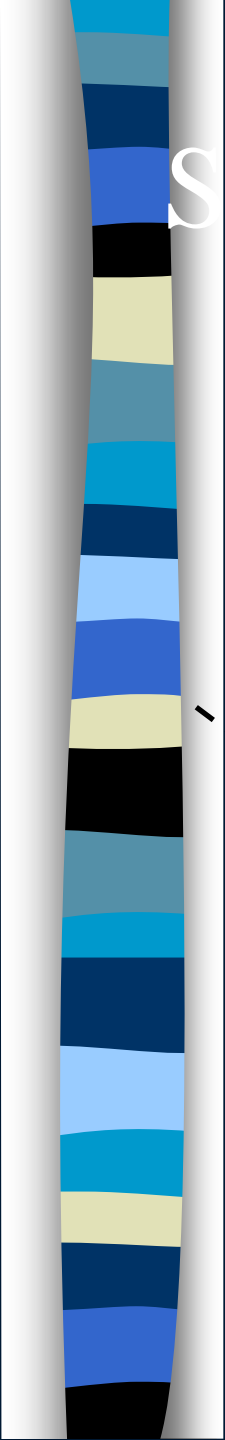




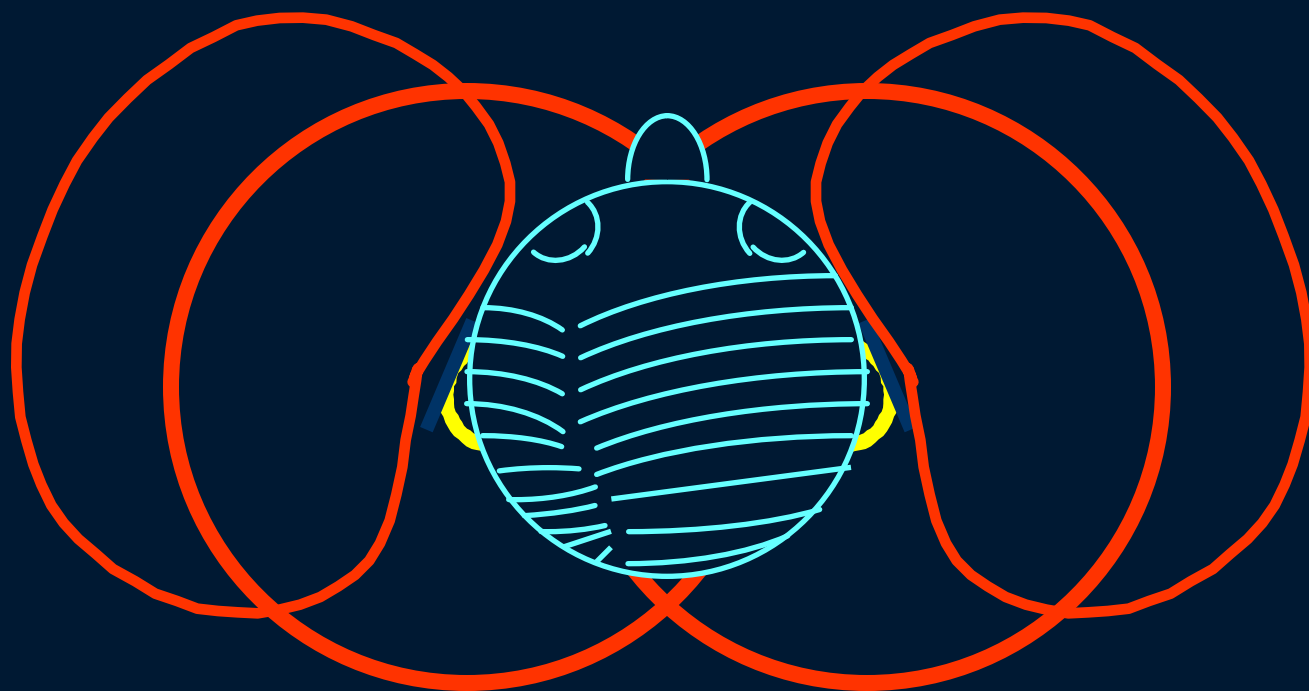
# System ORTF

110°

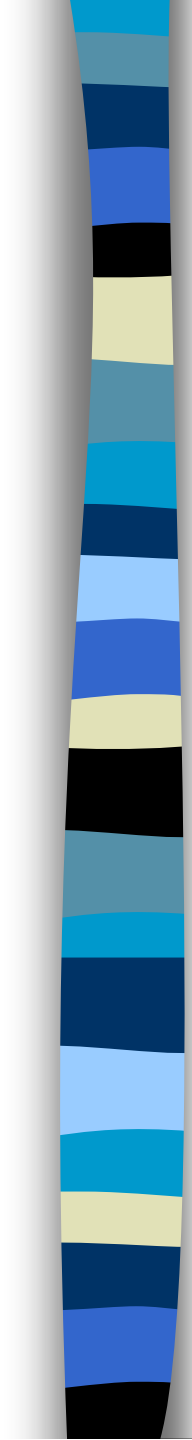
17 cm



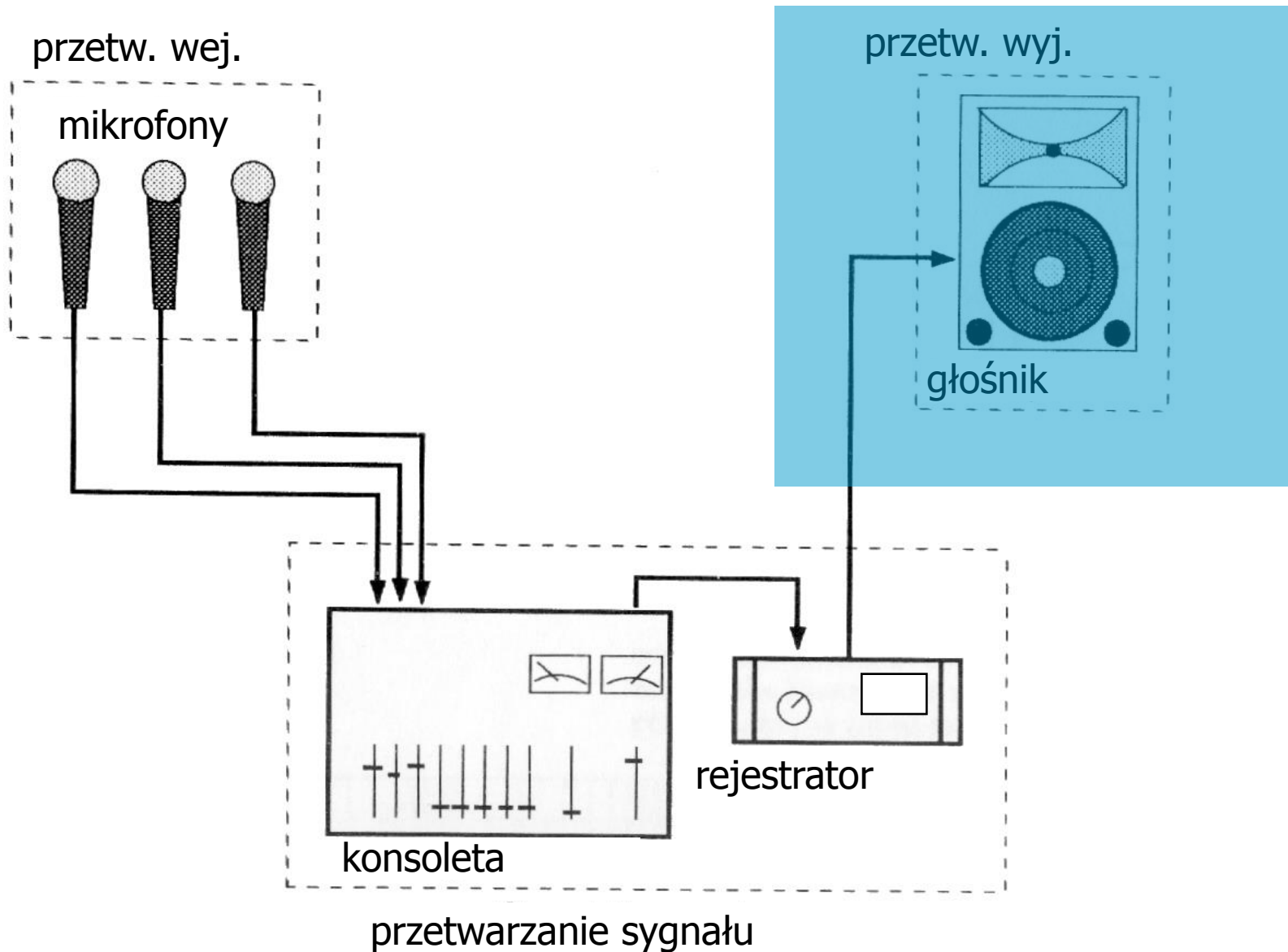
# Sztuczna głowa



# Mikrofony w terenie

- 
- wymagane parametry
    - odporność na wstrząsy
    - odporność na ruchy powietrza
    - odporność na zmienne warunki atmosferyczne
    - z reguły duża kierunkowość
  - typowy zestaw
    - mikrofon interferencyjny
    - osłona przeciwwietrzna
    - „tyczka”

# Jak się nagrywa dźwięk?





# Głośnik

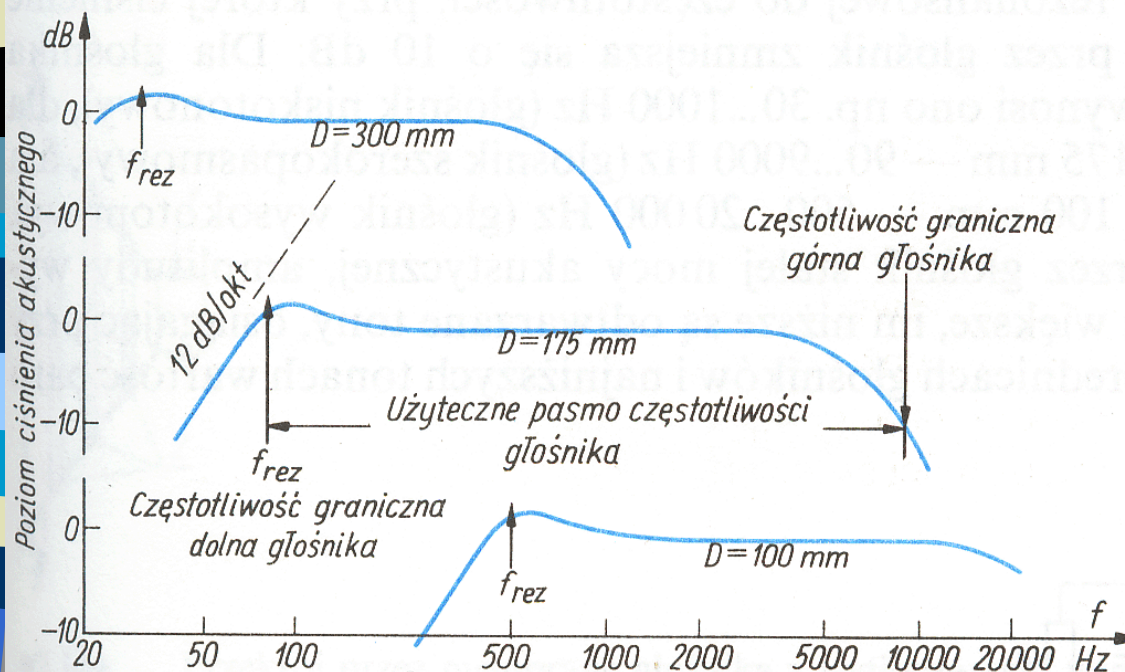
**Głośnik** - przetwornik elektroakustyczny przetwarzający energię elektryczną na energię fali akustycznej. Idealny głośnik przekształca zmienne napięcie elektryczne o odpowiedniej częstotliwości na falę akustyczną proporcjonalnie i liniowo.

# Klasyfikacja głośników – sposób działania

- Magnetoelektryczne (dynamiczne) – poruszanie membrany za pomocą elektromagnesu – najbardziej popularne rozwiązanie,
- Elektromagnetyczne – ruch ferromagnetyka w polu magnetycznym,
- Elektrostatyczne (pojemnościowe) – drganie okładek „kondensatora”,
- Magnetostrykcyjne – zmiana wymiarów ferromagnetyka (zjawisko magnetostrykcyjne) – wytwarzanie ultradźwięków,
- Piezoelektryczne – zmiana wymiarów elementu piezoelektrycznego na skutek działania pola elektrycznego (wysokie tony i ultradźwięki),
- Jonowe (plazmowe) – zmiana objętości gazu (jonizacja pod wpływem zmian wysokiego napięcia), średnie i wysokie tony, wysokie koszty, wydzielanie ozonu.

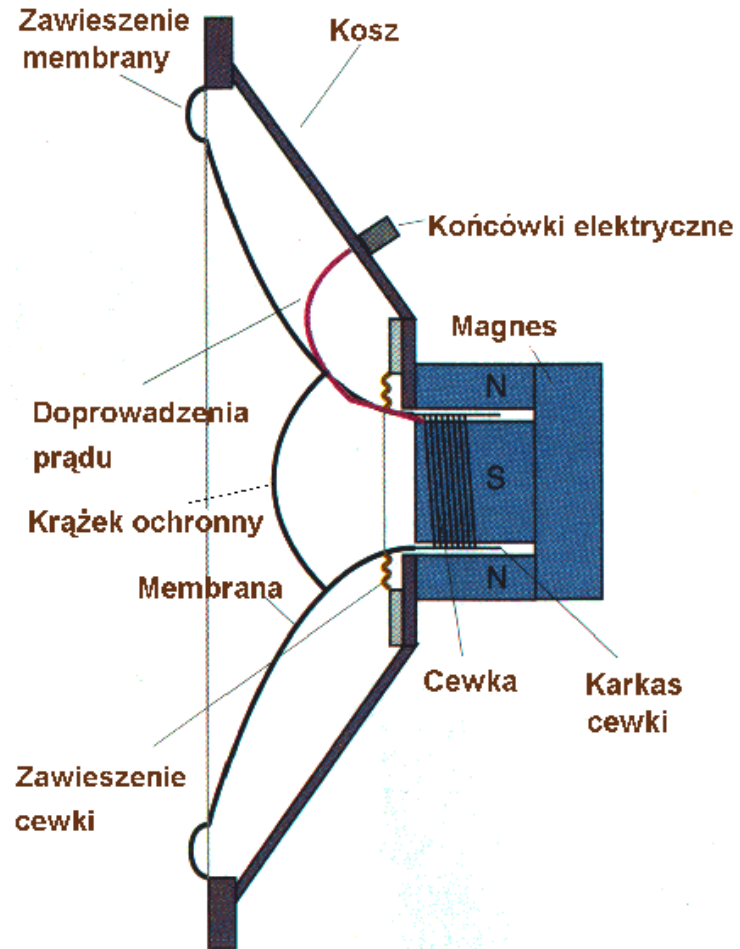
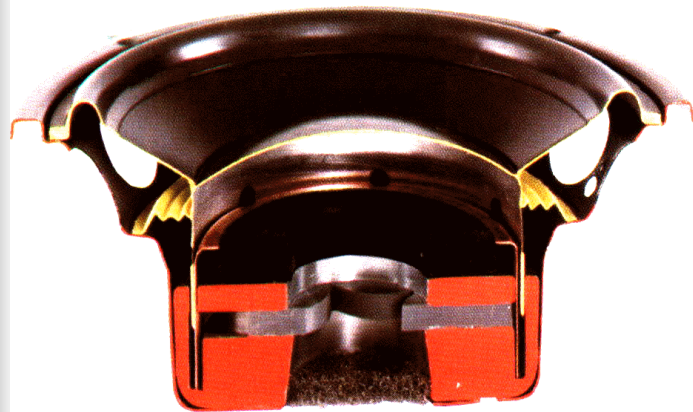
# Klasyfikacja głośników – charakterystyka częstotliwościowa

- Niskotonowe, subwoofery,
- Średnionowe,
- Wysokotonowe,
- Szerokopasmowe.



$F_{rez}$  – częstotliwość rezonansowa  
 $D$  – średnica głośnika

# Głośnik dynamiczny – budowa i działanie





# Głośnik dynamiczny – budowa i działanie

- Gdy przez zwoje cewki płynie prąd o natężeniu  $I$ , to na cewkę i sztywno powiązaną z nią membranę działa siła  $F$ . Kierunek siły  $F$  jest powiązany z kierunkiem przepływu prądu. Taki sam ruch jak cewka wykonuje membrana. Ruch membrany do przodu powoduje zagęszczenie powietrza przed membraną, a ruch do tyłu powoduje rozrzedzenie powietrza. Kolejne zagęszczenia i rozrzedzenia tworzą falę dźwiękową.

$$F = B * I * l$$

$B$  – indukcja magnetyczna [T]

$I$  – natężenie prądu w cewce [A]

$l$  – długość przewodu w cewce [m]



# Obudowa głośnika

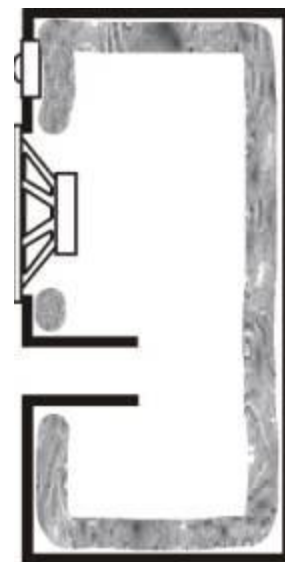
- Głośnik bez obudowy promieniuje słabo albo w ogóle nie promieniuje tonów niskich. Zagęszczanie i rozrzedzanie powietrza jest na tyle wolne, że wzajemnie się znosi. Obudowa powinna zapewnić zróżnicowanie drogi fali dźwiękowej między przednią i tylną ścianą membrany.
- Do budowy obudów wykorzystuje się na ogół drewno, płyty wiórowe (płyty MDF, HDF). Istotną cechą materiału jest duża gęstość oraz masa, ale również musi się charakteryzować dużym tłumieniem wewnętrznym.
- Nie mniej istotne znaczenie ma technika łączenia poszczególnych elementów obudowy (maksymalna eliminacja niepożądanych rezonansów).
- Konstrukcja obudowy powinna zapobiegać powstawaniu fal stojących (wprowadzanie nieregularności do budowy bądź materiały tłumiące) (idealny kształt – kula).

# Obudowa głośnika - konstrukcje

- Obudowa zamknięta – najprostsza konstrukcja obudowy, całkowite oddzielenie strony przedniej od tylnej membrany. Powinna być ciężka i dobrze wytłumiona.

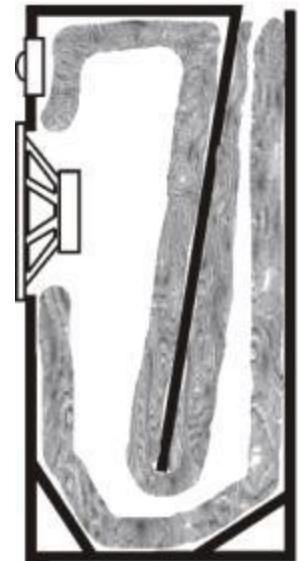
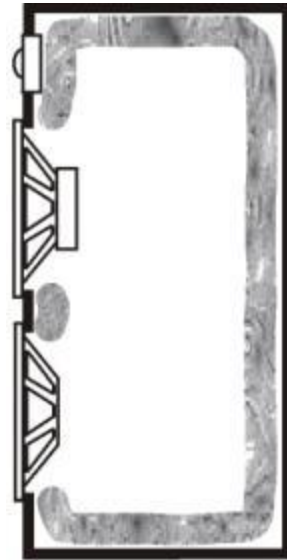


- Obudowa typu basrefleks – koncepcja wykorzystania fali dźwiękowej powstającej z tyłu membrany (rezonator Helmholtza). Może być otwór prosty lub tunelowy otwór rurowy. Znacznie korzystniejsze odtwarzanie niskich częstotliwości.



# Obudowa głośnika - konstrukcje

- Obudowa z membraną bierną – eliminuje zabarwienia dźwięku powstające w otworze/tunelu basrefleks, stosowana gdy głębokość głośnika mniejsza niż wymagana długość tunelu basrefleks.
- Obudowa z linią transmisyjną – obudowa typu nierezonansowego, dość głośny i głęboki bas,
- Małe zabarwienia w zakresie średnich tonów,
- Mimo to porównywalne z basrefleksem przy wyższych kosztach wytworzenia





# Łączenie głośników

- Produkcja głośników szerokopasmowych jest trudna i droga.
- Aby zapewnić możliwie szerokie pasmo częstotliwości do jednej obudowy montuje się kilka głośników, które zróżnicowane są pod względem budowy i rozmiarów, a odpowiadają za odtwarzanie dźwięków w poszczególnych pasmach częstotliwości.
- Głośniki łączone są za pomocą tzw. zwrotnic głośnikowych.
- Zwrotnice dzielą szerokie pasmo sygnału dźwiękowego na podpasma przypisane do poszczególnych głośników.
- Zwrotnice mogą być pasywne (bierna) lub aktywne.
- Zwrotnice aktywne (rzadziej stosowane) dzielą sygnał na podpasma, a następnie za pomocą oddzielnych wzmacniaczy mocy wzmacniają dźwięk tuż przed głośnikiem. Zwrotnice aktywne mogą być cyfrowe lub analogowe.
- Zwrotnice pasywne (najczęściej spotykane) dzielą już wzmocniony sygnał.

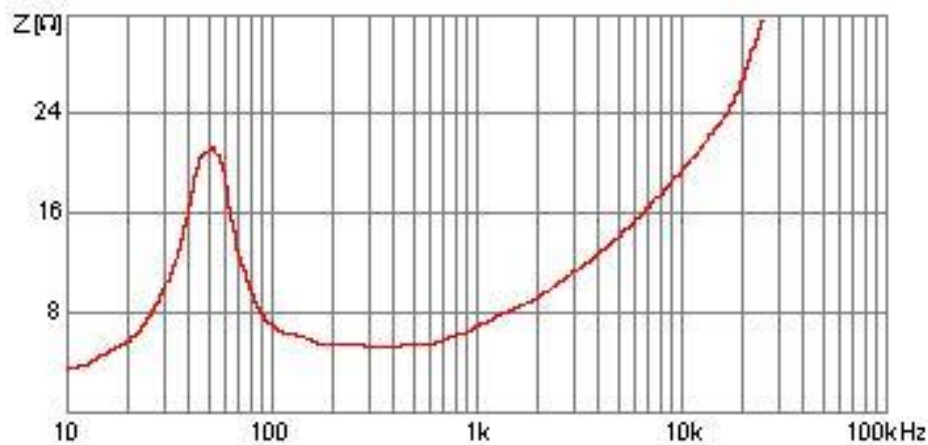
# Parametry głośników

- **Sprawność** głośnika w obudowie zamkniętej mieści się w zakresie od 0,5% do 2 % (zdecydowana większość energii wypromieniowana jest w postaci ciepła). Konstrukcje tubowe mają sprawność na poziomie 20-50%.
- **Moc znamionowa** – jest to moc, którą może być głośnik obciążony w sposób ciągły nie powodując uszkodzenia głośnika ani nadmiernych zniekształceń dźwięku.
- **Moc muzyczna** (należy traktować z dużą rezerwą) – maksymalna moc krótkotrwałego (2s.) tonu o częstotliwości z zakresu od 250 Hz do dolnej częstotliwości granicznej, która nie spowoduje uszkodzenia głośnika ani nie spowoduje zbyt dużych zniekształceń.
- **Efektywność** (często jest średni poziom ciśnienia akustycznego) – mierzona w dB określa poziom ciśnienia akustycznego uzyskiwanego w odległości 1 m od głośnika odtwarzającego ton prosty o częstotliwości 1 kHz i mocy 1W. Domowe zestawy głośników mają efektywność na poziomie 90 dB.

# Parametry głośników

- Impedancja – oporność głośnika dla prądu zmiennego. Typowe wartości minimalnych impedancji wynoszą: 4, 6, 8, 16 Ohm.
- Należy pamiętać o dopasowaniu impedancji głośnika do impedancji wyjść wzmacniacza mocy. Jeśli do wzmacniacza dołączymy głośniki o zbyt małej impedancji można doprowadzić nawet do przegrzania i/lub spalenia końcówki mocy wzmacniacza.

Charakterystyka modułu impedancji

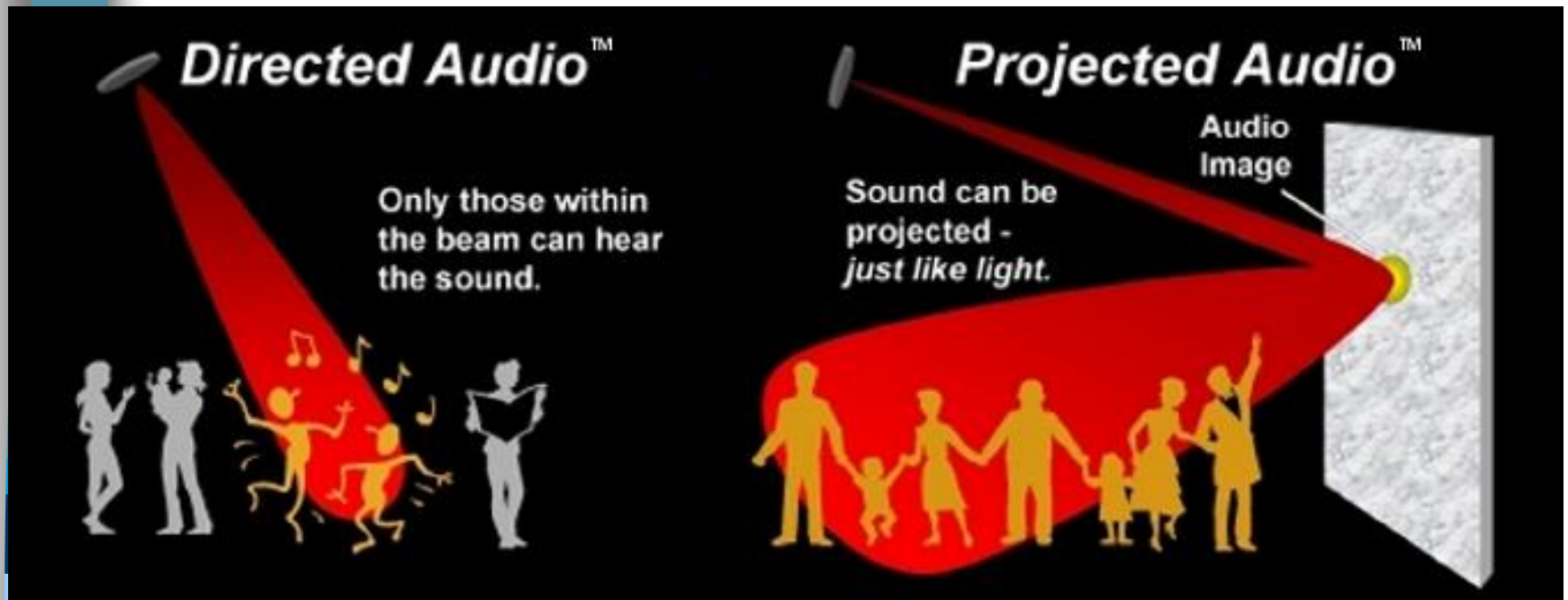


# „Superkierunkowe” głośniki

- Do superkierunkowej prezentacji dźwięków słyszalnych można wykorzystać ultradźwięki.
- Bazując na zjawisku dudnienia można generować dźwięki słyszalne, których częstotliwość wynika z różnicy częstotliwości dwóch ultradźwięków.
- Innym rozwiązaniem jest wykorzystanie modulacji AM. W tym przypadku nośną jest sygnał ultradźwiękowy (zwykle o częstotliwości rzędu 40 kHz), natomiast sygnałem modulującym jest słyszalny sygnał dźwiękowy. Na skutek nieliniowości powietrza następuje samoczynna demodulacja sygnału.
- Wykorzystując zjawisko modulacji i demodulacji oraz fakt silnej kierunkowości ultradźwięków można transmitować słyszalne dźwięki w ściśle określone miejsce w pomieszczeniu.



# „Superkierunkowe” głośniki



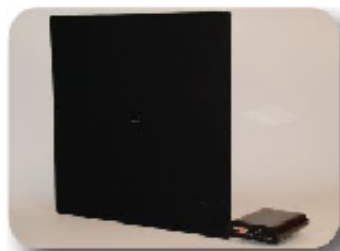
# Superkierunkowe” głośniki

## PRODUCTS



### **Audio Spotlight 16” system AS-16**

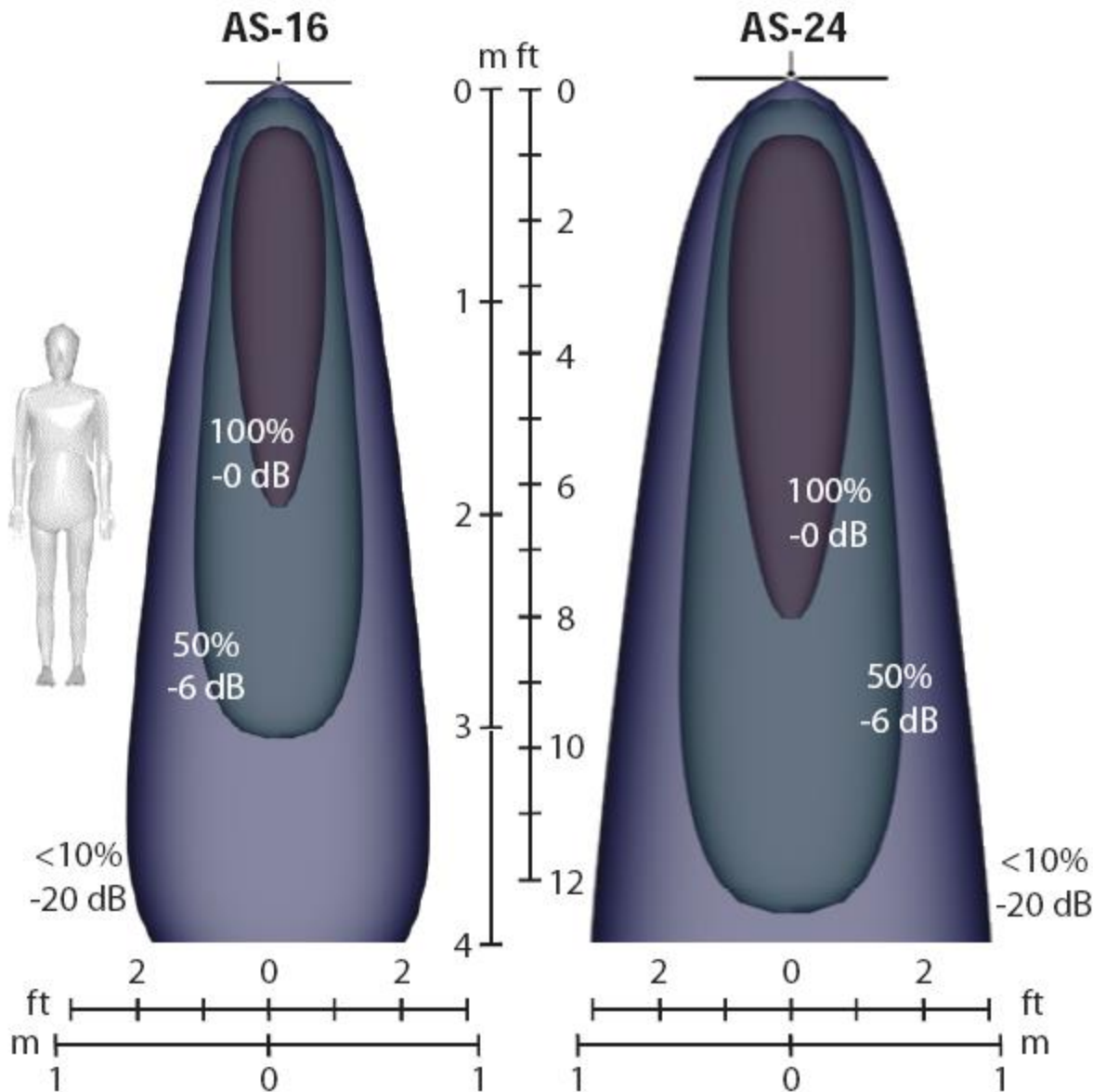
This system is best suited for providing sound to individuals in quiet areas, such as offices, high-end retail, galleries, waiting rooms, or the home.



### **Audio Spotlight 24” system AS-24**

The larger surface of this version provides an extended listening area, as well as more available power. This makes it better suited to noisier environments, or areas simply needing more coverage, such as museums, trade shows, supermarkets, and many retail environments.

# „Superkierunkowe” głośniki



Sound field distribution is shown with equal-loudness contours for a standard 1 kHz tone. The center area is loudest at 100% amplitude, while the sound level just outside the illustrated beam area is less than 10%.

Audio Spotlight systems are much less sensitive to listener distance than traditional loudspeakers, but maximum performance is attained at roughly 1-2m (3-6 ft) from the listener.

Typical levels are 80 dB SPL at 1kHz for AS-16, and 85 dB SPL for AS-24 models. The larger AS-24 can output about twice the power and has twice low-frequency range of the AS-16.



Dziękuję za uwagę