جامعة دمشق

المحاضرة 8: تتمة بحث المجاهير مع المايكات

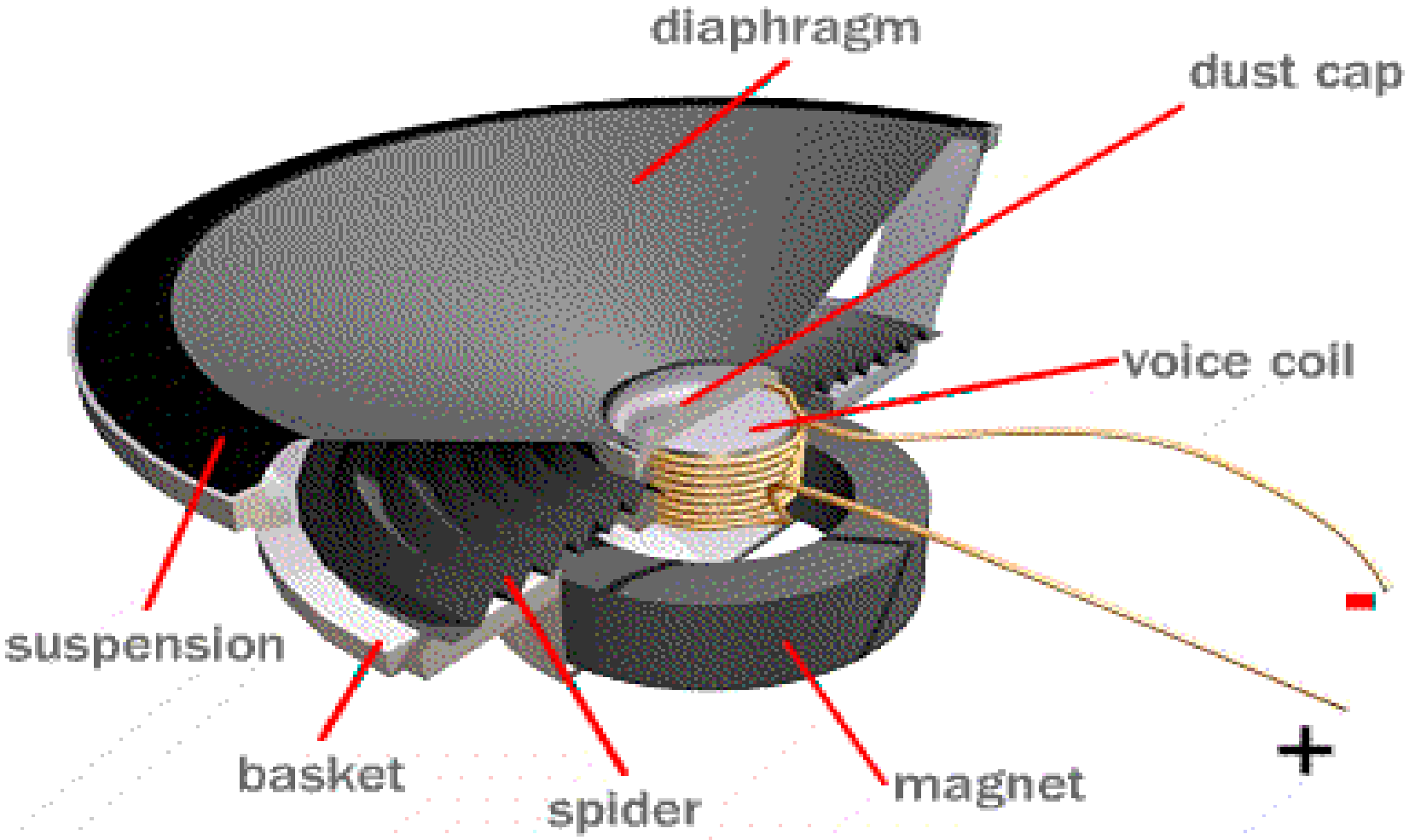
مادة الكهرصوت

قسم الإلكترونيات والاتصالات 2025

السنة 4

م. أروى نصري

المجهار الكهروديناميكي: مكونات



• تتمة فقرة مردود المجهار :Loudspeaker Efficiency

$$\eta_A = \frac{(Bl)^2}{(cm_1)^2}\frac{R_{Mu}}{R}$$

تحسين الكفاءة عمليًا:

1.استخدام مغناطيس نيوديميوم (Bعالي).
2.تصميم ملف خفيف الوزن (تقليل m)
3.تحسين تهوية الملف الصوتي (تقليل الفقد الحراري).
4.أبعاد وحجم غشاء السماعة : لزيادة المردود عبر زيادة PA :

❑ **الغشاء الكبير** (قطر > 12 بوصة):

•**مثال:** يُفضل للترددات المنخفضة Bass لأنه يحرك كمية هواء أكبر حيث M كتلة الغشاء، Cm مرونته.

$$f_{res} \propto \frac{1}{\sqrt{M_m \cdot C_m}}$$

❑ الغشاء الصغير (قطر < 5 بوصات):

• مثال: للترددات العالية Tweeters لخفة وزنه وسرعة استجابته.

مساحة الغشاء :كلما زادت المساحة، زاد ضغط الصوت الناتج لنفس الطاقة لكن تزداد الكتلة Mm

- **مثال:**

- إذا كانت Pe=50W وη=5% فتكون الاستطاعة الصوتية التي يشعها المجهار الكهروديناميكي حسب : $P_a = \eta \cdot P_e$

Pa=0.05×50=2.5 W (الواحدة هنا واط صوتي وليس كهربائي)

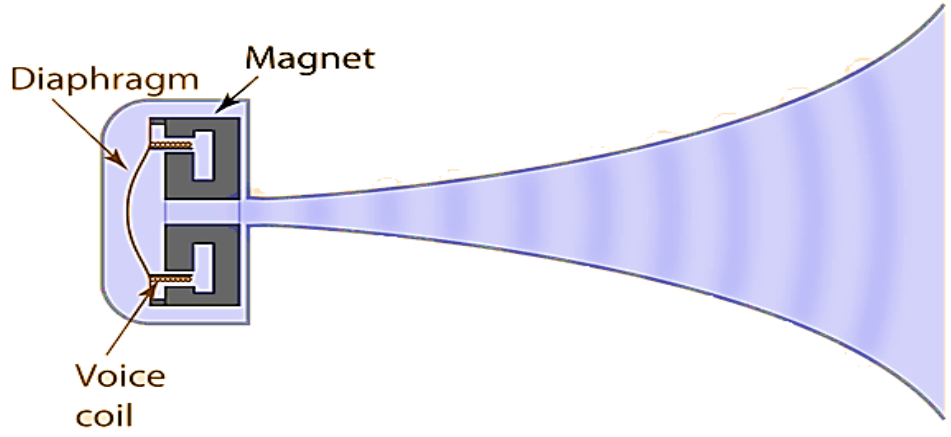
الطاقة الصوتية تعتمد على ضغط الصوت p وسرعة جزيئات الهواء v ومساحة سطح الغشاء : $Pa=p\cdot v\cdot A$

- كما وجدنا في أول محاضرة فإن قيمة الضغط الصوتي في نقطة تبعد مسافة r عن المنبع تتعلق بالطاقة الصوتية مقسومة على واحدة السطح العمودي عند ذلك البعد حيث في المجاهير نعوض نفس القيمة مضروبة بالاتجاهية Q W. :

$$p(r) = \sqrt{\frac{W \cdot Q\rho_0 c}{4\pi r^2}}$$

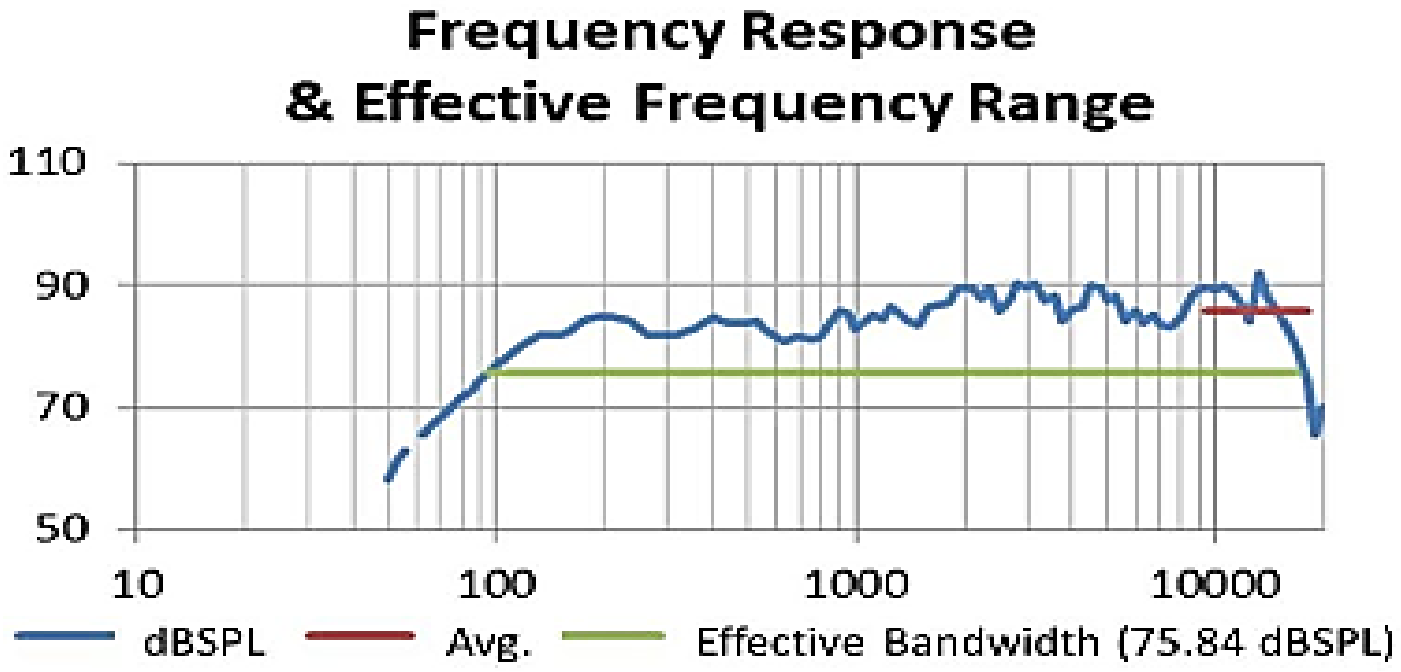
نسبة القدرة الصوتية على المحور إلى القدرة لو كان المصدر غير موجه

- يزداد الضغط الصوتي كلما اقتربنا من المنبع بعلاقة عكسية ويزداد باستخدام سبيكرات موجهة (تزداد الاتجاهية فيزداد الضغط الصوتي)



- ملاحظة : نستخدم تصميم البوق Horn-Loaded
- تركيب بوق Horn أمام السماعة لزيادة ضغط الصوت بنسبة 30%

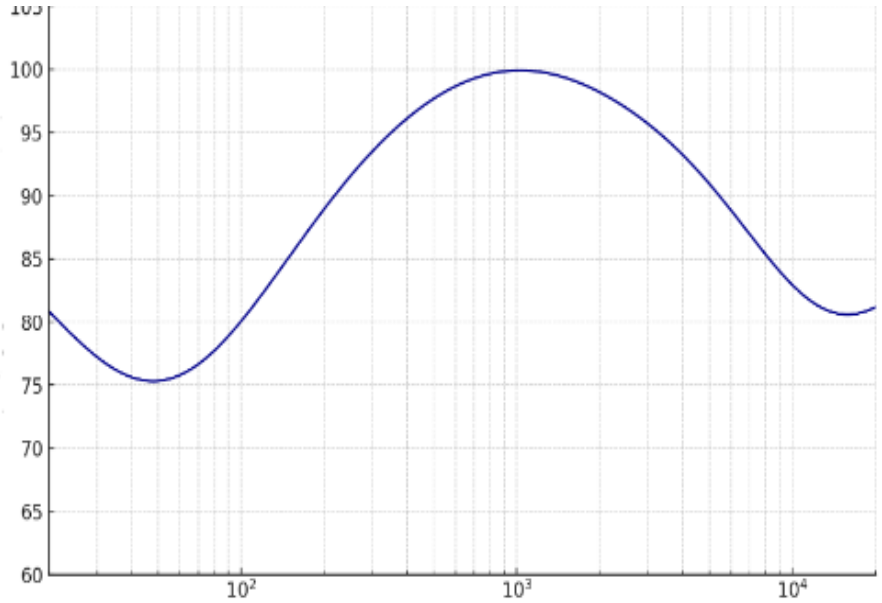
- الاستجابة الترددية للمجهار تتغير مع التردد
- المجال الترددي محدود من الاسفل بتردد fmin (يزيد قليلاً عن تردد الرنين الميكانيكي) ومن الأعلى ب fmax
- ينبغي انقاص fmin بانقاص تردد الرنين الميكانيكي بزيادة كتلة ومطاوعة المجموعة المهتزة لكن تقل الاستطاعة المشعة لذا نستخدم سطح غشاء أكبر ليحرك الهواء عند الترددات المنخفضة أو وضع المجهار ضمن بافل ونعزز bass-reflex
- زيادة fmax بانقاص قطر الغشاء المهتز لتقل حدة التوجيه عند الترددات العالية لكن تقل الاستطاعة المشعة
- لذا من الصعب صناعة مجهار احادي باستطاعة كافية ومجال ترددي عريض نسبيا لذا نلجأ لتقسيم المجال على عدة مجاهير



الاستطاعة الصوتية التي يشعها المجهار في واحدة السطح العمودي على اتجاه الاشعاع هي الشدة الصوتية كما درسنا سابقا

$$I=\frac{P_a}{A}$$

وفي الهواء الحر تتوزع القدرة الصوتية على شكل كرة سطحها: $4\pi r^2$



منحني الاستجابة الترددية لمجهار وحيد :

- أعلى استجابة تقريبًا حول 1 كيلوهرتز (حيث يعمل المجهار بكفاءة جيدة).
- انخفاض في الترددات المنخفضة جدًا < 100 Hz بسبب ضعف الإشعاع عند الأطوال الموجية الكبيرة.
- انخفاض في الترددات العالية جدًا > 10kHz بسبب قصور الغشاء وتوجيه الصوت.

لذلك نقسم المجال الترددي لعدة مجالات وعلى عدة مكبرات (مجاهير) :

كل جزء مصمم ليعمل في النطاق الذي يناسب خصائصه الفيزيائية.

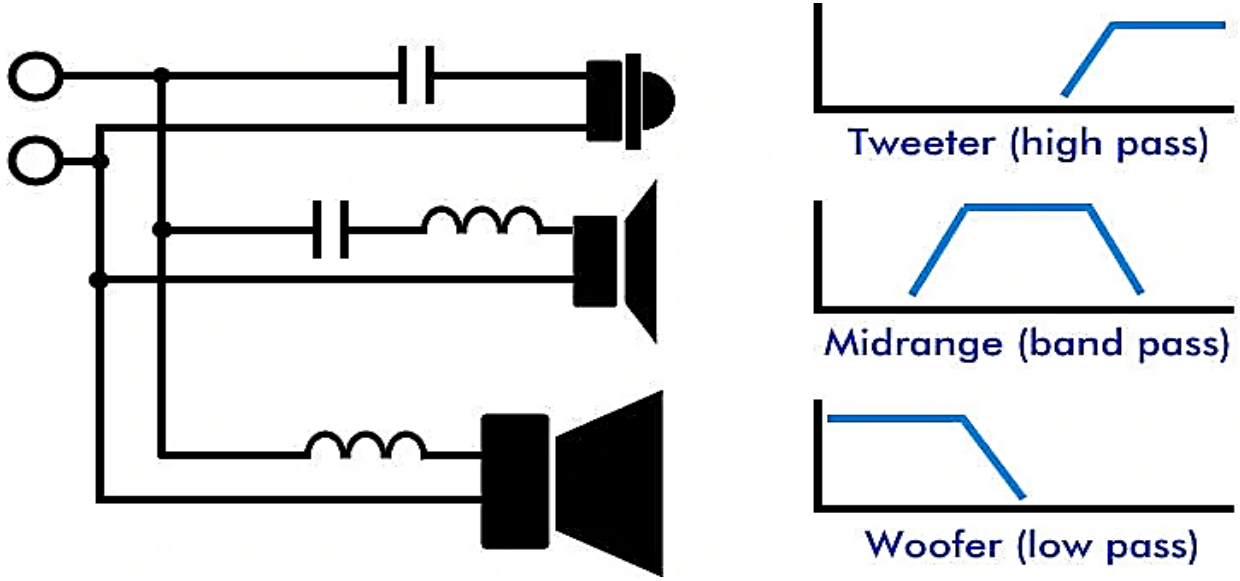
- Woofer 12 بوصة 30-500 Hz
- Midrange 5 بوصة 500Hz-5KHz
- Tweeter 5–20 kHz

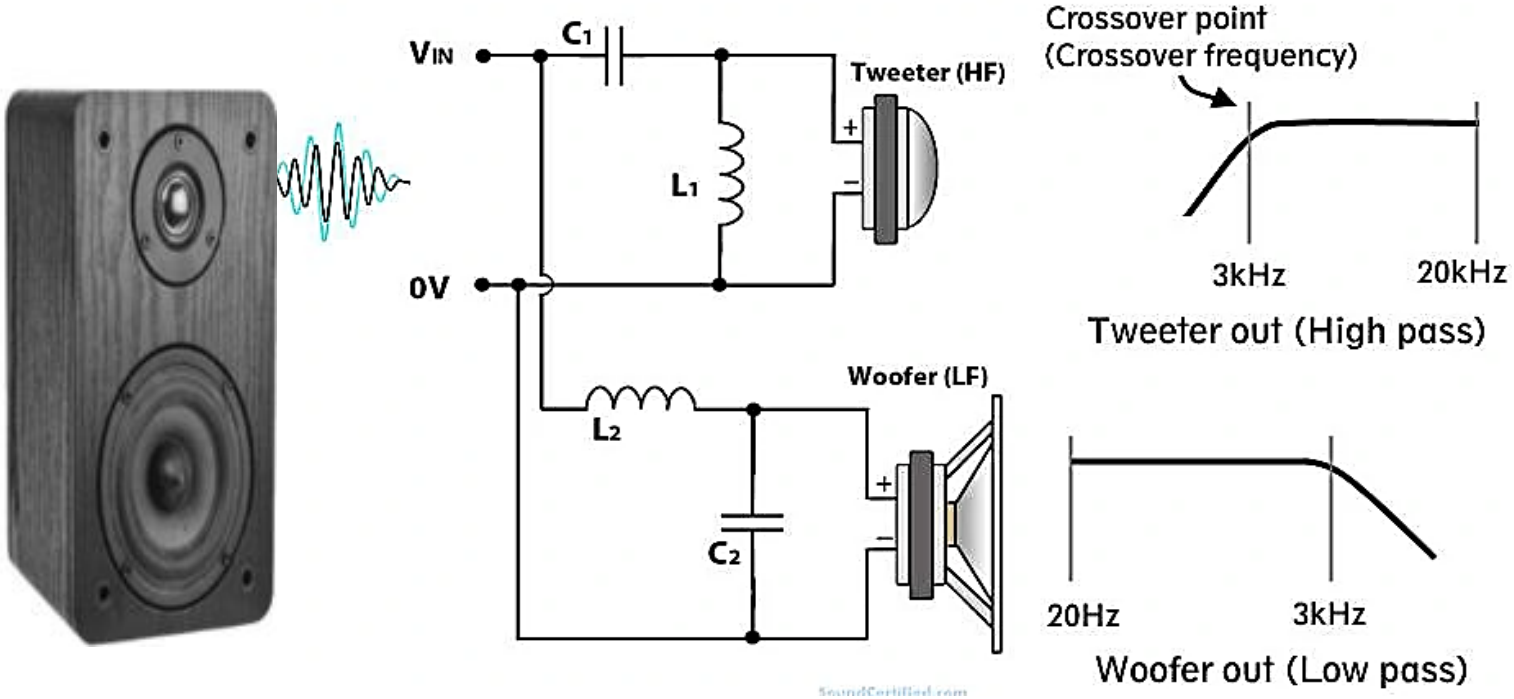
- **البافلات متعددة المجاهير :**

لتحقيق مجال استجابة ترددية واسع

من 50HZ حتى 15KHZ نحتاج عدة مجاهير

ضمن الصندوق مجهارين أو أكثر





• حساسية المجهار :Sensetivity

قيمة الضغط الصوتي على بعد 1m من محوره عندما يغذى بجهد جيبي قيمته 1v وتردده 1KHz

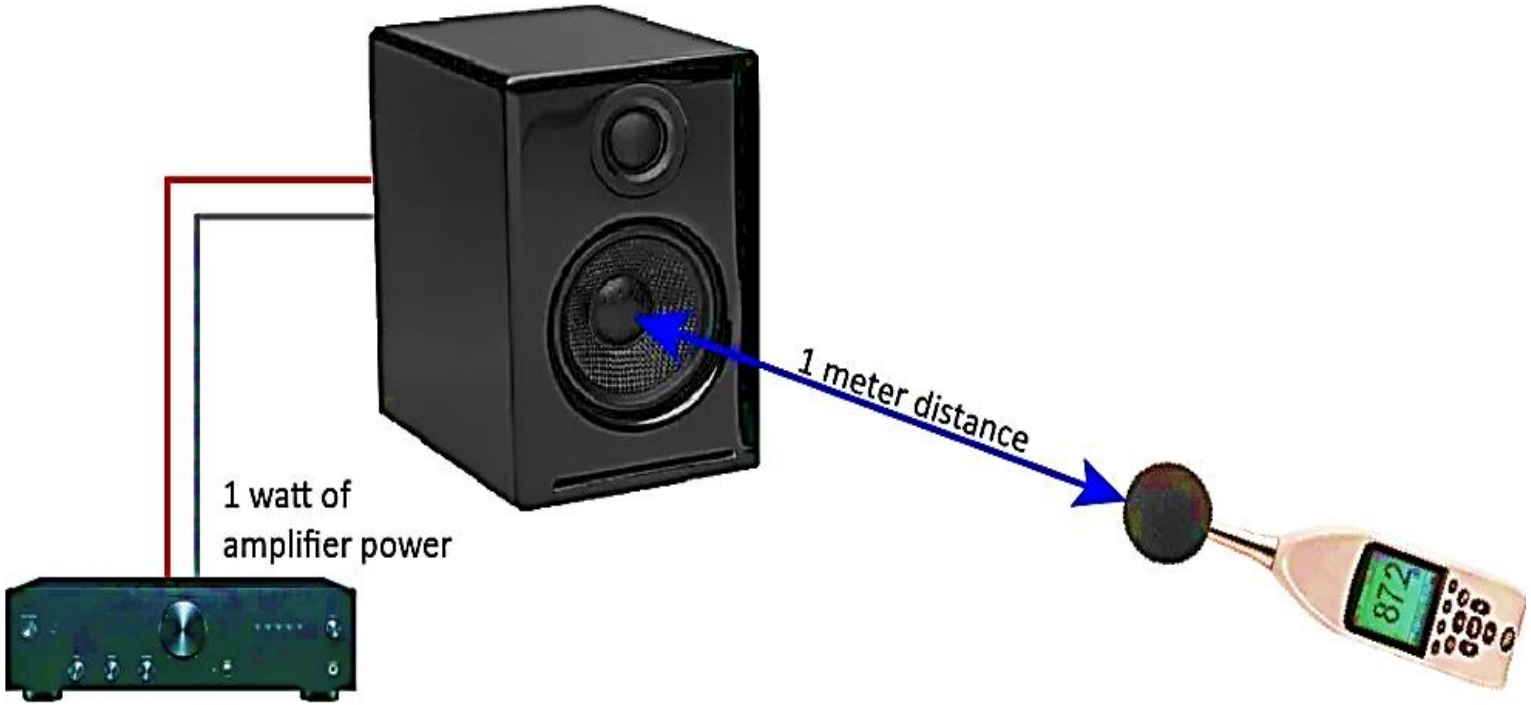
$$\eta_s = \frac{P_A}{V} \qquad [\mathrm{Pa/V}]$$

Sensetivity

أو :

$$\boxed{\text{Sensitivity} = 10\log\left(\frac{P_{\text{صوتي}}}{P_0}\right)}$$

• طريقة القياس :



ممكن كتابة تعريف الحساسية : مستوى شدة الصوت SPL المنتج عند مسافة 1 متر باستطاعة تغذية 1 واط

$$\text{Sensitivity} = 10\log\left(\frac{P_{\text{صوتي}}}{P_0}\right)$$

حيث الاستطاعة المرجعية $P_0 = 10^{-12}$W

مثلا سماعة بحساسية 90 dB تُنتِج **90 dB/W/m** (مستوى شدة) عندما تُغذَّى بـ 1W على بعد **1m**

- سماعات منزلية (جودة متوسطة) تنتج مستوى شدة على بعد 1m قدره : **85–92 dB/W/m**
- سماعات احترافية: 105–95 dB/W/m
- تذكرة 1:

$$\text{SPL (dB)} = 20\log_{10}\left(\frac{p}{p_{\text{ref}}}\right)$$

الضغط الصوتي الفعلي

الضغط الصوتي المرجعي
$2*10^{-5}$ باسكال

إذا كان $p=p_0$ فإن مستوى الشدة $\text{SPL} = 20\log_{10}(1) = 0\,\text{dB}$ وهي عتبة السمع

	الضغط الصوتي (باسكال)	مستوى الصوت (dB)
عتبة السمع	0.00002	0
همس من مسافة قريبة	0.0002	20
غرفة هادئة	0.002	40
محادثة عادية	0.02	60
85 سماعة dB	**0.35**	**85**
حفلة صاخبة	2	100
عتبة الألم	20	120

مستوى صوت محادثة عالية يكون الضغط صوتي الوارد **0.35 باسكال**

يقابل مستوى شدة صوت : $20\log_{10}\left(\frac{0.35}{0.00002}\right) = 85\,\text{dB}$

وهو مستوى شدة مقبولة لمجهار على بعد 1m ليكون واضحا

لذا حساسية مجهار مقبول المواصفات يتراوح 85dB

(قيمة الشدة إذا كانت استطاعته 1w على بعد 1m)

عند زيادة الاستطاعة إلى 100w (ضاعفنا الاستطاعة 100 مرة) يزيد مستوى الشدة على نفس البعد بمقدار 20dB

$$\Delta\text{dB} = 10\log_{10}\left(\frac{100}{1}\right) = 20\,\text{dB}$$

$$\text{SPL} = 85 + 20 = 105\,\text{dB}$$

لكن إذا كانت الكفاءة 4% تعني أن **الطاقة الصوتية الفعلية أقل أي : تتعدل النتيجة** الطاقة الصوتية الفعلية تكون 4w وعندها

أي أن مجهار ذو حساسية 85dB ومردود 4% إذا غذي باستطاعة

$$10\log_{10}\left(\frac{100}{4}\right) = 10 \times 1.4 = 14\,\text{dB}$$

100W يعطي نسبة شدة عند 1m قيمتها 91dB

الكفاءة 4% تعني أن 96% من الطاقة تُفقد كحرارة، فلا تُحول إلى صوت ولو كانت الكفاءة 100% لكانت النتيجة 105dB

$$\text{SPL} = 105\,\text{dB} - 14\,\text{dB} = 91\,\text{dB}$$

- إذا كانت سماعة بـ 100 واط كهربائي ومردود 4%:

$P_a = 0.04 \times 100 = 4$ واط صوتي

$$SPL = 85 + 10\log_{10}(4) \approx 85 + 6 = 91\,dB$$

لذا نكتب :

$$SPL = Sensitivity + 10\log_{10}(\eta \times P_e)$$

$$\boxed{SPL = Sensitivity + 10\log_{10}(P_a)}$$

- الحساسية النموذجية للسماعات المنزلية متوسطة الجودة 85dB أما الاحترافية قد تكون حساسيتها 105dB

- <u>جدول يوضح قيم مستوى الشدة الصوتية عند استطاعة 100W عند عدة قيم للمردود بحال الحساسية 85dB :</u>

كفاءة السماعة (η)	الطاقة الصوتية	SPL
100%	100 واط	85 + 20 = 105 dB
10%	10 واط	85 + 10 = 95 dB
4%	4 واط	85 + 6 = 91 dB
1%	1 واط	85 + 0 = 85 dB

ملاحظة : كلما تضاعفت المسافة عن السماعة (المجهار) ، ينخفض SPL بمقدار 6dB وعموما :

$$SPL_{new} = SPL_{1m} - 20\log_{10}(\text{المسافة})$$

تُقاس أحيانًا الشدة على بُعد 10 أمتار (للتأكد من تغطية المكان) لضمان مستوى شدة مسموع وعليه نختار الحساسية وقيمة الاستطاعة للمضخم الصوتي .

مثال :

بفرض حساسية المجهار 90 dB (قيمة SPL عند 1 واط / 1 متر) والقدرة المغذاة بقيت نفسها 1W

فمستوى شدة الصوت SPL عند مسافة **10 أمتار** من المجهار :

$$SPL_2=90-20\cdot log_{10}(10/1)=90-20=70dB$$

إذا أردت **نفس مستوى الصوت 90 dB** عند 10 أمتار يجب زيادة القدرة الكهربائية بحيث نعوّض هذا الفقد

هنا الفقد **20dB** نحتاج زيادة القدرة بمقدار **100 ضعف** تقريبًا ($10^{\left(\frac{20}{10}\right)}=100$) أي 100W

ولكن يصبح الصوت أعلى أيضًا عند 1 متر : $SPL_1=90+10\,log_{10}(100)=110dB$

لانستطيع أن تجعل الصوت نفسه عند جميع النقاط إلا إذا تحكمت باتجاه الإشعاع الصوتي(باستخدام بوق أو Line Array مصفوفة مجاهير أو توزيع السماعات) وهنا مانريده هو الحفاظ على 90dB على بعد 10m

- جدول يوضح اختيار نوع السماعة وقيم الحساسية :

نوع السماعة	الحساسية (dB/W/m)	السبب
سماعات منزلية (Bookshelf)	84–88 dB	توازن بين الجودة والسعر.
سماعات استديو (Monitor)	90–95 dB	دقة عالية واحترافية.
سماعات PA (حفلات)	95–105 dB	صوت عالٍ لمساحات كبيرة.
سماعات السيارات	88–93 dB	محدودية طاقة البطارية.

Every doubling of power is another 3dB of increased SPL, So:

- 2 w = 89 dB
- 4 w = 92 dB
- 8 w = 95 dB
- 16 w = 98 dB
- 32 w = 101 dB
- 64 w = 104 dB
- 128 w = 107 dB
- 256 w = 110 dB

ملاحظة:

كلما ضاعفنا الاستطاعة للمضخم المغذي للمجهار تزيد مستوى الشدةا لتي تقاس عند نفس المسافة بمقدار 3dB (باعتبار نفس المردود أو الحساسية)

- **الاستجابة الاتجاهية للمجهار :**

مقدار تغير شدة الصوت الصادر من السماعة حسب الزاوية بالنسبة لمحورها الرئيسي وتُظهر كيف يُوزع الصوت(الطاقة الصوتية) في الفراغ حول المجهار وهي نسبة الضغط الصوتي الناتج عن المجهار وفق زاوية θعلى بعد r إلى الضغط الصوتي على نقطة على محوره وتبعد نفس المسافة r عن محوره :

$$\Gamma(\theta) = \frac{p_A(\theta)}{p_A(0)}$$

نعوضها في القانون الضغط الصوتي الذي درسناه

الاستجابة الاتجاهية بالديسبل **نسبة الضغط عند زاوية:** تقاس بـ 20log لأنها تقارن **الضغط**

$$D_s(\theta) = 20\log[\Gamma(\theta)] \quad [\text{dB}]$$

يتحدد الضغط الصوتي الناتج عن مجهار ذو اتجاهية وعلى بعد r كما وجدنا :

$$p(r) = \sqrt{\frac{\Gamma(\theta) p_A \rho_0 c}{4\pi r^2}}$$

وتعتبر زاوية تغطية المجهار هي الزاوية التي تنخفض فيها الاستجابة القطبية بمقدار 3dB أو 6dB عن المحور

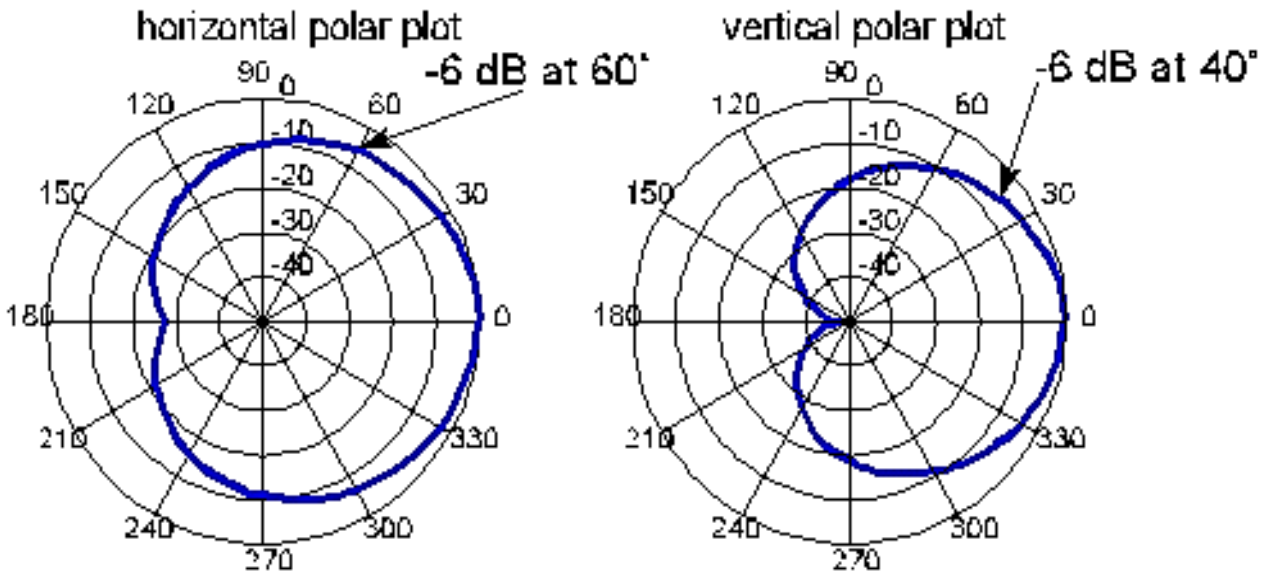
عند رسم الاستجابة القطبية Polar Pattern للمجهار، تُستخدم الاستجابة الاتجاهية عند زوايا مختلفة لتبيّن كيف ينخفض الصوت خارج المحور:

- يُمثّل المحور المركزي اتجاه محور المجهار.
- تُقاس شدة الصوت عند زوايا مختلفة من هذا المحور.
- الناتج هو رسم قطبي (Polar Plot) أو خريطة بيانية توضح توزيع الضغط الصوتي (كيف يتغير الضغط الصوتي SPL عند زوايا مختلفة بالنسبة للضغط الصوتي على المحور)

$$\text{Response}(\theta) = 20 \cdot log_{10}\left(\frac{P(\theta)}{P(0)}\right)$$

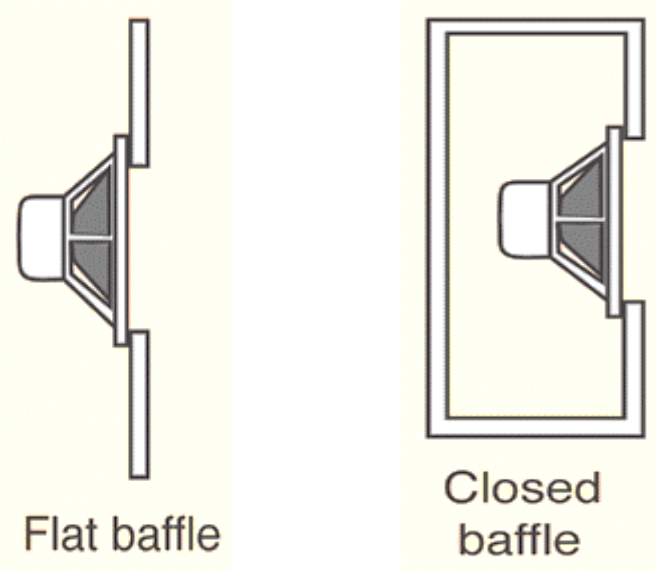
قيمة سالبة غالبا لأن
P(θ)<P(0)

الاستجابة الاتجاهية بالديسيبل تكون سالبة عند معظم الزوايا خارج المحور، لأنها تعبر عن الانخفاض النسبي للضغط الصوتي مقارنةً بأقصى ضغط

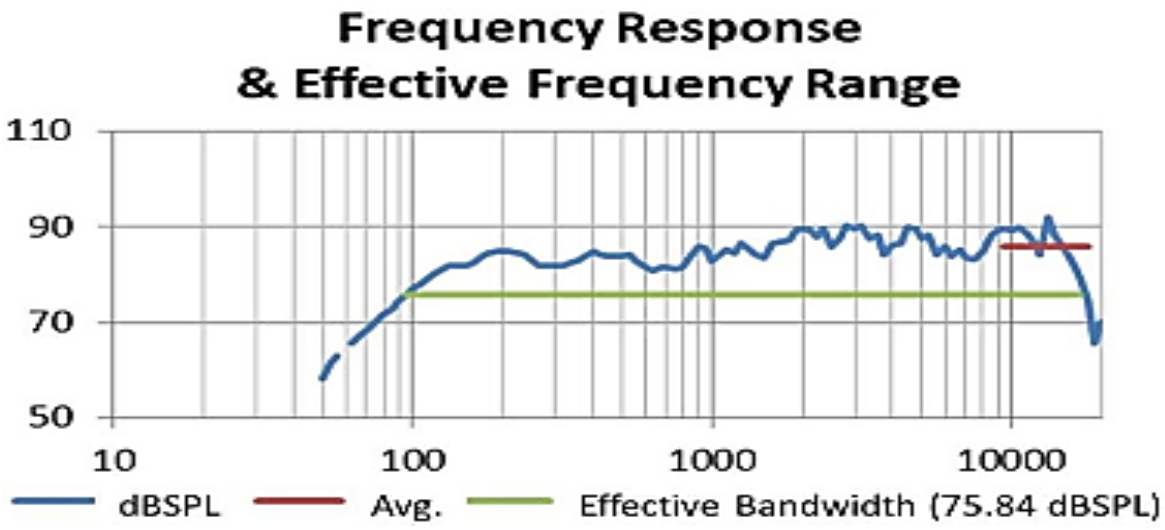


الزاوية	نسبة الضغط	النتيجة بالديسيبل
عند 45°	0.7	$20 \log(0.7) \approx -3.1$ dB
على المحور (0°)	1	$20 \log(1) = 0$ dB
عند 90°	0.1	$20 \log(0.1) \approx -20$ dB

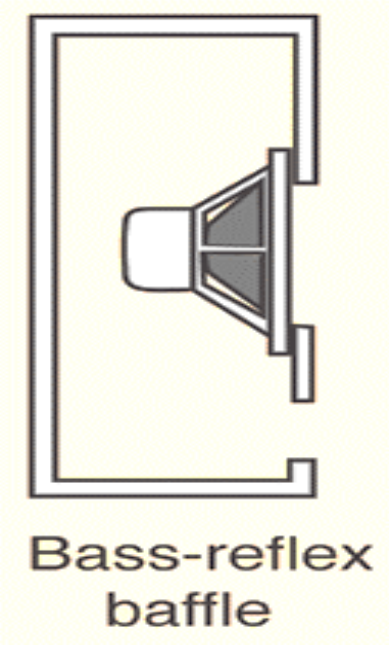
- **البافلات أحادية المجاهير :**
- يركب المجهار داخل صندوق أو جدار يُصبح الصوت أكثر اتجاهية (أماميًا)، مما يحسن الوضوح ويقلل التشويش.
- كي لاتلغي الموجات الصوتية الأمامية الصادرة عن الغشاء الموجات الخلفية
- يعزل الموجة الخلفية ويمنع إلغاءها للأمامية، مما يعزز Bass ويحافظ على ضغط الصوت.
- يحسن المردود (كفاءة تحويل الطاقة) ليصل 40-50% بدل 5%

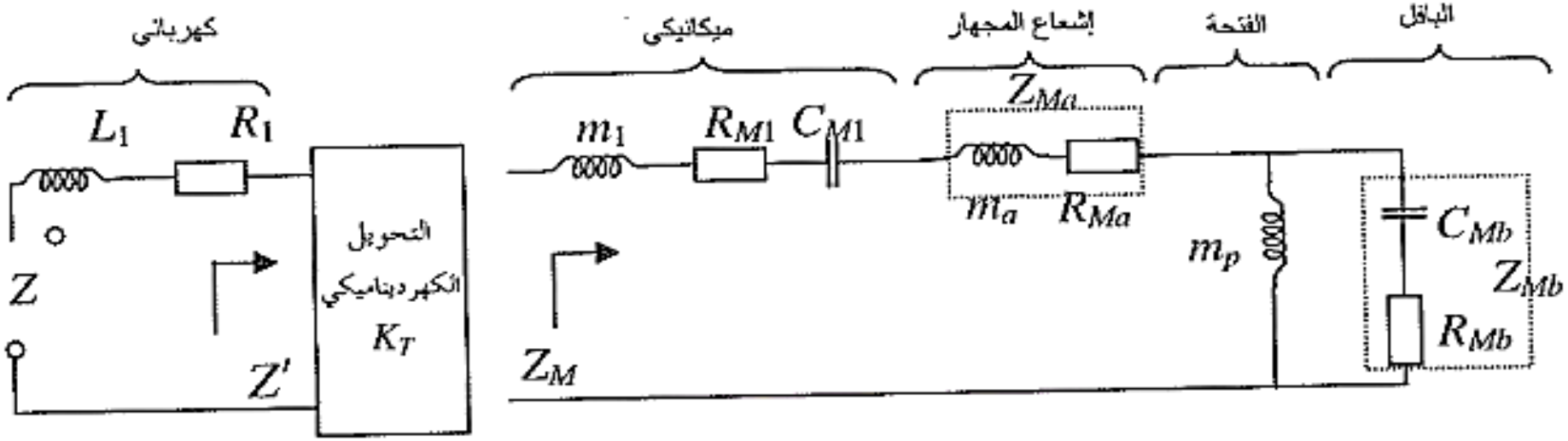


- المجاهير الاحادية التي استطاعتها تفوق 5W يمكن تحقيق استجابة ترددية واسعة نوعا ما تمتد من 80HZ-10KHZ بتفاوت استجابة مقبول 6dB



- استخدام فتحة في الصندوق لتقليل أثر الضغط على غشاء المجهار: **Bass-Reflex**
- تكافئ الفتحة انبوب مفتوح النهاية والصندوق بأنبوب مسدود فنحصل على رنانة هيلموهولتز:





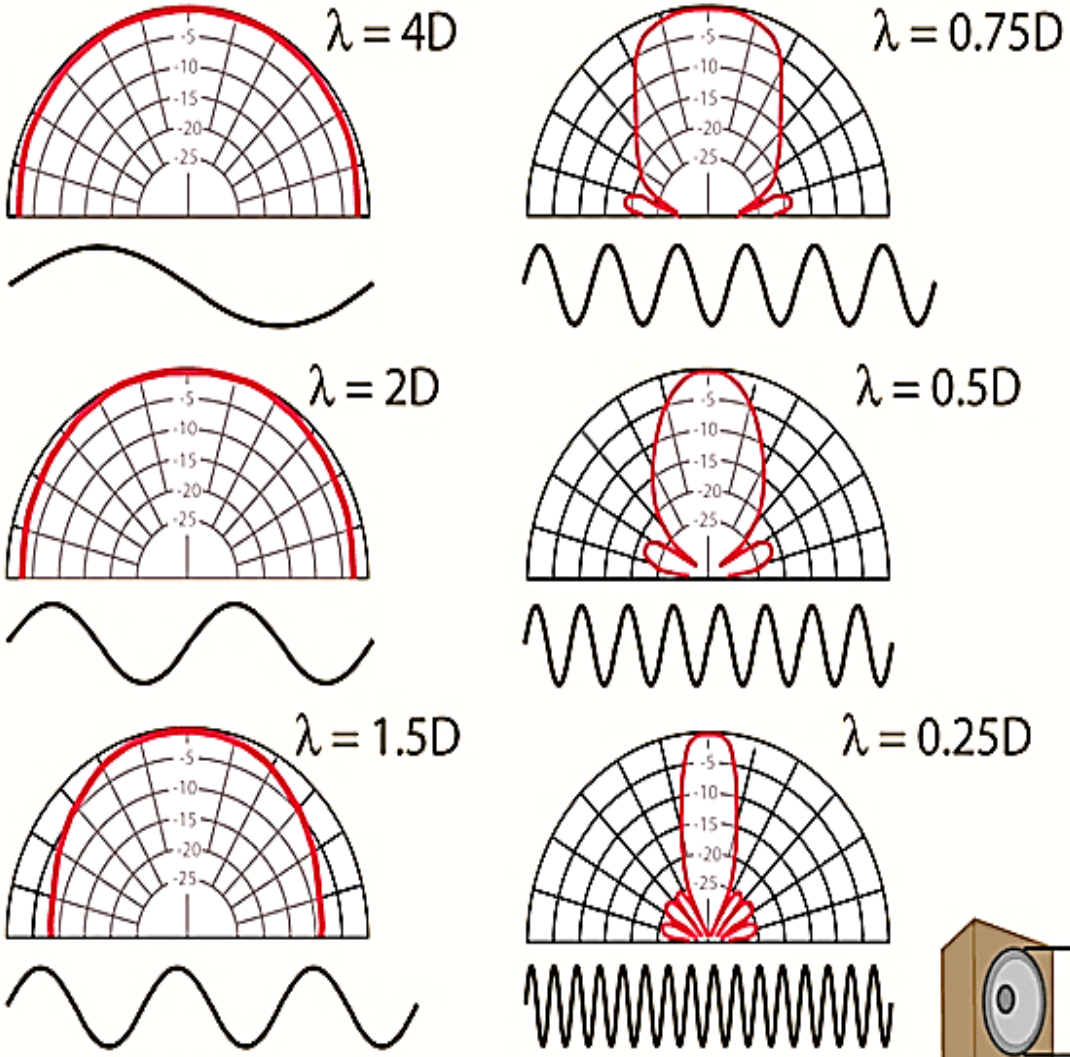
الشكل (5-8): الدارة المكافئة للمجهار الكهرديناميكي مثبت داخل انعكاس الجهير Bass-Reflex Baffle.

- تردد الرنين للرنانة : $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{m C_M}}$ و $f_r = \frac{c}{2\pi}\sqrt{\frac{S}{V \cdot L}}$

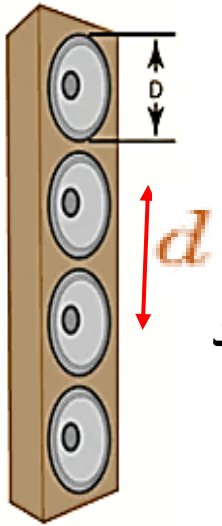
حيث V حجم البافل

عند الترددات المنخفضة (30 HZ – 80) يُنتج الفتحة موجات صوتية **تضاف إلى موجات الغشاء**، مما يعزز شدة الصوت.

يستغل الطاقة الصوتية الخلفية (التي تُهدر في الصناديق المغلقة) لتعزيز الأداء مما يقلل الحاجة إلى مضخمات عالية الاستطاعة



The diffraction spreading of the sound in the horizontal plane is most pronounced for the low frequencies.



مصفوفات المجاهير:

عندما يصبح طول الموجة مساويًا أو أصغر من قطر الغشاء، يبدأ الصوت يتجمع في اتجاه محدد — فتزداد الاستجابة الاتجاهية Directivity

سماعات مُرتَّبة رأسيًا في خط مستقيم

التداخل البناء عند المحور الرئيسي يعزز الصوت للأمام.

- لترددات المنخفضة: النمط عريض جدًا (الصوت ينتشر في كل الاتجاهات.)
- للترددات العالية: النمط يصبح ضيقًا (الصوت يتركز في مخروط أمام المجهار)

تُضبط المسافات بين السماعات بحيث نقلل التداخل الهدام:
لكي تتجنب التداخلات الجانبية، يجب أن تكون المسافة بين مراكز السماعات d أصغر أو يساوي نصف طول الموجة لأعلى تردد تريد توجيهه بشكل فعال.

$$\frac{c}{2f} = \frac{\lambda}{2} \geq d$$

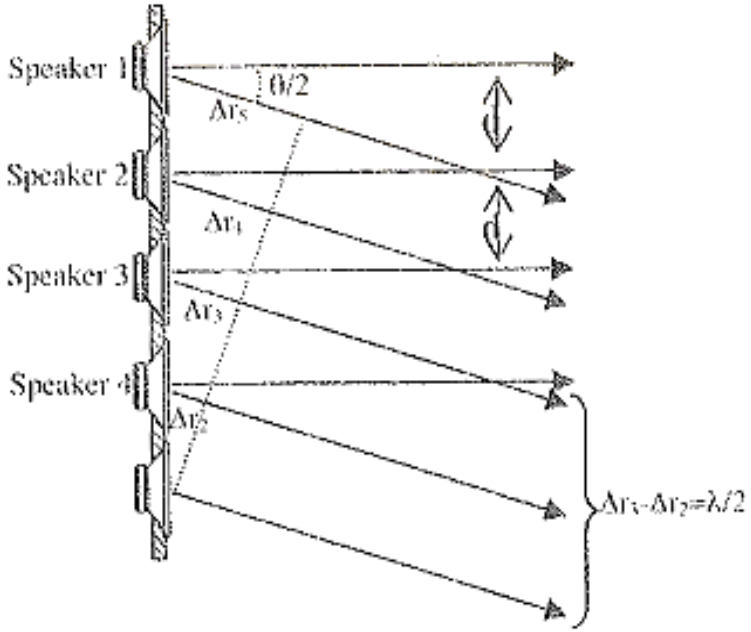
لو تريد توجيه الصوت حتى 8 kHz بشكل جيد

$$\lambda = \frac{343}{8000} = 0.043\ m \quad \Longleftarrow \quad \frac{0.043}{2} \geq d$$

$0.0215\ m \geq d$ المسافة القصوى بين مراكز السماعات يجب أن تكون أقل من 2.15 سم

عمليا لا نوجه بالمصفوفات الترددات العالية فوق 4KHz

- تُستخدم سماعات صغيرة قطرها صغير جدًا Tweeters
- يتم وضعها متلاصقة بأقصى درجة ممكنة بحال اردنا تغطية ترددات عالية نظريا



مصفوفة المجاهير و تأثير فرق المسير.

كل سماعة منفردة يجب أن يكون قطر غشائها **صغيرًا بما فيه الكفاية** ليتمكن من إشعاع التردد المطلوب دون أن يصبح موجهًا بشكل غير مرغوب.

- إذا كان قطر الغشاء أكبر من طول الموجة يبدأ بتوجيه التردد قبل أن يتم تشكيل التوجيه
- من المصفوفة كلها.

طول المصفوفة الإجمالي L يحدد: **أدنى تردد يمكن توجيهه بفعالية** $\frac{\lambda}{2} \approx L$

لو طول المصفوفة 2 متر :

$$f_{min} = \frac{c}{2L} = \frac{343}{2 \times 2} = 85\ Hz$$

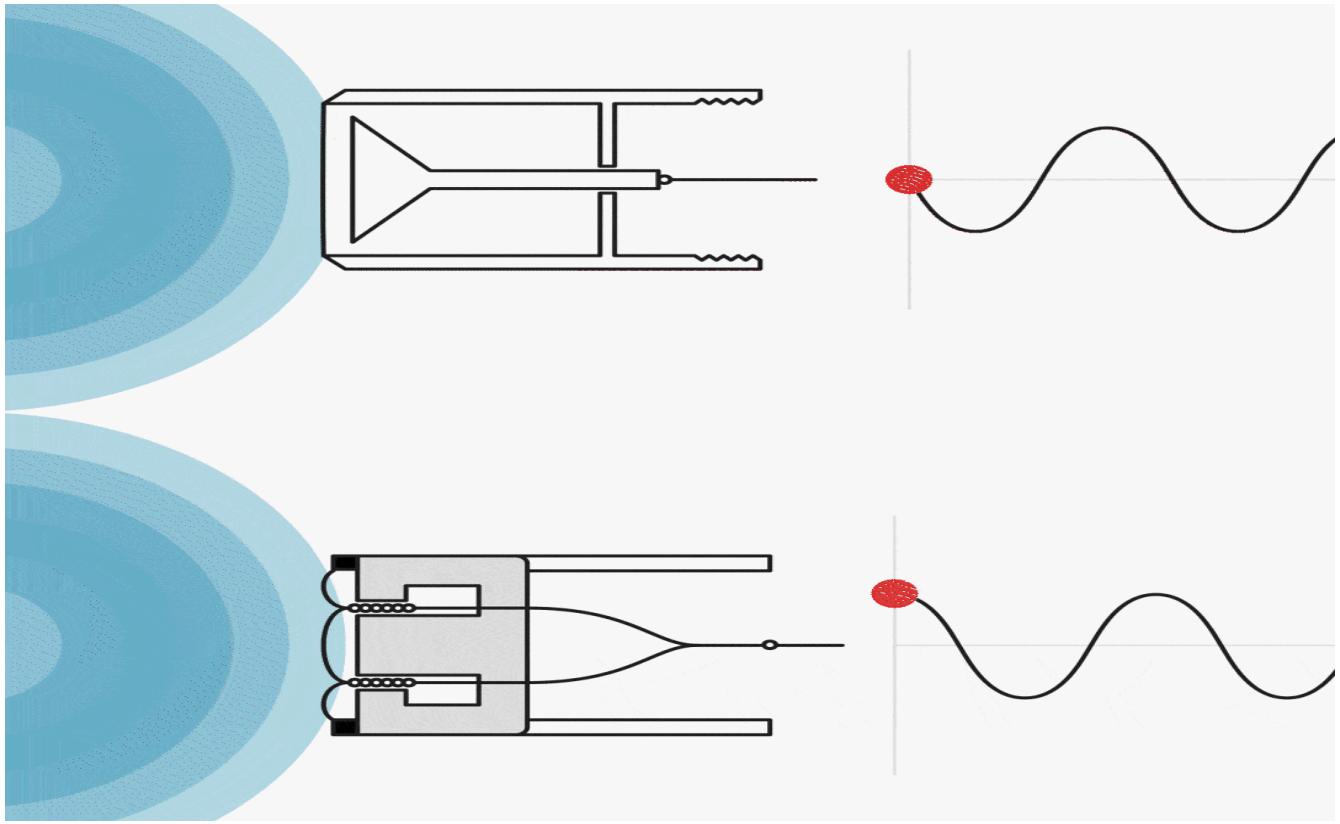
- لهذا السبب ترى Line Arrays في الحفلات:
- طويلة جدًا لتوجيه الترددات المنخفضة.
- بعناصر صغيرة جدًا متقاربة لتغطية الترددات العالية بدقة.
- مزودة بمعالجة DSP للتحكم الدقيق في الأطوار.

خاصية	تتحكم في
المسافة بين العناصر (d)	التردد الأعلى بدون Lobes جانبية
طول المصفوفة (L)	التردد الأدنى الذي يمكن توجيهه
الإلغاءات	تظهر خارج المحور عند زوايا حيث يحدث تداخل هدام
معالجة DSP	تعويض التأخيرات لضبط التوجيه

- مصفوفة من 8 سماعات.(woofer + horn)
- قطر كل وحدة ≈ 20 سم.
- الفاصل بين المراكز ≈ 25 سم.
- هذا كافٍ لتوجيه تردد حتى : $f=\frac{C}{2d}=\frac{343}{0.25*2}=686\ \text{Hz}$
- هذا يعني أن التوجيه فعال حتى 600–700 هرتز فقط أما الترددات الأعلى فتُوجه بطرق أخرى waveguides ، أو array فرعي للتويتر

• 2- الميكروفون الكهروديناميكي :

هو لاقط كهربائي يحول الطاقة الصوتية إلى كهربائية يمكن أن نقيس بواسطته الضغط الصوتي



سرعة حركة الغشاء

الغشاء يهتز بفعل موجات الصوت.

الحركة تُحرض جهدًا كهربائيًا متناسبًا مع الصوت

$$V = B \cdot l \cdot v$$

• الحساسية :

• **التعريف**: الجهد الكهربائي الناتج لكل وحدة ضغط صوتي

$$\text{الحساسية} = \frac{V_{\text{output}}}{p}$$

$$\boxed{\text{الحساسية (dBV/Pa)} = 20\log_{10}\left(\frac{V_{\text{output}}}{V_{\text{ref}}}\right)}$$

الجهد الناتج عند ضغط 1 باسكال اي الحساسية

جهد مرجعي (عادةً 1 فولت/باسكال) اي الحساسية المرجعية

• الحساسية غير ثابتة وتتعلق بتردد الإشارة الصوتية وحساسية منخفضة نسبيًا مقارنةً بالميكروفونات المكثفية

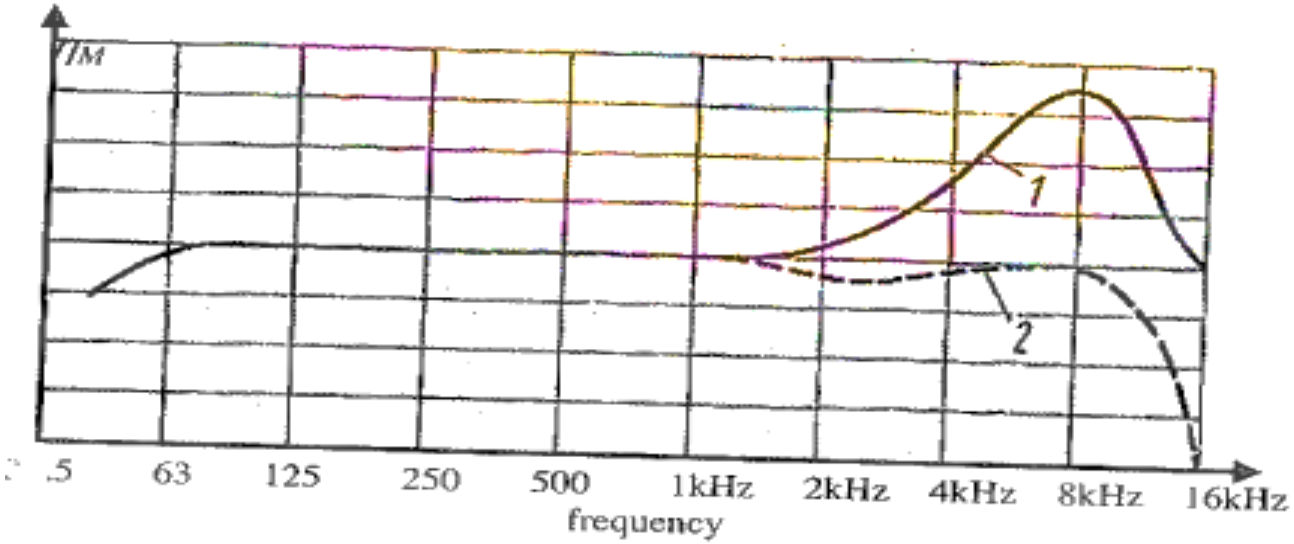
إذا كان الميكروفون يُنتج 10 mV عند 1 Pa فإن : $20\log_{10}\left(\frac{0.01}{1}\right) = -40\ \text{dBV/Pa}$ كلما زادت الحساسية (أقل سالبية)،

• تتراوح حساسيتها عادة من 1.5-3 mv/Pa

• مثلا (الحساسية من -56_-60 dBv/Pa) يعني اذا ورد صوت بضغط 1Pa ينتج جهد 1.5-1 mv

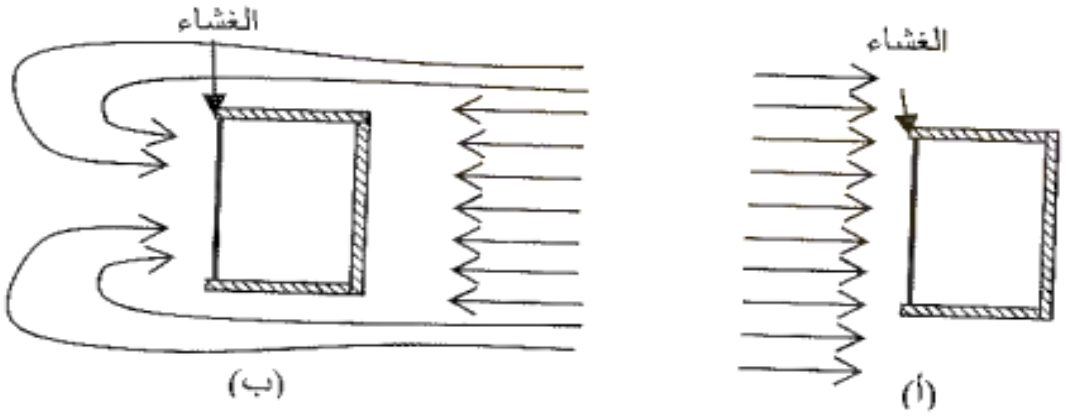
• الاستجابة الترددية للمايك :

- هي تغير جهد خرج المايك تبعاً لتردد الاشارة الصوتية بحال زاوية الورود الصوتي ثابتة والضغط الصوتي ثابت
- وهي تبعية الحساسية لتردد الاهتزازات الصوتية

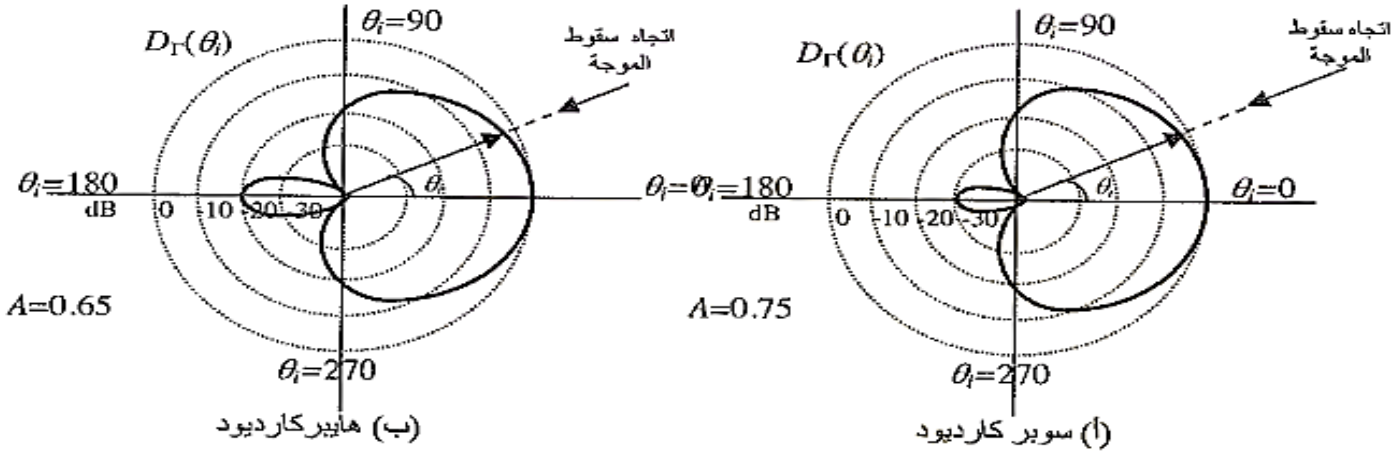


- نلاحظ زيادة الحساسية عند الترددات العالية بالنسبة للمايكات المستجيبة للضغط الصوتي لذا يزود بدارة تسوية لتعويض زيادة الاستجابة عند الترددات العالية لتصبح مثل منحني رقم2 لأننا نسعى لثبات الاستجابة الترددية عادة ضمن المستوى السمعي
- التسوية الميكانيكية مثل حجرة هواء صغيرة خلف الغشاء لتعديل الاستجابة.
- تسوية كهربائية بالمرشحات

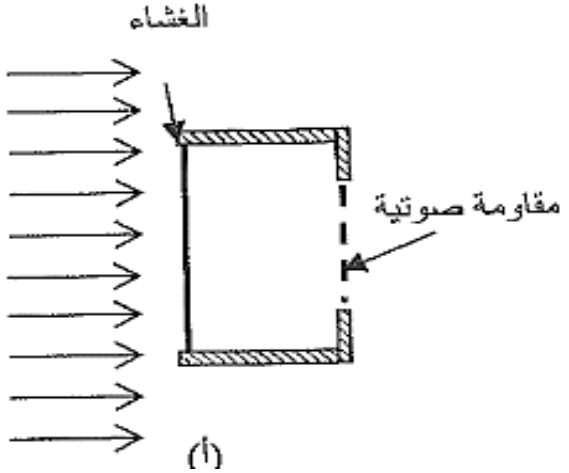
- المايك المستجيب للضغط له فقط غشاء امامي وحساسيته منخفضة عند الترددات المنخفضة وحساسيته متساوية لكل اتجاهات ورود الصوت واستجابته القطبية كروية (عديم الاتجاهية)



- المايك المستجيب للضغط ولتدرج الضغط يستجيب لفرق الضغط المؤثر من الجهة الامامية والخلفية واستجابته القطبية بشكل كارديود :



الشكل (4-11): الاستجابة القطبية للميكرفون التركيبي المستجيب الضغط وتدرج الضغط. (أ) سوبر كارديود. (ب) هايبريد كارديود.



- **الاتجاهية :**

تغير الحساسية تبعاً لزاوية ورود الصوت (تغير جهد الخرج تبعً لزاوية الورود)

حساسية الميكروفون عديم الاتجاهية ثابتة لكل زوايا الورود الصوتي omni-directional

$$\Gamma(\theta_i) = \frac{\eta_M(\theta_i)}{\eta_M(0)}$$

الضجيج الذاتي للمايكروفون :

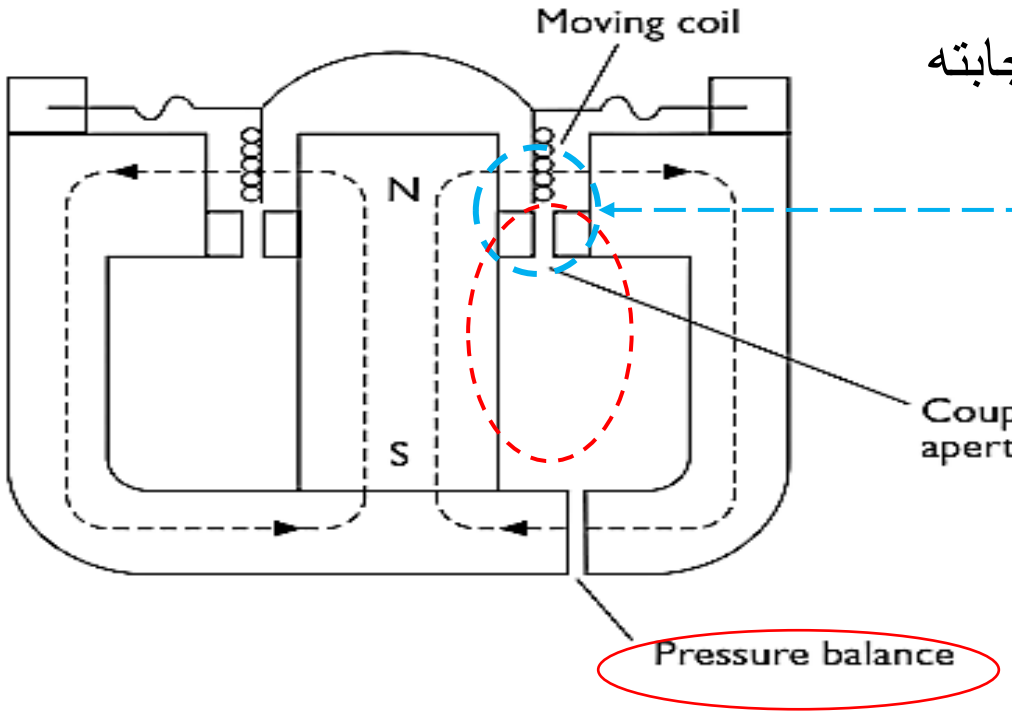
يتواجد على خرج المايك جهد صغير حتى بحال عدم وجود موجة صوتية واردة نتيجة التغيرات العشوائية للضغط في الوسط المحيط والضجيج الحراري لمقاومات الجزء الكهربائي ضمنه

$$N_n(dB) = 20\log\left(\frac{V_n}{V_{out}}\right)$$

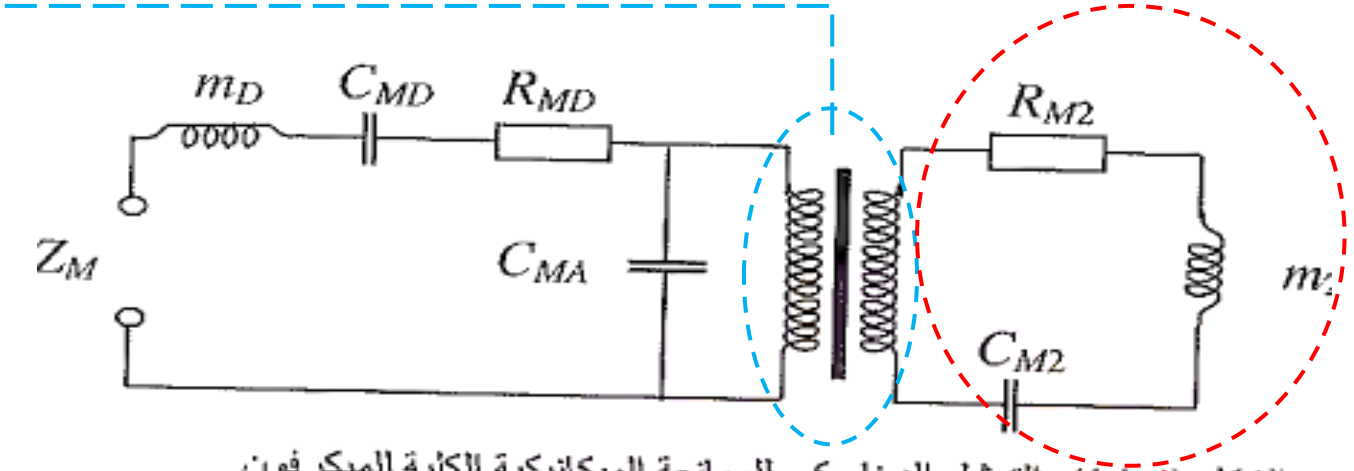
V_n: الجهد الفعال للضجيج عند عدم تطبيق ضغط

V_{out}: الجهد الفعال للضجيج الناتج عن تطبيق ضغط قدره 0.1 باسكال

الفتحة في القسم المغنطيسي ليستجيب للضغط وتدرج الضغط وتكون استجابته القطبية بشكل كارديود

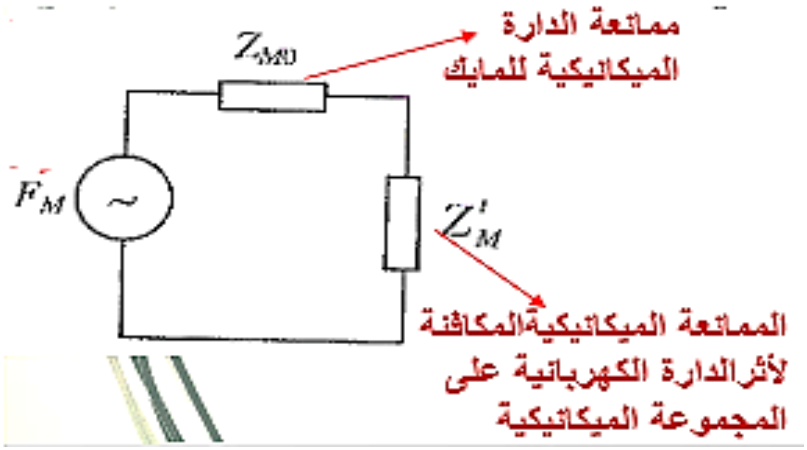


Moving-coil microphone.



الشكل (14-4): التمثيل الديناميكي للممانعة الميكانيكية الكلية للميكرفون الديناميكي.

المحوله في الدارة المكافئة نتيجة تغير سطح المقطع من كبير إلى اصغر تحت الطبقة الهوائية أما الرنانة هي القسم الذي يلي المحول



يملك استجابة ترددية شبه مستوية ضمن المجال **40Hz-15KHz**

تعطى حساسيته بالعلاقة : $\eta_M(0) = \frac{BlS}{Z_M}$ يجب ضبط Z_m الممانعة الكلية للمجموعة الميكانيكية بحيث لاتتغير كثيرا مع التردد للحصول على الاستجابة الترددية المنتظمة أي حساسية شبه ثابتة على المجال السابق

مثلا في حال كون : شدة الصوت SPL= 94 dB وهي تعادل 1 باسكال

حساسية المايك 1.8 mV/Pa (أي يولد 1.8 ميلي فولت لكل باسكال)

تردد الصوت) 1000 Hz= 1kHz

المجال المغناطيسي B= 0.2 تسلا

طول السلك في الملف داخل المجال المغناطيسي 0.05m

سرعة حركة الغشاء عند 1 باسكال= 0.1m/sec

احسب الجهد الناتج باستخدام الحساسية : V =Sensitivity × P = 1.8 mV

الجهد الناتج من مبدأ التحريض Faraday's Law : V=B·l·v = 1mv يطابق تقريبا القيمة المحسوبة من الحساسية بفارق بسيط بسبب التقريب وظرف التجربة

كم تبلغ استجابة المايك إذا زادت شدة الصوت إلى SPL= 114dB

كل 20 ديسبل زيادة يعني تضاعف الضغط مرات 10.

Pnew=10×1 Pa=10 Pa ⟸ V=1.8 mV/Pa×10 Pa=18 mV

استجابة المايك الكهروديناميكي ضعيفة جدًا للترددات المنخفضة جدًا كلما انخفض التردد، انخفضت السرعة حركة الغشاء وانخفض الجهد الناتج بشدة