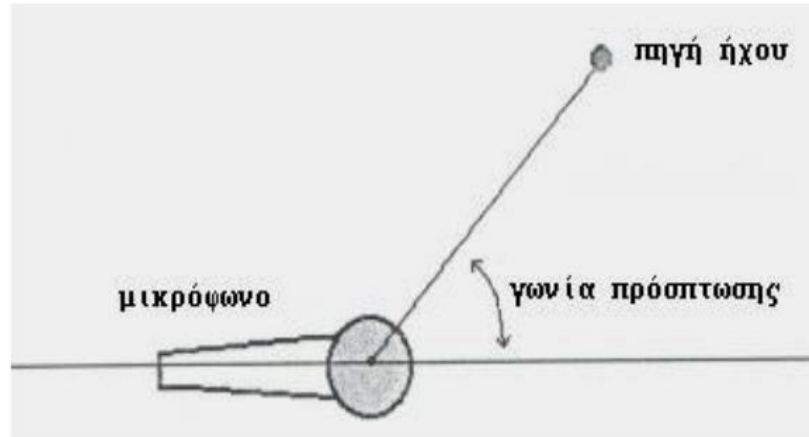


# Μάθημα 6ο

- Πρόοδος μαθήματος, Δευτέρα 14/11

# Γωνία πρόσπτωσης και γωνιακή απόκριση



Σχήμα 5.5: Ορισμός της γωνίας πρόσπτωσης

$$D(\theta) = 20 \log \frac{V(\theta)}{V(\theta = 0)}$$

όπου  $\theta$  η γωνία πρόσπτωσης

# Κατευθυντικότητα

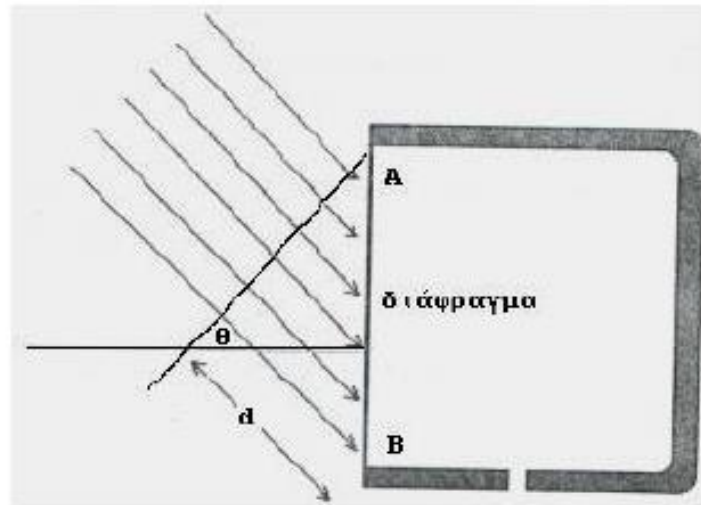
- Η επιλεκτικότητα του μικροφώνου ως προς τη γωνία
- Είναι τελικά επιθυμητή ή ανεπιθύμητη?
- Διαγράμματα κατευθυντικότητας
- πολικά διαγράμματα

# Ωρολογία

- Κατευθυντική συμπεριφορά
- Πολικό διάγραμμα
- Ευαισθησία ως προς τη γωνία
- Γωνιακή απόκριση
- Δικατευθυντικό/πανκατευθυντικό/καρδιοειδές/υπερκαρδιοειδές/υπερκατευθυντικό

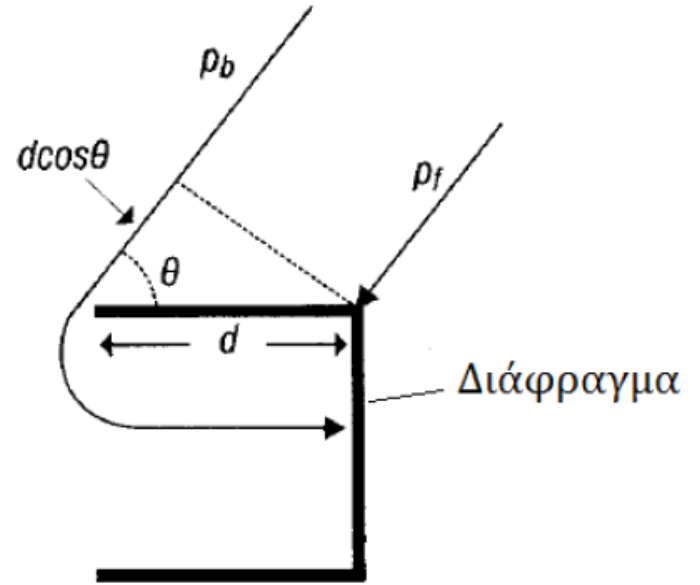
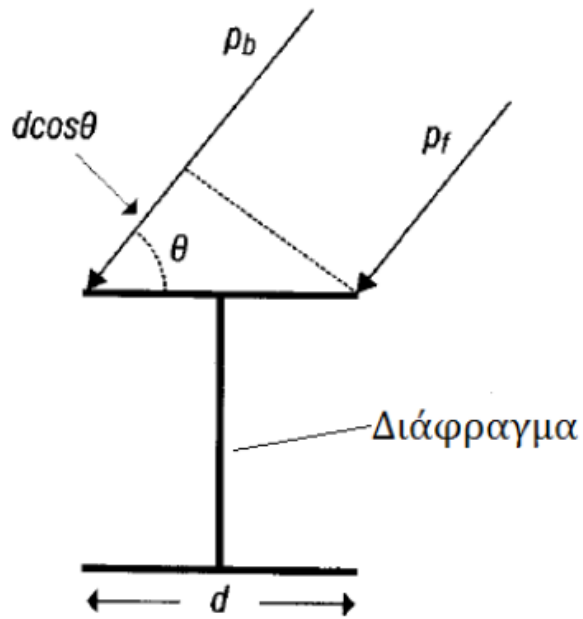
# Πανκατευθυντικά μικρόφωνα

- Omnidirectional ή omni



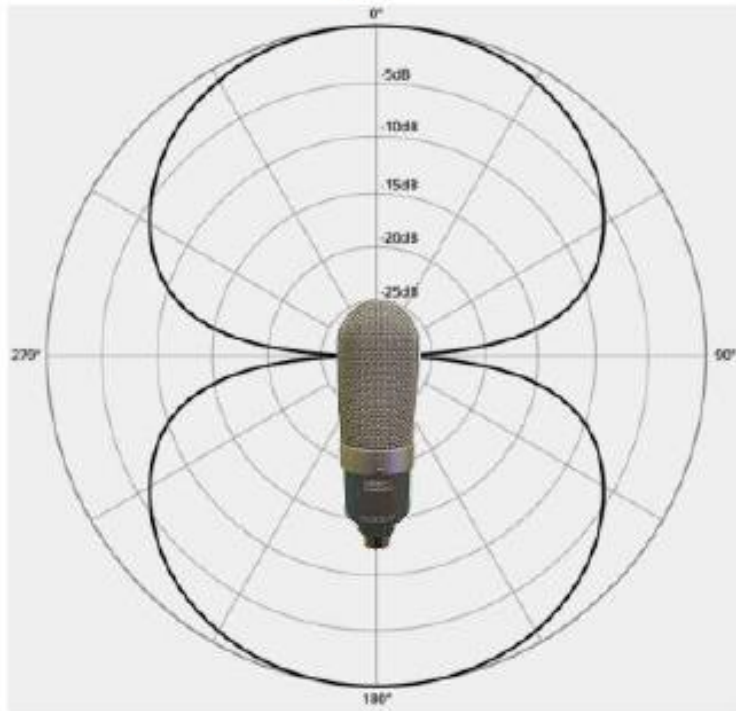
Σχήμα 5.7: Μη κάθετη πρόσπτωση ενός ηχητικού κύματος πάνω στο διάφραγμα. Για κάποιες συχνότητες οι διαφορές φάσης του κύματος πάνω στο διάφραγμα μπορούν να οδηγήσουν σε ακυρωτική συμβολή.

# Δικατευθυντικό VS Καρδιοειδές

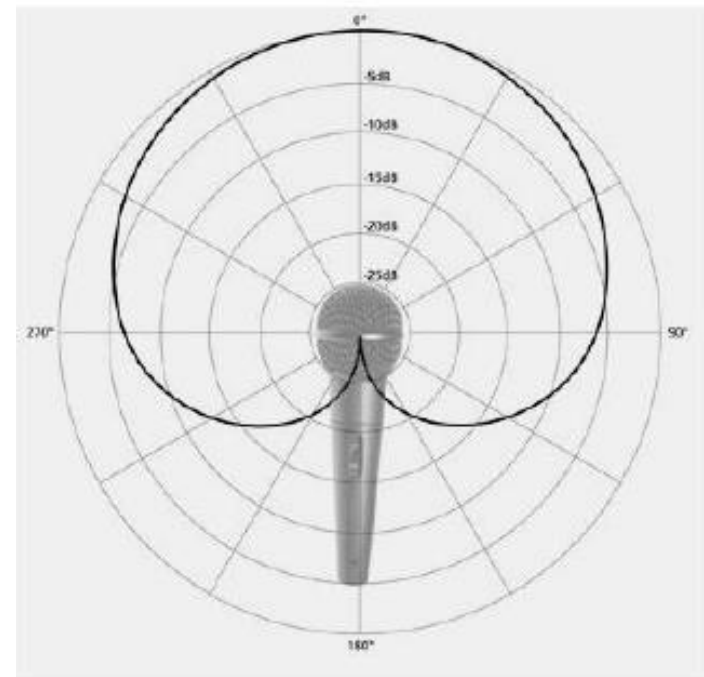


# Δικατευθυντικό VS Καρδιοειδές

(α)



(β)



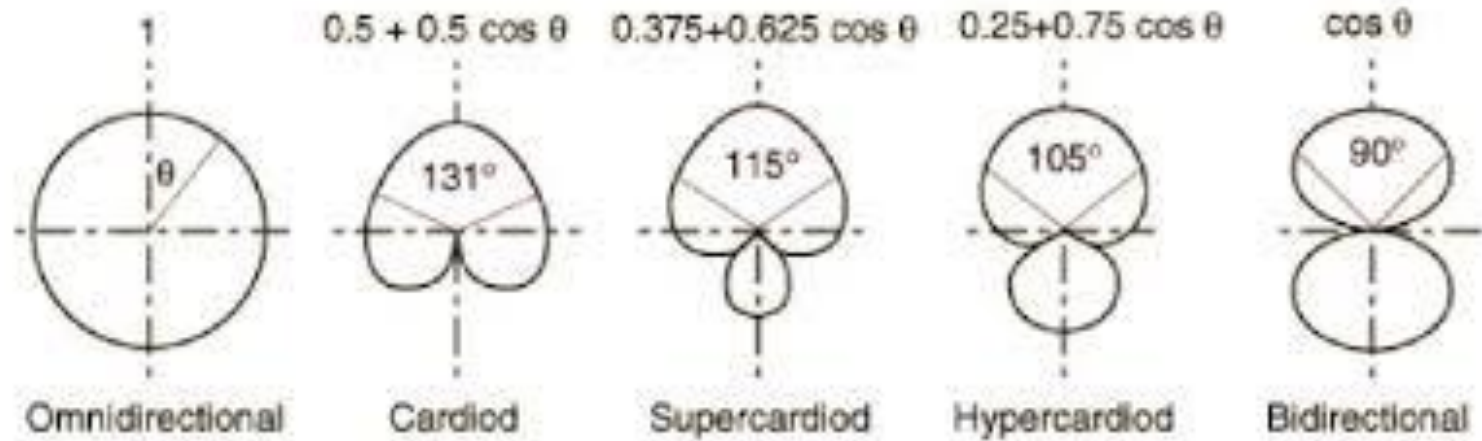
$$F = SP_0 \frac{2\pi f d \cdot \cos\theta}{c} \sin\omega t$$

$$F = SP_0 \frac{2\pi f d \cdot (1 + \cos\theta)}{c} \sin\omega t.$$

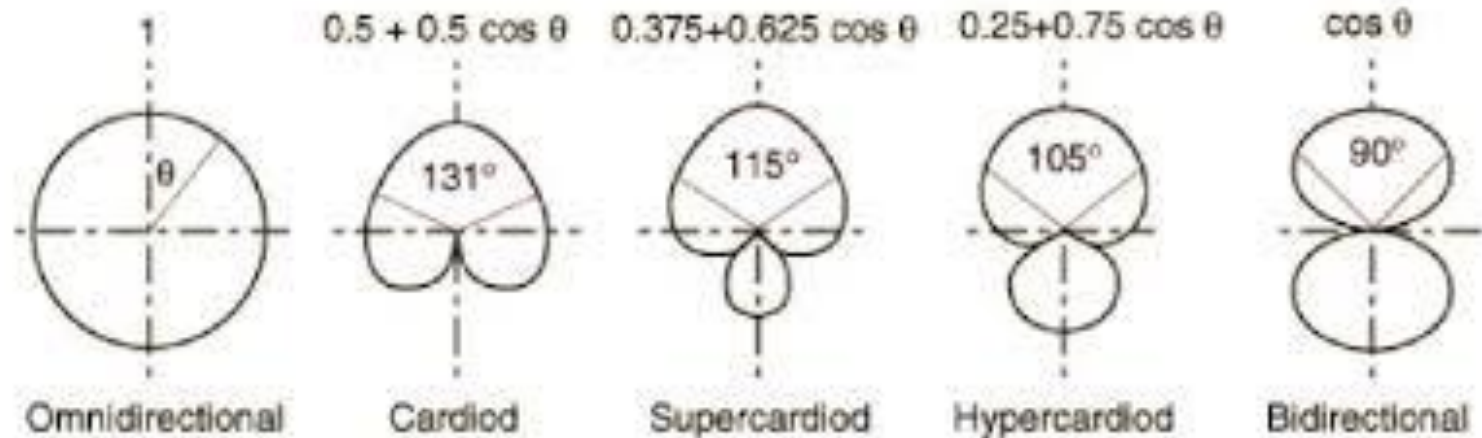
# Άσκηση 1

Για ένα ιδανικό μικρόφωνο διανυσματικής διαφοράς πίεσης, να βρεθεί ο λόγος του πλάτους των δυνάμεων  $f$  πάνω στο διάφραγμα για δύο επίπεδα κύματα ίδιας έντασης, το πρώτο στα 250 Hz και για γωνία πρόσπτωσης  $60^\circ$  και το δεύτερο στα 1500 Hz και για γωνία πρόσπτωσης  $0^\circ$ . Αν θεωρηθεί ότι η τάση εξόδου του μικροφώνου είναι ανάλογη της δύναμης, να διατυπωθεί η σχέση των τάσεων εξόδου για τις δύο αυτές καταστάσεις σε dB.

# Τυπικές γωνιακές αποκρίσεις



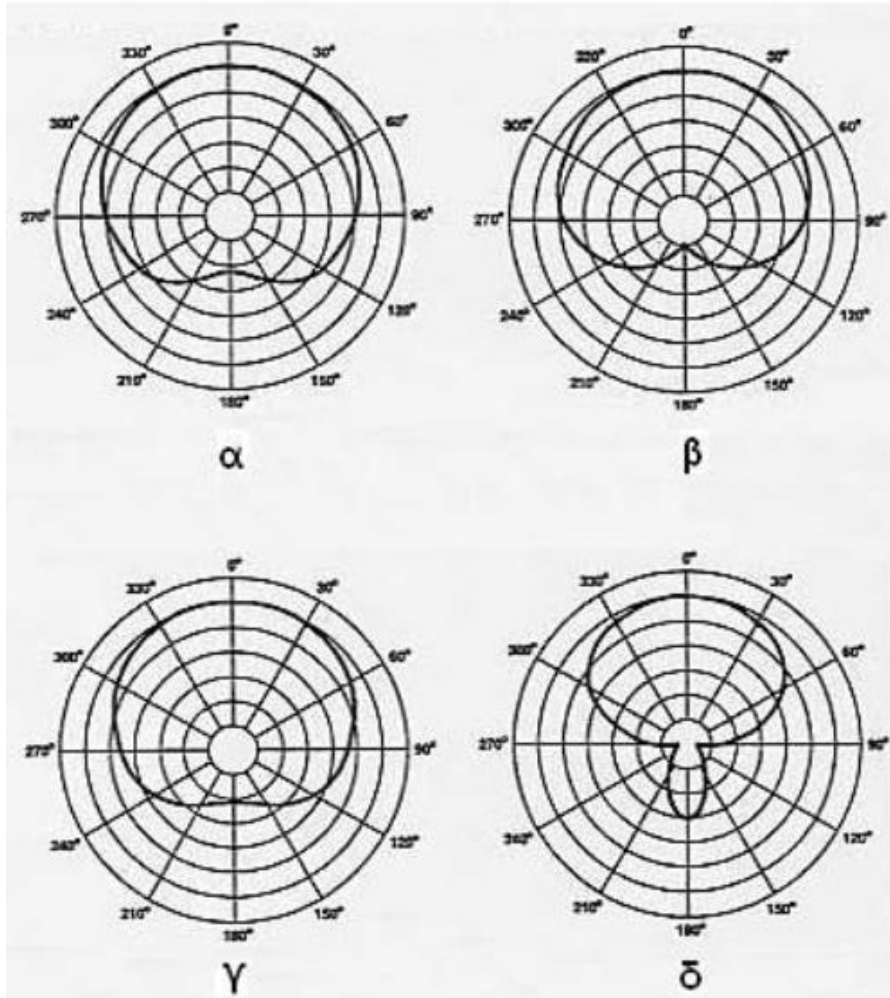
# Τυπικές γωνιακές αποκρίσεις



Πανκατευθυντικό (omnidirectional)	$D(\theta)=0$
Καρδιοειδές (Cardioid)	$D(\theta) = 20 \log  0.5 + 0.5 \cos(\theta) $
Υπερκαρδιοειδές 1 (Supercardioid)	$D(\theta) = 20 \log  0.375 + 0.625 \cos(\theta) $
Υπερκαρδιοειδές 2 (Hypercardioid)	$D(\theta) = 20 \log  0.25 + 0.75 \cos(\theta) $
Δικατευθυντικό (Bidirectional)	$D(\theta) = 20 \log  \cos(\theta) $

Πίνακας 5.1: Τύποι για τον υπολογισμό της γωνιακής απόκρισης τυπικών κατευθυντικών μικροφώνων.

# Εξάρτηση της κατευθυντικότητας από τη συχνότητα



Σχήμα 35: Τα τέσσερα αυτά πολικά διαγράμματα προέρχονται από το ίδιο καρδιοειδές μικρόφωνο και ελήφθησαν για 250, 1000, 2000 και 5000 Hz αντίστοιχα, για τις περιπτώσεις α, β, γ, και δ. Φαίνεται η διαφορετική κατευθυντικότητα για κάθε περίπτωση και κυρίως αυτής για τα 5000 Hz.

# Άσκηση 1

1) Έχουμε ένα μικρόφωνο του οποίου τα πολικά διαγράμματα δίνονται από το προηγούμενο slide. Ένα επίπεδο ακουστικό κύμα συχνότητας 1000 Hz προσπίπτει πάνω στον άξονα του μικροφώνου και παράγει μια ηλεκτρική στάθμη εξόδου -8 dBu. Ποιά θα ήταν η στάθμη εξόδου σε dBu αν το μικρόφωνο ήταν στραμμένο  $-90^\circ$  ως προς την κατεύθυνση του επίπεδου κύματος? (Κάθε ομόκεντρος κύκλος αντιστοιχεί σε διαφορά 3 dB)

2) Αν δεν είχαμε την πληροφορία του πολικού διαγράμματος αλλά ξέραμε ότι το μικρόφωνο είναι καρδιοειδές, ποια θα ήταν η εκτίμησή μας για την ηλεκτρική στάθμη εξόδου στις  $-90^\circ$  ?

Δίνεται η τυπική γωνιακή απόκριση του καρδιοειδούς μικροφώνου:

$$D(\theta) = 20 \log |0.5 + 0.5 \cos \theta|$$

# Ευαισθησία

- Ο λόγος της παραγόμενης ηλεκτρικής τάσης ως προς την εφαρμοζόμενη ακουστική πίεση (για γωνία πρόσπτωσης του κύματος πάνω στον άξονα, δηλ  $\vartheta=0^\circ$ ).
- $E = \frac{\bar{U}}{\bar{P}}$
- Όπου  $\bar{U}$  η τάση σε mV και  $\bar{P}$  η πίεση σε Pa
- Επιπλέον μονάδες που συναντάμε την ευαισθησία είναι σε dBV/Pa ή απλά σε dB

# Ευαισθησία

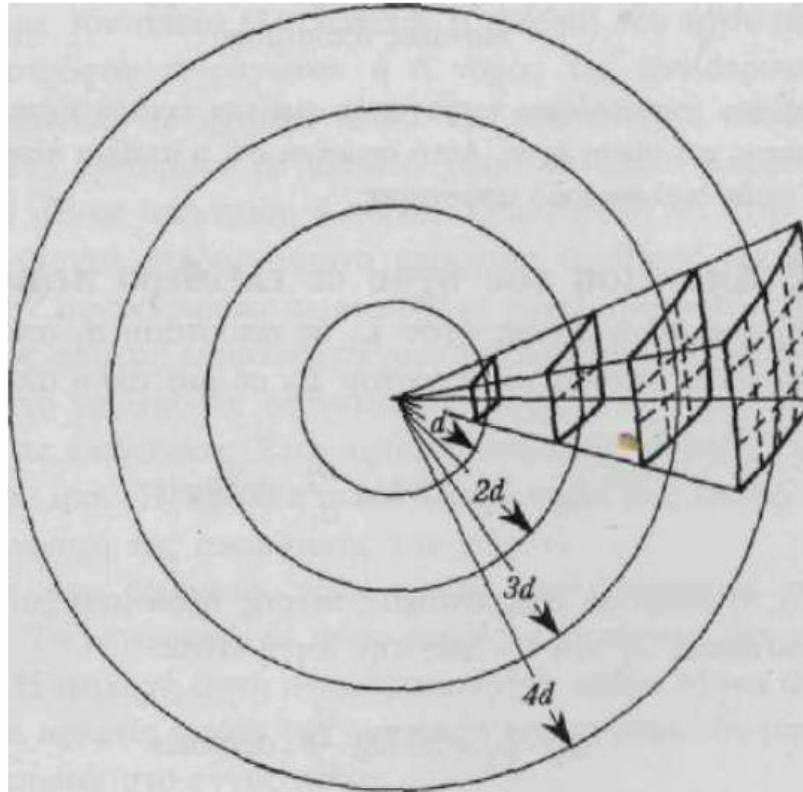
Ακουστική πίεση 1 Pa αντιστοιχεί σε 94 dB SPL.

Άρα, αν το μικρόφωνο εκτεθεί σε στάθμη ηχου 94 dB SPL, τότε η RMS τιμή τάσης εξόδου σε mVolt προσδιορίζει απευθείας την ευαισθησία του μικροφώνου σε mVolt/Pa.

## Άσκηση 2

Ένα μικρόφωνο παράγει ηλεκτρική τάση 12mV RMS όταν διεγείρεται με στάθμη ήχου 90 dB SPL. Υπολογίστε την ευαισθησία του μικροφώνου σε mV/Pa και dBV/Pa.

# Ήχος στο ελεύθερο πεδίο

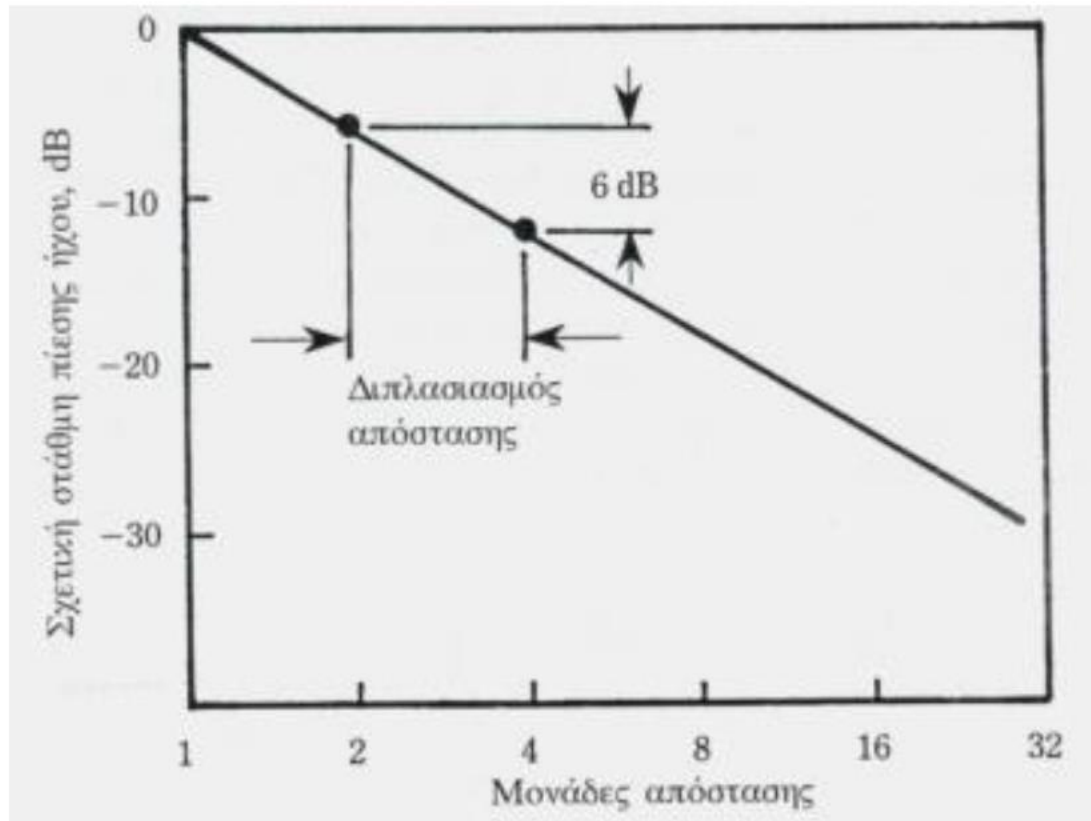


Σχήμα 3: Στην στερεά γωνία του σχήματος, η ίδια ενέργεια κατανέμεται σε σφαιρικές επιφάνειες οι οποίες έχουν όλο και μεγαλύτερη επιφάνεια καθώς αυξάνει το  $d$ . Η ένταση του ήχου είναι αντίστροφα ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης από την σημειακή πηγή.

# Anechoic chamber



# Νόμος του αντίστροφου της απόστασης



Σχήμα 4: Ο νόμος του αντιστρόφου τετραγώνου για την ένταση του ήχου γίνεται νόμος του αντιστρόφου της απόστασης (για την πίεση του ήχου). Δηλαδή η στάθμη πίεσης του ήχου ελαττώνεται κατά 6 dB για κάθε διπλασιασμό απόστασης.

# Απόσταση από πηγή και παραγόμενη στάθμη ήχου

Η ακουστική πίεση είναι αντιστρόφως ανάλογη της απόστασης από την πηγή

$$\text{Άρα } \frac{p_2}{p_1} = \frac{r_1}{r_2}$$

$$\text{Και επομένως } L_2 - L_1 = 20 \log(r_1/r_2)$$

**Παράδειγμα 1:** Μία πηγή παράγει ένα συνεχόμενο ήχο στο ελεύθερο πεδίο. Στα 20 m μέτρησα στάθμη 80 dB SPL. Πόση θα είναι η στάθμη αν πάω στα 50 m?

**Παράδειγμα 2:** Μία πηγή παράγει στάθμη 80 dB SPL στα 20 m απόσταση. Πόση πρέπει να γίνει η απόσταση για να αυξηθεί η στάθμη κατά 10 dB?

# Υπολογισμοί μεταβολής απόστασης και ισχύος

## Άσκηση 3:

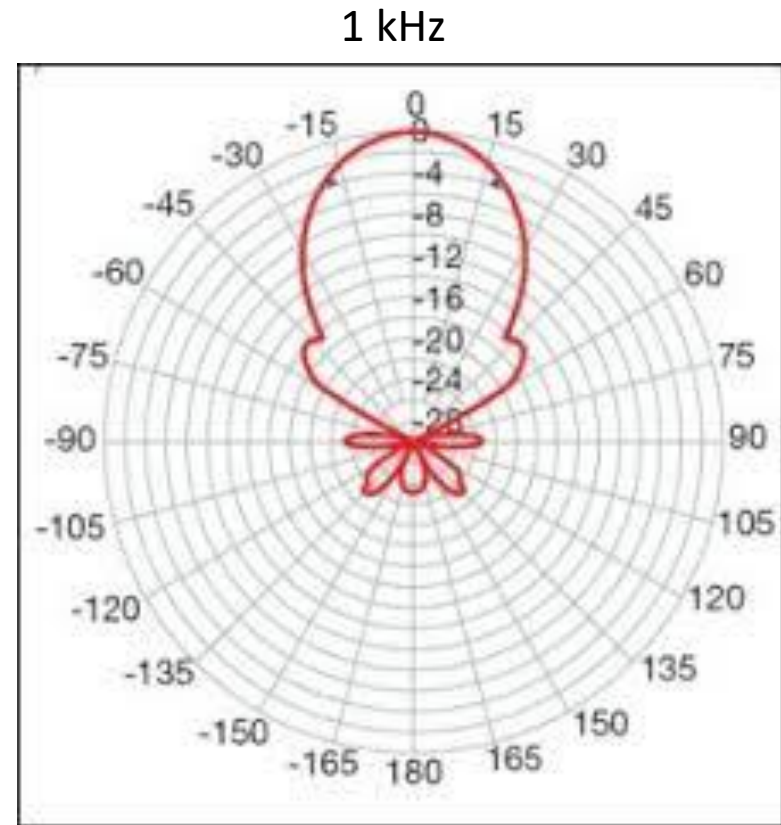
Ένα ηχείο έχει την παρακάτω προδιαγραφή ευαισθησίας “90 dB SPL @ 1m and 1 Watt input”.

- (1) Ποια είναι η ηχητική στάθμη που θα παράγεται πάνω στον άξονα του ηχείου στο 1 m απόσταση για ισχύ εισόδου 100 Watt?
- (2) Ποια η ηχητική στάθμη για την ίδια ισχύ εισόδου αλλά για 15 m απόσταση?

# Υπολογισμοί μεταβολής απόστασης και γωνίας

## Άσκηση 4

Έχουμε ένα μικρόφωνο με τα πολικά χαρακτηριστικά που φαίνονται στο σχήμα. Μία σφαιρική πηγή βρίσκεται σε απόσταση  $r=4$  m από το μικρόφωνο και σε γωνία  $\theta=-45^\circ$  και παράγει μια ηλεκτρική στάθμη εξόδου  $-8$  dBu στο μικρόφωνο. Ποιά θα είναι η στάθμη εξόδου σε dBu αν η ίδια πηγή μεταφερθεί σε απόσταση  $r=10$  και γωνία  $\theta=0^\circ$ ?



# Τι διατυπώνουμε με dB

- Την απόλυτη τιμή ενός ηλεκτρακουστικού μεγέθους
- Την μεταβολή τις τιμής
- Την διαφορά ανάμεσα σε μία επιθυμητή και ανεπιθύμητη ποσότητα

# Διαχωρισμός

- Διαφορά ανάμεσα σε δύο ταυτόχρονες πηγές ήχου όπου η μία θεωρείται επιθυμητή και η άλλη ανεπιθύμητη
- Διαχωρισμός = separation
- ή Signal to Interference Ratio (SIR)

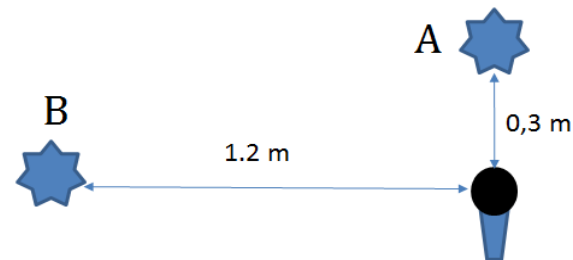
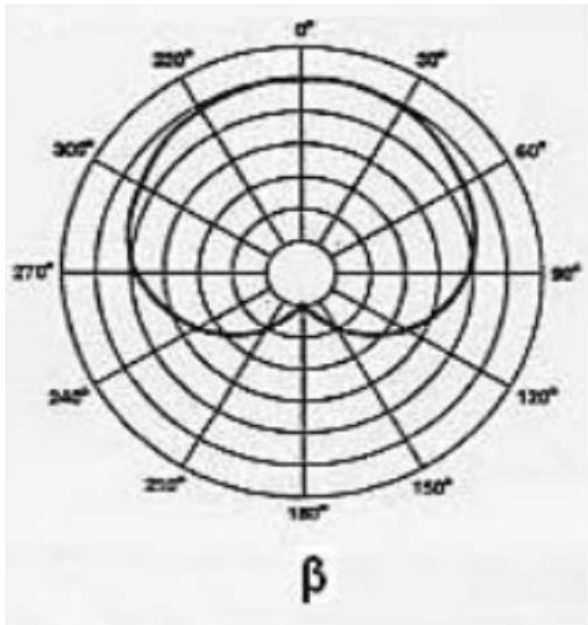
**Παράδειγμα 1:** Μία πηγή A παράγει στάθμη ήχου  $L_p=86$  dB SPL αλλά κοντά υπάρχει και μία πηγή B η οποία παράγει στάθμη 75 dB SPL. Επομένως, ο διαχωρισμός (ή το SIR) θα είναι  $86-75=11$  dB.

**Παράδειγμα 2:** Όταν σε κάποιο κανάλι της κονσόλας έχουμε σήμα  $V_{\text{RMS}} = 4$  Volt αυτό προκαλεί διαρροή  $V_{\text{RMS}} = 0.5$  Volt σε κάποιο άλλο κανάλι. Το SIR (ή διαχωρισμός) επομένως είναι  $20\log(4/0.5)=18$  dB.

# Άσκηση 5

Θεωρώντας δύο πανκατευθυντικές ηχητικές πηγές ίδιας ισχύος  $W_B = W_A$  τοποθετημένες σύμφωνα με το σχήμα στο ελεύθερο πεδίο και θεωρώντας ότι η πηγή A είναι η επιθυμητή και η B η ανεπιθύμητη να υπολογιστεί

- (1) ο διαχωρισμός, σε dB, που επιτυγχάνεται με τη χρήση κατευθυντικού μικροφώνου στο 1 kHz δεδομένου του πολικού διαγράμματος (οι ομόκεντροι κύκλοι απέχουν 6 dB μεταξύ τους)
- (2) Πώς διαμορφώνεται ο διαχωρισμός στις ίδιες συχνότητες αν θεωρηθεί ότι η ισχύς της B πηγής είναι 100 φορές μεγαλύτερη αυτής της A?
- (3) Πώς διαμορφώνεται ο διαχωρισμός στις ίδιες συχνότητες αν θεωρηθεί ότι η ισχύς της B πηγής είναι 10 φορές μικρότερη αυτής της A?
- (4) Ποιός τύπος κατευθυντικής συμπεριφοράς θα βελτιστοποιούσε το διαχωρισμό για τη συγκεκριμένη γεωμετρία?



# Πολυπαραγοντική μεταβολή

- Λόγω μεταβολής της απόστασης
  - Λόγω μεταβολής της ισχύος
  - Λόγω μεταβολής της γωνίας
- 
- $L_2 - L_1 = 20 \log(r_1/r_2) + 10 \log(W_2/W_1) + D(\theta_2) - D(\theta_1)$



Από πολικό  
διάγραμμα