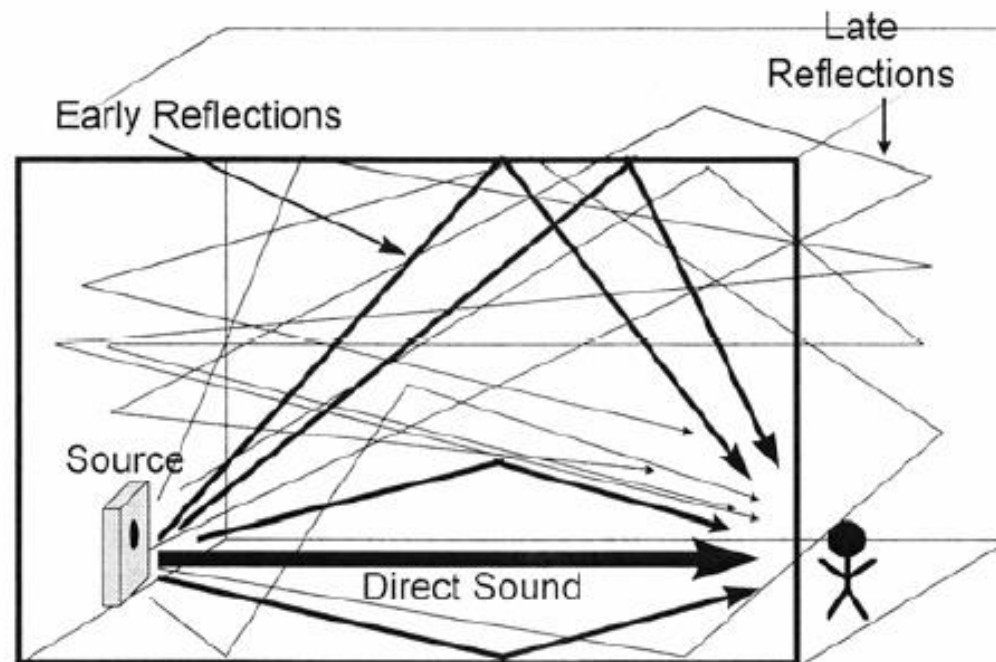


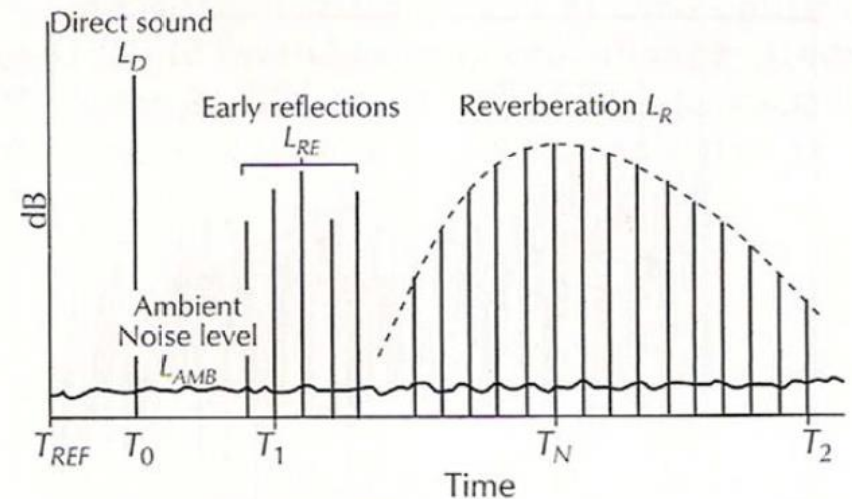
Μεγάλοι κλειστοί χώροι



Σχήμα 3.14: Αναπαράσταση της δημιουργίας αντήχησης σε ένα κλειστό χώρο

Συνιστώσες του ήχου σε «μεγάλους» κλειστούς χώρους

- Απευθείας ήχος (direct sound)
- Πρώτες ανακλάσεις (early reflections)
 $\Delta\tau < 80$ ms
- Αντηχητική συνιστώσα (reverberation)
 - Αντηχητικό πεδίο ή διάχυτο πεδίο
 - Ανακλώμενος ήχος



$T_0 - T_{REF} =$ Signal travel time to observer (D_0)

$T_1 - T_0 =$ Initial Time Delay (ITD) gap

$T_N - T_{REF} =$ Natural room delay

$T_2 - T_1 =$ 3-D measurement limits (variable from T_{REF} to T_2)

$$p_{ολ}^2 = p_{απ}^2 + p_{αν}^2$$

Απευθείας ήχος ή
απευθείας συνιστώσα του
ήχου

ανακλώμενος/διάχυτος ήχος ή
αντηχητική/ανακλώμενη/διάχυτη
συνιστώσα του ήχου

Το τέλειο αντηχητικό πεδίο

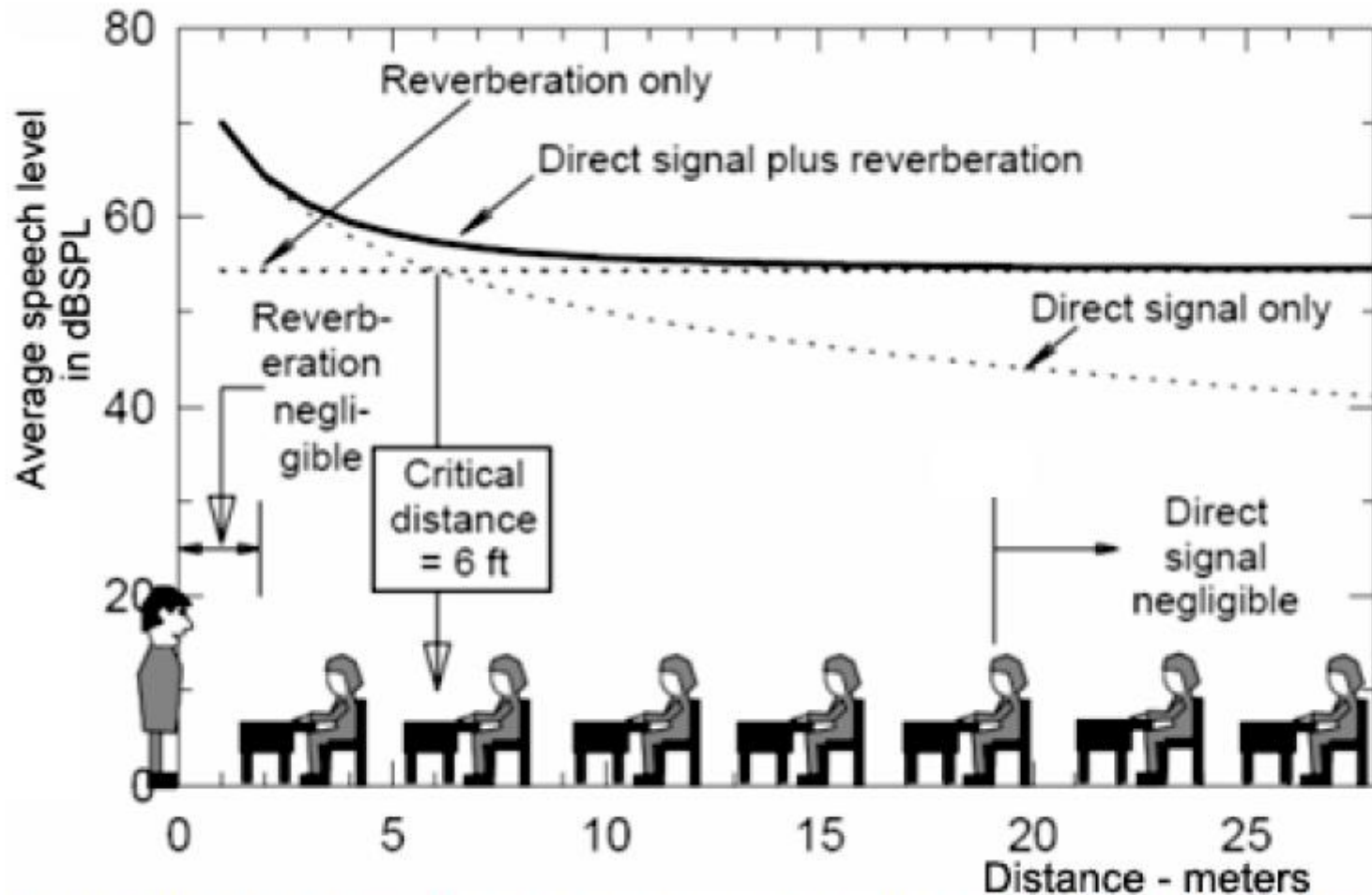
Το πεδίο που δημιουργείται από την υπέρθεση απείρου πλήθους επιπέδων ηχητικών κυμάτων που διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις με την ίδια πιθανότητα

- Σταθερή πυκνότητα ενέργειας (στάθμη παντού ίδια)
- Οι εξασθενήσεις είναι τέλεια εκθετικές
- Χρόνος αντήχησης παντού το ίδιο
- Χαρακτήρας της εξασθένησης ανεξάρτητος από τα κατευθυντικά χαρακτηριστικά του μικροφώνου
- Μετρούμενη στάθμη ανεξάρτητη από τα κατευθυντικά χαρακτηριστικά του μικροφώνου
- Ο απευθείας ήχος και ο ανακλώμενος ήχος είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους

Συνθήκες για να έχουμε αντηχητικό πεδίο

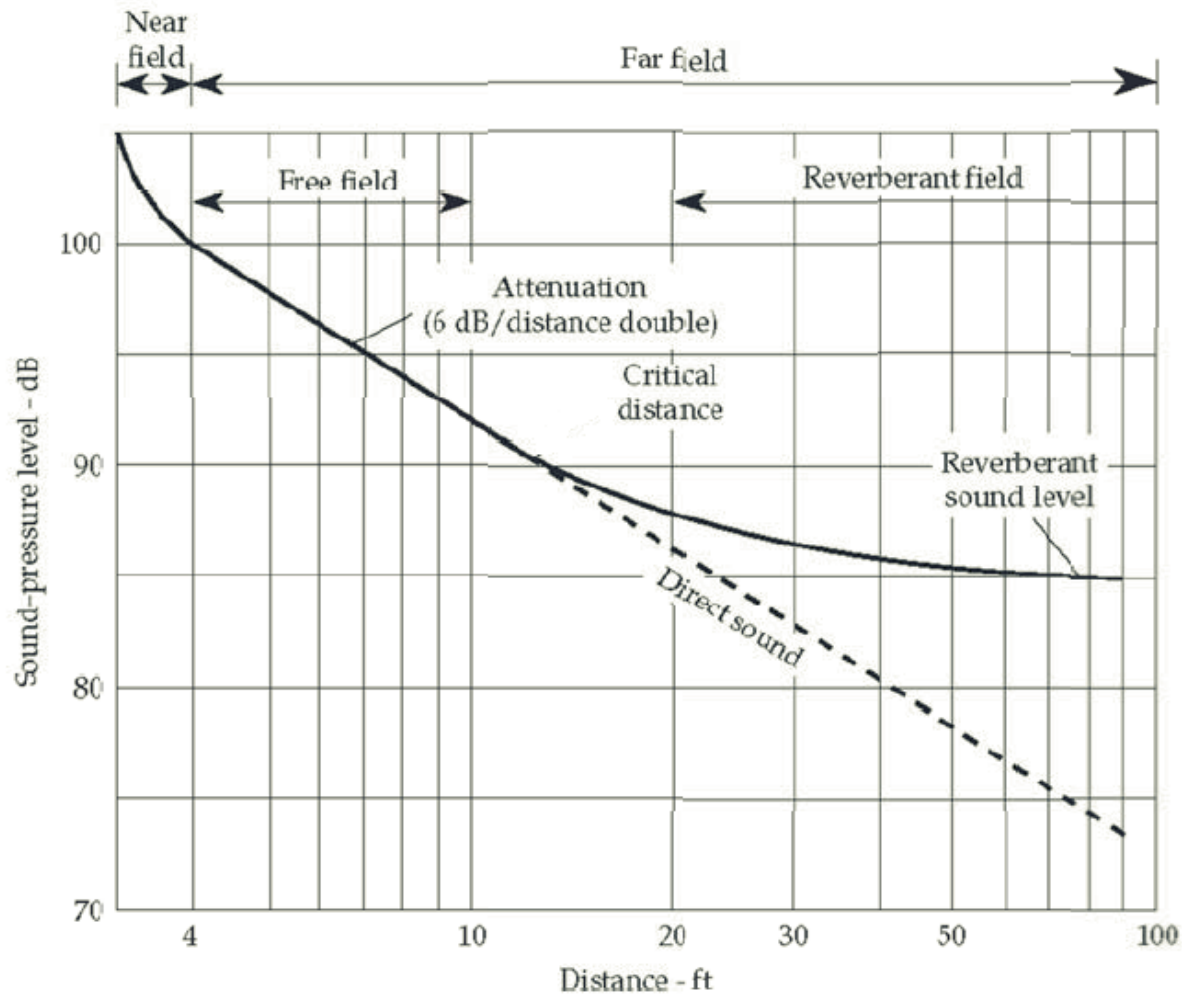
- Ο χώρος έχει ακανόνιστο σχήμα (irregularly shaped)
- Οι διαστάσεις του χώρου είναι σχετικά μεγάλες σε σχέση με το μήκος κύματος που μελετάμε
- Δεν έχουμε κάποια διάσταση του χώρου δυσανάλογα μεγάλη σε σχέση με τις άλλες
- Ο συντελεστής απορρόφησης των τοιχωμάτων είναι σχετικά μικρός ($\alpha < 0.3$) και ομοιόμορφα κατανομημένος

Κρίσιμη απόσταση



Σχήμα 12. Λόγος απευθείας ήχου / αντηχητικού πεδίου σε αίθουσα διδασκαλίας

Απευθείας + ανακλώμενος ήχος



Ηχητικά παραδείγματα σε αίθουσα με

$$RT_{60} = 1.2 \text{ s}$$

- Δέκτης κοντά στην πηγή ($D=0.21 \text{ m}$):
- Δέκτης σε μέτρια απόσταση από την πηγή ($D=1.1 \text{ m}$):
- Δέκτης σε μακριά από την πηγή ($D=3.4 \text{ m}$):



Αναλογίες μεταξύ επιθυμητών και ανεπιθύμητων συνιστωσών

- Signal to Noise Ratio (SNR) = λόγος σήματος προς θόρυβο
- Direct to Reverberant Ratio (DDR) = λόγος απευθείας ήχου προς ανακλώμενο

Άσκηση 0

Για την οκτάβα των 1000 Hz σε ένα χώρο η κρίσιμη απόσταση μπροστά από ένα ηχείο είναι

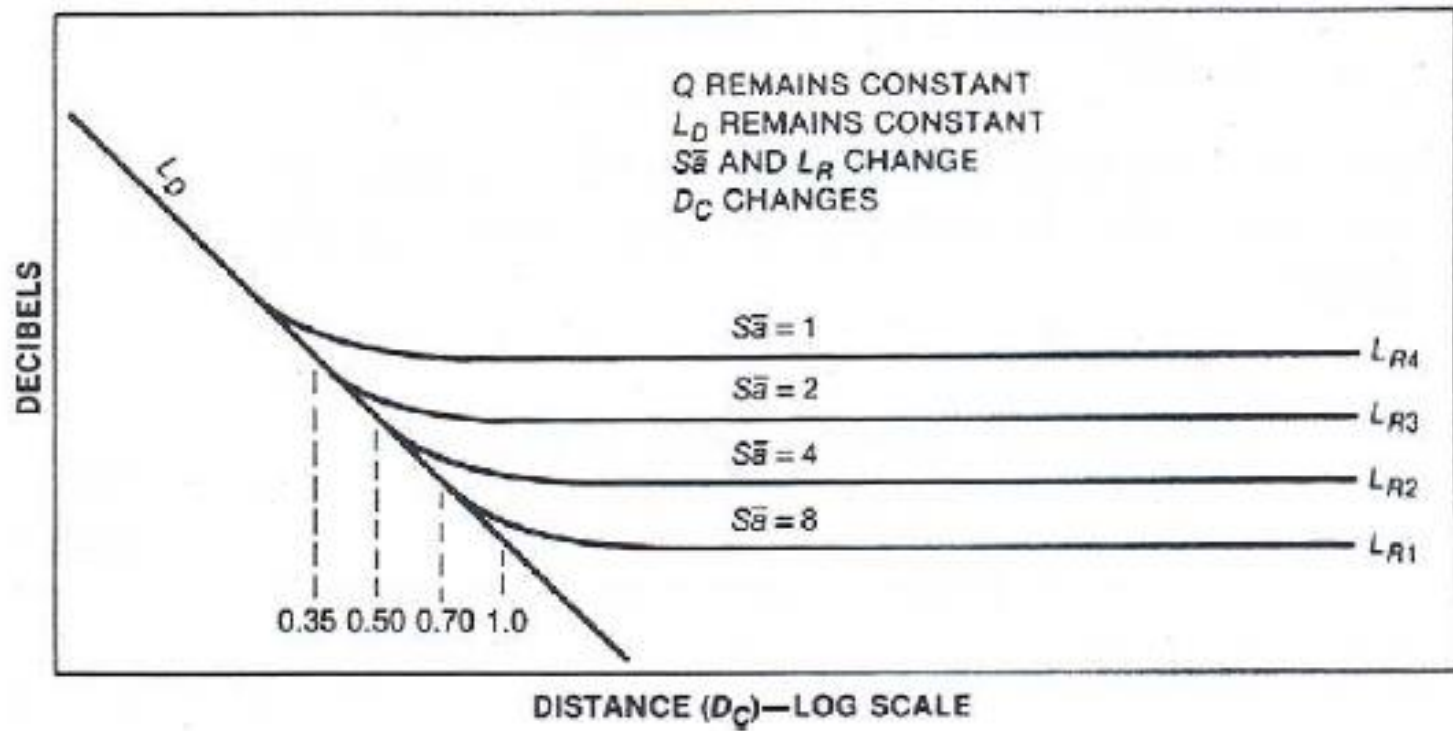
$D_c=2$ m. Σε ποια απόσταση θα έχω

- 1) DRR=6 dB
- 2) DRR=-6 dB
- 3) DRR=4 dB

Τι μπορώ να κάνω για να αυξήσω το λόγο απευθείας ήχου προς ανακλώμενο σε μία συγκεκριμένη θέση στο χώρο?

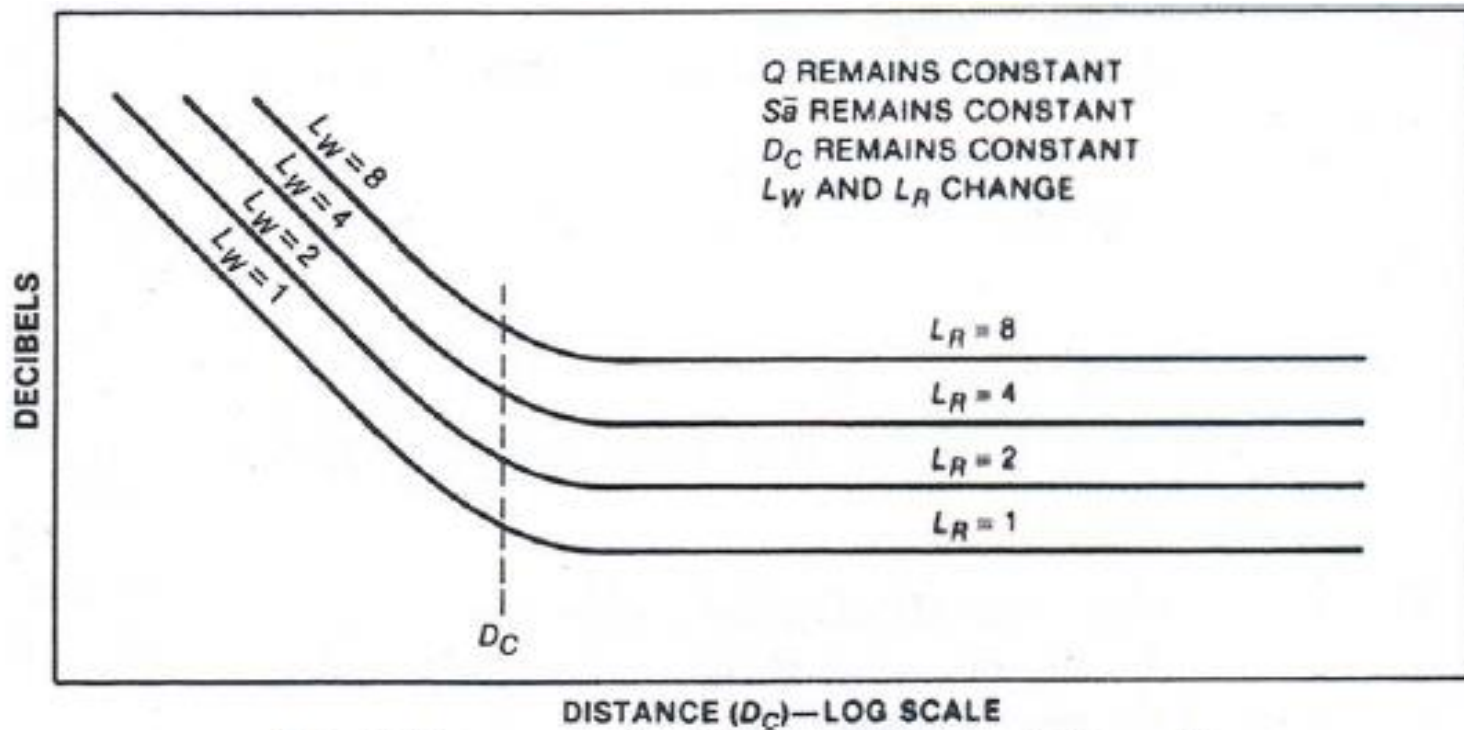
Να βάλω περισσότερη ηχο-απορρόφηση στο χώρο	
Να αυξήσω την ισχύ της πηγής	
Να φέρω την πηγή πιο κοντά στη θέση ακρόασης	
Να αυξήσω την κατευθυντικότητα της πηγής	

Μεταβολή της συνολικής απορρόφησης



Σχήμα 10. Μεταβολή κρίσιμης απόστασης D_C για διαφορετικά R ($S \cdot \bar{a}$) [1]

Μεταβολή της ισχύος



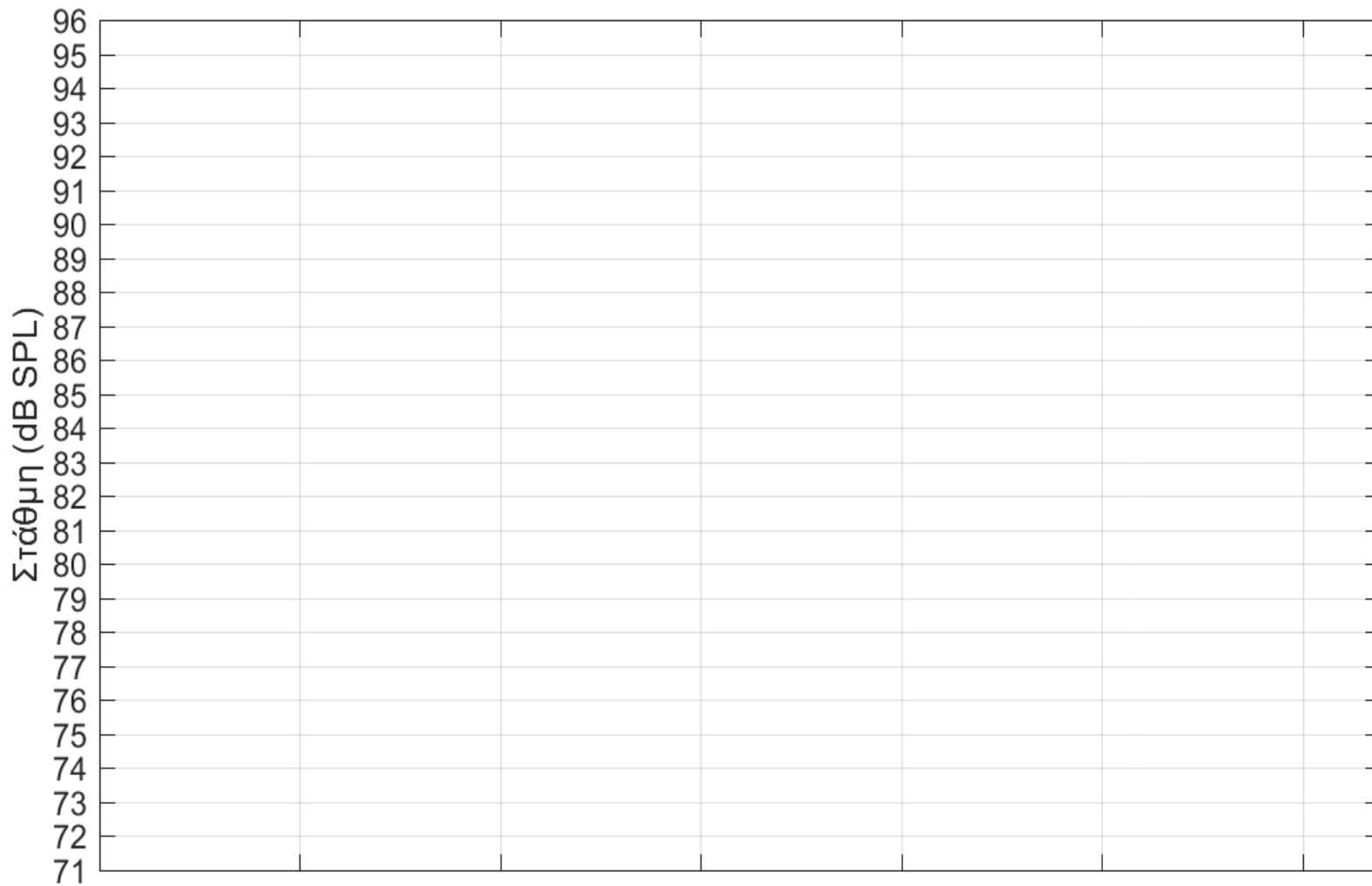
Σχήμα 11. Αύξηση της ηχητικής στάθμης που εκπέμπει η πηγή. (L_W)_{πηγής} [1]

Άσκηση 1

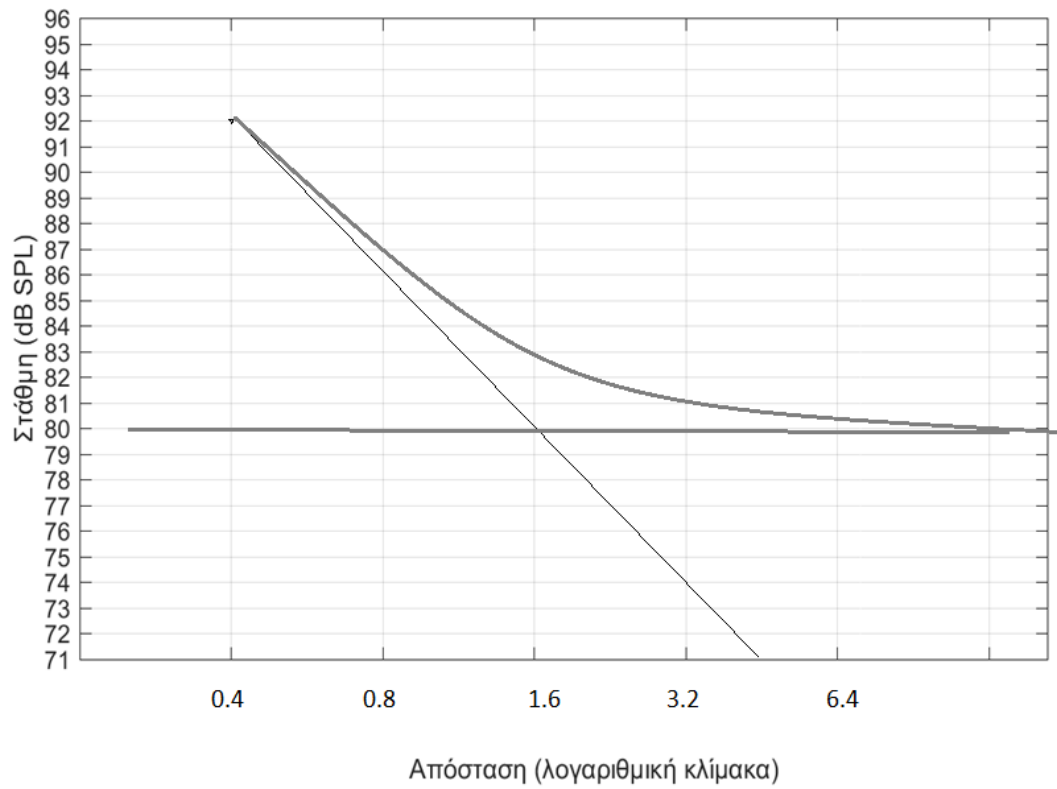
Θέμα 3^ο: Η στάθμη του ανακλώμενου ήχου σε ένα μεγάλο κλειστό χώρο είναι 80 dB SPL. Επίσης, η στάθμη του απευθείας ήχου σε απόσταση 0.4 m από την πηγή είναι 92 dB SPL.

1) Χρησιμοποιώντας το παρακάτω διάγραμμα, χαράξτε τις καμπύλες με τη θεωρητική μεταβολή του **απευθείας ήχου**, του **ανακλώμενου ήχου** και του **συνολικού ήχου συναρτήσει** της απόστασης, δίνοντας και τιμές για την απόσταση (σε m) πάνω στο διάγραμμα.

2) Με βάση το διάγραμμα που φτιάξατε, υπολογίστε την κρίσιμη απόσταση (D_c) αιτιολογώντας την απάντησή σας.



Απόσταση (λογαριθμική κλίμακα)



Άσκηση 2:

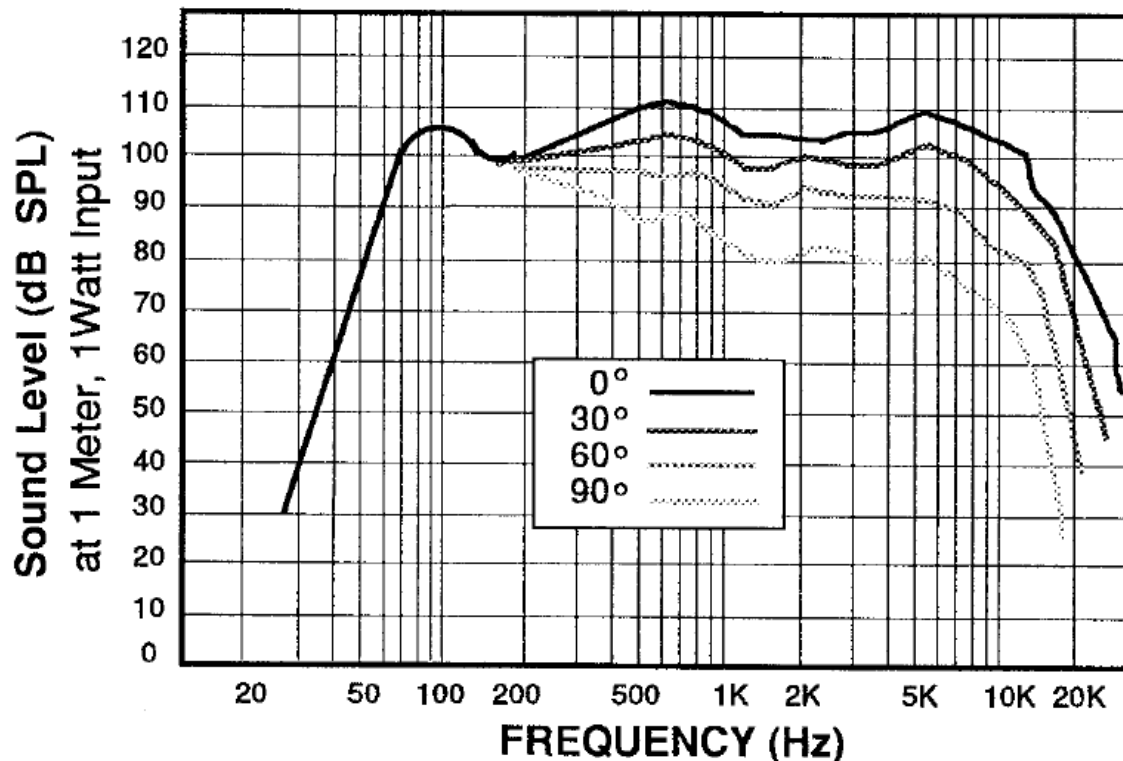
- Μια πηγή έχει ευαισθησία “90 dB SPL at 1 m and 1 Watt RMS” και κατά την τοποθέτησή της σε κλειστό χώρο η κρίσιμη απόσταση έχει μετρηθεί $D_c=4$ m.
- 1) Πόση είναι η στάθμη του αντηχητικού πεδίου αν η πηγή δουλεύει στα 1 Watt RMS?
 - 2) πόση είναι η στάθμη του αντηχητικού πεδίου αν η πηγή δουλεύει στα 100 Watt RMS?
 - 3) Να υπολογιστεί η στάθμη του απευθείας ήχου, του ανακλώμενου ήχου και η συνολική στάθμη στα 6 m από την πηγή όταν δουλεύει στα 100 Watt RMS.

Άσκηση 3:

Για το ηχείο με την παρακάτω απόκριση συχνότητας, μετρήθηκε η κρίσιμη απόσταση πάνω στον άξονα και βρέθηκε ίση με 4 m στα 500 Hz.

1) Να εκτιμηθεί η διαφορά μεταξύ της στάθμης του απευθείας και του ανακλώμενου ήχου στα 4 m απόσταση για γωνία $\theta=90^\circ$ σε σχέση με τον κεντρικό άξονα. (Θεωρείστε συνθήκες τέλειου αντηχητικού πεδίου).

2) Να εκτιμηθεί η διαφορά μεταξύ της στάθμης του απευθείας και του ανακλώμενου ήχου στα 10 m απόσταση για γωνία $\theta=90^\circ$



Άσκηση 4:

- Σε ένα χώρο όπου επικρατούν συνθήκες διάχυτου ηχητικού πεδίου, μετρήσαμε την κρίσιμη απόσταση για μία ηχητική πηγή και τη βρήκαμε ίση με $D_{c,1}=4$ m.
- 1) Τι θα συμβεί στην κρίσιμη απόσταση μετρούμενη από το συγκεκριμένο ηχείο αν στον ίδιο χώρο λειτουργήσουνε άλλα 3 πανομοιότυπα ηχεία? Θα μειωθεί, θα αυξηθεί, ή θα παραμείνει σταθερή?
- 2) Αν μεταβληθεί, πόσο εκτιμάτε ότι θα είναι η καινούρια κρίσιμη απόσταση?

Θεωρείστε ότι τα ηχεία συνδέονται σε κοινή ηλεκτρική πηγή και τοποθετούνται μακριά το ένα από το άλλο έτσι ώστε η λειτουργία του ενός να μην επηρεάζει τον απευθείας ήχο του άλλου.