

# Επαναληπτικό στην Ακουστική χώρων

# Άσκηση 1

## **5.6 Ασκήσεις - Παραδείγματα**

Σας ζητείται να παρέχετε ενίσχυση του ήχου για μια συναυλία σε εξωτερικό χώρο (ελεύθερο πεδίο). Το βάθος του ακροατηρίου είναι 30m. Επιθυμείτε να τοποθετήσετε ένα full range ηχείο με ευαισθησία στα 98dB (1m, 1 Watt είσοδο) στη μέση του χώρου ακρόασης. Το ηχείο οδηγείται από έναν ενισχυτή 100 Watt συνεχούς ισχύος. Ποιά θα είναι η μέγιστη ηχητική στάθμη πίεσης *SPL* στο τέλος του ακροατηρίου;

## Άσκηση 2

- Έστω σημειακή πανκατευθυντική πηγή η οποία δημιουργεί στάθμη 90 dB SPL στα 10 m απόσταση. Στα πόσα μέτρα απόσταση πρέπει να πάμε για να αυξηθεί η στάθμη κατά 12 dB?

## Άσκηση 3

- Οι συντεταγμένες  $(x,y)$  μιας σημειακής πηγής και ενός σημειακού δέκτη είναι  $(5,2)$  m και  $(3,1)$  m αντίστοιχα. Θεωρώντας τέλεια ανακλαστικό πάτωμα στο  $y=0$ , υπολογίστε τη χρονική διαφορά άφιξης (ΧΔΑ) μεταξύ απευθείας και ανακλώμενου ήχου. Δίνεται η ταχύτητα του ήχου  $c=343$  m/s.
- Αποδείξτε ότι για καθαρό τόνο συχνότητας  $f_1=625$  Hz, ο απευθείας και ο ανακλώμενος ήχος θα συμβάλουν αποσβεστικά, ενώ για συχνότητα  $f_2=750$  Hz ο απευθείας και ο ανακλώμενος ήχος θα συμβάλουν ενισχυτικά.

# Μέτρηση του χρόνου αντήχησης

- Ουσιαστικά, αν μετρήσω την κρουστική απόκριση του χώρου, μπορώ να υπολογίσω το χρόνο αντήχησης
  - White noise, sweep, MLS sequence
- Μέθοδος του μηδενισμού της πηγής
- Μέθοδος της παλμικής διέγερσης

# Ερώτηση

- Εξηγείστε την έννοια του Mean Free Path (MFP)
- Με βάση την έννοια του MFP, εξηγείστε γιατί σε ένα κλειστό χώρο ο χρόνος αντήχησης αυξάνεται με το μέγεθος του χώρου

# Ερωτήσεις

- Ιδιότητες του τέλειου αντηχητικού πεδίου
- Συνθήκες για να έχουμε τέλειο αντηχητικό πεδίο
- Διαφορές μεταξύ «μεγάλων» και «μικρών» χώρων

# Άσκηση 4.1

Χώρος έχει διαστάσεις  $4.8 \times 7 \times 3$  m (ΜxΠxΥ).

1) Αν οι τοίχοι και το πάτωμα είναι από σκυρόδεμα και η οροφή από απορροφητική ψευδοροφή, να βρεθεί ο χρόνος αντήχησης του δωματίου στα 500Hz και να αιτιολογηθεί ο τύπος που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό (Sabine ή Norris Eyring).

2) Έστω ότι θέλουμε να μειώσουμε το χρόνο αντήχησης στα 0.80 s. Να υπολογίσετε την επιφάνεια του πατώματος που θα πρέπει να επενδύσουμε με χαλί, ώστε να επιτύχουμε τον επιθυμητό χρόνο αντήχησης.

Δίνεται για τα 500 Hz:  $\alpha_{\text{σκυρόδεμα}} = 0.04$ ,  $\alpha_{\text{οροφής}} = 0.4$ ,  $\alpha_{\text{χαλί}} = 0.2$

# Άσκηση 4.2

Χώρος έχει διαστάσεις 6x5x3 m (ΜxΠxΥ). Ο βόρειος, ο νότιος τοίχος και η οροφή είναι από σκυρόδεμα, ο ανατολικός από τούβλο, ο δυτικός από γυψοσανίδα και το πάτωμα από ξύλινο παρκέ. Να βρεθεί ο χρόνος αντήχησης με χρήση του τύπου του Fitzroy

Δίνεται για τα 500 Hz:  $\alpha_{\text{σκυρόδεμα}} = 0.04$ ,  $\alpha_{\text{τούβλου}} = 0.06$ ,  
 $\alpha_{\text{γυψοσαν}} = 0.08$ ,  $\alpha_{\text{παρκέ}} = 0.1$

# Βέλτιστος όγκος

## 7.8.2 Κατάλληλος όγκος ενός χώρου

Προκειμένου να επιτευχθούν οι βέλτιστες ακουστικές συνθήκες είναι απαραίτητο ένας χώρος να έχει το σωστό όγκο σύμφωνα με την εκάστοτε χρήση. Στον πίνακα 7.4 φαίνεται ο βέλτιστος όγκος ανά άτομο ανάλογα με τη χρήση του χώρου.

	Ελάχιστος	Βέλτιστος	Μέγιστος
Αίθουσα συναυλιών	6.5	7.1	9.9
Ιταλικού τύπου αίθουσες όπερας	4.0	4.2-5.1	5.7
Εκκλησίες	5.7	7.1-7.9	11.9
Κινηματογράφοι	-	3.1	4.2
Αίθουσες ομιλίας	-	2.8	4.9

**Πίνακας 7.4: Βέλτιστος όγκος / άτομο ( $m^3$  / άτομο) ανάλογα με τη χρήση του χώρου**

# Βέλτιστο RT60 συναρτήσεαι του όγκου

## 7.8.3 Εξίσωση βέλτιστης αντήχησης (Εξίσωση Stephens-Bate)

Έχουν προταθεί βέλτιστοι χρόνοι αντήχησης για χώρους από διάφορους κατασκευαστές χρησιμοποιώντας εμπειρικές μεθόδους. Μια πρόταση από τους Stephens και Bate είναι ο παρακάτω τύπος:

$$RT_{60} = r(0.012\sqrt[3]{V} + 0.107) \quad (7.11)$$

όπου:

$RT_{60}$ : ο χρόνος αντήχησης σε δευτερόλεπτα (*sec*)

$V$ : ο όγκος του δωματίου σε κυβικά μέτρα ( $m^3$ )

$r = 4$  για λόγος

$r = 5$  για ορχήστρα

$r = 6$  για χορωδία

# Άσκηση 5

- Το αμφιθέατρο μιας σχολής πρόκειται να κατασκευαστεί για να εξυπηρετεί 200 άτομα και θα χρησιμοποιείται κυρίως για λόγο.
- α) Ορίστε τον κατάλληλο όγκο και χρόνο αντήχησης
- β) Πόση απορρόφηση χρειάζεται στην κατασκευή ώστε να πετύχουμε τις βέλτιστες συνθήκες όταν η αίθουσα είναι γεμάτη κατά τα  $2/3$ ?

Η απορρόφηση κατά άτομο είναι  $0.4 \text{ m}^2$

# Άσκηση 6:

- 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 7:

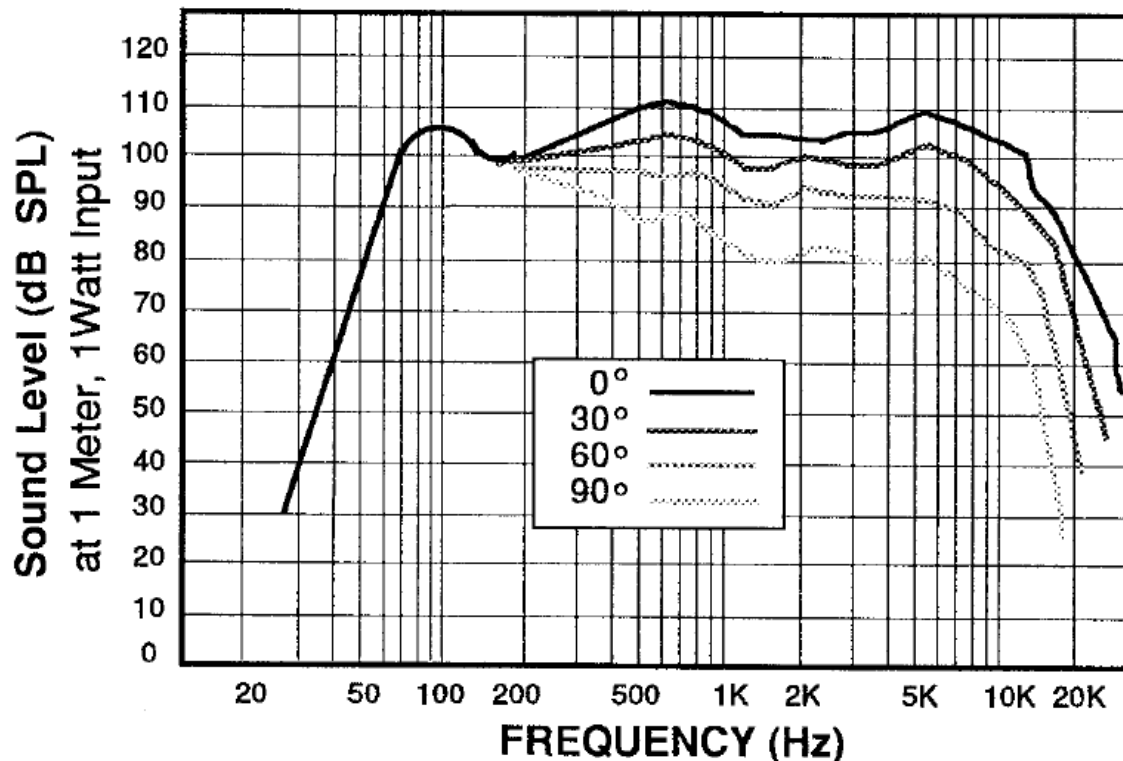
- Δωμάτιο με διαστάσεις  $5 \times 10 \times 3.5$  m περιλαμβάνει ηχητική πηγή ισχύος  $10 \mu\text{W}$  στην συχνότητα των  $1000$  Hz, τοποθετημένη στο κέντρο της ακμής του τοίχου των  $5$  m. Αν οι συντελεστές απορρόφησης για τη συχνότητα των  $1000$  Hz είναι  $\alpha_{\text{πατώματος}}=0.1$ ,  $\alpha_{\text{τοιχων}}=0,02$  και  $\alpha_{\text{οροφής}}=0,26$
- 1) Να βρεθεί η στάθμη του ανακλώμενου ήχου, του απευθείας ήχου και η συνολική ηχητική στάθμη στο κέντρο του δωματίου, δηλαδή στο σημείο  $(2.5, 5, 1.75)$ .

# Άσκηση 8:

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 τέλει 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 9

- 1) Σχεδιάστε τις κομβικές γραμμές της (2,2) ιδιομορφής σε ένα δωμάτιο διαστάσεων 6 x 5 m.
- 2) Ποια είναι η συχνότητα εμφάνισης της ιδιομορφής?
- 3) Δείξτε που θα βρίσκονται τα σημεία μέγιστης πίεσης.

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου  $c=340$  m/s



# Άσκηση

Ο συντελεστής απορρόφησης ενός υλικού μετρήθηκε σε θάλαμο αντήχησης με όγκο  $1300\text{m}^3$ . Στα  $500\text{Hz}$  βρέθηκε:  $RT$  άδειου θαλάμου ( $RT_A$ )= $18.5\text{ s}$ ,  $RT$  γεμάτου θαλάμου ( $RT_r$ )= $9.4\text{ s}$  με χρήση  $30\text{m}^2$  απορροφητικού υλικού

1) Βρείτε το συντελεστή απορρόφησης του υλικού

2) Στον ίδιο (άδειο) θάλαμο, τοποθετήθηκαν 40 καρέκλες και ο χρόνος αντήχησης ήταν  $6.7\text{ s}$ . Ποιο το  $A$  της καρέκλας?

Υπόδειξη: χρησιμοποιήστε τον τύπο του Sabine.

# Άσκηση

- Αίθουσα έχει διαστάσεις 10x10x10.  
Υπολογίστε το RT με χρήση (α) Sabine και (β) Fitzroy. Δίνονται:  $\alpha_{xy}=0.01$ ,  $\alpha_{xz}=0.01$ ,  $\alpha_{yz}=0.1$