ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ

Εισαγωγικές ασκήσεις

ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Αεροπλάνο πετάει σε ύψος 1Km από το έδαφος και οι κινητήρες του παράγουν ακουστική ισχύ 1500Watt. Να υπολογισθεί η στάθμη ηχητικής πίεσης που φθάνει στο έδαφος.

ΛΥΣΗ

Χρησιμοποιούμε:

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p_{rms}^2}{\rho c}$$

Αντικατάσταση δεδομένων:

$$I = \frac{1500}{4\pi 1000^2} = \frac{p_{rms}^2}{\rho c} = 1{,}2 \times 10^{-4} \qquad \text{(W/m}^2\text{)}$$

και αφού ρ=1,2 Kg/m^3 και c = 343m/s

$$p_{rms} = \sqrt{342 \times 1{,}2 \times 1{,}2 \times 10^{-4}} = 0{,}233 \quad \text{(Pa ή N/m}^2\text{)}$$

$$L_{p=} \ 20log\frac{p_{rms}}{p_{ref}} = 20log\frac{0{,}233}{2\times 10^{-5}} = 80{,}9 \qquad \text{(dB)}$$

ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Γίνεται μέτρηση στάθμης ήχου που εμφανίζει διακύμανση μεταξύ περιοχής τιμών L_{p1} = 80 dB και L_{p2} = 100 dB. Να υπολογισθεί η αντίστοιχη περιοχή τιμών της ακουστικής πίεσης.

ΛΥΣΗ

$$L_p = 10\log\frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} \rightarrow \frac{L_p}{10} = log\frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} \quad \text{και} \quad \frac{p_{rms}^2}{p_{ref}^2} = 10^{\frac{Lp}{10}} \rightarrow p_{rms} = p_{ref}\sqrt{10^{\frac{Lp}{10}}}$$

Άρα:

$p_{rms,1} = 2 \times 10^{-5}\sqrt{10^8} = 0{,}2$ (Pa ή N/m^2)

$p_{rms,2} = 2 \times 10^{-5}\sqrt{10^{10}} = 2$ (Pa ή N/m^2)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ - ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεταβολή στάθμης ήχου με την απόσταση *r* (m) από πηγή

$$L_{p,r} = L_{p,1m} - 20logr \quad \text{αφού} \quad L_{p,r2} = L_{p,r1} - 20\log\frac{r2}{r1}$$

Π.χ. *r1* = 1m, *r2* = 2m και άρα 20log 2 ≈ 6 dB

ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1, 2

Ομιλητής που θεωρείται σφαιρική πηγή παράγει ακουστική ισχύ 0,001 W και ο ήχος λαμβάνεται από μικρόφωνο σε απόσταση r = 2m. Στον ίδιο χώρο λειτουργεί και δεύτερη σφαιρική ηχητική πηγή που είναι σύστημα εξαερισμού που παράγει ακουστική πηγή 0,0005 W.

(α) να υπολογιστεί η στάθμη ηχητικής πίεσης που λαμβάνει το μικρόφωνο μόνο από το σήμα του ομιλητή

(β) να υπολογιστεί η ελάχιστη απόσταση που θα πρέπει να τοποθετηθεί το σύστημα εξαερισμού ώστε ο θόρυβος που φθάνει στο μικρόφωνο να έχει διαφορά στάθμης 20dB σε σχέση με τη στάθμη από τον ομιλητή.

ΛΥΣΗ

(α)

$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p_1^2}{\rho c} \rightarrow \frac{0{,}001}{4\pi 2^2} = \frac{p_1^2}{1{,}2\times 343}$ και άρα p_1 = 0,091 (N/m^2)

Συνεπώς:

$L_{p1=}\ 20log\frac{p_1}{p_{ref}} = \ 20log\frac{0{,}091}{2\times 10^{-5}} = 73$ (dB)

(β) θέλουμε L_{p2} = 73 - 20 = 53 (dB), άρα $L_{p2=}\ 20log\frac{p_2}{2\times 10^{-5}} = 53$ και p_2 = 0,0089 (N/m^2)

$\frac{W}{4\pi r_2^2} = \frac{p_2^2}{\rho c} \rightarrow \frac{0{,}0005}{4\pi r_2^2} = \frac{0{,}0089^2}{1{,}2\times 343} \rightarrow r_2$ = 14,4m

ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1, 2

Ακουστική πηγή κυκλικού δίσκου ακτίνας R=0,1 m, εκπέμπει ημιτονοειδές σήμα συχνότητας 2,5 KHz και παράγει ακουστική ένταση 1 mW/m^2 σε απόσταση r=10 m επί του ακουστικού άξονα εκπομπής, στο ελεύθερο πεδίο.

Να υπολογισθεί η Στάθμη Ακουστικής Πίεσης που παράγει η πηγή αυτή σε απόσταση r=12 m και οριζόντια γωνία εκπομπής $\vartheta = 20^0$.

ΛΥΣΗ

$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p_{rms}^2}{\rho c}$ και $W = I \times 4\pi r^2 = 10 \times 10^{-3} \times 4\pi 10^2 = 1{,}256$ (W)

Η συνάρτηση (Λόγος) κατευθυντικότητας $H(\vartheta)$ για εκπομπή από κυκλικό δίσκο, δίνεται (Τυπολόγιο) σαν:

$H(\theta) = \frac{2J_{1(kRsin\theta)}}{kRsin\theta}$ όπου $J_1(kRsin\vartheta)$ είναι συνάρτηση Bessel 1ης τάξης. Από το Τυπολόγιο για εκπομπή από δίσκους και για $\vartheta = 20^0$, και γνωρίζοντας ότι $k = 2\pi f/c$ = 2π x 2500 / 343 = 45,8, βρίσκεται ότι:

$$H(20) = \frac{2J_{1(45{,}8\times 0{,}1\times sin20)}}{45{,}8\times 0{,}1\times sin20} = 0{,}72$$

Η πηγή αυτή σε απόσταση r=12 m και οριζόντια γωνία εκπομπής $\vartheta = 20^0$, θα παράγει ακουστική πίεση ίση με:

$p(r,\theta) = \ p(r,0^0) \times H(\theta)$, όπου $p(r,0^0)$ είναι η πίεση επί του άξονα εκπομπής.

$p(r,0^0) = \sqrt{\frac{W\times\rho\times c}{4\pi r^2}} = \sqrt{\frac{1{,}256\times 1{,}2\times 343}{4\pi 12^2}} = \ 0{,}537$ (N/m^2) . Άρα:

$p(12{,}20) = \ p(r,0^0) \times H(\theta) = \ 0{,}537 \ \times 0{,}72 = 0{,}387$ (N/m^2)

και $L_{p,12,20=}\ 20log\frac{p_{(12,20)}}{p_{ref}} = \ 20log\frac{0{,}387}{2\times 10^{-5}} = 85{,}75$ (dB)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ - ΑΣΚΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Χορωδία αποτελείται από 10 τραγουδιστές που ο καθένας τους παράγει 80 dB/1m. Να υπολογισθεί η συνολική Στάθμη Ηχητικής Πίεσης που παράγεται από τη χορωδία σε απόσταση 10m στο ελεύθερο πεδίο, θεωρώντας ότι κάθε τραγουδιστής αποτελεί ασυσχέτιστη ηχητική πηγή και ότι σε απόσταση, η χορωδία προσεγγίζει σφαιρική πηγή.

ΛΥΣΗ

Η ηχοστάθμη σε dB για πολλαπλές, ασυσχέτιστες πηγές:

$$L_{P,tot} = 10\,log\frac{{p_{rms,tot}}^2}{{p_o}^2} = 10\,log(\,10^{0.1L_{P1}} + 10^{0.1L_{P2}} + \ldots + 10^{0.1L_{PN}})$$

Άρα, η ηχοστάθμη για N πολλαπλές, ασυσχέτιστες πηγές ίσης πίεσης:

$$L_{P,tot} = 10\,log\frac{{p_{rms,tot}}^2}{{p_o}^2} = 10\,log\frac{{p_{rms}}^2}{{p_o}^2} + 10\,log(\,N)$$

Για N= 10, καθεμία με L_p = 80 dB :

$L_{P,tot} = 80 + 10\,log(\,10) = 90$ dB (στο 1m)

Συνεπώς, σε απόσταση r = 10m, ηχοστάθμη της χορωδίας θα είναι:

$L_{p,tot,,r} = L_{p,tot,1m} - 20logr = 90 - 20\log(10) = 70$ dB