

numai cu creion negru, pentru a nu se întinde în cazul stropirii pe timp de ploaie. **Se interzice ștergerea cu radiera** a valorilor înscrise greșit. Se admite doar anularea cu o linie, ca să rămână totuși citeț, atât valoarea greșită cât și valoarea corect citită.

Pe pagina de *Observații generale*, se scriu modificările intervenite în timpul lunii respective, în organizarea stației sau în condițiile locului de instalare a stației. Aceste date sunt necesare atunci când se analizează și se compară datele înregistrate pentru a putea explica unele neomogenități care apar în valorile înregistrate.

Paginile următoare cuprind date referitoare la modul de instalare și de funcționare a instrumentelor înregistratoare și cu citire directă. Aceste date servesc la urmărirea funcționării și schimbării instrumentelor în timp și la cunoașterea necesarului stației, de către centrul regional ce verifică registrul. Pe câte două pagini, pe fiecare zi, se înscriu valorile elementelor meteorologice citite la instrumente ori apreciate cu ochiul liber, precum și fenomenele atmosferice care s-au produs. În aceste două pagini, un spațiu aparte este rezervat temperaturii suprafeței solului și grosimii stratului de zăpadă. Pentru fenomenele atmosferice, sunt indicate și semnele convenționale (simbolurile) de înscrisie prescurtată a lor. Pe alte două pagini speciale, se înscriu în lunile de iarnă datele referitoare la densitatea stratului de zăpadă, grosimea crustei de gheață și a stratului de apă de sub zăpadă, structura zăpezii, etc..

Pe ultimele 12 pagini, se înscriu, dacă este cazul, datele referitoare la depunerile de gheață pe conductorii electrici și telefonici.

5. Modul de lucru

- Cunoașterea principiilor de organizare a rețelei de stații meteorologice

- Pe baza planșei și a tabelului, se va analiza organizarea platformei meteorologice și ordinea efectuării observațiilor (se va transcrie schema organizării platformei meteo și tabelul de efectuare a observațiilor).

- Se vor face exerciții de înscrisie după dictare a unor valori în registrul RM-1M.

APLICAȚII ȘI PROBLEME DE ACUSTICĂ

1. Scopul lucrării:

- Înțelegerea noțiunilor și mărimilor fizice specifice acusticii; operarea cu mărimile fizice acustice, familiarizarea cu unitățile de măsură ale acestora

2. Aplicații și probleme:

Pentru familiarizarea cu noțiunile și mărimile specifice fizicii acustice, se vor prezenta în cele ce urmează câteva exerciții și probleme referitoare la proprietăți de bază ale sunetului, formarea undelor sonore staționare, puterea unei sonore, nivel acustic, compararea tăriei sunetelor provenind de la surse diferite, atenuarea sunetului în mediul de propagare. Cunoștințele și deprinderile de calcul dobândite astfel, vor fi utile elaborării lucrărilor de laborator referitoare la determinări sonometrice în mediu urban.

1. Care sunt lungimile de undă extreme ale domeniului de audibilitate?

(λ_m și λ_M)

Rezolvare:

$$\text{Viteza sunetului în aer: } v = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T} = \sqrt{1,4 \cdot 287 \text{ K}^{-1} \cdot 288 \text{ K}} \cong 340 \text{ m/s}$$

Limitele domeniului de audibilitate: frecvența $\nu \in (20 \text{ Hz} - 20 \text{ kHz})$

$$\text{Lungimea de undă inferioară: } \lambda_m = \frac{v}{\nu_M} = \frac{340}{20 \cdot 10^3} \text{ m} = 17 \text{ mm}$$

$$\text{Lungimea de undă superioară: } \lambda_M = \frac{v}{\nu_m} = \frac{340}{20} \text{ m} = 17 \text{ m}$$

Limitele domeniului de audibilitate:

lungime de undă în aer: $\lambda \in (17 \text{ mm} - 17 \text{ m})$

2. Coarda Sol a unei mandoline are densitatea liniară $\mu=4 \text{ g/m}$ și lungimea $L = 0,34 \text{ m}$. Acordul permite o tensiune de $71,1 \text{ N}$ în coardă. Care este frecvența fundamentalei?

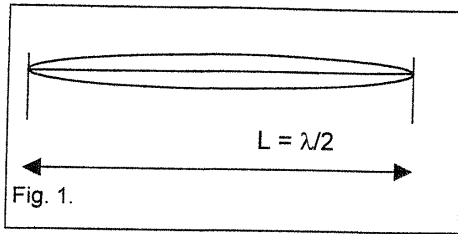


Fig. 1.

Rezolvare:

Viteza sunetului în coardă:

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{71,1 \text{ N}}{4 \cdot 10^{-3} \text{ g/m}}} \cong 132 \text{ m/s}$$

Frecvența fundamentalei:

$$v_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2 \cdot L} \cong 196 \text{ Hz}$$

3. Care este viteza sunetului în cupru, dacă densitatea acestuia este $\rho = 8,92 \text{ g/cm}^3$, iar modulul longitudinal de elasticitate este $E = 1,4 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$?

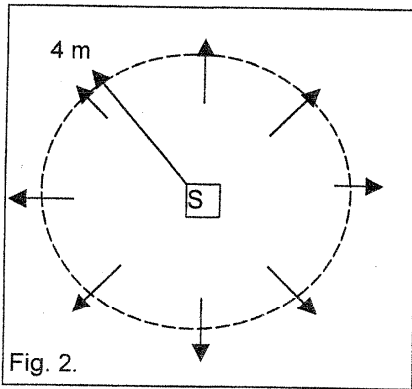


Fig. 2.

Rezolvare:

Viteza undelor longitudinale în medii solide:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{1,4 \cdot 10^{11}}{8920}} \text{ m/s} \cong 4000 \text{ m/s}$$

4. O sursă emite sunete uniforme, în toate direcțiile, cu o putere de 60 W. Care este intensitatea unei sonore la o distanță de 4 m față de sursă?

Rezolvare:

Intensitatea sonoră: energia transportată de sunet în unitatea de timp prin

$$\text{unitatea de suprafață: } I = \frac{\text{Energie}}{t \cdot S} = \frac{\text{Putere}}{4\pi \cdot d^2}$$

Atunci:

$$I = \frac{60 \text{ W}}{4\pi \cdot (4\text{m})^2} \cong 0,3 \text{ W/m}^2$$

5. Calculați intensitatea sunetului emis de sursa din problema precedentă, la 4 m distanță, dacă sursa este plasată pe o suprafață orizontală și emite doar în unghiul solid $\Omega = 2\pi \text{ sr}$ (steradiani)?

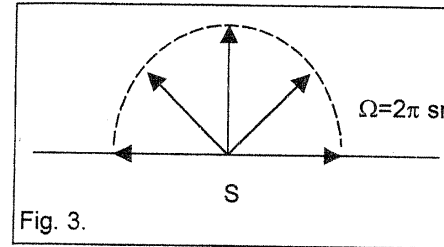


Fig. 3.

Rezolvare:

Intensitatea sonoră devine în acest caz:

$$I' = \frac{P}{\frac{4\pi d^2}{2}} = 2 \cdot I = 0,6 \text{ W/m}^2$$

6. Conversația normală se desfășoară la circa 60 dB. Care este nivelul corespunzător de intensitate sonoră?

Rezolvare:

Nivelul sonor al sunetului de intensitate I (față de sunetul de referință, normal,

de intensitate $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$): $N_S = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$ (dB)

$$\text{Rezultă: } \frac{I}{I_0} = \frac{N_S}{10} \Rightarrow I = I_0 \cdot 10^{\frac{N_S}{10}}$$

Intensitatea sonoră este atunci: $I = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \cdot 10^6 = 10^{-6} \text{ W/m}^2$

7. Care este nivelul sonor al sunetului emis de o sursă, în punctul în care intensitatea sunetului este $I = 4 \cdot 10^{-7} \text{ W/m}^2$?

Rezolvare:

$$N_S = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} \text{ (dB)} = 10 \cdot \lg \frac{4 \cdot 10^{-7}}{10^{-12}} \text{ (dB)} = 10 \cdot \lg(4 \cdot 10^5) \text{ (dB)} = (50 + 20 \lg 2) \text{ (dB)}$$

$$N_S \cong 56 \text{ dB}$$

8. Care este amplitudinea variației de presiune din unda de la problema precedentă? $(\Delta p)_{\text{Max}} = ?$ (în aer)

Rezolvare:

Variația maximă de presiune (amplitudinea variației de presiune în unda sonoră):

$$(\Delta p)_{\text{Max}} = \rho \cdot v \cdot \omega \cdot A$$

$$\text{Intensitatea unei sonore: } I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v \cdot \omega^2 \cdot A^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{(\Delta p)_{\text{Max}}^2}{\rho \cdot v}$$

Atunci amplitudinea variației de presiune:

$$(\Delta p)_{\text{Max}}^2 = 2 \cdot \rho \cdot v \cdot I$$

$$(\Delta p)_{\text{Max}}^2 = 2 \cdot 1,3 \cdot 340 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \text{ (W/m}^2\text{)}^2$$

$$(\Delta p)_{\text{Max}} = \dots\dots\dots \text{ W/m}^2$$

9. La 5 metri față de o sursă de sunete care emite omogen și izotrop, nivelul sonor este $N_S = 90 \text{ dB}$. La ce distanță scade nivelul sonor la 50 dB ?

Rezolvare:

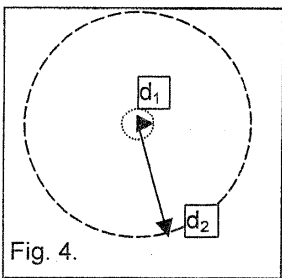


Fig. 4.

La distanța d_1 , nivelul sonor: $N_{S1} = 90 \text{ dB}$

La distanța d_2 , nivelul sonor: $N_{S2} = 50 \text{ dB}$

$$\text{Așadar: } N_{S1} = 10 \cdot \lg \frac{I_1}{I_0} \Rightarrow \frac{I_1}{I_0} = 10^{\frac{N_{S1}}{10}} = 10^9$$

$$\text{Iar: } N_{S2} = 10 \cdot \lg \frac{I_2}{I_0} \Rightarrow \frac{I_2}{I_0} = 10^5$$

$$\text{Mai departe: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{10^9}{10^5} = 10^4, \text{ unde: } \frac{I_1}{I_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2}, \text{ așadar: } d_2^2 = d_1^2 \cdot 10^4$$

$$\text{Sau: } d_2 = 100 \cdot d_1 = 500 \text{ m}$$

10. Să se rezolve problema precedentă dacă sursa emite sunete uniform doar în unghiul solid $\Omega = 2\pi \text{ sr}$.

Rezolvare:

la distanța d_1 de sursă:

$$\bullet \text{ Nivelul sonor } N_{S1} = 10 \lg \frac{I_1}{I_0} = 90 \text{ dB}$$

$$\bullet \text{ Intensitatea: } I_1 = \frac{P}{2\pi d_1^2}$$

la distanța d_2 de sursă:

$$\bullet \text{ Nivelul sonor } N_{S2} = 10 \lg \frac{I_2}{I_0} = 50 \text{ dB}$$

$$\bullet \text{ Intensitatea: } I_2 = \frac{P}{2\pi d_2^2}$$

$$\text{Atunci: } N_{S1} - N_{S2} = 10 \cdot \lg \frac{I_1}{I_2} \Rightarrow \lg \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_{S1} - N_{S2}}{10} = 4$$

$$\text{De aici: } d_2^2 = d_1^2 \cdot \frac{I_1}{I_2} = d_1^2 \cdot 10^4$$

$$\text{Și în fine: } d_2 = 100 \cdot d_1 = 500 \text{ m}$$

11. Fie o sursă S care emite omogen și izotrop în unghiul solid $\Omega = 4\pi \text{ sr}$.

- Cu câți dB scade nivelul sonor când se dublează distanța de la sursă?
- Dar când distanța crește de 10 ori?

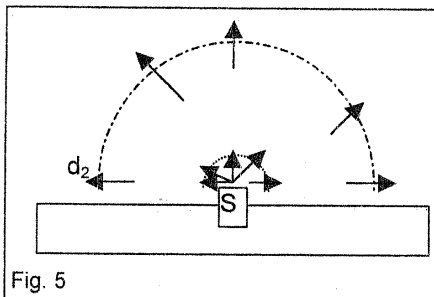


Fig. 5

Rezolvare:

a) dacă $d_2 = 2 d_1$, atunci $N_{S1} - N_{S2} = ?$

Scăderea de nivel sonor:

$$N_{S1} - N_{S2} = 10 \cdot \lg \frac{I_1}{I_2} = 10 \cdot \lg \frac{d_2^2}{d_1^2} = 10 \lg 4 = 20 \cdot \lg 2 \approx 6,02 \text{ (dB)}$$

b) dacă $d'_2 = 10 \cdot d_1$, atunci $N_{S1} - N'_{S2} = ?$

Scăderea de nivel sonor:

$$N_{S1} - N'_{S2} = 10 \cdot \lg \frac{I_1}{I'_2} = 10 \cdot \lg \frac{(d'_2)^2}{d_1^2} = 10 \cdot \lg 10^2 = 20 \text{ (dB)}$$

12. Intr-un punct din spațiu presiunea pătratică medie (p_{rms} , root mean square) a unui sunet este 200 N/m^2 .

a) care este *nivelul presiunii sonore* a sunetului în acel loc?

- presiunea pătratică medie: $p_{rms} = \sqrt{\langle p^2 \rangle} = \bar{p} = 200 \text{ N/m}^2$

- nivelul presiunii sonore: $N_p = 10 \cdot \lg \frac{\bar{p}^2}{\bar{p}_0^2} = 20 \cdot \lg \frac{\bar{p}}{\bar{p}_0}$

cu $\bar{p}_0 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, rezultă $N_p = 20 \cdot \lg 10^7 = 140 \text{ (dB)}$

b) care este *nivelul intensității sonore* a sunetului respectiv ?

- nivelul intensității sonore $N_S = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \lg \frac{\frac{1}{2} \cdot \frac{p^2}{\rho \cdot v}}{\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0^2}{\rho \cdot v}} = N_p = 140 \text{ dB}$

c) calculați *intensitatea sunetului* considerat.

- intensitatea sunetului: $I = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v \cdot \omega^2 \cdot A^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{p^2}{\rho \cdot v}$

- sau, din definiția nivelului de intensitate sonoră (sau nivel sonor):

$$N_S = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} \Rightarrow I = I_0 \cdot 10^{\frac{N_S}{10}} = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 10^{14} = 100 \text{ W/m}^2$$

13. Două utilaje industriale, operând individual, produc zgomote de niveluri sonore de 77 dB și respectiv 80 dB.

a) Care este nivelul sonor rezultat, când acestea operează simultan?

Rezolvare:

Pentru a se afla nivelul sonor în cazul mai multor surse ce produc zgomote simultan, se utilizează *nomograme*, cum este și cea din figura 6. Pe axa superioară este reprezentată diferența dintre nivelurile sonore ale zgomotelor generate de două surse independente (ΔN_S), iar pe axa inferioară se citește corecția de nivel sonor corespunzătoare. Această valoare se adună la nivelul sonor al sursei mai zgomotoase, obținându-se nivelul sonor al zgomotului generat de cele două surse simultan.

În exemplul de față, $N_{S2} > N_{S1}$

$$N_{S1} = 77 \text{ dB}$$

$$N_{S2} = 80 \text{ dB}$$

- diferența între nivelurile sonore ale surselor independente: $\Delta N_S = 3 \text{ dB}$

- din nomogramă rezultă corecția: $dN_S = 1,75 \text{ dB}$

- nivelul zgomotului produs simultan de cele două echipamente:

$$N_S = N_{S2} + dN_S = 80 \text{ dB} + 1,75 \text{ dB} \approx 82 \text{ dB}$$

-sau: $N_{S1} = 10 \cdot \lg \frac{I_1}{I_0} = 77 \text{ dB}$ și $N_{S2} = 10 \cdot \lg \frac{I_2}{I_0} = 80 \text{ dB}$

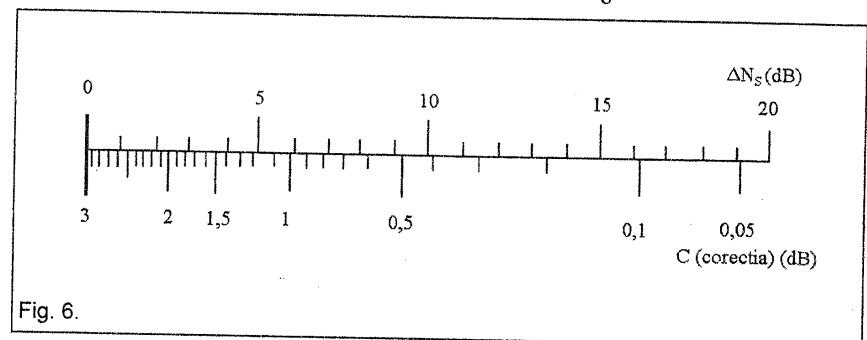


Fig. 6.

- intensitățile celor două sunete:

$$I_1 = I_0 \cdot 10^{\frac{N_{S1}}{10}} = I_0 \cdot 10^{7,7} \text{ si } I_2 = I_0 \cdot 10^{\frac{N_{S2}}{10}} = I_0 \cdot 10^8$$

- atunci suma intensităților celor două zgomote simultane:

$$I_1 + I_2 = I_0 \cdot (10^{7,7} + 10^8) = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

- nivelul intensității sonore a zgomotului produs de funcționarea simultană a celor două echipamente:

$$N_S = 10 \cdot \lg \frac{I_1 + I_2}{I_0} = 10 \cdot \lg \frac{1,5 \cdot 10^{-4}}{10^{-12}} = 81,76 \text{ dB} \cong 82 \text{ dB}$$

- b) Se alătură o a treia mașină, care produce un zgomot de nivel sonor individual de 88 dB. Care va fi nivelul total de zgomot în acest caz?

Rezolvare:

- nivel de zgomot existent inițial: $N_s = 82 \text{ dB}$
- nivel de zgomot datorat noii surse: $N_{S3} = 88 \text{ dB}$
- diferența între cele două valori: $\Delta N_s = N_{S3} - N_s = 6 \text{ dB}$
- corecția (din nomogramă): $dN_s = 1 \text{ dB} \Rightarrow N_{S(\text{total})} = 89 \text{ dB}$

14. La testarea zgomotului produs de motorul unui automobil, s-au obținut următoarele rezultate, pe domenii de frecvențe:

Frecvența centrală (Hz)	60	125	250	500	1000	2000	4000	5000
Nivelul sonor (dB)	95	84	80	68	65	61	60	60
	N_8	N_7	N_6	N_5	N_4	N_3	N_2	N_1

Care este nivelul total de zgomot, în dB, datorat tuturor frecvențelor ?

Rezolvare:

- se aplică metoda de la problema precedentă, utilizând nomograma din figura 6.

- suprapunerea zgomotelor de niveluri sonore N_1 și N_2 :
 $60 \text{ dB} \oplus 60 \text{ dB} \Rightarrow N_{1+2} = (60+3) \text{ dB} = 63 \text{ dB}$

- suprapunerea zgomotului de nivel N_3 peste N_{1+2} :
 $63 \text{ dB} \oplus 61 \text{ dB} \Rightarrow N_{1+2+3} = (63+2,1) \text{ dB} = 65,1 \text{ dB}$

- suprapunerea zgomotului de nivel N_4 peste cel de nivel N_{1+2+3} :
 $65,1 \text{ dB} \oplus 65 \text{ dB} \Rightarrow N_{1+2+3+4} = (65,1+2,6) \text{ dB} = 67,7 \text{ dB}$

- suprapunerea zgomotului de nivel N_5 peste cel de nivel $N_{1+2+3+4}$:
 $67,7 \text{ dB} \oplus 68 \text{ dB} \Rightarrow N_{1+2+3+4+5} = (68+1,75) \text{ dB} = 69,75 \text{ dB}$

- suprapunerea zgomotului de nivel sonor N_6 peste cel de nivel sonor $N_{1+2+3+4+5}$:
 $69,75 \text{ dB} \oplus 80 \text{ dB} \Rightarrow N_{1+2+3+4+5+6} = (80+0,45) \text{ dB} = 80,45 \text{ dB}$

- suprapunerea zgomotului de nivel sonor N_7 peste cel de nivel sonor $N_{1+2+3+4+5+6}$:
 $80,45 \text{ dB} \oplus 84 \text{ dB} \Rightarrow N_{1+2+3+4+5+6+7} = (84+1,6) \text{ dB} = 85,6 \text{ dB}$

- suprapunerea zgomotului de nivel sonor N_8 peste cel de nivel sonor $N_{1+2+3+4+5+6+7}$:
 $85,6 \text{ dB} \oplus 95 \text{ dB} \Rightarrow N_{1+2+3+4+5+6+7+8} = (95+0,5) \text{ dB} = 95,5 \text{ dB}$

- Nivelul total al zgomotului produs de motorul automobilului menționat este:

$$N_s = 96 \text{ dB} \text{ (se lucrează cu valori întregi ale nivelului sonor)}$$