



**OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ**  
**Bacău 2022**  
**Proba teoretică**

XII

Pagina 1 din 4

**Subiectul 1. Membrane acustice ...**

**(10 puncte)**

Structurile fonoabsorbante se pot utiliza pentru izolarea încăperilor împotriva zgomotelor (sunete neplăcut audibile). Alegerea structurii fonoabsorbante se face având în vedere dependența dintre coeficientul de absorbție și frecvența sursei sonore. Coeficientul de absorbție,  $\alpha$ , este dat de relația:

$$\alpha = 1 - \frac{E_r}{E_i}$$

unde  $E_r$  este energia undei reflectate, iar  $E_i$  reprezintă energia undei incidente.

Fiecare structură fonoabsorbantă are o frecvență proprie. Dacă frecvența proprie a structurii fonoabsorbante este egală cu frecvența undei sonore, atunci are loc fenomenul de rezonanță, adică structura fonoabsorbantă absoarbe o energie acustică maximă ( $\alpha \rightarrow 1$ ).

Pentru izolare fonică în cazul undelor acustice cu frecvențe joase se folosesc membrane acustice ce au forma reprezentată în desenul Figura 1.1.

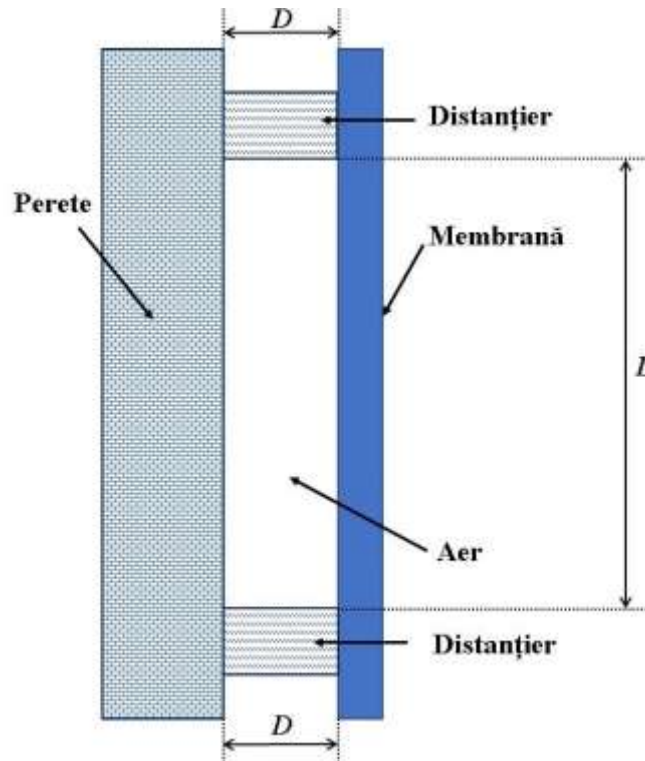


Figura 1.1

Membrana din Figura 1.1 se atașează la câțiva centimetri de perete prin intermediul unor distanțieri, iar în acea cavitate există aer. Acest dispozitiv este considerat a fi un oscilator mecanic (vezi desenul din Figura 1.2) în care  $M$  reprezintă masa membranei, iar  $k$  este constanta elastică (rigiditatea) echivalentă.



Figura 1.2

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.



**OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ**  
**Bacău 2022**  
**Proba teoretică**



În urma interacției structurii fonoabsorbante cu unda acustică aerul din interiorul cavității suferă un proces adiabatic.

Se consideră cunoscute următoarele mărimi:

- masa membranei  $M = 1,50 \text{ kg}$  ;
- suprafața membranei  $S = 1,50 \text{ m}^2$  ;
- distanța față de perete  $D = 0,10 \text{ m}$  ;
- densitatea aerului din cavitate  $\rho_0 = 1,30 \text{ kg/m}^3$  ;
- viteza de propagare a undei sonore în aer  $c = 340,00 \text{ m/s}$  .

a. Să se arate că forța ce acționează asupra oscilatorului este de tip elastic. Să se calculeze constanta elastică echivalentă a oscilatorului.

b. Să se deducă ecuația dinamică a oscilatorului. Să se calculeze frecvența proprie a oscilatorului.

c. Valorile experimentale ale frecvenței proprii, pentru membrana acustică sunt mai mici decât cele obținute pe cale teoretică, deoarece în mișcarea oscilatorie este antrenată și o parte din aerul din cavitate. Să se determine cât din masa aerului se aproximează, că ar fi pusă în mișcare, pentru ca frecvența obținută prin calcul, să corespundă cu cea obținută experimental, justificând răspunsul.

Observație: Dacă îți este necesar ține seama de următoarele:

- Viteza de propagare a sunetului în aer este:

$$c = \sqrt{\frac{p_0 \gamma}{\rho_0}}$$

unde  $\gamma$  este exponentul adiabatic al aerului din cavitate, iar  $p_0$  este presiunea atmosferică.

- Poți folosi relația:

$$(1 + y)^n = 1 + ny, \text{ pentru } |y| \ll 1.$$

**Subiectul 2. Principiul acțiunii și reacțiunii în TRR**

**(10 puncte)**

Două corpuri punctiforme (particule), electrizate cu sarcinile  $q_1$  și respectiv  $q_2$ , se deplasează, în raport cu Sistemul de Referință al Laboratorului, S, cu vitezele  $\vec{v}_1 = c\vec{\beta}_1$  și respectiv  $\vec{v}_2 = c\vec{\beta}_2$ , unde  $c$  este viteza luminii în vid, iar  $\vec{\beta}_1$ , cu  $\beta_1 < 1$  și  $\vec{\beta}_2$ , cu  $\beta_2 < 1$ , sunt două constante vectoriale numerice. La un anumit moment, cele două corpuri punctiforme electrizate, se află în punctele  $A_1$  și respectiv  $A_2$ , vectorul de poziție al punctului  $A_2$ , în raport cu punctul  $A_1$ , fiind  $\vec{r}_{21}$ , așa cum indică desenul din Figura 2.1.

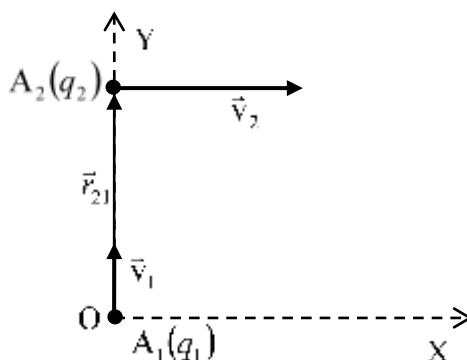


Figura 2.1

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.



**OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ**  
**Bacău 2022**  
**Proba teoretică**



Pagina 3 din 4

În general, în punctul  $A_2$ , acolo unde se află un corp electrizat cu sarcina  $q_2$ , în mișcare, componentele câmpului electromagnetic, generat de un corp electrizat cu sarcina  $q_1$ , în mișcare, localizat în punctul  $A_1$ , la momentul precizat anterior, sunt date de expresiile:

$$\vec{E}_1 = \frac{1 - \beta_1^2}{(1 - \beta_1^2 \sin^2 \theta_1)^{3/2}} \cdot \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r_{21}^3}; \quad \vec{B}_1 = \frac{\vec{v}_1 \times \vec{E}_1}{c^2},$$

unde:

$$\theta_1 = \angle(\vec{v}_1; \vec{r}_{21}).$$

**a.** Să se determine forța  $\vec{F}_2$ , care acționează asupra corpului electrizat cu sarcina  $q_2$ , aflat în punctul  $A_2$ , în câmpul electromagnetic generat de corpul cu sarcina electrică  $q_1$ , în funcție de:  $\vec{E}_1$ ,  $\vec{v}_1$ ,  $\vec{v}_2$  și  $c$ .

**b.** Disponerea celor două particule electrizate și vitezele acestora sunt cele reprezentate în desenul din Figura 2.1, unde  $\vec{v}_1 // OY$ ,  $\vec{v}_2 // OX$ ,  $\vec{v}_2 \perp \vec{v}_1$ .

**b.1.** Să se determine componentele forțelor  $\vec{F}_1$  și respectiv  $\vec{F}_2$ , componente orientate de-a lungul axelor  $OX$  și respectiv  $OY$ , rezultate din interacțiunea celor două particule electrizate, care, la momentul considerat, acționează asupra acestora, exprimându-le în funcție de:  $r_{21}$ ,  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $\epsilon_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ .

**b.2.** Să se interpreteze rezultatul obținut la punctul anterior, (b.1), din punctul de vedere al principiului acțiunilor reciproce, în acord cu TRR. Caz particular:  $\beta_1 \ll 1$ ;  $\beta_2 \ll 1$ .

**b.3.** Să se justifice rezultatul obținut, referitor la valabilitatea principiului acțiunilor reciproce, în acord cu TRR.

**c.** Să considerăm acum că disponerea celor două particule electrizate și orientările vitezelor acestora, la un anumit moment, sunt cele reprezentate în desenul din Figura 2.2, unde  $\vec{v}_1 // \vec{v}_2$  și  $\vec{v}_1 = \vec{v}_2 = c\beta$ .

**c.1.** Să se determine componentele  $F_{2,x}$  și respectiv  $F_{2,y}$ , ale forței  $\vec{F}_2$ , care acționează asupra particulei cu sarcina electrică  $q_2$ , din interacțiunea ei cu particula având sarcina electrică  $q_1$ , în funcție de:  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $r_{21}$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ .

**c.2.** Să se determine componentele  $F_{1,x}$  și respectiv  $F_{1,y}$ , ale forței  $\vec{F}_1$ , care acționează asupra particulei cu sarcina electrică  $q_1$ , din interacțiunea ei cu particula având sarcina electrică  $q_2$ , în funcție de:  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $r_{21}$ ,  $\beta$ ,  $\theta$ .

**c.3.** Să se compare rezultatele obținute din punctul de vedere al principiului acțiunilor reciproce, corespunzător TRR. Ca particular, pentru comparație,  $\beta \ll 1$ .

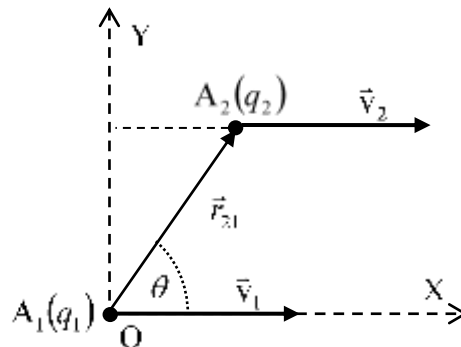


Figura 2.2

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.



**OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ**  
**Bacău 2022**  
**Proba teoretică**

**Subiectul 3. Particule în mișcare ...****(10 puncte)**

Două particule P1 și P2 au fiecare masa de repaus  $m_0$ . Particulele P1 și P2 pătrund cu vitezele  $v_{01}$  și  $v_{02}$  într-un câmp potențial cu simetrie centrală. Energia potențială de interacțiune particulă – câmp, pentru fiecare particulă, este dată de relația  $U(r) = -k_1/r^{k_2}$ , unde  $k_1 \neq 0$  și  $k_2 > 0$ . Se consideră viteza luminii în vid  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m/s, iar  $\hbar$  este constanta lui Planck redusă.

**a.** La un moment dat lungimea de undă de Broglie asociată particulei P1 este egală cu lungimea de undă Compton corespunzătoare aceleiași particule.

**a.1.** Să se calculeze viteza particulei P1 în acest caz.

**a.2.** Să se precizeze cu cât la sută energia de repaus a particulei P1 este mai mare decât energia ei cinetică.

**b.** Presupunem că particula P2 se mișcă pe o orbită circulară de rază  $R$ . Se consideră  $k_1 > 0$ .

**b.1.** Să se deducă expresia modulului momentului cinetic al particulei P2 în funcție de viteza  $v_{02}$  a particulei, raza  $R$  și constantele  $k_1$ , respectiv  $k_2$ .

**b.2.** Să se deducă expresia razei orbitei. Exprimă rezultatul în funcție de constantele  $k_1$  și  $k_2$ , masa  $m_0$  și viteza  $v_{02}$ , precum și de viteza luminii în vid,  $c$ . Să se particularizeze rezultatul pentru cazul nerelativist ( $v_{02} \ll c$ ).

**b.3.** Se consideră că modulul momentului cinetic al particulei P2 este dat de relația  $L = 2k_1/c$ . Să se determine raza orbitei circulare în funcție de viteza  $v_{02}$ , constanta  $k_2$  și viteza luminii în vid,  $c$ .

**c.** Să se determine energia de ionizare a unui „atom”, pentru  $k_1 > 0$ , când particula P2 se deplasează nerelativist în câmpul nucleului acelui „atom”. Exprimă rezultatul în funcție de constantele  $k_1$  și  $k_2$ , masa  $m_0$  și constanta lui Planck redusă,  $\hbar$ .

*Observație: Dacă îți este necesar ține seama de următoarele:*

- În studiul mișcării de rotație a unei particule în jurul unui punct, în locul impulsului,  $\vec{p}$ , se utilizează momentul acestuia față de acel punct, momentul cinetic este:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p},$$

unde  $\vec{r}$  este vectorul de poziție al particulei.

*Subiect propus de:*

*Prof. Dr. Luciu ALEXANDRESCU, Colegiul Național „Dr. Ioan Meșotă”, Brașov*

*Prof. Dr. Gabriel FLORIAN, Colegiul Național „Carol I”, Craiova*

*Prof. Cristian MIU, Colegiul Național „Ion Minulescu”, Slatina*

*Prof. Dr. Mihail SANDU, Liceul Tehnologic de Turism, Călimănești*

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.