

## Cursul 2. Unde staționare. Moduri de vibrație

### Unde staționare

Un caz particular al interferenței undelor este producerea undelor staționare.

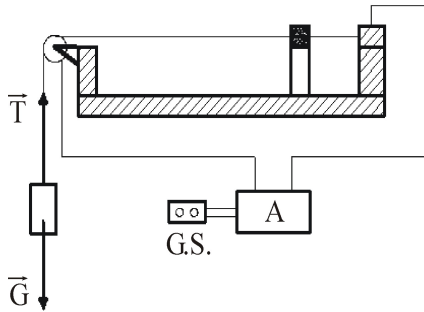


Fig. 1 Dispozitiv experimental pentru punerea în evidență a undelor transversale în corzi vibrante.

**Definiție:** *Undele staționare se obțin prin compunerea a două unde plane cu aceeași amplitudine și perioadă.*

Să presupunem că o undă se propagă de-a lungul unei drepte AA' numită și undă directă. În punctul A' această undă se reflectă și pierde o jumătate de lungime de undă. Ecuația unei directe este:

$$\Psi_d(x, t) = A \cdot \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right], \quad (1)$$

iar ecuația unei reflectate este:

$$\Psi_r(x, t) = A \cdot \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{2l-x}{\lambda} \right) - \pi \right], \quad (2)$$

Prin compunerea celor două unde obținem:

$$\begin{aligned} \Psi(x, t) &= \Psi_d(x, t) + \Psi_r(x, t) \\ &= A \cdot \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{l-x}{\lambda} \right) \right] + A \cdot \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{l+x}{\lambda} \right) - \pi \right], \\ &= 2A \cos \left[ 2\pi \frac{x}{\lambda} + \frac{\pi}{2} \right] \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda} \right) - \frac{\pi}{2} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

care se poate scrie sub forma:

$$\Psi(x, t) = 2A \sin \left[ 2\pi \frac{x}{\lambda} \right] \cos \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{l}{\lambda} \right) \right], \quad (4)$$

care are amplitudinea maximă pentru:

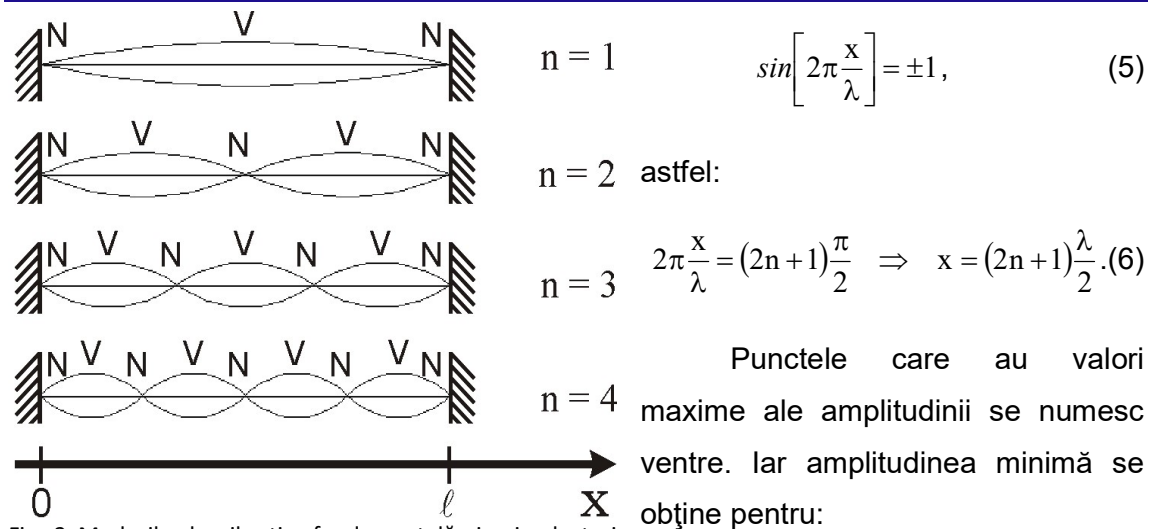


Fig. 2 Modurile de vibrație, fundamentală și primele trei armonice, într-o coardă vibrantă. Apariția nodurilor și a ventrelor.

$$\sin\left[2\pi\frac{x}{\lambda}\right] = 0, \quad (7)$$

astfel:

$$2\pi\frac{x}{\lambda} = (2n)\frac{\pi}{2} \Rightarrow x = 2n\frac{\lambda}{4} = n\frac{\lambda}{2}. \quad (8)$$

Punctele care au valori minime ale amplitudinii se numesc noduri.

De obicei corpurile care emit sunete se găsesc în spațiu iar dacă nu sunt împiedicate sunetele se vor răspândi în toate direcțiile.

De exemplu, într-o coardă fixată la ambele capete se produc unde sonore staționare dacă este îndeplinită următoarea condiție:

$$l = n\frac{\lambda}{2}, \quad (9)$$

unde l este lungimea corzii. În acest caz frecvența oscilațiilor emise de coardă este:

$$v_n = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{\frac{2l}{n}} = n\frac{c}{2l} = nv_0, \quad (10)$$

unde c este viteza sunetului iar:

$$v_0 = \frac{c}{2l}, \quad (11)$$

este frecvența fundamentală.

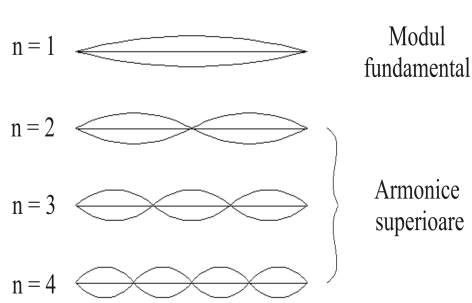


Fig. 3 Modul fundamental și primele trei armonice superioare în care poate să vibreze o coardă fixată la capete.

$\nu_0$  se numește **armonică**.

*Sunetele produse de o coardă au frecvențele multiplu întreg al frecvenței fundamentale.*

*Definiție: Sunetul care are frecvența egală cu  $\nu_0$  se numește **sunet fundamental**.*

*Definiție: Sunetul care are frecvența egală cu un multiplu întreg al frecvenței fundamentale,*

*Definiție: **Zgomotul** reprezintă o suprapunere de unde periodice dacă numărul componentelor este foarte mare.*