

Cursul 9 Unde: Unde în medii elastice

- 9.1. Undele mecanice și propagarea lor în medii elastice
- 9.2. Unde longitudinale și unde transversale
- 9.3. Viteza de propagare a undelor longitudinale și transversale
- 9.4. Frontul de undă. Suprafața de undă. Unde sferice și unde plane. Principiul lui Huygens

9.1 Undele mecanice și propagarea lor în medii elastice

Un fenomen fizic deosebit de important pentru transmisia informației la distanță, fără a necesita practic deplasarea din punctul de pornire până la destinație este acela al producerii de unde mecanice sau electromagnetice.

Definiție: Procesul de propagare al deformărilor din mediul elastic se realizează sub forma de undă.

Undele mecanice sunt caracterizate prin transportul de energie prin mediu datorită mișcării unei perturbații în acel mediu fără vreo mișcare în ansamblu a mediului însuși. **Forța de revenire** care acționează asupra tuturor particulelor mediului, deplasate față de poziția de echilibru, este datorată elasticității mediului. Particulele care se găsesc la distanța vT (distanța între pozițiile de echilibru) oscilează în aceeași fază.

*Definiție: Distanța parcursă de perturbație în timp de o perioadă se numește **lungime de undă**, și se notează cu λ .*

$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{\nu}. \quad (1)$$

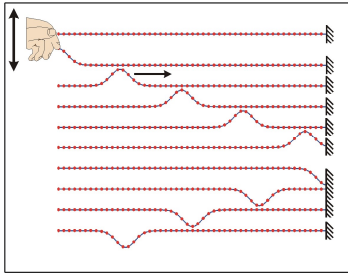
Sursele oscilațiilor:

- Dacă o particulă dintr-un mediu elastic este pusă să oscileze, ea devine sursă de oscilație pentru toate celelalte particule ale mediului.
- Dacă o particulă dintr-un mediu elastic a intrat în oscilație, toate celelalte particule vor intra ulterior în oscilație și vor reproduce mișcarea primei particule dar cu întârziere.
- Propagarea oscilațiilor într-un mediu elastic se realizează din aproape în aproape datorită interacțiunilor ce există între particulele lui.
 - Această propagare se realizează treptat și are o viteză finită.

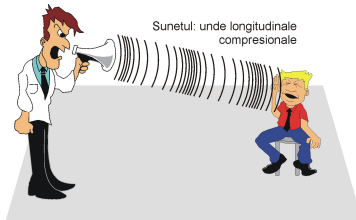
9.2 Unde longitudinale și unde transversale

Definiție: Dacă mișcările particulelor care transportă unda mecanică au loc înainte și înapoi de-a lungul direcției de propagare atunci avem de-a face cu o undă longitudinală.

Caracteristică pentru undele longitudinale este modificarea distanței dintre particule



care, însă în timpul oscilației rămân pe direcția de propagare a undei. Aceasta înseamnă că atunci când se propagă o undă longitudinală se produce o schimbare a densității lui în porțiunea respectivă. Undele longitudinale se pot produce în toate stările de agregare: solidă, lichidă și gazoasă.



Definiție: Dacă mișcările particulelor care transportă unda mecanică sunt perpendiculare pe direcția de propagare atunci avem de-a face cu o undă transversală.

În acest caz propagarea undei transversale este urmată și de deformarea mediului. Undele transversale sunt posibile numai când schimbarea formei mediului este urmată de apariția unor forte elastice de revenire. Undele transversale se propagă numai în mediile solide și la suprafața lichidelor.

Fig. 1 Propagarea undelor transversale și longitudinale în medii elastice prin interacțiuni din aproape în aproape.

9.3 Viteza de propagare a undelor longitudinale și transversale

Se observă ca la propagarea oscilațiilor într-un mediu elastic se realizează și schimbarea fazei. Viteza de propagare a oscilațiilor într-un mediu elastic se mai numește și viteză de fază.

$$v = v \cdot \lambda = \frac{\lambda}{T}. \quad (2)$$

Experimental s-a stabilit că viteza de fază este determinată numai de proprietățile

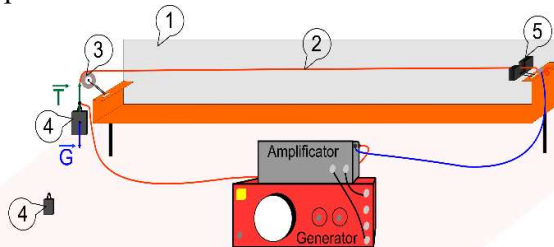


Fig. 2 Standul experimental folosit pentru producerea undelor stationare.

mediului și de starea lui de agregare. În cazul undelor transversale, care se propagă într-o coardă întinsă, elasticitatea este

măsurată de tensiunea T din coardă iar caracteristica inerțială de revenire este măsurată de masa unității de lungime a corzii, μ . Astfel viteza undelor transversale este:

$$v_t = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (3)$$

Definiție: Viteza de propagare a undelor elastice transversale, într-o coardă, se exprimă prin rădăcina pătrată a raportului dintre tensiunea din fir și masa unității de lungime a firului.

Viteza undelor longitudinale în solide este:

$$v_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (4)$$

Definiție: Viteza de propagare a undelor elastice longitudinale în solide se exprimă prin rădăcina pătrată a raportului dintre modulul de elasticitate, E și densitatea solidului, ρ .

Viteza undelor longitudinale în lichide este:

$$v_l = \sqrt{\frac{\chi}{\rho}} \quad (5)$$

Definiție: Viteza de propagare a undelor elastice longitudinale în lichide se exprimă prin rădăcina pătrată a raportului dintre modulul de compresibilitate, χ și densitatea lichidului, ρ .

Viteza undelor longitudinale în medii gazoase este:

$$v_l = \sqrt{\frac{c_p}{c_v} \frac{P}{\rho}} \quad (6)$$

unde P este presiunea gazului iar c_p și c_v sunt respectiv căldurile specifice la presiune constantă și la volum constant.

Caracteristicile propagării undelor elastice:

- În medii izotrope undele mecanice se propagă în toate direcțiile cu aceeași viteză;
- Viteza de propagare nu depinde de intensitatea perturbației;
- În cazul mediilor solide $v_t < v_l$;
- Viteza de propagare a undelor depinde de proprietățile fizice ale mediului;
- La trecerea undei dintr-un mediu în altul frecvența de oscilație, ν rămâne constantă dar lungimea de undă, λ variază corespunzător cu variația vitezei, v .

9.4 Frontul de undă. Suprafața de undă. Unde sferice și unde plane. Principiul lui Huygens

În mediile elastice undele pot fi unidimensionale, bidimensionale și tridimensionale, depinzând de numărul de direcții din spațiu în care se propagă unda.

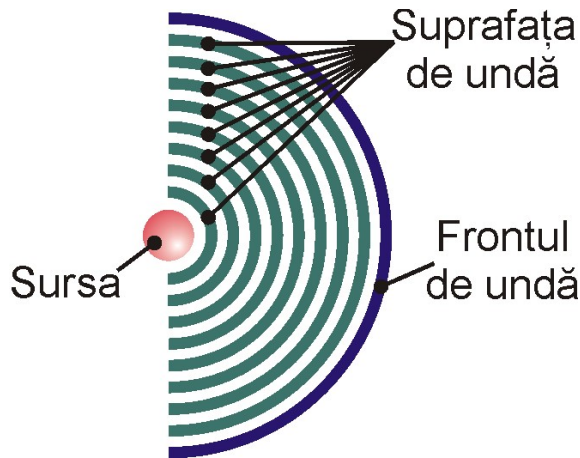


Fig. 3 Reprezentarea unei unde sferice care se propagă de la stânga la dreapta.

Definiție: Locul geometric al punctelor la care ajunge oscilația la un moment dat se numește **front de undă**.

Frontul de undă reprezintă acea suprafață care separă partea din spațiu intrată în oscilație de partea din spațiu care urmează să intre în oscilație. Unda are un singur front de undă și care se deplasează continuu.

Definiție: **Suprafața de undă** este locul geometric al punctelor care oscilează în aceeași fază.

Suprafața de undă poate fi dusă prin orice punct din spațiu care oscilează și este fixă. Numărul suprafețelor de undă este foarte mare, teoretic infinit.

Definiție: O linie perpendiculară pe frontul de undă, care indică direcția de propagare a undelor se numește **rază**.

Definiție: Unda a cărei suprafață de undă este un plan se numește **undă plană**.

Definiție: Unda a cărei suprafață de undă este o sferă se numește **undă sferică**.

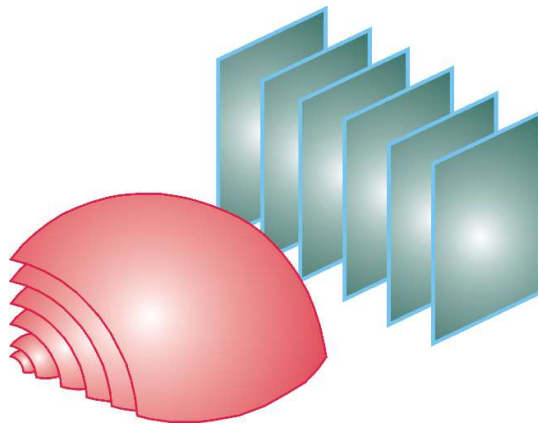
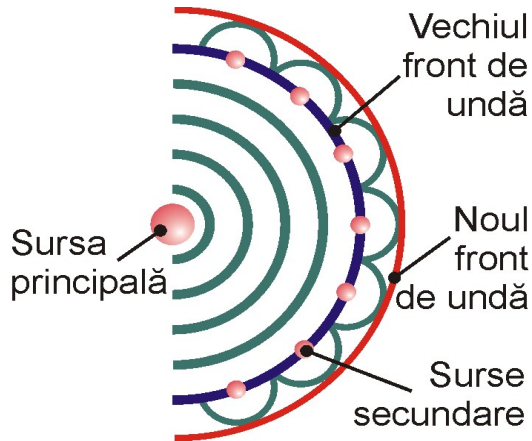


Fig. 4 Unde sferice și unde plane.

Principiul lui Huygens

Se poate arăta că mai multe unde sferice dispuse liniar pot da naștere la o undă plană și dacă avem o astfel de undă plană care este lăsată să treacă printr-un orificiu atunci se produce o undă sferică. După Huygens forma fundamentală a tuturor tipurilor de undă, numită **undă elementară** este unda sferică.



Enunț: Fiecare punct al unui front de undă se poate considera ca punct de plecare al unei unde elementare care se propagă cu aceeași viteză și lungime de undă ca și unda inițială. Noua poziție a undei (noul front de undă) ce s-a propagat este înfășurătoarea tuturor undelor elementare.

Principiul lui Huygens este o metodă de construire a noului front de undă.

Fig.5 Ilustrarea principiului lui Huygens.