Onde Longitudinali (Acustiche)

- Meccaniche
  - Trasversali
  - Longitudinali
- Elettromagnetiche
- Materia

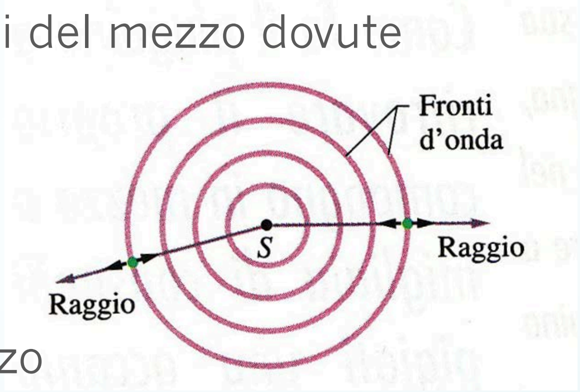
Riassunto

- Tipi di onde
- Onde trasversali e longitudinali
- Funzione d'onda (da armonica)
  - Parametri
- Velocità dell'onda
  - Da 2.o principio dinamica
- Trasporto di energia
- Equazione d'onda
- Principio di sovrapposizione
  - Interferenza
  - Vettori di fase (vale anche per ampiezze differenti)
- Onde stazionarie
  - Riflessioni ad un'estremità
  - Onde stazionarie e risonanza

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$$

Rappresentazione

- Sorgente (puntiforme)
- Fronti d'onda
  - Indicano la diffusione (i.e. sfere)
  - Superfici sulle quali le oscillazioni longitudinali del mezzo dovute all'onda acustica sono uguali
- Raggi
  - Linee rette perpendicolari ai fronti d'onda
  - Direzione di avanzamento dei fronti d'onda
  - Parallele alle oscillazioni longitudinali del mezzo



- Onde sferiche (da sorgente puntiforme)
- Onde piane (anche da sorgente puntiforme da distanza infinita

Velocità del suono

- Equazione d'onda $y(x,t) = y_{\max} \sin(kx - \omega t)$
  - O.trasversale: fissando t vediamo una forma nello spazio che si sposta che si sposta con

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{proprietà\_elastica}{proprietà\_inerziale}}$$

  - Proprietà elastica associata a energia potenziale
  - Modulo compressibilità

$$B = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Velocità del suono

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v}.$$

seconda legge di Newton

$$F = pA - (p + \Delta p)A = -\Delta p\, A$$

$$\Delta m = \rho\, \Delta V = \rho A\, \Delta x = \rho A v\, \Delta t$$

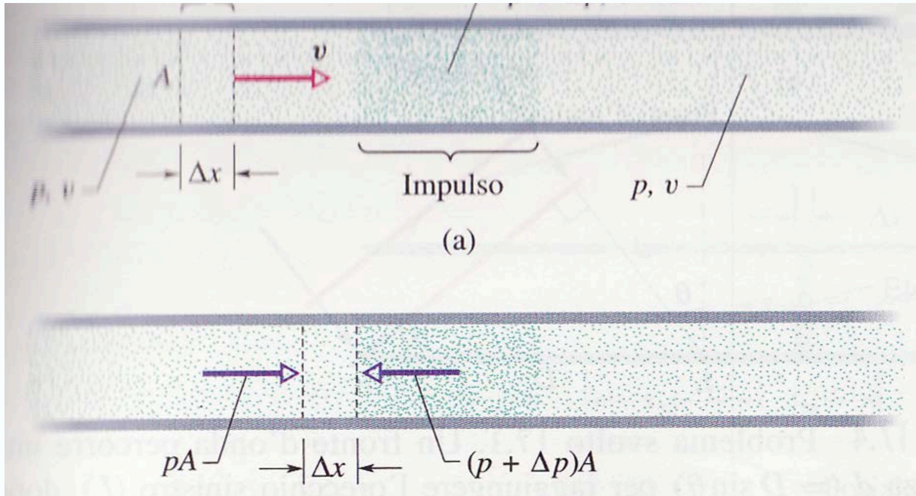
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$-\Delta p\, A = (\rho A v\, \Delta t)\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$\rho v^2 = -\frac{\Delta p}{\Delta v / v}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{A\, \Delta v\, \Delta t}{A v\, \Delta t} = \frac{\Delta v}{v}$$

$$\rho v^2 = -\frac{\Delta p}{\Delta v / v} = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V} = B$$



$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Onde acustiche in moto

$$s_{\max} << \lambda$$

(a) $$\overbrace{s(x,t)}^{\text{Spostamento}} = \underbrace{s_m}_{\text{Ampiezza}} \underbrace{\cos(kx-\omega t)}_{\text{Termine oscillatorio}}$$

(b) $$\underbrace{\Delta p(x,t)}_{\text{Variazione di pressione}} = \underbrace{\Delta p_m}_{\text{Ampiezza}} \underbrace{\sin(kx-\omega t)}_{\text{Termine oscillatorio}}$$

$$\Delta p(x,t) = \Delta p_m \sin(kx-\omega t)$$

$$\Delta p_m = (v\rho\omega)s_m$$

$$\Delta p = -B\frac{\Delta V}{V}$$

$$V = A\,\Delta x \qquad \Delta V = A\,\Delta s$$

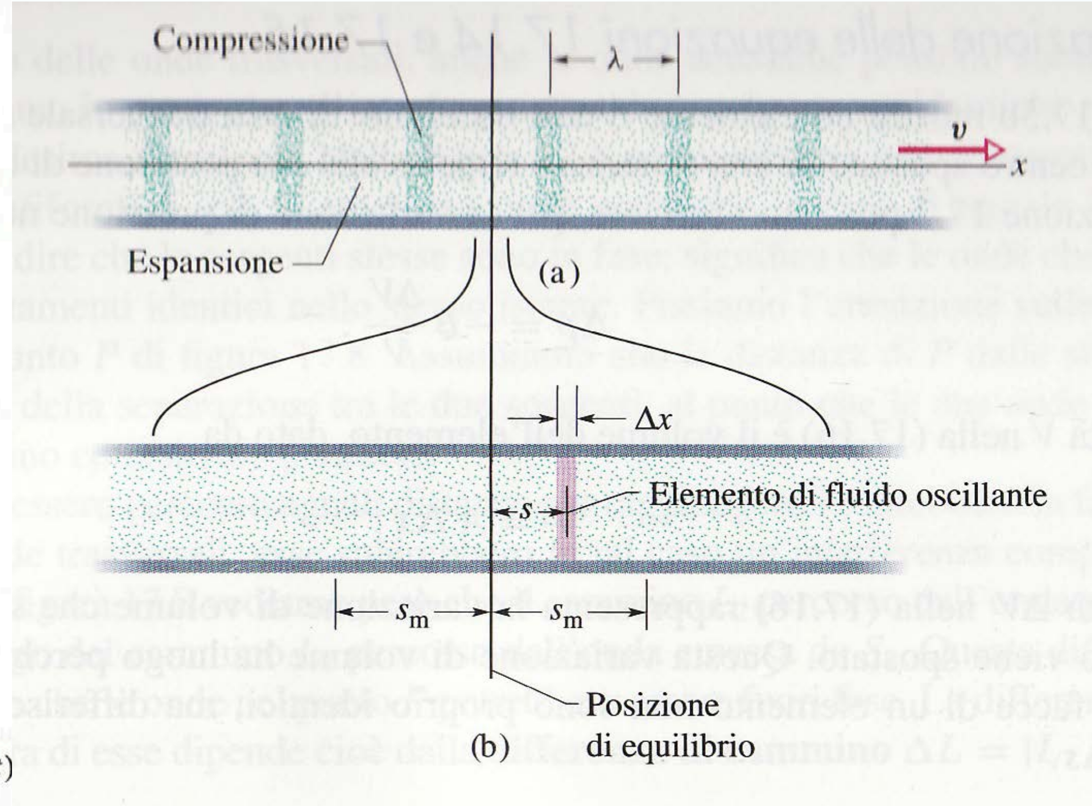
$$\Delta p = -B\frac{\Delta s}{\Delta x} = -B\frac{\partial s}{\partial x}$$

$$\frac{\partial s}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}[s_m\cos(kx-\omega t)] = -ks_m\sin(kx-\omega t)$$

$$\Delta p = Bks_m\sin(kx-\omega t) \qquad Bks_m = \Delta p_m$$

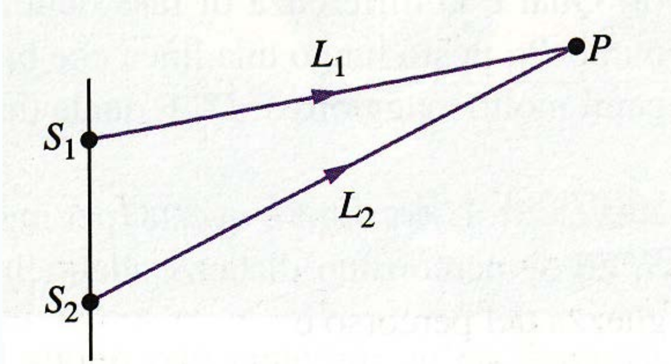
$$\Delta p_m = (Bk)s_m = (v^2\rho k)s_m$$

$$v = \omega/k$$



Interferenza

- Sorgenti in fase e con uguale λ
  - ➔spostamenti identici a =t
- L >> distanza sorgenti



$$\Delta L = d\sin(\vartheta) = m\lambda \ldots\ldots m = 0,1,2\ldots$$

$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\Delta L}{\lambda} \qquad \phi = \frac{\Delta L}{\lambda}2\pi$$

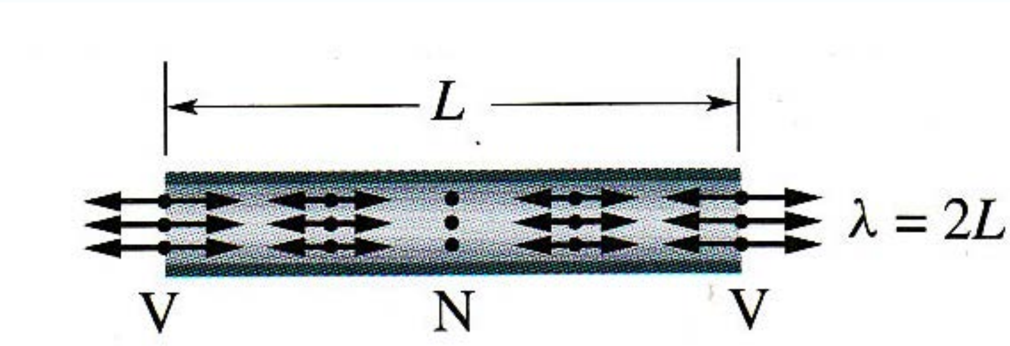
$$\phi = m(2\pi), \quad m = 0, 1, 2, \ldots \text{ (interferenza totalmente costruttiva)}$$

$$\frac{\Delta L}{\lambda} = 0, 1, 2, \ldots$$

$$\phi = (2m+1)\pi, \quad m = 0, 1, 2, \ldots \text{ (interferenza totalmente distruttiva)}$$

$$\frac{\Delta L}{\lambda} = 0{,}5,\ 1{,}5,\ 2{,}5, \ldots$$

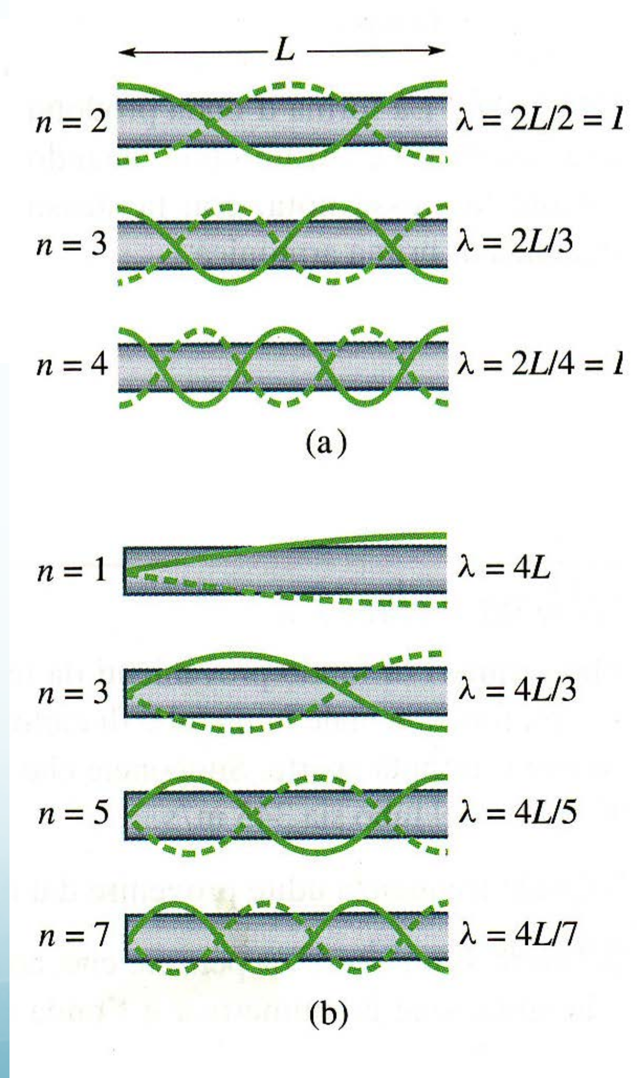
Strumenti musicali



$$L = n\frac{\lambda}{2}\{n = 1, 2, 3\ldots\} \Rightarrow \lambda = \frac{2L}{n}$$

$$L = (2n+1)\frac{\lambda}{4}\{n = 1, 3, 5\ldots\} \Rightarrow \lambda = \frac{4L}{n}$$

- L ⇔ frequenze di funzionamento
- Piu armoniche generate insieme
  - Intensita' cambia tra strumenti

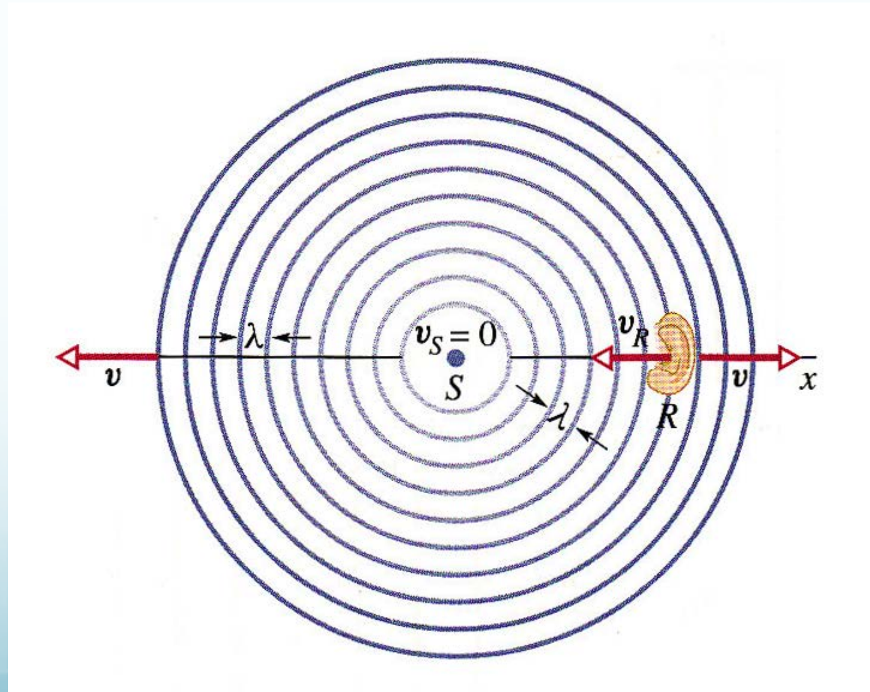


Effetto Doppler

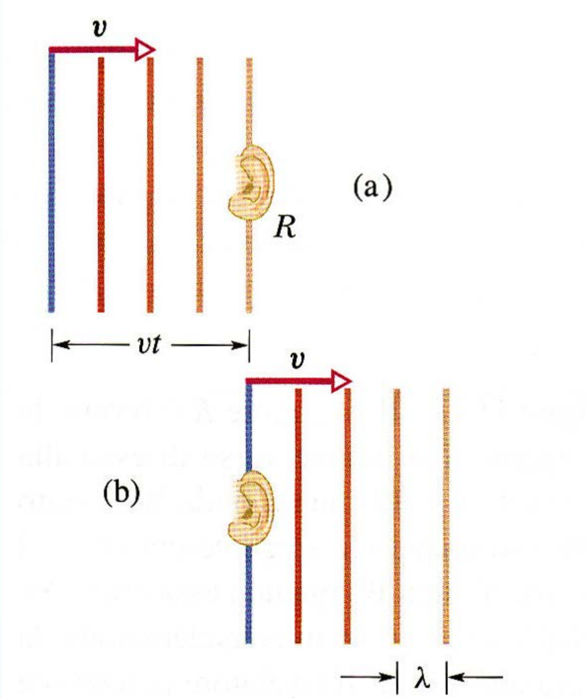
- Valido per qualunque tipo di onda
- Moto della sorgente e/o del rivelatore
  - (rispetto al mezzo se esiste)

$$\nu' = \nu \frac{v \pm v_R}{v \pm v_S}$$

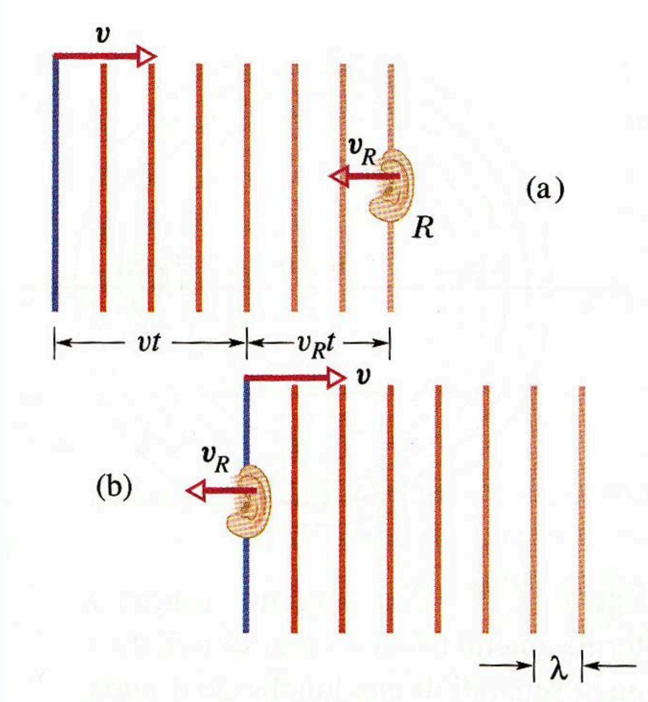
- Convenzione segni
- ν rivelata = ritmo intercettazione fronti



Doppler: rivelatore in moto



$$\nu = \frac{vt/\lambda}{t} = \frac{v}{\lambda}$$



$$\nu' = \frac{(vt + v_R t)/\lambda}{t} = \frac{v + v_R}{\lambda}$$

$$\lambda = v/\nu$$

$$\nu' = \frac{v + v_R}{v/\nu} = \nu \frac{v + v_R}{v}$$

Doppler: sorgente in moto

$T\ (= 1/\nu)$

$$\nu' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{vT - v_S T} = \frac{v}{v/\nu - v_S/\nu} =$$

$$= \nu \frac{v}{v - v_S}\,.$$