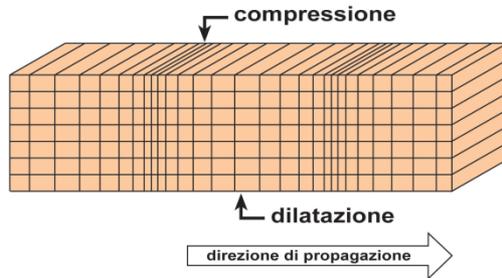




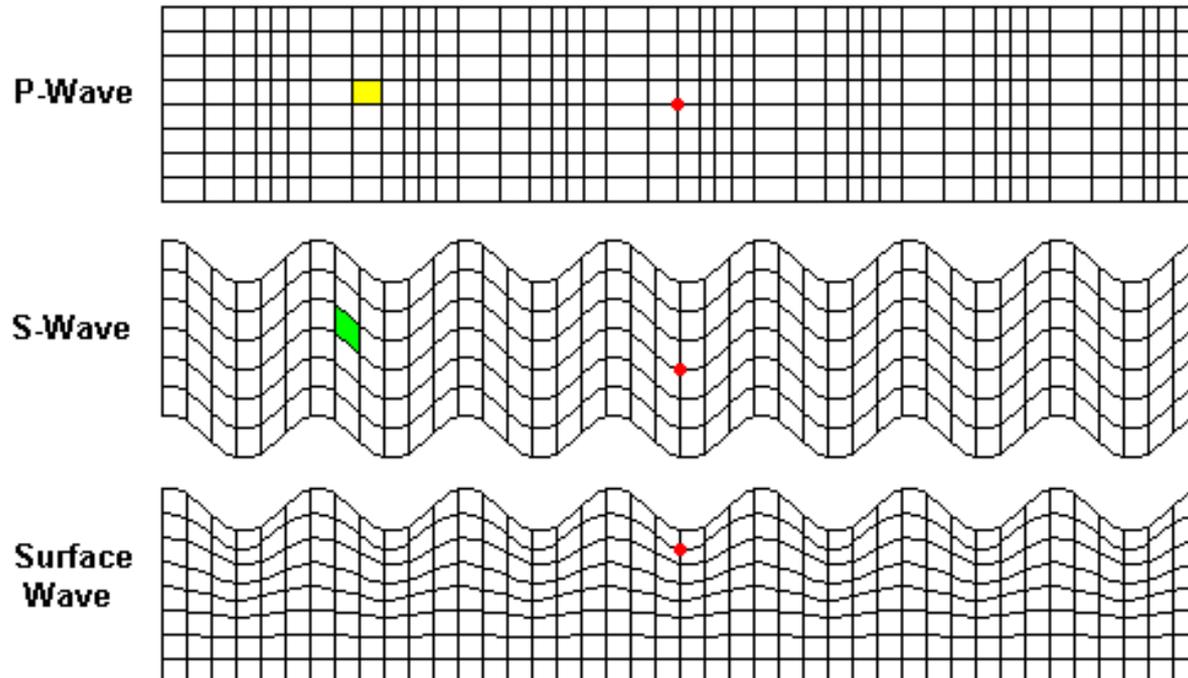
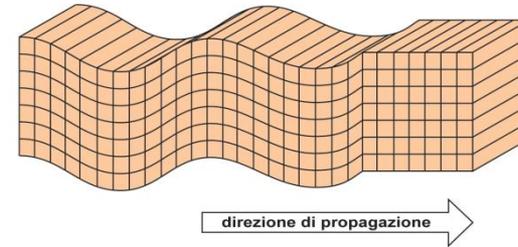
# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

ONDA P

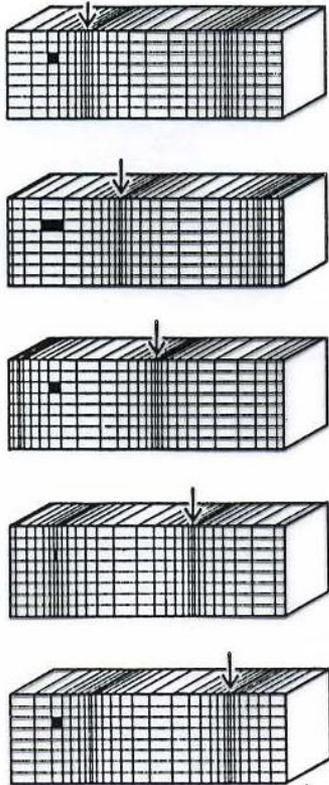


ONDA S



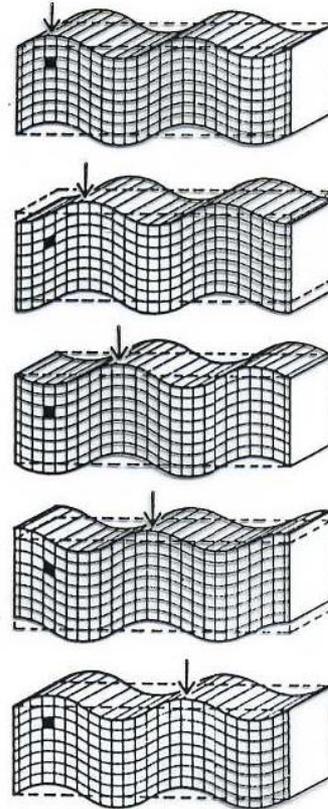


## ONDA P

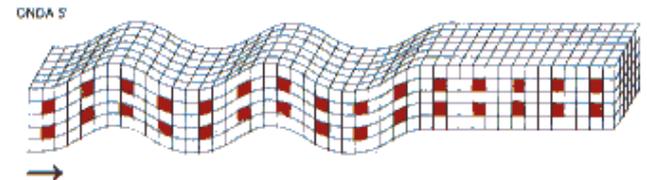
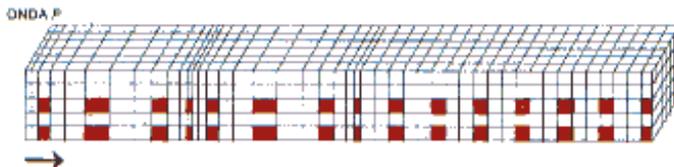


Compressioni e dilatazioni  
Un piccolo elemento di volume cambia sia volume che forma al passaggio dell'onda. Il moto della particella avviene lungo la direzione di propagazione dell'onda.

## ONDA S



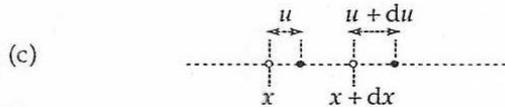
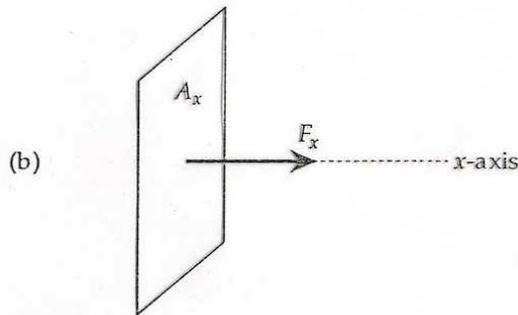
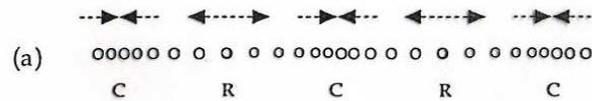
La regione si deforma con rotazioni senza variazioni di volume. Viene rappresentato il moto SV. Il moto SH è uguale a questo ma giace nel piano orizzontale (si ruoti la figura di 90° attorno all'asse diretto lungo la propagazione dell'onda). Il moto della particella è sempre perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda.



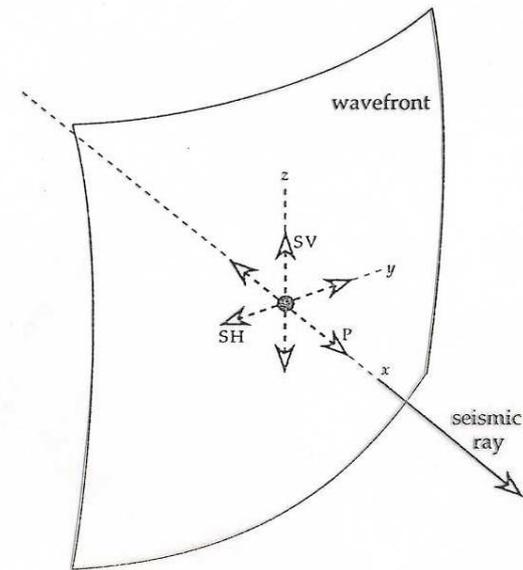


# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa



a) Il moto della particella dell'onda P in una dimensione trasmette energia come sequenza di compressioni e dilatazioni parallele all'asse  $x$ . b) all'interno del fronte d'onda la componente della forza  $F_x$  della propagazione è distribuita su un elemento di area  $A_x$  normale all'asse  $x$ . c) una particella nella posizione  $x$  sente uno spostamento longitudinale  $u$  nella direzione  $x$ , mentre nella posizione vicina  $x+dx$  lo spostamento corrispondente è  $u+du$ .



Rappresentazione di una vibrazione come componenti parallele ai tre assi di riferimento. Il moto nella direzione  $x$  è avanti ed indietro parallela alla direzione di propagazione corrispondente all'onda P. Le vibrazioni lungo gli assi  $y$  e  $z$  sono nel piano del fronte d'onda e normali alla direzione di propagazione. La vibrazione  $z$  nel piano verticale corrisponde all'onda SV, la vibrazione  $y$  è orizzontale e corrisponde all'onda SH.

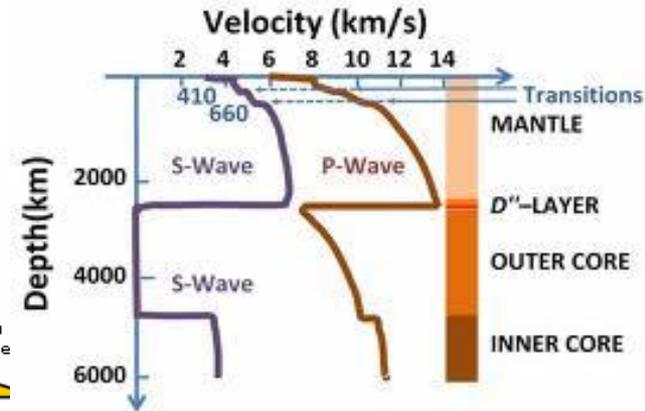
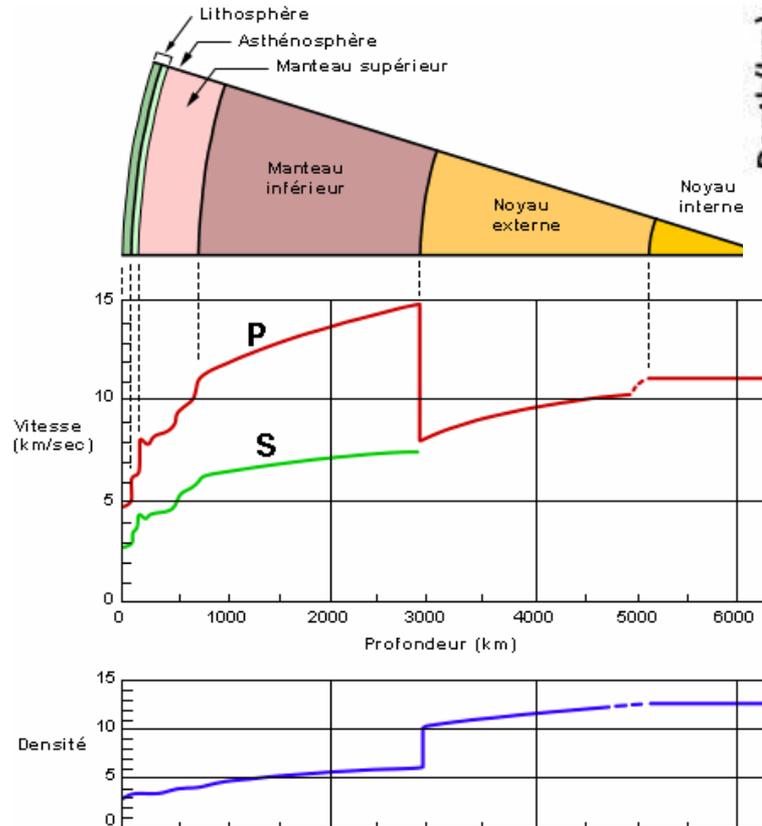
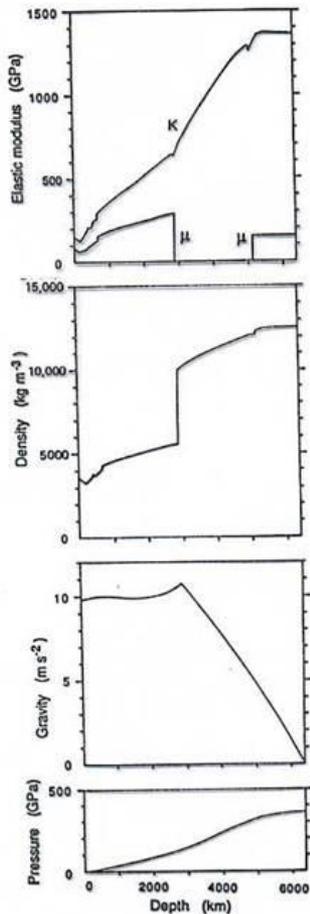


# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

Variazione del modulo di incompressibilità  $K$ , del modulo di rigidità  $\mu$ , della densità  $\rho$ , della gravità  $g$  e della pressione  $p$ .

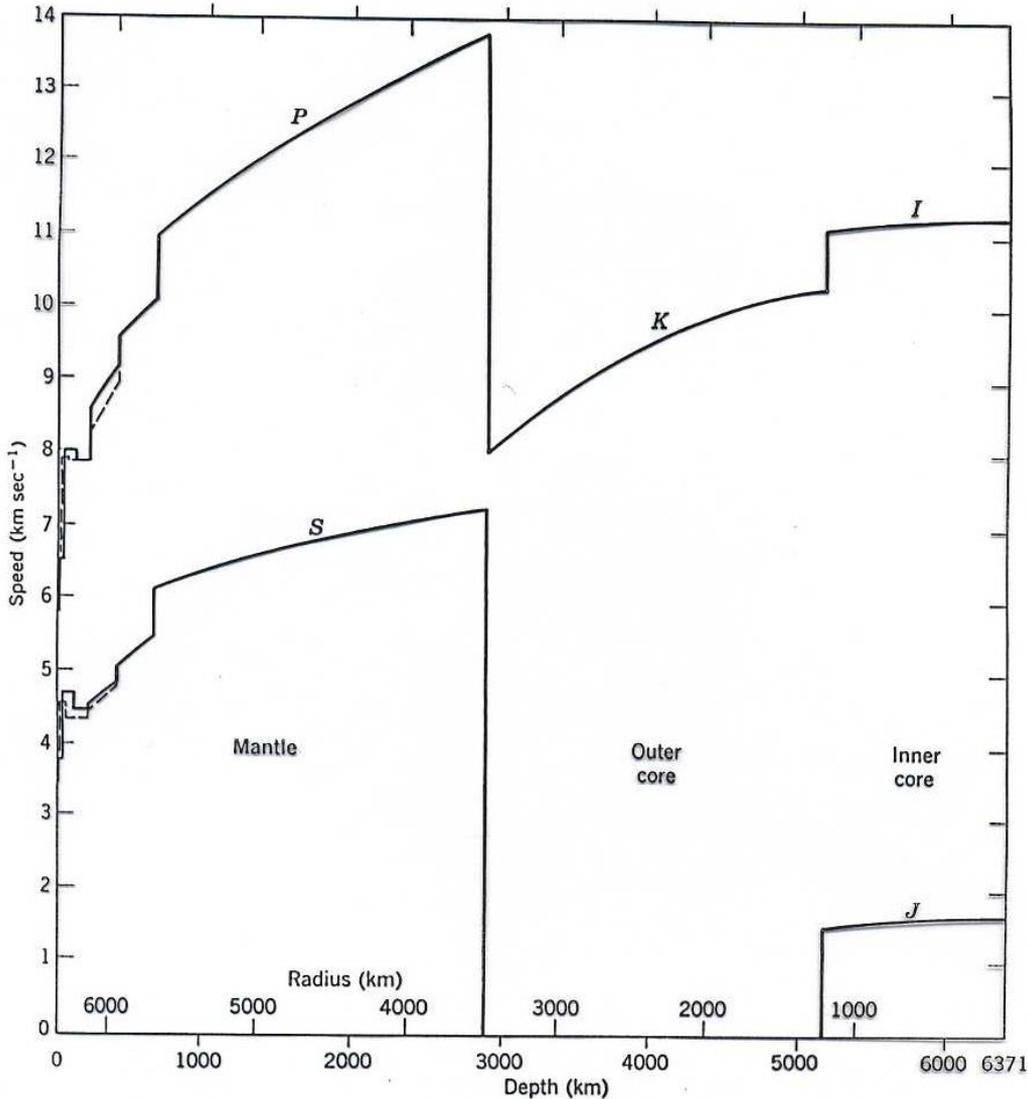
Variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità





# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa



Velocità delle onde di corpo (P e S) all'interno della Terra. Dati per il modello della Terra di Dziewonski et al. (1975).

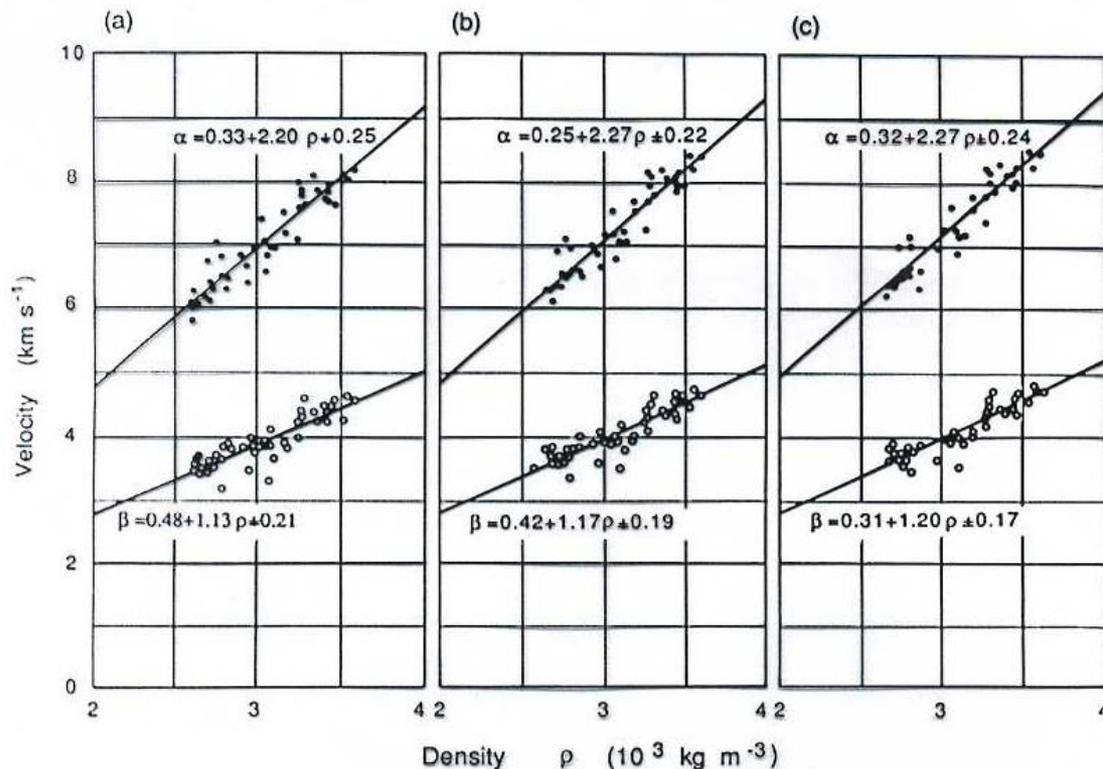


# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

La velocità delle onde sismiche aumenta all'aumentare dei parametri di Lamè. La loro dipendenza dalla densità invece non è ovvia come potrebbe sembrare: in effetti rocce a densità più alta hanno velocità maggiori. Empiricamente si trova che la relazione è approssimativamente lineare per le rocce medie della crosta e del mantello superiore. Per queste rocce vale la **legge di Birch**:

$$v = a\rho + b$$



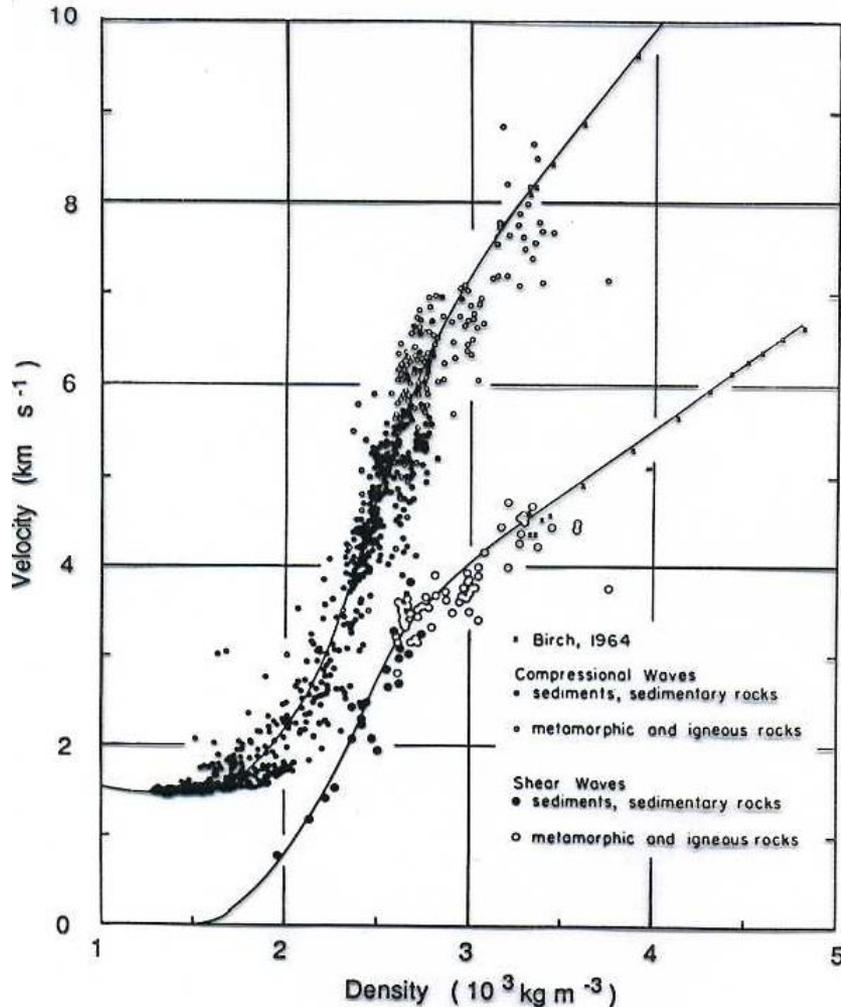
Esempi della legge di Birch. Misure in laboratorio fatte su roccia crostale alla pressione di a) 0.2 GPa, b) 0.6 GPa, c) 1.0 GPa, che corrispondono approssimativamente alle profondità di 6, 18, e 30 km.



# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

Per rocce sedimentarie la relazione non è più valida e va usata la **curva empirica di Nafe-Drake**:



Relazione tra velocità sismiche e densità indicata come curva di Nafe-Drake dopo i suoi ideatori. Cerchi aperti sono i valori per rocce ignee e metamorfiche; cerchi solidi per rocce sedimentarie; le croci mostrano un modello lineare da Birch 1964.

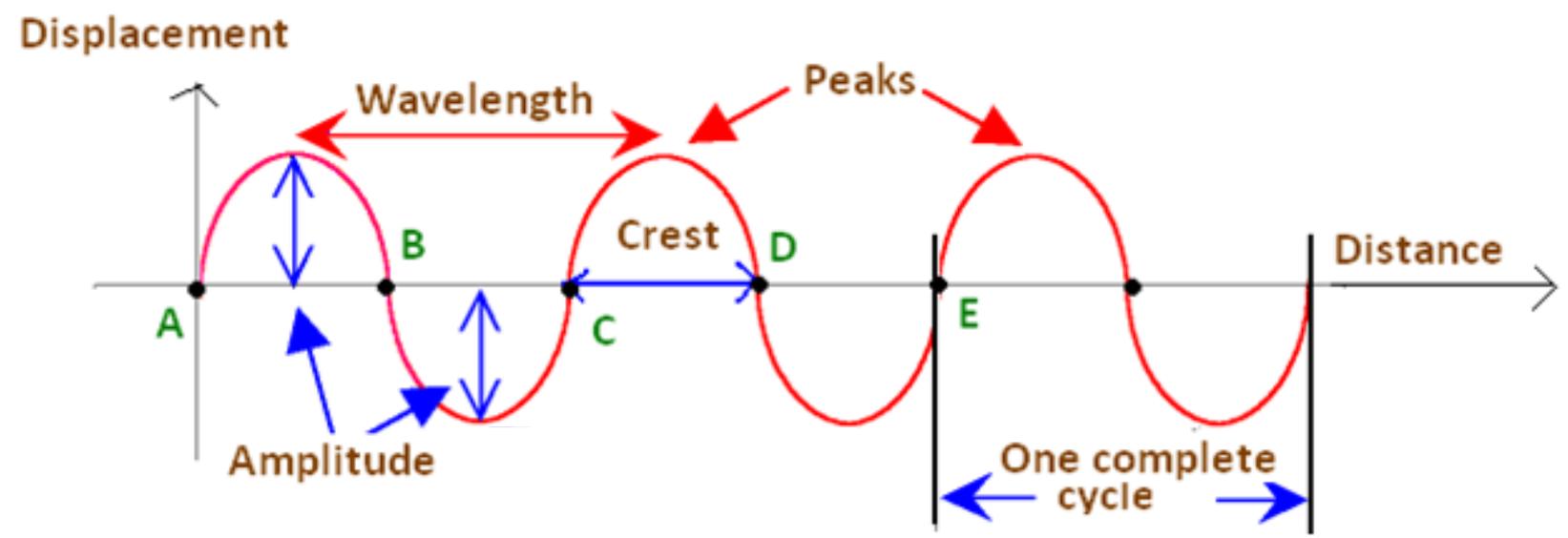


# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

## Transverse Waves

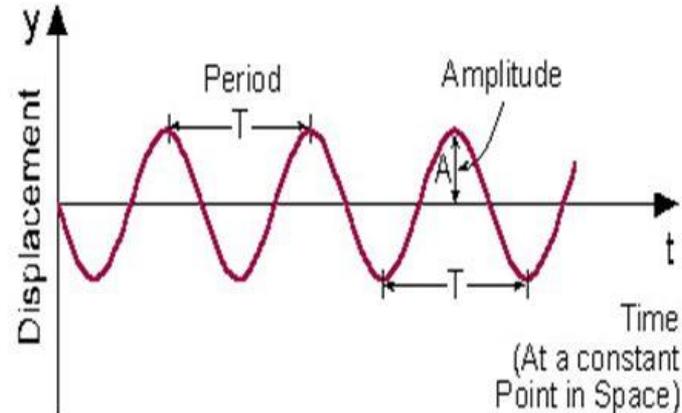
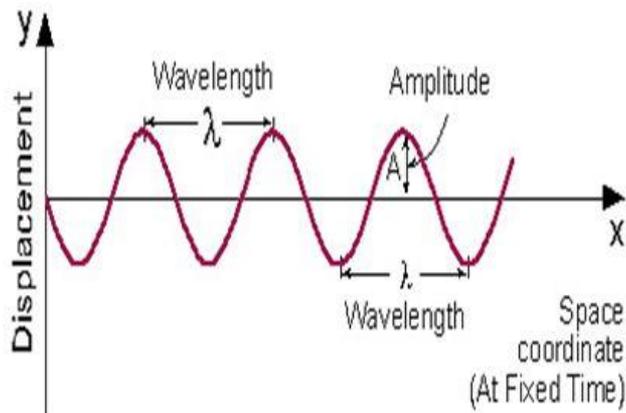
Direction of wave 





## Wave Description

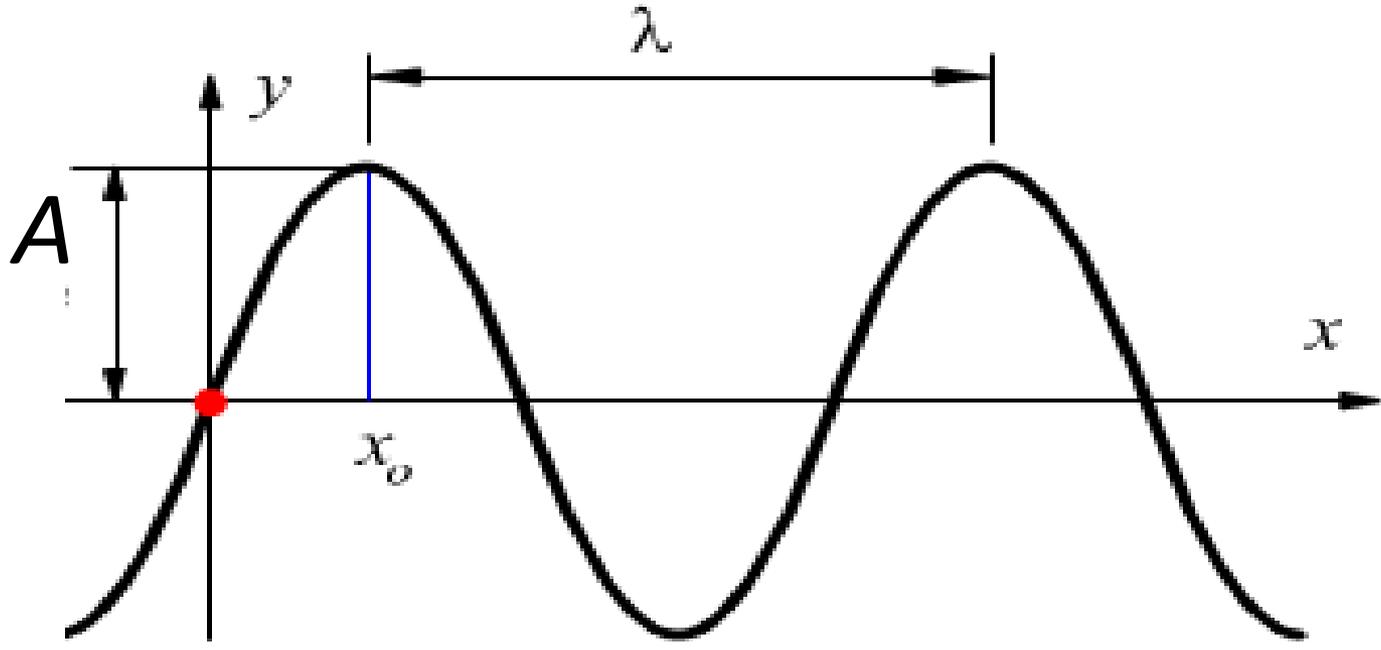
- A **wave** can be described in two standard forms:
  1. Displacement as a function of space when time is held constant.
  2. Displacement as a function of time at a specific place in space.





# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa



$$\phi = A \cos(kx + wt.)$$



# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

Esaminiamo il comportamento di  $\phi$  tenendo fissa una delle due variabili.

Per  $t = \text{cost.}$   $\longrightarrow \phi = \phi(x)$

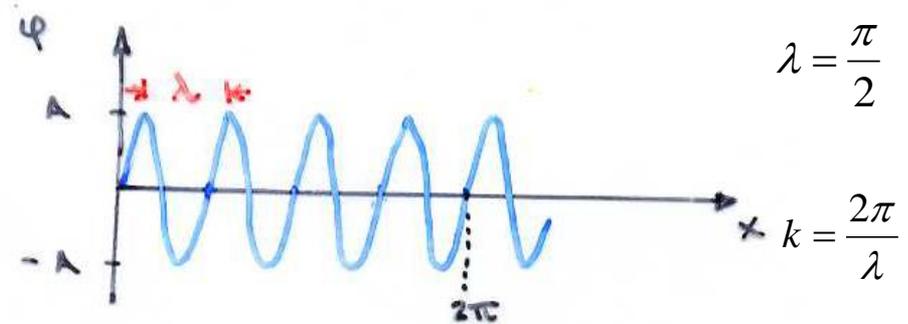
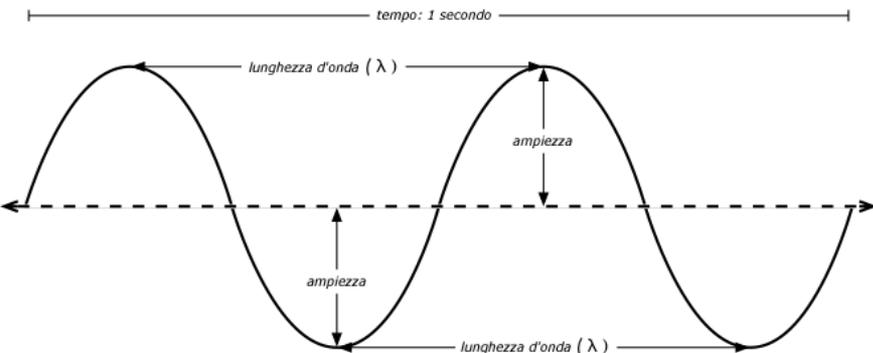
La funzione coseno assumerà valori uguali per multipli di  $kx$ :

$$\phi = A \cos(kx + \text{cost.}) \quad kx = 2\pi \cdot n$$

Da cui segue che la fase si ripete ogni intervallo spaziale di:

$$x = \frac{2\pi}{k} \equiv \lambda$$

Tale intervallo si indica con  $\lambda$  e si chiama **lunghezza d'onda**. D'altro canto  $k$  si dice **numero d'onda** e da il numero di lunghezza d'onda nell'intervallo  $2\pi$ .





# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

Prendiamo ora  $x = \text{cost.}$   $\longrightarrow \phi = \phi(t)$

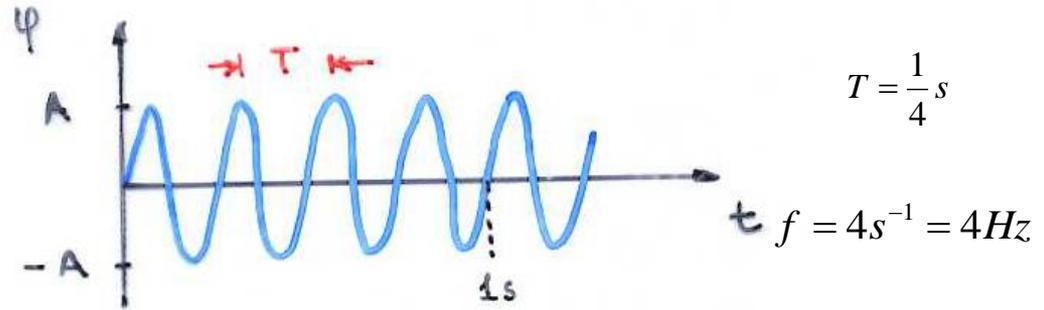
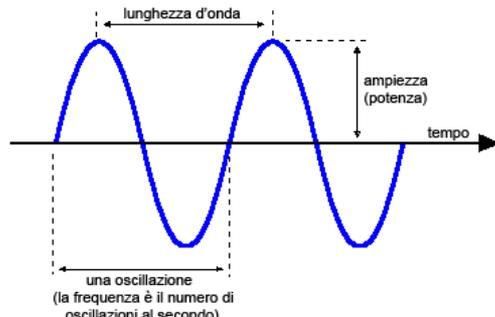
La funzione coseno assumerà valori uguali per multipli di  $k\alpha t$ :

$$\phi = A \cos(\text{cost.} - k\alpha t) \quad k\alpha t = 2\pi \cdot n$$

Da cui segue che la fase riavrà lo stesso valore dopo un intervallo temporale:

$$t = \frac{2\pi}{k\alpha} = T$$

Tale intervallo dicesi **periodo dell'onda**, mentre  $1/T = f$  è detta **frequenza dell'onda** e ci da il numero di oscillazioni nell'unità di tempo.



La quantità  $k\alpha$  è detta anche **frequenza angolare**  $\omega$ . Sarà pertanto:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\lambda}{\alpha}$$

$$\omega = 2\pi f = k\alpha$$

Possiamo riscrivere  $\phi$  come

$$\phi = A \cos(kx - \omega t)$$



# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

La quantità  $k\alpha$  è detta anche **frequenza angolare**  $\omega$ . Sarà pertanto:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\lambda}{\alpha}$$

$$\omega = 2\pi f = k\alpha$$

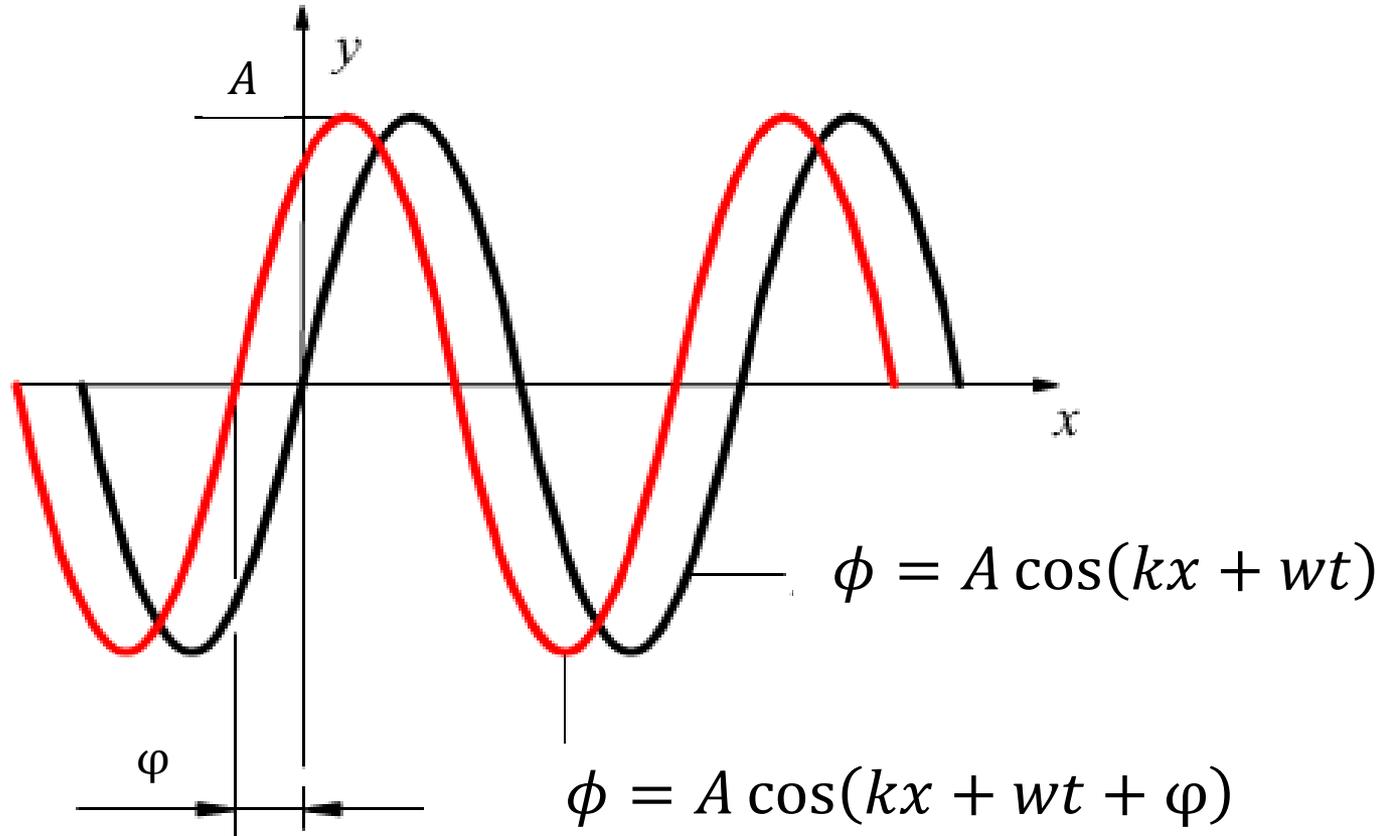
Possiamo riscrivere  $\phi$  come

$$\phi = A \cos(kx - \omega t)$$



# Fisica Terrestre 2024-2025

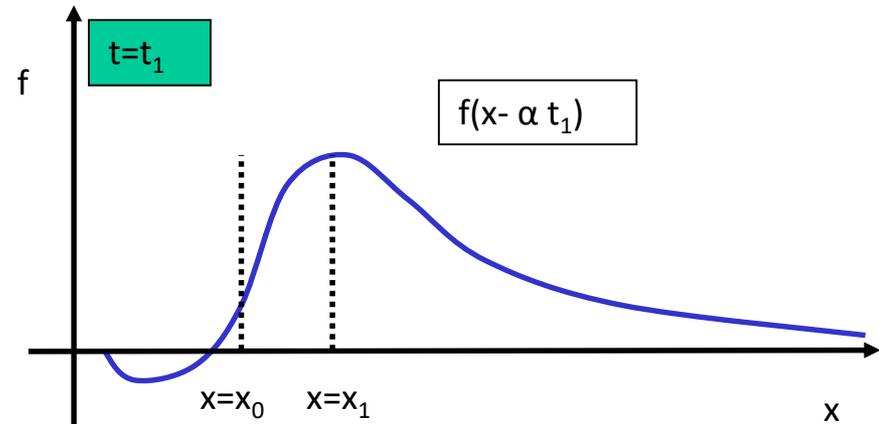
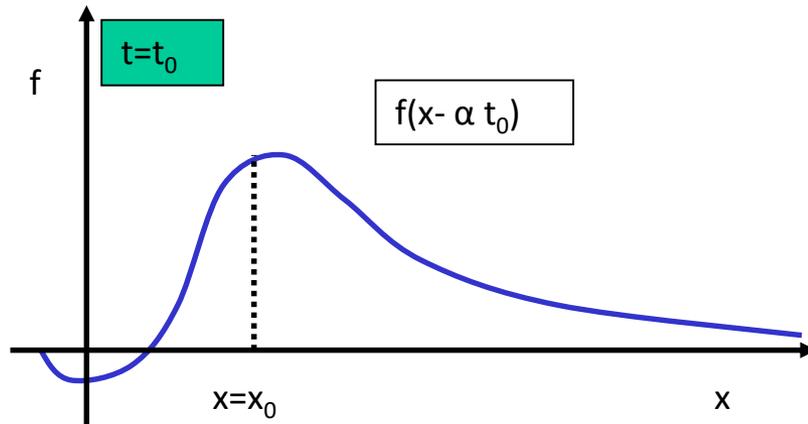
Giovanni Costa





# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa



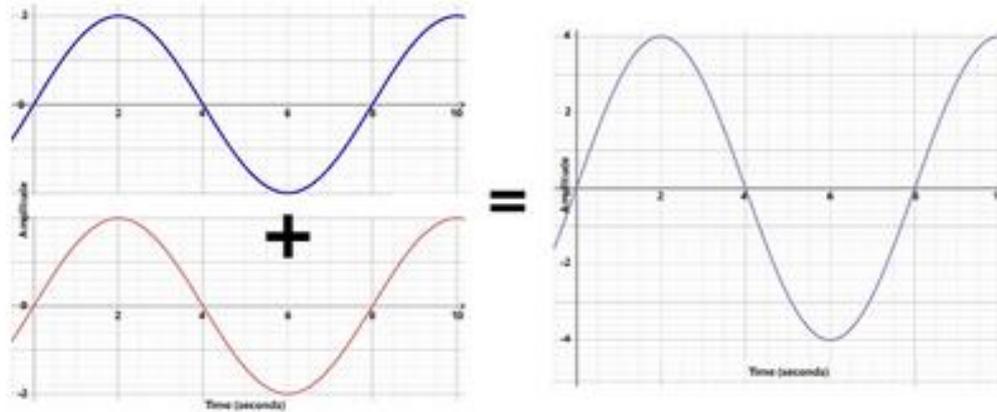
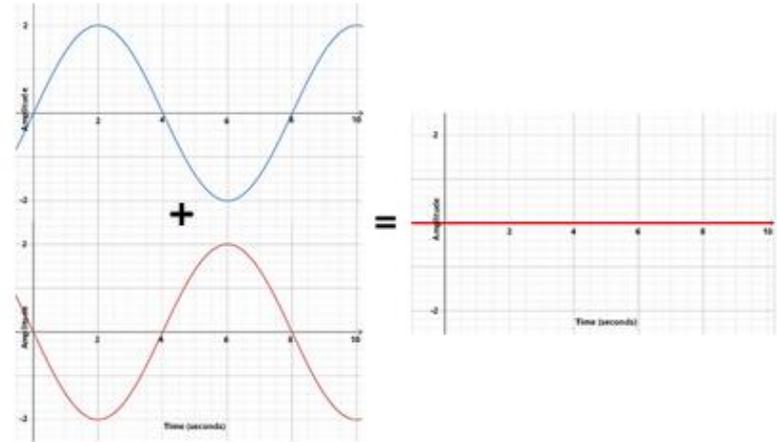
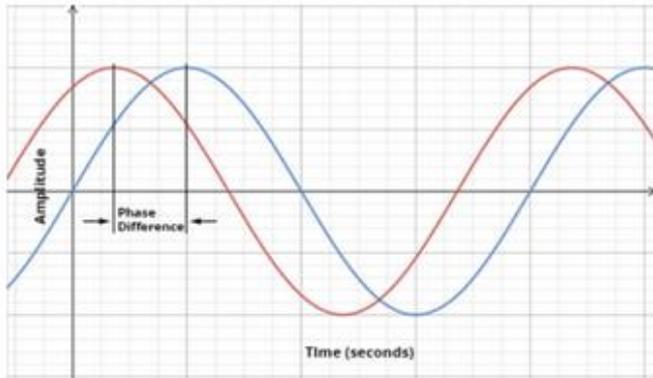
La quantità  $x - \alpha t$  è chiamata **fase** dell'onda

Se la fase è del tipo  $x - \alpha t$ , l'onda si propagherà nella direzione  $x$  positiva, se invece è del tipo  $x + \alpha t$  la propagazione sarà nella direzione  $x$  negativa.

Chiaramente:  $-A \leq \phi \leq A$  e quindi  $A$  è detta **ampiezza dell'onda**.



## PHASE





# Fisica Terrestre 2024-2025

Giovanni Costa

La parte di superficie in cui la fase è la stessa è chiamata **fronte d'onda**. L'onda viaggia in direzione perpedicolare rispetto al fronte d'onda; questa direzione è chiamata **raggio d'onda**.

