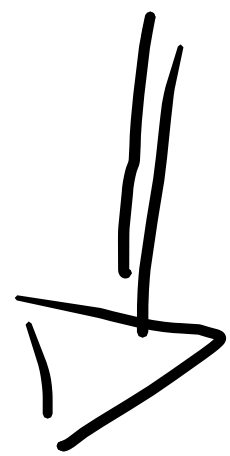


~~IL~~ FENOMENI ONDULATORI (ONDE)

che cosa hanno in comune:

- la vibrazione di una corda
- il movimento delle onde sulle superficie di uno specchio d'acqua
- la propagazione del suono nell'aria
- la propagazione della luce e dei segnali radio



Sono tutti FENOMENI ONDULATORI;

una vibrazione che si propaga in un mezzo.

• ONDE ELASTICHE (o MECNICHE):

Vibrazioni di particelle materiali dovute ad una forza esterna che le sposta da una posizione di equilibrio, a cui ritornano grazie a delle forze di richiamo.

ESEMPIO: onde acustiche (suono)

Onde possono essere molto complesse

Esiste un tipo di ~~oscillazione~~ oscillazione molto semplice.



MOTO ARMONICO

MOTO ARMONICO

Un moto si dice armonico quando lo spostamento varia in maniera sinusoidale, ovvero

$$X(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

↖ tempo

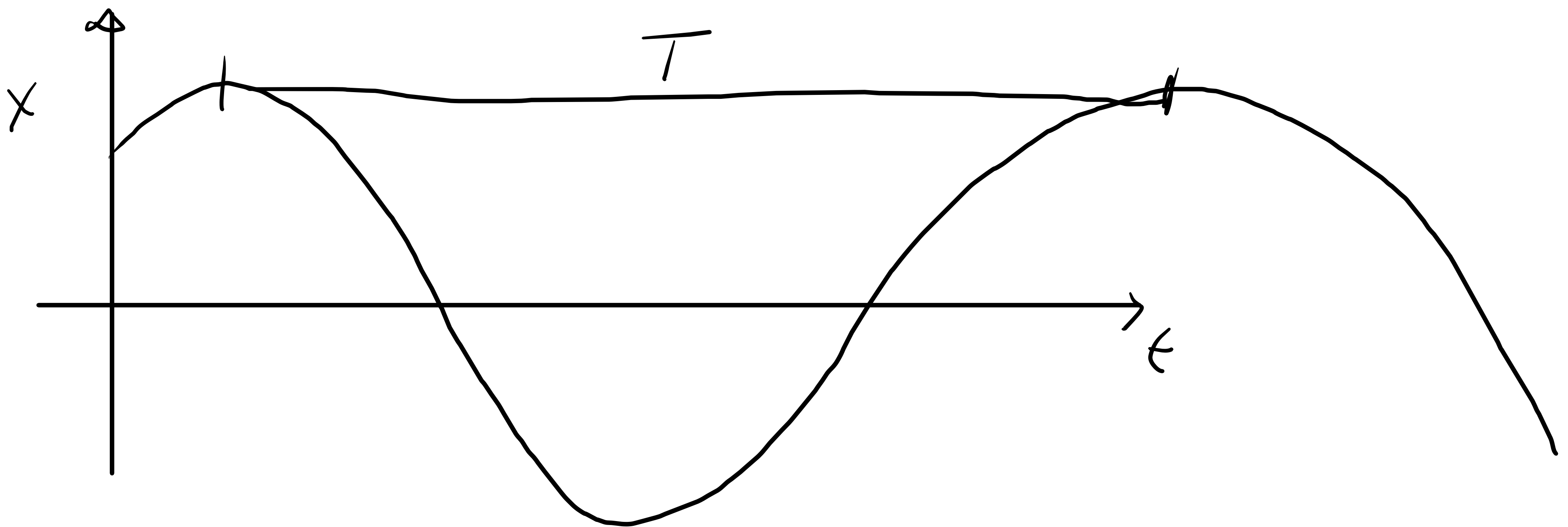
↗ fattore di fase.

↙ ampiezza

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

↘ si dice pulsazione (frequenza angolare)

↙ T è il periodo, $\nu = \frac{1}{T}$ è la frequenza



Un sistema è in cui una o più grandezze oscillano come $x(t) = A \sin(\omega t + \phi)$ si dice oscillatore armonico

● Consideriamo una sorgente (O) che oscilla in maniera armonica ed emette onde che si propagano con una [velocità] v verso il punto (P)



$$S_0(t) = A \sin(\omega t)$$

La vibrazione in S_2 sarà pari a:

$$S(t) = S_0\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

dove x è la distanza tra O e P.

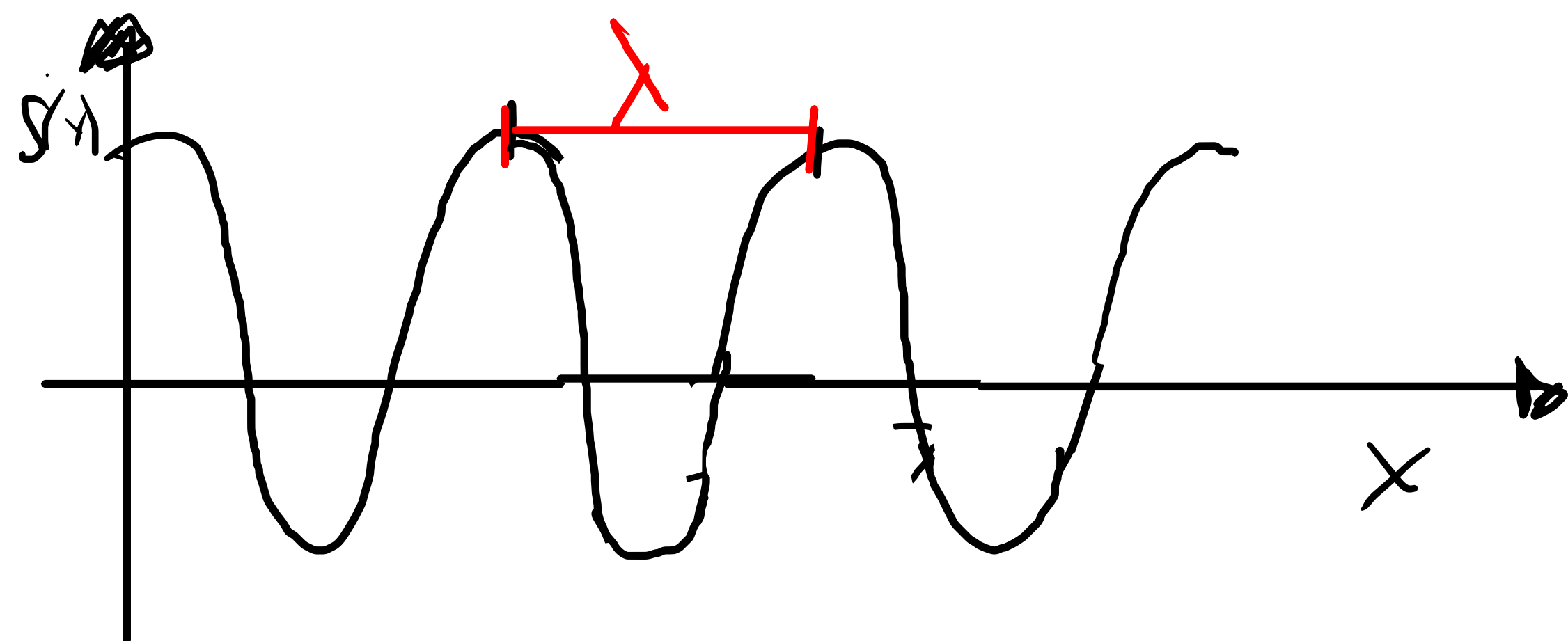
S_0 è l'oscillazione della sorgente

$$S(t) = A \sin\left(\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right)\right) = A \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right)$$

dove $\lambda = v \cdot T$ si chiama lunghezza d'onda

- distanza percorsa dall'onda in un periodo T

- distanza minima tra 2 punti in fase.



Quindi $\lambda \cdot \nu = v$ $\begin{matrix} \nearrow \text{velocità} \\ \text{di} \\ \text{propagazione} \\ \downarrow \\ \text{freq} \end{matrix}$

$$S(t) = A \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} x\right) \Rightarrow$$

Un'onda del genere si dice **MONOCROMATICA**, ovvero sinusoidale di data frequenza

$$\leftarrow -2\pi/\lambda \rightarrow \sin(\omega t - kx)$$

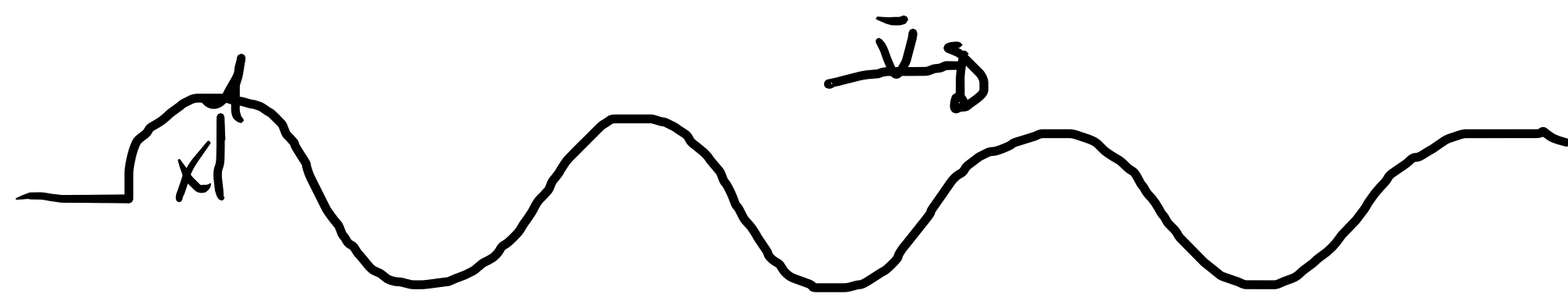
In generale le onde non sono monocromatiche,
ma possono essere scomposte in tante
armoniche (potenzialmente infinite), ognuna
con una frequenza ben definita.



Esistono 2 tipi di onde:

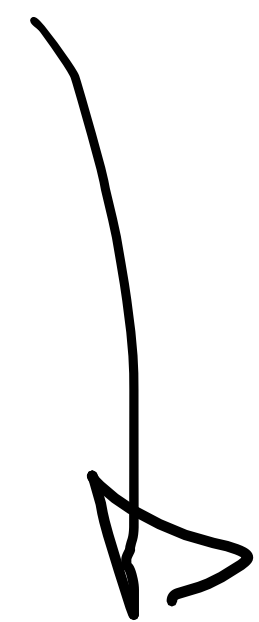
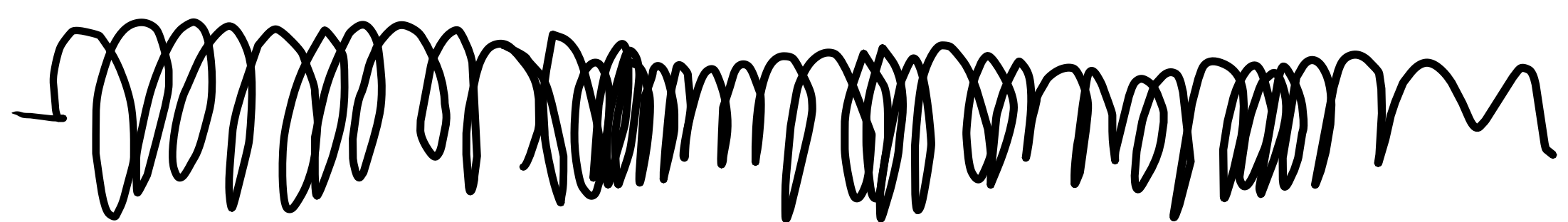
- ONDE TRASVERSALI: la vibrazione è ortogonale alla direzione del moto

Esempio: una corda tesa

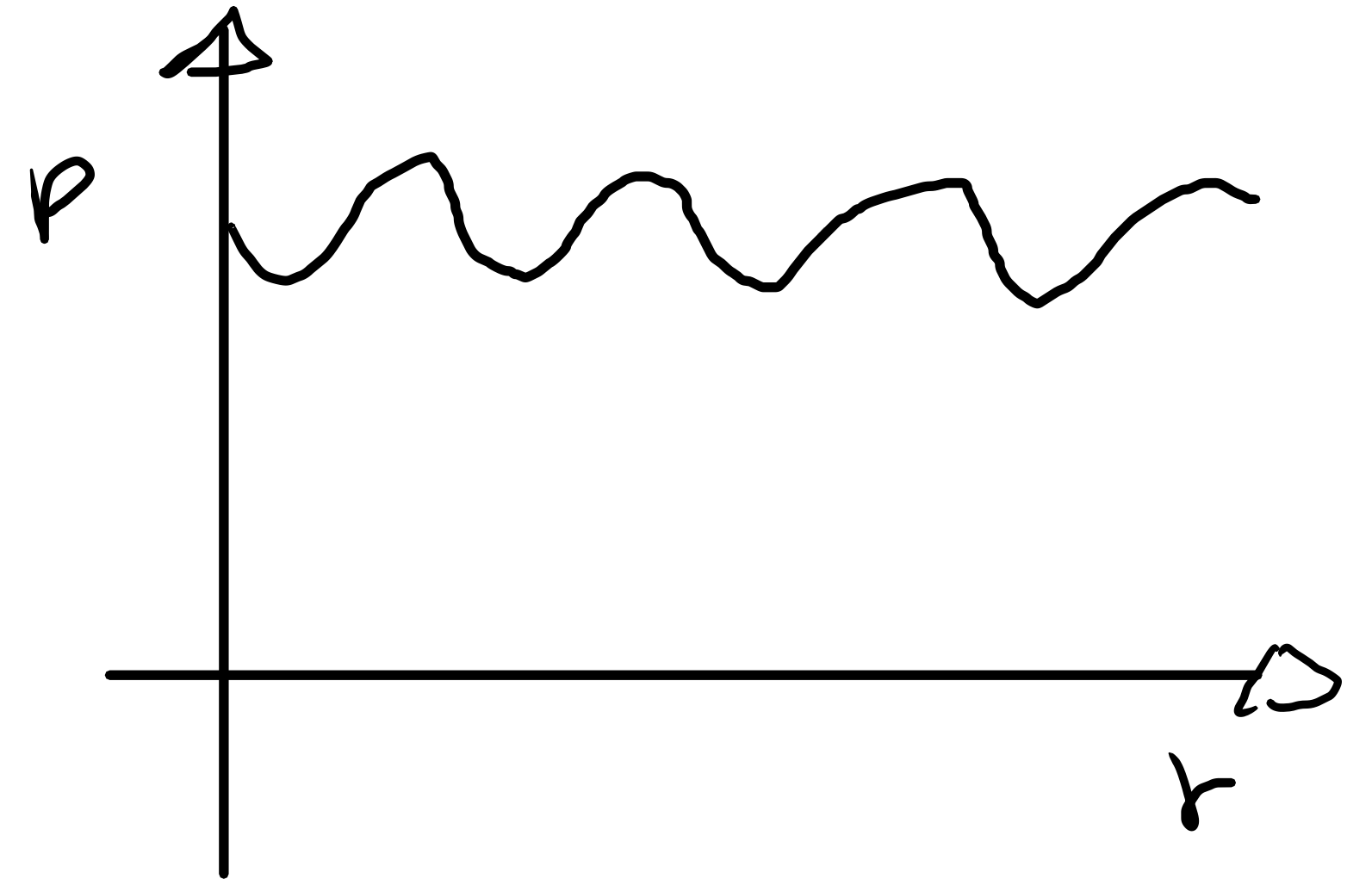
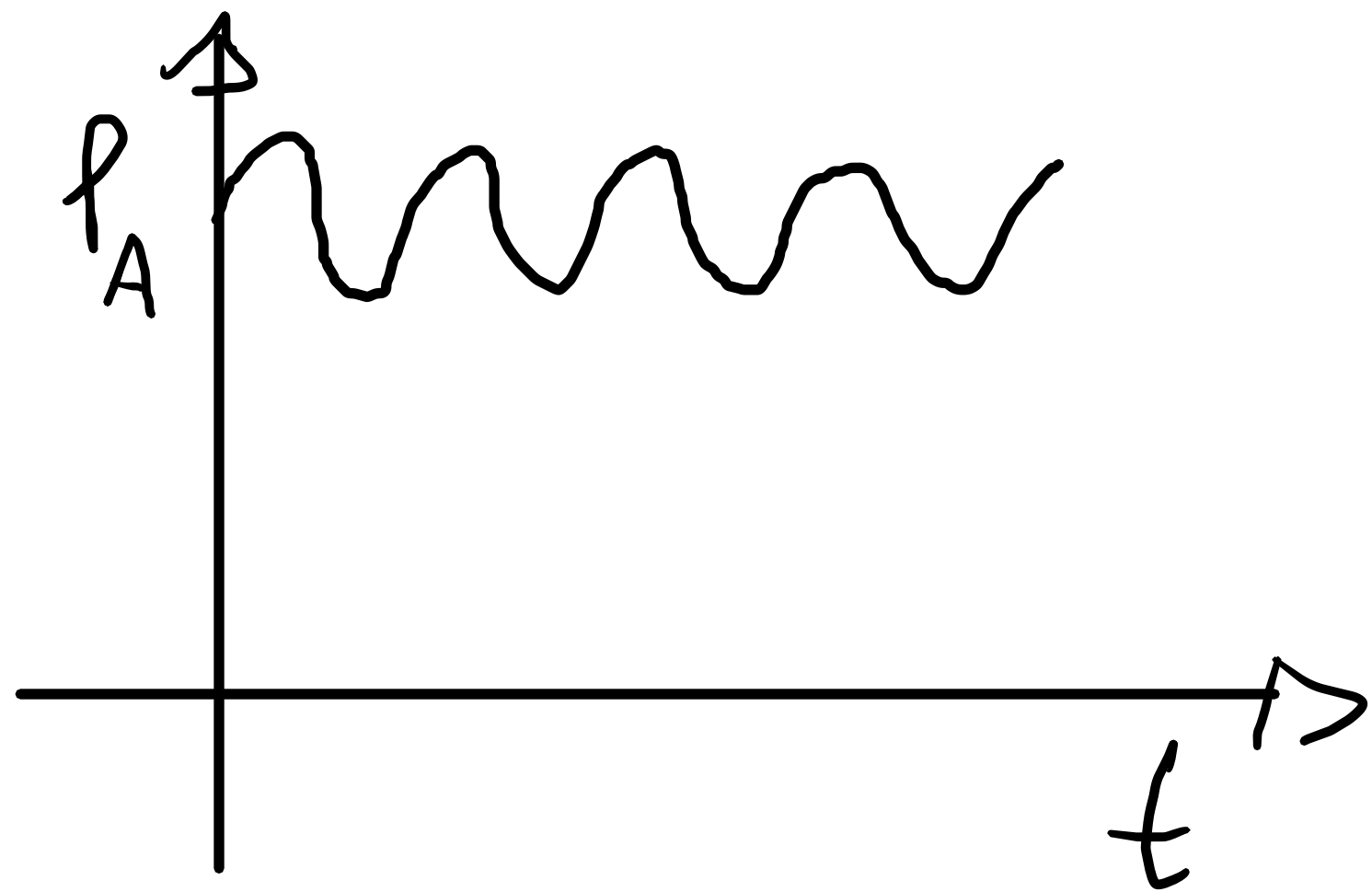
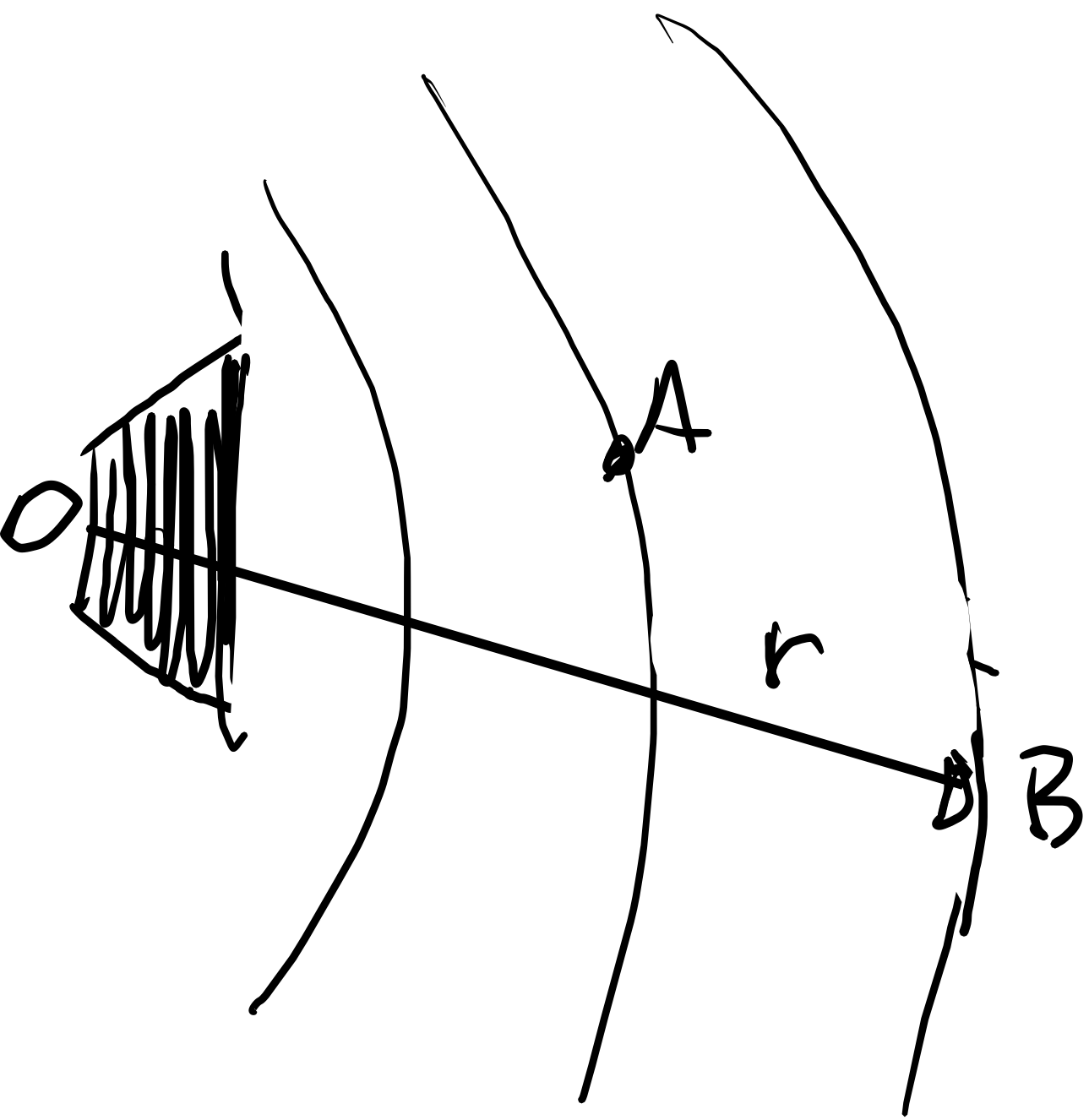


- ONDE LONGITUDINALI: la direzione di propagazione e della vibrazione sono uguali (parallele)

Esempi: molla, onde acustiche



ONDE SONORE: onde elastiche in un mezzo fluido



Sono onde longitudinali: in cui ogni punto del mezzo varia la pressione.

Si dicono ONDE DI PRESSIONE.

Le onde sonore si propagano nell'aria a circa 340 m/s

Consideriamo la frequenza $f = 440 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = 77 \text{ cm}$

Nell'acqua $v_s = 1450 \text{ m/s} \Rightarrow \lambda' = \frac{v_s}{\nu} = 3.3 \text{ m}$

Quali sono le caratteristiche delle onde sonore?

- ALTEZZA: frequenze fondamentali

↓
Quando un oggetto viene fatto vibrare
emette onde sonore ad una frequenza
fondamentale ν e ad armoniche
superiori: $2\nu, 3\nu, 4\nu$

- INTENSITÀ: tutte le onde trasportano energia!

↓
L'energia trasportata da un'onda acustica nell'unità
di tempo in cui attraversa un'unità di superficie

$$I \propto \frac{P}{S} \rightarrow \frac{W}{m^2}$$

- TIMBRO: dal numero di armoniche che
accompagnano ω_0 e dalle loro intensità
relative.

↓
Sorgenti diverse possono avere timbr.
diversi pur avendo la stessa altezza

Orecchio umano: $16\text{ Hz} - 16\text{ kHz}$
suoni udibili

Sotto 16 Hz → infrasuoni

Sopra 16 kHz → ultrasuoni

Inoltre, l'orecchio umano riceve suoni in un intervallo
di intensità molto ampio

↳ L'orecchio, come la vista, ha quindi una risposta
logaritmica

Quindi si utilizza una scala logaritmica per
misurare l'intensità del suono.

$$B = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right) \Rightarrow \text{DECIBEL}$$

dove $I_0 = 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ è la minima intensità
udibile dall'orecchio umano,

A 1000 Hz \rightarrow l'orecchio umano ha un intervallo
udibile da 0 dB a 120 dB

- Esempi:
- sussurro: 20 dB
 - conversazione: 60 dB
 - voce alta: 70 dB
 - Motore d'auto a 10 m: 120-130 dB

EFFETTO DOPPLER

Prendiamo una sorgente che emette ad una frequenza ν_0 , che si muove con una velocità v verso l'ascoltatore, allora la frequenza ascoltata

$$\nu = \nu_0 \left(\frac{v_s}{v_s - v} \right)$$

dove v_s \rightarrow velocità del suono
 v \rightarrow " della sorgente

Se invece la sorgente si allontana \rightarrow $\nu = \nu_0 \left(\frac{v_s}{v_s + v} \right)$

Nel caso in cui l'ascoltatore si muove
 verso la sorgente

$$V = V_0 \left(\frac{v_s + V}{v_s} \right) \rightarrow \text{velocità dell'ascoltatore}$$

Se si allontanano $V = V_0 \left(\frac{v_s - V}{v_s} \right)$

In generale

$$V = V_0 \left(\frac{v_s \pm v_{asc}}{v_s \pm v_{sorg}} \right)$$

+ v_{asc} se va verso la sorgente

+ v_{sorg} se si allontanano dall'ascoltatore.

- Quindi se sorgente ed ascoltatore si avvicinano $V > V_0$
 mentre se si allontanano $V < V_0$

ECOGRAFIA: tecnica diagnostica basata sulla riflessione da parte di interfacce tra mezzi diversi attraversati da ultrasuoni.

$$I(x) = I_0 e^{-\alpha x}$$

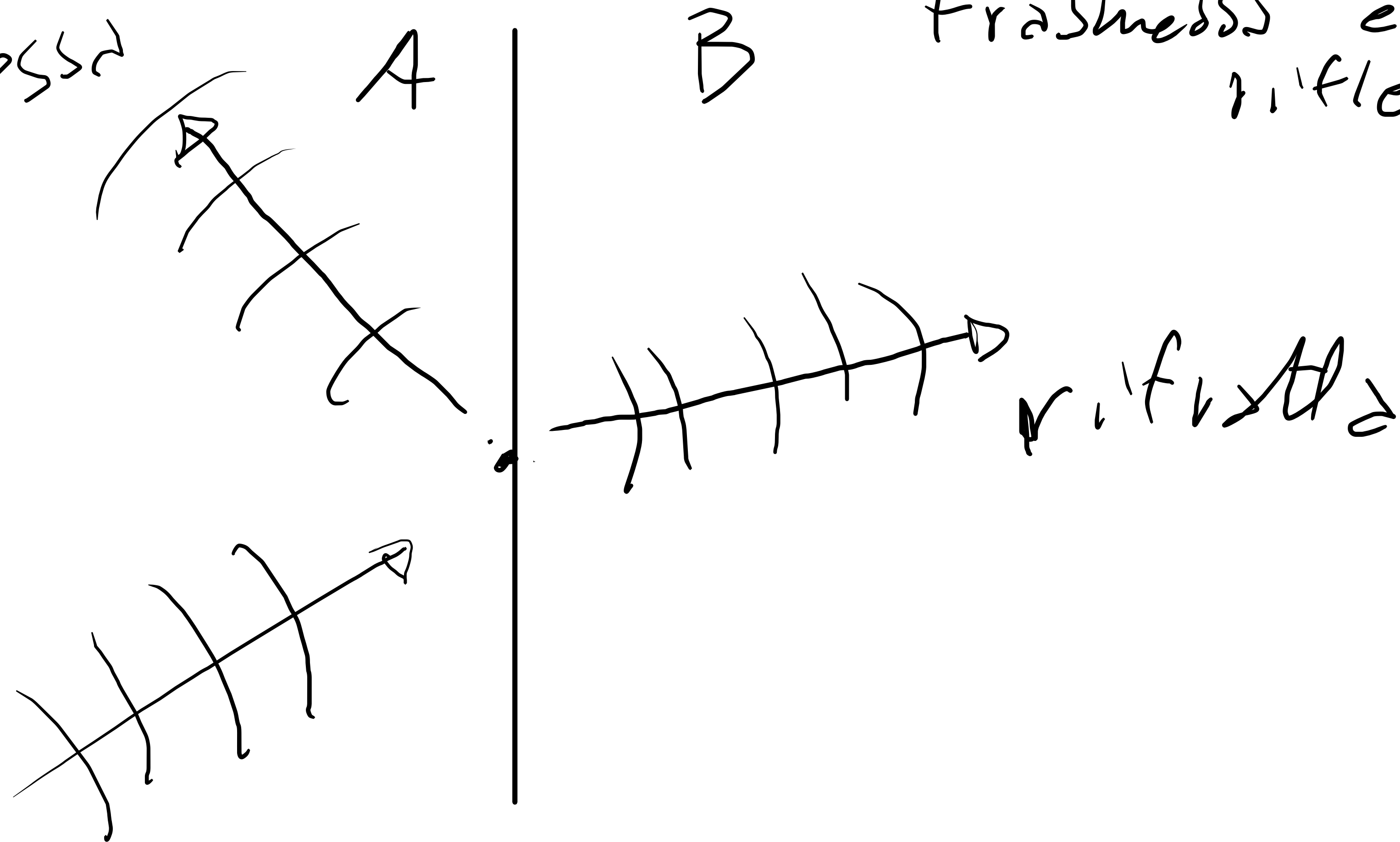
dove α dipende dalla frequenza e dal mezzo

Ad 1 MHz, $\alpha = 0.0006$ in acqua, 0.04 nel sangue, 0.5 nel muscolo, 0.26 nel tessuto adiposo

Tra 0.5 MHz e 1.5 MHz $\alpha \sim \sqrt{f}$

quando una onda sonora attraversa una
interfaccia tra mezzi diversi, viene in parte
riflessa e in parte
trasmessa ed in parte
riflessa.

riflessa



L'ecografia rileva l'eco dovuto alla riflessione degli
ultrasuoni

ECODOPPLER: è una ecografia che studia l'effetto
Doppler