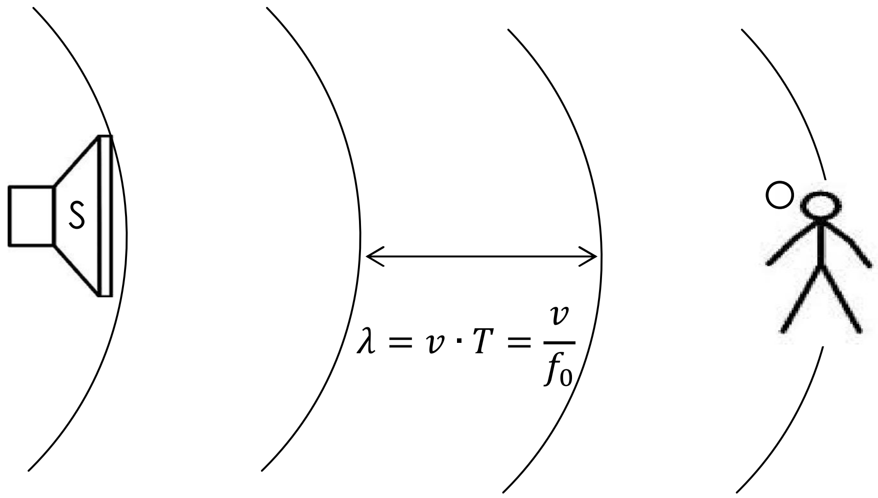
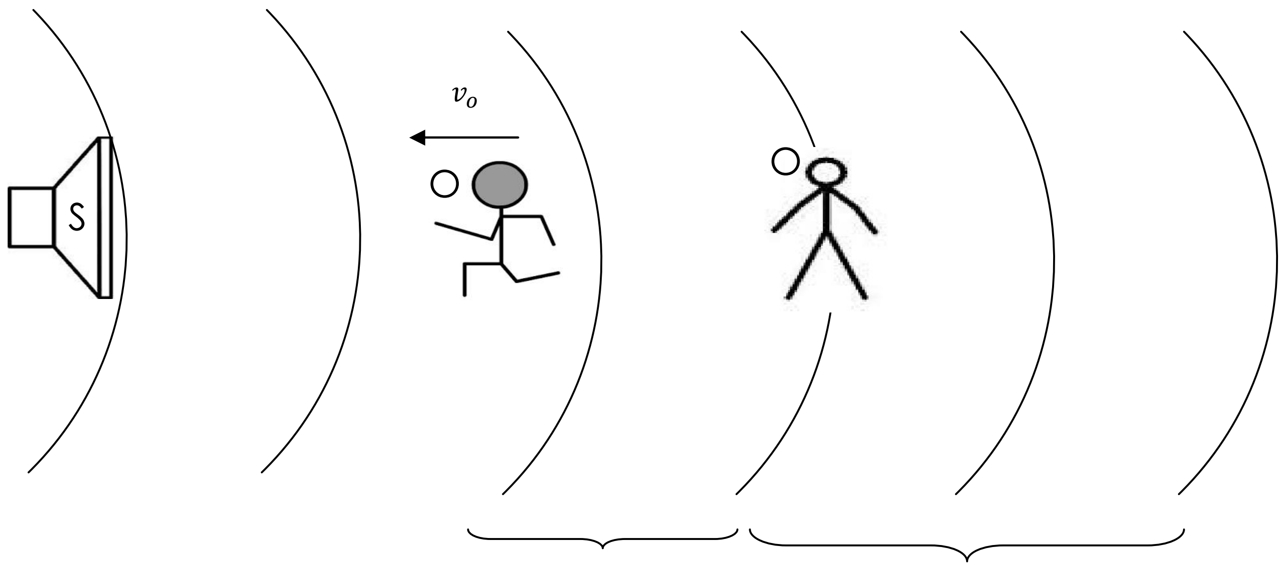
EFFETTO DOPPLER (ONDE MECCANICHE)

Se un osservatore e una sorgente di onde meccaniche sono in moto relativo (con velocità inferiore alla velocità dell'onda nel mezzo) la frequenza dell'onda emessa dalla sorgente viene percepita in modo diverso dall'osservatore. La variazione di frequenza è influenzata solo dalla componente della velocità diretta lungo la congiungente sorgente-osservatore. La relazione matematica assume una forma diversa a seconda di chi si muove rispetto al mezzo di propagazione. La mancanza di simmetria è dovuta al fatto che la velocità delle onde meccaniche dipende soltanto dalla natura del mezzo in cui si propagano.



λ = lunghezza d'onda
T = periodo dell'onda
v = velocità dell'onda rispetto al mezzo
f_0 = frequenza dell'onda emessa dalla sorgente
v_s = velocità della sorgente rispetto al mezzo
v_o = velocità dell'osservatore rispetto al mezzo
f' = frequenza percepita dalla sorgente

1. Sorgente ferma (rispetto al mezzo) e osservatore in moto (rispetto al mezzo)



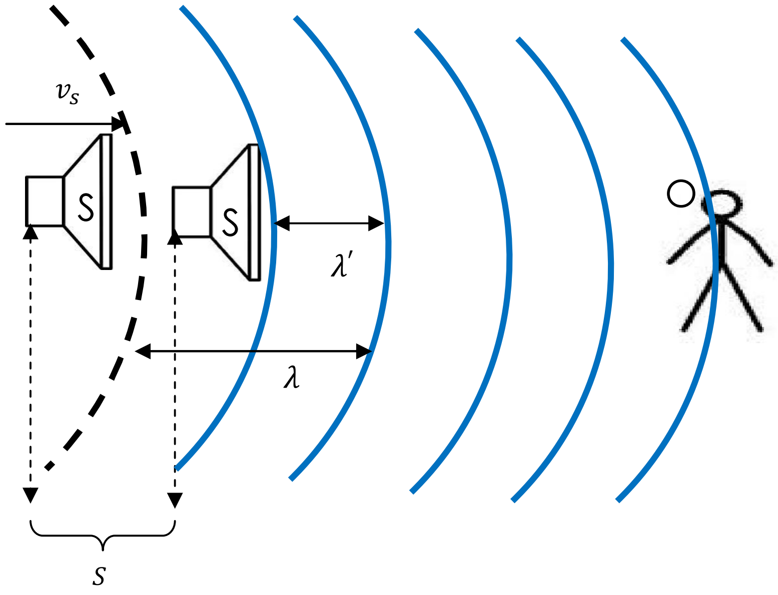
Se l'osservatore si muove verso la sorgente il numero di fronti d'onda aumenta della quantità $N = \frac{v_o \cdot \Delta t}{\lambda}$

In un intervallo di tempo Δt un osservatore fermo rispetto al mezzo viene investito da un numero di fronti d'onda pari $N_0 = \frac{v \cdot \Delta t}{\lambda}$

Complessivamente il numero di fronti che investe l'osservatore è dato da: $N_T = N + N_0 = \frac{(v+v_o)\cdot\Delta t}{\lambda}$ la frequenza percepita dall'osservatore è data da: $f' = \frac{N_T}{\Delta t} = \frac{(v+v_o)\cdot\cancel{\Delta t}}{\lambda\cdot\cancel{\Delta t}} = \frac{(v+v_o)}{\lambda}$ e ricordando che $\lambda = \frac{v}{f_0}$ segue: $f' = f_0 \cdot \frac{(v+v_o)}{v}$ Se l'osservatore si allontana dalla sorgente si avrà $f' = f_0 \cdot \frac{(v-v_o)}{v}$. In generale se la sorgente è ferma e l'osservatore si muove si ha:

$$f' = f_0 \cdot \frac{(v \pm v_o)}{v}$$

2. Sorgente in moto (rispetto al mezzo) e osservatore fermo (rispetto al mezzo)



La sorgente si muove verso l'osservatore con velocità v_s per cui dopo un intervallo di tempo pari a un periodo T avrà percorso uno spazio $s = v_s \cdot T$

La distanza tra due fronti d'onda non sarà quindi λ ma λ'.

$$\lambda' = \lambda - s = \frac{v}{f_0} - v_s \cdot T$$

$$\lambda' = \frac{v}{f_0} - \frac{v_s}{f_0} = \frac{1}{f_0} \cdot (v\text{-}v_s)$$

$$\frac{v}{f'} = \frac{1}{f_0} \cdot (v\text{-}v_s) \rightarrow f' = f_0 \cdot \left(\frac{v}{v-v_s}\right)$$

Se la sorgente si allontana dall'osservatore si avrà: $f' = f_0 \cdot \left(\frac{v}{v+v_s}\right)$.

In generale se l'osservatore è fermo e la sorgente si muove si ha: $f' = f_0 \cdot \left(\frac{v}{v \pm v_s}\right)$.

Se la sorgente e l'osservatore sono entrambi in movimento

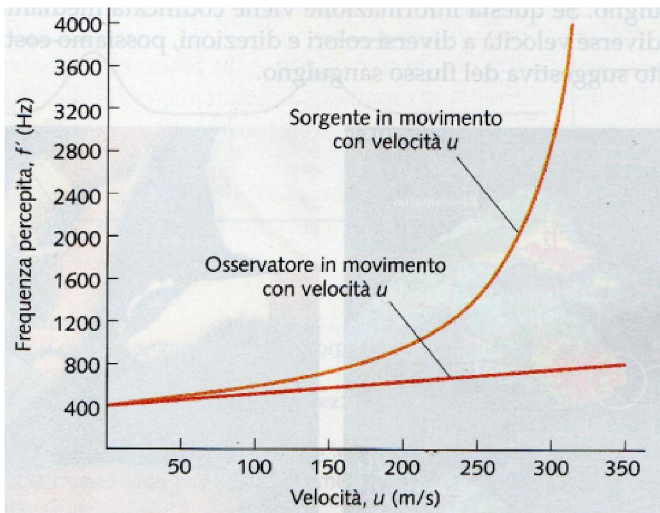
la relazione non è altro che la somma dei due contributi:

$$f' = f_0 \cdot \left(\frac{v \pm v_o}{v \pm v_s}\right)$$

Per quanto riguarda i segni vale la seguente regola:

Numeratore
- +) se l'osservatore si avvicina alla sorgente
- -) se l'osservatore si allontana dalla

Denominatore
- +) se la sorgente si allontana
- -) se la sorgente si avvicina



Il grafico sopra illustra l'andamento della frequenza percepita al variare della velocità della sorgente o dell'osservatore.