

L'ESPERIMENTO DI MELDE

Oscillazioni forzate

Un esempio semplice di oscillazione forzata si ha in una massa appesa ad una molla elicoidale e sollecitata da una forza esterna che varia sinusoidalmente con la legge:

$$f = f_0 \cdot \sin \omega_e t$$

dove ω_e è la pulsazione.

A regime, la frequenza è quella di un moto oscillatorio che ha il periodo uguale a quello della forza esterna mentre in assenza di essa il periodo sarebbe

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{K}}$$

essendo m la massa sospesa e K la costante elastica della molla

Quando il periodo della sollecitazione esterna eguaglia il periodo proprio del sistema si ha il fenomeno della risonanza che ha aspetti negativi e positivi:

- l'esempio negativo, passato alla storia, è il crollo del ponte di Tacoma-Narrows, nel 1940, a causa delle raffiche di vento che si susseguivano con lo stesso periodo proprio della struttura del ponte;
- l'esempio positivo è la sintonia che si ottiene in tutti i ricevitori radiotelevisivi.

Si osserva che l'ampiezza dell'oscillazione è indipendente dal periodo della forza esterna e proporzionale a f_0 se è $\omega \gg \omega_e$; inoltre, se il fattore che caratterizza lo smorzamento è sufficientemente grande, il sistema "risponde" bene a tutte le frequenze (altoparlanti, membrane telefoniche, sismografi, ecc.) e segue le variazioni temporali della forza impressa senza introdurre distorsioni apprezzabili.

La legge del moto a regime è del tipo:

$$x = A \cdot \cos(\omega_e \cdot t + \varphi)$$

Lo studio delle oscillazioni libere, forzate o smorzate ha, come già detto, enorme importanza in moltissimi sistemi che vengono utilizzati comunemente, è sufficiente pensare alle sollecitazioni che subiscono le parti di un'auto o di un aereo.

Esperimento di Melde

L'esperimento di Melde è facile da realizzarsi, consente di determinare la velocità di un'onda in una corda e, contemporaneamente, di verificare le due relazioni

$$v = \lambda \cdot f$$

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (1)$$

- v è la velocità;
- λ è la lunghezza d'onda;
- f è la frequenza;
- μ è la densità lineare del filo;
- dove F è la **tensione o intensità della forza**.

Un sistema oscillante genera nello spazio un moto ondoso, infatti è noto che:

- sulla superficie libera di un liquido, esempio l'acqua, si genera un sistema di onde (circolari o piane) quando essa è perturbata da un sistema oscillante;
- nello spazio si propaga un sistema di onde elettromagnetiche emesse da un'antenna o una sorgente luminosa.

Uno studio elementare delle caratteristiche di un'onda trasversale si può effettuare, per esempio, sollecitando una corda vincolata ad uno o entrambi gli estremi con una perturbazione esterna sinusoidale o pizzicandola.

Si pizzichi una corda¹ e si esamini il moto del singolo impulso che viaggia su di essa alla velocità \vec{v} .

La corda pizzicata in un punto subisce una leggera deformazione che per comodità si approssima ad un arco di circonferenza avente raggio R . Nel predetto punto agiscono due forze che hanno il risultante orientato verso il centro della circonferenza che approssima l'elemento di corda pizzicato.

Si può dimostrare che la velocità di propagazione dell'onda è data dalla legge:

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

dove F è la **tensione** che sollecita la corda in direzione longitudinale.

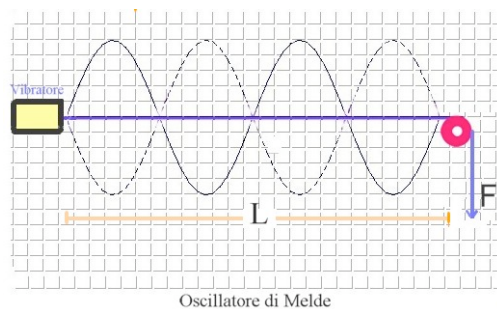
Il moto ondoso con la corda vincolata ad ambedue gli estremi è tale che questi sono nodi e la più semplice forma d'onda, in questo caso, è costituita da metà senoide; inoltre sulla corda si forma un sistema di onde stazionarie costituito dall'onda progressiva e da quella riflessa.

La lunghezza d'onda si ricava dal numero dei lobi che si formano nella corda tenendo presente che ciascuno di essi equivale a $\frac{\lambda}{2}$ e che deve essere necessariamente valida la relazione

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2}$$

dove L e n sono rispettivamente la lunghezza della corda ed il numero intero dei lobi.

In particolare, dalla figura si ricava che la lunghezza della corda è $L = 4 \cdot \frac{\lambda}{2}$.



Oscillatore di Melde

La velocità può essere determinata con le due relazioni (1) e i valori devono essere gli stessi entro i limiti degli errori sperimentali.

Esperimento

Al martelletto di un campanello elettrico è legata un'estremità di un filo mentre all'altra è applicata una forza (**tensione**) mediante piccole masse sospese (qualche decina di grammi) come rappresentato nella figura precedente.

Sono noti o misurabili:

- la frequenza dell'oscillatore (campanello) perché è quella della rete;
- la lunghezza del filo;
- la massa del filo;
- la lunghezza d'onda λ ;
- la tensione o intensità della forza che sollecita il filo nella direzione longitudinale.

Con le (1), come già detto, si determina la velocità.

¹ Una molla elicoidale sufficientemente lunga (slinky) è adatta per l'esperimento in quanto può essere misurato il tempo che la perturbazione impiega per percorrere un tratto prefissato.

