

## La risonanza

La comune altalena che si trova nei parchi da gioco è in sostanza un pendolo. Esso ha, come tutti i pendoli, una frequenza tipica di oscillazione.

Per spingere una persona sull'altalena, in modo da ottenere un moto sempre più ampio, dobbiamo imprimere all'altalena delle spinte anche piccole, ma sempre sincronizzate con il suo moto: quando l'altalena è tornata indietro al massimo e comincia a tornare in avanti, una piccola spinta ne aumenta l'ampiezza di oscillazione. Spinta dopo spinta, l'oscillazione diventa sempre più ampia e più veloce: è un esempio di un fenomeno generale, che avviene in meccanica, acustica ed elettromagnetismo e si chiama **risonanza**.

Si ha **risonanza** quando una forza esterna agisce su un sistema fisico con una frequenza capace di amplificare il moto del sistema stesso.



Un esempio famoso dei possibili effetti della risonanza è il crollo del ponte di Angeres, in Francia, avvenuto nel 1850. In quell'occasione passarono sul ponte diverse centinaia di soldati, che marciavano al passo: i colpi dei piedi sul ponte lo fecero vibrare in modo tale da amplificarne le oscillazioni spontanee, proprio come avviene nell'altalena; mediante tale meccanismo, queste oscillazioni si ampliarono fino a staccare i cavi che sorreggevano il ponte dai loro punti di ancoraggio.

In molti casi la risonanza è anche la causa dei danni arrecati dal terremoto. Per esempio, nel 1989 un violento terremoto avvenuto nella zona di San Francisco, in California, fece crollare un tratto di autostrada sopraelevata.

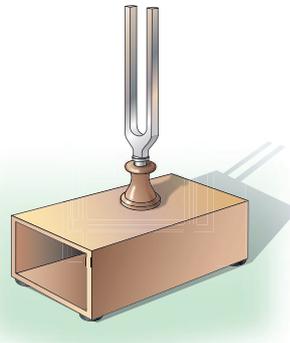
In quell'occasione le onde sismiche avevano una frequenza di circa 1,4 Hz e sono entrate in risonanza con le oscillazioni della carreggiata. La strada ha dunque iniziato a vibrare con un'ampiezza sempre più grande, fino a crollare.

### ■ La risonanza acustica

Chitarre, violini e molti altri strumenti musicali possiedono una cassa di risonanza, o cassa armonica, che permette di amplificare il suono emesso dalle corde che vibrano: la cassa è progettata in modo tale da vibrare, insieme all'aria contenuta, alle stesse frequenze generate dalle corde.

In questo modo la pressione periodica dell'aria generata dal movimento delle corde, pur non molto intensa, è in grado di far vibrare in modo efficace sia la cassa armonica, sia l'aria contenuta in essa. Così il suono emesso dallo strumento musicale è chiaramente udibile.

Un modello semplice che illustra il funzionamento della cassa armonica è quello illustrato nella figura seguente: un diapason è inserito su una cassa di legno di dimensioni opportune.

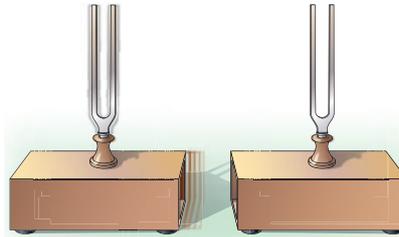


Se si afferra il diapason con una mano e lo si percuote si ottiene un suono debole, talvolta difficile da udire; invece, infilando lo stesso diapason nella cassa armonica si ottiene un suono intenso, a dimostrazione del fatto che sta avvenendo il fenomeno della risonanza.

L'esempio dell'altalena mostra che il fenomeno della risonanza permette il trasferimento di energia da un sistema fisico (la persona che spinge) a un altro (l'altalena).

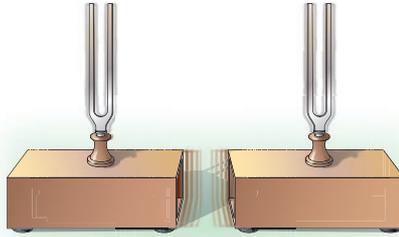
Anche in questo caso esiste un modello semplice, che mostra lo stesso fenomeno realizzato mediante onde acustiche: esaminiamo due sistemi identici, formati da diapason che emettono la stessa nota e montati su casse armoniche uguali. Le due casse sono posizionate una di fronte all'altra in modo che le parti laterali aperte siano affacciate.

► Colpendo con il martelletto uno dei diapason, questo si mette a vibrare ed emette il suo suono tipico.



A

► Si nota che anche l'altro diapason si mette a vibrare, anche se non è stato colpito.



B

Sono le onde di pressione che, partendo dal primo diapason, mettono in movimento il secondo e ne amplificano l'oscillazione, proprio come avviene nell'altalena. In linguaggio musicale si dice spesso che il diapason non colpito dal martelletto si mette a suonare «per simpatia».

Se il secondo diapason oscilla con una frequenza diversa dal primo, questo trasferimento di energia da un corpo in oscillazione a un altro non avviene (oppure è decisamente ridotto), proprio perché non si realizza la condizione di risonanza: le onde di pressione che provengono dal primo diapason non colpiscono il secondo nel momento giusto.

Diversi strumenti musicali hanno corde che suonano per simpatia, cioè senza essere pizzicate dall'esecutore: il più comune è la chitarra a dodici corde, altri sono meno conosciuti, come la viola d'amore e il sitar indiano. La presenza di queste corde secondarie permette di ottenere suoni con un timbro caratteristico e molto particolare.

#### Ottave diverse

Nella chitarra a dodici corde, le prime due sono affiancate da corde identiche, mentre le altre sono affiancate da corde che emettono la nota corrispondente dell'ottava superiore. In questo caso la frequenza propria di oscillazione della seconda corda è esattamente il doppio di quella della prima e il fenomeno della risonanza avviene ugualmente.

#### DOMANDA

Costruisci un pendolo con un pezzo di spago e un pesetto. Dopo averlo messo in moto, prova a spingere il pesetto in modo casuale, non in accordo con la frequenza naturale del pendolo.

- L'ampiezza di oscillazione del pendolo aumenta o diminuisce?
- Di conseguenza, avviene il fenomeno della risonanza?

## ESERCIZI

**1 Vero o falso?**

Costruisci un pendolo con un pezzo di spago e un pesetto e fa' in modo di spingere il pesetto quando si trova nel punto centrale dell'oscillazione. Sulla base di questo esperimento rispondi alle domande che seguono.

- a.** Il fenomeno della risonanza avviene quando il pendolo riceve spinte con una frequenza uguale a quella con cui esso oscilla naturalmente.  V  F
- b.** Il fenomeno della risonanza avviene quando il pendolo riceve spinte con una frequenza doppia rispetto a quella con cui esso oscilla naturalmente.  V  F
- c.** Il fenomeno della risonanza avviene quando il pendolo riceve spinte con una frequenza uguale alla metà di quella con cui esso oscilla naturalmente.  V  F
- d.** Il fenomeno della risonanza avviene quando il pendolo riceve spinte con qualunque frequenza.  V  F

**2 Caccia all'errore.** «Per distruggere una grande struttura (come un ponte, un palazzo o una torre) sono in ogni caso necessarie forze in grado di imprimere direttamente danni evidenti (per esempio fratture o crepe) alla struttura stessa.»

**3 Test.** Tra questi strumenti musicali, quale non possiede una cassa di risonanza?

- A Tamburo.  
 B Tamburello.  
 C Violoncello.  
 D Chitarra.

**4 Quesito.** È noto che un suono abbastanza intenso (e con la frequenza giusta) può rompere un bicchiere di cristallo. Percuotendo leggermente il bicchiere, esso emette un suono con una frequenza di 900 Hz.

► Quale frequenza può avere un suono che, se abbastanza intenso, è in grado di rompere il bicchiere?