

Sintesi dell'intervento del prof. Mascheretti

Si è tentato di distinguere il piano dell'osservazione (cose scritte in *italico*) da quello dell'interpretazione.

Partiamo dalle oscillazioni

1) Cosa intendiamo con “oscillazione” ?

Partiamo da quello che tutti possiamo osservare nella vita quotidiana facendo alcuni esempi di sistemi¹ in cui si producono oscillazioni:

- *Quando c'è una struttura che si flette, come le spighe del grano, il ramo di un albero a cui si appoggia un uccellino, le molle² a flessione cioè lamine che si flettono sotto il peso di un carico³*
- *Quando c'è una struttura che si avvita ad elica come i viticci della vite o la molla regina⁴*

Si parla di oscillazione quando c'è un moto che si ripete o su una linea che indica una andata e un ritorno o lungo un ovale stretto e appiattito. Non si parla di oscillazione ad esempio per il moto della Terra intorno al Sole.

Per osservare le oscillazioni occorre un elemento elastico⁵ (che in generale è anche “pesante”) ed una massa che renda l'oscillazione più visibile. In tal modo si forma un oscillatore.

In fisica, la parte elastica la si idealizza come pura elasticità e quella massiva come pura massa.

In generale quindi si ha un oscillatore quando si ha a che fare con un elemento elastico per torsione (c'è una torsione anche nel filo che viene utilizzato per realizzare la più classica molla ad elica che si deforma per compressione o per stiramento) o per flessione, a cui si applica un *elemento massivo* (una massa, un oggetto pesante).

Per studiare come cambiano le oscillazioni bisogna introdurre le grandezze che si usano per descrivere una oscillazione: prime fra tutte l'ampiezza e la frequenza.

1. l'ampiezza è la distanza tra i due estremi dell'oscillazione
2. ogni oscillatore è caratterizzato da una frequenza, f , (n° oscillazioni/sec) e dal periodo, P , (durata di un ciclo oscillatorio: un ciclo si compie ad esempio quando la massa ripassa dal punto di partenza o di innesco). Il periodo è l'inverso della frequenza, $1/f$.

¹ Sistemi: creano interazioni tra punti interni o esterni al sistema stesso.

² Le molle esistono fin dal III periodo dei Greci, ma si sviluppano dopo il rinascimento con le macchine complesse e con la comparsa dell'acciaio o del bronzo elastico (quasi un ottone). Oltre alle molle citate negli esempi vi sono anche:

- molle a spirale o a capello che sono state impiegate per misurare il tempo negli orologi.
- Lamine a torsione

³ si tratta di comportamenti non lineari perché la deformazione non è proporzionale al carico

⁴ si tratta in generale di comportamenti lineari perché la deformazione è proporzionale al carico, almeno per alcuni intervalli di peso/deformazione.

⁵ Nella realtà esistono molti corpi elastici che possono essere intrinsecamente non deformabili (es. la maglia: i singoli fili non sono elastici ma l'intreccio nella trama rende l'insieme elastico)

3. P e f dipendono dalla massa e dalla flessibilità⁶ della struttura che si flette. La frequenza non dipende dall'ampiezza delle oscillazioni né dalla forza che applico.

Cambiando la massa (a parità di elemento elastico) cambia la frequenza di oscillazione; cambiando l'elemento elastico (a parità di massa) cambia la frequenza di oscillazione.

Si può esplorare sperimentalmente come l'elemento elastico e quello massivo influiscono sulla frequenza di oscillazione:

- a) *a parità di massa applicata, con due molle di diversa flessibilità, nella molla più flessibile la frequenza risulta minore ed il periodo maggiore: il sistema diventa lento.*
- b) *Fissata la molla, cambiando la massa, la frequenza diminuisce con il crescere della massa; la frequenza aumenta con il decrescere della massa.*

Un altro sistema oscillante molto usato sia in fisica che nelle applicazioni tecnologiche è il pendolo, nel caso più semplice un filo a cui è appesa una massa.

Spostato dalla verticale e lasciato andare il sistema oscilla.

Qui la situazione è un po' diversa, il "richiamo" che tende a riportare il sistema nella situazione di equilibrio è fornito dalla gravità e non dalla elasticità, il motore delle oscillazioni del pendolo è la gravità e non la flessibilità.

*Nel pendolo la frequenza dipende dalla lunghezza del filo e non dalla massa. La massa rallenta le oscillazioni di molle e lamine ma non del pendolo.*⁷

2) Perché le oscillazioni si fermano? Parlando di energia

L'oscillazione nel tempo si ferma.

Questo accade perché si dissipa energia a causa di attriti di natura microscopica fra le molecole del materiale e dell'aria.

Possiamo osservare un aumento di temperatura dell'aria e del peso.

L'energia meccanica in parte si trasforma in energia interna al sistema (l'energia si conserva nel sistema) e l'effetto è che il sistema si riscalda.

Spieghiamolo con una metafora: paragoniamo una molla con un peso ad un passeggero che va avanti e indietro; ad ogni passaggio c'è un brigante che porta via l'1% dei soldi che ha il passeggero, questo pian piano resta senza soldi e si deve fermare.⁸

Se io compensassi un pochino la perdita di energia meccanica del movimento oscillatorio potrei continuare a far oscillare l'oscillatore in eterno: oscillazione forzata (come quella della carica degli orologi).

Analizziamo più in dettaglio il problema delle oscillazioni forzate.

⁶ La flessibilità si valuta dall'allungamento più o meno elevato, a parità di lunghezza iniziale e del peso applicato. Se, per ogni molla, si riporta su un grafico l'allungamento sull'asse delle ascisse e il peso sull'asse delle ordinate, la pendenza della retta (k nella tradizionale formula $F=kx$) è l'inverso della flessibilità, a pendenze elevate (k alte) corrispondono molle "dure", poco elastiche.

⁷ Ce ne possiamo dare una spiegazione intuitiva

Poiché la forza di gravità è proporzionale alla massa, quest'ultima non influenza la frequenza: se la massa è piccola anche la forza di gravità è piccola. Ciò che influisce sulla frequenza è la lunghezza del filo: a parità di dislivello (tra il punto più alto raggiunto dal pendolo e il punto più basso, da cui si parte) un pendolo più lungo ha un periodo maggiore. L'oscillazione avviene lungo una circonferenza di raggio maggiore. La forza di gravità ha sete di dislivelli.

⁸ Gli attriti non hanno memoria a differenza del movimento oscillatorio che, invece, è intrinsecamente legato al punto e all'attimo precedente.

Prendiamo una molla ad elica a spire distanziate, la mettiamo in verticale ad esempio la sospendiamo ad una matita (appoggiata sul banco e che parzialmente sporge dal banco) e ci appendiamo una massa. Mettiamo il sistema in oscillazione tirando la massa verso il basso e fischiando memorizziamo la sua frequenza propria di oscillazione. Adesso invece teniamo ferma la molla e la massa e muoviamo la matita, la facciamo oscillare su e giù facendo perno sul bordo del tavolo, decidiamo noi la frequenza "forzante" (frequenza alta: andiamo su e giù con la matita molte volte in un secondo, oppure frequenza bassa: andiamo su e giù poche volte).

Gli effetti che il nostro intervento esterno produce sul sistema massa-molla dipendono da come è la frequenza forzante rispetto alla frequenza propria dell'oscillatore.

Se la frequenza forzante è:

- *molto più grande di quella dell'oscillatore in questione, l'oscillazione indotta è inesistente, la molla vibra velocemente e la massa sta praticamente ferma (massa inerte). Questo è il principio con cui sono costruiti i sismografi: alla massa inerte viene applicato un pennino che scrive su un rullo solidale con la struttura a cui è appeso l'oscillatore. La struttura vibra col terreno e la massa inerte può segnalare sulla carta l'ampiezza e la frequenza delle oscillazioni.*
- *Molto più piccola di quella dell'oscillatore in questione: anche qui praticamente la massa quasi non oscilla*
- *è uguale alla frequenza dell'oscillatore in questione, la massa va in risonanza: l'ampiezza delle oscillazioni forzate aumenta (come i bambini che si spingono sull'altalena per andare sempre più veloci), fino a che addirittura il peso schizza via dalla molla.*

Gli acrobati del circo applicano tutte le regole della meccanica anche se non sanno formalizzarle. La musica e la voce non esisterebbero senza corpi vibranti⁹.

Dalle oscillazioni alle onde

Cerchiamo adesso di cogliere il nesso tra le oscillazioni e le onde attraverso l'osservazione di un moto collettivo di pendoli uguali (fili di cotone a cui sono appesi dei bulloni) che oscillano sospesi sopra la lavagna luminosa accesa.

Si parte con due pendoli di stessa lunghezza (e quindi frequenza) che vengono fatti partire insieme, dalla stessa posizione. Si esplorano quindi diverse situazioni: pendoli che partono nello stesso istante da posizioni diverse (ad esempio dalle due posizioni estreme dell'oscillazione), pendoli che partono in successione, uno dopo l'altro (il secondo parte quando il primo è a metà dell'oscillazione, ha terminato la sua prima oscillazione, è a un quarto ecc).

I pendoli possono essere :

- in fase se hanno la stessa frequenza e sono sincroni (vanno insieme anche se partono da posizioni diverse)
- in opposizione di fase se, partito uno, l'altro parte quando il primo è a metà dell'oscillazione (all'estremo opposto). Cioè, ogni pendolo ha un ritardo di mezzo periodo dall'altro.

Se un pendolo parte con $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{4}$ di periodo dall'altro (e in generale con qualunque ritardo) il loro movimento potrebbe andare all'infinito se non ci fossero attriti.

[Questa parte scritta in blu va verificata rifacendo l'esperimento perché abbiamo dei dubbi](#)

⁹ si parla di vibrazioni riferite all'oggetto che è sede di onde: vibrano le corde di una chitarra, vibra una lamina metallica, ecc.)

*Se faccio partire in fase una serie di pendoli (appoggiandoli ad un supporto a semicerchio) si forma un'onda stazionaria **che sembra cioè restare ferma sul posto e riflettersi.**(??)*

Se faccio partire un pendolo dopo l'altro, ad intervalli costanti, ma non troppo velocemente si forma un'onda come la ola.

*Se li faccio partire a **piccoli** intervalli costanti, e velocemente, si forma un'onda lunga.*

*Se li faccio partire a **grandi** intervalli costanti, e lentamente, si forma un'onda che ha una lunghezza d'onda minore ed ogni pendolino può in successione diventare la cresta dell'onda e ciò determina il passaggio dell'onda??? **CONTROLLARE IL FENOMENO, non è IL CONTRARIO???***

Abbiamo così introdotto una grandezza importante che nelle oscillazioni non c'era: la lunghezza d'onda, la distanza tra due creste.

Definiamo velocità di propagazione dell'onda: distanza nello spazio /distanza nel tempo, ovvero lunghezza d'onda diviso periodo

("lontano nel tempo" o anno-luce sono due usi spaziali del valore del tempo).

Meno lunga è l'onda minore è a sua velocità.

Possiamo a questo punto dare una definizione di onda.

Onda: è un moto collettivo in cui ogni particella, che fa parte di un sistema esteso, interagisce con le altre ed oscilla con un certo ritardo rispetto a quella vicina.

Esempio di propagazione delle onde in acqua a partire da un centro: *la cresta dell'onda diminuisce man mano che le onde si propagano dal centro verso la periferia* perché, aumentando il volume d'acqua interessato, il movimento viene distribuito su un volume maggiore, diminuendo i suoi effetti.

Se la profondità del fondo marino diminuisce, diminuisce anche la velocità dell'onda.

Il movimento ondulatorio non è una caratteristica esclusiva delle onde fisiche; si possono trovare analogie con movimenti completamente diversi, dal movimento degli animali ai movimenti delle popolazioni umane (per esempio le invasioni barbariche) a, ancora, il movimento delle grandi rivoluzioni culturali e alla modalità di migrazione delle conoscenze sul nostro pianeta.

In questi casi si intende per "onda" il propagarsi di una perturbazione, il fatto che un evento avvenuto in certo momento in certo punto dello spazio si ritrovi praticamente identico in altri punti dello spazio con un certo ritardo rispetto all'evento iniziale.