



Effetto Doppler

L'effetto Doppler è un cambiamento apparente della frequenza o della lunghezza d'onda di un'onda percepita da un osservatore che si trova in movimento rispetto alla sorgente delle onde.

Storia

L'effetto fu analizzato per la prima volta da Christian Andreas Doppler nel 1845. Per verificare la sua ipotesi effettuò un famoso esperimento: si piazzò accanto ai binari della ferrovia e ascoltò il suono emesso da un vagone pieno di musicisti mentre si avvicinava e poi mentre si allontanava. L'esperimento confermò che: l'altezza del suono era più alta quando l'origine del suono si stava avvicinando, e più bassa quando si stava allontanando. Hippolyte Fizeau scoprì indipendentemente lo stesso effetto nelle onde elettromagnetiche nel 1848. Oggi è molto facile constatare l'effetto Doppler: basta ascoltare la differenza nel suono emesso dalla sirena di un mezzo di soccorso quando si avvicina e quando si allontana.

Spiegazione

Per comprenderne il principio su cui si basa il funzionamento dell'effetto Doppler, possiamo considerare la seguente analogia: qualcuno lancia una serie di palle ogni secondo nella nostra direzione. Assumiamo che le palle viaggino con velocità costante. Se colui che le lancia è fermo, riceveremo una palla ogni secondo. Ma, se si sta invece muovendo nella nostra direzione, ne riceveremo un numero maggiore perché esse saranno meno spaziate. Al contrario, se si sta allontanando ne riceveremo di meno.

Ciò che cambia è quindi la distanza (definita propriamente lunghezza d'onda); come conseguenza, l'altezza del suono percepito cambia. Se una sorgente in movimento sta emettendo onde con una frequenza f_0 , allora un osservatore stazionario (rispetto al mezzo di trasmissione) percepirà le onde con una frequenza f data da:

$$f = f_0 \frac{v}{v - v_{s,r}}$$

dove v è la velocità delle onde nel mezzo e $v_{s,r}$ è la velocità della sorgente rispetto al mezzo (considerando solo la direzione che unisce sorgente ed osservatore), positiva se verso l'osservatore, e negativa se nella direzione opposta).

Applicazioni

Nella vita quotidiana, un classico esempio di effetto Doppler, è dato dalla sirena di un'ambulanza. Questa infatti inizierà ad essere percepita più alta del suo tono effettivo, si abbasserà mentre passa accanto all'osservatore, e continuerà più bassa del suo tono effettivo mentre si allontana dall'osservatore. In altre

parole: se la sirena si stesse avvicinando direttamente verso l'osservatore, il tono sarebbe rimasto costante (anche se più alto dell'originale) fino a raggiungere l'osservatore, e salterebbe immediatamente ad un tono inferiore una volta che lo avesse oltrepassato (sempre che l'osservatore sia ancora in grado di sentirla).

In astronomia l'effetto Doppler, applicato alle onde luminose, è usato per misurare la velocità con cui stelle e galassie si stanno avvicinando o allontanando da noi, per scoprire se una stella apparentemente singola è, in realtà, una stella binaria con componenti molto vicine tra loro, e anche per misurare la velocità di rotazione di stelle e galassie.

L'effetto Doppler ha condotto allo sviluppo delle teorie sulla nascita ed evoluzione dell'Universo come il Big Bang.

Oltre all'ambito astronomico, l'effetto Doppler è utilizzato in molte applicazioni:

- Per misurare la velocità degli oggetti rilevati tramite radar: Un fascio radar è lanciato contro un oggetto in movimento, per esempio un'automobile, nel caso dei radar in dotazione alle forze di polizia di molti Paesi del mondo. Se l'oggetto si sta allontanando dall'apparecchio radar, ogni onda di ritorno ha dovuto percorrere uno spazio maggiore della precedente per raggiungere l'oggetto e tornare indietro, quindi lo spazio tra due onde successive si allunga, e la frequenza delle onde radio cambia in modo misurabile. Usando le formule dell'effetto Doppler si può risalire alla velocità dell'oggetto;
- In medicina: per la rilevazione della velocità del flusso sanguigno. Tale principio infatti è sfruttato dai Flussimetri Eco-Doppler (ADV, ovvero Acoustic Doppler Velocimeter), nei quali una sorgente di onde sonore, generalmente ultrasuoni, viene orientata opportunamente. Queste onde acustiche vengono poi riflesse con una nuova frequenza, a seconda della velocità vettoriale delle particelle sanguigne, rilevata e rielaborata in modo da ottenere tale misura di velocità.