

EFFETTO DOPPLER

(appunti da Wikipedia)

L'**effetto Doppler** è un fenomeno fisico che consiste nel cambiamento, rispetto al valore originario, della frequenza o della lunghezza d'onda *percepita* da un osservatore raggiunto da un'onda emessa da una sorgente che si trovi in movimento rispetto all'osservatore stesso.

Nel caso che la sorgente e l'osservatore si muovano entrambi rispetto al mezzo di propagazione delle onde, l'effetto Doppler totale può derivare dalla combinazione dei due movimenti. Perciò ognuno di essi è analizzato separatamente.

L'effetto fu analizzato per la prima volta da Christian Andreas Doppler nel 1845. Procedette quindi a verificare la sua analisi in un famoso esperimento: si piazzò accanto ai binari della ferrovia, e ascoltò il suono emesso da un vagone pieno di musicisti, assoldati per l'occasione, mentre si avvicinava e poi mentre si allontanava. Confermò che l'altezza del suono era più alta quando l'origine del suono si stava avvicinando, e più bassa quando si stava allontanando, dell'ammontare predetto. Hippolyte Fizeau scoprì indipendentemente lo stesso effetto nelle onde elettromagnetiche nel 1848 (in Francia, l'effetto è a volte chiamato "effetto Doppler-Fizeau").

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, oppure quella nel fischio di un treno in avvicinamento prima e in allontanamento poi. L'effetto è tanto più evidente quanto più il mezzo è veloce. L'effetto è anche più evidente quando l'oggetto o la fonte che emette il suono si trova vicino ad un osservatore.

È importante notare che la frequenza del suono emesso dalla sorgente non cambia *nel sistema di riferimento solidale alla sorgente*. Per comprendere il fenomeno, consideriamo la seguente analogia: se siamo fermi sulla spiaggia, vediamo arrivare le onde supponiamo ogni cinque secondi, quindi ad una determinata frequenza; se ora entriamo in acqua e navighiamo verso il mare aperto, andiamo incontro alle onde, quindi le incontriamo più frequentemente (la frequenza aumenta), mentre se navighiamo verso riva, nella stessa direzione delle onde, la frequenza con cui le incontriamo diminuisce. Per fare un altro esempio: qualcuno lancia una palla 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 nel medesimo lasso di tempo (ovvero, a una frequenza maggiore), perché esse saranno meno spaziate. Al contrario, se si sta allontanando ne riceveremo di meno nell'unità di tempo. Ciò che cambia è quindi la frequenza *nel sistema di riferimento del rilevatore*; come conseguenza, l'altezza del suono percepito cambia.

Nel caso di onde meccaniche, come quelle sonore, il mezzo in cui le onde si propagano individua un sistema di riferimento privilegiato. C'è perciò una differenza fisica tra il caso in cui l'osservatore è fermo e la sorgente in moto, e quello in cui la sorgente è a riposo e l'osservatore in moto. Per la luce, però, tutti i sistemi di riferimento sono fisicamente equivalenti.

Nell'espressione relativistica lo spostamento Doppler deve dipendere soltanto dalla velocità relativa della sorgente e dell'osservatore

Molti radar moderni sfruttano tale effetto

L'effetto Doppler è anche usato in alcune forme di radar per misurare la velocità degli oggetti rilevati. 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. Questa tipologia di radar è molto utilizzata per le previsioni meteorologiche perché permettono di individuare con precisione distanza, velocità e direzione dei fronti nuvolosi.

In astronomia

L'effetto Doppler, applicato alle onde luminose, è fondamentale nella astronomia radar. Interpretandolo come dovuto ad un effettivo moto della sorgente (esistono anche interpretazioni alternative, ma meno diffuse), è stato usato per misurare la velocità con cui stelle e galassie si stanno avvicinando o allontanando da noi, per scoprire che 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'uso dell'effetto Doppler in astronomia si basa sul fatto che lo spettro elettromagnetico emesso dagli oggetti celesti non è continuo, ma mostra delle linee spettrali a frequenze ben definite, correlate con le energie necessarie ad eccitare gli elettroni di vari elementi chimici. L'effetto Doppler è riconoscibile quando le linee spettrali non si trovano alle frequenze ottenute in laboratorio, utilizzando una sorgente stazionaria. La differenza in frequenza può essere tradotta direttamente in velocità utilizzando apposite formule.

Poiché i colori posti ai due estremi dello spettro visibile sono il blu (per lunghezze d'onda più corte) e il rosso (per lunghezze d'onda più lunghe), l'effetto Doppler è spesso chiamato in astronomia spostamento verso il rosso se diminuisce la frequenza della luce, e spostamento verso il blu se l'aumenta.

L'effetto Doppler ha condotto allo sviluppo delle teorie sulla nascita ed evoluzione dell'Universo come il Big Bang, basandosi sul sistematico spostamento verso il rosso mostrato da quasi tutte le galassie esterne. Tale effetto è stato codificato nella legge di Hubble.

L'effetto Doppler è una prova inoltre della continua espansione dell'universo. Consideriamo infatti una stella: controllando la sua lunghezza d'onda noteremo che si sposta sempre di più verso il rosso. Ciò significa che la sua lunghezza d'onda è aumentata e conseguentemente la stella è sempre più lontana da noi. Questo indica che l'universo è in continua espansione e ogni elemento tende ad allontanarsi da tutto, allungando sempre di più la sua lunghezza d'onda.