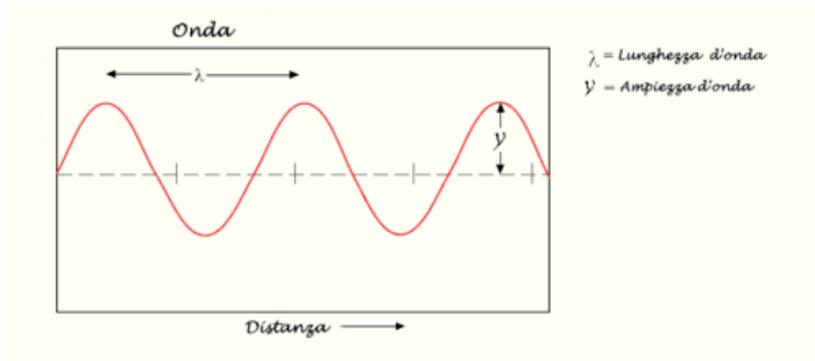
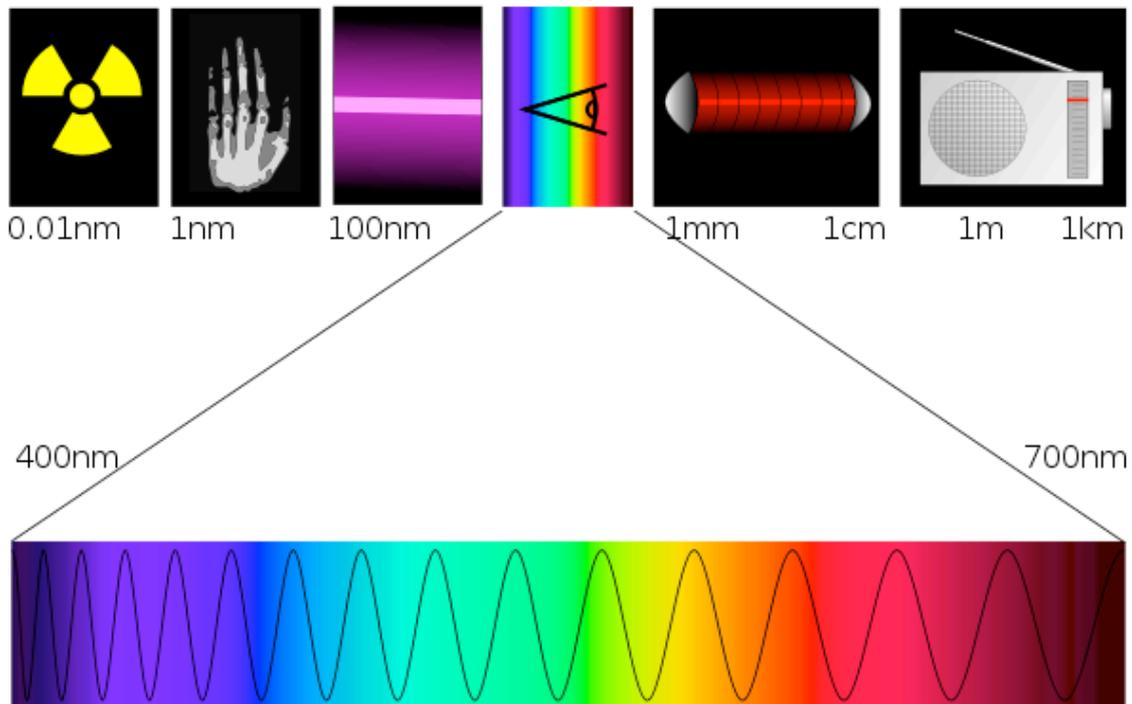


## RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA



In fisica, in particolare in elettromagnetismo, la **radiazione elettromagnetica** è un fenomeno ondulatorio dato dalla propagazione nello spazio del campo elettromagnetico. Si tratta della propagazione contemporanea di un campo elettrico e di un campo magnetico, oscillanti in piani tra loro ortogonali. La radiazione

elettromagnetica si propaga in direzione ortogonale ai due campi. Secondo il modello standard, il quanto della radiazione elettromagnetica è il fotone, mediatore dell'interazione elettromagnetica. La velocità di propagazione è costante ed indipendente dalla velocità della sorgente, dalla direzione di propagazione, e dalla velocità dell'osservatore; e nel vuoto è pari alla velocità della luce, la quale è l'esempio più noto di onda elettromagnetica. La velocità della luce nel vuoto si indica in genere con la lettera  $c$  ed il suo valore numerico in unità del sistema internazionale risulta di circa 300 000 km al secondo ( $c = 299\,792,458$  km/s).



La frequenza in hertz è il numero di cicli della forma d'onda ripetitiva per secondo. La frequenza  $f$  ha una relazione di proporzionalità inversa con la grandezza lunghezza d'onda. La frequenza è pari alla velocità  $c$  dell'onda divisa per la lunghezza d'onda  $\lambda$ :

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

## RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA E SPETTROSCOPIA

Tutte le onde hanno un comportamento comune in situazioni standard. Tutte le onde possiedono le seguenti proprietà:

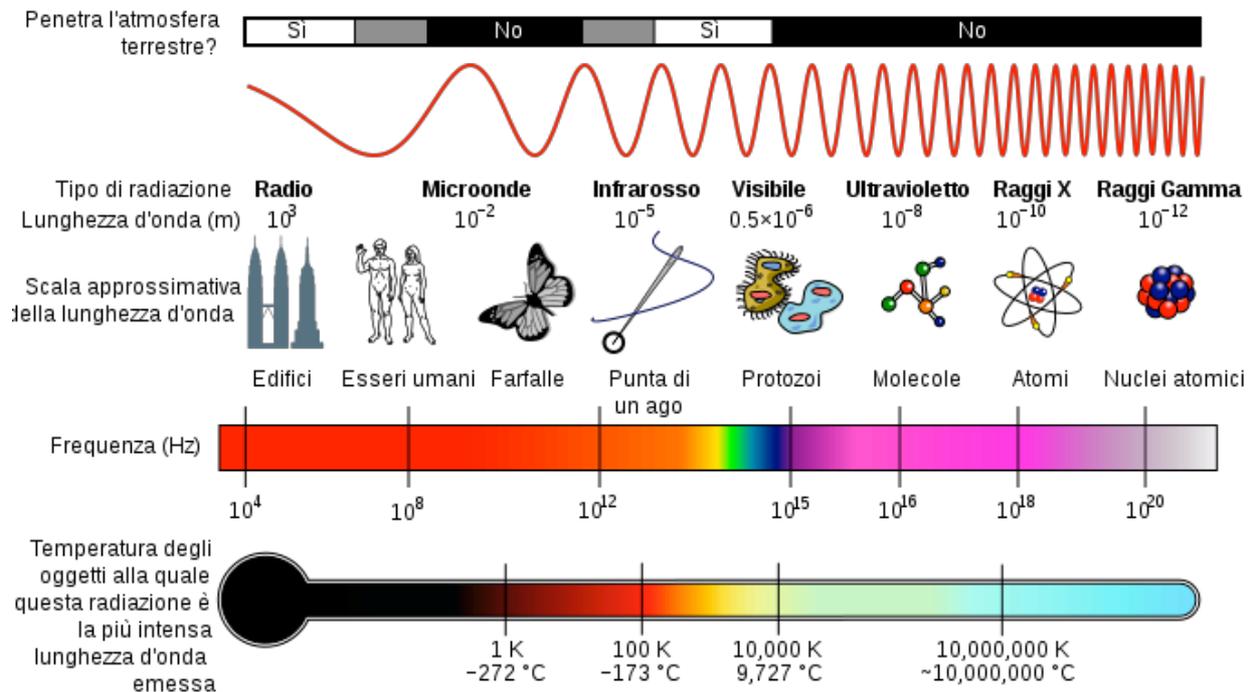
- **Riflessione** quando una onda cambia direzione a causa di uno scontro con un materiale riflettente.
- **Rifrazione** il cambio di direzione di un'onda causata dal cambio del mezzo di propagazione (ad esempio di densità diversa).
- **Diffrazione** la diffusione delle onde, per esempio quando passano per una fessura stretta
- **Interferenza** la somma vettoriale (possono annullarsi) di due onde che entrano in contatto
- **Dispersione** la divisione di un'onda in sotto onde in dipendenza della loro frequenza.

## SPETTRO ELETTROMAGNETICO

Lo **spettro elettromagnetico**, anche abbreviato in **spettro EM**, è l'insieme di tutte le possibili frequenze delle radiazioni elettromagnetiche. Le radiazioni elettromagnetiche sono onde elettromagnetiche caratterizzate da una lunghezza d'onda e da una frequenza. Poiché la lunghezza d'onda e la frequenza di una radiazione sono inversamente proporzionali, tanto minore sarà la lunghezza d'onda, tanto maggiore sarà la frequenza e quindi l'energia.

Con la vista riusciamo a percepire lunghezze d'onda comprese tra i 380 e i 790 nm (nanometri) a cui diamo il nome di luce visibile.

Lunghezze d'onda minori corrispondono ai raggi ultravioletti, ai raggi X ed ai raggi gamma che hanno tutti quindi frequenza maggiore della luce visibile e perciò maggiore energia.



Le radiazioni infrarosse, le microonde e le onde radio hanno invece lunghezze d'onda maggiori della luce e trasportano energia minore.

## SPETTROSCOPIA

La misura e lo studio di uno spettro è chiamato spettroscopia. In origine uno spettro era la gamma di colori che si osserva quando della luce bianca viene dispersa per mezzo di un prisma. Con la scoperta della natura ondulatoria della luce, il termine spettro venne riferito all'intensità della luce in funzione della lunghezza d'onda o della frequenza.

Oggi il termine *spettro* è stato generalizzato ulteriormente, ed è riferito a un flusso o un'intensità di radiazione elettromagnetica o particelle (atomi, molecole o altro) in funzione della loro energia, lunghezza d'onda, frequenza o massa.

Uno strumento che permette di misurare uno spettro viene chiamato spettrometro, spettrografo o spettrofotometro. Quest'ultimo termine si riferisce ad uno strumento per la misura dello spettro elettromagnetico.

È noto che la luce emessa da una sorgente si propaga nello spazio in ogni direzione. Se essa incontra un corpo "opaco" (in cui le radiazioni non possono propagarsi), si genera un cono d'ombra. Se la superficie è levigata, i raggi possono subire una riflessione, se non è levigata possono subire una diffusione. Se invece penetrano in un corpo trasparente ma vengono deviati, allora si ha il fenomeno della rifrazione, che provoca la scomposizione della luce policromatica in radiazioni di diverso colore (lunghezza d'onda) che possono essere raccolte su uno schermo dando origine alle spettro. L'esperimento di scindere la luce nei suoi colori componenti fu effettuato da Newton nel 1666, ponendo le basi della spettroscopia.

Esistono 3 tipi di spettri:

- Ad **emissione continua**: studiando la radiazione ottenuta scaldando un corpo nero si otterrà uno spettro continuo che contiene tutte le onde elettromagnetiche esistenti, poiché in esso non vi sono interruzioni tra una radiazione e l'altra.
- Ad **emissione a righe o bande**: si ottiene usando come sorgente un gas rarefatto (a bassa densità e pressione) ad elevata temperatura. Lo spettro che ne deriva non è continuo ma a righe o bande (caratteristiche di specie poliatomiche). Gas con diversa composizione danno diversi insiemi di righe caratteristiche, per questo motivo esso è utile per identificare la composizione chimica di un gas.
- Ad **assorbimento**: quando la luce emessa da una sorgente, passa per un gas a bassa pressione. Esso consente di identificare la natura chimica di una sostanza allo stato però gassoso.

L'analisi spettrale dunque, non solo è utile per analizzare le stelle, ma anche per studiare qualsiasi altro corpo che assorba e rifletta radiazioni elettromagnetiche.

### Teoria dell'assorbimento

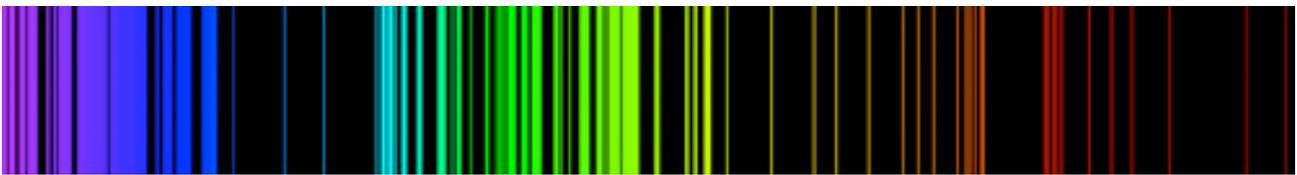
Per eseguire un'analisi spettrofotometrica si misura l'entità dell'assorbimento di una radiazione luminosa con un campione posto davanti ad una sorgente di radiazioni. Per interpretare i fenomeni che avvengono è necessario conoscere le caratteristiche delle sorgenti luminose e la struttura della materia. L'assorbimento della radiazione provoca un aumento dell'energia interna della sostanza che assorbe. Ciò implica una eccitazione delle particelle componenti (elettroni, atomi, molecole, ecc.), che produce fenomeni caratteristici per ogni sostanza. Secondo la meccanica quantistica l'energia delle particelle costituenti la materia è quantizzata, può cioè assumere solo certi valori discreti. In

## RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA E SPETTROSCOPIA

condizioni normali una particella si trova nello stato di minima energia. Quando una radiazione colpisce una particella, se l'energia dei fotoni è uguale alla differenza fra l'energia dello stato eccitato della particella e quella di uno stato fondamentale, la radiazione viene assorbita e la particella passa dallo stato fondamentale a quello eccitato. Poiché ad ogni sistema molecolare è associata una distribuzione caratteristica dei livelli energetici (elettronici, vibrazionali, rotazionali) l'assorbimento di una data radiazione è una proprietà caratteristica di quel sistema e non di altri. La meccanica quantistica consente di spiegare perché l'assorbimento di una determinata radiazione è specifico per ogni sostanza e dà luogo ad un caratteristico spettro di assorbimento.

### Spettro atomico

Lo spettro in fisica è la figura di diffrazione creata dalla scomposizione di luce o più in generale di radiazioni elettromagnetiche, provenienti da una sorgente in funzione della lunghezza d'onda (o, il che è equivalente, della frequenza o del numero d'onda), mediante il passaggio attraverso un prisma di vetro o un reticolo di diffrazione. Il ramo della fisica che si occupa dello studio degli spettri e



delle tecniche per realizzarli si chiama spettroscopia. Lo studio degli spettri permette di individuare univocamente una certa specie chimica: infatti, il modello atomico di Bohr prevede che un atomo possa assorbire o emettere radiazione elettromagnetica di lunghezza d'onda ben determinata, che cambia a seconda dell'elemento o ione che si osserva.

Spettro di emissione del Ferro

### Spettri atomici:

Sono l'insieme delle radiazioni elettromagnetiche emesse da una sostanza; si dividono in:

**Spettri di emissione continui o discreti:** sono emessi da una sorgente luminosa; presentano tutti i colori dal rosso al violetto sfumati l'uno nell'altro. Sono emessi da corpi incandescenti, solidi, liquidi o gassosi, fortemente compressi; sono esempi lo spettro solare e quello emesso da una lampada ad incandescenza.

**Spettri di emissione a righe:** presentano righe colorate su sfondo nero; sono emessi da sostanze gassose o rese gassose a bassa pressione. Ogni spettro è caratteristico di ogni sostanza.

**Spettri di assorbimento:** se un gas o una sostanza resa gassosa che si trova a temperatura inferiore a quella di una sorgente di luce bianca, è interposto tra detta sorgente ed uno spettroscopio si ottiene uno spettro di assorbimento; esso è caratterizzato da uno sfondo colorato continuo e dalle righe di assorbimento. Per una stessa sostanza le righe di assorbimento sono sovrapponibili, ovvero hanno la stessa lunghezza d'onda delle righe colorate dello spettro di emissione.

Le frequenze della radiazione che può emettere un atomo di un elemento quando viene eccitato sono uniche per cui ogni elemento possiede uno spettro caratteristico formato da ben definite righe; in altre parole per ogni atomo sono possibili solo caratteristiche variazioni di energia.

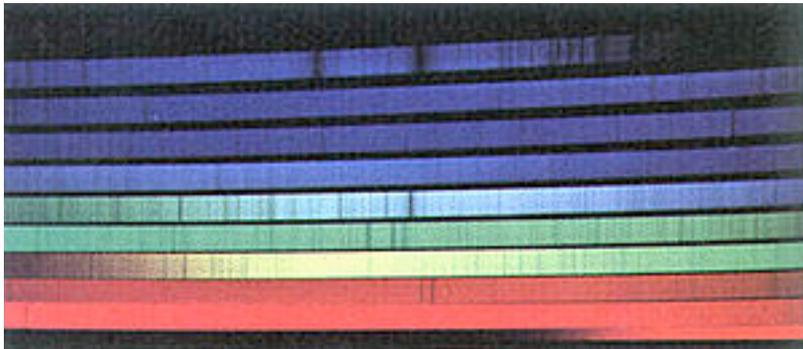
Gli spettri di emissione si distinguono in:

## RADIAZIONE ELETTROMAGNETICA E SPETTROSCOPIA

- *spettri a righe*: corrispondenti ad una successione discreta di lunghezze d'onda e quindi di righe spettrali
- *spettri a bande*: nei quali le righe sono addensate con continuità nell'intorno di certe lunghezze d'onda, formando delle bande tra loro separate
- *spettri continui*: consistenti in una successione continua di lunghezze d'onda all'interno di un intervallo relativamente largo.

Il fatto che non esistano atomi con spettri uguali è alla base della spettroscopia. Gli spettri continui sono emessi dal plasma di cui sono composte le stelle. Le caratteristiche degli spettri di emissione dipendono dalla temperatura di equilibrio, e si può dire che con buona approssimazione alla stessa temperatura tutti i corpi hanno lo stesso spettro di emissione. Spettri ad emissione sono quelli provenienti dalle nebulose o dalle nubi di gas interstellare.

Lo spettro di una stella, come detto in precedenza, appare continuo. Tuttavia nel 1814 l'astronomo tedesco Fraunhofer individuò parecchie righe nere a diverse lunghezze d'onda nello spettro del Sole.



Esse rappresentano lo spettro di assorbimento dell'insieme degli elementi presenti nell'atmosfera della stella. Ogni atomo assorbe la stessa radiazione che è in grado di emettere, perciò, come per l'emissione, non esistono due spettri di assorbimento uguali. Il meccanismo è speculare a quello dell'emissione: un elettrone non eccitato dell'atomo assorbe un fotone di data energia e "salta" in un

orbitale più energetico. Dalla lunghezza d'onda delle righe è possibile riconoscere l'elemento che le ha generate. Con questo metodo è stato possibile comprendere quale sia la composizione delle atmosfere stellari e si promette allo stesso tempo di studiare anche la composizione dei pianeti extrasolari che si stanno via via scoprendo.