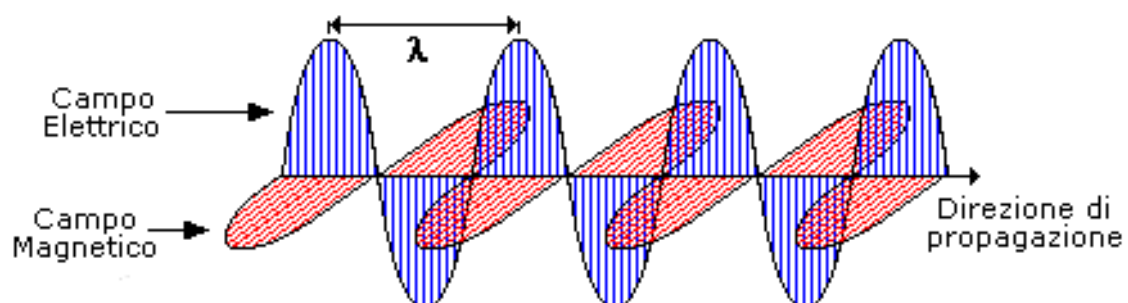


LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

Abbiamo visto che processi quantistici ben precisi determinano a loro volta emissioni di radiazione ben definita. Tuttavia sappiamo che la luce, e le onde elettromagnetiche in generale, possono essere rappresentate sia come particelle che come onde. La descrizione che è stata data in precedenza è quella relativa alla rappresentazione particellare. Ma le radiazioni elettromagnetiche si manifestano anche come onde: questa natura fu la prima ad essere scoperta, grazie alle ricerche di grandi fisici come James Clerk Maxwell (1831-1879) e Heinrich Hertz (1857-1894).

Intesa come onda, la luce viene descritta come due campi oscillanti tra loro ortogonali - uno elettrico e uno magnetico - che si propagano nel vuoto alla velocità della luce.

Più in generale un'onda elettromagnetica ha luogo quando una carica elettrica in movimento genera un campo magnetico. Vista in questa maniera, è sostanzialmente l'elettrone a innescare il processo che genera onde. Se un elettrone è immobile, è comunque la sua carica elettrica ad agire nello spazio che lo circonda: ciò genera una forza elettrica, che viene definita "campo elettrico", che rappresenta la forza elettrica per unità di carica. Questa forza diminuisce con l'inverso del quadrato della distanza. A questo punto immaginiamo di far oscillare l'elettrone avanti e indietro, così facendo viene perturbato il campo elettrico che la carica elettrica dell'elettrone produce. Ciò significa che il campo elettrico va soggetto ad una variazione, ma è proprio questa variazione a generare un campo magnetico.



Rappresentazione classica di un'onda elettromagnetica, composta da un campo elettrico e un campo magnetico tra loro ortogonali.

Ma, come verificò Maxwell, è anche vero il contrario, dal momento che egli scoprì che essi si innescano a vicenda. Alla fine ci troviamo ad avere delle oscillazioni sia del campo elettrico che del campo magnetico: queste sono proprio le onde elettromagnetiche, secondo la concezione classica di Maxwell, ovvero una propagazione sincrona di un campo magnetico e di un campo elettrico tra loro ortogonali. I campi elettrico e magnetico si propagano assieme alla velocità della luce mantenendosi entrambi ortogonali alla direzione di propagazione, le onde così prodotte saranno tanto più intense quanto maggiore sarà l'energia che i due campi producono assieme.

Le onde elettromagnetiche, a differenza delle onde sonore, non hanno bisogno di un mezzo attraverso cui muoversi, e possono tranquillamente propagarsi nel vuoto, anche se, al giorno d'oggi



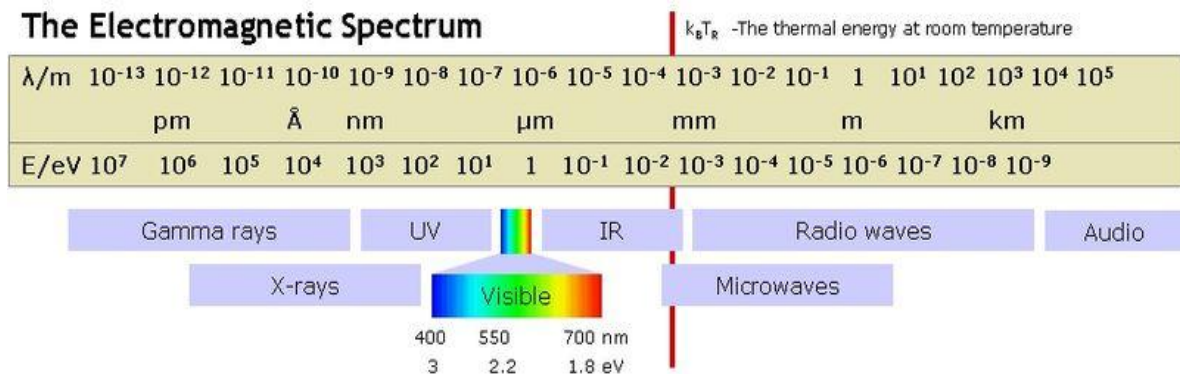
la connotazione di "vuoto" non si riferisce ad un vero vuoto. Affinché si formi un'onda elettromagnetica, avremo bisogno che una particella carica sia soggetta ad una forza, cioè che la carica elettrica sia perturbata da una qualche accelerazione. Dal momento che gli elettroni sono particelle molto leggere, basta una forza anche minima per accelerarli, ma questo produce un campo di forza che genera onde elettromagnetiche.

Come fu poi confermato da Hertz, la luce che noi tutti conosciamo, così come le onde radio, sono solo due tipi di onde elettromagnetiche, che si differenziano in sostanza solo per l'energia che trasportano, essendo le onde prodotte dalla luce molto più energetiche delle onde radio. Diciamo solo che le onde radio si sviluppano su una gamma di frequenze che sono molto più basse di quelle delle onde luminose. Poi ci sono onde ancora più energetiche, come i raggi ultravioletti o i raggi X o i raggi gamma, oppure i raggi infrarossi, che sono onde intermedie tra quelle di luce e le onde radio. La sorgente di queste onde, di energia così svariata, è diversa da onde a onde. Ad esempio le onde prodotte dalla luce visibile ha origine da moti di cariche all'interno degli atomi, mentre i raggi gamma hanno origine da perturbazioni che hanno luogo nel nucleo atomico. Gli effetti quantistici, che sono essenziali nel determinare la creazione di fotoni i quali - secondo il principio di dualità onde-particelle della meccanica quantistica - sono un altro modo per rappresentare le onde, sono tanto più importanti quanto maggiore è l'energia che crea le onde. Per cui la loro importanza decresce andando dai raggi gamma verso le onde radio.

Dunque, questi campi elettromagnetici si manifestano come delle vere e proprie onde, in tutto simili alle onde del mare, la cui altezza descrive l'intensità della radiazione emessa e la cui distanza tra due picchi consecutivi rappresenta la cosiddetta lunghezza d'onda. La lunghezza d'onda è relativa, come si è già visto, all'energia di cui è dotata l'onda. Tanto minore è la lunghezza d'onda e tanto maggiore è l'energia, ma questo avviene quando la frequenza è elevata, ovvero quando ogni secondo vengono compiuti molti più cicli che non nel caso di radiazione a grande lunghezza d'onda. Questo è un modo alternativo di concepire una interpretazione fisica dell'emissione di radiazione, e si tratta di una

interpretazione ugualmente valida rispetto a quella quantistica, per la semplice ragione che la radiazione elettromagnetica ha la stranissima proprietà di comportarsi contemporaneamente sia come corpuscoli (fotoni) che come onde. La trattazione classica - quella che si usa correntemente - è quella di onde, e possiamo tranquillamente adottarla come standard, ben sapendo comunque che la vera natura di queste onde ha le sue radici all'interno dell'atomo, ovvero in una delle quattro forze fondamentali di natura: la forza elettromagnetica (le altre tre sono la forza nucleare forte, la forza nucleare debole e la forza gravitazionale).

The Electromagnetic Spectrum



Rappresentazione schematica dell'intero spettro elettromagnetico, dalle onde radio lunghe ai raggi gamma (figura liberamente adattata dallo schema di base di Louis E. Keiner - Coastal Carolina University: <http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Electromagnetic-Spectrum.png>).

Questa forza è determinata dal moto di cariche elettriche e il suo portatore è il fotone, e rappresenta la causa del fatto che le particelle di carica elettrica uguale si respingono e le particelle di carica elettrica opposta si attraggono. Senza di essa non avremmo gli atomi che costituiscono il mondo, quelli che tengono unite particelle positive e negative all'interno. La forza elettromagnetica viene liberata dall'atomo ogni volta che lo stesso viene eccitato da una qualche causa: come si è già detto in queste condizioni l'elettrone salta in uno stato più o meno eccitato a seconda dell'energia che riceve, e al contempo emette un fotone di energia pari al salto effettuato dall'elettrone. Questo fotone si manifesta più in generale come "radiazione elettromagnetica, che possiede sia la natura di onde che di particelle (i fotoni).

Come onde, la radiazione elettromagnetica si propaga in tutte le direzioni in maniera del tutto simile alle onde provocate da un sasso lanciato in uno stagno, con la differenza che in questo caso le onde sono di energia e non di materia. Teniamo ben presente che questa manifestazione vale per tutti i tipi di onde elettromagnetiche, con la differenza che nel caso di onde prodotte da campi elettromagnetici di energia particolarmente alta la distanza tra due creste consecutive di queste onde si riduce sempre più. Ad esempio nel caso delle onde radio - che sono tipicamente onde a bassa energia - la distanza tra queste creste (ovvero la lunghezza d'onda) può essere tipicamente di molti metri, mentre nel caso della radiazione ottica questa distanza è dell'ordine del milionesimo di metro. Sembrerà strano, ma il secondo tipo di radiazione porta maggiore quantità di energia rispetto al primo. Eppure si tratta di onde ugualmente, tanto è vero che se - come fece la prima volta Thomas Young nel 1801 - facciamo passare un fascio di luce attraverso due fenditure praticate attraverso una parete, dall'altra parte si formeranno due fronti di onda che interferiranno tra loro.