

LE RIVOLUZIONI SCIENTIFICHE: RELATIVITÀ E QUANTI

FISICA CLASSICA (FINE '800)

- MECCANICA NEWTONIANA
- TERMODINAMICA
- ELETTROMAGNETISMO DI MAXWELL

FISICA MODERNA (INIZI '900)

- RELATIVITÀ (RISTRETTA E GENERALE)
- MECCANICA QUANTISTICA

TEORIA CLASSICA DELLA LUCE

LUCE = parte dello spettro della radiazione elettromagnetica

Compresa tra le lunghezze d'onda di 380 nm e 750 nm

↑
NANOMETRI (10^{-9} m)

cioè ONDA ELETTROMAGNETICA

La luce è quindi una particolare onda elettromagnetica

CHE COS'È, IN GENERALE, UN'ONDA?

È una perturbazione che si propaga attraverso lo spazio trasportando energia, ma NON materia.

ESEMPI: onde del mare, onde sonore, onde su una corda

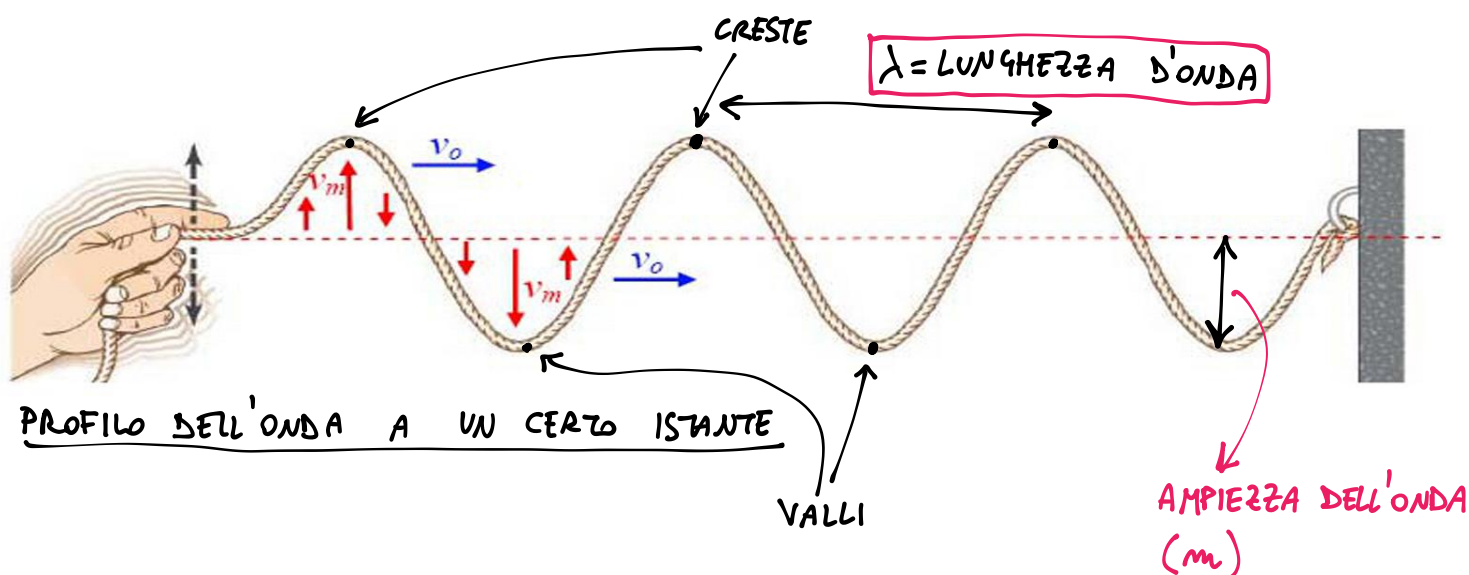
L'onda è un FENOMENO, che si può descrivere matematicamente

ONDE MECCANICHE: hanno bisogno di un mezzo per propagarsi
(es. onde sonore si propagano nell'aria)

Le onde elettromagnetiche si propagano anche nel vuoto

ESEMPIO: ONDA LUNGO UNA CORDA: la perturbazione (OSCILLAZIONE) prodotta dalla mano su un estremo si propaga lungo la corda. Tutti i punti della corda, raggiunti dalla perturbazione, oscillano. Non c'è trasporto di materia, ma solo di energia.

v_0 è la VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DELL'ONDA

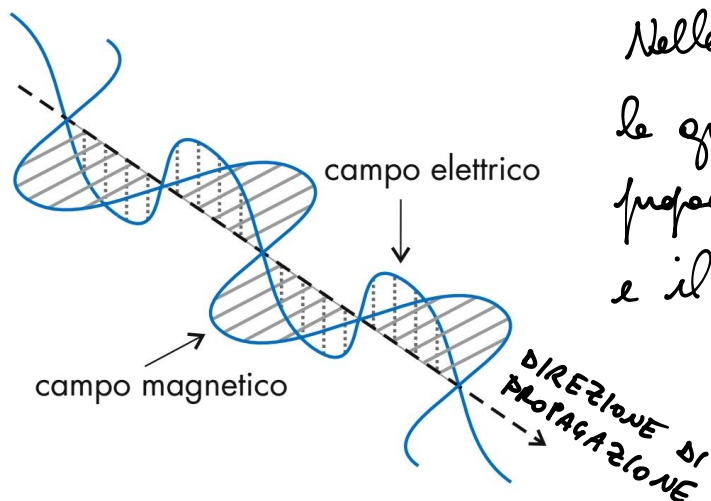


La distanza tra 2 creste (o tra 2 valli) si chiama LUNGHEZZA D'ONDA e si indica con λ (LAMBDA). Si misura in metri (m).

Se v è la velocità di propagazione dell'onda, la grandezza

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

si chiama FREQUENZA DELL'ONDA, si misura in hertz (Hz, cioè s^{-1}) e corrisponde al numero di oscillazioni in 1 secondo.



Nelle onde elettromagnetiche, le grandezze che oscillano (e si propagano) sono il CAMPO ELETTRICO e il CAMPO MAGNETICO.

Nel vuoto la velocità di un'onda elettromagnetica è $c = 3,00 \times 10^8 \frac{m}{s}$ (VEL. LUCE)

Per le onde elettromagnetiche si ha

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

f ← FREQUENZA (Hz)
 c ← VEL. LUCE ($3,00 \times 10^8 \frac{m}{s}$)
 λ ← LUNGHEZZA D'ONDA (m)

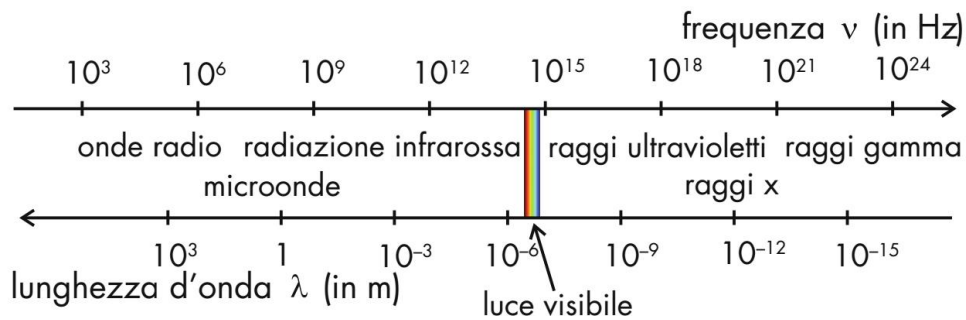
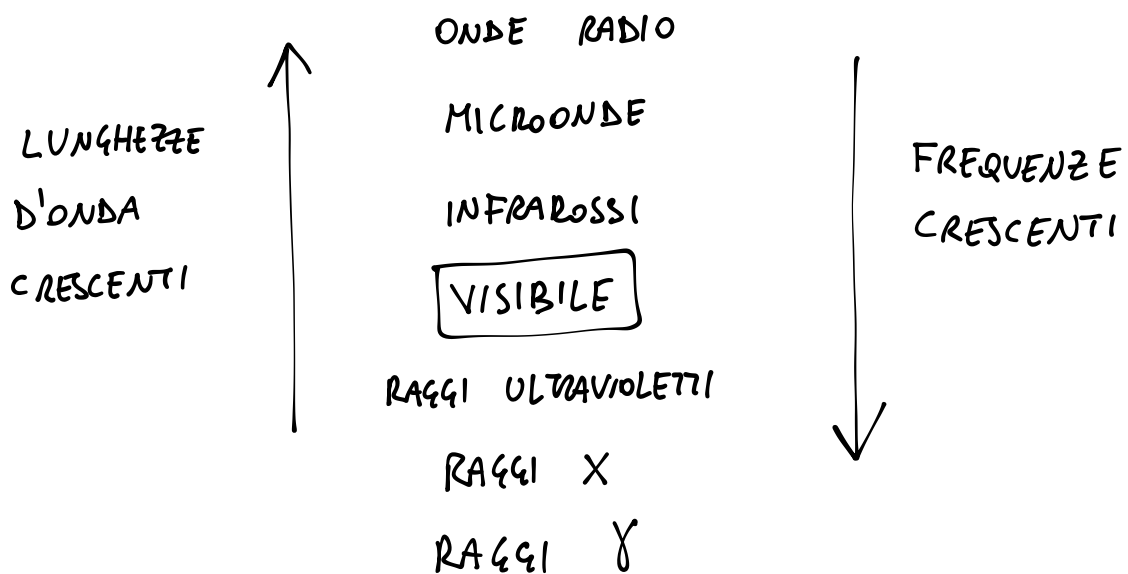


Fig. 1.3. Lo spettro della radiazione elettromagnetica, ordinato rispetto ai valori della frequenza ν e della lunghezza d'onda λ

SPETTRO ELETTROMAGNETICO = insieme delle frequenze (e delle lunghezze d'onda) delle onde elettromagnetiche.
 È suddiviso in BANDE (non con confini netti)

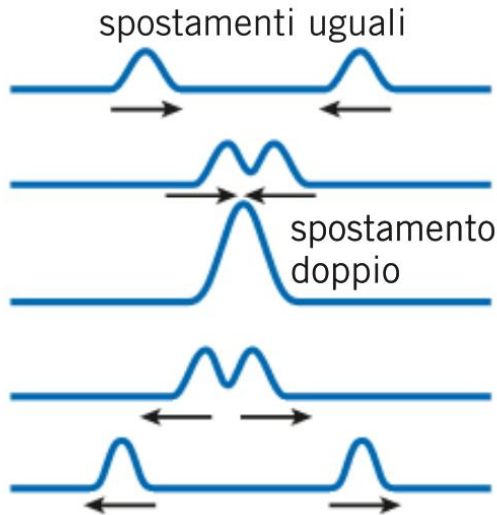


Spettro elettromagnetico (Caterina Vozzi)

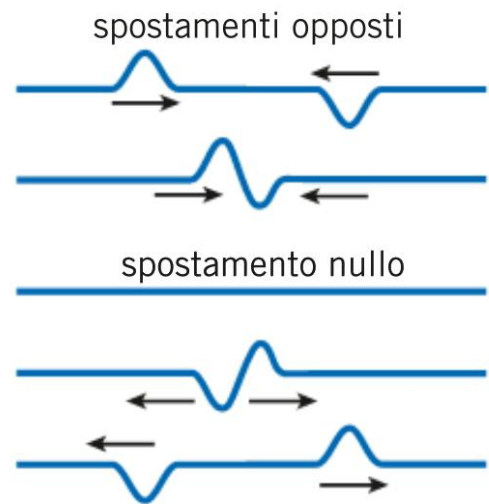
<https://www.youtube.com/watch?v=QCUaNjpJtSg>

Quando un punto dello spazio viene investito simultaneamente da due perturbazioni ondulatorie, le due onde si SOMMANO. Si dice che si ha INTERFERENZA, che può essere costruttiva o distruttiva.

INTERFERENZA COSTRUTTIVA



INTERFERENZA DISTRUTTIVA



Si ha interferenza costruttiva quando gli effetti di due o più onde si rafforzano a vicenda; si ha interferenza distruttiva quando i loro effetti si indeboliscono.

Dal punto di vista classico, se un fenomeno fisico manifesta INTERFERENZA, viene classificato come FENOMENO DI TIPO ONDULATORIO: la presenza dell'interferenza rappresenta quindi, classicamente, un indizio per identificare un fenomeno come ONDA.

ESPERIMENTO DELLA DOPPIA

FENDITURA



Dr. Quantum e l'esperimento della doppia fenditura

<https://www.youtube.com/watch?v=nqHDy8Y2ho4>

OSSERVAZIONI SULL'ESPERIMENTO DELLA DOPPIA FENDITURA

Gli elettroni vengono sperimentalmente rilevati sempre in un punto, e questo li caratterizza come PARTICELLE (e non come onde)

Secondo la FISICA CLASSICA sono concetti contrapposti

- PARTICELLA \rightarrow deve necessariamente passare da una delle 2 fenditure
- ONDA \rightarrow è un fenomeno "distribuito" nello spazio e attraverso nello stesso tempo entrambe le fenditure

FISICA QUANTISTICA \rightarrow Le PARTICELLE (elettroni) producono una FIGURA DI INTERFERENZA tipica delle ONDE.
(MECCANICA QUANTISTICA)

Ma all'ATTO DELLA MISURA esse vengono rilevate in un punto, mostrando comportamenti non ondulatori, ma corpuscolari. Si parla così di

DUALISMO ONDA-CORPUSCOLO

per indicare questa "doppia natura" dell'elettrone (ma anche della luce - V. EFFETTO FOTOELETTRICO), che in alcune circostanze si comporta come onda e in altre come particella (corpuscolo).

DE BROGLIE (1924) \rightarrow si può assegnare all'elettrone una lunghezza d'onda $\lambda = \frac{h}{q}$

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

COSTANTE DI PLANCK

$q = m \cdot v$

QUANTITÀ DI MOTO DELL'ELETTRONE

MASSA DELL'ELETTRONE \rightarrow VELOCITÀ DELL'ELETTRONE

Nell'ESPERIMENTO DELLA DOPPIA FENDITURA, non possiamo affermare che che gli elettroni seguano traiettorie continue nello spazio tra sorgente e rivelatore: se così fosse, avremmo il 50% degli elettroni che passerebbero dalla fenditura 1 e l'altro 50% dalla fenditura 2, senza che ci sia sullo schermo una figura di interferenza.

Si dice che l'elettrone si trova in uno STATO DI SOVRAPPOSIZIONE

↓
Tutto ciò che possiamo sapere è la PROBABILITÀ che la particella si trovi, qualora la misurassimo, in uno stato invece che in un altro.

←
SITUAZIONE
NUOVA! NON CI
SONO CORRISPONDENTI
IN FISICA CLASSICA!!



- 1 - l'elettrone non passa dalla fenditura 1 o dalla 2
- 2 - l'elettrone non passa né dalla fendit. 1 né dalla 2
- 3 - l'elettrone non passa sia dalla fend. 1 che dalla 2

Bensi si ha una SOVRAPPOSIZIONE di queste possibilità

DIFFICILE DA
IMMAGINARE E
ACCETTARE, MA LA NATURA, NEL MONDO
MICROSCOPICO, SI
COMPORTA COSÌ!!!

La probabilità è INTRINSECA nella teoria quantistica, non è dovuta a manca di informazione, come in fisica classica (se non riusciamo a prevedere esattamente il comportamento di un oggetto è perché non conosciamo tutte le variabili in gioco).

Gralla la visione CLASSICA e DETERMINISTICA del mondo



ogni stato dell'universo è univocamente determinato da ogni altro, passato o presente che sia.

ES. nel moto di una pallina, ogni stato (cioè ogni coppia POSIZIONE-VELOCITÀ in un certo istante) può essere dedotto, in modo univoco e necessario, dagli altri stati della pallina, in modo da individuarne l'esatta traiettoria.

Inoltre ogni evento è non solo determinato, ma anche necessariamente CAUSATO da un evento antecedente, mediante le leggi della natura

FISICA QUANTISTICA → il comportamento della natura è INTRINSECAMENTE CASUALE, e prescindere dalle informazioni che abbiamo



Nell'esperimento della doppia fenditura, il punto di impatto degli elettroni sullo schermo è DISTRIBUITO CASUALMENTE secondo un'assegnata LEGGE PROBABILISTICA.