

Natura ondulatoria della luce

Data 1803

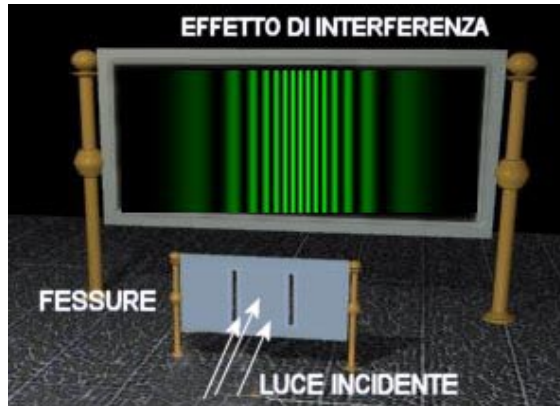
Autore **Thomas Young**

Esperimento

Un fascio di luce solare viene fatto passare da un foro e davanti a questo foro vi è un pannello con due fenditure verticali (coperte da una stoffa) oltre al quale vi è il muro. Aprendo una fenditura il muro si illumina con la luce solare nel punto corrispondente, ma aprendo anche la seconda fenditura non compaiono due immagini luminose corrispondenti alla forma delle fenditure, si osserva invece **una serie di strisce alternate chiare e scure**.

Se ne deduce

La luce è composta da onde poiché presenta i fenomeni di interferenza caratteristici della meccanica ondulatoria: le onde di luce passando dalle due fenditure interferiscono e in alcuni punti si rafforzano (strisce chiare) in altri si annullano (strisce scure).



© ScienzeNoetiche.it

1

Natura corpuscolare della luce

Data 1905

Autore **Albert Einstein**

Definizione

L'**effetto fotoelettrico** si ha quando una superficie metallica colpita da radiazioni elettromagnetiche emette elettroni.

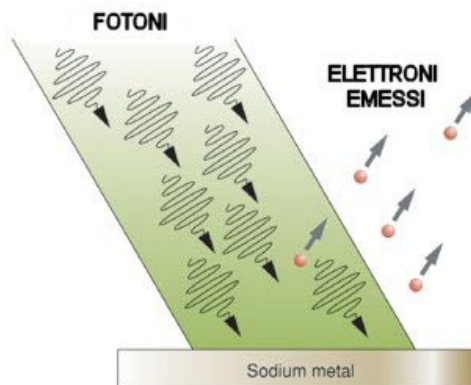
Mantenendo la **stessa frequenza della radiazione** ma utilizzando una **maggiore intensità** ci si aspettava che aumentasse la velocità degli elettroni espulsi ed invece la velocità di emissione rimaneva la stessa ma **aumentava il numero di elettroni espulsi!**

Ciò era spiegabile solo ipotizzando che la luce fosse fatta di **"pacchetti di energia"**: l'aumentare dell'intensità della luce non era altro che un maggior numero di questi "pacchetti" o "quanti" che Einstein definì **fotoni**.

In pratica l'intensità della radiazione incidente influisce sul numero di elettroni emessi ma non sulla loro energia che dipende invece dalla frequenza della radiazione.

Se ne deduce

La radiazione luminosa è composta non da onde che si propagano ma da corpuscoli.



© ScienzeNoetiche.it

2

ALCUNI PARAMETRI DI UN'ONDA

PERIODO (una misura di tempo) - T

Tempo impiegato per compiere un ciclo d'onda completo

FREQUENZA (rapidità dell'onda) - f

Numero di cicli al secondo - ha una proporzionalità inversa con la lunghezza d'onda

LUNGHEZZA D'ONDA (una misura di spazio) - λ (lambda)

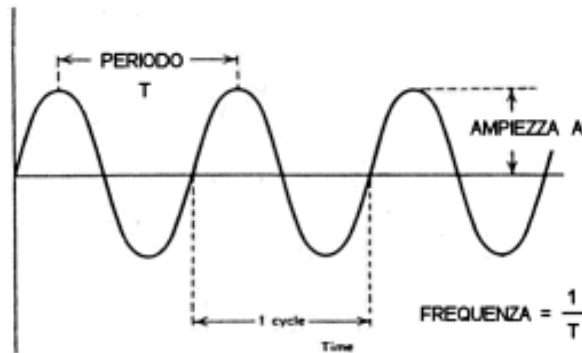
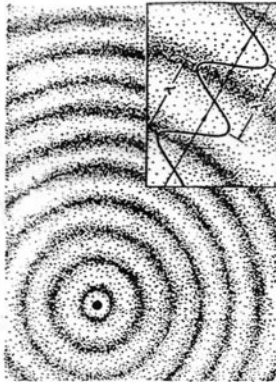
Distanza tra due punti corrispondenti (ad es. tra due massimi successivi)

AMPIEZZA (intensità dell'onda) - A

La misura dello scostamento massimo dalla posizione di equilibrio

VELOCITA' - $v = \lambda / T$

E' data dal rapporto tra la lunghezza d'onda e il periodo, oppure dal prodotto della lunghezza d'onda per la *frequenza*, essendo l'inverso del periodo (nel caso delle onde luminose, la velocità è una costante indicata con "c" ed è pari a **300.000 km/s**).



© ScienzeNoetiche.it

3

IL PARADOSSO DELLA DUALITA' ONDA-PARTICELLA

La fisica è di fronte dunque ad un importante paradosso logico mai verificatosi prima: la luce si comporta **sia** come un'onda **sia** come una particella!

E' infranta la **logica aristotelica** secondo cui **A deve essere diverso da non-A** in questo caso **A corrisponde a non-A!**

La nascita storica del concetto di quanto e della Fisica Quantistica

Data 1900 - Autore **Max Planck**



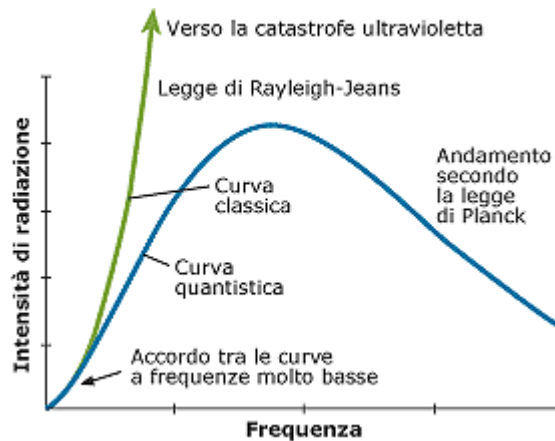
In fisica un **corpo nero** è un oggetto che assorbe l'intera radiazione elettromagnetica incidente - ha quindi riflessione nulla. La sua capacità di irradiazione dipende solo dalla sua temperatura, ma la fisica classica era **incapace di descrivere teoricamente il reale andamento dello spettro delle frequenze** al variare della temperatura.

Planck fu in grado di risolvere matematicamente il problema introducendo un artificio: **ipotizzò che gli scambi di energia tra gli atomi di un corpo qualsiasi e la radiazione elettromagnetica non avvenissero in modo continuo** (come previsto dalla teoria classica), ma attraverso quantità discrete, o **quanti**. Nasce la fisica quantistica!

© ScienzeNoetiche.it

4

IL PROBLEMA DELLO SPETTRO DEL CORPO NERO



Confronto tra lo spettro di emissione dedotto in base alle leggi della fisica classica, e il corrispondente spettro ottenuto sperimentalmente. La curva teorica comincia a discostarsi sensibilmente da quella sperimentale a partire dalla regione dell'ultravioletto. Per tale motivo, storicamente, questo fallimento della fisica classica prese il nome di "catastrofe ultravioletta".

Tratto da: http://www.lucevirtuale.net/percorsi/b1/corpo_nero.html

La scoperta dell'Effetto Compton

Data 1923

Autore Arthur Holly Compton

Esperimento

Compton inviò un **fascio monocromatico di raggi X** su un blocco di grafite e misurò, per vari angoli di diffusione, l'intensità dei raggi X uscenti.

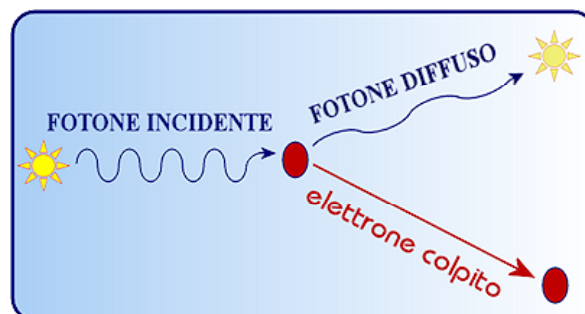
L'esperimento evidenziò che **la frequenza della radiazione uscente, deviata in tutte le direzioni, è molto più piccola di quella del fascio entrante** e spiegò tale fatto ipotizzando che i singoli fotoni urtano gli elettroni della materia e colpendoli perdendo essi stessi energia.

Questa situazione sperimentale andava a scontrarsi con la teoria della fisica classica secondo cui l'onda diffusa avrebbe dovuto avere la stessa frequenza e lunghezza d'onda dell'onda incidente (un'onda infatti non può colpire un elettrone causando un "effetto di rinculo" - e cedendo energia - come può invece fare un corpuscolo).

Se ne deduce

La descrizione di questo effetto convinse in maniera pressoché definitiva la comunità scientifica che la radiazione elettromagnetica possiede anche una natura corpuscolare.

La fisica quantistica è accettata e comprovata!



Il modello di atomo secondo la nuova teoria dei quanti

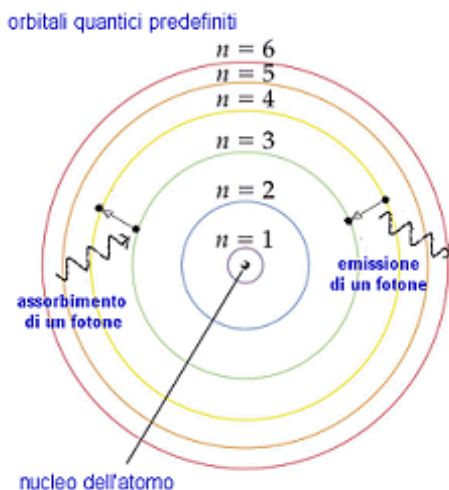
Data 1913

Autore Niels Bohr

Definizione

Bohr propone il modello atomico noto appunto come "atomo di Bohr" secondo cui gli elettroni possono ruotare attorno al nucleo solo in orbite quantizzate: cioè ad energia ben definita.

Il passaggio da un orbitale all'altro non avviene gradualmente ma in modo repentino ("salto quantico") cedendo o assorbendo energia sotto forma di fotoni.



© ScienzeNoetiche.it

7

L'interpretazione probabilistica della funzione d'onda

Data 1926

Autore Max Born

Premessa

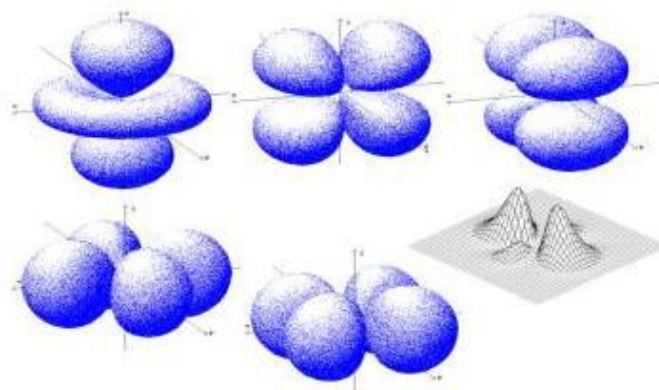
Nel 1926 Schrödinger formula la "meccanica ondulatoria" secondo cui gli elettroni possono essere considerati come pacchetti d'onda che si muovono attorno al nucleo.

Definizione

Born osserva che l'onda che Schrödinger associa agli elettroni e a ogni altra particella quantistica non è un'onda fisica (come quelle del mare o della luce), bensì "un'onda di probabilità". In pratica la funzione non misura lo stato di una particella in un dato istante, ma solo la "probabilità" che quell'elettrone si trovi in quello stato in quel dato istante.

Se ne deduce

La visione quantistica dell'atomo allontana il rigido determinismo con cui si era soliti descrivere l'atomo secondo il modello planetario ideato nel 1911 da Ernest Rutherford: la realtà diventa acausale! (Einstein, convinto che la realtà fisica sia invece una realtà continua e rigorosamente causale, si oppose dicendo che "Dio non gioca a dadi").



© ScienzeNoetiche.it

8

Il Principio di Indeterminazione di Heisenberg

Data 1927

Autore **Werner Heisenberg**

Definizione

Heisenberg ha formulato il principio per cui di una particella possiamo conoscere la posizione in ogni momento, ma se lo si fa non si può conoscere la quantità di moto (detta anche "momento" = massa x velocità) e viceversa. **In pratica si afferma l'esistenza di una indeterminazione ineliminabile nella misura simultanea della posizione e del momento (quindi della velocità) di una particella. Ciò non dipende dalle tecniche di misura ma è una proprietà intrinseca della materia!**

Il principio viene abitualmente reso con la formula matematica $\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$
dove Δx è l'errore sulla posizione - Δp è l'errore sulla quantità di moto,

\hbar (si pronuncia "acca tagliata") è una derivazione della costante di Planck [$\hbar = h/2\pi$]

Il principio di indeterminazione formulato per la coppia **posizione-quantità di moto** è anche applicabile alla coppia **energia-tempo** ed è descritto dalla seguente equazione:

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad \text{da cui deriva} \quad \Delta E \geq \frac{\hbar}{2\Delta t}$$

e da cui osserviamo che **diminuendo il valore del tempo si accresce quello dell'energia**, cioè se si effettuano misurazioni per un periodo di tempo tendente a zero, **i valori di energia tendono ad infinito**: questo è un fatto strano che **permette la violazione del principio di conservazione dell'energia per istanti brevissimi** (inapprezzabili dai sensi).

Se ne deduce

1. L'universo non è affatto determinato e deterministico come lo voleva Newton ed è sensibilmente dipendente dalle scelte fatte da un osservatore.
2. La conseguenza estrema dell'indeterminazione energia/ tempo è il fatto che **il vuoto non sia poi così vuoto**, ma in realtà ricco di fluttuazioni energetiche di brevissima durata che permettono la generazione dal nulla di materia.

© ScienzeNoetiche.it

9

IL GATTO DI SCHRÖDINGER

Data 1935

Autore **Erwin Schrodinger**

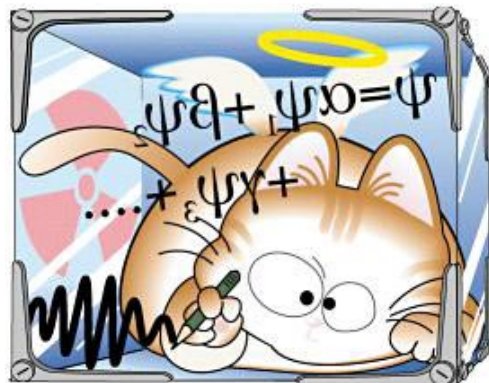
Esperimento ipotetico

In una stanza isolata dall'esterno collochiamo **un atomo radioattivo, una fiala di un potente veleno e un gatto**. Il decadimento radioattivo dell'atomo libera il veleno che farà morire il gatto (NB: *per la quantistica non si può determinare quando accadrà con esattezza tale decadimento*). **Ad un'ora determinata esisterà quindi uguale probabilità che l'atomo sia o no decaduto... cosa troveremo all'apertura della stanza?**

Un attimo prima dell'apertura il sistema "atomo + fiala + gatto" sarà con probabilità del 50% nella configurazione in cui l'atomo non è decaduto, la fiala è intatta e il gatto è illeso, e con la stessa probabilità potremo trovarci davanti l'atomo decaduto, il veleno liberato e il gatto morto.

Se ne deduce

Esiste un paradosso poiché, ad una data ora, **il gatto è in pratica sia vivo che morto!**



Copyright immagine H. Monden (1998)

© ScienzeNoetiche.it

10