

LA FISICA <<PIU'>> MODERNA

Continuiamo ancora a parlare della Fisica e della crisi che questa ha vissuto agli inizi del '900.

Risalente circa allo stesso periodo, accanto alla [Relatività Ristretta di Einstein](#) troviamo un altro "*corpo di ragionamento*", detto **Meccanica Quantistica**, che ha rappresentato un vero trauma anche per gli stessi "*costruttori*" di questa Teoria.

Ovviamente, qui più che altrove, data la loro innegabile complessità, verrà accuratamente evitato l'uso di "*equazioni matematiche*".

Ci limiteremo – quindi - solo

- a descrivere dei "*fatti*", per i quali i fisici si sono sentiti <<costretti>> a modificare la loro descrizione del mondo, e
- ad accennare alle conclusioni cui sono arrivati.

Prima di entrare nel merito dei problemi, vorrei ricordare che - per descrivere p.es. quello che chiamiamo "**campo elettrico**", o "**campo magnetico**" - da sempre si è dovuto ricorrere ad una **carica <<esploratrice>>**, o ad un **magnete <<esploratore>>**, capaci di farci interagire con il campo stesso, al fine di arrivare a farne una descrizione il più possibile "*oggettiva*".

Ma, per rendere questo possibile, era necessario che la carica o il magnete esploratore fossero:

- a) **sufficientemente "deboli"** per non disturbare "*troppo*" la situazione pre-esistente, e
- b) **sufficientemente "forti"** per disporre della necessaria sensibilità nelle risposte>>.

Dato che – con gli occhi – questi campi io non li posso vedere, ma con essi io posso/devo interferire, per far capire meglio la situazione si portava, ai bei tempi della Scuola, come esempio un bassorilievo in creta, ancora umido, che doveva essere esplorato da un "*non vedente*", al fine di identificare e descrivere quello che esso rappresentava.

Al "*non vedente*" non rimaneva che toccarlo con le mani.

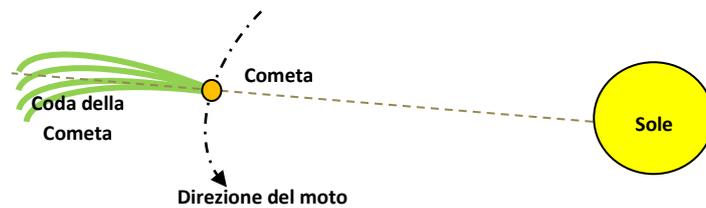
Se la pelle delle mani era spessa e callosa a causa di lavori materiali pregressi, il "*non vedente*" poteva anche arrivare a concludere che quello che toccava era solo di un ammasso di creta bagnata,

se invece la pelle delle mani era delicata ed aveva la sensibilità di un pianista, il "*non vedente*" poteva anche arrivare a concludere che quello che toccava rappresentava p.es. un bel <<volto di donna>>.

In ogni caso, dopo l'esplorazione il bassorilievo non era più lo stesso di prima.

L'interazione <<bassorilievo – osservatore>> aveva lasciato sicuramente traccia sull'opera originaria.

Cambiamo argomento, ed osserviamo p.es. le comete che entrano nel sistema solare. La loro “coda” è sempre rivolta dalla parte opposta rispetto al Sole.



Questo significa che i raggi del Sole, raggiungendo la cometa, non solo la riscaldano, e quindi fanno evaporare il gas incluso nel “cuore” roccioso della cometa stessa, ma – esercitando una pressione sui gas così liberati – generano anche la “coda”.

Questo fa presagire che la radiazione luminosa riesca anche ad esercitare una pressione. Ed infatti, studiando Astronomia, si parla proprio della <<pressione della luce>>.

Ma, allora, anche “accendere una luce” significa esercitare una azione sul mondo circostante.

Il fatto è che noi <<non ce ne accorgiamo>>, ma questo non significa che <<non esiste>>.

Cosa accade, quindi, se si passa dal macrocosmo al microcosmo?

Più piccoli sono i corpi con cui cerco di interagire, tanto più efficace sarà “lo stesso disturbo”, indotto dall’interferenza che io stesso devo avere con questi corpi per poterli studiare.

Non solo, ma non c’è ragione alcuna per pensare che il quadro che mi son fatto del mondo macroscopico debba per forza valere anche in quello microscopico.

Cioè: **mi posso anche aspettare che, scendendo nel “sempre più piccolo”, io mi trovi di fonte a dei cambiamenti del tutto inaspettati.**

Ancora un volta, l’ultima parola va data ad un unico elemento: **l’esperienza**.

Ogni convinzione preconcepita semplicemente non conta, anzi, al più, può creare delle inutili resistenze psicologiche.

Per ragioni di chiarezza, ricominciamo con la Meccanica Classica.

Quale erano le sue finalità?

Dato un sistema, una volta assegnate le forze in gioco e definite le condizioni iniziali, la Meccanica Classica si proponeva di descrivere, con precisione arbitraria (*in modo deterministico*), l’evoluzione di detto sistema sia nel futuro che nel passato.

Ci fu anche un momento in cui si arrivò persino a pensare/sperare che tutti i fenomeni fisici potessero essere ricondotti a “Fenomeni Meccanici”.

Ovviamente non era vero.

Ed infatti, accanto alla Meccanica si sviluppava un altro filone di ricerca:

l'Elettromagnetismo.

[In realtà, di filoni di ricerca ce n'erano due: l'Elettromagnetismo e la Termodinamica, ambedue fondamentali per la generalità delle loro conclusioni. Ma qui ci limitiamo ad accennare solo a quello che ci può essere immediatamente utile.]

Presumo che il nome di Alessandro Volta (1745 - 1827) – che nel 1800 aveva scoperto la pila che porta il suo nome – sia noto a tutti.

E così pure per la Legge di Coulomb: $F \sim \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$: anche questa è una legge ben nota, che risale al 1789.

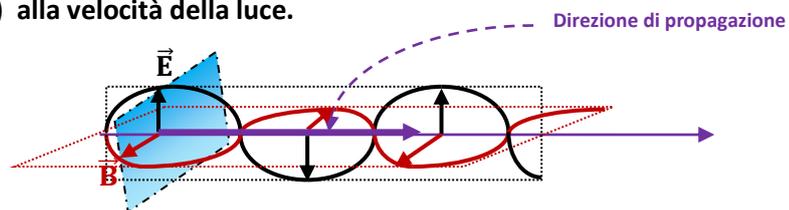
Le ricerche in questo campo sono state molto attive, tanto da arrivare, con Maxwell, ad una sintesi fra Elettricità e Magnetismo, il che ha portato alla elaborazione di una unica Teoria: l'Elettromagnetismo.

Ed è da questa teoria che – negli anni 1861 / 1862 - nasce il concetto di **Onda Elettromagnetica.**

Essa viene descritta come un'onda trasversale, composta da due campi:

- il campo elettrico \vec{E}
e
- il campo magnetico \vec{B} ,

in fase fra di loro nel tempo, ma sfasati di 90° nello spazio, che si propagano nel vuoto (e non solo nel vuoto) alla velocità della luce.



Fino a questo punto tutto sembrava procedere senza intoppi:

il fatto che l'«onda e.m.» si comporti come un'onda era al di fuori di ogni dubbio; i tipici fenomeni ondulatori di interferenza, ecc. confermavano questa opinione.

Possiamo perciò affermare che la descrizione del mondo che derivava da questo insieme di fatti distingueva distintamente fra:

- la "**materia**", costituita da particelle elementari "**indivisibili**", chiamate "**atomi**",
e
- le "**onde**", per loro natura continue.

Ma l'aspirazione a capire sempre meglio il nostro mondo non dava tregua, e – per la fortuna dei nostri giovani - continua a non dare tregua ancora oggi.

È così che, attorno al 1896, Henry Becquerel, seguito subito dopo dai coniugi Pierre e Marie Curie,

osservando che alcuni minerali, contenenti Uranio e Radio, annerivano le lastre fotografiche che si trovavano nelle loro vicinanze,

dapprima li classificarono come “materiali attivi” e poi – interpretando il fenomeno come una conseguenza dell’emissione di particelle elementari – cominciarono a parlare di <<radioattività>>.

Nel 1897 J.J. Thomson annunciava che – sperimentando sui raggi catodici generati nei Tubi di Crookes – era riuscito ad identificare una particella 1000 volte più leggera dell’atomo di idrogeno, e dotata di carica negativa.

[Tubi di Crookes: tubi a vuoto di vetro, dotati di 1 anodo e 2 catodi. Sono i predecessori dei moderni Tubi a Raggi Catodici utilizzati, fino a poco tempo fa, anche nei nostri televisori]

Si trattava della **scoperta dell’elettrone**.

Riportandoci all’epoca, quando gli atomi venivano considerati “*particelle indivisibili costituenti la materia*”, la scoperta fu considerata dapprima un errore, poi addirittura un capriccio di chi insisteva sulla sua esistenza.

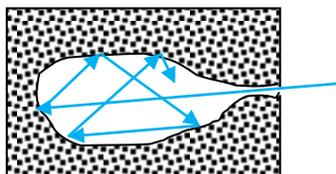
Ma, alla fine, quando l’esistenza dell’elettrone venne riconosciuta anche dal resto del mondo scientifico [altro esempio di esperimento che alla fine prevale sui preconcetti!], a J.J.Thomson venne assegnato il Premio Nobel per la Fisica: siamo nel 1906.

Arriviamo così al 1900, quando uno degli argomenti che più interessava i ricercatori era l’emissione di energia da parte di corpi portati ad una certa temperatura.

Anzi, per non dipendere in modo critico dai dettagli afferenti ad un dato singolo oggetto, l’attenzione si concentrava sul “corpo nero”, per definizione:

- un corpo in grado di assorbire tutte le radiazioni che cadono sulla sua superficie
- e
- di emettere una radiazione che dipende solo dalla sua temperatura, e da nessun altro fattore.

Una rappresentazione di “corpo nero” può identificarsi con la seguente figura:



Un raggio di luce/energia che penetra all’interno di una cavità isolata (e mantenuta a temperatura costante) ha ben poche probabilità di uscire, soprattutto se le pareti della cavità sono “ruvide” (per meglio diffondere la radiazione) ed “annerite” (per meglio assorbire la radiazione).

Tale raggio viene quindi assorbito dalle pareti, e contribuisce (poco) a creare, all’interno della cavità, uno stato di equilibrio energetico condizionato dalla temperatura alla quale viene tenuta la cavità.

Questo significa che **l'energia** – una volta fissata la temperatura - **che esce dalla cavità** rappresenta la radiazione di equilibrio all'interno della cavità stessa: la **radiazione da corpo nero**.

La **densità di energia** che invece viene emessa **in funzione della lunghezza d'onda** – sempre per una data temperatura – prende il nome di **spettro del corpo nero**.

L'esperimento ha permesso di enunciare due leggi ($T (^{\circ}\text{K}) = t (^{\circ}\text{C}) + 273,15$):

Legge di Stefan – Boltzmann: la radianza (potenza emessa per unità di superficie) è direttamente proporzionale alla 4° potenza della temperatura assoluta:

$$I = \sigma T^4.$$

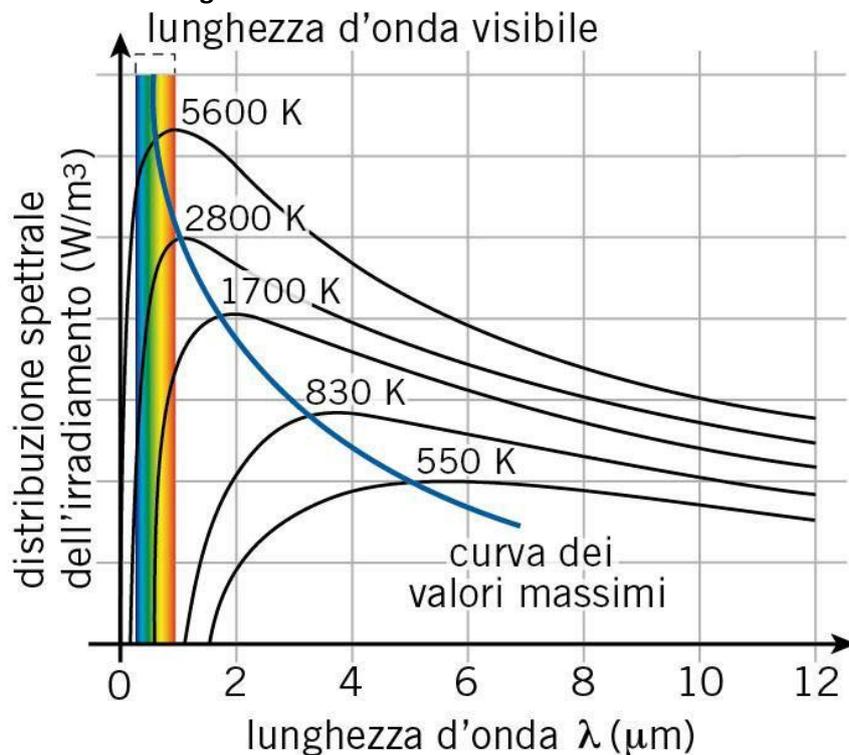
Legge di Wien: al variare della lunghezza d'onda varia l'intensità della radiazione emessa dal corpo nero.

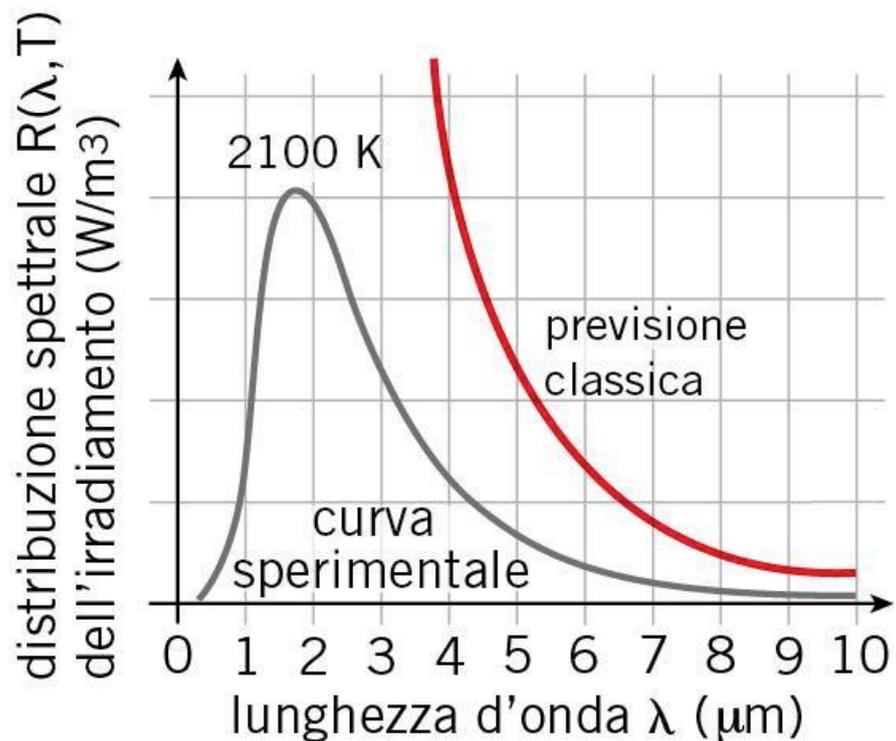
Fra la lunghezza d'onda di massima intensità e la temperatura assoluta vale la relazione:

$$\lambda_{\text{max}} T = \text{Cost.}$$

e di tracciare le curve rappresentanti lo spettro del corpo nero in funzione della lunghezza d'onda della radiazione emessa.

Il risultato è riassunto nelle due figure – ambedue interessanti anche se fra loro equivalenti - che seguono:





La curva di previsione classica, calcolata sulla base del modello delle onde elettromagnetiche continue, è rappresentata con **la curva rossa nella seconda figura**, posta a destra del disegno.

Essa prevede - muovendosi verso le <<brevi lunghezze d'onda>> - un aumento illimitato dell'intensità energetica, tanto da far parlare di una prevista <<**catastrofe dell'ultravioletto**>>.

Per fortuna non ci sono state catastrofi, e Max Planck, nel 1900, è riuscito a ricostruire teoricamente le curve sperimentali.

Per farlo, ha però dovuto imporre una condizione (cioè: **“proporre un postulato”, e ricavarne le conseguenze**):

lo scambio di energia fra onda e.m. e materia doveva avvenire non in modo continuo, ma “a salti”, cioè per quantità finite.

Quantità finite ed indivisibili, che vennero dette: <<**quanti di luce/energia**>>.

Anzi, data la frequenza ν dell'onda in arrivo, l'energia posseduta dal corrispondente “quanto di luce” era rappresentata dalla relazione:

$$\epsilon_{\nu} = h\nu ,$$

essendo

- **h** una costante universale, detta – ovviamente – **Costante di Planck**
- e
- ν la frequenza di quest'onda.

Da questo momento in poi, i possibili scambi di energia fra onda e.m. e materia devono essere considerati tutti e solo del tipo “quantizzato”:

$$nh\nu ,$$

essendo “n” un numero intero positivo.

Si passa così dal concetto di “*scambio continuo di energia*” a quello di “*scambio quantizzato di energia*”.

Però, nulla si dice ancora sulla “natura” dell’energia trasportata sotto forma di onde e.m.

Nel frattempo, altri esperimenti avevano messo in luce un altro fenomeno:

il fenomeno fotoelettrico.

Detto brevemente, nel 1888 il fisico italiano **Augusto Righi** aveva mostrato che una lastra metallica, investita da raggi UV, si caricava positivamente.

Una tale scoperta era stata preceduta da altri esperimenti, fatti da **Hertz** nel 1887, che riguardavano la scarica dei conduttori elettrizzati quando questi venivano stimolati da una scintilla elettrica scoccata nelle vicinanze.

Hertz si era accorto che il fenomeno appariva intensificato se i conduttori venivano illuminati con luce UV.

Una spiegazione esauriente del fenomeno venne data solo nel 1905 da **Einstein**, quando ipotizzò che la radiazione elettromagnetica che veniva fatta incidere sui metalli fosse essa stessa costituita da <<quanti>>, cioè da pacchetti indivisibili di energia elementare, più tardi chiamati anche <<fotoni>>.

L’ipotesi quantistica di Einstein non venne accettata, anzi, venne inizialmente rifiutata dalla comunità scientifica, e questo in quanto <<parlare di quanti di energia>> andava <<contro l’evidenza sperimentale che la radiazione e.m. fosse un’onda>>.

Per arrivare ad accettare come “vera” l’ipotesi dell’aspetto corpuscolare della luce si è dovuto aspettare il 1921, quando il fisico USA: **Arthur Holly Compton** decise di studiare sperimentalmente gli urti fra fotoni ed elettroni, arrivando così a dimostrare che in tali urti i fotoni si comportano come particelle materiali, aventi una propria energia ($E = h\nu$) ed una propria quantità di moto ($p = h/\lambda$), che si conservano.

Nel 1923 vennero infatti pubblicati i risultati dell’<<effetto Compton>>, che confermavano, fra l’altro, l’aspetto corpuscolare della radiazione.

Per gli studi che aveva fatto sull’effetto fotoelettrico, e le conclusioni cui era arrivato, **Einstein ricevette il Premio Nobel nel 1921.**

Da questo momento, l’energia espressa sotto forma di onda e.m. deve essere considerata essa stessa come quantizzata, e questo nonostante il fatto che i fenomeni di interferenza e di diffrazione della luce ne confermassero la natura ondulatoria.

Siamo di fronte ad una situazione fino a questo momento del tutto inimmaginabile:

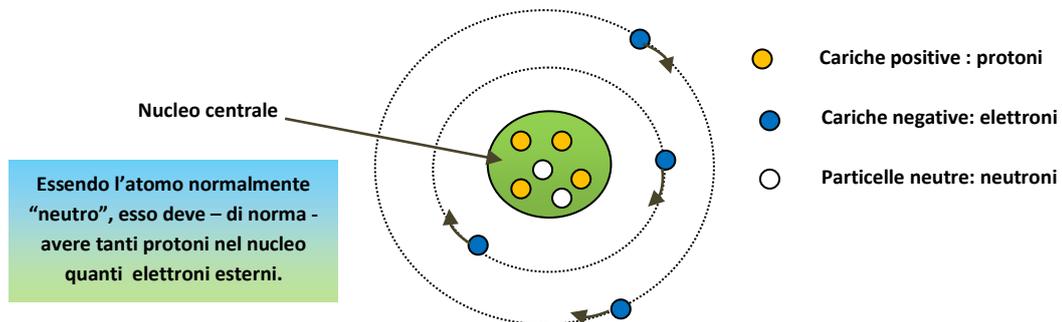
una grandezza fisica che possiede :

- le caratteristiche dell'onda, in quanto risponde a certe sollecitazioni come un'onda,
E CONTEMPORANEAMENTE
- le caratteristiche della materia, in quanto risponde a certe sollecitazioni come se fosse costituita da dei corpuscoli.

È un po' come andare in spiaggia, cercare di rinfrescarsi aspettando l'onda che arriva e ... finire al Pronto Soccorso perché l'onda si è comportata come ... una scarica di sassi.

Nel 1910 Rutherford propone un modello "moderno" di atomo, composto da:

- un **nucleo pesante**, contenente
 - particelle caricate positivamente: **i protoni**,
 - e particelle elettricamente neutre: **i neutroni**,
- a sua volta circondato da **elettroni**, carichi negativamente, che giravano attorno al nucleo, dando luogo ad una riproduzione, in piccolo, del sistema solare.



Fra i vari contributi dati da Rutherford nello sviluppo della teoria atomica troviamo il concetto di **peso atomico**: rapporto fra la massa dell'atomo di un elemento e la massa dell'atomo assunto come massa di riferimento.

Per Rutherford, la massa di riferimento era l'atomo di Idrogeno.

Purtroppo l'atomo di Rutherford fu subito soggetto di una critica molto importante:

gli elettroni che ruotano attorno al nucleo sono accelerati, se non altro per il fatto che, descrivendo orbite circolari, sono soggetti all'accelerazione centripeta.

Ed è "cosa nota", dall'Elettromagnetismo, che **una carica elettrica, se accelerata, crea sempre, attorno a se, un'onda e.m., e quindi irradia energia.**

E questa energia doveva essere fornita dalla particella accelerata, a spese di altre forme di energia, in questo caso energia potenziale rispetto al nucleo.

Come conseguenza, **sarebbe stato ragionevole aspettarsi di avere delle orbite a forma di spirale, tendenti a far collassare l'elettrone sul nucleo, ottenendo così - contro tutte le evidenze sperimentali - un atomo instabile.**

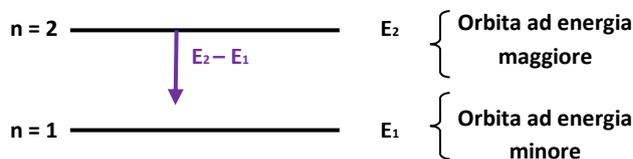
Nel 1913, Niels Bohr propose un proprio modello - peraltro ampliato nel 1916 da Sommerfeld - fondato sui seguenti principi:

NB:
Sono tutti veri e propri <<postulati>>, costruiti al fine di riprodurre quello che l'esperimento aveva già dimostrato.

- gli elettroni si muovono attorno al nucleo su orbite fisse e quantizzate (ossia: dotate di energia predefinita)
- gli elettroni non emettono e non assorbono energia
- l'atomo può scambiare energia con l'esterno solo se un suo elettrone passa da un'orbita ad un'altra.

L'elettrone che acquisisce energia salta su un'orbita a maggiore energia. Questo elettrone è però instabile, e quindi deve tornare nell'orbita dove si trovava prima, a più bassa energia, e quindi salta ad un livello energetico inferiore.

Questo salto prevede l'emissione di un fotone di energia pari alla differenza di energia fra le due orbite.



Dunque, gli scambi fra un atomo e l'ambiente che lo circonda avvengono per assorbimento o emissione di un fotone con energia pari a:

$$\epsilon_{\nu} = h\nu .$$

Nel 1924 un giovane fisico francese L. De Broglie, colpito dalla doppia natura corpuscolo-ondulatoria della luce/radiazione, fece l'ipotesi che la stessa cosa avrebbe potuto capitare anche alla materia.

Per quanto riguarda l'elettrone in movimento, egli ipotizzò che, in quanto particella, anch'esso possedeva un suo moto ondulatorio, con lunghezza d'onda:

$$\lambda = \frac{h}{mv} ,$$

essendo:

h = costante di Planck,

m = massa dell'elettrone ,

v = velocità dell'elettrone.

Egli dette, a queste onde, il nome di <<onde materiali>>.

Nel 1927 l'ipotesi di De Broglie venne confermata dai lavori sperimentali di due scienziati americani: Davisson e Germer.

Essi dimostrarono che un fascio di elettroni accelerati subisce, da parte di un reticolo cristallino, fenomeni tipicamente ondulatori: la diffrazione e l'interferenza.

Venne osservato anche che il valore di λ della radiazione elettronica aumentava al diminuire della velocità del fascio di elettroni, e viceversa.

Esperimenti successivi confermarono in pieno questi risultati.

Da questo momento in poi ci troviamo di fronte ad una situazione del tutto inconcepibile nella dimensione macroscopica:

- le onde si comportano anche come corpuscoli,
- i corpuscoli si comportano anche come onde,

il che significa che tutto il quadro che si era fatto nell'ambito sensoriale/macroscopico viene negato dall'esperimento nel mondo microscopico.

L'impatto di questa presa di coscienza è stato drammatico.

Tutte le certezze del passato erano svanite, e rimaneva a disposizione una situazione del tutto inaspettata, foriera di altri eventi non proprio banali.

Il che ha avuto conferma nel 1927, quando il fisico tedesco Werner Heisenberg (1901 - 1976) ha proposto il <<Principio di Indeterminazione>> che porta il suo nome, e che consiste nel fatto che – chiamando Δx e Δp le incertezze (scarti quadratici medi) con cui possono venir misurate la posizione x e la quantità di moto p di una particella – si ottiene che il prodotto $\Delta x * \Delta p$ deve soddisfare a questa disuguaglianza:

$$\Delta x * \Delta p \geq \hbar/2. \quad [\hbar = h/2\pi]$$

Per questo, gli è stato assegnato il Premio Nobel per la Fisica nel 1932.

Il problema consisteva nel fatto che, *data la natura ondulatoria di una particella*, maggiore è la precisione con cui viene determinata la sua posizione x , maggiore è l'incertezza con cui può essere conosciuta la sua quantità di moto p (e quindi la sua velocità), e viceversa .

Cioè, *a causa della natura ondulatoria delle particelle, perde significato il concetto di traiettoria della particella.*

Infatti, per determinare una traiettoria è necessario conoscere un suo punto e – istante per istante – anche la sua velocità, cosa che qui viene del tutto a mancare.

Stesso legame intercorre anche fra il tempo t e l'energia E : $\Delta t * \Delta E \geq \hbar/2$.

Questo significa che, facendo p.es. una misura di energia E , più è breve il tempo impiegato per compiere la misura, più incerto sarà il risultato ottenuto riguardante la E .

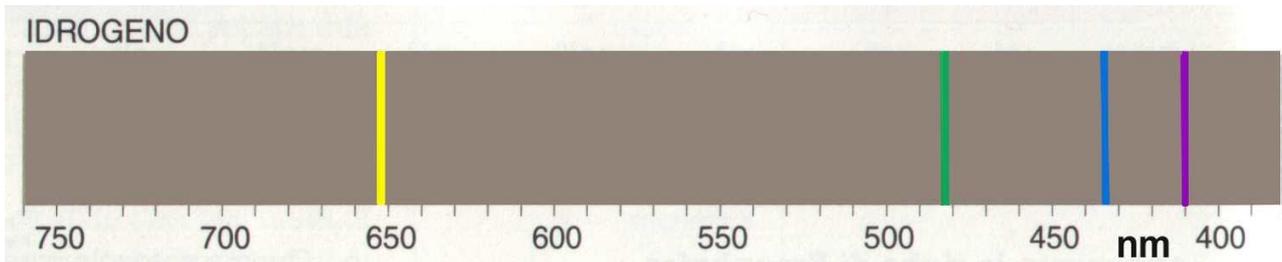
In nessun caso si potranno quindi conoscere contemporaneamente, con assoluta precisione, o x e p , oppure t ed E , e questo non per limitazioni di tipo strumentale, nel qual caso sarebbe sempre possibile sperare in un domani dove le difficoltà tecnologiche potessero venir superate, ma per la natura stessa delle grandezze in gioco, il che rimanderebbe tale speranza solo nella scoperta futura di un "nuovo modello di ragionamento", in grado di mettere in luce e superare i limiti del modello finora sviluppato.

Ma, fino ad allora, il problema appare essere del tutto senza speranza.

Il problema non è tecnico, è intrinseco nella natura delle cose.

È uno dei "limiti" con cui ci troviamo costretti a convivere.

Per concludere questa introduzione con qualche risultato concreto, si riproducono alcuni spettri emessi da sostanze ben precise, iniziando dall'elemento più semplice, l'idrogeno:



È possibile prevedere questa serie di righe ricorrendo ad una formula apparentemente semplice:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Essa è nota come **Formula di Balmer-Rydberg**; è stata impostata da Balmer nel 1885 ed espressa nella sua forma definitiva da Rydberg nel 1888.

La costante R prende il nome di Costante di Rydberg.

I valori di n ed m sono interi, con n fisso per una data serie ed $m > n$.

Il valore di "n" per ciascuna di queste serie prende il nome di <<**numero quantico principale**>>.

Se $n = 1$, si ottiene la **Serie di Lyman**, che si trova nell'UV e la cui prima riga spettrale fu scoperta nel 1906.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(1 - \frac{1}{m^2} \right)$$

Se $n = 2$, si ottiene la **Serie di Balmer**, che è stata scoperta nel 1885 e che mostra 4 righe nella banda ottica.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Se $n = 3$ si ottiene un'altra serie, detta **Serie di Paschen**, scoperta nel 1908 e localizzata nell'IR.

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Tutte queste serie prendono il nome dal loro scopritore.

Data la grande diffusione dell'idrogeno nell'Universo, risultano molto efficaci le ricerche fondate sullo studio delle righe dell'idrogeno, siano esse in assorbimento o in emissione.

Per l'Effetto Doppler, secondo il quale:

- se un oggetto sta fermo rispetto a me e mi invia un segnale, io ricevo un segnale che ha la stessa frequenza del segnale inviato.
- se un oggetto si allontana da me e mi invia un segnale, io ricevo un segnale che ha una frequenza minore di quella del segnale inviato (**spostamento verso il rosso**), e così riesco a calcolare la sua velocità di allontanamento da me.
- se un oggetto si avvicina a me e mi invia un segnale, io ricevo un segnale che ha una frequenza maggiore di quella del segnale inviato (**spostamento verso il violetto**), e così riesco a calcolare la sua velocità di avvicinamento.

è anche possibile determinare il moto relativo che i corpi celesti hanno rispetto a noi.

Sono, queste, tutte informazioni preziose per arrivare ad una “descrizione del mondo” che non sia solo “centrata sull’Uomo”, a causa dai limiti dell’Uomo stesso.

Mi si perdoni un pensiero irriverente:

quando vado a visitare l’Acquario, io guardo i pesci che nascono, vivono e muoiono nelle vasche dell’Acquario stesso, e penso ad un pesce “intelligente”, che voglia curiosare cosa c’è più in là dei limiti della sua vasca (*il suo mondo!*).

Egli vede, magari, quando il personale apre la finestra, lo specchio d’acqua del mare che sta di fronte all’Acquario.

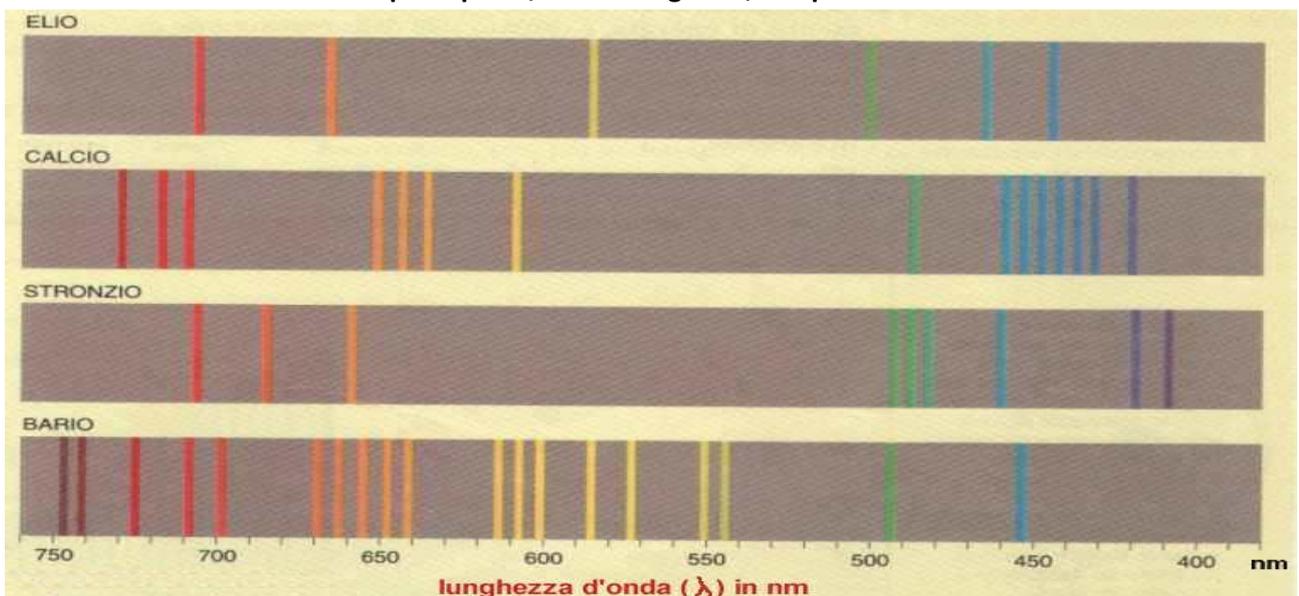
Qualunque sia la sua intelligenza, quale sarebbe la descrizione del mondo a cui lui arriverebbe?

E noi, non siamo forse “pesci di Acquario”, prigionieri in una vasca chiamata “Terra”?

Per l’amor del Cielo: è noto che noi, Umani, siamo anche arrivati sulla Luna!

Certo: 1 secondo-luce via dalla Terra!

Come altri esempi di spettri, diamo i seguenti, sempre nel visibile:

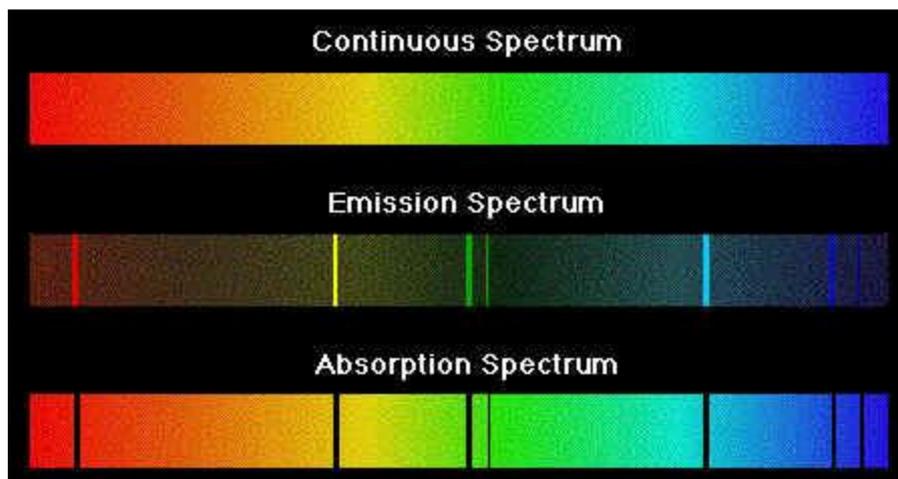


La loro conoscenza può – ovviamente - farci approfondire la comprensione dell’Universo.

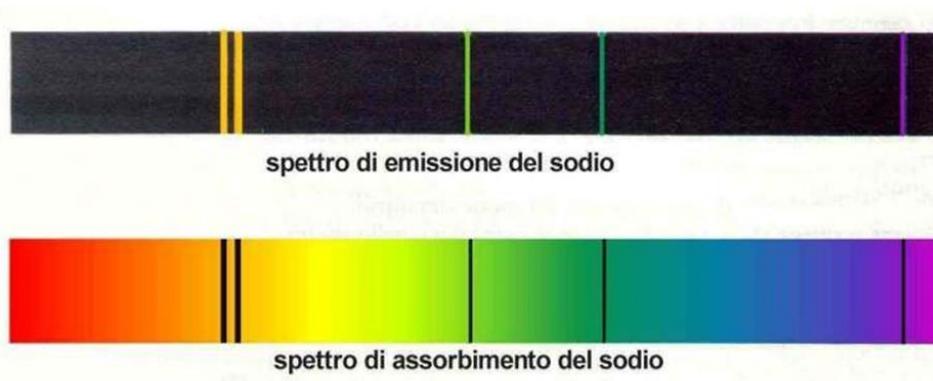
Non va dimenticato, ancora, che – data una massa di gas – è possibile:

- Eccitare questa massa, al punto da farle emettere luce, luce che dipende dalla costituzione dei suoi atomi: lo spettro che ne consegue è detto **spettro di emissione**.
Potremmo paragonare a questa la massa di gas contenuta in un tubo al neon.
- Far passare della radiazione, generata da una sorgente continua ad alta temperatura, attraverso ad una massa di gas più fredda. Il gas assorbe quelle lunghezze d'onda che più sono affini alla costituzione dei suoi atomi. Allo spettro continuo emesso dalla sorgente mancheranno, quindi, proprio e solo quelle lunghezze d'onda che sono state assorbite. Si parlerà di **spettro in assorbimento**.
Potremmo paragonare a questa la massa di gas che forma l'atmosfera esterna delle stelle.

Non rimane che presentare degli esempi:



oppure:



Ecco, è a questo punto che l'Uomo si è posto il problema di costruire una Teoria che tenga conto dei fatti sperimentali raccolti finora.

Ovviamente, *a differenza di quanto accaduto in passato,*

- dapprima ha avuto a disposizione i risultati degli esperimenti, risultati peraltro molto precisi, e
- solo dopo ha cercato di costruirsi una Teoria.

Ha dovuto scegliersi i postulati che lo portavano, utilizzando degli strumenti matematici costruiti apposta, ad ottenere teoricamente i risultati già ottenuti sperimentalmente.

Oggi la Teoria ha raggiunto un ottimo equilibrio, ma è e rimane ancora oggi un argomento molto difficile da affrontare.

È per questo che, proprio adesso, nel momento in cui la Meccanica Quantistica avrebbe ragione di entrare, noi ci limitiamo a finire.

Un'ultima osservazione:

tutto ciò che verrebbe detto per la costruzione della Meccanica Quantistica non presenta nulla di magico, ma è e rimane solo un tentativo fatto dall'Uomo per crearsi uno dei tanti modelli descrittivi che hanno costellato la sua storia.

È per questo che "*mi fa paura*" quando sento parlare di <<Pensiero Quantico>>, un misto di Fede e di Magia con il quale ho avuto un brevissimo contatto, e che nulla ha a che fare con la Scienza.

Non conosco abbastanza sull'argomento per poter esprimere un parere effettivamente ponderato;

però sono profondamente convinto che la Meccanica Quantistica sia una cosa molto seria ma anche molto umana, inserita nel filone della ricerca di nuove conoscenze umane.

Tuttavia è e rimane un processo sempre e solo umano, non un fatto magico o addirittura divino.

Quindi, pur chiedendo scusa per l'irriverenza, vi chiedo di fare molta attenzione agli <<*aspiranti stregoni*>>.

E con questo, ringrazio per l'attenzione e concludo il ciclo di incontri.