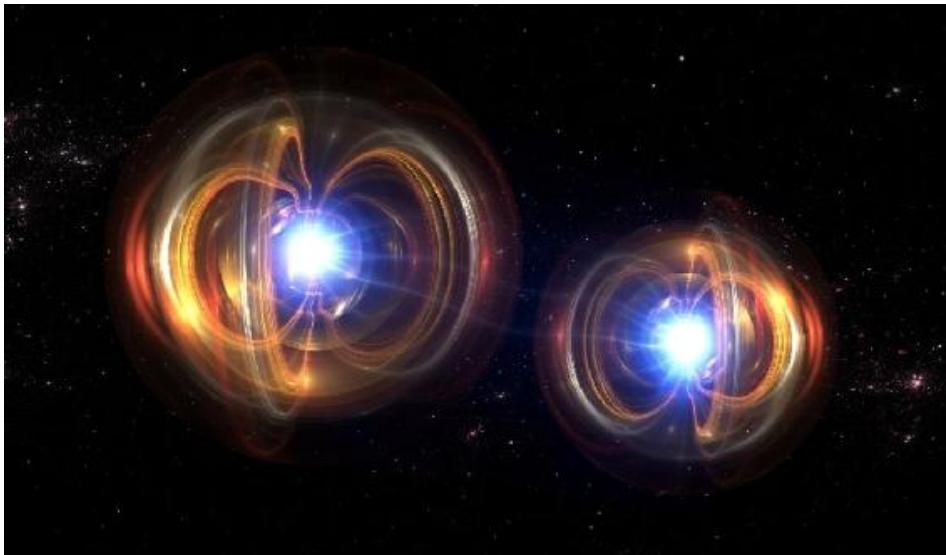


Prefazione

“Se è verde o si muove, è biologia. Se puzza, è chimica. Se non funziona, è fisica. Se non si capisce, è matematica. Se non ha senso, è economia o psicologia.”

Arthur Bloch



Grazie alla fisica quantistica, alle sue scoperte e ai suoi studi, siamo in grado di vedere che la realtà, oltre quella che ci appare, ha una trama spesso nascosta, segreta, quasi invisibile e possibilistica.

Grazie agli studiosi e ai fisici più lontani e più recenti, siamo stati in grado d'indagare le strutture più elementari della materia, siamo riusciti a scoprire come si comportano le particelle e come si forma la materia: una serie di concetti razionalmente inspiegabili e forse meravigliosamente incomprensibili.

Molti di questi processi sono poi stati sfruttati nelle tecnologie moderne: ogni giorno usiamo dispositivi e oggetti realizzati grazie agli studi della fisica quantistica e neanche lo sappiamo. La fisica quantistica ha messo sotto la lente d'osservazione dell'uomo come, alcuni dei profondi misteri quelli che la scienza passata non è riuscita a risolvere, sono stati indagati e scoperti grazie alla fisica quantistica che, a differenza del metodo classico, è riuscita a gestire e interpretare anche le più filosofiche e spirituali delle teorie e delle leggi.

La fisica quantistica ad esempio ci ha fatto scoprire che il niente può esser certo, che il tutto è solo probabile e possibile, che quello che determina le cose si manifesta attraverso l'osservazione, che la materia è fatta di energia, particelle, di onde, di niente e di tutto, che è impossibile separare un sistema da chi lo osserva, che lo spazio e il tempo sono variabili relative, che la struttura della materia può condizionare il comportamento di altre strutture anche tra loro distanti e che la coscienza e il pensiero umano sono entità fisiche. Insomma, tutti aspetti della realtà che prima sembravano impossibili da concretizzare e spiegare ma che ora sono alla portata dell'uomo grazie proprio alla scienza.

La cosa ancor più strabiliante è che, come dicevano prima, tutte le scoperte fatte dalla fisica quantistica hanno permesso la realizzazione delle più moderne tecnologie e hanno permesso d'introdurre una visione nuova della realtà, basata ora sul possibilismo e non sul determinismo. Pensiamo infatti che la nostra economia si basa proprio sulle scoperte fatte dalla fisica quantistica.

Se applichiamo queste scoperte al nostro quotidiano, troveremo davanti a noi scenari diversi da quelli a cui siamo abituati: pensiamo a una cosa che per noi è reale ma, prima che divenga reale, essa viene costruita con la partecipazione di tutte le esperienze a essa connessa, quindi di tutta la realtà.

Dopo aver messo le basi e capito cosa studia e in cosa consiste la fisica quantistica, nel nostro "viaggio" andremo a capire uno dei concetti fondamentali: quello dell'interazione. Ovvero la situazione nella quale due o più elementi, della realtà agiscono l'uno sull'altro: questa è la situazione tipo dove una persona crede di aver subito un'esperienza, unicamente a

causa di un'altra persona, ma entrambi la percepiscono in maniera differente. Insomma io penso una cosa, l'altra persona pensa altro, ma entrambi abbiamo influito sul comportamento e sulla realizzazione di quanto accaduto.

No, non è un concetto così complesso come può sembrare. Quello di cui parleremo è di come tutti i risvolti e le situazioni che viviamo quotidianamente nella nostra vita, sono strettamente connesse alla fisica quantistica.

Per comprendere come funziona il reale, per riuscire ad afferrarlo e per diventare padroni a pieno, dobbiamo indagare la fisica quantistica e le sue leggi, quelle che reggono il nostro universo. Così facendo potremo capire perché agiamo, se lo facciamo nella maniera giusta o se stiamo sbagliando qualcosa.

Il viaggio che stiamo per compiere è un inno alla scoperta e al cambiamento. Se sei pronto a cominciare, ti aspetto nel prossimo capitolo.

Buona lettura!

La Fisica Quantistica

“Nella teoria della relatività non esiste un unico tempo assoluto, ma ogni singolo individuo ha una propria personale misura del tempo, che dipende da dove si trova e da come si sta muovendo”.

Stephen Hawking



La fisica quantistica, conosciuta anche con il nome più comune di meccanica quantistica, è la teoria della meccanica attualmente più completa, che descrive come si comporta la materia, la radiazione e tutte le interazioni in base ai fenomeni dell'energia atomica e subatomica. Contrariamente alla fisica classica, il compito della fisica quantistica è quello di descrivere la radiazione e la materia sia come fenomeno ondulatorio sia come entità particellare.

È stata ipotizzata e teorizzata dal fisico tedesco Max Planck nel recente 1901 dall'esigenza di riempire i punti vuoti della fisica classica che non riusciva ad applicare tutte le sue leggi agli elementi microscopici. Lo stesso Planck fu il primo a introdurre il concetto di “quanto”: lo studio, così

rivoluzionario, fece cadere tutte le certezze su cui si era basata fino a quel momento la fisica e arrivò a comprendere che la conoscenza della realtà era molto lontana dall'essere completa, come invece si riteneva ai tempi.

La fisica quantistica ha il merito di aver fatto da spartiacque con la fisica classica, contribuendo alla nascita della fisica moderna, della teoria quantistica dei campi, della generalizzazione della formulazione del principio della relatività ristretta e tanti altri campi della fisica, come la fisica atomica, la fisica della materia condensata, la fisica nucleare e subnucleare, la fisica delle particelle, la chimica quantistica.

Cenni storici: come nasce e come si sviluppa la fisica quantistica

“Studiare fisica significa essere sulle tracce del campione”.

Isidor Isaac Rabi

Alla fine del XIX secolo, la fisica era incapace di descrivere il comportamento della materia e della radiazione elettromagnetica: in modo particolare non si riusciva a spiegare la realtà sperimentale della luce e dell'elettrone. Questo limite fu la spinta principale che portò, nella prima metà del XX secolo, allo sviluppo di una fisica differente rispetto a quella fino ad allora conosciuta, attraverso delle teorie formulate su basi empiriche e basate sul fatto che alcune grandezze, come l'energia, potessero variare solo in base a dei valori chiamati quanti.

Gli atomi furono riconosciuti da John Dalton nel 1803 come i costituenti fondamentali delle molecole di tutte le materie: quasi sessant'anni dopo la tavola periodica permise di raggruppare gli atomi grazie alle proprietà chimiche. Gli studi di grandi uomini del tempo, come Avogadro, Dumas e Gauden, dimostrano che gli atomi si compongono fra loro a formare le molecole e, andandosi a combinare, strutturano le leggi di carattere geometrico. Ma, nonostante le nuove scoperte, non erano ancora chiari i motivi per i quali gli elementi e le molecole si formassero secondo leggi regolari e periodiche.

George Stoney ebbe il merito di scoprire la struttura interna dell'atomo, con la conseguente scoperta dell'elettrone nel 1874 e, successivamente, la scoperta del nucleo per opera di Rutherford. Quest'ultimo elaborò un modello alla cui base l'atomo, che si trovava nel nucleo centrale a carica positiva, agiva sugli elettroni negativi in modo analogo al motore del Sole intorno ai pianeti del suo sistema. Tuttavia le emissioni elettromagnetiche previste dalla teoria del moto accelerato, avrebbero portato l'atomo al collasso in pochi istanti, contrariamente a quanto stabilito dalla materia osservata. La radiazione elettromagnetica fu teorizzata da James Clerk Maxwell nel 1850 e rilevata da Heinrich Hertz nel 1886. Tuttavia Wien scoprì che un corpo nero che assorbe tutta la radiazione incidente, dovrebbe

emettere onde elettromagnetiche con intensità infinita a corta lunghezza d'onda. Questo paradosso non accolse ampi consensi all'epoca, e fu chiamato "catastrofe ultravioletta".

Nel 1887 Heinrich Hertz scoprì che le scariche elettriche fra due corpi conduttori carichi sono molto più intense se i corpi venivano esposti a radiazione ultravioletta. Questo fenomeno prese il nome di effetto fotoelettrico: quando questo fenomeno si verificava, l'energia degli elettroni era direttamente proporzionale alla frequenza della radiazione elettromagnetica.

Queste sperimentazioni non si potevano spiegare con la teoria classica e, la loro spiegazione teorica, fece conquistare il Nobel per la fisica, nel 1921, a Einstein.

La fisica quantistica, sviluppandosi con i contributi di numerosi fisici per oltre mezzo secolo, fornì spiegazioni tutte soddisfacenti a queste regole all'apparenza empiriche e contraddittorie.

Nel 1913 il fisico danese Niels Bohr propose un modello che aveva il compito di riunire tutte le evidenze emerse attorno alla stabilità dell'atomo d'idrogeno e al suo spettro di emissione. Illustri nomi fornirono il loro contributo alla missione, come Max Planck, Albert Einstein, Peter Debye e Arnold Sommerfeld. Questo modello vedeva il moto dell'elettrone nell'atomo d'idrogeno lungo un insieme di orbite chiuse di tipo circolare ed ellittico. La radiazione elettromagnetica veniva assorbita solo quando un elettrone passava da un'orbita più piccola a una più grande e viceversa. Grazie a questo modello fu possibile calcolare i livelli energetici dell'atomo d'idrogeno dimostrando che l'elettrone non poteva assumere qualsiasi valore di energia, ma valori precisi e determinati.

L'unico punto oscuro era capire come l'elettrone potesse percorrere solo alcune traiettorie chiuse: nel 1924 il fisico francese Louis de Broglie ipotizzò che l'elettrone ha un comportamento ondulatorio, che si manifesta ad esempio in fenomeni d'interferenza. Grazie a questa ipotesi il modello di Bohr poteva interpretarsi come la condizione di onde stazionarie.

Grazie a questi moderni risultati, nel 1925 si sviluppò la meccanica delle matrici e la meccanica ondulatoria, dalle menti di Werner Heisenberg, per la

prima ed Erwin Schrödinger per la seconda.

Insomma, se all'inizio del ventesimo secolo, scienziati e fisici erano certi di aver compreso tutti i principi fondamentali della natura, queste ultime scoperte mischiarono nuovamente le carte in tavola, fornendo spiegazioni più moderne e rivoluzionare e contribuendo a capire che, con il passare degli anni, non si può mai finire d'imparare ma che tutto il nostro mondo, animale, vegetale, reale e mistico, è fonte perpetua di studio, ricerche e scoperte.

Ripercorriamo in ordine cronologico gli eventi salienti che hanno portato alla nascita e all'evoluzione della fisica quantistica.

- 1900 Max Planck suggerisce che la radiazione quantica si manifesta in quantità discrete.
- 1905 Albert Einstein propone il quanto di luce: il fotone che si comporta come una particella. Altre teorie di Einstein illustrano l'equivalenza di massa ed energia, la dualità particella-onda del fotone, il principio di equivalenza e la relatività speciale.
- 1909 Hans Geiger ed Ernest Marsden lanciano particelle alfa contro una lamina d'oro e osservano ampi angoli di diffusione.
- 1911 Ernest Rutherford deduce che gli atomi hanno un nucleo piccolo, denso e carico positivamente.
- 1912 Albert Einstein spiega la curvatura dello spazio-tempo.
- 1913 Niels Bohr riesce a costruire con successo una teoria della struttura atomica basata sui concetti quantistici.
- 1919 Ernest Rutherford trova la prima prova sperimentale del protone.
- 1921 James Chadwick ed E.S. Bieler arrivano alla conclusione che una qualche forza forte tiene insieme il nucleo.
- 1923 Arthur Compton scopre la natura quantica dei raggi X, confermando che il fotone è una particella.
- 1924 Louis de Broglie postula che la materia ha proprietà ondulatorie.

- 1925 Wolfgang Pauli formula il principio di esclusione per gli elettroni in un atomo. Walther Bothe e Hans Geiger dimostrano che massa ed energia si conservano nei processi atomici.
- 1926 Erwin Schroedinger sviluppa la meccanica ondulatoria, che descrive il comportamento dei sistemi quantistici per i bosoni. Max Born dà un'interpretazione in termini probabilistici della meccanica quantistica. G.N. Lewis propone il nome di "fotone" per il quanto di luce.
- 1927 Alcuni materiali emettono elettroni di varia energia. Dato che sia l'atomo che il nucleo presentano livelli discreti di energia, non è facile capire perché gli elettroni prodotti in una transizione possano avere spettro continuo. Werner Heisenberg formula il principio d'indeterminazione: più sai riguardo l'energia di una particella, meno sai riguardo la sua durata e viceversa. Lo stesso principio d'indeterminazione si applica alla quantità di moto.
- 1928 Paul Dirac unisce la meccanica quantistica e la relatività speciale per descrivere l'elettrone.
- 1930 La meccanica quantistica e la relatività speciale sono ben consolidate. Ci sono solo tre particelle fondamentali: protoni, elettroni e fotoni. Max Born, dopo aver visto l'equazione di Dirac, dice "La fisica, come la conosciamo noi, finirà tra sei mesi". Wolfgang Pauli introduce il neutrino per spiegare lo spettro continuo dell'elettrone nel decadimento beta.
- 1931 Paul Dirac conclude che le particelle con carica elettrica positiva richieste dalla sua equazione sono oggetti nuovi e li chiama positroni: sono come gli elettroni, ma hanno carica positiva. È il primo esempio di antiparticelle. James Chadwick scopre il neutrone. I meccanismi del legame nucleare e del decadimento diventano problemi di primaria importanza.
- 1933-34 Enrico Fermi avanza una teoria del decadimento beta che introduce l'interazione debole. È la prima teoria a usare esplicitamente i neutrini e i cambiamenti di sapore delle particelle. Hideki Yukawa unisce relatività e teoria quantistica per descrivere le interazioni

nucleari attraverso uno scambio tra protoni e neutroni di nuove particelle, i pioni. Dalle dimensioni del nucleo, Yukawa deduce che la massa delle particelle ipotizzate è circa 200 volte la massa dell'elettrone. È l'inizio della teoria mesonica delle forze nucleari.

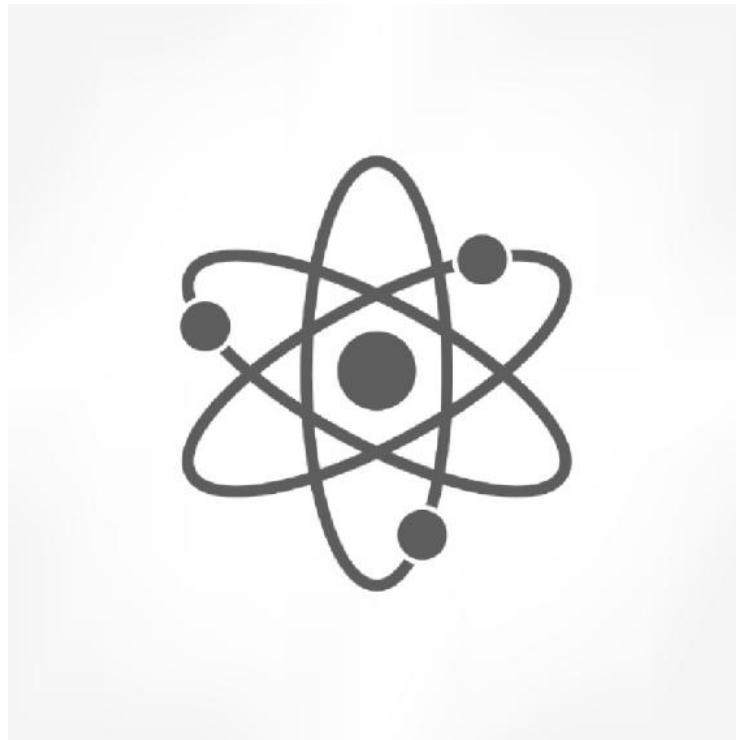
- 1937 Una particella con massa 200 volte quella dell'elettrone viene scoperta nei raggi cosmici. I fisici pensano che sia il pione di Yukawa, ma in seguito si scoprirà che si tratta del muone.
- 1938 E.C.G. Stuckelberg osserva che protoni e neutroni non decadono mai in alcuna combinazione di elettroni, neutrini, muoni o loro antiparticelle. La stabilità del protone non può essere spiegata in termini di conservazione dell'energia o della carica: propone che le particelle pesanti si conservano indipendentemente.
- 1941 C. Moller e Abraham Pais introducono il termine nucleone per indicare genericamente sia i protoni che i neutroni.
- 1947 Nei raggi cosmici viene trovato un mesone che interagisce in maniera forte, e si stabilisce che sia il pione.
- 1947 I fisici trovano procedure per calcolare le proprietà elettromagnetiche di elettroni, positroni e fotoni. Feynman introduce i suoi diagrammi.
- 1948 Per la prima volta il sincrotrone di Berkeley produce pioni artificialmente.
- 1949 Enrico Fermi e C.N. Yang interpretano il pione come una struttura composta da un nucleone e un antinucleone. Quest'idea di particelle composte è piuttosto rivoluzionaria. Viene scoperta la particella K^+ attraverso il suo decadimento.
- 1950 Viene trovato il pione neutro.
- 1951 Nei raggi cosmici vengono scoperti due nuovi tipi di particelle. Nei rivelatori si trovano tracce a forma di "V", e si ricostruiscono gli oggetti neutri elettricamente che sono decaduti producendo i due oggetti carichi che hanno lasciato le tracce. Queste nuove particelle sono battezzate λ^0 e K^0 .

- 1952 Viene scoperta la particella "delta": sono quattro particelle simili (δ^{++} , δ^+ , δ^0 , δ^-).
- 1952 Donald Glaser inventa la camera a bolle. Diventa operativo il Cosmotrone di Brookhaven, un acceleratore di 1,3 GeV.
- 1953 Inizia la cosiddetta "esplosione delle particelle", una vera e propria proliferazione di particelle.
- 1953-57 Esperimenti di diffusione di elettroni su nuclei rivelano una distribuzione di densità di carica dentro al protone e anche dentro al neutrone. La descrizione di questa struttura elettromagnetica interna di protoni e neutroni suggerisce l'idea di una qualche struttura interna di questi oggetti, sebbene siano ancora considerati particelle fondamentali.
- 1954 C.N. Yang e Robert Mills elaborano una nuova classe di teorie, chiamate "teorie di Gauge". Questo tipo di teoria costituirà poi la base del Modello Standard.
- 1955 Beniamino Segré, con il suo gruppo di Berkeley, scopre l'antiproton, la prima antiparticella pesante.
- 1957 Julian Schwinger in un articolo propone l'unificazione delle interazioni debole ed elettromagnetica.
- 1957-59 Julian Schwinger, Sidney Bludman, e Sheldon Glashow, separatamente, propongono l'idea che tutte le interazioni deboli sono mediate da bosoni carichi pesanti, più tardi denominati W^+ e W^- . Già Yukawa, venti anni prima, aveva parlato di scambi di bosoni, ma aveva identificato nel pione il mediatore della forza debole.
- 1961 Dato che il numero di particelle note continua a crescere, un modello matematico di classificazione delle particelle (il gruppo $SU(3)$) aiuta i fisici a identificare schemi per i tipi di particelle.
- 1962 Gli esperimenti verificano che esistono due tipi distinti di neutrini (neutrini-elettrone e neutrini-muone), come già previsto dalla teoria.

Fisica atomica

“Le particelle subatomiche non obbediscono alle leggi fisiche... si muovono secondo il caso, il caos, la coincidenza si scontrano l'una con l'altra nel mezzo dell'universo e poi c'è il bang. E l'energia. Noi siamo come loro. La più grande qualità dell'universo è l'imprevedibilità... per questo è divertente!”

Anonimo



Cos'è la fisica atomica?

La fisica atomica è quella branca della fisica che si occupa di studiare gli atomi come dei sistemi isolati, al cui interno sono presenti elettroni e nuclei atomici. Si occupa principalmente della disposizione di tutti gli elettroni attorno al nucleo e ai processi con i quali queste disposizioni possono mutare. Questa pratica riguarda gli atomi neutri e gli ioni: questa parte della

fisica va così a comprendere la descrizione e l'evoluzione del modello atomico.

Il termine è spesso associato, in maniera errata, all'energia nucleare e alle bombe atomiche: quest'ambito però è d'interesse esclusivo di una sotto branca della fisica nucleare che si focalizza sul nucleo atomico e le forze nucleari.

Cosa studia la fisica atomica?

Per capire cosa studia la fisica atomica partiamo da una domanda: chiunque di noi, quando si trova davanti a degli oggetti o si pone domande per indagare sulla natura, si chiede sempre “di cosa è fatto?”.

Grazie alla fisica e alle sue scoperte, oggi siamo in grado di rispondere a questa domanda dicendo che qualsiasi oggetto presente in natura è formato da un numero di particelle piccolissime, invisibili anche al più potente dei microscopi ed è fatto di atomi. Qualsiasi oggetto può rientrare in una delle seguenti categorie: gli oggetti che sono costituiti da molte parti diverse, unite però alla rinfusa oppure oggetti che sembrano costituite da un'unica sostanza; quindi abbiamo oggetti di corpi eterogenei oppure oggetti di corpi omogenei.

La domanda che si fa la fisica atomica è però un'altra: fino a che punto un corpo omogeneo si mantiene tale quando se ne osservano particolari sempre più minimi?

Se rompiamo un corpo omogeneo, in parti sempre più piccole, potremo vedere che anche questo è costituito da sostanze differenti: quest'opera di suddivisione andrà avanti all'infinito o ci sarà un punto nel quale le particelle non potranno più essere divise?

Il primo a porsi questa domanda fu Democrito, colui che possiamo ritenere uno dei primi fisici dell'antica Grecia. Per Democrito ogni corpo è composto da piccole particelle invisibili, dure, non divisibili, immutabili ed eterne: ovvero gli atomi. Infatti la parola atomo in greco significa appunto indivisibile. La teoria di Democrito fu elaborata dal filosofo greco Epicuro

ed è arrivata da noi scritta nelle pagine del più importante saggio di divulgazione scientifica, il *De Rerum Natura*, scritto dal poeta latino Lucrezio. Tra queste pagine apprendiamo che gli atomi si trovano immersi nel vuoto assoluto: questo vuoto è presente ovunque e gli atomi, al suo interno, si muovono, si urtano e si uniscono per formare la materia delle cose, poi si separano compiendo il disfacimento degli oggetti.

Sempre secondo Epicuro, siamo stati in grado di rispondere a un altro grande quesito della fisica atomica, ovvero come si uniscono gli atomi. Secondo il filosofo greco, per ogni diversa forma degli atomi esistono diverse possibilità di aggregazione: quindi in natura troviamo corpi con proprietà differenti.

La fisica atomica quindi, studia la struttura degli atomi, i loro livelli di energia e la spettroscopia relativa alle transizioni di elettroni da un livello energetico a un altro, andando a esaminare quali interazioni ci sono tra gli atomi nel campo elettromagnetico.

Oggetto della fisica atomica è lo studio della struttura del nucleo atomico, l'analisi dei suoi livelli energetici, l'interpretazione dei possibili processi d'interazione tra nuclei e altre particelle subatomiche o radiazioni e la ricerca di una teoria soddisfacente delle forze nucleari.

Ma fra le diverse esperienze che sono state usate, negli anni, per formulare la teoria della struttura atomica, sono tre i principali stadi studiati:

- La scoperta della natura elettrica della materia e della natura dell'elettricità stessa, avvenuta nel 1900;
- La scoperta che l'atomo è costituito da un nucleo circondato da elettroni, avvenuta nel 1911;
- La formulazione delle leggi meccaniche che governano il comportamento degli elettroni nell'atomo, avvenuta nel 1925.

Ma quando parliamo di fisica atomica non può che venire in mente, soprattutto ai neofiti della materia, una sola cosa: gli armamenti atomici.

La bomba atomica, nome della bomba a fissione nucleare, è un ordigno esplosivo la cui energia è prodotta da una reazione a catena di fissione

nucleare e fa parte delle pericolosissime armi nucleari, un gruppo di armamenti che si basa sul principio della reazione nucleare.

Il processo su cui si basano questi armamenti è la divisione del nucleo atomico di un elemento pesante, detto fissile, che si divide in due o più nuclei di massa inferiore. Questo processo è provocato dalla collisione con un neutrone libero. Quando il nucleo si rompe produce dei nuclei più leggeri e anche un altro neutrone libero, senza dimenticare la quantità enorme di energia.

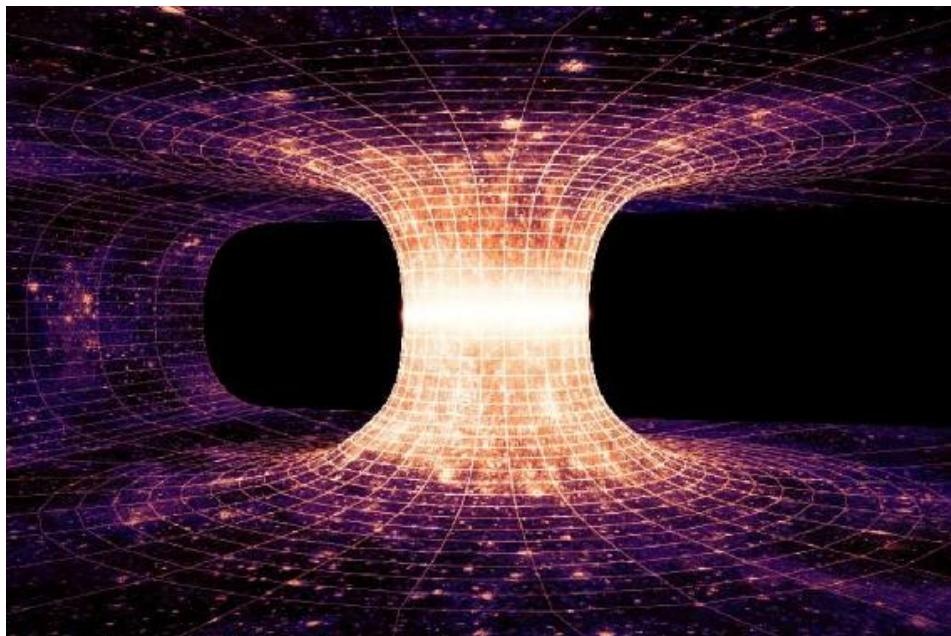
Se il materiale fissile ha un grado di concentrazione sufficiente ed è in una massa sufficientemente grande, detta massa critica, i neutroni liberi prodotti a loro volta sono in grado di colpire nuovi nuclei di elemento fissile. Tutto ciò produce una reazione a catena che si propaga per tutta la massa di materiale e libera una enorme quantità di energia in un tempo brevissimo.

Oggi quando parliamo di bomba atomica indichiamo proprio armi di questo tipo: quindi armi termonucleari che costituiscono, ormai e purtroppo, l'intero equipaggiamento bellico delle più potenti nazioni del mondo.

Fisica della materia

“Ora egli è dipartito da questo strano mondo un po' prima di me. Questo non significa nulla. La gente come noi, che crede nella fisica, sa che la differenza tra passato, presente e futuro è solo una persistente e testarda illusione”.

Albert Einstein



La fisica della materia è quella branca della fisica che studia le proprietà fisiche microscopiche della materia: questa parte è attualmente quella di più ampia ricerca e anche quella con gli sviluppi più recenti. In particolare la fisica della materia si occupa delle fasi condensate che sono caratterizzate da un numero di costituendi del sistema e delle loro forti interazioni.

All'inizio, la fisica della materia nasce dalla fisica dello stato solido. Il primo a coniare questo termine fu Philip Anderson nel 1976 e, due anni dopo, la Divisione di Fisica dello Stato Solido dell'American Physical Society fu rinominata Divisione di Fisica della Materia Condensata. Il cambio del nome fu dovuto al fatto che molte delle teorie e dei metodi usati per studiare i solidi veniva applicati anche ai sistemi fluidi. Il principale esempio è quello degli elettroni di condizione all'interno di un conduttore elettrico che formano un tipo di fluido quantistico con proprietà simili a quelle dei fluidi formati da atomi.

La fisica della materia è una disciplina caratterizzata da un forte radicamento teorico. Negli anni Sessanta, i maggiori fisici teorici erano in possesso di tecniche in uso per la teoria quantistica perturbativa dei corpi. Questi studiosi iniziarono ad applicarla non solo ai solidi e ai fluidi ma anche alla fisica nucleare, all'elettrodinamica quantistica d'insiemi di particelle elementari e persino a problemi di astrofisica. La maggior parte delle ricerche e degli studi si portarono nel campo della materia condensata e per farlo iniziarono ad applicarla verso nuove tecnologie. Non solo quindi risoluzione dei problemi generali ma anche quelli più specifici, come le proprietà di una particolare ceramica o lega metallica oppure di uno specifico campione di materiale semiconduttore.

Questo significò iniziare a progettare materiali e dispositivi allo stato solido su richiesta: solo le menti più geniali si resero conto che questi fisici stavano per aprire le porte a una nuova epoca. L'epoca dell'informazione.

La fisica della materia quindi studia sia tramite teoria che attraverso le simulazioni: questo permette di poterla applicare ai più sofisticati esperimenti, ai comportamenti, alle proprietà e alle applicazioni della materia.

Gli studi su cui si basa questa disciplina sono assai vasti: l'infinito stato della materia, le sue strutture micrometriche e nanometriche propongono sfide e ricerche continue agli studiosi sia perché la materia è sempre nuova, e lo sviluppo di nuovi materiali è sempre costante, sia perché è necessario comprendere la possibilità di poter modificare le proprietà stesse della materia.

Le aree che interessano gli studiosi della fisica della materia vanno dai sistemi estesi, come quelli solidi, liquidi, la materia soffice e i plasmi fino ad arrivare agli aggregati nanometrici della materia e per finire ai fenomeni di non equilibrio. Senza dimenticare la dinamica dei plasmi fa parte degli approcci insieme ai fasci di particelle e alle proprietà quantistiche della radiazione oppure le applicazioni al processo quantistico dell'informazione e alla metrologia quantistica.

Altro oggetto dello studio sono i nano laser: gli emettitori di luce ad alta efficienza e i nuovi materiali per la fotonica, la tecnica che usa la luce per trasmettere oppure per elaborare informazioni.

Altri invece, e sempre in maggiore affermazione, sono i ricercatori che si dedicano a sperimentare le soluzioni tecnologiche dei materiali e a produrre l'energia sostenibile.

Per riuscire a tradurre le leggi della fisica quantistica in una forma adatta alla materia, i ricercatori devono capire fin dove può arrivare la complessità della materia: studiano quindi le proprietà strutturali, quelle meccaniche e di trasporto di tutti i sistemi nano strutturati.

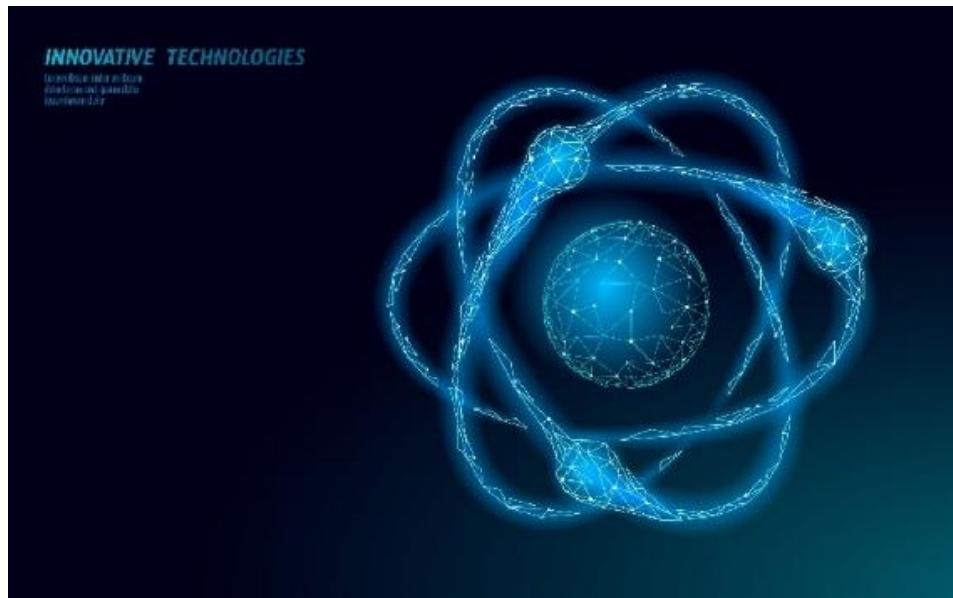
Un campo applicativo di notevole interesse per la fisica della materia è quello che si occupa di creare nuove tecniche di caratterizzazione per le opere d'arte o i reperti archeologici. Alcuni esempi si possono trovare nello studio dei materiali, nell'identificazione dei pigmenti sui dipinti o sui manoscritti, altri ancora sono gli studi per aiutare il restauro, la conservazione, la datazione e l'autenticazione delle opere d'arte.

Possiamo ritenere la fisica dei materiali il campo più ampio di tutta la fisica contemporanea, grazie anche al continuo arricchimento che proviene dalle sempre maggiore sovrapposizione con altri studi come la chimica, la scienza dei materiali, l'elettronica, le nanotecnologie e l'ingegneria. Tutto ciò rende la fisica dei materiali una materia tanto complessa quanto affascinante.

Fisica nucleare

“Le regole che descrivono la natura sembrano essere matematiche. Questo non è il risultato del fatto che è l'osservazione ad essere giudice, e non è una caratteristica necessaria della scienza il suo essere matematica. Succede semplicemente che si possono enunciare delle leggi matematiche, almeno per la fisica, che riescono a fare previsioni fantastiche. Perché la natura è matematica è, ancora una volta, un mistero”.

Richard Phillips Feynman



La fisica nucleare è la branca della fisica che studia il nucleo atomico, i suoi costituenti, ovvero i protoni e i neutroni e le loro interazioni. Differisce dalla fisica atomica che, come abbiamo visto, studia l'atomo, e anche dalla fisica delle particelle, che studia le singole particelle libere.

La fisica nucleare viene attualmente applicata nella medicina, ad esempio nelle risonanze magnetiche nucleari, nella scienza dei materiali, per

l’impiantazione ionica, e per l’archeologia grazie alla radio datazione al carbonio.

La fisica nucleare è divisa in fisica della struttura nucleare, che studia tutte le teorie sulla formazione, sulla coesione e sulle proprietà statiche dei nuclei, e in fisica delle reazioni nucleari, che studia invece i processi con i quali i nuclei interagiscono per formarne altri attraverso la loro unione, la loro frammentazione o il cambiamento del loro stato di moto. Queste due sottodiscipline lavorano in connessione l’una con l’altra: infatti ogni informazione che ci arriva sulla struttura, ci viene data grazie allo studio delle reazioni e dei decadimenti.

Visto che l’oggetto di studio è l’atomo, cerchiamo di capire meglio la sua storia e la sua evoluzione.

L’atomo fu scoperto in epoca molto antica: già Democrito la riteneva una particella indivisibile che componeva la materia ma solo nel XIX secolo furono scritte le prime teorie.

La prima teoria atomica fu elaborata da John Dalton che disse che: “La materia non è continua, ma è composta da particelle che non possono essere ulteriormente divisibili né trasformabili, gli atomi; Gli atomi di un particolare elemento sono tutti uguali tra loro e hanno la stessa massa; Gli atomi di elementi diversi hanno massa e proprietà differenti; Le reazioni chimiche avvengono tra atomi interi e non tra frazioni di essi; In una reazione chimica tra due o più elementi gli atomi, pur conservando la propria identità, si combinano secondo rapporti definiti dando luogo a composti”.

Successivamente John Thomson ipotizzò che l’atomo avesse una sfera omogenea composta da piccole particelle con carica positiva e con elettroni senza una disposizione spaziale.

Poi toccò a Ernest Rutherford formulare altre teorie: egli ipotizzò che la massa e la carica elettrica positiva fossero concentrate in una parte piccola dell’atomo, il nucleo, e che gli elettroni si trovassero in una zona periferica, molto distanti dal nucleo. Per dimostrare ciò bombardò una lamina d’oro con particelle di elio emesse da polonio radioattivo: alla fine dell’esperimento ipotizzò che le particelle che venivano nel processo

deviate, passassero nello spazio tra il nucleo e gli elettroni. Così facendo rovesciò completamente la precedente tesi di Thomson.

Il suo modello fu migliorato da Niels Bohr: per lo studioso gli elettroni ruotavano intorno al nucleo cambiando l'orbita a seconda se ricevevano o perdevano energia.

L'ultimo modello è quello quantistico che dice che non è possibile conoscere con precisione la posizione dell'elettrone ma è invece possibile determinare in quale luogo andrà.

A differenza della fisica atomica, qui non esiste un unico modello nucleare che possa spiegare tutte le proprietà: esistono però modelli diversi. Questo perché non esiste un corpo centrale di grande massa e perché non si conosce la struttura del potenziale d'interazione nucleare. Vediamo quindi quali sono i modelli principali che sono in nostro possesso:

- Il modello a goccia

Ipotizzato nel 1939 da Niels Bohr e John Archibald Wheeler. Questo modello spiega la perdita di massa durante la fissione nucleare. Quando il nucleo è colpito dal neutrone, si produce un assorbimento di questa particella da parte del nucleo stesso causando un eccesso di energia che provoca un moto oscillatorio, proprio come una goccia di liquido che ha assorbito l'energia meccanica. Il moto provocato fa allungare il nucleo finché questo non si rompe, provocando quindi la fissione nucleare.

- Il modello a guscio

Grazie al modello a guscio è possibile spiegare quali sono le proprietà dei singoli nucleoni durante la fissione nucleare. Il modello a guscio considera i nucleoni con proprietà simili a quelle degli elettroni: quando il numero di neutroni o protoni corrisponde ai numeri magici, i numeri 2, 8, 20, 28, 34, 50, 82 e 126, i nuclei si ritengono stabili, mentre i nucleoni risultano legati in maniera molto debole.

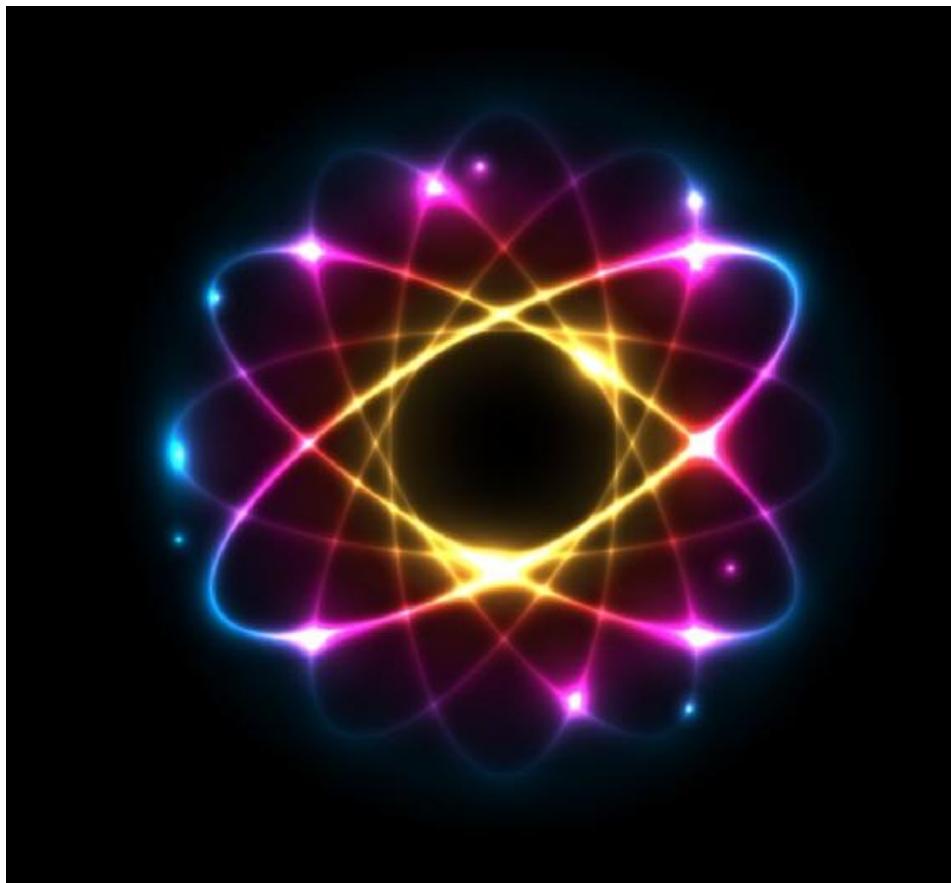
- Il modello collettivo

Un modello che lascia ancora senza risoluzione molte problematiche sulla natura del nucleo.

Le forze nucleari

“In fisica non importa quale scuola uno abbia frequentato o con chi sia imparentato. Conta quello che uno fa”.

Stephen Hawking



Alla base di questa parte della fisica esistono delle interazioni nucleari, definite forze nucleari, che sono in grado di far esistere e quindi trasformare il nucleo atomico. Le forze nucleari sono così divise:

La forza nucleare forte e forza nucleare debole rientrano nel modello standard insieme a interazione elettromagnetica e forza di gravità.

1. Forza nucleare forte

È la forza che permette l'esistenza del nucleo. Come sappiamo il nucleo è formato da protoni con carica positiva e neutroni senza carica: così non potrebbe esistere a causa dell'interazione elettromagnetica che porta ad allontanare i protoni. Ma i nucleoni (appunto protoni e neutroni) hanno una struttura interna al cui interno troviamo i quark, di cui parleremo più avanti: l'intensità di questa forza aumenta con l'aumentare della distanza tra quark, come in un elastico.

La proprietà di nuclei e materia nucleare si può descrivere con delle interazioni, chiamate interazioni nucleari, che sono caratterizzate da tre parti principali:

- Una parte valida a piccole distanze che è fortemente repulsiva;
- Una parte a distanze intermedie dovuta allo scambio di due o più pioni e a quello di mesoni più pesanti del piona;
- Una parte a grandi distanze dovuta allo scambio di un solo piona e chiamata One Pion Exchange Potential (OPEP).

2. Forza nucleare debole

La forza nucleare debole avviene tra leptoni e quark oppure solo tra leptoni o solo tra quark. Questa forza è responsabile del decadimento dei nuclei atomici: così il neutrone si trasforma in protone e viceversa, emettendo elettroni e neutrini.

Abbiamo appena nominato il decadimento: ma come avviene e cos'è?

Il decadimento dell'atomo altro non è che la radioattività, cioè quel fenomeno per il quale gli atomi instabili perdono materia per diventare stabili, con una massa più ridotta. Come ben sappiamo i fenomeni radioattivi sono molto nocivi e pericolosi per gli esseri viventi perché tutte le particelle rilasciate possono modificare la struttura cellulare di chi le incontra.

La medicina è una delle scienze che usa a suo favore la radioattività: pensiamo alla cura dei tumori o all'osservazione più approfondita dell'interno del nostro corpo.

Nel decadimento, chiamato alfa, l'atomo perde la particella α , cioè perde l'atomo di elio privo dei suoi elettroni, precisamente due protoni e due neutroni. La radioattività beta invece si verifica quando il numero di protoni e il numero di neutroni in un nucleo sono molto diversi fra loro. Quando accade questo fenomeno i nucleoni si trasformano in nucleoni di altri gruppi per riequilibrare il nucleo. Durante questa trasformazione viene emesso un elettrone ma è necessario che si conservi la carica elettrica, la massa-energia e lo spin. In tutti gli esperimenti fatti la perdita energetica era davvero forte.

La radioattività dipende comunque dal nucleone:

- Un protone si trasforma in un neutrone emettendo un positrone e un neutrino;
- Un neutrone si trasforma in un protone emettendo un elettrone e un antineutrino.

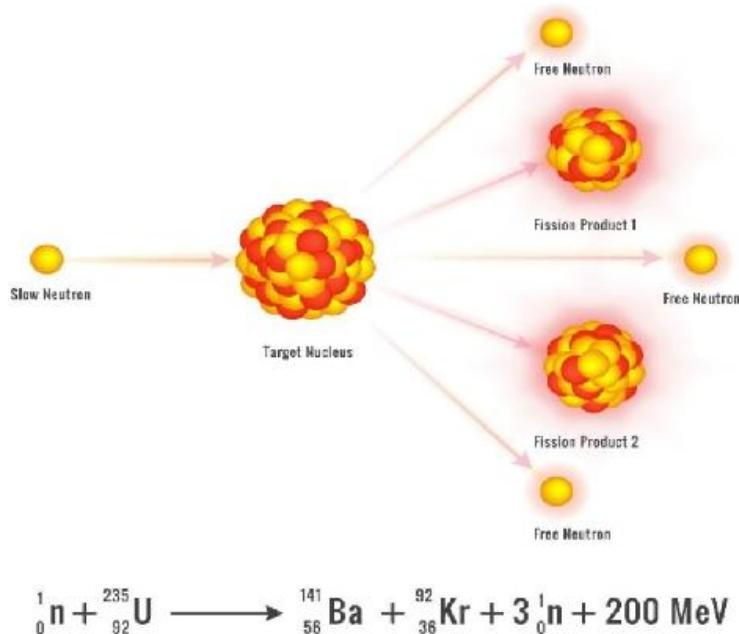
Un'ultima tipologia di decadimento è quella chiamata gamma: è una radiazione elettromagnetica ad alta frequenza che non consiste nell'emissione di materia ma è provocata dall'annichilimento di un elettrone e un positrone.

Le Reazioni nucleari

“La fisica sta diventando così incredibilmente complessa che ci vuole sempre più tempo per addestrare un fisico. Ci vuole così tanto, nei fatti, per addestrare un fisico al punto che comprenda la natura dei problemi fisici che è poi già troppo vecchio per poterli risolvere”.

Eugene Paul Wigner

Nuclear Fission Reaction



La reazione nucleare è una tipologia di trasformazione della materia che riguarda solo il nucleo di un atomo di uno specifico elemento chimico quando viene convertito in un altro.

La conversione è provocata quando l'atomo perde o guadagna alcuni protoni, assorbendo o rilasciando grande quantità di energia. All'interno di una reazione nucleare i nuclei dei reagenti sono diversi dai nuclei dei prodotti finali, che potrebbero essere o degli isotopi, quindi degli atomi di

uno stesso elemento chimico ma con diverso numero di massa, o dei reagenti iniziali o degli elementi chimici completamente diversi. La minima quantità di energia che è necessaria per il reagente deve almeno essere uguale all'energia di barriera.

Le principali reazioni nucleari sono:

- La fissione nucleare, nella quale avviene una divisione di uno o più atomi, ed è alla base della tecnologia dell'energia nucleare;
- La fusione nucleare, nella quale si uniscono due o più atomi, ed è alla base dell'emissione di energia delle stelle;
- L'annichilazione dell'antimateria, nella quale una particella e la sua antiparticella entrano in contatto trasformandosi in energia.

Vediamole in dettaglio

- **Fissione nucleare**

È un processo di scissione di atomi pesanti instabili che porta alla formazione di due atomi più leggeri e stabili. Il processo, che viene provocato dall'uomo, sprigiona una quantità enorme di energia data dalla differenza di massa tra l'atomo di partenza e i prodotti finali. La fissione inizia quando viene catturato un neutrone dal nucleo che, diventano instabile, si scinde in due parti e rilascia due neutroni che colpiscono altri nuclei pesanti provocando una reazione a catena. L'esempio applicativo della fissione nucleare è la Bomba A.

- **Fusione nucleare**

È un processo fisico presente in natura, come nel nucleo delle stelle, ed è caratterizzata dalla fusione di due atomi di massa piccola che si uniscono per formarne uno più grande.

Durante questa fusione parte della massa dei due atomi viene convertita in calore e in luce in alta quantità: questo processo è nato durante la guerra fredda per rispondere alla corsa agli armamenti. La sua prima applicazione fu, proprio a scopo militare, per creare la Bomba H, o meglio conosciuta con il nome di “bomba a idrogeno”: in questo ordigno avviene una reazione termonucleare dovuta alla fusione di due isotopi d'idrogeno. Il problema avveniva per le temperature: infatti per far sì che la fusione avvenisse, era necessario che la temperatura arrivasse oltre i milioni di gradi centigradi. Per ovviare questa problematica, l'innesto fu costruito all'interno di una bomba nucleare che, grazie alle alte temperature, permetteva l'innesto automatico della fusione.

Gli ordini, sviluppati dall'USA e dall'URSS, risultano ancora impraticabili poiché le alte temperature sono incompatibili con qualsiasi materiale naturale o artificiale: ancora oggi sono oggetto di studio tecniche per la fusione a freddo.

· **Annichilazione dell'antimateria**

È il processo che avviene quando una particella collide con un'antiparticella: entrambe scompaiono e la loro massa si trasforma in energia che si manifesta con l'emissione di nuove particelle oppure con l'emissione di radiazioni.

Fisica delle particelle

“Nella famosa formula di Einstein che collega massa ed energia, il simbolo c rappresenta la velocità della luce. Nel teorema di Pitagora, la stessa lettera rappresenta un lato di un triangolo rettangolo. Le lettere sono le stesse, ma nessuno si aspetta di ottenere dei risultati sensati identificando un lato di un triangolo rettangolo con la velocità della luce”.

Sir Terry Pratchett



La fisica delle particelle è quella branca della fisica che studia i costituenti e le interazioni fondamentali della materia e della radiazione.

La concezione che la materia sia composta da particelle elementari è un fatto che risale almeno al VI secolo a.C.: fin dall'antica Grecia filosofi quali Leucippo, Democrito ed Epicuro iniziarono a interessarsi agli esperimenti riguardanti le particelle e la formazione della materia. Anche Isaac Newton continuò a sostenere l'idea che la materia fosse composta da particelle: dobbiamo aspettare i contributi fisici di John Dalton, nel 1802, per riuscire a confermare la tesi ipotizzata ma mai confermata ovvero che la materia è

composta non da particelle, ma da piccoli atomi e la tavola periodica di Mendeleev contribuì a cementare questa visione che continuò per tutto il XIX secolo.

Fu Ernest Rutherford a stabilire che i protoni erano concentrati in un nucleo compatto: il nucleo infatti era composto da un nucleo di protoni e neutroni e da elettroni che vi orbitano intorno.

Il termine particella, inteso come l'oggetto puntiforme, non rappresenta a pieno tutte le caratteristiche proprie del comportamento dei costituenti della materia. Tutte le teorie studiate dalla fisica delle particelle, hanno seguito fedelmente i principi della meccanica quantistica e la teoria quantistica dei campi. Infatti grazie alla dualità onda-corpuscolo gli elettroni possono comportarsi come una particella in determinate condizioni e da onda in altre. Le particelle non sono descritte né come onde e neanche come particelle ma come vettore di stato di uno spazio che viene chiamato funzione d'onda. Così è stato introdotto il concetto di particella elementare, per riferirsi a elettroni e fotoni con proprietà ondulatorie.

Per studiare le nuove particelle è necessario osservare il moto dei loro urti: quando si fanno collidere tra di loro delle particelle ad alta energia cinetica, cioè che corrono a una velocità prossima a quella della luce, si ottiene una nuova particella a massa superiore che decade in altre particelle. Analizzando questo decadimento si può risalire alle caratteristiche della particella madre.

Esistono due modi per riuscire a rilevare nuove particelle:

- I rivelatori passivi a terra, come la camera a nebbia e la camera a bolle, che sfruttano le collisioni naturali ad alta energia tra i raggi cosmici ad alta energia e l'atmosfera terrestre rilevandone i prodotti ovvero i decadimenti oppure posti in orbita su un satellite artificiale.
- L'uso di acceleratori di particelle cariche per produrre fasci di particelle ad alta energia, fatti poi collidere tra loro rilevandone i prodotti in appositi rivelatori.

Il Modello Standard

*“Se Newton fosse stato un Cavaliere Jedi, probabilmente avrebbe detto:
Lato oscuro della Forza = Lato oscuro della Massa x Lato oscuro
dell'Accelerazione”.*

Il Zuse

Una volta osservate le particelle e le loro interazioni è stato possibile descrivere una teoria quantistica dei campi chiamata Modello Standard, una delle più grandi conquiste della fisica delle particelle ed è l'unica classificazione di tutte le particelle conosciute.

Questo modello descrive tutti i costituenti della materia e tutte le interazioni note, tranne l'eccezione della gravità. Le previsioni di questo Modello sono state tutte verificate.

Il Modello descrive la forza nucleare forte, la forza nucleare debole e l'elettromagnetismo, ovvero tre delle quattro forze fondamentali, attraverso dei bosoni mediatori, conosciuti come bosoni di Gauge. Questi bosoni di Gauge sono: fotoni, bosoni W-, bosoni W+, bosoni Z e gluoni. Il modello contiene poi ben 24 particelle fondamentali, che sono i costituenti della materia. In ultimo il modello prevede l'esistenza di un tipo di particella scalare conosciuta come bosone di Higgs, per anni teorizzata dai fisici e scoperta infine nel 2012 negli esperimenti del Large Hadron Collider.

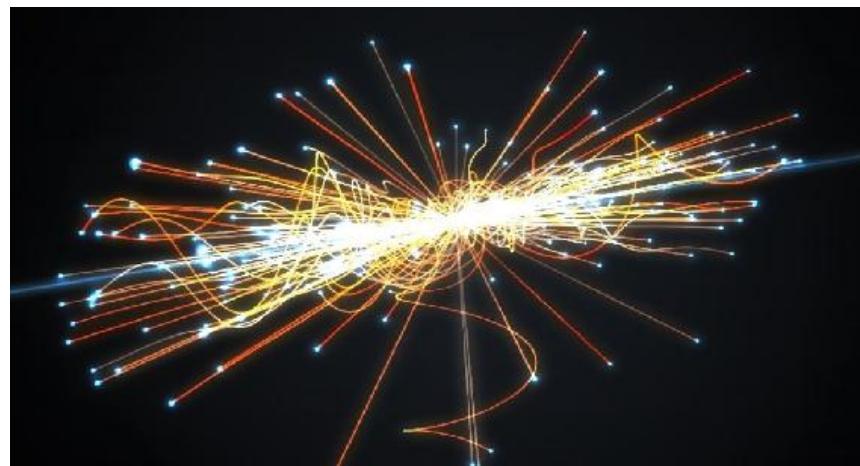
Nonostante i grandi successi che questo modello ha portato alla materia, molti ritengono che esso sia una descrizione alquanto incompleta della natura fisica e sia necessario riuscire a scoprire ancora altre teorie. Quello che viene condannato al Modello Standard è il fatto di non riuscire a fornire l'unificazione dell'interazione forte con quella elettrodebole, non riuscire a comprendere la gravità e non fornire alcuna spiegazione per l'asimmetria barionica, non riesce cioè a spiegare la totale assenza di antimateria nell'universo. La materia oscura infatti non può essere costituita da nessuna delle particelle che sono descritte dal Modello Standard.

Nonostante questo il Modello fornisce da oltre trent'anni risultati compatibili con le evidenze: solo recentemente alcune osservazioni sulla materia oscura hanno introdotto il dubbio che esso non sia un modello completo.

Elenco delle particelle

“I fisici amano pensare che tutto quello che devi fare è dire: queste sono le condizioni, e ora cosa succede?”

Richard Phillips Feynman



Le particelle descritte nel Modello Standard possono essere stabili oppure disintegrarsi spontaneamente quindi decadere.

In base allo spin, le particelle si distinguono tra:

- Bosoni, quindi le particelle con spin intero, che sono libere di affollare lo stesso stato quantico.
- Fermioni, quelle particelle con spin semintero che obbediscono al principio di esclusione di Pauli (due fermioni uguali non possono occupare simultaneamente lo stesso stato quantico).

Gli adroni, particelle soggette all'interazione forte si distinguono in:

- Barioni, fermioni (spin semi-intero) con numero barionico ± 1 e appartengono a questa categoria i:

Nucleoni, che sono i barioni costituenti della materia ordinaria, composti da tre quark appartenenti alla prima generazione: Protone, composto da due quark up e un quark down; Neutrone, composto da due quark down e un quark up; Iperoni, tutte le altre combinazioni di tre quark o tre antiquark; Barioni esotici, numero barionico ± 1 ma composti da più di tre quark/antiquark; Pentaquark, composti da cinque quark.

- Mesoni, bosoni (spin intero) con numero barionico 0 e appartengono a questa categoria i:

Mesoni quark-antiquark, composti da un quark e un antiquark

- Mesoni non quark-antiquark o esotici.

In base al fatto che siano soggetti all'interazione forte o meno si distinguono in: mesoni le particelle con spin intero soggetti all'interazione forte; bosoni di Gauge (o bosoni vettori intermedi) le particelle con spin intero non soggetti all'interazione forte.

- Bosoni di Gauge

Gauge sono particelle elementari che hanno il compito di trasportare le forze fondamentali della Natura. Le particelle esercitano forze su ogni altra particella grazie allo scambio di bosoni che sono:

- Fotoni nel campo elettromagnetico
- Gravitoni nel campo gravitazionale
- Bosoni W e Z nel campo nucleare debole
- Gluoni nel campo cromo dinamico

- I Quark

Per spiegare i Quark dobbiamo utilizzare una teoria della fisica: la cromo dinamica quantistica (QCD). Essa descrive l'interazione forte, una delle forze fondamentali della fisica, e descrive l'interazione tra i quark e i gluoni.

Grazie al Modello Standard sappiamo che la materia è formata da particelle, i fermioni, che interagiscono fra loro grazie alle interazioni con altre particelle elementari, i bosoni. Possiamo suddividere i primi in tre gruppi:

Il primo gruppo è composto dai quark e dai leptoni, che contiene il quark up e down, poi l'elettrone e il suo neutrino e infine le proprie antiparticelle. I quark up e down si combinano tra loro in gruppi di tre quark per formare i barioni che comprendono i protoni e neutroni, e in gruppi di due per formare i mesoni. Il protone è formato da due quark UP e un DOWN con carica totale di +1. Un neutrone, invece, è formato da due quark DOWN e un quark UP, che danno carica totale pari a zero. I barioni insieme ai mesoni sono classificati nella famiglia degli adroni. Si ritiene che i quark non esistano da soli ma solo in gruppi di due o tre (e, più recentemente, cinque); tutte le ricerche di quark singoli, fin dal 1977 hanno avuto esito negativo. Le altre varietà di quark possono essere prodotte solo negli acceleratori di particelle, e decadono rapidamente in quark UP e DOWN e nei cosiddetti quark CENTER, se la carica di energia raggiunge +2/3 e resta costante.

- Decadimento del Kaone

I gluoni, le particelle elementari responsabili della forza nucleare forte, riescono a tenere uniti i quark per formare protoni e neutroni. La loro carica elettrica è zero e il loro spin è 1 e sono responsabili della stabilità del nucleo atomico. Quando essi si combinano tra loro, il risultato prende il nome di glueball, letteralmente “palla di colla”, un gioco di parole con Gluone, colla e palla.

Le altre particelle

“Se le leggi fisiche di questo mondo sono indipendenti da noi, noi non siamo liberi; se siamo liberi ne segue che le leggi fisiche non sono indipendenti”.

Karl Raimund Popper

Gli adroni, i mesoni e i barioni, sono composti secondo il Modello Standard da:

- Mesoni: coppie quark-antiquark;
- Barioni: terne di quark,

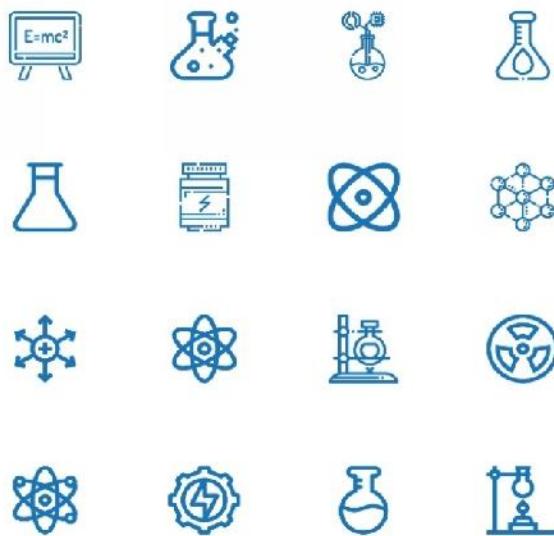
I bosoni presenti nel Modello standard sono:

- I fotoni, che mediano l'interazione elettromagnetica.
- I bosoni W e Z, che mediano la forza nucleare debole.
- I gluoni, in otto tipi diversi, che mediano la forza nucleare forte. Sei tipi di gluoni sono etichettati come coppie di colori e anti-colori (per esempio un gluone può portare rosso e anti-blu), mentre gli altri due sono una combinazione lineare di colore e anti colore, che formano le tre coppie rosso-anti rosso, blu-anti blu e verde-anti verde.
- Il bosone di Higgs, che induce la rottura spontanea della simmetria dei gruppi di Gauge ed è responsabile della massa inerziale.

La ricerca scientifica

“Il mondo è un pullulare di eventi quantistici elementari, immersi nel mare di un grande spazio dinamico che si agita come le onde di un mare d’acqua”.

Carlo Rovelli



Nel campo della ricerca scientifica, la fisica delle particelle conta diversi centri sperimentali, alcuni molto famosi, tra i quali ricordiamo:

- Il CERN, dove si trova il LEP (Large Electron Positron collider), ora smantellato e sostituito dall'LHC (Large Hadron Collider).
- Il DESY, dove si trova l'HERA, che collide elettroni o positroni con protoni.
- Lo SLAC, dove si trova il PEP-II, che collide elettroni e positroni.
- Il Fermilab, dove si trova il Tevatron, che collide protoni e antiprotoni.
- Il Brookhaven National Laboratory, dove si trova il Relativistic Heavy Ion Collider, che collide ioni pesanti (come gli ioni d'oro)

con dei protoni.

- Il centro di Frascati dell'INFN in Italia, dove si trova DAΦNE, l'acceleratore per la collisione di elettroni e positroni.
- I Laboratori Nazionali del Gran Sasso, i più grandi laboratori sotterranei al mondo, usati per la rilevazione di particelle di origine astronomica tra cui i neutrini.

In Italia abbiamo i maggiori ricercatori e studiosi della fisica delle particelle, che in maniera continua realizzano i più importanti progetti. Tutte le ricerche italiane sono finanziate dall'INFN, l'Istituto Nazione di Fisica Nucleare. Non dimentichiamo che il nostro paese è uno degli stati membri dei fondatori del CERN e vanta di aver avuto la direzione generale del laboratorio nella persona di Carlo Rubbia, di Luciano Maiani e di Fabiola Gianotti, attuale direttrice del centro.

Attualmente la fisica delle particelle sta studiando i fenomeni che avvengono a energie sempre più grandi: per svolgere questo tipo di esperimenti e ricerche è in stato di costruzione proprio al CERN, l'acceleratore LHC, un progetto finanziato da diversi paesi che si sono fatti promotori della ricerca.

Se invece valutiamo le maggiori applicazioni nate dalla fisica delle particelle, non possiamo non menzionare:

- Il World Wide Web, nato con lo scopo di migliorare gli strumenti di comunicazione scientifica, il protocollo HTTP e il linguaggio HTML;
- I rivelatori di particelle utilizzati per diagnostica medica;
- L'adroterapia, per curare il cancro attraverso l'uso di acceleratori. Grazie alla possibilità di controllare con precisione l'energia e la localizzazione delle particelle accelerate, è possibile depositare dosi di radiazione in maniera controllata per distruggere le cellule cancerose senza danneggiare i tessuti circostanti;
- La tomografia a emissione di positroni, o PET, uno strumento di diagnostica medica che utilizza l'antimateria.

La più importante delle particelle: l'atomo

“La matematica della fisica è diventata ancora più astratta, piuttosto che più complicata. La mente di Dio sembra essere astratta ma non complicata. Ad egli sembra piacere anche la teoria dei gruppi”.

Anthony Zee

Prima di continuare il nostro viaggio nella fisica quantistica, vediamo come funziona l'atomo e valutiamo l'importanza della natura elettrica della materia.

Possiamo dividere i fenomeni elettrici in sei tipologie, ovvero:

- Lo strofinio di qualsiasi materiale, che provoca la comparsa su di esso di una carica elettrica capace di attrarre piccoli oggetti;
- La carica elettrica che può essere di due tipi, e che per convenzione, si distingue in positiva e negativa;
- Le cariche con lo stesso segno si respingono mentre quelle cariche di segno opposto si attraggono;
- Un corpo che è elettricamente neutro quando possiede lo stesso numero di cariche elettriche positive e negative;
- Lo strofinio provoca la migrazione da un corpo all'altro di cariche elettriche negative, chiamate elettroni;
- Un oggetto elettricamente caricò è capace di caricare per induzione un oggetto neutro.

La letteratura fa risalire la scoperta delle proprietà elettriche al fisico americano Benjamin Franklin, che scriveva: «sebbene le particelle di materia elettrica si respingano l'un l'altra, esse sono fortemente attratte da ogni altra materia». Franklin interpretò questi fenomeni postulando

l'esistenza di un fluido elettrico costituito da particelle reciprocamente repulsive, che distinse con il nome di elettricità positiva ed elettricità negativa.

Successivamente il chimico svedese Berzelius suggerì l'idea che ogni atomo possedesse entrambi i tipi di carica e che atomi diversi, combinandosi tra loro, neutralizzassero le residue cariche elettriche.

Oggi sappiamo che gli atomi di tutti gli elementi sono formati da tre particelle fondamentali: elettrone, protone e neutrone. L'elettrone ha una carica elettrica negativa, che fu determinata nel 1910 da Millikan, mentre la carica elettrica del protone è positiva.

I protoni e i neutroni contenuti nel nucleo, per la loro particolare ubicazione, vengono chiamati nucleoni.

1. La scoperta dell'elettrone

Il gas veniva racchiuso in un tubo trasparente, alle cui estremità erano fissate due placche metalliche, chiamate elettrodi. Una placca era collegata al polo negativo di un potente generatore elettrico e l'altra al polo positivo. La placca negativa fu chiamata catodo (-) e la placca positiva anodo (+). Ciò fu possibile grazie all'invenzione di una pompa capace di produrre un vuoto spinto e alla creazione di tubi di vetro di opportuna forma, chiamati tubi di Crookes, dal nome del fisico inglese William Crookes, quando la pressione del gas all'interno del tubo era dell'ordine di un milionesimo di atmosfera, non si aveva più emissione di luce, ma si osservava una macchia fluorescente sulla parete di vetro di fronte al catodo. Per spiegare questi fenomeni si ipotizzò che dal catodo venissero emessi raggi di natura ignota che, propagandosi in linea retta, andavano a colpire la parete di vetro rendendola fluorescente. Per definire la natura di questi raggi, a cui si diede il nome di raggi catodici furono avanzate numerose ipotesi. Fra queste, risultò vincente l'idea che i raggi catodici avessero natura corpuscolare. A tal proposito, Von Helmholtz, un protagonista della ricerca scientifica ottocentesca, disse: «se accettiamo l'ipotesi che le sostanze elementari siano costituite da atomi, non possiamo non arrivare alla conclusione che anche l'elettricità, tanto positiva che negativa, sia formata di determinate porzioni

elementari, che si comportano come se fossero atomi di elettricità.». L'effettiva natura dei raggi catodici fu svelata nel 1897 quando, il fisico inglese Joseph J. Thomson, utilizzando i tubi di Crookes, riuscì a dimostrare che tale radiazione consisteva di particelle cariche negativamente, a cui diede il nome di «portatrici di elettricità» e solo poi chiamate con il nome di elettroni. Riuscì anche a misurare il rapporto di carica e massa delle particelle e a dimostrare che il valore del rapporto non cambiava al variare del gas contenuto nel tubo. A partire da questi dati sperimentali si poté affermare che «gli atomi di tutti gli elementi contengono le stesse particelle negative, chiamate elettroni. Quando vengono separati dagli atomi, gli elettroni sono tutti uguali tra loro, perciò il vero costituente fondamentale della materia è l'atomo».

2. L'esperimento di Rutherford

Anche se all'inizio gli elettroni vennero associati unicamente alle correnti elettriche, fu poi dimostrato che essi dovevano essere parte integrante degli atomi. Emerse di conseguenza l'ipotesi che all'interno dell'atomo dovesse esistere una corrispondente carica positiva. Thomson stesso suggerì l'idea che l'atomo fosse costituito da una sfera di carica positiva, in cui gli elettroni erano disseminati «come l'uvetta nel panettone». Lo scienziato neozelandese Rutherford e i suoi collaboratori Geiger e Marsden, dopo aver determinato la natura delle radiazioni α (atomi di elio privi di due elettroni), le utilizzavano per bombardare gli atomi d'oro di una sottilissima lamina, dello spessore di 0,01 mm. Dopo l'urto con gli atomi di oro, le particelle α (10 000 volte più pesanti di un elettrone ma del tutto invisibili all'occhio umano) venivano raccolte da un apposito schermo capace di evidenziare la loro presenza. I risultati dell'esperimento furono i seguenti:

- Parte delle particelle α attraversavano la lamina senza subire deviazioni;
- Alcune particelle venivano deviate in angoli grandi rispetto alla direzione iniziale: gli angoli di diffusione;
- Poche erano riflesse dalla lamina e lo facevano con grande violenza.

Grazie alla misura degli angoli di deflessione, Rutherford propose per l'atomo il seguente modello:

- L'atomo è composto da un nucleo centrale in cui sono concentrate la carica positiva e la massa dell'atomo; il diametro del nucleo è 100 000 volte più piccolo del diametro dell'atomo;
- I leggerissimi elettroni occupano lo spazio vuoto intorno al nucleo;
- Gli elettroni, carichi negativamente, ruotano intorno al nucleo come pianeti intorno al sole;
- Il numero degli elettroni è tale da bilanciare la carica positiva del nucleo.

A differenza del modello proposto da Thomson, l'atomo di Rutherford è in grado di spiegare i dati raccolti sperimentalmente. Infatti, le poche particelle α che arrivano molto vicino al nucleo sono respinte violentemente dalla sua carica positiva, come se fosse un muro impenetrabile, e tornano indietro. Quasi tutte le altre sono invece soltanto deflesse, o proseguono indisturbate, perché lontano dal nucleo la forza repulsiva è minore ed è attenuata dalla presenza degli elettroni. Anche se il modello atomico «planetario» è stato abbandonato poco tempo dopo, la struttura nucleare dell'atomo è tutt'oggi valida. Il nucleo è la parte più significativa dell'atomo, perché atomi di elementi diversi hanno diversa struttura del nucleo.

3. Il numero atomico identifica gli elementi

La carica positiva dei nuclei atomici è sempre un multiplo intero dell'unità di elettricità positiva, che nel 1919 fu identificata con il protone. Il numero di protoni presenti nel nucleo di un atomo si chiama numero atomico (z). Se l'atomo è neutro, questo numero è uguale a quello degli elettroni. I numeri atomici furono accuratamente misurati da un giovane scienziato inglese, Moosley, poco prima del primo conflitto mondiale in cui trovò,

giovanissimo, la morte. Nel 1913 elettriche positive presenti nel nucleo dell'elemento stesso. Grazie a Moosley siamo in grado oggi di descrivere la struttura fondamentale di un atomo guardando semplicemente quale posizione esso occupa nella tavola periodica. Per esempio, l'atomo che occupa l'ottava posizione, cioè l'atomo di ossigeno, deve avere 8 protoni nel nucleo e, di conseguenza, 8 elettroni intorno a esso; il suo numero atomico è quindi $z=8$.

- Il numero di massa e gli isotopi

Geiger e Marsden, analizzando la traiettoria delle particelle α deviate da lamine d'oro, stagno, argento, rame, alluminio, trovarono che il numero dei protoni presenti in ognuno di questi nuclei era circa uguale alla metà della massa atomica relativa corrispondente. Poiché il nucleo contiene la quasi totalità della massa di un atomo e ciascun protone ha massa di circa 1 u, nel nucleo devono essere presenti altre particelle: queste sono i neutroni. Dato che si tratta di particelle neutre, erano più difficili da mettere in evidenza e furono scoperti soltanto nel 1932 da Chadwick, dopo che si erano raccolte molte prove che ne indicavano l'esistenza. Poiché neutroni e protoni, cioè i nucleoni, sono le particelle che determinano la massa atomica, al numero di nucleoni di un atomo si dà il nome di numero di massa; esso è indicato con la lettera a . Conoscendo il numero atomico e il numero di massa di un atomo è possibile risalire al numero di neutroni contenuti nel suo nucleo.

Il primo strumento che permise di effettuare misure molto accurate della massa atomica, lo spettrografo di massa, fu inventato nei primi anni del novecento. Esso consentì di dimostrare che la maggior parte degli elementi naturali non erano costituiti da atomi tutti uguali tra loro, come aveva detto John Dalton, ma contenevano atomi di massa leggermente diversa. In un campione di cloro, per esempio, circa tre quarti degli atomi hanno massa atomica relativa 34,97 u, circa un quarto ha massa 36,97 u. Questi tipi di atomi, che per comodità indichiamo con cloro-35 e cloro-37, hanno le proprietà chimiche del cloro e si definiscono isotopi del cloro. La diversa massa degli isotopi di un elemento dipende dal diverso numero di neutroni contenuti nel nucleo, quindi ciascun isotopo avrà il suo numero di massa a . Il numero dei protoni, z , deve invece essere lo stesso per tutti gli isotopi di

un elemento, poiché da esso dipendono le sue proprietà chimiche. Gli isotopi sono atomi dello stesso elemento aventi le stesse proprietà chimiche ma masse diverse, perché contengono un diverso numero di neutroni.

L'idrogeno ha tre isotopi che hanno masse diverse (≈ 1 , ≈ 2 , ≈ 3), ma tutti formano acqua con l'ossigeno. Le proprietà chimiche sono, infatti, identiche. Il primo contiene nel nucleo un solo protone, il secondo un protone e un neutrone, il terzo un protone e due neutroni. Le loro masse, nell'ordine, sono approssimativamente 1 u, 2 u e 3 u. Il più comune è il primo, perché costituisce il 99,985% dell'idrogeno presente in natura, ma gli altri due sono così importanti che hanno addirittura un nome particolare. L'isotopo con massa 2 u è infatti chiamato deuterio, indicato anche con il simbolo d, mentre quello con massa 3 u, che non è presente in natura, è denominato trizio. In combinazione con l'ossigeno, il deuterio forma la cosiddetta «acqua pesante», che è utilizzata in alcuni reattori nucleari.

Gli elementi, allo stato naturale o nei composti, sono costituiti da una miscela di vari isotopi in percentuali ben determinate e costanti. La massa atomica relativa che leggiamo sulla tavola periodica deve quindi essere una massa media, che tiene conto sia della percentuale di ciascun isotopo nella miscela sia della sua massa; la media calcolata in questo modo si dice media ponderata.

Lo strumento che oggi utilizziamo per determinare le masse atomiche è lo spettrometro di massa. Una volta introdotto nello strumento, il campione dell'elemento è prima vaporizzato e poi sottoposto a scarica elettrica. Come conseguenza, i suoi atomi perdono elettroni e si trasformano in ioni positivi. Per l'effetto attrattivo esercitato da un elettrodo negativo, gli ioni acquistano velocità, tanto maggiore quanto più piccola è la loro massa. L'applicazione successiva di un campo magnetico, che incurva le traiettorie degli ioni in ragione delle loro velocità, consente di suddividere in più fasci il raggio ionico iniziale, cioè di separare i diversi isotopi. Il segnale ottenuto grazie a un apposito sistema di rivelazione viene convertito in un grafico che riporta in ascissa le masse atomiche degli isotopi e in ordinata l'abbondanza relativa di ciascun isotopo.

La struttura dell'atomo

“Il legge del moto: il mutamento di moto è proporzionale alla forza motrice impressa, e avviene nella direzione della linea retta in cui quella forza è impressa”.

Sir Isaac Newton

1. La doppia natura della luce

Grazie al lavoro di due grandi scienziati come Max Planck e Albert Einstein, oggi ci è consentito affermare che la luce presenta un aspetto ondulatorio e un aspetto corpuscolare.

- La natura ondulatoria della luce

Il fisico-matematico Clerk Maxwell nella seconda metà del 1800 affermò che la luce è un particolare tipo di onda elettromagnetica. Infatti oggi sappiamo che la luce è un particolare tipo di onda elettromagnetica e che l'insieme di quest'ultime costituisce lo spettro elettromagnetico. Quindi: le caratteristiche che distinguono tali onde l'una dall'altra sono la frequenza, v (ni), che si misura in hertz: $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$, e la lunghezza d'onda, λ (lambda). Ciò che le accomuna è la velocità, c , con cui viaggiano nel vuoto, pari a circa $300\,000 \text{ km/s}$, cioè $3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

La relazione che le lega è la seguente: poiché la velocità è costante, λ e v sono grandezze inversamente proporzionali: a grandi frequenze corrispondono piccole lunghezze d'onda e, viceversa, a piccole frequenze corrispondono grandi lunghezze d'onda. La prova più evidente della natura ondulatoria della luce è legata al fenomeno della diffrazione. Esso si verifica, per esempio, quando un fascio di luce giunge su una fenditura, un foro o un ostacolo, aventi dimensioni confrontabili con la lunghezza dell'onda luminosa. Il fascio non si propaga più in linea retta ma, dopo l'ostacolo, esso si allarga formando zone chiare e zone scure alternate dette frange d'interferenza. Le frange chiare sono dovute all'interferenza positiva prodotta da più onde in fase tra loro: esse si rinforzano a vicenda e aumenta

quindi la luminosità. Le zone scure sono dovute all'interferenza negativa prodotta da onde in opposizione in fase: le loro ampiezze si annullano e scompare di conseguenza la luminosità.

• La natura corpuscolare della luce

Non appena la luce interagisce con la materia, emerge la sua seconda natura: quella corpuscolare. Proiettando, per esempio, un fascio di luce ultravioletta prodotta da una lampada a vapori di mercurio su di una lastrina di zinco, possiamo provocare l'espulsione di elettroni dalla superficie del metallo. Questo fenomeno è detto effetto photoelettrico ed è stato scoperto dal fisico Philip Lenard nel 1902. Nel suo esperimento, egli misurò sia il numero di elettroni emessi in un secondo, sia la velocità con cui uscivano dal metallo. Notò poi che, se utilizzava una radiazione più intensa, aumentava il numero di elettroni emessi ma non la loro velocità. Per incrementarla, occorreva utilizzare una radiazione di frequenza maggiore, cioè capace di oscillare più velocemente. Al di sotto di una frequenza minima, poi, l'effetto photoelettrico non si manifestava nemmeno, anche se la radiazione era particolarmente intensa. Un tale comportamento non trova spiegazione in termini ondulatori. Si spiega, invece, pensando ciascun raggio di luce come un insieme di «pacchetti» di energia, tanto più numerosi quanto più intenso è il raggio, e tanto più grandi quanto più alta è la frequenza del raggio. Affinché gli elettroni possano uscire dal metallo, devono acquisire l'energia necessaria a vincere la forza attrattiva che li lega al metallo stesso. Se i pacchetti di energia che arrivano uno dopo l'altro sul metallo, seppur numerosi, sono troppo deboli, non si ha emissione di elettroni.

Se l'elettrone, invece, riceve un pacchetto di energia abbastanza grande, ne utilizza una parte per allontanarsi dal metallo e la parte restante per acquisire velocità. Tanto più è grande il pacchetto di energia, cioè maggiore è la frequenza del raggio, tanto più grande è la velocità con cui l'elettrone esce dal metallo. A questi pacchetti di energia elettromagnetica si dà il nome di fotoni o di quanti di energia luminosa. La luce, e tutte le radiazioni elettromagnetiche, sono composte di fotoni capaci di cedere la loro energia agli elettroni con cui interagiscono. La relazione che riassume questo

comportamento è nota come relazione di Planck-Einstein: ciò indica la natura discontinua dell'energia, come indica il termine corpuscolare.

I fotoni sono privi di massa, infatti devono essere considerati dei «pacchetti di energia» e non «particelle di materia»

2. La «luce» degli atomi

Tutti i solidi e i liquidi portati all'incandescenza emettono luce bianca e facendo passare un fascio di questa luce attraverso un prisma di vetro, esso viene suddiviso in tanti fasci di colore diverso che si susseguono senza discontinuità. A questa serie si dà il nome di spettro continuo. Se invece analizziamo la luce emessa dai gas rarefatti sottoposti a scarica elettrica, otteniamo uno spettro discontinuo, cioè un insieme di righe colorate, più o meno distanti le une dalle altre, che brillano sul fondo nero. Tale spettro viene chiamato spettro a righe ed è diverso per ogni elemento chimico analizzato. Alle righe dello spettro si dà il nome di righe di emissione. L'emissione di luce da parte dei gas rarefatti avviene a seguito dell'energia che la scarica elettrica trasferisce agli atomi costituenti i gas. Gli atomi, così eccitati, restituiscono quasi interamente questo surplus di energia sotto forma di luce avente spettro discontinuo. Se si fa passare luce bianca attraverso un'ampolla riempita di gas e si analizza il fascio che emerge dall'ampolla stessa, si ottiene uno spettro con un insieme di righe nere, più o meno distanti le une dalle altre, sul fondo colorato. A queste righe si dà il nome di righe di assorbimento. Confrontando, per un dato gas, le righe di assorbimento e quelle di emissione, si nota che esse sono esattamente coincidenti.

3. L'atomo di Bohr

Bohr, allievo di Rutherford, si rese conto che la particolarità degli spettri di luce da parte degli atomi doveva avere a che fare con gli elettroni che ruotano intorno al nucleo. Infatti un fotone che viene assorbito da un atomo

cede tutta la sua energia a uno degli elettroni che passa così a uno stato energetico più elevato. Bohr riprese il modello planetario proposto da rutherford, applicandoci le leggi dell'elettromagnetismo: un elettrone che ruota intorno al nucleo dovrebbe perdere energia fino a cadere su di esso in un decimilionesimo di secondo. Inoltre, mentre l'elettrone si avvicina al nucleo seguendo una traiettoria a spirale, dovrebbe emettere onde elettromagnetiche le cui frequenze presentano uno spettro continuo. Il modello proposto da Bohr per l'atomo d'idrogeno è in grado di superare queste difficoltà, infatti:

- L'elettrone percorre soltanto determinate orbite circolari chiamate orbite stazionarie, dove non assorbe e non emette energia. L'atomo è pertanto stabile e l'elettrone non cade mai nel nucleo.
- All'elettrone sono permesse certe orbite, a cui corrispondono determinati valori di energia. Quest'ultima è tanto più grande quanto più ampia è l'orbita, poiché l'energia potenziale dell'elettrone aumenta all'aumentare della sua distanza dal nucleo. L'elettrone di un atomo può assumere solo i valori corrispondenti alle orbite permesse, per questo si dice che la sua energia è quantizzata, ovvero una proprietà di certe grandezze osservabili di poter assumere soltanto un certo insieme discreto di valori.
- Per passare da un'orbita a un'altra di livello energetico più elevato, l'elettrone assorbe energia, la quale può essere fornita dal calore, da una scarica elettrica o dall'assorbimento di fotoni di opportuna frequenza.
- Per passare da un'orbita a un'altra di livello energetico più basso, l'elettrone emette un fotone di opportuna frequenza. Se la frequenza appartiene alla parte visibile dello spettro elettromagnetico, ci appare come una riga colorata nello spettro a righe.
- L'energia del fotone emesso o assorbito corrisponde alla differenza di energia tra le due orbite. Quindi Bohr ritenne che le orbite degli elettroni in un atomo sono quantizzate. Ne consegue che il raggio r dell'orbita percorsa dall'elettrone, la sua velocità v e la sua energia totale e possono assumere solo un insieme di valori ben definiti. Il

livello di energia più basso indicato con e1, corrisponde al numero quantico $n = 1$: tale livello viene chiamato stato fondamentale. Gli altri livelli sono chiamati stati eccitati, perché l'elettrone li può raggiungere soltanto se riceve una sufficiente quantità di energia. Infatti non c'è nessuna orbita intermedia tra un livello e l'altro.

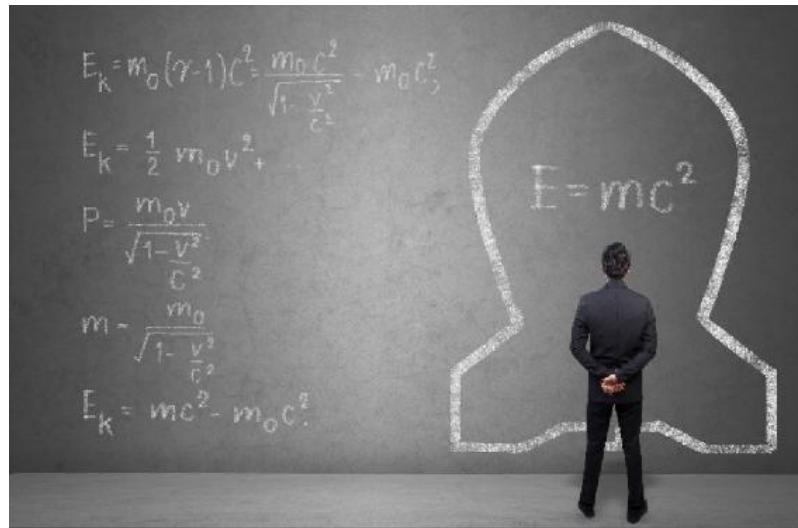
Secondo l'interpretazione dello spettro di emissione di Bohr, se l'elettrone riceve energia dall'esterno, passa a un'orbita di numero quantico superiore. In questo modo l'atomo si ritrova in uno stato eccitato, che è instabile. Dopo un intervallo di tempo molto breve (10^{-8} s), l'elettrone, attratto dal nucleo ritorna o, nello stato fondamentale direttamente, o passando per i livelli inferiori di energia. A ogni «salto di orbita» corrisponde l'emissione di energia sotto forma di fotone e si ha, così, una transizione di energia.

La frequenza e l'energia del fotone emesso si ricavano dall'equazione di Bohr: $\delta E = h \cdot v = 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot (j \cdot s) \cdot v \cdot (s-1) =$ energia di 1 fotone. Nello spettro di emissione si registrano quindi tante righe quante sono le transizioni dell'elettrone. L'insieme delle righe che compaiono nella porzione visibile dello spettro dell'atomo d'idrogeno è detto serie di Balmer. La serie di Balmer è relativa alle transizioni energetiche dell'elettrone da uno stato eccitato allo stato con $n = 2$. Una serie del tutto analoga si registra nell'ultravioletto, quando lo stato finale della transizione è quello fondamentale, cioè con $n = 1$ (serie di Lyman). Le righe di assorbimento e di emissione hanno la stessa frequenza perché un atomo può anche assorbire fotoni, a patto che abbiano energia uguale alla differenza di energia tra due orbite permesse. Il modello di Bohr è in grado, quindi, di spiegare lo spettro dell'atomo d'idrogeno e degli ioni He^+ e Li^+ , che contengono solo un elettrone. Non è però altrettanto esauriente quando lo si applica ad atomi con molti elettroni e non dà ragione degli spettri atomici ottenuti in presenza di un campo magnetico.

La teoria dei quanti e la sua origine

“Ogni innovazione offre uno stimolo, ma porta con sé anche dubbi: quello che facciamo, forse, non è quanto di meglio possiamo fare ed anche quando sembrano non esserci soluzioni alternative, la Fisica della possibilità ci viene in aiuto e nell'alto dei cieli il passaggio di una cometa ci indica una strada...”

Patrizia Boi



Chiunque si affacci nel fantastico mondo della fisica non può che rimanere affascinato da una materia tanto complessa quanto misteriosa. Uno dei punti cardine di tutto è sicuramente la famosa teoria dei quanti che, per quanto risulti ancora un’incognita per diversi punti, resta la maggior attrattiva per tutti i neofiti.

Partiamo da un presupposto: la fisica quantistica non è altro che la teoria che descrive come si comporta la materia, la radiazione e tutte le loro

interazioni a livello microscopico.

In fisica il quanto, che prende il suo nome dal latino quantum che significa quantità, è la quantità elementare discreta e indivisibile di una certa grandezza.

L'idea del quanto fu formulata per la prima volta nel 1900 da Max Planck per risolvere il problema dello spettro del corpo nero e poi ripresa in forma più fondamentale in senso fisico nel 1905 da Albert Einstein per la descrizione dell'effetto fotoelettrico. Il concetto di quanto divenne poi elemento fondante della meccanica quantistica.

La teoria quantistica, fu formulata da Max Planck agli inizi del Novecento, frutto di una ricerca condotta sulla radiazione che veniva emessa da un corpo nero. Questo corpo aveva la capacità di assorbire tutte le radiazioni incidenti e d'irradiarle in maniera dipendente dalla temperatura ma indipendente dalla natura del materiale.

La teoria dei quanti e i successivi studi condotti da Einstein sull'effetto fotoelettrico, portarono alla scoperta della natura corpuscolare della luce. Questa teoria si basa sul criterio della quantizzazione, dicendo che: "le quantità fisiche come l'energia, non possono essere scambiate in modo continuo ma attraverso dei pacchetti, i quanti. Un sistema può pertanto possedere valori di energia specifici e non illimitati come invece sostenevano le leggi della fisica classica. Riferendosi al corpo nero Einstein ha ipotizzato che la radiazione emessa non fosse continua ma quantizzata, cioè emessa in quantità di energia limitati, i quanti di energia appunto.

Il quanto di energia è una quantità minima al di sotto della quale non possono avvenire scambi.

Gli elettroni vengono emessi da una superficie metallica in seguito all'assorbimento dell'energia trasportata sulla stessa superficie da radiazioni di frequenza alta come ad esempio le radiazioni ultraviolette.

Basandosi sulla teoria dell'elettromagnetismo classico, per la quale l'energia cinetica degli elettroni emessi dipende dall'intensità della radiazione incidente, riuscì a formulare una nuova teoria con dei dati sperimentali: l'energia degli elettroni è indipendente dall'intensità e dipendente dalla frequenza della radiazione incidente.

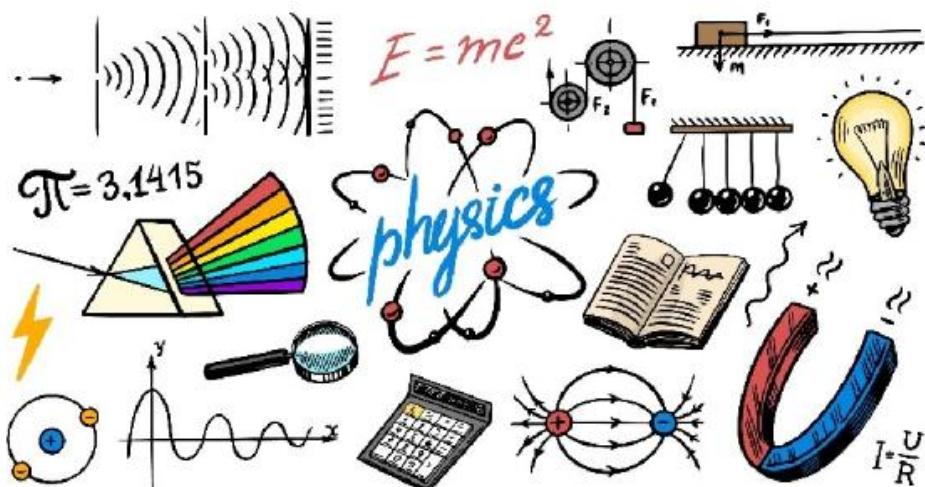
Dal momento che la natura della luce era ondulatoria, la teoria dei quanti di Einstein risultò inspiegabile per cui non venne accettata e si continuò quindi a usare la teoria classica per la quale la luce consisteva di onde.

L'ipotesi della natura corpuscolare della luce viene confermata 17 anni più tardi, con la scoperta dell'effetto Compton.

Concetti base della fisica quantistica

“La ricerca in fisica ha mostrato, al di là di ogni dubbio, che l'elemento comune soggiacente alla coerenza che si osserva nella stragrande maggioranza dei fenomeni, la cui regolarità e invarianza hanno consentito la formulazione del postulato di causalità, è il caso”.

Erwin Schrödinger



La fisica quantistica fa parte delle nostre vite da oltre cent'anni e se spesso non conosciamo i fenomeni nel loro specifico meccanismo, non possiamo ignorare come le scoperte passate e le ricerche più recenti abbiano influito sul nostro mondo trasformandone totalmente la visione.

Alla base della fisica quantistica esistono dei concetti base che rimangono fondamentali. Dal 1980 abbiamo avuto un susseguirsi di sviluppi e progressi grazie alle più moderne tecniche di osservazione e di manipolazione degli atomi riuscendo a riprodurre esperimenti che, fino a poco tempo fa, si era pensato fossero impossibili da mettere in pratica.

Tutti gli esperimenti hanno confermato quello sopra detto: qualsiasi oggetto che quotidianamente, o meno, usiamo nella vita di tutti i giorni, ci è stato donato dai fenomeni quantici. Pensiamo ai laser, ai lettori ottici, ai personal computer, alle telecomunicazioni, all'energia atomica e a quella nucleare e fotovoltaica.

Insomma, grazie fisica. Ma vediamo allora quali sono questi concetti e il loro funzionamento che, ne sono sicuro, avrete sempre osservato senza mai darne la giusta importanza o spiegazione.

1. Dualismo onda particella

Per riuscire a spiegare effetti come quello fotoelettrico, Einstein diceva che la luce aveva delle proprietà particellari; per spiegare altri fenomeni, come ad esempio la dispersione della luce in uno spettro attraverso un prisma, era meglio farlo basandosi sulla teoria ondulatoria della luce. Questo andava a concretizzarsi in una certezza: la luce ha una duplice natura.

Nel 1924 L. De Broglie propose una spiegazione rivoluzionaria per l'esistenza di orbite a energia quantizzata nel modello di Bohr: disse che piccole particelle come gli elettroni, possono presentare proprietà tipiche delle onde. Se gli elettroni hanno proprietà ondulatorie e risiedono in orbite di raggio determinato, allora sono possibili solo alcune frequenze ed energie. De Broglie per formulare derivò la propria equazione delle leggi di Planck e di Einstein.

L'equazione di Einstein è la seguente:

$$E=mc^2$$

Dove è la massa relativistica del fotone e c è la velocità della luce.

L'equazione di Planck invece è la seguente:

$$E=hv$$

Combinando insieme le due leggi si ha quanto segue:

$$hv=mc^2$$

$$hv/c=mc=p$$

Dove p è la quantità di moto del fotone. Usando $v\lambda=c$, otteniamo:

$$P=h/\lambda$$

Al fine di utilizzare questa equazione per una particella materiale come un elettrone, De Broglie sostituì a p il peso equivalente dell'elettrone: il prodotto della massa della particella m, per la sua velocità u. Si arriva quindi alla relazione di De Broglie:

$$\Lambda=h/p=h/mu$$

La conseguenza di questa equazione è che oggetti pesanti hanno λ molto più piccole della dimensione dell'oggetto e che oggetti molto piccoli e veloci

hanno λ vicine alle dimensioni dell'oggetto. Se la massa è elevata, gli errori commessi per determinare posizione e velocità sono più bassi; se la massa è piccola e la velocità è elevata è impossibile stabilire la posizione con certezza.

De Broglie chiamò quelle onde associate alle particelle materiali “onde materiali”. Se le onde materiali esistevano per particelle piccole, un fascio di particelle come gli elettroni doveva avere proprietà caratteristiche delle onde, come la diffrazione. Quindi, se l'elettrone può essere descritto come un'onda, deve necessariamente produrre diffrazione e interferenza.

I primi risultati sperimentali vennero ottenuti utilizzando dei reticolati cristallini: il primo spettro di diffrazione fu ottenuto, da Davisson e Germer nel 1927, colpendo con un fascio di elettroni un cristallo di nichel. Questo esperimento provò che gli elettroni si comportano come onde.

È solo quando lunghezze d'onda sono confrontabili con le dimensioni atomiche o nucleari che il dualismo onda-particella è importante. La teoria ha scarso significato per oggetti di grandi dimensioni, in quanto le loro lunghezze d'onda sono troppo piccole per essere misurate. Per gli oggetti macroscopici sono più adatte le leggi della fisica classica.

2. Principio di complementarietà

Il principio di complementarietà ci dice che il duplice aspetto di alcune rappresentazioni fisiche dei fenomeni a livello atomico e subatomico, non può mai essere osservato contemporaneamente durante lo stesso esperimento.

Questo principio fu enunciato per la prima volta da Niels Bohr nel 1927 e segnò un punto di svolta con la fisica classica, la logica e i dualismi quantistici come quello appena citato.

Per definizione sappiamo che il principio di complementarietà “è il principio dovuto a N. Bohr, secondo il quale gli aspetti corpuscolare e ondulatorio di un fenomeno fisico non si manifestano mai simultaneamente, ma ogni esperimento che permetta di osservare l'uno impedisce di osservare l'altro. I due aspetti sono tuttavia complementari perché entrambi indispensabili per fornire una descrizione fisica completa del fenomeno”.

Per studiare i fenomeni meccanici, termici e acustici si usava la fisica classica, per i fenomeni elettromagnetici si ricorreva alla legge di Maxwell: e per i fenomeni meccanici e ondulatori? Non c'era soluzione. Quando però gli studiosi iniziarono a interessarsi al mondo su piccola scala, fu necessario osservare le contraddizioni: se la diffrazione degli elettroni evidenziava l'aspetto ondulatorio delle particelle, lo spettro del corpo nero, l'effetto photoelettrico, l'effetto Compton e l'emissione spontanea potevano essere spiegati solo ammettendo che le onde elettromagnetiche fossero formate da corpuscoli aventi energia con un valore fisso e indivisibile, detti poi fotoni.

Un notevole passo avanti. Ma la fisica quantistica contempla anche altri dualismi, abbiamo ad esempio:

- La Posizione e la quantità di moto
- l'Energia e l'intervallo temporale
- Lo Spin su diversi assi

La Complementarietà

Quindi quando Bohr si trovò davanti queste contraddizioni, non poté fare a meno che affermare che gli aspetti duali sono complementari e si vanno a escludere a vicenda: osservare l'uno in un singolo processo, preclude l'altro. La versione originale di complementarità fu tra la rappresentazione spaziotemporale e la causalità, a cui affiancò quella tra la rappresentazione corpuscolare e ondulatoria.

La situazione fu così descritta da Heisenberg: «Anche se esiste un corpo di leggi matematiche "esatte", queste non esprimono relazioni tra oggetti esistenti nello spazio-tempo; è vero che approssimativamente si può parlare di "onde" e "corpuscoli", ma le due descrizioni hanno la stessa validità. Per converso, la descrizione cinematica di un fenomeno necessita dell'osservazione diretta; ma poiché osservare significa interagire, ciò preclude la validità rigorosa del principio di causalità.»

Quindi non si poteva far altro che descrivere i fenomeni nello spazio-tempo, senza mai dimenticare le limitazioni date dal principio d'indeterminazione di Heisenberg, oppure usare le relazioni causali delle leggi matematiche, che portavano la descrizione dello spazio-tempo come impossibile.

3. Principio d'indeterminazione

Ho sentito parlare del principio d'indeterminazione in fisica e della filosofia che ne trae origine: potete dirmi qualcosa di semplice.

Filippo Agnosi

Il principio d'indeterminazione ci dice che non è possibile misurare contemporaneamente e con estrema esattezza le proprietà che definiscono lo stato di una particella elementare.

Facciamo un esempio: mettiamo caso di voler misurare la posizione di una particella davvero piccola, impossibile da vedere a occhio nudo. Grazie a un potente microscopio possiamo riuscire a trovarne la posizione ma per farlo dovremmo illuminare la particella con della luce: dato che la luce porta energia, la particella riceverebbe una spinta che cambierebbe il suo stato di moto. Più la particella s'illumina, più ha energia, più cambia il suo movimento e la sua velocità: tutto questo si riduce alla scarsa possibilità di determinare la sua velocità di partenza. Quindi sia la posizione che l'impulso comportano un'indeterminazione complessiva.

Il principio quindi, dice che chi fa la misura non può mai esser considerato un semplice osservatore: il suo intervento durante la misurazione, produce degli effetti che non si possono calcolare e quindi un'indeterminazione che non si può eliminare. Quindi, con una quantità di moto più determinata, è sempre in aumento l'incertezza sulla localizzazione.

4. Principio d'indeterminazione di Heisenberg

Il teorico di questo principio fu Werner Heisenberg: egli disse che era impossibile determinare con precisione la posizione x e la quantità di moto p di un corpo. Il prodotto delle incertezze $\Delta x \Delta p$ non può mai essere reso minore di una quantità molto piccola, ma finita.

Questa indeterminazione riguarda sempre una coppia di grandezze associate e mai una sola: ogni qualvolta si cerca di ridurre l'incertezza su una delle due grandezze, si perde qualcosa nella determinazione dell'altra.

Heisenberg fece ricorso a un esperimento ideale per far meglio comprendere il significato fisico di questo principio: per avere informazioni su un oggetto che si trova a passare in una certa zona di spazio occorre inviare su di esso un segnale che torna indietro. Nella intercettazione radar di un aereo si utilizzano onde elettromagnetiche di lunghezza d'onda piccola rispetto alle dimensioni dell'aereo che si possano riflettere senza diffrazione. Infatti radiazioni di lunghezza d'onda più grande agirebbero la sagoma dell'aereo senza tornare indietro.

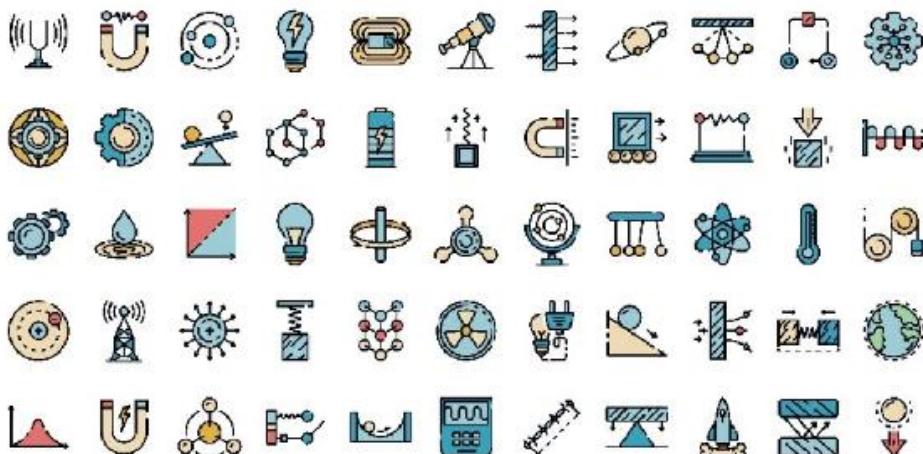
Esiste anche una seconda formulazione di Heisenberg che utilizza altre due grandezze accoppiate in modo analogo alla posizione e quantità di moto: È impossibile determinare con precisione a piacere l'energia E posseduta da un oggetto in un certo istante t e l'istante t corrispondente. Il prodotto delle incertezze $\Delta E \Delta t$ non può mai essere reso minore di h tagliato (1K).

Questa seconda formulazione ci dice che, se vogliamo misurare l'energia emessa da un elettrone in un salto quantico tra due livelli energetici di un atomo, la precisione della misura di E aumenterà l'incertezza sulla durata della transizione.

Applicazioni della fisica quantistica

“La fisica quantistica ci dice che per quanto accurata sia la nostra osservazione del presente, il passato (non osservato), come il futuro, è indefinito ed esiste soltanto come uno spettro di possibilità. L'universo, secondo la fisica quantistica, non ha un unico passato, un'unica storia”.

Stephen Hawking

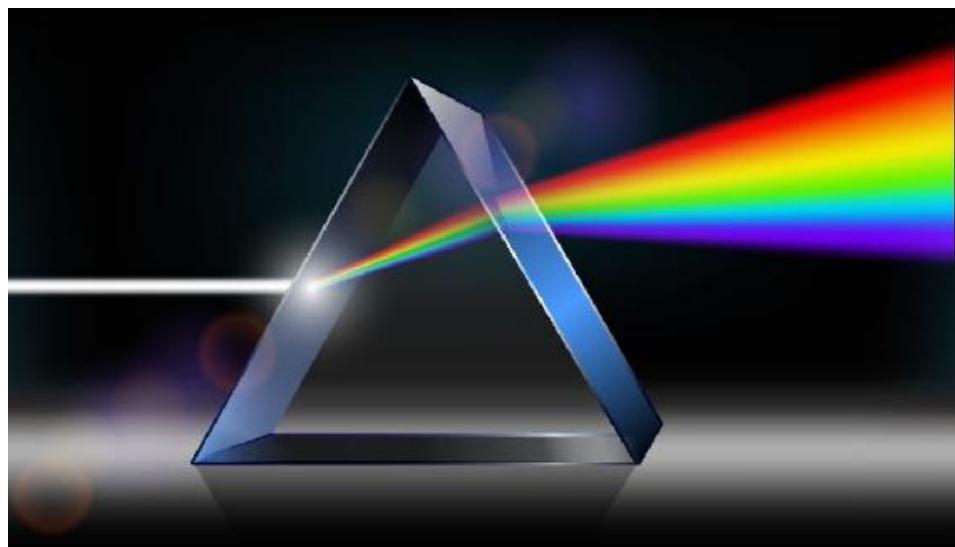


La maggior parte delle tecnologie che usiamo ogni giorno, in moltissimi ambiti e lavori, devono il loro funzionamento e la loro creazione alla fisica quantistica. Pensiamo al laser, al microscopio elettronico, alla risonanza magnetica nucleare e ai calcoli della chimica computazionale. Per comodità possiamo dividere i campi d'applicazione in elettronica e informatica: vediamo nel dettaglio i maggiori campi applicativi e la loro descrizione.

Elettronica

“La legge del moto: a un’azione corrisponde sempre una reazione uguale e contraria: ossia, le azioni reciproche di due corpi sono sempre uguali e dirette in senso contrario”.

Sir Isaac Newton



La maggior parte dei fenomeni che vengono studiati in fisica sono di natura quantomeccanica: lo studio dei livelli energetici ha dato possibilità alla ricerca di creare le più moderne tecnologie.

I maggiori apporti all’elettronica nati grazie alle leggi e agli studi della meccanica quantistica possono essere visti nei semiconduttori, nell’ottica quantistica e nell’optoelettronica.

1. Semiconduttori

I semiconduttori sono dei materiali che assumono una resistività superiore a quella dei conduttori ma inferiore a quella degli isolanti: tutto dipende dalla temperatura.

Sono alla base di tutti i dispositivi elettronici e microelettronici: la materia che si occupa del loro studio e delle sue proprietà elettriche, viene chiamata fisica dei semiconduttori.

Sappiamo che la conduzione elettrica avviene nei solidi quando la banda di stati elettronici non è completamente piena: la conduzione dei semiconduttori avviene solo quando gli elettroni sono stati eccitati e portati in bande a energia superiore. Ruolo fondamentale è dato dalla temperatura: quando aumenta, si ha un incremento dell'agitazione termica degli atomi.

2. L'ottica quantistica

L'ottica quantistica è quella parte della fisica che studia i rapporti d'interazione della luce con la materia. Lo sviluppo di questa materia, di nascita recente, si può collocare a partire dagli anni sessanta del XX secolo, a seguito della nascita del laser.

L'ottica quantistica parte dallo studio dell'interazione tra la radiazione e la materia: altre materie di studio sono le equazioni di Maxwell-Bloch, la spettroscopia coerente, lo studio delle cavità laser e la dinamica dei laser, la stessa statistica quantistica e i processi di foto rivelazione di statica fotonica d'interferenza quantica e stati mesoscopici.

Uno dei maggiori concetti dell'ottica quantistica può esser così riassunto: la luce è descritta in termini di operatori di campo quantistici per creare e distruggere i fotoni, usando gli strumenti dell'elettrodinamica quantistica.

3. L'optoelettronica

L'optoelettronica è la parte dell'elettronica, precisamente una delle branche della fotonica, che studia i dispositivi elettronici che interagiscono con la luce e le loro applicazioni. In questa materia la luce è intesa in senso lato, andando a includere anche le radiazioni elettromagnetiche che non si possono percepire con l'occhio umano come anche i raggi gamma, i raggi X, la radiazione ultravioletta e la radiazione infrarossa.

La optoelettronica si basa su tutti gli effetti che la luce esercita sui materiali semiconduttori anche in presenza di campi elettrici.

L'optoelettronica si utilizza per:

- I fotodiodi e le cellule solari;
- I foto transistor;
- I fotomoltiplicatori;
- Gli elementi di circuiti ottici integrati;
- Il resistore dipendente dalla luce;
- Il tubo a camera foto conduttiva;
- I dispositivi d'immagine ad accoppiamento di cariche;
- I laser e il diodo laser a iniezione;
- Il diodo a emissione di luce;
- Il tubo a camera foto emissiva.

Tutte queste applicazioni si possono poi convertire in apparecchi optoelettronici, quali ad esempio:

- I trasduttori di segnali elettrici in segnali ottici;
- I trasduttori di segnali ottici in elettrici;
- Gli strumenti che incorporano i suddetti dispositivi per realizzare le proprie funzionalità.

Infine tra le più importanti applicazioni della optoelettronica non possiamo dimenticare l'opto isolatore, che è in grado di trasferire un segnale fra due circuiti mantenendo l'isolamento galvanico fra gli stessi e la fibra ottica nelle telecomunicazioni.

Informatica

“Nella scienza, 'fatto' può solo significare 'confermato a un tale livello che sarebbe perverso trattenere un assenso provvisorio.' Io suppongo che le mele possano iniziare a crescere domani, ma la possibilità non merita uguale tempo nelle classi di fisica”.

Stephen Jay Gould



Anche l'informatica deve il suo progresso e i suoi moderni strumenti alla meccanica quantistica. Grazie al lavoro di studiosi e ricercatori, i maggiori apporti all'informatica nati grazie alle leggi e agli studi della meccanica quantistica possono essere visti nella crittografia quantistica, nei computer quantistici e nell'informatica quantistica.

1. La crittografia quantistica

La crittografia quantistica è un approccio alla crittografia che usa peculiari proprietà della meccanica quantistica nella fase dello scambio della chiave

per evitare che questa possa essere intercettata da un attaccante senza che le due parti in gioco se ne accorgano. Grazie a questa rivoluzione si è finalmente conclusa la lotta tra la crittografia e la crittoanalisi che hanno da sempre cercato di creare cifrari molto complessi e tecniche adatte alla loro decriptazione. Quando infatti si usa un canale sicuro, lo stesso canale potrà essere usato per scambiare uno o più messaggi.

Questo ha reso la crittografia quantistica in grado di cifrare messaggi in modo tale che nessuno possa mai decifrarli.

2. Il computing quantistico

Il computing quantistico è lo studio di un modello di computazione non-classico: una computazione quantistica può trasformare la memoria in una sovrapposizione di più stati. Un computer quantistico o chiamato anche computer quantico, è un dispositivo in grado di effettuare tali computazioni.

Il computing quantistico nasce nel 1980 dalla mente del fisico Paul Benioff, il primo a creare un modello quantistico della macchina di Turing; a lui fecero seguito Richard Feynman e Jurij Manin che ipotizzarono quanto un computer quantistico potesse avere il potenziale di simulare ciò che il classico computer non era in grado di fare. La svolta arrivò nel 1994: Peter Shor, pubblicò un metodo di crittografia, noto come RSA, un algoritmo in grado di fattorizzare qualsiasi numero a grandi velocità di elaborazione.

Nel 1998 il fisico Bruce Kane propose la costruzione di un elaboratore quantistico su atomi di fosforo disposti su uno strato di silicio spesso solo 25 nanometri. È il computer quantistico di Kane.

Quindi grazie a un'intuizione, la meccanica quantistica è stata in grado di realizzare macchine in grado di elaborare calcoli ancor più velocemente, e in maniera ancor più precisa, dei computer: i computer quantistici.

Per spiegare meglio questa applicazione, vediamo l'esempio maggiore: Google.

Il computer quantistico di Google afferma di eseguire calcoli di 10k anni in soli 200 secondi. Questa settimana Google ha raggiunto una pietra miliare nel campo del Quantum Computing che potrebbe rivoluzionare

completamente i metodi di elaborazione e il modo in cui elaboriamo i dati, il gigante dei motori di ricerca chiede risultati incredibili di calcolo quantistico, la società ha affermato di aver raggiunto la supremazia quantistica.

Google ha pubblicato l'ultimo studio su Nature, dove sostengono che il loro sistema quantistico avesse eseguito un calcolo in 200 secondi che avrebbe richiesto un computer classico di 10k anni per essere completato.

In questo nuovo documento di ricerca, gli scienziati spiegano come hanno progettato, testato e sviluppato un processore quantistico supremo in grado di eseguire compiti computazionali altamente complessi in un tempo di 3 minuti. Nella loro dichiarazione ufficiale, Google ha dichiarato: "La nostra macchina ha eseguito il calcolo del target in 200 secondi e dalle misurazioni, nel nostro esperimento, abbiamo stabilito che ci sarebbero voluti 10.000 anni per il super computer più veloce del mondo per produrre un output simile".

Il nome di questo processore quantistico è Sycamore ed è di 54 qubit interconnessi in uno schema reticolare.

Questo chip del processore del computer quantistico assomiglia molto a un normale computer ed è posto in un involucro nella parte inferiore della struttura a forma di torta nuziale capovolta, tenuto in una camera a vuoto.

L'ambiente è progressivamente più freddo a ogni livello fino a raggiungere la temperatura di esercizio di 15 mille Kelvin. Un pasticcio di fili invia minuscoli impulsi a microonde al qubit, facendolo assumere stati eccitati misurati da un altro minuscolo componente collegato al segno più.

E parliamo del nostro computer classico, funzionano in modo binario: svolgono attività utilizzando minuscoli frammenti di dati noti come bit che sono sempre e solo 1 o 0. Ma frammenti di dati su un computer quantistico, noti come qubit, possono essere sia 1 che 0 contemporaneamente.

Ogni qubit è costituito da un minuscolo anello di filo superconduttore a forma di segno più. Questa proprietà, nota come sovrapposizione, significa che un computer quantistico, composto da diversi qubit, può elaborare

simultaneamente un numero enorme di potenziali risultati, il che alla fine porta a un'esecuzione più rapida.

L'amministratore delegato di Google Sundar Pichai ha dichiarato: "Per quelli di noi che lavorano nel campo della tecnologia, è il momento del ciao mondo che stavamo aspettando per il traguardo più significativo fino a oggi nella ricerca per rendere il calcolo quantistico una realtà".

"Questa dimostrazione della supremazia quantistica sui principali algoritmi classici odierni sui principali super computer del mondo è davvero un risultato notevole", ha scritto William Oliver, un ricercatore informatico presso il Massachusetts Institute of Technology, in un commento sulla scoperta. "Questo esperimento stabilisce che i computer quantistici di oggi possono superare le migliori prestazioni di calcolo convenzionale per un benchmark sintetico", afferma Travis Humble, direttore del Quantum Computing Institute di Oak Ridge.

In questa ricerca sono stati inclusi anche Google, la NASA e l'Oak Ridge National Laboratory.

Dall'altra parte della concorrenza, IBM uno dei principali attori del Quantum Computing non è pronto a credere nei risultati di Google e ha segnalato molte domande sulla ricerca.

IBM ha affermato che il tradizionale super computer utilizzato nell'esperimento di Google (la macchina Summit d'IBM), non è stato utilizzato in modo efficiente, il che, secondo loro, spiega il ritardo di 10.000 anni meno che lusinghiero. Calibrando Summit in modo diverso per lo stesso esperimento, IBM sostiene che "una simulazione ideale della stessa attività può essere eseguita su un sistema classico in 2,5 giorni e con una fedeltà di gran lunga maggiore" ei ricercatori hanno pubblicato sia un post sul blog che un documento di lavoro per rendere il loro caso.

"Mentre noi crediamo che alcuni calcoli quantistici saranno fuori dalla portata di un qualsiasi computer convenzionale, è una sfida per sostenere che un particolare insieme di processi non può essere simulato attraverso un

trucco adatto," l'informazione quantistica teorico Stephen Bartlett presso l'Università di Sydney ha detto ScienceAlert il mese scorso.

"Sospetto che le prime affermazioni sulla supremazia quantistica saranno seguite da un lungo periodo di contesa, in cui gli scienziati spingono i limiti dei super computer convenzionali per trovare un modo per simulare queste dimostrazioni dichiarate", ha aggiunto.

"È probabile che il tempo di simulazione classica, attualmente stimato in 10.000 anni, sarà ridotto da hardware e algoritmi classici migliorati, ma, dal momento che siamo attualmente 1.5 trilioni di volte più veloci, ci sentiamo a nostro agio a rivendicare questo risultato", afferma uno dei il gruppo, Brooks Foxen della UC Santa Barbara.

In risposta alle domande d'IBM e di altri ricercatori, il capo ricercatore di Google John Martinis ha affermato che la risposta iniziale d'IBM rimaneva ipotetica e doveva essere confermata.

"Non vediamo l'ora che le persone eseguano effettivamente l'idea su Summit e la controllino e controllino i nostri dati perché fa parte del processo scientifico - non solo proponendolo ma effettivamente eseguendolo e controllandolo", ha detto Martinis.

3. L'informatica quantistica

L'informatica quantistica è l'insieme delle tecniche di calcolo e del loro studio che utilizzano i quanti per memorizzare ed elaborare le informazioni.

L'informatica quantistica è la scienza che descrive il funzionamento proprio di questi computer. La loro unità fondamentale prende il nome di quantum bit (qubit), il quale può essere rappresentato da un qualunque sistema quantistico binario. Le principali differenze che esistono tra i qubit e bit sono la sovrapposizione degli stati, l'engagement e l'effetto tunnel. Grazie a queste nuove proprietà i computer quantistici possono risolvere alcuni problemi ritenuti classicamente NP hard o addirittura non risolvibili.

Le regole alla base sono molto diverse da quelle classiche: non solo sono in grado di raggiungere la stessa affidabilità di calcolo, ma riescono anche a eseguire i compiti che i macchinari che si basano sulle leggi classiche non possono fare, come ad esempio generare numeri casuali. Tra i principi dell'informatica quantistica ci sono:

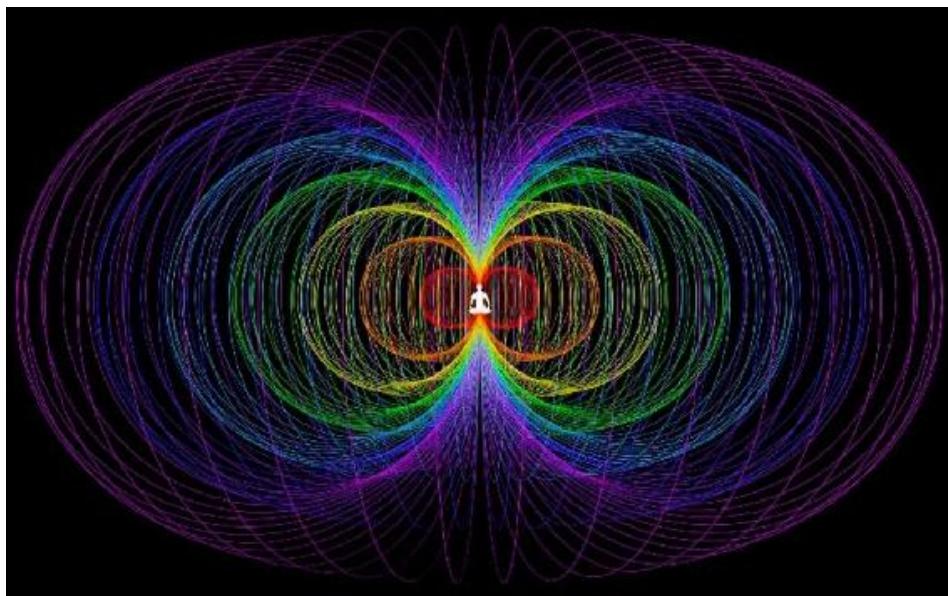
- Il No-cloning: l'informazione quantistica non può essere copiata con fedeltà assoluta, e quindi neanche letta con la stessa fedeltà assoluta.
- L'informazione quantistica può essere trasferita con fedeltà assoluta, a patto che l'originale venga distrutto nel processo: è Il teletrasporto quantistico.

Ogni misura compiuta su un sistema quantistico distrugge la maggior parte dell'informazione, lasciandolo in uno stato base: L'informazione distrutta non può essere recuperata. L'informazione quantistica può essere codificata tramite correlazioni non-locali tra parti differenti di un sistema fisico.

Legge dell'attrazione o meccanica quantistica

“Sebbene per la maggior parte di noi [la legge di gravitazione universale] non abbia un'utilità pratica, tutti possiamo apprezzarne l'elegante concisione. Un paio di piccole moltiplicazioni, una semplice divisione ed ecco: ovunque ci si trovi è possibile conoscere la propria posizione gravitazionale”.

Bill Bryson



Ognuno di noi, indipendentemente dal sesso, dall'etnia, dall'età o dalla condizione sociale, è soggetto alle leggi che regolano l'Universo. Una di queste, forse la più importante, è la legge dell'attrazione: quella che governa noi e le nostre vite, a prescindere della nostra conoscenza o meno dell'argomento.

In questo capitolo vedremo cos'è la legge dell'attrazione, come funziona e come possiamo rapportarla alla fisica quantistica.

Cos'è la legge dell'attrazione

“Il modo in cui i campi di fondo generano massa è piuttosto simile al modo in cui quando la luce passa attraverso un mezzo trasparente come il vetro o l'acqua, questa viene rallentata. Questa non viaggia più alla velocità fondamentale della luce, indicata con c. E questo è il modo di pensare alla generazione della massa”.

Peter Higgs

La legge dell'attrazione è uno dei principi più affascinanti e al tempo stesso misteriosi dell'Universo: è la capacità di attirare nelle nostre vite qualunque cosa desideriamo, positiva o negativa che sia, grazie alla forza dei nostri pensieri.

Sono poche le persone che hanno compreso a pieno la potenza di questo concetto e i suoi numerosi campi d'applicazione alla vita di tutti i giorni: quindi molti non riescono a padroneggiarlo.

La legge dell'attrazione però può permettere a chiunque, previa conoscenza delle sue tecniche e del suo utilizzo, di superare qualsiasi ostacolo che nella vita di tutti i giorni ci impedisce di attingere al nostro più profondo potenziale.

Partiamo da una considerazione abbastanza ovvia: tutti sappiamo che una calamita attrae o respinge oggetti a seconda della polarità magnetica. Se immaginiamo di essere noi quella calamita, possiamo considerarci come un magnete umano: siamo noi a esercitare una forza attraverso i pensieri, siamo noi a poter governare la mente e trasformare qualsiasi cosa. Queste azioni, che svolgiamo ogni giorno magari in modo consapevole o più spesso inconsapevolmente, hanno la stessa funzione di un magnete: noi

inviamo i nostri pensieri e le nostre emozioni all'esterno ed esercitiamo una forza che può cambiare il corso dei nostri eventi.

Come dicevo prima, non tutti sono consapevoli del potenziale che vive all'interno della nostra mente: i più lasciano che siano proprio i pensieri e le emozioni a controllare negativamente le loro vite. Riuscire a capire, esplorare e padroneggiare la legge dell'attrazione è la chiave di svolga nella vita di ogni individuo. Una volta compreso il potere della legge dell'attrazione saremo in grado di applicarlo alla vita di tutti i giorni, riusciremo a creare il futuro che desideriamo e a poterlo plasmare a nostro piacimento.

Come funziona la legge dell'attrazione

Ognuno di noi ha affrontato una situazione simile nella vita: ci capitano situazioni strane, quasi inspiegabili, tutto diventa nero, il lavoro va male, le relazioni precipitano, le amicizie non sono sincere, tutte cose ci portano a pronunciare la classica domanda retorica: «Ma capitano tutte a me?»

La legge dell'attrazione ci dice che qualsiasi evento, positivo o negativo, viene attratto da noi. L'attrazione di situazioni o persone sbagliate, avviene in base a quello di cui abbiamo bisogno in quel momento specifico: quindi siamo noi che attiriamo quel genere di persone, ma non credere che questo sia ciò che meriti. Sei solo tu che puoi decidere come cambiare.

Il cambiamento è fatto attraverso una scrupolosa attenzione verso i propri pensieri, cercando di creare pensieri sempre gentili e mai disfunzionali, prestando attenzione alle parole che si usano e alle azioni che si compiono.

Ma la legge dell'attrazione funziona davvero?

Ma come può un concetto tanto astratto, come la legge dell'attrazione, essere così potente e soprattutto così vero? A chi si domanda se esistano prove scientifiche dietro questa legge rispondo di sì.

La fisica quantistica, soprattutto negli ultimi anni, ha illuminato le ombre che si trovavano dietro questa legge, contribuendo a infondere la concezione che il potere della mente ha nelle nostre vite e nell'universo un peso senza precedenti. Sono ancora oggi in corso studi e ricerche e la voglia di conoscenza e scoperta non ha limiti: l'uomo, gli scienziati e i fisici continuano a spingere i limiti della conoscenza sempre più lontano, per scoprire sempre più realtà sulle nostre vite e sul mondo che ci circonda.

Proprio perché la legge dell'attrazione ha ricevuto così consenso e spiegazione dalla fisica quantistica, cerchiamo di analizzare meglio questo aspetto per capire quali sono i fondamenti scientifici alla base dei suoi meccanismi.

La legge dell'attrazione spiegata dalla fisica quantistica

Abbiamo visto che la fisica quantistica è quella branca della fisica che si occupa di studiare i quanti. Questa fisica è onnipresente ma la luce e la materia che lo compongono non esistono finché qualcosa non accade per renderli reali. Il qualcosa che bisogna aspettare altro non è che la materializzazione osservabile.

Abbiamo visto che la fisica quantistica presuppone che la realtà sia un insieme di possibilità infinite. Da questo deduciamo che l'uomo ha il potere di poterle governare o quantomeno osservare, misurare e agire con e su di esse.

Tutte le infinite possibilità che la fisica quantistica e le sue teorie hanno, portano l'uomo a descrivere come si comporta la materia e a spiegare tutto quello che la fisica classica non può comprendere.

Le proprietà dei quanti vanno a presupporre che il reale sia l'insieme di possibilità infinite che si possono determinare solo attraverso l'interpretazione dell'uomo. Questo viene poi ripreso in ambito filosofico e si va a concretizzare che tutto ciò che l'uomo percepisce altro non è che una sua creazione.

Se l'uomo riesce a guardare oltre l'interpretazione della fisica quantistica, quindi oltre il punto di vista matematico scientifico, e provasse a considerarle per le implicazioni che esse possono avere nella vita, riuscirebbe a trarne grandi vantaggi: quindi è necessario accorgersi di quanto sia elastica e malleabile la realtà e di quanto grande è il potere che l'uomo ha su di essa.

Tutti quindi possono sviluppare la capacità di guidare con la volontà le esperienze che vive e che potrà vivere nel futuro. L'uso però è spesso inconsapevole e questa non conoscenza di un potere che l'uomo possiede porta le prime crisi, i primi problemi e i primi stalli.

È un potere difficile da accettare perché così come può aprire a possibilità illimitate, rivela la necessità di assumersi coraggiosamente la responsabilità delle esperienze che vive e che vivrà, che dipendono dalle sue credenze e dai suoi pensieri. Ognuno è l'unico responsabile delle esperienze che vive e, invece di lamentarsi per cercare di negare la propria responsabilità,

dovrebbe reagire producendo in sé i cambiamenti per vivere esperienze più felici.

Poiché coscienza e spirito non risiedono nel mondo fisico, possiamo pensare di manipolare la nostra realtà fisica quando siamo in uno stato ispirato o quando adottiamo un atteggiamento positivo. Quando infatti siamo nello stato di ricettività e gratitudine si generano ed emergono schemi, vibrazioni positive, persone vogliono essere intorno a noi e unirsi a noi in quello stato di perfezione. In questa modalità è più facile convergere una funzione d'onda positiva, la materializzazione osservabile appunto.

Questo fenomeno si estende poi anche ai nostri sensi: quando sentiamo, odoriamo, osserviamo, tocchiamo o gustiamo qualcosa stiamo sperimentando. L'esperienza infatti descrive la vera natura del collasso della funzione dell'onda.

Se una persona auto-genera la propria evoluzione e la sua crescita spirituale, attira a sé un'esperienza positiva; ma se la stessa persona rimane passiva, lasciandosi trascinare dagli eventi e accettando ogni cosa gli venga offerta, cade preda del caos della natura che distrugge e ricostruisce tutto a un livello superiore, con lo scopo ultimo di ristabilire l'ordine universale delle cose.

Nella Grecia antica questo processo veniva chiamato Ktisis: ovvero la funzione dello spirito che annulla tutto quello che non era in ordine.

Se alla base della nostra realtà siamo noi a operare, al livello spirituale, quando cambiamo, possiamo creare un momento successivo che permetterà a noi stessi di cambiare per sempre la nostra vita.

Storia della legge dell'attrazione

La delle dell'attrazione non ha niente a che vedere con le correnti New Age o con la filosofia spiccia. Fu Ermete Trismegisto, maestro di sapienza dell'età preclassica, il primo a scrivere della legge dell'attrazione, e di altre leggi universali, nel suo Corpus Hermeticum: fu anche il fondatore della corrente filosofica dell'ermetismo, dell'astrologia e dell'alchimia. La storia

ci tramanda che Ermete avesse inciso le parole su una lastra di smeraldo con una punta di diamante.

I seguaci dell'ermetismo conoscevano l'ostilità che i religiosi dell'epoca provavano verso questo nuovo sapere: se fosse diventato di pubblico dominio, avrebbero perso il loro potere. Gli ermetici furono quindi accusati di eresia e stregoneria così come chiunque si azzardasse a far parola delle leggi ermetici. Ma loro non si fecero intimidire: continuarono a tramandare le loro leggi in segreto, consapevoli che il loro sapere sarebbe stato destinato alla pubblica circolazione solo in epoche più mature.

Ermete incoraggiava ad ampliare la propria consapevolezza e a guardare chi siamo davvero: siamo tutti esseri divisi, con un altissimo potenziale che è possibile scoprire solo guardando in noi stessi, mai fuori. Siamo per natura esseri che mirano a puntare sempre più in alto, ma siamo anche dotati di libero arbitrio, quindi capaci di scegliere quale strada seguire: essere positivi oppure scegliere la via dell'autocommiserazione.

Sempre secondo Ermete la vita è una danza di energia ed emozioni, che si connette al più alto bene che siamo in grado di esprimere. Ognuno infatti è responsabile del proprio stato d'animo: la felicità non dipende mai da eventi esterni da noi, ma dal nostro grado di connessione con il tutto, con l'universo. È questa connessione che ci fa superare convinzioni limitanti per le quali non possiamo creare ciò che desideriamo. Questa connessione ci dà gli strumenti dell'amore universale che ci fa raggiungere i nostri sogni, i nostri obiettivi, i nostri successi. Usare la legge dell'attrazione infatti non vuol dire sedersi e aspettare che le cose arrivino: significa essere, fare e quindi avere.

Questo sapere rimase per secoli nell'ombra, ignorato dagli studiosi e tenuto sempre meno in considerazione. Fu il '900 a sancire il suo ritorno sulla scena grazie ad alcuni testi che ricominciarono a parlarne. Il testo più recente, e anche quello più famoso, è il best seller *The Secret*, di Rhonda Byrne.

Testimonianze della Legge dell'attrazione

Per provare che lo scetticismo dietro questa materia è solo un primo e basso ostacolo, riporto alcune delle testimonianze di uomini e donne che hanno messo in pratica la legge dell’attrazione: pensiamo a poeti, scienziati, artisti ma anche grandi pensatori del calibro di Shakespeare, Blake, Emerson, Newton e Beethoven che hanno trasmesso questo messaggio anche nelle loro opere. E per arrivare a sostenitori più recenti, i più famosi sono Oprah Winfrey, Lady Gaga, Jim Carrey, Denzel Washington e Steve Jobs.

*Lo ripeti a te stesso ogni giorno, e non è ancora vero, è una bugia. Ti stai dicendo una bugia ancora e ancora. E poi un giorno non è più una bugia.
La menzogna è vera.*

Lady Gaga

Sii grato per ciò che hai; finirai per avere di più. Se ti concentri su ciò che non hai, non ne avrai mai abbastanza.

Vivo nello spazio della gratitudine – e sono stata premiata un milione di volte per questo. Ho iniziato a ringraziare per le piccole cose, e più ero grata, più aumentavano i motivi per esserlo. Questo perché ciò su cui ti focalizzi si espande e quando ti concentri sulla bontà della tua vita, né crei di più. Opportunità, relazioni, persino il denaro scorrevano sulla mia strada quando imparavo a essere grata, qualunque cosa accadesse nella mia vita.

Più ti lodi e celebri la tua vita, più c’è nella vita da celebrare. Ottieni nella vita ciò che hai il coraggio di chiedere.

Oprah Winfrey

Esercizi: Come sfruttare la Legge dell'attrazione per migliorare la tua vita

Tutto in questo Universo è connesso a qualcos'altro nell'Universo, come l'acqua che bolle è collegata al vapore nel quale si tramuta, e il vapore è collegato all'etere o all'aria nella quale si dissolve.

Bob Proctor

Ora che hai compreso i concetti della Legge dell'attrazione puoi imparare a sfruttarla per migliorare la tua vita. Non cadiamo però in una falsa credenza: non possiamo solo pensare a qualcosa per fare in modo che essa si manifesti a noi. Il lavoro da fare è molto lungo e anche contraddittorio: pensiamo infatti che i nostri obiettivi, il più delle volte, non rappresentano quello che desideriamo davvero. Ogni cosa della nostra vita, la nostra educazione, il nostro passato, i nostri pensieri e le persone che abbiamo attorno, giocano un ruolo chiave quando andiamo a creare i modelli mentali.

Sappiamo che ogni cosa nell'universo è fatta di energia: l'energia è una vibrazione impercettibile, che si muove senza sosta; nell'Universo infatti tutto è vibrazione. L'energia è neutra, risponde alle nostre emozioni e alle nostre azioni ma anche noi reagiamo a ciò: pensiamo alle sensazioni che abbiamo verso luoghi o persone, quante volte abbiamo detto che una persona non ci piaceva e che emanava vibrazioni negative o che un posto era pieno di vibrazioni positive? Sicuramente almeno una volta sono frasi che hai pronunciato.

Tutti noi proviamo cose diverse in ogni momento, in ogni luogo, in relazione ad altre persone, in base a quello che succede nell'ambiente che ci circonda: alcuni eventi però succedono senza il minimo potere, da parte

nostra, di poterli modificare. Ecco perché è molto importante riuscire ad alzare il livello di vibrazioni per star meglio. Saperlo alzare e regolare influisce sulla nostra autostima e sulla soddisfazione che abbiamo della nostra vita.

Se ti stai chiedendo cosa sia questo livello vibratorio, ti rispondo subito. Il livello vibratorio è la qualità della forza vitale. Può essere basso oppure alto, ma per puntare verso l'apice bisogna prima percepire il livello vibrazionale basso: della serie, una volta toccato il fondo è possibile risalire, magari non in questa maniera così estrema.

Quando il nostro livello vibratorio è basso, potremmo avere uno di questi “sintomi”: nervosismo, emozioni di tristezza, disperazione, paura, collera, odio, irritazione per una persona o un evento, incidenti che ci accadono, dolore, sia fastidio fisico che sensazione emotiva e psicologica, invidia, senso di colpa, stanchezza, insicurezza e paura del giudizio degli altri, mancanza d'interesse, pensieri ossessivi, costipazione frequente. Sono situazioni che proviamo spesso nella nostra vita, quindi anche solo uno di questi “sintomi” ci porta ad aver conosciuto il livello vibrazionale più basso e ci dà modo d'iniziare la salita per il livello massimo.

Per riuscire in questo e per stare meglio, bisogna sgomberare le cattive abitudini che agiscono, in maniera subdola, e vanno a inquinare la nostra energia emotiva e psicologica.

A livello fisico possiamo quotidianamente stabilire una routine d'igiene energetica, che ha l'effetto d'innalzare immediatamente le basse vibrazioni in caso di emergenza. Tra queste rientrano:

- La respirazione, profonda e lenta;
- La doccia, che ha lo scopo di alleggerire il fisico oppure un bagno rilassante;
- Riposare e passeggiare;
- Fare sport, palestra o una breve corsa in strada;
- Usare oli essenziali o fragranze benefiche;
- Mangiare cibi naturali e freschi;

- Vivere in un ambiente pulito e sgombero dagli oggetti che non usiamo più.

Ma per alzare il livello delle nostre vibrazioni possiamo ancora:

- Smettere di rimuginare sul passato e concentrare l'attenzione sui desideri, sugli obiettivi e sui sogni che abbiamo;
- Smettere di guardare i programmi televisivi e film con dei contenuti violenti, allarmanti o deprimenti;
- Passare più tempo possibile alla luce solare;
- Ascoltare il nostro intuito;
- Godere dei piccoli gesti quotidiani come preparare la colazione, mangiare un dolce, prendere una tazza di caffè con un amico/a;
- Individuare tutto quello che ci fa sentire male, credenze, forme, pensieri, azioni, e portare l'attenzione verso i pensieri positivi e cercare di vedere in ogni evento qualcosa di positivo;
- Dedicarsi a quello che è in linea con i propri valori;
- Frequentare un ambiente che ci ispira e ci rende migliori e anche le persone che ci ispirano e ci rendono migliori;
- Essere coerenti;
- Passare del tempo nel silenzio;
- Eliminare le immagini inquietanti e osservare quelle che elevano lo spirito e infondono piacere, pace, gioia, giocosità;
- Ascoltare la musica di qualità;
- Non giudicare gli altri, coltivare l'empatia e ascolto;
- Stare attenti alle parole che si pronunciano, eliminando l'uso delle formule al negativo che bloccano l'energia;
- Ringraziare sempre;

- Ridurre la procrastinazione e fare tutto ciò che si può fare il giorno stesso;
- Impostare l'intenzione di migliorarci ogni giorno;
- Dedicare ogni giorno del tempo alla propria interiorità, nel modo che più ci è consono.

10 esercizi per innalzare la propria vibrazione

*“Tutte le esperienze potenziali esistono all'interno del campo quantistico come un mare di infinite possibilità. Quando trasformi il tuo segnale elettromagnetico in modo che si adatti a uno già esistente nel campo, il tuo corpo sarà attratto dall'evento, tu ti muoverai in una nuova direzione temporale o l'evento ti verrà incontro”.*¹

Joe Dispenza



Di seguito vediamo quali sono i 10 esercizi che ci permettono d'innalzare le vibrazioni ed essere più felici: il mio consiglio è quello di seguire questi esercizi per almeno due mesi e vedere i cambiamenti. Non sono esercizi affatto complessi: l'importante è essere consapevoli di voler cambiare quindi assumere atteggiamenti positivi e iniziare a migliorare.

1. Essere sinceri con sé stessi

Osserva te stesso e il tuo mondo, quello interiore e quello esterno. Sii sincero con te stesso: cosa pensi di te, del tuo mondo, della tua vita, delle persone che ne fanno parte e poi accettati così come sei. Con pregi e difetti, con il tuo bagaglio di esperienze che ti ha portato a essere quello che sei oggi.

Ora però chiediti come vorresti essere: scrivi la versione aggiornata di te, riflettici, rileggila, cambia qualcosa, continua a migliorarla.

2. Tenere una postura corretta: schiena il più possibile diritta

Tieni la schiena il più possibile diritta ma anche rilassata. Rilassa il viso e sorridi: la postura e l'espressione del viso rivelano il nostro aspetto interiore.

3. Usare esclusivamente parole ed espressioni positive

Tutto ciò che diciamo produce in noi delle emozioni che, a livello inconscio, attivano connessioni con esperienze passate, creando vibrazioni corrispondenti. Invece di dire: «Non c'è male!», di': «Sto bene!».

Dirigi la tua attenzione solo sulle cose che ti suscitano felicità, entusiasmo e amore. Non concentrarti mai su cose e pensieri negativi, perché la negatività si nutre della forza della concentrazione, indebolendo e bloccando la realizzazione dei tuoi desideri.

4. Cercare qualcosa di positivo in ogni situazione e in ogni persona

Non restare bloccato su quello che ti ferisce ma va oltre e trova ciò che davvero ti soddisfa. Prova a fare un esercizio come questo: trova qualcuno o qualcosa che non ti piace e, invece di demonizzarlo, trova almeno cinque caratteristiche positive. Ripeti questo esercizio per ogni persona che incontri e per ogni situazione: trova solo aspetti positivi.

5. Ringraziare per tutto

Dì grazie per tutto, per ogni cosa meravigliosa che succede nella tua vita, anche per le cose meno buone: così facendo innalzi le tue vibrazioni basse e le elimini.

6. Pensare in modo creativo

Ogni volta che vedi qualcosa di brutto, crea un'immagine positiva in cui appari felice. Concentrati sempre sulle emozioni e sui pensieri che quell'immagine ti suscita.

7. Parlare bene degli altri

Pensa sempre che le persone che hai di fronte possano leggere nella tua mente e che abbiano accesso ai tuoi pensieri: pensa agli altri e parla di loro come ti piacerebbe che loro pensassero e parlassero di te.

8. Spiegare

Quando vuoi ottenere o raggiungere uno scopo, spiega perché vorresti avere ciò che brami e poi parla come se l'avessi già ottenuto. Entrare interiormente nello stato del possesso ti porta sempre più vicino a ciò che desideri: formula sempre i tuoi desideri al tempo presente, mai al passato e mai al futuro.

9. Parlare del proprio presente e delle cose che desideri ottenere

Non raccontare il tuo passato, soprattutto se pieno di eventi negativi: ogni volta che lo fai, la tua energia diminuisce. Chiudi il capitolo di quello che è stato, sii felice per ciò che hai ora e disponibile per quello che avrai.

10. Accettare i propri nemici e chi ti ha fatto un torto

Significa essere consapevoli che qualsiasi cosa facciamo, le nostre azioni, i nostri modi di fare, si ripercuotono sempre sulla nostra vita. Per questo è bene agire all'insegna dell'amore e della gentilezza. Se i nostri antagonisti ci offrono in cambio cattiverie e colpi bassi, non rispondiamo con la stessa moneta. Se accettiamo questo comportamento, riusciremo ad innalzare le vibrazioni e a trasmettere energia positiva a chi si trova accanto a noi, sì anche ai nostri nemici.

Bonus: modalità di approccio per innalzare le tue vibrazioni

- Visualizza i tuoi desideri: pensa a quello che desideri, scendi nei particolari e immersiti in quella visione. Trasforma tutte le convinzioni negative, ad esempio il non poter raggiungere quel desiderio, in affermazioni positive.
- Impara l'arte della gratitudine: rifletti su quello che hai, sulla tua vita e sii grato. Anche se ciò che hai è poco, ringrazia: c'è sempre qualcosa nella nostra vita di cui esser grati, grande o piccola che sia.
- Usa saggiamente le parole: frasi come «non posso», «non riesco», «non dovrei», «non merito», sono da evitare. Le parole sono la vernice con cui dipingi la realtà: quindi quando usi parole negative riprendi subito in mano la 1situazione e fai in modo che le tue parole abbiano un'influenza positiva sulla tua vita.
- Inizia dalle piccole cose: parti da quello che all'apparenza può essere insignificante per poi iniziare ad usare la legge dell'attrazione. Una volta assimilato il concetto procedi per gradi vero idee sempre più grandi.
- Afferma la tua volontà: ogni giorno afferma la tua voglia di vivere una vita migliore.

Psicologia e azione

Tutto quello che esiste comincia dal linguaggio. E il linguaggio comincia dall'ascolto.

Jeanette Winterson



Comprendere le proprie emozioni ascoltando il proprio IO

Se vogliamo affrontare il mondo e la vita, con difficoltà e successi, è necessario riuscire a esplorare fino in fondo il nostro IO. Il nostro corpo, la nostra macchina personale, comunica e riflette quello che sentiamo e il nostro stato d'animo: per questo è essenziale capire i messaggi che ci sono dietro ogni nostra emozione, solo così la nostra salute ne trarrà beneficio e anche le nostre relazioni ne gioveranno.

Per farlo dobbiamo imparare a differenziare il sentire e l'ascolto: sentire significa solo usare il senso legato all'udito, quello che ci permette di orientarci nel mondo che ci circonda; ascoltare invece significa prestare attenzione, quando sentiamo non significa necessariamente che stiamo ascoltando. L'ascolto implica un sforzo, vuol dire esserci e percepire quello che il nostro corpo vuole dire e cosa vogliono trasmetterci le nostre emozioni.

Quando ci ammaliamo, e non parlo solo di febbre, le cause più comuni sono gli atteggiamenti e le emozioni negative: la ricerca spasmodica di attenzioni e le situazioni per noi sgradevoli sono circostanze che portano il nostro corpo a reagire attraverso sintomi negativi, che ci fanno capire che qualcosa non sta funzionando come dovrebbe. Infatti chi non capisce che tutto quello che ci accade è il risultato di emozioni, positive o negative, spesso soffrono di malattie fisiche e blocchi emotivi: bisogna imparare ad ascoltare il nostro corpo, è lui che parla delle nostre emozioni.

Sono diverse le ricerche e gli studi, tutt'ora in fase di elaborazione, che sembrano avvalorare il potere che hanno le emozioni sul nostro corpo: la letteratura ci fornisce spunti interessanti. Uno di questi è la relazione che esiste tra il dolore e lo stress: lo stress emotivo, quindi tutti quei problemi che hanno ripercussioni sul nostro fisico quando non vengono gestite in maniera corretta, lascia un segno permanente sul nostro corpo.

Tra i sintomi più frequenti dello stress emotivo, troviamo:

- Le emozioni come la depressione, l'ansia, l'irritabilità, la paura e il nervosismo;
- I pensieri come l'eccessivo timore del fallimento, la troppa autocritica, le difficoltà di concentrazione, le decisioni difficili da

prendere e i pensieri distorti;

- I comportamenti quali l'atteggiamento brusco verso gli altri, l'aumento del consumo di alcol, droghe o fumo, l'aumento o la diminuzione dell'appetito oppure digrignare i denti;
- I cambiamenti fisici come la tensione muscolare, le mani fredde o sudate, l'insonnia, il mal di testa, la stanchezza, i problemi alla schiena o al collo, la respirazione affannosa, le alterazioni nel ritmo del sonno e la disfunzione sessuale.

Tutte queste disfunzioni possono portare un blocco, fisico e mentale, in grado di compromettere la nostra salute. Il blocco mentale si origina dalle emozioni che ci fanno perdere l'attenzione o la connessione rispetto a ciò che facciamo, al nostro reale. Tutte le emozioni negative provocano distrazione, perdita della concentrazione e notevole depressione.

Per fare in modo che tutto questo non capiti al nostro corpo, dobbiamo ascoltare la nostra mente: parla di noi. Se le diamo la giusta attenzione, impareremo a conoscere i nostri sentimenti e a distinguere le nostre emozioni. Ascoltando la voce interiore riusciremo a superare sentimenti e pensieri sgradevoli e a concentrarsi sulla nostra vita quotidiana. Solo così saremo fisicamente e mentalmente pronti a isolare pensieri ed emozioni negativi: come per qualsiasi “malattia”, la prevenzione e la conoscenza sono i primi passi per la cura.

La nostra mente è anche la prima responsabile del pensiero elevato: essa combina il significato, il pensiero, il giudizio e la memoria, ci permette di soppesare i benefici delle decisioni ragionate. Per alcuni, soprattutto per chi inizia da poco ad ascoltare la propria mente, non sempre è chiaro quello che vuol dirci: per questo è utile scrivere un diario, appuntare e prendere nota e cercare di ascoltare quello che la nostra voce interiore, la nostra mente, ci vuol dire.

Prima di arrabbiarci o colpevolizzarci, impariamo ad allontanare la mente dalle emozioni e dai sentimenti negativi: prepariamoci dal punto di vista fisico e mentale all'ascolto perché solo noi siamo i migliori interlocutori del nostro corpo, noi e nessun altro.

E ricorda che combattere contro sé stessi è la guerra più difficile, ma vincere sé stessi è la vittoria più bella.

Conscio, inconscio, subconscio e super conscio

“La fisica apre la finestra per guardare lontano. Quello che vediamo non fa che stupirci. Ci rendiamo conto che siamo pieni di pregiudizi e la nostra immagine intuitiva del mondo è parziale, parrocchiale, inadeguata. Il mondo continua a cambiare sotto i nostri occhi, man mano che lo vediamo meglio”.

Carlo Rovelli

Se vogliamo davvero comprendere come funziona la nostra mente, e quindi il nostro corpo, dobbiamo fare un passo indietro e scoprire l'importanza di componenti essenziali:

- Conscio
- Inconscio
- Subconscio
- Super conscio

• La Conoscenza del conscio

Durante tutto il giorno, quando lavoriamo, studiamo, parliamo, svogliamo le più semplici e spontanee delle attività, usiamo la nostra parte conscia. È la parte più razionale di noi, quella che si trova alla base del ragionamento logico e morale, quella che impariamo a usare nel corso della nostra vita ma che non abbiamo al momento della nostra nascita.

Il suo funzionamento può essere paragonato a un filtro: è lei che decide se qualcosa è moralmente accettabile o meno in base ai nostri canoni o principi. La mente conscia, dà giudizi su tutto ciò che è possibile e su tutto ciò che non lo è, inoltre grazie al suo limitato sistema di convinzioni, è poco disposta a provare. Possiamo quindi definire il conscio quella facoltà che ci

permette di conoscere la nostra realtà e di riflettere su di essa: quindi tutto ciò di cui la persona ha coscienza e percezione e che può essere paragonato all'io razionale, basato sui calcoli matematici di opportunità e valutazione razionali. La persona sa esattamente cosa sta facendo e perché agisce in quel determinato modo.

· **L'inconscio**

Quello invece di cui non ci si rende conto è determinato dall'inconscio. Gran parte del nostro funzionamento, sia psichico che fisico, è determinato dall'inconscio: avviene a un livello di naturale concatenazione di eventi che funziona benissimo senza che si renda necessario l'intervento della nostra parte cosciente.

L'inconscio è la nostra parte più nascosta, quella di cui non abbiamo consapevolezza: molti definisco l'Inconscio il Grande Custode dei nostri più occulti segreti karmici. Pensiamo che in molti esoterici e iniziatici l'inconscio viene paragonato a una profonda caverna: un invito ad avventurarsi nell'inconscio, paragonato al centro della Terra, dove risiede la propria Stanza Buia dell'Anima, luogo dove vi è depositata tutta la conoscenza del nostro sapere. Ma ecco il punto fondamentale: avventurarsi all'interno della nostra mente è uno dei passi fondamentali per conoscere veramente se stessi.

All'interno del nostro inconscio trovano dimora i nostri istinti, i nostri ricordi, le nostre relazioni ancestrali, le nostre paure, il nostro vero Io. Tutto il giorno mascheriamo l'inconscio con ragionamenti logici e precisi, ma la nostra ombra è sempre presente con tutti i suoi mostri, che non essendo conformi alla griglia di valutazione del conscio, vengono rimossi e spediti in profondità. L'inconscio, oltre ai ricordi rimossi, contiene anche la parte più ancestrale di noi: il ricordo di quando eravamo egoisti, violenti, istintivi. La prossima volta che guardiamo di cattivo occhio una persona che ci sembra immorale, forse faremmo meglio a dare un'occhiata dentro di noi.

Come per qualsiasi cosa forte e magari anche spaventosa, l'inconscio ha un enorme potere: esso infatti percepisce e costruisce la realtà che ci circonda a

modo suo attraverso gli organi di senso, poi la valuta, la decodifica e la elabora in modo ancora più personale. Quello che fa l'inconscio quindi è lavorare, crescere, imparare, cambiare e soprattutto conoscere le cose che abbiamo appreso durante tutte le nostre vite vissute, non seguendo un rigido schema, ma in modo stimolante e creativo. L'inconscio è formato da tutti i ricordi che, per il loro effetto deleterio sulla parte consci, non vengono consciamente ricordati.

L'inconscio corrisponde a ciò che non è consiente, a ciò che avviene a nostra insaputa, a ciò che, pur essendo stato dimenticato, continua a manifestarsi. L'inconscio ha forze genetiche che agiscono sull'individuo: ha elementi comportamentali comuni al regno animale, pensiamo alle pulsioni sessuali o ai comportamenti di difesa e a quelli di attacco e anche al possesso o alla paura. L'inconscio inoltre influenza il comportamento di consumo, le scelte e la valutazione dei prodotti.

Infine l'inconscio non riesce a distinguere tra un'immagine reale e una immaginaria: se in un sogno viviamo una situazione di paura, il nostro cuore batterà molto velocemente e proveremo emozioni come se quello che accade fosse vero, ma non lo è perché ci troviamo davvero a dormire serenamente nel nostro letto. Questo stesso punto è condiviso anche dal subconscio.

· **Subconscio**

Il subconscio contiene i ricordi che non sono immediatamente accessibili alla memoria e che non comportano uno sforzo particolare per essere riportati in memoria. Il soggetto non ha pieno controllo del subconscio: non riflette ma obbedisce, come se non potesse distinguere tra ciò che è bene e ciò che è male.

Come l'inconscio anche il subconscio funziona in maniera automatica ma è in grado di ricevere ordini sia dal consci che dall'inconscio. Il subconscio è in grado di comprendere i messaggi semplici, le direttive precise e le immagini. La differenza principale tra l'inconscio e il subconscio è che, se il primo può essere risvegliato e diventare consiente ed è questo il lavoro di evoluzione che, per cambiare, dobbiamo portare avanti, il secondo non può.

Entrambi però agiscono a livelli molto profondi: subiscono pressioni culturali, agiscono a livelli profondi, scoprono dimensioni celate come la cultura e la religione, agiscono sulle scelte dell'uomo a un livello poco consapevole, spesso razionalizzato. Il vero problema dell'inconscio e del subconscio è che entrambi hanno una grande influenza sulla qualità della nostra vita: sono i principali responsabili della creazione della dubbia personalità. Ecco perché imparare a governarli e gestirli è davvero importante.

· **Il Super conscio**

Chiamato anche Maestro interiore, Parte Divina, Sé superiore, Super coscienza. Il Super conscio è la nostra energia, la nostra saggezza e il nostro amore, quello che ci guida e ci porta verso le risposte giuste. Per farlo usa l'attenzione, la consapevolezza, la gentilezza e attraverso l'osservazione di quello che succede, possiamo comunicare con il nostro Super conscio per attingere a quella luce interiore che, troppo spesso, rimane da noi celata e spenta.

Imparare ad aprire la mente

“Gli uomini non sono prigionieri del destino, ma della loro mente”.

Franklin D. Roosevelt

L'apertura mentale è una delle abilità fondamentali che permette di aprirci a nuove idee e a nuove esperienze. Senza apertura mentale resteremmo legati al passato, ancorati ai vecchi modi di pensare, impossibilitati a generare un cambiamento. Per riuscire a essere davvero liberi bisogna imparare ad abbattere i muri mentali che ognuno di noi ha costruito nella propria vita.

Se ti stai chiedendo cosa sia davvero l'apertura mentale ecco la risposta: è la ricettività verso le nuove idee e le nuove esperienze. Essa implica un atteggiamento di apertura verso il nuovo, verso quello che per noi è sconosciuto e anche diverso e per farlo chiede al nostro Io d'incorporare queste novità in noi. L'apertura mentale si occupa anche di cercare prove verso tutte le credenze e le idee personali: solo così sarà possibile valutarle in maniera obiettiva e quindi portare un cambiamento e arricchire la nostra visione. L'apertura mentale nasce dalla consapevolezza che le nostre convinzioni, i nostri punti di vista e le nostre esperienze possono fallire: dobbiamo capire che possiamo sbagliare e possiamo essere ingannati. Quindi avere una mente aperta va di pari passo con l'umiltà intellettuale.

Una delle frasi simbolo dell'apertura mentale dice che “Le tue ipotesi sono le tue finestre sul mondo, aprile di tanto in tanto o la luce non entrerà”. Avere un'apertura mentale ci permette di vivere spregiudicatamente e pienamente, solo così possiamo sfruttare tutte le nostre esperienze come opportunità per apprendere.

Uno studio condotto dall'Università di Melbourne ha rivelato che le persone con mentalità aperta hanno una percezione completamente diversa della realtà rispetto agli individui con una mente chiusa. Gli studiosi hanno

osservato, grazie a esercizi di rivalità binoculare ovvero test nei quali vengono presentate immagini per occhio, che chi ha una mente aperta può vedere entrambe le immagini, chi invece ha una mente chiusa riesce a elaborare una sola immagine alla volta.

A cosa serve questo studio? A farci capire che, a livello cerebrale, l'apertura mentale è quella cosa che ci permette di elaborare la realtà in modo diverso: ci permette d'inserire elementi sempre nuovi, che gli altri possono invece percepire in modo diverso. L'apertura mentale quindi apre davvero il nostro mondo e ci permette di pensare in modo più ampio, globale, fuori dai canoni.

Detto ciò, ora, chi è che non vorrebbe un'apertura mentale? Questo risultato però non è possibile ottenerlo senza sforzo e allenamento-questo perché tutti noi viviamo pieni di stereotipi, credenze e pregiudizi, azioni che limitano le nostre possibilità di vedere il reale e ascoltare noi stessi, oscurando una realtà più interessante e soddisfacente. Per riuscire a sviluppare l'apertura mentale il primo passo da compiere è quello di conoscere i pregiudizi cognitivi che ci tengono stretti alle vecchie idee. I pregiudizi cognitivi che compromettono l'apertura mentale sono 3 e abbiamo:

L'esposizione selettiva: ovvero quella tendenza che ci espone, in modo selettivo, solo verso informazioni che confermano le nostre convinzioni. Con l'esposizione selettiva ci chiudiamo verso il nuovo e verso il cambiamento.

- L'effetto primato: ovvero quella tendenza a dare maggiore importanza alle informazioni che riceviamo per prime, quelle che hanno un grande impatto psicologico. Con l'effetto primato non riusciamo mai ad andare avanti e rimaniamo ancorati al passato.
- La polarizzazione: è quella tendenza che ci porta ad essere meno critici rispetto-le prove che supportano le nostre convinzioni, le nostre idee e i nostri valori, ed essere troppo critici con i dati che li contrastano. La polarizzazione non ci permette di affermare le nostre convinzioni.

Tutti questi pregiudizi però possono esser superati e per farlo ti svelo i 7 segreti per riuscire ad avere una mente aperta scoprendo così un mondo molto più ampio rispetto a come lo vedi ora.

1. Uscire dalla zona di comfort: tutti siamo abituati a sostare in una zona in cui ci sentiamo al sicuro e, uscire da questo spazio, ci spaventa molto perché siamo ignari di quello che troveremo fuori. Per sviluppare l'apertura mentale dobbiamo uscire da quella zona confortevole e provare cose nuove. Per farlo, e soprattutto per evitare il senso d'ansia dell'abbandono, bisogna fare piccoli passi che possano aiutarci a sentirci meglio verso le novità e il cambiamento finché questi non diventeranno parte costante della nostra vita.
2. Mettere tutto in discussione: arriva un punto della nostra vita nella quale smettiamo di mettere in discussione le cose e accettiamo tutto incondizionatamente. Per sviluppare l'apertura mentale dobbiamo ricordare la curiosità infantile, quella che ci spinge a chiedere il perché di ogni cosa. Così possiamo provare cose sempre nuove ed espandere ancora il nostro mondo.
3. Non avere paura di sbagliare: sbagliare è normale. Possiamo sbagliare tanto, ogni giorno, spesso o poco: ma il fallimento e l'errore devono essere messi in conto. I nostri errori sono quelli che ci permettono di imparare e crescere: quando ci diamo la possibilità di fallire inneschiamo un meccanismo che ci permette di intraprendere percorsi non più incentrati sulla paura dell'errore.
4. Riconoscere la propria vulnerabilità: in una società che ogni giorno ci impone di esser forti, ammettere la propria vulnerabilità significa andare controtendenza. Però per sviluppare l'apertura mentale dobbiamo capire che non possiamo conoscere tutto, che non siamo invulnerabili e che ovviamente possiamo sbagliare. Questo non è solo un esercizio per ampliare la mente ma anche per aumentare la nostra umiltà intellettuale e la nostra saggezza.

5. Lasciare andare il controllo: se vuoi scoprire nuove idee e fare nuove esperienze, devi rinunciare a controllare ogni cosa. Non possiamo aprire la mente se ci aggrappiamo al controllo e ai preconcetti: dobbiamo lasciare andare il controllo e iniziare a vedere il mondo per intero.
6. Rinuncia al bisogno di giudicare: è difficile accogliere idee diverse dalle nostre ma sono queste che ci permetteranno di ottenere cambiamenti nella vita. Per accogliere le nuove idee, dobbiamo smettere di giudicare, adottando, in seguito, quella distanza che ci permetterà di valutare in maniera obiettiva tutte quelle che situazioni che verranno a crearsi e solo successivamente potremo comprendere, che è necessario cambiare i nostri schemi mentali per far accogliere il nuovo.
7. Aprire sé stessi al mondo: tutto intorno a noi è fonte d'ispirazione e conoscenza. A noi spetta il compito di avere l'umiltà intellettuale per riuscire a vederle e trarre da loro vantaggio. Ogni persona, ogni cosa, ogni evento e ogni situazione possono dare lezioni preziose di vita: apriti al mondo.

Giudizi e pregiudizi

“Nel campo della fisica sperimentale c’è stato un enorme aumento del numero delle persone che devono collaborare, perché gli strumenti hanno assunto dimensioni enormi e così pure la quantità dei dati prodotti che devono essere analizzati”.

Peter Higgs

Il nostro senso comune è portato a considerare i giudizi e i pregiudizi sugli altri in modo negativo. È una visione alquanto ridotta, che spesso non tiene conto del significato adattivo di questo processo negazionista e giudicante. Infatti per muoverci e interagire nel mondo e con gli altri, abbiamo necessario bisogno di interpretarlo e sintetizzarlo: anche utilizzando dei metri di giudizio. Ma la vera difficoltà è quella di far diventare il giudizio sinonimo di pregiudizio.

Il giudizio è quell’operazione mentale cognitiva che unisce dei soggetti, reali o astratti, a un predicato significativo dal punto di vista conoscitivo. Il pregiudizio invece, che funziona come il giudizio, basandosi però su una conoscenza incompleta o su un’analisi parziale degli argomenti trattati in esame.

Pensiamo a quando scegliamo un vestito: diamo un giudizio in merito al colore, alla taglia, alla sua vestibilità, al prezzo e ai tessuti, e sono questi processi a decidere se acquistare o meno l’articolo. Il pregiudizio invece interviene quando basiamo la scelta su un singolo dettaglio: per esempio decidiamo di non comprare quell’abito solo perché venduto in un negozio che, per pregiudizio, a noi non piace.

Spostiamo ora l’attenzione non più su oggetti ma sui rapporti sociali: il discorso essenzialmente non cambia ma quello che muta è il numero di variabili da considerare. Possiamo giudicare una persona in base al suo aspetto, al suo abbigliamento, in base alle persone che frequenta, al luogo da cui proviene, da come parla e da quello che dice: tutte queste variabili servono per farci un’idea di quell’individuo creando in noi delle aspettative

sul suo comportamento. Con i pregiudizi invece ci facciamo l'idea di una persona senza analizzarla fino in fondo. Badiamo bene: non c'è assolutamente niente di morale in questa valutazione, è un processo cognitivo naturale e soprattutto utile.

Ma a cosa servono i giudizi e i pregiudizi?

I giudizi ci permettono di muoverci nel mondo che ci circonda: non possiamo pensare che le nostre scelte derivino da un non giudizio del mondo esterno. Alcune persone possono piacerci, altre meno, altre le consideriamo pericolose e proprio da evitare: questo accade perché non c'è niente di male nel giudicare, anche quando giudichiamo in maniera negativa. È una funzionalità adattiva della nostra mente che ci permette di sopravvivere all'ambiente esterno. Se non avessimo dei giudizi non avremmo un pensiero. Anche i pregiudizi non sono da demonizzare: essi sono il risultato di associazioni statistiche tra delle premesse e una conseguenza. Quindi se in un individuo troviamo delle sue particolarità che noi associamo a una conseguenza particolare, potremmo magari non perder tempo a giudicarla e affidarci solo al nostro pregiudizio.

Ma questo comporta ovviamente anche sbagliare e avere consapevolezza che non siamo robot, ma uomini e in quanto tali possiamo commettere degli errori di valutazione. Solo gli stolti si fidano ciecamente dei loro giudizi e non hanno il bisogno di dubitarne.

Ogni qual volta siamo portati a dare dei giudizi, dovremmo farlo con la consapevolezza che potrebbero essere sbagliati. Rischio che aumenta notevolmente con i pregiudizi: se da una parte è permesso non voler approfondire la conoscenza con qualcosa o qualcuno, che magari a prima vista non ci piace, dall'altro dovremmo farlo con la consapevolezza che stiamo rischiando di sbagliare. Questo perché il nostro pregiudizio, anche se ha sempre avuto conferme, non è la regola perfetta. E non dimentichiamo che se siamo convinti di qualcosa in maniera inconsapevole, cercheremo sempre di confermare questa convinzione: questo processo porta a falsare il nostro giudizio.

Come passare all'azione: gli esercizi

“Incontrandolo per la prima volta, il mondo quantistico ci sembra incredibile, quando lo giudichiamo dal punto di vista pregiudiziale delle nostre esperienze di tutti i giorni: ciò che chiamiamo «buon senso». Ma il comportamento alieno degli oggetti quantistici è reale, senza alcun dubbio”.

Jim al-Khalîl

Quello che andremo a vedere ora è come passare davvero dalle parole ai fatti: quando ci troviamo in una situazione in cui desideriamo cambiare, non possiamo solo affidarci alle belle parole o ai desideri, dobbiamo intervenire in maniera concreta e fattibile. Quelli che propongo sono degli esercizi da fare pensando alla propria vita e alla propria situazione, ai propri ostacoli e alle difficoltà, e hanno lo scopo di aumentare le proprie capacità e i propri talenti. Servono per formulare un obiettivo che può portare qualsiasi individuo a essere più efficace e incisivi nella propria vita.

1. La direzione di marcia.

Il primo passo da compiere è capire dove vuoi andare: chiediti quale cambiamento, tra quelli che vuoi perseguire, è quello che vuoi soddisfare per primo. Chiunque inizi un percorso di cambiamento ha il bisogno di definire il proprio campo d'azione.

L'esercizio consiste in questo:

- Rispondere, con assoluta sincerità, alle prossime domande:
- Immagina un tuo salto di qualità nel lavoro che oggi stai svolgendo, in che direzione arriverai?
- C'è qualcosa, nel tuo lavoro di oggi, che vorresti che succedesse? Qualcosa che sino ad ora non è mai successa?

Prendi carta e penna, magari un quaderno o un diario, e segna le prime parole che ti vengono in mente. Queste parole dovrebbero descrivere il cambiamento che vuoi perseguire, quello che più desideri.

2. Gli obiettivi specifici

Il secondo step riguarda quello che si vuole ottenere, gli obiettivi da raggiungere. Cosa vogliamo davvero? Per farlo è fondamentale non risponde in maniera generica ma scendere nei particolari: un buon modo per farlo è chiedersi come ti vedrebbero gli altri una volta raggiunto il tuo obiettivo?

L'esercizio consiste in questo:

Rileggi le parole che hai scritto nell'esercizio numero 1 e riformula il tuo obiettivo facendo attenzione alle parole che usi. Per farlo esplicita quello che dovrà fare, i comportamenti da tenere, per dire che hai raggiunto il tuo obiettivo; evita le frasi negative e, se le hai scritte, riformula tutto usando solo espressioni con parole positive.

3. Gli obiettivi raggiungibili

Il prossimo passo riguarda gli obiettivi raggiungibili. Per riuscire bene nelle cose, l'obiettivo che ci poniamo deve essere sempre raggiungibile e deve essere sempre alla nostra portata. Ognuno di noi deve saper rispondere delle proprie azioni: il rischio da evitare è quello di porci obiettivi che dipendono dalle scelte di altre persone. Quindi una volta stabilito che l'obiettivo è di nostra portata, possiamo metterlo in pratica anche influenzando gli altri.

L'esercizio consiste in questo:

Verifica che l'obiettivo è auspicabile solo mediante la tua responsabilità e che, il suo raggiungimento, lo otterrai solo grazie al tuo impegno.

Per farlo rispondi a queste domande:

- In che misura il cambiamento che voglio fare dipende da me?
- Per attuare questo obiettivo, quanti cambiamenti devo aspettarmi da me stesso?

4. Gli obiettivi vantaggiosi

Il prossimo step riguarda gli obiettivi vantaggiosi: qualsiasi cambiamento che ci poniamo, potrà realizzarsi se associamo a quel cambiamento a dei benefici. È spesso difficile sostenere, per un tempo molto lungo, un percorso senza avere un vantaggio materiale o psicologico: creare obiettivi basati su impegno e buona volontà significa fermarsi prima di raggiungere l'obiettivo. Spesso il vantaggio non coincide con l'obiettivo, ma con un beneficio conseguente: è vero che l'obiettivo porta con sé dei vantaggi ma anche degli svantaggi. Solitamente spendiamo più energia e siamo più motivati se i vantaggi superano gli svantaggi: quindi dobbiamo valutare il proprio obiettivo considerando sempre vantaggi e svantaggi.

L'esercizio consiste in questo:

Fai un bilancio del tuo obiettivo valutando quali vantaggi e quali svantaggi sono ad esso associati e per farlo rispondi a queste domande:

- Quale beneficio otterrò se riuscirò ad attuare questo cambiamento?
- Perché vale la pena impegnarmi in questo obiettivo?
- Quali potrebbero essere gli svantaggi se raggiungo il mio scopo?

Fatto il bilancio tra vantaggi e svantaggi, posso ancora dire che è importante attivarmi per raggiungere il mio obiettivo?

5. Le prime azioni

L'ultimo passo da compiere è quello di chiederci come possiamo iniziare il cammino che ci porterà verso il proprio obiettivo.

L'esercizio consiste in questo:

Scrivi cinque cose che devi assolutamente fare per raggiungere il tuo obiettivo: dovranno essere azioni concrete e osservabili. Le azioni possono essere di ogni natura, possono coinvolgere altre persone, luoghi od oggetti. Una volta fatto l'elenco scegli quello che dovrai fare nella settimana entrante.

L'inizio della tua nuova vita

“Nessuno può tornare indietro e iniziare una nuova vita, ma ognuno di noi può iniziare una nuova vita oggi”.

Maria Robinson



Arrivati a questo punto dovresti avere tutti gli strumenti per iniziare a cambiare la tua vita e iniziare una nuova, ma ti sei mai chiesto perché hai bisogno di questo? Te lo dico io, ognuno di noi ha voglia di cambiare perché vogliamo dare una svolta alla nostra vita, abbiamo visto un amico, un film, letto un libro che ci ha ispirato, abbiamo ascoltato chi prima di noi è riuscito a cambiare, ci siamo resi conto che il passato ci ha fatto troppo male e che ora dobbiamo cambiare, hai riprovato magari in passato ma con scarsi risultati.

Se sei arrivato qui avrai sicuramente, almeno una volta, provato a cambiare qualcosa nella tua vita con scarsi risultati: smettere di fumare, perdere peso, aumentare la propria autostima. Purtroppo però il lunedì della dieta non è mai arrivato, quella sigaretta non è stata l'ultima e la tua timidezza è sempre dietro l'angolo.

Purtroppo però il cambiamento non è duraturo o meglio, abbiamo bisogno che l'apparenza a noi risulti sempre diversa per fare in modo che il cambiamento sia perenne nella nostra vita quotidiana. Purtroppo l'unico cambiamento che funziona è quello che non percepisci. Per fare in modo

che il cambiamento sia efficace e duraturo, sono poche le regole da mettere in pratica:

- Non fissare date per il cambiamento: non caricare giorni di aspettative, servono solo a creare tensione. Infatti il tempo che ti divide dalla data d'inizio è una terra di nessuno, in cui spesso tutto è permesso. In questo modo non farai che aumentare la differenza tra il piacere della vecchia abitudine e la sofferenza al cambiamento. Se vuoi davvero cambiare inizia oggi e non rimandare.
- Non stravolgere la tua vita: non serve cambiare tutto e subito, ma basta fare un passo alla volta. Solo così potrai costruire i tuoi cambiamenti e pian piano cambiare altri aspetti di te.
- Rendi il cambiamento piacevole: se vuoi sostituire una cattiva abitudine, che però per te è piacevole, devi farla diventare davvero spiacevole. Solo dopo aver capito che la vecchia abitudine è spiacevole, potrai iniziare a pensare a quella nuova: una piacevole abitudine da portare nella tua vita.

Come la legge dell'attrazione mi ha cambiato vita e i pensieri

“Quando enormi quantità di atomi si uniscono a formare gli oggetti macroscopici (aeroplani, ponti e robot), gli inquietanti e contro intuitivi fenomeni quantistici, con il loro carico di incertezza, sembrano cancellarsi a vicenda e riportare i fenomeni nell’alveo della precisa prevedibilità della fisica newtoniana”.

Leon Max Lederman



Nei precedenti capitoli abbiamo visto che la legge dell'attrazione è quel principio secondo il quale ogni essere umano ha il potere di attrarre nella sua vita ciò a cui dedica le sue energie mentali; detto in maniera ancor più semplice quello che ci accade non è altro che il risultato di quello a cui pensiamo durante le nostre giornate.

In molti la definiscono una teoria pseudoscientifica poiché basa il suo principio sul fatto che la realtà è fatta della stessa materia, cioè fatta dagli atomi. Noi facciamo parte di un tutto senza inizio e senza fine, considerato che in natura nulla si crea e nulla si distrugge ma tutto si modifica.

Questo concetto, caposaldo di tutta la filosofia antica, è stato ripreso nel corso dei secoli da religioni e scienze: pensiamo al buddhismo che non

crede alla morte ma la ritiene un cambiamento visto che la nascita e la morte non solo altro che parole.

Ripetiamo nuovamente: la legge dell'attrazione ci dice che tutti noi, poiché ci troviamo all'interno dell'eterno flusso di energia, abbiamo la possibilità di scegliere a che frequenza vibrare per poter attrarre a noi la materia che vibra alla stessa frequenza da noi emessa. Quindi vibrazioni positive attraggono cose positive, vibrazioni negative attrarranno solo cose negative.

Quindi se noi ci concentriamo su determinati pensieri, su certi desideri e particolari emozioni positive, riusciremo ad attrarre nella nostra vita cose, persone e situazioni che ci rendono felici. Al contrario, se ogni giorno ci demoralizziamo e ci lasciamo abbattere, siamo tristi e in balia della speranza, vibreremo a frequenze tali da portare nella nostra vita solo negatività e pessimismo.

Per alcuni la legge dell'attrazione non conosce limiti: ognuno può attirare a se tanta e grande ricchezza materiale, se è quello che davvero si desidera e si visualizza ogni giorno; allo stesso tempo credono di poter attirare una brutta malattia se ogni giorno si crede di esser malati.

Arrivati a questo punto alcuni avranno alzato gli occhi al cielo, altri avranno detto che sono un mucchio di fesserie, altri ancora avranno smesso di leggere. Per te che continui con la curiosità tipica dell'uomo ti racconto perché io credo nella legge dell'attrazione: la mia esperienza ti sia d'aiuto per far credere anche tu in questo innato potere che noi tutti abbiamo e possiamo sviluppare.

Sono sempre stata razionale, cinica e materialista: guardavo la vita come una questione di fortuna e sfortuna, se un evento capitava seguivo la sua strada, se non capitava voleva dire che non era mio destino.

Insomma ritenevo che solo gli sciocchi potessero cambiare le cose.

Questo pessimismo cosmico (Leopardi perdonerà la mia citazione), non ha fatto altro che far piombare nella mia vita tristezza e infelicità: ogni giorno mi alzavo di cattivo umore, ero spesso in situazioni deprimenti, mi addormentavo consapevole di aver sprecato un'altra giornata a non concludere nulla di buono. Insomma, tutto andava male e nulla girava per il

giusto verso: ero arrivato al punto di credere che la mia vita sarebbe stata sempre così, piatta, grigia, triste, una condanna all'infelicità suprema.

Poi un giorno mi son detto che non era possibile: non potevo continuare questo inferno, dovevo riuscire a cambiare le cose e per farlo avevo bisogno di rivoluzionare tutta la mia vita.

La prima cosa che ho fatto è stato comprare un biglietto aereo e partire: quel viaggio ha consacrato l'inizio del cambiamento anche se questo si era già concretizzato nel momento stesso in cui avevo deciso di cambiare vita, smettere di lamentarmi e cambiare totalmente il mio atteggiamento verso la vita. Volevo essere ottimista, speranzoso, più felice: così mi sono imposto di trovare, ogni giorno, un motivo per cui esser grato. È così è iniziato il mio percorso verso la felicità.

Personalmente credo fermamente nella legge dell'attrazione. Posso dire che ogni volta che ho iniziato a perdere le speranze tutto è andato sempre peggio; quando ho reagito e ho visualizzato i miei sogni e la mia faccia felice, tutto è andato meglio.

Appena sveglio e prima di dormire mi dico che posso farcela, che riuscirò a fare tutto ciò che voglio: cambiando atteggiamento nei confronti dell'Universo, ero riuscito a cambiare la mia vita.

E se ancora non credi alla legge dell'attrazione ti faccio una semplice domanda: conosci qualcuno che è riuscito a cambiare e migliorare la sua vita lamentandosi ogni giorno? No, lo dubito, perché l'atteggiamento che abbiamo ogni giorno è la principale causa di tutto quello che ci accade. Quello che pensiamo influisce concretamente su quello che ci succede se ogni giorno dedichiamo del tempo al nostro corpo e a ciò che ci fa star bene, attireremo felicità nella nostra vita. Una persona che prende la vita con il sorriso, ha sicuramente più possibilità di essere felice.

L'equazione di Dirac

“Sembra che un singolo elettrone, come per magia, attraversi le due fenditure contemporaneamente se nessuno lo osserva, mentre scelga un possibile cammino se qualcuno o qualcosa lo guarda! Ciò è possibile perché gli elettroni non sono né particelle né onde: sono un'altra cosa, del tutto inedita. Sono stati quantici”.

Leon Max Lederman

L'equazione di Dirac è l'equazione d'onda che descrive in modo relativisticamente invariante il moto dei fermioni.

Almeno una volta ne abbiamo sentito parlare: c'è stato un periodo che, su ogni social network, impazzava la fotografia di questa equazione:

$$(\partial + m) \psi = 0$$

I più “studiati” l'avranno subito riconosciuta come l'equazione di Dirac, chi invece non conosce la materia la definisce come l'equazione dell'amore. Ecco, proprio lei: la più romantica fra le equazioni di tutta la fisica, quella che ha contribuito ad aumentare la voglia tra fidanzati di tatuarsi l'equazione come segno d'amore eterno.

Ma cosa dice davvero questa equazione? Ci dice che se due sistemi interagiscono tra loro, per un certo periodo di tempo e poi vengono separati, non possiamo più descriverli come due sistemi distinti, ma in qualche modo sottile diventano un unico sistema. Quindi qualsiasi cosa accade a uno dei due sistemi continuerà a influenzare anche l'altro, anche se distanti nel tempo e nello spazio. Un vero e potente simbolo d'amore, non è vero? Purtroppo non è così.

Per capire perché l'equazione di Dirac non ha niente a che vedere con l'amore, facciamo un passo indietro e cerchiamo di cogliere il suo significato più profondo, la sua derivazione matematica e la sua storia e per

farlo dobbiamo considerare alcune scoperte della fisica del primo Novecento.

Nel 1905 Albert Einstein formula la teoria della relatività ristretta che descrive la cinematica e la dinamica di corpi massivi che si muovono a velocità prossime a quelle della luce. Einstein riuscì a dimostrare che, in relatività ristretta, l'invariante relativistico dinamico coinvolge energia cinetica e quantità di moto secondo la relazione. L'equazione afferma che, una volta fissate energia e quantità di moto di un oggetto, la massa è obbligata a rispettare la legge di cui sopra.

L'equazione di Klein-Gordon fu il primo tentativo di fondere la meccanica quantistica con la relatività ristretta. Partendo dalla relazione d'invarianza relativistica, si introducono la costante di Planck normalizzata e la funzione d'onda, che descrive lo stato quantico di una particella elementare. Il modulo altro non è che la funzione densità di probabilità, che ci dice qual è la probabilità che una particella si trovi in una determinata zona dello spazio-tempo. Riscrivendo l'energia e la quantità di moto secondo alcune complesse operazioni matematiche, si arrivò all'equazione di Klein-Gordon.

Tutte le soluzioni di quest'equazione però risultavano in probabilità negative: questo significa che, dal punto di vista matematico, non hanno alcun senso.

La vera svolta si ebbe nel 1928: il fisico Paul Dirac decise di superare i limiti dell'equazione di Klein-Gordon e scrisse una legge che rispettasse i principi matematici del calcolo delle probabilità. Riuscì a definire un'espressione lineare per l'energia e, dopo complesse manipolazioni matematiche, riuscì ad arrivare all'equazione che oggi conosciamo.

Ma qual è il vero significato dell'equazione di Dirac?

L'equazione di Dirac, nel mondo della fisica, dove effettivamente tale equazione vive, descrive in modo relativisticamente invariante il moto dei fermioni. Quest'ultimi sono le particelle dotate di spin semintero, come elettroni, protoni e quark.

L'equazione di Dirac risolve sì il problema delle probabilità negative, ma continua ad ammettere soluzioni a energia negativa. Lo stesso Dirac non è

riuscito a trovare una spiegazione fisica del perché ciò accadesse, e ipotizzò l'esistenza di un mare di lacune a energia negativa che si formano per lo spostamento dei fermioni in uno stato eccitato. Questa spiegazione fu però contrastata dalla comunità scientifica che spiegò il paradosso dell'energia negativa con la scoperta del positrone.

Quindi, come si può dedurre, l'equazione di Dirac ha poco da spartire con l'amore: essa infatti ha una derivata tagliata, moltiplicata per l'unità immaginaria e la massa con segno meno; inoltre l'equazione descrive il moto di una particella libera, che non interagisce con i campi magnetici o gravitazionali e non interagisce neanche con altre particelle. Che significa tutto questo? Che l'equazione di Dirac non parla di particelle che si amano per sempre, ma di particelle solitarie e isolate.

Quindi per tutti coloro che credono nell'equazione di Dirac come patto di fedeltà, sappiate che avete appena detto al vostro innamorato di voler proseguire il vostro cammino in solitudine.

Glossario della fisica

“Qualsiasi teoria fisica è sempre provvisoria, nel senso che è solo un'ipotesi: una teoria fisica non può cioè mai venire provata. Per quante volte i risultati di esperimenti siano stati in accordo con una teoria, non si può mai essere sicuri di non ottenere la prossima volta un risultato che la contraddica”.

Stephen Hawking

Il mondo della fisica è fatto di formule, numeri, simboli ma anche tante parole. Parole che spesso assumono significati diversi a seconda dell'uso e del contesto e che potrebbero portare fuori strada i neofiti della materia.

Ecco perché ho raccolto un glossario basico delle parole più frequenti usate nella fisica: con lui a portata di mano, niente avrà più segreti.

Aberrazione cromatica: fenomeno per cui, nell'attraversare una lente, i diversi colori che compongono la luce bianca possono dare luogo a un'immagine circondata da un alone colorato a causa della rifrazione.

Acceleratore: la macchina che serve ad accelerare particelle ad alta velocità, e quindi ad alta energia, rispetto alla loro energia in stato di riposo.

Accelerazione normale: è il vettore che in un moto curvilineo, quantifica la variazione nel tempo della direzione del vettore velocità, mantenendo direzione sempre perpendicolare alla traiettoria del moto. Nel moto circolare tale accelerazione viene detta centripeta, poiché la sua direzione punta sempre verso il centro della traiettoria, che è una circonferenza.

Accelerazione: è la grandezza vettoriale che, in un dato sistema di riferimento, esprime la variazione nel tempo della velocità di un punto P; nel Sistema Internazionale viene misurata in metri al secondo quadrato (m/s²).

Adrone: la particella composta da costituenti legati dall'interazione forte (quark e gluoni). Adroni sono i mesoni e i barioni. Queste particelle sono soggette alla interazione forte residua.

Ampere: è l'unità di misura del Sistema Internazionale per l'intensità della corrente elettrica, indicato con A, pari all'intensità di una corrente che trasporta, attraverso la sezione del conduttore, la carica di 1 coulomb in 1 secondo: $1 \text{ A} = 1 \text{ C}/1 \text{ s}$.

Aampiezza dell'onda: è la variazione massima della grandezza oscillante.

Annichilazione: Processo in cui una particella incontra la corrispondente antiparticella ed entrambe scompaiono. L'energia appare in qualche altra forma: un'altra diversa coppia particella/antiparticella, un certo numero di mesoni, o un solo bosone neutro (e le rispettive energie). Le particelle prodotte devono solo rispettare la conservazione dell'energia, della quantità di moto e di tutti i tipi di carica.

Anodo: è l'elettrodo o polo positivo di una cella elettrolitica, verso cui migrano gli ioni negativi.

Antimateria: è la materia composta da antifermioni. Noi definiamo i fermioni comuni nel nostro universo "materia", e le loro antiparticelle "antimateria". A livello teorico non c'è alcuna distinzione a priori tra materia e antimateria. L'asimmetria esistente nell'universo tra queste due classi di particelle costituisce un problema complesso per cui non abbiamo ancora una soluzione certa.

Antiparticella: è la particella elementare di massa uguale alla sua corrispondente particella, ma con altre caratteristiche (tra cui la carica elettrica) opposte.

Antiquark: L'antiparticella di un quark.

Astrofisica: La fisica che studia oggetti astronomici, come le stelle e le galassie.

Atomo: è la più piccola frazione di un elemento chimico (una sostanza non decomponibile per mezzo di reazioni chimiche in altre sostanze più semplici) in grado di conservarne le caratteristiche fisico-chimiche. L'atomo è composto da un nucleo centrale, dove è concentrata la quasi totalità della

sua massa, e da un numero variabile di elettroni, carichi negativamente. Il nucleo è a sua volta composto da due tipi di particelle, i protoni, carichi positivamente, e i neutroni, elettricamente neutri. In un atomo elettricamente neutro il numero di elettroni eguaglia il numero dei protoni, caratteristico di ogni elemento chimico e detto numero atomico (simbolo Z). La somma del numero dei protoni e del numero dei neutroni è detta numero di massa (simbolo A). Due nuclei del medesimo elemento chimico con uguale numero di protoni ma diverso numero di neutroni si dicono isotopi.

Attriti: le forze che si oppongono al moto relativo di due corpi a contatto e rappresentano l'opposizione che si deve vincere sia per dare inizio al movimento (attriti statici), sia per mantenerlo (attriti dinamici); questi ultimi si differenziano, inoltre, a seconda che i corpi stiano strisciando (attrito radente) o rotolando (attrito volvente) l'uno sull'altro.

Barione: è l'adrone composto da tre quark. Sono barioni il protone (uud) e il neutrone (udd). Possono anche contenere un'addizionale coppia quark/antiquark.

Bersaglio fisso: negli esperimenti con bersaglio fisso il fascio di particelle di un acceleratore viene diretto contro un bersaglio che non si muove (o quasi). Il bersaglio può essere un solido, un contenitore di liquido o di gas, un getto di gas.

Big Bang: la teoria del Big Bang postula un universo in espansione a partire da un punto infinitamente denso e caldo. L'istante iniziale è chiamato la "grande esplosione", il "Big Bang".

Bosone W^\pm : il mediatore di forza delle interazioni deboli. Partecipa a tutti i processi deboli in cui la carica elettrica cambia.

Bosone Z : il mediatore di forza delle interazioni deboli. Partecipa a tutti i processi deboli in cui il sapore non cambia.

Bosone: è la particella che ha un momento angolare intrinseco (spin) intero, misurato in unità h-tagliato (spin =0, 1, 2 ...). E particelle si dividono in bosoni e fermioni. Sono bosoni le particelle associate alle interazioni (o forze) fondamentali. Sono bosoni anche le particelle composte da un numero pari di fermioni (quark).

Bottom, quark (b): il quinto sapore di quark (in ordine di massa crescente), dotato di carica elettrica -1/3.

Calore: la particolare forma di energia la cui attitudine è quella di passare da un corpo a un altro di differente temperatura. Nel Sistema Internazionale il calore si misura in joule (simbolo J), sebbene sia ancora in uso l'unità di misura della caloria, dove 1 cal = 4,1855 J, che rappresenta la quantità di calore necessaria per portare 1 g di acqua dalla temperatura di 14,5 °C alla temperatura di 15,5 °C.

Campo elettrico: il campo di forze generato da una carica elettrica o da una distribuzione di cariche elettriche. La direzione del campo elettrico è rappresentata graficamente dalle sue linee di forza.

Campo gravitazionale: la regione di spazio che risente l'influenza di una massa.

Campo magnetico: il campo di forze generato da magneti o da cariche elettriche in movimento.

Capacità elettrica: il rapporto costante tra la carica e la corrispondente differenza di potenziale di un condensatore. La capacità si misura in farad.

Carica elettrica: Il numero quantico che determina la partecipazione a interazioni elettromagnetiche.

Carica: Numero quantico di una particella. Determina se la particella può partecipare a un dato processo di interazione. Una particella con carica elettrica ha interazioni elettriche, una particella con carica forte ha interazioni forti, etc.

CERN: Il principale laboratorio europeo internazionale, dotato di vari acceleratori, situato presso Ginevra, in Svizzera.

Charm, quark (c): Il quarto sapore di quark (in ordine di massa crescente), dotato di carica elettrica +2/3.

Conduzione: il processo di trasferimento di calore (tipico dei corpi solidi) tra due corpi a contatto, o tra due parti di un medesimo corpo, basato sul trasferimento di energia cinetica dalle particelle del corpo a temperatura maggiore a quelle del corpo a temperatura minore.

Corpo luminoso: la sorgente di luce. Un corpo illuminato, invece, è visibile grazie al fatto che riflette la luce emessa da un corpo luminoso e la diffonde in tutte le direzioni.

Corpo nero: si dice di un corpo ideale che assorbe tutte le radiazioni che lo colpiscono. Lo studio della curva che descrive l'intensità di energia della radiazione del corpo nero venne spiegata ipotizzando che questa venisse assorbita ed emessa sempre in quantità discrete di energia, i quanti.

Corpo rigido: un caso particolare di corpo esteso, di dimensioni non trascurabili rispetto al suo moto, indeformabile dall'azione delle forze applicate, nel quale cioè la distanza tra due punti qualsiasi rimane costante.

Coulomb: l'unità di misura della carica elettrica: 1 coulomb è definito come la carica che transita in 1 secondo in un circuito percorso da una corrente di 1 ampere.

Diffrazione: il fenomeno caratteristico delle onde, che si verifica quando queste incontrano un ostacolo (o un'apertura) di dimensioni paragonabili a quelle della loro lunghezza d'onda: in questi casi le onde superano l'ostacolo o l'apertura, occupando anche le zone in ombra. Se la grandezza dell'ostacolo è uguale alla lunghezza d'onda dell'onda incidente, l'ostacolo si comporta come la sorgente di onde circolari.

Down, quark (d): Il secondo sapore di quark (in ordine di massa crescente), dotato di carica elettrica $-1/3$.

Dualismo onda-particella: l'ipotesi secondo cui le onde elettromagnetiche hanno proprietà corpuscolari e le particelle hanno proprietà ondulatorie. Seguendo tale analogia viene definita la lunghezza d'onda di de Broglie di una particella come $= h/mv$, dove h è la costante di Plank e mv è il momento della quantità di moto della particella.

Effetto Doppler: il fenomeno per cui la frequenza delle onde emesse da una sorgente varia in modo percepibile da un osservatore, quando sorgente e osservatore sono in moto l'uno rispetto all'altro.

Effetto photoelettrico: l'emissione di elettroni da parte di una sostanza colpita da radiazione luminosa, interpretato attraverso la visione corpuscolare della luce secondo cui l'energia viene scambiata sotto forma di fotoni (o quanti di

luce), in modo che la quantità di elettroni emessi risulti proporzionale alla quantità di fotoni assorbiti.

Elettrodo: l'elemento conduttore di collegamento tra un circuito elettrico e un mezzo entro cui deve circolare la corrente.

Elettrolisi: il complesso dei fenomeni provocati dal passaggio di corrente elettrica in una soluzione di elettrolita.

Elettrone: la particella atomica con carica elettrica negativa; la carica elettrica dell'elettrone vale $e = 1,6021 \cdot 10^{-19}$ C ed è detta carica elettrica elementare perché tutte le altre cariche ne sono multiple.

Elettrostatica: lo studio dei fenomeni connessi alle cariche elettriche in quiete e delle forze che si esercitano tra loro.

Equazione di Schrödinger: l'equazione che descrive la posizione e il moto degli elettroni attorno al nucleo attraverso una funzione d'onda, che caratterizza l'elettrone, che rappresenta la probabilità di trovare l'elettrone in una data posizione.

Equazioni di Maxwell: le equazioni che descrivono il campo elettromagnetico, ovvero il campo generato dalla mutua interazione tra campi elettrici e magnetici variabili. Le equazioni di Maxwell prevedono l'esistenza di onde elettromagnetiche che viaggiano nel vuoto alla velocità della luce.

Evento: ciò che avviene quando due particelle collidono o una singola particella decade. A livello teorico si prevedono le probabilità di occorrenza di vari possibili eventi quando molte collisioni o decadimenti simili vengono studiati. Non è possibile prevedere il risultato di un singolo evento.

Famiglia di particelle: ciascuna delle tre grandi famiglie nelle quali vengono divise le particelle elementari: i vettori dell'interazione, i leptoni (che comprendono elettroni e neutrini) e gli adroni, divisi in barioni (che comprendono protoni e neutroni) e mesoni.

Fascio: il getto di particelle prodotto da un acceleratore; solitamente le particelle di un fascio si muovono raggruppate in "pacchetti", cioè formano un getto non continuo, ma intermittente.

Fermione: la particella che ha un momento angolare intrinseco (spin) multiplo dispari di $1/2$ ($1/2, 3/2 \dots$), misurato in unità h-tagliato. Come conseguenza di questo peculiare spin, i fermioni sottostanno a una legge, chiamata "principio di esclusione di Pauli", che stabilisce che due fermioni non possono esistere nello stesso stato nello stesso momento. Molte delle proprietà della materia ordinaria derivano da questa legge. Sono fermioni gli elettroni, i protoni e i neutroni, come lo sono tutte le particelle materiali fondamentali, i quark e i leptoni.

Fissione nucleare: la divisione di un nucleo atomico di un elemento pesante in più frammenti, costituiti da nuclei di elementi più leggeri. Il processo di fissione è accompagnato dall'emissione di neutroni e dalla liberazione di grandi quantità di energia. I protoni prodotti nel processo possono indurre una reazione a catena.

Fonti di energia: le sostanze o processi che si possono utilizzare per ottenere energia. Sono fonti di energia primarie quelle che sfruttano direttamente le proprietà della sostanza o del processo (energia solare, energia eolica, energia geotermica ecc.), mentre sono fonti di energia secondarie quelle derivate dalle primarie.

Fusione nucleare: la reazione nella quale due nuclei di un elemento leggero si uniscono per formare il nucleo di un elemento più pesante, con liberazione di energia.

Generazione: una serie di quark e leptoni, un tipo per ogni carica, raggruppati in base alla massa. La prima generazione comprende i quark up e down, l'elettrone e il neutrino-elettrone.

Gluone (g): il mediatore di forza delle interazioni forti.

Gravitone: il mediatore di forza delle interazioni gravitazionali; non è stato ancora osservato direttamente.

INFN: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, l'ente che in Italia coordina ed effettua ricerche sulla fisica delle particelle.

Interazione debole: l'interazione responsabile di tutti i processi in cui cambia il sapore. Perciò da essa dipende l'instabilità dei quark e leptoni

pesanti, e delle particelle che li contengono. Sono state osservate anche interazioni deboli in cui non cambia il sapore (o la carica).

Interazione elettrodebole: nel Modello Standard, le interazioni debole ed elettromagnetica sono collegate (unificate) in un'unica interazione, che prende il nome di "elettrodebole".

Interazione elettromagnetica: l'interazione dovuta alla carica elettrica; comprende le interazioni magnetiche.

Interazione fondamentale: nel Modello Standard le interazioni fondamentali sono le interazioni forte, elettromagnetica, debole e gravitazionale. La teoria prevede almeno un'ulteriore interazione fondamentale che sia responsabile delle masse delle particelle fondamentali. Cinque soli tipi di interazioni sono sufficienti e necessari per spiegare tutti i fenomeni fisici osservati.

Interazione nucleare forte: il tipo di interazione fondamentale responsabile della coesione dei nucleoni nel nucleo, caratterizzata da una forte intensità e da un corto raggio d'azione, limitato alle dimensioni del nucleo.

Interazione: il processo in cui una particella decade o reagisce a una forza dovuta alla presenza di un'altra particella (come nelle collisioni). Può indicare anche la proprietà soggiacente a livello teorico che causa simili effetti.

Isotopi: i nuclei con uguale numero di protoni e diverso numero di neutroni. Il rapporto tra i due nucleoni determina la stabilità di un nucleo. I nuclei naturalmente instabili tendono a raggiungere uno stato stabile emettendo una particella.

Legge della gravitazione universale: definisce la forza di attrazione che si esercita tra due corpi e dice che i due corpi si attraggono con una forza direttamente proporzionale al prodotto delle rispettive masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. La costante di proporzionalità è detta costante di gravitazione universale.

Leptone: il fermione fondamentale non soggetto a interazioni forti. I leptoni elettricamente carichi sono l'elettrone (e), il muone (μ), il tau (τ), e le loro antiparticelle. I leptoni elettricamente neutri sono i neutrini (ν).

Massa: nella sua più completa accezione di massa inerziale, rappresenta la proprietà intrinseca di ciascun corpo a opporsi a variazioni del proprio stato di quiete o di moto, secondo quanto espresso dal principio d'inerzia. Semplificando, la massa può essere considerata come la misura della "quantità di materia" contenuta in un corpo.

Materia oscura: la materia che esiste nello spazio ma non è visibile a noi perché non emette alcuna radiazione che la renda osservabile. Il movimento delle stelle attorno ai centri delle galassie cui appartengono presuppone che circa il 90% della materia di una galassia sia oscura. Sembra certo che ci sia materia oscura anche tra le galassie.

Meccanica quantistica: quella parte della fisica che studia i sistemi atomici e subatomici (molecole, atomi, nuclei, particelle ecc.), le cui dimensioni sono dell'ordine di 10^{-10} m o inferiori e per i quali non valgono le leggi della meccanica classica. La meccanica quantistica si basa sul concetto di quanto, per cui le grandezze che caratterizzano tali sistemi possono assumere solo valori multipli interi di un valore fondamentale. In particolare, l'energia elettromagnetica scambiata in un sistema quantistico è pari alla costante di Plank h ($h = 6,6256 \cdot 10^{-34}$ Js) moltiplicata per la frequenza della radiazione $E = hn$. Il quanto di energia elettromagnetica è detto anche fotone.

Mesone: l'adrone composto da un numero pari di quark. La struttura basilare della maggior parte dei mesoni è di un quark e un antiquark.

Muone (μ): il secondo sapore dei leptoni carichi (in ordine di massa crescente), dotato di carica elettrica -1.

Neutrino (ν): il leptone privo di carica elettrica. I neutrini sono coinvolti solo in interazioni deboli e gravitazionali, e perciò sono molto difficili da osservare. Ci sono tre tipi noti di neutrini, tutti con massa molto piccola, o forse nulla.

Neutro: che ha una carica netta uguale a zero. Se non è specificato ulteriormente, si intende riferito alla carica elettrica.

Neutrone (n): barione con carica elettrica uguale a 0; è un fermione che ha come struttura base due quark down e un quark up, tenuti insieme da gluoni. La componente neutra di un nucleo atomico è data dai neutroni. Si

distinguono diversi isotopi di uno stesso elemento in base a diversi numeri di neutroni contenuti nel nucleo.

Nucleo: l'insieme di neutroni e protoni che forma il centro di un atomo.

Nucleone: il termine con il quale vengono designati i due componenti del nucleo atomico, il protone, di carica positiva, e il neutrone, elettricamente neutro. Il numero di protoni in un nucleo è dato dal numero atomico Z , il numero di neutroni dal numero N e il numero di massa $A = Z + N$ indica il numero totale dei nucleoni.

Particella fondamentale: la particella elementare, priva di struttura interna. Nel Modello Standard sono particelle fondamentali i quark, i leptoni, i gluoni, i bosoni W^+ , W^- e Z . Tutti gli altri oggetti sono composti da questi.

Particelle elementari: i costituenti della materia, alcuni dei quali fondamentali (non ulteriormente divisibili) e altri composti a loro volta da particelle.

Pione (π): il tipo meno massivo di mesone. I pioni possono avere cariche elettriche $+1$, -1 , o 0 .

Principio di indeterminazione: principio fondamentale della meccanica quantistica secondo cui è impossibile determinare contemporaneamente con esattezza la posizione x e la quantità di moto $p = mv$ di una particella elementare. Il prodotto delle incertezze delle due misure deve soddisfare la relazione $\Delta x \Delta p \geq h/2p$.

Protone (p): l'adrone più comune, un barione con carica elettrica $+1$, uguale e opposta a quella dell'elettrone. I protoni hanno come struttura base due quark up e un quark down, tenuti insieme da gluoni. Il nucleo dell'atomo dell'idrogeno è un protone. Un nucleo che ha carica elettrica di valore Z contiene un numero Z di protoni, ovvero è il numero di protoni che distingue i diversi elementi chimici.

Quanto: la più piccola quantità discreta di una qualsiasi grandezza.

Quark (q): il fermione fondamentale, che è soggetto a interazioni forti. I quark possono avere carica elettrica di $+2/3$ (up, charm, top) o di $-1/3$ (down, strange, bottom) --l'unità di misura è la carica del protone ($+1$).

Relatività generale: l'estensione della relatività ristretta ai sistemi di riferimento non inerziali, cioè dotati di moto non uniforme.

Sapore: il nome che designa i diversi tipi di quark (up, down, strange, charm, bottom, top) e i diversi tipi di leptoni (elettrone, muone, tau; per ciascun sapore di leptone carico c'è un corrispondente sapore di neutrino). In altre parole, il sapore è il numero quantico che distingue i diversi tipi di quark e leptoni. Ogni sapore di quark e leptone carico è di massa diversa dagli altri -- riguardo ai neutrini, non sappiamo ancora se hanno massa, e quale.

Sincrotrone: il tipo di acceleratore circolare in cui le particelle si muovono raggruppate in "pacchetti" sincronizzati.

SLAC: Centro dell'Acceleratore Lineare di Stanford, in California (U.S.A.).

Spin: il momento angolare intrinseco, misurato in unità h-tagliato, dove h-tagliato= $h/2 = 6,58 \times 10^{-34}$ Js.

Strange, quark (s): il terzo sapore di quark (in ordine di massa crescente), con carica elettrica di -1/3.

Tavola periodica: lo schema periodico di classificazione degli elementi chimici legato al numero di elettroni presenti in un determinato tipo di orbitale atomico.

Top, quark (t): il sesto sapore di quark (in ordine di massa crescente), con carica elettrica +2/3. La sua massa è molto maggiore di quella di ogni altro quark o leptone.

Up, quark (u): il sapore di quark meno massivo, con carica elettrica di +2/3.

Velocità: la grandezza vettoriale che rappresenta il rapporto tra la variazione della posizione di un punto, all'interno di un preciso sistema di riferimento, e l'intervallo di tempo in cui tale variazione è avvenuta. Nel Sistema Internazionale, la sua intensità viene misurata in metri al secondo (m/s).

Volt: l'unità di misura del potenziale elettrico, pari alla differenza di potenziale che esiste tra due punti di un conduttore se il campo elettrico compie un lavoro di 1 J per spostare una carica di 1 C da un punto a un altro.

Watt: l'unità di misura nel Sistema Internazionale della potenza elettrica, indicata con W, pari alla potenza corrispondente al lavoro di 1 joule in 1 secondo: $1\text{ W} = 1\text{ J/1 s.}$

Bibliografia

Carlo Rovelli, *La realtà non è come ci appare. La struttura elementare delle cose*, Cortina Raffaello, 2014.

Leonard Susskind, Art Friedman, *Meccanica quantistica. Il minimo indispensabile per fare della (buona) fisica*, Cortina Raffaello, 2015.

Jun J. Sakurai, Jim Napolitano, *Meccanica quantistica moderna*, Zanichelli, 2014.

Mauro Dardo, *L'avventura dei quanti*, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012.

Thuan Trinh Xuan, *La pienezza del vuoto. Dallo zero alla meccanica quantistica, tra scienza e spiritualità*, Ponte alle Grazie, 2017.

Leon M. Lederman, Christopher T. Hill, *Fisica quantistica per poeti*, Bollati Boringhieri, 2013.

Luca Montemagno, *Il mio gatto odia Schrodinger: Capire la fisica quantistica e l'universo, meglio di un arguto felino*, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2012

George Gamow, *Trent'anni che sconvolsero la fisica. La storia della teoria dei quanti*, Zanichelli, 1966.

Kenneth W. Ford, *Il mondo dei quanti. La fisica quantistica per tutti*, Bollati Boringhieri, 2014.

Niels Bohr, *I quanti e la vita*, Bollati Boringhieri, 2012.

Stephen Hawking, *La teoria del tutto. Origine e destino dell'universo*, BUR Biblioteca Univ. Rizzoli, 2015.

Brian Greene, *L'universo elegante*, Einaudi, 2015.

Priyamvada Natarajan, *L'esplorazione dell'universo. La rivoluzione che sta svelando il cosmo*, Bollati Boringhieri, 2017.

AA.VV. *Atlante illustrato dell'universo. Ediz. Illustrata*, Touring, 2017.

Stephen Hawking, Lucy Hawking, *La chiave segreta per l'universo*, Mondadori, 2009.

Christophe Galfard, *L'universo a portata di mano. In viaggio attraverso la fisica dello spazio e del tempo*, Bollati Boringhieri, 2016.

Brian Greene, *La realtà nascosta. Universi paralleli e leggi profonde del cosmo*, Einaudi, 2012.

Daniele Gasparri, *I Colori Dell'universo*, Createspace Independent Pub, 2013.

Andrea Cimatti, *L'universo oscuro. Viaggio astronomico tre i misteri del cosmo*, Carocci, 2017.

AA.VV. *La grande enciclopedia dell'universo. L'universo come non l'hai mai visto prima*, Gribaudo, 2016.

Luigi Anolli, Paolo Legrenzi, *Psicologia generale*, Il Mulino, 2012.

Carl Gustav Jung, *Psicologia dell'inconscio. Ediz. Integrale*, Bollati Boringhieri, 2012.

AA.VV. *Psicologia della personalità e delle differenze individuali*, Il Mulino, 2014.

AA.VV. *Il libro della psicologia. Grandi idee spiegate in modo semplice*, Gribaudo, 2016.

Gustave Le Bon, *Psicologia delle folle*, TEA, 2004.

P. Legrenzi, *Storia della psicologia*, Il Mulino, 2012.

Robert S. Feldman, Guido Amoretti, Maria Rita Ciceri, *Psicologia generale + connect (bundle). Con Contenuto digitale per download e accesso on line*, McGraw-Hill Education, 2017.

Riccardo Luccio, *Storia della psicologia. Un'introduzione*, Laterza, 2013.

Anna E. Berti, Anna S. Bombi, *Corso di psicologia dello sviluppo. Dalla nascita all'adolescenza*, Il Mulino, 2013.

Feynman, R. P., *QED: La strana teoria della luce e della materia*, Adelphi, 2009.

Claude Cohen-Tannoudji, Jacques Dupont-Roc, Gilbert Grynberg, *Photons and Atoms: Introduction to Quantum Electrodynamics*, Perseus Publishing, 1998.

Simone Piccardi *Introduzione alla Meccanica Quantistica Relativistica*, Zanichelli, 2010.

Luciano Maiani Omar Benhar *Meccanica Quantistica Relativistica*, Il filo d'oro, 2012.

Lorenzo Monacelli *Meccanica quantistica relativistica*, Mondadori, 2015.

D. Bohm, *A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables*, 1952.

G. Bacciagaluppi e A. Valentini, *Quantum Theory at the Crossroads: Reconsidering the 1927 Solvay Conference*, Cambridge University Press, 2009.

J. S. Bell, *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics*, Cambridge University Press, 1987.

R. P. Feynman, R. B. Leighton e M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics, vol. II e III*, Zanichelli, 2007.

C. Philippidis, D. Bohm, e R. D. Kaye, The Aharonov-Bohm Effect and the Quantum Potential, Il Nuovo Cimento, 1982.

M. Schrödinger, *On the Hydrodynamical Model of the Quantum Mechanics*, Nuovo Cimento, 1954.

L.E. Ballentine, *Quantum Mechanics A Modern development*, World Scientific Publishing Co., 1998.

R.P. Feynman e A.R. Hibbs, *Quantum Mechanics and Path Integrals (Emended edition by D.F. Styer)*, Dover Pubblications Inc., 2010.

K. Konishi e G. Paffuti, *Meccanica quantistica: nuova introduzione*, Edizioni Plus-Pisa University Press, 2005.

G. Ghirardi, *Un'occhiata alle carte di Dio*, il Saggiatore, Milano, 2009.

R. Penrose, *La strada che porta alla realtà*, BUR Rizzoli, 2005.

D. Ruelle, *Caso e caos*, Bollati Boringhieri, 2003.