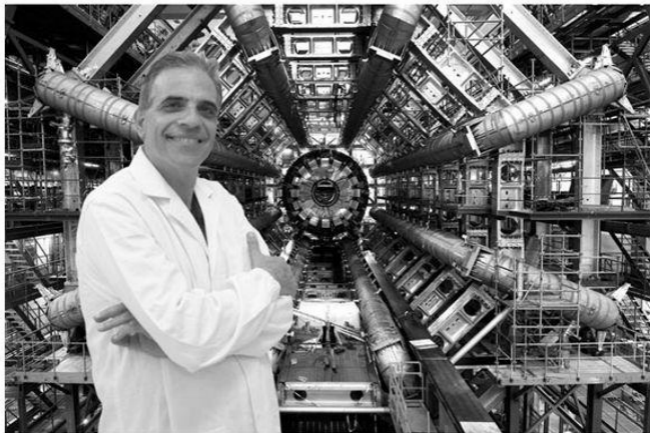


Nicola Limardo

TECNOLOGIA QUANTISTICA

*APPLICATA ALLA PARTICELLA DI DIO
con una nuova teorizzazione della "Legge del Tutto"*



Anima Edizioni

COLLANA

SCIENZA PER L'ANIMA

Nicola Limardo

TECNOLOGIA
QUANTISTICA

*APPLICATA ALLA
PARTICELLA DI DIO*

*con una nuova teorizzazione
della “Legge del Tutto”*

Anima Edizioni

© Anima Edizioni. Milano, 2014

© Nicola Limardo, 2014

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), sono riservati per tutti i paesi. Per i diritti di utilizzo contattare l'editore.

Progetto editoriale: Jonathan Falcone

Direzione: Timoteo Falcone

Redazione: Sabrina Lescio

Editing: Camilla Ripani

ANIMA s.r.l.

Gall. Unione, 1 – 20122 Milano

Tel. 02 72080619 fax 02 80581864
e-mail: info@animaedizioni.it
www.animaedizioni.it

I edizione Anima dicembre 2014

Tipografia Italgrafica
Via Verbano, 146
28100 Novara

ISBN: 9788863652826

*Ai miei Cari e alla mia Fonte
di Ispirazione*

INDICE

Ringraziamenti

Introduzione

Premessa

Consigli per il lettore

PARTE PRIMA - SVILUPPO DELLA FISICA QUANTISTICA

Capitolo 1 - Scienza, Spiritualità e altre
premesse

1.1 Quantità immanenti e
Trascendenza

1.2 Scoperte e invenzioni

1.3 Approccio scientifico

1.4 Spazio, tempo, luce, energia e massa

1.5 L'Universo Quantistico

Capitolo 2 - L'evoluzione scientifica da Galilei a Higgs

2.1 Premessa al Capitolo

2.2 Galileo Galilei

2.2.1 Vita di Galileo Galilei

2.2.2 Galileo Galilei e la Scienza

2.3 James Clerk Maxwell

2.3.1 Vita di James Clerk Maxwell

2.3.2 James Clerk Maxwell e la Scienza

2.4 Albert Einstein

- 2.4.1 Vita di Albert Einstein
- 2.4.2 Albert Einstein e la
Scienza
- 2.5 Max Karl Ernst Planck
 - 2.5.1 Vita di Max Planck
- 2.6 Niels Bohr
 - 2.6.1 Vita di Niels Bohr
 - 2.6.2 Niels Bohr e la Scienza
- 2.7 Louis de Broglie
 - 2.7.1 La vita e la ricerca di
Louis de Broglie
 - 2.7.2 Le onde e la risonanza
(onde pilota)
- 2.8 Erwin Schrödinger
 - 2.8.1 Vita di Erwin
Schrödinger
 - 2.8.2 Erwin Schrödinger e la
Scienza

2.9 Werner Karl Heisenberg

2.9.1 La vita e la ricerca di Heisenberg

2.9.2 Heisenberg e Schrödinger

2.10 Wolfgang Pauli

2.10.1 Vita di Wolfgang Pauli

2.10.2 Wolfgang Pauli e la Scienza

2.10.3 Applicazione del Principio di Esclusione di Pauli: Goudsmit e Uhlenbeck

2.10.4 Conclusione

2.11 John Bell e David Bohm

2.11.1 John Bell

2.11.2 Il Teorema di Bell

2.11.3 David Bohm

2.11.4 John Bell e David Bohm

2.12 Burkhard Heim

2.12.1 La vita e la ricerca di Burkhard Heim

2.12.2 Considerazioni dell'Autore

2.13 Peter Higgs

2.13.1 La vita e la ricerca di Peter Higgs

2.13.2 L'importanza del "bosone di Higgs" nella formazione della massa e il Modello Standard

2.13.3 Approfondimento

2.13.4 Approfondimento sulle fasi sperimentali al CERN

2.13.5 Campo di Higgs: esempio pratico di John Ellis

2.13.6 Il bosone di Higgs

visto come “particella di Dio”

2.13.7. Riflessioni finali

Capitolo 3 - I “mattoni” di ogni cosa

3.1 Le tre quantità che non si modificano mai

3.2 Il cuore della materia: breve cronistoria

3.3 Dimensioni di un atomo e delle particelle sub-atomiche

3.4 La struttura dell’atomo

3.5 Atomi nel vuoto

3.6 Generalità sui nuclei, relazioni e interazioni nucleari

3.7. Le particelle sub-atomiche

3.7.1 Fermioni e bosoni

3.7.2 I leptoni

3.7.3 Gli elettroni

3.7.4 Interferenza quantistica

degli elettroni singoli

3.7.5 Lo stato della materia e gli elettroni

3.7.6 Le proprietà dei fotoni

3.7.7. Il senso

dell'orientamento dei fotoni

3.7.8 Composizione di protoni e neutroni: i quark e i gluoni

3.7.9 Stato riassuntivo di quark, leptoni e bosoni

3.7.10 Anatomia di un neutrone

3.7.11 I neutrini

3.8 Aspetti principali dello stato di moto dell'atomo

3.8.1 Orbitali degli atomi

3.8.2 Distribuzione degli elettroni nei livelli energetici

3.8.3 Lo “spin” o momento
angolare

3.8.4 “Spin” degli elettroni e
interferenze elettromagnetiche
esterne in Fisica Quantistica

3.8.5 La misura del momento
magnetico dell’elettrone

3.9 Luce, elettroni e “salti quantici”

3.10 Realtà virtuale

3.11 Le quattro Forze Fondamentali

3.12 L’energia, la massa e il
Modello Standard

3.12.1 La conservazione
dell’energia

3.12.2 La massa atomica

3.12.3 Origine della massa

3.12.4 Approfondimento
sull’Equazione Fondamentale

- 3.12.5 Tabella delle particelle
- 3.12.6 Fermioni e chiralità nel Modello Standard
- 3.12.7. Creare un unico Modello della Fisica delle Particelle
- 3.12.8 Modello Standard e Relatività Generale
- 3.12.9 Particella e antiparticella
- 3.12.10 Visione di un atomo

Capitolo 4 - Studi sulla Grande Unificazione

4.1 Elettrodinamica, cromodinamica e Griglia Quantistica di Wilczek

4.1.1 Premessa

4.1.2 Concetto di unificazione

secondo Wilczek: la
“Supersimmetria”

4.1.3 Le radiazioni “morbide”
e le radiazioni “dure”

4.1.4 QED e QCD

4.1.5 La Griglia

4.1.6 Teoria e pratica di
Wilczek nell’applicazione
quantistica

4.2 La Teorie delle Superstringhe

Capitolo 5 - Gli acceleratori di
particelle

5.1 Breve storia degli acceleratori
di particelle

5.2 Il CERN e l’acceleratore di
particelle

PARTE SECONDA - INVENZIONI E

PROCESSI TECNOLOGICI QUANTISTICI

Capitolo 6 - Dai concetti alla Tecnologia Quantistica

6.1 La materia-informazione

6.2 Tecnologia Quantistica

6.2.1 L'entanglement

6.2.2 L'entanglement

applicato alle nanotecnologie

6.2.3 Concetti e

nanotecnologia quantistica

6.2.4 Nanoparticelle e

Nanotecnologia

6.2.5 La Rivoluzione

Quantistica

6.2.6 La bellezza della scienza

Capitolo 7 - Tecnologia Quantistica

applicata alla particella di Dio

7.1 Una scoperta può essere vera o falsa

7.2 Il Laboratorio di Fisica

Quantistica “Max Planck” a Novara

7.3 Applicazione quantistica della nanotecnologia Skudo® su un tel.

7.3.1 Generalità

7.3.2 Applicazione delle Equazioni Fondamentali alla Tec. Quantistica

7.3.3 Disturbo generato da un telefono cellulare e riduzione del “danno biologico” tramite il nanoprocessore Skudo®

7.3.4 Rapporto luce-materia: esempi in genere e caso specifico di un telefonino

7.3.5 Raffigurazione

dell'orbita di un elettrone

7.3.6 Ulteriore considerazione

7.4 Applicazione quantistica della nanotecnologia Skudo® sui cerotti medicali

7.5 L'effetto triboelettrico

7.6 Le verifiche in ambito sanitario e ambientale: le radiazioni naturali di tipo gamma

7.6.1 Lo spettrometro nucleare Atomtex: caratteristiche generali

7.6.2 Caratteristiche tecniche della strumentazione

7.7 Applicazione della Fisica Quantistica alla Tecnologia Geoprotex®: protezione dalle

radiazioni naturali e dai campi
elettromagnetici artificiali

7.8 Approfondimenti attraverso
domande e risposte sulla

Tecnologia Quantistica dei prodotti
Geoprotex® e Skudo®

7.9 La “particella di Dio” e la
tecnologia applicativa di

Geoprotex® e Skudo®

7.10 Teorizzazione di una “Legge
del Tutto” che governa anche il
processo produttivo dei prodotti
Geoprotex® e Skudo®

Coclusione

Glossario

Bibliografia

La più grande minaccia per le grandi multinazionali che controllano l'economia mondiale è costituita dalle scoperte scientifiche che possono mettere in discussione gli equilibri già consolidati dell'attuale sistema capitalistico, specialmente nel settore delle telecomunicazioni e in quello sanitario. Nessuna lobby, per quanto potente possa essere, potrà infatti mantenere i suoi privilegi sul mercato se non possiede anche il controllo del progresso tecnologico e scientifico.

Nicola Limardo

Nicola Limardo è un precursore nel campo scientifico, ispirato dalla capacità di prevedere il futuro, di

preconizzare il cambiamento, di affrontare e organizzare il nuovo. È, in sostanza, l'emblema dello studioso manager di successo che insegue con tenacia la modernizzazione tecnologica della società, dell'innovatore che coniuga i vincoli dell'agire economico con la necessità, attraverso una seria verifica, di proteggere l'ambiente, di suscitare speranze, di garantire certezze.

(Tratto dal discorso introduttivo – poi inserito in Pergamena – della cerimonia di Premiazione alla Carriera di Nicola Limardo da parte dell'Amministrazione Comunale di Zungri, in Calabria, suo paese di origine, agosto 2008)

Il genio è tale per le sue conquiste memorabili, ovvero per la produzione di qualcosa di originale, materiale o mentale, che suscita ammirazione ed emulazione degli esperti nel campo e spesso ciò che distingue il genio dalla semplice persona creativa è che i risultati del primo aprono una strada nuova, lasciano il segno per sempre.

Prof. Edoardo Boncinelli, Professore
di Filosofia all'Università "Vita-Salute"
San Raffaele di Milano

RINGRAZIAMENTI

Questo Testo è il frutto di molti anni di studio e ricerca che mi hanno permesso di mettere in pratica quello che la “Teoria e la Pratica Quantistica” hanno prodotto, scoperto e inventato fino a oggi. Naturalmente, oltre alla grande passione che ho condiviso con persone “di Scienza” che reputo “Illuminate”, ritengo che gran merito dei miei risultati vada condiviso con tutte le persone a me vicine che hanno dedicato il loro tempo ad ascoltarmi, a incoraggiarmi nei tanti momenti di difficoltà, e ad aiutarmi

attraverso i loro preziosi suggerimenti. Il mio grazie più profondo va in particolar modo a due fisici che da poco tempo ci hanno lasciato: il prof. Ugo Facchini della Facoltà di Fisica dell'Università di Milano e il prof. Emilio Del Giudice dell'ISFN (Istituto Superiore di Fisica Nucleare) col quale ho avuto il privilegio di condividere la docenza presso l'Università "Jean Monnet" di Bruxelles. Ringrazio in modo particolare il prof. Antonino Zichichi, talmente famoso che non ha bisogno di altre presentazioni, e la prof.ssa Silvia Gaudenzi della Facoltà di Fisica dell'Università "La Sapienza" di Roma, con la quale ho tutt'ora un rapporto di fraterna amicizia.

Ringrazio i miei più stretti collaboratori, che sono talmente tanti da non poterli citare uno a uno (sono più di cento!). Un particolare ringraziamento va alla mia fidata segretaria Elisa, che mi consiglia e mi supporta costantemente da molti anni, e a tutti coloro che sono attivi nella rete commerciale di Edil Natura Srl, l'azienda italiana che mette in pratica, attraverso la produzione e la commercializzazione, le mie "invenzioni", frutto di intenso lavoro di ricerca effettuato prevalentemente nel Laboratorio "Max Planck" di Novara. Ringrazio naturalmente tutti i ricercatori che operano in questo laboratorio, una sorta di "Centro di Ricerca Quantistica",

che ho la fortuna di dirigere. Ringrazio coloro che mi hanno sostenuto anche economicamente nella ricerca, come lo Stato Americano dell'Oregon e alcuni "Centri di Ricerca" in Italia e all'Estero.

Ringrazio mia moglie Maria Giovanna per avermi sempre sostenuto nelle ricerche fisico-matematiche e soprattutto per avermi donato due splendidi figli, Roberto e Giulia, e quella serenità familiare che reputo fondamentale per il lavoro che svolgo. Il mio ringraziamento più grande va però alla mia "Fonte di Ispirazione" e al Buon Dio, che mi danno la forza e il sostegno per portare avanti le ricerche "pioneristiche", e per affrontare con

coraggio tutti i problemi e gli ostacoli durante il mio “viaggio” terreno. Infatti, senza il Loro aiuto, credo che non avrei mai potuto realizzare il sogno di poter “giocare” con le particelle sub-atomiche e inventare un modo per mettere in pratica una parte fondamentale della “Fisica Teorica”, che gli scienziati hanno fatto crescere attraverso le loro scoperte nel “mondo dell’invisibile”. Concludo augurando a tutti Voi, miei cari Lettori, una serena e illuminante lettura!

Nicola Limardo

INTRODUZIONE

Forse può sembrare un po' azzardato e da presuntuosi, poiché attraverso il libro mi propongo di spiegare anche ai “non addetti ai lavori” gli affascinanti fenomeni che riguardano la Meccanica Quantistica e mi prefiggo di descrivere come sia riuscito a mettere in pratica la Teoria Quantistica attraverso sperimentazioni “galileiane” e successive invenzioni. Tuttavia spero che, alla fine della lettura, possiate avere una diversa opinione di me e che siate riusciti a cogliere qual è lo spirito

e quali le finalità che animano il mio operato. La Fisica Quantistica, con le sue scoperte e le sue applicazioni pratiche, come qualunque branca della Scienza, non è né buona né cattiva: ciò che fa la differenza è il modo in cui i suoi principi vengono applicati.

In questo libro ho voluto mettermi in gioco per portare a conoscenza del Lettore alcune conquiste della Scienza, in particolar modo della Fisica Quantistica e della sua applicazione pratica attraverso invenzioni, alcune delle quali realizzate grazie all'apporto di un team di ricercatori altamente specializzato, che ha operato costantemente all'interno del laboratorio

privato della società Edil Natura Srl di Novara, laboratorio denominato “Max Planck” in memoria di colui che ha fondato la Fisica Quantistica e che ha avuto una visione della vita improntata su Fede e Scienza come un tutt’Uno! Questo laboratorio di ricerca rappresenta il “cuore” e il “cervello” dell’azienda Edil Natura di Novara, che produce e commercializza i prodotti inventati dai propri ricercatori pionieristici; prodotti che, grazie alla loro avanzatissima tecnologia, possono essere considerati, in modo oggettivo e senza presunzione, innovativi nel panorama tecnico-scientifico mondiale.

Sono convinto che non sia facile

divulgare la Scienza e la Tecnica della Fisica Sub-atomica alla gente, trasmettendone anche i valori. Citando le parole del famoso scienziato Enrico Fermi, *«i valori della Scienza li possono conoscere soltanto coloro i quali contribuiscono in prima persona alle scoperte e alle invenzioni che determinano il progresso del pensiero scientifico galileiano»*.

Fare ricerca, alle frontiere delle nostre conoscenze, può corrispondere all'essere in grado di realizzare esperimenti nuovi, originali; esperimenti in cui c'è un'idea che nessuno aveva mai avuto prima, o uno strumento che nessuno era riuscito mai prima a

costruire. Credo che la fatica di un vero ricercatore che mette in pratica le scoperte scientifiche attraverso l'invenzione di nuovi prodotti "per il Bene dell'Umanità" venga ripagata dall'entusiasmo che si prova nel vedere, attraverso gli occhi delle persone che utilizzano le sue invenzioni, la profonda gratitudine che trasmettono, specialmente se tali prodotti rappresentano dei dispositivi che aiutano le persone a stare meglio. Io stesso spero di essere riuscito a realizzare prodotti utili, specialmente per la prevenzione nel settore della salute.

Devo riconoscere che muoversi in

questo settore, perseguendo come obiettivo principale la salute della gente attraverso la prevenzione, non è stato e non è tuttora facile. Viviamo in una realtà complessa, dominata da leggi spesso spietate che privilegiano il guadagno facile e il potere a scapito di valori ben più importanti. Tuttavia, nonostante le tentazioni e gli ostacoli che ho spesso trovato nel mio cammino, posso dire con orgoglio di essere riuscito a privilegiare altri scopi, che non la fama e il guadagno, e sono stato sempre ricompensato da grandi soddisfazioni. La Fede in Dio mi supporta così come la convinzione che prima o poi il mondo si evolverà, “scrollandosi dalle spalle” tutto ciò che

è poco etico. Aspettiamo con Pazienza,
Serenità, Fede e Amore il
“Cambiamento”!

Nicola Limardo

PREMESSA

Molti ritengono che la Scienza e la Tecnica siano la stessa cosa, ma così non è. Personalmente, anche se ho sempre preferito operare a livello pioneristico, credo di poter essere considerato un Tecnico che mette in pratica quello che la Scienza, e in particolar modo la Fisica Quantistica, ha scoperto. Devo ringraziare un grande scienziato, che considero un mio maestro nell'insegnamento di nozioni importanti di Fisica, il prof. Antonino Zichichi, con il quale mi sento in

sintonia, anche per il rapporto stretto con la Fede e, in particolar modo, con gli insegnamenti ricevuti da San Giovanni Paolo II, che ho avuto l'onore di conoscere personalmente nel 1980 quando ero un giovane studente universitario che partecipava al "Genfest" di Roma (gruppo dei Focolarini). Da allora ho seguito molto da vicino gli insegnamenti che il Santo Padre impartiva attraverso la Sua parola e le Sue azioni a tutti coloro che operavano nel mondo scientifico. Ricordo in particolar modo una frase di Giovanni Paolo II, già riportata anche dal prof. Zichichi all'interno del suo libro *Tra Fede e Scienza*, ed. Tropea: «*Il volontariato scientifico è una delle*

forme più nobili di amore verso il prossimo». Questa frase ha influenzato molto la mia attività di ricercatore scientifico con lo sguardo rivolto all'obiettivo primario: inventare prodotti che potessero affrontare e risolvere, anche parzialmente, emergenze che, a mio modesto parere, possono essere considerate importanti per l'Umanità. Questo mio desiderio si è concretizzato quando sono riuscito a inventare prodotti, o meglio, sistemi di protezione e di prevenzione, in grado di operare in settori molto importanti come, per esempio, quello sanitario. Operare nella prevenzione di malattie, anche di tipo degenerativo, significa però muoversi su un terreno un po'

“scomodo”: come è facilmente intuibile, infatti, la prevenzione è in contrasto con gli interessi di alcune grandi multinazionali che prosperano grazie alle malattie! Questo spiega perché è molto difficile diffondere informazioni inerenti alcune scoperte innovative e pubblicizzare dispositivi in grado di contribuire al benessere della gente.

Mi permetto ancora di citare San Giovanni Paolo II che, per primo in epoca moderna, ha osato sfidare i “potenti” dicendo: «... *a uccidere, prima delle armi, è il cuore dell'uomo*». E, citando espressamente le parole del prof. Antonino Zichichi nel suo libro *Tra Fede e Scienza*: «... *sta infatti nel cuore dell'uomo la crisi del*

nostro tempo con le sue vergogne tecnologiche, politiche, morali e civili». Amo ancora citare San Giovanni Paolo II il quale era solito ripetere: «L'uso della Scienza non è più Scienza; ecco perché la Tecnica può essere pro e contro i valori della vita e della dignità umana». Ritengo che questa frase possa fare da cappello a quello che personalmente ho espresso criticamente nei confronti del mondo in cui viviamo, dove le “Forze del Male” stanno avendo successo a causa dei valori materialistici che la società oggi impone attraverso tutti i mezzi di comunicazione, compreso Internet.

CONSIGLI PER IL LETTORE

La **prima parte** tratta delle più importanti scoperte scientifiche che hanno contribuito allo sviluppo della Fisica delle Particelle: da Galileo Galilei ai giorni nostri, cercando di dare anche una traccia “storica” all’evoluzione.

La **seconda parte** tratta delle invenzioni nate dalle applicazioni tecnologiche delle scoperte scientifiche in Fisica Quantistica; in particolar modo vengono prese in esame quelle ottenute dal mio *team* scientifico, con l’ausilio

anche dei laboratori esterni, compresi quelli universitari italiani e statunitensi.

Nel corso della Prima Parte del Testo sono presenti approfondimenti scientifici che sono stati evidenziati in appositi riquadri: trattandosi di nozioni tecniche che i lettori meno esperti in Fisica potrebbero affrontare in modo difficoltoso, sono stati contrassegnati così da poter anche sorvolare su di essi, senza tuttavia perdere il filo del discorso. La lettura della Prima Parte, anche se privata degli approfondimenti, è di fondamentale importanza per comprendere la Seconda Parte del Testo, che, pur affrontando a livello pratico i concetti di Fisica Quantistica,

fa riferimento spesso ai concetti espressi
nella parte teorica.

PARTE PRIMA

SVILUPPO DELLA
FISICA QUANTISTICA

CAPITOLO 1

SCIENZA, SPIRITUALITÀ E ALTRE PREMESSE

1.1 QUANTITÀ IMMANENTI E TRASCENDENZA

Penso che la Scienza debba essere di dominio pubblico e non di pochi “eletti”: ecco perché ho deciso di scrivere un libro di Cultura Scientifica cercando di spiegare al grande pubblico quali sono i veri valori della Scienza, delle sue conquiste, delle sue applicazioni pratiche attraverso l'applicazione tecnologica che rappresenta il frutto di lavoro di molti scienziati che hanno dedicato la loro vita nello scoprire nuovi “mondi”. Ritengo che gli strumenti tecnologici che

derivano dalle più avanzate scoperte scientifiche debbano essere al servizio del bene comune. Infatti, se le invenzioni fossero veramente guidate dall'Amore per il prossimo, nessuno utilizzerebbe la Scienza per produrre strumenti di distruzione, come invece succede spesso (basti pensare, per esempio, all'applicazione della Scienza per uso bellico).

L e *Scoperte* e le *Invenzioni* sono entrambi frutto del nostro intelletto e appartengono ad attività nettamente diverse: “*l'attività scientifica*” e “*l'attività tecnica*”. La prima fa scoperte, mentre la seconda fa invenzioni.

Richard Feynman (uno dei più grandi fisici teorici del ventesimo secolo) era sicuro che in questo periodo di fervore scientifico stiamo vivendo un momento di “Grazia”: quello della scoperta delle *Leggi Fondamentali della Natura*. Penso che l’Uomo continuerà a impegnarsi nella scoperta di nuovi fenomeni cercando di arrivare a comprendere il “*Grande Disegno di Dio*”: non si sa se riuscirà, ma l’importante è che il ricercatore ci provi!

Cercherò adesso di dare una definizione di “Immanente” e “Trascendente”.

Per “Immanente” si intende tutto ciò che fa parte di una realtà e non esiste

separato da questa (per es. la vita sulla Terra degli esseri umani, animali, piante, ecc.).

Per “Trascendente” si intende tutto ciò che è al di fuori del mondo naturale così come noi lo conosciamo (per es. la vita ultraterrena).

Tutto ciò che si manifesta nella sfera immanentistica della nostra esistenza è riconducibile alle seguenti sette quantità:

1. Spazio
2. Tempo
3. Massa
4. Energia
5. Spin (moto a trottola)

6. Carica di “colore” sub-nucleare
(genera forze fondamentali)

7. Carica di “sapore” sub-nucleare
(garantisce la stabilità della materia)

Il legame tra queste quantità fisiche diverse fa parte della Legge del Creato. Agli scienziati spetta il compito di scoprire, per quanto possibile, quello che Dio ha creato.

1.2 SCOPERTE E INVENZIONI

Diamo inizio a questo paragrafo improntato sulle particelle più piccole della materia che si conoscano: le particelle elementari!

Si dice “elementare” una particella che è costituita da se stessa e da nient’altro, e perciò non si può scomporre. Un esempio di particella elementare è l’*elettrone*.

Lo scienziato che scoprì l’elettrone nel 1897 è Joseph John Thomson. Grazie alla sua scoperta, è stato possibile far nascere l’industria elettronica. Lo

scopritore aveva in mente la sua applicazione in una tecnologia “etica e di pace”, cosa che però non è avvenuta, e di questo ovviamente non si può dar colpa allo scienziato che ha scoperto l’elettrone, ma a chi ha utilizzato tali conoscenze per fini non nobili dell’odio, della lotta che uccide l’Uomo. Oggi pare abbia la meglio la “cultura” del denaro e dell’egoismo! Se trionfasse la Cultura dell’Amore, le applicazioni tecnologiche delle scoperte scientifiche servirebbero per aiutare l’Uomo a vivere meglio. La Scienza ha bisogno della Fede affinché le sue invenzioni tecnologiche siano per l’Uomo, mai contro.

Galileo Galilei ci insegna che qualunque teoria scientifica va sperimentata per poi renderla riproducibile.

Lo scienziato Dirac fu colui che per primo studiò le proprietà dell'elettrone con l'introduzione dell'equivalenza fra Spazio e Tempo. Infatti, la moderna Teoria delle Forze Elettromagnetiche, denominata *Elettrodinamica Quantistica*, ha origini proprio nei lavori eseguiti dal fisico Dirac sull'elettrone con conseguenti applicazioni in svariati settori tecnologici.

Quindi, se è vero che esistono gli atomi, anche se non si riesce a vederli o

a toccarli, diventa importante realizzare sperimentazioni che permettano per lo meno di valutare alcune loro caratteristiche e comportamenti, dati utilissimi per uno studioso. Ancora oggi non è possibile vedere o toccare nulla nell'universo sub-nucleare, però possiamo affermare che i fenomeni cosiddetti "sub-atomici" (virtuali) sono perfettamente misurabili con risultati riproducibili! Ecco l'attualità di quello che ci ha insegnato Galileo Galilei.

Come asseriva Galilei, in una semplice pietra c'è la mano e il disegno di Dio, per cui studiare approfonditamente il frammento di una pietra può farci capire molte cose. Tutto

questo rappresenta la Fede nel Creato. Infatti, nel frammento di pietra vi sono miliardi di protoni, neutroni ed elettroni!

Per capire come si opera nell'infinitamente piccolo, basti pensare che un protone ha come raggio un decimo di millesimo di miliardesimo di centimetro. La sua massa è centosessantasette centesimi di milionesimo di miliardesimo di miliardesimo di grammo. In questa piccolissima quantità di massa, contenuta in una infinitesima dimensione spaziale, sono scritte tutte le Leggi dell'Universo. Tutto ciò era all'epoca sconosciuto anche allo stesso Galilei, dato che per comprendere meglio il

mondo sub-atomico bisogna attendere fino al 1947, anno in cui venne scoperto il primo fenomeno fisico detto *virtuale*. Oggi i fenomeni *virtuali* sono pane quotidiano nei laboratori di Fisica Moderna. Infatti, in questi laboratori possono essere misurati e sperimentati gli effetti indotti dalle particelle sub-atomiche come, per esempio, *l'emissione e il riassorbimento di un fotone da parte di un elettrone (salto quantico)*. Nei laboratori di ricerca gli scienziati non osservano né l'emissione né l'assorbimento del fotone, ma misurano l'elettrone e il valore della sua minuscola trottola magnetica, dato che l'elettrone non è solo carico di elettricità, ma possiede anche proprietà

magnetiche, come se fosse una piccolissima calamita. Tali proprietà magnetiche dell'elettrone dipendono dal fenomeno *virtuale* e da tutti gli altri possibili fenomeni determinati dalle Leggi Fondamentali della Natura. Attraverso queste misurazioni, di estrema precisione, anche sulle proprietà magnetiche dell'elettrone, è possibile verificare la presenza di un gran numero di fenomeni *virtuali*. Da questo appassionato studio nell'estremamente piccolo, si rimane incantati dell'Ordine "fisico-matematico" riscontrato, senza alcun "caos sub-atomico", e questo ci dà conferma che tutto il Creato sta nella Logica di Dio. Tale Logica governa sia

il microcosmo sia il macrocosmo. Infatti, tali fenomeni *virtuali* non appartengono solo al mondo dell'elettrone, ma di tutte le particelle sub-atomiche.

La Meccanica Quantistica ha un ruolo fondamentale per il progresso tecnologico: senza di essa non ci sarebbe stato il progresso tecnologico che vediamo ogni giorno sotto i nostri occhi (il televisore, i laser, i telefonini, i computer, i DVD, il sistema GPS, le reti Wi-Fi, ecc.). La conduttività nei materiali venne spiegata matematicamente già nel secolo scorso attraverso l'Equazione di Schrödinger, che approfondiremo nel Secondo

Capitolo del Testò, e ciò portò alla prima scoperta quantistica: “il transistor”. Come ci possiamo immaginare, l’elettronica moderna e la tecnologia informatica sarebbero state impossibili senza il transistor. La Meccanica Quantistica spiega anche, per esempio, perché le luci al neon e le lampade fluorescenti funzionano. Nelle luci al neon la corrente elettrica passa attraverso un tubo pieno di gas, fornendo energia agli atomi e spingendo gli elettroni in orbite atomiche più elevate e, quindi, più energetiche. Gli elettroni negli atomi di gas, che sono quindi in uno stato “eccitato”, decadono allo stato originario a energie inferiori, rilasciando energia e, di conseguenza,

emettendo luce. In una lampadina gli atomi eccitati decadono in modo casuale. In effetti tutta la luce che ci circonda, anche quella del sole, è radiazione casuale o incoerente, un miscuglio impazzito di radiazioni che vibra a differenti frequenze e a differenti fasi.

Lo scopo del Laboratorio di Ricerca “Max Planck”, che fa parte del “settore ricerca” dell’Azienda Edil Natura di Novara, è quello di inventare, per poi produrre e commercializzare, prodotti che mettono in pratica i risultati di alcune ricerche di Fisica Quantistica.

Per esempio, il nano-processore Skudo®[®], di cui parleremo più

ampiamente nella Seconda Parte del Testò, va a “stabilizzare”, ossia rendere meno caotici e più compatibili con il DNA umano, gli elettroni presenti nella materia: trova la sua applicazione ideale per esempio sul telefonino, evitando o riducendo notevolmente quell’instabilità degli elettroni (salto quantico negativo) che può arrecare disturbo all’Uomo. Il nostro Laboratorio italiano ha operato per una “stabilizzazione dello spin disarmonico dell’elettrone”: il nano-processore Skudo®, la cui efficacia è stata provata anche dai laboratori americani dello Stato dell’Oregon, opera quindi sullo “spin degli elettroni” (argomento che approfondiremo più in là nel Testò), offrendo agli studiosi

nuovi spunti di ricerca, nel campo della “spintronica”. Skudo® è utilissimo per tutte le apparecchiature elettriche ed elettroniche attualmente presenti sul mercato e di futura produzione anche se, sia il nostro Laboratorio di Ricerca “Max Planck” di Novara sia altri laboratori nel mondo stanno cercando di trovare delle soluzioni che permettano di spingersi oltre, studiando e analizzando i processi fisici fondamentali della “spintronica”. Alcuni scienziati, in un articolo recentemente pubblicato dalla prestigiosa rivista scientifica *Nature Materials*, hanno chiarito infatti l’origine del ferromagnetismo nei semiconduttori magnetici diluiti, che rappresentano

materiali fondamentali per operare attivamente nella “spintronica”.

Alcuni Lettori si chiederanno, a questo punto:

Cosa sono i semiconduttori magnetici diluiti?

Posso rispondere dicendo che sono normali semiconduttori nei quali alcuni atomi sono stati sostituiti per rendere il materiale ferromagnetico.

Una successiva domanda che i Lettori più esigenti potrebbero farsi è la seguente:

Sono noti i meccanismi fisici alla

base di questo ferromagnetismo?

Come risposta potrei dire che, poiché le ricerche e le sperimentazioni sono in atto, i laboratori non possono esporsi più di tanto prima di brevettare il tutto. In effetti, i laboratori di ricerca all'avanguardia stanno studiando il materiale con lo spettroscopio a fotoemissione di raggi X e finora si è notato che il ferromagnetismo nasce dalla compresenza di due processi fisici basati sulla mediazione da parte degli elettroni nelle bande di valenza dell'Arsenico di Gallio. Tutto ciò, comunque, è ancora in fase sperimentale, ma non si esclude che in breve tempo possa essere prodotto in

serie un materiale ferromagnetico speciale.

Il motore del progresso economico e tecnologico è la scoperta scientifica. Non esiste invenzione tecnologica che non abbia le sue radici in una scoperta scientifica. Lo sviluppo economico invece è legato all'invenzione tecnologica. La “crescita della conoscenza” in Scienza, Tecnologia ed Economia ha le sue radici nelle scoperte scientifiche che vengono dal “totalmente inaspettato” e cioè dal Creatore, non dal conflitto tra *correnti* diverse di ricerca scientifica.

Non tutto quello che si osserva viene risolto: anche gli scienziati ancora non

hanno risolto quesiti che potrebbero portarci a fare ulteriori passi da gigante nella tecnologia “sub-atomica” con nuove invenzioni di prodotti utili per la nostra vita. È importante nella ricerca essere umili: un ricercatore arrogante sicuramente non farà molta strada in quanto *l’arroganza, a mio modesto parere, nasce dall’ignoranza.*

La forza di uno scienziato quindi è proprio nell’umiltà, che lo porta ad accettare anche gli inevitabili fallimenti in cui si può incappare facendo ricerca. L’importante è che non racconti menzogne, bensì sia in grado di dimostrare e rendere riproducibile quello che asserisce, in modo che possa

anche condividere la scoperta spiegandola nei dettagli. Questo è il metodo definito “galileiano”, che mette in condizione chiunque di riprodurre quella verità scientifica. Galilei amava dire «*meglio provare che credere*». Ritengo queste siano parole sacrosante, dato che la vera Scienza educa a giudicare in modo obiettivo e non in modo emotivo. Infatti, la Scienza affida ai fatti concreti (prove sperimentali riproducibili) le legittimità scientifiche galileiane. Una volta effettuata la “Scoperta” da parte dello scienziato, allora ecco che può intervenire la “Tecnica” per cercare di mettere in pratica, per l'appunto, la “Scoperta” stessa. Proprio a questo punto, sarà

importante il ricercatore che si trova al timone della Tecnologia Applicativa, dato che, citando le “Sante Parole” di Giovanni Paolo II, *«L’uso della Scienza non è più Scienza; ecco perché la Tecnica può essere pro e contro i valori della vita e della dignità umana»*. La Scienza interroga continuamente la Natura; la Natura ha leggi molto forti e indistruttibili, valide ovunque, nel microcosmo e nel macrocosmo, dalla particella elementare all’Universo. Chi opera nella Scienza cerca di trovare delle risposte interrogando la Natura. C’è da ricordare che chi fa “Scienza”, ossia sperimenta, opera attivamente nei laboratori e inventa nuovi prodotti, può essere

ritenuto veramente “scienziato”; tuttavia oggi sono veramente tanti coloro che si reputano “scienziati” anche senza avere mai effettuato una sperimentazione.

La Scienza ha una sola colpa, ovvero quella di avere permesso a tanta gente di parlare in suo nome dimenticando ciò che Fermi diceva: *«Chi non ha mai scoperto né inventato nulla non ha titoli per parlare in nome della Scienza; specialmente se ne travisa i significati e i valori».*

La Scienza è l'unico strumento che l'uomo possiede per dimostrare, coi fatti, che la Natura è un Libro scritto seguendo un *preciso disegno*. Fare sperimentazioni “galileiane” è un vero

atto di umiltà da parte dello scienziato, dato che ciò serve per decifrare la Logica del Creatore.

La Scienza non insegna a distruggere la Natura ma ad amarla. La Scienza insegna ad amare in quanto è fonte di valori universali e immutabili.

1.3 APPROCCIO

SCIENTIFICO

La Fisica è la Scienza che studia le leggi e i principi che regolano la natura, quindi tutto ciò che ci circonda, dal macroscopico (Universo) al microscopico (atomo). La Fisica è quindi una “Scienza Fondamentale” e lo è diventata grazie al primo vero “scienziato”, Galileo Galilei, che per primo ha puntualizzato le fasi del cosiddetto “metodo scientifico”:

- a) acquisizione (osservazione del fenomeno e formulazione di un’ipotesi);

- b) organizzazione (allestimento delle sperimentazioni da utilizzare per verificare l'esattezza delle ipotesi);
- c) applicazione sperimentale (sperimentazione vera e propria);
- d) conferma o meno della validità della scoperta o dell'invenzione.

Il “metodo”, sviluppato da Galileo Galilei, può essere ancor più reso percepibile attraverso i seguenti punti che sono fondamentali per studiare un fenomeno, punti che di seguito vengono meglio sintetizzati:

1. riconoscere il problema;

2. formulare un'ipotesi sulla sua possibile soluzione;
3. prevedere le conseguenze dell'ipotesi;
4. compiere le esperienze che permettono di verificare le previsioni;
5. descrivere la regola generale più semplice che organizza e unisce l'ipotesi, la previsione e il risultato sperimentale.

Possiamo definire la “Scienza” come un grande “contenitore” che raccoglie le scoperte che soddisfano le tre caratteristiche fondamentali indicate da

Galileo Galilei: la “osservabilità”, la “descrivibilità” e la “ripetibilità”. Queste regole piuttosto rigide impediscono che nel “contenitore” entrino false scoperte e false invenzioni.

Facciamo alcune riflessioni su queste tre importanti caratteristiche.

Riguardo la “osservabilità”, qualcuno potrebbe obiettare che non sempre tutto risulta visibile, ma è vero anche che ormai la Tecnologia avanzatissima è in grado oggi di “vedere” ciò che l’occhio umano non è in grado di percepire, arrivando a osservare anche le particelle subatomiche. Ciò non significa comunque che oggi tutto sia osservabile e, senza dubbio, vi sono ancora delle “idee” che

non riescono a trovare spazio nel mondo scientifico poiché non facilmente dimostrabili.

Per quanto concerne la “descrivibilità” di una scoperta, ritengo che sia un requisito importantissimo: basti pensare al caso di Peter Higgs, il quale teorizzò l’esistenza del bosone che porta il suo nome nel lontano 1964 e che, solo nel 2013, dopo tanti studi e anni di sperimentazioni, ha ricevuto il riconoscimento ufficiale della sua scoperta guadagnando il premio Nobel per la fisica 2013. Per quanto concerne le invenzioni di prodotti innovativi, la “descrizione” è già prevista durante la domanda di brevetto ed è naturale che ogni fase descrittiva debba essere

supportata da argomentazioni scientifiche.

Infine, per quanto riguarda la “ripetitività” di una scoperta, è fuor di dubbio che ogni sperimentazione debba essere ripetibile, altrimenti si perderebbe ogni possibilità di toccare con mano la validità o l’efficacia di ciò che si è realizzato. Nel settore delle invenzioni, la ripetitività viene verificata prima ancora di effettuare la domanda di brevetto, anche attraverso Enti di Ricerca accreditati, come per esempio le Università, che sono dotate di “protocolli specifici”. Per alcuni esempi pratici di invenzioni “scientifiche” rimando il lettore alla Seconda Parte del Testò.

1.4 SPAZIO, TEMPO, LUCE, ENERGIA E MASSA

Iniziamo a familiarizzare con alcuni concetti basilari della fisica.

Siamo abituati a vivere in una realtà fatta di “Spazio-Tempo” e per noi è scontato che non sia possibile separare le due componenti: lo Spazio e il Tempo sono indivisibili! Ci sono voluti moltissimi anni di sperimentazioni “galileiane” per arrivare a capire la complessità del connubio Spazio-Tempo; grazie al grande fisico Hendrik Lorentz, che fornì illuminanti spiegazioni matematiche a questo abbinamento, sappiamo che nella realtà in cui viviamo e di cui siamo fatti è

indispensabile considerare una delle due componenti di natura “immaginaria”; perciò, se lo Spazio è reale, il Tempo deve essere immaginario e viceversa.

Quindi, Spazio e Tempo non possono contemporaneamente essere reali, anche se qualsiasi realtà fisica ha le sue radici nello Spazio-Tempo.

La luce nasce quando una quantità di massa, anche piccolissima, si trasforma in energia. La luce è costituita da “fotoni”, ossia da pacchetti di energia che sono tutti uguali e che generalmente sono privi di massa e, in alcuni casi, possono anche essere considerati dotati di massa estremamente piccola ma in grado di interagire con le altre particelle

dotate di massa. La loro velocità è di circa 300000 km/s nel vuoto e quindi in un solo secondo un fotone è in grado di compiere un tragitto pari a circa sette volte il diametro della Terra. La luce raggiunge la propria velocità perché manifesta la sua energia come onda e non come particella, ossia è priva di massa; tale energia può comunque essere sempre convertita in massa e interagisce anche con la materia in modo meccanico.

Per *energia* letteralmente si intende un'attitudine a compiere un lavoro. Per esempio: se sollevo un corpo (massa) da terra, esso acquisterà un'energia potenziale; lasciandolo poi cadere,

quest'energia potenziale si trasformerà in energia cinetica grazie anche all'azione della forza di gravità, e compirà quindi un lavoro. Il corpo che sollevo rappresenta la massa. Nel mondo della fisica sub-atomica i "corpi", per esempio gli elettroni, sono estremamente piccoli e possono essere presi in considerazione sia come vere e proprie particelle (corpuscoli dotati di massa), sia come onde elettromagnetiche.

Il rapporto stretto che vi è tra "massa" ed "energia" è indicato dalla famosa formula di Einstein: $E=mc^2$ dove con E si identifica l'energia, con m la massa e con c^2 la velocità della luce al

quadrato (la velocità della luce nel vuoto è di circa 300000 km/s).

L'energia vista allo stato puro può essere considerata come una “nuvola” che non è possibile toccare o vedere dato che non ha massa; però, se si comprimesse tale nuvola fino a concentrarla in un punto, potrebbe avere anche una massa e, di conseguenza, una precisa dimensione. Se osserviamo la formula di Einstein, essa ci fa capire che se volessimo produrre una particella microscopica, avente quindi massa, ci servirebbe un'enorme quantità di energia, tanta quanto il valore della costante c al quadrato (circa novanta milioni di volte). Se applicassimo la

stessa formula ma al contrario, ossia cercassimo di calcolare quanta energia si potrebbe ottenere se trasformassimo una minuscola particella in pura energia, il quantitativo ottenuto di energia sarebbe enorme rispetto alle dimensioni della sua massa: anche in questo caso rappresenterebbe il valore della velocità della luce al quadrato! Questo succede, per esempio, quando si fa esplodere una bomba atomica, dove è sufficiente una quantità minima di materia per ottenere grande quantità di energia (fissione nucleare). Anche il Sole produce grande quantità di energia: nel Sole si creano in modo continuo atomi di elio attraverso la fusione di deuterio e trizio; da questa fusione, una

piccola massa ritorna a essere energia pura che raggiunge la Terra sotto forma di onde elettromagnetiche che generano sia luce sia calore, ossia la Vita! A differenza della bomba atomica, che si basa sulla fissione nucleare (ossia strutture complesse, come l'Uranio, si "dividono" in atomi più leggeri) e che produce scorie radioattive, il Sole non produce scorie radioattive e tale fenomeno è denominato "fusione nucleare" (ossia strutture semplici si "fondono" per formare strutture complesse).

1.5 L'UNIVERSO

QUANTISTICO

Nell'Universo Quantistico gli intervalli di tempo sono estremamente piccoli e noi stessi siamo formati da particelle estremamente piccole. Per meglio capire di cosa stiamo parlando farò un esempio pratico, riportando esattamente le considerazioni fatte da colui che mi ha stimolato a intraprendere la strada della “ricerca” e della “sperimentazione galileiana”: il Prof. Antonino Zichichi. Nel suo libro *L'irresistibile fascino del Tempo*, ed. Tropea (vedi Bibliografia), Zichichi dice testualmente: «Io peso 70 kg; di questi, 35 kg sono la somma

della massa dei miei protoni e 35 kg sono dovuti ai neutroni. Di elettroni ne ho un numero esattamente uguale a quello dei protoni (come qualsiasi pezzo di materia, altrimenti ogni cosa risulterebbe elettricamente carica e noi saremmo sorgenti di enormi scariche elettriche come potenti fulmini). La massa totale degli elettroni è però 4000 volte meno pesante di tutti i protoni e neutroni del mio corpo. La massa dei miei elettroni è pertanto di appena 18 grammi. Le bilance elettriche di uso familiare arrivano a una precisione di cento grammi; ecco perché nel citare i miei 70 kg li ho suddivisi in 35 kg di protoni e 35 kg di neutroni senza preoccuparmi di

precisare il contributo dovuto alla massa degli elettroni: inferiori ai 100 grammi. Elettroni, protoni e neutroni sono le nuove pietre galileiane. Nell'elettrone nessuno è riuscito a penetrare. Sembra una particella veramente fatta di nient'altro che di se stessa: elementare. Siamo invece riusciti a penetrare nel cuore dei neutroni e dei protoni. Nell'interno di un protone c'è un Universo totalmente diverso da quello a noi familiare: è l'Universo sub-nucleare, con strutture e proprietà che non saremmo mai riusciti a immaginare e che studieremo nei prossimi decenni. Queste realtà sono dentro di noi: in ciascun protone e neutrone di cui sono fatte le cellule

del nostro corpo, inclusi i nostri muscoli e il nostro cervello, che ci permette di elaborare progetti in grado di studiare questi universi di cui è composta ogni parte di noi stessi. Nell'Universo subnucleare gli intervalli di Tempo, che sono necessari affinché qualcosa avvenga, sono centesimi di millesimi di miliardesimi di miliardesimi di secondo. È incredibile che, partendo da queste straordinarie realtà, noi si arrivi a dibattere problemi di tempo così incredibilmente lunghi come la durata della nostra vita (cento anni), l'età dell'Universo (venti miliardi di anni) o la longevità del protone (milioni di miliardi di miliardi di miliardi di

anni)».

Tutta la materia è costituita da protoni, neutroni ed elettroni; sia quella creata da Dio (la natura intera come l'acqua, gli animali, le piante e gli esseri umani), sia quella “artificiale”, inventata cioè dall'Uomo (un tessuto, una casa, un pezzo di plastica, ecc.). Tutta la materia è costituita dalle stesse identiche particelle: i protoni, i neutroni e gli elettroni. Queste particelle non sono “statiche” ma “dinamiche”, ossia si muovono come piccolissime trottole, e questo loro movimento è detto “spin” (in inglese vuol dire proprio “trottola”).

Il primo scienziato a parlare di “spin” nel mondo della Fisica subatomica è stato Paul Dirac (1902-1984),

il fisico che elaborò nel 1929 un'equazione che porta il suo nome. Attraverso tale equazione matematica egli spiegò come lo "spin" nasce da un rapporto "complesso" tra Spazio e Tempo, arrivando a dimostrare che per l'evoluzione di una particella nella struttura Spazio-Tempo è necessaria l'esistenza dello "spin". Spazio e Tempo, come già detto, non possono essere reali contemporaneamente, altrimenti questi "mattoni" della materia (protoni, neutroni ed elettroni) non sarebbero in moto e non esisterebbe quindi lo "spin". La scoperta dell'elettrone avvenne nel 1897 da parte di Joseph John Thomson (1856-1940) e fino ad allora nessuno era mai riuscito a

dimostrare l'esistenza di una "particella elementare". Essendo particelle elementari, gli elettroni non si rompono e quindi non possono essere "sezionati". Gli atomi si possono invece dividere perché sono fatti di elettroni e di nuclei. Anche i nuclei sono divisibili, dato che sono fatti di protoni e neutroni. Ci si potrebbe chiedere se anche i protoni e i neutroni si possono, a loro volta, suddividere. Oggi, con l'applicazione della "Tecnologia Quantistica" più avanzata si è visto, al CERN di Ginevra, che tale "rottura" può avvenire, causando detriti sub-nucleari, utilizzando energie di collisione molto grandi, inimmaginabili fino a qualche anno fa (circa 7-8 teraelettronvolt).

Grazie a queste collisioni si è riusciti a ottenere una conferma importante in fisica sub-atomica: l'esistenza del bosone di Higgs!

Gli scienziati, che hanno finora operato nel mondo delle particelle sub-nucleari, hanno dimostrato che tutte le Leggi Fondamentali della Natura sono generate da “principi di Invarianza”, alcuni più noti, come per esempio quello dell'attrazione gravitazionale (principio di Invarianza nello Spazio-Tempo), altri meno noti, come le Forze Deboli, le Forze Elettromagnetiche e le Forze di Colore Sub-Nucleare, le quali nascono in spazi complessi a una o più dimensione (quelle Elettromagnetiche a una dimensione, quelle Deboli a due

dimensioni e quelle di Colore Sub-Nucleare a tre dimensioni).

Tralasciando per ora l'approfondimento sulla natura di tali Forze, ritengo invece importante elencare cosa esse producono:

- a) le *Forze Elettromagnetiche* sono quelle che permettono l'esistenza di atomi e molecole;
- b) le *Forze Deboli*, citando la definizione data dal Prof. Zichichi, sono quelle che permettono al Sole di funzionare come una perfetta candela a fusione nucleare, bruciando lentamente, con estrema regolarità, senza mai spegnersi né esplodere;

c) le *Forze di Colore Sub-Nucleare* sono invece quelle che operano all'interno dei protoni e dei neutroni; sono indispensabili per la Vita, poiché senza di loro non potrebbero esistere i “mattoni” fondamentali della materia (protoni e neutroni), di cui è fatta ogni cosa.

Per capire meglio quali sono le dimensioni con le quali la Fisica Quantistica va a operare, basti pensare che il raggio di un protone è un decimo di millesimo di miliardesimo di centimetro (10^{-13} cm). A questa distanza si dà il nome di “un Fermi”, in onore del grande fisico

italiano. Da tali considerazioni, potremmo ipotizzare per esempio che se un protone fosse come una palla da tennis, io sarei grande come il Sistema Solare. Questo Universo sub-nucleare esiste all'interno di quella infinitesima entità di materia che è il protone. Da qui capiamo che la stessa base dell'Universo è presente in noi perché in comune abbiamo i "mattoni" fondamentali che costituiscono il protone. La nostra esistenza materiale quindi deriva dalle Leggi Fondamentali della Natura e tutto obbedisce alla Logica del Creato. Le particelle elementari non sono altro che piccoli elementi sub-atomici che, grazie alle loro masse così ridotte, possono essere

“accelerati” a velocità molto elevate. Tali particelle sono definite “elementari” perché non possono essere divisibili e, di conseguenza, possono essere considerati i “mattoni” dell’universo.

La particella elementare più conosciuta è “l’elettrone”. L’elettrone si trova un po’ dappertutto: per esempio, si trova in tutto ciò che ha a che fare con l’elettricità, al punto che è definito proprio “la particella dell’elettricità” (basti considerare che l’elettrone è presente e scorre nei cavi elettrici per accendere le lampadine o per scaldare un elettrodomestico). Un’altra particella elementare del tutto simile all’elettrone ma più “pesante” è il *muone*, che però

ha una vita molto più corta; infatti, secondo le conoscenze fisiche attuali, mentre l'elettrone vive praticamente in eterno, il muone a riposo vive circa 2,2 microsecondi ossia 2,2 milionesimi di secondo! C'è da dire che, quando un muone muore, decade quasi sempre in un elettrone e due neutrini (altre particelle sub-atomiche).

Nell'Equazione di Einstein si riscontra il concetto di "*massa*", ossia quanta materia è contenuta in un corpo e, dalla stessa formula, si evince che la massa misura anche *l'energia potenziale* contenuta nella materia. Se questa energia potenziale si potesse liberare dall'intrappolamento della massa avremmo un'energia enorme a

disposizione. Sappiamo che l'energia cinetica di una particella di massa m e velocità v è all'incirca uguale a $mv^2/2$ e l'energia immagazzinata nella massa è mc^2 . Se v è molto più piccola della velocità della luce c allora la nuova formula di Einstein andrà scritta così: $E=mc^2+mv^2/2$ e può essere valida per velocità v fino al 20% della velocità della luce (in tal caso è più evidente infatti la separazione in energia di massa ed energia cinetica); negli altri casi invece la formula più corretta è la seguente: $E=mc^2$.

Più avanti approfondiremo, in un Paragrafo specifico, il concetto di "massa" e le sue caratteristiche

quantistiche.

CAPITOLO 2

L'EVOLUZIONE

SCIENTIFICA DA GALILEI

A HIGGS

2.1 PREMESSA AL CAPITOLO

Nel periodo di tempo tra il 1900 e il 1940 si sono verificate le scoperte più importanti di Fisica Quantistica, a partire dalle osservazioni di Planck per proseguire con quelle di Einstein, Bohr, Heisenberg e tanti altri che citeremo in questo Capitolo. Inizieremo comunque il nostro viaggio da Galileo Galilei che, come già accennato, può essere considerato il padre della fisica “sperimentale” anche se appartiene a un periodo ben più remoto, e concluderemo il Capitolo occupandoci di fisici contemporanei come Heim e Higgs.

Buona parte del Capitolo si concentra sul lavoro svolto dai Padri della Meccanica Quantistica, che rappresenta quel settore della Fisica in grado di descrivere fenomeni che avvengono nel microcosmo, ossia a livello atomico e sub-atomico. Essa nasce grazie alla scoperta dei “pacchetti” di energia di Planck, definiti anche “quanti”. Planck asserisce che l’energia non può avere un valore qualsiasi ma tutti i valori ottenuti devono essere multipli interi di una quantità ben precisa, definita “Costante di Planck” e indicata con il simbolo \hbar . Tale affermazione verrà meglio chiarita nel Paragrafo del presente Capitolo a essa dedicato.

2.2 GALILEO GALILEI

2.2.1 VITA DI GALILEO GALILEI

Nasce a Pisa il 15 febbraio 1564. Studia inizialmente a Firenze per poi proseguire gli studi presso la facoltà di Medicina dell'Università di Pisa. Dopo quattro anni si rende conto che non era quella la sua vera vocazione e si trasferisce nuovamente a Firenze, dove si indirizza negli studi di meccanica e idraulica, oltre a quelli di matematica. Nel 1589 stipula un contratto triennale per una cattedra di matematica presso l'Università di Pisa e dopo si trasferisce presso l'Università di Padova dove rimane per diciotto anni e inizia a frequentare ambienti che stimolano la

sua curiosità anche in altri settori. In questo periodo si occupa di astronomia e inventa strumenti innovativi come, per esempio, il cannocchiale. Nel 1610 rientra a Firenze poiché viene nominato “matematico primario”. Inizialmente le sue scoperte e invenzioni furono accettate anche dalle maggiori autorità scientifiche del tempo, i Gesuiti, però l’entusiasmo ecclesiale si tramutò poi in sospetto e, nel 1611, la Congregazione del Santo Uffizio, in via precauzionale, chiese all’Inquisizione di Padova se nei confronti di Galileo Galilei fosse stato mai aperto in sede locale un procedimento. Tutto ciò perché, all’epoca, la Curia Romana era preoccupata delle conseguenze che

avrebbe avuto la nuova concezione del Sistema Solare sulla teologia tradizionale dell'epoca. Tra il 1612 e il 1615 Galileo Galilei conferma che sono i pianeti che si muovono intorno al Sole e non, come si credeva fino ad allora, il Sole e gli altri pianeti celesti a muoversi intorno alla Terra. Questa concezione di Galileo Galilei (eliocentrica), che andava a confermare quanto era già stato ipotizzato da Copernico, gli causò denunce da parte di alti prelati del Santo Uffizio. Fu convocato dal Cardinale Bellarmino per ordine del Papa e gli fu ordinato di abbandonare tali teorie, ma Galileo, forte delle successive scoperte nel settore dell'astronomia, non ubbidì. Nel 1633 gli fu ordinato di comparire

davanti al Sant'Uffizio di Roma e fu processato e condannato come eretico. Continua comunque a fare ricerca e a produrre invenzioni in svariati settori fino alla sua morte, avvenuta ad Arcetri il 20 dicembre 1641.

2.2.2 GALILEO GALILEI E LA SCIENZA

Galileo Galilei può essere tranquillamente considerato il primo scienziato dell'epoca moderna.

Anche Einstein gli ha attribuito tale merito affermando ciò: *«Tutto ciò che conosciamo della realtà inizia e finisce con l'esperienza. Dato che fu Galileo a rendersene conto per primo, è lui il*

padre della fisica moderna; a dire il vero, lo è di tutta la scienza moderna».

Galileo Galilei è riuscito a trasferire i fenomeni naturali osservati in termini matematici e in effetti ancora oggi gli scienziati sono costretti a misurarsi con il “metodo scientifico”, dove si impone il confronto tra “modelli teorici” e “modelli pratici” (ossia i risultati sperimentali). Ecco che oggi nel mondo della Fisica sono presenti due macro-categorie di fisici: i fisici teorici e i fisici sperimentali. Sono rari coloro che sono in grado di avere dominio contemporaneamente del mondo “teorico” e di quello “sperimentale”, anche se non mancano nomi illustri che sono stati in grado di conciliare

entrambi gli aspetti, per esempio il fisico italiano Enrico Fermi.

Possiamo dire che *la Fisica è una scienza sperimentale dove ogni ipotesi deve essere verificabile.*

Galileo Galilei ebbe anche il merito di essere il primo scienziato capace di trasformare la Fisica da disciplina “descrittiva”, basata semplicemente sull’osservazione dei fenomeni, a disciplina “quantitativa”, ossia basata sulla “misura” dei fenomeni.

L’introduzione del metodo scientifico, specificato nel Capitolo precedente, ha aperto la via per ampliare la conoscenza. Tutto sommato,

tra le prime sperimentazioni condotte da Galilei e le sperimentazioni di successo ottenute recentemente al CERN di Ginevra esiste un comune denominatore: in entrambi i casi vengono create dagli studiosi delle precise condizioni, che siano riproducibili in qualunque momento, utili per comprovare le ipotesi precedentemente formulate.

Galilei, attraverso le sperimentazioni, sfidava le autorità del tempo dimostrando che le sue intuizioni o ipotesi erano esatte, forte anche del fatto che poteva ripetere anche per centinaia di volte le sperimentazioni con risultati sempre uguali. Grazie a Galilei, l'osservazione e la sperimentazione

sono diventate le basi primarie del metodo scientifico denominato, in suo onore, “galileiano”.

Quando i risultati sperimentali contrastano con le previsioni teoriche, allora le ipotesi vengono accantonate per far posto ad altre ipotesi teoriche da sperimentare.

Galileo Galilei amava ripetere che *«tutto ciò che non è misurabile e riproducibile non rientra nell'indagine scientifica»*. Anche se questo può apparire un limite all'attività di ricerca, rappresenta invece *una garanzia della verificabilità dell'operato del ricercatore*.

2.3 JAMES CLERK

MAXWELL

2.3.1 VITA DI JAMES CLERK

MAXWELL

Matematico e fisico scozzese, James Clerk Maxwell nasce a Edimburgo il 13 giugno 1831. Maxwell era una persona molto schiva e riservata e, quando il padre decide di mandarlo a studiare all'Accademia di Edimburgo, si trova spesso isolato. La sua genialità si manifesta fin da ragazzo: già a 14 anni scrive il suo primo articolo scientifico sulla figura dell'ellisse. A 16 anni lascia l'Accademia e si iscrive all'Università

di Edimburgo e, prima ancora di laurearsi, si sposta al Trinity College di Cambridge dove si laurea nel 1854. Nel periodo che va dal 1855 al 1872 pubblica molti articoli. Nel 1859 ottiene il “premio Adams” e nel 1860 “la medaglia Ramford” (all’epoca non esisteva ancora il premio Nobel). Diviene docente universitario al Marischal College di Cambridge, Università che poi si fuse con il King’s College di Aberdeen per costituire l’Università di Aberdeen. Nel 1865, per motivi rimasti ignoti, decide di abbandonare l’Università per ritirarsi nella sua tenuta di Glenlair, in Scozia. Nel 1871 diviene il primo “Caverdish Professor” di Fisica all’Università di

Cambridge. Nel 1879 si ritira dalla sua attività professionale poiché si ammala gravemente. Muore nello stesso anno, a Cambridge, a soli 48 anni. Maxwell era di Fede Cristiana e manifestava la sua Fede anche nell'approccio con l'attività scientifica. Egli si dichiarava un "lettore del libro della natura": in qualità di scienziato, aveva il privilegio di osservare come tutto in natura fosse ordinato e armonioso e riteneva che, attraverso questo ordine, si rivelasse la potenza e la saggezza di Dio.

2.3.2 JAMES CLERK MAXWELL E LA SCIENZA

La Meccanica Quantistica si occupa principalmente di verificare il legame

esistente tra luce e materia. Maxwell fu il primo scienziato ad accorgersi che ogni perturbazione, presente anche nella corrente elettrica, si propaga sotto forma di onda, la cui velocità è pari alla velocità della luce nel vuoto. In parole p o v e r e , *Maxwell arrivò alla conclusione che la radiazione elettromagnetica e la luce erano la stessa cosa.* Mentre però la luce si associa a ciò che è visibile, la radiazione elettromagnetica non è visibile se è al di fuori di un certo “range”: lunghezza d’onda al disotto dei 400 nanometri (settore dell’ultravioletto) e al disopra dei 700 nanometri (settore dell’infrarosso).

Tutto lo spettro elettromagnetico possiede energia, sia quello visibile che quello invisibile, e questo era già stato dimostrato anche sperimentalmente nel 1800 attraverso un'applicazione pratica dell'astronomo tedesco William Herschel. Scomponendo un raggio di luce attraverso un prisma, Herschel applicò un termometro a ciascun fascio di differente colore e, dopo aver individuato il colore rosso, andò ad applicare termometri anche oltre (infrarosso) e notò che la temperatura variava ancora. L'energia quindi è sempre presente, anche nel campo dell'invisibile: basti pensare alle radiazioni ionizzanti o alle onde radio, che vanno a colpire gli elettroni di

un'antenna, producendo un segnale di trasmissione. Riprendendo i concetti espressi da Maxwell, egli sosteneva che *agitando una carica elettrica, si generano delle onde elettromagnetiche*. Questa sua teoria è stata poi applicata nella tecnologia moderna attraverso il funzionamento delle antenne di telecomunicazione.

L e quattro Equazioni di Maxwell rappresentano un punto di riferimento focale della Fisica moderna. Tali equazioni ci dicono che i campi elettrici e quelli magnetici rappresentano due facce della stessa medaglia, in quanto sono delle manifestazioni diverse di uno stesso fenomeno, quello dell'*onda*

elettromagnetica. Le onde elettromagnetiche sono costituite da un campo elettrico associato a un campo magnetico, entrambi variabili, dove l'uno è perpendicolare all'altro. Il fisico *Maxwell fu il primo a misurare la velocità di propagazione nel vuoto delle onde elettromagnetiche,* dimostrando che era identica a quella della luce per cui, anche la stessa luce poteva essere considerata un'onda elettromagnetica che si propaga nello spazio. Quindi *Maxwell riuscì a dimostrare che le onde luminose e tutte le altre onde elettromagnetiche si muovono a una velocità costante che nel vuoto è di circa 300mila chilometri al secondo.*

Le onde elettromagnetiche hanno un'ampia varietà di lunghezza d'onda. Si parte dalle onde di bassa frequenza (la corrente di rete nelle abitazioni, per esempio), per passare alle onde radio (quelle dei telefoni cellulari, dei Wi-Fi, ecc.) fino ad arrivare allo spettro dell'infrarosso, poi alla luce visibile, successivamente allo spettro dell'ultravioletto e infine, arrivando nelle aree delle radiazioni "ionizzanti", ai raggi X, fino ai raggi gamma.

La forza esercitata dai campi elettromagnetici è una delle quattro Forze Fondamentali della Natura. Le altre tre sono: la forza gravitazionale, le forze nucleari forti e quelle deboli,

queste ultime due in grado di tenere insieme gli atomi e i nuclei atomici.

Maxwell volle approfondire la descrizione di *campo elettrico e campo magnetico* fornita da Faraday. Per “campo” innanzitutto si intende *il modo con cui le forze vengono trasmesse a distanza*. Per esempio, la forza gravitazionale agisce su tutto lo spazio terrestre producendo il cosiddetto “campo gravitazionale” e, allo stesso modo, i campi elettrici e magnetici possono esercitare un effetto sulle cariche elettriche anche molto lontane. Se prendiamo, per esempio, un magnete, la sua forza sposterà la polvere di ferro pur posizionata a una certa distanza.

Naturalmente, la forza del magnete sulla polvere di ferro diminuisce allontanandosi da esso. Faraday aveva registrato queste “linee di campo” ricavando alcune semplici regole ma fu poi Maxwell a unificare le osservazioni in una teoria matematica, dato che Faraday era privo di una formazione matematica adeguata. Maxwell riuscì quindi a descrivere tutti i fenomeni elettromagnetici per mezzo di *quattro Equazioni Fondamentali*. Vediamole.

Le seguenti due equazioni omogenee valgono sia nel vuoto che nei mezzi materiali:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad \nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

Le seguenti due equazioni descrivono il modo in cui la materia interagisce con i campi elettrici e magnetici, polarizzandosi:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho \quad \nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$$

Anche Einstein introdusse tali equazioni nella Teoria della Relatività.

Per approfondimenti rimando il Lettore a testi specifici sull'argomento.

2.4 ALBERT EINSTEIN

2.4.1 VITA DI ALBERT EINSTEIN

Einstein nasce a Ulm in Germania nel 1879 e nel 1896 entra al Politecnico Federale di Zurigo. Terminati gli studi, nel 1902 inizia a lavorare all'Ufficio Brevetti di Berna e pochi anni dopo, precisamente nel 1905, inizia a pubblicare diversi articoli scientifici, tra cui la famosa formula di equivalenza tra massa ed energia ($E=mc^2$) e le sue osservazioni sull'elettrodinamica dei corpi in movimento. Grazie alle sue pubblicazioni, nel 1912 ad Einstein viene offerta una Cattedra al Politecnico di Zurigo. Nel 1915 presenta le

equazioni finali della Teoria della Relatività Generale all'Accademia delle Scienze Prussiane con sede a Berlino, ma deve aspettare fino al 1919 per ricevere conferma della validità della Teoria della Relatività, quando l'astronomo Arthur Eddington verifica l'effetto del campo gravitazionale sui raggi luminosi. Da lì a poco, nel 1921, Einstein riceve il premio Nobel per la Fisica, non però grazie alla Teoria della Relatività (ancora osteggiata da molti scienziati), ma per le sue ricerche sull'effetto fotoelettrico. Nel 1933 Einstein deve rifugiarsi all'estero, in quanto, essendo ebreo, rischia di incorrere nella persecuzione nazista. Negli Stati Uniti, dove si trasferisce,

inizia a lavorare presso l'Istituto di Studi Avanzati di Princeton. Nel 1939 avvisa il presidente americano del potenziale distruttivo che avrebbe potuto avere una bomba atomica a cui allora stava lavorando la Germania, per cui incoraggiò gli Stati Uniti a condurre ricerche parallele. Purtroppo l'esito di tali ricerche è storia... Nel 1952 rifiuta di diventare il secondo presidente del nuovo Stato di Israele. Muore a Princeton nel 1955.

2.4.2 ALBERT EINSTEIN E LA SCIENZA

È considerato il più grande fisico del ventesimo secolo, per la genialità e le scoperte che hanno contribuito non poco

a rivoluzionare il progresso scientifico e tecnologico. Basti pensare che oggi non avremmo gran parte degli apparecchi tecnologici che ci circondano senza il suo contributo scientifico. Albert Einstein riuscì a estendere il campo della sua teoria all'intera fisica: partendo da semplici ipotesi, riuscì a estendere i suoi concetti dall'infinitamente piccolo (particelle) all'infinitamente grande (Universo). A differenza di altri fisici teorici, era molto intuitivo ed era un acuto osservatore della natura. I fisici quantistici furono molto influenzati dai lavori di Einstein: basti pensare che il fisico Max Born, uno dei padri della Fisica Quantistica, dichiarò che Einstein

ebbe più influenza sul suo pensiero di qualunque esperienza scientifica. Le teorie di Einstein erano tutte sperimentabili, per cui avevano un grande vantaggio: quello di essere vicine alle esperienze pratiche.

Einstein, osservando la natura, aveva dedotto che, se un corpo è in quiete, ha comunque un'energia. L'energia è una grandezza molto interessante in quanto la sua quantità totale è invariante, ossia se aumenta da una parte, deve diminuire dall'altra. Inoltre, come si evince dall'equazione di Einstein ($E=mc^2$), la stessa massa di un oggetto è una potenziale sorgente di energia poiché la massa può convertirsi in energia. Anche

l'energia stessa può a sua volta comparire sotto forma di massa e il resto dell'energia rimanere come energia cinetica. Prima di Einstein, nessuno aveva considerato che la massa potesse scomparire convertendosi in energia! Dopo che Einstein scoprì e dimostrò ciò, tutti noi non mettiamo in dubbio che massa ed energia siano manifestazioni della stessa cosa, avendo scoperto che entrambe si combinano in un singolo oggetto dello spazio-tempo chiamato "*momento vettore spazio-temporale*", meglio conosciuto dai fisici come "*quadrivettore energia-momento*". Il "*momento*" rappresenta la componente "spazio" del quadrivettore. Da tutte queste considerazioni si deduce

che un oggetto senza massa e con una energia può esistere, dato che la teoria di Einstein permette l'esistenza di particelle senza massa, purché viaggino alla velocità della luce. Per esempio, la stessa luce è fatta di particelle chiamate "fotoni" ed esse non hanno massa. Da qui ci si può ricollegare anche alle Equazioni di Maxwell, che dimostrano come le onde elettromagnetiche si propagano alla velocità della luce, essendo prive di massa.

I due concetti rivoluzionari della Fisica del Novecento sono stati la Meccanica Quantistica e la formula della Relatività Generale: mentre la Meccanica Quantistica è frutto

sicuramente del lavoro di numerosi scienziati (Planck, Schrödinger, Heisenberg, Dirac, Bohr, ecc.), la Relatività Generale è frutto di un solo scienziato, Einstein! La Fisica attuale sta cercando di unificare questi due grandi concetti (Legge del Tutto) e sta facendo molti passi avanti: si tratta di far conciliare la visione di Einstein con la gravitazione e le moderne Teorie Quantistiche. Il fisico Steven Weinberg, premio Nobel per la Fisica nel 1979, disse, riflettendo sugli sforzi compiuti nella ricerca dell'Unificazione: *«Siamo progrediti molto nell'acquisizione di una visione unificata delle forze che agiscono sulle particelle elementari, escludendo la gravitazione, ma è molto*

difficile fare l'ultimo passo e riuscire a inserirla nel quadro».

Oggi, grazie agli enormi progressi scientifici, si può cercare di “azzardare” l’inserimento della forza gravitazionale all’interno della formula rappresentante il Modello Standard, ottenendo di fatto una “Teoria del Tutto”. Personalmente, ho teorizzato una simile possibilità e rimando il Lettore alla parte conclusiva del presente Testo, dove potrà visionare un’Equazione che teorizza la mia “Legge del Tutto”.

2.5 MAX KARL ERNST

PLANCK

2.5.1 VITA DI MAX PLANCK

Nasce a Kiel il 23 aprile 1858. Si trasferisce a Monaco per poter frequentare il ginnasio e poi l'università. Dopo la laurea in Fisica, ottiene la cattedra universitaria a Kiel e a Berlino. Durante la sua vita soffre molto a causa di gravi lutti familiari: perde la moglie e tre figli durante la prima guerra mondiale e, successivamente, un altro figlio durante la seconda guerra mondiale. È comunque un uomo dai profondi principi religiosi e trova sostegno nella Fede. Agli atei amava

ripetere: *«Tutta la materia ha origine ed esiste solo in virtù di una forza che porta le particelle di un atomo a vibrare e mantenere il sistema solare insieme. Dobbiamo supporre che dietro questa forza c'è l'esistenza di una Mente Cosciente e Intelligente. Questa Mente è la matrice di tutta la materia»*. Quindi, il principio di causalità secondo lui non è né vero né falso ma è solo un "Atto di Fede". Max Planck muore a Gottingen il 4 ottobre 1947.

In suo onore, molte università e centri di ricerca, tra cui il Laboratorio di ricerca di Edil Natura Srl, del quale io sono Direttore Scientifico, portano il suo nome.

2.5.2 MAX PLANCK E LA SCIENZA

Max Planck è colui che per primo ha ipotizzato che la natura sia “quantizzata”. Studiando lo spettro tipico di un “corpo nero”, Planck arrivò alla conclusione che la più piccola parte di azione (Energia moltiplicata per il Tempo) non può essere piccola a piacere, ma deve essere uguale a una quantità minima, oggi nota come “Costante di Planck”, che viene indicata con il simbolo \hbar .

La *Legge di Planck* ha resistito fino a oggi a tutte le prove sperimentali. Tale Legge nasce come un’*ipotesi quantistica*. Secondo questa ipotesi,

l'energia meccanica di un oscillatore (un corpo unito a una molla) non può avere un valore qualunque, ma limitato a multipli di una quantità elementare: *il quanto*. Un quanto di energia E è proporzionale alla frequenza ν con la quale vibra l'oscillatore, ossia:

$$E = h\nu$$

Costante di Planck $h = 6,62606957(29) \cdot 10^{-34}$ J/Hz che può essere indicata con il valore $6,6 \cdot 10^{-27}$ erg·s più facile da ricordare.

Nessun ricercatore ci sa spiegare attualmente perché il valore della “*Costante di Planck*” non possa essere

più piccolo di quello teorizzato dallo stesso Planck. Sicuramente, se fosse pari a zero tale valore, noi non potremmo esistere, perché non ci sarebbe un nesso logico-matematico con tutto quello che esiste nel Creato. Facciamo un esempio pratico, osservando l'acqua a livello quantistico. Tutti sappiamo che la molecola di acqua è costituita da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno; l'atomo di idrogeno è costituito da un nucleo composto da un solo protone con intorno un solo elettrone; l'atomo di ossigeno è composto da un nucleo di otto protoni e otto neutroni con intorno una "nuvola elettronica" di otto elettroni. Se la "Costante di Planck" fosse zero, non potrebbero esistere né i

nuclei, né gli atomi e nemmeno la molecola d'acqua! Quindi, si deduce che ogni azione non può essere piccola “a piacere” e che la materia della quale siamo costituiti e che costituisce quello che ci circonda è “quantizzata”. Questo è il motivo per cui non esistono in natura nuclei con quantità frazionate di protoni e neutroni e nemmeno quantità di elettroni “frazionate”, ma esistono solo entità intere.

Questa ipotesi venne poi confermata successivamente. Grazie alla sua scoperta, Planck ricevette nel 1918 il premio Nobel. La Fisica Quantistica, nata proprio grazie a Planck, è stata una vera e propria rivoluzione e ha dato vita

a numerose innovazioni tecnologiche che hanno dato un impulso considerevole al progresso odierno.

Da queste considerazioni, Planck arrivò poi a formulare una relazione tra l'energia di un oscillatore e quella del campo elettromagnetico con il quale è in equilibrio, ossia:

$$u_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/kT} - 1}$$

Si tratta della *distribuzione spettrale dell'energia* che Planck riuscì a trovare inizialmente in modo empirico. Come si denota dalla formula, a ogni elemento del sistema spetta la stessa quantità di

energia che è proporzionale alla temperatura T , a una costante di proporzionalità k e a un fattore numerico che dipende dai dettagli costitutivi dell'elemento in questione.

Planck fu il primo dei fondatori della Teoria Quantistica a ricevere il premio Nobel. In seguito, lo ricevettero anche coloro che continuarono a operare nello sviluppo della Quantistica: Einstein, Bohr, Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Pauli e Born per citarne alcuni.

2.6 NIELS BOHR

2.6.1 VITA DI NIELS BOHR

Nasce a Copenaghen il 7 ottobre 1885 e nella stessa città si laurea in Fisica nel 1911. Si trasferisce a Cambridge grazie a una borsa di studio e si cimenta nello studio dell'elettromagnetismo. Poi si trasferisce a Manchester dove studia insieme a Ernest Rutherford teorie, soprattutto nella formulazione del "modello atomico". Successivamente Bohr diviene professore all'Università di Copenaghen e riceve, nel 1922, il premio Nobel per la Fisica «*per i servizi nell'indagine della struttura degli atomi e della radiazione che emana da essi*». Bohr ha avuto una

famiglia numerosa, ben sei figli di cui uno, il fisico Aage Niels Bohr che ha seguito le orme del padre, ha ricevuto anch'egli il premio Nobel per la Fisica nel 1975. Bohr, come del resto è accaduto anche ad Einstein, durante il nazismo è fuggito dalla sua città natale, trovando rifugio in Svezia, poi a Londra e infine negli Stati Uniti d'America. È rimasto negli USA fino al termine della seconda guerra mondiale, per poi ritornare a Copenaghen, dove muore nel 1962.

2.6.2 NIELS BOHR E LA SCIENZA

Subito dopo la laurea, Bohr iniziò la sua attività di ricercatore e, dopo solo due anni, nel 1913, scrisse un articolo dal

titolo *“Sulla costituzione degli atomi e delle molecole”*, che diede una svolta importante alla Fisica Quantistica. In questo articolo egli presentò ciò che è definito il *“Modello atomico di Bohr”*, cioè un modello dell’atomo di idrogeno, che è il più semplice di tutti gli atomi. L’atomo di idrogeno è costituito infatti da una sola carica positiva nel nucleo (protone) e da un solo elettrone, di carica negativa, che orbita intorno a esso. Nel modello di Bohr, l’elettrone gira intorno al nucleo con un’orbita circolare, come un pianeta intorno al sole. Secondo le teorie di Maxwell, l’elettrone, particella caricata, muovendosi su un’orbita circolare, avrebbe dovuto irradiare onde

elettromagnetiche e perdere energia, per cui l'elettrone avrebbe dovuto descrivere un'orbita a spirale, che lo avrebbe fatto cadere verso il nucleo. Bohr però riuscì a modificare le previsioni di Maxwell, perché suppose che fossero possibili solo determinate orbite, dove l'elettrone non irradiava onde elettromagnetiche e, passando da un'orbita a un'altra, emetteva un *quanto di luce di frequenza ν pari alla differenza di energia meccanica tra le orbite (ΔE) divisa per la Costante di Planck \hbar* . Quindi, applicava la formula di Planck $E = \hbar \nu$, sostituendo a E la quantità ΔE per il processo di emissione della luce da parte degli atomi.

Queste osservazioni portarono, di conseguenza, Bohr a staccarsi dalla Fisica classica poiché nelle sue teorie:

- a) le orbite degli elettroni erano quantizzate a livelli discreti di energia;
- b) gli elettroni nelle orbite accessibili irradiavano energia elettromagnetica;
- c) la luce veniva emessa in modo discontinuo, sotto forma di “quanti”.

Da questo punto la Fisica Quantistica si concentrò sull'atomo e pochi anni dopo, tra il 1921 e il 1922, i fisici Stern

e Gerlach riuscirono a effettuare un esperimento che portò alla scoperta dello “*spin dell’elettrone*”. Lo “spin” è una proprietà quantistica delle particelle che, in un certo senso, equivale a supporre che la particella ruoti su se stessa.

La Meccanica classica veniva ancora utilizzata per il calcolo delle orbite dell’elettrone ma, tra tutte le orbite possibili, venivano ritenute permesse solo quelle corrispondenti a certi valori dell’energia.

Ammettendo che l’irraggiamento e l’assorbimento abbiano luogo solo quando l’elettrone passa da un’orbita a un’altra e che la frequenza dell’onda sia

proporzionale al corrispondente “salto di energia”, è stato allora possibile ricavare la “*Formula di Balmer*” per le righe dello spettro con la “*Costante di Rydberg*” espressa in funzione della Costante di Planck. Tale modello rinunciò a descrivere le transizioni individuali tra gli stati, ignorandone completamente sia le cause sia le modalità. Attraverso prove galileiane, è stato confermato anche che in certi casi limite la frequenza della radiazione emessa dall’elettrone coincide con il moto rotatorio di questo “spin”, cioè proprio con la frequenza che ci si attenderebbe dal punto di vista classico.

Rimando il Lettore per un

approfondimento in merito, nel prossimo Capitolo del presente Testo.

2.7 LOUIS DE BROGLIE

2.7.1 LA VITA E LA RICERCA DI LOUIS DE BROGLIE

Louis de Broglie è un matematico e fisico nato in Francia il 16 agosto 1892. È stato accademico di Francia e vincitore del premio Nobel per la Fisica nel 1929. Le sue teorie sul dualismo onda-particella sono state innovative e hanno dato spunto alla ricerca scientifica, culminata nei lavori di David Bohm (vedi Paragrafo specifico dedicato a Bohm). Louis de Broglie nasce da una nobile famiglia di origine italiane che si trasferì in Francia nel XVII secolo. A soli 18 anni si laurea in

Storia e Diritto, però in seguito il suo interesse si sposta nel mondo scientifico, portandolo a laurearsi in Scienze nel 1913. Per l'intero periodo della prima guerra mondiale, opera come militare presso la postazione di "ascolto" della Torre Eiffel a Parigi. Grazie a suo fratello Maurice, esperto in Fisica sperimentale, si appassiona di Fisica, specializzandosi in Fisica Teorica. Nel 1924 consegue il dottorato in Fisica con una tesi sulla "Teoria dei quanti", dove getta le basi per la futura Meccanica Ondulatoria. L'idea innovativa che de Broglie sviluppò nella sua tesi era quella di associare agli elettroni una lunghezza d'onda secondo la relazione

$$\lambda = \hbar/p$$

dove:

λ rappresenta la lunghezza d'onda

\hbar rappresenta la “Costante di Planck”

p rappresenta la quantità di moto.

De Broglie aveva ipotizzato che anche la materia presentasse il doppio aspetto ondulatorio-corpuscole della radiazione elettromagnetica. Ciò premesso, come succede che in un campo elettromagnetico di frequenza ν e di lunghezza d'onda $\lambda = c/\nu$ (proprietà delle onde), e assumendo un fotone (quanto) di energia $E = \hbar\nu$ con una

quantità di moto $p = \hbar v/c$ (moto di un fotone), così anche a una particella di energia E e di quantità di moto $p = mv$ è associata una lunghezza d'onda $\lambda = c/v$.

Dato che la particella ha massa m , de Broglie mette in relazione la massa m con la frequenza ν attraverso l'equazione:

$$\lambda = \hbar/mv$$

2.7.2 LE ONDE E LA RISONANZA (ONDE PILOTA)

L'atomo è costituito da un nucleo interno e dagli elettroni che si muovono intorno a esso.

Il Lettore potrebbe chiedersi:

L'elettrone si muove sempre oppure è fermo quando la materia non è eccitata esternamente?

La risposta può sembrare sorprendente: *gli elettroni si muovono sempre, senza mai fermarsi e senza consumo di alcuna energia!*

Viene quindi spontanea una seconda domanda:

Come fa un elettrone a girare sempre senza alcun consumo di energia?

La risposta giunge dalla scoperta

effettuata nel 1925 dal fisico de Broglie in merito alle “Onde Pilota”. *Quando un elettrone di un atomo si trova in uno “stato” particolare, ossia all’interno della propria “orbita”, esso può muoversi senza aver bisogno di alcuna energia in quanto è come se si trovasse su un’onda pilota, riuscendo a mantenersi in quelle condizioni all’infinito.*

Questa tesi di de Broglie ricevette l’appoggio di Einstein e, in seguito, fu confermata attraverso sperimentazioni “galileiane”, relative alla diffrazione degli elettroni effettuati dai fisici Davisson, Germer e Thomson. De Broglie, per questa scoperta, riceve il

premio Nobel per la Fisica nel 1929. Successivamente, nel 1932, ottiene la cattedra di Fisica Teorica presso l'Istituto Poincaré e poi, nel 1933, diviene membro dell'Accademia delle Scienze di Francia. Negli anni seguenti, de Broglie si occupa di studi teorici in Meccanica Ondulatoria, di studi sullo spin degli elettroni in particolare, e sulla teoria della luce. De Broglie muore a Louveciennes, in Francia, il 19 marzo 1987.

2.8 ERWIN

SCHRÖDINGER

2.8.1 VITA DI ERWIN

SCHRÖDINGER

Erwin Schrödinger nasce a Vienna il 12 agosto 1887 e si laurea in Fisica nel 1910 con una tesi *“Sulla conduzione dell’elettricità nelle superfici di isolanti in presenza di aria umida”*. Nel 1921 viene nominato docente di Fisica Teorica all’Università di Zurigo e nel 1926 scrive la celebre *“Equazione di Schrödinger”* con la quale spiega la sua versione ondulatoria della Meccanica Quantistica, dimostrando

l'equivalenza matematica tra le sue deduzioni e la Meccanica di Heisenberg. Nel 1927 sostituisce Planck come docente di Fisica Teorica dell'Università di Berlino e nel 1933 abbandona la Germania all'arrivo del potere nazista e si trasferisce negli Stati Uniti. In questo stesso anno riceve il Premio Nobel per la Fisica assieme al fisico Paul Dirac. Due anni dopo conia il termine "*entanglement*", che verrà in seguito approfondito. Negli anni successivi pubblica vari testi scientifici e solo nel 1956 ritorna in Austria, dove muore nel 1961.

2.8.2 ERWIN SCHRÖDINGER E LA SCIENZA

L'Equazione di Schrödinger rappresenta un punto focale nella Fisica Quantistica. Prima della sua formulazione, sul tavolo degli scienziati vi erano diversi risultati sperimentali che non riuscivano a essere sostenuti dalla Fisica Teorica. La Meccanica Ondulatoria di Schrödinger rappresenta una risposta forte al "Principio di Indeterminazione di Heisenberg". Schrödinger preserva la classicità della Fisica attraverso una nuova immagine intuitiva basata su onde anziché su particelle e conia il termine *entanglement*, che rappresenta il più enigmatico fenomeno della Fisica dei Quanti.

Merita un approfondimento specifico

la parte inerente all'*Equazione d'Onda di Schrödinger* data la sua importanza nell'applicazione in Fisica Quantistica. Naturalmente, il lettore meno esperto in fisica può tranquillamente sorvolare la parte che segue, senza correre il rischio di non comprendere il senso generale del Testo.

L'Equazione d'Onda di Schrödinger è un'equazione differenziale alle derivate parziali:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right) + V(x,y,z) \Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t}$$

dove:

Ψ (psi) rappresenta la funzione d'onda;

i rappresenta la radice quadrata di meno uno;

\hbar (acca tagliata) rappresenta la “Costante di Planck” divisa per 2 pi greco.

Nell'Equazione di Schrödinger ci sono pochi simboli però essa descrive una moltitudine di fenomeni differenti.

L'Equazione di Schrödinger presenta come variabile anche la funzione del tempo. Se ignoriamo la sua dipendenza temporale, la funzione ridotta dell'equazione diventa:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + V(x) \Psi(x) = E \Psi(x)$$

Tale semplificazione è accettabile nel nostro settore specifico, dove la funzione del tempo è praticamente ininfluente. Rimane comunque un'equazione differenziale alle derivate parziali e le derivate rappresentano uno strumento utile proprio per descrivere le Leggi della Natura come, per esempio, la temperatura di un metallo, il numero di nuclei radioattivi, la pressione atmosferica, ecc.

Vediamo di specificare meglio cosa rappresentano altri simboli

presenti nell'Equazione di Schrödinger:

m = massa dell'elettrone;

E = energia del sistema;

$V(x)$ = qualsiasi influenza di cui risente l'elettrone; per $V(x)=0$ si considera l'elettrone libero o lontano da qualsiasi disturbo; $V(x) \neq 0$ quando l'elettrone si avvicina a un nucleo e quando è legato a un atomo, in tal caso è dipendente dalla presenza elettrica dei protoni, ossia:

$$V(x) = -K_C \frac{z e^2}{x}$$

dove:

Z = numero dei protoni che identifica l'atomo.

Il nucleo dell'atomo, per facilitazione, viene inserito all'origine delle coordinate, ossia con $x=0$ in modo che, così facendo, la variabile x presente nell'equazione misuri anche la distanza che separa l'elettrone dal nucleo.

Considerando che, nel settore specifico dei solidi è valida l'equazione sopra indicata in quanto ogni singolo elettrone non è libero ma è facente parte dell'atomo della materia, sostituiamo nell'Equazione di

Schrödinger ridotta il simbolo $V(x)$ con la parte equivalente, per cui diventa:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} - K_C \frac{Z e^2}{x} \Psi(x) = E \Psi(x)$$

Il valore di x è basso quando l'elettrone orbita vicino al nucleo e, man mano che orbita sempre più distante dal nucleo, x aumenta di valore. Infatti, dato che x è posto al denominatore, se dividiamo un numero più piccolo dell'unità, il risultato sarà un numero più grande, mentre se il valore di x aumenta, il valore complessivo dell'equazione diminuisce diventando trascurabile.

L'Equazione dimostra che *l'elettrone è molto influenzato dalla carica positiva del protone quando orbita in prossimità del nucleo, mentre è sempre meno influenzato dal nucleo man mano che orbita a distanze maggiori dal nucleo.* Infatti, una delle condizioni imposte a Ψ era che tendesse a zero quando l'elettrone si allontanava dal nucleo. Nell'Equazione di Schrödinger i fenomeni quantistici, come per esempio i salti quantici, vengono interpretati attraverso funzioni continue di variabili continue ma con il linguaggio matematico appartenente alla Fisica classica, ossia delle equazioni differenziali. *Schrödinger fu il primo*

fisico a immaginare (poi è stato ampiamente confermato) che il nucleo atomico fosse avvolto in nuvole di carica elettrica negativa (nuvola elettronica) che vibravano nello spazio e nel tempo seguendo le leggi di Ψ .

In pratica, oggi è accettato e confermato sia quanto stabilito da Bohr – i “salti quantici” dell’elettrone – sia quanto detto da Schrödinger – le “transizioni quantistiche” – dove l’energia si trasmette da una modalità vibrazionale a un’altra.

*Un ulteriore approfondimento merita il concetto di *entanglement*, coniato da Schrödinger nel 1935.*

Prendiamo in esame due particelle A e B, gemellate a livello quantistico in uno stesso stato: se esse vengono allontanate a una distanza arbitraria, in modo che non possano comunicare in alcun modo attraverso sistemi fisici conosciuti, si scopre che, nonostante la distanza, entrambe le particelle rispondono allo stesso modo a una misurazione che viene effettuata separatamente su di esse, mostrando una perfetta sinergia. Ciò significa che, una volta allontanate, se si effettua una misurazione su una particella, per esempio A, si conosce automaticamente il risultato della stessa misurazione praticata su B. Per esempio, nel conoscere il “momento” dell’elettrone

A, conosceremo automaticamente anche quello di B. Einstein chiamò questo effetto “*azione spettrale a distanza*”. Dopo le misurazioni, l’*entanglement* si perde e continua a essere impossibile definire una traiettoria classica per le particelle.

Il lavoro di Schrödinger fu portato avanti da un altro fisico austriaco, *Anton Zeilinger*, che studiò approfonditamente l’*entanglement* delle particelle. Zeilinger ha contribuito in modo determinante a gettare le basi di una tecnologia basata sullo sfruttamento delle singularità quantistiche in ambito informatico e crittografico divenendo un esperto di “*teletrasporto quantistico*”, una tecnica che utilizza l’*entanglement*

per trasferire istantaneamente le caratteristiche di una particella a un'altra, considerando che l'essenza di un atomo sono proprio le sue proprietà e non le particelle materiali che lo costituiscono.

Tutto ciò non invalida comunque un Principio molto importante della Fisica Quantistica, il *Principio di Indeterminazione di Heisenberg*, che andremo a specificare nel paragrafo dedicato appunto al fisico che porta questo nome. Possiamo anticipare che l'*Equazione di Schrödinger*, confrontata con le osservazioni di Heisenberg, attraverso il suo *Principio di Indeterminazione*, porta a identici

risultati, pur affrontando i problemi in modo differente e nonostante tra loro ci fosse grande rivalità. Heisenberg così sintetizzò il suo Principio di Indeterminazione: *«maggiore è la precisione con la quale si determina la posizione di un elettrone, minore è la precisione con cui si conosce il suo momento in quell'istante e viceversa»*. Per la costruzione di una traiettoria di un elettrone o di un corpo, è necessario che siano conosciuti due componenti: la posizione (dove si trova adesso l'elettrone) e il "momento" (individua il verso o lo "spin" in cui si dirige), ma, secondo Heisenberg, non è possibile conoscere contemporaneamente entrambi gli aspetti e tale ignoranza non

ci permette di fare previsioni sulle traiettorie. Heisenberg infatti aveva definito che le entità quantistiche interferiscono reciprocamente per cui vi è sempre un grado di incertezza che non possiamo eliminare.

Nell'ultimo periodo della sua vita, Schrödinger intraprese la sua ultima grande fatica dal punto di vista scientifico: l'unificazione dei concetti di gravità e magnetismo, progetto su cui lavorò ininterrottamente dal 1943 al 1951. Partendo dalla Teoria della Relatività Generale di Einstein, egli cercò di geometrizzare i "domini" dell'elettricità e del magnetismo. Parallelamente lavorò sul progetto anche

lo stesso Einstein ma, purtroppo, nessuno dei due riuscì a ottenere una formula che racchiudesse “La Legge del Tutto”.

2.9 WERNER KARL

HEISENBERG

2.9.1 LA VITA E LA RICERCA DI HEISENBERG

Nasce a Wurzburg in Germania il 5 dicembre 1901 e muore a Monaco di Baviera per una grave malattia il primo febbraio 1976. Heisenberg studia prima presso l'Università Ludwig Maximilian di Monaco e poi presso l'Università Georg-August di Gottinga. Dopo la seconda guerra mondiale viene nominato direttore del Kaiser Wilhelm Institute per la Fisica, poi ribattezzato Istituto "Max Planck" per la Fisica. Rimane

direttore dell'Istituto fino a quando l'Istituto non viene trasferito a Monaco di Baviera, nel 1958. Heisenberg cerca sempre di conciliare la Scienza e la Fede dicendo spesso ai propri studenti: *«Il primo sorso del bicchiere delle scienze naturali vi trasformerà in un ateo, ma sul fondo del bicchiere c'è Dio che vi aspetta».*

Heisenberg è considerato uno dei padri fondatori della Meccanica Quantistica e ha ricevuto il premio Nobel per la Fisica nel 1932. Nel 1925, quindi ancora molto giovane, Heisenberg decide di dedicare i suoi studi a risolvere quello che finora era considerato un problema ostico delle

Fisica: spiegare la Fisica Atomica e la sua connessione con l'idea dei quanti.

Vediamo di ricapitolare quello che era successo storicamente dall'origine della Fisica Quantistica fino ad allora:

Nel 1900 il fisico Max Planck introdusse il concetto di “quanto”, unicamente come artificio matematico per spiegare l'effetto di un corpo che diventava incandescente quando veniva riscaldato a certe temperature e, nello specifico, per spiegare la distribuzione dei colori emessi durante questa fase.

Nel 1905 l'idea di Planck fu colta da Albert Einstein il quale non solo accreditò l'artificio matematico di

Planck, ma si spinse oltre, asserendo che la luce fosse davvero composta di quanti, ossia di particelle distinte tra loro. Ne conseguì la spiegazione scientifica dell'“effetto fotoelettrico”, ossia come la luce riesce a estrarre elettroni da una superficie metallica, che rappresentava uno dei problemi fino ad allora irrisolti.

Nel 1913 il fisico danese Niels Bohr utilizzò i “quanti” per realizzare il suo modello di atomo, che era molto simile ai pianeti che ruotano intorno al Sole. Ottenne un grande successo, perché i quanti erano in grado di spiegare moltissimi fenomeni. Ancora però non era stata trovata alcuna formulazione

matematica della Teoria Quantistica.

Da quel momento l'obiettivo primario per i fisici fu quello di formulare equazioni matematiche fondamentali, con le quali poter descrivere tutti i fenomeni di Fisica Quantistica conosciuti, per arrivare a scoprire le Leggi Fondamentali della Natura.

Nel 1925 Heisenberg provò a trovare le formule giuste e riuscì, almeno in parte, nell'impresa scoprendo una nuova formula matematica con cui ha potuto derivare le Leggi Fondamentali della Fisica Quantistica. Fu una scoperta importante, al punto che nel 1932 ricevette il premio Nobel.

Questo paradigma matematico permise di descrivere il comportamento degli atomi, in particolar modo il tipo di luce emessa, e permise di calcolare il moto degli elettroni attorno al nucleo. Esisteva però ancora un inconveniente da risolvere: per osservare una particella bisogna interagire con essa e quindi, per esempio, per vedere dove si trova un elettrone dobbiamo illuminarlo con un fascio di luce ma, così facendo, forniamo un impulso all'elettrone, come insegna Einstein (effetto fotoelettrico) e perciò, quando l'elettrone viene colpito dalla luce, esso si muoverà con una velocità diversa rispetto alla precedente e, di conseguenza, la velocità che andremmo a osservare non sarà più

quella corretta. Dato che la luce è un insieme di quanti, ossia di particelle distinte, quando esse colpiscono l'elettrone, i quanti di luce possono volare via in direzioni diverse e quindi non si riesce ad avere sotto controllo la velocità dell'elettrone; inoltre, per determinare esattamente la posizione dell'elettrone, dovremmo illuminarlo con lunghezze d'onda sempre più corte ed è risaputo che quanto più corta è la lunghezza d'onda che usiamo, tanto più grande è l'impulso trasferito all'elettrone. Queste osservazioni riassumono esattamente il concetto di *indeterminazione quantistica* espresso da Heisenberg che tradotto in altre parole recita così: *non possiamo*

conoscere contemporaneamente sia la posizione sia la quantità di moto (ovvero la sua velocità moltiplicata per la sua massa) di un oggetto. Se conosciamo molto bene la sua posizione allora non possiamo conoscere bene la sua velocità con cui esso si muove e viceversa. Quindi la quantità di moto e la posizione di un oggetto sono dette grandezze complementari tra loro. Il risultato finale è che non possiamo conoscere il mondo con precisione totale ma dobbiamo sempre operare una scelta.

Applicando tale principio al mondo sub-atomico, il *Principio di Indeterminazione di Heisenberg*

dimostra che l'osservazione di un fenomeno condiziona e modifica il fenomeno stesso. Esso afferma che non è possibile conoscere attraverso l'osservazione contemporaneamente sia la posizione sia la direzione in cui si muove una particella sub-atomica.

Il *Principio di Indeterminazione di Heisenberg* va a influenzare moltissimo le nostre conoscenze sull'atomo: sappiamo che un atomo è formato da un nucleo dove esternamente gravitano gli elettroni e sappiamo che un atomo ha una dimensione di circa 10^{-10} metri, ossia un decimo di miliardesimo di metro. Per quanto concerne un singolo elettrone, sappiamo che si trova

all'interno di questi 10^{-10} metri, però non conosciamo la sua posizione esatta, per cui possiamo dire che l'indeterminazione sulla sua posizione è pari a 10^{-10} metri. Ci si chiede allora quanto possa incidere l'incertezza della posizione dell'elettrone sulla precisione con cui si riesca a conoscere o determinare la sua velocità! Il *Principio di Indeterminazione di Heisenberg* dà una risposta, affermando che *il prodotto tra l'errore sulla misura della posizione e quello sulla misura della velocità non può essere più piccolo di una certa quantità che è il quanto d'azione scoperto da Planck*. Applicando quindi la formula di Heisenberg, si ha che l'incertezza sulla

velocità dell'elettrone nell'atomo è molto grande, nell'ordine di 1000 km al secondo. Altro aspetto noto dell'elettrone è che, anche se confinato dentro l'atomo, esso si muove avanti e indietro e, dato che il suo moto in avanti viene compensato da quello indietro, si può concludere che la velocità media dell'elettrone che gira intorno a un nucleo è zero. Riprendendo la *Formula di Indeterminazione di Heisenberg*, possiamo dedurre ciò: se la velocità media dell'elettrone è zero e l'indeterminazione è dell'ordine di 1000 km al secondo, significa che la velocità dell'elettrone è, al massimo, pari a qualche migliaia di km al secondo. Tale risultato è stato poi confermato dalle

sperimentazioni “galileiane”.

Secondo Heisenberg, tanto più la massa dell'oggetto è grande, tanto più piccola è l'indeterminazione sulla sua velocità. Per esempio, se prendessimo in considerazione il moto di un'automobile, abbiamo che la sua massa sarebbe molto grande e, di conseguenza, l'errore sulla velocità sarebbe molto piccolo. Per un elettrone invece, avendo massa molto piccola, il valore di incertezza non può essere trascurato.

Per giustificare l'indeterminazione sulla quantità di moto, ossia sulla velocità dell'elettrone, e quindi giustificare il fatto che l'elettrone possa

avere in ogni istante velocità diverse, ci si può avvalere delle teorie del fisico francese *Louis de Broglie*, il quale introdusse il concetto di “natura ondulatoria” della materia, dimenticando il concetto di elettrone come punto materiale in movimento. Secondo de Broglie, si può associare un’onda a ogni particella che si muove con una determinata velocità, in modo che la stessa lunghezza d’onda corrisponda proprio alla velocità della particella: *tanto più velocemente la particella si muove, tanto più piccola è la lunghezza dell’onda a essa associata.* Accettando tale teoria, verrebbero assegnate all’elettrone due velocità allo stesso istante. In questo

modo dovremmo sovrapporre onde diverse, con lunghezze d'onda variabili in un certo intervallo di tempo, costruendo così *un pacchetto d'onda*. Ogni lunghezza d'onda corrisponde a una certa quantità di moto, e quindi a una certa velocità.

2.9.2 HEISENBERG E SCHRÖDINGER

C'è stato un periodo di fermento nel campo della Fisica Quantistica tra il 1925 e il 1926. In quel periodo, il fisico tedesco Werner Heisenberg e il fisico austriaco Erwin Schrödinger pubblicarono *la Meccanica delle matrici e l'equazione delle onde*, che rappresentano dei punti fermi della

Meccanica Quantistica. Per quanto riguarda Heisenberg, espose una sua teoria, chiamata "*meccanica delle matrici*" che tralasciava le orbite degli elettroni attorno al nucleo e si occupava invece di aspetti che avrebbero fornito direttamente ciò che era osservabile, cioè gli *spettri*, e ideò alcune regole per calcolare le frequenze di tali linee spettrali e la loro intensità. In seguito il fisico Wolfgang Pauli dimostrò che la teoria di Heisenberg consentiva anche di calcolare i livelli di energia dell'atomo di idrogeno. Per quanto concerne invece Erwin Schrödinger, il suo percorso partì dal concetto di dualità onda-particella proposto dal fisico francese Louis de Broglie. Il fisico francese, considerando

la Legge di Planck, ossia la formula: $E = \hbar \nu$, propose che tale corrispondenza si poteva stabilire anche in senso contrario, associando a ogni particella un'onda di materia. *De Broglie* scoprì quindi che tra la lunghezza d'onda λ e la quantità di moto $p = mv$ della particella c'era una relazione:

$$\lambda = \frac{\hbar}{p}$$

Ovviamente, ciò è valido per la Fisica Quantistica, ossia quella microscopica, dato che la Costante di Planck \hbar è un valore estremamente piccolo e, perciò, la lunghezza d'onda associata a un oggetto macroscopico è completamente trascurabile.

Avvalendosi degli studi precedenti, Schrödinger propose un'equazione che le onde di materia dovevano soddisfare. Egli dimostrò che l'equazione delle onde e la sua soluzione (funzione d'onda), fornivano anche i livelli di energia dell'oscillatore armonico e dell'atomo di idrogeno. Riuscì a dimostrare quindi che l'equazione delle onde e la sua soluzione, attraverso una funzione d'onda, fornivano anche i livelli di energia sia dell'oscillatore armonico sia dell'atomo di idrogeno, dimostrando inoltre che la sua formulazione e quella di Heisenberg erano “matematicamente” equivalenti.

Gli strumenti dati da Heisenberg e da

Schrödinger nella Meccanica Quantistica davano la possibilità ai fisici del tempo di trattare qualunque problema quantistico. In quel periodo vengono alimentati dibattiti che portarono a rotture sempre più radicali tra i “fisici quantistici” e i fisici che portavano avanti l’eredità classica. Un nodo cruciale del dibattito tra i fisici si ebbe quando Heisenberg, nel 1927, formulò il principio chiamato appunto *Principio di Indeterminazione di Heisenberg*. In quel periodo Heisenberg lavorava a Copenaghen con Bohr. Il Principio di Indeterminazione di Heisenberg spiega che: *La precisione Δx con cui si può misurare la posizione x di una particella e la precisione Δp*

con cui si può misurare la sua quantità di moto non sono indipendenti ma devono soddisfare la seguente disuguaglianza:

$$\Delta p \Delta x \geq \frac{\hbar}{4\pi}$$

Come già affermato in precedenza, la conseguenza di questo principio è che non possiamo stabilire allo stesso tempo la posizione e la quantità di moto di una particella con assoluta precisione; quindi, se conosciamo molto bene la sua posizione, non sapremo nulla della sua quantità di moto e viceversa. Siccome la quantità di moto di una particella è funzione della sua velocità, si evince che non possiamo conoscere allo stesso

tempo con assoluta precisione la posizione e la velocità di una particella. In conclusione, il “*Principio di Indeterminazione*” deriva dal fatto che l’osservazione della particella la perturba, introducendo quindi un’indeterminazione nella misurazione.

Il fisico Bose completò il lavoro svolto da Heisenberg: egli trattò i quanti di luce (che dal 1926 poi furono chiamati semplicemente *fotoni*) come particelle indistinguibili le une dalle altre. Infatti, se due particelle quantistiche identiche non hanno una traiettoria definita, ed entrano in interazione, non possiamo né seguirle né distinguerle. La dualità ondacorpusco- lo offre un’interpretazione intuitiva di

questa proprietà: se le due particelle sono tanto lontane che le rispettive onde associate non si sovrappongono, possiamo considerarle come entità separate; quando interagiscono allora interferiscono e si sovrappongono, per cui non è possibile dire con certezza dove si trova una particella e dove si trova l'altra.

2.10 WOLFGANG PAULI

2.10.1 VITA DI WOLFGANG PAULI

Nasce a Vienna il 25 aprile 1900. Molto precoce negli studi, si laurea nel 1918 e, subito dopo, inizia a pubblicare diversi articoli scientifici. Nel 1921, sotto la guida del famoso fisico Sommerfeld, consegue il dottorato in fisica presso l'Università Ludwig-Maximilian di Monaco. Diventa assistente del fisico Max Born all'Università di Gottingen e poi si trasferisce, nel 1923, presso l'Istituto di Niels Bohr a Copenaghen. Dal 1924 al 1928 viene incaricato come docente presso l'Università di Amburgo

e, proprio in quel periodo, formula il “*Principio di Esclusione*” (due elettroni in un atomo non possono avere tutti i numeri quantici uguali) che porta il suo nome e che gli ha permesso di conquistare il premio Nobel per la Fisica nel 1929. Nel 1928 viene nominato professore di Fisica Teorica presso l’Istituto Federale di Tecnologia a Zurigo. Quando scoppia la seconda guerra mondiale Pauli si trasferisce negli Stati Uniti e diventa professore di Fisica Teorica a Princeton, ossia nella stessa università dove operava anche Einstein. Al termine della seconda guerra mondiale rientra in Europa e si stabilisce a Zurigo, dove vive fino alla morte, avvenuta il 15 dicembre 1958 per

una grave malattia.

2.10.2 WOLFGANG PAULI E LA SCIENZA

Wolfgang Pauli era un uomo molto sicuro di sé, privo di inibizioni, anche in presenza di personaggi famosi come, per esempio, Einstein. Un primo incarico gli era stato commissionato dal fisico Sommerfeld: aveva il compito di applicare le regole quantistiche di Bohr, con le proprie modifiche, alla molecola di idrogeno ionizzata. Nel 1922 si riteneva che gli elettroni nel modello di Bohr-Sommerfeld si muovessero in “gusci” o “livelli energetici” all’interno degli atomi, attorno ai quali gli elettroni sembravano addensarsi. Un fattore

importante che aveva aiutato Bohr a costruire il proprio modello “a gusci elettronici” era rappresentato dalla stabilità dei cosiddetti gas nobili.

Verso la fine del 1924 Pauli scoprì la fondamentale regola organizzativa, denominata “*Principio di Esclusione di Pauli*”, che forniva la giustificazione teorica mancante nel modello atomico a strati elettronici che aveva teorizzato Bohr: *le proprietà chimiche di un elemento non sono determinate dal numero totale degli elettroni presenti nel suo atomo, ma solo dalla distribuzione dei suoi elettroni di valenza.* Se tutti gli elettroni in un atomo occupassero il livello energetico più

basso, tutti gli elementi avrebbero le medesime proprietà chimiche. Ciò rappresenta proprio il “*Principio di Esclusione di Pauli*” che governa l’occupazione dei gusci elettronici nel nuovo modello atomico di Bohr e impedisce che gli elettroni si ammassino tutti nel livello energetico minimo. Quindi, il risultato è stato quello di avere quattro numeri o valori per specificare la posizione degli elettroni in un atomo anziché tre, ossia, un elettrone atomico in moto orbitale intorno a un nucleo si muove in tre dimensioni (tre numeri quantici per la sua descrizione) che sono definiti n , k ed m più lo “*spin*”.

Ricapitolando, i quattro valori che determinano il moto degli elettroni attorno al proprio nucleo atomico sono:

- 1) n = momento angolare dell'elettrone nella sua orbita;
- 2) k = forma dell'orbita;
- 3) m = orientamento spaziale dell'elettrone;
- 4) $spin$ = bivalenza della rotazione dell'elettrone intorno a se stesso (può essere del tipo "up" o "down").

Il *Principio di Esclusione di Pauli* afferma che *due particelle dello stesso tipo non possono assumere contemporaneamente lo stesso insieme di numeri quantici* ed è molto

importante poiché dà risposta a fenomeni altrimenti inspiegabili quali, per esempio, il *perché non sprofondiamo attraverso il pavimento o non siamo in grado di attraversare un tavolo con una mano!* Le regole trovate dal fisico Wolfgang Pauli valgono sia per gli elettroni sia per i protoni e neutroni, e quindi interessano il comportamento di tutta la materia.

Andiamo ora ad approfondire il “Principio di Esclusione”.

Mentre il Lettore meno esperto in Fisica delle Particelle potrà trascurare questa parte, senza perdere di vista il senso generale dell’argomento,

consiglio al Lettore più esperto un'attenta lettura della parte che segue, volta a "rispolverare" nozioni sugli "orbitali degli atomi", che torneranno utili quando, in seguito, parlerò di *effetto "spintronico"* applicato alla Tecnologia Quantistica, utilizzato nel Laboratorio "Max Planck" di Novara.

Le "orbite di un atomo" sono così definite:

Ogni orbitale s può ospitare due elettroni, ogni trio di p sei elettroni, il quintetto di d dieci elettroni e il settetto di f quattordici elettroni. Se aumenta l'energia cresce il formato degli

orbitali per cui un atomo si comporta chimicamente in base alla forma e al contenuto dei suoi orbitali più esterni. Quando si “vedono” gli elettroni occupare gli orbitali s p d f , supponiamo di conoscere in anticipo quale sia lo stato energetico dell’atomo (in realtà in laboratorio il ricercatore non sa se l’elettrone è eccitato o se si trova nello stato fondamentale).

Per fare un esempio molto semplice consideriamo un atomo di idrogeno, che contiene un solo elettrone e che ha a disposizione tutti gli orbitali, dato che sono vuoti. Riprendendo l’Equazione di

Schrödinger, la funzione d'onda Ψ_1 indicherà la probabilità di localizzare l'elettrone in un qualsiasi punto dello spazio all'interno dello stato fondamentale dell'orbita di energia minima E_1 ; una funzione d'onda Ψ_2 indicherà la probabilità di localizzare l'elettrone nel successivo stato energetico E_2 , e così via. L'Equazione di Schrödinger può essere applicata, ma in forma più complessa, quando vi è la probabilità che l'elettrone si trovi in un punto qualsiasi, indipendentemente dall'energia (per maggiori dettagli si rimanda ai Testi specifici di

2.10.3 APPLICAZIONE DEL PRINCIPIO DI ESCLUSIONE DI PAULI: GOUDSMIT E UHLENBECK

Nel 1925, il fisico Goudsmit, grande esperto di “*righe spettrali*”, riteneva che il “Principio di Esclusione di Pauli” servisse per riportare un po’ di ordine nella confusione degli spettri atomici ma il suo allievo Uhlenbeck ebbe un’idea che anche lo stesso Pauli aveva già scartato. Questa idea partiva dalla constatazione che un elettrone poteva muoversi su e giù, avanti e indietro, e lateralmente. Ciascuno di questi

differenti modi di muoversi era ciò che i fisici chiamavano un “*grado di libertà*”. Siccome ogni numero quantico corrisponde a un grado di libertà dell’elettrone, Uhlenbeck credeva che il nuovo numero quantico di Pauli significasse che l’elettrone avesse un ulteriore grado di libertà. Per Uhlenbeck un quarto numero quantico implicava che l’elettrone dovesse essere in rotazione. Tuttavia lo “spin” in Fisica classica è un moto di rotazione nelle tre dimensioni. Quindi, se gli elettroni ruotavano nella stessa maniera, come la Terra ruota sul proprio asse, non c’era bisogno di un quarto numero. Pauli sosteneva che il suo nuovo numero quantico si riferisse a qualcosa di “non

descrivibile in termini classici". In Fisica classica il momento angolare, il moto rotatorio nel senso ordinario del termine, può essere orientato in qualsiasi direzione. *Ciò che Uhlenbeck proponeva era una rotazione quantistica, uno spin "a due valori": spin in su (up) o spin in giù (down).* Immaginava questi due possibili stati di spin come rotazione dell'elettrone in senso orario o antiorario su un asse verticale, mentre esso orbita intorno al nucleo atomico. In questo modo l'elettrone avrebbe generato un proprio campo magnetico e si sarebbe comportato come un magnete a sbarra sub-atomico. L'elettrone poteva allinearsi con un campo magnetico

esterno o nella stessa direzione o in direzione opposta.

Inizialmente si credeva che in qualunque orbita elettronica permessa potesse trovar posto una coppia di elettroni purché uno avesse spin “up” e l’altro spin “down”. Tuttavia *queste due direzioni di spin hanno energie molto simili ma non identiche*, il che produce i due livelli energetici leggermente diversi che danno origine, per esempio, ai doppietti dei metalli alcalini negli spettri, ossia alle coppie di righe molto vicine in luogo di una sola.

Uhlenbeck e Goudsmit mostrarono che lo spin dell’elettrone poteva valere $+\frac{1}{2}$ o $-\frac{1}{2}$, valori che soddisfacevano la

condizione di Pauli, ossia che il quarto numero quantico fosse a due valori. Tale teoria fu inviata per la pubblicazione nel 1926, nonostante lo stesso Pauli fosse contrario. Il fisico Kronig, che aveva contribuito al lavoro di Uhlenbeck e Goudsmit verificando gli aspetti matematici delle loro teorie, non se la sentì di andare avanti con la propria pubblicazione, proprio perché osteggiato da Pauli; quando seppe che il lavoro invece venne accettato dalla comunità scientifica con la pubblicazione da parte di Uhlenbeck e Goudsmit, si pentì di essersi fermato prima per non creare attrito con Pauli e, in una lettera inviata al suo collega Kramers, sfogò il proprio dispiacere per

l'occasione perduta dicendo: «*Non avrei affatto ricordato l'accaduto se non per prendermela con i fisici che si atteggiavano a santoni e che sono sempre dannatamente tronfi e sicuri della propria opinione*». Anche Bohr riteneva che Kronig fosse stato uno sciocco e che, se era convinto dell'esattezza delle proprie idee, avrebbe dovuto pubblicare le proprie conclusioni indipendentemente da ciò che pensavano gli altri. Di lì a poco, comunque, tutti i problemi che avevano indotto Pauli a respingere l'idea sullo "spin dell'elettrone" furono risolti. Nonostante la scoperta di Uhlenbeck e Goudsmit, il Nobel fu però assegnato solo a Pauli, nel 1945.

2.10.4 CONCLUSIONE

Se gli atomi sono costituiti prevalentemente da “spazio vuoto”, o meglio da un fondo elettromagnetico denominato “campo di Higgs”, allora potremmo chiederci lecitamente: *perché non possiamo “strizzare” gli atomi come una spugna o far passare un materiale attraverso un altro?*

Se ciò accadesse, allora non solo saremmo in grado di attraversare un tavolo o una parete, ma potremmo anche sprofondare sottoterra e tutto si schiaccerebbe sotto l’influenza dello stesso peso.

Secondo Pauli, il comportamento quantistico degli atomi e delle altre

particelle indica che sono soggetti a regole che impediscono loro di avere la stessa “*funzione d’onda*” o, detto in modo equivalente, le stesse proprietà quantistiche. Pauli ideò questo principio per spiegare il *comportamento degli elettroni all’interno degli atomi*. Gli elettroni preferiscono occupare alcuni “stati energetici” intorno al nucleo, distribuendosi e non ammassandosi sullo “stato energetico” a energia minore. Tra i parametri presenti in Fisica Quantistica vi è lo “spin” che in Fisica classica potrebbe rappresentare il “momento angolare”, e che però è quantizzato e può assumere solo determinati valori. Se considerassimo l’Equazione d’Onda di Schrödinger, per la sua soluzione sono

necessari quattro numeri quantici costituiti da tre coordinate spaziali e dallo “spin”.

La regola di Pauli afferma che due elettroni appartenenti allo stesso atomo non possono avere tutti e quattro i numeri quantici uguali, e quindi due elettroni non possono trovarsi nello stesso posto e possedere le stesse proprietà nello stesso momento. Perciò, all'aumentare del numero di elettroni presenti in un atomo, gli elettroni riempiono gli spazi a loro destinati andando gradualmente a occupare orbite sempre più esterne. *Due elettroni possono occupare lo stato energetico più basso di un atomo, ma solo se i loro*

spin sono antiparalleli (ossia presentano un spin opposto). Tale regola vale anche per le altre particelle come i protoni e i neutroni. Da queste considerazioni si può desumere il perché la materia sia rigida e impermeabile e perché non possiamo penetrarla: nessuna delle particelle che la costituiscono può condividere il suo stato quantistico di energia con un'altra, per cui ne deriva che gli atomi sono intrinsecamente rigidi!

Le regole di Pauli si applicano solo a i “*fermioni*” (i costituenti della materia il cui nome è stato scelto in onore del fisico italiano Enrico Fermi) e non ai “*bosoni*” (particelle che hanno

uno spin uguale a un multiplo intero dell'unità di base, il cui nome è stato scelto in onore al fisico indiano Bose). I "bosoni" sono particelle associate alle forze fondamentali come, per esempio, i fotoni. Non esiste quindi un limite al numero di bosoni che possono occupare lo stesso stato quantico e ciò può portare a un comportamento collettivo coordinato come, per esempio, nel laser, dove molti fotoni dello stesso colore agiscono insieme.

La scoperta di Uhlenbeck e Goudsmit è stata importantissima, anche perché ha aperto la strada in tempi più recenti alla *Tecnologia Spintronica*, evitandole il contrasto con il "Principio di Esclusione

di Pauli". In pratica, poiché la "Spintronica" opera nella modifica dello spin dell'elettrone (che può essere per esempio modificato da "levogiro" a "destrogiro"), essa può agire in questo senso grazie al fatto che un'orbita è occupata in verità da un solo elettrone e laddove si ipotizza l'esistenza di un'orbita occupata da due elettroni con spin opposto, *si sta in realtà parlando di due orbite molto vicine ma non coincidenti, occupata ciascuna dal proprio elettrone.*

2.11 JOHN BELL E

DAVID BOHM

2.11.1 JOHN BELL

Fisico irlandese, nasce a Belfast il 28 giugno 1928. John Bell si laurea in Fisica alla Queen University di Belfast nel 1948 ottenendo poi il dottorato di ricerca all'Università di Birmingham, specializzandosi in Fisica Nucleare e Teoria Quantistica dei Campi. Inizia a operare presso l'Agenzia per l'Energia Atomica di Malvern e poi a Harwell. Dopo una discreta esperienza teorico/pratica, si sposta presso il CERN di Ginevra operando esclusivamente, dal punto di vista

teorico, sulla Fisica delle Particelle e, dal punto di vista pratico, sugli acceleratori di particelle. Il CERN fu fondato dopo la seconda guerra mondiale, come punto di incontro per i fisici che desiderassero collaborare, scambiarsi idee e approfondire insieme gli stessi studi scientifici. Il CERN oggi raccoglie ogni genere di macchinari all'avanguardia, come gli acceleratori di particelle.

Bell approda al CERN nel 1960, felicissimo di questa opportunità, essendo stato sempre stimolato dalla ricerca quantistica. Si pensava allora che i giganti della Fisica Quantistica come Schrödinger, Bohr, Heisenberg, Dirac avessero già dato una risposta a

tutte le domande nel settore, per cui i fisici del tempo non prendevano in grande considerazione le preoccupazioni di Bell sulla Meccanica Quantistica.

Nel 1964 l'analisi della struttura fondamentale della Meccanica Quantistica intrapresa dal fisico John Bell è stata supportata da esperimenti effettuati da Alain Aspect a partire dagli anni Settanta del secolo appena trascorso. Aspect considera tale periodo come la "seconda rivoluzione quantistica", in quanto considera il lavoro di Bell una svolta importante nella ricerca in Meccanica Quantistica poiché ha aperto la strada a rapidi sviluppi sperimentali e tecnologici nel settore della fisica dei quanti. Bell non

riesce a ricevere il premio Nobel per la Fisica, al quale era stato candidato, perché muore improvvisamente il primo ottobre 1990 per una emorragia cerebrale.

2.11.2 IL TEOREMA DI BELL

Il Teorema di Bell, che ha reso celebre il fisico nel suo ambiente, dimostra come l'interazione tra due particelle crea una forma di collegamento tra esse che va al di là dello spazio e del tempo, dato che ogni particella mantiene una "memoria" dell'interazione avuta e il comportamento dell'una continua a condizionare il comportamento dell'altra, indipendentemente dallo "spazio" e dal "tempo". Il Teorema di

Bell è frutto della ricerca del fisico, stimolato dalle precedenti sperimentazioni del gruppo EPR (Einstein, Podolsky e Rosen), che aveva sperimentato la separazione di due particelle “gemelle”, ossia nate durante un medesimo evento, e aveva osservato come variasse il comportamento di una al modificarsi del comportamento dell'altra. Per esempio, *il gruppo EPR, una volta allontanate due particelle gemelle tra loro, era intervenuto su una modificandone lo “spin” (il senso di rotazione) e aveva notato che anche l'altra particella modificava il proprio “spin” istantaneamente.* I fisici del gruppo EPR avevano dedotto allora che tale fenomeno era al di fuori del

rapporto spazio-tempo, dato che il collegamento era istantaneo. Lo stesso gruppo EPR rimase sbalordito e non seppe dare una spiegazione dell'evento, fino a quando *Bell formalizzò l'evento attraverso il suo Teorema.*

Il *Teorema di Bell* può persino essere utile per giustificare alcuni fenomeni considerati “paranormali” come, per esempio, la telepatia. Infatti, si è visto anche che non è necessario che due particelle siano gemelle per ottenere l'evento sopra riportato, in quanto è sufficiente che le particelle abbiano interagito in modo profondo tra di loro.

2.11.3 DAVID BOHM

David Bohm è considerato uno dei fisici

quantistici più geniali e aperto alle novità, il quale per tutta la sua vita professionale si è sforzato di riunire tutte le scoperte fatte in precedenza dai fisici in una “Legge del Tutto”, senza però riuscirci.

Bohm nasce il 20 dicembre 1917 a Wilkes-Barre in Pennsylvania (USA) e si laurea in Fisica nel 1939. Dopo la seconda guerra mondiale lavora con Einstein all’Università di Princeton. Sviluppa nel 1952 una Teoria definita “*a variabili nascoste non locali di riferimento*”, con la quale cerca di conciliare i risultati della Fisica Quantistica originata da Planck con quelli della Fisica Quantistica

Relativistica originata da Einstein (chiamata “Teoria Quantistica dei Campi”) e cerca di superare la natura aleatoria della Fisica Quantistica. Vediamo più in dettaglio di comprendere le basi di questa teoria.

Bohm nel 1952, durante il Congresso Internazionale di Fisica (Congresso Solvay), riprende un intervento del fisico De Broglie sulle “*onde pilota*” e presenta una specifica proposta di completamento di tale Teoria nel settore della Meccanica Quantistica, utilizzando come “variabile nascosta” la posizione della particella nello spazio. Bohm, nella sua teoria, non solo codifica le informazioni sulla possibile posizione

della particella, ma la “pilota” verso le possibili posizioni nelle quali potrebbe trovarsi. In questa fase di dibattito interviene Bell il quale conferma che è possibile un completamento della teoria delle particelle con l'utilizzo delle “variabili nascoste”, accettando la “non localizzazione” delle particelle. Questa sua idea rappresenta il principale contributo al dibattito sul tema “località/non località” della Meccanica Quantistica.

Nel caso di più particelle, l'onda pilota si propaga nello spazio astratto dove i punti sono identificati dall'insieme delle coordinate di tutte le particelle che costituiscono il sistema. *Se l'onda pilota descrive uno stato di*

entanglement, fa da onda portante su tutte le altre, per cui la traiettoria di ciascuna particella dipenderà istantaneamente dall'onda pilota e dalle altre (onda portata). Tutto ciò fa da supporto logico-scientifico anche al principio di funzionamento di alcune Applicazioni Tecnologiche Quantistiche che andrò ad approfondire nella Seconda Parte del Testo.

Proprio come una corrente oceanica trascina un nuotatore o una nave, l'onda pilota produce una corrente che è responsabile del moto di una particella. Questa ha una traiettoria ben definita, determinata da valori esatti della posizione e della velocità che

possiede in ogni istante, ma che il Principio di Indeterminazione “nasconde”, impedendo a uno sperimentatore di misurarli.

David Bohm suppone che le particelle siano autentici corpuscoli, ma che i movimenti di questi ultimi siano diretti da una “*onda guida o pilota*”. Questa onda agisce come un “campo di informazione” che impone al corpuscolo la sua traiettoria, un po’ come un messaggio radio che impartisca a un aereo l’ordine di cambiare direzione. In questa teoria la posizione del corpuscolo è sempre ben definita, anche se non sempre è nota. Non interviene alcun fattore causale perché, per

spiegare come le onde guidano i corpuscoli, vengono introdotte esplicitamente delle leggi deterministiche.

Merito di Bohm è stato quello di aver sviluppato il concetto di “onde pilota” delle quali aveva teorizzato l’esistenza il fisico Louis De Broglie, fino a elaborare la cosiddetta “interpretazione di Bohm” in Meccanica Quantistica (nata come “Teoria de Broglie-Bohm”).

Leggendo gli articoli di Bohm, il fisico Bell disse di aver «visto l’impossibile realizzato». Chissà come sarebbe entusiasta oggi Bell vedendo applicata praticamente la sua teoria insieme a quella di Bohm attraverso la

Nanotecnologia Quantistica che verrà trattata nella Seconda Parte del Testo!

Bohm afferma che «*le singole particelle seguono traiettorie ben definite e in ogni istante sono ben determinate, qualunque sia la loro posizione e la quantità di moto e, quindi, la velocità*». Tutto ciò sembrerebbe in contrasto con il “Principio di Indeterminazione di Heisenberg” e allora ci si chiede come abbia fatto Bohm a eludere tale principio: Bohm ipotizza che le sue particelle siano guidate da una qualche forza aggiuntiva, da un “potenziale quantistico” che le fa finire esattamente dove predetto dalla Meccanica

Quantistica. Bohm mantiene un atteggiamento critico nei confronti di molti suoi colleghi, molto più rigidi, legati al Principio di Indeterminazione di Heisenberg, per il quale è impossibile misurare con precisione contemporaneamente sia la posizione sia la velocità di una particella subatomica.

Bohm insiste nel dire che la Scienza è in continuo divenire per cui non si possono escludere a priori possibili futuri sviluppi che superino il Principio di Indeterminazione di Heisenberg e aprano la strada a connessioni casuali. In questo modo non si arrende all'idea del "caso" che governerebbe il mondo

atomico e sub-atomico. Egli ripropone una “casualità” facendo riferimento soprattutto al principio di “non località” proponendo l’idea di un Universo come un tutt’uno, senza separazioni, dove ogni piccolo frammento è in connessione costante con il “Tutto”: in sostanza propone un modello olografico dell’Universo. Da queste considerazioni Bohm elabora la “*Teoria dell’ordine implicato*”, che fu confermata da un esperimento noto come “paradosso EPR”, convalidato scientificamente nel 1982. In questo esperimento, come già accennato precedentemente (denominato EPR dalle iniziali dei suoi ideatori: Einstein, Podolsky e Rosen), si dimostra che le particelle sub-atomiche, anche

molto lontane, comunicano tra loro informazioni in modo istantaneo, a una velocità che potrebbe essere la velocità della luce, o anche oltre, e ciò sarebbe un limite invalicabile (ecco perché fu chiamato paradosso). Secondo la Teoria dell'ordine implicato di Bohm, le particelle sarebbero in continuo contatto perché in realtà non sono separate, bensì parte di una stessa entità unitaria. È come se in questa entità unitaria fosse presente un'intelligenza capace di governare le sue varie parti, appunto ogni piccola particella, in un modo che la scienza e la coscienza umana non sono ancora riuscite a comprendere.

La teoria fisica proposta da Bohm fu

considerata estranea all'ortodossia quantistica classica e fu definita "Meccanica Bohmiana", proprio per sottolinearne la specificità. Un concetto fondamentale della teoria bohmiana è il "potenziale quantico", che acquisisce energia da un campo definito "campo del punto zero" (quello che il premio Nobel per la fisica Frank Wilczek chiama "La Griglia") che sarebbe sottostante a tutta la creazione materiale.

Sintetizzando il pensiero di Bohm: *«Lo spazio non è vuoto. È pieno, è un pieno in opposizione al vuoto assoluto, ed è il terreno che permette l'esistenza di ogni cosa, inclusi noi stessi. L'Universo non è separato da questo*

mare cosmico di energia, è un'increspatura sulla sua superficie, una specie di area di eccitazione nel mezzo di un oceano incomparabilmente vasto. Questa area di eccitazione è relativamente autonoma e dà luogo a proiezioni approssimativamente ricorrenti, stabili e separabili in un ordine di manifestazione tridimensionale».

Questo concetto trova eco in ciò che a sua volta scriverà Frank Wilczek: «Là dove i nostri occhi non vedono nulla, il nostro cervello, considerando le rivelazioni di esperimenti messi a punto con grande precisione, scopre la Griglia che alimenta la realtà fisica... ciò che percepiamo come spazio vuoto

in realtà è un mezzo potente la cui attività modella il mondo».

Bohm non poteva incontrare molto favore tra gli scienziati “ortodossi”, dei quali egli criticava la mentalità essenzialmente matematica, che eludeva ogni riflessione su quelle che potevano essere le basi filosofiche della ricerca scientifica; in particolar modo, non era contento dell'eccessiva specializzazione che tende a frammentare la scienza, come accade anche oggi in molti settori, come per esempio la medicina.

Bohm diceva: «*Gli scienziati che operano in un dato ramo, difficilmente sanno cosa sta succedendo in un campo di studi leggermente differente dal*

loro, e questo processo continua. La conoscenza è frammentata. Ogni cosa viene fatta in mille pezzi».

Bohm quindi amava operare in modo diametralmente opposto, cercando di unire le varie conoscenze e non di frammentarle. Questo suo atteggiamento scientifico ha influenzato molti fisici contemporanei.

Bohm muore a Londra il 27 ottobre 1992.

2.11.4 JOHN BELL E DAVID

BOHM

Bell si proponeva di rispondere a una domanda molto importante: *esiste un'estensione della Meccanica*

Quantistica tramite “variabili nascoste locali”, i cui valori possono non essere influenzati da alcun tipo di azione a distanza? La “Disuguaglianza di Bell” cercava di rispondere a tale domanda.

La “Disuguaglianza di Bell” per coppie di fotoni ipotizza che i risultati delle singole misure siano determinati da “variabili nascoste locali” e lo dimostra anche con sperimentazioni “galileiane”. Tuttavia di recente (nel 2001) i fisici americani Mary Rowe e David Wineland con i loro colleghi del National Institute of Standards and Technology (NIST) di Boulder, in Colorado, hanno portato a termine un esperimento misurando degli ioni, cioè

atomi dotati di carica elettrica, e nelle prove sperimentali hanno dimostrato la violazione della Disuguaglianza di Bell.

Bell si chiese all'inizio della sua carriera di sperimentatore perché nessuno gli avesse parlato della teoria dell'onda pilota. Una volta appreso l'esistenza di tale teoria, fece una scoperta sorprendente: era possibile decidere tra le predizioni della Meccanica Quantistica e quelle di qualunque teoria a "variabili nascoste" locale, misurando le correlazioni di coppie di elettroni per una data disposizione dei rilevatori di "spin" e, poi, ripetendo l'esperimento con una diversa orientazione. Ciò consentiva a

Bell di calcolare la correlazione totale per entrambi gli insiemi di orientazione in termini dei singoli risultati predetti in qualunque teoria a variabili nascoste locali. Bell infatti riuscì a calcolare i limiti del grado di correlazione degli “spin” tra coppie di elettroni *entangled* in un esperimento EPR modificato secondo le teorie di Bohm.

Il “Teorema di Bell” affermava che nessuna “teoria a variabili nascoste” locale poteva riprodurre il medesimo insieme di correlazioni della Meccanica Quantistica. Quindi, qualunque “teoria a variabili nascoste” locale avrebbe condotto a correlazioni di spin che generavano numeri, chiamati “coefficienti di correlazione”, compresi

tra $+2$ e -2 . Invece, per certe orientazioni dei rilevatori di spin, la Meccanica Quantistica prediceva coefficienti di correlazione che cadevano al di fuori dell'intervallo ("Disuguaglianza di Bell"), che andava da -2 a $+2$. Il Teorema di Bell allora fu ignorato.

Qualche anno dopo però un giovane ricercatore, John Clauser, si propose di sperimentare e confermare il Teorema di Bell. Nel 1969, assieme ad altri fisici, usò per la sperimentazione "coppie di fotoni" correlati invece di elettroni, e questo cambiamento era possibile perché i fotoni hanno una proprietà chiamata "*polarizzazione*" che, ai fini della verifica, svolgeva lo stesso ruolo

dello “spin quantistico”. Proprio come nel caso degli elettroni e dello spin, se si misura la polarizzazione di un fotone lungo la direzione x e questa risulta “su”, allora quella dell’altro risulterà “giù”, dal momento che la combinazione delle polarizzazioni dei due fotoni deve essere nulla. Il motivo per cui vennero utilizzati fotoni anziché elettroni era che i fotoni erano più facili da produrre in laboratorio, soprattutto tenendo conto che nell’esperimento si sarebbero dovute sottoporre a misurazione numerose coppie di particelle. Nel 1972 il team era pronto per mettere alla prova la Disuguaglianza di Bell e, dopo circa 200 ore di misurazioni, trovò effettivamente che il livello delle

correlazioni tra i fotoni violava la Disuguaglianza di Bell.

Una prova ancor più rigorosa fu eseguita successivamente dal fisico Alain Aspect tra il 1981 e il 1982. Egli poté utilizzare le più recenti innovazioni tecnologiche per la sperimentazione, compreso laser e computer. Aspect, come Clauser, misurò la correlazione delle polarizzazioni di coppie di fotoni *entangled* che si muovevano in direzioni opposte dopo essere stati emessi simultaneamente da un atomo di calcio. Gli esperimenti di Aspect misero in luce la più rilevante violazione della Disuguaglianza di Bell mai ottenuta e un validissimo accordo con i principi della Meccanica Quantistica.

Bell aveva dedotto la Disuguaglianza da due soli presupposti:

- 1) *Esiste una realtà indipendente dall'osservatore.* Ciò si traduce nel fatto che una particella ha una ben definita proprietà, come lo “spin”, prima di essere sottoposta a misurazione.
- 2) *Viene mantenuta la località.* Non esiste un'interazione più veloce della luce, per cui “ciò che accade qui” non può in alcun modo influenzare istantaneamente “ciò che accade laggiù”.

I risultati di Aspect significavano che uno di questi due presupposti doveva essere abbandonato e, secondo Bell,

poteva essere “la località”, dato che la realtà ha una dipendenza (lo spin) anche se non viene osservata.

La verifica della Disuguaglianza di Bell contribuì in modo diretto o indiretto alla moltiplicazione di nuove aree di ricerca, tra le quali la Crittografia Quantistica, la Teoria Quantistica dell'Informazione e il Calcolo Quantistico. Su questo, rimando il Lettore ad alcuni approfondimenti di tipo applicativo che sono riportati nella Seconda Parte del Testo. Tra le più interessanti aree vi è quella del “teletrasporto quantistico”, che sfrutta i fenomeni di *entanglement*. Sebbene la cosa sembri appartenere a un mondo

fantascientifico, nel 1997 ben due gruppi di fisici riuscirono a “teletrasportare” una particella, ossia fu trasferito il suo stato quantistico a una seconda particella che si trovava altrove, per cui di fatto fu teletrasportata la particella iniziale da un luogo a un altro.

2.12 BURKHARD HEIM

2.12.1 LA VITA E LA RICERCA DI BURKHARD HEIM

Burkhard Heim nasce a Potsdam, in Germania, il 9 febbraio 1925. Dedicò gran parte della sua vita alla ricerca di una teoria di campo unificata che sia in grado di mettere insieme la Relatività Generale e la Meccanica Quantistica. Fin da giovane, durante la seconda guerra mondiale, viene reclutato dai nazisti e a soli 19 anni viene quasi accecato dall'esplosione accidentale di un ordigno, riportando anche seri danni all'udito e perdendo anche entrambe le mani. Nel 1946, grazie al sostegno della

sua famiglia, studia chimica e fisica presso l'Università di Gottingen e si laurea in Fisica nel 1949. Successivamente lavora presso l'Istituto "Max Planck" per la Fisica a Gottingen. La sua Teoria, denominata "Teoria di Heim", non fu mai presa in seria considerazione dal mondo scientifico, fino a quando, nel 2005, la NASA ha deciso di darle credito e ha iniziato delle sperimentazioni di verifica. Credo però che ci vorrà ancora del tempo prima di conoscere i risultati.

Heim per anni si cimenta per cercare di unificare le equazioni della Relatività di Einstein e le scoperte di Fisica Quantistica e tutta la sua fatica sembrava

avere dato frutti nell'ultimo periodo della sua vita. L'elemento introdotto da Heim per rappresentare entrambe le teorie fu chiamato "*selettore*", in sostituzione della parola "*vettore*", che veniva utilizzato in Fisica a livello macroscopico. È bene ricordare che bisognava unificare i sistemi macroscopici (Relatività Generale) con quelli microscopici (Fisica dei Quanti), ossia unificare quello basato sulla matematica di massima precisione con quello basato sulle probabilità statistiche, come aveva anche confermato Heisenberg con il suo Principio di Indeterminazione.

Heim, attraverso delle equazioni,

introduce uno spazio che possiamo definire “a più dimensioni”, formato da elementi non divisibili definiti *metroni* (unità infinitesime di superficie) e *crononi* (unità infinitesime di tempo). Heim ricava altre tre dimensioni virtuali per lo spazio e una per il tempo, oltre alle quattro dimensioni già presenti a livello tradizionale. La cosa più importante di Heim credo sia stata l'introduzione nelle sue equazioni di altre tipologie di particelle, oltre a quelle già note come i fotoni, i protoni, gli elettroni, i neutroni e i gravitoni. Si tratta di particelle definite da Heim *gravitofotoni* e *quintessenza*. È interessante verificare come la sua Teoria permetta di ricavare il valore

esatto per ogni costante di rappresentazione.

Heim formula delle equazioni nuove rispetto a quelle di Maxwell, che oltre alle componenti elettriche e magnetiche, presentano una nuova componente che è quella gravitazionale; questa, a sua volta, dà origine a nuovi campi elettrici e magnetici per cui l'onda complessiva non si propaga più linearmente ma attraverso uno "spin levogiro". Man mano che queste onde si estendono, si nota che vi sono nello spazio fenomeni di "interferenza" con altre onde che presentano lo "spin destrogiro" (effetto di rotazione discorde), fatto che alcuni scienziati definiscono "*simmetria*

bilaterale". Secondo Heim è necessario risalire alla natura delle sorgenti che, grazie alla loro interferenza, vanno a definire fenomeni di moto che si propaga non circolarmente ma a spirale, creando forme spaziali che dipendono dall'interferenza di onde diverse nello spazio. Da queste interferenze si spiegherebbero tanti fenomeni, compreso gli effetti macroscopici presenti in natura.

La Teoria di Heim, anche se complessa, può essere fondamentale per arrivare alla "Teoria del Tutto": unisce infatti in modo algoritmico la Relatività di Einstein con la Meccanica Quantistica. Purtroppo Heim non si

appoggiò ad alcun Istituto di Ricerca (avremmo avuto piacere a ospitarlo nel nostro Istituto, ma è mancato poco prima dell'Ufficializzazione del nostro Laboratorio di Fisica Sperimentale), per cui il mondo accademico non ha rivolto alcuna attenzione alle sue ricerche. Quindi, finora le sperimentazioni "galileiane" delle sue teorie non sono ancora state eseguite, forse anche per i costi elevati di sperimentazione. Il mondo scientifico si è inoltre concentrato sulle teorie di Peter Higgs e anche se tale sperimentazione, come si vedrà approfonditamente nel prossimo Paragrafo, è costata veramente molto (più di 6 miliardi di Euro!), ha portato a un risultato fondamentale per lo

sviluppo futuro della “Tecnologia Quantistica”.

Heim amava dire che «*qualunque sistema complesso può essere visto come una miscela di segnali semplici*». Heim, nell'approfondire le caratteristiche delle due nuove particelle, ossia i *gravitofotoni* e la *quintessenza*, aveva teorizzato che la *quintessenza* presentasse un'interazione di tipo repulsivo che andava ad agire direttamente sulla materia spaziotempo, mentre il *gravitofotone* è forse una particella in grado di manifestare un'interazione mediatrice tra le azioni attrattive e repulsive della gravità sulla materia.

La conseguenza della Teoria di Heim è che *tutto ciò che nella realtà viene osservato deriva dalla luce che viene trasportata dai fotoni*; questa luce si aggrega in diversi tipi di forme, che dipendono proprio dalle sovrapposizioni delle onde a spirale, che a loro volta sono in grado di generare varie tipologie di particelle atomiche e sub-atomiche.

2.12.2 CONSIDERAZIONI DELL'AUTORE

Ho avuto il piacere di conoscere Heim diversi anni fa, prima che ci lasciasse nell'anno 2001, e ho avuto la netta sensazione che si trattasse di un personaggio davvero straordinario, una

mente brillante, capace di “illuminare” con il suo pensiero il percorso degli studiosi del ramo.

All’epoca io ero alla ricerca di strumenti per dimostrare l’esistenza di fenomeni naturali, in particolare di radiazioni naturali provenienti dal sottosuolo, capaci di provocare danni alla salute umana, persino tumori. Scopo della ricerca era poi quello di cercare un rimedio a questo problema, cioè trovare un sistema in grado di proteggere l’Uomo da tali fenomeni. Agli inizi della mia ricerca, l’unico modo conosciuto per poter “tamponare” tali radiazioni naturali era uno spessore considerevole di piombo, ma si trattava

di un rimedio poco pratico e difficile da applicare. Così, dopo anni di ricerca e di studi in Fisica delle Particelle e dopo numerose sperimentazioni pratiche con i miei collaboratori, ho messo a punto un prodotto in grado di “diffrangere” tali radiazioni naturali.

Rimando il Lettore alla Seconda Parte del Testo, dove avrà la possibilità di approfondire la “Tecnologia Quantistica”, attraverso lo sviluppo e la produzione di prodotti innovativi e utilissimi, in particolar modo nel settore sanitario e nel settore dell’elettronica.

2.13 PETER HIGGS

2.13.1 LA VITA E LA RICERCA DI PETER HIGGS

Peter Higgs nasce a Newcastle, in Inghilterra, il 29 maggio 1929. Si laurea in Fisica Teorica presso il King's College di Londra. In seguito diventa docente presso l'Università di Edimburgo divenendone poi, nel 1996, professore emerito. Higgs diventa famoso grazie all'ipotesi formulata nel 1964 all'interno della "teoria elettrodebole", nella quale spiega l'origine della massa delle particelle elementari e, in particolare, dei bosoni. Il meccanismo da lui teorizzato prevede

l'esistenza di una nuova particella subatomica denominata "bosone di Higgs", conosciuta anche con il nome di "particella di Dio". A dire il vero, Higgs non amava tale appellativo perché temeva potesse offendere le persone di fede cattolica, tuttavia, quando è stata confermata la sua esistenza, il "bosone di Higgs" è risultato molto importante per la Vita di tutte le cose, perciò credo che anche i cattolici siano contenti dell'associazione *bosone di Higgs-particella di Dio*.

Il mondo scientifico fin dall'inizio ha ritenuto il bosone una particella che avesse grande possibilità di esistere, al punto da inserirla preventivamente all'interno del Modello Standard, che

raggruppa tutte le particelle appartenenti alle forze fondamentali della natura, con la sola eccezione della forza gravitazionale.

Nella sua teoria Higgs ipotizzò che la massa delle particelle in genere e, nello specifico, quella dei “bosoni W e Z^0 ”, sia dovuta a un campo di interazione (denominato poi “campo di Higgs”) che pervade tutto l’Universo. Egli associò a tale “campo” un “quanto” denominato poi “bosone di Higgs”, analogo del fotone nel caso del campo elettromagnetico. Senza il “campo di Higgs” le particelle non avrebbero massa e viaggerebbero quindi alla velocità della luce. Higgs teorizzò tutto ciò dicendo anche che, se non esistesse

il “campo di Higgs”, le particelle sarebbero senza massa e continuerebbero per sempre il loro viaggio con la conseguente impossibilità della formazione di atomi. Con uno sforzo tecnologico e scientifico durato oltre vent’anni, gli esperimenti effettuati, anche tramite l’acceleratore di particelle LHC del CERN di Ginevra, il 4 luglio 2012 hanno permesso la definitiva scoperta del “bosone di Higgs”; la conferma della cui esistenza è stata annunciata ufficialmente il 6 marzo 2013 durante una conferenza tenuta dai fisici del CERN a La Thuile, in Val d’Aosta. La scoperta è valsa a Higgs il premio Nobel 2013 per la Fisica.

Per dovere di cronaca, nel 1964

Higgs aveva accennato alla possibilità dell'esistenza di un "bosone", senza però legarla ad alcuna specifica forza o teoria. Nella sua teoria elettrodebole il fisico Weinberg aveva trovato necessario introdurre un campo di Higgs con quattro componenti: tre di queste dovevano servire a dar massa alle particelle W^+ W^- e Z^0 , la quarta sarebbe stata data come una particella fisica: il bosone di Higgs. Lo stesso Weinberg aveva anche approssimato l'intensità dell'accoppiamento tra il bosone di Higgs e l'elettrone. Weinberg ricevette il premio Nobel per la Fisica nel 1979 grazie alla "teoria elettrodebole".

Tra le tante particelle sub-atomiche

che affollano la materia invisibile, sicuramente il “*bosone di Higgs*” rappresenta la particella più difficile da scovare, ma anche quella cruciale che mancava per il completamento del puzzle fisico rappresentato dal Modello Standard. È stato molto importante aver individuato e ufficializzato nel mondo scientifico il bosone di Higgs perché *rappresenta la particella che conferisce massa a tutte le altre particelle elementari*. Il 4 luglio 2012 il CERN di Ginevra ha annunciato al mondo che la verifica sperimentale aveva dato esito favorevole per cui “la particella di Dio” esisteva veramente.

Mi scuso con il lettore se lo ripeto ancora, ma senza il bosone di Higgs non

ci potrebbe essere la rottura della simmetria elettrodebole. Senza rottura di simmetria le particelle sarebbero prive di massa, e la forza elettrodebole sarebbe ancora unificata. Senza interazioni tra le particelle elementari e il campo di Higgs, quindi, non esisterebbe la materia e, di conseguenza, la vita! La prova diretta dell'esistenza di questo "campo" poteva venire solo dalla scoperta della particella associativa: il bosone di Higgs. Con la scoperta del bosone di Higgs, quindi, oggi si comprende molto meglio la vera natura della materia.

2.13.2 L'IMPORTANZA DEL "BOSONE DI HIGGS" NELLA

FORMAZIONE DELLA MASSA E IL MODELLO STANDARD

La conferma scientifica dell'esistenza del bosone di Higgs era essenziale per completare il quadro tecnico che va sotto il nome di "*Modello Standard delle Particelle Elementari*", in cui era già prevista la particella a livello "teorico", ma non era stata ancora confermata a livello "sperimentale" fino a luglio 2012.

L'importanza della teoria indicata nel "Modello Standard" è dovuta alla capacità di descrivere la materia sulla base di poche particelle e interazioni fondamentali. Il Modello Standard propone che la materia sia costituita da "mattoni fondamentali" che possiamo

dividere in due gruppi principali: *quark* e *leptoni*. Ogni gruppo è a sua volta costituito da sei elementi, detti anche “*sapori*”. Nel “Modello Standard” esistono inoltre anche altre particelle che sono dette “*mediatrici di forza*”. Le interazioni fra le particelle fondamentali della materia avvengono tramite lo scambio di particelle mediatrici di forza: per esempio, un mediatore dell’interazione elettromagnetica è rappresentato dal “*fotone*”. Nel Modello Standard le particelle fondamentali costituenti la materia sono i quark-up e down (costituenti del protone e del neutrone) e il leptone elettrone. In seguito i fisici hanno scoperto altre particelle, fino ad

arrivare al 1997 (quark-top) e al 2012 (bosone di Higgs) a completamento del Modello Standard.

Spesso nella ricerca veniva trascurata la “massa” degli elettroni, perché essi hanno una massa che è circa 2000 volte inferiore a quella del protone e 2000 volte quella del neutrone (complessivamente circa 4000 volte inferiore al nucleo atomico). Nonostante sia così piccola, tuttavia la massa dell'elettrone determina l'estensione delle orbite di un atomo; le orbite attorno al nucleo sono molto estese proprio perché la massa dell'elettrone è piccola. Quindi, paradossalmente, se la massa dell'elettrone avesse la stessa

dimensione del protone, le nostre dimensioni “umane” sarebbero microscopiche: possiamo perciò dire che la “massa” dell’elettrone determina la nostra taglia fisica. Si può quindi affermare che dalle masse delle particelle (protoni, neutroni ed elettroni) dipendono due caratteristiche principali di tutto quello che ci circonda: il peso e le dimensioni.

A questo punto potremmo chiederci: *cosa determina la massa di una particella elementare? Come mai la massa non può essere considerata una caratteristica propria intrinseca della particella, come per esempio la carica elettrica o lo spin?* La risposta ci arriva proprio dal Modello Standard che

descrive minuziosamente tutto il panorama delle particelle elementari e delle interazioni. La presenza del “campo di Higgs” e l’interazione tramite il “bosone di Higgs”, previsto nel Modello Standard, conferma che l’interazione “particelle elementari”/“bosone di Higgs” conferisce massa a tutte le particelle elementari. Il “campo di Higgs” pervade tutto lo spazio come un ambiente “innevato” e la massa sarebbe dovuta alla viscosità di questa “neve”. Come il “fotone” viene associato al campo elettromagnetico, così uno o più bosoni di Higgs vengono associati al campo di Higgs. Il bosone di Higgs è una particella molto speciale, dato che non

può essere catalogato come “materia” (es. elettroni), né come “interazioni” che trasmettono le forze elettromagnetiche, le forze forti e le forze deboli. *Il bosone di Higgs è speciale perché ha un compito unico: quello di dare massa a tutte le altre particelle e, se così non fosse, non esisteremmo neppure noi e l’Universo intero.* Dal Modello Standard si evince che vi sono particelle, come per esempio il fotone, che non hanno massa ma pura energia, per cui viaggiano alla velocità della luce, così come vi sono particelle che hanno massa: tutto ciò, fino alla scoperta del “bosone di Higgs”, rappresentava un mistero. Ora invece si è capito che questo fatto dipende dalle differenti

interazioni che queste particelle hanno con il bosone di Higgs.

Una funzione importante del bosone di Higgs è anche quella di limitare il raggio delle interazioni deboli all'interno dell'atomo, lasciando invece che le interazioni elettromagnetiche abbiano una portata più estesa nello spazio, e possano estendersi così alle molecole, alla materia e alle interazioni, permettendo così di avere un ruolo importante nella nostra vita quotidiana.

Vorrei citare una frase della famosa astrofisica *Margherita Hack*, recentemente scomparsa, a proposito del bosone di Higgs: «*io lo chiamo addirittura Dio perché è la particella*

che spiega come si forma la materia delle altre particelle e siccome queste sono quelle da cui poi deriva tutto, questa particella è veramente Dio».

La natura ha voluto proporre un “vuoto” non fatto dal “nulla” ma da “qualcosa”, e questo “qualcosa” è rappresentato da un ente che riempie tutto lo spazio e che è definito “*campo di Higgs*”. Tutto lo spazio è quindi permeato da questo campo, simile per alcuni versi a un campo elettromagnetico: quando le particelle si muovono nello spazio-tempo si muovono anche nel campo di Higgs e, interagendo con esso, acquisiscono una massa. Pertanto, *più è grande*

l'interazione delle particelle con il campo di Higgs, e più la massa acquisita è grande. Immerse nel campo di Higgs, le particelle “assorbirebbero” la massa in relazione alla propria capacità e alle proprietà del campo. Questo è un campo a valore costante anche nel vuoto ed è di tipo scalare e non vettoriale, ossia è determinato solo da un valore numerico e non dalla direzione. Dato che nella “teoria dei quanti” ogni campo ha una particella associata a esso, nel campo di Higgs la particella associata è il bosone di Higgs, che è di tipo scalare e spin nullo. *L'idea geniale di Higgs fu quella di pensare che i “portatori delle forze” venissero rallentati dal passaggio attraverso un*

“campo di forza di fondo”, adesso chiamato *“campo di Higgs”*, che a sua volta agisce mediante il trasferimento dei *“bosoni di Higgs”*. Facciamo un esempio pratico: immaginiamo di far cadere una pallina in un bicchiere: la pallina impiegherà più tempo a cadere sul fondo se il bicchiere è pieno d’acqua piuttosto che vuoto, cioè pieno d’aria. Quindi, è come se nell’acqua la pallina avesse una massa maggiore, perché la gravità impiega più tempo per attirarla verso il basso attraverso il liquido. La caduta della pallina diventerebbe ancora più lenta se il bicchiere anziché acqua contenesse un liquido più denso. Il *“campo di Higgs”* agisce esattamente come un *“liquido viscoso”*. La forza di

questo campo rallenta le altre particelle portatrici di forza, fornendo loro di fatto una massa. Dato che il “campo di Higgs” agisce con maggiore intensità sui bosoni W e Z rispetto ai fotoni, i primi appaiono più pesanti. Nello specifico caso, quando un elettrone attraversa il campo di Higgs, esso viene rallentato nella sua velocità proprio dalla viscosità del campo e il bosone di Higgs conferisce la massa all’elettrone.

Anche se il Modello Standard è finalmente stato completato attraverso la scoperta del bosone di Higgs, esso non rappresenta comunque la “Teoria del Tutto” in quanto non spiega la forza di gravità nel microcosmo. In questi ultimi

anni si è cercato di sperimentare una teoria che racchiudesse le quattro forze della natura, compresa quindi anche la forza gravitazionale (vedi la “Teoria della Supersimmetria” o “Teoria delle Superstringhe”) ma, purtroppo, senza alcun riscontro sperimentale valido, per cui, per il momento, possiamo fare riferimento esclusivamente al Modello Standard. Il bosone di Higgs è importante nel Modello Standard perché implica l’esistenza di un campo di energia che permea tutto l’Universo e senza il quale, come già detto, le particelle elementari, di cui siamo costituiti anche noi stessi oltre all’intero Universo, sarebbero prive di massa. Senza il campo di Higgs, la massa non

potrebbe esistere e non potrebbe esserci che il “nulla”. Forse per questo motivo il bosone di Higgs, ossia la particella associata al campo di Higgs, è stata definita la “particella di Dio”. Confermare l’esistenza del bosone di Higgs attraverso le prove sperimentali è stato come confermare l’esistenza del campo di Higgs ovunque, in ogni cosa, dal macrocosmo al microcosmo della materia.

Oltre alla forza elettromagnetica vi sono altre due forze da considerare. L’elettromagnetismo non spiega che cosa tiene insieme protoni e neutroni nel nucleo atomico, né le interazioni associate al decadimento “beta”. Le

forze che in questo caso entrano in gioco sono la “forza forte”, che tiene insieme i nuclei atomici, e la “forza debole”, responsabile di alcune trasformazioni nucleari.

Agli inizi degli anni Settanta era già disponibile una teoria completa delle interazioni deboli. La rottura di simmetria mediante il campo di Higgs poteva spiegare la distinzione tra elettromagnetismo e forza nucleare debole, che altrimenti sarebbero stati la stessa cosa, ossia una forza universale elettrodebole. La rottura di simmetria lasciava il fotone privo di massa, dando massa ai “mediatori” della forza debole (le particelle W^+ W^- e Z^0). Nel 1974 la

scoperta delle “correnti neutre alternate”, ossia delle correnti deboli neutre, implicava l’esistenza di “fotoni pesanti” che rappresentavano i mediatori della forza debole. Da qui la supposizione che ancora vi fosse un altro quark da scoprire oltre a quelli già noti: infatti in quegli anni si scoprì il “*quark charm*”.

I quark assomigliano agli elettroni, in quanto sono entità quantistiche con proprietà sia di “onde” sia di “particelle”. Per il Principio di Indeterminazione di Heisenberg, definire in modo così preciso la posizione dei quark porterebbe a una indeterminazione della loro quantità di moto.

Fortunatamente, viene in aiuto la “*carica di colore*” dei quark, in quanto essa non si può mascherare completamente. Nei “*campi gluonici*” associati ai quark si manifesta l’energia, che rimane comunque contenuta entro limiti tollerabili. La massa del protone è di circa 938 MeV (megaelettronvolt); all’interno vi sono i quark la cui massa complessiva non raggiunge i 20 MeV. È naturale porsi allora una domanda: *dato che i protoni sono costituiti dai quark, come mai la somma della massa dei quark presenta complessivamente un valore di gran lunga inferiore alla massa del protone?* La risposta è che il resto della massa viene dall’energia dei “*campi gluonici*” all’interno della

particella stessa. Questa parte specifica verrà ripresa e sviluppata ampiamente nel Terzo Capitolo del Testo, dove il Lettore avrà la possibilità di approfondire il “mondo” delle “particelle sub-atomiche”.

2.13.3 APPROFONDIMENTO

Nel campo di Higgs i fotoni (particelle prive di massa e mediatori dell'elettromagnetismo) viaggerebbero secondo la direzione del campo (il termine “direzione” non ha il significato fisico del nostro spazio tridimensionale, ma è una proprietà interna del campo) e pertanto non acquisirebbero massa e sarebbero da noi osservati come “fotoni”. Le stesse particelle,

muovendosi in direzione opposta, avrebbero bisogno di più energia (cioè massa) che viene assorbita dal campo di Higgs e diventerebbero bosoni W e Z , ossia i mediatori della forza debole. Questa visione ci permette di unificare l'elettromagnetismo e la forza nucleare debole nella teoria "elettrodebole", giustificando l'attuale diversità dei rispettivi mediatori, che sarebbero quindi due aspetti della stessa particella, che noi vediamo come fotoni o come bosoni W e Z , a seconda della loro interazione con il campo di Higgs. Il campo di Higgs è responsabile anche della massa dei fermioni attraverso l'estensione del meccanismo di Higgs con l'interazione applicativa eseguita

dal fisico *Yakawa*: nel momento in cui il campo di Higgs acquisisce un “*valore di aspettazione nel vuoto*” che non è zero, determina una “*rottura spontanea della simmetria chirale*”, pur mantenendo la “compatibilità di gauge” descrivendo così la massa del fermione corrispondente. Rimando il Lettore più esperto a un approfondimento su Testi specifici che trattano i lavori svolti dal fisico *Yakawa*.

Nel meccanismo di Higgs, l’acquisto della tridimensionalità opera come un freno. La particella viene tanto più rallentata quanto più forte è la sua interazione con il campo di Higgs. Il fotone non interagisce con il campo di

Higgs e continua a viaggiare indisturbato alla velocità della luce: rimane privo di massa. Le particelle che invece interagiscono con il campo acquistano uno spessore, aumentano la propria energia e rallentano, a causa del campo stesso che le frena come un terreno vischioso. Vediamo di spiegare l'interazione tra il campo di Higgs e un bosone che ha originariamente massa nulla: se il bosone si muove alla velocità della luce, esso ha solo due "gradi di libertà" trasversali: destra/sinistra e alto/basso. Se il bosone va a interagire con il campo di Higgs, la particella può assorbire un "*bosone di Nambu-Goldstone*" e acquisire un terzo grado di libertà: avanti/indietro; in

questo modo il bosone acquista uno “spessore” e rallenta e questa resistenza all’accelerazione altro non è che la “massa”.

2.13.4 APPROFONDIMENTO SULLE FASI SPERIMENTALI AL CERN

Il bosone di Higgs è la manifestazione fisica di un fluido etereo (il campo di Higgs) che permea ogni angolo del cosmo e dota le particelle elementari delle rispettive masse. Con la scoperta dei quark e dei gluoni negli anni Settanta, e dei bosoni W e Z , dotati di massa e mediatori della forza nucleare debole, all’inizio degli anni Ottanta, molti tasselli del Modello Standard

erano andati al posto giusto. Anche i teorici affermavano che il bosone di Higgs doveva esistere, non erano però in grado di prevederne la massa per cui non avevano idea di dove cercarlo. Furono effettuate varie ricerche sperimentali senza grande successo, fino a quando, nel 2011, l'attenzione cominciò a concentrarsi sui rari decadimenti in due fotoni e quattro leptoni carichi, perché questi segnali si erano molto distinti rispetto all'enorme "rumore di fondo" che può facilmente nascondere un segnale della presenza del bosone di Higgs.

Come ogni cosa "troppo importante" per la scienza e per l'umanità, prima di

ufficializzare la scoperta del bosone di Higgs sono state effettuate numerose sperimentazioni al CERN con probabilità sempre più elevate (la certezza è indicata come “sigma 5” e si era passati da “sigma 3” a “sigma 4” tra la fine del 2011 e l’aprile del 2012). I fisici del CERN sono stati comunque molto prudenti prima di proclamare la scoperta del bosone di Higgs dato che, poco tempo prima (estate 2011), avevano diffuso la notizia che, in una sperimentazione sui neutrini, era risultato che essi fossero addirittura più veloci della luce, ma successivamente avevano smentito la notizia in una conferenza stampa del 22 febbraio 2012, spiegando la motivazione dell’errore

commesso: un cavo a fibre ottiche mal connesso aveva causato un lieve ritardo nelle misurazioni, che si era tradotto in una sottostima del “tempo di volo” dei neutrini di circa 73 milionesimi di secondo; una volta corrette, le misure tornarono a essere totalmente compatibili con la velocità della luce. Quindi, in sostanza, *i neutrini viaggiano alla velocità della luce e nessuna particella conosciuta viaggia a una velocità superiore a quella della luce!*

Nel giugno 2012 tutti gli sforzi effettuati si concretizzarono, grazie al lavoro svolto da migliaia di fisici (circa 6000) che hanno lavorato intorno ai progetti ATLAS e CMS. Questi erano

riusciti a costruire e far funzionare dei rilevatori, creando nuovi apparati e programmi per identificare le collisioni più interessanti, scrivendo anche gli algoritmi che si estraggono dall'enorme quantità di dati registrati. Quando a metà giugno i ricercatori cominciarono a valutare i dati ottenuti dalle collisioni, verificarono l'esistenza del bosone di Higgs. Esiste sul serio. A questo punto il CERN annunciò che avrebbe tenuto un seminario speciale nella propria sede di Ginevra il 4 luglio 2012, come apertura della conferenza ICHEP. Il seminario avrebbe fornito aggiornamenti sulla ricerca del bosone di Higgs da parte dei gruppi di ricerca ATLAS e CMS, e sarebbe stato seguito da una conferenza

stampa. Era un segno certo che una o entrambe le collaborazioni avevano raggiunto la certezza della presenza del bosone di Higgs (5 sigma). Quel giorno il presidente del CERN, il fisico Heuer, dichiarò che la giornata era speciale. Il primo a parlare fu Joe Incandela, professore di Fisica all'Università della California e capo del gruppo di ricerca CMS. Incandela, durante il suo intervento, disse: *«Combinando i dati delle collisioni a 7 TeV del 2011 con quelli a 8 TeV del 2012 si è osservato un eccesso di eventi attorno ai 125 GeV... Mettendo assieme i dati si ottiene un eccesso di 5 sigma»*. Il risultato atteso per confermare la presenza del bosone di Higgs doveva

essere di almeno 4,7 sigma. Incandela concluse il suo intervento dicendo: «*È bello essere a cinque!*». Quindi dava conferma e ufficializzava la presenza del bosone di Higgs, intendendo che si erano raggiunti i 5 sigma. L'uditorio scoppiò in un applauso spontaneo. La parola poi passò al fisico Fabiola Gianotti, portavoce del gruppo di ricerca ATLAS e anche in questo caso fu data molta importanza agli aspetti tecnici dell'esperimento. La conclusione di Fabiola Gianotti fu molto simile a quella di Incandela. Entrambi gli esperimenti, quello di ATLAS e quello di CMS, avevano dunque trovato le "5 sigma" richieste per dichiarare avvenuta la scoperta. Erano giunti alla

conclusione che il nuovo bosone ha una massa compresa tra i 125 e i 126 GeV e interagisce con altre particelle del Modello Standard. Anche se non è stato misurato nelle sperimentazioni il valore del suo “*numero quantico di spin*” (0 oppure 2), considerando che spin 2 è dato dal “*gravitone*” (il presunto mediatore della forza gravitazionale), è probabile che il valore dello spin del bosone di Higgs sia 0. Al termine del seminario fu chiesto un commento a *Peter Higgs*, presente in sala, il quale disse: «È davvero incredibile che sia accaduto mentre sono ancora in vita».

Ai primi di marzo del 2013 a La Thuile, ai piedi del Monte Bianco, si è

tenuto un convegno, un tradizionale appuntamento annuale nel quale i fisici delle particelle fanno il punto della situazione sperimentale a livello internazionale. In questa cornice erano presenti anche i rappresentanti di ATLAS e di CMS che hanno presentato l'aggiornamento dei risultati dopo l'inclusione delle collisioni registrate per tutto il 2012. Infatti, a fine dicembre 2012 l'LHC aveva terminato la presa dati a 8 TeV. I risultati hanno confermato in modo definitivo la scoperta del bosone di Higgs avente massa di 126 GeV (cioè 134 volte più pesante di un protone). Il bosone è stato osservato non solo nel decadimento in due fotoni, ma anche in due particelle Z,

in due particelle W e, nel caso delle sperimentazioni di CMS, anche in coppie di “*leptoni tau*”. È stato quindi annunciato che il numero degli eventi osservati nelle singole modalità di decadimento risulta perfettamente compatibile con quanto previsto dal Modello Standard per un bosone di Higgs di massa 126 GeV.

2.13.5 CAMPO DI HIGGS:

ESEMPIO PRATICO DI JOHN ELLIS

Ritengo che il fisico John Ellis sia lo scienziato che ha meglio spiegato il “bosone di Higgs” e il “campo di Higgs” ai profani. Egli dice: *«Immaginate un’infinita distesa di neve, un campo disteso lungo tutto lo*

spazio. Il campo di Higgs è come questo: questo è fatto di fiocchi di neve, allo stesso modo il campo di Higgs è composto di piccoli quanti. Noi li chiamiamo bosoni di Higgs. Il bosone svolge il lavoro di dare massa a tutte le altre particelle elementari. Le equazioni del Modello Standard sono molto simmetriche, le particelle appaiono tutte allo stesso modo, non si distingue tra quelle di massa diversa. Questa simmetria deve essere spezzata, ci deve essere qualcosa che ci permetta di differenziare: questo è il bosone di Higgs. A seconda di come le particelle interagiscono con lui acquisiscono masse differenti. Così la simmetria è rotta». Ellis poi aggiunge, paragonando

ancora il campo di Higgs a una distesa di neve: *«Immaginate di attraversarla: uno sciatore passa sopra la neve, non interagisce con il campo, scorre via come una particella senza massa che viaggia alla velocità della luce; se invece cammina con gli scarponi affonda nella neve, viaggia meno velocemente, come una particella dotata di massa che interagisce con il campo; se invece affonda nella neve, va molto piano, come una particella dotata di massa maggiore».*

2.13.6 IL BOSONE DI HIGGS VISTO COME “PARTICELLA DI DIO”

Il ruolo del bosone di Higgs può essere

davvero considerato “divino” (da qui il nome di “particella di Dio”) perché esso tiene insieme tutto: assegna una massa a tutte le altre particelle subatomiche: garantisce l’esistenza della materia, in quanto solo le particelle che hanno massa si possono legare e formare strutture atomiche, alla base della materia che conosciamo. Quindi, *rappresenta la particella che ci permette di esistere*. Il bosone di Higgs completa il quadro delle 17 particelle elementari che compongono la materia ordinaria e pertanto conferma la validità del *Modello Standard*. Questa è, al momento, la Teoria più completa di cui disponiamo per spiegare “l’Architettura della Natura”.

Il bosone di Higgs rilevato al CERN non ha “spin” e ha parità (proprietà della simmetria) positiva, come previsto dalla teoria, inoltre il tasso di decadimento del bosone di Higgs in due fotoni, rilevato dal CMS, è compatibile con quello previsto dal Modello Standard.

Come già detto, tale particella è molto importante dal punto di vista scientifico in quanto permea lo spazio vuoto, è all'origine della massa di tutte le particelle e, inoltre, giustifica la differenza di massa tra fotone (massa nulla) e bosoni W e Z (dotati di massa).

2.13.7. RIFLESSIONI FINALI

Il fisico Nikola Tesla è stato tra gli

scienziati più “audaci” nel settore sperimentale (Fisica pratica) ed è stato sicuramente un precursore delle teorie di Higgs. Già un secolo fa egli aveva dichiarato che lo “spazio vuoto” non esiste perché, secondo il suo punto di vista, lo spazio è riempito dall'*etere* (che Higgs ha poi definito “campo di Higgs”), che va a unire anche gravità e materia. Tesla aveva anche dimostrato l'esistenza di questa “energia” attraverso numerose prove sperimentali che, però, all'epoca, non erano sufficienti per ottenere una conferma “ufficiale” della scienza, anche perché Tesla aveva l'obiettivo di imbrigliare questa energia gratuita e illimitata con l'intento di porla al servizio delle

necessità umane, e quindi si trovava in contrasto con i grandi interessi delle industrie. Tesla riteneva che la “materia” e la “gravitazione” fossero dei sottoprodotti dell’etere, e il “campo di Higgs” credo proprio che rappresenti ciò che Tesla definiva come “etere”: il nome cambia, ma non la sostanza.

CAPITOLO 3

I “MATTONI” DI OGNI COSA

3.1 LE TRE QUANTITÀ CHE NON SI MODIFICANO MAI

Sulla base sperimentale, si può sostenere che, a livello sub-atomico, esistono quattro grandezze che non cambiano mai:

- 1) La massima velocità con la quale si possono inviare segnali: *“la velocità della luce”*.
- 2) La più piccola spinta (quantità d'azione) che si possa trasmettere: *“Costante di Planck”*.
- 3) La potenza con la quale la forza tra due masse riesce ad agire:

“Costante di Newton”.

4) La carica elettrica dell'elettrone.

Queste quattro quantità non cambiano col tempo e quindi, per loro, è come se il tempo non scorresse.

Nella realtà in cui viviamo, possiamo ritenere tali grandezze estremamente grandi o estremamente piccole: per esempio, riteniamo che la velocità della luce sia estremamente elevata (circa un miliardo di chilometri l'ora), mentre la “Costante di Planck” ci appare piccolissima e la carica gravitazionale (Costante di Newton) estremamente debole. Da queste osservazioni, possono sorgere tante domande e curiosità: *che cosa lega tra loro grandezze tanto*

differenti? Come è possibile conciliare grandezze tanto grandi con altre tanto piccole (secondo i nostri parametri)? Esiste un ordine che le lega? La risposta è che tutto è ordinato ed è retto dalle Leggi Fondamentali della Natura. Ecco perché la ricerca e la “scoperta” entusiasmano: danno una conferma ulteriore che esiste al di sopra di noi un “Direttore d’Orchestra” della Vita!

Anche nell’estremamente piccolo quindi esiste un ordine ben preciso. Facciamo un esempio utilizzando “l’Universo di Planck”: in questo “Universo” l’unità di misura del tempo è molto piccola, cioè 50 miliardesimi di miliardesimi di miliardesimi di

miliardesimi di miliardesimi di secondo. Al di sotto di questa quantità minima di tempo, che potremmo definire *l'istante di Planck*, non si può andare, almeno secondo la Fisica Quantistica attuale. Il fatto che anche in questo “Universo” estremamente piccolo esista un ordine, ci dovrebbe far riflettere e rendere consapevoli che il Buon Dio è sempre esistito fin dalle origini dell'Universo e sempre ci accompagnerà fino alle fine dell'Universo!

Prima di iniziare a trattare la parte inerente le “dimensioni di un atomo e le sue caratteristiche fisiche/quantistiche”, è bene ricordare quindi che in natura

esistono quattro grandezze fisiche che, se avessero valori variabili, sarebbero in grado di modificare l'intero Universo; perciò, il fatto che siano "costanti" è di fondamentale importanza per la vita sulla Terra. Queste "*costanti fondamentali*", come sopra anticipato, sono:

- 1) la velocità della luce nel vuoto;
- 2) la Costante di Planck;
- 3) la costante di gravitazione universale (Costante di Newton);
- 4) la carica elettrica dell'elettrone.

Nei prossimi Paragrafi andrò a sviluppare i "mattoni" di tutto!

3.2 IL CUORE DELLA

MATERIA: BREVE

CRONISTORIA

- Nel 1896 Henry Becquerel scopre per caso la radioattività naturale quando trova delle tracce su alcune lastre fotografiche.
- Nel 1897 Thomson identifica la prima particella sub-atomica, l'elettrone, misurandone anche la massa.
- Nel 1911 Rutherford scopre il nucleo atomico.
- Nel 1913 Bohr presenta la sua teoria atomica.

- Nel 1919 Rutherford scopre il protone come particella nucleare fondamentale.
- Nel 1932 Chadwick prova l'esistenza del neutrone confermando che è elettricamente neutro e ha la stessa massa del protone.
- Nel 1935 Yukawa teorizza che le particelle nucleari siano tenute insieme da una forza naturale chiamata "forza nucleare forte" e tale forza è influente solo nelle brevi distanze che esistono tra i nuclei atomici.
- Nel 1945 l'energia dei nuclei atomici viene liberata con

conseguenze letali attraverso due bombe nucleari sganciate sul Giappone.

- Nel 1964 i fisici Gell-Mann e Zweig scoprono che le particelle nucleari sono composte da unità ancora più elementari, chiamate quark. Nel 1968 viene provata l'esistenza dei quark attraverso l'acceleratore di particelle.
- Nel 1979 attraverso l'acceleratore di particelle si conferma l'esistenza dei gluoni, i mediatori dell'interazione forte, che "incollano" i quark tra loro.

- Nel 1984 viene presentata la Teoria delle “Superstringhe”, che afferma che tutte le particelle e tutte le forze possono essere considerate come minuscole corde che vibrano in uno spazio-tempo multidimensionale.
- Nel 2010 viene determinata la misura di un protone per mezzo di un atomo di idrogeno e si scopre che il protone è di dimensioni inferiori del quattro per cento rispetto a quello teorizzato.
- Nel 2011 calcoli precisi indicano che i nuclei atomici si trasformano in plasma di

quark e gluoni alla temperatura di duemila miliardi di gradi, cioè la temperatura dell'universo durante i primissimi secondi di vita.

- Nel 2013 viene confermata la scoperta del “bosone di Higgs”, già teorizzato dal fisico Peter Higgs nel lontano 1964 e che gli è valso il premio Nobel 2013 per la Fisica; si completa così sperimentalmente la validità del Modello Standard.
- Nel 2014 Nicola Limardo (Autore del presente Testo) teorizza la formula generale

della “Legge del Tutto”, indicata nell’ultimo Capitolo di questo libro. Nella sua formula integrativa del Modello Standard sono presenti tutte le quattro Forze Fondamentali della Natura, dato che viene inserita anche la Forza Gravitazionale.

3.3 DIMENSIONI DI UN ATOMO E DELLE PARTICELLE SUB-ATOMICHE

Per meglio comprendere le dimensioni reali di un atomo, facciamo un esempio pratico. Immaginiamo di essere su una spiaggia e di osservarne la sabbia finissima; prendiamone un pugno e poi lasciamola cadere lentamente, osservando i granelli, talmente numerosi che è impossibile contarli. Isoliamo un singolo granello che, per quanto piccolo, è comunque visibile ai nostri occhi. La sua massa dovrebbe essere all'incirca un millesimo di grammo e, considerando

che la sabbia è composta principalmente di quarzo (a sua volta composto di ossigeno e silicio), potremmo in linea di massima presumere che in un granello di sabbia siano presenti circa 50 miliardi di miliardi di atomi!

Analoghe considerazioni possono essere fatte prendendo in considerazione non più un granello di sabbia, ma una persona in carne e ossa. Se la persona ha per esempio una massa di 80 kg, considerando che è composto principalmente di acqua (idrogeno e ossigeno), allora il numero di atomi che la costituiscono sarà più o meno di 8 miliardi di miliardi di miliardi (8 seguito da 27 zeri per l'appunto).

L'atomo è perciò estremamente piccolo, non visibile a occhio nudo, in quanto è *circa* un centomilionesimo di centimetro o, più facile da ricordarsi, *un miliardesimo di decimetro!* Se immaginassimo quindi un atomo come una biglia di 1 cm di diametro, ossia se lo ingrandissimo di 100 milioni di volte, e lo rapportassimo alla realtà, prendendo come riferimento un'unghia di una nostra mano, dovremmo ingrandire anche l'unghia di 100 milioni di volte, per cui diventerebbe grande 100 milioni di centimetri, quindi 1000 km!

DIMENSIONI DELLE PRINCIPALI
PARTICELLE SUB-ATOMICHE
Qualsiasi rappresentazione delle

particelle elementari è fuorviante, poiché a livello sub-microscopico valgono le regole della Meccanica Quantistica che afferma, per esempio, che i quark devono essere considerati contemporaneamente particelle e onde. Pertanto è molto difficile stabilirne le dimensioni precise.

Approssimativamente si ha:

- Diametro del nucleo atomico:
 5×10^{-15} m
- Massa del nucleo atomico: 2×10^{-26} kg
- Densità del nucleo atomico:
200 milioni t/cm³ (notare che
1 cm³ di nuclei densamente
compattati peserebbero come

1000 super petroliere)

- Diametro di un protone o di un neutrone: 2×10^{-15} m (ossia due centesimi di miliardesimo di millimetro)
- Diametro di ogni quark: meno di 10^{-19} m (i quark sono talmente piccoli che possono essere considerati puntiformi)

3.4 LA STRUTTURA DELL'ATOMO

Un atomo è costituito da un nucleo e dagli elettroni che orbitano intorno a esso. Il nucleo, a sua volta, è costituito da particelle denominate “*protoni*” e “*neutroni*”. I protoni hanno carica elettrica uguale all'elettrone ma di segno opposto, mentre il neutrone non ha carica elettrica.

L'atomo ha un diametro invisibile all'occhio umano, dato che è di circa 10^{-8} cm, ed è formato, come già detto, dal nucleo, di diametro di circa 10^{-13} cm, e da una nuvola di elettroni. Il nucleo al

suo interno contiene protoni e neutroni i quali, a loro volta, sono formati da tre quark (due quark up e uno down per un protone e due quark down e uno up per il neutrone).

La massa totale di un corpo e il volume di un corpo dipendono dagli atomi; la massa di un corpo è cioè una funzione del suo numero di atomi. I protoni, all'interno del nucleo, sono di carica positiva e sono compensati con lo stesso numero di elettroni, esterni al nucleo, aventi carica negativa. La massa di un atomo è quasi completamente composta da protoni e neutroni del nucleo, dato che gli elettroni sono circa 2000 volte più leggeri dei protoni. La

grandezza di un atomo invece è determinata dagli elettroni, o meglio, dalle loro orbite quantistiche. Infatti, il diametro di un nucleo atomico è circa un trilionesimo di centimetro, mentre il raggio di un atomo si calcola in base alla distanza dal nucleo a cui è probabile trovare un elettrone, distanza che è circa diecimila volte più grande di un nucleo. Lo spazio tra gli atomi di un solido dipende in primo luogo dalla grandezza degli atomi stessi (normalmente non li si può comprimere in uno spazio minore della loro stessa grandezza). Ciò che incide quindi nello spazio tra gli atomi è *la densità*. La maggior parte dei corpi solidi ha una densità simile, almeno entro un fattore

dieci: per esempio, la densità dell'acqua è di 1 grammo/cm³ mentre quella del piombo è di 11 grammi/cm³. Ciò sta a significare che un cubetto di 1 cm per lato avrebbe una massa di 1 grammo se composto di acqua e di 11 grammi se composto di piombo. Questa maggiore densità del piombo è dovuta al fatto che un suo atomo è dieci volte più massiccio di una molecola d'acqua. Se consideriamo la densità media della Terra, essa è di circa 5 g/cm³ dato che, anche se è presente molta acqua sulla superficie terrestre, c'è ancora più roccia solida all'interno del pianeta. La Terra è anche il pianeta più denso del nostro Sistema Solare.

Per “vedere” le strutture atomiche occorrono strumentazioni molto sofisticate, perché è necessaria una luce la cui lunghezza d’onda sia più piccola delle strutture da esaminare. Per esempio, un microscopio che utilizzi la luce ultravioletta sarà in grado di vedere dei dettagli più piccoli rispetto al microscopio che utilizza la luce bianca. Nei microscopi elettronici, per ovviare a questo inconveniente, si utilizzano al posto della luce fasci di elettroni che si comportano come radiazione avente lunghezza d’onda $\lambda = h/mv$, dove h è la Costante di Planck, m la massa dell’elettrone e v è la sua velocità. Accelerando gli elettroni con voltaggi sempre più forti si possono ottenere

lunghezze d'onda sempre più piccole e quindi riuscire a “vedere” dettagli sempre più minuscoli. Per fare un esempio pratico, un microscopio elettronico da laboratorio è in grado di “vedere” le singole molecole, mentre *per “vedere” i singoli atomi occorrono “acceleratori di elettroni”* lunghi parecchi metri; con acceleratori lunghi parecchi chilometri si arriva a delineare la struttura interna di un nucleo atomico, ossia i protoni e i neutroni; infine, con mezzi ancora più potenti, si è scoperto che i protoni e i neutroni sono composti ciascuno da tre quark. In effetti, *tutta la materia che ci circonda è costituita proprio da quark ed elettroni*. Mentre per quanto concerne gli elettroni si può

ritenere che siano particelle elementari, ossia non contengono al loro interno altre particelle ancora più piccole, per i quark non si è certi e, in futuro, si potrebbe scoprire che i quark non sono effettivamente particelle elementari, in quanto esistono al loro interno particelle ancora più piccole.

La teoria classica dell'elettromagnetismo stabilisce che una particella carica in moto accelerato, sottoposta all'azione di una forza, emette radiazione elettromagnetica perdendo energia.

Sappiamo dalla Fisica Quantistica che *in un atomo sono presenti cariche elettriche negative (elettroni)* che sono

in moto intorno a un nucleo con *carica elettrica positiva (protoni)*: se valesse sempre quanto indicato dalla Fisica classica, gli elettroni, essendo perennemente in moto intorno al nucleo, dovrebbero perdere energia emettendo continuamente radiazione elettromagnetica, e quindi rischierebbero prima o poi di cadere direttamente sul nucleo, portando conseguente instabilità nell'atomo. L'esperienza pratica ci insegna che ciò non si verifica, altrimenti la materia non esisterebbe. Il fisico Bohr ci aiuta a comprendere il rapporto tra elettroni e nucleo atomico. Come ho già accennato nel Paragrafo a lui dedicato nel Secondo Capitolo del Testo, Bohr ipotizza che

agli elettroni sia possibile percorrere solo determinate “orbite” stazionarie di energia fissa (quantizzata), senza emettere alcuna radiazione. Non potendo assumere valori qualsiasi dell’energia, *per passare da un’orbita a un’altra l’elettrone deve fare un “salto quantico”, cioè emettere o assorbire un fotone* la cui energia corrisponde esattamente alla differenza d’energia fra i livelli energetici d’arrivo e di partenza. In particolare, *l’emissione del fotone corrisponde a una perdita di energia dell’elettrone*, e quindi a un “salto” da un livello energetico verso un altro di minore energia, mentre *l’assorbimento corrisponde al passaggio inverso*. Per il Principio di

Indeterminazione di Heisenberg non è possibile conoscere esattamente la traiettoria di una particella, quindi nemmeno di un elettrone in un atomo, però, nella Meccanica Quantistica, lo stato di un sistema fisico è descritto nella *funzione d'onda* indicata dal fisico Schrödinger (vedi Paragrafo a lui dedicato nel Secondo Capitolo del Testo); tale equazione esprime un modo per determinare la probabilità che, trascorso un dato intervallo di tempo, una particella possa trovarsi in una certa posizione.

Gli elettroni, che gravitano intorno al nucleo, possono trovarsi anche a distanze notevoli dal nucleo stesso

(anche centomila volte maggiori dello stesso nucleo). *Tra elettroni e nucleo vi è spazio apparentemente vuoto, che in realtà è riempito dal “campo di Higgs” e, tra gli spazi, sono presenti “nuvole elettroniche” ossia le orbite dove si muovono gli elettroni.* In ogni “nuvola” è presente una forza che tiene insieme l’elettrone e il nucleo, per cui possiamo dire che le “nuvole” e il “campo di Higgs”, presenti tra nucleo ed elettroni, possono considerarsi come *“energia del legame che tiene l’atomo insieme”*.

Dato che il nucleo contiene molta più massa dell’elettrone, se togliessimo dagli atomi che formano il nostro corpo tutto questo “vuoto apparente”, quanto

saremmo grandi? Ognuno di noi occuperebbe uno spazio pari a una goccia d'acqua!

Poiché siamo costituiti da “vuoti” apparenti, una lecita domanda potrebbe essere la seguente:

Perché se tocco la spalla di una persona, la mia mano non penetra il suo corpo?

La risposta è che, grazie alle nuvole elettroniche, *gli atomi dei due corpi si respingono*: più premiamo sulla spalla, più vi è la *repulsione tra le nuvole elettroniche*, che non permettono così ai corpi di mescolarsi. In questo caso non vengono in contatto i singoli elettroni, ma le forze elettromagnetiche, ossia le

“nuvole elettroniche”.

In pratica, gli elettroni con il loro moto (spin elettronico) generano un proprio campo elettromagnetico che va a circondare l'atomo e sono proprio questi campi a rappresentare la “nuvola elettronica”; questi sono i campi elettromagnetici che si respingono, come del resto fanno due calamite della stessa polarità che si respingono ancor prima che possano toccarsi.

Per “eccitare” un atomo, ossia portare un elettrone dallo stato di minore energia a uno stato eccitato, da cui ridiscenderà emettendo radiazione, occorrono energie dell'ordine di

qualche elettronvolt (eV), mentre per eccitare una molecola basta una frazione di elettronvolt.

Anche un nucleo atomico può essere eccitato, cioè è possibile portare i suoi protoni e i suoi neutroni su stati energetici diversi (occupare orbite diverse), solo che per eccitare i nuclei ci vogliono energie molto grandi (centinaia di megaelettronvolt – MeV): in tal caso, i quark contenuti nel protone e nel neutrone andrebbero a occupare stati a maggior energia ritornando poi nello stato fondamentale, o a stati di minor energia, al termine dell'eccitazione.

Le orbite degli elettroni intorno al

nucleo sono rappresentate come traiettorie ellittiche, come quelle dei pianeti intorno al sole. La grandezza del nostro Sistema Solare è indicata come la distanza tra il centro del Sole e i limiti esterni delle orbite planetarie; analogamente, il diametro di un atomo corrisponde alla distanza a cui gli elettroni ruotano intorno al nucleo. La grandezza media di un atomo è circa un terzo di nanometro (cioè un terzo di un milionesimo di metro) che è una grandezza estremamente piccola: basti pensare che il diametro di un capello umano è costituito da circa 300000 atomi!

Ogni atomo ha un nucleo che contiene

un certo numero di neutroni, privi di carica, e una quantità simile di protoni, con carica positiva. Oltre a questi protoni, l'atomo contiene lo stesso numero di elettroni, con carica negativa.

Se due cariche opposte si attraggono, perché i protoni (positivi) non attirano verso di sé gli elettroni (negativi)?

Ciò accadrebbe se gli elettroni fossero fermi. È interessante che tutti gli atomi abbiano una grandezza simile, entro un "fattore tre". Il numero dei protoni nel nucleo è compensato da un numero uguale di elettroni "orbitanti". Gli atomi più pesanti hanno più protoni, che attraggono gli elettroni verso il

nucleo con più forza, ma in questi casi aumenta anche la repulsione tra gli elettroni con carica negativa, più numerosi, che cercano di allontanarsi l'uno dall'altro.

La grandezza di un atomo è determinata da una serie di costanti fondamentali: una di queste è la Costante di Planck.

Immaginiamo un elettrone in orbita intorno al nucleo che subisce l'attrazione elettrostatica verso l'interno, dove sono posizionati i protoni, con carica opposta. Mentre l'elettrone gira intorno al nucleo, solo alcune lunghezze d'onda possono corrispondere a un ciclo completo (moto

di rivoluzione intorno al nucleo). Quando l'elettrone è tornato al punto di partenza, dopo un'orbita intera, "*l'onda di materia*" deve essere nello stesso punto del ciclo da cui era partita. Dato che l'onda di materia è legata alla quantità di moto dell'elettrone, ciò significa che quest'ultima può assumere soltanto certi valori definiti (valori discreti). La quantità di moto è a sua volta legata all'energia cinetica, così la necessità che l'onda di materia non abbia salti discontinui quando conclude un'orbita, implica che l'elettrone possa avere solo determinati valori discreti di energia all'interno dell'atomo. Analogamente, l'elettrone è tenuto in un'orbita dalla sua attrazione

elettrostatica verso il nucleo con carica positiva. Se “pizzicata” nel modo giusto, un’onda di materia, per l’elettrone legato, può assumere un valore di energia superiore. Quando l’elettrone poi si rilassa, tornando alla frequenza fondamentale minima, deve farlo con un “salto” ben definito (salto discreto). L’energia si conserva e quindi l’elettrone può diminuire la propria energia solo quando torna al livello di frequenza più basso, emettendo un pacchetto di energia uguale alla differenza tra il livello più alto e quello basso su cui si sta rilassando. Quindi i valori di energia disponibili per l’elettrone sono discreti e ben definiti, simili alle armoniche possibili per una

corda fissata e questo salto da uno stato di energia a un altro è detto “*transizione quantistica*” o “*salto quantistico*”. Il pacchetto discreto di energia emesso dall’elettrone durante questa transizione è in genere sotto forma di luce, e un “quanto” di energia luminosa si chiama “fotone”. Se gli atomi subiscono collisioni altamente energetiche, così da essere eccitati in modo da raggiungere stati di energia superiore, allora vengono emesse molte lunghezze d’onda discrete della luce, nel momento in cui tutte le varie armoniche si rilassano tornando al livello fondamentale. Elementi diversi hanno gamme diverse di armoniche e frequenze fondamentali, proprio come le varie corde di un

violino vibrano in modo differente in base alla loro lunghezza, larghezza e tensione.

L'energia ha due forme principali: quella *potenziale* e quella *cinetica*. Dato che la massa di ogni molecola d'aria è molto piccola, la variazione dell'energia potenziale gravitazionale (data dal peso della molecola moltiplicato per la sua distanza dal pavimento) lungo tutta l'altezza della stanza è talmente piccola che ignorandola commetteremmo solo un piccolissimo errore. Pertanto, la composizione principale dell'energia media delle molecole d'aria in una stanza è cinetica. Sull'energia cinetica

incide anche la temperatura: a temperatura “zero assoluto” nessun atomo ha la minima energia cinetica per cui tutto è fermo. Anche nello Spazio Cosmico, la temperatura non è “zero assoluto” ma può arrivare a 3 gradi Kelvin (-270 gradi centigradi circa).

L'energia cinetica di un atomo dipende anche dai gradi di libertà che ha un atomo: quanto più facilmente gli atomi contenuti in un oggetto possono muoversi avanti e indietro e ruotare con il campo elettrico oscillante, tanto più velocemente aumenterà la temperatura dell'oggetto. Per questo motivo in un forno a microonde i liquidi si riscaldano prima dei solidi (ecco perché un liquido

dentro una tazzina è bollente e la tazzina ancora fredda, quando si effettua una cottura nel forno a microonde).

L'elettrone, durante il proprio moto sulla propria orbita, è costantemente accelerato dato che percorre una traiettoria curva. Una carica elettrica che accelera in un'orbita circolare emette onde elettromagnetiche che portano energia, così, mentre l'elettrone irradia luce nella propria orbita, perde energia cinetica. Alla fine l'elettrone dovrebbe cadere nel nucleo con un movimento a spirale in poco meno di un trilionesimo di secondo. *Il concetto quindi che siano possibili solo "alcune" lunghezze d'onda, con i*

livelli discreti di energia corrispondenti, è valido e l'elettrone è da considerarsi con una "funzione d'onda". Gli elettroni quindi, non fanno altro che emettere o assorbire la luce quando si spostano da uno schema d'onda all'altro all'interno di un atomo.

Come già visto, due oggetti possono occupare lo stesso spazio e lo stesso tempo solo se vibrano a velocità diverse. A prescindere dalla loro frequenza vibrazionale (la vibrazione è sempre presente in tutti gli atomi in quanto la loro temperatura è superiore a zero), due oggetti non possono trovarsi assolutamente nello stesso spazio e tempo, a meno che non siano privi di

massa, come per esempio i fotoni di luce.

La Meccanica Quantistica ci permette di calcolare, con l'Equazione di Schrödinger, le *“orbite” degli elettroni* permesse in un atomo. Conoscere quante orbite diverse possibili ci sono per un elettrone in un atomo è come sapere il numero e la disposizione delle poltroncine in un auditorium. Quando gli uditori entrano e prendono posto nella sala, si possono verificare questi casi: se entra e si siede solo un uditore, è come se ci fosse solo un elettrone in una possibile orbita quantistica (classe *“idrogeno”*, o meglio *“sala idrogeno”*, analogamente all'atomo che nella sua

forma neutra e stabile presenta un solo elettrone); se entrano due uditori avremo la “sala elio”; con 14 uditori avremo la “sala silicio”, ecc. I primi uditori che entrano nella sala prendono i posti più avanzati, vicino alla cattedra del relatore, mentre gli ultimi prendono posto vicino al fondo della sala, lontano dalla cattedra del relatore (in corrispondenza dello schermo, vicino al relatore, si trova il nucleo con carica positiva). Questa disposizione, con ogni posto occupato da un uditore, descrive la configurazione con minore energia.

Prendiamo per esempio un atomo di carbonio: esso presenta sei elettroni che occupano le orbite più vicine; se però l'atomo di carbonio acquisisce

dell'energia, per esempio assorbendo luce, alcuni dei suoi elettroni vanno a occupare le orbite con maggiore energia (si allontanano dal nucleo). La differenza nel comportamento di un materiale, che permette di distinguere tra un materiale conduttore, semiconduttore e isolante, dipende dalla differenza di energia tra il livello più alto occupato da un elettrone e il più vicino livello disponibile non occupato. Riprendendo l'analogia con l'auditorium, un isolante è un solido nel quale ogni poltroncina delle prime file è occupata. In un metallo (notoriamente buon conduttore) invece sono occupati solo la metà dei posti nel livello più basso; quindi, nelle prime file, esiste un gran numero di posti

vuoti disponibili per gli uditori/elettroni, e l'applicazione di una tensione, grande o piccola, può far accelerare gli elettroni verso stati di maggior energia. Negli isolanti invece, tutte le prime file sono occupate dagli elettroni e perciò, quando si applica al materiale una tensione, non corrisponde alcuna corrente.

3.5 ATOMI NEL VUOTO

Un atomo è tenuto insieme dal campo elettrico generato da una carica positiva nel suo nucleo. Questa carica produce un “*pozzo di potenziale*” intorno al nucleo, il quale a sua volta definisce gli “*stati*” disponibili che possono essere occupati dagli elettroni. La selezione degli stati disponibili è una forma di “*effetto di interferenza costruttiva*”. Tali stati ammissibili sono raggruppati insieme in “*livelli energetici*” distinti. Ogni altra funzione d’onda che non corrisponda a uno di questi stati viene eliminata dalla “*interferenza distruttiva*”. Quando un elettrone cade nel pozzo di potenziale, perde energia potenziale che viene

convertita in energia cinetica e, man mano che l'elettrone si avvicina sempre più verso il nucleo atomico, c'è sempre meno posto libero nelle orbite e così c'è bisogno di maggiore energia cinetica. Bisogna avere maggiore energia cinetica quando ci si avvicina sempre più al nucleo, in modo da evitare di essere risucchiati dal nucleo stesso, ecco perché *gli elettroni si muovono con maggiore velocità quando sono più vicini al nucleo.*

Nello stato fondamentale, ossia nell'orbita più vicina al nucleo atomico, sono presenti solo due stati che permettono la collocazione di due soli elettroni, uno con stato "spin-up" e l'altro con stato "spin-down";

l'elettrone con "spin-up" si muove su una propria orbita molto vicina (quasi coincidente) all'orbita dove si muove l'elettrone con "spin-down". A livelli energetici superiori ci sono più stati disponibili, con numeri superiori di elettroni.

In ogni atomo i livelli più bassi, quelli con minor energia potenziale e maggior energia cinetica, sono i primi che vengono riempiti. Poiché il Principio di Esclusione di Pauli permette che ci sia un solo elettrone per stato, quando tutti gli stati di un livello hanno già il loro elettrone, ogni elettrone in più non può far altro che sistemarsi a un livello superiore. I livelli vengono riempiti a partire da quelli più vicini al

nucleo fino a che tutti gli elettroni sono “accomodati”. Il livello più alto, ossia quello più lontano dal nucleo, viene chiamato “livello di valenza”; in esso sono presenti gli “*elettroni di valenza*”, ossia quelli che controllano i composti che il nostro atomo può formare. Oltre a tale livello, sono presenti altri stati superiori “sfitti” (senza elettroni) fino all'estremo “confine” dell'atomo, altrimenti gli elettroni di valenza con un minimo di eccitazione andrebbero a traslocare in un altro atomo (cosa che avviene nel settore della radioattività dove si ha il fenomeno della “ionizzazione”). Naturalmente gli elettroni più lontani dal nucleo hanno caratteristiche energetiche opposte

rispetto a quelli più vicini, per cui hanno minima energia cinetica (velocità di moto) e massima energia potenziale.

Un atomo funziona armoniosamente quando tutti i suoi livelli che contengono elettroni sono completamente occupati.

Di seguito, per il Lettore più esigente, riporto alcuni concetti di chimica/fisica inerenti le “energie di legame” nella materia.

Tutti gli elettroni hanno la stessa quantità di carica negativa essendo tutti identici e tale carica è equilibrata dalla stessa quantità di carica positiva presente nel nucleo

(protoni). Quindi, nel loro complesso, gli atomi sono neutri. Quando un atomo ha un elettrone in più del normale si carica negativamente e viene chiamato “ione negativo”, mentre se ha un elettrone in meno del solito, la carica positiva del nucleo sarà dominante e l’atomo si trasforma in “ione positivo”.

Quando gli atomi si legano tra loro entrano a far parte dei “composti chimici” e viene preso in considerazione anche un altro parametro energetico denominato “energia di legame” degli elettroni: esso ci dice di quanto è

stata ridotta l'energia di un elettrone rispetto al valore che avrebbe avuto se fosse stato libero. *Tanto maggiore è l'energia di legame tanto più bassa è l'energia potenziale che l'elettrone possiede e conseguentemente tanto più stabile e riuscito sarà il legame o il composto che l'elettrone tiene insieme.* Infatti, la massima coesione si ha quando vi è minima energia potenziale e massima energia cinetica, come del resto avviene anche negli stati fondamentali dell'atomo. Quindi, quando questo accade con due o più atomi insieme, vuol dire che

gli stati elettronici sono più coesi (i nuclei sono più vicini tra loro). È ovvio che l'*energia di legame* per l'ultimo elettrone che si trova a riempire l'orbita più bassa (più vicina al nucleo) è molto più forte di quella del primo elettrone che si trova nell'orbita più esterna (elettrone di valenza) quindi, se si interviene facendo in modo che l'elettrone più esterno si sposti in un'orbita più bassa, ciò farà aumentare l'energia di legame tra questo determinato atomo con un altro atomo. Così ogni elettrone che vi si trasferisce probabilmente migliorerà il suo bilancio energetico.

In genere gli atomi che hanno un elettrone di troppo o un elettrone di meno sono quelli più attivi, ovvero quelli che più probabilmente parteciperanno alle transazioni e formeranno composti.

Ogni volta che due atomi, incontrandosi, modificano il proprio assetto elettronico, si viene a formare un legame chimico. La modificazione delle strutture elettroniche degli atomi interessati al legame dà luogo a una maggiore stabilità. Tale modificazione può avvenire sostanzialmente in due modi: per condivisione di elettroni (*legame*

covalente) oppure per acquisto e perdita (*trasferimento*) di elettroni con formazione di ioni (*legame ionico*).

Definendo con il termine “elettronegatività” la tendenza relativa di un atomo ad attrarre a sé elettroni una volta legato covalentemente a un altro atomo, gli elettroni si trasferiscono da un atomo all’altro quando la differenza di elettronegatività fra due atomi è molto elevata. Se la differenza di elettronegatività fra due atomi è piccola, ci sarà una compartecipazione di elettroni.

Da quanto detto si deduce che

gli atomi che hanno elettronegatività uguale o simile tendono a reagire mettendo in compartecipazione gli elettroni, e la coppia o le coppie di elettroni condivisi costituiscono un *legame covalente*. Un esempio di legame covalente che si viene a stabilire fra atomi uguali, e quindi aventi la stessa elettronegatività, riguarda gli atomi di carbonio. Quando invece due atomi si combinano in seguito a un trasferimento di elettroni, vengono a crearsi ioni uniti da cariche di segno opposto: in tal modo fra questi elementi si stabilisce un legame ionico. È il caso per esempio del cloruro di

sodio.

Al centro di ogni atomo c'è un piccolo *nucleo atomico* che contiene la maggior parte della massa dell'intero atomo, anche se ha un diametro che è solo un centomillesimo di quello atomico. Il nucleo ha una carica elettrica positiva che attrae gli elettroni carichi negativamente e che tiene l'atomo unito. Questa carica positiva inoltre respinge le altre particelle cariche positivamente e costituisce una barriera (la barriera *coulombiana*) che tiene lontani i protoni e gli altri nuclei.

I protoni, come ho già accennato in precedenza, sono circa 2000 volte più

pesanti degli elettroni e, di conseguenza, la loro energia di massa a riposo è 2000 volte maggiore degli elettroni, con la conseguenza che un protone sta in una regione 2000 volte più localizzata rispetto a un elettrone; ogni singolo protone quindi tende a occupare meno spazio e sembra perciò più piccolo, ma in realtà è ben più grosso dell'elettrone. Gli elettroni invece sono difficilmente localizzabili e formano grosse “*nuvole elettroniche*” che incombono in vicinanza del nucleo: esse si diffondono in un volume centinaia di migliaia di volte più grande del nucleo stesso.

Come succede per gli elettroni e per tutte le altre particelle, anche i nucleoni

(protoni + neutroni) occupano degli “*stati quantici*” e la disponibilità di tali spazi all’interno del nucleo atomico è gestita dal pozzo di potenziale locale. Nel caso degli elettroni, il pozzo di potenziale viene fornito dai nucleoni stessi, dato che gli “stati elettronici” sono fissati dal potenziale elettrico, mentre i nucleoni controllano proprio quel potenziale. L’energia potenziale degli elettroni di un atomo è determinata dalla loro distanza dalla carica elettrica positiva dei protoni del nucleo centrale. Grazie al potenziale elettrico prodotto da tale carica, i protoni controllano gli stati elettronici e gli elettroni devono adattarsi a tali stati. Nel caso del nucleo atomico, sono gli stessi nucleoni a

fornire il potenziale per i differenti stati nucleari interni per cui il nucleo controlla gli stati, anche se i nucleoni non ne fanno uso. Il potenziale controlla gli stati che danno la distribuzione di probabilità per gli elettroni, ma gli elettroni che li usano hanno scarsa influenza sul potenziale. Il potenziale atomico rimane praticamente identico ovunque possano trovarsi gli elettroni.

Per il nucleo, invece, il potenziale in cui si trovano protoni e neutroni è prodotto dallo sforzo collettivo di tutti i nucleoni che si trovano al suo interno. Questo potenziale collettivo fissa gli stati disponibili che possono essere occupati dai nucleoni, controllando così la distribuzione di probabilità.

La carica elettrica del nucleo è trasportata tutta dai protoni, dato che i neutroni non hanno carica elettrica. Tutti i protoni trasportano cariche positive e si sa che le particelle che hanno lo stesso tipo di carica si respingono tra loro, quindi ciò avviene anche tra protoni appartenenti allo stesso nucleo atomico; eppure questo allontanamento tra protoni non avviene grazie a una forza attrattiva che riesce a tenerli a posto: si tratta della “*interazione nucleare forte*”. Essa è molto potente in quanto deve sopraffare la disgregante repulsione elettrica all’interno del nucleo. Tale forza è definita “a corto raggio” in quanto esternamente al nucleo non ha effetti evidenti.

Anche gli elettroni tendono a respingersi tra loro (campo elettrico negativo) ma, a differenza del nucleo interno, essi sono rarefatti e diffusi e le loro cariche sono ben separate tra loro, così la repulsione che producono è debole; è sufficiente la sola carica positiva concentrata nel nucleo a tenerli a posto. Gli elettroni sono completamente impermeabili all'interazione nucleare forte per cui non si accorgono dei protoni che cercano di respingersi tra di loro.

L'interazione forte è causata dallo scambio di particelle, in particolar modo di "pioni". I "pioni" sono dei "bosoni" dato che vengono creati e

distrutti durante il processo di scambio. La massa del pione è circa 300 volte maggiore rispetto a quella di un elettrone. Un pione può essere creato anche attraverso una “fluttuazione energetica” che però deve essere piuttosto grande per fornire al pione l’energia necessaria alla sua massa a riposo, per cui esso non ha lunga durata (maggiore è l’energia che occorre a formarla e minore sarà la durata di vita della particella). Dato che il tempo di vita dei pioni è breve, ne consegue che essi non possono allontanarsi di molto dalla loro fonte, per cui lo scambio con altre particelle può avvenire solo se sono molto vicine; questo spiega perché l’interazione nucleare forte è una forza a

raggio molto corto. *In un nucleo quindi ogni protone respinge solo il protone che ha accanto (repulsione a raggio corto).*

La forza di repulsione cresce rapidamente con il crescere del numero dei protoni nel nucleo e ciò implica che nei nuclei pesanti (quelli di atomi che hanno un gran numero di protoni) deve esistere anche un gran numero di neutroni per poter ben distanziare l'uno dall'altro i protoni, in modo che la loro repulsione non prevalga sulla forza attrattiva globale del nucleo. I nuclei più leggeri hanno lo stesso numero di protoni e neutroni; per esempio, un nucleo di carbonio contiene sei protoni e sei neutroni. La forza repulsiva prodotta

dai sei protoni, ciascuno dei quali è respinto dagli altri cinque, non è ancora sufficiente a superare l'attrazione causata dall'interazione forte. Nel caso di un nucleo di uranio invece ci sono ben 92 protoni per cui la forza repulsiva è notevole per cui occorre un numero elevato di neutroni per compensare ciò e tenere distanti i vari protoni tra loro (infatti ci sono ben 143 neutroni nel nucleo dell'Uranio).

Mentre il numero di protoni di un dato atomo rimane costante, così come il corrispondente numero di elettroni, il numero di neutroni può variare: le diverse forme in cui un atomo può presentarsi mantenendo costante il numero di protoni ed elettroni e

variando il numero di neutroni si definiscono “*isotopi*” (ci sono atomi di uranio che hanno, per esempio, 146 neutroni anziché 143, con un nucleo più stabile).

Si è già detto che vi sono livelli energetici per i nucleoni, proprio come gli elettroni nell’atomo, e questi livelli possono essere riempiti indipendentemente da neutroni e protoni. Dato che il processo di occupazione dei livelli è lo stesso sia per i neutroni sia per i protoni, i nuclei stabili tendono ad avere lo stesso numero di protoni e neutroni. Nei cosiddetti “nuclei pesanti”, all’aumentare dei protoni, il numero dei neutroni aumenta ancora di più proprio

per evitare che troppi protoni vicini tra loro possano avere la meglio sulla forza nucleare forte che li tiene tutti assieme. Per tutti i nuclei c'è un rapporto ottimale fra il numero dei protoni e quello degli elettroni, che rende massima la stabilità dell'atomo. *La rottura di equilibrio tra protoni e neutroni porta come conseguenza un "decadimento radioattivo"*.

Infatti, quando i nuclei sono grandi, con molti nucleoni, la repulsione tra tutti i protoni diventa proporzionalmente più forte e i nuclei possono diventare "instabili" e, di conseguenza, possono essere soggetti a un "decadimento radioattivo" nel quale il nucleo emette

una “*particella alfa*” (è costituita da un gruppetto di due protoni e due neutroni strettamente legati insieme come se fossero un’unica particella) che può attraversare la barriera coulombiana. Contenendo due protoni, la particella alfa viene respinta dalla carica complessiva dei protoni e cerca di fuggire, ma ciò viene impedito dalla forza nucleare forte.

I neutroni possono anche essere soggetti al “*decadimento beta*”, nel corso del quale nel nucleo viene prodotto un elettrone, che sfugge via subito, perché gli elettroni non sono influenzati dall’interazione forte. I nuclei possono anche emettere “*raggi*”

gamma”, che non sono altro che *fasci di fotoni ad alta energia*. L'emissione Gamma non è altro che l'emissione di un fotone. Quando un elettrone viene portato a uno stato energetico più elevato e poi ricade in uno stato più basso, emette un fotone, che si porta via l'energia così liberata. Succede la stessa cosa quando un'eccitazione del nucleo porta a una ridisposizione dei protoni: *viene emesso un fotone quando il nucleo ritorna allo stato di più bassa energia*. Siccome le energie di interazione nel nucleo sono molto più grandi di quelle in gioco nell'atomo, *i fotoni Gamma del nucleo hanno un'energia molto più alta di quella dei fotoni prodotti dagli elettroni atomici*

(circa 100000 volte maggiore).

Il *potenziale elettrico del nucleo* fornisce la *barriera coulombiana* che respinge le altre particelle cariche positivamente. I protoni a bassa energia sono incapaci di oltrepassare questa barriera. I neutroni non hanno carica elettrica per cui la barriera coulombiana per loro non esiste. Alcuni nuclei possono dividersi in due nuclei più piccoli e stabili, in un processo noto come “*fissione nucleare*”: questa può essere causata dall’aggiunta di un neutrone in più, che non si riesce a tener fuori dalla barriera coulombiana. La *fissione* può liberare altri neutroni, dando luogo a una “*reazione a catena*”.

Alcune particelle hanno carica positiva e altre carica negativa, ma la “quantità di carica” è la stessa ed è definita “carica dell’elettrone”, così definita perché l’elettrone è stata la prima particella a essere scoperta. Fa parte del paradosso della Fisica Quantistica che le misure su oggetti piccolissimi debbano essere compiute con acceleratori di particelle enormi. A causa del *Principio di Indeterminazione di Heisenberg*, le dimensioni piccole devono accoppiarsi con un momento grande, e ciò richiede una grande macchina per accelerare le particelle fino ad arrivare alle enormi energie necessarie. La maggior parte degli acceleratori ad alta energia è di

tipo circolare, e le particelle li percorrono più volte mentre vengono accelerate. Esistono anche alcuni grandi acceleratori lineari in cui gli elettroni vengono accelerati lungo un'unica traiettoria rettilinea. Per un approfondimento rimando il Lettore al Capitolo 4 del presente Testo.

Le caratteristiche centrali del *comportamento quantistico* si sono manifestate nella scoperta delle particelle discrete e nell'osservazione dell'*interferenza*. Le particelle, o quanti, vengono osservate in una certa posizione, piuttosto che diffuse in un'ampia "regione", come avviene invece per le onde classiche. Ciò

nonostante, le particelle sembrano comportarsi come onde, in quanto mostrano effetti di interferenza fra le varie ampiezze che descrivono tutto ciò che una particella potrebbe fare. Si può dimostrare l'esistenza della "interferenza" facendo passare degli elettroni attraverso una griglia regolare, come per esempio quella formata dalla disposizione degli atomi in un cristallo, e la cosa può essere effettuata a un'intensità così bassa da far passare un solo elettrone per volta. Come gli elettroni, anche i fotoni hanno uno spin (up e down) ossia una direzione. Anche i fotoni, come gli elettroni, devono avere spin opposto e quindi, prendendo due fotoni, il loro spin sarà opposto: se uno

ha lo spin in su l'altro dovrà averlo in giù.

Il fenomeno dell'interferenza verrà ripreso nella Seconda Parte del Testo, quando cioè verrà trattato l'argomento specifico inerente la Tecnologia Quantistica e, in particolar modo, i sistemi di protezione dalle radiazioni naturali e dai campi elettromagnetici artificiali.

3.6 GENERALITÀ SUI NUCLEI, RELAZIONI E INTERAZIONI NUCLEARI

Mi scuso fin d'ora con i Lettori se, in alcuni tratti del presente Paragrafo e di quelli successivi, andrò a ripetere concetti già trattati nei Paragrafi precedenti, ma credo che, così facendo, potrò aiutare i Lettori meno esperti a mantenere una visione globale degli atomi e delle loro interazioni, man mano che ci addentreremo sempre più nello spettacolare mondo della “Fisica delle Particelle”.

Ho già specificato in precedenza che

tutta la materia che ci circonda è fatta di atomi, i quali, a loro volta, sono costituiti da una “nuvola” composta da elettroni e dal nucleo interno. Il diametro di ogni “nuvola” è di circa 1 centomillesimo di centimetro mentre il solo nucleo è circa diecimila volte ancor più piccolo. C’è però da dire che la massa e, quindi, il peso degli atomi, è quasi tutta concentrata nel nucleo. Il nucleo è a sua volta costituito da un certo numero di protoni e neutroni mentre gli elettroni, costituenti la “nuvola” dell’atomo, sono tanti quanti sono i protoni all’interno del nucleo. Alcuni autori definiscono questa “nuvola” anche “nube” o “guscio” elettronico, ma è solo il nome che

cambia, non la sostanza.

In natura esistono circa 90 tipi di atomi. A parità del numero di elettroni e protoni, possono esistere anche delle varianti di atomi che differiscono per il numero dei neutroni nel loro nucleo. Quando gli atomi presentano nel loro nucleo lo stesso numero di protoni e diverso numero di neutroni, vengono definiti *isotopi*. Quindi, a ogni atomo possono corrispondere diversi isotopi. Per fare un esempio consideriamo l'atomo più semplice, l'idrogeno, che presenta un solo protone nel nucleo e che è anche chiamato pròzio: un isotopo dell'idrogeno è il deuterio il cui nucleo contiene un protone e un neutrone; esiste

poi un altro isotopo dell'idrogeno chiamato trizio, che presenta nel nucleo un protone e due neutroni. Le differenze tra isotopi si hanno principalmente per il numero della massa. I protoni hanno carica positiva e hanno una massa di circa 1,67 miliardesimi di miliardesimi di milionesimi di grammo; i neutroni sono elettricamente neutri e hanno una massa molto simile ai protoni; gli elettroni sono elettricamente carichi negativamente e la loro massa è circa 2000 volte più piccola di quella dei neutroni e di quella dei protoni.

Un insieme di atomi è definito *molecola*, quindi la materia è costituita da un'infinità di molecole. Per esempio,

l'acqua è formata da molecole, ciascuna delle quali si compone di tre atomi: due di idrogeno e uno di ossigeno. I processi di aggregazione e disgregazione da atomi a molecole e viceversa si ottengono attraverso reazioni chimiche e, dato che durante tali reazioni vengono modificate le caratteristiche delle "nuvole" elettroniche, si deduce che gli elettroni rappresentino gli "arbitri" delle reazioni chimiche e si posizionino in svariati modi attorno ai nuclei. L'elettrone intorno al nucleo può svolgere un lavoro di tipo "attivo" o di tipo "passivo": quando gli elettroni assorbono o accumulano energia svolgono un lavoro attivo, quando gli elettroni cedono energia svolgono un

lavoro passivo. Le forze che aggregano i nuclei sono circa un milione di volte più forti di quelle che aggregano le molecole.

In questi ultimi tempi si è sempre più affinata la tecnologia che permette di aggregare e disaggregare anche i nuclei atomici permettendo così di realizzare le reazioni nucleari. Le più importanti reazioni nucleari possono essere realizzate attraverso due processi denominati *fissione* e *fusione*. Nella fissione il nucleo di un atomo pesante si disgrega in due nuclei più piccoli; nella fusione sono invece nuclei leggeri che si aggregano a formare nuclei più pesanti. Le proprietà chimiche dell'atomo

dipendono dal numero e dalla disposizione degli elettroni che costituiscono la “nuvola”; tale numero viene indicato con la lettera Z (numero atomico), che definisce anche il numero di protoni e, di conseguenza, la carica elettrica dell'atomo. I neutroni e i protoni (nucleoni) di un nucleo vengono indicati invece con la lettera A , ovvero *numero di massa* dato che la massa dei nucleoni e la massa atomica, con buona approssimazione, vanno a coincidere, considerando trascurabile l'incidenza della massa estremamente piccola degli elettroni.

Per un approfondimento sull'energia nucleare rimando il Lettore a Testi specifici indicati anche nella

Bibliografia del presente Testo.

Lavorando con gli atomi, si usa preferibilmente come unità di misura il “*nanometro*” (nm) che equivale a 10^{-9} metri. Generalmente gli atomi hanno un diametro compreso tra 0,1 e 0,5 nm. Negli atomi piccoli la distanza tra il nucleo e l’elettrone più vicino è di circa 0,05 nm per cui il nucleo occupa solo la trilionesima (10^{-12} metri) parte del volume di un atomo. In pratica, se immaginassimo un atomo di idrogeno grande quanto una pallina da ping pong, l’elettrone sarebbe un granello di sabbia lontano ben 1,35 km!

Le forze fondamentali dell’Universo

sono: la *gravità*, l'*elettromagnetismo*, l'*interazione nucleare forte* e l'*interazione nucleare debole*. Mentre a livello macroscopico la gravità e l'elettromagnetismo sono considerate le due forze fondamentali, a livello microscopico sono molto influenti le interazioni nucleari forti e deboli, mentre la forza di gravità è quella meno influente. Per meglio capire la differenza tra le intensità di queste forze nel settore microscopico, supponiamo di considerare l'interazione nucleare forte con valore 1: la forza elettromagnetica allora varrebbe 10^{-2} , l'interazione nucleare debole 10^{-6} , e infine l'interazione dovuta alla forza gravitazionale 10^{-40} (un decimillesimo

di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo dell'interazione forte).

L'interazione nucleare forte: è l'interazione che permette di tenere “incollati” in un nucleo atomico più protoni, che presentano la stessa carica positiva. L'interazione forte agisce sulle particelle elementari che costituiscono i protoni e i neutroni, chiamate “quark”. Sia il protone sia il neutrone sono composti da tre quark: il protone è composto da due quark up e un quark down e, viceversa, il neutrone è composto da due quark down e un quark up.

L'interazione nucleare debole: è l'interazione che spiega, per esempio, il

fenomeno della radioattività. Infatti consiste, a causa della instabilità degli atomi di alcuni elementi, specie quelli con grande peso atomico, nella emissione di un elettrone da parte di un nucleo atomico, ossia il decadimento beta (β). In questo caso, la carica positiva del nucleo aumenta di un'unità e l'elemento si trasmuta in quello di numero atomico successivo. Esistono comunque particelle che non conoscono decadimento: gli elettroni.

Nei successivi Paragrafi andrò ad approfondire ulteriormente il “mondo” delle particelle sub-atomiche, inserendo in appositi riquadri le parti più tecniche degli argomenti trattati, in modo da poter

soddisfare anche i Lettori più esperti.

3.7. LE PARTICELLE SUB-ATOMICHE

Possiamo sintetizzare le nostre conoscenze sulle particelle nel seguente modo.

La struttura della materia, dall'Universo alle Galassie, fino agli esseri viventi e al mondo microscopico, si basa su quattro particelle elementari che sono: *il quark up, il quark down, l'elettrone e il neutrino elettronico*. Sul neutrino elettronico di recente è stato scoperto che ha massa pari circa a un centomillesimo della massa dell'elettrone, che a sua volta ha una massa di $1/1836$ di quella del protone.

La massa del protone è $1,66 \times 10^{-24}$ g. Tali particelle costituiscono la “*prima famiglia della materia*”. Oltre alla prima, vi sono altre due famiglie della materia, le quali differiscono dalla prima solo per la massa. Alla “*seconda famiglia della materia*” appartengono *il quark charm, il quark strange, il muone e il neutrino muonico*, particelle aventi tutte masse maggiori rispetto a quelle appartenenti alla prima famiglia. Alla “*terza famiglia della materia*” appartengono *il quark top, il quark bottom, il tauone e il neutrino tauonico*, particelle con masse maggiori rispetto a quelle appartenenti alla seconda famiglia.

I *quark up, charm e top* hanno carica elettronica positiva (valore $+2/3$ di quella dell'elettrone) e i *quark down, strange e bottom* hanno carica elettronica negativa (valore $-1/3$ di quella dell'elettrone).

Le particelle si possono classificare anche diversamente in due famiglie dette *bosoni e fermioni*, che si distinguono per il valore dello "spin". I "fermioni" hanno "spin semintero" ($\pm 1/2$; $\pm 3/2$; ecc.), mentre i "bosoni" hanno spin intero ($+1$; -1 ; 0) e tutti fungono da mediatori nelle tre interazioni (elettromagnetica, forte e debole). Nell'interazione nucleare forte compaiono i "gluoni"; nell'interazione

nucleare debole le particelle W^+ , W^- e Z ; nell'interazione elettromagnetica i "fotoni". Lo "spin" viene misurato in relazione a $\hbar/2\pi$, dove \hbar rappresenta la Costante di Planck; quindi, per esempio, quando indichiamo per una particella lo "spin" con valore $1/2$ intendiamo che $spin = 1/2(\hbar/2\pi)$.

Gli elettroni di un atomo possono avere orbite di forme diverse e allineare i loro spin in direzioni diverse. L'atomo può esistere in molti stati differenti, ciascuno con diversa energia. Lo studio degli stati possibili di un atomo è noto come "spettroscopia atomica". Gli stati di energia più alta possono decadere in stati di energia più bassa emettendo

luce. Dato che complessivamente l'energia si conserva, l'energia del fotone emesso, evidenziata dal suo colore, codifica la differenza di energia tra lo stato iniziale e quello finale. I colori della luce emessa da ciascun tipo di atomo compongono un quadro caratteristico: per esempio, gli atomi di idrogeno emettono un certo insieme di colori, mentre quelli di elio un insieme diverso di colori. Questi "quadri cromatici" differenti rappresentano lo "spettro" dell'atomo, per cui ogni spettro identifica un determinato atomo.

Per verificare le particelle subatomiche, per esempio le particelle all'interno di un protone, oggi non è più

necessario provocare collisioni ed esaminare i detriti, ma si può guardare l'interno di un protone usando una "luce" con lunghezza d'onda estremamente piccola (raggi gamma estremi), utilizzando un "nanomicroscopio" che ingrandisce di circa un miliardo di volte rispetto agli attuali microscopi ottici presenti in commercio. All'interno dei protoni tutto si muove rapidamente e, per evitare di ottenere immagini sfocate, dobbiamo avere una buona risoluzione temporale. C'è bisogno quindi di "lampi" (durata circa 10^{-24} secondi) e non di lunghe esposizioni per osservare e fotografare. I fotoni utilizzati nel nanomicroscopio hanno perciò vita molto breve e non

sono osservabili, al punto che vengono definiti “fotoni virtuali”. L’energia e la quantità di moto del “fotone virtuale” sono esattamente l’energia e la quantità di moto perse dall’elettrone e ciò è stato verificato sperimentalmente attraverso lo SLAC (acceleratore di particelle presente al CERN di Ginevra).

Le singole particelle virtuali vanno e vengono, e tutte insieme trasformano l’entità che chiamiamo spazio vuoto in un mezzo dinamico. A causa del comportamento delle particelle virtuali, una carica positiva (reale) viene parzialmente schermata, cioè la carica positiva tende a essere circondata da una “nube” di cariche negative

compensanti. Da lontano non si avverte tutta l'intensità della carica positiva, poiché in parte è annullata dalla nube negativa. La grande nube elettronica ha un costo energetico elevato (più ampia è la nube e maggiore è il costo). Creare una tale perturbazione costa energia e per mandarla a distanze infinite occorrerebbe una quantità infinita di energia. Poiché l'energia è disponibile in quantità finita, ne consegue che la Natura non ci consentirà di creare una particella isolata dotata di carica!

3.7.1 FERMIONI E BOSONI

Tutte le particelle dell'Universo a noi note si possono classificare in "bosoni" e "fermioni". Possiamo considerare i

fermioni come i “mattoni” che costituiscono la materia ordinaria e i bosoni come il “collante” (vettori di forza) che tiene insieme tali mattoni. I bosoni prendono il nome dal fisico indiano Satyendra Bose, mentre i fermioni prendono il nome dal fisico italiano Enrico Fermi.

Il “Principio di Esclusione di Pauli” afferma che non possono esistere due fermioni (per esempio, gli elettroni) esattamente nello stesso stato, ma devono trovarsi necessariamente in due stati differenti. Per quanto concerne i bosoni (per esempio i fotoni), essi possono trovarsi anche nello stesso stato senza alcuna preclusione. Quando due

bosoni sono nello stesso stato, moltiplicano i loro effetti, e così via per più bosoni nello stesso stato: questo fenomeno è noto come “*condensazione di Bose*”. La differenza tra bosoni e fermioni è dovuta al fatto che i fermioni sono prettamente “individualisti” (non si troveranno mai due fermioni che facciano esattamente la stessa cosa) mentre i bosoni sono “gregari” (amano stare insieme in gruppi dove ciascun componente può comportarsi esattamente allo stesso modo degli altri). Questi comportamenti così diversi sono molto importanti perché da essi e dalle loro interazioni è derivata la Natura del mondo. In particolar modo, *sono le interazioni tra fotoni (bosoni)*

ed elettroni (fermioni) a governare il mondo fisico. Il Principio di Pauli è estremamente importante perché è vitale per l'esistenza degli atomi e della materia che conosciamo e a cui si legano tutti i fermioni, mentre i bosoni non sono governati dal Principio di Pauli.

Fino a quando non sono nate le strumentazioni “visive” odierne, tutti i fisici ritenevano che in un'orbita potessero stare al massimo due elettroni di spin opposto; oggi, senza andare in contrasto con il “Principio di Esclusione di Pauli”, *si è visto che l'orbita dove sono “apparentemente” posizionati i due elettroni con “spin” opposto, è in realtà divisa in due orbite molto*

vicine: su una si muove un elettrone con “spin up” e sull'altra un elettrone con “spin down”. Se così non fosse non sarebbe stato possibile utilizzare l'innovativa *Tecnologia Quantistica “Spintronica”* che verrà sviluppata nella Seconda Parte del Testo.

In un solido gli elettroni dei singoli atomi sono combinati insieme formando un gran numero di “stati elettronici” che appartengono al solido. Questi stati sono raggruppati secondo “bande energetiche” all'interno delle quali i “livelli energetici” degli “stati energetici” sono tanto vicini gli uni agli altri da essere quasi continui. Come già specificato in precedenza, la più elevata

di queste bande piene viene chiamata “banda di valenza” e, sopra di lei, separata da una banda vuota che non contiene strati, c’è un’altra banda: la “banda di conduzione”. Questa banda è in genere completamente vuota, o al massimo, quasi completamente vuota. Nella “banda di valenza” gli elettroni non possono muoversi. Ogni movimento di elettroni richiede che essi passino da uno stato all’altro, e nella banda di valenza non vi sono stati che gli elettroni possano occupare. Se viene applicato un “potenziale elettrico” al materiale, si esercita una forza sugli elettroni della banda di valenza ma essi non possono comunque muoversi. Se non ci sono elettroni nella banda di conduzione, il

materiale funziona da isolante elettrico.

Se a un elettrone della banda di valenza piena viene fornita sufficiente energia, l'elettrone può elevarsi oltre la banda vuota raggiungendo la banda di conduzione superiore. Siccome lì ci sono molti "stati liberi", l'elettrone può muoversi e l'applicazione di un potenziale elettrico produce conduzione di corrente. Inoltre, c'è ora dello spazio libero nella banda di valenza, dove si trovava prima l'elettrone. Un altro elettrone può occupare il suo posto, e così via. Si forma una lacuna nella banda di valenza che altrimenti sarebbe piena e questa lacuna si muove in direzione opposta al moto degli elettroni. La lacuna si comporta in modo

del tutto simile a una particella con carica positiva. Questo comportamento è tipico dei materiali “semiconduttori” come, per esempio, il silicio, che è molto utilizzato in elettronica. La corrente elettrica è trasportata sia dagli elettroni della banda di conduzione sia dalle “lacune” delle bande di valenza.

Quando un “fotone”, dotato di una determinata energia, interagisce con un elettrone, può produrre una transizione da un livello energetico a un altro; nella maggior parte dei casi la transizione avviene da un livello energetico basso a uno più alto dato che usualmente i livelli energetici più bassi sono pieni. Il fotone però è in grado di produrre anche una transizione da un livello superiore a uno

inferiore, se quello inferiore è vuoto. Per esempio, quando una sostanza si trova ad avere molti elettroni in un livello superiore e c'è un livello inferiore vuoto o quasi vuoto (condizione nota come *inversione di popolazione*), allora un fotone può far trasferire un elettrone da uno stato più alto a uno più basso e questo cambiamento rilascia energia e crea un nuovo fotone che si aggiunge a quello che aveva provocato la transizione. Questo fotone a sua volta fa cadere altri elettroni in uno stato più basso.

3.7.2 I LEPTONI

I *leptoni* costituiscono la seconda classe di particelle; essi includono anche gli

elettroni. Come i quark, anche i leptoni hanno tre generazioni di massa crescente:

- a) gli elettroni, che sono quelli più leggeri;
- b) i muoni, di peso intermedio (circa 200 volte più pesanti di un elettrone);
- c) le particelle tau, più pesanti (circa 3700 volte più pesanti di un elettrone).

Tutti i leptoni possiedono una carica elettrica negativa e sono associati a una particella priva di carica elettrica chiamata *neutrino* (*neutrino elettronico*, *muonico* e *tauonico*). I neutrini hanno una massa sostanzialmente nulla e non

interagiscono con niente (possono attraversare tutta la Terra senza neppure accorgersene) e, perciò, sono difficili da “catturare”. Tutti i leptoni sono dotati di antiparticelle.

Le forze fondamentali sono mediate dalla scambio di particelle:

- a) un'onda elettromagnetica può essere considerata un “flusso di *fotoni*”;
- b) la forza nucleare debole è trasportata dalle particelle *W* e *Z*;
- c) la forza nucleare forte si trasmette attraverso i “*gluoni*”;
- d) la forza gravitazionale si trasmette attraverso i “*gravitoni*” (non

ancora inclusa nel Modello Standard e che gli scienziati stanno cercando di inserire per creare finalmente la *Teoria della Grande Unificazione*). Io stesso mi sono permesso, senza in alcun modo voler peccare di presunzione, di teorizzare una formula che possa integrare la forza gravitazionale nel gruppo delle altre forze. Riguardo ciò, rimando il Lettore alla Seconda Parte del Testo.

3.7.3 GLI ELETTRONI

Gli elettroni sono particelle subatomiche molto piccole che non hanno alcuna caratteristica individuale distintiva, dato che sono completamente

identici gli uni agli altri. Una loro caratteristica peculiare è che ruotano esattamente con la stessa velocità, indipendentemente dal verso che si scelga per misurare la rotazione. L'unica differenza è che alcuni ruotano in un senso, altri in un altro. A seconda del senso di rotazione si parla di *elettroni spin-up* (*spin verso l'alto*) o *spin-down* (*spin verso il basso*). Gli elettroni si muovono intorno al nucleo centrale, costituito da protoni e neutroni, e il loro movimento presenta una velocità differente in base alla densità di materiale in cui risiedono, ossia rispetto allo spazio che hanno a loro disposizione: meno spazio hanno a disposizione e più veloce deve essere il

loro movimento, quindi, per esempio, *nei materiali densi come i solidi la velocità degli elettroni è superiore, mentre nei materiali meno densi, come nel caso dei gas, la velocità è inferiore.* Se la velocità si riduce, allora l'elettrone si "diffonde" maggiormente sulla nube elettronica, cioè ogni singolo atomo ha più "spazio" a disposizione e quindi una maggiore "nuvola elettronica". Se l'elettrone non si muovesse verrebbe subito risucchiato dall'attrazione generata dal protone, in quanto questo ha polarizzazione positiva, mentre l'elettrone è polarizzato negativamente. Il fatto che riesca a rimanere staccato dal nucleo atomico, nonostante la forza di attrazione che si

ha tra protone ed elettrone, è stato oggetto di studio del fisico Heisenberg. Attraverso il suo "*Principio di Indeterminazione*" egli afferma che nessuna particella può avere valori ben definiti per la velocità e la posizione contemporaneamente. Tutto ciò implica che una particella non può star ferma in una data posizione, dato che una particella ferma ha una velocità nulla e quindi ben definita. È proprio questo moto incessante dell'elettrone a permettergli di "sfuggire" all'attrazione del nucleo.

Gli elettroni sono assolutamente identici e obbediscono al "*Principio di Esclusione di Pauli*" che vieta che ci sia più di un elettrone nello stesso stato,

al massimo due, se si contano anche i possibili versi dello spin. Le particelle, come gli elettroni, dato che devono essere sempre in movimento, devono avere sempre un certa dose di energia. Il minimo di energia che permetta alla particella di esistere è definita “*energia della massa a riposo*”.

Una semplice formula (relazione di Heisenberg) mostra come viene regolata la transazione di energia da parte di una particella: $\Delta E \Delta t = \hbar/2$, dove il valore \hbar viene chiamato “*Costante di Planck*”. La quantità ΔE rappresenta l'ammontare di

energia che viene presa in “prestito” da parte della particella e Δt il periodo di tempo per cui viene concesso il “prestito” di energia.

Per far comprendere meglio al Lettore cosa possa rappresentare la formula di Heisenberg, possiamo definirla come la formula che *“fissa il tasso di scambio dei prestiti energetici”*. Dato che $\Delta E \Delta t$ rappresenta una costante, ciò significa che tanto più grande è l'ammontare di energia “prestata”, tanto più corto sarà il periodo di tempo del prestito. Quindi, se una particella ha una grossa massa, avrà sicuramente

bisogno di maggiore energia per sostenerla e quindi chiederà un maggiore “prestito energetico”, e quanto più sarà grande questo “prestito”, tanto più breve sarà il tempo a disposizione per “rimborsarlo”. Poiché il tempo per il “rimborso” è ridotto, la particella non può andare molto lontano e quindi possiamo definire tale particella “*a corto raggio*”. Il rapporto $\Delta E \Delta t$ è una costante per cui maggiore sarà ΔE e minore dovrà essere Δt e questo si evince anche dal risultato del loro prodotto, che dà un valore costante: $\hbar/2$ dove \hbar , la Costante di Planck, è anche definita “*costante*”

universale” in quanto è sempre la stessa dappertutto.

Per quanto concerne l'energia E (la cui unità di misura è l'*elettronvolt*, eV), essa indica la quantità di energia che la particella possiede e, di conseguenza, quello che è in grado di fare: maggiore è la sua energia e maggiore è la sua velocità. Questo accade per esempio agli elettroni quando gravitano su orbite più vicine al nucleo interno: sono più veloci e quindi non vanno a farsi “inghiottire” dal nucleo, nonostante siano attratti dai protoni, di segno opposto e quindi sottoposti alla legge di Coulomb. Inoltre, maggiore è l'energia

posseduta da una particella e maggiore sarà la sua influenza sugli altri sistemi. Ogni particella che ha bisogno di una massa deve possedere energia anche solo semplicemente per esistere, quindi è influenzata dal “bosone di Higgs”, ossia dal “campo di Higgs”, in grado di conferire massa alla particella. La massa va anche a definire l'energia minima che deve possedere la particella per muoversi e, di conseguenza, il minimo di energia per sopravvivere. Perciò, se una particella vuole possedere una massa, deve trovare l'energia per sostenerla e, se poi le resta altra energia, allora può usarla per fare altro.

Esistono comunque anche particelle che non si preoccupano affatto di avere una massa a riposo e quindi non devono pensare a mantenerla perciò possono utilizzare anche piccole quantità di energia: si tratta dei *fotoni*. Il fotone a riposo non ha massa per cui non ha anche alcun peso anche se, a dire il vero, i fotoni non sono mai a riposo, bensì corrono sempre alla velocità della luce, anche perché la stessa luce è fatta di fotoni. La luce non è un flusso continuo ma è costituita da infinità di quanti (piccoli pacchetti di energia), per cui il flusso stesso della luce può essere paragonato a tanti granellini. I fotoni sono fondamentalmente tutti uguali, anche se sembrano diversi, e questo

dipende dal fatto che possiedono quantità di energia diverse: alcuni di essi ne hanno poca (fotoni a radio frequenza) altri ne hanno molta (per esempio luce visibile o radiazioni ionizzanti).

3.7.4 INTERFERENZA QUANTISTICA DEGLI ELETTRONI SINGOLI

Il fisico americano e premio Nobel *Richard Feynman* amava ripetere che «*le cose a una scala molto piccola si comportano in modo diverso da tutto ciò di cui si ha una qualche esperienza diretta*». Le attività del mondo quantistico non possono essere raffigurate visivamente. Per rilevare gli

elettroni sono state effettuate numerose sperimentazioni nel tempo. Una sperimentazione recente degna di nota è quella effettuata nel 1989 dal fisico giapponese *Akira Tonomura* del Laboratorio di Ricerche avanzate della Hitachi Limited Japan, il quale ha utilizzato un microscopio elettronico con sistema di rivelazione di elettroni. Il lavoro è stato pubblicato sull'*American Journal of Physics* e della sua sperimentazione è stato realizzato un filmato disponibile anche su Internet. Circa i risultati ottenuti, Tonomura ha affermato: «*Non abbiamo altra scelta che accettare una conclusione molto strana: che gli elettroni vengono rivelati uno per uno come particelle,*

ma che l'intero insieme manifesta proprietà ondulatorie per formare una figura d'interferenza». Ancor più di recente l'*interferenza quantistica* è stata dimostrata anche con particelle diverse dagli elettroni, comprese gli atomi e le molecole.

3.7.5 LO STATO DELLA MATERIA E GLI ELETTRONI

La materia generalmente è visibile in tre stati fondamentali: solido, liquido e gassoso. In realtà la materia può assumere molte altre forme oltre a questi tre stati. Un solido metallico, per esempio, non è solo un reticolo di atomi, ma anche uno sciame di elettroni: ogni atomo mette a disposizione alcuni

elettroni, che vagano liberi per il corpo, e quando colleghiamo questo a una batteria, si manifesta un flusso di corrente elettrica.

Praticamente tutti i materiali soddisfano la legge di Ohm: l'intensità della corrente è proporzionale al voltaggio diviso per la resistenza. Gli isolanti hanno una resistenza elevata mentre i metalli hanno una bassa resistenza. I superconduttori hanno una resistenza piccolissima, fino a essere trascurabile. Quindi, mentre il moto degli atomi in solidi, liquidi e gas si può descrivere a partire dai principi classici della Meccanica newtoniana, il comportamento degli elettroni è inevitabilmente quantistico.

In generale, i principi quantistici fondamentali che governano gli elettroni, sono versioni su scala più ampia di quelli che governano gli elettroni in un atomo di idrogeno. Un elettrone è in orbita attorno al nucleo e il suo moto è descritto in termini di un'onda che si propaga attorno al protone. L'elettrone può trovarsi in un numero infinito di stati possibili dotati di proprietà osservabili specifiche come l'energia. *La questione fondamentale è che l'elettrone, oltre a orbitare attorno al nucleo, ruota attorno al proprio asse. Questa rotazione o "spin" avviene solo in senso orario o antiorario e non può avere varie velocità possibili: questi due stati dello "spin" vengono indicati*

come “up” e “down”.

Negli atomi con più di un elettrone la legge più importante a cui obbediscono gli elettroni è il “Principio di Esclusione di Pauli”: non possono esserci due elettroni nello stesso stato quantistico. Tale principio si applica a tutte le particelle di materia denominati “fermioni”. Se aggiungiamo elettroni a un atomo, ogni nuovo elettrone si pone nello stato a più bassa energia possibile (stato fondamentale, ossia più vicino al proprio nucleo atomico). Lo stesso ragionamento si applica anche agli elettroni di un pezzo di metallo: gli elettroni itineranti, una volta separati dai rispettivi atomi, occupano stati che si estendono per l'intero cristallo; questi

stati si possono visualizzare come onde sinusoidali con determinate lunghezze d'onda legate alla loro energia. Gli elettroni occupano gli stati con la minima energia consentita, rispettando il Principio di Esclusione di Pauli. Insieme colmano gli stati con energia minore di una soglia detta "*Energia di Fermi*". Applicando una differenza di potenziale, alcuni elettroni ricevono un'energia sufficiente per passare da uno stato occupato a uno stato precedentemente non occupato con energia maggiore di quella di Fermi. L'elettrone può poi muoversi liberamente.

In un isolante la densità degli elettroni è tale che tutti gli stati

accessibili sono già occupati; anche se applichiamo una differenza di potenziale, gli elettroni non possono andare da nessuna parte, quindi non può passare corrente. Nei superconduttori la situazione è più complessa. I loro elettroni non vanno considerati singolarmente: si legano a coppie, come descrive la teoria della “superconduttività”.

3.7.6 LE PROPRIETÀ DEI FOTONI

I fotoni rappresentano le entità più abbondanti nell'Universo: ci sono almeno un miliardo di volte più fotoni che particelle. Il fotone è la particella quantistica per eccellenza, onda o particella, a seconda del fenomeno

fisico che la vede coinvolta. Le sue proprietà sono incredibili: è un intreccio di campi elettrici e magnetici variabili che oscillano instancabilmente attivandosi a vicenda. Questa oscillazione avviene con precisione assoluta. I fotoni si propagano nel vuoto senza perdere la propria energia. *La Teoria Quantistica Relativistica prevede che, oltre ai fotoni reali (massa pari a zero), vi siano anche i fotoni "virtuali" i quali agiscono come i tentacoli di un polipo, risolvendo il problema dell'azione a distanza, tastando lo spazio attorno alle cariche e creando così la forza di Coulomb.* I fotoni scelgono sempre il percorso più breve tra due punti ma, per quanto

rapidi, se cadono all'interno di un "buco nero", nemmeno loro riescono a uscirne. I fotoni sono "luce". Esiste luce caratterizzata da tante frequenze: onde radio, microonde, infrarosso, visibile, raggi X, raggi gamma, ecc.; i diversi tipi di luce interagiscono in modo diverso con la materia, ma sempre in accordo con la formula facilmente derivabile dalle Equazioni di Maxwell e sempre considerando che i diversi tipi di luce sono descrivibili in termini di fotoni.

3.7.7. IL SENSO

DELL'ORIENTAMENTO DEI FOTONI

I fotoni che attraversano materiali disordinati si coordinano grazie alla loro natura ondulatoria. La luce infatti

non si propaga sempre in linea retta. Nei cosiddetti “materiali disordinati”, che cioè non esibiscono una perfetta struttura cristallina, i fotoni sono deviati da fenomeni di diffusione e riflessione. Nonostante queste traiettorie confuse, i vari “pacchetti” di luce riescono però a coordinarsi grazie alle leggi quantistiche. Le imperfezioni del materiale fanno “rimbalzare” i fotoni nel materiale. Tutto ciò è stato scoperto di recente dai ricercatori dell’Istituto “Bohr” di Copenaghen, che da tempo si occupa di “*nanofotonica*”, un settore di ricerca che mira proprio a controllare emissione e propagazione di fotoni su scale nanometriche. Secondo le leggi della Meccanica Quantistica, i fotoni

hanno anche una natura ondulatoria per cui, comportandosi come onde, possono anche interferire tra loro.

3.7.8 COMPOSIZIONE DI PROTONI E NEUTRONI: I QUARK E I GLUONI

Fino al 1940 si sapeva che tutta la materia che costituisce la realtà è costituita da atomi. Ogni atomo è formato, a sua volta, da un nucleo composto da un numero variabile di protoni, aventi carica positiva, e di neutroni, privi di carica elettrica. Attorno al nucleo ci sono gli elettroni, di carica negativa, tenuti legati dalla forza di attrazione elettrica. Lo “spin” di ogni elettrone può assumere due direzioni, in su e in giù, e ogni orbitale atomico può

ospitare un massimo di due elettroni, a patto che abbiano orientazione di spin opposta. Gli elettroni possono spostarsi da un orbitale all'altro attraverso l'emissione o l'assorbimento di radiazione elettromagnetica sotto forma di fotoni.

Le scoperte scientifiche degli ultimi settant'anni sono state parecchie e hanno permesso di approfondire ulteriormente tali conoscenze, anche del microcosmo sub-atomico.

Si è scoperto che i protoni e i neutroni del nucleo non sono in realtà delle particelle elementari in quanto sono composte dai quark, di carica elettrica frazionaria.

Un protone si compone di *tre quark* di “*sapore*” diverso: due quark up e un quark down. I quark si distinguono anche per il “*colore*” che può essere rosso, verde o blu. I due quark up e il quark down del protone, per esempio, hanno tutti colore diverso e la loro combinazione appare bianca.

Un neutrone si compone di *tre quark* di “*sapore*” diverso: un quark up e due quark down, anch’essi di tre colori diversi.

Si sa che gli elettroni e i protoni sono dotati di carica elettrica; allo stesso modo, i quark sono dotati di una “*carica di colore*” che si conserva quando queste particelle si trasformano da un

tipo all'altro. È importante chiarire che la “carica di colore” non è da confondersi con i colori della luce visibile; si chiama così solo perché si è voluto usare un modo fantasioso per identificare i vari tipi di quark. Come le cariche elettriche producono una forza, così le “cariche di colore” possono esercitare delle forze l'una sull'altra. La forza di colore viene trasmessa da una particella chiamata “*gluone*” ed è tanto più intensa quanto più i quark sono lontani. Dato che il legame creato dal “campo di forza di colore” è così stretto, i quark non possono esistere in forma isolata, ma devono sempre far parte di combinazioni neutre dal punto di vista della carica di colore. Si

possono quindi avere triplette di quark chiamate “*barioni*”, come i comuni protoni e neutroni, oppure coppie di quark-antiquark chiamate “*mesoni*”.

Oltre a possedere una “carica di colore”, i quark esistono in sei diverse varietà, o “*sapori*”, suddivise in coppie che costituiscono tre generazioni di massa crescente:

- a) i quark “up” e i quark “down”, che sono quelli più leggeri;
- b) i quark “charm” e i quark “strange”, di peso intermedio;
- c) i quark “top” e i quark “bottom”, i più pesanti.

I quark “up”, “charm” e “top” hanno

carica elettrica positiva e pari a $+2/3$; i quark “down”, “strange” e “bottom” hanno carica elettrica negativa e pari a $-1/3$. Si osserva quindi che i quark hanno una carica elettrica frazionaria rispetto a quella intera dei protoni (+1) o degli elettroni (-1) e quindi è necessario avere tre quark per fare un protone (due “up” e uno “down”) o un neutrone (due “down” e uno “up”).

Ricapitolando, la “forza di colore” tra i quark è trasportata da otto diversi tipi di “*mediatori di forza*” chiamati *gluoni* e tale forza cresce di intensità man mano che i quark si allontanano, per cui la forza nucleare forte tra protoni e neutroni può essere vista semplicemente

come un “residuo” della forza di colore che si esercita tra i quark di cui sono composti.

La massa dei quark è dovuta alla loro interazione con il campo di Higgs, che trasforma gli stessi quark da particelle prive di massa a particelle massive. Tale interazione con il campo di Higgs dà quindi “spessore” alle particelle rallentandole. Dato che le masse dei quark sono molto piccole e spiegano solo l'1% della massa del protone o del neutrone; bisogna aggiungere che il restante 99% è dovuto all'energia trasportata dai gluoni privi di massa, i quali vengono continuamente scambiati dai quark e li tengono legati

insieme.

Nel *Modello Standard*, come vedremo in seguito, non esiste più il concetto di massa vista come proprietà intrinseca o come misura della quantità di una sostanza; la massa proviene esclusivamente dall'energia delle interazioni che si verificano tra i campi quantistici elementari e le loro particelle. Il bosone di Higgs fa parte di tale meccanismo: senza l'interazione del "campo di Higgs" nello scambio di gluoni, la materia sarebbe effimera e impalpabile, come del resto è la luce.

3.7.9 STATO RIASSUNTIVO DI QUARK, LEPTONI E BOSONI

Alla luce degli ultimi sviluppi in materia e della recente conferma dell'esistenza del "bosone di Higgs", riporto di seguito l'elenco delle particelle presenti nel *Modello Standard* e i relativi simboli.

- 1) I QUARK (fermioni): *UP* (u); *DOWN* (d); *CHARM* (c); *STRANGE* (s); *TOP* (t); *BOTTOM* (b).
- 2) I LEPTONI (fermioni): *ELETTRONE* (e); *MUONE* (μ); *TAU* (τ); *NEUTRINO ELETTRONICO* (νe); *NEUTRINO MUONICO* ($\nu \mu$); *NEUTRINO TAU* ($\nu \tau$).
- 3) I MEDIATORI DI FORZA (bosoni): *FOTONE* (γ); *BOSONE*

W (w); BOSONE Z (z); GLUONE (g); BOSONE DI HIGGS.

3.7.10 ANATOMIA DI UN NEUTRONE

Come ho già sottolineato, l'atomo è composto da tre tipi di particelle.

Ci sono gli *elettroni*, che hanno carica negativa e *orbitano intorno al nucleo con velocità fino al dieci per cento della velocità della luce.*

Ci sono i *protoni*, particelle di grande massa che si trovano nel nucleo dell'atomo; grazie alla forza di attrazione dovuta alla loro carica positiva, i protoni mantengono gli elettroni in orbita. Questi due tipi di particelle determinano forma, chimica e

dinamica dell'atomo.

Ci sono i *neutroni*: dal punto di vista elettrico sono neutri, stanno a guardare la danza atomica senza prendervi parte, sembrando quasi degli spettatori. I neutroni tuttavia hanno una propria vita: la loro superficie ribolle di nuove particelle e il loro cuore è un fermento di particelle ancora più piccole, come quark e gluoni. Il neutrone è costituito da un quark up e due quark down tenuti insieme dalla forza nucleare forte, mediata dai gluoni che formano una specie di nuvola intorno ai quark. Negli ultimi anni si sono scoperte importanti funzioni del neutrone: i dati indicano che emette e assorbe in continuazione particelle sub-atomiche di ogni tipo.

Inoltre, la superficie del neutrone è dominata dai quark down, con carica elettrica negativa, mentre all'interno c'è una regione in cui si trova il quark up, carico positivamente. Il centro è soggetto a forti effetti relativistici e sembra dominato dal quark up.

Per capire il neutrone dobbiamo ragionare a una scala centomila volte più piccola dell'atomo. All'interno del nucleo, i protoni e i neutroni risultano strettamente impacchettati. Gli elettroni si diffondono elettricamente a causa della loro carica, ma si diffondono anche magneticamente per effetto del loro spin: interagiscono perciò come piccoli magneti. Un protone è composto da due quark up e un quark down, mentre

il neutrone è costituito da due quark down e un quark up. Questi gruppi si chiamano “quark di valenza”: determinano le proprietà delle particelle che si possono osservare, come il tipo e la carica. Poi ci sono i “gluoni” che viaggiano avanti e indietro tra un quark e l’altro e li tengono insieme. Oltre alla carica, i quark hanno anche spin. Questa proprietà fa sembrare quark ed elettroni piccole palline che ruotano attorno al loro asse. In particolare, lo spin è importante dato che le particelle interagiscono diversamente a seconda che i loro spin coincidano o meno. Nel neutrone, i due quark down si trovano sulla stessa orbita in posizione simmetrica ma sono antisimmetrici in

carica di “colore”, quindi i loro spin devono essere paralleli e, come due magneti, si respingono. Le orbite dei quark sono dunque leggermente distorte. Nel protone questa proprietà porta a un cambiamento molto sottile nella distribuzione di carica, ma per il neutrone l'effetto è più pronunciato. I quark down sono leggermente più lontani dal centro rispetto ai quark up, quindi le cariche non si cancellano perfettamente a ogni distanza dal centro. Il neutrone risulta perciò leggermente negativo sulla superficie e leggermente positivo nel centro.

3.7.11 I NEUTRINI

I neutrini sono le particelle fondamentali

più strane. Essi non formano atomi e sono le uniche particelle fondamentali di materia elettricamente neutre. Sono estremamente leggeri (meno di un milionesimo dell'elettrone) e si trasformano facilmente in una delle tre varietà differenti (dette "sapori"). Sono particelle molto difficili da rilevare e ancora non si è riusciti a indagare la loro vera natura, cosa che potrebbe portare a un ulteriore passo avanti nella teoria dell'unificazione. Attualmente, il Modello Standard della Fisica delle Particelle non riesce ad accogliere tutte le complessità del neutrino. I neutrini sono classificati come leptoni (la famiglia estesa di particelle che comprende anche gli elettroni), per cui

non risentono della forza forte che tiene uniti protoni e neutroni nei nuclei atomici. Essendo privi di carica elettrica, essi non subiscono direttamente neppure le forze elettromagnetiche. Nei “collisori di particelle”, presso i centri di ricerca più avanzati come il CERN di Ginevra, stanno iniziando esperimenti di nuova generazione sui neutrini che potranno fornire utili indizi sui meccanismi della Natura.

3.8 ASPETTI PRINCIPALI DELLO STATO DI MOTO DELL'ATOMO

Gli elettroni, particelle cariche negative, sono trattenuti nell'atomo dall'attrazione di un nucleo carico positivamente e molto più pesante dell'elettrone. La massa del nucleo determina il peso atomico dell'elemento. Il nucleo ha una carica elettrica che è sempre multiplo intero della carica elettrica dell'elettrone. Il numero intero che indica la carica elettrica del protone quindi determina il numero degli elettroni presenti nell'atomo.

Gli elementi con i quali è costituito

l'atomo hanno anche altre proprietà che permettono di trarre conclusioni circa lo stato di moto dei costituenti dell'atomo stesso. Innanzitutto dobbiamo considerare che la luce, che in determinate circostanze gli elementi emettono, è caratteristica di ogni elemento ed è essenzialmente determinata da quanto accade in un singolo atomo. Sulla base della teoria elettromagnetica della luce, le frequenze delle singole righe negli "spettri" caratteristici degli elementi ci forniscono le informazioni sui movimenti degli elettroni nell'atomo. La luce è descritta come un insieme di oscillazioni elettriche e magnetiche accoppiate che differiscono dalle

ordinarie onde radio solo per la maggior frequenza di vibrazione e la più breve lunghezza d'onda. Qualunque trasferimento di energia luminosa si può ricondurre a processi elementari, in ciascuno dei quali si verifica lo scambio di un cosiddetto “quanto di luce” (fotone), la cui energia è uguale al prodotto della frequenza delle oscillazioni elettromagnetiche per il “quanto universale d'azione” o “Costante di Planck”.

In un processo di transizione atomica, nel corso del quale un atomo emette o assorbe luce, viene scambiato un solo quanto, ed è possibile *misurare* direttamente, per mezzo di *osservazioni*

spettrometriche, l'energia di ciascuno di questi stati stazionari. Tale informazione è anche sostenuta dagli studi teorici circa gli scambi di energia che si verificano, per esempio, negli urti tra atomi. Un elemento possiede uno spettro caratteristico di "righe" ben distinte, indipendenti dalle condizioni esterne (stabilità spettrale degli elementi), e le induzioni esterne possono portare a un'alterazione dello spettro caratteristico (instabilità spettrale). *Lo spettro è in grado di identificare anche la composizione di un materiale.* L'atomo, quando viene eccitato esternamente, passa da uno dei suoi stati "stazionari" ad altri stati, emettendo l'energia corrispondente a quella

ricevuta sotto forma di un singolo
“quanto di radiazione
elettromagnetica”. Quanto detto si
accompagna bene all’interpretazione
dell’effetto fotoelettrico data da Einstein
e alle osservazioni scaturite dalle
ricerche dei fisici Franck e Hertz
sull’*eccitazione delle righe spettrali*
per urto di elettroni con atomi. Lo studio
dell’atomo è stato il risultato della
cooperazione tra tutti gli scienziati:
mentre da un lato questo ha permesso di
condividere le esperienze, d’altro canto
ha gettato nuova luce su altri problemi
generali della conoscenza.

Per quanto concerne la stabilità e
l’irraggiamento dell’atomo, il punto di

partenza è stato il cosiddetto *postulato dei quanti*, secondo il quale ogni variazione dell'energia in un atomo è il risultato di una transizione tra due dei suoi stati stazionari. Se tutte le reazioni degli atomi comportano l'assorbimento o l'emissione di un solo quanto di luce, i valori dell'energia e degli stati stazionari possono venire dedotti dagli spettri. Grazie a questo "principio di corrispondenza" si possono trarre informazioni sul legame degli elettroni. In Fisica Quantistica possono essere applicate delle "regole di commutazione" contenenti il quanto d'azione, che descrivono lo stato del sistema.

In merito alle sperimentazioni in Fisica Quantistica, può succedere che, pur utilizzando uno stesso dispositivo, i dati raccolti possono evidenziare risultati differenti al punto che possono contraddirsi a vicenda. Ciò può essere giustificato dal fatto che, quando gli elettroni si dispongono intorno al nucleo atomico e si legano per formare le molecole, si verificano effetti tipicamente quantici che sfuggono alle descrizioni intuitive usuali. Grazie alla massa dei nuclei, molto più grande rispetto a quella degli elettroni, è possibile spiegare con buona approssimazione le configurazioni degli atomi nelle molecole, corrispondenti anche alle note formule strutturali della

materia.

Accettando l'idea di Einstein dei quanti di luce (o fotoni) di energia $h\nu$, dove h rappresenta la costante di Planck, si supposeva che ogni emissione o assorbimento di radiazione da parte dell'atomo fosse un processo individuale accompagnato da un trasferimento di energia $h(T' - T'')$, e si interpretava hT come l'energia di legame degli elettroni in uno stato stabile, o stazionario, dell'atomo. Questa ipotesi permetteva di spiegare immediatamente la comparsa delle *righe di emissione e di assorbimento negli spettri di righe*. Così un processo di emissione dovrebbe corrispondere alla

transizione dell'atomo da un livello di energia più alto a uno più basso, e uno di assorbimento al passaggio dell'atomo dallo stato fondamentale, di energia minima, a uno dei suoi stati eccitati. Il primo apice quantistico si ottenne nel 1928 con la teoria relativistica dell'*elettrone di Dirac*.

Il concetto di "*spin*" dell'elettrone infatti veniva incorporato nell'analisi di Dirac e, in seguito, grazie alla scoperta del *positrone* a opera di Anderson e Blakett, la teoria di Dirac permise di prevedere l'esistenza di molte altre antiparticelle, aventi la stessa massa della particella corrispondente, ma opposta carica elettrica e opposta

orientazione del *momento magnetico* rispetto allo *spin*. La discussa impossibilità di misurare il momento magnetico di un elettrone libero mediante gli ordinari magnetometri risultò subito evidente dal fatto che nella teoria di Dirac lo *spin* e il *momento magnetico* non sono legati ad alcuna modificazione delle equazioni del moto (Hamilton), ma appaiono come conseguenze del carattere prettamente di calcolo operativo. In seguito, uno studio particolareggiato mostrò che *tutte le teorie quantistiche possono essere verificate, purché si tenga conto dell'interdipendenza delle precisioni con cui possono essere fissate le intensità del campo elettrico e*

magnetico e la composizione fotonica del campo.

Un altro evento importante nella conoscenza dell'atomo è stata la scoperta del *neutrone* da parte del fisico Chadwick, che confermava quello che già da tempo aveva ipotizzato Rutherford, ossia l'esistenza di una componente pesante dell'atomo priva di carica elettrica.

Parecchi anni dopo ci fu un passo successivo per la conoscenza del moto degli elettroni. Il fisico Langevin ipotizzò che gli elettroni ruotassero con *momenti angolari* corrispondenti a un "quanto di Planck" e questo spiegò come tutto potesse essere ricondotto a multipli

della costante di Planck nella Fisica Quantistica. Inoltre, il fisico Sommerfeld effettuò una classificazione degli stati stazionari dell'atomo e, attraverso gli studi di integrali (denominati "integrali invarianti d'azione") permise di spiegare molti particolari della struttura degli spettri, in particolar modo l'*effetto Stark*, la cui scoperta aveva definitivamente escluso la possibilità di ricondurre le righe spettrali a *vibrazioni armoniche degli elettroni nell'atomo*. Negli anni a seguire è stato possibile, attraverso spettri ottici speciali e di alta frequenza (fatti da Siegbahn, Catatlan e altri), pervenire a una descrizione particolareggiata della struttura a strati

della *distribuzione degli elettroni nello stato fondamentale dell'atomo*.

3.8.1 ORBITALI DEGLI ATOMI

Anche se in precedenza ho accennato all'argomento, in questo Sottoparagrafo lo approfondirò per i Lettori più esigenti.

Gli orbitali vengono descritti mediante tre numeri quantici. Il *numero quantico principale*, indicato con n , corrisponde ai livelli energetici che un elettrone può occupare. Esso può assumere valori interi da 1 fino a n . La dimensione della “nube elettronica” è in rapporto diretto

con n : tanto maggiore è il valore di n , tanto più grande è la dimensione della nube elettronica.

Il numero massimo di elettroni per ciascun livello è $2n^2$: quindi nel primo livello ($n=1$) potranno trovarsi al massimo 2 elettroni (infatti, si ha 2×1^2); nel secondo livello 8 elettroni (dato che si ha 2×2^2); nel terzo 18 elettroni; nel quarto 32 elettroni, ecc.

Il secondo numero quantico, chiamato numero quantico angolare, è indicato con la lettera l e può assumere valori uguali a $n-1$.
Attenzione, *non* bisogna

confondere lo “stato energetico” con il “livello energetico”: infatti, un “livello energetico” è costituito da molti “stati energetici” fittamente riuniti. Questi stati si possono chiamare *sottolivelli*. Ciascun livello ha un numero di sottolivelli pari al valore del numero quantico principale: si avranno quindi un sottolivello nel primo livello ($n=1$), due nel secondo ($n=2$), tre nel terzo livello ($n=3$). *In ciascun livello il sottolivello più basso viene chiamato s, il secondo p, il terzo d e il quarto f.* Perciò il primo livello ha solo il sottolivello *s*, il secondo livello ha i sottolivelli *s* e

p , mentre il terzo livello ha i sottolivelli s , p e d . Specie nel terzo e nel quarto livello ci possono essere sovrapposizioni che saranno comunque sempre maggiori andando su livelli superiori. Il numero quantico l definisce la forma degli orbitali, che possono essere a simmetria sferica (orbitale s), a simmetria a due lobi (orbitali p) e a simmetria più complessa (orbitali d e f).

Il terzo numero quantico, chiamato *numero quantico magnetico*, è indicato con m e può assumere i valori compresi tra $-l$ e $+l$. Questo numero quantico indica

la direzione di ciascun orbitale nello spazio. Per il sottolivello p ci sono tre possibili valori di m : questi valori definiscono gli orbitali diretti secondo gli assi x , y e z . Per il sottolivello d e per il sottolivello f ci sono rispettivamente cinque e sette valori di m .

Associato all'elettrone vi è un quarto numero quantico: il *numero quantico di spin* s che esprime la possibilità dell'elettrone di ruotare intorno al proprio asse creando un campo magnetico, in quanto è una specie carica. Esso può assumere soltanto due valori, $+1/2$ e $-1/2$. La

rotazione dell'elettrone può avvenire in senso orario, indicata con una freccia rivolta verso l'alto ($+1/2$), o in senso antiorario, indicata con una freccia rivolta verso il basso ($-1/2$).

3.8.2 DISTRIBUZIONE DEGLI ELETTRONI NEI LIVELLI ENERGETICI

L'atomo è elettricamente neutro dato che per ciascun protone nel nucleo c'è un elettrone nella nube elettronica. Perciò, all'aumentare del numero atomico, corrisponderà un aumento del numero degli elettroni.

Per indicare correttamente la sistemazione degli elettroni negli orbitali si deve tenere presente quanto segue.

- a) Ciascun orbitale può contenere al massimo due elettroni; in verità, volendo essere precisi, vi è un solo elettrone per orbitale poiché ciò che appare come un singolo orbitale sono in realtà due orbitali distinti, separati da una distanza minima.
- b) Gli elettroni occupano sempre il livello energetico e il sottolivello corrispondenti alla disposizione con la più bassa energia.
- c) Due elettroni in un atomo non possono avere la stessa

combinazione di numeri quantici (Principio di Esclusione di Pauli: se due elettroni occupano lo stesso orbitale essi devono avere spin opposto, anche se questo concetto è stato superato da quanto indicato nel punto (a)).

3.8.3 LO “SPIN” O MOMENTO ANGOLARE

Tutti gli oggetti in rotazione hanno uno “spin” o momento angolare: dalle Galassie che impiegano milioni di anni per una singola rotazione, alle particelle sub-atomiche, che ruotano migliaia di volte al secondo. Nel mondo quantistico, lo “spin” non può assumere un valore qualsiasi. Come succede per la luce, che

può presentarsi solo in pacchetti discreti che chiamiamo fotoni, le particelle sub-atomiche possono ruotare solo con certi valori di “momento angolare”.

Di seguito riporto i valori di “spin” delle particelle sub-atomiche, suddivise nelle due categorie principali, ossia in “fermioni” e “bosoni”:

Fermioni	Spin	Bosoni	Spin
Elettrone	$\frac{1}{2}$	fotone	1
Neutrone	$\frac{1}{2}$	gravitone	2
Protone	$\frac{1}{2}$	particella w	1
Neutrino	$\frac{1}{2}$	mesone pi	0
Quark	$\frac{1}{2}$		

Lo “spin” di una particella viene quantizzato e misurato in unità della Costante di Planck divisa per 2π . Per esempio, *l’elettrone ha spin $\frac{1}{2} \cdot \hbar / 2\pi$.*

Tutto ciò che vediamo intorno a noi è costituito da “fermioni” che hanno spin semi-intero ($1/2, 3/2, 5/2, \text{ ecc.}$), misurato in unità della Costante di Planck. I “bosoni” hanno invece spin intero: 0, 1, 2, ecc.

3.8.4 “SPIN” DEGLI ELETTRONI E INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE ESTERNE IN FISICA QUANTISTICA

Ogni particella dotata di “spin” si muove con un certo “momento angolare”

intorno a un asse, producendo una magnetizzazione. La particella cioè si comporta come un piccolo magnete rotante con i relativi poli nord e sud che giacciono lungo l'asse di rotazione. Ovviamente, quando un magnete è sottoposto a un campo magnetico, il polo nord è attratto da una parte e il polo sud è attratto dall'altra: se il campo magnetico è uniforme, la forza che agisce sul magnete è nulla; se invece, come spesso accade in pratica, il campo magnetico non è uniforme, come nel caso di apparecchiature dove la sorgente di induzione è concentrata in una determinata area, uno dei due poli è attratto con maggiore intensità dell'altro e, di conseguenza, il magnete nel suo

complesso si muove nella direzione in cui è più intensa la forza.

Consideriamo una particella carica, per esempio un elettrone che si muove in un campo magnetico: effettuando misure di posizione dell'elettrone attraverso *microscopi speciali denominati "a raggi gamma"*, osserviamo che ogni singolo elettrone che compone l'oggetto è costretto a "prendere una decisione" e, riguardo la posizione da occupare, consideriamo che ci sono sistemi che possono "obbligare" l'elettrone ad assumere una "*posizione definita*". Per esempio, misurando la velocità dell'elettrone è possibile *intervenire su di esso con determinati "comandi"*, grazie a sistemi avanzatissimi di

nanotecnologia, che danno “ordine” e “stabilizzano” la caoticità degli elettroni eccitati (vedi Parte Seconda del Testò). Approfondiamo ora quanto descritto sopra, limitandoci all’aspetto teorico, cioè senza approfondire la parte inerente le modifiche esterne nanotecnologiche che verranno riprese nel Paragrafo apposito sulle ricerche sperimentali condotte presso il Laboratorio “Max Planck” di Novara.

Come già detto in precedenza, la presenza di un moto interno di una particella (per esempio di un elettrone) determina la presenza di un “*momento angolare*” intorno a

un asse e questo movimento genera una magnetizzazione lungo tale asse, per cui la particella può essere considerata come un piccolo “*magnete rotante polarizzato*”.

Assumiamo la forza risultante nella direzione del *gradiente del campo* nella forma:

$$F \cos \Theta$$

dove θ indica l'angolo tra il campo magnetico (e il gradiente del campo) e l'asse della particella. Modifichiamo tale espressione nella seguente espressione, per riprodurre i

fenomeni quantistici presenti:

$$\frac{F \cos \Theta}{|\cos \Theta|}$$

Con tale espressione la forza F può assumere solo due valori $\pm F$, dato che l'asse magnetico dell'elettrone può essere più vicino al verso del campo oppure al suo verso opposto. La correlazione con le teorie di Einstein, Podolsky, Rosen e Bohm si ha se vengono prese come riferimento pratico due particelle che presentino assi magnetici diretti in versi opposti: quindi se

una particella viene deflessa, per esempio, verso l'alto, l'altra deve essere deflessa verso il basso. Immaginiamo ora di avere un'induzione esterna che emette campo magnetico. A livello sperimentale si possono utilizzare due magneti di Stern-Gerlach posizionati non parallelamente: ruotando il primo, attorno alla "linea di volo" della particella, di un angolo α rispetto a una determinata posizione standard e, similmente, ruotando il secondo magnete di un angolo β , con semplici formule matematiche si ottengono valori possibili dei campi magnetici delle singole

particelle. Se, invece, come succede nella realtà quantistica, non vi è un rapporto tra i versi di due o più particelle, la localizzazione diventa più complicata, dato che intervengono anche altre influenze causali, tra le quali quelle definite in Fisica Quantistica “*variabili nascoste*”. A livello pratico, l’aspetto microscopico delle variabili complementari non è visibile e, in particolar modo, nella rappresentazione della cosiddetta “*onda pilota*”, la più nascosta di tutte le variabili è la funzione d’onda, che si manifesta attraverso un’influenza sulle variabili

fondamentali.

Negli ultimi anni a *Tokyo* si sono svolti alcuni Convegni inerenti i “fondamenti della Meccanica Quantistica alla luce delle nuove tecnologie”. In tali sedi sono state effettuate numerose dimostrazioni circa l'applicazione della Fisica Quantistica alla pratica odierna (elettronica, calcolatori, ecc.). Sono stati effettuati anche *esperimenti sull'interferenza e la diffrazione di particelle, effettuate con neutroni ed elettroni.*

3.8.5 LA MISURA DEL MOMENTO MAGNETICO DELL'ELETTRONE

Per misurare il “momento magnetico” di

un elettrone, è necessario operare prima di tutto in un laboratorio attrezzato per le sperimentazioni e le tecnologie quantistiche in esame. *Gerald Gabrielse*, fisico della Harvard University, ha suggerito un valido metodo per effettuare tali misurazioni: *«Confiniamo un singolo elettrone in un piano con un campo elettrostatico e usiamo un campo magnetico per forzare l'elettrone a muoversi in cerchio. Manteniamo il nostro apparato a meno di un decimo di grado al di sopra dello zero assoluto, in modo che il movimento dell'elettrone si trovi nel suo stato di energia più basso possibile. Con onde a radiofrequenza costringiamo quindi il magnete*

dell'elettrone a invertirsi. La risposta della particella e, in particolare, i tassi a cui riusciamo a farla capovolgere dipendono dal suo momento magnetico, che possiamo quindi determinare in tre parti su 10^{13} ».

Dato che in Fisica Quantistica si opera con valori estremamente piccoli, ci si potrebbe chiedere:

Le costanti naturali sono davvero fisse?

La risposta non può essere affermativa al 100%, dato che nel mondo quantistico è difficile dimostrare che una grandezza si mantenga costante, ma è possibile verificare che il suo

tasso di variazione si mantenga estremamente piccolo e perciò ininfluenza sul risultato.

3.9 LUCE, ELETTRONI E “SALTI QUANTICI”

La luce manifesta una duplice natura: può essere considerata contemporaneamente sia come onda sia come flusso di particelle. Può sembrare strano, tuttavia questo è stato ampiamente dimostrato attraverso sperimentazioni pratiche. In realtà, ogni particella elementare possiede questa duplice natura: tutta la materia e l'antimateria (la luce appartiene all'antimateria) si comporta sia come onda sia come particella. Nel mondo macroscopico questo duplice aspetto non viene rilevato, data l'enorme

quantità di particelle che vengono coinvolte, ma ciò non significa che i corpi non possiedano questa duplice natura.

Come dimostrato dagli studi di Maxwell, la luce interagisce con la materia e questa emette, propaga e assorbe la luce in base al risultato di forze che agiscono fra le onde elettromagnetiche e gli elettroni della materia in esame. Oggi, grazie alle ricerche di Bohr, di Planck e di altri valenti ricercatori, i quali hanno svelato le leggi di emissione e assorbimento della luce e della struttura atomica, si hanno modelli realistici delle interazioni luce/materia sia a livello macroscopico

sia microscopico.

Gli elettroni sono in grado di assorbire specifici “pacchetti di energia” definiti anche “quanti di luce”. Questi “quanti di luce” trasportano un ammontare di energia proporzionale alla loro frequenza. Quando la luce colpisce, per esempio, una superficie metallica, essa interagisce con un elettrone e gli comunica la propria energia. Se è quella tipica del metallo, essa è appena sufficiente a estrarre l'elettrone, mentre se l'energia è superiore, l'elettrone ha un'energia (quindi una velocità) tanto maggiore quanto più alta è la frequenza del quanto di luce. Quindi, *la frequenza è direttamente proporzionale alla*

spinta impressa all'elettrone per passare dalla sua orbita a una con energia maggiore e, quindi, a distanza maggiore rispetto al nucleo (l'orbita con minore energia è quella più vicina al nucleo, definita anche "orbita fondamentale"). Un aumento di intensità a una data frequenza non aumenta l'energia degli elettroni estratti, ma solo il loro numero, cioè l'intensità della corrente. Infatti, l'energia E di un elettrone colpito da un quanto di luce, di frequenza ν , è espressa dalla formula di Planck, ossia $E = h\nu$, che rappresenta l'energia minima per *estrarre l'elettrone, ossia farlo passare da un'orbita a un'altra*; come si evince dalla formula, l'energia E impressa

all'elettrone per effettuare il "salto", dipende solo dalla frequenza ν , per cui un aumento dell'intensità fa solo aumentare il numero di elettroni coinvolti nel processo di "salto quantico".

Ecco un *esempio pratico*, che verrà poi approfondito nella Parte Seconda del Testo. In un telefonino l'energia viene impressa dalla batteria inserita all'interno dell'apparecchio che permette di farlo funzionare a una determinata frequenza; se si utilizza il telefonino in trasmissione per lunghi periodi, anziché per pochi secondi, l'energia trasmessa agli elettroni è la stessa ma sono coinvolti più elettroni

nel “salto” e ciò incide anche sull'aumento termico dell'apparecchio e, naturalmente, sulla parte a contatto con esso (la parte della testa a contatto). Quando la materia è in stato di quiete (nel caso di un telefonino, l'apparecchio privato della batteria), Bohr ha dimostrato che l'elettrone non emette né assorbe energia nel descrivere la sua orbita intorno al nucleo, ma emette e riceve energia solo quando “salta” da un'orbita all'altra.

L'orbita “fondamentale”,
come si è detto, è quella dove
gravita l'elettrone a più bassa
energia ed è quella più vicina al

nucleo; quando l'elettrone assorbe un "quanto" di energia ($\hbar\nu$), tale energia porta l'elettrone dall'orbita di più bassa energia a una più esterna e, viceversa, il salto da un'orbita di più alta energia a una di più bassa energia dà luogo all'emissione di un "quanto" di energia $\hbar\nu$, con $\hbar\nu$ uguale alla differenza di energia tra le due orbite.

Le orbite sono generalmente ellittiche o circolari, determinate dalla relazione $p = mvr = n\hbar/2\pi$, dove p rappresenta il "momento" della quantità di moto mv dell'elettrone. Sono permesse solo quelle orbite di raggio r tali che

per $p = mvr$ si ottiene $n\hbar/2\pi$ con $n = 1, 2, 3, \text{ ecc.}$ L'atomo è costituito da una carica elettrica positiva (nucleo) concentrata in uno spazio molto piccolo e posta al centro dell'atomo stesso, e da cariche negative (elettroni) che orbitano attorno alla carica positiva, in spazi più o meno definiti e che visualizzano le emissioni e gli assorbimenti "quantizzati" di energia elettromagnetica. *Le orbite dove sono posizionati gli elettroni possono essere definiti anche "livelli energetici"*. L'elettrone, quando non è eccitato da energia esterna, si trova nel suo "stato fondamentale" o di più bassa

energia, e solo l'assorbimento di un "quanto" ($\hbar\nu$) lo porta dal livello fondamentale a un "livello eccitato" (livello energetico superiore), da cui, se non è disturbato, ridiscende spontaneamente riemettendo il "quanto" ($\hbar\nu$) assorbito. Quindi un atomo non può emettere né assorbire radiazione di qualsiasi frequenza, ma solo determinate frequenze "quantizzate".

ESEMPIO PRATICO DELL'APPLICAZIONE DELLA FISICA QUANTISTICA A UN ATOMO DI IDROGENO

L'atomo di idrogeno ha un solo elettrone che orbita attorno a un singolo protone.

Vediamo come cambia la massa dell'atomo in funzione del moto dell'elettrone applicando gli studi di Fisica Quantistica.

Esiste un valore minimo per la massa dell'atomo di idrogeno, inferiore a 0,000000000000000000000002 grammi, ottenuto dalla somma delle masse del protone e dell'elettrone. La differenza tra la massa del protone e la massa dell'elettrone, se venisse convertita in energia, potrebbe raggiungere anche quantità rilevanti. In Fisica Quantistica, per evitare di utilizzare numeri con troppi zeri, si utilizza un'altra unità per misurare la massa: l'*elettronvolt* (*eV*). In realtà è una misura di energia, poiché

l'elettronvolt rappresenta, per definizione, l'energia presa da un elettrone accelerato da una differenza di potenziale di 1 volt. Per esempio, se prendessimo una batteria da 9 Volt per costruire un piccolo acceleratore di particelle, potremmo dare all'elettrone 9 elettronvolt di energia.

Lo spettro atomico dell'idrogeno nel settore del "visibile" è composto da una riga nel "rosso" ($H\alpha$), una nel "verde-azzurro" ($H\beta$), una nell'"azzurro" ($H\gamma$), una nel "blu" ($H\delta$) e una nel "violetto" ($H\epsilon$). Le loro frequenze sono espresse dalla formula:

$v=R(1/2^2-1/n^2)$, dove R è una costante e n assume il valore 3, 4, 5, 6, 7 per le cinque righe dello spettro visibile. Il fisico Bohr aveva capito che tale formula affermava che l'atomo può assorbire o emettere solo quelle radiazioni indicate dalla formula stessa e che corrispondevano a salti fra la seconda orbita e l'orbita n (assorbimento) o viceversa (emissione). Le prime cinque righe di quella che è stata chiamata la "serie di Balmer" cadono nel visibile, mentre le altre cadono nell'ultravioletto. Per $n=\infty$ la frequenza corrisponde alla lunghezza d'onda di 3647

Angstrom nell'ultravioletto e il significato di un salto dall'orbita 2 a quella con $n=\infty$ è che *l'elettrone ha acquistato energia sufficiente per sfuggire all'attrazione del nucleo*: l'atomo è ionizzato e l'elettrone può avere velocità, quindi energie qualsiasi, non "quantizzate", e dare perciò luogo a emissione o assorbimento continui, a partire dalla lunghezza d'onda 3647 Angstrom verso lunghezze d'onda minori (radiazioni ionizzanti). La formula esprime anche tutte le altre righe dello spettro atomico dell'idrogeno e, in realtà, non è una riga semplice, ma si tratta di

sottili righe molto vicine, che solo *osservazioni spettroscopiche* più raffinate sono in grado di mostrare.

Il modello di Bohr sul “salto quantico” era ancora molto semplice per cui successivamente furono apportate delle modifiche. Tra coloro che apportarono variazioni è da citare il fisico tedesco Arnold Sommerfeld, il quale fu il primo ad aggiungere alle orbite circolari di Bohr quelle ellittiche: l’orbita ellittica permetteva all’elettrone di assumere valori leggermente diversi poiché, in un punto preciso, poteva esistere un maggior grado di libertà nella scelta delle orbite,

permettendo anche di spiegare la struttura complessa delle righe spettrali.

Un passo avanti sulla conoscenza dei meccanismi di “funzionamento” dell’atomo fu compiuto grazie al fisico francese Louis de Broglie il quale, già nel 1924, immaginò che vi fosse analogia tra la serie di livelli energetici dell’atomo e la serie discreta di vibrazioni meccaniche che si osservano nel caso delle corde di un violino. De Broglie si domandò se le proprietà ottiche di un atomo, e cioè il suo modo di emettere o assorbire la luce o altre radiazioni elettromagnetiche, fossero

dovute a una serie di onde stazionarie racchiuse nello stesso atomo. Ipotizzò che il moto degli elettroni dentro l'atomo fosse "guidato" da una particolare specie di onda che de Broglie definì "*onda pilota*" (rimando il Lettore all'approfondimento nel Paragrafo dedicato a de Broglie, nel Secondo Capitolo del presente Testo). Secondo de Broglie, quindi, *ogni elettrone che orbita attorno al nucleo sarebbe accompagnato da un'onda che corre attorno all'orbita. Quindi le orbite possibili sono quelle le cui lunghezze sono un multiplo intero della "lunghezza d'onda di de Broglie"*. Per trovare un accordo con l'atomo di Bohr, il fisico de Broglie stabilì che la

lunghezza d'onda pilota fosse h/mv . De Broglie inoltre suppose anche che le "onde pilota" accompagnassero gli elettroni liberi, per cui un fascio di elettroni liberi doveva dare luogo a fenomeni di diffrazione e di interferenza, così come avviene con la luce. Successivamente, le varie sperimentazioni confermarono le ipotesi di de Broglie e, in particolare, dimostrarono che, quando si ha a che fare con particelle elementari come gli elettroni, le leggi della Meccanica classica newtoniana non sono più applicabili, bensì bisogna ricorrere alla Meccanica Quantistica. Il fisico tedesco Otto Stern, scomparso nel 1969, riuscì a dimostrare che anche un fascio di atomi

di sodio dà luogo a fenomeni di diffrazione e interferenza, non solo gli elettroni.

Il fisico Max Born invece diede un nuovo significato alle onde di de Broglie: tali onde non darebbero la posizione e la velocità di un elettrone in un determinato istante (come dimostrato da Schrödinger e da Heisenberg), ma rappresenterebbero la probabilità di trovare l'elettrone in una data posizione. In generale quindi, a ogni particella o a ogni fotone è associata un'onda di probabilità nello spazio tridimensionale.

Ricapitolando, *Born interpreta le "onde pilota" di de Broglie come "onde di probabilità", per cui è impossibile conoscere con precisione*

la velocità e la posizione di una particella, ma si può solo dire dove è più probabile trovarla. Queste affermazioni collimano con il Principio di Heisenberg denominato “Principio di Indeterminazione”, che è di grande importanza per comprendere il comportamento della materia a livello microscopico.

Secondo Heisenberg, ogni volta che effettuiamo una misurazione fisica, lo strumento usato disturba l’oggetto da misurare: per esempio, se volessimo misurare la temperatura di una stanza, la nostra stessa presenza altererebbe leggermente la temperatura. Se effettuiamo una misurazione a livello macroscopico, lo scarto d’errore è

accettabile, se invece operiamo a livello microscopico, come nel caso dell'atomo, anche il più piccolo scarto d'errore può essere importante. Quindi, minore è la massa del corpo e maggiore sarà l'indeterminazione nel considerare contemporaneamente la sua posizione e la sua velocità. Tale principio si dice anche che *maggiore è la precisione con cui posso determinare la posizione e minore sarà la precisione con cui posso conoscerne la velocità e viceversa.*

Gli elettroni, essendo dotati di carica negativa, vengono attirati verso il nucleo, ossia verso il centro di carica positiva, e si respingono tra loro

(conformemente alla legge di Coulomb sulle interazioni elettriche). Un atomo è in stato di quiete quando questi sistemi di forze opposte sono in equilibrio. Quando un atomo viene disturbato (eccitato) dall'urto con un altro atomo o con elettroni liberi di passaggio, i suoi elettroni interni cominciano a vibrare ed emettono luce (fotoni) che corrispondono a frequenze caratteristiche e con conseguenti "spettri a righe" osservati. Quando siamo in presenza di un oggetto costituito da materiali diversi, i suoi atomi sono differenti, con diversi numeri di elettroni diversamente distribuiti, con frequenze caratteristiche diverse, e quindi con differenti spettri ottici. In questo caso

l'atomo è eccitato, per cui l'elettrone passa da uno stato più basso a uno più alto di energia, per poi ritornare allo stato di energia inferiore al termine dell'eccitazione liberando l'energia in eccesso sotto forma di un "quanto di luce".

Tutto ciò può essere espresso attraverso la seguente Formula:

$$\hbar v_{m,n} = E_m - E_n \quad \text{oppure} \quad v_{m,n} = \frac{E_m - E_n}{\hbar}$$

dove i due indici in $v_{m,n}$ indicano che questa particolare frequenza nello spettro corrisponde al passaggio dall' m -esimo all' n -esimo stato quantico di moto.

Naturalmente, l'emissione del “quanto di luce” rappresenta il risultato del passaggio da uno stato di energia più alto a uno stato più basso.

Si potrebbe erroneamente pensare che in un atomo in stato di quiete tutti gli elettroni siano ammassati sull'orbita più vicina al nucleo, ossia quella che ha minor energia: questo comporterebbe un ammasso di elettroni concentrati vicino al nucleo con conseguente riduzione della massa atomica. In realtà la massa atomica è condizionata da un principio fisico fondamentale che impedisce agli elettroni di “affollarsi” sull'orbita più vicina al nucleo atomico: si tratta del “Principio di Esclusione di Pauli”

secondo il quale “*solo due elettroni possono occupare una determinata orbita e, quindi, un determinato stato quantico*”, stato quantico determinato da tre numeri quantici: radiale n_r , azimutale n , zenitale n_o . Servendosi del Principio di Pauli, Bohr e i suoi collaboratori riuscirono a costruire i modelli di tutti gli atomi, dall'idrogeno all'uranio.

Un altro fattore importante che influenza la distribuzione degli elettroni nell'atomo è *l'orientamento della rotazione o “spin” dell'elettrone (momento della quantità di moto)*. Questo ulteriore progresso nella conoscenza della struttura dell'atomo e dei suoi elettroni, ha procurato una

variazione più restrittiva del Principio di Pauli: “*sulla stessa orbita possono coesistere soltanto due elettroni aventi spin opposto*”, cioè rotanti in direzioni opposte ($S=+1/2$ e $S=-1/2$).

Successivamente è stato verificato che, in realtà, *due elettroni non gravitano sulla stessa orbita bensì su ogni orbita gravita un solo elettrone: a causa delle forze magnetiche derivanti dal momento magnetico dell'elettrone, le orbite non coincidono ed è presente un solo elettrone su ogni livello energetico.*

Queste conoscenze sono alla base del metodo “*spintronico*” utilizzato per il trattamento di oggetti, che sarà

approfondito nella Parte Seconda del Testo. Grazie a tale metodo vengono realizzati sistemi di protezione da radiazione.

3.10 REALTÀ VIRTUALE

Come già detto precedentemente, gli elettroni, quando vengono eccitati dai fotoni, compiono dei “salti” o transizioni producendo fenomeni di assorbimento e di emissione stimolati. Si verifica l'assorbimento stimolato quando il fotone induce l'elettrone a un trasferimento a uno stato più alto di energia; poi, quando l'elettrone torna a decadere a uno stato più basso di energia, emette l'energia fotonica prima ricevuta. Può anche succedere che l'elettrone, posizionato a uno stato più alto di energia, decada a uno stato più basso spontaneamente, senza l'intervento del fotone, e ciò può

accadere solo se vi è disponibilità di un'orbita a più bassa energia disposta a riceverlo: questo fenomeno viene chiamato "*decadimento spontaneo*". I "decadimenti spontanei" di fatto sono provocati dai fotoni, ma non da fotoni reali, bensì da "fotoni virtuali" che possono considerarsi come fluttuazioni quantistiche del vuoto. Infatti, *intorno a una carica elettrica esiste sempre una "nuvola di fotoni virtuali" la cui interazione con le altre particelle cariche produce un campo elettrico.* Dato che costituiscono il campo elettrico, i fotoni virtuali sono sempre presenti negli atomi e possono produrre i "decadimenti spontanei" degli stati elettronici. Queste particelle virtuali

godono di tutti i benefici dell'energia che non possiedono e tutto ciò comporta anche la capacità di poter controllare e trasferire il "momento".

All'interno degli atomi gli "*stati*" disponibili per gli elettroni hanno livelli energetici ampiamente distanziati e gli elettroni possono occupare solo questi livelli. Un elettrone può trasferirsi da uno di questi stati solo se va a occuparne un altro (che deve essere vuoto) e così facendo la sua energia cambia di una quantità definita, e precisamente della differenza di energia fra i due stati. Un atomo nel suo "stato fondamentale" ha i livelli energetici uniformemente riempiti di elettroni, ma

ci sono livelli energetici superiori che normalmente sono vuoti. Quando un elettrone viene eccitato nella sua posizione iniziale, va a finire in uno di questi livelli superiori vuoti oppure lascia del tutto l'atomo. Un elettrone che sia stato eccitato a un livello più alto può decadere ritornando a un livello energetico più basso se c'è uno stato vuoto disponibile. Poiché l'elettrone si trasferisce a un livello di più bassa energia, deve liberarsi dell'energia in eccesso che possiede, emettendo così un fotone. In questo modo gli atomi riescono a emettere luce. Poiché tutti gli elettroni occupano "stati definiti" all'interno dell'atomo, *ogni fotone che viene emesso può solo avere*

un'energia uguale alla differenza fra quella che l'elettrone possedeva nello stato iniziale e in quello finale. Tutto ciò lascia aperte un gran numero di possibilità, però impone una restrizione all'energia che un fotone può possedere. L'energia del fotone è proporzionale alla frequenza della luce e, dunque, al suo colore, per cui lo spettro della luce prodotta da un atomo consiste di un insieme di "righe" colorate che hanno specifiche frequenze. Lo spettro di un dato tipo di atomo lo identifica completamente. C'è da dire che la Fisica classica, a differenza di quella Quantistica, non è in grado di fornire nessuna spiegazione riguardo questi spettri.

Gli “stati” che gli elettroni possono occupare all’interno di un atomo tendono a raggrupparsi in un insieme di livelli, separati da significativi salti energetici. Se i livelli più esterni di un atomo sono completamente riempiti da tutti gli elettroni che possono contenere, allora ogni altro elettrone che si aggiungerà dovrà passare a uno stato di energia più alta. Gli atomi di questo tipo, i cui gusci energetici sono completamente riempiti dagli elettroni, formano i gas nobili e non hanno reazioni chimiche normali con nessun altro elemento. I livelli energetici più bassi (più vicini al nucleo) sono più distanziati rispetto a quelli superiori per cui ogni “caduta” dell’elettrone da uno

stato superiore a uno inferiore comporterebbe una cessione di energia fotonica sempre crescente. *Quando gli elettroni passano da un livello a un altro gli atomi emettono luce*: questa emissione luminosa è il risultato della combinazione di fotoni con energie diverse e quindi colori diversi perché i livelli si trovano distanziati in modo variabile, molto più ravvicinati nelle orbite più lontane e molto più distanti nelle orbite più vicine al nucleo atomico. Poiché le distanze tra i vari livelli sono diverse in atomi di elementi differenti, e dato che l'insieme delle energie fotoniche è assolutamente caratteristico per ogni tipo di atomo, possiamo affermare che tutti questi

aspetti concorrono a identificare in modo inequivocabile un atomo: è come se avessimo a disposizione la sua “impronta digitale”!

Ricapitolando:

- a) *l'insieme dei livelli energetici per gli elettroni è unico per ogni dato tipo di atomo;*
- b) *quando gli elettroni si trasferiscono da un livello all'altro emettono dei fotoni dotati di un'energia corrispondente alla differenza di energia fra i due livelli;*
- c) *poiché l'energia dei fotoni è proporzionale alla frequenza e al colore della luce, è possibile*

ottenere uno spettro ottico degli atomi che li caratterizza come se si trattasse di un'impronta digitale.

La spiegazione delle “righe spettrali” fu il primo importante successo della Fisica Quantistica. La Teoria Quantistica si adattava alle “righe di frequenza” che erano state osservate fino ad allora e che poi furono osservate sperimentalmente, dimostrando che la “Teoria dei Quanti” era scientificamente provata e andava presa in seria considerazione.

Ogni atomo ha un gran numero di livelli che possono ospitare elettroni: il

numero degli stati è infinito, anche se gli stati superiori sono molto vicini l'uno all'altro perché dotati di livello energetico molto simile. Un atomo continua ad attrarre elettroni nei suoi livelli fino a che non ne contiene il numero che serve a compensare la carica positiva del suo nucleo: a quel punto non ha più un sovraccarico di carica positiva con cui attrarre altri elettroni (atomo neutro). Quando un atomo ha raggiunto il suo pieno completamento di elettroni, in quasi tutti i casi ne contiene più di quanti ne può ospitare nello stato di minima energia.

A differenza della Fisica classica, nella Teoria Quantistica il concetto di

particella non è così preciso e definito. In Fisica Quantistica le particelle possono trasportare e liberare energia in forma quantizzata, cioè in pacchetti discreti. Queste particelle in molti casi sono dotate di massa ben definita e possono trasportare quantità definite di altre grandezze fisiche, come per esempio la carica elettrica. Le particelle reali, ossia quelle che hanno esistenza per lungo periodo, sono regolate da relazioni molto rigide fra i valori di massa, energia e momento. Quando invece le particelle sono “virtuali” esse possono essere create e distrutte, possono avere un’esistenza molto breve e le fluttuazioni quantistiche della loro energia possono essere grandi. Ciò è

particolarmente evidente per le particelle che vengono scambiate per poter produrre un'interazione fra altre particelle: tutta quanta l'energia di tali particelle è una fluttuazione quantistica! Esse sono create dal nulla e riempiono il "vuoto" come una massa brulicante di entità dalla vita breve. L'interazione elettrica tra due particelle qualsiasi cariche è causata dallo scambio di fotoni tra loro; questi fotoni hanno vita breve e ciò implica che sono ben localizzati nel tempo e la loro energia è perciò indeterminata. Sono particelle virtuali e la loro energia e il loro momento possono fluttuare discostandosi anche di parecchio rispetto ai valori che una particella dalla

vita più lunga presenta generalmente.

Gli elettroni “reali” sono fonte di un campo elettrico, dato che le cariche elettriche vengono trasportate dagli elettroni e, di conseguenza, producono un “campo”. Intorno a essi è sempre presente una “nuvola di fotoni virtuali”. Nel caso in cui si presenti nelle vicinanze un'altra carica, questi fotoni diventano disponibili per essere scambiati e produrre così una forza fra le due particelle. I fotoni scambiati vengono distrutti dopo che sono stati catturati. Il loro numero non si conserva, quindi sono dei “bosoni”. Come le particelle cariche producono fotoni, così anche i fotoni possono produrre

particelle cariche, ma non possono produrre una sola, dato che la quantità totale di carica deve rimanere costante. I fotoni devono perciò produrre due particelle alla volta: un “elettrone” e un “positrone” (o “antielettrone”), poiché uno ha carica negativa e l’altro positiva e perciò la carica totale non muta. I “fotoni virtuali” producono quindi “coppie virtuali elettrone-positrone”; questi si annichiliscono a vicenda, tornando a essere un fotone.

Ricapitolando, non solo i fotoni ma anche gli elettroni possono essere creati, ma questi ultimi devono essere prodotti insieme alle loro antiparticelle in modo che non ci sia nessun cambiamento della

carica elettrica totale. È necessaria energia per creare la massa a riposo di due di queste particelle, però tale energia può essere disponibile, per un breve periodo di tempo, sotto forma di “fluttuazione energetica”. Una “fluttuazione” può verificarsi anche se inizialmente non è presente alcuna energia: le particelle possono essere create dal “nulla”, ossia nello “spazio vuoto”, che di fatto è un miscuglio di coppie particella-antiparticella.

3.11 LE QUATTRO

FORZE FONDAMENTALI

Per *forza* si intende qualsiasi cosa sia in grado di compiere un lavoro. Un tipo di forza è, per esempio, il magnetismo, in grado di far ruotare l'ago di una bussola.

Le quattro Forze Fondamentali sono: *la gravità, l'elettromagnetismo, la forza nucleare forte e la forza nucleare debole.*

La forza di gravità: È la forza di attrazione che tiene unito il Sistema Solare, vincola la Terra e gli altri pianeti nelle loro orbite, ci tiene con i

piedi per terra, fa cadere una mela dall'albero, ecc. L'equivalenza tra massa ed energia, espressa dall'uguaglianza di Einstein $E=mc^2$ implica come anche la luce contribuisca al campo gravitazionale. Più è energetico il fotone, maggiore è il campo gravitazionale che crea, quindi se riduciamo molto la lunghezza d'onda, il campo associato ai fotoni sarà sempre più intenso e i fotoni distorceranno lo spazio intorno a essi disturbando la misurazione che intendiamo eseguire. L'applicazione della Teoria Generale della Relatività di Einstein e la Meccanica Quantistica svolgono un ruolo fondamentale nella Teoria Quantistica della Gravitazione.

La forza elettromagnetica: È la forza che, per esempio, tiene uniti gli atomi, facendo orbitare gli elettroni intorno al nucleo e determinando la forma delle orbite degli elettroni. Inoltre, è in grado di contrastare la spinta verso il basso della gravità e domina su tutte le altre forze fino a una distanza pari circa alla dimensione di un nucleo atomico. La forza elettromagnetica più conosciuta è sicuramente la luce.

La forza nucleare forte: È una forza più intensa di quella elettromagnetica quando si opera all'interno del nucleo dell'atomo. Essa è responsabile dell'unione di protoni e neutroni all'interno del nucleo. In ogni nucleo, i

protoni hanno una carica positiva per cui la reciproca forza repulsiva, di natura elettromagnetica, tenderebbe a disintegrare il nucleo. Invece, grazie alla forza nucleare “forte”, viene vinta la forza repulsiva fra i protoni. In natura vi sono circa un centinaio di elementi nei quali deve essere mantenuto questo delicato equilibrio tra l’interazione forte (che tende a tenere uniti i nuclei) e la forza repulsiva elettromagnetica (che tende invece a rompere l’unione). In un nucleo possono convivere anche più di un centinaio di protoni, e più ce ne sono più la forza nucleare forte fa fatica a tenerli uniti, tuttavia è molto importante che ci riesca perché, in caso contrario, l’effetto potrebbe essere catastrofico:

tutti sanno che un nucleo di uranio deliberatamente diviso provoca la forma esplosiva della detonazione atomica come accade nella bomba nucleare. Alcuni nuclei atomici (come l'uranio, dotato di novantadue protoni) risultano così massivi che automaticamente si rompono, rilasciando piccoli frammenti e detriti denominati "radioattività". In questi elementi il nucleo è instabile. Esiste quindi anche una "forza nucleare debole" che si mette all'opera per poter governare la radioattività.

La forza nucleare debole: Anch'essa è una forza superiore a quella elettromagnetica quando si opera all'interno del nucleo dell'atomo.

L'interazione debole è sfuggente e non ne abbiamo un'esperienza diretta, tuttavia in modo indiretto ne sentiamo gli effetti. Per esempio, quando posizioniamo un contatore Geiger vicino a un pezzo di uranio, il rumore percepito conferma la presenza della radioattività del nucleo, causata proprio dalla forza nucleare debole. L'energia rilasciata può anche essere usata per generare calore; infatti, l'intenso calore che proviene dall'interno della Terra è in parte causato dal decadimento degli elementi radioattivi nelle profondità del nucleo terrestre. Questo calore può essere in alcuni casi veicolato all'esterno, per esempio da un vulcano durante l'eruzione. Le interazioni deboli

riguardano il comportamento degli elettroni e dei neutrini. Tutte le particelle che interagiscono debolmente vengono chiamate “*leptoni*”. Le sperimentazioni effettuate sul “neutrino” sono state difficili e costose dato che si tratta di una particella che non lascia traccia della sua presenza.

Senza queste quattro forze fondamentali non ci sarebbe vita sulla Terra dato che anche gli atomi dei nostri corpi si disintegrerebbero. Nel secolo appena trascorso gli scienziati hanno compreso che l'elettricità e il magnetismo sono due manifestazioni della stessa forza. Hanno inoltre compreso che l'interazione nucleare

debole può essere considerata come un'altra manifestazione dell'elettromagnetismo; più precisamente, nel 1979 è stato dato il Premio Nobel a tre fisici (Weinberg, Sheldon e Glashow) che dimostrarono come unificare la forza elettromagnetica e la forza nucleare debole. Oggi alcuni fisici sostengono che un'altra teoria, chiamata "*Teoria di Grande Unificazione (Grand Unified Theory, GUT)*" possa unire la forza elettrodebole con le interazioni forti.

Rimane ancora esclusa la forza di gravità, anche se molti studiosi hanno provato a unificarla alle altre tre forze in un'unica teoria matematica. Hanno

lavorato in questo senso specialmente i teorici delle “superstringhe”, i quali ritenevano che le “superstringhe” costituissero il primo e unico contesto matematico all’interno del quale una “Teoria Quantistica Gravitazionale” avesse un senso. Purtroppo le sperimentazioni non hanno permesso di accertare tutto ciò, per cui il mondo dei fisici è diviso in due categorie: quelli “pro” e quelli “contro” la Teoria delle Superstringhe. I difensori delle “superstringhe” cercano di far notare come, benché non ci sia nessun esperimento che comprovi la teoria, non ci sia nemmeno nessun esperimento in grado di poterla annullare. Per un approfondimento sull’argomento delle

“superstringhe”, rimando il Lettore al Capitolo 4 del presente Testo.

LA FORZA DI GRAVITÀ

La forza di gravità sarebbe la forza più importante se operassimo nel macrocosmo (per esempio, in Astronomia), ma nel microcosmo (atomi, particelle elementari, ecc.) tale forza è estremamente piccola rispetto all'interazione forte, all'interazione debole e alla forza elettromagnetica. Per capire quanto è poco intensa la forza gravitazionale nel mondo microscopico pensiamo che, se fosse possibile disattivare le “forze elettriche” che agiscono sulle particelle di un atomo e fosse possibile osservare il raggio

dell'atomo tenuto insieme dalla gravità, verificheremmo che tale raggio è cento volte il raggio dell'Universo! Per questo motivo non è stato ancora possibile attuare una sperimentazione pratica utile per la conferma di una "Teoria del Tutto" (o Teoria dell'Unificazione) che sia in grado di porre tutte le quattro forze sullo stesso piano.

Attualmente esiste una "*Teoria Standard della Fisica Elementare*" in cui le interazioni forti, deboli ed elettromagnetiche sono unificate in un'equazione; tuttavia in tale teoria non è stata ancora integrata la forza gravitazionale, che permetterebbe l'ottenimento della "*Teoria del Tutto*".

Personalmente ho teorizzato un'unione tra Modello Standard e forza gravitazionale, inserendo nel Modello la particella elementare "gravitone". Per l'approfondimento rimando il Lettore alla Seconda Parte del presente Testo.

Le Leggi Fondamentali della Natura esistono grazie alla Scienza Galileiana la cui sintesi è la seguente: tutto ciò che è riproducibile nasce da *Tre Colonne* (le "tre famiglie" di leptoni e quark) e *Tre Leggi Fondamentali* (elettrodeboli, sub-nucleari forti e gravitazionali). A questa straordinaria sintesi l'Uomo è arrivato grazie alla Fede, come ricorda Papa *Giovanni Paolo II* nella seguente

frase: «*Tutto ciò che nasce da un atto d'Amore non deve essere mai punito. Se non compreso, quindi, se appare in errore, quell'atto di Amore deve essere perdonato. Infatti, quando quell'atto d'Amore verrà capito, esso contribuirà ad arricchire la nostra Fede*». Altra frase di Giovanni Paolo II degna di nota è la seguente: «*L'uso della Scienza a fin di bene è testimonianza vivente di una straordinaria continuità, di un congiungimento costante, con l'opera della Creazione*».

3.12 L'ENERGIA, LA MASSA E IL MODELLO STANDARD

3.12.1 LA CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

L'energia è una grandezza attiva che fa muovere le cose o le trasforma. Assume varie sembianze e può manifestarsi in vari modi ma, anche se può convertirsi da una forma all'altra, la sua quantità complessiva si conserva: non è possibile crearla né distruggerla.

L'energia si manifesta in diverse forme:

- 1) *energia elastica* (per esempio, quella sprigionata da una molla che prima viene compressa e poi liberata);
- 2) *energia termica* (per esempio, quella responsabile della vibrazione degli atomi o delle molecole nei materiali caldi);
- 3) *energia elettromagnetica* (per esempio, quella trasmessa attraverso la luce, le onde radio, le batterie di un telefonino, ecc.);
- 4) *energia chimica* (per esempio, quella rilasciata nel corso di varie reazioni chimiche);
- 5) *energia potenziale gravitazionale* (per esempio, quella che si manifesta per effetto della forza di

gravità);

6) *energia cinetica* (per esempio, quella manifestata da una persona che scia, durante una discesa libera).

Einstein è il fisico che ha scoperto che a ogni massa è associata un'energia, che si libera quando la materia viene distrutta. Quindi la massa m e l'energia E sono equivalenti. Lo si vede nella celebre equazione di Einstein $E=mc^2$ dove l'energia E rilasciata dalla distruzione della massa m è uguale alla massa m per la velocità della luce al quadrato.

L'energia potenziale EP in forma algebrica è data da $EP = mgh$. Dove m rappresenta la massa, g rappresenta l'accelerazione di gravità e h rappresenta l'altezza. Se ci troviamo su un promontorio a una determinata altezza h , abbiamo un'elevata energia potenziale e quindi, lanciandoci da quella posizione con gli sci, siamo sicuramente più veloci rispetto a una partenza a quota inferiore perché tutta l'energia potenziale si trasforma in energia cinetica.

L'energia cinetica EC in forma

algebraica è data da $EC=mv^2/2$ dove m rappresenta sempre la massa e v rappresenta la velocità. La relazione indica che la quantità di energia varia con il quadrato della velocità.

La legge della conservazione dell'energia afferma che, anche se l'energia può cambiare forma, la sua quantità complessiva non varia. Un esempio pratico: quando una persona sta sciando, durante la discesa scarica energia cinetica e tale energia non si distrugge ma si trasforma, per esempio, in calore (attrito tra sci e manto di neve), per cui vi è la “dissipazione”

dell'energia in calore.

La legge di conservazione non riguarda solo l'energia ma anche il momento lineare (quantità di moto) e il momento angolare.

Il “*momento lineare*” è definito come il prodotto della massa per la velocità ed esprime la difficoltà di rallentare un corpo in movimento: maggiore è la massa e più è difficile rallentare il suo moto. Per esempio, se prendiamo un grosso masso e lo facciamo rotolare lungo una discesa, è molto difficile deviarlo proprio perché possiede un momento elevato; è

cosa ben diversa se facciamo rotolare lungo la stessa discesa un ciottolo. Il “*momento angolare*” di un oggetto che ruota attorno a un punto è definito come il prodotto tra il suo momento lineare e la sua distanza dal punto di rotazione (definito “braccio” nella meccanica razionale). La conservazione del momento angolare viene per esempio applicata dai pattinatori sul ghiaccio per ruotare più velocemente: quando braccia e gambe sono divaricate, i pattinatori ruotano lentamente, quando ritirano gli arti verso il corpo (“braccio” nullo) ruotano

più velocemente, per compensare la riduzione delle dimensioni.

Sofferamoci ancora sulle diverse forme di energia e sul meccanismo grazie al quale un'energia può trasformarsi in un'altra forma di energia. L'energia cinetica è l'energia dovuta alla velocità di un corpo e alla sua massa: un corpo in movimento quindi possiede energia perché in grado di compiere un lavoro grazie alla velocità che possiede. L'energia potenziale invece è dovuta all'altezza di un corpo rispetto al suolo e al suo peso e perciò deriva dalla forza di gravità.

Durante il moto, l'energia cinetica e

l'energia potenziale di un corpo cambiano continuamente, trasformandosi l'una nell'altra. Per esempio, un masso in cima a una collina è carico di "energia potenziale" che si trasforma in "energia cinetica" quando comincia a rotolare dalla cima della collina fino a fermarsi a valle: man mano che rotola, il masso perde energia potenziale tramutandola in energia cinetica e, di conseguenza, aumentando di velocità.

Nel mondo quantistico, in molte situazioni, a una particella è permesso di avere solo un ristretto insieme di valori di energia e essa può acquisire o cedere energia solo in grossi lotti denominati "quanti". Più un corpo è massiccio e

maggiore sarà la sua energia cinetica; più un corpo si muove velocemente e maggiore sarà la sua energia cinetica. La quantità di energia non dipende dalla “direzione” in cui si sta muovendo il corpo, ma solo dall’intensità della velocità.

Un’altra importante grandezza fisica che “ci dice come una particella si muove”: *il momento*, detto anche *quantità di moto*. Gli elettroni, per esempio, si muovono con la stessa velocità da sinistra a destra o da destra a sinistra mantenendo la stessa energia cinetica, ma rivelando momento opposto.

Nei processi di Fisica Quantistica le

masse delle particelle spesso cambiano e i cambiamenti che si verificano a livello di energia della massa a riposo si manifestano in varie forme.

La più forte prova sperimentale a favore del comportamento quantistico è data dal fenomeno dell'interferenza.

Un risultato osservato potrebbe verificarsi in diversi modi: di fatto vi è un'ampiezza che si differenzia per ogni differente risultato. *Una forma di interferenza produce, per esempio, differenti livelli degli stati energetici presenti negli atomi.* Infatti, se osservassimo gli elettroni, potremmo “disturbarli” ossia generare un fenomeno di “interferenza”; quindi, solo

il fatto di compiere l'osservazione costringerebbe gli elettroni a scegliere un tipo di azione. Per molti fisici di fama, *il fenomeno dell'“interferenza” è dovuto alle cosiddette “variabili nascoste”* delle quali si parlò per la prima volta attraverso la “scuola di Copenaghen” con a capo il fisico Bohr. I fisici avevano dedotto che *le particelle sub-atomiche sono influenzate anche da una particolare “forza quantistica” denominata “onda pilota”* che causa vari effetti e fenomeni che fanno parte anche del fenomeno dell'“interferenza”.

Le ampiezze della Meccanica Quantistica possono essere calcolate con grande accuratezza e confrontate con

gli esperimenti. Un risultato che viene spesso citato è quello relativo al “*momento magnetico dell’elettrone*”. Gli elettroni girano su se stessi (spin elettronico) come minuscole trottole e possiedono anche proprietà elettriche; si comportano un po’ come dei piccolissimi aghi magnetici. *La “forza magnetica” e lo “spin” dell’elettrone sono collegati tra loro e il loro rapporto può essere calcolato: il calcolo quantistico dà come risultato 2,0023193048.*

3.12.2 LA MASSA ATOMICA

Per massa si intende la quantità di materia presente in un corpo. Un qualunque corpo materiale provvisto di

massa è percepibile al tatto, a differenza della luce che non è dotata di massa e può essere percepita vedendola. La luce si sposta a grande velocità e non interferisce con la forza gravitazionale mentre la materia, che è provvista di massa, interferisce con essa. Oggi, con i progressi scientifici e le strumentazioni sperimentali che sono a nostra disposizione, è possibile ritrovare la massa in tutte le formule legate sia alla Teoria della Relatività sia alla Teoria Quantistica, fino ad arrivare alle leggi della *“cromodinamica”*, ossia quelle *leggi specifiche che governano il comportamento dei quark e dei gluoni all'interno di un nucleo atomico*. Newton affermava che *«la massa non si*

crea né si distrugge», quindi la massa si conserva (conservazione della massa). Newton asseriva anche che la massa rappresenta la misura fondamentale della materia e quindi vuol dire che *non si può avere materia senza massa*, dato che la massa ci dice quanta materia abbiamo. Per verificare tali affermazioni è necessario “misurare” la massa e lo strumento deputato a ciò è la bilancia. Naturalmente l’utilizzo di una bilancia è pratico ed efficace ma non può essere adottato in ogni caso.

Oggi si è dimostrato che in realtà *la conservazione della massa può essere violata* e la sperimentazione che ha dimostrato ciò è stata eseguita presso il

CERN di Ginevra: dove sono stati accelerati elettroni e antielettroni (positroni) che, muovendosi in direzioni opposte, si sono scontrati frantumandosi e producendo una grande quantità di detriti, al punto che il risultato finale della collisione ha raggiunto una massa circa 30000 volte superiore rispetto a quella degli elementi di partenza.

Se in realtà la massa non si conserva, allora qual è la sua origine?

Nella meccanica classica è nota l'equazione $F=ma$, dove viene messo in relazione il concetto di *forza* (F) che riassume tutte le forze sia attrattive sia repulsive avvertite in un corpo, con il concetto cinematico di *accelerazione*

(a), che riassume come si muove il corpo in reazione alla forza; la *massa* (m) media fra questi due concetti. In pratica, *applicando una data forza, un corpo con una massa piccola guadagna velocità più rapidamente rispetto a un corpo con una massa grande.*

Se analizziamo la Seconda Legge di Einstein, ossia $m=E/c^2$ (la Prima Legge di Einstein è la famosa $E=mc^2$), essa evidenzia che la massa emerge dall'energia. Questo può farci comprendere che *non è la massa a conservarsi ma l'energia.* Infatti, è l'energia a comparire nelle equazioni fondamentali, come quella di Schrödinger per la Meccanica

Quantistica e di Einstein per la gravità. In effetti, Einstein ci fa capire che, spiegando la massa in funzione dell'energia, possiamo migliorare la nostra conoscenza del mondo.

Ecco allora che alla domanda «*qual è l'origine della massa?*»

La risposta ovvia scaturita dalla formula di Einstein è: «*L'energia!*»

Osservando la formula di Einstein $E=mc^2$ potrebbe nascere un'osservazione di questo tipo: *la massa è proporzionale all'energia; dato che l'energia si conserva, anche la massa si conserva?*

La risposta è negativa: *la formula di*

Einstein si applica solo a corpi in quiete e isolati perciò, quando i corpi si muovono o interagiscono, l'energia e la massa non sono proporzionali e tale formula non può essere applicata.

Nel caso dei corpi in movimento, la relazione corretta tra massa ed energia è:

$$E = m c^2 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

dove v è la velocità e, per un corpo in quiete ($v = 0$) l'equazione diventa quella famosa di Einstein, ossia $E=mc^2$. Quando un corpo, per esempio *un elettrone*, viene accelerato, v cambia ed m rimane invariata; quindi si deduce che

l'energia E cambia.

Come stanno effettivamente le cose?

È importante osservare che *la conservazione dell'energia si applica a sistemi e non ai singoli corpi*, per cui è *l'energia totale che si manifesta nell'interazione di ogni singolo corpo a conservarsi*. Anche un corpo isolato che presenta una velocità costante può essere considerato come un sistema a sé e in questo caso perciò l'energia si conserva; quando invece la velocità di un corpo cambia, l'energia del singolo corpo non si conserva, infatti il cambiamento stesso della velocità rappresenta un segnale del fatto che il

corpo non è isolato, bensì vi è sicuramente un secondo corpo che agisce sul primo per produrre il cambiamento di velocità. *L'azione di un corpo su un altro trasferisce energia dal primo al secondo: soltanto l'energia totale si conserva, non l'energia di ciascun corpo separatamente.*

Per quanto concerne il rapporto massa/gravità, Newton affermava, attraverso la sua Legge Gravitazionale, che la forza gravitazionale avvertita da un corpo fosse proporzionale alla sua massa, per cui si riteneva che la luce, non avendo massa, non potesse essere influenzata dalla forza gravitazionale. In

seguito si scoprì che ciò non era esatto: *la luce è costituita da fotoni che, in effetti, non hanno massa, tuttavia la luce viene deflessa dalla forza di gravità perché i fotoni sono dotati di una energia e la gravità attira energia.* Tutto ciò fu dimostrato dallo stesso Einstein attraverso la Relatività Generale, che rappresenta una Legge di Gravitazione ancora più accurata rispetto a quella di Newton.

Così come la luce è fatta di particelle (fotoni), anche gli atomi, come già visto, sono costituiti da particelle. *Più del 99,9 per cento della massa di un atomo è contenuta nel nucleo atomico e la carica elettrica concentrata nel nucleo*

atomico genera campi elettrici che controllano il movimento degli elettroni circostanti. Dato che *il nucleo è molto più pesante degli elettroni, esso si muove molto più lentamente ma è il regista di tutti i processi chimici e biologici degli atomi, in cui i protagonisti sono gli elettroni.*

I fisici teorici e i fisici sperimentatori hanno fatto sforzi notevoli per scoprire le equazioni fondamentali che governano quello che accade nei nuclei atomici. Tali fatiche sono dovute principalmente alle dimensioni estremamente piccole delle particelle sub-atomiche: basti pensare che *un nucleo atomico è all'incirca centomila volte più piccolo*

di un atomo. I nuclei atomici appartengono al mondo della *nanotecnologia* per cui non è possibile manipolarli con strumenti macroscopici, ma occorrono strumentazioni eccezionali come, per esempio, il *nanomicroscopio ultraastroscopico* denominato SLAC (Stanford Linear Accelerator) e una centrale di distruzione creativa nota come LEP (Large Electron Positron Collider).

La Fisica Quantistica permette di descrivere il comportamento delle particelle elementari e spiega come interagiscono fra di loro: affinché sia possibile un'interazione, bisogna che le particelle si scambino "qualcosa" e

questo “qualcosa” deve essere perlomeno uguale a un “quanto” del campo caratteristico dell’interazione considerata. Quando un elettrone per esempio passa da uno stato quantistico all’altro, gli atomi emettono o assorbono un “fotone”, la cui energia è esattamente uguale alla differenza di energia tra lo stato iniziale dell’elettrone e quello di arrivo.

Tutte le particelle, che siano di luce o di materia, a volte presentano aspetti ondulatori, a volte aspetti corpuscolari, ma non sono né onde né corpuscoli. Come si può spiegare tale fenomeno ambiguo? Una prima via, sviluppata e motivata da Niels Bohr nel

1927, consiste nel dire che gli aspetti ondulatori e corpuscolari degli oggetti quantistici sono complementari. Tale espressione ha diviso in due correnti i padri fondatori della Fisica Quantistica: Planck, Schrödinger, Einstein e De Broglie hanno rifiutato la teoria; Heisenberg, Pauli, Born e Dirac l'hanno accettata. La “*complementarità*” di cui parla Bohr significa che i fenomeni fisici non sono pienamente traducibili per mezzo dell'immagine dell'onda o di quella del corpuscolo, ma è necessario ricorrere a entrambe contemporaneamente.

Il “*Principio di Indeterminazione di Heisenberg*” implica una limitazione

nell'accuratezza delle misure. Come già approfondito nel precedente Capitolo, il modo corretto di interpretare tale principio non consiste nel ritenere che sia impossibile contemporaneamente conoscere la posizione e l'impulso (velocità) delle particelle, piuttosto nell'affermare che le particelle non possiedano mai queste due caratteristiche contemporaneamente. *Il Principio di Indeterminazione di Heisenberg aiuta a giustificare la stabilità degli atomi. Se utilizzassimo infatti i principi della Fisica classica, un atomo sarebbe destinato a collassare, in quanto l'elettrone andrebbe a finire sul protone. Nel momento in cui l'elettrone cadesse sul*

protone, l'energia potenziale (elettrica) decrescerebbe assumendo valori sempre minori via via che le dimensioni del sistema diminuiscono, mentre l'energia cinetica, che è indipendente, potrebbe diventare arbitrariamente piccola. L'energia totale, definita come la somma dell'energia cinetica e dell'energia potenziale, potrebbe quindi diventare a sua volta arbitrariamente piccola e il collasso dell'atomo diventerebbe inevitabile. Il Principio di Indeterminazione di Heisenberg invece riesce a spiegare la stabilità dell'atomo, cioè il fatto che non collassi, per mezzo della relazione stabilita fra energia potenziale ed energia cinetica, che cessano quindi di essere indipendenti

l'una dall'altra. Se l'elettrone si avvicina al protone e resta confinato nelle sue immediate vicinanze, la sua posizione diventa più definita. *Quando si avvicina al protone, l'elettrone vede aumentare il suo impulso (la sua velocità), ossia l'energia cinetica, mentre la sua energia potenziale diventa sempre più piccola.* Arriva un momento in cui l'aumento dell'energia cinetica (velocità) finisce per superare la diminuzione dell'energia potenziale provocata dall'avvicinamento dell'elettrone al protone: a questo punto non è più possibile far diminuire l'energia totale dell'elettrone, che è la somma di un termine che aumenta e di un altro che diminuisce. Questo significa

che esiste un livello di energia al di sotto del quale l'elettrone non può scendere, per cui diventa impossibile per l'elettrone andare a finire sul protone. Questo particolare livello di energia si chiama "stato fondamentale" dell'elettrone, quello in cui la sua energia è minima. Ecco perché gli atomi sono stabili.

Una particella è definita da certe caratteristiche che sono le stesse per tutti i sistemi dello stesso tipo. Per esempio, tutti gli *elettroni*, ovunque siano e in qualunque ambiente si trovino, hanno rigorosamente la stessa massa e la stessa carica elettrica. Però, oltre a queste caratteristiche comuni, gli

elettroni possiedono anche *caratteristiche “personali” che li differenziano tra loro, come la “posizione”, la “velocità”, lo “spin”.*

3.12.3 ORIGINE DELLA MASSA

La famosa equazione di Einstein $E=mc^2$ ha invogliato i fisici a capire meglio la vasta energia latente che viene immagazzinata nella massa stessa. Infatti nella massa di un protone, per esempio, vi è un “magazzino di energia” ben oltre quello che potrebbe essere prodotto da una reazione chimica.

Tutta la Fisica che conosciamo oggi può rappresentare solo la punta di un iceberg, oppure può essere così evoluta

da essere veramente vicina a una “Teoria del Tutto”. Una cosa è certa: abbiamo una teoria ben collaudata che funziona con un’ampia gamma di fenomeni. È una teoria che tende a unificare tanti aspetti della natura e che ha come sintesi la seguente equazione, chiamata anche *Equazione Fondamentale o Modello Standard della Fisica delle Particelle*:

$$\begin{aligned}
 L = & -\frac{1}{4} W_{\mu\nu}W^{\mu\nu} - \frac{1}{4} B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} - \frac{1}{4} G_{\mu\nu}G^{\mu\nu} + \\
 & + \bar{\psi}_j \gamma^\mu (i\partial_\mu - g\tau_j W_\mu - g' Y_j B_\mu - g_s T_j G_\mu) \psi_j + \\
 & + |D_\mu \phi|^2 + \mu^2 |\phi|^2 - \lambda|\phi|^4 - (y_j \bar{\psi}_j \phi \psi_{jR} + Y'_j \bar{\psi}_j \phi_C \psi_{jR} + \text{coniugato})
 \end{aligned}$$

Questa equazione rappresenta la base primaria per lo sviluppo pratico della Fisica Quantistica e il suo compito è di *stabilire le regole con cui ogni*

particella interagisce con le altre.
L'unico aspetto discutibile è che non tiene conto della forza di gravità.

Soffermiamoci nella interazione delle particelle, che consiste nell'analizzare la variazione del loro moto nel momento in cui esse entrano in relazione.

In particolare, due particelle possono:

- a) mettersi a girare in orbita tra loro, ognuna intrappolando l'altra (“stato legato”);
- b) disperdersi allontanandosi e cambiando direzione.

Un atomo rappresenta sicuramente uno “*stato legato*”.

Le regole per il calcolo dell'energia che lega gli atomi, le molecole e i nuclei atomici sono tutte contenute nella sopraindicata Equazione Fondamentale.

Per poter comprendere l'Equazione Fondamentale, bisogna innanzitutto fare un chiarimento sulla natura delle particelle della materia. Il Modello presuppone l'esistenza di:

- n° 6 tipi di quark;
- n° 3 tipi di leptoni carichi (tra cui l'elettrone);
- n° 3 tipi di neutrini.

Per ogni particella esiste un'antiparticella corrispondente.

C'è da chiarire che l'*antimateria* è una componente fondamentale dell'Universo e il primo fisico a parlarne è stato Paul Dirac (circa nel 1920) quando, a livello ancora teorico, predisse che, oltre all'elettrone, esisteva anche una particella dotata della stessa massa ma di carica opposta: il *positrone*. In effetti esso è stato rilevato nei processi di fusione nucleare, come prodotto della reazione di fusione di *due protoni in un deutone*. La previsione di Dirac quindi era esatta e il positrone oggi viene utilizzato anche nel settore della medicina (per esempio nella PET, acronimo di Positron Emission Tomography, cioè Tomografia a Emissione di Positroni).

Nella formula sopraesposta sono rappresentate particelle come il *fotone*, il *gluone* e le *particelle W e Z*. Si tratta di *particelle responsabili delle interazioni tra le altre particelle*.

Sintetizziamone le principali caratteristiche:

Il fotone: responsabile del trasporto della forza tra le particelle che sono cariche elettricamente come, per esempio, gli elettroni e i quark. Su questa particella si fonda tutta la Fisica scoperta da Faraday e Maxwell. Con questo nome vengono indicate sia le onde radio, sia i raggi infrarossi, sia la luce visibile, sia i raggi *X* e i raggi *gamma*.

Il gluone: media la forza che tiene insieme i protoni dentro il nucleo atomico ed è anche responsabile della coesione dei quark all'interno dei protoni e dei neutroni. Si tratta di una forza molto intensa, che riesce quindi a vincere la repulsione elettromagnetica tra i protoni, perciò è definita anche "*forza forte*". Grazie ai gluoni, i protoni non si disperdono e sono costretti a stare vicini nello stesso nucleo, pur dotati di medesima carica.

Le particelle W e Z: la particella *W* è responsabile dell'interazione che trasforma un protone in neutrone quando si forma un *deutone*, per esempio nel

nocciolo di una stella. La particella W è responsabile anche di centinaia di interazioni diverse tra particelle elementari. Gli stessi neutrini interagiscono esclusivamente grazie alle particelle W e Z . La forza trasportata da queste particelle è chiamata *forza debole*: basti pensare che vi sono miliardi di neutrini che attraversano il nostro corpo ogni secondo senza che noi ce ne accorgiamo, perché la forza trasportata da W e Z è estremamente debole.

Fin qui ci siamo soffermati sulle particelle indicate nell'equazione del Modello Standard. Anche se sono dodici (osservazioni confermate durante le

sperimentazioni al CERN di Ginevra), solo quattro (precisamente: i quark up, i quark down, l'elettrone e il neutrino dell'elettrone) pare siano sufficienti per costruire l'intero Universo. Le altre otto hanno tuttavia una loro importanza.

Nell'Equazione Fondamentale del Modello Standard, tutte le dodici *particelle* sono di tipo *elementare*, ossia non possono essere divise in parti più piccole, possono essere definite "*puntiformi*" e interagiscono tra loro in modo indicato nella stessa Equazione Fondamentale. Come già accennato in precedenza, tali particelle manifestano anche natura ondulatoria, per cui è come se avessero proprietà d'onda nonostante

restino corpuscoli.

3.12.4 APPROFONDIMENTO SULL'EQUAZIONE FONDAMENTALE

I primi tre termini rappresentano *l'energia cinetica delle particelle W e Z del fotone e del gluone* e spiegano come interagiscono tra loro. È bene sapere che i gluoni interagiscono con gluoni presenti negli altri nuclei atomici, e le particelle W e Z possono anch'esse interagire tra loro. In particolar modo *la particella W interagisce con il*

fotone: questo concetto è di grande importanza per comprendere l'applicazione nanotecnologica di Skudo® e di Geoprotex®, marchi che identificano i prodotti derivati dalla "Tecnologia Quantistica", di grande utilità nel processo di riduzione del rischio fisico che si può subire quando la materia è eccitata da un'emissione elettromagnetica esterna. Non esiste invece alcuna interazione tra fotoni, diversamente, anche a livello visivo, avremmo delle grosse difficoltà generate da interferenze varie.

Il quarto termine dell'equazione contiene le interazioni mediate dai fotoni, dai gluoni, dalle particelle W e Z , insieme all'energia cinetica delle particelle di materia.

Nell'Equazione del Modello Standard sono sintetizzate tutte le Leggi Fondamentali della Fisica.

Nella prima parte della formula si ritrovano le leggi dell'elettricità e del magnetismo e quella della repulsione elettrostatica. L'equazione spiega come interagiscono tra loro le particelle cariche, unificando le intuizioni di Faraday e le Equazioni di Maxwell. La stessa struttura matematica ha come base

la Teoria della Relatività di Einstein, dato che spiega l'interazione tra luce e materia, definita anche dai fisici *elettrodinamica quantistica*.

Nell'Equazione Fondamentale ritroviamo anche la Fisica delle forze "forti" e di quelle "deboli": l'equazione contiene sia le interazioni elettromagnetiche forti sia quelle deboli e riesce anche a unificarle, in quanto ci dice che tali forze sono due manifestazioni della stessa cosa. Infatti, al quarto termine dell'Equazione Fondamentale si possono "osservare" le interazioni presenti tra le particelle di materia.

Le parti che includono W , B e G sono

racchiuse tra due particelle di materia, ψ (si pronuncia “psi”); si tratta delle parti dell’Equazione del Modello che spiegano come la materia si “aggrega” grazie ai mediatori di forza. Si può inoltre osservare nell’Equazione che il fotone vive in parte nel simbolo “ W ” e in parte nel simbolo “ B ”; contemporaneamente in quei simboli si può ritrovare anche la particella “ Z ”.

Il risultato dell’Equazione è che la forza elettromagnetica, mediata dal fotone, e la forza debole, mediata dalle particelle W e Z sono interlacciate per cui significa che *sistemi di sperimentazione legati all’interazione elettromagnetica possono essere*

misurati anche in esperimenti sui fenomeni deboli, sperimentazioni utili anche per dimostrazioni di sistemi applicativi nella Tecnologia Quantistica.

I creatori del Modello Standard furono i fisici Sheldon Glashow, Steven Weinberg e Abdus Salam, che furono insigniti tutti e tre con il Nobel per la Fisica per tali ricerche. Furono i primi infatti a prevedere l'esistenza delle particelle W e Z , molto tempo prima della loro scoperta al CERN di Ginevra (anni Ottanta). A questo punto è lecito domandarsi come questi tre scienziati si siano accorti che la composizione di W e B produceva un fotone e una particella Z . Per dare una risposta adeguata a

questa domanda, è necessario rispolverare la moderna Fisica delle Particelle. Innanzitutto si erano accorti della “simmetria” presente in natura: osservando per esempio un fiocco di neve al microscopio, si può notare che la sua forma è “matematicamente regolare”.

Bisogna ricordare che per gli scienziati le equazioni esprimono sempre delle caratteristiche e delle relazioni possedute concretamente dagli oggetti del mondo reale.

I tre scienziati (Glashow, Weinberg e Salam) hanno sfruttato, per scoprire il Modello Standard delle particelle elementari, il “principio di simmetria”

denominato “*simmetria di gauge*”.

Per comprendere meglio questo concetto, rivediamo l'*Equazione del Modello Standard*.

Le particelle di materia sono rappresentate dalla lettera greca ψ e sono associate a un campo: possiamo avere un “campo di elettrone”, così come un “campo di quark up” o un campo di qualsiasi particella del Modello Standard. Per fare un esempio, consideriamo un “campo di elettrone” e paragoniamolo a un paesaggio costituito da colline e vallate, dove le colline rappresentano i massimi valori di campo e le valli i minimi valori di campo, mentre paragoniamo l'elettrone a un

escursionista a spasso. Non si sa con precisione dove si trovi l'elettrone, ma si ha solo una maggiore o minore probabilità di trovarlo in una valle o in cima a una collina; a ciascun punto del paesaggio può essere associato non solo il valore di campo (per esempio, l'altezza sul livello del mare) corrispondente alla probabilità di trovare la particella in quel punto, ma anche un'altra proprietà chiamata *fase del campo*. I lettori più esperti possono approfondire questo concetto su specifici Testi di Fisica Teorica delle Particelle.

Grazie all'Equazione del Modello Standard, è possibile comprendere nel

dettaglio cosa succede quando due elettroni o due quark si avvicinano: nel caso di due elettroni che hanno la stessa carica, essi tendono a respingersi, mentre un elettrone e un antielettrone, avendo carica opposta, tendono ad attrarsi. Tutto ciò trova spiegazione nei primi quattro termini dell'Equazione. Nell'Equazione, le particelle di luce (*i fotoni*) sono rappresentati con il simbolo γ mentre le *particelle W e Z* sono indicate con la loro lettera; i sei *quark* si distinguono con la q , i *neutrini* con la ν (pronunciata "nu"), i tre *leptoni carichi (elettrone, muone e tau)* con l ; infine, le *antiparticelle* si indicano con la linea sopra il simbolo della particella corrispondente.

Gli *elettroni*, come molte particelle elementari, *si comportano come minuscoli magneti*. Sono state molte le sperimentazioni utili per la misurazione degli *effetti magnetici degli elettroni*, fino a raggiungere *misure del magnetismo dell'elettrone*. I fisici hanno confermato che *le previsioni del Modello Standard e i risultati sperimentali ottenuti sono in perfetto accordo*. Le sperimentazioni sul *magnetismo elettronico* sono state effettuate con il LEP (Large Electron Positron Collider) di Ginevra.

Nel *Modello Standard* si nota che *tutte le particelle si muovono sul fondo del "campo di Higgs"*. Il "*campo di*

Higgs”, come il campo dell’elettrone, ha una particella associata: *la particella o bosone di Higgs*. Come per l’elettrone, il campo di Higgs assume valori variabili ed è massimo là dove è maggiore la possibilità di trovare la particella. *La parte finale dell’Equazione del Modello Standard tiene conto di questo campo: il campo di Higgs è rappresentato con la lettera ϕ . I termini dell’equazione che coinvolgono due ϕ insieme a un B o a un W (nella notazione sintetica sono nascoste nel simbolo I dell’equazione) sono quelli che generano la massa delle particelle W e Z .*

La teoria è formulata opportunamente in modo da lasciare il fotone senza

massa (infatti nell'equazione il termine fotonico contenuto in B si cancella con quello di W , e di nuovo tutto è nascosto nel simbolo D); inoltre, poiché il *campo gluonico* (G) non compare, anch'esso è senza massa, in accordo con la sperimentazione. Quindi, l'aggiunta del campo di Higgs ha generato le masse delle particelle senza rinunciare alla “simmetria di gauge”.

Si deduce quindi che *le masse si generano come risultato dell'interazione con il fondo del campo di Higgs*.

Nell'estate del 2012 è stata confermata sperimentalmente l'esistenza della “particella di Higgs” e, di conseguenza, del “campo di Higgs”. La

particella ha una *massa di circa 125-126 GeV/c²* e cioè circa *133 volte la massa del protone a riposo.*

Il “Modello Standard” combina tutta la “comunità” delle particelle in un unico insieme.

RIASSUMENDO LA PARTE INERENTE IL
MODELLO STANDARD

Fino a oggi, *tutto quello che è indicato nel “Modello Standard” è stato confermato.* L'unica particella di cui fino al 2012 non era stata ancora confermata l'esistenza, anche se era inserita nel Modello, era il “*bosone di Higgs*”; tale conferma, ottenuta di recente, ha confermato la validità dell'Equazione del Modello Standard,

anche se manca nel Modello l'interazione della forza di gravità e quindi tale Modello non può essere considerato il “Modello del Tutto”.

Il Modello Standard è stato ottenuto unendo le *tre interazioni della Natura*: quella *elettromagnetica*, quella *nucleare forte* e quella *nucleare debole*.

Le *interazioni forti* sono descritte da *36 quark* che si presentano in *sei “sapori”*, *tre “colori”* e *coppie materia/antimateria*. La “colla” che li tiene insieme per formare il protone e il neutrone è costituita dai “*gluoni*”; in totale vi sono *otto “campi gluonici”*. Nel suo insieme questa teoria è definita “*Cromodinamica Quantistica*” o

“Teoria delle Interazioni di Colore”.

Anche l'interazione debole si articola in “generazioni”:

- la “*prima generazione*” è formata dall'elettrone e dal suo neutrino (neutrino elettronico);
- la “*seconda generazione*” è formata dal muone e dal suo neutrino (neutrino muonico);
- la “*terza generazione*” è formata dal tau e dal suo neutrino (neutrino tauonico).

Nel loro insieme queste particelle vengono chiamate “*leptoni*” e sono i *corrispondenti dei “quark”* trovati

nelle interazioni forti. Questi “leptoni” interagiscono scambiandosi le particelle W e Z (rappresentano i “campi di Yang-Mills” massivi); ci sono in tutto quattro di queste particelle.

Nel Modello Standard si trovano anche le interazioni elettromagnetiche che sono mediate dal “*campo di Maxwell*”.

Infine è presente la “*particella di Higgs*” che permette di *rompere la simmetria del “campo di Yang-Mills”*.

Tutte queste particelle, compresa la particella di Higgs, sono state scoperte grazie all’utilizzo degli acceleratori di particelle.

Il Modello Standard è ritenuto finora il sistema più “scientificamente” provato e sperimentato dato che i fisici hanno sondato le interazioni delle particelle sub-atomiche a oltre mille miliardi di elettronvolt e non hanno trovato deviazioni sperimentali dal Modello Standard.

La natura ci suggerisce che una “Teoria Unificata” delle Forze Fondamentali è possibile, anche se la forza gravitazionale, nel microcosmo, è estremamente piccola.

Il Modello Standard riassume quasi tutto quello che si conosce sulle Leggi Fondamentali della fisica. Tra le Forze

Fondamentali della Natura, l'interazione debole è quella più affascinante in quanto può essere considerata una "forza alchemica": essa trasforma infatti "sapori" diversi di quark l'uno nell'altro e anche tipi diversi di "leptoni" l'uno nell'altro.

Le particelle si presentano con "spin" di tipo destrorso o levorsorio e differente moto che produce fotoni che interagiscono in modi diversi: si parla di "violazione della parità" e la scoperta di tutto ciò portò al Nobel nel 1957 i fisici Tsung-Dao Lee e Chen Ning Yang. Avremo modo di approfondire tutto ciò nell'Applicazione Tecnologica della Fisica Quantistica

trattata nella Seconda Parte del Testò.

Lo “spin” è comunque indicato anche nella *formula del Modello Standard* dove, in riferimento all’*interazione debole*, le particelle presentano degli apici “*L*” e “*R*”: tali simboli *indicano lo “spin” della singola particella*, dove “*L*” sta per levogiro (*left-handed*) ed “*R*” sta per destrogiro (*right-handed*). Nello stesso Modello, se prendiamo come riferimento *l’interazione elettromagnetica*, gli elettroni vengono indicati inserendo di fianco il numeretto (-1), proprio perché la sua carica elettrica è -1, a differenza del protone la cui carica è +1. Il raggruppamento più numeroso nel Modello Standard (sei

elementi) è quello dei “quark”: vengono infatti indicati i quark up e i quark down con le relative tre cariche di colore per ciascuno. La carica elettrica dei quark up è $2/3$ e quella dei quark down è $-1/3$, quindi la carica elettrica media nel gruppo è $1/6$.

Tornando alle forze fondamentali che compaiono nel Modello Standard, l'interazione forte è davvero molto più intensa di quella debole dato che tiene insieme le particelle all'interno del nucleo atomico. La simmetria perfetta richiederebbe che le interazioni delle varie forze avessero la stessa intensità, ma così non è, per cui non si può raggiungere l'Unificazione attraverso la

simmetria. Quindi, c'è posto anche per la forza gravitazionale, la cui intensità è ridicola rispetto alle altre nel settore del microcosmo, però non è nulla e quindi ha tutte le carte in regola per entrare nella possibile Legge dell'Unificazione. Inoltre, bisogna considerare che l'entità che percepiamo come "spazio vuoto", è in realtà un mezzo dinamico pieno di strutture e attività (campo di Higgs) che influenza le proprietà di ogni cosa; in esso esistono particelle "virtuali" che sono in grado di schermare o non schermare una sorgente. Osservando senza opportune strumentazioni, non è possibile discernere le sorgenti stesse, ma è possibile vedere la loro immagine

alterata dalla “Griglia” teorizzata dal fisico Wilczek e che approfondiremo nel prossimo Capitolo. Per riuscire a distinguere le sorgenti di base mescolate con la nube di particelle virtuali che le circonda, è necessario dotarsi di strumentazioni estremamente sofisticate, per esempio macchine come il *nanomicroscopio ultraastroscopico e lo SLAC*, in grado di osservare cosa succede all’interno dei protoni.

3.12.5 TABELLA DELLE PARTICELLE

Riporto di seguito due tabelle nelle quali sintetizzo nomi e caratteristiche delle particelle che compaiono nell’Equazione del Modello Standard.

Nella prima tabella sono indicati i “fermioni” e nell’altra tabella sono indicati i “bosoni”.

Nella tabella dei “fermioni” le particelle sono divise in due categorie: “quark” e “leptoni”. Per entrambe le categorie sono presenti tre “generazioni”. Prendendo come esempio un “quark” di “prima generazione”, ci imbattiamo in una ulteriore suddivisione di “quark-up” e “quark-down” e notiamo che a fianco del loro nome ci sono dei numeri (per il “quark-up” si ha alla sinistra il valore “ $+2/3$ ”, mentre alla destra si ha il valore “2,3”): il valore a sinistra indica la “carica elettrica” della particella, mentre quella a destra indica la “massa” della particella.

Nella tabella dei “bosoni”, tali valori sono indicati rispettivamente in alto e in basso; per esempio, il “bosone Z” presenta una “carica elettrica” pari a zero (0) e una “massa” pari a 91188 MeV (*megaelettronvolt*). La tabella (o tavola) dei “bosoni” non presenta differenze di “generazione”.

FERMIONI												
QUARK	GENERAZIONE I				GENERAZIONE II				GENERAZIONE III			
	$(+2/3)$		UP	2,3	$(+2/3)$		CHARM	1,275	$(+2/3)$		TOP	173.500
	$(-1/3)$		DOWN	4,8	$(-1/3)$		STRANGE	95	$(-1/3)$		BOTTOM	4.180
LEPTONI	GENERAZIONE I				GENERAZIONE II				GENERAZIONE III			
	(0)		NEUTRINO ELETTRONICO	$< 0,000002$	(0)		NEUTRINO MUONICO	$< 0,19$	(0)		NEUTRINO TAUONICO	$< 18,2$
	(-1)		ELETTRONE	0,511	(-1)		MUONE	105,7	(-1)		TAUONE	1776,8

BOSONI				
(0) FOTONE (elettromagnetismo) 0	(0) GLUONE (forza forte) 0	(0) BOSONE Z (forza debole) 91.188	(± 1) BOSONE W (forza debole) 80.385	(0) BOSONE HIGGS (forza debole) ~ 125.000

La tabella dei quark e dei leptoni,

con le tre colonne che distinguono tre differenti “generazioni” di particelle a cui gli studiosi non sanno dare una spiegazione, solleva dunque ciò che viene chiamato il “problema delle generazioni”.

La “Generazione I” comprende i *quark up e down, l’elettrone e il neutrino elettronico*: tutto quello che serve per spiegare l’Universo che conosciamo.

La “Generazione II” contiene *le versioni con massa un po’ più grande delle stesse particelle*.

La “Generazione III” contiene *le versioni più massicce delle particelle*.

Il *Modello Standard* tratta *quark* e *leptoni* come *particelle puntiformi*, prive di struttura interna, però i fisici hanno preso in seria considerazione la possibilità che le differenze tra le varie “generazioni” derivino dalla configurazione di componenti della materia ancor più piccole che si trovano all’interno di quark e leptoni.

Il *Modello Standard* postula che il “campo di Higgs” conferisca massa alle particelle fondamentali. Le particelle dotate di massa, spostandosi in questo campo, sperimentano una sorta di resistenza, mentre quelle prive di massa, come il *fotone*, sfrecciano indisturbate. Se i “*preoni*” (ipotetici costituenti dei

quark e dei leptoni) che compongono la seconda e la terza “generazione” sono gli stessi della prima “generazione”, presumibilmente nei *preoni* c'è qualcosa che permette alle particelle di generazione successiva di interagire con il campo di Higgs più di quanto faccia la prima generazione, dando così massa maggiore a tali generazioni.

I fisici sperimentali, per confermare o smentire la presenza dei “*preoni*”, devono cercare sottili deviazioni delle previsioni del Modello Standard, nel quale non è comunque indicata la presenza dei *preoni*. Le sperimentazioni finora effettuate sono fallite, non perché queste particelle non esistano, ma

perché gli acceleratori di particelle attuali non sono forse così potenti da rintracciarle.

Ricordo che la fisica è una scienza sperimentale per cui, per quanto una teoria possa sembrare ingegnosa e plausibile, deve concordare con i risultati delle sperimentazioni pratiche, altrimenti non può essere convalidata!

I fisici si stanno adoperando per effettuare le misurazioni ma, fino a quando non si avranno strumentazioni con strutture idonee, la teoria dell'esistenza dei "preoni" rimarrà sempre e solo una teoria.

3.12.6 FERMIONI E CHIRALITÀ NEL MODELLO STANDARD

I fermioni nel Modello Standard hanno una proprietà particolare: quelli con spin in verso antiorario subiscono l'effetto della forza nucleare debole, mentre quelli con spin in verso orario no. Questo tipo di teoria si dice "chirale". Una teoria chirale è delicata: effetti sottili, detti anomalie, minacciano continuamente di renderla incoerente. La chiralità rimane comunque ed è un elemento fondamentale nel Modello Standard. A prima vista il Modello, basato su tre forze collegate tra loro, sembra costruito arbitrariamente, ma quando si pensa ai fermioni chirali emerge la sua armonia: è un puzzle

perfetto, con tre pezzi uniti nell'unico modo possibile; *la natura chirale dei fermioni nel Modello fa combaciare tutto.*

Lo sviluppo della “Tecnologia Quantistica”, attraverso il laboratorio “Max Planck” di Novara che seguo personalmente, applica anche le modifiche dello “spin” degli elettroni, in modo da modificare gli effetti di interferenza e, comunque, sempre in accordo con le proprietà già teorizzate nel Modello Standard.

3.12.7. CREARE UN UNICO MODELLO DELLA FISICA DELLE PARTICELLE

Il *Modello Standard* della Fisica delle Particelle è la cornice migliore di cui disponiamo per capire il comportamento delle particelle sub-atomiche della materia, una cornice che unifica le principali famiglie di particelle e le rispettive interazioni. Le prove sperimentali hanno però dimostrato che il Modello Standard è incapace di spiegare i fenomeni caratterizzati da un'energia estremamente elevata, come la gravità, e il fatto che l'Universo stia accelerando la sua espansione. Creare un Modello che funzioni per tutti i fenomeni che si vorrebbero spiegare in Fisica sarebbe un salto in avanti epocale, comparabile allo sviluppo della Teoria della Relatività e della

Fisica Quantistica. Come già anticipato precedentemente, nella Seconda Parte del Testo ho provato a “riformulare” un’equazione dove al Modello Standard ho aggiunto sostanzialmente una componente integrativa, la particella che “gestirebbe” la forza gravitazionale, ossia il “*gravitone*”. Naturalmente, quanto da me supposto, rimane pur sempre una Teoria, per cui solo in futuro si potrà confermare o meno se la mia intuizione sia valida, come del resto in precedenza è accaduto al fisico Higgs, quando, nel 1964, ha ipotizzato l’esistenza del bosone che porta ora il suo nome.

3.12.8 MODELLO STANDARD E

RELATIVITÀ GENERALE

Oggi si è alla *ricerca di una Legge Universale che riesca a unificare le due teorie principali odierne: la Teoria del Modello Standard e la Teoria della Relatività Generale.*

La struttura delle due Teorie è diversa: *mentre il Modello Standard descrive le forze in termini di scambi di particelle quantistiche virtuali, la Relatività Generale descrive l'interazione gravitazionale in termini di curvatura dello spazio-tempo.* Mentre la Relatività Generale è una teoria elegante e semplice, quella del Modello Standard è un accostamento di pezzi. Le equazioni della Relatività

Generale dipendono da due costanti di accoppiamento: la “costante di Newton” e la “costante cosmologica”. Il Modello Standard dipende da molte costanti. Oggi il sogno di ogni ricercatore, me compreso, è quello di riuscire a scrivere una “Teoria Unificata”, in cui tutti i campi e tutte le particelle siano espressioni di qualcosa di semplice e unitario, e che permetta di calcolare le costanti del Modello Standard (quasi venti).

Il problema da risolvere è dato dalla “forza di gravità quantistica”: infatti, la Relatività Generale non è in grado di descrivere i fenomeni gravitazionali in cui si manifestano effetti quantistici. Attualmente si è ancora alla ricerca

della soluzione, anche se nel tempo sono state avanzate varie teorie tra le quali la teoria della “supersimmetria”, la teoria delle “stringhe”, la teoria della “gravità quantistica a loop”, la teoria definita “geometria non commutativa delle triple spettrali”. *Rimangono tutte ancora teorie, perché non supportate da prove sperimentali scientifiche che consentano di formulare con certezza una “Legge del Tutto”.*

3.12.9 PARTICELLA E ANTIPARTICELLA

Per ogni particella esistente in natura esiste una corrispondente antiparticella, ossia di segno opposto a essa. Tutto ciò è stato ampiamente documentato e

sperimentato scientificamente. Per esempio, l'antiparticella dell'elettrone è il "positrone" (elettrone positivo), che ha la stessa massa dell'elettrone ma carica elettrica opposta (positiva).

Anche nel Modello Standard è presente l'antiparticella, definita anche come "antimateria". A ogni particella presente nel Modello Standard (a eccezione del fotone che è una particella-antiparticella di se stessa) corrisponde un'analogo "antiparticella". Questo significa che, oltre alla materia di cui siamo costituiti, esiste un'"antimateria", avente proprietà speculari rispetto alla materia, così come l'*elettrone* ha come antimateria il

positrone.

Quando l'antimateria incontra la materia si ottiene un processo denominato *annichilazione* con la conseguente disintegrazione delle due particelle ed emissione di grande energia (raggi gamma). In pratica, secondo l'equazione di Einstein $E=mc^2$, tutta la massa delle due particelle e la loro energia cinetica si convertono in energia radiante. Il fenomeno di "annichilazione" rappresenta perciò un processo di conversione totale di massa in energia, che viene misurata in elettronvolt (eV). L'elettronvolt può essere anche utilizzato come unità di misura della massa, dato che si sfrutta l'equivalenza fra massa ed energia.

L'annichilazione di un elettrone e di un positrone porta alla produzione totale di $1,022 \text{ MeV}$ (*megaelettronvolt*) di energia, per cui i *raggi gamma* che sono originati da tale processo (specialmente nelle radiazioni artificiali), hanno sempre un'energia non inferiore a tale valore.

3.12.10 VISIONE DI UN ATOMO

La tecnologia ha fatto passi da gigante negli ultimi anni. I progressi tecnologici hanno permesso ai fisici di “*vedere*” *gli atomi* come si vede un oggetto macroscopico, utilizzando la *luce di un laser*. L'atomo viene eccitato dal fascio laser e diffonde elettroni nelle varie direzioni; gli elettroni generano fotoni

che, a loro volta, vengono focalizzati per mezzo di opportuni strumenti ottici e captati dai *fotorilevatori* molto sensibili. Attraverso tale processo, l'atomo appare come una piccola macchia luminosa avente un diametro di circa un micrometro ($1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$). Attraverso tale osservazione, quindi, i fisici *non ottengono informazioni sulla struttura intrinseca dell'atomo, ma solo sulla sua posizione media e questo permette loro, perlomeno, di distinguere un atomo da un altro*, non potendo isolare e intrappolare nel vuoto uno o più atomi. *In un solido* però la cosa è più difficile, dato che gli atomi sono separati tra loro da distanze di qualche decimo di nanometro, ossia

dell'ordine di 10^{-10} metri, per cui la risoluzione ottica non è praticabile. Per osservare questi atomi è *necessario utilizzare un microscopio elettronico anziché un microscopio ottico*, cioè un microscopio che utilizza, al posto della luce laser, un fascio di elettroni a cui è associata una lunghezza d'onda molto più piccola.

CAPITOLO 4

STUDI SULLA GRANDE UNIFICAZIONE

4.1 ELETTRODINAMICA, CROMODINAMICA E GRIGLIA QUANTISTICA DI WILCZEK

4.1.1 PREMESSA

In natura esistono forze che, a prima vista, appaiono differenti fra di loro. Fin dal 1800 il fisico Maxwell riuscì a dimostrare che due di queste forze, ossia l'elettricità e il magnetismo, rappresentano solo aspetti complementari di un'unica forza denominata, per l'appunto, "elettromagnetismo". Questa prima

unificazione di “forze” stimolò successivamente Albert Einstein a cercare una teoria che potesse unificare tutte le forze, compresa la forza di gravità, ma non riuscì. Nel frattempo erano state scoperte altre due forze che andavano a sommarsi a quelle già conosciute: la *forza nucleare debole* (responsabile del decadimento radioattivo) e la *forza nucleare forte* (responsabile della coesione del nucleo atomico). Circa cinquant’anni fa fu compiuto un primo passo per l’unificazione delle varie forze grazie ai lavori svolti da tre famosi fisici: Sheldon Glashow, Steven Weinberg e Abdus Salam. Essi trovarono un punto di incontro tra l’elettromagnetismo e la

forza nucleare debole, denominata “forza elettrodebole”, e, grazie al risultato ottenuto, conquistarono nel 1979 il premio Nobel per la Fisica.

Come la forza elettromagnetica è mediata dai fotoni, la forza elettrodebole viene mediata dai “bosoni deboli” W^+ W^- W^0 e dal più recente bosone di Higgs. Escludendo il bosone di Higgs, la conferma dell’esistenza degli altri “bosoni deboli” è dovuta principalmente al fisico italiano Carlo Rubbia il quale, nel 1983, ha effettuato sperimentazioni in merito al CERN di Ginevra, che gli hanno procurato il premio Nobel per la Fisica nel 1984.

Dopo circa un decennio dalla scoperta della “forza elettrodebole”, un

successivo passo avanti fu fatto dai fisici David Gross e Frank Wilczek che riuscirono a unificare la forza elettrodebole con la forza nucleare forte in una sintesi chiamata QCD (“quantocromodinamica”), per la quale anche loro ottennero il premio Nobel per la Fisica nel 2004. Oggi rimane ancora il problema dell’unificazione della QCD con la forza di gravità, che permetterebbe di ottenere la cosiddetta “Legge del Tutto”.

4.1.2 CONCETTO DI UNIFICAZIONE SECONDO

WILCZEK: LA

“SUPERSIMMETRIA”

Secondo *Wilczek*, la Teoria della

“Supersimmetria” può dare un notevole contributo all’“Unificazione”. La “Supersimmetria” afferma che *le equazioni non cambiano quando si imprime un movimento comune a tutti i componenti del sistema che si sta descrivendo (stessa velocità)*. Il moto è visto nelle dimensioni quantistiche: quando un corpo si muove nelle dimensioni quantistiche non risulta che si sia spostato dato che non vi è alcun concetto di “distanza”, mentre è invece il suo “spin” a cambiare. Poiché si suppone che le equazioni rimangano invariate, *la “Supersimmetria” mette in relazione le proprietà di particelle con spin differenti*, consentendoci di vedere come la stessa particella si muove in

modi diversi nelle dimensioni quantistiche del “*superspazio*”. Le dimensioni quantistiche possono essere visualizzate come “nuovi strati della Griglia”, come definisce Wilczek, ciò che poi è stato definito “campo di Higgs”. *Quando una particella salta in questo campo, il suo spin cambia e così anche la sua massa (il campo di Higgs genera massa) mentre le sue cariche (elettrica, di colore e debole) restano invariate.* L’unificazione delle diverse cariche ha raccolto tutti i “bosoni di gauge” in un unico gruppo e tutti i *quark* e i *leptoni* in un altro gruppo, ma nessuna simmetria ordinaria è capace di congiungere questi due raggruppamenti, poiché essi descrivono particelle con

spin differenti. La “supersimmetria” è una buona idea per collegarle.

Nell’Unificazione si può aggiungere anche la gravità, dato che le intensità delle varie forze sono differenti: l’intensità dell’interazione forte e di quella elettromagnetica differiscono all’incirca di un fattore 10, mentre l’intensità gravitazionale a piccole distanze ha intensità prossima a quella delle altre interazioni.

4.1.3 LE RADIAZIONI

“MORBIDE” E LE RADIAZIONI

“DURE”

Ritengo che il fisico *Wilczek* sia colui che ha meglio spiegato la differenza tra

radiazione “dura” e radiazione “morbida”. Innanzitutto *la radiazione si manifesta quando una particella smette di essere in equilibrio con la sua nube elettronica*. Wilczek afferma che la *radiazione morbida* produce getti di “adroni” da un quark e un antiquark, mentre la *radiazione dura* produce getti più complessi. I cambiamenti che ristabiliscono l’equilibrio nei campi interni al nucleo (definiti “campi di colore”) provocano radiazioni di coppie di gluoni o di quark-antiquark.

Sarebbe lecito domandarsi come è possibile che un quark o un gluone non siano in equilibrio con la propria nube.

Ciò è possibile se il quark o il gluone

saltano fuori all'improvviso da un fotone virtuale (come accaduto negli esperimenti al LEP). Per raggiungere l'equilibrio il quark neonato deve costruire la propria nube iniziando dal centro (la sua piccola carica di colore avvia il processo) verso l'esterno. I cambiamenti necessari sono piccoli e gradualmente, quindi richiedono soltanto piccoli flussi di energia e di quantità di moto, nel caso della radiazione morbida. Nel caso invece di una radiazione dura, essa si manifesta quando il quark neonato è stratonato violentemente attraverso i campi dei gluoni.

4.1.4 QED E QCD

Per *QED* si intende “*elettrodinamica*

quantistica". Per *QCD*, versione ampliata della QED, si intende invece "*cromodinamica quantistica*".

La QCD è considerata anche la teoria dei quark e dei gluoni. I tre tipi di carica della QCD si chiamano "*colori*", ma non hanno nulla a che fare con il concetto tradizionale di "*colore*": sono piuttosto simili alla carica elettrica e vengono definiti per convenzione rosso, bianco e blu. Ogni quark possiede un'unità di una delle "cariche di colore". Inoltre, i quark hanno differenti "sapori" chiamati *u* e *d* (ossia *u p e down*). Esistono anche particelle simili ai fotoni, chiamate "*gluoni colorati*" che reagiscono in modi appropriati alla

presenza o al movimento della carica di colore, più o meno come i fotoni reagiscono alla carica elettrica. Vi sono quindi quark up con un'unità di carica rossa, quark down con un'unità di carica blu, ecc. I gluoni, oltre a reagire alla carica di colore, possono trasformare una certa carica di colore in un'altra.

4.1.5 LA GRIGLIA

Fino a poco tempo fa la maggior parte dei fisici era d'accordo nel considerare l'esistenza di uno spazio "vuoto" nel mondo sub-atomico, per esempio tra nucleo di un atomo e gli elettroni che vi gravitano intorno. Lo stesso fisico Feynman amava ripetere: *«Il vuoto non pesa nulla perché non vi è proprio un*

bel nulla!». Il fisico Wilczek definì “Griglia” ciò che veniva percepito come “spazio vuoto” dimostrando, anche se solo teoricamente, che lo “spazio vuoto” in realtà non esiste; solo oggi, *attraverso la scoperta del “bosone di Higgs” e del “campo di Higgs” associato, si è definitivamente ottenuta la dimostrazione “galileiana” dell’esistenza dello “spazio non vuoto”!* La “Griglia” che Wilczek aveva teorizzato rappresenta un mezzo potente la cui attività modella il mondo ed è alla base dell’Unificazione delle Forze Fondamentali della Natura: in pratica è ciò che possiamo far coincidere con il “campo di Higgs”.

Secondo Wilczek, la “Griglia” non è una *Matrix* e non è nemmeno il vecchio concetto di “*Etere*” (così caro a Tesla) anche se è il concetto che più le si avvicina. Per Wilczek lo spazio è riempito da diversi strati di qualcosa di più permanente e sostanziale. Tali materiali che riempiono lo spazio sono definiti “*eteri materiali condensati*”. Questi eteri si condensano spontaneamente e tra tutti i condensati vi sono le coppie quark-antiquark, ossia particelle reali, oltre alla presenza di particelle virtuali, che possono andare e venire in modo spontaneo. Il nome consueto per questa “nebbia” di quark e antiquark che riempie lo spazio è “*condensato chirale di rottura della*

simmetria". In seguito si è scoperto che lo stesso Bosone di Higgs rompe la simmetria presente nella formula della "Legge Fondamentale della Natura". Il "*condensato chirale*" si forma in natura perché lo spazio perfettamente vuoto è comunque instabile. È anche possibile calcolare come "vibra" tale "condensato" e come dovrebbero manifestarsi tali vibrazioni: esse (quark-antiquark) non sono luce visibile ma descrivono qualcosa di definito e osservabile, cioè i "mesoni" π , i quali rappresentano "adroni" molto leggeri che si disaccoppiano anche a basse energie.

Abbiamo quindi campi quantistici

che creano particelle levogire e campi quantistici distinti che creano particelle destrogire. Le equazioni di questi campi sono diverse. Ma una volta che una particella, levogira o destrogira, è stata creata, le sue interazioni con il campo di Higgs (o la Griglia di Wilczek) possono modificarne la chiralità. Nel Modello Standard elettrodebole, le interazioni delle particelle con il campo di Higgs hanno proprio questa conseguenza.

Nel Modello Standard, i bosoni W e Z sono protagonisti importanti, ma hanno bisogno di un aiuto per svolgere le loro funzioni: lasciati a se stessi sarebbero privi di massa, mentre invece si richiede

che siano pesanti. Attraverso il “campo di Higgs”, si riesce a far acquisire massa ai bosoni W e Z e la natura ci mostra come ciò sia possibile. Un modello che la natura ci fornisce per rendere pesanti le particelle che trasmettono una forza è la “*superconduttività*”. Infatti, in un superconduttore i “fotoni”, che sono perturbazioni in movimento dei campi elettrici e magnetici, diventano pesanti e gli elettroni reagiscono attivamente ai campi elettrici e magnetici. Il tentativo degli elettroni di ristabilire l’equilibrio è così vigoroso che fanno in un certo modo da freno al movimento dei campi. Quindi, invece di viaggiare all’usuale velocità della luce all’interno di un

superconduttore, i fotoni si muovono più lentamente, come se avessero acquisito inerzia. Si deduce da tutto ciò che l'entità che chiamiamo "spazio vuoto" rappresenta un particolare tipo di superconduttore.

Questa osservazione potrebbe indurre la seguente riflessione.

In presenza di superconduttività, deve esistere un materiale che conduce; dato che la nostra superconduttività si realizza ovunque, questo significa che esiste un etere materiale che riempie lo spazio?

Oggi non sappiamo ancora dare una risposta precisa a questa domanda.

Infatti, nessuna forma di materia sembra avere le proprietà giuste. Non si sa bene cosa sia questo etere materiale, ma gli è stato dato il nome di “*condensato di Higgs*”.

Higgs infatti è stato pioniere di alcune idee sopra riportate e confermate dalla scoperta e dal riconoscimento ufficiale del *bosone di Higgs* che può essere considerato “*superconduttore cosmico*”. Quindi, l’entità che percepiamo come spazio vuoto è un “superconduttore multicolore multistrato”.

I fisici teorici cercano di individuare strutture matematiche che possano rispecchiare la realtà in modo completo.

Queste equazioni permetterebbero di conoscere con precisione ciò che esiste e il suo comportamento, riuscendo a manipolare la realtà e a inventare sistemi innovativi per il progresso scientifico in svariati campi, dalla medicina all'ingegneria elettronica.

4.1.6 TEORIA E PRATICA DI WILCZEK NELL'APPLICAZIONE QUANTISTICA

Secondo Wilczek, quindi, il mondo quantistico non è più fondato su atomi nel vuoto ma è costituito dalla molteplicità di “qubit” che operano in ogni punto dello spazio e del tempo, racchiusi all'interno della Griglia Quantistica.

Approfondiamo il concetto di “qubit” nel seguente riquadro.

Vediamo un esempio di realtà quantistica applicato a un modello semplice, tenendo conto che tale esempio è molto semplificato ma in grado comunque di mostrare la “vita sociale tra gli spin”. Nel nostro esempio viene descritta la *vita sociale tra gli spin di cinque particelle*, dimostrando che tutto ciò riempie uno spazio a trentadue dimensioni. Iniziamo con una singola particella quantistica che ha una unità minima di spin, ignorando tutte le altre proprietà.

La risultante si chiama *bit quantistico* o *qubit* (rappresenta un elettrone freddo intrappolato in uno stato spaziale preciso da opportuni campi elettrici). Lo *spin* di un *qubit* può puntare in direzioni diverse, e precisamente: all'insù, all'ingiù, lateralmente con stato rivolto a est e con stato rivolto a ovest.

Le indicazioni grafiche di tali stati sono le seguenti. →

a) Con spin del qubit rivolto all'insù (up):



b) Con spin del qubit rivolto

all'ingiù (down):

$$|\downarrow\rangle$$

c) Con spin del qubit rivolto lateralmente a est:

$$|\rightarrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle$$

d) Con spin del qubit rivolto lateralmente a ovest:

$$|\leftarrow\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} |\uparrow\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}} |\downarrow\rangle$$

Per quanto concerne lo spin dei qubit rivolto lateralmente, le indicazioni soprariportate sono nuovi stati indipendenti e rappresentano combinazione tra i qubit up e down. Il coefficiente di

una configurazione è detto “ampiezza di probabilità” di quella configurazione. Se consideriamo lo *spin di due qubit*, per ottenere lo stato in cui entrambi puntano a est, moltiplicheremo due copie dello stato rivolto a est, ottenendo così:

$$|\rightarrow\rightarrow\rangle = 1/2 |\uparrow\uparrow\rangle + 1/2 |\uparrow\downarrow\rangle + 1/2 |\downarrow\uparrow\rangle + 1/2 |\downarrow\downarrow\rangle$$

In questo caso, la probabilità di trovare entrambi gli spin rivolti all’insù è di $1/4$. In modo analogo, quando entrambi gli spin puntano a ovest, si ha:

$$|\leftarrow\leftarrow\rangle = 1/2 |\uparrow\uparrow\rangle - 1/2 |\uparrow\downarrow\rangle - 1/2 |\downarrow\uparrow\rangle + 1/2 |\downarrow\downarrow\rangle$$

Anche in questo caso le

probabilità up e down sono uguali. Con due soli qubit si osserva già un comportamento “strano” e complesso (*entangled*); per costruire tutti i possibili stati di due qubit si sommano le 4 possibilità (up-up; up-down; down-up; down-down), ciascuna delle quali viene moltiplicata per un coefficiente diverso definendo così uno spazio a 4 dimensioni ossia si possono misurare le distanze in quattro diverse direzioni. Per la descrizione dei possibili stati di 5 qubit, si ha la scelta tra up e down per ciascuno di essi per un totale di 32 possibilità, e uno stato generico

può contenere il contributo di ciascuno di esse; si ha così un modello a 32 dimensioni!

La Griglia o campo di Higgs può essere perturbata volutamente introducendo delle attività esterne.

Un tipo di perturbazione nella Griglia è possibile, per esempio, intervenendo sulla “carica di colore di un quark”: in tal caso si interviene nel campo dei gluoni. Perturbare i campi significa porli in uno stato di energia (vibrazione) più alta per cui maggiore è il volume perturbato e maggiore sarà l'energia che ci occorre. La perturbazione aumenta al crescere della

distanza dal quark.

Nella Seconda Parte del Testo spiegherò come tali concetti siano stati applicati concretamente nel “Ciclo di Lavorazione Spintronica”: un intervento eseguito sulla materia attraverso l’applicazione pratica della Tecnologia Quantistica.

4.2 LA TEORIE DELLE SUPERSTRINGHE

Questa Teoria si è sviluppata a cavallo degli anni Ottanta e Novanta del secolo appena trascorso, in un periodo di importanti innovazioni nel mondo della Fisica, volte alla ricerca di una “*Teoria dei Campi Unificata*” o “*Teoria del Tutto*”, ossia una teoria matematica che potesse unire tutte le forze note dell’Universo. La “Teoria delle Superstringhe” in quegli anni è stata accolta favorevolmente anche da riviste scientifiche come *Scienze*, che ha paragonato la nascita della Teoria delle Superstringhe alla scoperta del Santo

Graal. Due degli ideatori di tale teoria, i fisici *Schwarz* e *Green*, hanno definito la loro teoria la “*Teoria del Tutto*”, perché in grado di spiegare ogni fenomeno fisico noto: dal moto delle Galassie fino alle dinamiche interne del nucleo di un atomo.

Questa teoria afferma che le componenti che costituiscono la Natura siano delle piccole “*stringhe vibranti*”. Quindi, anche i protoni e i neutroni sarebbero costituiti da “stringhe”. Nessuno tuttavia è riuscito a vedere mai queste stringhe anche perché, teoricamente, dovrebbero essere molto piccole (circa 100 miliardi di miliardi di volte più piccole di un protone).

Secondo la Teoria delle Superstringhe, il nostro mondo è costituito da particelle puntiformi che, ingrandite, si rivelano essere invece delle piccolissime “stringhe” che vibrano in modo differente a seconda delle particelle e delle Forze Fondamentali presenti in Natura. Sempre secondo la Teoria delle Superstringhe, gli stati di eccitazione più alti della stringa sono in grado di creare differenti forme di materia. Il mondo dei fisici era così entusiasta poiché la Teoria delle Superstringhe era in grado di risolvere uno dei più importanti problemi scientifici, cioè l’unificazione delle quattro forze della Natura in un’unica teoria generale.

Il fisico *Nambu*, prima di Schwarz e Green, propose l'idea della "stringa" con l'intento di mettere ordine al caos delle svariate particelle scoperte. L'idea di Nambu era di assumere che gli "adroni" consistessero in "stringhe vibranti" che, nei diversi modi di vibrare, corrispondessero a diverse particelle; dato che le vibrazioni lungo la stringa potevano viaggiare solo a velocità inferiori o uguali a quelle della luce, la teoria non violava la Relatività di Einstein. Poiché ogni modo di vibrare di una stringa corrisponderebbe a una determinata particella e poiché il sistema matematico era di tipo matriciale, era necessario conoscere il modo in cui le stringhe urtavano, così da

calcolare la matrice s per le interazioni fra le particelle ordinarie.

Nambu suddivideva le stringhe in due tipologie: *stringhe aperte* e *stringhe chiuse ad anello*. Quando due stringhe aperte collidono, secondo *Nambu*, formano una stringa a Y , dove la collisione è rappresentata da una giunzione; le stringhe chiuse invece possono essere immaginate di forma tubolare e non lineare e, quando collidono, formano sempre una Y ma di tipo tubolare.

La Teoria di Nambu fu poi completata da altri fisici negli anni Settanta e Ottanta ma *non fu mai sorretta da conferma sperimentale*, anche se teoricamente era un'elegante

astrazione matematica dove erano presenti tutte e quattro le Forze Fondamentali: per esempio, la vibrazione più bassa di una stringa chiusa corrispondeva a un “gravitone” (forza gravitazionale) e la vibrazione più bassa di una stringa aperta corrispondeva a un “fotone” (forza elettromagnetica). In questo caso quindi le interazioni gravitazionali ed elettromagnetiche che comparirebbero nel modello delle superstringhe rappresenterebbero proprio ciò che serve per una “*Teoria dei Campi Unificata*”. Questa teoria sembrava prevedere l’esistenza dei “tachioni”, particelle che vanno più veloci della luce, ma tutto ciò *non ebbe un riscontro*

scientifico, anche perché questo aspetto andava a scontrarsi con la Relatività di Einstein, che affermava che la velocità della luce non era superabile. Il risultato fu che nel 1974 si perse l'interesse per la Teoria delle Superstringhe e i fisici abbandonarono questo modello fino al 1984, quando i fisici Schwarz e Green lo rispolverarono: secondo loro, il modello "a Superstringa" possedeva la simmetria che permetteva di eliminare le varie anomalie. Rifiorì così l'interesse per le Superstringhe, che portò alla pubblicazione di numerosi articoli sull'argomento rendendo la teoria un punto di forza della Teoria Quantistica di quel periodo.

CAPITOLO 5

GLI ACCELERATORI DI PARTICELLE

5.1 BREVE STORIA DEGLI ACCELERATORI DI PARTICELLE

I primi acceleratori furono costruiti quasi un secolo fa: erano acceleratori lineari, che fornivano energia agli elettroni facendoli passare attraverso una sequenza di campi elettrici oscillanti disposti in traiettoria rettilinea. Nel 1929 il fisico americano Ernest Lawrence inventò un modello diverso di acceleratore che usava un magnete per forzare un fascio di protoni a muoversi in una traiettoria a spirale mentre venivano accelerati a velocità sempre più alte da campi elettrici alternati; egli

chiamò questo tipo di acceleratore “ciclotrone”.

Col passare degli anni, anche per unire gli sforzi, non solo intellettuali ma anche economici, si cominciò a pensare di costruire acceleratori molto potenti. Il 29 settembre 1954, dodici Paesi dell'Europa Occidentale ratificarono un accordo che istituiva il Consiglio Europeo per la Ricerca Nucleare, detto anche CERN, e veniva costruito nel 1959 il primo acceleratore denominato “sincrotrone a protoni” da 26 GeV (gigaelettronvolt) a Ginevra, ossia presso la Sede del CERN.

In quel periodo furono costruiti altri acceleratori in altri Paesi del mondo. In America venne costruito un acceleratore

lineare di elettroni, denominato SLAC, da 20 GeV (il fascio di elettroni raggiunge l'energia di progetto di 20 GeV per la prima volta nel 1967). L'acceleratore è lungo 3 chilometri ed è lineare anziché circolare perché curvare un fascio di elettroni per mezzo di campi magnetici di alta intensità comporta una notevole perdita di energia per emissione di raggi X (radiazione di sincrotrone).

Quando un elettrone collide con un protone si possono verificare tre tipi di interazione.

- 1) l'elettrone può rimbalzare sul protone in maniera relativamente innocua, scambiando un fotone

virtuale e cambiando velocità e direzione di volo, ma le due particelle resterebbero intatte. Questa cosiddetta “diffusione elastica” dà luogo a elettroni di energia relativamente alta, i cui valori risultano concentrati attorno a un picco.

- 2) Il fotone virtuale scambiato nell'interazione può mandare il protone in uno dei possibili stati energetici eccitati. L'elettrone deviato di conseguenza vola via con energia inferiore e il grafico del numero di diffusioni osservate, in funzione del valore dell'energia dell'elettrone diffuso, mostra una

serie di picchi o “risonanze” corrispondenti ai diversi stati eccitati del protone. Una diffusione di questo tipo è “anelastica” perché si possono creare nuove particelle, anche se tanto l’elettrone quanto il protone emergono intatti dall’interazione. In sostanza, parte dell’energia della collisione e del fotone virtuale scambiato va nella creazione di nuove particelle.

- 3) Il tipo di diffusione, chiamata “profondamente anelastica”, fa sì che, a spese di molta energia dell’elettrone e del fotone virtuale scambiato, il protone venga

completamente distrutto. Si ottiene così uno “spruzzo di adroni” diversi e l’elettrone in questo caso rimbalza con energia considerevolmente più bassa.

Nel giugno del 1976 il CERN collaudò il SuperProtoSincrotrone (SPS), un acceleratore di protoni capace di fornire alle particelle fino a 400 GeV (gigaelettronvolt) di energia e, nello stesso periodo, vennero sperimentate energie simili dall’acceleratore di protoni del Fermilab in America. Inoltre presso il CERN di Ginevra si iniziò a pensare alla costruzione del più grande acceleratore di particelle al mondo, il LEP (Large Electron Positron) ossia il

grande collisore di elettroni e positroni. Il LEP avrebbe usato l'SPS per accelerare elettroni e positroni a velocità prossime a quella della luce. Grazie a questo acceleratore sono state effettuate sperimentazioni che hanno portato alle scoperte più recenti, compreso il bosone di Higgs, modificando la potenza dell'SPS fino a raggiungere un'energia di 8 TeV (teraelettronvolt). Il 7 gennaio 2011 il Dipartimento per l'Energia degli Stati Uniti annunciò che non avrebbe finanziato il programma Tevatron (programma di ricerca avanzata di Fisica Quantistica da effettuare presso il Fermilab) per cui avvenne così il passaggio di consegne nella

sperimentazione della Fisica delle alte energie dal Fermilab al CERN.

5.2 IL CERN E

L'ACCELERATORE DI PARTICELLE

Il CERN (Centro Europeo per la Ricerca Nucleare) è il più grande laboratorio al mondo di Fisica delle Particelle. Si trova al confine tra Svizzera e Francia, alla periferia di Ginevra. Il suo scopo principale è quello di fornire ai ricercatori gli strumenti necessari per la ricerca in Fisica delle alte energie. All'interno del CERN si trova l'LHC (il Large Hadron Collider), ossia il più potente acceleratore di particelle al mondo. L'LHC occupa un tunnel sotterraneo ad

anello lungo 27 chilometri che lambisce il lago di Ginevra e le pendici del monte Giura dove, al suo interno, si effettuano le sperimentazioni sulle particelle sub-atomiche. Con la sua realizzazione, l'Europa ha superato gli Stati Uniti, e l'Italia ha assunto un ruolo molto importante in quanto, oltre a contribuire al finanziamento delle attività, partecipa con circa tremila scienziati attraverso l'INFN (l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare).

Le particelle sub-atomiche non possono essere "osservate" facilmente, per cui si aumenta la loro velocità affinché anche le loro masse aumentino fino a quando si riesce a osservarle,

anche se indirettamente. Quando la loro massa è grande abbastanza da poter essere osservata, le particelle vengono dirottate, attraverso un forte campo magnetico, in una camera speciale denominata “camera a bolle” e qui vengono fotografati gli effetti dello scontro di particelle sub-atomiche ad altissima velocità. Dallo scontro vengono rilasciati nella camera a bolle i “detriti” che poi i ricercatori del CERN vanno ad analizzare, per scoprire nuovi elementi o avere conferma dell’esistenza di particelle già previste teoricamente, come è avvenuto di recente con il bosone di Higgs. Attraverso le foto si osservano le scie lasciate da questi “scontri”, mentre i “detriti” vengono

analizzati successivamente. Maggiore è la velocità utilizzata per lo scontro frontale tra due particelle sub-atomiche e più forte è l'impatto e quindi maggiore la quantità di "detriti" ottenuti. Anche la massa ha la sua importanza: maggiore è la massa della particella sub-atomica e più potente è l'impatto, a parità di velocità applicata.

Per capire meglio questi concetti, può essere utile pensare ad alcuni esempi pratici. Pensiamo a due automobili che si scontrano a una velocità di 100 km/h e le stesse automobili che si scontrano a una velocità di 50 km/h: è ovvio che l'impatto con maggior numero di "rottami" si ottiene alla velocità di 100 km/h! Supponiamo ora che due pullman

si scontrino frontalmente a una velocità di 100 km/h e che due pullman si scontrino frontalmente a una velocità di 50 km/h: anche in questo caso sicuramente il danno maggiore, e quindi il maggior numero di “rottami”, si otterrà nello scontro dei pullman che viaggiano a una velocità maggiore, e naturalmente, poiché le masse dei pullman sono superiori a quelle delle automobili, il numero dei “rottami” ottenuti nella collisione dei pullman è sicuramente superiore!

I quattro grandi esperimenti (Atlas, Cms, Alice e Lhcb) che fanno capo all’LHC hanno o hanno avuto responsabili italiani. Una ricercatrice

italiana che ha avuto un ruolo di spicco del progetto Atlas è Fabiola Gianotti: il progetto Atlas consiste nell'utilizzare un acceleratore di settemila tonnellate (lungo 46 metri con un diametro di 25 metri), capace di "fotografare" il passaggio di particelle di dimensione e durata infinitesime. Il bosone di Higgs decade infatti in un tempo brevissimo, trasformandosi in altre particelle che gli strumenti sono in grado di rilevare. Atlas, insieme al gemello Cms, ha cercato per 18 mesi le tracce del bosone di Higgs: i due esperimenti usavano tecnologie diverse e lavoravano separatamente, ma sono giunti poi alla fine allo stesso risultato. I rivelatori come Atlas e Cms sono praticamente

delle sofisticatissime macchine fotografiche che usano un potente grandangolo capace di osservare bene, in tutte le direzioni, lo spazio che circonda il punto di collisione tra le particelle. L'Lhcb invece, guarda solo "in avanti": studia i "quark-b" e gli "antiquark-b" che si producono nelle collisioni dei protoni, per capire se materia e antimateria hanno le stesse proprietà. Alice è il nome della sperimentazione che studia le collisioni fra ioni pesanti: non usa protoni interi ma solo pezzetti del nucleo dell'atomo di piombo, per "vedere" se si riesce a ricreare un plasma di quark e gluoni simile a quello che doveva essere presente pochi istanti dopo il Big Bang.

PARTE SECONDA

INVENZIONI E

PROCESSI

TECNOLOGICI

QUANTISTICI

CAPITOLO 6

DAI CONCETTI ALLA TECNOLOGIA QUANTISTICA

6.1 LA MATERIA- INFORMAZIONE

La materia-informazione, in Fisica Quantistica, può essere considerata un “*Campo di Coscienza intelligente*”. Questa affermazione può sembrare un po’ bizzarra e poco scientifica, ma in realtà racchiude le osservazioni e le riflessioni di alcuni dei più illustri fisici che possono essere considerati tra i fondatori della Fisica Quantistica: Max Planck, David Bohm e Alan Aspect. Questi studiosi hanno parlato dell’esistenza di una “*Matrix Energetica o Rete Energetica*” in grado di sostenere e unire tutto l’Universo, costituita da particelle-onde che

“dialogano” tra loro continuamente; in tale campo non vi è “spazio vuoto” ma un “Tutto Pieno” di interezza indivisa (*entanglement*). Il “campo di Higgs” ben rappresenta questo spazio “pieno”. Tale “campo” non è altro che “*energia*”, che può anche essere considerata “*informazione*”. Anche il premio Nobel Carlo Rubbia ha ammesso che un semplice elettrone ha una “*tendenza mentale*”. Max Planck nel 1944 diceva: «*Tutto è coscienza, e da essa tutto emerge come da una Grande Matrix*».

Come già approfondito nel Capitolo dedicato ai più illustri fisici quantistici, la realtà che ci circonda è costituita da

onde di varia ampiezza e frequenza. Per esempio, osservando una sedia, essa è costituita da onde di energia, ossia da microparticelle atomiche (i protoni, i neutroni, gli elettroni), a loro volta suddivise, a livello sub-atomico, in particelle più piccole (bosoni, gluoni, quark, fermioni, fotoni, ecc.), che si muovono a velocità enorme formando delle “nuvole energetiche” che danno solidità alla sedia. Sia Bohr sia Heisenberg capirono che gli atomi non erano da considerarsi particelle ma “*nubi energetiche*”, definite anche “*quanti di energia*”. Planck fu il primo a formulare, nel 1900, la teoria dei “quanti”, che poi fu sviluppata ulteriormente da Bohr

nell'approfondimento sulla struttura atomica; inoltre Planck affermò che i corpi si comportano come un insieme di "micro-oscillatori", con conseguente manifestazione di multipli energetici di un "quanto".

Il fisico danese Niels Bohr, appassionato al lavoro sia di Einstein sia di Planck, fu in grado di delineare le orbite degli elettroni, dimostrando che giravano solo a determinate distanze dal nucleo. Egli calcolò come a ogni orbita corrispondesse un "valore" o un "livello di energia". Gli elettroni potevano passare solamente da un'orbita a un'altra, emettendo o assorbendo nel processo "pacchetti" di energia che

erano proprio i “fotoni” descritti da Einstein. Quindi gli elettroni effettuano il “salto” da un’orbita inferiore a una superiore quando “ricevono” energia, dato che passano da un livello di energia più basso a uno più alto, con relativo assorbimento di un fotone. Viceversa, quando passano da un livello più alto a uno più basso, gli elettroni emettono un fotone. È importante sottolineare che *l’elettrone può solo spostarsi da un’orbita a un’altra, ma non può occupare lo spazio tra due orbite, altrimenti irradierebbe continuamente energia.*

Il fatto che l’elettrone non irradia energia circolando sulla sua orbita, ma

emetta energia solo quando si sposta su un'altra orbita, trovava riscontro già nelle osservazioni di Einstein che, nello spiegare "l'effetto fotoelettrico", aveva supposto che la luce si componesse di quanti, che la carica energetica trasportata da ogni fotone dipendesse dalla frequenza, e che gli elettroni interagissero con i fotoni salendo e scendendo la scala energetica in modo spontaneo.

Successivamente il fisico Heisenberg diede il suo contributo gettando le basi della Teoria nota come "Principio di Indeterminazione". Attraverso tale principio egli asseriva che, *in scala atomica, i fenomeni naturali si*

potevano comprendere meglio solo tralasciando qualunque descrizione visiva. Dato che molti aspetti non erano accessibili all'osservazione, Heisenberg costruì una struttura logica dove erano inserite le grandezze misurabili in laboratorio. Heisenberg fece conoscere a tutti come le principali grandezze osservabili siano legate tra loro: la posizione e il momento dell'elettrone, il tempo e l'energia, ecc. Quanto più precisa tuttavia è la misura di una di esse, tanto più la misura dell'altra grandezza appare imprecisa. Per esempio, si può conoscere la posizione esatta dell'elettrone, senza però tener conto della sua velocità.

Tornando ad Einstein, nell'ultimo periodo della sua vita egli volle cercare a tutti i costi una teoria non quantistica che fosse in grado di riconciliare elettromagnetismo e gravitazione. Grazie a questo sforzo, che durò decenni, Einstein riuscì a dare un'interpretazione geometrica alle Equazioni di Maxwell, ignorando però le interazioni forti e deboli su cui si basa la struttura portante del nucleo atomico.

La sua "Teoria della Relatività" prevede quindi le interazioni elettromagnetiche forti e deboli e, marginalmente, le interazioni della forza di gravità. L'unificazione di tutte le forze all'interno di un unico quadro

concettuale è oggetto di studio dei ricercatori odierni che, come già detto, si sforzano di definire la “Teoria del Tutto”.

Prima di proseguire con la rassegna dei più illustri fisici e delle loro teorie, può essere utile soffermarsi sulla seguente domanda.

Sappiamo che nulla può andare più veloce della luce. Perché? Da dove nasce la limitazione che impedisce a un corpo di raggiungere tale velocità?

Analizzando una semplice equazione fisica, ossia $F=ma$, essa ci dice che, se applichiamo una forza a un corpo, esso accelera di più se la sua massa è piccola

e di meno se la sua massa è grande. Quindi, a parità di forza esercitata, una massa più piccola è molto più veloce di una massa grande. Solo una massa infinitamente piccola, per esempio una particella fondamentale come l'elettrone, può raggiungere quindi velocità prossime a quelle della luce (fotone). Nella pratica quantistica, per esempio nel settore dell'elettronica, la forza F che dà origine all'accelerazione degli elettroni è data dal campo elettromagnetico generato dalla corrente di rete o, nel caso di apparecchiature "autonome" come i telefoni cellulari, dalla batteria inserita nell'apparecchiatura. A causa di tale "perturbazione", gli elettroni acquistano

energia, effettuando un “salto quantico” in un’altra orbita, ma, dato che l’induzione è variabile (impulsi elettromagnetici), ecco che l’elettrone tende a ritornare nella sua “orbita” di origine rilasciando, di conseguenza, un fotone (energia). Questa instabilità degli elettroni può essere causa, per chi è sottoposto per lunghi periodi direttamente a emissione di campi elettromagnetici, di varie problematiche di salute. Per un approfondimento in merito, rimando il Lettore al mio precedente Testo (*Salute dell’Habitat*, Ed. Anima, terza edizione).

Quando un corpo emette radiazioni diventa più leggero, mentre accade il

contrario quando le assorbe. Un movimento genera energia cinetica e, quindi, una massa. Anche la luce ha una sua massa grazie al movimento. Per capire meglio il concetto, prendiamo in esame il nostro corpo: esso si compone di molecole che, a loro volta, sono composte di atomi. All'interno di ogni atomo abbiamo un nucleo dove si concentra la maggior parte della massa, con gli elettroni che gravitano intorno. Nel nucleo sono presenti i neutroni e i protoni formati a loro volta da quark, uniti attraverso un'interazione "forte", grazie cioè a una "colla" denominata "gluone", che non permette la separazione tra i quark. Tale "colla" è talmente efficace che più si cerca di

distanziare i quark tra loro, più essa diventa forte. Questa interazione, denominata “interazione forte”, rappresenta in effetti la forza più potente che esista in Natura, ed esiste grazie a un continuo scambio di “gluoni” che in continuazione si creano e si distruggono trasportando la forza. Tale movimento di messaggeri della forza fra i quark si traduce in massa.

Applichiamo quanto detto a un *esempio pratico*: vediamo cosa accade a livello microscopico in un telefonino in trasmissione.

Partendo dall'equazione più

famosa di Einstein, $E=mc^2$, e analizzandola, deduciamo che, se un corpo cede energia, diminuisce la propria massa e viceversa. Quindi, quando un corpo riceve radiazioni (esempio l'elettrone riceve una dose di campo elettromagnetico da parte della batteria del cellulare), esso diventa più pesante, e quando invece emette radiazioni (quando l'elettrone si libera dell'energia in eccesso sotto forma di fotone), diventa più leggero. Tale differenza di massa dell'elettrone, oltre alla "spinta" ricevuta tramite i fotoni generati da una forza esterna che genera campo

elettromagnetico, lo porta a spostarsi continuamente dalla sua "orbita", dove generalmente è stabile, a un'orbita superiore, dove dovrebbero gravitare elettroni con potenziale elettrico maggiore e massa maggiore; per la sua instabilità dovuta al fatto di non essere nella "propria" orbita ma in un'orbita "ospitante", l'elettrone farà di tutto per tornare sulla sua orbita, riducendo la sua massa grazie a emissione di energia (fotoni). L'equazione di Einstein si può quindi applicare sia all'estremamente grande sia all'estremamente piccolo.

Il fotone ha velocità molto vicina a quella della luce, in quanto la particella elementare (elettrone) che è “spinta” dalla forza esterna F (generata dal campo elettromagnetico della batteria, se prendiamo nello specifico un telefonino) è estremamente piccola. Come già detto, gli elettroni “eccitati” dal campo elettromagnetico descritto aumentano di massa e di conseguenza la loro “attrazione” con i protoni del proprio atomo si modifica, con conseguente modifica anche del proprio campo magnetico (“velocità della trottolina elettrone”). La

modifica della massa, anche se momentanea, va a interferire sulla velocità propria di rotazione dell'elettrone (spin) e sulla distanza tra "protone" ed "elettrone". In effetti, tale instabilità coinvolge anche il nucleo degli atomi, dato che anche i protoni e i neutroni vengono eccitati dall'energia emessa dal telefono cellulare, attraverso la batteria interna, e dall'energia emessa dalle onde radio di trasmissione/ricezione. Questa eccitazione a livello subatomico porta a una variazione della velocità degli elettroni sulle proprie orbite e nei movimenti

propri, al punto che l'eccitazione fa aumentare la temperatura esterna dell'apparecchiatura: il telefonino tende a surriscaldarsi e a surriscaldare le parti a diretto contatto, cioè la testa dell'utente durante una conversazione telefonica.

Tornando ad Einstein, nel 1913 egli aveva esposto la possibilità che i raggi di luce fossero soggetti a una deviazione in un campo gravitazionale: questa intuizione fu alla base della sperimentazione del 1919 che poi confermò la Relatività Generale.

Tutti abbiamo provato nel quotidiano

la sensazione di mancanza di gravità, per esempio quando rimbalziamo su un tappeto elastico. La gravità influenza sicuramente anche le particelle elementari come gli elettroni, anche se tale influsso è poco sentito dato che, come tutti sanno, maggiore è la massa del corpo e maggiore è l'influenza della forza di gravità su di esso. Se però, a causa dell'induzione elettromagnetica, l'elettrone aumenta di massa, in quel momento la forza di gravità che agisce su di esso aumenta e, viceversa, quando diventa più leggero, la forza di gravità diminuisce. Tutto ciò accade perché non siamo nel "vuoto" ma in "atmosfera" (vedi già i lavori sperimentali eseguiti da Galileo Galilei). L'elettrone, quando

effettua il “salto” su un’altra orbita, si allontana dal suo nucleo per cui le forze atomiche cambiano immediatamente attraverso un’accelerazione che altera anche lo “spin” dell’elettrone (ossia la rotazione che compie l’elettrone su se stesso mantenendosi sulla stessa orbita). *Il “salto quantico” modifica anche la distanza tra elettrone e nucleo e quindi l’attrazione tra polo positivo (protone) e negativo (elettrone).* Einstein aveva colto il nesso tra “gravità” e “accelerazione” e aveva affermato che *«qualunque effetto di gravità si può imitare mediante un’accelerazione e viceversa»*. Chiamò questa relazione “Principio di Equivalenza” e, in virtù di questo principio, incorporò nei suoi

studi e nei suoi lavori la forza di gravità. Einstein volle operare anche nel mondo della Fisica Quantistica, cercando di trovare il punto d'incontro tra le sue scoperte e le Teorie Quantistiche. Il fisico Max Planck gli fornì l'occasione quando postulò che la materia emette e assorbe radiazione elettromagnetica sotto forma di "pacchetti di energia" (fotoni); la Natura però impone un limite, cioè non è possibile trasferire quantità di energia più piccole del fotone. Einstein suggerì che se si applicasse una lente di ingrandimento quantica alle onde elettromagnetiche, si potrebbe osservare che esse sono costituite da un'infinità di piccole unità, particelle dotate di momento (una

grandezza fisica vettoriale che si ottiene moltiplicando la massa di un corpo per la sua velocità). I “quanti” di luce si comporterebbero quindi come “proiettili di energia” (fotoni) che, scontrandosi con gli elettroni, riescono a deviarli dalla loro traiettoria. Questa sua ipotesi fu confermata nel 1923 in laboratorio dal fisico Arthur Compton.

Per concludere, poiché le leggi sperimentate nel macrocosmo possono essere tranquillamente trasportate nell'estremamente piccolo, si può affermare che la forza di gravità influenza anche a livello sub-atomico altre forze della natura, nello specifico “i fotoni” ricevuti ed emessi

dall'elettrone. Da questi concetti ho tratto spunto per una nuova concezione teorica che andrebbe a integrare il Modello Standard: si tratta della mia personale formulazione della “Legge del Tutto”, che riporterò nella parte finale del presente Testo.

6.2 TECNOLOGIA

QUANTISTICA

6.2.1 L'ENTANGLEMENT

Il termine “*entanglement*” rappresenta un aspetto molto particolare della Fisica Quantistica.

Tutte le particelle che costituiscono la materia si scambiano “*informazioni*” continuamente e vanno a influenzarsi reciprocamente qualsiasi sia la distanza che li separa. L'attività di queste particelle “correlate” le rende simili a “gemelli” che, anche se lontani, mantengono le stesse caratteristiche e una “connessione” anche a distanza.

Si tratta di un “intreccio indissolubile” grazie al quale è possibile trasferire alcune proprietà delle particelle, senza ritardo temporale. *Einstein* definì tale fenomeno “*una misteriosa interazione istantanea a distanza*”.

Questo concetto, definito anche “*correlazione quantistica*” o, più semplicemente, “*entanglement*” è stato introdotto per la prima volta nel 1935 dal famoso fisico austriaco Erwin Schrödinger per descrivere una sua osservazione curiosa: «*Due particelle che collidono rimangono intimamente connesse anche a grandi distanze; una particella influenza istantaneamente*

anche l'altra, non importa quanto lontana questa sia andata».

Il primo ricercatore che fu in grado di spiegare questa misteriosa interazione è stato il fisico austriaco *Anton Zeilinger*, che definì tale fenomeno “*teletrasporto quantistico*”.

Il “teletrasporto quantistico” non riguarda solo lo stato di polarizzazione dei fotoni, già sperimentato più volte in vari laboratori di Fisica, ma anche altre proprietà delle particelle e anche lo stato quantistico di un atomo. Negli esperimenti di teletrasporto, la proprietà trasferita viene definita “*proprietà discreta*” della particella. Questo significa, per esempio, che *il fotone ha*

due possibili stati di polarizzazione. I fotoni hanno anche altre proprietà non discrete ma continue come, per esempio, la frequenza e l'energia.

Mentre Einstein si dimostrò sempre scettico nei confronti della validità dell'*entanglement*, al contrario Schrödinger suggerì che *l'entanglement* fosse un aspetto fondamentale della Meccanica Quantistica.

Erwin Schrödinger è da considerarsi uno dei “padri” della Fisica Quantistica poiché ha elaborato un'Equazione che molto probabilmente è tra le più importanti mai scritte (vedi Paragrafo 8 al Capitolo 2 del Testo).

L'Equazione di Erwin Schrödinger è alla base delle tecnologie più avanzate: senza di essa non saremmo in grado di far funzionare i computer o i laser. L'Equazione di Schrödinger descrive il comportamento delle particelle microscopiche sia isolate, sia dentro ai solidi o ad altri materiali come, per esempio, i chip dei computer.

L'Equazione di Schrödinger aiuta anche a comprendere, per esempio, la conduttività di un metallo: si sa che in un metallo gli atomi sono ordinati in un reticolo e detta Equazione predice che gli elettroni più esterni degli atomi di un metallo sono legati molto debolmente al proprio nucleo, per cui è possibile che

vaghino liberamente nell'intero reticolo. Infatti, anche il più debole dei campi elettrici è in grado di spingere in una direzione tali elettroni, creando appunto corrente elettrica: questo è il motivo per cui i metalli conducono corrente. Negli isolanti, come per esempio la gomma o la plastica, gli elettroni esterni invece sono legati in modo molto più forte e non sono liberi di generare corrente.

Le prime sperimentazioni con il “teletrasporto” furono eseguite utilizzando la “luce”.

Sappiamo che la “luce” per i fisici ha un duplice aspetto: la luce può viaggiare come fascio di *particelle* (ossia corpuscoli simili a frammenti di

materia) oppure sotto forma di *onde*. Negli anni sono state numerose le sperimentazioni che hanno confermato ciò: in particolar modo le sperimentazioni più conosciute sono quelle di Einstein, il quale, attraverso l'effetto fotoelettrico, ha dimostrato che la luce ha natura corpuscolare, e la sperimentazione di Young, che ha dimostrato invece che la luce può essere considerata come onda. Per conciliare queste due scuole di pensiero si è dovuto attendere fino al biennio 1925-1926, ovvero fino allo sviluppo completo della "*teoria dei quanti*" da parte del fisico austriaco Erwin Schrödinger e del fisico tedesco Werner Heisenberg.

Il “teletrasporto quantistico” è possibile grazie all’*entanglement* quantistico e il modo più semplice per avere due fotoni *entangled* è di correlarne la polarizzazione.

Quindi la regola generale è che, date due particelle, una proprietà di una delle particelle *entangled* deve essere in correlazione con una proprietà corrispondente dell’altra particella.

Una grandezza correlabile quantisticamente è l’*energia*.

Consideriamo due particelle e immaginiamo che la somma delle loro energie sia costante; immaginiamo anche che nessuna delle due abbia un’energia ben definita prima della misurazione.

Misuriamo l'energia di una delle due particelle, ottenendo un valore definito ma casuale; l'altra particella, a prescindere da quanto sia lontana dalla prima, assumerà il valore di energia tale che la somma dell'energia delle due particelle sia costante!

Dal 1964, anno in cui fu pubblicato l'articolo di Bell con il suo famoso teorema, fino a oggi, *vari esperimenti hanno dimostrato la completa correttezza delle predizioni della Meccanica Quantistica per le particelle entangled.*

Queste sperimentazioni confermano come in futuro potranno svilupparsi progetti molto interessanti nel campo

dell'informazione quantistica come, per esempio, lo sviluppo di *computer quantistici*, la *comunicazione quantistica* e lo stesso *teletrasporto quantistico*: sembra fantascienza ma, credetemi, non lo è davvero e il futuro lo dimostrerà!

Un aspetto spettacolare dell'applicazione della Fisica Quantistica è rappresentato dal fatto che si possa “teletrasportare” un'informazione quantistica, cioè trasportarla a distanza grazie a un “fax quantistico”.

In pratica, *non viene teletrasportato un oggetto vero e proprio nello spazio, ma la sua “informazione”*. Quindi, le

proprietà fisiche di una particella vengono comunicate a distanza a un'altra particella identica: da qui il nome di "fax quantistico".

È bene ricordare che, per osservare l'*entanglement* oppure la sovrapposizione quantistica, il sistema in esame deve essere ben isolato dall'ambiente in cui si trova, poiché ogni interferenza del mondo esterno altererebbe lo stato quantistico.

6.2.2 L'ENTANGLEMENT APPLICATO ALLE NANOTECNOLOGIE

Oggi le nanotecnologie sono una realtà che ha invaso i mercati con migliaia di brevetti e applicazioni commerciali. Il

comportamento quantistico dei materiali sta riservando sorprese incredibili.

Normalmente si pensa all'*entanglement* come a un fenomeno che coinvolge una coppia di particelle, per esempio due elettroni, in modo tale che, misurando lo "spin" di uno dei due, istantaneamente l'altro assume spin opposto, ma ci sono *materiali in cui gli elettroni entangled non sono due bensì miliardi di miliardi*. I fisici li chiamano "*metalli strani*", proprio perché esibiscono questo sorprendente comportamento quantistico su scala macroscopica.

Dalle prove sperimentali effettuate su tali metalli si è potuto appurare che: *in*

vicinanza di un punto critico quantistico, gli elettroni non hanno più un comportamento indipendente ma acquisiscono un comportamento complessivo che i teorici non sono in grado di descrivere completamente.

6.2.3 CONCETTI E

NANOTECNOLOGIA QUANTISTICA

La rivoluzione concettuale avvenuta nella Meccanica Quantistica nel secolo appena trascorso e tuttora in corso, ha portato a un'evoluzione anche a livello pratico attraverso lo sviluppo della “*tecnologia quantistica*”, mediante invenzioni come il transistor o il laser. Lo sviluppo delle capacità sperimentali ha permesso di isolare singoli elementi

microscopici come gli elettroni, i fotoni e tutte le altre particelle a livello subatomico, stimolando sempre più i fisici allo studio delle dinamiche quantistiche, compresi i “salti quantici”. Tale evoluzione ha avuto come felice conseguenza quella di ottenere progressi notevoli nel settore delle nanotecnologie, con importanti conquiste anche nel settore della sperimentazione: per esempio di recente i fisici hanno iniziato a utilizzare *sistemi mesoscopici* (per esempio, dispositivi elettrici, magnetici e condensati di Bose-Einstein gassosi) che portano verso orizzonti sempre più ampi nel settore dell'estremamente piccolo. E dopo la prima rivoluzione quantistica, iniziata

nel 1900 con Planck e completata con i lavori di Bohr, Heisenberg e Schrödinger, l'importanza dell'*entanglement* e una più chiara descrizione quantistica di singoli oggetti sono state sicuramente alla base della “*seconda rivoluzione quantistica*”, della quale il fisico *John Bell* è stato il precursore. Tutto ciò ha portato negli ultimi tempi a una “*rivoluzione della Tecnologia Quantistica*” grazie al progresso della nanotecnologia attualmente in corso (vedi per esempio i *processori quantistici* elementari formati da pochi ioni interagenti). Quindi, *dopo la seconda rivoluzione quantistica è iniziata l'applicazione tecnologica della Meccanica*

Quantistica, con invenzioni utilissime per il progresso in tutti i settori, da quello elettronico a quello meccanico, da quello ottico a quello medico. La prima applicazione tecnologica di Fisica Quantistica risale al 1948 con l'invenzione del transistor. Successivamente sono state elaborate altre apparecchiature importanti come il laser (fine anni Cinquanta).

In questi ultimi decenni sono stati inventati metodi per osservare e manipolare oggetti elementari singoli come, per esempio, un singolo fotone o un singolo elettrone, anche grazie a *microscopi elettronici a scansione con risoluzione atomica*. L'analisi spettroscopica di un singolo elettrone

intrappolato ci fornisce la misura di un fattore denominato “*fattore g dell’elettrone*” (indicato con g_e). Tale fattore può essere calcolato anche utilizzando l’elettrodinamica quantistica che rappresenta una raffinata teoria della Meccanica Quantistica applicata alle cariche elettriche elementari e ai fotoni.

La possibilità di catturare oggetti elementari come fotoni ed elettroni ha permesso alla ricerca scientifica di effettuare dei test importanti sulla simmetria che vi è tra materia e antimateria con grande precisione (per esempio tra protone e antiprotone o tra elettrone e positrone). La nanotecnologia odierna è di aiuto agli stessi scienziati

nella ricerca quantistica: nel 1997 è stato assegnato il premio Nobel per la Fisica ai fisici Chu, Choen-Tannoudji e Phillips per lo sviluppo del raffreddamento laser e della cattura di atomi. Un esempio di impiego odierno della Nanotecnologia Quantistica è dato dall'invenzione degli orologi atomici, utilizzati anche nel sistema di posizionamento globale GPS (Global Positioning System) che consentono una grande precisione nel determinare le posizioni.

L'evoluzione della Nanotecnologia Quantistica ha consentito, nel 1986, di risolvere una diatriba tra due correnti contrapposte: i sostenitori dell'esistenza

a livello sub-atomico del “salto quantico” degli elettroni (Bohr e altri), e i negazionisti del “salto quantico” (Schrödinger e altri). *Il risultato sperimentale scientifico ha permesso di verificare che i “salti quantici” esistono davvero e che la stessa Teoria Quantistica può descrivere il comportamento anche di una sola particella elementare, come un fotone o un elettrone.*

Da quel momento si è verificata un'evoluzione sorprendente sia a livello teorico sia tecnologico nella Fisica Quantistica.

Tra i modelli teorici, degno di nota è sicuramente il “Metodo Montecarlo

Quantistico per la funzione d'onda" nel quale vengono tracciati dei "salti quantici" casuali la cui probabilità del sistema di controllo viene governata dalle leggi della Meccanica Quantistica.

Oggi molte nanotecnologie avveniristiche si basano sull'applicazione delle funzioni d'onda: per esempio, gli anelli conduttori fabbricati con le nanotecnologie possono essere compresi solo se i loro elettroni vengono trattati con una funzione d'onda globale (*Levy et al. 1990*). Altro esempio da citare è la scoperta effettuata dai fisici E. Cornell, W. Ketterle e C. Wieman, che sono riusciti a creare un condensato gassoso

di Bose-Einstein, trattato come un “grande oggetto quantistico singolo”.

Anche *il nanoprocessore Skudo®*, ideato e brevettato da me, rappresenta un'applicazione tecnologica quantistica: utilizzando le leggi della Meccanica Quantistica finora conosciute, ho ottenuto una soluzione alla problematica dei disturbi o danni biologici al DNA dovuti all'utilizzo eccessivo del telefono cellulare, come verificato sperimentalmente dai Centri più accreditati per la ricerca scientifica sia in Italia sia negli Stati Uniti. L'applicazione della stessa Tecnologia Quantistica è servita anche per trovare una soluzione alle problematiche

presenti nel settore ambientale inerenti le radiazioni naturali provenienti dal sottosuolo e per altre applicazioni anche nel settore sanitario (per maggiori informazioni rimando il Lettore ai prodotti individuati con il marchio Geoprotex® sul sito www.geoprotex.it).

Un aspetto molto importante della Fisica Quantistica è l'affermazione dell'esistenza della “*sovrapposizione di stati*”. Per esempio, consideriamo un atomo che giunge a un separatore di fasci atomici: l'atomo può essere trasmesso o riflesso; queste due alternative possono portare a percorsi diversi, ma l'atomo può esistere anche in entrambe le condizioni

simultaneamente (sovrapposizione di stati), ossia essere simultaneamente presente in due regioni dello spazio separate. Tale comportamento è stato osservato e confermato sia utilizzando i microscopi (applicazione su elettroni, fotoni, protoni, neutroni), sia utilizzando oggetti mesoscopici (correnti elettriche nei nanocircuiti).

Possiamo affermare che grazie alla “seconda rivoluzione quantistica” si è aperto un mondo affascinante, un nuovo campo denominato “*informazione quantistica*” che porterà entusiasmanti applicazioni in futuro, come i computer quantistici o la crittografia quantistica.

La Fisica Quantistica è stata, è e sarà

rivoluzionaria anche perché i concetti sono innovativi e l'applicazione di tali concetti rende possibile, di conseguenza, rivoluzioni quantistiche tecnologiche.

6.2.4 NANOPARTICELLE E NANOTECNOLOGIA

Anche se l'avvento dei “*nanomateriali*” è recente, molti di essi hanno già preso piede nella nostra vita quotidiana. La parola “*nanotecnologia*” può essere riassunta come “*tecnologia molecolare che ci permette di mettere ogni atomo dove vogliamo che stia*”, come suggerito da Kim Eric Drexler dell'Institute for Molecular Manufacturing di Palo Alto (California). L'unità di misura usata nel

campo è il “nanometro” (nm). Per quanto concerne i “*nanomateriali*”, i loro comportamenti sono descritti utilizzando le leggi e le equazioni della Meccanica Quantistica. Nel settore della nanoelettronica, i nanoprocessori possono trasportare, per esempio, segnali elettrici o intervenire per modificare lo stato quantistico del materiale (come per esempio avviene tramite l’applicazione del prodotto Skudo® sul telefono cellulare).

6.2.5 LA RIVOLUZIONE

QUANTISTICA

Negli ultimi anni, i fisici stanno sfruttando i fenomeni sub-atomici per costruire computer ultraveloci e

rivoluzionario Internet, ossia stanno favorendo l'applicazione pratica della tecnologia del prossimo futuro: la Tecnologia Quantistica. Oggi è già in corso l'utilizzo dei fotoni sottoposti a *entanglement*. Basti pensare che all'Optical Ground Station dell'ESA è stato sperimentato un fascio laser che, partendo dall'isola di La Palma, ha percorso ben 143 chilometri raggiungendo la sede ESA di Tenerife: la cosa sorprendente è che il fascio laser conteneva fotoni sottoposti a *entanglement*. La variazione dello stato di un fotone a La Palma, per esempio a livello di polarizzazione, modificava lo stato del fotone a Tenerife. Questo "teletrasporto" permette quindi di

trasferire dati su lunghe distanze.

Ci si sta preparando a una nuova rivoluzione quantistica, dopo le precedenti nel secolo scorso, in grado di fornirci le tecnologie per realizzare imprese che finora sono state considerate inimmaginabili. I computer quantistici sperimentali sono già al lavoro in laboratori di tutto il mondo. La società canadese D-Wave System ha già messo in vendita i primi computer quantistici sul mercato attualmente a circa 10 milioni di dollari. Ultimamente sono anche state sviluppate le nuove tecnologie che dovrebbero portare a breve allo sviluppo di un'*Internet quantistica*, che promette di cercare siti

a una velocità di gran lunga superiore rispetto a quella attuale e che consentirebbe anche di avere molta più sicurezza circa i dati sensibili in rete, come per esempio quelli bancari. La Meccanica Quantistica sta operando anche nel settore della nanotecnologia e nel settore farmaceutico.

Ormai è maturato il tempo per *l'applicazione pratica della Tecnologia Quantistica*; non è un caso infatti che due fisici, *Serge Haroche* del College de France e dell'École Normale Supérieure di Parigi, e *David Wineland* del National Institute of Standards and Technology in Colorado, abbiano ricevuto nel 2012 il *premio Nobel per*

la Fisica per il loro lavoro sulla Tecnologia Quantistica. Le particelle sub-atomiche perdono le loro proprietà quantistiche appena interagiscono con il mondo esterno, il che rende i fenomeni quantistici ardui da studiare ma, indipendentemente l'uno dall'altro, Haroche e Wineland sono riusciti per la prima volta a misurare e a tenere sotto controllo le particelle mentre mostrano un comportamento quantistico. Utilizzando campi elettrici e specchi, hanno aperto la strada alle sperimentazioni con le minuscole particelle quantistiche e, cosa più importante, hanno trovato il modo per sfruttarle. Per quanto concerne l'Internet quantistico, i ricercatori del Max-

Planck-Institut per l'ottica quantistica (MPQ), in Germania, hanno recentemente fatto un progresso nel settore presentando nel 2012 la prima rete al mondo fatta di nodi quantistici (i nodi rappresentano delle interconnessioni tra i computer). La rete è composta da 60 metri di fibra ottica lungo cui possono correre i "qubit", trasportati da fotoni. La rete si basa sui nodi quantistici, ossia singoli atomi dove memorizzare temporaneamente i "qubit". Siamo comunque ancora lontani dall'utilizzo di un'Internet quantistica, dato che richiederebbe la posa di migliaia di chilometri di cavi dedicati.

6.2.6 LA BELLEZZA DELLA

SCIENZA

Sheldon Glashow, un fisico che nel 1979 ha ricevuto il Premio Nobel, amava “sperimentare” la Fisica Quantistica e amava definire le sperimentazioni che gli fornivano indicazioni positive “belle”, aggettivo che in genere si utilizza quando si osserva un’opera d’arte. Egli definì per la prima volta “bella” la sperimentazione che portò alla creazione di *elettroni polarizzati*, cioè elettroni con *spin orientato nella stessa direzione*. Questi elettroni dovevano essere spinti con forza contro un gruppo di protoni e neutroni, attraverso l’utilizzo di un acceleratore di particelle, utilizzando una velocità molto

vicina a quella della luce, per osservare i risultati ottenuti dagli urti tra le particelle. Se la teoria di Glashow fosse stata corretta, si doveva osservare una lieve differenza nel modo in cui gli elettroni rimbalzavano sui protoni colpiti, rispetto a quando erano polarizzati nella direzione opposta, rivelando così la presenza di “correnti neutre violatrici della polarità”. *La teoria di Glashow si confermò corretta* e fu proprio grazie a questa sua positiva sperimentazione che vinse il Nobel per la Fisica, assieme agli altri suoi collaboratori e scienziati, Stephen Weinberg e Abdus Salam.

È raro che gli scienziati definiscano

un esperimento “bello”, tuttavia, se la sperimentazione “galileiana” lascia una traccia dentro di noi, specialmente quando riesce a coinvolgere un pubblico, allora credo che ogni sperimentazione possa essere definita “bella”.

Certo, la sperimentazione effettuata in un laboratorio può sembrare noiosa ma, quando il frutto della sperimentazione diventa accessibile al grande pubblico, ecco che essa diventa di colpo “bella”.

Un aspetto del *lavoro che svolgo* mi vede come conferenziere in Italia e all’Estero, per *portare a conoscenza di tutti la “bellezza” della Fisica Quantistica “pratica”*. Riuscire a

rendere semplice, pratico, misurabile un fenomeno fisico è una grande soddisfazione per un ricercatore: basta osservare gli uditori, durante la conferenza, per capire che sono veramente tanti coloro che si stupiscono delle dimostrazioni pratiche, al punto da prestarsi con entusiasmo a “toccare con mano”, quando propongo loro varie attività. Durante prove pratiche nei miei convegni, coinvolgo gli uditori per dimostrare loro *gli effetti diretti a livello biologico generati dai campi elettromagnetici artificiali e dalle radiazioni naturali*: una volta “dimostrato” il “disturbo”, è *entusiasmante osservare come il pubblico in sala rimanga colpito*

quando “tocca con mano”, anche senza bisogno di strumentazioni sofisticate, la validità di un prodotto “quantistico”, ossia di un prodotto che “protegge” da tali radiazioni, annullando o riducendo notevolmente il “disturbo” generato dai campi elettromagnetici artificiali e dalle radiazioni naturali provenienti dal sottosuolo!

Spero proprio che il Buon Dio possa ancora darmi forza per continuare a “fare Fisica Quantistica pratica” per molto tempo! Certamente mi è piuttosto facile rapire l’attenzione degli uditori, in quanto gli argomenti proposti hanno un legame stretto con la salute e con la prevenzione di alcune patologie. Infatti,

la protezione delle radiazioni naturali e dei campi elettromagnetici artificiali, argomenti che tratto in modo particolare, riveste grande importanza nella prevenzione da malattie anche di tipo degenerativo.

Il famoso scienziato Faraday amava ripetere che *«la bellezza non significa la cosa dall'aspetto migliore, bensì la cosa che funziona meglio»*: è un'affermazione secondo me attualissima, anche se purtroppo ancora molte persone si fanno ammaliare dall'aspetto esteriore piuttosto che dall'essenza e dalla funzionalità. La bellezza di una sperimentazione può emergere anche da un rudimentale esperimento scientifico, in grado però di

rilevare qualcosa di importante, specialmente se viene dimostrato in modo semplice e diretto: è quello che cerco di fare durante le mie conferenze e i miei convegni.

Qualcuno ritiene che il termine “bello” appartenga esclusivamente al regno della soggettività, dell’opinione, dell’emozione, mentre la scienza rappresenta il regno dell’oggettività, dei fatti, dell’intelletto. In parte questo può essere vero, ma è anche vero che chi “fa scienza” può tendere alla bellezza attraverso la “pratica”.

Durante le mie conferenze provo soddisfazione nel dedicare del tempo alle varie prove pratiche, coinvolgendo il pubblico in sala; in quelle occasioni

non faccio altro che ripetere la dimostrazione di tutto quello che già sperimentalmente è stato effettuato nei laboratori di ricerca e che è già stato confermato scientificamente mediante il metodo “galileiano”. In realtà, coinvolgendo le persone durante le prove pratiche, si riesce a “condividere” con loro la “bellezza della scoperta scientifica”, dato che la dimostrazione pratica ha proprio questo obiettivo finale, non certo la pubblicità o la commercializzazione di un prodotto.

È importante ricordare ai Lettori la differenza sostanziale che c'è tra “scopritore” e “inventore”.

a) *Lo scopritore o scienziato* è colui

che fa le scoperte: paragoniamolo simpaticamente al titolare di un negozio di generi alimentari.

b) *L'inventore* è colui che utilizza le scoperte per inventare dei prodotti tecnologici utili per l'Umanità: paragoniamolo a uno "chef" che va ad acquistare personalmente i prodotti alimentari presso i negozi di "fiducia" ("scopritore-negoziante"), e che si mette poi ai fornelli per preparare degli ottimi piatti.

c) *Gli acquirenti* o clienti sono coloro che acquistano i prodotti finali elaborati dall'inventore; paragoniamo gli acquirenti agli avventori del ristorante dove

lavora lo chef incontrato al punto (b).

Quindi, il “cliente” è colui che decide di utilizzare la tecnologia che quell’inventore ha prodotto e commercializzato, basando il suo ingegno sulle varie scoperte scientifiche del passato e del presente.

Io ho effettuato alcune scoperte e invenzioni, per cui mi reputo più inventore che scopritore, più un “*ricercatore applicativo della Fisica Quantistica*” che un teorico quantistico.

È importante che il Lettore tenga conto che *tra scoperta scientifica e commercializzazione dei prodotti che*

utilizzano la Tecnologia da essa derivata possono trascorrere anche decenni!

Oggi i ricercatori non operano più da soli, anche per i costi elevati della ricerca scientifica, dato che occorrono laboratori sempre più attrezzati con strumentazioni costose e complesse e ciò comporta la necessità di creare un team di ricercatori, ognuno con una propria specializzazione. Quando il team di ricercatori sperimenta una possibile invenzione, questa deve comunque sempre essere validata, successivamente, attraverso i “canali ufficiali”, e quindi attraverso i metodi “galileiani”.

Nelle mie ricerche devo *dimostrare* che il problema dei campi elettromagnetici, specialmente l'utilizzo dei telefonini, e il problema delle radiazioni naturali, in particolar modo quelle di tipo gamma provenienti dal sottosuolo, *rappresentano* dei problemi reali per la nostra salute; però devo anche *dimostrare* che esistono reali soluzioni a tali problemi, soluzioni verificate da importanti Università sia in Italia sia negli Stati Uniti.

Sono veramente contento che alcuni studenti universitari abbiano deciso di approfondire la tematica della “Tecnologia Quantistica” attraverso lo

studio dei miei prodotti (che trovano applicazione nel settore dell'elettronica e nel settore sanitario) *e delle mie esperienze di Ricercatore Quantistico*. Alcuni studenti hanno anche deciso di dedicare la propria *Tesi di Laurea* a questi argomenti: pioniera è stata la dott.ssa *Elisabetta Galli*, allora studentessa presso la Facoltà di Medicina dell'Università di Siena (vedi copia tesi sul sito www.geoprotex.it). È bello scoprire, anche da queste cose, che qualcuno “crede” fermamente nella mia ricerca e che decida di puntare su argomenti così innovativi!

CAPITOLO 7

TECNOLOGIA

QUANTISTICA

APPLICATA ALLA

PARTICELLA DI DIO

7.1 UNA SCOPERTA PUÒ ESSERE VERA O FALSA

Nel mondo scientifico non esistono verità “assolute” ma solo ipotesi che attraverso prove pratiche possono rivelarsi vere o false. Sicuramente una delle teorie più sperimentate con esito positivo è la formula di Einstein: $E=mc^2$. La formula, meglio nota come Teoria della Relatività, nella sua essenza descrive il rapporto spazio-tempo con un punto fermo: la velocità della luce, che nessuno può superare (la sua misura esatta nel vuoto è di 299792458 metri al secondo). Tale velocità riesce a coprire la distanza tra

la Terra e il Sole in soli otto minuti!

Un'ipotesi va sempre supportata da prove pratiche in modo che la Scienza possa confermarne la validità, altrimenti, se un'idea non è verificabile, automaticamente viene accantonata dal mondo scientifico. In questo caso si può “credere” o “non credere” che sia vera ma, come dice Galileo, meglio provare che credere.

Uno dei più grandi fisici “sperimentali” è stato sicuramente Michael Faraday (nato a Londra nel 1791) che, pur essendo autodidatta, fu in grado di effettuare delle scoperte sbalorditive. Faraday scoprì che spingendo un magnete attraverso una

bobina costruita con un cavo conduttore, il magnete, muovendosi, genera corrente elettrica. Verificò anche che, avvicinando l'ago di una bussola vicino a un filo sottoposto a corrente elettrica, l'ago si muove (la bussola è infatti un rivelatore magnetico!). Le osservazioni di Faraday dimostrarono come ci sia un rapporto diretto tra elettricità e magnetismo: fu quindi il primo a scoprire che le correnti elettriche generano campi magnetici e che i magneti quando si muovono generano una corrente elettrica. L'importante scoperta di Faraday portò alle “*invenzioni tecnologiche*” dei generatori di corrente, utilizzati in molte apparecchiature ancora oggi: basti

pensare al frigorifero per esempio. L'interazione tra il filo e la bussola avveniva nello spazio tra magnete e filo, oggi definito "campo elettromagnetico". Faraday pensò di visualizzare tale "campo" con delle linee che definì "linee di flusso". Nel settore della fisica sub-atomica, il "campo" esprime la probabilità di trovare una determinata particella in un determinato punto dello spazio.

I fenomeni sia elettrici sia magnetici appena descritti furono successivamente presi in considerazione dal fisico Clerk Maxwell, vissuto nel diciannovesimo secolo. Egli riuscì a formulare nel 1864 un sistema di equazioni in grado di

descrivere tutti i fenomeni elettrici e magnetici osservati da Faraday. Il vantaggio offerto da tali equazioni è quello di poter prevedere risultati sperimentali senza compiere “praticamente” la sperimentazione. Le Equazioni di Maxwell sono utili perché riescono a definire anche il moto delle onde; per esempio, utilizzando le Equazioni di Maxwell, si ricava che la velocità d’onda sonora è di circa 330 metri al secondo (poco più di un aereo). Applicando le Equazioni di Maxwell per conoscere la velocità del campo elettromagnetico, si scopre che le onde di Maxwell viaggiano con la stessa velocità della luce.

Einstein considerava “assiomi” (un assioma rappresenta un’affermazione considerata vera) quello che altri fisici prima di lui avevano scoperto. Il primo “assioma” accettato da Einstein è il seguente: le Equazioni di Maxwell sono vere, perciò la luce viaggia nello spazio vuoto sempre con la stessa velocità, indipendentemente dall’osservatore e dal moto della sorgente. Il secondo “assioma” accettato da Einstein è che Galileo Galilei aveva ragione quando affermava che non è possibile alcuna sperimentazione che possa identificare un moto assoluto. I due “assiomi” furono il punto di partenza per Einstein per la formulazione della Teoria della Relatività, che ha consentito alla scienza

di prevedere e spiegare i risultati ottenuti dalla sperimentazione.

I fisici confermano la validità delle Leggi seguendo il seguente *procedimento logico-scientifico*:

- a) si ipotizza una Legge fisica;
- b) si deducono le “conseguenze” derivanti dalle ipotesi fatte, considerandole “a priori” vere;
- c) vengono effettuati “confronti” tra ipotesi e realtà attraverso l’esperienza o la sperimentazione;
- d) se vi è discrepanza tra sperimentazione e ipotesi, significa che la supposizione era sbagliata, mentre se tutto combacia significa che si è sulla strada giusta per il

riconoscimento scientifico.

È importante, a questo punto, riportare una citazione del fisico *Richard Feynman* che, durante una lezione (vedi su YouTube *The Character of Physical Law – Cornell University, 1964*), affermò: «Se c'è discrepanza con l'esperimento le supposizioni sono sbagliate. Questo semplice fatto è l'essenza della Scienza. Non importa quanto fosse bella l'ipotesi. Non importa quanto sia intelligente chi ha avanzato l'ipotesi o quale sia il suo cognome: se la Legge è in disaccordo con l'esperimento è sbagliata. Questo è tutto».

Naturalmente è vero anche che chiunque sia in grado di supportare un'ipotesi con una sperimentazione accreditata è degno dell'attenzione del mondo scientifico. Qui nasce però un problema, che io ho potuto sperimentare personalmente.

Nel mio piccolo ho studiato per anni gli effetti delle radiazioni naturali e artificiali (prodotte per esempio dai telefoni cellulari) sull'organismo umano, effettuando diverse sperimentazioni, e ho finalmente costruito e brevettato dispositivi in grado di ridurre sensibilmente gli effetti di tali radiazioni sui tessuti biologici. Le mie sperimentazioni "galileiane" hanno

ricevuto ampi consensi in atenei e laboratori italiani ed esteri, tuttavia, quando si è trattato di diffondere la notizia di tali importanti risultati attraverso gli organi di stampa o i mass media, ho sempre incontrato grosse difficoltà.

Evidentemente rendere noto alle masse che esistono in commercio prodotti capaci di prevenire patologie gravi (come per esempio i tumori) non conviene a “qualcuno”! È molto triste doverlo ammettere, ma per il momento la nostra salute non è al primo posto nei pensieri di molti esponenti del mondo scientifico, dell’informazione e della politica. Il guadagno a ogni costo è ancora una legge imperante in tali

ambienti, ma io e i miei collaboratori siamo fiduciosi che prima o poi qualcosa cambi.

Nei prossimi paragrafi parlerò ampiamente dei prodotti che ho realizzato per ridurre il rischio di potersi ammalare per effetto di radiazioni naturali e artificiali. Tali prodotti in commercio sono contraddistinti con i marchi Skudo® e Geoprotex®.

7.2 IL LABORATORIO DI FISICA QUANTISTICA “MAX PLANCK” A NOVARA

«Per imparare qualcosa di Fisica Quantistica non c'è nulla di meglio che lavorarci direttamente in modo da effettuare veri e propri esperimenti». Ricordo ancora questa frase che mi disse tanti anni fa, quando ancora ero un giovane ricercatore, il Prof. *Antonino Zichichi*, durante una delle sue coinvolgenti lezioni sulla Fisica dei Quanti. Da allora ho avuto sempre un sogno nel cassetto: quello di poter

mettere in pratica le più importanti scoperte nel settore della Fisica Quantistica, cercando di inventare nuovi prodotti e sistemi di misura. Devo dire che finora sono riuscito, almeno in parte, a soddisfare i miei sogni, grazie anche all'aiuto di valenti ricercatori e grazie alla realizzazione di una "*palestra dei quanti*" proprio all'interno della mia Azienda: il Laboratorio "Max Planck" di Novara, chiamato così in onore del Fisico che è stato il precursore della "Quantistica".

Certo, prima di "inventare" un prodotto è necessario munirsi di santa pazienza, dato che spesso si sta seduti per ore di fronte a uno strumento, in

genere molto complesso da capire, e ci si limita a raccogliere una serie di dati. Molto spesso capita che non si riesca nemmeno a comprendere cosa stia succedendo sotto i propri occhi. Rispetto allo studio universitario, il laboratorio interno a un'azienda che opera con l'obiettivo di "inventare" e "produrre" un nuovo prodotto, ha un obiettivo ancora più stimolante: quello di veder nascere un "prodotto" che possa portare un beneficio all'azienda e alla gente. Si tratta quindi di effettuare sperimentazioni scientifiche di tipo "galileiano", che non sempre danno però esito positivo. È sempre difficile operare a livello pionieristico: è necessario non perdere mai la calma e

lavorare con entusiasmo! Questa è la ricetta vincente, ricetta che ha dato buoni frutti e... premi Nobel!

Ricordo ancora quello che mi ha detto molti anni fa un altro mio “maestro” nel settore della Fisica delle Particelle, il compianto prof. *Ugo Facchini* del Dipartimento di Fisica Applicata dell’Università di Milano: *«Quando si fa scienza, si inizia sempre dalle osservazioni. Noi, uomini di scienza, vogliamo scoprire i segreti della natura; siamo curiosi e vogliamo conoscerne i meccanismi. Per poterlo fare dobbiamo prima capire come opera, osservando il mondo e i fenomeni naturali, e questo vale in ogni area della scienza».*

Inizialmente le sperimentazioni vengono effettuate utilizzando una sorgente che invia “entità” a delle stazioni di rilevamento che si trovano a una determinata distanza. Le “entità” che viaggiano da una parte all’altra sono troppo piccole per essere viste, però esistono sistemi computerizzati in ogni rilevatore che permettono di osservare ciò che il rilevatore “capta”. Naturalmente vi è un collegamento con cavi in fibra ottica tra “sorgente di emissione” e “rilevatori”, il tutto controllato da un sistema computerizzato. Poi si passa alla seconda fase: si pongono sul cammino delle “sorgenti di disturbo” per verificare le alterazioni provocate alle

condizioni della prima prova, che definiamo “basale”. Se siamo intuitivi e fortunati, cerchiamo a questo punto di “inventarci” qualcosa che possa annullare o ridurre significativamente lo stato di disturbo. Se riusciamo nell’intento, allora possiamo costruire un “prototipo” di prodotto, che poi dovrà essere sottoposto a numerosi test prima di entrare in produzione: si tratta della fase più delicata, dato che intervengono sul prodotto altri laboratori di ricerca esterni.

Nel caso personale, la mia Azienda si è avvalsa del Laboratorio del Dipartimento di Sanità Pubblica dell’Università di Perugia per il

controllo e la certificazione dei nanoprocessori Skudo® e del Laboratorio di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano per il controllo e la certificazione degli schermi antiradiazione Geoprotex®. Ho inoltre preferito richiedere la redazione di nuove Certificazioni anche ad altri Enti, specialmente nel momento in cui i prodotti hanno iniziato a essere distribuiti a livello internazionale: lo Stato Americano dell'Oregon ha finanziato la ricerca con il 50% per un ulteriore controllo della validità del nanoprocessore Skudo®, ricontrollo effettuato dai Laboratori "Boureau Veritas" di Buffalo (USA), che hanno confermato l'efficacia del prodotto.

Alcuni dei prodotti, di cui ho accennato precedentemente, come per esempio gli schermi antiradiazione Geoprotex®, vengono impiegati anche nel settore sanitario: ciò ha comportato pertanto delle prove “cliniche” su pazienti con risultati, direi, entusiasmanti. Una sperimentazione, tra le tante effettuate, è stata condotta con la collaborazione di una dott.ssa dell’Istituto Nazionale dei Tumori di Milano. La dottoressa ha voluto sperimentare clinicamente gli “schermi antiradiazione Geoprotex®”, ottenendo risultati sorprendenti su pazienti oncologici gravemente malati che non riuscivano ad avere riscontri positivi utilizzando un protocollo specifico di

chemioterapia per la remissione della malattia. Osservando tali pazienti ho potuto riscontrare che essi presentavano, in corrispondenza delle parti del corpo sofferenti, un “accumulo” di radiazione naturale gamma proveniente dal sottosuolo; si è deciso quindi di far provare loro l’apposito schermo antiradiazioni Geoprotex®, in grado non solo di proteggere la persona dall’eventuale presenza di radiazione tellurica in corrispondenza dell’area letto della propria abitazione (area più a rischio per la nostra salute a causa del lungo stazionamento notturno), ma di agevolare la “decontaminazione” dall’accumulo di radiazione presente sul corpo, accumulo che poteva

pregiudicare il successo della terapia clinica-farmacologica stessa. Infatti, dopo qualche mese, è stata effettuata sui pazienti “protetti” la stessa terapia clinica-farmacologica e, a differenza di quanto era avvenuto in precedenza, i risultati sono stati ottimali (per maggiori informazioni vedi sito www.geoprotex.it e, in modo più approfondito, quanto riportato nel mio precedente Testo già citato, *Salute dell’Habitat*, ed. Anima).

Nell’applicazione pratica da laboratorio, per ottenere risultati tecnicamente validi, è importante tener conto di un fenomeno definito “*paradosso di Kochen-Speker*”: esso afferma che, anche nel caso di singoli

sistemi quantistici, se sufficientemente complessi, non è possibile assegnare a essi elementi della realtà che spieghino tutti i possibili risultati sperimentali in modo indipendente dal contesto dell'esperimento. In questo caso l'ipotesi di "località" non entra in gioco perché i due fisici hanno considerato solo misure eseguite su singole particelle quantistiche. È vero che questa posizione può tarpare le ali alla scienza in quanto, davanti a tali affermazioni, non avremmo necessità di condurre alcun esperimento, però è anche vero che vi sono sperimentazioni pratiche da laboratorio che danno risposte differenti rispetto alle sperimentazioni effettuate su singole

particelle. Ecco perché *alcune* “*invenzioni*” possono anche non avere una base matematico-scientifica alle spalle, ma le prove “galileiane” ne confermano comunque la validità.

Un sistema operativo comodo per la ricerca in laboratorio si basa sull'utilizzo di un'apparecchiatura denominata “*spettrofotometro a raggi infrarossi con trasformata di Fourier*”. La “*Trasformata di Fourier*” opera in modo “*olografico*”, per cui può veramente aprire le porte a un'ampia applicazione pratica della Fisica Teorica, presente non solo nello studio delle particelle sub-atomiche, ma anche nelle Leggi Fondamentali della Natura e

dell'Universo. Operare a livello "olografico" vuol dire riuscire a "vedere" il tutto nei particolari di un singolo pezzo e, viceversa, vedere l'immagine intera suddivisa in componenti elementari.

A conferma della possibile natura olografica dell'Universo furono effettuati vari esperimenti, tra i quali il già citato fenomeno dell' "entanglement". Come già detto, il modello olografico si basa sul principio matematico della "Trasformata di Fourier", il cui risultato è rappresentato da uno "spettro elettromagnetico" grazie al quale, attraverso il segnale di interferenza, si riescono a ottenere le componenti di un segnale reale.

Nelle sperimentazioni pratiche, l'utilizzo del sistema "ologrammato", consente di rappresentare su una superficie (bidimensionale) tutto quello che concerne l'informazione vista nelle tre dimensioni. La teoria matematica di Fourier è proprio alla base del principio dell'ologramma, in quanto il Teorema afferma che un segnale complesso e ripetitivo può essere scomposto in una somma di oscillazioni elementari e quindi di segnali semplici individuati da uno spettro elettromagnetico. L'interferenza ci consente di ottenere una Trasformata di Fourier e, di conseguenza, di scomporre un segnale complesso in vari segnali semplici.

Per concludere, lo sviluppo della

nuova “informazione quantistica” rappresenta una delle aree di ricerca più in crescita a livello mondiale. Diversi team di ricerca in molti Stati stanno lavorando allo sviluppo di idee con “basi quantistiche” che potrebbero avere ricadute tecnologiche, come del resto è già avvenuto anche grazie alle mie invenzioni. Non nascondo che già alcune multinazionali del mondo farmaceutico e della telefonia si siano fatte avanti per far proprie le mie invenzioni, ma non mi sono mai sentito di scendere a patti. Sicuramente le loro offerte possono essere allettanti, ma è troppo il timore che, per i motivi già precedentemente esposti, il frutto di anni di ricerche e sperimentazioni possa finire “congelato”

in qualche cassetto, in modo tale da non costituire più uno scomodo “campanello d’allarme” per la gente. La prevenzione è un’arma vincente contro diversi tipi di patologie e l’informazione riguardo gli effetti nocivi sulla salute umana delle radiazioni naturali e artificiali è di primaria importanza ai fini della prevenzione. Se io avessi accettato di cedere le mie idee e i miei brevetti, sono abbastanza certo che mi sarei presto sentito “imbavagliato” e impossibilitato a diffondere la conoscenza che cerco di trasmettere a più persone possibili. Alcuni ritengono che io sia un uomo coraggioso, ma in realtà non faccio altro che mettere in pratica un’ammonizione del tanto

stimato Papa Francesco: egli ha raccomandato, in particolare alle associazioni cristiane, di non ricevere compensi e aiuti da chi non agisce per il bene, in modo da sentirsi sempre pienamente liberi di esprimere la propria opinione.

7.3 APPLICAZIONE QUANTISTICA DELLA NANOTECNOLOGIA SKUDO® SU UN TELEFONINO

7.3.1 GENERALITÀ

In ogni atomo è presente un numero limitato di orbitali e ad ogni orbitale è associato un preciso livello di energia. Un elettrone gravita e si muove su un determinato orbitale e, fino a quando non vi sono alterazioni esterne, generalmente non “salta” su altre orbite. Affinché un elettrone faccia un “salto” su un’orbita superiore, deve ricevere un

“quanto” di energia sotto forma di fotone. Viceversa, quando un elettrone passa a un’orbita inferiore, quindi di più bassa energia, emette un fotone. In natura l’elettrone rimane stabile, in genere sulla propria orbita, però vi sono molte interferenze che possono alterare questo stato di equilibrio. Vi è una piccola probabilità, prevista in Meccanica Quantistica, che l’elettrone effettui il “salto” energetico (salto quantico) senza avere energia sufficiente e senza essere alterato da fenomeni esterni (Effetto Tunnel); nella stragrande maggioranza dei casi, l’effetto viene infatti causato da un fenomeno esterno.

Ogni atomo ha una struttura

“informata” che lo caratterizza e che lega tra loro le particelle che lo compongono. Questa struttura rimane unita a livelli energetici che sono definiti “*fotoni virtuali*”, quando la struttura è stabile (per esempio un telefonino senza la batteria inserita). Quando vi è una sollecitazione esterna (per esempio quando si inserisce la batteria al telefonino), la struttura va a interferire con i fotoni provenienti dall’induzione (atomo irradiato) e tutto ciò provoca un “*disordine*” nelle *particelle sub-atomiche*, dando origine all’instabilità degli elettroni che passano da un’orbita a un’altra senza trovare posa, *ricevendo/emettendo “quanti di energia”* che disturbano (salto quantico

dell'elettrone).

Se si rompe l'equilibrio interno a un atomo si produce l'emissione dei fotoni, che si liberano vincolandosi a correlazioni specifiche della massa, a meno che non si ponga un "comando" che eviti tutto ciò o che modifichi le condizioni fisiche dei fotoni per renderle "compatibili" con l'organismo umano.

7.3.2 APPLICAZIONE DELLE EQUAZIONI FONDAMENTALI ALLA TECNOLOGIA QUANTISTICA

Le Leggi che sovrintendono le mie

invenzioni possono essere definite “*Leggi fisiche musicali*”, ossia armoniose. Esse derivano da tali osservazioni:

- 1) *l'energia è proporzionale alla massa per il quadrato della velocità (Legge della Relatività di Einstein) $E=mc^2$;*
- 2) *secondo la Fisica Quantistica e, in particolar modo, secondo Planck, l'energia può essere espressa dalla formula $E=h\nu$, dove h rappresenta la Costante di Planck e ν la frequenza, infatti è stato dimostrato che maggiore è la frequenza e maggiore è l'energia;*
- 3) *rivedendo ulteriormente la*

formula di Einstein, la massa m può essere sostituita da materia e antimateria, e la velocità, che nella formula di Einstein rappresenta una costante al quadrato, va integrata con l'accelerazione di gravità, che può essere sommata o ridotta, a seconda anche della condizione spazio-temporale in cui ci si trova.

Quindi la formula originaria di Einstein diventa la seguente:

$$\hbar f = (\text{materia/antimateria}) \text{ per } (\text{accelerazione gravità} \pm c^2)$$

Ogni formula va integrata con

l'effetto vibratorio dei gluoni nei quark e con le variazioni che interessano gli elettroni, in particolare il loro momento magnetico e l'energia potenziale propria che influisce sulla posizione di ogni elettrone nella propria orbita fondamentale.

7.3.3 DISTURBO GENERATO DA UN TELEFONO CELLULARE E RIDUZIONE DEL “DANNO BIOLOGICO” TRAMITE IL NANOPROCESSORE SKUDO®

Consideriamo un telefonino senza inserire la batteria al suo interno e andiamo a osservarne le particelle subatomiche, in particolare gli elettroni:

notiamo che vibrano e generano, nel loro insieme, una “nuvola elettronica”, rimanendo comunque saldi sulla loro orbita.

Quando applichiamo una batteria al telefonino, invece, le cose cambiano, perché essa va a eccitare gli elettroni, cedendo loro quel “quanto” di energia che permette agli elettroni di effettuare “salti” su altre orbite, definite “orbite superiori”. L’energia derivante dalla batteria, che rende il telefono attivo, unitamente all’energia che serve al telefono per agganciare la cella di un ripetitore, raggiunge un certo valore che si trasmette sulla persona, o meglio, sulla testa della persona che sta

telefonando. Il trasferimento di energia si ottiene principalmente attraverso l'emissione di fotoni generati dal salto quantico degli elettroni, che compongono il telefonino, eccitati dall'emissione elettromagnetica. Il danno al DNA avviene principalmente per questa emissione continua di fotoni che irradiano la testa, in particolare le ghiandole parotidi che si trovano sotto l'orecchio e quindi a contatto diretto con il telefonino. Questi fotoni, come poi vedremo più specificatamente, presentano una "polarità levogira" in quanto originati dagli elettroni che presentano, nel loro insieme, proprio questo tipo di polarità, potenzialmente incompatibile con l'organismo umano,

quindi dannosa.

Dato che ogni singolo elettrone che si posiziona su orbite non proprie diventa instabile, esso tende a tornare sulla propria orbita e, durante questo passaggio, emette energia “fotonica” che va a influenzare l’atomo e il rapporto con le strutture sub-atomiche presenti nel nucleo (i protoni e i neutroni e, di conseguenza, i quark e i gluoni che li compongono).

Tutto questo va a generare un “*disturbo*” che può diventare un “*danno biologico al DNA*” quando il telefonino viene messo a diretto contatto con la testa dell’utente: ecco perché molti produttori di telefonini raccomandano di tenere il telefono

cellulare ad almeno 1,5-2 cm di distanza dal corpo, come si evince dalle indicazioni riportate nel foglio informativo inserito all'interno della confezione dell'apparecchiatura.

L'apparecchiatura può essere immaginata come una scatola piena di gas caldo in cui il calore viene generato dalla batteria inserita al suo interno. Il calore viene quindi sviluppato dalla batteria, che deve dare l'energia per il suo funzionamento, e maggiore è il tempo impiegato per una telefonata, maggiore è l'energia che la batteria deve cedere. Se il telefonino è in stand-by, l'energia sviluppata dalla batteria è minore; se è spento, l'energia è ancora

minore, ma non esiste lo stato di “quiete” della materia che costituisce il telefono cellulare, dato che vi è comunque la presenza della batteria!

Vediamo ora qual è il contributo che viene dato alla massa da parte dell'energia cinetica generata dalla batteria. Dato che la temperatura misura la velocità delle molecole che si agitano dentro la scatola, un gas più caldo sarà composto da molecole più veloci e, di conseguenza, muovendosi più rapidamente, sono dotate di energia cinetica maggiore, per questo in Fisica si dice che la scatola è “più massiva”. Da queste considerazioni deduciamo che *un telefonino provvisto di batteria è più massivo rispetto allo stesso*

telefonino privo di batteria o provvisto di batteria scarica, ed è ancora più massivo durante una telefonata (con un incremento sempre maggiore di massa se la durata della conversazione è più lunga). L'energia cinetica quindi aumenta con l'aumentare della durata della telefonata. Il telefonino perciò accumula energia che non può trattenere all'interno, per cui deve disperdere l'energia sulle parti a contatto: le mani e l'orecchio dell'utente. Si verifica perciò una conversione da massa in energia e l'infinitesima perdita di massa è una conseguenza diretta della "Legge di Conservazione dell'Energia". L'esempio proposto comporta trasformazioni di massa infinitesime ma

l'equivalente in energia può essere significativo. In generale, mentre i legami molecolari si rompono e si ricompongono, e mentre gli atomi si combinano con altri atomi per formare nuove molecole, l'energia si libera e la massa si riduce.

Osservando quanto sopra descritto, grazie alle ricerche del mio team nel Laboratorio "Max Planck" di Novara (laboratorio privato che è parte integrante dell'Azienda Edil Natura Srl), è stato possibile trovare la soluzione a questo problema attraverso l'elaborazione di un innovativo nanoprocessore: si tratta del "*nanoprocessore Skudo®*"

(denominato anche tecnicamente “*convertitore d’onda Geoprotex®*”), da inserirsi internamente o esternamente al telefono cellulare o su altre apparecchiature elettroniche che emettono campi elettromagnetici di bassa/media entità. *Skudo®* è in grado di modificare lo “*spin*” complessivo di rotazione dell’elettrone (*spin del “moto di rotazione” dell’elettrone intorno a se stesso e spin del “moto di rivoluzione” dell’elettrone intorno al nucleo atomico*) in modo che da prevalentemente “*levogiro*” possa avere una prevalenza di tipo “*destrogiro*”: questa modifica permette di generare, durante il salto quantico degli elettroni, dei fotoni “*destrogiri*”,

molto meno dannosi per l'organismo umano durante il contatto del fotone con il corpo dell'utente. Si può definire tutto ciò anche come un "effetto di stabilizzazione" della caoticità negativa generata dal salto quantico dell'elettrone con "spin" complessivo di tipo levogiro. Tutto ciò ha come conseguenza eclatante quella di *ridurre significativamente il danno biologico al DNA che può essere generato dall'uso del telefonino!* Naturalmente, tutto ciò è già stato dimostrato sia mediante le prove "teoriche" sia mediante le prove "pratiche", ossia seguendo la prassi utilizzata dalla Fisica "galileiana".

Il "quanto di energia" è legato alla

frequenza e alle masse, per cui maggiore è la sollecitazione esterna, maggiore è il “quanto” di energia liberato dall’elettrone eccitato e, di conseguenza, dalla materia: questo perché tutta l’energia ricevuta si trasforma in “energia fotonica”, che la materia restituisce per “dissipazione” e “irraggiamento”.

Il sistema di lavorazione, da me brevettato e poi certificato, contrasta l’effetto negativo dell’energia “trasformando” l’irraggiamento e la dissipazione in energia fondamentale innocua per l’organismo umano. In sostanza, il prodotto *Skudo*® funziona come un “filtro di stabilizzazione” e non come

sistema per la riduzione dei campi elettromagnetici artificiali, altrimenti il telefonino subirebbe delle limitazioni anche nella sua effettiva funzione: per esempio, una riduzione del sistema di collegamento telefonino/ripetitore ottenuto *quando il telefonino è parzialmente o totalmente "schermato" dal campo elettromagnetico* (per esempio utilizzando un semplice foglio di alluminio) dà come conseguenza una difficoltà maggiore nel collegamento tra "cella" del ripetitore e telefonino stesso e, paradossalmente, un'amplificazione dell'eccitazione degli elettroni. L'effetto ottenuto è simile a quello che si ottiene quando si cerca di telefonare in aree dove risulta difficoltoso raggiungere il

“segnale”, per cui la batteria del telefonino si eccita maggiormente e, di conseguenza, si “scarica” più velocemente a causa della maggiore emissione di energia. La conseguenza finale, in entrambi i casi, è che tutto ciò *porta a un maggior “danno biologico” per l’utente!*

Il superamento del problema si ottiene mediante l’utilizzo del nanoprocessore Skudo® che tende a rendere opposti i due versi di rotazione dell’elettrone (moto intorno a se stesso e moto intorno al nucleo atomico), con conseguente “spin” complessivo di tipo “destrogiro” (lo spin complessivo “levogiro”, ossia quello dannoso,

presenta lo stesso verso nei due moti dell'elettrone). Il nanoprocessore interviene con il suo "comando" nella modifica del verso di rotazione di uno dei due moti grazie "all'interferenza" con il "campo di Higgs"; in questo modo si ottiene una forte riduzione del disturbo biologico all'utente che viene altrimenti generato dall'energia trasmessa dalla batteria e dal campo elettromagnetico del telefonino. In seguito il Lettore avrà modo di approfondire ulteriormente questa parte, specialmente nel Paragrafo 7.8 di questo Capitolo.

Per osservare la funzione del nanoprocessore Skudo®), è sufficiente

uno “spettrofotometro”: si tratta di un apparecchio in grado di “vedere”, anche se in modo indiretto, gli effetti di un campo elettromagnetico generato, per esempio, da un telefono cellulare sulla materia.

Esiste anche un metodo diretto di “osservazione”, che comporta l’impiego di una strumentazione molto sofisticata presente nei centri ospedalieri più attrezzati: si tratta della PET con utilizzo del liquido di contrasto, che permette di evidenziare il quantitativo di glucosio presente nel cervello. I risultati ottenuti sono consultabili anche su Internet (riferimento: studio del National Institute of Health di Bethesda, USA, pubblicato nel 2011 su *Jama* – Journal

of the American Medical Association). I risultati ottenuti dimostrano che, durante una telefonata, si ha in corrispondenza della parte del cervello più vicina alla posizione del telefonino un aumento abnorme di glucosio (unico alimento di cui si nutre il nostro Sistema Nervoso Centrale), mentre se non telefoniamo tutto questo non avviene!

Per “osservare” invece direttamente le particelle sub-atomiche, si deve ricorrere ad apparecchiature molto più sofisticate, presenti al CERN di Ginevra.

Come già accennato, la *Tecnologia Quantistica di Skudo*® è in grado di mettere gli elettroni, di cui è composto il

telefonino, nelle condizioni di ridurre notevolmente i “salti quantici” generati da elettroni con polarità “levogira”, in quanto il “comando” generato dal nanoprocessore sulla materia dove viene inserito consente di modificare, per l'appunto, l'elettrone (tecnologia “spintronica”) da prevalenza “levogira” a prevalenza “destrogira”; questa “informazione” viene trasmessa rapidamente a tutta la massa anche grazie all'intervento del “campo di Higgs”.

I *nanoprocessore*, generato direttamente durante il “ciclo di lavorazione spintronico” del prodotto di base (per esempio resina o policarbonato per quanto concerne

Skudo®), va a “informatizzare” gli atomi dell’apparecchiatura con i quali viene a contatto direttamente e, poi, tutti gli altri atomi immediatamente vengono “informatizzati” dai primi; si utilizza quindi l’effetto di *trasmissione “a cascata”*. Ecco perché, per esempio, quando si applica un nanoprocessore Skudo® su un angolino del computer, immediatamente tutta la “massa” ne assume gli “ordini”. Tale sistema è meglio definito scientificamente “*a cascata quantica*”.

Così operando, facciamo in modo che gli elettroni presenti nella materia che compone il telefonino non diventino caotici e, per quanto è possibile, tendano a essere *in equilibrio con le*

Leggi Fondamentali della Natura.

Tutte le fasi di produzione dei sistemi di protezione che prevedono l'impiego dei metodi più avanzati della Fisica Quantistica sono stati da me brevettati a livello internazionale e certificati da importanti Enti di Ricerca Universitari.

Questo è un esempio di come la nanotecnologia applicata alla Fisica delle Particelle possa contribuire ad aiutare l'Umanità!

Applicando il nanoprocessore Skudo® al telefonino, il danno al DNA si riduce considerevolmente, come dimostrato attraverso prove in vitro e in vivo, poiché il sistema tende a

“stabilizzare” gli elettroni, in parte riducendone l’eccitazione che porta al “salto quantico”, e in parte rendendo “compatibile” l’emissione fotonica ottenuta dal salto quantico degli elettroni, comunque eccitati, con il nostro organismo (emissione fotonica generata da spin destrogiro). Tutto ciò consente di ottenere anche una riduzione “termica”, ossia del calore, che il telefonino “scarica” sulla testa dell’utente durante una conversazione, come verificato attraverso prove “teletermografiche”. In ogni caso, l’energia globale del telefonino non si modifica, poiché non si modificano né il campo elettromagnetico né la frequenza.

Dopo la telefonata, l'apparecchio risulta ancora caldo, ma si raffredda rapidamente dato che il calore assorbito viene dissipato nell'ambiente; nel complesso, l'energia globale non si modifica ma, prendendo ogni singolo elemento separatamente, l'energia varia poiché la velocità v non è nulla ed è valida la formula completa nel rapporto massa ed energia, che è:

$$E = m c^2 / \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Riassumendo, con l'applicazione del *nanoprocessore Skudo*® sul telefonino, si ottengono sugli atomi che lo compongono le seguenti modifiche, con conseguente beneficio per l'utente:

riduzione dei “salti quantici” degli elettroni generati dalla loro polarità levogira (potenzialmente dannosa per l’organismo), compensati dal “trasferimento” dell’energia sugli elettroni con polarità destrogira (con emissione fotonica “destrogira”, quindi non potenzialmente dannosa per l’organismo); “stabilizzazione” della “caoticità” degli elettroni con conseguente riduzione del danno biologico al DNA, come confermato dal Dipartimento di Sanità Pubblica dell’Università di Perugia e dalla Società “Boureau Veritas” di Buffalo (USA).

La probabilità di trovare un elettrone

di un atomo in una precisa posizione dello spazio intorno al nucleo viene descritta dalla Funzione d'Onda di Schrödinger che dà origine a *orbite*, come ho già descritto nella prima parte del Testo. Anche se l'osservazione degli elettroni perturba la posizione degli stessi (Principio di Indeterminazione di Heisenberg), non va a perturbare la loro collocazione sulle orbite, per cui è possibile osservare se, dopo l'applicazione del "convertitore d'onda" degli elettroni, si sono verificate variazioni vantaggiose. Per quanto concerne il nanoprocessore Skudo®, come già detto, tutto ciò è stato ampiamente verificato attraverso prove anche di tipo indiretto (sulle cellule

umane sottoposte a campo elettromagnetico emesso dal telefono cellulare) e i risultati sono stati entusiasmanti!

7.3.4 RAPPORTO LUCE-MATERIA: ESEMPI IN GENERE E CASO SPECIFICO DI UN TELEFONINO

Un telefonino privo di una batteria inserita all'interno non è in grado di emettere "luce", ma, nel momento in cui inseriamo la batteria e quindi lo attiviamo, la batteria induce il movimento frenetico degli elettroni con conseguente produzione di radiazione elettromagnetica. Con il telefonino in stand-by si ha una certa eccitazione degli elettroni, che aumenta quando il

telefonino va in trasmissione. Le onde generate dall'impulso dato dalla batteria si propagano in tutti gli atomi che formano il telefonino, incidendo su tutti gli elettroni dell'apparecchiatura stessa.

L'attività degli elettroni eccitati è simile a quella di "antenne" che ricevono ed emettono: si genera quindi uno scambio tra "luce e materia". A un certo punto, per esempio dopo una lunga telefonata, si raggiunge una situazione di stabilità dove il telefonino è al massimo di emissione elettromagnetica e di eccitazione dei suoi elettroni; in questa situazione, come aveva intuito Planck, *una volta raggiunto l'equilibrio viene rispettata la Seconda Legge della*

Termodinamica, per cui un'apparecchiatura non esplode, ma col passare del tempo vince il "disordine" atomico. Nei solidi, come nel caso specifico del telefonino, gli atomi hanno poca libertà, dato che i loro movimenti sono limitati dall'interazione elettromagnetica che li lega tra loro. Questa influenza reciproca introduce un "fattore di complessità", cosa che è assente per esempio nei gas, dove le molecole possono essere considerate quasi indipendenti. Nei solidi, come pure nei liquidi, la singola porzione di materia non solo risponde alla luce, ma mantiene un intenso rapporto con il resto della materia appartenente allo stesso solido.

Si è già detto che, quando sono eccitati, gli elettroni saltano da un'orbita a un'altra emettendo fotoni; riprendendo quanto aveva già individuato Bohr, i "quanti" dell'apparecchiatura (per esempio il telefonino) sono il prodotto degli incessanti salti su e giù degli elettroni, sulla scala energetica che sostiene il reticolo degli atomi che compongono la materia stessa che costituisce il telefono cellulare.

Dato che le orbite sono molto piccole, là dove gli elettroni vanno a gravitare rispetto ai rispettivi nuclei atomici, gli stessi elettroni hanno un'offerta illimitata di salti, molto piccoli o più grandi, con la conseguenza di generare fotoni di innumerevoli

frequenze e finendo così per dare allo spettro elettromagnetico un aspetto di continuità.

L'energia di un'orbita dove è posizionato un elettrone può essere calcolata in termini di numeri interi. Bohr, infatti, con una semplice serie di calcoli, ottenne un'espressione per *l'energia di ogni orbita*, indicando con il numero intero n il *primo numero quantico*:

$$E_n = - \frac{2 \pi^2 m e^4 K_C^2}{n^2 h^2} = - \frac{K}{n^2}$$

dove:

m = massa dell'elettrone

e = carica elettrica dell'elettrone

KC = costante di proporzionalità
della legge di Coulomb

\hbar = costante di Planck

Il segno meno, presente nell'equazione, implica che *l'elettrone possiede meno energia quando si muove sull'orbita che si trova più vicina al nucleo atomico e abbia quindi la massima energia quando è in libertà.* Quando vi è un impulso esterno (per es. la batteria del telefonino), ogni singolo elettrone si mette in moto e si allontana dal nucleo. Come si può evincere dall'Equazione di Bohr, minore è n e minore è l'energia impressa all'elettrone (con il telefono in trasmissione, n ha un valore molto più elevato rispetto a quando il telefonino è in stand-by). Lo

“stato fondamentale dell’elettrone” corrisponde a $n=1$. Più le orbite sono lontane dal nucleo e maggiori sono le loro energie.

Immaginiamo le orbite intorno al nucleo come cerchi concentrici e consideriamo il raggio di un’orbita come la distanza tra l’orbita e quella fondamentale: partendo da queste considerazioni e sottraendo i valori di energia per due raggi differenti, Bohr ottenne la *formula di Balmer* (matematico svizzero) grazie alla quale poté calcolare *le lunghezze d’onda dei fotoni presenti in un salto*

quantico da un'orbita esterna all'orbita fondamentale.

La formula di Balmer è la seguente:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2} \right)$$

dove:

n = numero intero quantico che soddisfa la condizione $n > 2$

R = Costante di Rydberg con valore $R = 1,097 \cdot 10^7 \cdot m^{-1}$

In questo caso ci riferiamo all'atomo di idrogeno, ma analogamente possiamo applicare questa formula agli atomi di un

solido come un'apparecchiatura elettronica (per esempio il telefonino), introducendo nell'equazione di Balmer i valori di n superiori a 2, ossia 3, 4, 5, 6, ecc.

La *struttura matematica della frequenza fotonica* è stata quindi decifrata da *Bohr* che, attraverso la sua equazione, diede per primo un supporto scientifico chiaro per spiegare “come” la materia scambi energia con la luce. Bohr riuscì a dedurre il valore della *Costante di Rydberg* (R) dalle costanti fondamentali della Fisica Quantistica: la massa e la carica dell'elettrone o la stessa velocità

della luce. L'espressione di Bohr era più completa rispetto a quella di Rydberg, dato che permetteva di ricavare la lunghezza d'onda di qualsiasi transizione e tra qualunque orbita. La frequenza del fotone che viene emesso dall'elettrone quando scende da un'orbita a quella più vicina al nucleo atomico, dipende dalla grandezza del livello energetico; più il livello energetico è alto (l'orbita è più distante dal nucleo) e maggiore è l'energia del fotone, in quanto maggiore è la frequenza.

In seguito il fisico Arnold Sommerfeld riprese la Teoria di Bohr, la approfondì e propose un

modello valido anche oggi, denominato “*modello di Sommerfeld*”, in cui le orbite degli elettroni possono essere circolari o ellittiche; il numero quantico n presente nell’Equazione di Bohr è in relazione con la dimensione delle orbite; m significa l’inclinazione delle orbite ellittiche e j l’appiattimento e la forma delle orbite ellittiche. C’è da dire comunque che, nonostante gli approfondimenti di Sommerfeld sulle orbite, l’Equazione di Bohr ha mantenuto inalterata la sua validità.

Capisco bene che l'argomento "salto quantico" possa suscitare nel Lettore diversi interrogativi e diverse curiosità. Proprio per cercare di soddisfare alcune di queste domande possibili, ho pensato di dedicare in questo Capitolo un Paragrafo apposito (Paragrafo 7.8) che raccoglie tra l'altro approfondimenti sulla "Tecnologia Quantistica applicata alla Particella di Dio", da cui prende il nome il presente Testo!

Può essere utile intanto soffermarsi su alcune riflessioni che ci permettono di avere una visione più chiara dell'argomento.

Se la luce può comportarsi a livello atomico come una particella (il fotone),

le altre particelle corpuscolari possono comportarsi come onde?

A questa domanda rispose per primo, già nel 1923, Maurice de Broglie che dimostrò come gli elettroni, considerati come particelle, possono essere considerati anche come onde; quando un elettrone viaggia libero nello spazio, a esso può essere associata una lunghezza d'onda $\lambda = \hbar p$, dove λ rappresenta la lunghezza d'onda, \hbar rappresenta la Costante di Planck e p rappresenta il "momento" dell'elettrone, ossia una grandezza fisica definita come il prodotto della massa m dell'elettrone per la sua velocità v ($p = mv$). De Broglie successivamente dimostrò la sua tesi

anche a livello sperimentale, scagliando contro una superficie in cristallo elettroni con una lunghezza d'onda associata avente dimensioni simili alle distanze tra gli atomi di un solido (circa 10^{-10} m); egli osservò che sulla parte opposta si era manifestato uno schema di "interferenza". *L'interferenza a livello atomico dimostra proprio la natura ondulatoria degli elettroni e di qualsiasi altra entità.* Osservando l'Equazione di de Broglie ($\lambda = \hbar p$), si può notare come essa leghi il mondo corpuscolare con quello ondulatorio, dato che λ rappresenta una grandezza ondulatoria, mentre p è una grandezza corpuscolare.

Un'altra riflessione utile potrebbe essere la seguente:

Le particelle che costituiscono un solido, sollecitate da un'azione esterna (per esempio dalla batteria di un telefonino o dalla corrente elettrica) possono essere modificate nella velocità e, quindi, nella loro lunghezza d'onda?

La risposta è affermativa: nel 1926 il fisico Schrödinger dimostrò tutto ciò grazie a un'equazione che ha permesso di calcolare la dinamica delle onde associata agli elettroni.

7.3.5 RAFFIGURAZIONE

DELL'ORBITA DI UN ELETTRONE

Partendo da un atomo molto semplice, l'idrogeno (composto da un protone e un elettrone), e ricordando che, grazie alla Legge della Relatività di Einstein ($E=mc^2$), l'elettronvolt si converte in massa dividendo per c^2 , si calcola che l'idrogeno ha una massa minima di $13,6 eV/c^2$ (l'abbreviazione di elettronvolt è eV) diminuita dalla somma della massa del suo protone ($938272013 eV/c^2$) e dell'elettrone ($510998 eV/c^2$). Lasciando il fattore c^2 dentro le unità, l'energia immagazzinata da un protone a riposo si può calcolare molto velocemente, dato che l'energia è data dal prodotto della massa per c^2 , per cui

l'energia del protone è 938372013 eV .

Come si può osservare, la massa dell'atomo di idrogeno è minore della somma delle masse delle sue particelle componenti (protone ed elettrone): questo trova spiegazione nel fatto che *l'atomo si comporta come un "accumulatore di energia"*; l'energia in eccesso, che prende il nome di "energia di legame", è un'energia forte in grado di tenere insieme le particelle all'interno degli atomi (quark), alimentando la forza di coesione interna (gluone, nome di origine dalla parole *glue*, che in inglese vuol dire, per l'appunto, colla).

La Teoria Quantistica indica che, in

base alla massa, l'elettrone occupa un'orbita diversa, più o meno lontana rispetto al nucleo. Diciamo che l'elettrone gravita su un'orbita più vicina al nucleo se la sua massa è minore. Nel caso dell'atomo di idrogeno, esso possiede un solo elettrone: esso gravita intorno al protone su un'orbita definita e si trova nello *stato fondamentale*.

Se aggiungiamo l'esatta quantità di energia necessaria, l'elettrone salta nell'orbita successiva e l'atomo diventa un po' più pesante, semplicemente per via dell'energia aggiunta.

Per il calcolo della massa a livello quantistico, si può utilizzare l'Equazione

d'Onda di Schrödinger. Un atomo di idrogeno, nello stato di massa prossimo a quello minimo, a un certo punto decade spontaneamente nello stato più leggero come conseguenza del cambio di orbita dell'elettrone. L'energia in eccesso è portata via da un *fotone* (nell'idrogeno l'energia portata via dal fotone è pari a 13,6 eV meno 10,2 eV, ossia 3,4 eV). È possibile anche il processo inverso: il fotone può essere assorbito dall'atomo che salta in uno stato a massa maggiore, perché l'energia assorbita manda l'elettrone su un'orbita più larga (questo si verifica quando giunge un'energia esterna, come nel caso della batteria che cede energia agli atomi del telefonino). Il sistema più noto

per fornire energia agli atomi è quello di scaldarli, causando il “salto dell’elettrone” su un’orbita più alta (o più larga) e una seguente ricaduta con l’emissione di un fotone. Tali fotoni trasportano un’energia che è esattamente uguale alla differenza del livello energetico delle due orbite, per cui, conosciute le orbite, si ha un accesso diretto alla struttura della materia.

Pensiamo ora di avvicinare due atomi di idrogeno: osserviamo che, nonostante entrambi possiedano un protone nel nucleo, e quindi una carica positiva, non si verifica tra essi una repulsione. Tutto ciò viene superato dall’attrazione che si ha da parte dell’elettrone dell’uno verso

il protone dell'altro, ottenendo un risultato ottimale in cui gli atomi sono legati e formano la molecola di idrogeno. Lo stesso avviene per tutti gli altri atomi. Quindi è *la forza elettromagnetica che tiene insieme gli atomi ed è quindi responsabile dei legami tra atomi e molecole.*

L'energia presente all'interno del nucleo di un atomo è veramente grande. Se prendessimo due protoni senza elettroni intorno e cercassimo di avvicinarli, essi cercherebbero di allontanarsi dato che hanno entrambi carica positiva. Se forzassimo la cosa e usassimo un sistema per avvicinarli comunque, scagliandoli magari l'uno

contro l'altro a grande velocità, la forza di repulsione tra i protoni diventerebbe sempre più intensa al loro avvicinarsi: essa raddoppierebbe al dimezzare della distanza. Tutto ciò è dovuto alle “*forze nucleari forti*”.

Quando i protoni arrivano quasi a toccarsi, ogni tanto succede qualcosa di inspiegabile: uno dei due protoni si trasforma spontaneamente in un neutrone e l'eccesso di carica elettrica positiva (il neutrone è elettricamente neutro) è rimosso da una particella chiamata *positrone*. I positroni sono uguali agli elettroni tranne che per la carica elettrica. Viene emessa anche un'altra particella, chiamata *neutrino*. Mentre il protone e il neutrone hanno masse simili,

l'elettrone e il neutrino sono molto più leggeri e si allontanano dal protone e dal neutrone. In laboratorio è possibile riprodurre tale fenomeno. Un protone e un neutrone così legati formano un *deutone*, mentre il processo che trasforma il protone in un neutrone con emissione di positrone si chiama *decadimento radioattivo beta*. Mettere insieme in modo forzato due protoni per fare un deutone è quindi un modo per liberare l'energia collegata alla forza forte ed è un esempio di fusione nucleare. Infatti, il termine "*fusione*" si usa per descrivere un processo che rilascia energia fondendo insieme due o più nuclei. L'energia rilasciata da una reazione nucleare (MeV =

megaelettronvolt) è mediamente un milione di volte superiore a quella liberata da una reazione chimica (eV). È bene ricordare che la fusione nucleare “calda” è possibile con temperature di almeno un milione di gradi (in natura ciò si verifica nel cuore delle stelle). Già alla temperatura di 10000 gradi, gli elettroni vengono strappati dall’orbita dei nuclei, creando un gas di protoni ed elettroni chiamato *plasma*. In questo caso gli elettroni e i protoni separati vanno a collassare per gravità e in modo sempre più rapido.

7.3.6 ULTERIORE CONSIDERAZIONE

Riprendendo l’esempio pratico di un

telefonino, la batteria ha energie variabili in base alla caratteristica dell'apparecchio (sicuramente è almeno di 3 Volt, per esempio il mio telefonino personale ha indicato sulla batteria 3,7 Volt); in virtù di quanto sopra riportato, *la batteria si comporta come un piccolo "acceleratore di particelle" che può fornire almeno 3 elettronvolt di energia agli elettroni che costituiscono gli atomi del telefonino.*

Questo fa sì che gli elettroni diventino "caotici" e continuino a effettuare "salti quantici" su altre orbite.

Infatti, l'elettrone, quando è molto vicino al nucleo e si trova perciò sull'orbita "fondamentale", è molto influenzato dalla carica dei protoni, in

presenza di forze elettromagnetiche che simulano la forza di gravità con le quali noi siamo attaccati alla Terra; quando però vi è una forza esterna che eccita gli elettroni di un'apparecchiatura che emette campi elettromagnetici (nel caso di un telefono cellulare la presenza della batteria inserita all'interno dello stesso), essi ricevono una "spinta" di energia che li fa passare su altre orbite, più distanti dai protoni, vincendo l'attrazione protone-elettrone, fino a raggiungere il livello più esterno delle orbite del proprio atomo (ciò è definito "salto quantico" per Bohr e "transizione quantica vibrazionale" per Schrödinger). Dato che tutti gli atomi dell'apparecchiatura sono eccitati,

anche se in modo più o meno differente (quelli più vicini alla batteria sono eccitati maggiormente rispetto a quelli più lontani), ecco che gli elettroni sono sempre più vicini tra loro; avendo tutti carica elettrica negativa, tra essi si manifesta una forza repulsiva, e allora si ha un'instabilità sempre maggiore, per cui l'energia ricevuta viene "restituita" sotto forma di "fotoni", quando ritornano nella loro orbita nella quale sono attratti anche dai propri protoni (di carica positiva). Questa emissione fotonica, generata dagli elettroni, viaggia con una velocità prossima a quella della luce e si irradia in tutte le direzioni, anche se l'energia si riduce naturalmente con il quadrato della distanza. Questa energia

quindi va a irraggiare principalmente tutto quello che è a contatto con la materia (nel caso pratico del telefonino la mano dell'utente e la parte della testa a contatto con l'apparecchiatura) e tutto ciò va a generare, in molti casi, un danno biologico nell'area della testa a contatto. È stato già ampiamente dimostrato, anche con esperimenti "in vitro", che il danno al DNA viene notevolmente ridotto quando vengono applicati all'apparecchiatura gli appositi *nanoprocessori Skudo*®, in grado di interferire sull'eccitazione degli elettroni con polarità "levogira", in quanto tale "eccitazione" è una responsabile primaria del danno biologico.

7.3.7 RICAPITOLANDO

Skudo®, in sintesi, permette di ristabilire negli atomi una “*nuvola elettronica ordinata*”, condizione che si ha, generalmente, all’interno degli atomi della materia quando non vi è un’eccitazione esterna o quando i fotoni di emissione sono generati dagli elettroni con polarità “destrogiro”, ossia quelli compatibili con l’organismo umano.

La “*nuvola elettronica ordinata*” riesce a fare da “*onda pilota*”, per cui, attraverso un fenomeno di “*interferenza*”, trasmette agli altri atomi vicini questo suo ordine; in poche frazioni di secondo, “l’ordine” si trasmette a tutta l’apparecchiatura, ossia

a tutta la massa, senza alcuna modifica del campo elettromagnetico effettivo, altrimenti avremmo delle modifiche nella trasmissione-ricezione di un segnale e, nel caso di un telefonino, esso non funzionerebbe!

Per ottenere ciò, Skudo® emette un “*segnale pulsato*” a livello “quantistico”, in grado di “*interferire*” con gli elettroni che costituiscono il telefonino, naturalmente con i protoni e i neutroni del singolo nucleo atomico e con tutti i nuclei atomici che costituiscono l’apparecchiatura. L’interferenza porta gli elettroni a *modificare il proprio “spin” magnetico*, se complessivamente levogiro. Gli elettroni così opporranno

resistenza nel passare dall'orbita propria a un'altra orbita più esterna, riducendo di conseguenza il “salto quantico” e ciò grazie al fatto che i due moti (rotazione e rivoluzione) dell'elettrone non hanno più lo stesso verso (polarità destrogira) e la conseguente emissione di *fotoni* non è più in grado di *danneggiare il DNA*. La maggior “resistenza” degli elettroni al salto quantico è dovuta alla ridotta interazione con la “forza debole”, che interviene principalmente quando lo “spin” degli elettroni è di tipo levogiro.

Skudo® si comporta come un mezzo di “informazione” per gli atomi che costituiscono la materia: “diretto” nel preciso punto dove si attacca, e

“indiretto” per il resto della massa. Tale mezzo di “informazione” si attiva grazie alla presenza del campo elettromagnetico artificiale, generato dalla corrente elettrica o dalla semplice batteria di un cellulare.

Il nanoprocessore *Skudo*® è prodotto attraverso un particolare “*ciclo di lavorazione*” il cui processo è stato brevettato dalla società produttrice, Edil Natura Srl di Novara. Tale processo di lavorazione è definito, per gli addetti ai lavori, di tipo “*spintronico*”.

Per la produzione vengono utilizzate strumentazioni complesse come il laser che opera in TheraHertz (il “Laser Quantico” o similare) e uno speciale

generatore di impulsi elettromagnetici in media e alta frequenza. Tutte le apparecchiature operano in un'area "protetta", all'interno di una "camera speciale" dove non è consentita alcuna interferenza con l'esterno, specialmente con campi elettromagnetici artificiali e radiazioni naturali; il processo di lavorazione è automatizzato, visto che è molto rischioso per l'operatore rimanere all'interno dell'area durante la fase di lavorazione "spintronica". *Il "processo di lavorazione" dei prodotti Skudo® , come anche quello dei prodotti Geoprotex®, è stato brevettato a livello internazionale e il funzionamento dei prodotti è stato verificato presso gli Enti di Ricerca più*

accreditati scientificamente, non solo in Italia ma anche negli Stati Uniti d'America.

Come già detto, grazie a questo complesso processo di produzione è nato il *nanoprocessore Skudo®*, in grado di ridurre significativamente i danni biologici generati da un telefono cellulare, perché in grado di “stabilizzare” gli elettroni eccitati dall’impulso della batteria presente all’interno del telefonino, grazie alla sua peculiare caratteristica di convertire l’onda generata dallo “spin” degli elettroni da prevalentemente “levogira” a prevalentemente “destrogiro”.

Il sistema di lavorazione si propone

di modificare lo “spin” degli elettroni per un ben preciso motivo: *sapendo che l'interazione debole si accoppia esclusivamente alle particelle sinistrorse, se andiamo a modificare lo spin delle particelle sinistrorse rendendole destrorse non si ha accoppiamento con l'interazione debole e questo comporta una riduzione nella spinta degli elettroni su altre orbite in presenza di sollecitazioni del campo elettromagnetico.*

Dal 2014 il prodotto è presente in commercio anche con il marchio Skudo® wave (base in resina, di forma circolare e con logo personalizzato). Questo

prodotto è in uso anche nel settore sportivo con i loghi delle più prestigiose squadre di calcio e in altri sport. In ogni caso, per non generare confusione sul mercato, dato che la tecnologia applicata è la stessa dei prodotti Skudo® per telefoni cellulari, sul bordo inferiore del prodotto è impressa la dicitura “Certificato Geoprotex®” che garantisce l’efficacia del prodotto nel ridurre notevolmente il danno al DNA che si può generare durante una telefonata, come del resto è stato ampiamente verificato e certificato.

7.4 APPLICAZIONE QUANTISTICA DELLA NANOTECNOLOGIA SKUDO® SUI CEROTTI MEDICALI

Tra i prodotti che ho brevettato, bisogna ricordare i *Cerotti Skudo®*. I Cerotti Skudo® hanno un processo di produzione differente sia dal nanoprocessore Skudo®, usato principalmente per telefonini, sia dagli altri prodotti contrassegnati con il marchio Geoprotex®. Il ciclo di produzione dei cerotti è differente dato che possono essere applicati

direttamente a contatto con la pelle, senza tuttavia essere transdermici. I cerotti sono costituiti da un materiale che protegge dai campi elettromagnetici artificiali le “micro-aree” della pelle, dove esso viene applicato.

Il prodotto permette di proteggere piccole aree del corpo sulle quali è stato riscontrato un accumulo di radiazione (di origine naturale o artificiale) da agenti esterni, che potrebbe disturbare o rendere più lunghi i tempi per la “decontaminazione”. Tra gli agenti più nocivi ai fini della decontaminazione ci sono i campi elettromagnetici artificiali, a cui tutti più o meno siamo costantemente sottoposti. Per ottenere questo effetto “schermante”, i cerotti non

debbono essere imbibiti di sostanze particolari e pertanto non debbono comportarsi come comuni cerotti transdermici.

Alcuni professionisti nel settore della medicina tradizionale cinese hanno verificato effetti positivi sui loro pazienti con conseguente equilibrio energetico applicando i Cerotti Skudo® in alcuni punti del corpo come, per esempio, i “punti energetici” di agopuntura.

I Cerotti Skudo® sono stati testati ampiamente da operatori sanitari esperti in agopuntura cinese e hanno verificato e accertato che, applicati direttamente sulla pelle dei propri pazienti, in

corrispondenza di determinati punti energetici dei meridiani del corpo, hanno di conseguenza posto in equilibrio energetico tutti i meridiani in pochi secondi con un netto riscontro dei parametri organici che prima erano in deficit energetico. Tutto ciò grazie anche all'interazione con i recettori endogeni dell'organismo umano. Anche i farmaci interagiscono con i recettori ma, a differenza della stimolazione naturale da parte dei meridiani stessi del corpo, la stimolazione è forzata. I "recettori" sono costituiti da componenti della membrana cellulare, da enzimi, da proteine e interagiscono in modo chimico-fisico tra lo "stimolatore" e specifici siti della proteina. Il farmaco agisce prettamente a

livello chimico, mentre i “segnali endogeni” dei meridiani prettamente a livello fisico e senza controindicazioni! L’interazione tra il Cerotto Skudo® e il punto specifico del meridiano (in particolar modo la combinazione del punto CV6 – vaso concezione 6 –, del punto CV17 – vaso concezione 17 – e GV3 – vaso governatore 3 –) apporta una risposta positiva di interazione che può dare un immediato effetto fisiologico (per esempio, stimolando il recettore oppioide per il dolore) attraverso l’apertura di un “canale ionico” oppure una serie di eventi biochimici che portano al rilascio di “secondi messaggeri” che, a loro volta, promuovono una nuova sequenza di

eventi biochimici che generano un'appropriata risposta biologica. Tale interazione “cerotto-meridiano-recettore” è di tipo elettrostatico e quindi non determina “legami covalenti” (di tipo irreversibile, come nel caso di alcuni farmaci, per esempio quelli antitumorali) per cui sono privi di controindicazioni al punto che il corpo stesso “sceglie” se e quanto occorre una stimolazione di determinati recettori per un fabbisogno organico, per cui tutto ciò porta a una “stabilizzazione” di “eccesso/difetto” di una determinata componente stimolata dallo specifico recettore (ormoni steroidei, ormoni della tiroide, vitamina D, neurotrasmettitori, insulina e fattori di

crescita, segnalatori Redox, ecc.).

Di seguito riporto alcuni risultati ottenuti con l'applicazione dei Cerotti Skudo® utilizzandoli per un mese consecutivo seguendo le indicazioni riportate nelle indicazioni consigliate dagli operatori sanitari che li hanno prima sperimentati e poi adottati con continuità (sono Dispositivi Medici di Classe I e, perciò, privi di controindicazioni):

- 1) buon livello delle difese immunitarie
- 2) bassa condizione infiammatoria e riduzione dolori;
- 3) effetto depurativo e disintossicante costante;

- 4) buon livello energetico;
- 5) stabilizzazione della pressione arteriosa;
- 6) assorbimento rapido di ematomi.

Inoltre, sono stati individuati casi di riduzione della glicemia nei soggetti diabetici.

Altri vantaggi dei Cerotti Skudo® sono i seguenti.

- 1) Nessuna sostanza introdotta nell'organismo, quindi nessun problema di intolleranza, allergia o difetti di dosaggio.
- 2) Nessun rischio di assuefazione perché gli antiossidanti sono autoprodotti a seconda delle necessità personali. Tra tutti i

segnali che il rapporto “cerotto-meridiano” mette a disposizione, ogni organismo manderà in risonanza quelli di cui ha bisogno, espellendo poi in modo naturale la quantità non utilizzata.

- 3) Certezza di avere a disposizione in ogni momento l'esatto principio attivo di cui si ha bisogno per l'ottimizzazione del proprio benessere.
- 4) Nessun rischio di effetto collaterale.

DIFFERENTE EFFICACIA DEI CEROTTI SKUDO®

- 1) Applicati direttamente sulla pelle e su persona che non presenti

stress da radiazione naturale di tipo gamma (vedi Paragrafo 7.6): efficacia fino al 100%.

- 2) Applicati non direttamente sulla pelle ma su un indumento a contatto con essa (per esempio, un indumento intimo), sempre su persona che non presenti stress da radiazione naturale di tipo gamma: riduzione dell'efficacia di circa il 20%.

Se la persona presenta stress da radiazione naturale di tipo gamma l'efficacia dei Cerotti Skudo® può subire un'ulteriore riduzione a causa dello stress ossidativo permanente che la persona riceve tutte le notti, nel caso

in cui il letto sia posizionato in corrispondenza di radiazioni naturali di tipo gamma “polarizzate”. Quindi per ottenere buoni risultati complessivi si consiglia di utilizzare la posologia riportata nell’applicazione dei Cerotti Skudo® in associazione allo schermo antiradiazioni Geoprotex®, in grado di proteggere dalle pericolose radiazioni gamma “polarizzate” provenienti dal sottosuolo (vedi Paragrafo 7.6).

Per maggiori informazioni sul prodotto, consiglio al Lettore di visitare il sito www.cerottiskudo.it

7.5 L'EFFETTO TRIBOELETTICO

L'effetto triboelettrico è un fenomeno che consiste nel trasferimento di cariche elettriche con conseguente generazione di una tensione tra materiali diversi (di cui almeno uno isolante), quando vengono strofinati tra loro. Il trasferimento di elettroni da un materiale a un altro non avviene tuttavia solo per strofinio: il trasferimento di elettroni da un materiale a un altro avviene anche per semplice contatto. Quando per esempio srotoliamo del nastro adesivo in cellulosa e quindi allontaniamo la striscia di cellulosa dalla colla, nel distacco si ha trasferimento di elettroni

dalla colla al nastro: la colla si carica positivamente, il nastro sottostante negativamente. I potenziali elettrici che si generano sono nell'ordine delle decine di chilovolt (kV), fattore importante per Skudo® , sia nel settore dell'elettronica sia nel settore medicale: l'attivazione dei Cerotti Skudo® e del convertitore d'onda Skudo® per telefonini si attua infatti tramite l'adesione del prodotto all'area da proteggere.

L'effetto triboelettrico si ottiene, per Skudo®, quando il prodotto viene incollato e tale processo attiva il prodotto in modo permanente.

È importante perciò ricordare che *i*

prodotti Skudo® diventano attivi al 100% solo se vengono incollati, altrimenti, se solo appoggiati, la loro attività risulta ridotta.

Ciò vale sia per quanto concerne i nanoprocessori Skudo®, utilizzati in particolar modo nel settore dell'elettronica, sia per quanto concerne i Cerotti Skudo®.

7.6 LE VERIFICHE IN AMBITO SANITARIO E AMBIENTALE: LE RADIAZIONI NATURALI DI TIPO GAMMA

7.6.1 LO SPETTROMETRO

NUCLEARE ATOMTEX:

CARATTERISTICHE GENERALI

Lo *spettrometro nucleare Atomtex* è uno strumento di ricerca e verifica che utilizzo frequentemente, poiché si presta molto bene per “indagare” sul fenomeno delle radiazioni ionizzanti di tipo gamma, che rappresentano un campo di

indagine importante, ai fini dello sviluppo dei sistemi di protezione individuati con il marchio Geoprotex®.

Lo spettrometro utilizza un potente sensore per la rilevazione delle radiazioni ionizzanti di tipo gamma, in grado di captare anche piccolissime dosi di radioattività sia nell'ambiente (per esempio indagando le radiazioni gamma provenienti dal sottosuolo), sia in ambito medico (per esempio verificando l'accumulo di radiazione gamma eventualmente presente su micro o macro-aree del corpo di un paziente). In ambito medico, la verifica può essere effettuata sulla persona posizionata in piedi (anche vestita); *tale metodo di*

controllo, per nulla invasivo (può essere effettuato anche su una donna in gravidanza), *contribuisce al miglioramento della diagnosi precoce*, considerando che l'eventuale presenza di accumulo di radioattività naturale in una determinata parte del corpo può rappresentare un significativo campanello di allarme, infatti le radiazioni gamma, come è ben risaputo, sono classificate dalla IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) di classe I, ossia sicuramente cancerogene. Nel momento in cui viene rilevata la presenza sul paziente di tali radiazioni, è bene procedere alla *“decontaminazione” da tale accumulo nel corpo*.

La “decontaminazione” è risultata un’arma vincente su pazienti affetti da patologie anche di tipo degenerativo, dato che tale “accumulo” può impedire un esito favorevole della terapia clinica adottata. Un esempio evidente a tal proposito è l’esito del lavoro clinico svolto qualche anno fa da una dottoressa dell’Istituto Nazionale dei Tumori di Milano. Profonda conoscitrice della problematica della radiazione naturale proveniente dal sottosuolo, la dottoressa aveva deciso di capire come mai la terapia clinica proposta su alcuni suoi pazienti non desse esito favorevole. I pazienti sono stati da me controllati per verificare se, in corrispondenza dell’area del corpo sofferente, fosse

presente un “accumulo di radiazione naturale” generato da fotoni gamma provenienti dal sottosuolo; avutane la conferma, abbiamo fatto utilizzare loro l’apposito “*schermo antiradiazioni Geoprotex®*” e, dopo circa un mese, in accordo con il suo staff medico, la dottoressa ha deciso di ripetere sui pazienti la stessa terapia clinica che precedentemente non dava alcun esito favorevole. Il risultato questa volta è stato molto positivo poiché le terapie hanno funzionato correttamente. Ciò dimostra che la “*protezione*” da radiazioni e la “*decontaminazione*” da esse sono passaggi indispensabili in campo medico per ottenere un netto miglioramento dello stato complessivo

di salute di un paziente, poiché favoriscono e velocizzano gli esiti positivi delle terapie mediche adottate per curare le patologie.

Il tipo di controllo, da me effettuato, assolutamente non invasivo, richiede solo un paio di minuti e sicuramente contribuisce al miglioramento della terapia clinica proposta, non solo per le malattie di tipo degenerativo, ma anche per disturbi meno gravi che tendono a cronicizzarsi.

Il metodo di verifica con lo spettrometro nucleare può essere un valido strumento anche a livello di prevenzione: se questo tipo di controllo fosse effettuato sistematicamente, il

rischio di ammalarsi si ridurrebbe, a mio avviso, notevolmente, e questo porterebbe a un risparmio di denaro sia per lo Stato, poiché la spesa sostenuta dallo Stato per la Sanità Pubblica è considerevole, sia per le persone malate.

Ad avvalorare ulteriormente la tesi che la prima vera prevenzione della nostra salute è quella di evitare di stazionare in corrispondenza di tali radiazioni in modo da ridurre il più possibile gli “accumuli” sul corpo, vi sono numerose pubblicazioni e interventi di Enti Internazionali di Ricerca. L'Accademia delle Scienze degli Stati Uniti d'America (Ente di

informazione del Governo USA in materia scientifica) asserisce che *ogni piccola dose di radiazione pone un rischio di generare il cancro* su una persona durante tutto l'arco della sua vita e conferma che *non vi è una soglia di esposizione sotto la quale bassi livelli di radiazione possano essere dimostrati innocui; quindi risulta una pericolosità delle radiazioni anche a piccole dosi.* Naturalmente, la possibilità di “verificare” rapidamente la presenza di “accumulo” sull’Uomo, e l’opportunità di “decontaminarsi” da tale accumulo, ritengo sia un fattore di prevenzione che non può rimanere “segreto” nel mondo della sanità, anche se capisco che tutto ciò potrebbe minare,

almeno in parte, il sistema economico che si regge sulla “malattia” dell’Uomo e non sulla sua “salute”!

Alcuni test di verifica sono stati da me eseguiti anche presso la Neuropsichiatria degli Ospedali Riuniti di Novara, dove alcuni soggetti “schizofrenici”, a detta del primario Prof. Torre, hanno provato uno stato di rilassamento al mattino appena alzati, dopo aver protetto i loro letti con l’apposito schermo Geoprotex®: tutti questi pazienti presentavano “accumulo” da radiazione naturale da fotoni gamma in corrispondenza della testa. La radiazione, captata dalla strumentazione, proviene dall’interno del corpo e può

essere individuata solo quando le dosi sono tali da “diffondersi” al di fuori del corpo stesso, al punto da poter essere rilevata attraverso lo spettrometro nucleare per radiazioni gamma (munito dell'apposita sonda di captazione) posto in vicinanza del corpo, quindi senza contatto diretto con il paziente.

La tecnica di “captazione” si basa sulla rilevazione dei raggi gamma tramite dei cristalli scintillatori, che hanno il compito di convertire la loro energia in fotoni di luce visibile. I deboli impulsi rilevati sono, a loro volta, trasdotti in segnali elettrici da particolari sensori estremamente sensibili. L'ultimo passo effettuato dalla strumentazione è la digitalizzazione ed

elaborazione dell'informazione, per produrre l'immagine spettrografica. Dato che la componente radioattiva è estremamente bassa, il sensore si basa su un sistema di conversione dei fotoni di luce in elettroni che, a loro volta, vengono moltiplicati un milione di volte per produrre un segnale elettrico significativo.

Tra le radiazioni naturali più significative che vengono "cattate" dallo spettrometro nucleare sul paziente, senza dubbio vi è il Potassio-40 (K40) che emette continuamente segnali gamma, presente in accumulo all'interno del corpo, come sottolineano anche Enti di Ricerca internazionali (vedi per esempio le Normative Svizzere sulle

Fonti Naturali di radioattività).

L'apparecchiatura Atomtex è conosciuta e ben consolidata in ambito scientifico in quanto utilizzata, nel settore ambientale e di ricerca, anche dall'ENEA e da alcune sedi ARPA in Italia.

La micro e la nanotecnologia piano piano si stanno facendo strada e stanno prendendo il sopravvento anche nel settore medicale. In particolar modo, la tecnologia di Geoprotex® e di Skudo® rappresenta un simbolo e un'eccellenza tutta italiana di "Tecnologia Quantistica" che ha come obiettivo primario il miglioramento della qualità della vita!

7.6.2 CARATTERISTICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Per soddisfare la curiosità del Lettore più esigente, specifico le caratteristiche tecniche dello spettrometro nucleare, che utilizzo come strumentazione per il monitoraggio delle radiazioni naturali di tipo gamma provenienti dal sottosuolo.

Strumentazione: spettrometro nucleare Atomtex Mod. AT 6101 munito di certificato di calibrazione dell'apparecchio e della sonda di riferimento (mod. BDKG 05) per la misurazione selettiva delle radiazioni gamma naturali/artificiali. La strumentazione non ha alcuna emissione

propria ma “capta” ciò che è presente nell’ambiente per cui, anche nel settore sanitario, si presta a un utilizzo senza alcuna controindicazione (può essere utilizzata anche in presenza di un bambino, una donna in gravidanza, ecc.).

Modalità d’uso - Prefase: prima di ogni utilizzo viene effettuata la stabilizzazione della strumentazione per evitare scarto di errori nella misura.

Per l’utilizzo nel settore sanitario - Prefase: prima di effettuare il rilevamento viene eliminata la componente radioattiva “di fondo” nell’ambiente (sottrazione di background), per evitare di sommare i disturbi “diretti” da quelli “indiretti”

eventualmente presenti nell'aria.

Identificazione del nuclide: il programma, inserito all'interno della strumentazione, presenta una rassegna (libreria) dei radionuclidi più comuni, sia di tipo artificiale sia di tipo naturale. Se il nuclide non è inserito all'interno dell'elenco, sullo schermo compare il simbolo "?". Sia quando si opera nel settore sanitario, ponendosi di fronte al paziente con la sonda vicino al suo corpo per rilevare l'eventuale presenza di "accumulo di radioattività" concentrata in una o più micro-aree (recepite dal sensore come "fotoni di origine gamma"), sia quando si effettua un'indagine ambientale in un'abitazione o su un terreno, ciò che interessa

maggiormente è conoscere la “dose” di radioattività che si sprigiona nel tempo e il tipo di radionuclide. Per esempio, la radiazione originata dal Polonio-210 ha, come conseguenza, l’emissione non solo di radioattività di tipo alfa e beta, ma anche di radioattività gamma, individuabile anche attraverso l’emissione di “fotoni gamma”, come è stato accertato e pubblicato, anche su riviste scientifiche, da Enti di Ricerca tra cui il Centro Transuranico Europeo per lo studio e la difesa dalle radiazioni. Vi sono comunque anche altre pericolose radiazioni naturali come il Radio-226 e il Potassio-40, che provengono dal sottosuolo, e che sono nella “libreria” (archivio interno) della

strumentazione di verifica nucleare.

Acquisizione: avviene attraverso uno spettro elettromagnetico, che può essere all'occorrenza ingrandito o rimpicciolito per l'osservazione. Lo spettro può anche essere salvato all'interno del programma installato nella strumentazione. È inoltre possibile programmare il tempo di acquisizione, anche se, nella verifica in campo sanitario, ciò non è necessario, poiché il controllo serve solo a verificare se è presente l'emissione da una o più micro-aree del corpo dei fotoni gamma (eccesso di radioattività = stress da radiazioni gamma naturale). La strumentazione, in sintesi, *non è in*

grado di effettuare una diagnosi medica, ma solo di verificare se vi è eccesso di radioattività o meno in specifiche parti del corpo; solo allora l'operatore sanitario trae le conclusioni e, in caso di conferma dello "stress fotonico gamma", adotta i rimedi per eliminare l'accumulo di radiazione presente sulla micro-area del corpo. Attraverso specifici corsi ECM, ai quali anch'io partecipo in qualità di Docente accreditato dal Ministero della Salute nel settore delle radiazioni ionizzanti e non ionizzanti, viene insegnato come affrontare professionalmente la problematica e cosa fare per risolvere il problema riscontrato.

Chi utilizza questa strumentazione:
come ho già specificato, tale strumentazione viene utilizzata anche da Enti di ricerca come l'ENEA (Ente Nazionale Energia Atomica); in Italia anche alcune ARPA (Agenzia Regionale Protezione Ambientale) sono dotate di questa utile apparecchiatura, anche se finora è stata usata prevalentemente per la verifica della radioattività nell'ambiente. È comunque una strumentazione "scientifica" valida al punto da poter essere tranquillamente utilizzata anche per effettuare perizie di tipo legale o nell'ausilio in settori di indagine ambientale, anche da parte di forze speciali militari.

Lo strumento può misurare la distribuzione energetica della radiazione gamma negli intervalli da 20 keV a 3000 keV e possiede ben 512 canali.

MISURA DELLA POLARIZZAZIONE GAMMA

Al sistema di misurazione può aggiungersi anche uno speciale polarimetro in grado quindi di discernere le radiazioni gamma naturali diffuse da quelle concentrate e “polarizzate”, concentrate quindi in micro-aree. Tali radiazioni infatti presentano un ben preciso momento angolare chiamato “spin nucleare” e indicato con il simbolo J . Un modo per misurare la polarizzazione lineare dei raggi gamma è quello di utilizzare dei

polarimetri specifici (rilevatori HPGe segmentati). Tali sistemi riescono a rilevare anche solo la radiazione gamma “polarizzata” proveniente dal sottosuolo, ma anche la componente gamma “polarizzata” emessa dal corpo umano in determinate micro-aree, a causa di accumulo eccessivo di radioattività assorbita prevalentemente durante il sonno, ossia nel caso in cui i fotoni polarizzati siano presenti in corrispondenza della posizione del letto.

Per ulteriori approfondimenti sulle misure della polarizzazione delle radiazioni gamma rimando il Lettore a Testi specifici sull’argomento e alla Tesi di Laurea indicata in Bibliografia.

7.7 APPLICAZIONE

DELLA FISICA

QUANTISTICA ALLA

TECNOLOGIA

GEOPROTEX®:

PROTEZIONE DALLE

RADIAZIONI NATURALI E

DAI CAMPI

ELETTROMAGNETICI

ARTIFICIALI

RADIAZIONE NATURALE GAMMA E SISTEMA
DI PROTEZIONE

Le radiazioni naturali provenienti dal sottosuolo sono generate dalla radioattività presente nella Terra e consistono in fotoni di “pura energia gamma” sprigionati durante il decadimento radioattivo “gamma”. Durante il percorso dal sottosuolo ai vari strati dei solai delle case, i fotoni assumono potere penetrante e superano tutti gli ostacoli, fino a quando raggiungono il prodotto di protezione Geoprotex®. Quando raggiungono lo schermo antiradiazioni, i fotoni polarizzati si diffrangono come fa un raggio laser nel momento in cui colpisce uno specchio. Tuttavia l'eccitazione a cui viene sottoposta la schermatura è maggiore, per cui bisogna trattare i

materiali di protezione in modo che presentino sulla superficie una “cristallizzazione” specifica: questa viene ottenuta attraverso il ciclo di lavorazione del prodotto, in particolare sulla componente silicea (essendo un cristallo semiconduttore), così da ottenere la “*diffrazione di Bragg*”, ottenibile per energie superiori a 80 keV, definendo “*l’effetto grafico*” attraverso la “*geometria di Laue*”.

L’efficienza della diffrazione dei raggi gamma, ottenuta grazie ai componenti presenti in Geoprotex®, è controllabile attraverso vari metodi di laboratorio, come attestato dal Dipartimento di Ingegneria Nucleare del Politecnico di Milano.

Il sistema Geoprotex® non va in nessun caso a incidere negativamente sull'utente, non avendo alcuna emissione nociva, neppure di tipo elettromagnetico. Una volta diffratta, la radiazione si distribuisce su tutto il perimetro del prodotto, per poi diffondersi dai lati dello stesso e infine ricongiungersi dopo diversi metri di altezza. Il punto in cui avviene il ricongiungimento dipende dalla superficie di base del prodotto: per una superficie di 1 m² può avvenire dopo 2 m di altezza; per una superficie di 100 m² può avvenire anche dopo 30 m di altezza (non vi è una distanza standard per il ricongiungimento della componente dispersa, ma essa è

sicuramente proporzionale all'area di base protetta con l'apposito schermo antiradiazioni). Naturalmente a bombardare lo schermo antiradiazioni non è un singolo fotone, anche perché, se così fosse, non si potrebbe diffrangere su tutto il perimetro del prodotto ma su un solo lato; il fenomeno interessa invece una pluralità di fotoni, come avviene per esempio per la luce coerente di un raggio laser o per una fiammella di una candela che, posta sotto un vassoio, vede poi diffondere i fotoni dai bordi esterni di esso.

Lo schermo antiradiazioni produce quindi una sorta di "bolla energetica" o, meglio, "bolla fotonica" che consente, a

chi staziona all'interno di quest'area, di proteggersi da alcune emissioni elettromagnetiche artificiali, come quelle di media/alta frequenza (ripetitori per telefonia, onde radio, Wi-Fi, ecc.). Appena il segnale magnetico dell'onda radio raggiunge infatti la "bolla fotonica", si converte da prevalentemente levogiro a prevalentemente destrogiro, grazie all'interferenza del fotone gamma polarizzato che riceve "l'informazione" dallo schermo in grado di operare indirettamente sugli elettroni presenti nel campo magnetico dell'onda radio. Il processo di lavorazione del prodotto, infatti, opera attraverso interferenze con il "campo di Higgs" e, di conseguenza,

interferisce con la massa degli elettroni e con il loro “spin” (momento magnetico). Come conseguenza dell’incontro tra il campo magnetico dell’onda radio e della “bolla fotonica” dello schermo antiradiazioni, vi è la riduzione della “gittata” del campo magnetico, in quanto passa da “prevalentemente levogiro” a “prevalentemente destrogiro”, meno dannoso per l’organismo umano (le motivazioni del miglioramento dell’impatto elettromagnetico sull’organismo umano sono state specificate nel Paragrafo 3 del presente Capitolo).

Il progresso scientifico ha permesso,

di recente, di utilizzare apparecchiature molto meno complesse e costose degli acceleratori, ma in grado comunque di intervenire sui materiali per effettuare modifiche a livello sub-atomico, grazie a processi definiti tecnicamente “spintronici”. È sufficiente infatti avere a disposizione una “camera speciale” e alcuni strumenti utili, come per esempio i *laser quantici*, per “accelerare” le particelle. Il sistema di produzione “spintronico” è stato adottato anche per la lavorazione dei prodotti individuati con il marchio Geoprotex® e con il marchio Skudo®.

Lo stesso principio utilizzato per la “protezione” dalle radiazioni naturali

può essere considerato anche per la “decontaminazione” di cibi, bevande, medicinali da radiazione naturale. Considerando per esempio un alimento “contaminato” da radiazione naturale, esso contiene la “vibrazione energetica” della radiazione, in grado di modificare le “nuvole elettroniche” dei prodotti; posizionando il prodotto “alterato” su Geoprotex®-Gum, il sistema protettivo tende a ripristinare immediatamente lo stato di equilibrio, andando a incidere sulla “nube elettronica” alterata, incompatibile con Geoprotex®-Gum. In pratica, la superficie del prodotto Geoprotex®-Gum presenta una “vibrazione repulsiva” delle “nuvole elettroniche radioattive” originate dal

passaggio dei “*fotoni gamma naturali*”; si verifica perciò l’opposizione energetica tra “sistema di protezione” e “prodotto contaminato”, cosicché viene data la “spinta” giusta al prodotto “contaminato” per ripristinare lo stato ottimale delle sue componenti subatomiche, così come era stato concepito dall’azienda produttrice (per esempio, nel caso di un farmaco) o da “Madre Natura” (per esempio, nel caso di un frutto).

PRINCIPALI RADIAZIONI NATURALI DEL SUOLO DI TIPO “GAMMA”

Alcune appartengono a “famiglie” radioattive originate dal Torio (^{232}Th), altre a “famiglie” radioattive originate

dall'Uranio (^{238}U).

Decadimenti che presentano componente anche “gamma” del TORIO sono: l'ATTINIO-228 (^{228}Ac), il PIOMBO-212 (^{212}Pb) e il BISMUTO-212 (^{212}Bi).

Decadimenti che presentano componente anche “gamma” dell'URANIO sono: il TORIO-234 (^{234}Th), il RADIO-226 (^{226}Ra), il PIOMBO-214 (^{214}Pb), il BISMUTO-214 (^{214}Bi), il PIOMBO-210 (^{210}Pb) e, per ultimo, il POLONIO-210 (^{210}Po); quest'ultimo, anche se ha un dosaggio “gamma” estremamente piccolo (minore di 5×10^{-5} , come riportato dal Prof. Ivan

Veronese nella Sezione di Fisica Medica), è comunque estremamente aggressivo per l'organismo umano.

I Lettori che volessero approfondire l'argomento sui radionuclidi riportati, possono consultare il volume *Radioattività Naturale* del Prof. P. Montagna, utilizzato durante i Corsi per Tecnici di Radiologia Medica.

Nell'ambiente sono presenti anche altri radionuclidi "gamma" naturali che, però, non appartengono a "famiglie" di radionuclidi ma sono "isolati". Tra questi, sicuramente il più comune presente in natura è il POTASSIO-40 (^{40}K), e, di conseguenza, è il

radionuclide maggiormente presente in “accumulo” nell’organismo umano. Infatti, è presente anche nei cibi e nell’acqua oltre che nella crosta terrestre.

Altri decadimenti “gamma” di radionuclidi “isolati” sono: il CESIO-133 (^{133}Cs) e lo STRONZIO-87 (^{87}Sr).

EFFETTI BIOLOGICI DELLA RADIAZIONE NATURALE GAMMA: ACCUMULO DI RADIOATTIVITÀ NEL CORPO

In generale, il corpo umano è una “sorgente radioattiva” di attività pari a 8000 Bequerel (Bq) di cui una buona parte è generata dal POTASSIO-40 e un’altra buona parte dal CARBONIO-14 (^{14}C), quest’ultimo non presenta però

radionuclidi “gamma”. Altri decadimenti, visti nel loro insieme, sono trascurabili come quantità. Naturalmente, tutto ciò rappresenta un “accumulo” di radioattività interna al corpo dove vi è la “sommatoria” delle radiazioni di tipo alfa, beta e gamma. In particolar modo, i decadimenti di tipo “alfa” ci sono un po’ dappertutto, in quanto presenti sia come gas (per esempio, il radon) sia come “pulviscolo” che è presente anche nell’aria. In ogni caso non rappresenterebbe il “vero” pericolo per la nostra salute, mentre le radiazioni di tipo gamma polarizzate, anche se molto meno presenti nell’ambiente rispetto ai decadimenti “alfa” e “beta”,

rappresentano proprio il vero pericolo per la nostra salute ed è su di esse che si concentra tutta l'opera di "protezione" e "decontaminazione" da tali energie, presenti anche nel corpo, per ottenere una valida prevenzione.

I *radon* è un gas radioattivo originato dall'Uranio e dal Torio. Presentandosi in natura come un "gas" e non come un radionuclide di tipo "gamma", esso non è in grado di raggiungere i piani più alti di un edificio, ma origina una componente molto pericolosa per l'organismo umano, il *Polonio*. Esso, a sua volta, origina il Piombo radioattivo (*Piombo-214*) che ha un "tempo di

dimezzamento” di solo 26,8 minuti e rappresenta una radionuclide sia di tipo “beta” sia di tipo “gamma”: questo radionuclide “gamma” rappresenta un vero pericolo per l’Uomo sia perché è in grado di penetrare anche il cemento armato, sia perché il suo “tempo di dimezzamento” è più che sufficiente per generare un rischio per la salute. Inoltre, il successivo decadimento del Piombo-214 presenta anch’esso la caratteristica di essere di tipo “beta” e “gamma”: è il *Bismuto-214* (^{214}Bi), il cui “tempo di dimezzamento” è anch’esso sufficiente per generare un problema all’Uomo (tempo $T_{1/2} = 17,9$ minuti).

La IARC (Agenzia Internazionale per

la Ricerca sul Cancro) classifica tali radiazioni ionizzanti come “sicuramente cancerogene per l’Uomo” (GRUPPO 1), indipendentemente dalla quantità di energia rilasciata e dal potere di penetrazione.

A sostegno della problematica, ancora poco conosciuta anche tra gli addetti ai lavori, riporto a seguire alcune citazioni che inducono una riflessione e ci fanno comprendere come alcune problematiche non vengono pubblicizzate, altrimenti la gente potrebbe fare una vera prevenzione e “rischiare” di ammalarsi di meno, con un conseguente danno economico alle multinazionali del farmaco e a tutto ciò

che fa da contorno.

- Riferimento Normative Svizzere “Fonti Naturali” di radioattività: *«Il Potassio-40 è presente in proporzioni definite all'interno del corpo. A causa della sua radioattività il Potassio-40 emette continuamente segnali gamma che possono essere captati da macchinari opportuni».*
- Riferimento Washington Post (29/06/2005): *«Risultati di una ricerca (dal 1990 al 2005) sull'effetto delle radiazioni ionizzanti sull'uomo. Risulta una*

pericolosità delle radiazioni anche a piccole dosi, fino a oggi sottostimata, che porta alla preoccupante affermazione che: non esiste un livello “sicuro” di radiazioni; anche basse dosi di esposizione ai raggi possono danneggiare il DNA».

- Riferimento National Academy of Science (l'Accademia delle Scienze Americana è un'organizzazione privata incaricata dal governo USA di informarlo in materia scientifica): «*Ogni piccola*

dose di radiazione pone un rischio di generare il cancro su una persona durante tutto l'arco della sua vita, e contraddice le precedenti affermazioni di alcuni scienziati che dicevano che piccole dosi sono innocue e perfino benefiche. Non esiste una soglia di esposizione sotto la quale bassi livelli di radiazione possano essere dimostrati innocui o benefici».

- Riferimento Prof. G. Galli, Direttore Emerito dell'Istituto di Medicina Nucleare dell'Università Cattolica del

Sacro Cuore di Roma: «*La dottrina più diffusa e ufficiale è quella sostenuta dall'autorevole International Commission on Radiological Protection (ICRP), che ispira la legislazione protezionistica di tutto il mondo. Una "soglia" non esiste: anche un solo evento (per esempio un fotone o una particella che determini una rottura di entrambi i filamenti che formano l'elica del DNA) può essere sufficiente a dare inizio a un tumore maligno o ad una alterazione genetica*

ereditaria».

L'energia fotonica polarizzata di tipo “gamma” concentrata in un punto del corpo è *in grado di generare ipotermia alla tiroide*. Dopo un “accumulo cronico” in una parte precisa del corpo (che presuppone uno stazionamento per anni in corrispondenza della radiazione, per esempio nella zona letto), si verifica uno “stress da radiazione naturale gamma” in corrispondenza della parte del corpo irradiata. A questo punto, lo *spettrometro nucleare Atomtex*, munito di sonde specifiche per radiazioni di tipo gamma, è in grado di rilevare la componente fotonica (particella) attraverso lo spettro elettromagnetico e

di stabilire, in linea di massima, il “tempo di accumulo” riscontrato sul corpo in base alla capacità di “captazione” della sonda: maggiore è la distanza dal corpo a cui la sonda è in grado di captare l’accumulo di radioattività, e maggiore è stato il periodo di tempo che la persona ha trascorso in corrispondenza della radiazione naturale. Definiamo “gittata di radiazione” il punto di massima distanza dal corpo in cui la strumentazione inizia a “captare” la presenza della radiazione. È bene precisare che la “*gittata di radiazione*” non identifica necessariamente la “pericolosità della radiazione”: non è detto quindi che una radiazione

percepita dalla strumentazione a una distanza di parecchi centimetri dal corpo sia sicuramente indice di grave pericolo, dato che la pericolosità della radiazione dipende anche da altri fattori quali la “potenza” del radionuclide e la zona del corpo che viene colpita (se il fotone gamma “irradiasse” la testa, risulterebbe sicuramente più pericoloso del caso in cui irradiasse una gamba). In ogni caso, le radiazioni minano le nostre “energie vitali” e quindi è meglio evitarle, anche attraverso un valido sistema di protezione!

PROCESSO DI DECONTAMINAZIONE DA RADIOATTIVITÀ NATURALE

Come già detto, il prodotto Geoprotex® è in grado di agevolare la

decontaminazione da accumulo di radiazione naturale di tipo gamma poiché va a riequilibrare le “vibrazioni energetiche” alterate dal passaggio del fotone gamma in un prodotto (per esempio: cibo, bevanda, medicinale, ecc.). La piastra antiradiazioni Geoprotex®-Gum riporta quindi il prodotto “contaminato” allo stato energetico iniziale, “stabilizzando” gli elettroni eccitati dal passaggio del fotone, grazie a un campo energetico che è in netto contrasto con l’effetto radioattivo presente nel prodotto contaminato dalla radiazione. Il prodotto Geoprotex®-Gum, che consiste in una piastra con base in gomma, è nato per favorire la “decontaminazione” rapida

dei prodotti: basta posizionare il prodotto contaminato sulla piastra per pochi secondi. La “decontaminazione” è possibile anche per il corpo umano: grazie al sistema di protezione Geoprotex® con lavorazione a trapunta, si velocizza la decontaminazione da radiazione naturale, innanzitutto perché lo schermo antiradiazioni posizionato sotto il materasso assicura una protezione del corpo per tutta la notte dalle radiazioni gamma provenienti dal sottosuolo, e poi perché garantisce un’ulteriore protezione dai campi elettromagnetici artificiali, presenti ormai in tutte le camere da letto. Gli schermi antiradiazione Geoprotex® con lavorazione “a trapunta” (Dispositivi

Medici), favoriscono la “decontaminazione” della persona colpita da “*accumulo di radiazione naturale da fotoni gamma polarizzati*” provenienti dal sottosuolo nel giro di qualche mese. La decontaminazione ottenuta tramite applicazione dello schermo è più rapida di quella ottenuta posizionando il posto letto in zona “neutra” (cioè non sottoposta all’azione di fotoni gamma provenienti dal sottosuolo), perché lo schermo protegge comunque il corpo della persona da agenti esterni che inevitabilmente finirebbero per disturbare il naturale processo di decontaminazione (vedi “campi elettromagnetici artificiali”).

Esistono comunque radiazioni naturali anche molto comuni, come per esempio il gas radon, che possono penetrare nel nostro corpo anche attraverso la sola respirazione (si tratta di un gas presente nell'aria, specialmente nei locali poco aerati e nei piani interrati), perciò è inevitabile che *tutti noi abbiamo all'interno del nostro corpo piccole dosi di radioattività naturale*. Tramite strumentazioni anche di tipo elettromedicale che possono rilevare sui tessuti della persona la presenza di radioattività, è sempre possibile rilevare una presenza seppur minima di radiazioni, *presenza che permane anche se proteggiamo il letto dai fotoni gamma*, proprio perché

l'assorbiamo mentre respiriamo. Bisogna però sottolineare che *essa non è in grado di generare "accumulo di radiazione"* concentrato in "micro-aree" del corpo, come invece si verifica quando *riceviamo per lunghi periodi e nella stessa parte del corpo (quindi principalmente dove dormiamo) dei fotoni gamma provenienti dal sottosuolo. Questo, a mio avviso, è il vero pericolo per la salute!*

VERIFICA DELLA PRESENZA DI RADIAZIONE NATURALE DI TIPO GAMMA E DI ACCUMULO NEL CORPO

Mentre le radiazioni naturali originate dai fotoni gamma polarizzati possono essere considerate "puntiformi" per la loro dimensione estremamente ridotta

(quelle provenienti dal sottosuolo hanno diametro circa inferiore al micron), quando nel sottosuolo vi è presenza di “acqua in movimento”, l’attrito della stessa con il terreno causa una radiazione con emissione di fotoni gamma, la cui origine è prevalentemente dovuta all’energia sviluppata dalla “corrente” (moto dell’acqua) e dal tipo di terreno attraversato: anche in questo caso, sebbene la potenza complessiva della radiazione sia nettamente inferiore rispetto al raggio gamma concentrato, si può comunque distinguere la sua traccia sul corpo umano. La componente di radiazione gamma originata dalla vena d’acqua sotterranea in movimento può essere considerata come un cocktail di

vari radionuclidi: generalmente, quello maggiormente presente è il *Potassio-40* (per le prove pratiche e sperimentali si rimanda alla terza edizione del mio libro *Salute dell'Habitat*, ed. Anima). Quando si effettua perciò un controllo con lo spettrometro nucleare Atomtex su un paziente (ambito medico), se la persona presenta accumulo di radiazione naturale in una ben precisa parte del corpo, questa può avere origine sia da una fonte “puntiforme”, sia da un “muro energetico” (radiazione diffusa) dovuto ad acqua in movimento: se le “tracce” delle radiazioni non sono presenti nella memoria (libreria) dell'apparecchiatura di misura, allora si può ricorrere o a strumentazioni ancora più sofisticate da

laboratorio, oppure bisognerà ricorrere a prove invasive sul tessuto biologico (per esempio, tramite la “biopsia”) per stabilire con certezza quale sia il tipo di radiazione gamma presente sulla parte del corpo in esame (Polonio-210, oppure Radio-226, oppure Potassio-40, ecc.), naturalmente operando presso laboratori di ricerca dove sono presenti apparecchiature di verifica molto complesse e costose.

CONCLUSIONE

L'efficacia dei prodotti *Geoprotex*® per la protezione dalla radiazione naturale, anche di tipo gamma, è dovuta all'*innovativo metodo di lavorazione*. I prodotti vengono prima trattati con la

Silice, poi con altre componenti come il Cuprum, la Propolis e il Muschio di Quercia in modo da ottenere le condizioni ottimali per la lavorazione del prodotto con il processo di “cristallizzazione”. Come già specificato in precedenza, la “cristallizzazione energetica” del prodotto si rende necessaria per ottenere la diffrazione dei fotoni gamma (effetto di diffrazione di Bragg). *I fotoni gamma* provenienti dal sottosuolo, prima di raggiungere lo schermo di protezione, possono essere considerati come minuscoli fasci di “concentrato energetico”, ossia energie concentrate in un punto di spessore complessivo al di sotto di un micron (un millesimo di

millimetro). Quando attraversano la materia vivente, vanno a perturbarla pur non perdendo la loro carica energetica. Quando i fotoni gamma attraversano l'organismo vivente, generano una perturbazione in grado di modificare anche lo stato molecolare, dato che la loro vibrazione elettromagnetica, attraversando le molecole, eccita gli elettroni con conseguente modifica della loro "nuvola elettronica" (salto quantico). Tale modifica può portare, come nel caso dei cibi, bevande o medicinali, *un'alterazione dello stato fisico della materia* (infatti, nel prodotto irraggiato, come per esempio un farmaco, viene alterato immediatamente l' RH_2 , ossia il valore di

ossidazione/ossidoriduzione, con conseguente alterazione del principio attivo).

Tale alterazione può essere facilmente riscontrata sia attraverso metodi “diretti” sia attraverso metodi “indiretti”.

Un *metodo diretto* può essere il controllo di un prodotto attraverso uno spettrofotometro a infrarosso con trasformata di Fourier; operando invece nel settore sanitario, la verifica su un paziente della presenza di “accumulo” di radiazione può essere effettuata attraverso un’analisi specifica del tessuto che si presume sia stato irradiato, utilizzando uno spettrometro nucleare come quello della Atomtex.

I *metodi "indiretti"* invece possono essere molteplici, dato che possono essere utilizzate apparecchiature di controllo anche di tipo elettromedicale. Questi strumenti possono rilevare infatti che le "conseguenze" biologiche associate all'accumulo di radioattività naturale anche in micro-aree del corpo e anche per brevi stazionamenti sulla radiazione, possono essere: *ipotermia tiroidea, disturbo cardiaco, riduzione della respirazione profonda (addominale), alterazione dell'equilibrio energetico, alterazione del pH della pelle, variazione della quantità di acetilcolina in corrispondenza dei polsi con conseguente riduzione del tono*

muscolare, ecc.

Approfondiremo proprio quest'ultimo interessante metodo di controllo. In corrispondenza della cosiddetta "bocca dello stomaco" esiste un "sensore" che mette in comunicazione il cervello e il polso, controllando il livello di acetilcolina (neurotrasmettitore cerebrale) che, a sua volta, regola la contrazione del muscolo che attraversa il polso, chiamato anatomicamente "estensore dell'ulna". Tale "sensore" diventa "attivo" segnalando un "pericolo" se, in corrispondenza di esso, si posiziona un prodotto (alimentare e non) precedentemente contaminato da

radiazione naturale di tipo gamma: se ciò avviene, il cervello riduce immediatamente il livello di acetilcolina in corrispondenza del polso, con conseguente riduzione del 70-80% della forza di reazione muscolare (che può essere misurata anche attraverso un elettromiografo o attraverso una “cella di carico” munita di “dinamometro”). Posizionando lo stesso prodotto su Geoprotex®, esso si decontamina immediatamente: ripetendo l’esperienza precedente, cioè collocando il prodotto in corrispondenza della “bocca dello stomaco”, il “sensore umano” non rileva più la componente radioattiva del prodotto, non crea più allarme nell’organismo, pertanto si assiste a una

normalizzazione del tono muscolare al livello del polso, dovuta a un corretto equilibrio nel rilascio dell'acetilcolina.

Mentre per un prodotto “irradiato”, posizionato su sistema di protezione Geoprotex®, i tempi di “decontaminazione” sono molto brevi, per una persona i tempi sono molto più lunghi (in media qualche mese); c'è da dire, però, che anche i tempi di “contaminazione” sono differenti: per un prodotto bastano pochi secondi, mentre per una persona possono volerci anni prima che la componente radioattiva causi un “accumulo di radiazione” in una parte del corpo colpita (quanto basta da poter essere rilevata anche esternamente

rispetto al corpo fisico della persona, per mezzo dello spettrometro nucleare o attraverso altri sistemi di verifica e controllo). L'uomo infatti è dotato di propri "sistemi di riparazione" in grado di compensare i disturbi causati da un singolo fotone gamma; se il disturbo però diventa continuo perché una persona subisce la radiazione ionizzante tutte le notti, essendo il proprio letto posizionato in corrispondenza del fotone gamma tellurico, nel tempo si verifica l'accumulo di radiazione in corrispondenza della "micro-area" del corpo che subisce il continuo "bombardamento". Dormendo in corrispondenza della radiazione, può accadere che le difese immunitarie e

tutti i meccanismi di riparazione non riescano a tamponare le continue sollecitazioni, cosicché si amplia sempre più l'area perturbata dalla radiazione e l'informazione si trasferisce su tutto il "canale organico" attraversato dai fotoni gamma. Se i sistemi di verifica e controllo confermano l'accumulo radioattivo sul corpo, è importante intervenire prontamente prima che tale fenomeno possa causare una degenerazione organica, applicando sotto il materasso la protezione idonea (schermatura dell'area letto), favorendo così l'autodecontaminazione dal corpo dell'accumulo precedentemente riscontrato e un miglioramento dello

stato di salute.

Lo schermo antiradiazione Geoprotex® aiuta perciò a proteggere le persone dal “bombardamento radioattivo” e aiuta le difese immunitarie a reagire al massimo per il miglioramento dello stato di salute.

È importante non confondere le dimensioni del “concentrato energetico” del fotone gamma polarizzato (circa un micron) con la sua lunghezza d'onda. Tutti i fotoni gamma provenienti dal sottosuolo hanno all'incirca la medesima lunghezza d'onda, che è estremamente piccola e rientra nel *range* delle radiazioni di tipo gamma: attualmente è di circa $0,1 \text{ Amstrong } (\text{Å})$,

ossia un “decimiliardesimo di millimetro”, perciò la lunghezza d’onda è inversamente proporzionale alla sua frequenza. *La frequenza del fotone gamma è grandissima e, proporzionalmente, anche la sua dose di energia!* Ecco perché riesce a penetrare facilmente diverse decine di centimetri di piombo senza fatica. La stessa radiazione X, molto conosciuta in ambiente medico, è di gran lunga inferiore, come frequenza, rispetto alla radiazione fotonica di tipo gamma! Lunghezze d’onda così piccole possono essere “viste” attraverso sofisticatissime strumentazioni presenti in laboratori molto attrezzati: uno strumento in grado di osservare i fotoni gamma è, per

esempio, il *microscopio elettronico a scansione nucleare*.

Esistono sistemi anche meno complessi e costosi per verificare l'interazione delle radiazioni gamma del sottosuolo con la materia: per esempio lo spettrofotometro a infrarossi con trasformata di Fourier.

Prendiamo un prodotto, per esempio un alimento, lo posizioniamo in corrispondenza di un fotone gamma naturale proveniente dal sottosuolo (precedentemente individuato attraverso uno spettrometro nucleare) e poi, controllandolo e verificandolo a livello fisico in laboratorio, andiamo a "vedere" attraverso lo spettro elettromagnetico le modifiche

“fisiche” riscontrate: noteremo, anche dopo pochi secondi di irradiazione, nette differenze “spettrometriche” rispetto a quelle ottenute sul prodotto non irradiato!

Un esempio che può incuriosire il Lettore è una prova che chiunque può verificare utilizzando due tazzine di caffè appena preparato. Si posiziona una tazzina sulla radiazione naturale gamma polarizzata e l'altra in una zona non perturbata; sono sufficienti pochi secondi. Se dopo andiamo ad assaggiare il caffè, noteremo che quello posto sulla radiazione è praticamente imbevibile! Analogamente la prova può essere effettuata con due bicchieri di vino

rosso: anche in questo caso il vino irradiato risulterà nettamente diverso da quello non irradiato (assenza di profumi, più aspro). Naturalmente prove simili sono state effettuate da me e dalla mia équipe svariate volte, anche con presenza di rinomati sommelier e presso Aziende rinomate.

7.8 APPROFONDIMENTI
ATTRAVERSO DOMANDE
E RISPOSTE SULLA
TECNOLOGIA
QUANTISTICA DEI
PRODOTTI GEOPROTEX®
E SKUDO®

Ritengo importante, a questo punto, fornire al Lettore ulteriori chiarimenti sulla Tecnologia Applicativa utilizzata per la produzione dei prodotti con marchio Geoprotex® e Skudo®. Ho pensato, a tal fine, di sfruttare le

domande che abitualmente mi vengono rivolte dal pubblico durante seminari e conferenze, strutturando il Paragrafo a “domanda/risposta”.

Domanda 1

Le tecniche di produzione dei prodotti Skudo® per telefoni cellulari e Geoprotex® per la protezione dalle radiazioni naturali sono differenti?

Risposta 1

Le tecniche per le due tipologie di prodotto sono in parte differenti, perché differenti sono le funzioni dei prodotti.

Domanda 2

Come può il processo di lavorazione

“spintronico”, che comporta la modifica dello “spin” degli elettroni, non andare in contrasto con il “Principio di Esclusione di Pauli”?

Risposta 2

Durante la lavorazione di “inversione di spin”, operiamo su un singolo elettrone e ciò è possibile dato che vi è realmente un solo elettrone in un’orbita. Infatti, le orbite di due elettroni con “spin up” e “spin down” sono molto vicine, però non coincidenti; diversamente avremmo due elettroni nella stessa orbita con lo stesso spin e il processo di lavorazione non sarebbe possibile perché entrerebbe in conflitto con il “Principio di Esclusione di Pauli”.

Domanda 3

Cosa si intende per “polarità destrogira” e “polarità levogira” dell’elettrone?

Risposta 3

L’elettrone, ruotando, oltre al “moto di rotazione” intorno a se stesso, compie un “moto di rivoluzione” intorno al nucleo dell’atomo, descrivendo un’orbita lungo la quale si muove secondo un moto di tipo levogiro o destrogiro. Come accade nel nostro Sistema Solare, in cui la Terra compie un moto di rotazione intorno al proprio asse (in 24 ore), e un moto di rivoluzione intorno al Sole (in 365 giorni), nell’atomo l’elettrone compie un moto

di rotazione intorno al proprio asse (in frazioni di milionesimi di secondo) e un moto di rivoluzione intorno al nucleo (in frazioni di secondi). Se l'elettrone compie un moto di rotazione intorno a se stesso in senso opposto rispetto al moto di rivoluzione intorno al nucleo, si parla di "polarità destrogiro", mentre se il moto di rotazione e quello di rivoluzione hanno lo stesso verso o "spin" allora si parla di "polarità levogiro". Questo aspetto è fondamentale nel ciclo di lavorazione effettuato sui prodotti Skudo® e Geoprotex® (chiralità spintronica del materiale), le cui fasi di produzione sono state brevettate.

Domanda 4

Come riesce il prodotto Geoprotex® a funzionare in modo “tridimensionale”, quando è presente la radiazione dal suolo, a protezione dal campo magnetico in alta frequenza (es. Wi-Fi)?

Risposta 4

Per ottenere una barriera energetica, è necessaria la presenza di una radiazione naturale gamma polarizzata proveniente dal sottosuolo: “l’energia della Terra”, attraverso i fotoni gamma, raggiunge lo strato inferiore dello schermo per diffrangersi e poi diffondersi dal bordo del prodotto; la radiazione genera “l’effetto ombrello” (cioè si ricongiunge al di sopra dello schermo

a una distanza che è proporzionale all'ampiezza della schermatura di base), senza il quale non può esserci l'effetto protettivo tridimensionale. La radiazione naturale (di tipo gamma proveniente dal sottosuolo) ha le caratteristiche adeguate per "attivare" un sistema di protezione "tridimensionale" per onde Wi-Fi, in quanto può essere considerata "puntiforme". Ogni altra radiazione che non sia di tipo "puntiforme" non può produrre tale effetto.

L'energia generata dalle fonti di emissioni elettromagnetiche in alta frequenza ha un proprio campo magnetico dotato di "onda elettronica" portante con "spin" a prevalenza

levogira; lo spin levogiro viene utilizzato nel campo delle teletrasmissioni e telecomunicazioni perché presenta una "gittata" maggiore rispetto allo spin destrogiro. Lo spin "destrogiro" degli elettroni è meno pericoloso per la salute umana di quello "levogiro" poiché quello "levogiro" si accoppia più facilmente con l'interazione debole. Purtroppo tutto questo non è sufficiente per spingere le aziende di teletrasmissione alla scelta più sensata, ossia utilizzare campi elettromagnetici che presentino uno spin degli elettroni con polarità prevalentemente di tipo destrogiro, poiché, come ho già detto, hanno una gittata inferiore rispetto alla gittata in

presenza di spin levogiro: risulterebbe meno conveniente per la copertura di determinate aree da parte dei ripetitori per telefonia cellulare e, inoltre, la “tecnologia di produzione” risulterebbe molto più complessa. Per questo, alcune aziende preferiscono applicare alle antenne di trasmissione/ricezione direttamente i nanoprocessori Skudo®, piuttosto che studiare altri sistemi alternativi. Il vero problema per gli operatori nelle teletrasmissioni è proprio la difficoltà a scoprire una tecnologia che mantenga nel tempo un campo magnetico dove le componenti elettroniche operino con spin “destrogiro”.

Rispondendo alla domanda iniziale, posso dire che questa emissione, caratterizzata da spin levogiro, nel momento in cui raggiunge il campo energetico della schermatura Geoprotex®, ossia la “bolla” energetica generata grazie alla presenza di una radiazione naturale gamma proveniente dal sottosuolo, converte lo spin del campo magnetico del Wi-Fi da levogiro a destrorigiro, in quanto l’impatto delle nuvole elettroniche presenti nel campo elettromagnetico dell’onda radio con quelle generate dalla componente fotonica gamma radioattiva che ha subito l’“imprinting” dallo schermo antiradiazione, li rende incompatibili a

livello subatomico; la componente fotonica va quindi a “trasmettere” il proprio impulso allo “spin levogiro” dell’onda radio, e questa “trasmissione” permette la conversione dello “spin” da prevalentemente “levogiro” a prevalentemente “destrogiro”, in modo che sia compatibile con la “vibrazione elettromagnetica” trasmessa dallo schermo di protezione.

In effetti, il meccanismo analogo si ha anche quando viene applicato il nanoprocessore Skudo® a un telefono cellulare. Ciò è reso possibile in quanto i fotoni gamma sono “bosoni”, ossia privi di massa, e sono in grado di influenzare le “forze

elettromagnetiche” come le onde radio emesse proprio dal sistema Wi-Fi. L’incontro tra i “bosoni” e i “fermioni” (onde radio) genera un “effetto spintronico” (interferenza) che tende a modificare lo spin elettronico dell’onda radio, ottenendo come risultato una componente magnetica di onda radio più compatibile con l’organismo umano (spin destrogiro).

Si può quindi immaginare il prodotto Geoprotex® come un grande e unico “processore” in grado di invertire lo “spin” elettronico dell’onda magnetica del Wi-Fi da “levogiro” a “destrogiro” (quindi meno dannosa per l’Uomo) attraverso l’impulso dato ai singoli fotoni gamma

che vengono diffratti e che a loro volta, quando si diffondono, trasferiscono l'impulso al campo magnetico del Wi-Fi, in particolar modo all'interno dell'area "ombrello" di protezione. Superata la "barriera energetica" dello schermo antiradiazione, il campo magnetico da Wi-Fi (così come altre emissioni in onda radio) mantiene ancora tale caratteristica ma, più si allontana da questa barriera "energetica", più tende a ritornare allo spin di origine, ossia levogiro. Non vi è una distanza precisa dal prodotto di protezione al "punto di nuova inversione di spin", ossia al ritorno dell'emissione magnetica del Wi-Fi da destrogiro a levogiro: ciò

dipende da vari fattori, alcuni dei quali non facilmente individuabili, se non attraverso la misurazione.

Domanda 5

Quali sono i materiali di cui è composto il nanoprocesore di Skudo®?

Risposta 5

Il nanoprocesore è costituito essenzialmente da tre elementi, cioè idrogeno, ossigeno e silice (precisamente una particella di silice, due di idrogeno e una di ossigeno, ossia acqua e silice come base) presenti nel poliestere o nella resina di base; il “metodo di trattamento” utilizzato per la sua realizzazione tuttavia permette anche di impiegare

altri composti senza modificare l'efficacia del prodotto finale. Il "nanoprocessore" in effetti è un materiale di base trattato con un specifica "metodica di lavorazione". In sostanza, è la lavorazione che "genera" il "nanoprocessore" senza alcuna applicazione meccanica esterna, come per esempio l'inserimento di un vero e proprio processore elettronico.

Domanda 6

Come riesce un nanoprocessore a invertire lo spin dell'elettrone?

Risposta 6

Il nanoprocessore, che ha subito il "ciclo di lavorazione" definito

“spintronico”, si attiva in presenza di campo elettromagnetico artificiale. Si può dire che il nanoprocessore entra in risonanza con lo spin degli elettroni associati ai campi elettromagnetici artificiali. Si comporta come un diapason che appena “capta” il suono frequenziale dei campi elettromagnetici artificiali, come una cassa di risonanza, vibra trasmettendo il proprio impulso agli elettroni che costituiscono la materia, a partire da quelli direttamente a contatto (dove si incolla il prodotto), trasferendosi via via a tutta la massa che costituisce la materia. Questo ordine che il nanoprocessore trasferisce alla materia è generato dal fatto che il

“sistema” tende a rendere incompatibili i due moti dell’elettrone che presentino lo stesso verso (spin levogiro) e, di conseguenza diventano compatibili i moti con verso opposto (spin destrogiro).

Domanda 7

Lo schermo antiradiazioni emette energia fotonica, per opporsi alle radiazioni gamma provenienti dal sottosuolo?

Risposta 7

Lo schermo non ha alcuna emissione. Contrasta il fotone gamma senza rilasciare alcuna sostanza sulla persona. Trasmette la sua interferenza ai fotoni gamma che si diffondono ai

bordi dello schermo in modo che per la maggior parte delle onde elettromagnetiche artificiali di media e alta frequenza possa operare a livello “tridimensionale”, come già approfondito nella Risposta 4.

Domanda 8

La base scientifica “teorica” di tutta la tecnologia applicativa di Geoprotex® e Skudo® si basa sull’Equazione Fondamentale o Modello Standard della Fisica delle Particelle?

Risposta 8

Certamente, e la formula è la seguente:

$$\begin{aligned}
L = & -\frac{1}{4} W_{\mu\nu}W^{\mu\nu} - \frac{1}{4} B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} - \frac{1}{4} G_{\mu\nu}G^{\mu\nu} + \\
& + \bar{\psi}_j \gamma^\mu (i\partial_\mu - g\tau_j W_\mu - g' Y_j B_\mu - g_s T_j G_\mu) \psi_j + \\
& + |D_\mu \phi|^2 + \mu^2 |\phi|^2 - \lambda |\phi|^4 - (y_j \bar{\psi}_{jL} \phi \psi_{jR} + Y'_j \bar{\psi}_{jL} \phi_C \psi_{jR} + \text{conjugato})
\end{aligned}$$

L'approfondimento sul Modello Standard è riportato nel Capitolo 3 del Testo.

Domanda 9a

I nanoprocessori Skudo® possono essere considerati prodotti appartenenti alla “seconda rivoluzione quantistica”?

Domanda 9b

Nel mondo della Fisica Quantistica si è delineato un nuovo campo denominato “*informazione quantistica*”, che sta portando a entusiasmanti applicazioni: la nanotecnologia e le applicazioni quantistiche “pratiche” di Skudo® e

Geoprotex® possono essere considerati tra i prodotti di tale rivoluzione?

Risposta 9a e 9b

Le risposte sono entrambe affermative.

Domanda 10

È scientificamente provato che un fotone gamma possa essere diffratto e diffuso dalla superficie esterna del prodotto?

Risposta 10

Il “concentrato fotonico gamma” si comporta davanti allo schermo antiradiazioni come si comporterebbe una luce polarizzata (per esempio un fascio laser) quando incontra uno specchio: tale “agglomerato” si

decomponere in miriadi di fotoni gamma che poi si diffondono attraverso il perimetro del prodotto, fino a "riunirsi" a una certa altezza, generando così un effetto "ombrello" o "bolla". Questo avviene perché lo schermo antiradiazioni si comporta come un grosso magnete che contrasta con il "magnete fotonico polarizzato". La nuvola elettronica dello schermo entra in opposizione con i fotoni gamma della radiazione e ciò provoca la diffrazione dei fotoni gamma polarizzati generati dalla radiazione naturale e la loro successiva diffusione attraverso i bordi esterni del prodotto stesso.

Domanda 11

Perché lo spin degli elettroni di tipo levogiro è più pericoloso di quello destrogiro?

Risposta 11

Come già accennato nella Risposta n° 4, lo spin levogiro è più pericoloso di quello destrogiro per diversi motivi. Il più importante è di tipo “biologico”: il nostro organismo è costituito da atomi che sono molto sensibili alle interferenze esterne, e si è notato che gli elettroni, quando vengono eccitati da uno spin elettromagnetico esterno di tipo levogiro, non sono disposti a organizzare correttamente i nostri processi vitali. Non è un caso che gli enzimi, le sostanze nutritive, i

medicinali lavorino con spin destrogiro, mentre i virus, i batteri, i parassiti e anche le radiazioni artificiali lavorino con spin destrogiro.

Domanda 12

Come è chiamato il sistema produttivo dei prodotti Skudo® e Geoprotex®?

Risposta 12

Il loro sistema di produzione si ottiene attraverso un principio fisico definito “spintrónico-chirale del materiale”.

Domanda 13

Nei prodotti Geoprotex® sono citati alcuni componenti quali la Silicea, la

Propolis, il Cuprum e il Muschio di quercia. Per quale motivo vengono applicati?

Risposta 13

Ciascuna di tali componenti svolge una precisa funzione:

- Il CUPRUM è una sostanza che rende il prodotto più omogeneo e recettivo durante l'emissione elettromagnetica a impulsi in media/alta frequenza.*
- La SILICEA rende il prodotto da trattare più sensibile all'applicazione del laser quantico o di qualsiasi altro laser che operi con frequenze nel*

campo dell'infrarosso (TeraHz). È inoltre fondamentale per ottenere l'effetto di diffrazione del fotone gamma.

- Per quanto concerne la PROPOLIS, essa viene applicata con lo scopo di rendere il prodotto più recettivo alla lavorazione utilizzando la lampada speciale con luce in infrarosso. La Propolis è anche un potente antibiotico naturale e migliora le proprie caratteristiche quando viene sottoposta al trattamento congiunto del*

campo elettromagnetico in media/alta frequenza (tramite il laser avente emissione in TeraHz) e della lampada speciale avente emissione in infrarosso.

- Il MUSCHIO DI QUERCIA invece contribuisce a mantenere i tempi definiti di chiralità del prodotto.

Domanda 14

È possibile verificare in modo comparativo e rigorosamente scientifico se un prodotto è stato trattato con il sistema spintronico-chirale oppure no?

Risposta 14

Sicuramente. Prendendo in esame

due prodotti apparentemente identici, ma uno trattato e uno non trattato col “processo di lavorazione” suddetto, e portando tali prodotti presso un laboratorio che effettua analisi fisiche (munito quindi di spettrofotometro a raggi infrarossi a trasformata di Fourier), si può notare, dai risultati delle analisi di laboratorio, che gli “spettri elettromagnetici” dei due prodotti non sono gli stessi. Nei Grafici del Testo ho riportato un esempio pratico: ho preparato due campioni dello stesso prodotto, sale marino, uno senza alcun trattamento “spintronico-chirale” e uno con il trattamento “spintronico-chirale”.

Successivamente ho portato entrambi i

campioni presso un laboratorio esterno di analisi provvisto di “spettrofotometro I.R. a Trasformata di Fourier”; dai risultati ottenuti ho potuto osservare che “fisicamente” il prodotto presenta una modifica, in quanto il tracciato dello spettro è differente! Il trattamento “spintronico-chirale” può essere applicato anche su un prodotto agroalimentare (sono attualmente in corso sperimentazioni nel settore per verificarne i vantaggi).

Domanda 15

I nanoprocessori dei prodotti Skudo® sono di tipo “ferromagnetico”?

Risposta 15

I nanoprocessori dei prodotti

Skudo® non sono di tipo “ferromagnetico”, diversamente il sistema non sarebbe in grado di interagire con tutta la materia ma solo con una parte di essa. Nel caso del telefonino, Skudo® è in grado di interagire con tutta la materia, cioè sia con la componente isolante, sia con quella semiconduttrice, sia con quella conduttrice, per cui si deduce che il tipo di materiale al quale viene applicato il prodotto di protezione è ininfluenza.

Domanda 16

Nel ciclo di lavorazione dei prodotti Skudo® e Geoprotex®, oltre alla spintronica, è confermata la presenza

applicativa anche della Teoria delle Stringhe?

Risposta 16

La “Teoria delle Stringhe” non rientra nel ciclo di lavorazione dei prodotti Skudo® e Geoprotex®, i quali utilizzano un’applicazione pratica basata su teorie scientifiche ben sperimentate e collaudate (Modello Standard). La “Teoria delle Stringhe” invece non è stata finora supportata da alcun riscontro scientifico.

Domanda 17

Esistono sistemi che permettono di “vedere” cosa avviene a livello subatomico nei prodotti Skudo® e Geoprotex®?

Risposta 17

Oggi, fortunatamente, esistono apparecchiature in grado di osservare gli elettroni, i loro orbitali e le nuvole elettroniche degli stessi, e, quindi, in altre parole, le caratteristiche di un singolo atomo. Gli atomi non possono essere studiati attraverso un microscopio ottico, ma solo attraverso speciali microscopi elettronici come quelli a trasmissione (TEM) e quelli a scansione per effetto tunnel (STM). Nel 2011 è stata effettuata la prima foto storica che individua i percorsi compiuti da un elettrone che gravita intorno a un nucleo atomico. Il risultato è stato ottenuto da IBM utilizzando un microscopio a forza

atomica (AMF). I ricercatori IBM sono riusciti a fotografare due orbitali degli elettroni denominati HOMO e LUMO. Un orbitale è lo spazio circostante il nucleo atomico nel quale si ha probabilità pari al 95% di trovare l'elettrone. HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) è l'orbitale molecolare contenente elettroni a più alta energia. LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) è l'orbitale molecolare vuoto a più bassa energia. Essi sono i due tipi di orbitali coinvolti quando avviene una reazione chimica. Il lavoro è stato pubblicato sulla prestigiosa rivista scientifica Nature di giugno 2011. Tale conquista scientifica che permette di "osservare"

gli orbitali elettronici può essere un altro strumento in grado di dimostrare le caratteristiche “spintroniche-chirali” dei prodotti Skudo® e Geoprotex® anche “visivamente”.

Domanda 18

Perché la “chiralità” nelle molecole biologiche riveste una così grande importanza?

Risposta 18

Le molecole biologiche hanno una proprietà particolare: sono “chirali”, ossia esistono sia in forma sinistrorsa che destrorsa e le due forme non possono mai sovrapporsi l’una all’altra. Consideriamo una molecola di DNA: essa è dotata di doppio

filamento ed è perciò doppiamente chirale, sia nella disposizione dei filamenti, sia nella direzione di avvolgimento della spirale a elica. Effettuando delle sperimentazioni pratiche, si è visto che, sotto induzione di molecole chirali esterne, i filamenti del DNA reagiscono istintivamente e con forza quando vengono a contatto con gli elettroni esterni di un certo spin, mentre evitano in tutti i modi il contatto con quelli di spin opposto. La proprietà selettiva decade drasticamente per DNA a singolo filamento o che presenti qualche danneggiamento nella catena. Da ciò si deduce che questa capacità eccezionale di scelta deriva dalla natura chirale

delle molecole, in grado di selezionare gli elettroni da un punto di vista quantistico, agendo quindi come “filtri” straordinari. Il DNA si trova nel nucleo delle cellule; in tutte le cellule, sia nella loro membrana cellulare sia nel nucleo, scorre elettricità; non si tratta ovviamente di corrente ad alta tensione, però è comunque misurabile.

È stato ampiamente provato che le radiazioni elettromagnetiche esterne disturbano e tendono a “depolarizzare” il potenziale elettrico delle cellule in poco tempo. È stato anche dimostrato che la polarità cellulare riveste grande importanza nella suscettibilità per l'apoptosi

cellulare. Lo stato funzionale di una cellula dipende dall'insieme di interazioni complesse e non completamente conosciute tra le proteine di membrana, il "citoscheletro" e la rete di segnali intracellulari. L'associazione citoscheletro-membrana si riflette fondamentalmente nella "polarizzazione cellulare" che ha un ruolo determinante per lo svolgimento delle varie funzioni della cellula. Un valore fondamentale dei parametri elettrici della cellula è il "potenziale di membrana a riposo" il cui valore ottimale è di -70 mV, ottenuto come valore intermedio tra il valore di potenziale di equilibrio del potassio (-

90 mV) e quello del sodio (+55 mV), ma più vicino a quello del potassio perché la membrana è più permeabile a questo ione. Esiste quindi una “Pompa Sodio-Potassio” che mantiene costanti nel tempo le concentrazioni di sodio e potassio dentro e fuori dalla membrana.

Le cellule sono particolarmente sensibili a variazioni esterne, specialmente quelle eccitabili (neuroni e cellule muscolari) e hanno quindi la possibilità di variare la “polarizzazione della membrana plasmatica”. Queste variazioni costituiscono i “segnali elettrici” che trasmettono informazioni all’interno del sistema nervoso centrale. Le eccitazioni esterne

possono quindi causare “depolarizzazione cellulare” (valori per esempio di -50 mV anziché -70 mV). La variazione di permeabilità in un punto della cellula produce una variazione dei millivolt nei punti vicini, propagandosi per “conduzione elettrotonica”. La membrana cellulare presiede all’omeostasi cellulare grazie alla sua permeabilità selettiva e tra le sue funzioni vi è il mantenimento dell’isolamento fisico (barriera tra liquido intracellulare e liquido extracellulare).

Un’altra importante funzione della membrana cellulare è quella di essere filtro “selettivo”, ossia lascia passare alcune sostanze piuttosto che altre,

assicurando così l'integrità del citoplasma. L'ingresso nel citoplasma può avvenire in tre modi diversi e la natura del trasporto dipende dalle caratteristiche chimiche e steriche (proprietà di repulsione elettrostatica tra le nubi elettroniche degli atomi) della molecola in questione: 1) le piccole molecole polari (come acqua, etanolo, ecc.), i gas e le molecole apolari (come gli idrocarburi) passano per diffusione; 2) le macromolecole, i virus, i batteri possono essere internalizzati solo tramite processi di "endocitosi" e "fagocitosi"; 3) gli ioni, i protoni e le molecole polari di medie dimensioni, come zuccheri e aminoacidi, vengono fatti passare

grazie a “trasportatori di membrana”, particolari proteine.

Riassumendo, possiamo affermare che operare sulla “chiralità”, in modo che la cellula non venga alterata da disturbi esterni, come le radiazioni naturali di tipo gamma e i campi elettromagnetici artificiali, è di grande importanza per la propria prevenzione!

Domanda 19

È risaputo scientificamente che la radiazione naturale gamma modifica la “chiralità” biologica dell’individuo, dato che rappresenta una radiazione ionizzante considerata dallo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) come “sicuramente

cancerogena”. Decontaminare il corpo dalla radiazione che lo colpisce vuol dire quindi anche ripristinare la “chiralità” naturale?

Risposta 19

Da quanto affermato nella “Risposta 18”, il DNA umano accetta molecole con elettroni polarizzati secondo la propria polarità e mantiene lontani quelli polarizzati secondo polarità opposte. C'è da aggiungere che nel nostro organismo esistono diversi tipi di molecole di DNA: quella più conosciuta è il DNA di tipo B, con avvolgimento dell'elica di tipo destrogiro; esistono però anche molecole di DNA di tipo A e di tipo Z (le conformazioni delle eliche di tipo A

sono destrogire, mentre la struttura Z è levogira). La struttura predominante nella cellula è quella di tipo A (destrogira). La cellula immette alcuni tipi di sostanze dall'esterno tramite un processo denominato "endocitosi" e, tra queste sostanze, sono compresi i farmaci.

Il potenziale di membrana gioca un ruolo molto importante nel regolare l'ingresso delle sostanze nella cellula. Il potenziale di membrana di una cellula è estremamente importante per la vita della cellula. Esso varia in base alla concentrazione di potassio (K^+) all'interno della cellula: diminuendo il quantitativo di potassio, diminuisce il potenziale di membrana (es. passa da -

70 mV a -50 mV), perché diminuiscono le cariche negative.

È importante approfondire a questo punto la struttura della membrana cellulare: sulla fascia interna della membrana cellulare sono poste le cariche negative, mentre su quella esterna sono poste le cariche positive; l'insieme tra le due facce costituisce un campo elettrico. Quando un virus del cancro cerca di penetrare nelle cellule applicando il polo negativo del solenoide costituito dal suo DNA sulla membrana cellulare, esso viene respinto dalle cariche negative che si trovano sulla faccia interna della membrana, dato che sono dello stesso segno (barriera elettromagnetica). Finché il

potenziale elettrico si mantiene su valori ottimali (-70 mV), il virus non può aderire alla membrana, di conseguenza non può entrare nella cellula. Quando il potenziale elettrico di membrana diminuisce o è annullato (oppure invertito come chiralità cellulare), anche solo in una piccola zona, lì il virus può trovare un varco, grazie a una strana “proboscide” carica negativamente, che gli permette di penetrare nel citoplasma della cellula. Quindi, condizione favorevole all’adesione dei virus sul lato esterno della membrana, premessa indispensabile per l’ingresso all’interno della cellula, è la formazione temporanea di cariche

elettriche positive sulla faccia interna della membrana. Questo fenomeno può essere dovuto a radiazioni ionizzanti, ma anche a esposizioni a campi elettromagnetici artificiali.

La protezione dalle radiazioni ionizzanti naturali e dai campi elettromagnetici artificiali quindi elimina una delle cause principali della depolarizzazione cellulare.

La branca della fisiologia che studia i fenomeni elettrici negli organismi viventi è la “elettrofisiologia”; nel nostro caso specifico, si parla di “elettrofisiologia cellulare”. Essa studia le “correnti di riposo”, determinate dalla differenza di potenziale tra la superficie esterna e

interna della membrana cellulare, che dipende dalla differente distribuzione degli ioni, soprattutto sodio, potassio, cloro e anioni proteici tra le due facce della membrana. All'interno della membrana prevalgono gli ioni potassio e gli anioni proteici, mentre all'esterno sono più abbondanti gli ioni sodio e cloro. Nella fase di depolarizzazione cellulare, la permeabilità agli ioni sodio subisce un notevole aumento con conseguente irruzione in gran numero nella cellula di tali ioni; questo determina l'inversione di spin della membrana cellulare interna, da levogira a destrogira, che la porta ad attrarre per "osmosi elettromagnetica" ciò che prima non attraeva (barriera

elettromagnetica), ovvero molti tipi di virus, batteri e parassiti. L'inversione polare (o del campo magnetico) della cellula può portare anche, come conseguenza, la difficoltà a poter assorbire elementi vitali per la sua sopravvivenza (enzimi, sostanze nutritive, ecc.). Inoltre, la cellula può avere delle difficoltà ad assorbire farmaci sintetizzati appositamente per essere assorbiti tramite la "membrana cellulare", che presenta generalmente una determinata polarità (levogira sulla superficie esterna).

Per concludere, si può quindi con certezza affermare che favorire la "decontaminazione" dalla radiazione naturale presente sul corpo vuol dire

a n c h e ripristinarne la “chiralità” naturale.

Domanda 20

Esistono strumentazioni non invasive che riescono a riscontrare la presenza di accumulo di radiazione sul corpo di una persona?

Risposta 20

La registrazione dei potenziali elettrici intracellulari può essere misurata attraverso MICROELETTRODI che possono essere introdotti all'interno delle cellule senza danneggiarne la membrana. I microelettrodi vengono connessi con un amplificatore elettronico di tensione e con un

apparato di visualizzazione del segnale, generalmente costituito da un "oscilloscopio a raggi catodici". Tale sistema può essere utilizzato anche per verificare il successo di una "decontaminazione" da radiazione: dopo aver riscontrato su una persona la presenza di un accumulo di radiazione naturale (rilevata tramite spettrometro nucleare per raggi gamma) e dopo aver agito per rimuovere la causa di tale accumulo, si effettua di nuovo la prova di polarizzazione della membrana cellulare, e si può constatare che è stato eliminato o ridotto notevolmente il fenomeno "depolarizzante" da radiazione. Tutte queste osservazioni

trovano anche un interessante campo di applicazione in ambito farmacologico. Un farmaco viene studiato per poter essere facilmente assorbito da parte dell'organismo, utilizzandone la più piccola dose possibile (soglia minima efficace): per ottenere questo bisogna far sì che il farmaco superi il più agevolmente possibile la membrana cellulare. Le membrane cellulari sono infatti in assoluto l'ostacolo maggiore per la diffusione dei farmaci nell'organismo. Per capire se un farmaco può essere facilmente assorbito, i farmacologi studiano un parametro chiamato "frazione di farmaco ionizzata", che si basa sostanzialmente sullo studio del

pH della cellula: una variazione del pH cellulare porta infatti ad alterazioni nella capacità della cellula di assorbire il farmaco. Ebbene, è possibile osservare che in corrispondenza della “micro-area” della superficie esterna del corpo dove è presente un “accumulo di radiazione naturale”, il pH della pelle presenta generalmente una maggiore acidità, mentre, dopo “decontaminazione”, il pH si normalizza.

Domanda 21

Quali sono i vantaggi ottenuti da un paziente che si sottopone a una cura medica dopo essersi decontaminato? Esistono già riscontri scientifici /clinici

circa pazienti che hanno utilizzato la stessa terapia clinica proposta dal medico prima e dopo la decontaminazione da radiazione naturale di tipo gamma?

Risposta 21

Un caso emblematico è il lavoro clinico, già citato in precedenza, effettuato da una dottoressa dell'Istituto Nazionale dei Tumori di Milano. Prendendo in considerazione alcuni suoi pazienti con evidente difficoltà di assorbimento efficace dei farmaci, ha prima valutato se essi avessero, in corrispondenza delle aree del corpo sofferenti, "accumulo" di radiazione naturale, accompagnato o meno anche da un disturbo generato da

campo elettromagnetico artificiale; una volta riscontrata questa presenza, ha consigliato ai pazienti di applicare sotto il materasso del loro letto lo schermo antiradiazioni Geoprotex®, sapendo che questo sistema di protezione permette di proteggere la persona sia dalla radiazione naturale sia dal campo elettromagnetico artificiale, favorendo la “decontaminazione” dall’accumulo radioattivo presente sul corpo. Dopo poco tempo (circa un mese) la dottoressa ha proposto ai pazienti la stessa terapia clinica che prima non dava esito favorevole ottenendo risultati sorprendenti: in tutti i pazienti si è manifestata una netta risposta

migliorativa nell'assorbimento dei farmaci che prima non davano una risposta adeguata, proprio a causa della depolarizzazione permanente dell'area del corpo sofferente! In virtù dei risultati ottenuti, la dottoressa ha successivamente certificato il riscontro positivo ottenuto.

Domanda 22

I ripetitori dei telefonini possono causare un disturbo alla nostra salute?

Risposta 22

I ripetitori per telefonini generano nello spazio dei vettori elettromagnetici che si comportano da onda portante e, per ragioni tecniche, emettono segnali prevalentemente con

spin levogiro. Tale onda portante veicola allora altre onde biologiche che possono essere di tipo levogiro e perciò nocive per la salute. Se le emissioni artificiali levogire vengono convertite in destrogire, si ottiene una radicale riduzione o addirittura l'annullamento dei loro effetti patogeni, risultando in alcuni casi perfino benefiche. Utilizzando questo "ordine frequenziale" applicato, per esempio, sulle singole antenne di trasmissione e ricezione dei Wi-Fi, alcuni Enti Pubblici, come per esempio la Provincia di Novara, hanno ridotto il rischio di contrarre patologie ai propri dipendenti e a tutti coloro che venivano "bombardati" nel territorio

dalle emissioni dei ripetitori: tutto questo grazie all'applicazione sulle antenne di ricezione-trasmissione, sulle apparecchiature elettroniche e sui telefonini dei dipendenti, dei nanoprocessori Skudo®. Sono sempre più numerose le aziende pubbliche e private che richiedono tale sistema di protezione, in grado di ridurre notevolmente i disturbi elettromagnetici e anche i danni al DNA generati, per esempio, da un telefono cellulare (vedi certificati in Italia e USA e relativa pubblicazione scientifica sul sito www.geoprotex.it). In verità, che l'inversione della polarità dell'onda elettromagnetica possa produrre effetti positivi sugli

organismi viventi non è cosa nuova. Già prima della nascita dei prodotti Skudo® , alla fine degli anni Ottanta, ricordo di aver letto di un interessante caso verificatosi in un'area militare della foresta bretona, sottoposta a forti emissioni radar russe e statunitensi: sia la vegetazione della zona sia gli abitanti manifestavano evidenti segni di sofferenza, finché non è stata effettuata una modifica dello spin elettromagnetico dei radar che ha risolto tali problemi. Naturalmente la vicenda è coperta da segreto militare, pertanto non è dato al momento approfondire l'argomento, ma bisogna accontentarsi delle "fughe di notizie". Al di là di questo caso intrigante,

l'effetto della "polarizzazione negativa" causata dalle onde radio è stato verificato da molti ricercatori: sulla rivista La Medicina Biologica di gennaiomarzo 2000, è pubblicato, per esempio, un articolo della dottoressa Maria Corgna (endocrinologa, dietologa e diabetologa) e del dott. Vito Minaudo (Ph. D. El. Eng.) i quali, in merito ai campi elettromagnetici artificiali emessi da onde radio, affermano che la polarizzazione negativa di tali vettori sembra aver interagito (e quindi influenzato negativamente per effetto di risonanza) con alcune cellule dell'organismo e in particolar modo con quelle degli organi dell'apparato digerente e

l'epifisi.

7.9 LA “PARTICELLA DI DIO” E LA TECNOLOGIA APPLICATIVA DI GEOPROTEX® E SKUDO®

Il “campo di Higgs” non è altro che l’energia che permea tutte le cose, perciò quando opero per trattare i prodotti Skudo® e Geoprotex®, opero sul campo di Higgs e, di conseguenza, sui “bosoni di Higgs”, perché la lavorazione produce un “*effetto vibrazionale*” sugli atomi tramite la “particella di Dio” (come viene definito simpaticamente il bosone di Higgs).

Il processo di lavorazione dei prodotti suddetti produce una modifica dello “spin” degli elettroni che li compongono i quali, a loro volta, vanno a interferire con il campo di Higgs, che si comporta come “filtro” nel rapporto “elettrone/nucleo atomico” in presenza di emissione elettromagnetica, per esempio, durante una chiamata con il telefonino. Questo “filtro informatizzato” si comporta, per fare un paragone, come un vigile urbano che deve dirigere il traffico: egli non blocca tutte le auto in un incrocio, ma crea un “ordine” che permette alle auto di non scontrarsi tra loro. Analogamente, il campo elettromagnetico viene “ordinato” attraverso il nanoprocessore

Skudo®), che interviene sul campo di Higgs, attraverso un “direttore d’orchestra”, il bosone di Higgs. In questo modo riduce i “salti quantici” di elettroni che presentano una polarità levogira, permettendo i “salti quantici” di elettroni che presentano una polarità destrogira, molto meno nociva. È stato infatti “scientificamente” dimostrato che l’interazione “debole” si accoppia esclusivamente con particelle aventi “spin sinistoso”, per cui, invertendo lo “spin” da levogiro a destrogiro, riduciamo tali accoppiamenti, con conseguente riduzione del rischio fisico (come ampiamente dimostrato scientificamente anche attraverso le certificazioni che supportano l’efficacia

dei prodotti individuati commercialmente con il marchio Skudo® e con il marchio Geoprotex®).

Il campo di Higgs, un tempo lontano definito “sistema vuoto”, è stato poi chiamato “etere” (da Nikola Tesla) e “energia orgonica” (da Reich): questi ricercatori avevano forse avuto una giusta intuizione ma, all’epoca, non vi erano sistemi di controllo tali da poter dimostrare se la loro Teoria fosse esatta. Solo oggi si è potuto verificare che il “vuoto” non esiste, ma che tutto è permeato dal campo di Higgs, la cui esistenza è stata confermata il 13 marzo 2013 a La Thuile, in Val D’Aosta, come con l’ufficializzazione della scoperta del

bosone di Higgs!

7.10 TEORIZZAZIONE DI
UNA “LEGGE DEL
TUTTO” CHE GOVERNA
ANCHE IL PROCESSO
PRODUTTIVO DEI
PRODOTTI GEOPROTEX®
E SKUDO®

Per concludere, vorrei provare a “teorizzare” una “Legge del Tutto”, che ovviamente sarà da dimostrare attraverso varie prove sperimentali e, se necessario, anche attraverso l’ausilio dell’acceleratore di particelle al CERN

di Ginevra.

Mi rendo conto che alcuni Lettori, specialmente quelli più esperti in Fisica delle particelle, potrebbero pensare che io sia piuttosto presuntuoso, però, dato che la Teoria va sempre supportata dalla Pratica e considerando che di “applicazione pratica” ne ho già fatta tanta, mi sento di provare ad azzardare una mia “Legge del Tutto”, muovendomi però “al contrario” rispetto al processo consueto che si adotta in Fisica: inizio cioè dall’esperienza “pratica” per giustificare una possibile “teoria”. Naturalmente potrebbero trascorrere molti anni ancora prima di avere una conferma sulla validità delle mie

intuizioni, tuttavia sono convinto della bontà di ciò che affermo e cercherò di approfondire le mie teorie nelle sedi più opportune, come per esempio presso l'Accademia delle Scienze oppure presso l'Institute of Lifestyle Medicine della prestigiosa Harvard University di Boston di cui recentemente ho avuto l'onore e il privilegio di fare parte in qualità di docente di Medicina Ambientale.

Il processo di lavorazione che utilizzo sui prodotti Skudo® e Geoprotex® va a informatizzare i "bosoni". Queste particelle elementari regolano "l'energia debole" (forza debole), mettendo gli elettroni in

condizione di non generare “stati energetici” pericolosi per l’essere vivente. I “bosoni informatizzati” riempiono tutta la materia di “energia” inviata dal processo di lavorazione.

Molti ricercatori hanno provato, nel tempo, a spiegare la presenza di “qualcosa” all’interno degli atomi, senza tuttavia riuscire a dimostrare nulla fino a quando Higgs ha voluto che “*rivoluzioni energetiche*”, applicate con l’acceleratore di particelle, dimostrassero l’esistenza del bosone. Nessuno può adesso dubitare della sua presenza e molti cercano già di sfruttare questa scoperta inventando sistemi utili alla modifica energetica della materia.

Strumentalmente, le modifiche energetiche possono essere verificate tramite lo “*spettrofotometro a raggi infrarossi a trasformata di Fourier*”, confrontando in Laboratorio i prodotti “trattati” e quelli “non trattati”. Ci sono comunque anche altri strumenti di verifica e controllo in grado di cogliere la differenza tra prodotti “trattati” e prodotti “non trattati”, evidenziando come sia stata modificata “l’energia” della materia.

Tornando al “bosone informatizzato”, esso va a trasmettere il proprio “messaggio” alla materia, costituita da particelle atomiche, a loro volta costituite da particelle sub-atomiche

(elettroni, protoni, neutroni): ciascuna di esse subisce una modifica della propria “massa”, seppur minuscola, dato che il “bosone di Higgs” ha proprio tale funzione. La modifica della massa porta a variazioni anche della “forza gravitazionale” delle varie particelle sub-atomiche, quindi degli atomi, perciò della materia.

Il “direttore d’orchestra” che opera come bosone della forza gravitazionale è chiamato “*gravitone*”. Attualmente, il “gravitone” rappresenta una particella elementare di cui si suppone l’esistenza, dato che non è stata ancora trovata sperimentalmente e, quindi, non “ufficializzata”. In Fisica Quantistica il “gravitone” sarebbe responsabile della

trasmissione della “forza di gravità” nei sistemi di “gravità quantistica”.

Oggi vi sono diversi “modelli teorici” che prevedono la presenza del “gravitone”, in quanto tali modelli puntano a unificare i fenomeni gravitazionali con quelli quantistici. Secondo alcune “Teorie sui gravitoni”, il moto di una particella sub-atomica va a produrre un “segnale di informazione” con una velocità prossima a quella della luce e ciò fa interagire la sua “massa” con il moto; di conseguenza, considerando il rapporto tra due “micromasse”, solo per il fatto che vi sia un “movimento” dell’una rispetto all’altra, si arriva a ipotizzare che anche *la forza di gravità si adeguerà alla*

nuova distanza tra i due corpuscoli dopo il movimento.

Anche il “Teorema di Bell”, inerente il comportamento di due particelle (e quindi di due “masse” con i relativi “gravitoni”), afferma che esiste un “legame” tra loro fuori dallo “spazio-tempo”: questo spiegherebbe perché la “gravità” è in grado di agire fra due corpi, anche se molto lontani.

Le Teorie Quantistiche prevedono anche che i “gravitoni” esercitino sempre una “forza attrattiva”, dato che la “forza di gravità” non è mai repulsiva, e agisce anche a grandi distanze: tutto questo sta a significare che il “gravitone” rappresenterebbe un “bosone” con “spin” pari a 2 e “massa a

riposo” pari a zero.

Paragonando i “gravitoni” ai “fotoni”, possiamo dire che i primi svolgono un ruolo simile ai secondi. A livello applicativo, il “fotone” agisce sul “gravitone” e sulle particelle “cariche” (vedi l'*elettrodinamica*). Il funzionamento della “forza di gravità” non è così semplice da spiegare, dato che trae origine da qualsiasi forma di energia e non solo dalla “massa” (considerata come una “forma condensata di energia”). Il “gravitone”, oltre ad avere una “massa a riposo” (che si calcola, in generale, conoscendo l’energia totale del corpo e la sua quantità di moto) con valore zero e

“spin” con valore $2\hbar$, dovrebbe avere anche una “carica elettrica” nulla.

APPLICAZIONE DELLA “LEGGE DEL TUTTO” DI NICOLA LIMARDO

Trattando i prodotti con la giusta “energia”, intervenendo sui “bosoni” e, di conseguenza, sulla “forza debole”, automaticamente si interviene anche sulle altre “forze”, in quanto sono tutte collegate tra loro. L’*“energia straordinaria”* (come chiamerò, senza presunzione, quella ricavata dal ciclo di lavorazione dei prodotti) influenza le “particelle elementari bosoniche” che veicolano le “informazioni” in tutto l’atomo; queste “informazioni” tendono a modificare lo “spin” degli elettroni e

il loro stato energetico. Quindi su ogni orbita si colloca un solo elettrone che si muove in modo da ridurre le interferenze esterne ed è, di conseguenza, più resistente al “salto quantico” rispetto al normale (lo “spin” tende a essere destrogiro, cioè i due moti nella rotazione dell’elettrone, intorno a se stesso e intorno al nucleo atomico, sono di verso opposto), quando viene eccitato da un campo elettromagnetico esterno. È possibile visualizzare tale modifica attraverso lo spettrofotometro. L’energia liberata dal campo elettromagnetico esterno viene messa in condizione così di non nuocere, poiché viene impedito agli elettroni con polarità levogira di “saltare” su orbitali a maggior energia e

di ritornare sull'orbita fondamentale emettendo fotoni di tipo levogiro, dannosi per l'organismo umano, grazie alla loro "trasformazione" da elettroni con polarità levogira a elettroni con polarità destrogira.

Come già accennato in precedenza parlando del telefonino, anche in presenza della protezione Skudo®, la riduzione del calore non è del 100% in quanto l'energia che la batteria trasmette agli atomi non viene annullata, però la riduzione del salto quantico ottenuto dalla modifica dello spin dell'elettrone porta a ottenere una minor energia che i fotoni destrogiri trasmettono alla testa durante la conversazione; il resto dell'energia viene accumulata

provvisoriamente nel nucleo atomico in quanto i quark si surriscaldano comunque e fanno aumentare la temperatura dell'apparecchiatura quando è in trasmissione/ricezione. In ogni caso l'energia non è così forte da danneggiare i quark né da rendere meno resistente i "gluoni" che tengono insieme i quark all'interno del nucleo atomico. L'energia complessiva quindi non si modifica ma viene veicolata in modo differente dal telefonino: meno energia alla testa (comunque meno dannosa poiché originata principalmente da fotoni destrorotatori) e più energia nei nuclei atomici. Il processo finora descritto mostra che vi è un legame tra forza elettromagnetica, forza debole e

forza forte (quest'ultima entra in gioco attraverso i quark e i gluoni).

Per quanto concerne la “*forza di gravità*”, è risaputo che solo in presenza di una massa vi è il manifestarsi di tale forza. Se consideriamo un prodotto trattato con il “ciclo di lavorazione” da me brevettato, esso presenta, nel complesso, la stessa massa e la stessa energia che aveva prima della lavorazione, per cui la forza di gravità sembrerebbe non avere alcuna influenza su di esso. In realtà, invece, la “forza di gravità” incide sul prodotto esaminato.

Apriamo una breve parentesi: analizzando un solido, i suoi atomi sono più compatti e la forza di gravità va a

incidere su di esso più che su un liquido, dove gli atomi presentano maggiori gradi di libertà.

Quindi, *l'incidenza della "forza di gravità" sulla materia è sempre presente e si attua attraverso il "gravitone"*.

Tornando al "metodo di trattamento", se esso viene effettuato su un prodotto con atomi "compattati" (materia solida), il risultato del "trasferimento di energia" è maggiore e più efficace (cioè l'energia non si disperde nel tempo perché rimane intrappolata negli spazi ristretti tra elettroni e nuclei atomici, ossia nella zona permeata dai bosoni di Higgs); questo spiega perché tale fenomeno è

proporzionale alla massa, quindi alla gravità, ossia ai “gravitoni” che “gestiscono” la “forza gravitazionale”. Perciò, *l’efficacia di un “trattamento” è direttamente proporzionale alla massa e densità di un materiale e, di conseguenza, al gravitone.*

Nel caso di un telefono cellulare, quando si applica su di esso il *nanoprocessore Skudo®*, non si va a influire sul quantitativo di energia che la batteria trasmette all’apparecchio, ma semplicemente si va a modificare l’impiego di tale energia: una parte viene utilizzata per favorire il salto quantico degli elettroni, che però sono dotati prevalentemente di spin

destrogiro e perciò effettuano salti ridotti, accompagnati da emissioni fotoniche meno dannose per l'organismo poiché sono polarizzazioni di fotoni gamma destrogiri, compatibili con il nostro DNA, originati da salti quantici di elettroni con polarità complessiva di tipo destrogiro. La rimanente parte di energia viene invece "dirottata" sul nucleo atomico, dove sono presenti forze talmente intense da non risentire di un ulteriore incremento di energia. Il "calore complessivo" generato dal campo elettromagnetico del telefonino rimane invariato, che esso venga dotato o meno di nanoprocessore Skudo®, ma, andando a "frazionare" la materia nei particolari, si possono osservare

importanti differenze. In presenza di Skudo® il nucleo diventa più “massivo” perché assorbe maggiore energia e gli elettroni tendono ad avere un incremento “massivo” inferiore rispetto al telefonino non protetto; inoltre, laddove si verifica comunque aumento di massa da parte dell’elettrone, con conseguente “salto quantico”, l’effetto nocivo sull’utente è notevolmente ridotto, poiché lo stesso elettrone, come già detto, si muove con “spin destrogiro”. Complessivamente, *con o senza protezione, si verifica comunque una modifica della “massa” complessiva del telefonino prima, durante e dopo una telefonata, per cui, di conseguenza, avviene una variazione della “forza di*

gravità”, anche se ciò si manifesta a livello nanoscopico, perché è infinitesimale la massa che si modifica e che viene presa in considerazione.

Dato che il “*bosone di Higgs*” è preposto a “dare massa” alle particelle, il “*gravitone*” si lega proporzionalmente al bosone di Higgs e perciò nella formula del Modello Standard mancherebbe proprio *il gravitone (gr)* che indicherò nella mia nuova formula in grassetto. *Il “gravitone”, secondo la mia Teoria, dovrebbe essere una “costante” che detta legge sul “campo gravitazionale”, con un valore pari a sette volte la costante di Planck \hbar .*

Naturalmente tale Teoria è tutta da verificare tramite le sperimentazioni, ma, intuitivamente, potrebbe essere una soluzione che porta all'unificazione delle quattro Forze Fondamentali della Natura in un'unica formula: in sostanza *una nuova "Teoria del Tutto"*.

La formula completa della "Legge del Tutto", che teorizzo in anteprima attraverso questo Testo, potrebbe essere la seguente:

$$L_{\text{Tutto}} = -\frac{1}{4} \mathbf{gr} W_{\mu\nu} W^{\mu\nu} - \frac{1}{4} \mathbf{gr} B_{\mu\nu} B^{\mu\nu} - \frac{1}{4} \mathbf{gr} G_{\mu\nu} G^{\mu\nu} +$$

$$+ \bar{\psi}_j \gamma^\mu (i\partial_\mu - g\tau_j W_\mu - g' Y_j B_\mu - g_s T_j G_\mu) \bar{\psi}_j +$$

$$+ |D_\mu \phi|^2 + \mu^2 |\phi|^2 - \lambda |\phi|^4 - \mathbf{gr} (y_j \bar{\psi}_j \phi \psi_{jR} + Y_j' \bar{\psi}_j \phi_C \psi_{jR} + \text{coniugato})$$

CARATTERISTICHE

"IPOTETICHE"

DEL GRAVITONE (GR)

Massa a riposo: 0

Carica elettrica: 0

Spin: $2\hbar = 2 \cdot 6,62606957(29) \cdot 10^{-34}$ J/Hz che può essere indicata con il valore $13,2 \cdot 10^{-27}$ erg·s, più facile da ricordare.

Costante gr da applicare nel Modello Standard: $7\hbar = \hbar = 7 \cdot 6,62606957(29) \cdot 10^{-34}$ J/Hz che può essere indicata con il valore $46,2 \cdot 10^{-27}$ erg·s, più facile da ricordare.

Il “gravitone” (gr)

rappresenterebbe la più piccola “spinta” della forza attrattiva di gravità che si possa trasmettere a livello sub-atomico che, secondo le mie teorie, è pari a sette volte la costante di Planck.

COMMENTO FINALE

Come si evince dalla nuova formula, il “gravitone” (gr) interferisce con i primi tre termini del Modello Standard, ossia con l’energia delle particelle W e Z del fotone e del gluone, ma interferisce anche con l’ultima parte dell’equazione del Modello Standard, dove interviene il “bosone di Higgs”, ossia dove viene “generata” la massa con la conseguente

interazione con la forza di gravità e quindi con il suo “coordinatore”: il gravitone.

Per maggiori approfondimenti rimando il Lettore alla parte sviluppata in questo Testo, nel Paragrafo 12 del Capitolo 3.

RICAPITOLANDO

Il “metodo di trattamento” dei materiali definito “spintronica chirale” rappresenterebbe (è doveroso il condizionale) un’applicazione pratica della “Legge del Tutto”, dove si trovano unificate le quattro Leggi Fondamentali della Natura:

- a) la forza elettromagnetica
- b) la forza debole

c) la forza forte

d) la forza gravitazionale

Il processo di lavorazione infatti va a operare direttamente sui bosoni (W , Z e $Higgs$) e modifica lo spin degli elettroni (spintronica chirale). L'informazione va a interessare non solo la "forza debole" e la "forza elettromagnetica" (forza elettrodebole), ma anche la "forza forte", in quanto in gioco entrano anche i quark e i gluoni del nucleo atomico, e anche la "forza gravitazionale": i gravitoni infatti agiscono in modo direttamente proporzionale alla massa e alla densità della materia trattata, e la durata del trattamento è direttamente proporzionale

allo stato fisico del materiale (un liquido trattato ha una durata nel tempo notevolmente inferiore rispetto a un solido; maggiore è la densità del solido e maggiore è la durata del trattamento con “spintronica chirale”, tenendo come costante il tempo di lavorazione del prodotto).

Il prodotto finito, ottenuto con il trattamento, è in ogni momento sottoposto alle quattro Leggi Fondamentali della Natura.

CONCLUSIONE

Il tempo, il lavoro e la fatica che ho dedicato fino a oggi per la realizzazione dei dispositivi Skudo® e Geoprotex® sono stati un importantissimo investimento che mi ha ripagato e ancora mi ripaga dal punto di vista professionale, con la consapevolezza di aver inventato e realizzato prodotti utili per il miglioramento della qualità della vita! Tutto ciò che ho realizzato nella mia professione di ricercatore è stato sempre qualcosa di pioneristico: credo che anche il solo miglioramento di un prodotto già esistente sul mercato non mi

trasmetterebbe quell'emozione che provo invece quando realizzo qualcosa di nuovo, di unico... qualcosa che spero abbia una funzione importante per tutta l'Umanità! Per questo motivo non ho mai cercato di realizzare prodotti simili ad altri esistenti già sul mercato, bensì prodotti innovativi, "straordinari", anche se tuttavia poco conosciuti, sia per i costi pubblicitari proibitivi, sia perché la pubblicizzazione di prodotti efficaci nella prevenzione delle malattie viene osteggiata da chi ha interessi differenti. Per inventare prodotti simili mi sono avvalso dell'aiuto di persone dotate di grande professionalità nei rispettivi campi di ricerca: dalla Fisica all'Ingegneria, dalla Medicina alla

Biologia. Si tratta di professionisti che hanno il pregio, più unico che raro, di essere al tempo stesso “umili” e “curiosi”, professionisti che non guardano il prossimo con altezzoso distacco, altrimenti non avrebbero mai intrapreso insieme a me un cammino così incerto, in un mondo “pioneristico” che non garantisce necessariamente successi, come del resto è già accaduto nella ricerca scientifica. Anche alcune strutture universitarie in Italia e negli Stati Uniti mi hanno supportato con fiducia e per questo non smetterò mai di ringraziarle.

Quando inizio una nuova ricerca, tutta la mia attenzione è rivolta al risultato

che desidero ottenere e al beneficio che potrei offrire alla gente. È molto importante per me avere un obiettivo che possa compensare tutta la fatica, il tempo e il denaro da investire; quello che desidero è *inventare qualcosa di “estremamente utile” principalmente per la salute*. L'entusiasmo che mi sostiene è lo stesso che leggo negli occhi dei miei collaboratori ogni volta che viene commercializzato uno dei miei prodotti (ogni prodotto è individuato con il marchio Skudo® o con il marchio Geoprotex®). La riconoscenza della gente che ha avuto beneficio utilizzando i miei prodotti mi ripaga per tutto l'impegno profuso nella ricerca e per il tempo che ho dovuto sottrarre alla mia

famiglia! Nel mio precedente Testo dal titolo *Salute dell'Habitat*, edito da Anima (2012, Terza Edizione), sono riportate molte testimonianze e ringraziamenti da parte di clienti e di operatori sanitari per i risultati ottenuti dopo l'utilizzo dei dispositivi Skudo® e Geoprotex®. Le mie precedenti pubblicazioni, che il Lettore troverà indicate in Bibliografia, sono integrative al presente Testo, in particolar modo *Salute dell'Habitat* del 2012, che è il più recente e quindi il più aggiornato sulla problematica delle radiazioni naturali e dei campi elettromagnetici artificiali.

Ringrazio tutti Voi, miei cari Lettori,

per aver deciso di affrontare, attraverso questo libro, un argomento così ostico come la Fisica Quantistica! Spero di aver stimolato la vostra curiosità e la voglia di approfondire la conoscenza del “mondo dell’invisibile”. Spero anche di avervi invogliati a prestare maggiore attenzione a tutto ciò che può garantirvi il mantenimento di una Buona Salute!

Nicola Limardo

GLOSSARIO

Acceleratore di particelle: Macchina che accelera particelle cariche in movimento, aumentando la loro energia.

Adrone: Particella fisica composta di quark e di gluoni. Vi sono due tipi fondamentali di adroni: i mesoni e i barioni. I mesoni si generano lasciando che un quark e un antiquark raggiungano l'equilibrio attraverso il campo di Higgs. I barioni si generano lasciando che tre quark raggiungano l'equilibrio attraverso il campo di Higgs.

Ampiezza: Il massimo spostamento di un'onda o di un'oscillazione, che è pari alla metà della distanza tra il punto più alto dell'onda e il punto più basso. Nel settore quantistico l'ampiezza è essenzialmente l'altezza di una funzione d'onda quantistica.

Antimateria: La materia si compone fondamentalmente di quark, gluoni, elettroni e fotoni; le antiparticelle corrispondenti, cioè gli antielettroni (o positroni), gli antiquark, i fotoni e i gluoni, sono definite anche "antimateria". I fotoni e i gluoni sono antiparticelle di se stesse.

Antiparticella: è rappresentata dalla stessa massa e lo stesso spin di una

particella, ma con valore opposto di carica elettrica. Le coppie particella-antiparticella possono avere valori nulli per tutti i numeri quantistici che si conservano; possono quindi essere prodotti da energia pura e possono anche emergere spontaneamente come fluttuazioni quantistiche (coppie virtuali).

ATLAS: Acronimo per “A Toroidal Lhc ApparatuS”. È il nome di una delle due collaborazioni coinvolte nella caccia al bosone di Higgs al LHC (Large Hadron Collider) del CERN.

Atomo: Unità fondamentale della comune materia, composta da un

microscopico nucleo (costituito da protoni e neutroni) circondato da elettroni orbitanti.

Barione: È una sottoclasse degli adroni. È una particella pesante soggetta alla forza forte e include il protone e il neutrone; essa è composta da triplette di quark.

Bosone: Particella o modo di vibrazione di una stringa dotata di spin pari a un numero intero. Sono considerati bosoni: i fotoni, i gluoni e le particelle W e Z oltre ai mesoni e alla particella di Higgs. Il bosone prende il nome dal fisico indiano Bose. Una caratteristica del bosone è che presenta un numero quantico di spin intero (0, 1,

2, ecc.) e non è soggetto al Principio di Esclusione di Pauli. Sono bosoni di spin non nullo i mediatori delle forze tra le particelle di materia, come il fotone (elettromagnetismo), il bosone W e Z (forza debole) e i gluoni (forza di colore). I bosoni di spin 0 non sono invece mediatori di forze come, per esempio, i pioni e il bosone di Higgs. È previsto anche che il gravitone sia un bosone di spin 2.

Bosone di Higgs: particella che prende il nome dal fisico inglese Peter Higgs. I campi di Higgs hanno particelle associate chiamate “bosoni di Higgs”. Il termine è principalmente riservato al bosone di Higgs elettrodebole, ossia la

particella del campo di Higgs usato per la prima volta nel 1967 da Weinberg e Salam per spiegare la rottura della simmetria elettrodebole. L'annuncio ufficiale del bosone di Higgs, con spin 0 e massa 125 GeV è avvenuto presso il CERN di Ginevra il 4 luglio 2012.

Bosone di Nambu-Goldstone:

Particella priva di massa e di spin 0 che si crea in conseguenza della rottura spontanea di simmetria, scoperta dal fisico Nambu nel 1960 ed elaborata dal fisico Goldstone nel 1961. Nel meccanismo di Higgs i bosoni di Nambu-Goldstone diventano un “terzo grado di libertà” per le particelle quantistiche che sarebbero altrimenti

prive di massa.

Campo: Qualcosa che esiste in ogni punto dello spazio e del tempo, contrariamente alla particella che esiste solo in un punto specifico in un momento specifico. Rappresenta quindi un'entità che riempie lo spazio.

Campo di Higgs: Prende il nome dal fisico inglese Peter Higgs. Termine generico usato per qualunque campo di "fondo" aggiunto a una teoria di campo quantistica per innescare la rottura di simmetria attraverso il meccanismo di Higgs. L'esistenza del campo di Higgs usato per rompere la simmetria della Teoria Quantistica della forza elettrodebole è stata avvalorata dalla

scoperta della nuova particella, il bosone di Higgs, al CERN di Ginevra.

Campo quantistico: Campo generato da forze trasmesse da onde nel campo, rappresentate da particelle, ossia “quanti” del campo stesso. Per esempio generatori di campo quantistico sono i bosoni in quanto sono mediatori di forze applicate sulle particelle di materia quantistica (fermioni). Anche l’elettrone può essere considerato come “quanto” nel campo elettronico.

Carica di colore: Proprietà posseduta dai quark in aggiunta al sapore (up, down, strange, ecc.). Diversamente dalla carica elettrica che

è di due tipi (positiva e negativa), la carica di colore è di tre tipi: rosso, verde e blu. Si tratta di nomi convenzionali che non implicano una vera “colorazione” dei quark nel senso comune del termine. La forza di colore tra i quark è mediata dai gluoni, anch’essi colorati.

Carica elettrica: Proprietà posseduta dai quark e dai leptoni, ma anche dai più noti elettroni e protoni. La carica elettrica è di due tipi: positiva e negativa; il flusso delle cariche negative è alla base della comune corrente prodotta dalle centrali elettriche.

CERN: Acronimo per Consiglio Europeo per la Ricerca Nucleare,

fondato nel 1954 e ribattezzato Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire quando fu sciolto il Consiglio provvisorio, che però mantenne l'acronimo originale come nome. Il CERN si trova alla periferia nordorientale di Ginevra, a cavallo del confine tra Svizzera e Francia.

CMS: Acronimo che sta per “Compact Muon Solenoid”. È il nome di una delle due collaborazioni coinvolte nella caccia al bosone di Higgs all’LHC del CERN.

Conservazione dell’energia: Il principio secondo il quale l’energia non può essere creata né distrutta, ma può

solo essere convertita da una forma a un'altra. Per esempio, quando una mela cade da un albero, la sua “energia potenziale” si converte in “energia cinetica”.

Corrente neutra: Interazione debole che comporta lo scambio di una Z^0 virtuale o una combinazione di scambi di W^+ e W^- virtuali.

Costante di Planck (\hbar): Costante di natura fondamentale con un valore di $6,626 \cdot 10^{-34}$ joule · secondo; che sta al centro della Fisica Quantistica. Il fatto che la Costante di Planck non sia nulla è perché è responsabile della quantizzazione dell'energia e di altre

grandezze fisiche nel dominio atomico.

Cromodinamica quantistica (QCD): Teoria di Gauge della forza di colore tra quark mediata da un sistema di otto gluoni dotati di colore.

Decadimento alfa: Processo di decadimento radioattivo in cui il nucleo di un atomo emette una particella alfa.

Decadimento beta: Osservato per la prima volta da Henri Becquerel nel 1896 e così battezzato da Ernest Rutherford nel 1899, è un esempio di decadimento dovuto all'interazione debole. Comporta la trasformazione di un quark down in un quark up all'interno di un neutrone, diventando così un protone, e

l'emissione di un bosone W^- . Quest'ultimo decade in un elettrone di alta velocità (raggio beta) e in un antineutrino elettronico.

Diffrazione: Lo sparpagliamento delle onde che si verifica quando passano in prossimità di uno spigolo affilato o attraverso una piastra cristallizzata.

Diffusione: Deflessione di una particella a opera di un'altra.

Disuguaglianza di Bell: Espressione matematica che deriva dal fisico John Bell. Essa rappresenta i limiti dell'intensità delle correlazioni tra due sistemi classici. Essa rappresenta il

grado di correlazione degli spin quantistici di coppie di particelle *entangled* e che deve essere soddisfatta da qualunque teoria *a variabili nascoste* locali.

Dualismo onda-particella:

Rappresenta il principio secondo cui i fotoni e le altre particelle possono comportarsi sia come onde sia come particelle, a seconda dell'esperimento che si sta eseguendo. Tale principio fu ipotizzato per la prima volta per le particelle di materia, come gli elettroni, da Louis de Broglie nel 1923.

Effetto Compton: La diffusione di fotoni da parte di elettroni atomici scoperta dal fisico americano Arthur

Compton nel 1923.

Effetto fotoelettrico: Effetto generato dalla luce che incide su una lastra metallica, estraendo elettroni che vengono liberati nello spazio circostante.

Elettrica, carica: Proprietà per cui una particella respinge (o attrae) altre particelle dotate di carica uguale (o opposta).

Elettrodinamica quantistica (QED): Teoria di Gauge della forza elettromagnetica agente tra particelle dotate di carica elettrica, mediata dai fotoni.

Elettromagnetica, forza: La forza che si genera tra particelle dotate di carica elettrica uguale (o opposta).

Elettromagnetica, onda: Perturbazione di tipo ondulatorio in un campo elettrico. Tutte le onde dello spettro elettromagnetico viaggiano alla velocità della luce: si pensi alla luce visibile, ai raggi X, alle microonde, agli infrarossi, alle radiazioni ionizzanti fino al gamma.

Elettrone: Particella elementare di carica elettrica negativa che orbita intorno al nucleo di un atomo. Gli elettroni sono gli unici portatori di tutta la carica negativa nella materia ordinaria. Gli elettroni occupano la

maggior parte dello spazio di un atomo. Sono stati scoperti nel 1897 dal fisico Thomson e viene indicato come un leptone appartenente alla prima generazione, con carica -1 , spin $\frac{1}{2}$ (fermione) e massa $0,51 \text{ MeV}$.

Elettronvolt (eV): Unità di misura dell'energia (o livello di energia) usata nella Fisica Atomica, Nucleare e delle Particelle. È pari a circa un decimiliardesimo di miliardesimo di joule ($1,6 \cdot 10^{-19}$ joule). Un elettronvolt rappresenta l'energia che acquista un singolo elettrone accelerato da una differenza di potenziale elettrico di un volt. Per esempio, una lampadina da 100 W consuma energia al ritmo di circa 600

miliardi di miliardi di elettronvolt al secondo.

Emissione spontanea: Emissione spontanea di un *fotone* quando un atomo compie la transizione da uno stato eccitato a uno stato di energia minore.

Emissione stimolata: Si verifica quando un *fotone* incidente non viene assorbito da un atomo eccitato, ma lo “stimola” a emettere un secondo fotone della medesima frequenza.

Energia: Grandezza fisica che può esistere in differenti forme, quali l'energia potenziale, l'energia cinetica, l'energia chimica, l'energia termica e l'energia raggiante.

Energia cinetica: Energia associata al moto di un corpo. Un corpo in quiete non ha energia cinetica.

Energia potenziale: Energia che un corpo possiede in virtù della propria posizione o del proprio stato. Per esempio, l'altezza di un corpo sopra una superficie terrestre ne determina l'energia potenziale gravitazionale.

Entanglement: Concetto di Fisica Quantistica secondo il quale due o più particelle possono essere connesse in maniera molto più forte di quanto possa accadere in Fisica classica. Una misura eseguita su una delle due particelle può influenzare istantaneamente lo stato quantistico dell'altra, a prescindere da

quanto distante essa sia dalla prima. Einstein lo definì “misterioso”.

Entropia: Misura del disordine di un sistema fisico, definita alle varie modalità per preparare una determinata configurazione; tanto più numerosi sono questi modi, tanto più alta è la sua entropia.

Equazioni di Maxwell: Insieme di quattro equazioni dedotte dal fisico Maxwell che unificano e descrivono i fenomeni elettrici e magnetici (elettromagnetismo).

Equazione di Schrödinger: Equazione Fondamentale della Meccanica Quantistica che governa il

comportamento di una particella.

Etere: Ipotetico mezzo invisibile che si credeva riempisse tutto lo spazio e attraverso il quale si pensava che si propagassero la luce e tutte le altre onde elettromagnetiche.

Fattore g: Costante di proporzionalità tra il momento angolare (quantizzato) di una particella elementare o composta e il suo momento magnetico, legato agli effetti rotazionali esercitati da un campo magnetico sulla particella. Esistono in realtà tre diversi fattori g dell'elettrone: uno associato allo spin, uno al momento angolare dell'elettrone nel suo moto orbitale in un atomo, e uno associato al

momento angolare totale, somma dello spin e del momento angolare orbitale. La Teoria Quantistica Relativistica di Dirac prevede per l'elettrone un fattore g uguale a 2.

Fermione: Particella o modo di vibrazione di una stringa con spin semintero. Sono considerati fermioni gli elettroni, i leptoni, i quark e le loro antiparticelle. Anche i protoni e i neutroni possono considerarsi fermioni, per cui obbediscono alla statistica di Fermi o di Fermi-Dirac.

Fisica Classica: La fisica prima dell'avvento della Meccanica Quantistica.

Fisica delle Particelle: Teoria che unifica le tre interazioni non gravitazionali e i loro effetti sulla materia.

Forza di colore: Rappresenta la forza forte che tiene legati i quark e i gluoni negli adroni. Diversamente da forze più familiari come l'elettromagnetismo e la gravità, la forza di colore è caratterizzata da libertà asintotica: nel limite di distanza nulla, i quark si comportano come se fossero completamente liberi. La forza nucleare forte che lega insieme protoni e neutroni nei nuclei atomici è semplicemente un residuo della forza di colore che lega i quark nei nucleoni.

Forza elettrodebole: Anche se vi è grande differenza di scala tra la forza elettromagnetica e quella nucleare debole, si tratta di due facce della stessa medaglia, la forza unificata che si pensa fosse prevalente durante la fase primordiale del Big Bang. La combinazione della forza elettromagnetica e di quella debole in una teoria di campo è stata ottenuta per la prima volta dal fisico Weinberg e, indipendentemente, dal fisico Salam nel 1967.

Forza elettromagnetica: L'elettricità e il magnetismo furono riconosciuti come componenti di un'unica forza fondamentale grazie agli studi di molti

fisici teorici e sperimentali, tra cui Faraday e Maxwell. La forza elettromagnetica permette agli elettroni di legarsi ai nuclei negli atomi e agli atomi di legarsi tra loro in molecole, dando origine all'enorme varietà delle sostanze molecolari.

Forza gravitazionale: Rappresenta la forza di attrazione a cui è soggetta tutta la massa-energia. La gravità è estremamente debole e non gioca alcun ruolo nelle interazioni tra atomi, particelle subatomiche o elementari, che sono invece governate dalle forze di colore, debole ed elettromagnetica. La forza di gravità è descritta dalla Teoria Generale della Relatività.

Forza nucleare debole: È così chiamata perché è considerevolmente più debole sia della forza nucleare forte, sia di quella elettromagnetica, per intensità e raggio d'azione. Le interazioni deboli riguardano sia i quark sia i leptoni e ne possono cambiare il sapore, per esempio trasformando un quark up in un quark down e un elettrone in un neutrino elettronico. Identificata come forza fondamentale in seguito allo studio dei decadimenti radioattivi beta, la forza debole è mediata dalle particelle W e Z.

Forza nucleare forte: La forza nucleare forte o forza di colore lega insieme quark e gluoni negli adroni, ed è

descritta dalla cromodinamica quantistica. La forza che tiene insieme neutroni e protoni nei nuclei atomici (chiamata anch'essa forza nucleare forte) è interpretata come “residuo” della forza di colore che lega i quark nei nucleoni (vedi *Forza di colore*).

Fotone: Secondo la Meccanica Quantistica, rappresenta una particella (quanto) di luce. È il più piccolo “pacchetto” del campo elettromagnetico.

Frequenza: Per un'onda, numero di cicli completi al secondo. L'unità di misura è l'Hertz (Hz) che è pari a un ciclo al secondo.

Funzione d'onda: La descrizione

matematica delle particelle di materia, per esempio gli elettroni, in termini di “onde di materia” conduce a equazioni tipiche del moto ondulatorio. Tali equazioni coinvolgono funzioni d’onda la cui ampiezza e la cui fase variano nel tempo e nello spazio. La funzione d’onda dell’elettrone nell’atomo di idrogeno dà luogo a caratteristiche distribuzioni tridimensionali attorno al nucleo chiamate orbitali. La Meccanica Ondulatoria fu spiegata per la prima volta dal fisico Schrödinger nel 1926.

Giga: Prefisso che indica un miliardo. Un gigaelettronvolt (GeV) è un miliardo di elettronvolt, scrivibile anche con 10^9 eV oppure 1000 MeV.

Gluone: Particella che media l'interazione forte. Esistono otto tipi di gluoni e hanno tutti proprietà simili ai fotoni, però reagiscono alla carica di colore (e la modificano) e non alla carica elettrica. Il gluone può considerarsi anche il “collante” che tiene insieme i quark all'interno del nucleo atomico.

Grande unificazione, teoria di (GUT): Teoria volta a unificare le interazioni debole, forte ed elettromagnetica.

Gravitazionale, campo: Mezzo attraverso il quale si trasmette l'azione della gravità.

Gravitazionale, forza: La più debole delle quattro forze fondamentali della natura.

Gravitazionale, onda: Perturbazione di tipo ondulatorio in un campo gravitazionale.

Gravitone: Ipotetica particella che trasporta la forza gravitazionale nelle teorie di campo quantistiche della gravità. Nonostante i molti tentativi di sviluppare teorie di questo genere, a oggi nessuno di essi ha dato risultati ritenuti soddisfacenti. Se esiste, il gravitone sarebbe un bosone privo di massa e di carica, e di spin 2.

Indeterminazione, Principio di:

Principio formulato da Werner Heisenberg, secondo il quale non si può mai essere certi della posizione e della velocità di una particella simultaneamente. Quanto maggiore è la precisione con cui si misura l'una, tanto minore è la precisione con cui si misura l'altra e viceversa.

Interazione debole: Dopo la gravità, la più debole delle quattro interazioni fondamentali: anch'essa, come l'interazione forte, agisce a breve distanza. Influisce su tutte le particelle materiali, tranne quelle portatrici di forza.

Interazione forte: La più forte delle quattro interazioni fondamentali e quella

a distanza più breve. Tiene insieme i quark che compongono i protoni e i neutroni e tiene insieme i protoni e i neutroni che compongono il nucleo atomico.

Interferenza: Fenomeno caratteristico del moto ondulatorio in cui due onde interagiscono. L'interferenza "costruttiva" si ha quando si sovrappongono due "ventri" o due "creste" d'onda (si fondono generando un nuovo ventre o una nuova cresta). L'interferenza "distruttiva" si ha quando si sovrappongono un "ventre" con una "cresta" (si elidono a vicenda).

Joule: Un'unità di misura

dell'energia, utilizzata in Fisica classica. Per esempio, una lampadina da 100 Watt converte in calore e luce 100 Joule di energia elettrica al secondo.

Laser: Sorgente di luce ad alta intensità. In un fascio laser la luce oscilla in maniera sincronizzata.

LEP: Acronimo per “Large Electron-Positron collider”, il predecessore dell'LHC al CERN.

Leptone: È una particella non soggetta alla forza nucleare forte, che si combina con i quark per formare la materia. Come i quark, anche i leptoni sono strutturati in tre generazioni che comprendono l'elettrone, il muone e il

tau (di carica -1 , spin $\frac{1}{2}$ e massa rispettivamente $0,51$ MeV, 106 MeV e $1,78$ GeV), e corrispondenti neutrini.

LHC: Acronimo che sta per “Large Hadron Collider” (“grande collisore adronico”). È l’acceleratore di particelle più grande del mondo, progettato per produrre collisioni protone-protone all’energia di 14 TeV. L’LHC ha una circonferenza di 27 chilometri ed è situato 175 metri al di sotto del confine franco-svizzero, nei pressi di Ginevra. Operando a energie di collisione di 7 TeV e poi di 8 TeV, l’LHC ha fornito le evidenze sperimentali che hanno condotto, nel luglio 2012, alla scoperta del bosone di

Higgs.

Livelli energetici: Rappresentano l'insieme discreto degli stati interni di energia permessi di un atomo, corrispondenti ai differenti stati quantici di energia dell'atomo stesso.

Luce: Lunghezza d'onda visibile dello spettro elettromagnetico compresa tra 400 nanometri (violetto) e 700 nanometri (rosso).

Luce ultravioletta: Radiazione elettromagnetica con lunghezza d'onda inferiore a quella della luce visibile.

Lunghezza d'onda: Distanza tra due ventri o due creste dell'onda contigui.

La lunghezza d'onda della radiazione elettromagnetica determina a quale parte dello spettro elettromagnetico essa appartiene.

Lunghezza d'onda di de Broglie: La lunghezza d'onda λ di una particella è connessa alla quantità di moto p della particella dalla relazione $\lambda = \hbar/p$, dove \hbar è la “costante di Planck”.

Magnetico, campo: Campo responsabile delle forze magnetiche.

Massa: Quantità di materia presente in un corpo; la sua inerzia o resistenza all'accelerazione nello spazio libero.

Meccanica classica: Deriva dalle tre

leggi del moto di Newton. In essa le proprietà delle particelle come posizione e quantità di moto sono, in linea di principio, simultaneamente misurabili con precisione illimitata.

Meccanica Quantistica: in opposizione alla Meccanica classica, è la Teoria che descrive le leggi fisiche che governano il microcosmo (atomi, protoni, ecc.) in base al principio quantistico di Planck e al Principio di Indeterminazione di Heisenberg.

Mega: Prefisso che denota un milione. Un megaelettronvolt (MeV) rappresenta un milione di elettronvolt, scrivibile anche con 10^6 eV oppure

1000000 eV.

Mesone: È una sottoclasse degli adroni. È soggetto alla forza nucleare forte ed è composto da un quark e un antiquark.

Modello Standard: Consiste in un insieme di Teorie di Campo Quantistiche con simmetrie locali (forza di colore), forza nucleare debole ed elettromagnetismo. Il Modello comprende tre generazioni di quark e di leptoni, il fotone, le particelle W e Z, i gluoni e il bosone di Higgs.

Muone: Leptone della seconda generazione equivalente all'elettrone, con carica -1, spin $\frac{1}{2}$ (fermione) e massa

106 MeV. Scoperto nel 1936 da Carl Anderson e Sethe Neddermeyer.

NAL: Acronimo per il “National Accelerator Laboratory” di Chicago, ribattezzato “Fermi National Accelerator Laboratory” o “Fermilab” nel 1974.

Nanometro (nm): Il nanometro è pari a un miliardesimo di metro.

Neutrino: Particella priva di carica soggetta solo all'interazione debole. I neutrini sono fermioni con spin pari a $\frac{1}{2}$ (fermione).

Neutrone: Particella priva di carica, molto simile al protone, che rappresenta

circa la metà delle particelle presenti nel nucleo atomico. È composto da tre quark (2 down e 1 up). Il neutrone è stato scoperto nel 1932 dal fisico Chadwick.

Nucleare, fissione: Processo per cui un nucleo si scinde in due o più nuclei più piccoli, liberando energia.

Nucleare, fusione: Processo per cui due nuclei collidono e si fondono, formando un nucleo più grande e pesante.

Nucleo: Parte centrale dell'atomo, composta solo da protoni e neutroni tenuti insieme dall'interazione forte.

Numeri quantici: Numeri che specificano grandezze fisiche quantizzate come l'energia, lo spin quantistico e il momento angolare.

Numero atomico (Z): Rappresentano il numero dei protoni nel nucleo di un atomo. Ogni elemento ha un numero atomico esclusivo. Per esempio, l'Idrogeno ha numero atomico 1, l'Uranio ha numero atomico 92.

Onde elettromagnetiche: Generate da cariche elettriche oscillanti, differiscono per lunghezze d'onda e frequenza, ma tutte le onde elettromagnetiche hanno la stessa velocità nello spazio vuoto, approssimativamente 300000 km al

secondo. Questa è la velocità della luce.

Particella: Occupa una posizione ben definita nello spazio e si muove seguendo una determinata traiettoria.

Particella alfa: Particella subatomica formata da due protoni e due neutroni legati insieme.

Particella beta: Un elettrone veloce espulso dal nucleo di un elemento radioattivo a causa della reciproca conversione di protoni e neutroni. Più veloce e penetrante delle particelle alfa, può essere bloccata da un sottile foglio metallico.

Particella di Higgs: Eccitazione del

campo di Higgs che fa dello spazio vuoto un superconduttore cosmico per l'interazione debole.

Particella elementare: Particella che si ritiene non possa suddividersi ulteriormente.

Particella virtuale: Fluttuazione spontanea di un campo quantistico. Rispetto a quelle reali, le particelle virtuali non possono essere osservate; esse compaiono nelle equazioni teoriche ma non sono osservabili con i mezzi sperimentali. Se viene fornita energia a sufficienza è possibile amplificare le fluttuazioni spontanee oltre la soglia, ottenendo così una trasformazione delle stesse particelle virtuali in particelle

reali.

Particella W e Z: Particelle elementari mediatrici della forza nucleare debole (bosoni). Le particelle W sono bosoni di spin 1 con carica elettrica unitaria, positiva e negativa (W^+ W^-) e massa di 80 GeV. La particella Z^0 è un bosone neutro di spin 1, con una massa di 91 GeV. Le particelle W e Z acquistano massa grazie al meccanismo di Higgs, e si possono pensare come fotoni “pesanti”.

Peso: Forza esercitata su un corpo da un campo gravitazionale. È proporzionale, ma non equivalente, alla sua massa.

Pioni: Gruppo di mesoni (mesoni π) di spin 0 formati da quark up e down e dai rispettivi antiquark.

Planck, costante di: Fondamento del Principio di Indeterminazione: il prodotto dell'indeterminazione della posizione e della velocità dev'essere maggiore della costante di Planck. È rappresentata dal simbolo \hbar (acca tagliata).

Planck, lunghezza di: Circa 10^{-35} (dieci alla meno trentacinque) cm. Le dimensioni tipiche di una "stringa" nella Teoria delle Stringhe.

Planck, principio quantistico di: Il principio secondo cui le onde

elettromagnetiche (come le radiazioni luminose) sono emesse e assorbite solo in quanti discreti.

Planck, tempo di: Circa 10^{-43} (dieci alla meno quarantatré) secondi. Il tempo che impiega la luce per percorrere la distanza pari alla lunghezza di Planck.

Positrone: Antiparticella dell'elettrone, dotata di carica positiva.

Principio di Esclusione (Principio di Pauli): Scoperto dal fisico Pauli nel 1925, il Principio di Esclusione afferma che due fermioni identici non possono occupare lo stesso stato quantistico (cioè possedere gli stessi numeri

quantici) simultaneamente. Nel caso degli atomi, questo significa che al massimo due elettroni possono occupare un dato orbitale atomico a patto che abbiano spin opposto.

Principio di Indeterminazione di Heisenberg: Principio secondo il quale una particella quantistica non può avere contemporaneamente una posizione e una quantità di moto (ossia una velocità) bene definite. Quanto più siamo certi del valore di una di queste grandezze, tanto più aumenta l'incertezza sul valore dell'altra. Il fisico Heisenberg postulò tale principio nel 1927.

Probabilità: Misura della frequenza con cui è possibile ottenere un certo

risultato in un determinato esperimento.

Protone: Particella molto simile al neutrone, dotata di carica positiva; rappresenta circa la metà della massa di un nucleo atomico ed è composta da tre quark (2 up e 1 down). Il protone è un barione con spin $\frac{1}{2}$ e massa di 938 MeV. Il protone è stato scoperto dal fisico Rutherford nel 1919.

Quanto: L'unità indivisibile in cui possono essere assorbite o emesse onde. L'uso di questo termine viene esteso per indicare anche alcune particelle come il fotone, considerato come il "quanto" del campo elettromagnetico, e l'elettrone, considerato come il "quanto" del campo

elettronico.

Quark: Particella elementare carica soggetta all'interazione forte. I quark esistono in sei "sapori" (up, down, charm, strange, top e bottom) e ciascun sapore esiste in tre "colori" (rosso, verde e blu). I quark rappresentano i costituenti elementari degli adroni.

Radiazione: Energia trasmessa da onde o particelle nello spazio o in un altro mezzo.

Radiazione cosmica di fondo: La radiazione che proviene dall'universo iniziale. Ora è così spostata verso il rosso che non appare sotto forma di luce, ma di microonde (radioonde con

una lunghezza d'onda di pochi centimetri). La radiazione di fondo fu scoperta da Arno Penzias e da Robert Wilson nel 1964, ed è stata studiata in seguito nel dettaglio dai satelliti COBE e WMAP.

Radioattività: Decadimento spontaneo di un tipo di nucleo atomico in un altro.

Raggi cosmici: Flusso di particelle cariche di alta energia provenienti dallo spazio, che investe costantemente gli strati alti dell'atmosfera terrestre. Essi sono originati da sorgenti diverse, come il Sole e le stelle. Le particelle presenti nei raggi cosmici hanno tipicamente energie tra i 10 MeV e i 10 GeV.

Relatività Generale: Teoria di Einstein sviluppata nel 1915 e basata sul postulato che le Leggi di Natura siano identiche per tutti gli osservatori, in qualunque modo questi si muovano. Spiega che la gravità ha l'effetto di incurvare lo spazio-tempo quadridimensionale.

Relatività Ristretta: Teoria di Einstein sviluppata nel 1905 e basata sul postulato che tutti i moti sono relativi e che non esiste un sistema di riferimento privilegiato rispetto al quale si può definire e misurare il moto. Nel formulare la teoria, Einstein postulò che la velocità della luce nel vuoto

rappresenti un limite che non può essere superato. La teoria è speciale o ristretta solo nel senso che non tratta i sistemi accelerati, di cui si occupa invece la Relatività Generale.

Rottura di simmetria: La rottura spontanea di simmetria si verifica quando lo stato di energia minima di un sistema fisico ha un grado di simmetria inferiore rispetto a stati di energia più elevata. Quando un sistema perde energia e si stabilizza nello stato di energia minima, la simmetria si riduce, o si “rompe” spontaneamente. Per esempio, un chiodo perfettamente in equilibrio sulla punta è simmetrico, ma prima o poi cadrà, dando origine a uno

stato meno simmetrico in cui il chiodo punta in una specifica direzione orizzontale.

Sapore: Proprietà che distingue tra loro i tipi di quark, oltre alla carica di colore. Esistono sei diversi sapori di quark organizzati in tre generazioni. Il termine “sapore” è usato anche per i leptoni: l’elettrone, il muone, il tau, nonché i rispettivi neutrini, si distinguono l’uno dall’altro per il “sapore leptonico” (vedi *Leptone*).

Simmetria di Gauge: Nome coniato dal matematico Weyl. Nel caso delle Teorie Quantistiche di Campo, si sceglie una “gauge”, ossia una trasformazione dei campi, rispetto a cui le equazioni

sono invarianti (variazioni arbitrarie nella gauge non cambiano i risultati fisici). Il legame tra simmetrie di gauge e leggi di conservazione implica che la giusta scelta di simmetria di gauge può condurre a una Teoria di Campo che rispetta automaticamente la necessità di una legge di conservazione per la proprietà studiata.

Schrödinger, Equazione di:
Equazione che regola l'evoluzione della
funzione d'onda nella Teoria
Quantistica.

Schrödinger, funzione d'onda di:
Concetto fondamentale della Meccanica
Quantistica; è il numero che, in ciascun

punto dello spazio, è associato a una particella e determina la probabilità che quella particella si trovi in quella posizione.

Sincrotrone: Tipo di acceleratore in cui il campo elettrico usato per accelerare le particelle e il campo magnetico usato per farle circolare in un anello vengono accuratamente sincronizzati con il fascio.

Spazio-Tempo: Spazio quadridimensionale i cui punti sono eventi.

Spettro: Insieme di frequenze da cui è composta un'onda. La parte visibile dello spettro solare appare per

rifrazione nell'arcobaleno.

Spin: Momento angolare intrinseco delle particelle che ne definisce lo stato di rotazione. Lo spin di una particella elementare è sempre o un numero intero o un numero intero $+1/2(\hbar/2\pi)$, dove \hbar è la Costante di Planck. Il valore dello spin è una caratteristica stabile di ciascun tipo di particella.

Stato fondamentale: È il più basso stato di energia che un atomo può possedere. Tutti gli altri stati atomici sono chiamati “stati eccitati”. Lo stato di energia minima di un atomo di idrogeno è quello in cui il suo elettrone occupa il livello energetico più basso. Se invece occupa un qualunque altro livello

energetico, l'atomo di idrogeno è in uno stato eccitato.

Stati di Bell: Manifestano la possibilità di correlare quantisticamente le polarizzazioni di due fotoni in quattro modi diversi, che corrispondono ai quattro stati di Bell massimamente *entangled*.

Stringa: Oggetto unidimensionale che è alla base della Teoria delle Stringhe e che sostituisce il concetto di particelle elementari prive di struttura. I differenti modi di vibrazione di una stringa danno origine a particelle elementari con differenti proprietà.

Stringhe, Teoria delle: Teoria fisica

che, coniugando la Meccanica Quantistica con la relatività generale, descrive le particelle come onde su stringhe. È chiamata anche Teoria delle Superstringhe.

Supergravità: Serie di teorie che coniugano la Relatività Generale con la Supersimmetria.

Supersimmetria: Principio che stabilisce una relazione tra le proprietà di particelle con spin intero e le proprietà di particelle con spin semintero. Rappresenta un'alternativa al Modello Standard, nella quale l'asimmetria tra particelle di materia (fermioni) e particelle di forza (bosoni) è spiegata in termini di una

supersimmetria rotta.

Teletrasporto quantistico: Il trasferimento dello stato quantistico, ossia di alcune proprietà di un sistema, a un altro sistema che, in linea di principio, può trovarsi a una distanza arbitrariamente grande dal primo. Il teletrasporto quantistico usa l'*entanglement* come strumento per trasferire quest'informazione tra i due sistemi.

Teorema di Bell: Afferma che gli stati *entangled*, e quindi la Fisica Quantistica, violano i principi del realismo locale.

Teoria di grande unificazione

(GUT): Qualunque teoria che cerca di unificare le forze elettromagnetica, debole e forte in una singola struttura. Il primo esempio di GUT fu sviluppato da Sheldon Glashow e Howard Georgi nel 1974. Le GUT non cercano di includere la gravità: le teorie che ci provano sono in genere chiamate Teorie del Tutto (TOE).

Tera: Prefisso che indica mille miliardi. Un teraelettronvolt (TeV) è pari a mille miliardi di elettronvolt, indicabile anche con 10^{12} eV oppure con 1000 GeV.

Variabili nascoste: Concetto secondo cui un sistema quantistico può contenere una serie di proprietà

addizionali, non rilevabili attraverso un'osservazione diretta del sistema stesso, che permettono di spiegare a livello fondamentale i risultati degli esperimenti.

Velocità: Grandezza che indica sia la rapidità sia la direzione del movimento di un oggetto.

Virtuale, quanto: Nella Meccanica Quantistica, particella che non può essere osservata direttamente, ma la cui esistenza ha effetti misurabili.

Vuoto, energia del: Energia che è presente anche nello spazio apparentemente vuoto. Diversamente da quanto accade in presenza della massa,

in presenza dell'energia del vuoto si ha un curioso fenomeno: l'espansione dell'universo accelera.

Zero assoluto: La temperatura più bassa della scala, alla quale l'energia termica delle sostanze diventa nulla. È pari a $-273,15$ °C o zero kelvin.

BIBLIOGRAFIA

Aczel A.D. *Entanglement. Il più grande mistero della fisica.* Cortina Raffaello, 2004.

Al-Khalili J. *La fisica del diavolo. Maxwell, Schrödinger, Einstein e i paradossi del mondo.* Bollati Boringheri, 2012.

Auerbach T. et al. “Theory of Elementary Particle Structures”, *Journal of Scientific Exploration*, 1992.

Bernstein J. *L' uomo senza frontiere. Vita e scoperte di Albert Einstein.* Il Saggiatore, 2000.

Bruce C. *I conigli di Schrödinger.*

Fisica quantistica e universi paralleli.
Cortina Raffaello, 2006.

Einstein A. *The Meaning of Relativity.* Princeton University Press, 1966.

Feynman R. *La strana teoria della luce e della materia,* Adelphi, 1989.

Gamow G. *Biografia della fisica.* Mondadori, 1998.

Gell-Mann M. *Il quark e il giaguaro. Avventure nel semplice e nel complesso.* Bollati Boringhieri, 1996.

Gribbin J. *Q come quanto. Dall'acceleratore di particelle alla teoria del punto zero.* Macro, 2004.

Hawking S. *L'Universo in un guscio di noce,* Mondadori, 2006.

Hawking S. *Dal Big Bang ai buchi*

neri, Bur-Rizzoli, 2000.

Heisenberg W. *Fisica e oltre. Incontri con i protagonisti (1920-1065)*. Bollati Boringhieri, 2008.

Helge Kragh. *Quantum Generation: a history of physics in the twentieth century*. Princeton University, 1999.

Isaacson W. *Einstein. La sua vita, il suo universo*. Mondadori, 2010.

Kumar M. *Quantum. Da Einstein a Bohr, la teoria dei quanti, una nuova idea della realtà*. Mondadori, 2010.

Landau D.L. et al. *Meccanica quantistica. Teoria non relativistica*. Bollati Boringhieri, 1969.

Lederman L. *La particella di Dio. Se l'universo è la domanda, qual è la risposta?* Mondadori, 1996.

Leonardi R. *L'ABC dell'Energia Nucleare*. Lantana, 2011.

Limardo N. *Campi Elettromagnetici. La verifica e la protezione in ogni ambiente*. Priuli e Verlucca, 2005.

Limardo N. *Salute dell'Habitat*. 3° ed. Anima, 2007 / 2010 / 2012.

Limardo N. et al. "Danno al DNA in cellule esposte a radiofrequenze in assenza e in presenza del dispositivo Skudo®". Congresso Nazionale Sanità Pubblica – Pubblicazione Scientifica, 2008.

Limardo N. "Inquinamento elettromagnetico indotto negli ospedali e studi medici". IAPNOR, 2001.

Paradiso D. "Misura della

polarizzazione gamma con rilevatori HPGe segmentati”. Tesi di Laurea A.A. 2010/2011, Facoltà di Fisica, Università di Milano.

Penrose R. et al. *Equilibrio perfetto: le grandi equazioni della scienza moderna*. Il Saggiatore, 2005.

Planck M. *Autobiografia scientifica e ultimi saggi*. Einaudi, 1966.

Planck M. *La conoscenza del mondo fisico*. Bollati Boringhieri, 1993.

Planck M. *La teoria della radiazione termica*. Angeli, 1999.

Scala S. et al. *La Fisica di Dio*. Uno, 2011.

Woit P. *Il fallimento della teoria delle stringhe e la corsa all'unificazione delle leggi della fisica*.

Codice, 2007.

Zeilinger A. *Il velo di Einstein. Il nuovo mondo della fisica quantistica.* Einaudi, 2006.

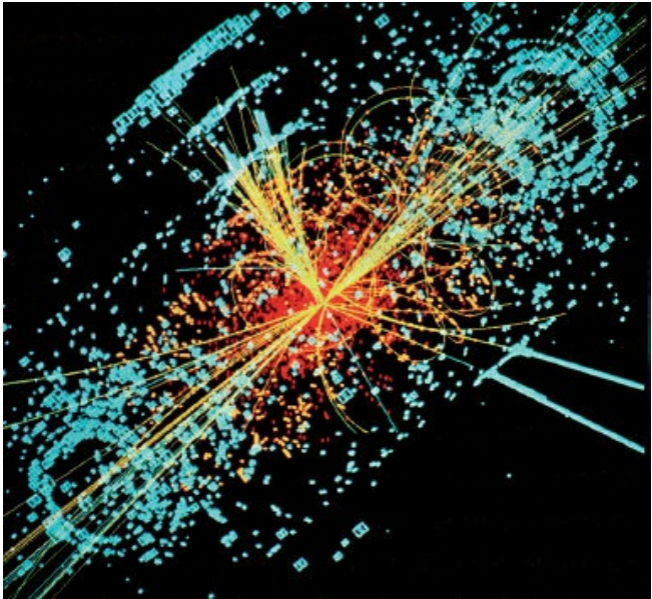
Zichichi A. *Tra Fede e Scienza.* Tropea, 2011.

Zichichi A. *L'irresistibile fascino del tempo.* Tropea, 2011.

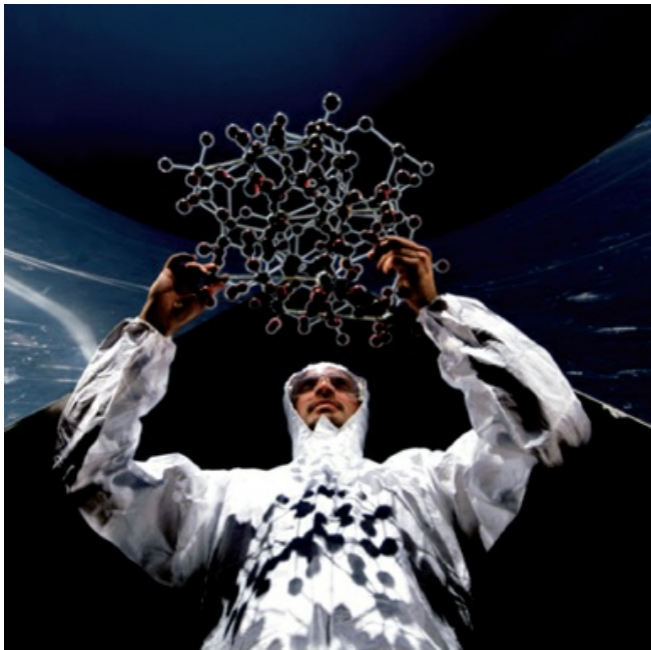
Zichichi A. *Effective theories and fundamental interactions.* World Scientific, 1996.

Zichichi A. *The Unity of the Fundamental Particle Interactions.* Plenum Press, 1983.

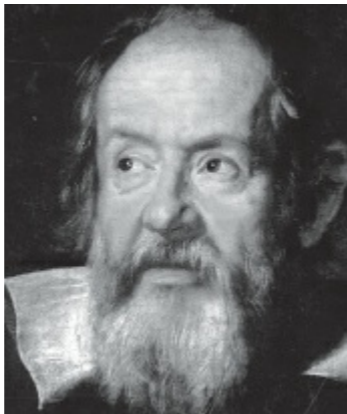
CAMPO E BOSONE DI HIGGS



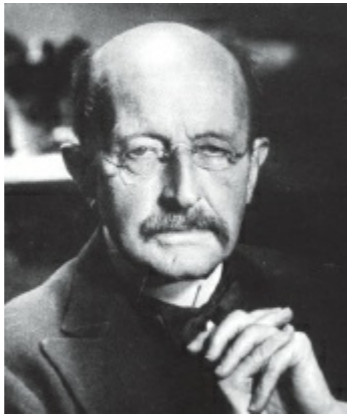
**TECNOLOGIA QUANTISTICA:
LABORATORIO PROVE
SPERIMENTALI**



I PRECURSORI DELLA TECNOLOGIA QUANTISTICA



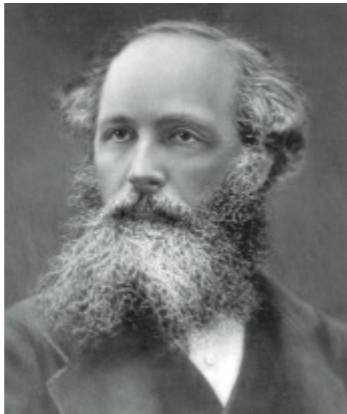
GALILEO GALILEI



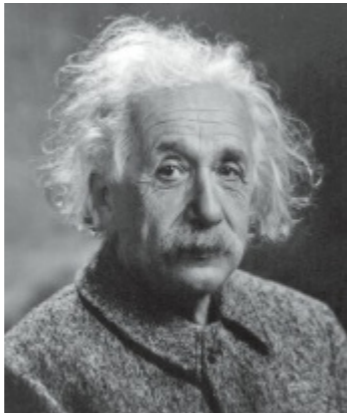
PLANCK



BOHR



MAXWELL



EINSTEIN



PAULI

I PRECURSORI DELLA TECNOLOGIA QUANTISTICA



HEISEMBERG



DE BROGLIE



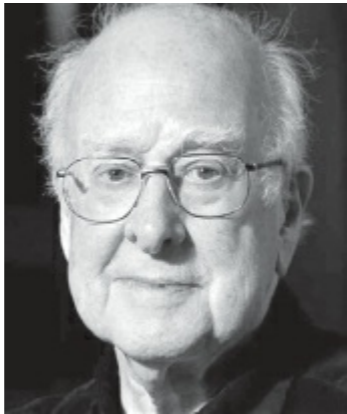
BELL



SCHRÖDINGER



BOHM



HIGGS

Danno biologico al DNA
generato dal telefono cellulare
(schema grafico)

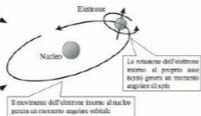
telefonino non protetto



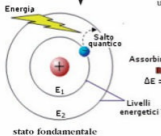
batteria



spin globale levigiro



salto quantico elettroni spin levigiro
 elettroni instabili (effetto vibrazionale) per effetto di continui salti quantici con emissione di fotoni aventi momenti angolari dell'orbitale non compatibili biologicamente con l'organismo umano



danno biologico al DNA (verifica "metodo della cometa" rif.:

- Università di Perugia Dipartimento di Sanità Pubblica
- Bureau Veritas Buffalo (USA)
- Pubblicazione Scientifica SITI

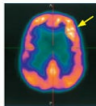


emissione di fotoni non compatibili biologicamente

telefonino non protetto in trasmissione



alterazione atermica



alterazione termica

Riduzione dal 70% al
100% del danno biologico al
DNA generato dal telefono
cellulare con applicazione del
prodotto **Skudo**® (schema
grafico)

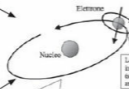
telefonino protetto



batteria



spin globale destroyiro



Elettrone

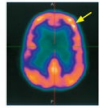
Nucleo

Il movimento dell'elettrone intorno al nucleo genera un momento angolare orbitale

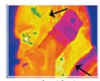
La rotazione dell'elettrone intorno al proprio asse (spin) genera un momento angolare di spin

notevole riduzione danno biologico al DNA con utilizzo nanoprocessore tecnologia Geoprotex®/ Skudo® (verifica "metodo della cometa") rif.:
•Università di Perugia Dipartimento di Sanità Pubblica
•Boureau Veritas Buffalo (USA)
•Pubblicazione Scientifica SITI

notevole riduzione dell'alterazione atermica



emissione di fotoni compatibili biologicamente



notevole riduzione dell'alterazione termica

salto quantico elettroni spin destroyiro
elettroni più stabili (effetto vibrazionale con salti quantici ridotti rispetto ad elettroni con spin levogiro) con emissione di fotoni aventi momenti angolari dell'orbitale compatibili biologicamente con l'organismo umano

energia armonica (principio di interferenza)

salto quantico ridotto

Assorbimento energia

$$\Delta E = E_2 - E_1$$

livelli energetici ridotti

Stato fondamentale

stato eccitato ridotto

telefonino protetto in trasmissione



PROVE SPETTROMETRICHE CON UTILIZZO DELLO SPETTROFOTOMETRO I.R. CON TRASFORMATO DI FOURIER

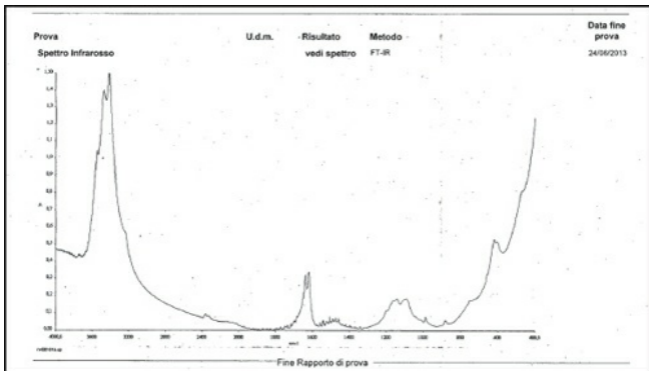


Figura 1 - Campione di sale marino prima del trattamento spintronico

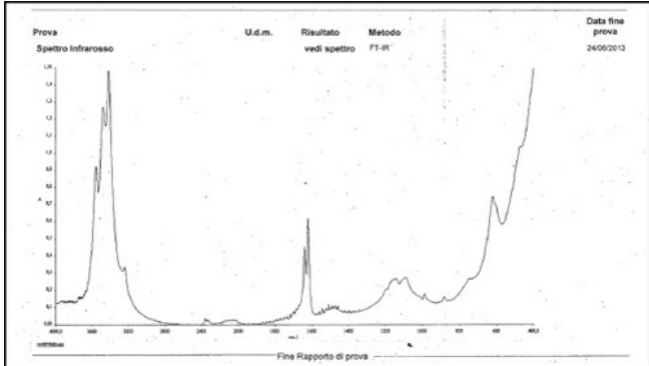


Figura 2 - Campione di sale marino dopo del trattamento spintronico (fase di lavorazione brevettata dall'Autore)

RILEVATORE PROFESSIONALI DI RADIOATTIVITÀ NATURALE GAMMA ATOMTEX



SCHERMO ANTIRADIAZIONI GEOPROTEX®



CONVERTITORI D'ONDA SKUDO®

Page information del prodotto
Product instruction leaflet

BREVETTO INTERNAZIONALE / INTERNATIONAL PATENT
PRODOTTO TESTATO E CERTIFICATO IN ITALIA E NEGLI STATI UNITI
PRODUCT TESTED AND CERTIFIED IN ITALY AND IN THE USA

SKUDO INVENTORE DEL PRIMO FILTRO AGLI OPERATORI CELLULARE
PRIMO INVENTOR FIRST RESEARCH AT MOBILE TELEPHONE



FILTRO DI STABILIZZAZIONE DELL'ONDA ELETTROMAGNETICA
EMESSA DA APPARECCHIATURE ELETTROMEDICALI

STABILIZATION FILTER OF ELECTROMAGNETIC WAVES EMITTED
BY ELECTROMEDICAL EQUIPMENT



Protegge anche dai
campi elettromagnetici
del telefono cellulare

Protects against
electromagnetic fields emitted
by mobile phones

CE

Dispositivo Medico
Medical Device
Classe I

Direttiva CEE 93/42/CEE

il successore

MADE IN ITALY

Page information del prodotto
Product instruction leaflet

BREVETTO INTERNAZIONALE / INTERNATIONAL PATENT
PRODOTTO TESTATO E CERTIFICATO IN ITALIA E NEGLI STATI UNITI
PRODUCT TESTED AND CERTIFIED IN ITALY AND IN THE USA



NANOPROCESSORE SKUDO®
PROTEGGE DAI CAMPI ELETTROMAGNETICI DEL CELLULARE

NANO-PROCESSOR SKUDO®
PROTECTS AGAINST ELECTROMAGNETIC FIELDS
EMITTED BY MOBILE PHONES



MADE IN ITALY

CEROTTI SKUDO®

