

DIESSE FIRENZE
Didattica e Innovazione Scolastica
Centro per la formazione e l'aggiornamento

SCIENZA FIRENZE
SETTIMA EDIZIONE

Docenti e studenti a confronto su:

SULLE SPALLE DEI GIGANTI
interrogare la realtà guidati da un maestro

Aula Magna
Polo delle Scienze Sociali, Università di Firenze
Firenze, 19 – 20 aprile 2010

– Sezione Triennio

RELAZIONE DEL DOCENTE REFERENTE

Insieme ad un gruppo di colleghi si è ritenuto interessante prendere spunto dal concorso per far approfondire agli alunni una tematica fondamentale della Fisica a partire dalla figura di uno scienziato e del suo lavoro.

Si è prima di tutto deciso di coinvolgere alcuni alunni omogenei come preparazione culturale; il gruppo, pur facendo parte di sezioni diverse, è afferente alla quarta classe.

Sulla scelta dell'argomento ci si è confrontati con gli alunni, dando loro vari spunti tra cui essi sono stati inviati a scegliere in base a inclinazioni e curiosità personali.

Si è quindi proceduto con una prima fase teorica in cui gli alunni sono stati introdotti allo studio della fisica delle particelle. Si è quindi proceduto a una fase di ricerca su documenti e dati, a cui gli alunni si sono appassionati, per loro si è trattato della scoperta di un mondo totalmente nuovo e appassionante. Individuato quindi l'argomento di studio si è proceduto alla progettazione e organizzazione della fase sperimentale. Si è voluta analizzare la presenza di interferenze esterne sulla misura dei raggi cosmici, questo prima di puntare alla seconda parte dell'esperimento: il conteggio di raggi cosmici tramite contatore geiger fatto a varie altitudini per verificare la loro origine non terrestre.

Gli alunni nella prima fase hanno eseguito giornalmente nell'arco di 15 giorni misure di pressione e conteggi col contatore geiger.

Nella seconda fase invece insieme al docente si sono recati nell'arco di una giornata a diverse quote sull'Etna per compiere misure di raggi cosmici.

Dopo aver raccolto i dati sperimentali si è passati alla loro analisi ed interpretazione.

Il docente referente ha supervisionato le varie fasi, fornendo le nozioni teoriche e guidando gli alunni nell'organizzazione delle esperienze e nell'analisi dei dati.

A conclusione di tutto il lavoro è stata redatta dagli alunni la tesina finale.

Il lavoro svolto ha portato ad interessanti osservazioni, anche non direttamente cercate, come una valutazione della radioattività ambientale; interessante è stato inoltre osservare l'influenza immediata delle variazioni di pressione atmosferica sul conteggio di raggi cosmici.

Il lavoro con semplici espedienti ha permesso di confermare l'ipotesi di Hess ed è diventato un importante spunto per ulteriori approfondimenti sul mondo delle particelle subatomiche.

UN SEMPLICE ESPERIMENTO PER UNA BRILLANTE INTUIZIONE VICTOR FRANZ HESS E I RAGGI COSMICI

L'evoluzione della fisica atomica, nucleare e subnucleare fu avvantaggiata nei secoli da importanti esperimenti. Personalità di notevole spessore, sono state nel tempo essenziali per lo sviluppo della scienza in questione. In particolare Victor Franz Hess occupa un posto di assoluta rilevanza nell'ambito della fisica subatomica, egli confermò, ampliandole ed arricchendole, le teorie esistenti precedentemente riguardo i raggi cosmici. I suoi esperimenti con il pallone aerostatico svelarono un nuovo mondo ed egli nel 1936 fu premiato con la massima onorificenza scientifica: il premio nobel per la fisica.

Indice

Storia dell'atomo	p.1
Victor Franz Hess	p.4
I raggi cosmici	p.5
Il modello standard	p.7
L'indagine sperimentale	p.7
Conclusioni	p.9
Bibliografia	p.9

Storia dell'atomo

“Non esiste né alto, né basso, né centro, né ultimo, né estremo. Nessun fine dirige l'eterno movimento degli atomi, che può essere detto, senza contraddizione, necessario e causale proprio perché non vi si manifesta alcun tipo di teologia o finalismo”.(Democrito)

L'idea fondamentale secondo cui ogni cosa è fatta di atomi risale al V secolo a.C. Il primo a sostenere l'esistenza di “elementi minimi” di materia, al di sotto dei quali ogni elemento non può venire ulteriormente frammentato, fu il filosofo greco Democrito che chiamò tali unità elementari “atomi” (da àtomos = indivisibile). Colui che oggi può essere considerato il co-fondatore dell'atomismo è rimasto legato alla sua celebre teoria definita “atomistica” considerata, anche a distanza di secoli, una delle visioni più scientifiche dell'antichità; essa fu ripresa non solo dai pensatori greci, come Epicuro, ma anche da filosofi, poeti romani e pensatori dell'età rinascimentale.

L'ontologia democritea si basa su due concetti: atomo e vuoto. Egli sostituì l'opposizione logica eleatica tra essere e non essere con l'opposizione fisica tra atomo e vuoto.

La realtà degli atomi costituiva per Democrito l'“archè”, quindi l'essere pieno, immutabile, ingenerato ed eterno. Egli elaborò una cosmologia nella quale l'universo è formato da mondi che devono la loro origine all'incessante moto vorticoso degli atomi nello spazio: essi si scontrano e ruotano formando aggregazione di materia più

vasta.

I ragionamenti di Democrito erano puramente filosofici e la teoria atomica della materia fu in seguito abbandonata a favore di altre teorie, fino alla fine del XVIII secolo, quando una serie di osservazioni condotte dai chimici dell'epoca misero in luce alcune regolarità nel comportamento degli elementi nelle reazioni chimiche. In particolare, sostenne il chimico inglese J. Dalton. "E' vero che gli elementi non si possono scomporre in sostanze più semplici, come accade ai composti, tuttavia, al pari di esse, questi si possono suddividere in particelle sempre più piccole, mantenendo inalterate le proprietà fisico-chimiche".

Nel 1803, John Dalton per primo cercò di descrivere l'atomo e lo fece basandosi su due delle tre leggi fondamentali della chimica (la terza la formulò lui stesso nel 1808). Dalton, per creare il suo modello atomico, si baserà su dei principi fissi, in particolare, i primi tre punti implicano che in una reazione chimica gli atomi rimangono invariati in numero e in massa e ciò è in accordo con la "legge di conservazione della massa" di Lavoisier, mentre il punto quattro è in accordo con la legge delle "proporzioni definite di Proust":

- La materia è formata da atomi piccolissimi, indivisibili e indistruttibili.
- Tutti gli atomi di uno stesso elemento sono identici e hanno uguale massa.
- Gli atomi di un elemento non possono essere convertiti in atomi di altri elementi.
- Gli atomi di un elemento si combinano, per formare un composto, solamente con numeri interi di atomi di altri elementi
- Gli atomi non possono essere né creati né distrutti, ma si trasferiscono interi da un composto ad un altro.

Probabilmente Dalton immaginò l'atomo come una microscopica sfera completamente piena e indivisibile ma, come in seguito dimostrarono le esperienze di Thomson e Rutherford, l'atomo è divisibile e quasi interamente vuoto.

Nel 1897 il fisico inglese Thomson, influenzato dalla scoperta dei raggi X, dedusse che i raggi catodici erano composti da particelle di carica negativa, che chiamò corpuscoli, e che sono oggi noti come elettroni. Egli comprese subito che esso era una particella subatomica, la prima ad essere scoperta. La sua rivelazione gli portò una certa notorietà e gli consentì di vincere il Nobel in fisica nel 1906.

Nel 1898, J.J.Thomson, propose il primo modello fisico dell'atomo. Egli immaginò che un atomo fosse costituito da una sfera fluida di materia caricata positivamente (protoni e neutroni non erano stati ancora scoperti) in cui gli elettroni (negativi) erano immersi (modello a panettone, in inglese plum pudding model), rendendo neutro l'atomo nel suo complesso.

Questo modello fu superato quando furono scoperte da Ernest Rutherford le particelle che formano il nucleo dell'atomo: il protone (dotato di carica positiva) e il neutrone (privo di carica elettrica).

Nel 1911 Rutherford fece un esperimento cruciale, con lo scopo di convalidare il modello di Thomson.

Un fascio di particelle alfa generate dal decadimento radioattivo del radio furono



dirette ortogonalmente ad un foglio sottile d'oro. Il foglio d'oro era circondato da un foglio circolare ricoperto di solfuro di Zinco (ZnS) usato come rivelatore: il solfuro di Zinco emette scintille luminose quando viene colpito da particelle alfa.

L'esperimento portò alla constatazione che i raggi alfa non venivano quasi mai deviati; solo l'1% dei raggi incidenti era deviato considerevolmente dal foglio di oro (alcuni

venivano completamente respinti).

Sulla base di questo fondamentale esperimento, Rutherford propose un modello di atomo in cui quasi tutta la massa dell'atomo era concentrata in una porzione molto piccola, il nucleo (caricato positivamente) e gli elettroni gli ruotavano attorno così come i pianeti ruotano attorno al Sole (modello planetario). L'atomo era comunque largamente composto da spazio vuoto, e questo spiegava il perché del passaggio della maggior parte delle particelle alfa attraverso la lamina. Il nucleo risulta così concentrato che gli elettroni gli ruotano attorno a distanze relativamente enormi, aventi un diametro da 10.000 a 100.000 volte maggiore di quello del nucleo.

Rutherford intuì che i protoni da soli non bastavano a giustificare tutta la massa del nucleo e formulò l'ipotesi dell'esistenza di altre particelle, che contribuissero a formare l'intera massa del nucleo. Nel modello atomico di Rutherford non compaiono i neutroni, perché queste particelle furono successivamente scoperte da Chadwick nel 1932.

Nel 1913 Bohr propose una modifica concettuale al modello di Rutherford. Pur accettandone l'idea di modello planetario, postulò che gli elettroni avessero a disposizione orbite fisse, dette anche "orbite quantizzate", queste orbite possedevano un'energia quantizzata e l'elettrone pur ruotando su di esse non perdeva energia.

Fu abbandonato il concetto di orbita e fu introdotto il concetto di orbitale. Ciò che si poteva conoscere era la probabilità di trovare l'elettrone in un certo punto dello spazio in un dato istante di tempo. Un orbitale quindi non è una traiettoria su cui un elettrone (secondo le idee della fisica classica) può muoversi, bensì una porzione di spazio intorno al nucleo definita da una superficie di equiprobabilità, ossia entro la quale c'è il 95% della probabilità che un elettrone vi si trovi.

Nel 1932 fu scoperto il neutrone, per cui si pervenne presto ad un modello dell'atomo pressoché completo, in cui al centro vi è il nucleo, composto di protoni (elettricamente positivi) e neutroni (elettricamente neutri) ed attorno ruotano gli elettroni (elettricamente negativi).

Victor Franz Hess

1. La vita

Gli studi riguardanti l'atomo e le sue componenti continuarono imperterriti anche nei decenni successivi all'importante scoperta di Bohr. Colui che diede l'input fondamentale per la scoperta delle particelle subatomiche fu sicuramente il fisico austriaco Victor Franz Hess. Egli nacque il 24 Giugno 1883 a Waldstain Castle da una famiglia di condizioni molto modeste, il padre faceva il boscaiolo. Victor ricevette l'istruzione basilare al Graz Gymnasium e successivamente si laureò a pieni voti alla Graz University (1905). Ben presto manifestò il proprio interesse per le materie scientifiche ed in particolare per la fisica. Lavorò al fianco di professori rinomati e famosi come von Schweidler e Stephan Meyer, quest'ultimo lo incentivò ad approfondire i propri studi di fisica nucleare e di radioattività (che per lui furono in seguito determinanti). I due collaborarono a lungo nell'Accademia delle Scienze di Vienna.



Nel 1912, mediante un pallone aerostatico, analizzò le variazioni del numero di particelle cosmiche a differenti quote. Questo fu il suo più famoso esperimento, che gli valse grande autorità in ambito scientifico. Nel 1919 fu premiato con il Premio Lieben per la scoperta delle “radiazioni ultra-cosmiche” (i raggi cosmici). Già, intorno al 1900, Wilson aveva scoperto che l'aria, anche in un contenitore chiuso, ha capacità di conducibilità elettrica, ipotizzando la possibile presenza di sostanze radioattive di origine extraterrestre capaci di ionizzare l'aria, quest'idea trovò conferma dagli esperimenti di Hess.

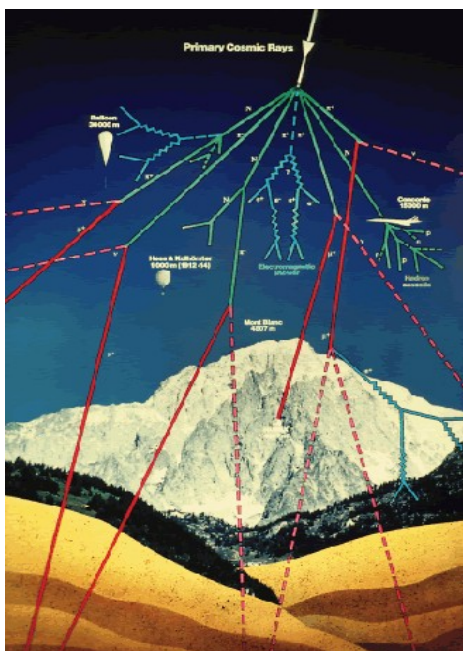
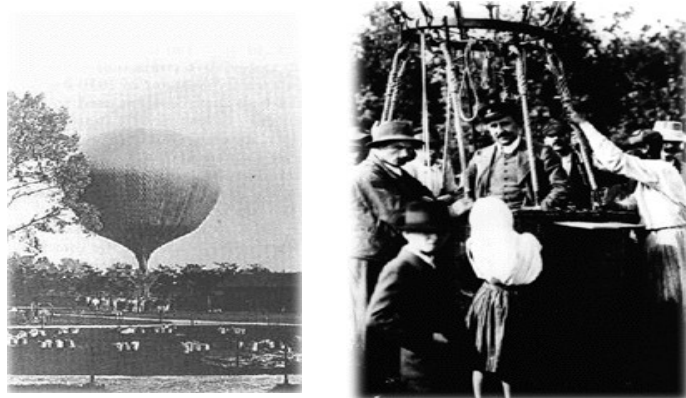
Negli anni successivi Hess, già affermato professore straordinario di fisica, ebbe l'opportunità di essere ospite di illustri scienziati e di visitare i più attrezzati laboratori di ricerca. Egli continuò le ricerche anche durante l'esperienza americana, studiò nel New Jersey ed a Washington D.C. Nel 1923 tornò in Austria alla Graz University, alla quale rimase legato lungo tutto il corso della propria vita, e fu nominato Professore Ordinario di Fisica Sperimentale. Nel 1931 assunse la direzione di un importante reparto di radiologia nell'Università di Innsbruck, in quegli anni fondò un personale laboratorio di osservazione sulle Montagne Hafelekar, a 2300 m d'altezza, per lo studio delle radiazioni.

Nel 1936 fu assegnata a Victor Franz Hess, insieme a C.D. Anderson, per i loro studi approfonditi e le loro scoperte in materia dei “raggi cosmici”, la massima onorificenza scientifica: il premio Nobel per la Fisica. Anderson diede il nome a queste particelle subnucleari extraterrestri definendole proprio “raggi cosmici”.

Hess passò gli ultimi anni della propria vita da cittadino americano, approfondendo i propri studi e chiarendo le proprie teorie con la redazione di numerosi fascicoli. Morì nel 1964.

2. L'esperimento

Nel 1912, il coraggioso Hess decise di tentare un esperimento per risolvere la questione ancora aperta della natura terrestre o extraterrestre della radiazione osservata nell'atmosfera. Egli caricò su un pallone aerostatico un dispositivo per misurare le particelle cariche detto elettroscopio a foglie e intraprese un viaggio che dimostrò come la quantità di particelle cariche (e quindi di radiazione) aumentava con l'altitudine. Questo significava che quella radiazione allora sconosciuta non aveva origine terrestre (come la radioattività naturale) ma proveniva dallo spazio esterno, da cui il nome di Raggi Cosmici. Victor Hess ricevette il premio Nobel per la sua scoperta nel 1936. Dal suo primo esperimento ad oggi i raggi cosmici sono stati intensamente studiati e adesso sappiamo molte cose sul loro conto. Da misure fatte su palloni aerostatici a grande altitudine o su satelliti sappiamo che la grandissima maggioranza dei raggi cosmici è costituita da protoni (circa 90%), vi sono poi nuclei atomici (ovvero atomi privi dei loro elettroni) di svariati elementi, da quelli più leggeri come l'elio (circa 9%) fino ai più pesanti (circa 1%) come ferro e addirittura uranio.



I raggi cosmici

Il periodo immediatamente successivo alla scoperta delle misteriose radiazioni rilevate durante l'esperimento di Hess fu incredibilmente fecondo di studi ed esperimenti riguardo la fisica sub-atomica: in particolare nell'ambito della fisica delle particelle gli studiosi dimostrarono che i neutroni, i protoni e gli elettroni non erano i costituenti elementari della materia e che quelle radiazioni che aveva notato Hess durante il suo esperimento erano ricche di tali particelle.

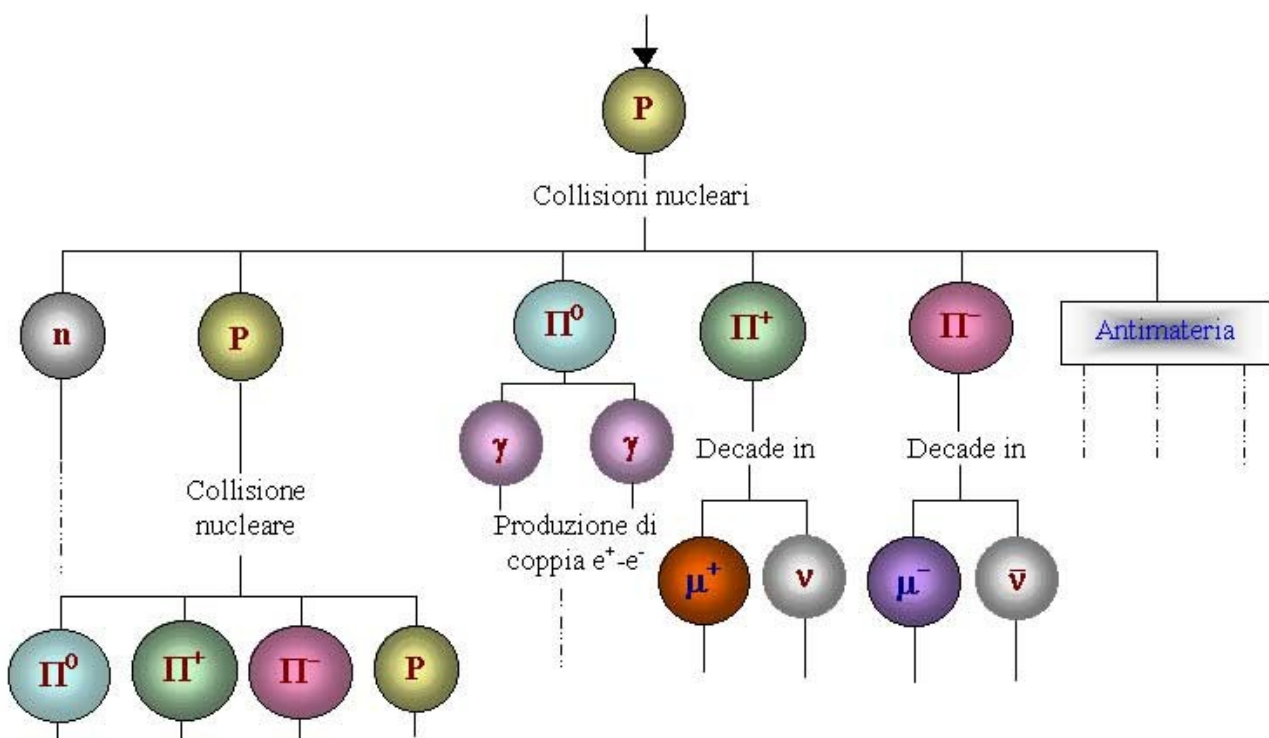
I raggi cosmici sono particelle energetiche provenienti dallo spazio alle quali è esposta la Terra e qualunque altro corpo celeste, nonché i satelliti e gli astronauti in

orbita nello spazio. Dal 7 agosto 1912, giorno dell'esperimento, a oggi, numerosi sono stati i progressi riportati nella comprensione dei raggi cosmici e quindi della fisica delle particelle. Innanzitutto gli scienziati hanno cercato di dare un'origine a questo flusso di particelle e per il momento si ritiene che le fonti maggiori siano le supernovae, quasar e galassie attive ma per ovvie ragioni non si escludono altre provenienze finora sconosciute.

Gli studiosi si sono soffermati inoltre sulla velocità di diffusione dei raggi cosmici che è risultata vicina a valori relativistici, notevolmente superiore a quella che si può attualmente ottenere sulla Terra con gli acceleratori di particelle.

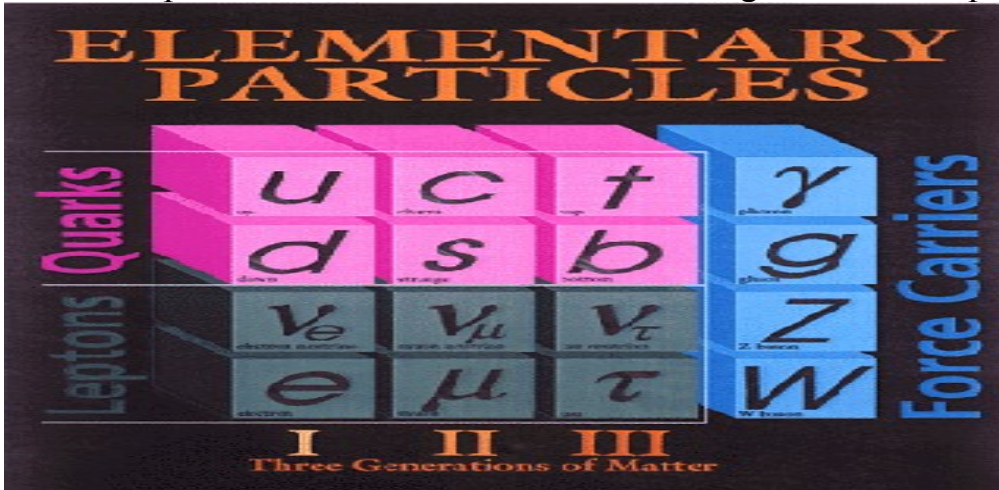
I raggi cosmici primari si infrangono nell'atmosfera con energia pari o superiore a 10^{12} eV, successivamente a ciò avvengono due fondamentali fenomeni, il primo è dovuto all'effetto del campo magnetico terrestre sulle particelle che ne favorisce la concentrazione in circoscritte aree del pianeta, il secondo, invece, è dovuto alla collisione nucleare tra le particelle (protoni, nuclei di elio, elettroni, fotoni, neutrini e antimateria) provenienti dai raggi cosmici e i nuclei che compongono l'atmosfera terrestre. Questa collisione provoca un processo a cascata di particelle secondarie che a loro volta o interagiscono con altri nuclei dell'atmosfera o decadono creando altre particelle. Questo processo si può ripetere più di una volta e da un raggio primario si possono generare tante particelle quanto più è alta l'energia del raggio, quando, però, le energie diminuiscono e arrivano a circa 10^9 eV non avvengono più produzioni di particelle ma soltanto eccitazioni di nuclei.

Gli scienziati dopo numerosi studi sono riusciti a catalogare e identificare le particelle che si formano dopo le collisioni nucleari: protoni, neutroni, elettroni, mesoni, neutrini, fotoni, iperoni, antimateria, positroni, muoni (la scoperta di quest'ultimo è dovuta all'opera di fisici italiani Conversi, Pacini e Piccioni) e molte altre particelle.



Il modello standard

La scoperta dei raggi cosmici ha permesso lo sviluppo dello studio della fisica sub-atomica avendo dato una iniziale fonte naturale di particelle elementari; oggi, con l'avvento degli acceleratori di particelle, gli scienziati accelerando elettroni e protoni hanno potuto identificare e catalogare le particelle trovate.



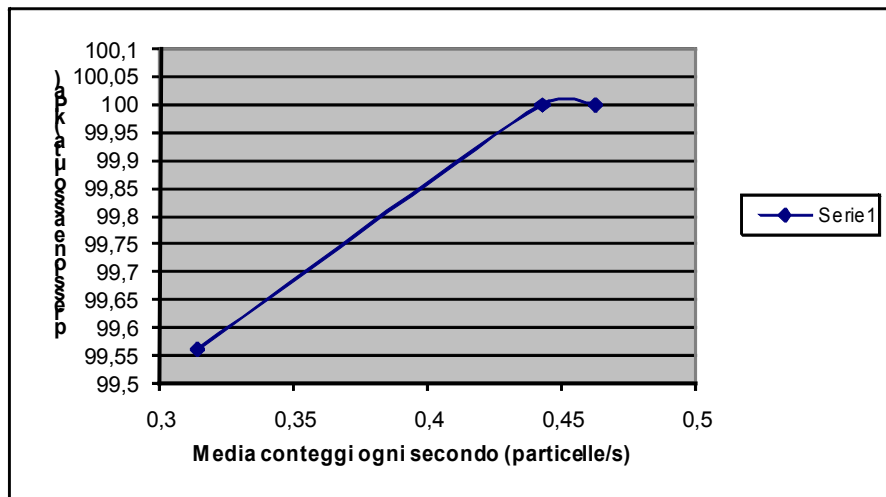
Si è scoperto che i protoni e i neutroni, che in passato si consideravano particelle elementari, sono composti da quark classificati in up, down, charm, strange, top e bottom; ciascuna di queste particelle è caratterizzata da tre varietà chiamate "colori", in base alla teoria della cromo dinamica-quantistica: rosso, verde e blu. Tutte le particelle composte da quark prendono il nome di adroni tra cui si distinguono i bosoni e i mesoni. Le ulteriori particelle elementari che contribuiscono a formare il modello standard della materia sono i leptoni. Essi si dividono in più categorie: gli elettroni, i muoni, i tauoni e i corrispondenti neutrini. I quark e i leptoni e la corrispondente antimateria costituiscono complessivamente il modello standard delle particelle elementari formato da 24 costituenti, secondo lo schema indicato in figura.

L'indagine sperimentale

Nel corso di un mese, sulle spalle del gigante Victor Hess, sono stati riprodotti gli esperimenti condotti per il conteggio delle particelle sub-atomiche relative ai raggi cosmici. Mediante l'utilizzo di appositi rilevatori elettronici è stato possibile ottenere cospicui dati riguardanti il numero delle suddette particelle nei conteggi diurni e notturni a diverse pressioni; per evidenziarne l'origine cosmica sono state sfruttate le diverse altitudini del monte Etna. Per l'analisi sono stati utilizzati dei mini computer "GLX". Tali strumenti si sono rivelati essenziali poiché permettono, tramite appositi sensori, di effettuare misure, costruire grafici e analizzare i dati ottenuti. Le apparecchiature, alle quali sono stati appositamente correlati dei contatori geiger e il rilevatore di pressione assoluta, grazie alla loro buona sensibilità, hanno fornito dati attinenti ai cambiamenti ricercati. Il sensore di pressione assoluta, adattato al contatore GLX, ha permesso di rilevare il giusto valore della pressione nei vari punti

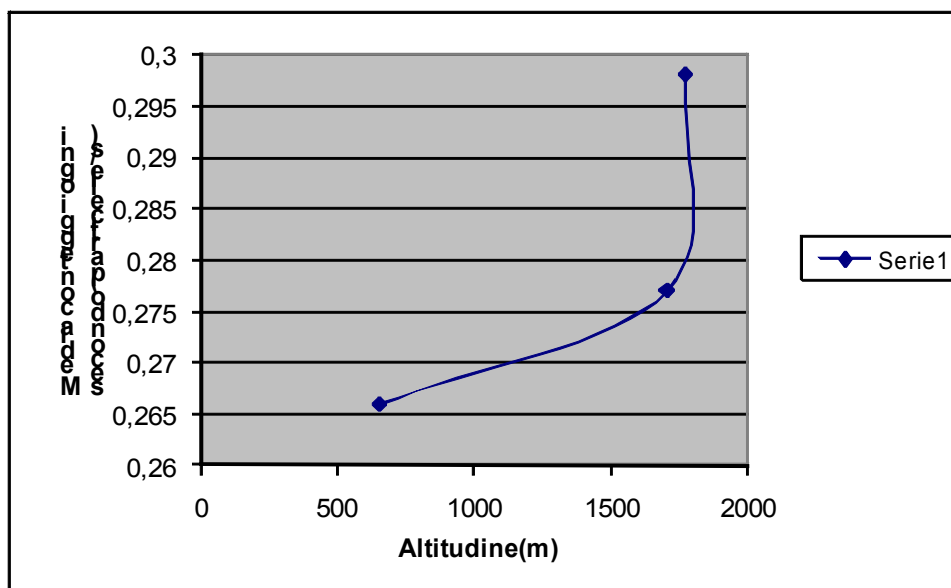
analizzati.

Le rilevazioni sono state effettuate con cadenza regolare giornaliera, ottenendo dati essenziali allo scopo della ricerca. È stato preso un rilevatore geiger e un sensore di pressione assoluta e si sono fatti partire in contemporanea così da



poter confrontare i dati ottenuti per verificare le eventuali variazioni dell'apporto di particelle in relazione ai livelli di pressione. Ciò che si evince dal grafico frutto di medie su misure svolte nell'arco di 15 giorni è che la pressione atmosferica influisce sui conteggi, determinando un incremento degli stessi all'aumentare della pressione. Si è osservato inoltre come all'interno del laboratorio di fisica della scuola G. Galilei di Catania ci siano molte interferenze di natura probabilmente geologica rispetto agli ambienti esterni che si sono analizzati, si nota, infatti, una radioattività ambientale media superiore a quella misurata in ambiente esterno.

Un secondo esperimento è stato svolto eseguendo misure di particelle col contatore geiger al variare dell'altitudine. Come mostra il grafico sotto riportato, effettuate le misure a varie quote (655 m, 1702 m, 1769 m), tramite un contatore geiger collegato a un GLX, si dimostra l'ipotesi, proposta da Victor Hess, ovvero che man mano che saliamo di quota il numero di particelle rilevate ogni secondo è maggiore. Nel grafico si vede la media delle



radioattive rilevate ogni secondo in funzione dell'altitudine. Per ogni tappa il conteggio particelle/pressione è durato 900s (15 min) così da ottenere una buona media di conteggi.

Conclusioni

Gli esperimenti effettuati hanno confermato le rilevazioni condotte da Hess oltre a fornire interessanti osservazioni sugli effetti della pressione atmosferica sulle particelle. Gli studi fatti hanno permesso di concludere che i raggi cosmici hanno origine extraterrestre poiché con l'aumento di quota aumenta anche il numero di particelle rilevate. La pressione atmosferica inoltre influisce in modo evidente sui conteggi, si è evidenziato, infatti, come improvvise variazioni meteorologiche producessero alterazioni dei dati. L'utilizzo dei raggi cosmici come fonte di particelle di alta energia risulta ancora oggi fondamentale per l'indagine scientifica, a tale scopo è giusto evidenziare nell'analisi dei dati la presenza di possibili fonti di interferenza quali la pressione atmosferica o la radioattività ambientale, questi potrebbero essere ulteriori e interessanti campi di indagine.

Bibliografia

- www.nobelprize.com
- www.lngs.infn.com
- Tesi di laurea di Laura la Rocca – Università di Catania
- www.wikipedia.com
- www.arcetri.astro.com
- www.auger.com
- <http://www.phy.cam.ac.uk/>