

Marco Arcani

ASTROPARTICELLE

In Viaggio tra i Raggi Cosmici



Ai miei genitori e alla mia famiglia.

Sommario

| | |
|---|-----------|
| Introduzione..... | 11 |
| 1 — La Materia e le Particelle Elementari..... | 15 |
| 1.1 Il viaggio dello Yocto..... | 15 |
| 1.2 Il modello standard..... | 22 |
| 1.3 Lo spin..... | 29 |
| 1.4 La radioattività..... | 31 |
| 2 — I Raggi Cosmici..... | 33 |
| 2.1 Un po' di storia..... | 33 |
| 2.2 Astroparticelle o raggi cosmici?..... | 44 |
| 2.3 Massa ed Energia..... | 45 |
| 2.4 Fisiologia dei raggi cosmici..... | 47 |
| 2.5 Provenienza e accelerazione..... | 50 |
| 2.6 Propagazione nello spazio..... | 53 |
| 2.7 Effetto Latitudine e Geomagnetico..... | 57 |
| 3 — Rilevamento e Rivelatori..... | 61 |
| 3.1 Metodi di rilevamento..... | 61 |
| 3.1.1 Ionizzazione..... | 62 |
| 3.1.2 Scintillazione..... | 64 |
| 3.1.3 Cherenkov..... | 64 |
| 3.1.4 Rilevamento nei Semiconduttori..... | 65 |
| 3.1.5 Calorimetri..... | 66 |
| 3.2 Osservatori..... | 67 |
| 3.3 Osservatori a matrice..... | 70 |
| 3.4 Telescopi Cherenkov..... | 72 |
| 3.4.1 La tecnica Cherenkov..... | 73 |
| 3.4.2 Astronomia gamma..... | 74 |
| 3.5 Osservatori di Neutrini..... | 76 |
| 3.5.1 Astronomia del Neutrino..... | 78 |
| 3.6 Osservatori in orbita..... | 81 |

| | |
|---|-----|
| 4 — Implicazioni | 87 |
| 4.1 Radioattività spaziale..... | 87 |
| 4.2 Energia dai raggi cosmici..... | 89 |
| 4.3 Astroparticelle che influenzano il clima..... | 93 |
| 4.3.1 Il Sole come primo responsabile..... | 93 |
| 4.3.2 Dal CERN: come le astroparticelle influenzano il clima...97 | |
| 4.3.3 Previsioni meteo a muoni..... | 100 |
| 4.3.4 Lenubitemporalescheacceleranoglielettronicosmici..103 | |
| 4.3.5 Ere glaciali..... | 104 |
| 4.4 Estinzioni di massa ed evolucionismo..... | 109 |
| 4.4.1 Estinzioni da supernova..... | 109 |
| 4.4.2 Gamma Ray Burst..... | 113 |
| 4.4.3 Unione di due stelle di neutroni..... | 119 |
| 4.4.4 Solar Flare..... | 123 |
| 4.5 Radiografia a Muoni..... | 133 |
| 4.6 Problemi sui dispositivi elettronici..... | 135 |
| 4.7 La PET..... | 140 |
| | |
| 5 — Fotografia e Astroparticelle | 141 |
| 5.1 Breve storia della fotografia..... | 141 |
| 5.2 Prime applicazioni scientifiche..... | 145 |
| 5.3 La fotografia nei raggi cosmici..... | 151 |
| 5.3.1 La scoperta del pione e dell'interazione forte..... | 152 |
| 5.3.2 Altre applicazioni pratiche..... | 153 |
| 5.4 Fotografia e Astronomia..... | 155 |
| 5.4.1 Inconsapevoli rivelatori di astroparticelle..... | 156 |
| | |
| 6 — A caccia di raggi cosmici | 159 |
| 6.1 La spedizione V.H.A.N.E.S.S.A..... | 159 |
| 6.1.1 I risultati..... | 171 |
| | |
| 7 — Ai confini della scienza | 177 |
| 7.1 Misteri insoluti..... | 177 |
| | |
| Conclusione..... | 189 |
| | |
| 8 — Appendici | 193 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 8.1 | Costruire un rivelatore didattico..... | 193 |
| 8.1.1 | L'elettroscopio..... | 194 |
| 8.1.2 | Camere a nebbia..... | 196 |
| 8.1.3 | Metodo a espansione..... | 197 |
| 8.1.4 | Metodo a diffusione..... | 202 |
| 8.1.5 | Semplice rivelatore a tubi fluorescenti..... | 203 |
| 8.1.6 | Rivelatore a tubi Geiger-Müller..... | 208 |
| 8.1.7 | Tubi Geiger in coincidenza..... | 211 |
| 8.1.8 | Progetto A.D.A. e AMD5..... | 213 |
| 8.1.9 | Cosa si può fare con l'AMD5..... | 213 |
| 8.1.10 | Rivelatori a scintillazione..... | 216 |
| 8.2 | Il gatto di Schrödinger..... | 219 |
| 8.3 | Alcune abbreviazioni di utilizzo comune..... | 221 |
| 8.4 | Gli osservatori più noti da terra e dallo spazio..... | 223 |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Ringraziamenti | 227 |
|-----------------------------|-----|

| | |
|---------------------------|-----|
| Bibliografia | 229 |
|---------------------------|-----|

Introduzione



Astroparticelle è un neologismo per definire i raggi cosmici, viaggiatori spaziali che arrivati sulla Terra coinvolgono in modo stupefacente numerose discipline scientifiche; astroparticelle è anche un termine che non compare (ancora) nel dizionario ma che è entrato nell'uso corrente da decenni, specialmente con la definizione di "Astroparticle Physics", in quell'idioma della scienza che è la lingua inglese.

Con Fisica delle Astroparticelle viene indicato ciò che unisce la macro-natura con la micro-natura; noi ci ritroviamo collocati a metà strada in questa realtà in cui filosofi, religiosi e fisici hanno ritrovato un comune denominatore che si può chiamare Universo, ovvero la certezza di fare parte di un'unica entità incatalogabile, non schematizzabile.

Il libro *Astroparticelle - In viaggio tra i Raggi Cosmici*, scritto da un appassionato e rivolto ad appassionati, è una gita scientifica in un mondo ancora molto sconosciuto dal punto di vista popolare. L'intento principale di questo lavoro è quello di presentare con semplicità e con il più possibile rigore scientifico questi argomenti; a chiunque sia curioso di sapere quanto è a noi vicino il mondo dei raggi cosmici, le particelle da cui siamo avvolti e coinvolti e quanto è interessante e affascinante il mondo delle particelle elementari. Riuscire in questo intento per la natura degli argomenti trattati è tutt'altro che semplice. Sono altresì convinto che questo testo potrebbe essere un buon riferimento per giovani studenti di qualsiasi livello che tramite i miei appunti e i richiami in bibliografia avranno modo di approfondire gli argomenti che più interessano.

Ho cercato nel limite del possibile di rendere i capitoli indipendenti evitando però di trasformare la lettura in un volo pindarico. Un lettore esperto potrà anche trovare omissioni o imprecisioni dovute al fatto di aver semplificato al massimo il linguaggio tecnico.

Il prologo degli argomenti consiste in un volo immaginario dove anche chi non ha mai sentito parlare di particelle può subito acquisire familiarità con esse, cosicché proseguendo nella lettura le basi della fisica

delle particelle saranno comprese anche se esposte in modo più approfondito. Seguirà quindi una descrizione della fisiologia dei raggi cosmici, le energie in gioco, da dove provengono e come sono prodotti.

La seconda parte è dedicata ai metodi di rilevamento di queste particelle: a cento anni dalla loro scoperta sono sorte numerose ed enormi infrastrutture con lo scopo di rispondere alle domande ancora senza risposta, e quello che si vuole evidenziare è proprio quanto sia viva questa materia e quanti sforzi si stanno facendo in tutto il mondo per creare nuovi giganteschi osservatori ed esperimenti. Nel momento in cui scrivo, lo storico laboratorio Fermilab di Batavia (USA) ha fermato il suo acceleratore di particelle Tevatron dopo 26 anni di avanguardia nella fisica delle alte energie. Le motivazioni sono certo racchiuse nella crisi economica corrente ma credo che parte della responsabilità sia da attribuire ai raggi cosmici e leggendo scoprirete il perché: sulle ceneri del Tevatron stanno infatti sorgendo altri esperimenti come Nova per lo studio del neutrino sempre negli USA e HISCORE in Siberia, così come KM3 nel Mediterraneo. Queste sono solo le ultime "piramidi" di numerosi progetti faraonici costruiti o in fase di costruzione. Anche l'Italia contribuisce alla ricerca in questo campo tramite l'ente sorto grazie alla scuola di Enrico Fermi, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), che si occupa della ricerca nel campo della fisica delle particelle.

L'INFN nonostante i continui tagli di finanziamenti, contribuisce a molti progetti internazionali sulla fisica delle astroparticelle compresa una grande partecipazione agli esperimenti del Centro Europeo di Ricerca Nucleare, il CERN di Ginevra che in parte si occupa anche di raggi cosmici.

Nella parte centrale, si vedrà quanto questo mondo che sembra così distante in realtà ci riguarda molto da vicino anche nella vita quotidiana, raccontando attraverso le scoperte e le teorie più interessanti, le ricerche di scienziati d'avanguardia, le ultime scoperte, i progetti e le invenzioni dimenticate.

Il libro prosegue con una ricerca dedicata alla fotografia in quanto scienza scontata al servizio della scienza stessa, che visto il ruolo

cruciale sostenuto in molte scoperte nel campo delle astroparticelle credo meriti una particolare considerazione.

Un capitolo è poi rivolto a piccole iniziative personali come la spedizione scientifica VHANESSA del 2012 in occasione del centenario della scoperta dei raggi cosmici.

L'epilogo del volume cerca di esporre il mistero più grande della fisica lasciando al lettore alcune intime riflessioni che non potranno che essere estremamente personali.

Per finire in appendice sono raccolti i metodi più diffusi per costruire in proprio strumenti didattici per il rilevamento dei raggi cosmici, rivisitati secondo esperienze personali.

Marco Arcani

Ringraziamenti



Un ringraziamento^[1] particolare: al professor Alessandro De Angelis per le preziose informazioni, al professor Angelo Cotta Ramusino per avermi aperto gli occhi, alla dottoressa Barbara Tedesi per i chiarimenti sui neuroni e per la sua preziosa amicizia, alla dottoressa Caterina Giso per aver trasformato un guazzabuglio in qualcosa di leggibile, al dottor Cesare Guaita per avermi presentato l'Astronomia quando ero ancora in fasce, al professor Don Perkins per la sua gentilezza e cortesia, al signor Ernesto Merz per la sua disponibilità e professionalità, alla professoressa Michela Prest per le numerose informazioni e la revisione "fisica" di alcuni capitoli, al professor Piero Galeotti per le informazioni sulle particelle più misteriose – i neutrini – al direttore Roberto Crippa per il supporto al progetto ADA e un ringraziamento speciale a Vanessa e Heleanna senza il cui supporto questo libro non sarebbe mai nato.

[1] In ordine alfabetico.