

Tutte le voci dell'universo: sotto il Gran Sasso per ascoltare il cosmo

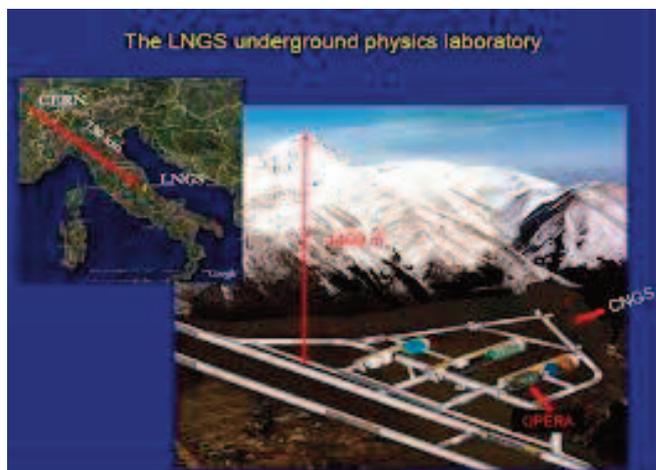
“...e così lei vorrebbe spiegare a me cosa ci fanno tutti questi scienziati sotto la montagna, sotto il Gran Sasso! Ma se devono studiare l'universo, cosa ci stanno a fare sottoterra?”

Ero in treno, stavo andando a L'Aquila per una visita ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso e, come capita spesso, si chiacchierava con i compagni di viaggio. Dapprima pensai che spiegare cosa si studiava in quei laboratori sarebbe stata una missione impossibile, avevo davanti una persona che rifiutava a priori l'idea che stando “dentro una montagna” si potesse osservare il cosmo ma poi, dopo un suo primo momento di incredulità, andammo avanti per ore a parlare di “tutte le voci dell'universo” e arrivammo a destinazione senza quasi accorgercene.

Questo è successo alcuni anni fa ed ora, insieme a voi, vorrei intraprendere nuovamente quel viaggio e riuscire a farvi guardare l'universo in modo inconsueto.

Perché l'universo non è solo quello che vediamo con i nostri occhi o con i telescopi e i rivelatori (ottici, radio, UV, microonde), oggi possiamo studiarlo anche con nuove strumentazioni, che permettono l'osservazione di ciò che con la nostra vista non potremmo mai scoprire: i raggi cosmici carichi (protoni e nuclei) e neutri (raggi gamma, neutrini) e le onde gravitazionali. Lo so, sembra strano, ma questo nuovo modo di “guardare l'universo”, anche dalle viscere della terra, permette di studiarlo con una visione molto più completa rispetto a quanto si fa con lo studio dell'astronomia classica. Tale diverso approccio ha permesso, negli ultimi decenni, la nascita di una “astronomia multimessenger” che si serve, come strumenti di indagine, sia di apparecchiature installate sulla terra, sia di strumenti portati in orbita terrestre o nello spazio, sia di laboratori sottomarini o sotterranei come, per l'appunto, quelli del Gran Sasso. E qui un po' di storia della fisica moderna può far meglio comprendere come.

Dai primi del '900 lo studio dell'universo ha visto evolversi una sempre più forte diversificazione tra lo studio dell'astronomia, della fisica delle particelle e della cosmologia. Questo ha portato alla formazione di comunità scientifiche specializzate e quindi alla nascita di “modelli standard” indipendenti per il microcosmo (fisica nucleare e subnucleare) e il macrocosmo (astronomia e astrofisica), basati ciascuno su tecniche sperimentali specifiche.



La situazione è iniziata a cambiare, come ho detto, negli ultimi decenni, con la nascita di laboratori ed esperimenti sotterranei, con la possibilità di misurare efficacemente al suolo sciami estesi di particelle provenienti dall'universo, con la capacità di inviare nello spazio rivelatori di particelle leggeri, compatti ed efficienti e, infine, con la straordinaria qualità degli interferometri, finalmente capaci di rivelare le onde gravitazionali.

La potenza di questo approccio desidero spiegarla con una similitudine che richiama i nostri cinque sensi: potremmo assimilare lo studio dell'astronomia tradizionale mediante le onde elettromagnetiche con l'uso della vista, mentre i raggi cosmici, i raggi gamma, le onde gravitazionali e i neutrini rappresenterebbero allora gli altri sensi. E, per similitudine, una buona pizza non si giudica solo con gli occhi! Olfatto, gusto, tatto, udito concorrono a farci apprezzare quanto buona sia, anche da come “scrocchia” sotto i nostri denti o dal profumino che sprigiona! Allo stesso modo l'universo non si può studiare solo con il telescopio, cioè solo mediante la luce visibile (i fotoni), ne avremmo solo una visione parziale, assolutamente incompleta. Bisogna osservarlo mediante le onde gravitazionali, i raggi cosmici, i raggi gamma, i neutrini. Nasce così la *fisica astroparticellare*.

È per questa ragione che, anche per studiare i neutrini ed altre particelle che si pensa possano costituire la cosiddetta “materia oscura” dell'universo, sono stati costruiti laboratori sotto montagne, nelle profondità delle miniere o del mare (da noi, in Sicilia, al largo di Capo Passero), in lunghissimi tunnel autostradali

circondati dalle rocce e, nel caso che stiamo esaminando, sotto il Gran Sasso.

Perché la scelta di creare i laboratori dentro una montagna?

La ragione è che la roccia sovrastante i laboratori riduce notevolmente il flusso di raggi cosmici rispetto a quelli che si misurano sulla superficie terrestre, abbassando il "rumore di fondo" di un fattore un milione. Nelle sale degli esperimenti arrivano così solo le particelle più elusive (i neutrini) senza l'interferenza di altre e, su miliardi di miliardi di miliardi di neutrini che attraversano la montagna, statisticamente qualcuna di esse può interagire con la strumentazione ed essere analizzata. In questo modo diventa possibile studiare il neutrino, i raggi cosmici residui e ricercare la presenza di materia oscura. Queste osservazioni richiedono condizioni di "silenzio cosmico" e di enorme purezza dei materiali impiegati in tutte le strumentazioni; sono queste tutte condizioni ottemperate nei laboratori Nazionali del Gran Sasso, laboratori di ricerca che fanno parte dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Inaugurati nel 1984, attraggono scienziati da tutto il mondo e sono considerati, di fatto, i più grandi laboratori sotterranei del pianeta dedicati allo studio della fisica astroparticellare. Attualmente sono circa 950 i ricercatori provenienti da 29 Paesi che lavorano ai 15 esperimenti attivi o in via di realizzazione. Ai laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) si accede direttamente dal tunnel autostradale della A24 Teramo-Roma e, pertanto, è molto facile il trasporto sia del personale sia della strumentazione e delle strutture costruite all'esterno, visto che queste possono raggiungere notevoli dimensioni. La struttura si compone di una parte sotterranea coperta dai 1.400 m di roccia del massiccio del Gran Sasso d'Italia, è posta ad una quota di circa 1000 m sul livello del mare ed è costituita da tre grandi sale sperimentali, delle dimensioni di circa 100 m di lunghezza, 20 di larghezza, 18 di altezza ciascuna, e da varie gallerie di servizio, per un volume totale di 180 mila metri cubi.

Ma cosa è questo neutrino e perché è così importante?

Il neutrino è una particella subatomica elementare, cioè non composto da particelle più semplici, è di massa piccolissima e carica elettrica nulla, quindi neutro. E, soprattutto, estremamente sfuggente, difficile da "accalappiare" e studiare perché ha, tra le altre, la caratteristica di interagire in maniera debolissima con la materia circostante. Il fisico Edoardo Amaldi gli diede scherzosamente questo nome durante una conversazione con Enrico Fermi all'Istituto di fisica di via Panisperna a Roma, come diminutivo della parola neutrone, altra particella neutra esistente all'interno del nucleo atomico ma molto più massiccia. Il termine neutrino fu poi adottato dalla comunità scientifica mondiale dopo la citazione che Fermi fece

durante la sua relazione ad un congresso internazionale nel 1932.

I neutrini possono avere una *origine naturale* (solari, atmosferici, terrestri, generati da esplosioni di supernove) o possono anche *essere generati da sorgenti artificiali* come viene fatto nei laboratori del CERN di Ginevra.

Tra i costituenti della materia, i neutrini fanno parte della famiglia dei leptoni, che si divide in due grandi gruppi: quello dei leptoni carichi (a cui appartiene



e l'elettrone) e quello dei leptoni neutri (a cui appartengono i neutrini). Come detto, sono continuamente prodotti nelle reazioni nucleari all'interno delle stelle e attraversano la materia senza interagire con essa: si calcola che, ogni secondo, il corpo umano venga attraversato da 50.000 miliardi di neutrini provenienti dal Sole senza che questi lascino traccia del loro passaggio. Per dare un'idea, in media soltanto un neutrino all'anno interagisce con il corpo di una persona! Possono attraversare indisturbati enormi spessori e persino un intero pianeta - la Terra, per esempio - e addirittura viaggiare nell'universo senza essere bloccati da nulla. Queste particelle inafferrabili sono molto importanti in astrofisica, in cosmologia e in astronomia perché possono essere considerate le uniche testimoni della nascita e dell'evoluzione delle stelle e di tutto l'universo. Esistono cioè nel cosmo "neutrini

fossili”, liberati al momento del Big Bang, che ancora oggi conservano, nelle loro caratteristiche, il “ricordo” di quell’evento e che quindi sono le uniche particelle ancora esistenti nella forma che avevano all’origine dell’universo. Per questo, studiandoli, si possono avere informazioni su come esso è nato.

Secondo il Modello Standard, la teoria fisica che cerca di descrivere le forze e le particelle elementari, i neutrini dovrebbero avere una massa pari esattamente a zero, cosa che è stata smentita dagli esperimenti recenti. Il Nobel per la fisica 2015 è stato assegnato a Takaaki Kajita e Arthur McDonalds proprio per le determinanti ricerche che hanno permesso di capire che il neutrino in realtà è una particella dotata di massa che ancora non si è ancora riusciti a misurare con precisione ma, si stima, potrebbe essere da 100 mila a 1 milione di volte più piccola di quella di un elettrone. Come detto, interagiscono così debolmente con la materia che lo stesso premio Nobel Wolfgang Ernst Pauli dubitava che potessero essere mai rivelati. Il neutrino fu invece scoperto da Frederick Reines e Clyde Cowan nel 1956, utilizzando un reattore nucleare come sorgente.

Ettore Majorana, grande fisico catanese della scuola di Enrico Fermi, negli anni trenta del secolo scorso aveva già teorizzato l’esistenza di neutrini dotati di massa, detti appunto di Majorana. La sua teoria è sempre più accreditata dalla comunità scientifica mondiale che continua ancora oggi ad utilizzare il lavoro, assolutamente attuale, del grande scienziato siciliano, dopo più di ottanta anni dalla sua pubblicazione.

La caratteristica dei neutrini di Majorana ha enorme influenza sulla concezione dell’universo che i fisici vanno elaborando e sconvolge sia le teorie che riguardano le forze fondamentali che quelle concernenti il futuro dell’universo, visto che queste particelle darebbero un contributo non trascurabile ad uno dei problemi irrisolti della cosmologia moderna: il problema della massa mancante o “materia oscura”.

Il nostro breve viaggio è finito. Cercando di guardare il cosmo abbiamo collezionato alcune cartoline dal passato e dal presente, ne scelgo una che non vi avevo ancora mostrato: *7 gennaio 1610. Galileo, puntando verso il cielo il suo telescopio, con i suoi nuovi occhi osserva i satelliti di Giove.*

Nulla sarebbe stato più come prima.

Un ulteriore viaggio, però virtuale, mi piace proporre: i Laboratori Sotterranei del Gran Sasso sono visitabili su Google Maps selezionando l’opzione Street View con la quale è possibile entrare nelle sale di ricerca e aggirarsi, con una vista a 360 gradi, tra strumentazioni ed esperimenti alla caccia della materia oscura, degli inafferrabili, elusivi, camaleontici neutrini e di tanto altro ancora per risentire “tutte le voci dell’Universo”.

“Il vero viaggio di scoperta non consiste nel cercare nuove terre, ma nell’aver nuovi occhi”

Marcel Proust

Maria Grazia Falzone

