

» INTERVISTA



IL CACCIATORE DI ANTIMATERIA AMS-02 COMPIE 10 ANNI

Intervista a Samuel Ting, Premio Nobel per la fisica nel 1976 e responsabile internazionale della Collaborazione Scientifica di AMS.

Lo scorso 19 maggio, l'Alpha Magnetic Spectrometer AMS-02, il più grande rivelatore di particelle in funzione nello spazio, ha festeggiato il suo decimo compleanno. Ospitato sulla Stazione Spaziale Internazionale (ISS), dove è stato trasportato e installato nel 2011, l'esperimento continua con successo la sua missione scientifica. Lo studio dei raggi cosmici, le particelle che sono messaggeri dei fenomeni astrofisici nell'universo, è il suo obiettivo principale. In occasione di questo compleanno, abbiamo incontrato il responsabile internazionale della Collaborazione Scientifica AMS e ideatore dell', il premio Nobel Samuel Ting.

Come è nato il progetto di costruire un grande esperimento, come l'Alpha Magnetic Spectrometer, a bordo della Stazione Spaziale Internazionale?

All'inizio degli anni '90, stavo lavorando nel mio giardino, e pensavo "mi sono occupato di fisica delle particelle per tutta la vita, dovrei fare qualcosa di diverso, qualcosa di cui non so nulla". Poi mi è venuto in mente che molti anni prima avevo lavorato a un esperimento che ha scoperto l'antideutone (una particella composta da un antiprotone e da un antineutrone; l'antideutone è stato scoperto nel 1965 indipendentemente da un gruppo di ricerca guidato da Antonino Zichichi al CERN e da un team della *Columbia University*, di cui faceva parte Samuel Ting, al *Brookhaven National Laboratory*, N.d.R.) e ho iniziato a pensare: "se l'universo è nato da un Big Bang, all'inizio, ci dovrebbe essere stata la stessa quantità di materia e antimateria. Dov'è dunque l'universo fatto di antimateria?" Ho pensato quindi di provare a mettere uno spettrometro magnetico nello spazio per cercare di rispondere a questa domanda. Ed è così che è iniziato questo esperimento anche se, all'epoca, non avevo nessuna esperienza con lo spazio.

» INTERVISTA

È stato difficile progettare e costruire un esperimento da installare nello spazio senza alcuna esperienza pregressa in questo campo? Come siete riusciti a portare AMS-02 sulla Stazione Spaziale Internazionale?

All'inizio, in effetti, è stato abbastanza difficile perché non avevo idea del fatto che nello spazio il peso è molto importante. Sulla Terra si può costruire uno spettrometro di migliaia di tonnellate, ma nello spazio lo scenario è completamente diverso. Sollevare un chilogrammo nello spazio implica un costo enorme. Un'altra sfida da tenere a mente quando si progetta un esperimento spaziale è il fatto che non è possibile ripararlo una volta operativi.

Fortunatamente, avevo molti amici, tra cui Antonino Zichichi, Roberto Battiston e Bruna Bertucci, dell'INFN, e molti altri. Così, insieme a ricercatori italiani, ma anche di molti altri paesi, come la Germania e la Francia, abbiamo deciso di proporre questo esperimento. Il 9 maggio 1994, ho parlato con il capo della NASA, Daniel Goldin, che ha subito compreso il valore del nostro esperimento: riteneva fosse adatto alla Stazione Spaziale Internazionale, ma, dato che non avevamo esperienza nello spazio, ci ha suggerito di eseguire un primo esperimento su uno *space shuttle*. Poi, se questo avesse avuto successo, avremmo potuto installare l'esperimento sulla Stazione Spaziale Internazionale. Abbiamo quindi costruito molto rapidamente il rivelatore per lo *space shuttle*. Ci abbiamo impiegato solo poco più di due anni, quando la NASA pensava che ce ne sarebbero voluti dieci, e AMS-01 ha volato sullo *space shuttle*.

Dopo questo successo, la NASA ha proposto di installare lo stesso rivelatore sulla Stazione Spaziale Internazionale. Tuttavia, abbiamo pensato che fosse meglio costruire un rivelatore super preciso per la stazione spaziale e ci sono voluti quasi dieci anni per costruirlo. In sostanza, è così che AMS-02 si trova nello spazio.

La storia di AMS è fortemente intrecciata alla storia dei raggi cosmici e della fisica delle particelle.

Come ha fatto questo esperimento a dare un nuovo impulso allo studio della fisica delle particelle dallo spazio?

I raggi cosmici sono stati scoperti nel 1911 da Victor Hess, che ha ricevuto il premio Nobel per la fisica nel 1936. Questa scoperta ha aperto la strada alla rivelazione di molte particelle elementari, come il positrone, scoperto dal premio Nobel Carl Anderson e il pione, scoperto da Cecil Powell, a sua volta premiato con il Nobel.

Essenzialmente, prima dello sviluppo degli acceleratori, molte particelle elementari sono state scoperte nello spazio e, dopo la costruzione dei primi acceleratori, molti fisici hanno spostato la loro attenzione su queste potenti macchine. Ma ora, poiché gli acceleratori diventano sempre più grandi e costosi, molti

» INTERVISTA

ricercatori stanno gradualmente tornando allo spazio.

In passato, la gente andava nello spazio usando palloni aerostatici e satelliti, ma questi due metodi presentano degli svantaggi. I palloni sono solo per missioni di breve durata, perché di notte, quando la temperatura scende, un pallone tende a tornare a terra; mentre, è difficile installare un grande magnete su un satellite.

Prima di AMS, c'erano quindi molti esperimenti che raccoglievano dati dallo spazio, ma la maggior parte di questi riusciva a eseguire misure solo a basse energie e con grandi incertezze (dal 30 al 50%), fatta eccezione per l'esperimento PAMELA che ha svolto un ottimo lavoro. AMS è, invece, un rivelatore molto più grande, molto più preciso, e quindi ci permette di esaminare i raggi cosmici con una precisione molto maggiore. Ci permette di vedere cose totalmente diverse, come se ora stessimo finalmente osservando il cielo con un telescopio anziché a occhio nudo.

Quali sono i principali risultati scientifici che l'esperimento AMS ha conseguito in questi dieci anni di raccolta dati?

In questi dieci anni, grazie a tutti gli sforzi dei ricercatori di AMS, delle sezioni INFN e delle Università italiane di Perugia, Milano, Roma, Trento, Bologna e Pisa, insieme ai colleghi di Stati Uniti, Germania e molti altri Paesi, abbiamo sostanzialmente cambiato la nostra comprensione dei raggi cosmici. Nessuno dei nostri risultati concorda con i modelli teorici e la ragione è molto semplice: in precedenza i modelli teorici dovevano accordarsi a esperimenti con una precisione molto più bassa di AMS. Ora, con i nostri dati, i modelli sono costantemente in evoluzione, costantemente in cambiamento.

Vi faccio un esempio molto semplice relativo ai positroni, gli antielettroni. Il primo esperimento a osservare che il tasso di positroni sale gradualmente, con l'aumento dell'energia, è stato HEAT, un esperimento su pallone aerostatico. Dopo HEAT, la stessa tendenza è stata osservata da AMS-01, il nostro esperimento che ha volato sullo space shuttle, e dagli esperimenti PAMELA e Fermi. Tuttavia, con AMS-02, dopo 10 anni di dati, stiamo osservando che il tasso di positroni sale fino a un'energia di 300 miliardi di eV e poi cala. Quindi, raggiunge un massimo e poi diminuisce: questo è un comportamento totalmente inaspettato e ci sono due possibili spiegazioni. Una è che questi positroni provengano da pulsar (stelle di neutroni rotanti con un forte campo magnetico), perché, quando un fotone interagisce con il forte campo magnetico di una pulsar, produce una coppia elettrone-positrone. Tuttavia, al momento, stiamo iniziando a osservare che il flusso di antiprotoni è molto simile a quello dei positroni e molto probabilmente questo non può essere spiegato con le pulsar: le coppie protone-antiprotone non possono essere prodotte nelle pulsar poiché la massa dei fotoni è troppo bassa per produrre i pesanti protoni e antiprotoni.

La seconda possibile spiegazione è la materia oscura. Ci sono molti modelli di materia oscura. Se si assume

» INTERVISTA

l'esistenza di particelle di materia oscura con una massa di 1 TeV, queste produrranno positroni ma anche antiprotoni, quando si scontrano. Quest'ultima spiegazione sembra adattarsi ai nostri dati. Tuttavia, questo non è ancora sufficiente: dobbiamo ottenere più dati e verificare se c'è un gran numero di positroni a energie più alte, perché una particella di materia oscura con una massa di 1 TeV non sarebbe in grado di produrre positroni con energie superiori a 1 TeV. Ecco perché continuiamo a raccogliere dati al di sopra di 1 trilione di eV e infatti cominciamo a osservare che il numero di positroni scende alle energie più alte. Un'osservazione piuttosto emozionante!

Un altro comportamento totalmente inaspettato che abbiamo osservato con AMS-02 è legato agli elementi della tavola periodica. Nei raggi cosmici, gli elementi possono essere divisi in due gruppi. Un gruppo è chiamato "raggi cosmici primari": sono prodotti direttamente dall'esplosione delle stelle e comprendono idrogeno, carbonio, ossigeno o ferro. Poi, c'è un secondo gruppo, i "raggi cosmici secondari" (litio, berillio, boro e fluoro), che sono prodotti dall'interazione dei raggi cosmici primari con un mezzo.

Abbiamo studiato i diversi elementi in funzione di una proprietà chiamata "rigidità" e abbiamo osservato che i raggi cosmici primari e secondari sono caratterizzati da diverse distribuzioni di rigidità. Tutti i raggi cosmici primari hanno un comportamento simile tra loro e possono essere raggruppati in due sottoclassi, corrispondenti a elementi leggeri e pesanti. Allo stesso modo, tutti i raggi cosmici secondari hanno una tendenza simile, se si considera la rigidità, e possono essere raggruppati in due diverse sottoclassi. Tuttavia, solo poche settimane fa, abbiamo scoperto che esiste una terza classe di raggi cosmici, con una distribuzione di rigidità che non segue né quella dei primari né quella dei secondari: questi raggi cosmici (come l'azoto, il sodio, l'alluminio) sono in parte di origine primaria e in parte di origine secondaria. Quindi, abbiamo scoperto che c'è una nuova classe tra i raggi cosmici primari e secondari, non prevista da nessuna teoria: i nostri dati basati su 175 miliardi di raggi cosmici sono in disaccordo con quanto ipotizzato.

Un'ultima osservazione dell'esperimento AMS che vorrei menzionare è legata al flusso di raggi cosmici, di radiazione. A basse energie, ben al di sotto di 100 GeV, il flusso dei raggi cosmici cambia violentemente ogni giorno, ogni mese, ogni anno. Questa osservazione è di grande importanza per i viaggi umani sulla Luna o su Marte perché questa radiazione potrebbe essere molto dannosa per la salute degli astronauti, se non capiamo come funziona e si comporta. Fortunatamente, AMS prenderà dati fino al 2028 e quindi esaminerà un ciclo solare lungo 11 anni, così potremmo sapere se dopo 11 anni, il flusso di radiazione si ripete o meno.

Come vede il futuro dell'esperimento AMS? Quali altri risultati si aspetta di raggiungere?

Penso che nei prossimi 20 anni non ci sarà nessun altro spettrometro magnetico così preciso nello spazio, quindi è nostro obbligo assicurarci di non fare errori nell'analisi dei nostri dati. Tutte le nostre analisi sono condotte contemporaneamente da due o tre gruppi internazionali indipendenti. Solo se tutti i gruppi sono

» INTERVISTA

d'accordo tra loro pubblichiamo i risultati.

Finora, nessuno dei nostri risultati è in accordo con le previsioni teoriche, quindi è difficile vedere il futuro. Tuttavia, abbiamo ancora bisogno di misurare le proprietà di circa 10 elementi vicino al ferro e sopra il ferro, quindi un obiettivo è quello di studiare tutti gli elementi della tavola periodica fino alla regione del ferro. Un altro grande obiettivo è quello di misurare il flusso di positroni e antiprotoni a energie molto alte e verificare se davvero diminuisce molto rapidamente dopo una certa energia per vedere se provengono davvero dalla materia oscura o da qualcos'altro. Per quanto riguarda l'antimateria, stiamo anche cominciando a vedere tracce di antimateria pesante, quindi uno dei nostri obiettivi futuri è capire quanti antielio, anticarbonio, antiossigeno vedremo.

Queste sono domande fondamentali, quindi ci vorrà molto tempo per trovare le risposte.

Lasciatemi aggiungere un'ultima cosa, per me è sempre stato un grande piacere lavorare con ricercatori italiani e dell'INFN, l'Italia ha sempre avuto una buona tradizione in fisica e mi è sempre piaciuto lavorare con questi grandi collaboratori. ■