

» FOCUS



I PRIMI CINQUE ANNI DI AMS SULLA ISS

Oltre 90 miliardi di particelle cosmiche osservate in 5 anni, tra le quali più di milione di rare particelle di antimateria, e lo studio sistematico di tutte le specie nucleari presenti nei raggi cosmici, che ha evidenziato caratteristiche inaspettate nelle forme degli spettri di protoni, elio e litio. Il grande cacciatore di antimateria *Alpha Magnetic Spectrometer* (AMS) ha così aperto, per la ricerca in fisica delle particelle nello spazio, un'epoca di misure di alta precisione, che richiede nuove e più approfondite teorie per spiegare le osservazioni effettuate. Questo primo bilancio della sua attività è stato presentato a dicembre in un seminario al CERN dal premio Samuel C.C. Ting del MIT.

AMS è frutto di una collaborazione internazionale, diretta da Ting, i cui membri provengono da 15 nazioni in tre continenti. L'Italia ha dato un contributo fondamentale: la maggior parte dei rivelatori a bordo di AMS sono stati realizzati nel nostro paese grazie ai gruppi dell'INFN e delle Università coinvolti (Bologna, Milano, Perugia, Roma Sapienza, Trento), e con il contributo delle principali industrie aerospaziali italiane, sotto il coordinamento dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). AMS è stato portato in orbita nel maggio 2011 con la missione STS-134 dello Shuttle Endeavour e installato sulla ISS, in base a un accordo tra la NASA e il DoE (*Department of Energy*). Le operazioni dello strumento sono condotte dai membri della collaborazione nel centro di controllo (*Payload Operation Control Center*) al CERN, e in stretto coordinamento con il team di supporto della NASA presso il Johnson Space Center. Copia integrale dei dati dell'esperimento è trasmessa e analizzata al Centro Nazionale di calcolo CNAF dell'INFN e distribuita quindi all'ASI *Science Data Center* (ASDC).

L'obiettivo principale della missione consiste nello studio delle particelle di antimateria: AMS studia lo spettro di positroni e antiprotoni nella radiazione cosmica in un intervallo di energie finora inesplorato. Deboli quantità di antiparticelle possono essere generate nell'urto tra le particelle che compongono la radiazione cosmica e le polveri interstellari, ma ogni eccesso di antiparticelle osservato, rispetto a quanto prevedibile dalla produzione "standard", può essere potenzialmente legato alla presenza di

» FOCUS

nuove sorgenti esotiche, ad esempio annichilazioni di particelle di materia oscura. Sperimentalmente, questa è una grande sfida: per osservare un antiprotone devono essere “scartati” 10.000 protoni, 1.000 nuclei di elio e 100 elettroni. Questo è stato possibile grazie all'utilizzo simultaneo di più tecniche di rivelazione mutate dagli esperimenti di fisica delle alte energie negli acceleratori di particelle. AMS ha misurato i flussi di antiprotoni e positroni in un intervallo di energie di ampiezza mai raggiunta prima, studiando inoltre le caratteristiche dei loro spettri e il loro discostamento da quelli delle rispettive particelle. In entrambi i canali è stato rilevato un “eccesso” rispetto a quanto atteso, eccesso che, con maggiore precisione e in un intervallo di energia più esteso, conferma quello visto da dal rivelatore satellitare Pamela (*Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics*) nel 2009. Per spiegare queste osservazioni sono richieste nuove sorgenti di antiparticelle e/o nuovi meccanismi di generazione di queste antiparticelle nel mezzo interstellare. Alternativamente, la produzione da sorgenti astrofisiche, quali le pulsar, rappresentano una sorgente “tradizionale” che potrebbe spiegare le osservazioni di AMS.

Un altro mistero dell'antimateria investigato da AMS è legato alle origini dell'universo: nel modello del Big Bang iniziale è prevista la generazione di un'eguale quantità di materia e antimateria, ma l'universo che conosciamo è fatto di sola materia, e ad oggi, non sappiamo perché l'antimateria sia scomparsa. L'identificazione certa di anche un singolo antinucleo nella radiazione cosmica, ad esempio antielio o anticarbonio, riveste quindi un'estrema importanza. Nel caso dell'antielio, ad esempio, la proporzione tra il segnale cercato (antielio) e il possibile fondo (elio) in queste osservazioni è molto piccola, pari a circa 1/1 miliardo: questo implica che, per avere la certezza della natura di eventi di questo tipo è necessario avere una comprensione di ogni possibile effetto strumentale in estremo dettaglio.

AMS ha anche iniziato uno studio sistematico di tutte le specie nucleari presenti nei raggi cosmici - che vanno dalle più leggere, come protoni, elio, litio, alle più pesanti, fino al ferro - presentando risultati fino ai nuclei di ossigeno. La grande statistica di eventi accumulati e l'accuratezza dei rivelatori che costituiscono AMS hanno permesso di evidenziare caratteristiche inaspettate nelle forme degli spettri, di protoni, elio e litio, distinguendo anche i diversi comportamenti delle specie, “primarie”, prodotte dalle sorgenti, e di quelle “secondarie”, prodotte principalmente nelle collisioni con il mezzo interstellare. L'interpretazione di queste misure è direttamente legata sia ai meccanismi che originano i raggi cosmici, che ai processi che ne segnano il percorso all'interno della galassia scandendo, in base ai rapporti trovati tra i flussi di diverse specie, i tempi del loro viaggio.

Per la piena comprensione dei fenomeni osservati da AMS nell'ambito della fisica dei raggi cosmici, la discriminazione tra differenti scenari alla base degli eccessi misurati nei flussi di antiparticelle e la possibile conferma dei candidati di antielio sarà quindi fondamentale la continuazione della presa dati dell'esperimento nei prossimi anni, fino alla permanenza in orbita della ISS. ■