

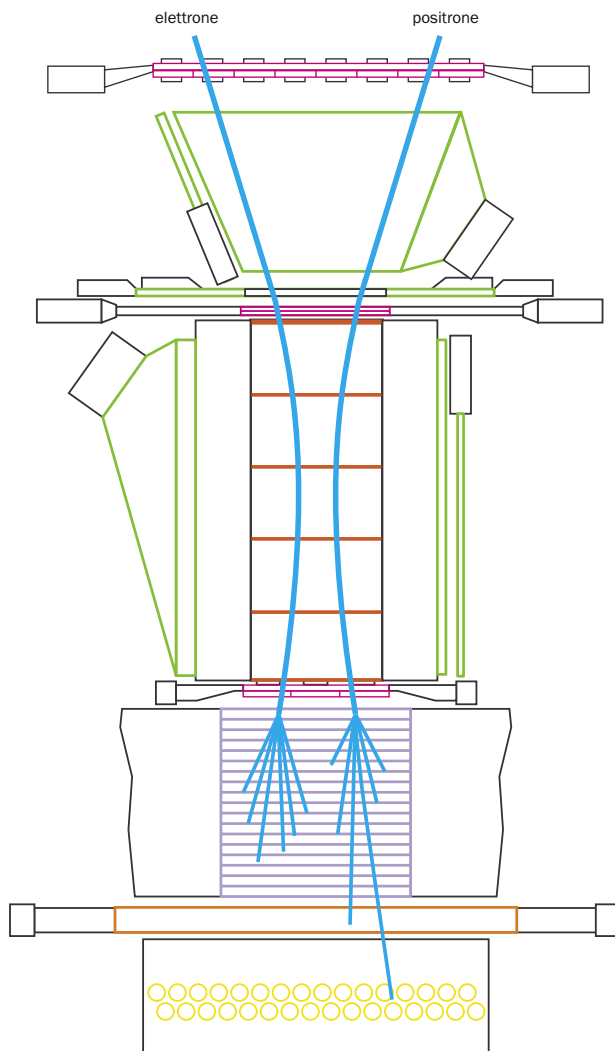


# Antiparticelle cosmiche

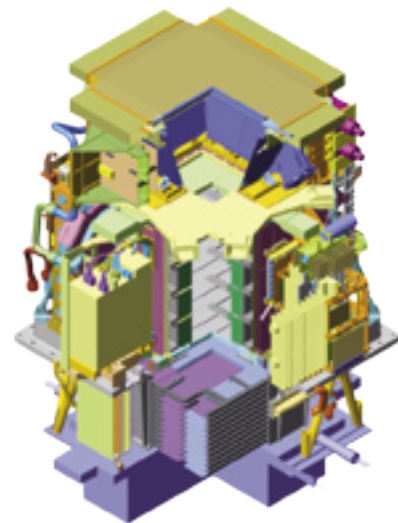
Satelliti alla ricerca  
dell'antimateria primordiale.

di Piero Spillantini

Pezze di mondi lontani nello spazio e nel tempo, i raggi cosmici sono messaggeri degli stessi fenomeni che li hanno creati e accelerati, in quelle zone remote e in quel tempo passato. Le leggi fondamentali della fisica affermano che il mondo materiale che ci circonda è il prodotto di una "deformazione" dell'Universo, che all'inizio della sua storia doveva essere molto diverso: rigorosamente simmetrico nel contenuto di particelle e antiparticelle, di materia e di antimateria. I fisici hanno chiamato questa deformazione violazione di CP, ossia dell'applicazione simultanea della simmetria di carica C (scambio particelle-antiparticelle) e della simmetria di parità P (riflessione spaziale) (vd. "CP, la simmetria imperfetta" p. 21, ndr). Questa simmetria iniziale presuppone che possa esistere, da qualche parte, un "riflesso" del nostro mondo fatto, invece che della materia di cui abbiamo comune esperienza, di sola antimateria.



- **Spettrometro magnetico:** incurva le particelle cariche in base al segno della carica e ne registra la traiettoria. In questo modo si ottiene il segno della carica e si misura la quantità di moto della particella.
- **Calorimetro elettromagnetico:** misura l'energia di elettroni e positroni e l'energia rilasciata da altre particelle.
- **Sistema per il tempo di volo:** misura principalmente la velocità delle particelle, per poterne determinare la massa.
- **Sistema di anticoincidenza:** permette di escludere le particelle che entrano lateralmente nel telescopio.
- **Scintillatore inferiore:** completa la misura di energia del calorimetro e abilita il rivelatore di neutroni.
- **Rivelatore di neutroni:** rivela i neutroni prodotti nel calorimetro.



b.

Dove sono, se esistono, gli “antimondi”? Quanti sono, e quanto sono lontani? Solo i pezzetti di antimateria presenti nei raggi cosmici possono dare una risposta, ma prima di arrivare a noi devono viaggiare a lungo e subire molte traversie: ne arrivano così pochi da essere confusi con quelli prodotti dalle interazioni tra i pezzetti di materia. Ecco perché è così difficile rivellarli, identificarli e contarli. Gli apparati devono essere grandi e complessi e devono intercettare i raggi cosmici direttamente nello Spazio, prima che interagiscano con l’atmosfera terrestre e divengano irricognoscibili. Dall’epica impresa dello scienziato tedesco Victor Hess, che nel 1912 portò un rivelatore nell’alta atmosfera su un pallone aerostatico, molte altre imprese sperimentali hanno permesso di accumulare una grande quantità di dati. Se Hess poté dimostrare l’origine cosmica della misteriosa radiazione che si manifestava nell’ambiente, oggi la curiosità degli scienziati

si rivolge alla conoscenza dettagliata della sua natura e all’individuazione delle sue sorgenti. A questo scopo, anche se solo recentemente, si sono realizzati strumenti per satelliti in orbita, tali da rivelare i raggi cosmici prima che l’interazione con l’atmosfera terrestre ne modifichi la natura originaria. Uno di questi satelliti sta orbitando intorno alla Terra, trasmettendo dati dal giugno del 2006. Ha un nome accattivante, Pamela, e per identificare le antiparticelle è dotato di sistemi di rivelatori che raggiungono raffinatezze mai ottenute prima: un tracciatore elettronico, che rivela i punti di passaggio delle particelle con la precisione di 3 millesimi di millimetro, e un sistema di assorbimento dei raggi cosmici (il calorimetro), che fornisce un’immagine, con la risoluzione del millimetro, dell’interazione che il raggio cosmico subisce all’interno del rivelatore. Pamela è in grado di determinare con grande precisione la composizione e l’energia dei raggi cosmici: elettroni, positroni e antiprotoni, nuclei

a.

La materia non è distribuita uniformemente nell’Universo, ma raggruppata in stringhe e nodi separati da enormi spazi vuoti, forse residui di regioni dove si è avuta annichilazione materia-antimateria. Questa immagine del Cosmo disseminato di galassie è stata ripresa dal telescopio spaziale Hubble tra il 2003 e il 2004.

b.

A sinistra, sezione di Pamela: sono rappresentate le tracce di un elettrone e di un positrone. Una particella attraversa tutto il rivelatore senza arrestarsi, l’altra si annichila nel calorimetro convertendo la sua massa in energia. A destra, uno spaccato della configurazione finale del rivelatore Pamela.

## [as] Uno su un miliardo



Le osservazioni condotte negli ultimi decenni hanno messo in evidenza aspetti affascinanti e misteriosi sulla struttura dell'Universo. Tra questi, in particolare, appaiono decisivi per la comprensione delle origini e dell'evoluzione del Cosmo quelli che incidono sul bilancio globale di materia ed energia, come l'apparente scomparsa della antimateria primordiale e la presenza della materia oscura. Per dare risposta a interrogativi di questa natura, nel 1995 è stato proposto il programma Ams (*Antimatter Matter Spectrometer*), realizzato da una collaborazione internazionale nella quale l'Italia, con Infn e Asi (Agenzia Spaziale Italiana), ha un ruolo primario. Il sofisticato spettrometro superconduttore Ams-02, che entro il 2010 sarà installato sulla

Stazione Spaziale Internazionale (Iss), pesa 7,5 tonnellate ed è dotato di un potente magnete superconduttore che avrà il compito di individuare eventuali antinuclei su oltre un miliardo di nuclei di fondo.

Il magnete superconduttore di Ams-02 è il primo del suo genere a essere portato nello Spazio: opera a una temperatura di 1,4 gradi sopra lo zero assoluto (pari a  $-271,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e produce al suo interno un campo magnetico di 1 tesla, circa 20.000 volte superiore al campo magnetico terrestre. L'esperimento sarà completato e inviato al *Kennedy Space Center* della Nasa agli inizi del 2009: sarà quello il momento giusto per dare il via al conto alla rovescia. [Roberto Battiston]

1. Illustrazione della Stazione Spaziale Internazionale, in orbita a 400 chilometri dalla Terra. Il rivelatore Ams è rappresentato nella posizione che occuperà a partire dal 2010. Oggi la Stazione Spaziale Internazionale è visibile dalla Terra e di notte è l'oggetto più brillante del cielo, dopo la Luna.

### Biografia

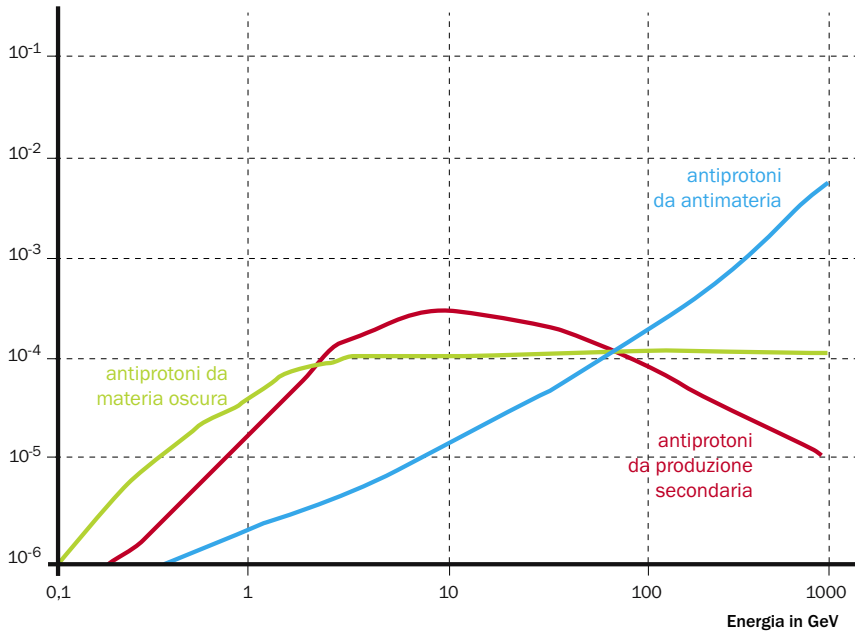
**Roberto Battiston** è professore di Fisica Generale presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Perugia. È responsabile nazionale dell'esperimento Infn Ams.

leggeri, e di rivelare eventuali antinuclei, in un intervallo di energia molto esteso: da alcune decine di milioni di elettronvolt ad alcune centinaia di miliardi di elettronvolt.

La rivelazione accertata anche di un solo antinucleo sarebbe la testimonianza inconfutabile dell'esistenza di antimateria in qualche remota regione dell'Universo. La probabilità che l'antinucleo si formi dall'interazione di particelle, infatti, è praticamente nulla: l'antinucleo può essere creato solo dentro una antistella. A sua volta l'antistella può formarsi solo in un sistema di ammassi di antigalassie, la scala alla quale la gravità può formare i corpi celesti. La presenza dell'antinucleo, quindi, assicurerebbe che l'antimateria accertata

è in quantità cosmologica, ossia sufficiente a tenere insieme gli ammassi di antigalassie in cui si è accesa la stella che ha prodotto l'antinucleo. Come accade per molti degli esperimenti che operano al confine delle possibilità tecniche, oltre che umane e sociali, la sperimentazione dà risposte anche a problemi fondamentali, non direttamente collegati allo scopo principale dell'esperimento. La ricerca di pezzetti di antimateria da antimondi lontani, infatti, spinge i ricercatori a indagare nel dettaglio il fondo di antimateria, fatto di positroni e antiprotoni, prodotto dalla materia ordinaria che ci circonda. Lo studio dettagliato delle particelle cosmiche che raggiungono i rivelatori offre un'altra occasione agli scienziati: rivelare la presenza e le caratteristiche della materia

flusso di antiprotoni  
flusso di protoni



c. Andamento qualitativo previsto del rapporto tra i flussi di antiprotoni e di protoni in funzione dell'energia cinetica. In rosso, il caso di antiprotoni prodotti solo dall'interazione dei protoni con la materia interstellare (produzione secondaria). L'andamento costante, in verde, rappresenta il caso di produzione diretta di coppie protone-antiprotone da una sorgente, per esempio da materia oscura. Antiprotoni provenienti da regioni di antimateria nell'Universo contribuirebbero con andamento crescente (curva blu), poiché la possibilità che penetrino la Galassia aumenta con l'energia.

oscura nell'Universo. Non ne conosciamo ancora la natura, ma sappiamo che la sua massa complessiva è circa l'85% di tutta la materia esistente (vd. Asimmetrie 4, ndr). E sappiamo che la sua presenza origina un'attrazione gravitazionale tale da tenere insieme le grandi strutture del Cosmo, come le galassie e gli ammassi di galassie. La materia oscura è tra le sorgenti possibili di particelle di antimateria: un eccesso di antiparticelle intrappolate nella nostra galassia sarebbe una inequivocabile testimonianza della presenza di materia oscura

e lo studio di queste particelle potrebbe fornire indizi davvero preziosi per la sua comprensione. Promuovendo e guidando esperimenti per la ricerca di antimateria nei raggi cosmici a bordo di palloni stratosferici, l'Italia ha un ruolo trainante in questo percorso. È inoltre protagonista nello sviluppo di nuovi tipi di rivelatori su satelliti e nel perseguire l'obiettivo di portare questo tipo di sperimentazione nello Spazio. La paziente costruzione degli strumenti e la tenacia nel perseguire l'obiettivo sono stati per questa ricerca la chiave del successo di oggi.

#### Biografia

**Piero Spillantini** è professore all'Università di Firenze e consigliere scientifico all'ambasciata d'Italia a Mosca. È l'iniziatore dell'esperimento Pamela.

#### Link sul web

[www.scienzagiovane.unibo.it/antimateria.html](http://www.scienzagiovane.unibo.it/antimateria.html)  
<http://ulisse.sissa.it/chiediAulisse/domanda/2002/Ucau020923d006>  
<http://ulisse.sissa.it/chiediAulisse/domanda/2004/Ucau041102d002>  
<http://ulisse.sissa.it/chiediAulisse/domanda/2008/Ucau080206d001>  
<http://pamela.roma2.infn.it/>  
<http://ams.pg.infn.it/>