



Grandi occhi puntati sul cosmo

a.

Luoghi estremi per nuovi
osservatori.

di Roberto Battiston

È passato quasi un secolo da quando Victor Hess avviò la serie di esperimenti che portò nel 1912 alla scoperta dei raggi cosmici, l'intenso flusso di particelle che da sempre bombarda il nostro pianeta.

Hess era incappato nei "prodotti" del grandioso acceleratore cosmico, una scoperta che anticipava di quasi quarant'anni gli acceleratori di particelle e apriva un nuovo campo di ricerca alla fisica moderna: la fisica delle particelle elementari.

Da quel momento gli straordinari risultati ottenuti con gli esperimenti condotti sugli acceleratori dominarono lo sviluppo di questo settore fino al trionfo del Modello Standard, la teoria che descrive compiutamente le particelle elementari e le loro interazioni. Negli ultimi anni lo studio dei

raggi cosmici è però tornato più vivace che mai. Questo accade anche perché si sta raggiungendo un limite – in dimensioni e costi – delle macchine acceleratrici, che in futuro difficilmente potranno creare particelle con energie superiori a quelle finora raggiunte, alcune migliaia di miliardi di elettronvolt. Lo studio dei raggi cosmici rappresenta una via alternativa per accedere a stati della materia non ancora osservati sperimentalmente, ma già ipotizzati da studi teorici: ad esempio la materia oscura di tipo supersimmetrico, l'antimateria nucleare primordiale, la materia ultradensa formata da quark di tipo "strano" o le particelle "supermassive" create al momento del Big Bang. I raggi cosmici restano però di attualità anche in quanto straordinario fenomeno astrofisico, alla cui origine sta un meccanismo ancora sconosciuto: i ricercatori si chiedono, per esempio, quali siano i motori cosmici in grado di accelerare le particelle fino a energie così straordinariamente elevate e dove essi si

trovino, nella nostra o in altre galassie.

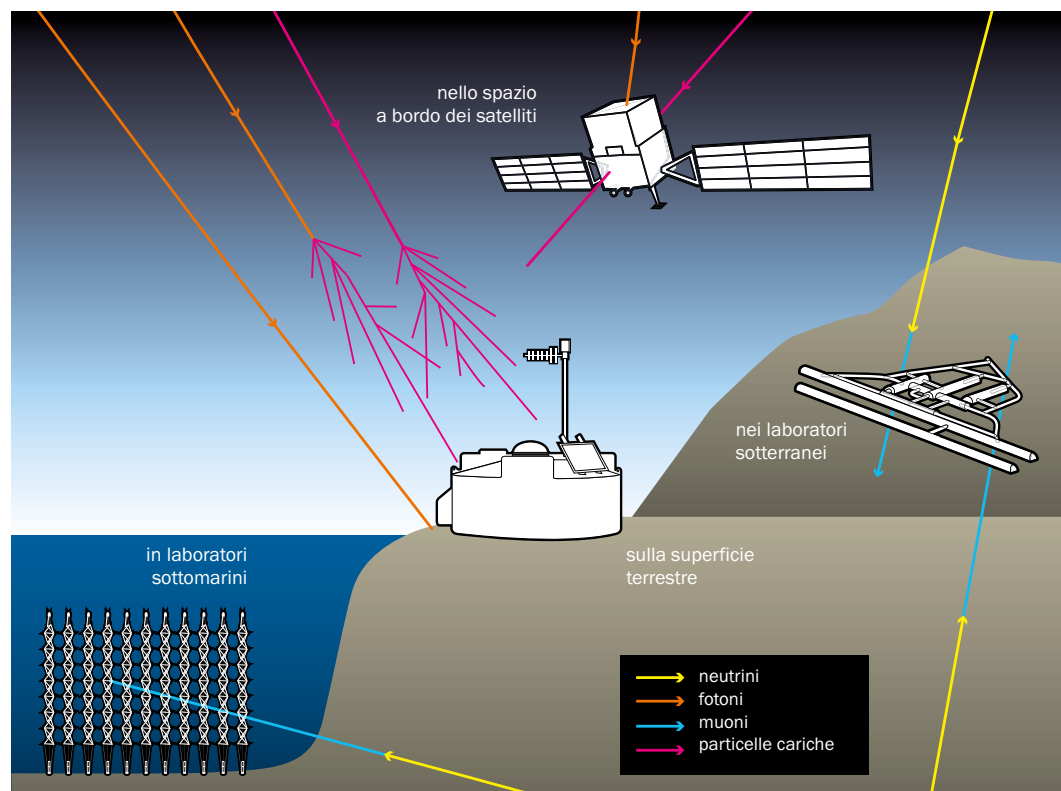
La gamma di energie dei raggi cosmici è davvero straordinaria: dalle particelle solari di bassa energia, fino alle particelle di origine ignota ma con energie superiori a 100 miliardi di miliardi di elettronvolt.

Gli esperimenti mostrano che col crescere dell'energia il flusso di questi messaggeri cosmici diminuisce progressivamente. Si tratta di esperimenti basati su tecniche molto diverse e a cui l'Italia con l'Infn partecipa spesso da protagonista. Questi rappresentano straordinari esempi di ingegnosità. I rivelatori più arditi sono quelli posti su palloni stratosferici o addirittura nello spazio: i più moderni sono composti da grandi magneti e da avanzati rivelatori di particelle, muniti di centinaia di migliaia di canali di registrazione dei segnali, del tutto simili – in piccolo – agli apparati di fisica delle alte energie, ma lanciati nello spazio. È questo il caso del sofisticato esperimento *Ams* che sarà installato sulla Stazione Spaziale Internazionale nel

a.
La Stazione Spaziale Internazionale (Iss) su cui verrà installato l'esperimento *Ams*. *Ams* sarà portato in orbita e agganciato all'Iss dagli astronauti dello Shuttle, il cui lancio è previsto per il febbraio 2011.

b.
I "messaggi dallo spazio" sono raccolti in luoghi e con tecniche diversi: le particelle cariche e i fotoni delle varie energie sono rivelati a terra o su satellite (vd. box Tutti i colori del cielo), mentre i neutrini si riescono a "vedere" solo schermandosi dal resto dei raggi cosmici, in grandi installazioni sotterranee o sottomarine. Ma i neutrini possono arrivare anche dal sottosuolo, dopo aver attraversato quasi tutta la Terra! Tra i modi di interazione, comunque rarissimi, quello più utile per rivelare i neutrini è l'urto con la produzione di un muone: lasciando traccia negli strumenti è il muone a segnalare il neutrino iniziale.

b.



febbraio del 2011 o dell'esperimento Pamela, che, in orbita dal 2006, ha fornito nuove misure di grande interesse sulla composizione dei raggi cosmici. Questi rivelatori sono complementari ai satelliti che osservano i raggi gamma di alta energia come il piccolo satellite Agile dell'Agenzia Spaziale Italiana (Asi) e in particolare il grande osservatorio Fermi della Nasa, progetti a cui l'Infn ha dato un contributo molto importante. Gli *spettrometri magnetici* registrano tutti i parametri dei raggi cosmici "primari" dotati di carica elettrica, identificando con precisione i tipi di particelle che li compongono. È grazie a questo tipo di esperimenti che abbiamo scoperto come i raggi cosmici carichi siano costituiti per circa il 90% da protoni, mentre il restante 10% sono per la maggior parte nuclei di elio, quel che rimane infine sono elettroni, positroni, antiprotoni e altri nuclei atomici (più pesanti dell'elio); c'è poi l'abbondante componente neutra composta da fotoni e neutrini. Ma grandi rivelatori spaziali o sofisticati palloni stratosferici non sono in grado di misurare direttamente i raggi cosmici provvisti di più alta energia perché questi eventi, essendo rarissimi, necessitano di enormi superfici sensibili. Così, per studiarli, i fisici

ricorrono a esperimenti molto particolari, che osservano i segnali prodotti da queste particelle nell'atmosfera. Si tratta di grandi distese di rivelatori posti nelle zone più alte del pianeta, come *Argo* in Tibet a 3.400 metri di altitudine o il gigantesco *Auger* che si estende su più di 3.000 km quadrati nella pampa argentina a 1.400 metri slm. Si sta studiando la possibilità di realizzare nello Spazio esperimenti ancora più sensibili: la luminescenza emessa dagli sciami atmosferici di altissima energia può essere raccolta e misurata da rivelatori posti nello spazio, punto di vista dal quale è possibile con un singolo strumento osservare delle superfici almeno cento volte più grandi di quella di Auger. Altre tecniche, che stanno dando ottimi risultati nello studio dei raggi cosmici di più alta energia, sono basate su grandi specchi parabolici – come quelli di Magic alle Canarie e di Hess in Namibia – in grado di raccogliere la luce Cherenkov emessa dalle particelle e dai raggi gamma di altissima energia che entrando nell'atmosfera producono sciami di nuove particelle. In questo modo è possibile osservare e studiare i fenomeni più violenti che accadono nell'Universo in grado di produrre fotoni aventi energie di centinaia di GeV. Esiste infine una componente dei raggi

c.

Una delle gallerie dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso, il più grande laboratorio sotterraneo al mondo dedicato allo studio della fisica astroparticellare.

d.

Vista dell'esterno della grande sfera dell'esperimento Borexino, allestito nella Sala C dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Infn. Borexino è un rivelatore di neutrini solari, in grado però di osservare anche i neutrini geotermici, quelli cioè che provengono dal cuore del nostro pianeta.

c.



d.





e.

L'esperimento Lvd, allestito nella Sala A dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Infn, è in attesa dell'esplosione di una supernova nella nostra galassia. L'obiettivo di questo esperimento è studiare i neutrini prodotti negli eventi più violenti che avvengono nell'Universo, come i collassi gravitazionali delle stelle.

cosmici, talmente penetrante che l'intero pianeta viene utilizzato per la loro rivelazione: i neutrini cosmici. Per rivelare questa componente i fisici stanno sviluppando enormi esperimenti sotterranei, ad esempio nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'Infn, dove operano straordinari esperimenti come *Borexino*, in grado di "vedere" i neutrini solari, e *Lvd*, ma anche esperimenti sottomarini, come gli esperimenti *Nemo* al largo di Capo Passero in Sicilia e *Antares* al largo di Marsiglia in Francia, o addirittura sotto il ghiaccio dell'Antartide, come nel caso dell'esperimento *IceCube*. Non avendo carica, i neutrini si propagano dalla sorgente che li ha emessi senza essere deflessi

dal campo magnetico galattico: studiare le direzioni di provenienza porterebbe quindi alla nascita di una nuova astronomia basata sui neutrini invece che sui fotoni. Cento anni dopo la loro scoperta, i raggi cosmici non hanno quindi perso il loro fascino e il loro studio ci aiuterà anche in futuro a comprendere la natura e le leggi fisiche che la descrivono. Nei prossimi anni i raffinati esperimenti attualmente in corso, potrebbero riservarci importanti sorprese: che la risposta venga dallo spazio, dagli altipiani del Tibet o dalle profondità del mare, i ricercatori hanno lanciato la sfida e sono al lavoro per analizzare le informazioni fornite da questi messaggeri del cosmo.

Biografie

Roberto Battiston è professore di fisica generale all'Facoltà di Ingegneria dell'Università di Perugia. È viceresponsabile dell'esperimento Ams e presidente della Commissione II dell'Infn per la fisica astroparticellare.

Link sul web

<http://fermi.gsfc.nasa.gov>

<http://ams-02project.jsc.nasa.gov>

<http://pamela.roma2.infn.it/index.php>

<http://magic.mppmu.mpg.de>

www.lngs.infn.it

www.mpi-hd.mpg.de/hfm/CosmicRay/CosmicRaySites.html

Il progetto Jem-Euso

Usare l'atmosfera del nostro pianeta come un grande rivelatore per osservare i raggi cosmici, non da terra ma dallo spazio. Questo è ciò che vuole realizzare il progetto Jem-Euso (*Japanese Experiment Module - Extreme Universe Space Observatory*). Si tratta di una proposta nata da un'idea italiana e recentemente rilanciata da una iniziativa internazionale coordinata dalla Agenzia Spaziale Giapponese (Jaxa), che diventerebbe così il primo esperimento spaziale per lo studio della radiazione cosmica di altissima energia. Quando i raggi cosmici di alta energia interagiscono con l'atmosfera formano un striscia fluorescente (nella frequenza degli ultravioletti) lunga fino a 100 km, che può essere osservata nel cielo notturno da un telescopio posto al di fuori dell'atmosfera terrestre. La fluorescenza è indotta nell'azoto dalle particelle secondarie cariche dello sciame come risultato di un complesso processo relativistico a cascata.

Oltre alla luce di fluorescenza, vi sarà anche la luce emessa per effetto Cherenkov lungo lo sciame, ricco di elettroni ultrarelativistici: parte di questa luce, riflessa sul terreno, raggiungerà il telescopio di Euso. Euso sarà collocato a bordo della Stazione Spaziale Internazionale (Iss) e osserverà, da un'altezza di oltre 400 km, i raggi cosmici che interagiscono con l'atmosfera della Terra, per trovare una risposta ai quesiti fondamentali sulla loro natura, la loro origine e la storia che portano con sé.

1. Principio di funzionamento dell'esperimento Euso. Il telescopio posto sulla Stazione Spaziale Internazionale osserva dall'alto l'atmosfera e raccoglie in successione temporale la luce di fluorescenza prodotta dallo sciame e quella Cherenkov riflessa dal terreno, ricostruendo così l'energia e la direzione di provenienza del raggio cosmico primario.

