

# A spasso per la Pampa

## Un dialogo sui raggi cosmici

di Piera Luisa Ghia

a.  
Uno dei 1600 rivelatori dell'Osservatorio di raggi cosmici Pierre Auger, nella Pampa Amarilla in Argentina.



Particelle estremamente minute dotate di altissima energia: sono i *raggi cosmici* e viaggiano nello spazio interstellare a grandissima velocità. La loro origine, ancora misteriosa, è probabilmente dovuta a fenomeni estremi nell'universo. Arrivano sulla Terra dopo aver percorso distanze lunghissime, provenendo dalla nostra galassia o da ancora più lontano. Estremi sono anche gli strumenti usati per studiarli: estremamente sofisticati quelli lanciati nello spazio, estremamente grandi o posizionati ad altitudine estrema quelli sulla Terra. È per tutti questi motivi che i raggi cosmici mi hanno affascinato sin dai tempi della mia tesi di laurea a tal punto che oggi ne sono una studiosa per professione.

È una limpida mattina di sole a Malargue, una cittadina in vista delle Ande, in Argentina. Una giornata ideale per il lavoro che mi aspetta: riparare mezza dozzina dei 1600 rivelatori dell'Osservatorio di raggi cosmici Pierre Auger, nella Pampa Amarilla. Ci vorrà un'oretta di viaggio sulla 4x4 per raggiungere la meta, e l'intera giornata per gli interventi. Ho un ospite speciale oggi: mio figlio sedicenne. Al quart'anno di liceo, mi ha convinto a portarlo qui: "Ora che ho studiato gli atomi e i nuclei, finalmente mi potrai spiegare che cosa sono i raggi cosmici che studi dall'altra parte del mondo". "I raggi cosmici non sono altro che nuclei di atomi ordinari privati dei loro elettroni – gli spiego, mentre la jeep percorre la

*ruta 40*, che verso sud porta in Patagonia – In gran parte sono nuclei d'idrogeno (ovvero protoni), ma possono anche essere nuclei di atomi più pesanti, addirittura di piombo.

Ordinaria materia, i raggi cosmici sono straordinari per moltissimi aspetti – proseguo nella mia spiegazione – Arrivano incessantemente sulla Terra, provenendo da tutte le direzioni. Viaggiano a velocità estrema, pari quasi a quella della luce. E le loro energie sono le più alte mai osservate per le particelle. Quelli più energetici raggiungono addirittura  $10^{20}$  elettronvolt. Una tal energia, simile a quella di una palla di servizio di Francesca Schiavone, è ben 100 milioni di volte più grande dell'energia delle particelle prodotte nel più potente acceleratore del mondo, quello di Lhc del Cern di Ginevra!”.

“Se sono dei nuclei di atomo, allora saranno invisibili per i nostri occhi... Come avete fatto a scoprirli?”, mi chiede mio figlio.

“La scoperta dei raggi cosmici avvenne durante l'epico volo in mongolfiera del fisico tedesco Viktor Hess, nel 1912. Man mano che il pallone saliva, osservò con un elettroscopio, uno strumento che misura la quantità di carica elettrica, una radiazione sempre più intensa e concluse che la sua origine fosse nel cosmo. Avendo implicazioni sia per la fisica dell'estremamente piccolo (delle particelle elementari) sia dell'estremamente grande (del cosmo), la fisica dei raggi cosmici divenne presto un'attraente e fertile area di ricerca. E la sua storia è estremamente avventurosa! Dopo il volo di Hess, innumerevoli e via via più complessi rivelatori furono inviati sempre più in alto, prima su palloni e poi su satelliti in

orbita intorno alla Terra. Ma c'è un problema: i raggi cosmici diventano man mano più rari, quanto più alta è la loro energia. Ad esempio, il loro flusso intorno a un'energia di  $10^9$  eV è di circa uno al  $m^2$  per secondo, ma diminuisce a uno al  $m^2$  per anno all'energia di  $10^{15}$  eV. Alle alte energie i 'piccoli' palloni o satelliti non bastano”.

“Interessante! E cosa vi siete inventati allora?”.

“Due fisici, uno francese, Pierre Auger, e uno italiano, Bruno Rossi, scoprirono, circa 30 anni dopo Hess, il fenomeno degli *sciame atmosferici*. I raggi cosmici, entrando nell'atmosfera terrestre, urtano subito i nuclei dei suoi gas. I frammenti della conseguente esplosione collidono con altri nuclei dell'atmosfera e così via, in uno straordinario processo a cascata che origina una moltitudine di particelle secondarie: lo sciame atmosferico. Più alta è l'energia primaria, più lo sciame di particelle è numeroso e ampio, e più penetra l'atmosfera. E così è incominciata l'avventura della ricerca sui raggi cosmici di alta energia, con ricercatori che costruiscono rivelatori di sciame nei più remoti angoli della Terra. L'area e l'altitudine degli strumenti sono scelte in base all'energia dei raggi cosmici sotto indagine”.

“Ed è questo che fate qui in Argentina? Studiate gli sciame cosmici?”.

La jeep si è fermata. Lasciata la *ruta 40*, stiamo ora attraversando la pampa, e si cominciano a vedere i primi rivelatori, bianchi e sparpagliati. Un gaucho a cavallo sta radunando le vacche al pascolo, per permetterci di proseguire e attraversare il fiume. Sorride al nostro saluto e ci fa cenno con il sombrero.

b. /c.

A sinistra Piera Ghia con la jeep dell'Osservatorio di raggi cosmici Pierre Auger, a destra ricercatori al lavoro, mentre riparano uno dei rivelatori di Auger.





d.  
Un gaucho a cavallo nei pressi  
di uno dei rivelatori di Auger.

“Sì, qui studiamo i raggi cosmici di più alta energia, da  $10^{18}$  eV in su. I loro sciami contengono miliardi di particelle che si distribuiscono su decine di  $\text{km}^2$ . Abbiamo scelto questo luogo sperduto perché avevamo bisogno di un’area enorme (il flusso di raggi cosmici a queste energie è circa uno al  $\text{km}^2$  all’anno), piatta, poco abitata e in montagna (qui siamo a 1400 metri). I rivelatori di particelle sono distribuiti su  $3000 \text{ km}^2$  (che è circa l’area della Valle d’Aosta) a 1,5 chilometri l’uno dall’altro. Data la dimensione degli sciami, non è necessaria una grande densità di rivelatori. Avevamo anche bisogno di cieli limpidi e scarsa nuvolosità, perché abbiamo costruito 24 telescopi per osservare la luce ultravioletta emessa dagli sciami nell’atmosfera. È la natura stessa dei raggi cosmici che richiede siti e rivelatori estremi. E così, pensa che altri colleghi italiani hanno costruito un rivelatore di sciami, Argo, su un altipiano in Tibet, a 4300 metri (vd. fig. e). A una tale altezza, possono studiare gli sciami prodotti da raggi cosmici di più bassa energia (rispetto a quelli che misuriamo qui), ma sempre alta, circa uguale a quella delle

particelle prodotte al Cern. Gli sciami che osservano in Tibet sono molto più piccoli, qualche decina di  $\text{m}^2$  di dimensione. Argo, perciò, è molto più piccolo ma molto più “denso”: in effetti, è un unico rivelatore di  $7000 \text{ m}^2$ . Molto più delicato, è al riparo dentro un laboratorio appositamente costruito lassù in collaborazione con gli scienziati cinesi... Siamo arrivati: ora al lavoro!”. La giornata è lunga e faticosa. Dopo aver raggiunto un altro gruppo di tecnici e fisici, ci siamo divisi i compiti. Mio figlio ha fatto da aiutante nella delicata pulizia dei pannelli solari, necessari per alimentare l’elettronica dei rivelatori. Agli uccelli purtroppo piace fare il nido sui rivelatori e appollaiarsi sulle antenne che servono per la trasmissione dei dati per fare i loro bisogni! Io invece, con l’altro gruppo, ho percorso decine di chilometri nella pampa incendiata dal sole per visitare altri rivelatori in panne e sostituirne l’elettronica. In contatto solo via radio, ci siamo ritrovati tutti per un pranzo tardivo nel pomeriggio: i colleghi argentini hanno preparato una deliziosa e rinfocillante grigliata di carne in una delle rare radure ombreggiate.



e.  
Il laboratorio Argo negli altipiani del Tibet.

Ora è sera e stiamo rientrando alla base. Verso ovest il cielo limpido è ancora incandescente del tramonto. Verso est iniziano ad accendersi le numerosissime stelle del cielo australe. Si vedono già i due batuffoli delle Nubi di Magellano. “Ma dove si producono i raggi cosmici? Nelle stelle?”. Nonostante l’estenuante giornata, mio figlio è ancora molto curioso!

“L’origine dei raggi cosmici, soprattutto quelli di più alta energia, è ancora misteriosa. Si pensa che siano prodotti nei fenomeni più violenti dell’universo. Anche nella nostra galassia, la Via Lattea, avvengono esplosioni stellari abbastanza potenti da poterli accelerare. Sono quelle che segnano la morte di alcune stelle. Note come supernovae, agiscono come un acceleratore cosmico: scagliano nello spazio particelle che sono accelerate dall’onda d’urto prodotta nelle esplosioni. Queste non hanno tuttavia la potenza necessaria per accelerare le particelle fino alle energie “alla Schiavone”. Si pensa allora che in

questi casi intervengano processi ancora più violenti, fuori dalla Via Lattea. Come, per esempio, quelli che avvengono nelle vicinanze di un buco nero, dove si creano campi magnetici enormi che possono accelerare particelle fino a energie estreme... Guarda! Una luce si muove nel cielo! È la Stazione Spaziale Internazionale: proprio stasera passa nel cielo di Malargue! Fin lì si spingono i fisici per studiare i raggi cosmici. Lassù c’è un rivelatore estremamente complesso, Ams. È un enorme magnete che può identificare con grande precisione la carica e la massa delle

frequenti particelle cosmiche primarie di più bassa energia, prima che urtino i nuclei atmosferici”.

“Insomma, mettendo insieme i dati di tutti gli straordinari esperimenti che hai nominato, quelli alla fine del mondo in Argentina, quelli sul tetto del mondo in Tibet e quelli che orbitano sopra l’atmosfera, voi fisici cercate di risolvere il problema dell’origine di questi straordinari raggi cosmici. Adesso ho capito che cosa ti spinge a venire fino a qui”, conclude un po’ esausto mio figlio, mentre entriamo nel parcheggio dell’albergo che ci ospita a Malargue.

#### Biografia

**Piera Luisa Ghia** è direttrice di ricerca al Laboratoire de Physique Nucléaire et de Hautes Energies (Lpnhe) del Centre National de la Recherche Scientifique (Cnrs) a Parigi. Ha lavorato per molti anni su esperimenti di fisica dei raggi cosmici ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso e dal 2000 partecipa all’esperimento Auger in Argentina, in cui presiede il comitato per la pubblicazione dei risultati dell’Osservatorio.