

La nuova finestra dei TeV-gamma

Dall'inizio dell'anno tre nuovi Osservatori monitorano il cielo per segnalare l'arrivo di raggi gamma di energia ultra-elevata.



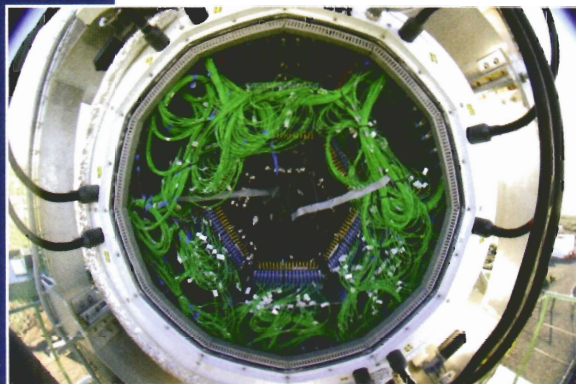
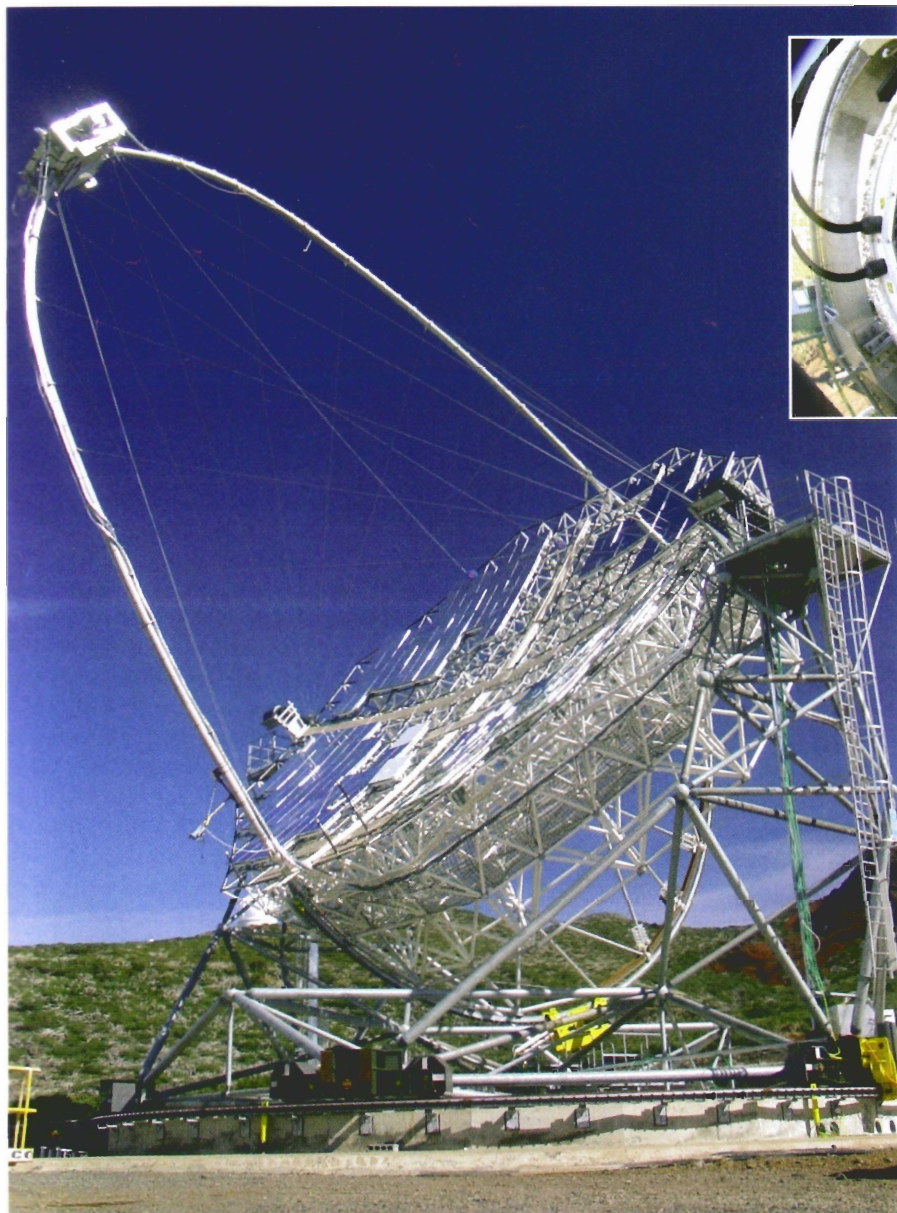
Il Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System (VERITAS) è un sistema di quattro telescopi identici, di 12 m d'apertura ciascuno, per l'osservazione stereoscopica degli sciami atmosferici prodotti dai raggi gamma d'altissima energia. Sarà completato nel 2006 ed è un progetto figlio del pionieristico telescopio del Whipple Observatory; gestito dallo Smithsonian Astrophysical Observatory, costerà 13 milioni di dollari. Nella foto, il primo dei quattro strumenti.

Il 2004 verrà consegnato alla storia dell'astronomia come l'anno in cui abbiamo spalancato una nuova finestra sull'Universo, quella dei raggi gamma di energia ultra-elevata. A gennaio ha iniziato le operazioni il telescopio HESS, in Namibia; a marzo il CANGAROO III, in Australia; nell'autunno il MAGIC, sito a La Palma (Canarie). E queste sono solo le avanguardie, perché almeno un paio di altri telescopi, ancora più potenti, sono in fase di costruzione ed entreranno in

azione nel 2006.

Abbiamo scritto spalancare, perché aperta la finestra lo era di già. Saremmo ingrati, infatti, se ignorassimo il contributo dei telescopi Whipple, in Arizona, ed HEGRA, a La Palma, che sono stati i pionieri di questo campo di ricerca. Tra l'altro, molti dei nuovi telescopi nascono per partenogenesi da questi due, ossia come nuove collaborazioni di uomini e Istituti che sul Whipple e sull'HEGRA si sono formati.

Cosa s'intende per raggi gamma di energia ultra-elevata? I fotoni ottici hanno energie dell'ordine dell'elettronvolt: **saliamo** di 5 ordini di grandezza, **ossia di** centomila volte, e avremo già scavalcato le bande dell'ultravioletto e dei raggi X, per entrare nel dominio dei raggi gamma: il confine (assolutamente convenzionale) di questa banda è posto infatti a 100 keV. I gamma a cui noi ci riferiamo hanno tuttavia un'energia ancora dieci milioni di volte maggiore, del-



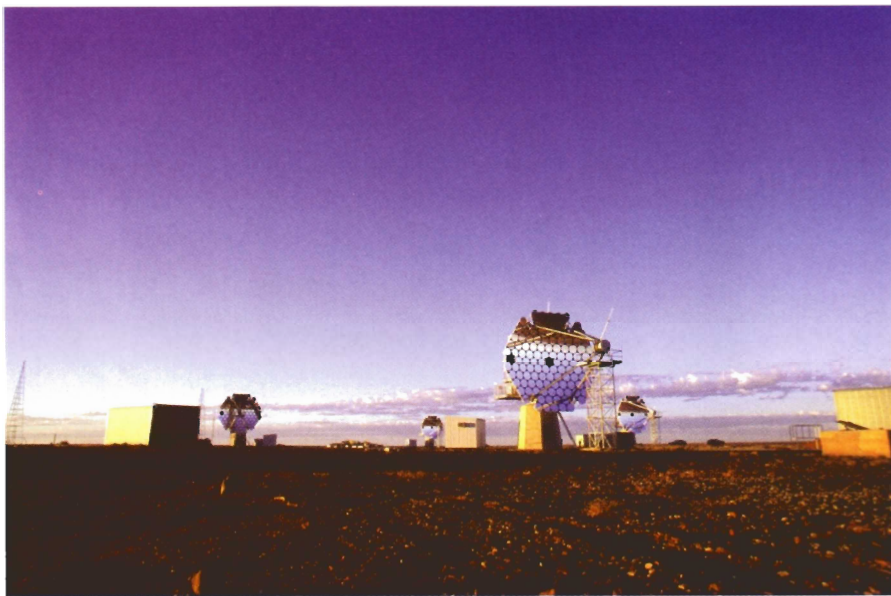
Il Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cerenkov telescope (MAGIC) sorge sul Roque de Los Muchachos ed è operativo da quest'anno. È un sistema a disco singolo, del diametro di 17 m, figlio del pionieristico progetto HEGRA, ora non più in funzione, che utilizzava molti telescopi ma di piccole dimensioni. La foto lo ritrae quando era ancora in costruzione, con solo la metà degli specchi assemblati. Al fuoco, c'è una camera con una fitta batteria di fotomoltiplicatori che ricostruiscono la geometria del flash di luce Cerenkov.

l'ordine del teraelettronvolt (TeV, 10^{12} eV). Si può ben capire che a queste energie i metodi e gli strumenti di rivelazione sono del tutto diversi da quelli che usano gli astronomi ottici: questi fotoni, infatti, esibiscono più la loro natura particellare che quella ondulatoria. Niente lenti e niente specchi, dunque, che non riuscirebbero mai a instradare questi micidiali proiettili verso un fuoco; al loro posto semmai i dispositivi tipici della fisica nucleare, ossia quelle camere e quei rivelatori in cui i fisici osservano gli sconquassi che le particelle fortemente accelerate producono quando interagiscono con la materia. Il bello è

che per i TeV-gamma (per abbreviare, nel seguito li chiameremo così) neppure questi rivelatori vanno bene, per svariati motivi sui quali non insistiamo. Per riuscire a "vederli" si sfrutta invece la luce Cerenkov, che è un sottoprodotto del loro modo specifico di interagire con l'atmosfera terrestre. Quando un TeV-gamma, penetrando in atmosfera, distrugge il primo atomo che incontra sul suo cammino, lo frantuma in un certo numero di particelle, le quali restano ancora abbastanza energetiche da riuscire a scindere a loro volta nuovi atomi; i frammenti di seconda generazione proseguono nell'opera distruttiva, cosicché

in breve tempo si assiste alla formazione di una cascata di milioni di particelle cariche, di alta energia, disposte a cono in quello che i fisici chiamano uno *sciame atmosferico*. Quando il raggio gamma d'origine è di energia elevata, le particelle dello sciame possono giungere tranquillamente fino alla superficie della Terra. Nelle prime fasi dell'interazione con l'atmosfera, però, le particelle cariche sono così veloci da superare la velocità della luce nell'aria, e perdono perciò energia emettendo una caratteristica luce azzurrina che è detta *radiazione Cerenkov*. È questa luce che viene sfruttata per rivelare l'arrivo di un TeV-gamma.

Per raccogliarla non necessitano telescopi di elevata precisione ottica; piuttosto, occorre che siano posti sotto un cielo molto buio, possibilmente ad alta quota; e soprattutto serve che siano di buone dimensioni, visto che i flussi Cerenkov al suolo sono debolissimi: per ogni evento si conta tipicamente un centinaio di fotoni incidenti per ogni metro quadrato di superficie. Il telescopio deve riuscire a raccogliergli il maggior numero possibile e deve indirizzarli verso il fuoco ove fo-



Il Cangaroo III, acronimo di Collaboration of Australia and Nippon for a Gamma Ray Observatory in the Outback, è una batteria di quattro telescopi di 10 m operativa a Woomera (Australia) dal marzo di quest'anno.

tomoltiplicatori sensibilissimi restituiranno un'immagine grossolana del *flash* Cerenkov.

Nei nuovi Osservatori più che su un telescopio singolo si conta su una batteria di telescopi: per esempio, quattro disposti ai vertici di un quadrato con un quinto al centro. In questo modo, l'immagine dell'evento risulta più definita e ciò consente ai fisici di riconoscere se il *flash* Cerenkov sia frutto di un TeV-gamma, oppure di un raggio cosmico di alta energia, perché anche i raggi cosmici possono dare luogo a uno sciame atmosferico.

È più che probabile che i TeV-gamma condividano con i raggi cosmici d'alta energia non solo le modalità di manifestazione al ricercatore terrestre, ma anche le sorgenti da cui provengono. I raggi cosmici sono particelle materiali che vengono accelerate a velocità relativistiche da meccanismi astrofisici d'altissima potenza: si pensa alle esplosioni di supernovae, ai *gamma-burst*, ai getti di materia che si osservano nelle galassie attive e che scaturiscono dai loro buchi neri centrali. Essendo elettricamente carichi, essi vengono continuamente deviati dai campi magnetici che incontrano nel loro tragitto tra le galassie e tra le stelle, cosicché quando incontrano la Terra hanno del tutto perduto la memoria della loro primitiva direzione di volo. Come possiamo allora riconoscere le loro sorgenti?

Ecco una delle motivazioni dell'astro-

nomia TeV-gamma. Gli ambienti astrofisici che emanano i raggi cosmici più energetici devono necessariamente risultare anche sorgenti di raggi gamma d'altissima energia. Consideriamo infatti un resto di supernova e il suo fronte d'urto in espansione: è abbastanza naturale che molti dei protoni accelerati a velocità relativistiche interagendo con la materia interstellare producano pioni neutri, i quali sappiamo che decadono in coppie di raggi TeV-gamma. I raggi gamma sono radiazione, non particelle elettricamente cariche, e su di essi i campi magnetici non hanno alcun effetto: la direzione da cui provengono quando ci cadono addosso punta dritta alle rispettive sorgenti. Potremmo perciò sfruttarli per stanare le sorgenti anche dei raggi cosmici, in particolare per capire se siano galattiche o a distanze cosmologiche, di che natura, di che potenza, ecc. In effetti, l'immagine dell'evento in luce Cerenkov che il telescopio ricostruisce reca informazioni sulla direzione d'arrivo, oltre che sull'energia del fotone gamma originario.

Al momento, la neonata astronomia TeV-gamma ha confermato le attese dei teorici indicando come una sorgente certa la Crab Nebula, il più famoso tra i resti di supernova. Siamo però ancora ai primi passi, tant'è vero che per ora le sorgenti sicure sono solo una ventina. Tra queste, molte non hanno una controparte chiaramente ri-

conoscibile ad altre lunghezze d'onda; alcune direzioni d'arrivo sembrano puntare a oggetti della Via Lattea, altri a oggetti extragalattici; tra questi ultimi, non troviamo solo i nuclei delle galassie attive, ma una varietà di sorgenti che tra l'altro includono associazioni di stelle calde in galassie vicine. Considerando i telescopi che entreranno a pieno regime nei prossimi mesi, ci si attende di portare almeno a un centinaio le sorgenti sicure osservate da qui a un anno. Con una statistica più robusta, anche le idee si faranno più chiare.

C'è molta curiosità tra gli astronomi per i risultati che potrà dare questa nuova disciplina, che si pone a mezza via tra l'astronomia classica e la fisica delle particelle. Questa estate, a fine luglio, i vari gruppi impegnati nella costruzione dei nuovi Osservatori si sono incontrati ad Heidelberg (Germania) per un primo confronto. Era corsa voce che dal simposio sarebbe emerso l'annuncio dell'osservazione di TeV-gamma prodotti dall'annichilazione di particelle di materia oscura con le loro antiparticelle; in realtà, i ricercatori, pur accettando che un tale evento sia in grado di generare coppie di raggi gamma di alta energia, e pur confermando che la direzione d'arrivo di alcuni dei segnali punta verso la regione del centro della nostra Galassia, ove è ipotizzata una notevole densità di materia oscura, non hanno voluto sbilanciarsi.

Anzi, hanno tenuto a sottolineare che le masse postulate per le particelle non-barioniche supersimmetriche, che sono le più verosimili candidate alla materia oscura, sono da 10 a 100 volte minori di quanto si richiederebbe per giustificare la produzione di TeV-gamma; senza contare che da quelle parti c'è anche il buco nero centrale della Via Lattea, oltre che un brillante resto di supernova. Insomma, non vale la pena di chiamare in causa sorgenti esotiche: per ora non sono strettamente necessarie.

Corrado Lamberti