

# Neutrini di alta energia dal Cosmo



NEL  
MONDO  
DELLA  
SCIENZA

*I cultori dell'astronomia dei neutrini di alta energia hanno avuto di che rallegrarsi leggendo recentemente, in una 'lettera' alla prestigiosa rivista Nature, che l'indizio lungamente atteso è stato trovato<sup>1</sup>.*

*Tra gli astrofisici si parla di 'astronomia' in tutti quei casi in cui è possibile determinare la direzione di provenienza dal Cosmo di un dato agente fisico — luce, onde radio, raggi-X, eccetera — ossia quando se ne possono 'vedere' le sorgenti. Si sa che alcune 'astronomie' sono ben stabilite — per esempio, la radioastronomia — altre sono di là da venire, come quella delle onde gravitazionali o quella dei neutrini, appunto. Ma per i neutrini, a quanto pare, il momento della nascita si sta avvicinando.*

## Telescopi di neutrini

Ogni astronomia, ovviamente, ha bisogno di un tipo di telescopio adeguato al compito — quando sentite 'telescopio' non pensate necessariamente al cannocchiale! Tentativi di costruire telescopi per neutrini risalgono agli anni '80: l'esperimento DUMAND (Fig. 1), guidato dagli USA, si riprometteva di costruire un grande reticolo di fotomoltiplicatori (si tratta di sensibilissimi rivelatori di luce) sul fondo dell'Oceano Pacifico, al largo delle Hawaii. L'esperienza si è conclusa nel '96, dopo molti sforzi e pochi risultati. I romantici possono pensare che l'Oceano è stato più forte degli sperimentatori.

Però l'astronomia dei neutrini ha un tale potenziale scientifico da giustificare ogni sforzo per riuscire a gettarne le basi. Un prototipo di rivelatore interessante e di successo funziona ora nel Lago Baikal (Fig. 2), in Siberia,

mentre non è ancora concluso il tentativo di NESTOR al largo del Peloponneso. Gli americani hanno scelto il ghiaccio del Polo Sud, dove è in costante crescita il loro telescopio per neutrini AMANDA (Fig. 3). Altrettanto interessante è la situazione nel Mediterraneo, dove sono in sviluppo importanti iniziative (ANTARES e NEMO).

Perché i neutrini? Queste evanescenti particelle sono in grado di attraversare molte migliaia di chilometri di roccia — più della Terra intera — senza sensibili attenuazioni. Perciò sono l'ideale per esplorare regioni dell'universo nascoste da densi strati di materia, inaccessibili alla luce e ad altre radiazioni elettromagnetiche. Questa preziosa proprietà dei neutrini è anche la croce di chi vuol costruire un telescopio per vederli. Infatti questo deve essere necessariamente molto massiccio per poterne intercettare almeno quella piccola percentuale sufficiente a osservarne la presenza: in pratica per sperare di vedere un segnale apprezzabile ci vuole almeno un chilometro cubo di acqua attrezzato con sensori. Ciò dev'essere realizzato nei fondali marini, al di là dei 2-3 chilometri di profondità, e in condizioni ambientali favorevoli per trasparenza e tranquillità delle acque. Nel Mediterraneo vari siti si prestano egregiamente a questo scopo.

## Astronomia gamma e neutrini

Ma come si fa a progettare un apparato per vedere un segnale di intensità ignota, dato che nessuno l'ha ancora visto? In questo può soccorrere la guida dell'astronomia gamma<sup>2</sup>, ma ad una condizione: che si dimostri che i

**Carlo De Marzo**  
Sezione INFN ed  
Università di Bari

<sup>1</sup> R. ENOMOTO et al., "The acceleration of cosmic-ray protons in the supernova remnant RXJ1713.7-3946", *Nature* 416, (2002), pg. 823.

<sup>2</sup> Vedi G. BARBIELLINI, V. BOLOGNA e F. LONGO, *INFN-Notizie* n. 6, pg. 10.



Fig. 1  
Un fotomoltiplicatore  
sviluppato per  
l'esperimento  
DUMAND

Fig. 2  
Preparativi per  
l'immersione dei  
rivelatori nel lago  
siberiano Baikal



Fig. 3  
Rivelatori dell'esperimento AMANDA pronti per essere immersi nel ghiaccio del Polo Sud (foto Università di Leeds)

fotoni emessi dalle sorgenti gamma derivano dal decadimento di particelle  $\pi^0$  (pioni neutri), perché allora ci saranno anche particelle  $\pi^\pm$  (pioni carichi), il cui decadimento produce i tanto cercati neutrini.

Ora è questo che dice la lettera a *Nature*: che un telescopio per gamma ha scoperto una sorgente il cui segnale si spiega bene con l'ipotesi dei  $\pi^0$ . L'apparato in questione si chiama CANGAROO, è installato a Woomera nel deserto australiano da una collaborazione nippo-australiana, e riconosce i gamma di alta energia dalla forma della cascata di particelle che essi producono nell'attraversare l'atmosfera terrestre<sup>3</sup>. Questa cascata si propaga verso il suolo emettendo una particolare radiazione (luce Cerenkov) che i sensori di CANGAROO (Fig. 4), sono in grado di misurare, determinando la direzione di provenienza del fotone gamma che ha dato inizio a ciascuna cascata. È così che si può studiare l'astronomia dei fotoni gamma di più alta energia; ed è così che è stata studiata la sorgente gamma RX J1713.7-3946 (Fig. 5), concluden-

<sup>3</sup> Un osservatorio italo-cinese per raggi gamma cosmici, basato su una tecnica di osservazione differente di quella di CANGAROO è in costruzione nel Tibet. Vedi B. D'ETTORRE, *INFN-Notizie* n.7, pg. 4.

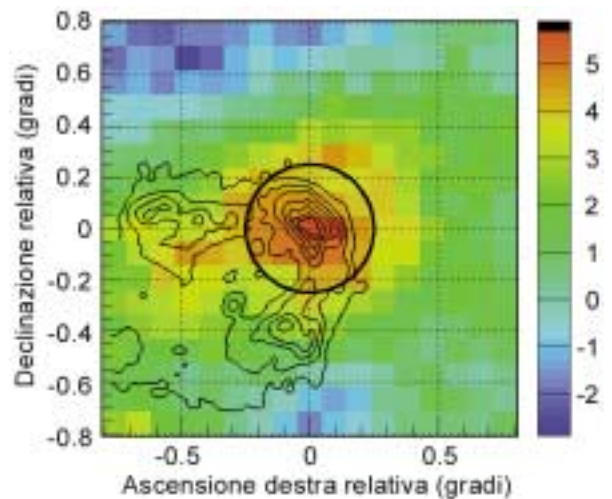
Fig. 4  
Il telescopio da 10 m per luce Cerenkov dell'esperimento CANGAROO (foto M.Mori)



Fig. 5  
Mappa della sorgente RX J1713.7-3946 osservata da CANGAROO

do che produce gamma essenzialmente attraverso il decadimento dei  $\pi^0$ .

Le implicazioni di questa scoperta sono molte ed interessanti. Significa che esisteranno anche altre sorgenti di neutrini astrofisici di alta energia; che il loro flusso sulla Terra può essere calcolato e che un telescopio per neutrini può essere progettato sapendo quali sorgenti potrà esplorare e con quale sensibilità. Come dicevo all'inizio, per i cultori dell'astronomia dei neutrini si tratta di una notizia epocale.



La produzione di raggi gamma (fotoni) di alta energia avviene essenzialmente secondo due meccanismi: elettromagnetico ed adronico. Nel primo caso intervengono elettroni di alta energia, campi magnetici estesi oppure livelli altissimi di luminosità; i gamma vengono prodotti per radiazione di sincrotrone o diffusione Compton inversa e non sono accompagnati da produzione di neutrini. Nel secondo caso intervengono protoni di energia elevata e spessori di materia; si ha produzione contemporanea di pioni neutri e carichi. I primi danno i gamma, i secondi i neutrini in quantità circa uguale.