

Passione per la Terra: una nuova era per le geoscienze?

Francesco Vissani

INFN, Laboratori Nazionali del Gran Sasso

Il 27 ottobre scorso a Milano la SIF ha organizzato una giornata di studio, nella quale si è discusso un **nuovo modo di osservare l'interno del nostro pianeta**. Ricorrendo ad una metafora medica, possiamo dire che adesso, in aggiunta ai consueti strumenti diagnostici (termometro, auscultazione, ecografia) abbiamo imparato a fare radiografie. In effetti, oltre alle misure del calore emesso, della gravità locale e del campo magnetico, allo studio dei terremoti e della loro propagazione, sappiamo anche rivelare certe particelle molto penetranti che provengono dalla radiattività naturale terrestre e che son dette geoneutrini. E, come vedremo, questo non esaurisce le novità.

Le giornata di studio, molto interessante, è stata preparata e coordinata da *Angela Bracco, Gianpaolo Bellini e Lino Miramonti* e suddivisa in quattro sessioni.

1) La prima ha presentato lo **stato delle conoscenze** dell'interno del pianeta. *Cinzia Farnetani* ha mostrato che le reali composizioni di mantello e crosta terrestre dipendono criticamente da fattori quali (i) la composizione iniziale della Terra, che è simile, ma non identica ad alcuna meteorite nota; (ii) i processi geodinamici che animano il mantello, come la convezione che rimescola le rocce e la fusione parziale che produce la crosta continentale (dove la concentrazione di elementi radioattivi produttori di calore è elevata). *Chris Davies* ha discusso in dettaglio le aspettative sulla natura del calore terrestre, ricorrendo ad una complessa modellizzazione teorica e ragionando di strutture presenti alla base del mantello e nel nucleo esterno, delle quali abbiamo indizi osservativi. Sono notevoli il numero e la qualità dei problemi dibattuti, e le indagini di strutture come i "pennacchi" (plumes) di materia calda nel mantello che comportano deviazioni dalla distribuzione sferica.

2) La seconda sessione ha illustrato l'**uso di nuove particelle** per le indagini geofisiche e geochimiche e non solo. *Jacques Marteau* ha mostrato immagini ottenute con la tecnica della tomografia basata sui muoni (muografia); in particolare, l'interno di caldere vulcaniche, che rende possibile seguire l'evoluzione delle eruzioni. *Nicola Rossi* ha argomentato la possibilità di indagare addirittura gli interni stellari per mezzo dei neutrini, presentando gli ammirevoli risultati dell'esperimento BOREXINO (Italia). In particolare, ha presentato osservazioni inequivocabili degli effetti dell'eccentricità dell'orbita terrestre sul numero di neutrini osservati nel corso dell'anno: in altre parole, BOREXINO ha misurato la piccola differenza tra le osservazioni invernali e quelle estive, che consiste di poche parti percentuali.

3) La terza sessione era quella centrale del convegno. Infatti, sono state discusse le prime osservazioni dei cosiddetti **geoneutrini**, ovvero antineutrini prodotti spontaneamente dalle disintegrazioni degli elementi radioattivi contenuti all'interno della Terra. Si tratta dei risultati di KAMLAND (Giappone), presentati da *Nanami Kawada* e di quelli di BOREXINO, illustrati da *Livia Ludhova*. I dati raccolti da qualche anno riguardano le catene di decadimento dell'uranio-238 e del torio-232, che siamo vicini a identificare singolarmente; i geoneutrini prodotti dal potassio-40 non hanno energia sufficiente per essere rivelati. Integrando le utili considerazioni di *Fabio Mantovani*, che non ha potuto essere presente di persona, i due relatori hanno riassunto il quadro delle aspettative, discutendo quali informazioni si possono ottenere sulla composizione chimica del nostro pianeta, e confrontandole con le osservazioni. I dati esistenti non contraddicono, anzi corroborano le teorie più accreditate e son tra loro coerenti, pur consistendo al momento di campioni relativamente piccoli. Questi progressi indicano che abbiamo iniziato a sondare i meccanismi di formazione planetaria, quelli che riguardano la distribuzione degli elementi, l'ammontare del materiale radioattivo e il suo contributo al calore irradiato dalla Terra, ecc.: considerazioni attinenti a campi diversi e stimolanti.

4) L'ultima sessione ha raccolto elementi per una **valutazione del campo di ricerca** che si è aperto con questo tipo di osservazioni. *João Coelho* ha ricordato l'esistenza di altri neutrini di origine naturale e con più grandi energie: (*i*) quelli atmosferici, che grazie all'effetto di rifrazione sulla materia terrestre (effetto MSW) potrebbero fornirci la convalida definitiva del modo in cui è strutturato lo spettro di massa dei neutrini, e magari insegnarci qualcosa sul mantello, se disporremo di un rivelatore sufficientemente grande; (*ii*) quelli di origine cosmica, che - come mostrato dall'esperimento ICECUBE (Polo Sud) - subiscono una parziale attenuazione (=assorbimento) nell'attraversare il nostro pianeta. La relazione conclusiva, a cura del sottoscritto, ha sottolineato i numerosi legami scientifici tra le indagini dell'interno della Terra e quelle del Sole, ed ha argomentato come le diverse ipotesi sulla distribuzione degli elementi radioattivi comportino una differenza del 25% nel numero di geoneutrini nei casi più plausibili o persino del 100% in quelli più estremi.

Estese discussioni hanno accompagnato ed arricchito le relazioni evidenziando un campo di ricerca vitale e con grandi prospettive di sviluppo. L'opinione emersa è che ci saranno **ulteriori progressi** con le future misure degli esperimenti SNO+ (Canada), JUNO e JINPING (Cina); sarebbe inoltre lungimirante considerarne di nuove che riguardino più direttamente il contributo dei geoneutrini prodotti nel mantello, da effettuarsi in qualche sito lontano dalla crosta continentale.