

Lo studio della radiazione cosmica: neutrini e non solo

Lo studio della radiazione cosmica, e dei neutrini in particolare, è oggi la nuova frontiera delle conoscenze in fisica delle particelle e in fisica astroparticellare. Quest'ultima è dedicata allo studio delle particelle che sono prodotte nei potentissimi "acceleratori naturali" presenti nel cosmo. Il sole, le stelle e molti altri corpi celesti irradiano infatti nello spazio non solo energia elettromagnetica (sotto forma di luce, onde radio, raggi X e raggi gamma), ma anche particelle di altra natura. Fra di esse vi sono i neutrini, prodotti a ritmo incessante nelle reazioni nucleari che avvengono all'interno dei corpi celesti. Queste particelle sono dotate di massa piccolissima (fino a poco tempo fa si pensava che addirittura non avessero massa) e interagiscono così poco con la materia da riuscire ad attraversare praticamente indisturbati tutto il nostro pianeta. I neutrini nati nel Sole raggiungono la Terra in gran quantità: in un secondo attraverso la punta di un dito ne passano ben 60 miliardi senza lasciare traccia! L'abbondanza dei neutrini nell'Universo è seconda sola a quella delle particelle di luce, i fotoni. La conoscenza approfondita dei neutrini riveste un enorme interesse scientifico: essi potrebbero essere ad esempio la chiave per capire meglio sia il fenomeno dell'asimmetria tra materia e antimateria, sia l'unificazione delle interazioni fondamentali.

L'Infn oggi occupa un posto di primo piano a livello internazionale nel campo della fisica dei neutrini, grazie ad alcune scelte lungimiranti compiute negli anni



'70 e culminate con la decisione di dotare l'Italia dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso: i laboratori sotterranei più avanzati al mondo per estensione e infrastrutture. Questi Laboratori sono situati sotto 1.400 metri di roccia cosicché solo alcuni tipi di particelle riescono a penetrare in un ambiente tanto schermato: in particolare i neutrini e, forse, particelle di materia oscura. Al Gran Sasso l'osservatorio Lvd è dedicato alla ricerca di un evento molto raro: il fugace bagliore di neutrini (dura circa un secondo) prodotto nei collassi gravitazionali che avvengono alla fine della vita d'alcune stelle. Tra gli esperimenti in preparazione vi è Borexino, il quale mira a studiare lo spettro d'energia caratteristico dei neutrini solari. Sono in fase di costruzione apparati per studiare un fascio di neutrini prodotti al Cern di Ginevra e diretti con precisione verso i laboratori del Gran Sasso dove, dopo un percorso sotterraneo di oltre 700 chilometri, saranno studiati dagli esperimenti Opera e Icarus. Lo scopo della ricerca è comprendere la singolare capacità dei neutrini di "trasformarsi" durante il viaggio: un fenomeno chiamato oscillazione e previsto da Bruno Pontecorvo.

Anche gli abissi marini, come le gallerie sotterranee, sono un ambiente protetto particolarmente adatto allo studio dei neutrini cosmici d'alta energia. Il 18 novembre 2003 è stata inaugurata la stazione Antares (Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental RESearch), situata nelle acque di Tolone e frutto di una collaborazione internazionale di cui è parte l'Infn. Si tratta di un pionieristico rivelatore di neutrini cosmici d'alta energia che funzionerà a circa 2.400 metri di profondità. Per tracciare una mappa dettagliata delle principali sorgenti cosmiche di neutrini d'alta energia, sarà tuttavia necessario uno strumento più importante. Il grande telescopio che verrà dopo Antares coprirà un volume di circa un chilometro cubo e potrebbe essere situato al largo delle coste siciliane, ad opera di una futura



2



3

1. Borexino

Prototipo dell'esperimento Borexino, in allestimento presso i Laboratori Nazionali del Gran Sasso. L'esperimento sarà costituito da una parte centrale in grado di rivelare i neutrini e da due gusci pieni di liquidi schermanti che serviranno a proteggere da fattori di disturbo. Nei rari urti fra i neutrini e gli atomi del liquido che si trova nella parte centrale verranno generati piccoli lampi di luce che saranno captati da speciali sensori.

2. Opera

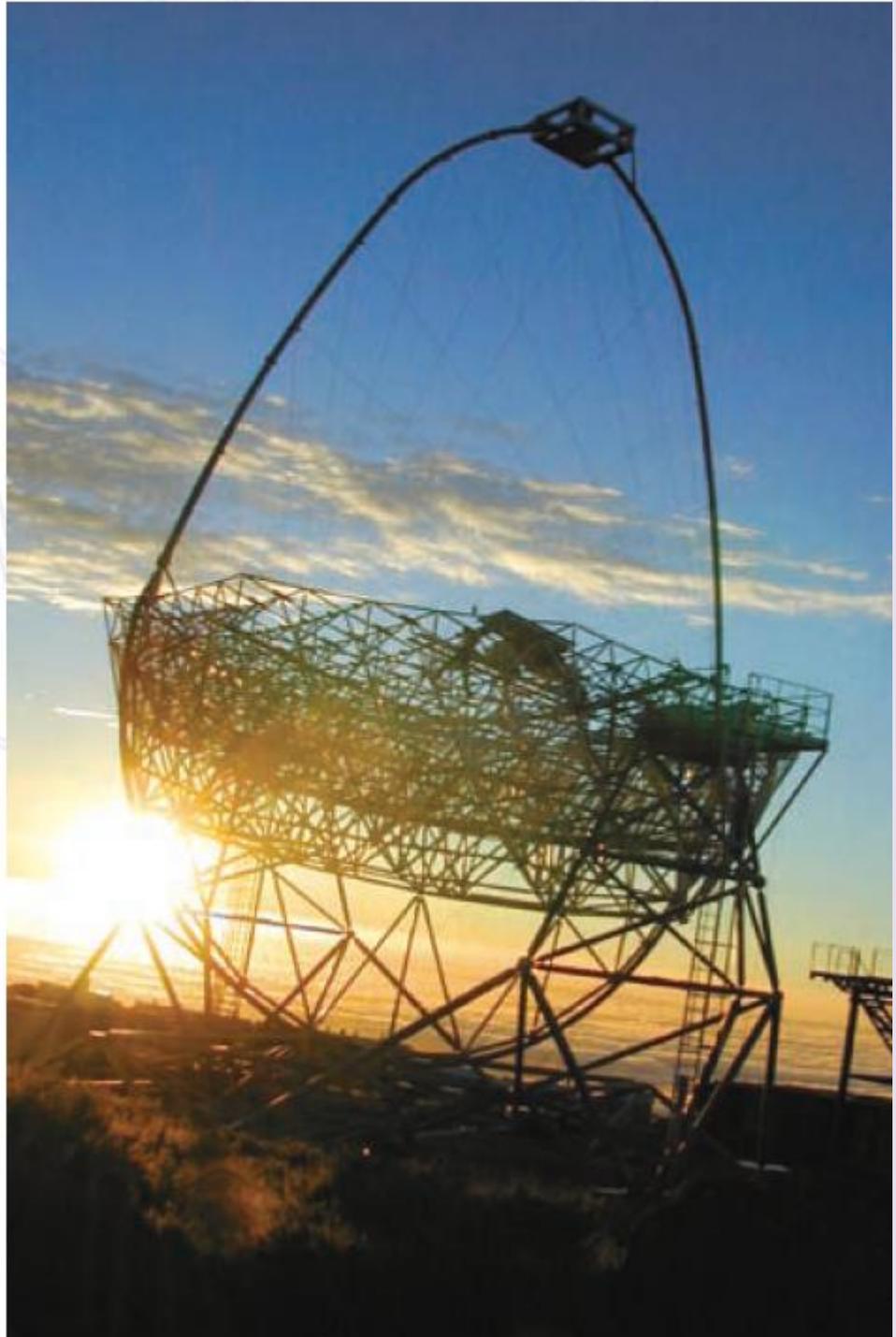
Il prototipo dello spettrometro magnetico dipolare dell'esperimento Opera (Oscillation Project with Emulsion Tracking Apparatus) per la rivelazione di neutrini inviati dal Cern al Gran Sasso.

3. Icarus

Fasi di costruzione di un modulo dell'esperimento Icarus, per la rivelazione di neutrini inviati dal Cern al Gran Sasso.

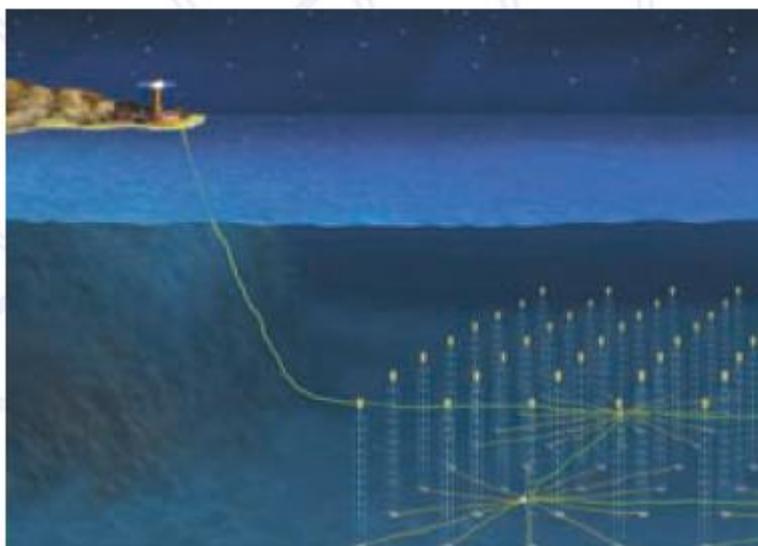
Magic

(Major Atmospheric Gamma Imaging Cherenkov telescope), con il suo specchio di 17 metri di diametro e 240 metri quadri di superficie, è un enorme rivelatore di particelle realizzato nell'ambito di una collaborazione internazionale, con il fondamentale contributo dell'Infn. Lo strumento è stato inaugurato nel 2003 e si trova sull'isola di La Palma, a 2200 m sul livello del mare, presso l'Osservatorio Roque de los Muchachos. Magic è impegnato nello studio dei raggi gamma provenienti da sorgenti galattiche ed extragalattiche. Lo scopo è di ottenere informazioni decisive sull'origine e la natura della radiazione cosmica e studiare con precisione i costituenti dell'Universo stesso, quali la materia oscura e l'energia oscura.



collaborazione internazionale guidata dall'Infn e con base presso i Laboratori Nazionali del Sud. Presso questi Laboratori è in atto il progetto di ricerca e sviluppo Nemo, del quale è già stata realizzata una stazione di prova a 25 chilometri al largo del porto di Catania, a 2.000 metri di profondità. Il telescopio sottomarino vero e proprio dovrebbe invece essere collocato a circa 3.500 metri di profondità nel Mar Mediterraneo a 100 chilometri da Catania ed essere dotato di 5.000 rivelatori ottici, in grado di captare i lampi di luce prodotti dall'interazione dei neutrini con le particelle di materia che compongono l'acqua. I segnali registrati dai rivelatori saranno poi trasferiti a terra per mezzo di cavi a fibre ottiche di ultima generazione. Nemo è un progetto interdisciplinare, come testimonia la collaborazione con l'Ingv (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Nello Spazio, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ha in corso diversi esperimenti. Rivelatori di particelle sono installati su satelliti e stazioni spaziali, con lo scopo di rivelare direttamente le particelle d'antimateria e altre forme di radiazione presenti nel Cosmo. Di particolare rilievo è il progetto internazionale Pamela, nel quale l'Infn ha un ruolo guida. Il rivelatore omonimo dovrebbe essere lanciato nel 2005 nello Spazio su un vettore russo. Esso è costituito da un raffinato apparato dotato di un potente magnete, il quale sarà in grado di rivelare le particelle che lo attraversano e misurarne carica ed energia. Sarà però l'esperimento Ams ad avere la massima sensibilità per quel che riguarda la ricerca dell'antimateria nello Spazio. Ams si avvarrà del primo magnete



Nemo
Schema della
localizzazione del
telescopio sottomarino
per neutrini Nemo.



Ams02

L'Esperimento Ams-02 (l'oggetto sulla sinistra in primo piano), nella posizione che dovrà occupare sulla Stazione Spaziale Internazionale.

superconduttore posto nello Spazio e di una eccellente strumentazione per l'individuazione delle particelle in gran parte realizzata sotto la responsabilità dell'Infn. L'apparato Ams-01 ha già volato a bordo dello Shuttle nel giugno del 1998 mentre il suo successore Ams-02 sarà pronto per essere installato a bordo della Stazione Spaziale Internazionale alla fine del 2007. Prima di allora dovrebbe essere operativo l'esperimento Agile, frutto della collaborazione di vari enti di ricerca italiani. Esso è dedicato allo studio dei bagliori di raggi gamma: un fenomeno cosmico d'estrema violenza probabilmente associato ad eventi catastrofici come stelle che precipitano in buchi neri. Sempre ai bagliori di raggi gamma sarà prevalentemente dedicato l'esperimento Glashow, caratterizzato da una maggiore sensibilità alle particelle di alta energia, il quale ha catalizzato una grande collaborazione internazionale e dovrebbe essere operativo nel 2006.

È invece localizzato sulla Terra l'osservatorio astronomico Argo, il quale è stato costruito in Tibet dall'Infn in collaborazione con enti di ricerca cinesi ed ha lo scopo di studiare le sorgenti cosmiche di fotoni di alta energia. Argo si trova 4.300 metri sopra il livello del mare e la sua posizione permette ai ricercatori di rivelare i raggi gamma in condizioni ottimali, usando un rivelatore sviluppato in Italia.

Argo

Interno del laboratorio che ospita il rivelatore di raggi cosmici Argo, costruito in Tibet dall'Infn in collaborazione con enti di ricerca cinesi.

