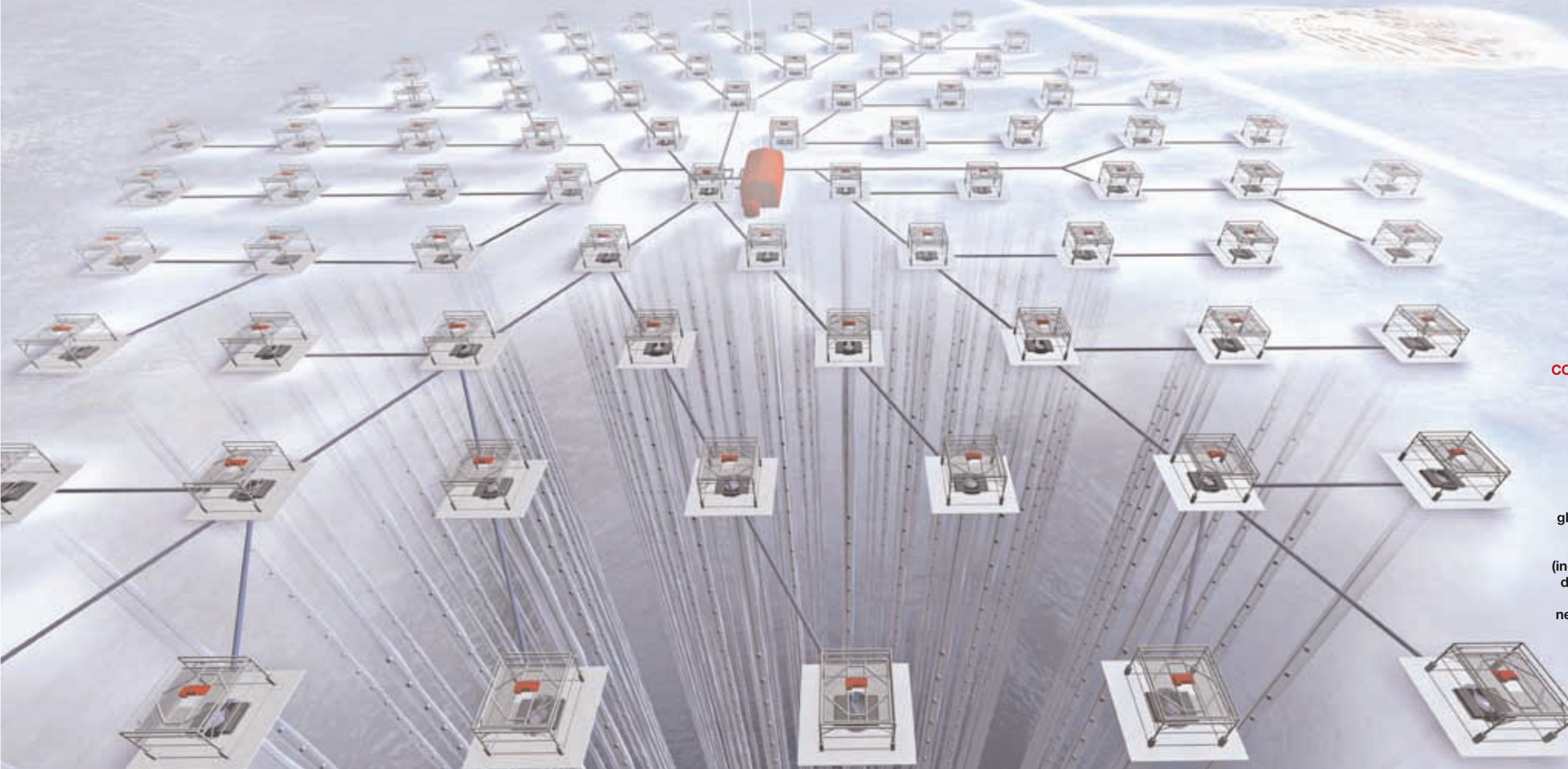


Un telescopio sotto ghiaccio

4.800 occhi sepolti a 2.000 m di profondità per cercare di vedere

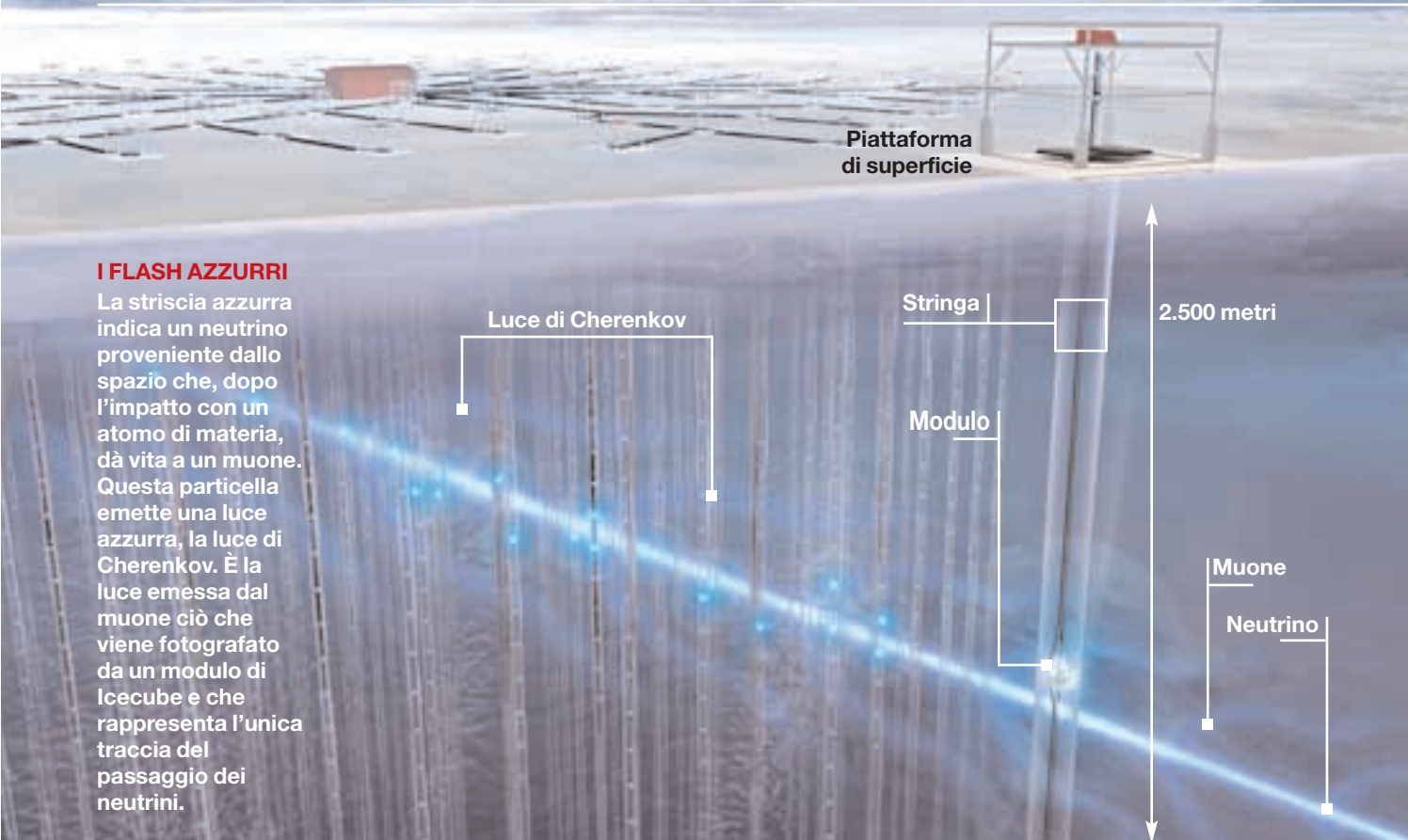
i segreti del cosmo e della materia: come è fatto e come funziona *Icecube*

DI LUCIA SIMION



COME UN ICEBERG

80 postazioni sulla superficie dell'Antartide segnaleranno i punti in cui le stringhe del progetto Icecube si inabissano nel ghiaccio. Ciascuna stringa ospita 60 moduli ottici (indicati nel disegno dai pallini), studiati per individuare i neutrini provenienti dallo spazio. Per dare misurazioni precise i moduli devono stare tra i 1.400 e i 2.400 m di profondità.

**I FLASH AZZURRI**

La striscia azzurra indica un neutrino proveniente dallo spazio che, dopo l'impatto con un atomo di materia, dà vita a un muone. Questa particella emette una luce azzurra, la luce di Cherenkov. È la luce emessa dal muone ciò che viene fotografato da un modulo di Icecube e che rappresenta l'unica traccia del passaggio dei neutrini.

Ringuini che stazionano in Antartide vicino alla base statunitense Scott-Amundsen a cavallo tra il 2004 e il 2005, durante la breve estate, osserveranno uno spettacolo insolito. Vedranno squadre di uomini, armati di strane trivelle, scavare pozzi nel ghiaccio. Profondi da 1.400 a 2.400 metri, serviranno ad alloggiare un telescopio unico al mondo, Icecube, ovvero cubo di ghiaccio, dotato di 4.800 occhi elettronici in grado di rivelare il passaggio dei neutrini, le particelle più straordinarie e misteriose della materia, che arrivano sulla Terra dallo spazio profondo. Come il suo prototipo e predecessore Amanda (Antarctic Muon and Neutrino Detector Array), Icecube è stato inventato e messo a punto dal fisico Francis Halzen e dai suoi collaboratori all'Istituto di ricerca di Fisica delle particelle elementari dell'Università del Wisconsin a Madison (Usa). Misurerà un chilometro cubo (un volume equivalente a 690 volte il Colosseo) e per costruirlo saranno necessari più di 300 milioni di dollari, finanziati dalla Fondazione americana delle Scienze, dall'Universi-

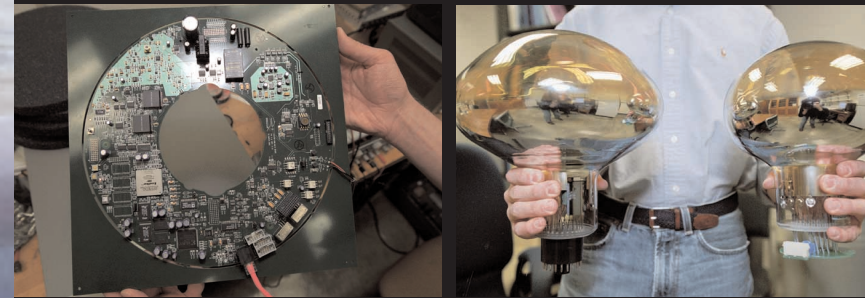
tà di Madison e da altri atenei e fondazioni, tra cui anche 10 europei.

Per scavare i pozzi in cui calare i componenti di Icecube è stato progettato un sistema che fora il ghiaccio con un getto d'acqua bollente sotto pressione. Ci sarà anche un tocco d'Italia: il tubo di kevlar per convogliare l'acqua a + 88 °C nel pozzo è stato progettato e prodotto dalla Ivg Colbachini di Padova. Ci vorranno circa 20 ore per preparare un pozzo del diametro di 60 centimetri e profondo 2.500 metri, e altre 20 per infilarci una "stringa" con at-



taccati 60 moduli ottici (vedi il box a fianco), prima che l'acqua rigeli bloccando per sempre i rivelatori. Un'operazione complessa e delicata. A partire dalla prossima estate antartica ogni anno saranno posizionate nel ghiaccio 16 stringhe del nuovo telescopio, fino a un totale di 80, comprese quelle di Amanda, che resteranno al loro posto. **Paolo Desiati, un fisico fiorentino dell'Università di Madison**, ha partecipato nel 1993 fa al posizionamento di due stringhe di Amanda e si ricorda della difficoltà di lavorare a 35°C sotto zero. «Per proteggerci dal vento avevamo una tenda», racconta, «e un getto di aria calda ci permetteva di lavorare a mani nude per un breve periodo. Il mio lavoro consisteva nell'agganciare i moduli ottici sul cavo elettroottico che li sostiene e che trasporta la tensione e i segnali. Il cavo era sospeso a una torre di metallo sopra il foro». Sembra >>

LA SCOPERTA DELL'ACQUA CALDA
Il tubo realizzato in Italia per scavare i pozzi. Prima di ottenere quello definitivo sono stati fatti 30 prototipi.

**4.800 SENSIBILISSIMI OCCHI****Vedono una candela Sulla Luna**

Come sono fatti gli "occhi" di Icecube, i 4.800 moduli ottici che hanno il compito di scoprire i neutrini che provengono dal cielo boreale? Ognuno contiene un fotomoltiplicatore (in alto, a destra) sigillato sotto vuoto in una sfera di vetro (a destra).

■ I fotomoltiplicatori funzionano come lampadine al contrario: "catturano" grazie a una speciale sostanza chimica la debole luce di Cherenkov, prodotta dal passaggio di un muone (che nasce dallo scontro di un neutrino con un atomo di materia), e la trasformano in un segnale elettrico. Sono così sensibili che potrebbero "vedere" la luce di una candela accesa sulla Luna.

■ Un circuito integrato (in alto, a sinistra) consente di elaborare i segnali elettronici e di inviarli in superficie tramite un cavo ottico di collegamento, per consentirne l'elaborazione a computer.

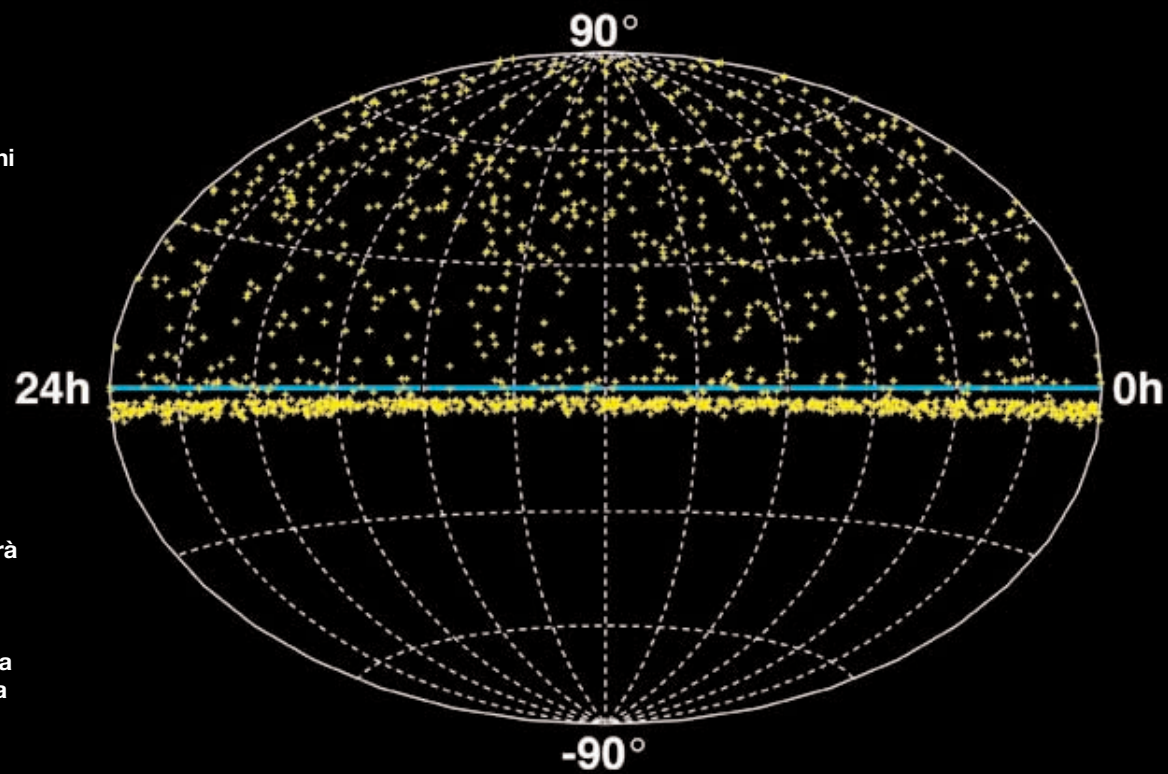
**A MANI NUDE**

Un ricercatore fissa un modulo al cavo in fibra ottica per la trasmissione dei dati prima che venga calato per sempre nel pozzo appena scavato. Si lavora a temperature fino a 40° sotto zero, ma è necessario operare a mani nude.



IL CIELO
IN UN OVALE

Questa è la prima mappa delle sorgenti di neutrini individuate da Amanda, il prototipo di Icecube, nel cielo dell'emisfero boreale. È stata elaborata con i rilevamenti del 2000. L'entrata in funzione di Icecube aggraverà una quantità enorme di dati e consentirà di stilare una mappa molto più dettagliata, che potrebbe fornire la prima prova visiva dell'esistenza di corpi celesti invisibili come i buchi neri.



STELLA ESPLOSA

Tra le sorgenti di neutrini ci sono anche le nebulose, come quella del Granchio, qui in un'immagine del Very Large Telescope. È nata dall'esplosione di una supernova.

GLI ALTRI TELESCOPI A NEUTRINI

Aspettiamo Nemo, il fratello siciliano

Icecube conta molti "fratelli" in entrambi gli emisferi, per la maggior parte collocati a migliaia di metri sottoterra o in mare.

■ Unica eccezione è Anita, progettata da 6 università americane e dalla Nasa. Nel 2006 volerà attaccata a un pallone e farà il giro dell'Antartide a 35 km di altezza.

ancorato a 2.400 metri sul fondo del Mediterraneo, a 50 Km al largo di Tolone. Conta 15 moduli ottici, destinati a diventare 900 (vedi Quark n.15). Sorveglia un volume d'acqua di 10 milioni di m³.

■ Nestor è invece il nome del rivelatore di neutrini che sarà realizzato in Grecia.

■ Infine, nello Stato di Ontario, in Canada, una miniera a 2 km di profondità ospita l'Osservatorio Sudbury (foto a sinistra, in basso) con 9.600 fotomoltiplicatori.

■ Al largo di Capo Passero, in Sicilia, verranno calate le 16 stringhe di Nemo, progettato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Infn), che coprirà un volume di 1 km³ d'acqua. Maggiori informazioni sul nostro osservatorio e sui neutrini le trovate come ogni mese in rete sul sito dei laboratori di Frascati dell'Infn in collaborazione con Quark <http://scienzapertutti.Infn.it/Quark>

■ Antares è

>> un'operazione banale e invece è di importanza fondamentale. Prima di calare definitivamente ogni modulo nel pozzo, spiega ancora Desiati, un segnale ottico veniva inviato tramite un cavetto-test per controllare la connessione: recuperare un modulo dopo averlo imprigionato sotto più di 2 chilometri di ghiaccio non sarebbe facile.

Che cosa scoprirà Icecube? Il suo compito è rivelare i neutrini emessi da oggetti distanti milioni o decine di milioni di anni luce dalla Terra. Prive di carica elettrica, queste particelle subatomiche non vengono deviate da campi magnetici e interagiscono debolmente con la materia: per cui possono viaggiare attraverso lo spazio praticamente indisturbate, a una velocità prossima a quella della luce. Sono messaggeri che portano informazioni dai più remoti angoli dell'universo, capaci di sfuggire anche all'enorme forza di gravità di buchi neri, supernovae, stelle e quasar. Gli astrofisici contano sui neutrini per risolvere problemi ancora aperti, come il meccanismo con cui il sole produce la luce in forma di fotoni, l'esatta struttura

della materia e anche il mistero della materia oscura, che secondo i calcoli rappresenta il 90% della massa nell'universo, ma che nessuno finora ha mai osservato. Amanda, 500 metri in altezza per 200 in larghezza, catturava 4 neutrini al giorno; Icecube, con il suo volume di 1 km³, farà molto di più.

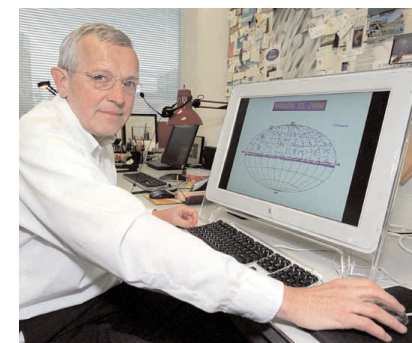
L'impresa è iniziata in realtà vent'anni fa. Allora Halzen pensava di catturare gli inafferrabili neutrini in Antartide, captando il segnale radio emesso dalle particelle mentre attraversano il ghiaccio. «Purtroppo il segnale era troppo debole», dice Halzen, «allora pensai di sfruttare la luce di Cherenkov, un flash di tenue luce azzurra prodotta dal decadimento di un muone. I muoni sono anch'essi particelle subatomiche, e scaturiscono dall'impatto dei neutrini con un atomo di materia. Sono pertanto l'unico segno che siamo in grado di

percepire del passaggio di un neutrino». La National Science Foundation, pur scettica, stanziò 50.000 dollari per iniziare le ricerche. Con quel denaro il più stretto collaboratore di Halzen, il fisico Bob Morse, andò in Groenlandia a testare quattro fotomoltiplicatori nel ghiaccio e registrò il passaggio di muoni: era la prova che il sistema funzionava. Bisognava però essere sicuri di captare solo i muoni prodotti dai neutrini e non quelli presenti in abbondanza nelle radiazioni cosmiche. Si è pensato allora di usare la Terra come filtro e di piazzare il telescopio al Polo Sud, pun-

tandolo verso l'emisfero opposto. In questo modo si captano i neutrini provenienti da stelle e galassie del cielo boreale, quello cioè che vediamo nel nostro emisfero. Solo i neutrini, infatti, sono in grado di attraversare la Terra, mentre le altre particelle si fermano. Questo però consente di stilare una mappa dimezzata dei corpi celesti che emettono i neutrini. Per l'altra metà, quella del cielo australe, si stanno costruendo altri telescopi a neutrini nel nostro emisfero (vedi il box nella pagina a fianco). Il più efficiente, battezzato Nemo (vedi anche Quark n. 15), verrà installato nel Mare di Sicilia ed è stato progettato in Italia dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (Infn). ■

GENIO AL LAVORO

Francis Halzen, il fisico ideatore di Icecube, nel suo ufficio dell'Università del Wisconsin.



Link & Libri
Per i più curiosi

■ <http://icecube.wisc.edu> Descrive nel dettaglio il progetto Icecube.
■ <http://nemoweb/Infn.it> Nemo, fratello di Icecube, progettato dall'Infn.