

COMUNICATO STAMPA

CUORE mette nuovi limiti all'insolito comportamento dei neutrini

APPROFONDIMENTI

Particelle particolari

I neutrini sono ovunque: ci sono quasi mille miliardi di neutrini che passano attraverso l'unghia di un tuo dito mentre leggi questa frase. Non sentono l'effetto delle due forze più intense dell'universo, l'elettromagnetismo e la forza nucleare forte, e questo consente loro di passare attraverso la materia, quindi anche attraverso tutta la Terra, senza interagire. Nonostante il numero enorme, la loro natura così elusiva li rende molto difficili da studiare, sono un vero grattacapo per i fisici. L'esistenza di queste particelle è stata postulata per la prima volta oltre 90 anni fa, ma fino alla fine degli anni '90 non si sapeva nemmeno se i neutrini avessero una massa, ora sappiamo di sì ma è davvero molto piccola.

Una delle tante domande ancora aperte sui neutrini è se siano le loro stesse antiparticelle. Tutte le altre particelle hanno delle corrispondenti antiparticelle, la loro controparte di antimateria: agli elettroni corrispondono gli antielettroni (positroni), ai quark gli antiquark, ai neutroni e ai protoni (che sono i costituenti dei nuclei atomici) gli antineutroni e gli antiprotoni. A differenza di tutte le altre particelle, è possibile che i neutrini siano le loro stesse antiparticelle. Un tale scenario è stato teorizzato per la prima volta dal fisico Ettore Majorana nel 1937 e le particelle che mostrano questa proprietà sono conosciute come fermioni di Majorana.

Se i neutrini fossero davvero fermioni di Majorana potremmo forse rispondere a una domanda che è alla base della nostra stessa esistenza: perché c'è così tanta più materia che antimateria nell'universo?

Un dispositivo raro per decadimenti rari

Determinare se i neutrini siano le loro stesse antiparticelle è difficile, proprio perché essi non interagiscono molto spesso. Il miglior strumento dei fisici per cercare i neutrini di Majorana è un ipotetico tipo di decadimento naturale radioattivo chiamato decadimento doppio beta senza neutrini. Il decadimento beta è una forma abbastanza comune di decadimento in alcuni atomi, che trasforma un neutrone di un nucleo atomico in un protone, mutando l'elemento chimico dell'atomo ed emettendo un elettrone e un antineutrino come conseguenza del processo. Il doppio decadimento beta è più raro: invece di un solo neutrone, due di essi si trasformano in due protoni allo stesso tempo, emettendo due elettroni e due antineutrini. Ma se il neutrino è un fermione di Majorana, allora teoricamente un singolo neutrino "virtuale", che funge da antiparticella di sé stesso, potrebbe prendere il posto di entrambi gli antineutrini e solo i due elettroni sarebbero emessi dal nucleo atomico, da qui il nome del processo. Il decadimento doppio beta senza neutrini è stato teorizzato per decenni, ma non è mai stato osservato.

L'esperimento CUORE è impegnato a rivelare negli atomi di tellurio un decadimento doppio beta senza neutrini. L'esperimento utilizza quasi mille cristalli di ossido di tellurio purissimo, del peso complessivo di oltre 700 kg. Questa grande quantità di tellurio è necessaria perché, in media, ci vuole più di un miliardo di volte l'età dell'Universo perché un singolo atomo instabile di tellurio subisca un normale doppio decadimento beta. Ma ci sono milioni di miliardi di miliardi di atomi di tellurio in ciascuno dei cristalli utilizzati da CUORE, il che significa che il doppio decadimento beta standard (con emissione di due neutrini) avviene abbastanza regolarmente nel rivelatore, circa alcune volte al giorno in ciascun cristallo. Il doppio decadimento beta senza neutrini, ammesso che si verifichi, è estremamente più raro, e quindi la Collaborazione di CUORE deve impegnarsi per rimuovere quante più fonti di interferenza possibile che potrebbero nascondere l'evento cercato. Per schermare il rivelatore dai raggi cosmici, l'intero sistema si trova nelle sale sperimentali sotterranee dei Laboratori del Gran Sasso, dove i 1400 metri di roccia sovrastanti proteggono gli esperimenti dai raggi cosmici che piovono incessantemente sulla Terra. Una ulteriore schermatura è fornita da diverse tonnellate di piombo. Il piombo appena prodotto è leggermente radioattivo a causa della contaminazione naturale da uranio e altri elementi. Questo livello di radioattività è assolutamente trascurabile per qualsiasi tipo di utilizzo del piombo, eccetto per un rivelatore così sensibile come CUORE. Poiché la radioattività diminuisce nel tempo, il piombo utilizzato per circondare i rivelatori di CUORE è principalmente piombo recuperato da un'antica nave romana affondata quasi 2000 anni fa al largo delle coste della Sardegna.

CUORE è finanziato negli Stati Uniti dal Department of Energy (DoE) e dalla National Science Foundation (NSF) e in Italia dall'INFN, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. La Collaborazione CUORE include in Italia i Laboratori Nazionali del Gran Sasso dell'INFN e le Sezioni INFN e Università di Bologna, Università di Genova, Università di Milano Bicocca, Sapienza Università di Roma e il Gran Sasso Science Institute; negli Stati Uniti: California Polytechnic State University, San Luis Obispo; Lawrence Berkeley National Laboratory; Johns Hopkins University; Lawrence Livermore National Laboratory; Massachusetts Institute of Technology; University of California, Berkeley; University of California, Los Angeles; University of South Carolina; Virginia Polytechnic Institute and State University; Yale University; in Francia: Saclay Nuclear Research Center (CEA) e Irène Joliot-Curie Laboratory (CNRS/IN2P3, Paris Saclay University); in Cina: Fudan University e Shanghai Jiao Tong University.