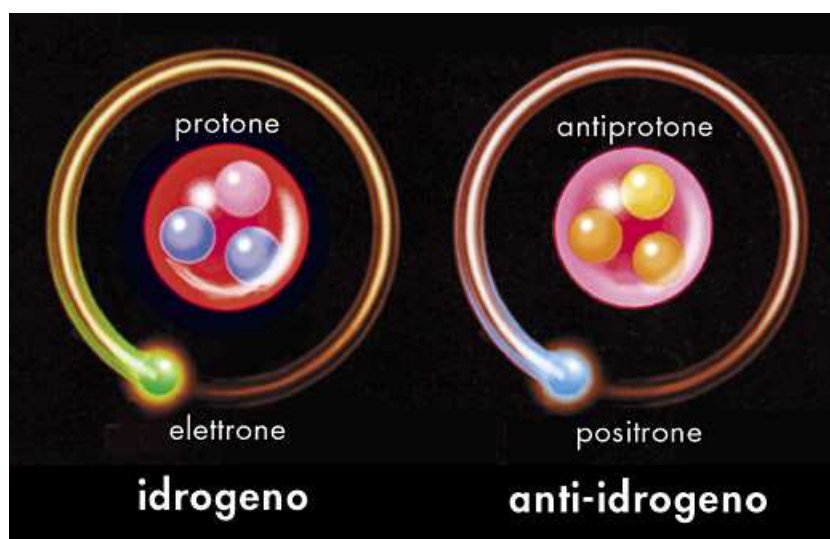


## Un fascio di antimateria svela i segreti dell'Universo

### Ingabbiata l'antimateria!

A fine gennaio 2014 è stata data la notizia che al CERN di Ginevra, una collaborazione internazionale, che vede coinvolti anche ricercatori italiani dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), è riuscita per la prima volta a produrre e "ingabbiare" un fascio di atomi di anti-idrogeno.

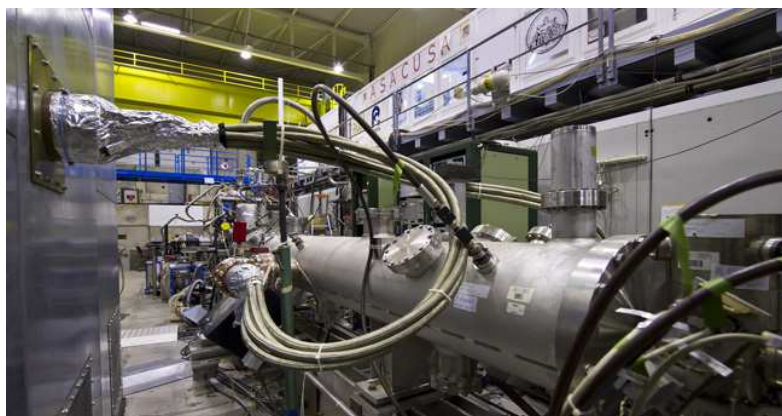


*Fig.1 Rappresentazione schematica di un atomo di idrogeno e di uno di anti-idrogeno. Crediti: INFN*

È il risultato straordinario dell'esperimento Asacusa, che permetterà una verifica precisa delle previsioni del Modello Standard delle particelle e forse riuscirà a risolvere il mistero cosmologico del perché nell'Universo prevalga la materia sull'antimateria.

### L'esperimento Asacusa

L'apparato sperimentale consiste in un tubo lungo tre metri e mezzo in cui vengono prodotti e successivamente ingabbiati fasci di antimateria.



*Fig.2 Apparato strumentale utilizzato per produrre un fascio di anti-idrogeno. Crediti: INFN*

L'antimateria è rappresentata da anti -idrogeno. Nell'esperimento, infatti, sono stati creati ben 80 atomi di anti-idrogeno e, assolutamente per la prima volta, il fascio di antimateria è stato analizzato da un rivelatore posto a 2,7 metri. L'obiettivo per il futuro sarà riuscire a produrre fasci di antimateria sempre più numerosi e stabili. Ma andiamo per gradi, cerchiamo di capire che cos'è l'antimateria.

## Che cos'è l'antimateria?

La materia che ci circonda, quella che costituisce noi uomini, ogni essere della Terra animato o inanimato, fino ai corpi più remoti dell'Universo, è fatta di atomi: sistemi composti da elettroni, particelle di carica negativa, che orbitano intorno al nucleo di carica positiva.

Oltre però la materia ordinaria, la fisica prevede anche l'esistenza di particelle identiche a quelle che costituiscono gli atomi, ma con cariche opposte, appunto l'antimateria.

Ed ecco, che sentiamo parlare di positroni, identici agli elettroni ma di carica positiva o di antinuclei dotati cioè di cariche negative. Dunque, particelle e antiparticelle hanno massa uguale, quindi si comportano nello stesso modo sotto l'effetto della forza di gravità, ma presentano comportamento diverso quando vengono sottoposte alla forza elettromagnetica e nucleare forte.

Altra caratteristica importante: quando una particella e la sua antiparticella si incontrano, sono destinate ad annichilirsi, cioè si fondono l'una nell'altra trasformando la loro energia in radiazione.

## I primi studi sull'antimateria

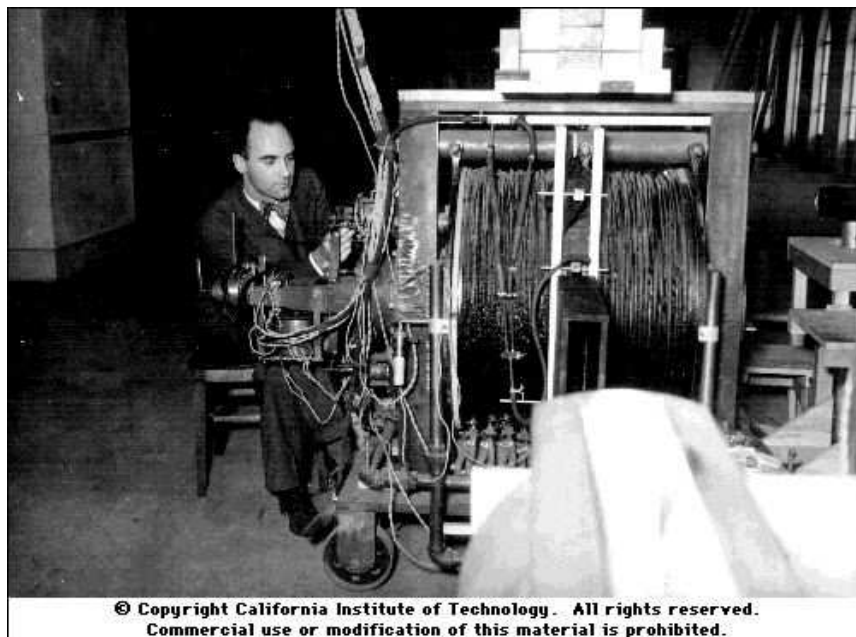
I primi studi sull'antimateria risalgono agli anni trenta del '900, periodo fondamentale per la fisica perché in poco meno di trent'anni sono state poste le basi della fisica moderna.

In quegli anni, il ventiseienne fisico e matematico britannico Paul Dirac creò una teoria (meccanica quantistica relativistica) in grado di spiegare il comportamento delle particelle subatomiche ad alte energie e che comprendeva sia la teoria della relatività di Einstein, che la meccanica quantistica. Tale teoria prevede, per ogni particella dotata di carica, l'esistenza di un'altra particella dotata di massa identica e carica opposta. Appare sulle scene l'antimateria!

La notizia venne accettata con grande scetticismo dal mondo scientifico. Era certamente un concetto quasi fantascientifico. Il problema fondamentale era che la particella era stata teorizzata, ma non osservata da Dirac, il che aumentava le riserve dei ricercatori.

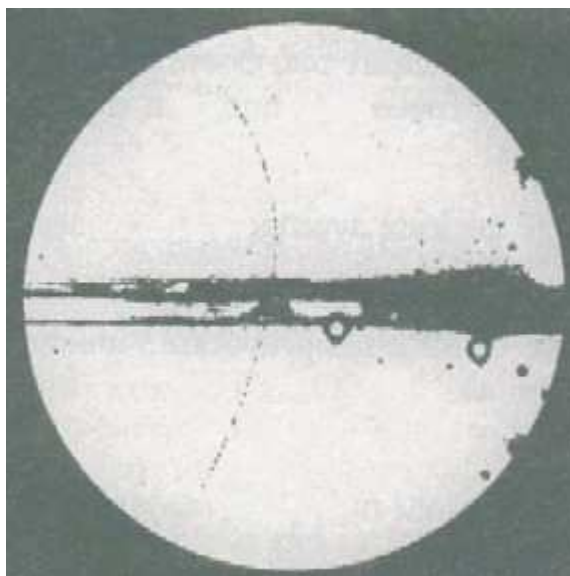
Non bisognerà attendere molto: nel 1932 il fisico americano Carl Anderson, durante un esperimento sui raggi cosmici, riuscì a trovare l'evidenza dell'esistenza dell'antimateria.

L'esperimento studiava la traccia lasciata dai raggi cosmici quando attraversano una camera a nebbia.



*Fig.3 Carl Anderson alle prese con la camera a nebbia. Crediti: California Institute of Technology*

Fra tante tracce attese, Andersen ne individuò una “anomala”, che corrispondeva al passaggio di una particella con massa uguale all'elettrone ma avente carica elettrica opposta. Fu scoperto così l'antielettrone, oggi chiamato positrone.



*Fig.4 La fotografia rappresenta la prima osservazione del positrone eseguita dal fisico statunitense Carl Anderson. Crediti: California Institute of Technology*

Da allora l'antimateria viene prodotta quasi quotidianamente nei laboratori di alte energie. Non si osserva però antimateria in forma stabile nell'Universo. Possono crearsi particelle di antimateria in alcuni processi nucleari, ma la loro vita è molto breve, in quanto si annichilano con la prima particella che incontrano.

Quindi, per i più intraprendenti, non mettetevi alla caccia di antipianeti, antigalassie o altro: non trovereste nulla!

## Come si studia l'antimateria

Se vogliamo studiare l'antimateria siamo costretti a produrla artificialmente in apparati appositi e poi a mantenerla confinata per un periodo di tempo abbastanza lungo. Ovviamente una volta prodotta dobbiamo provvedere di tenerla a debita distanza dalla materia, altrimenti addio misura.

Come si produce antimateria? Quando materia e antimateria si incontrano, annichilendosi danno origine a radiazione elettromagnetica. Allora è chiaro che, in linea di principio, invertendo il processo è possibile creare coppie di particelle e antiparticelle a partire da radiazione elettromagnetica di sufficiente energia. In sostanza quando la radiazione elettromagnetica ad alta energia attraversa la materia si producono spontaneamente coppie di particelle ed antiparticelle (sostanzialmente antielettroni). Questo meccanismo viene utilizzato nei laboratori di ricerca in tutto il mondo. Per ottenere antiparticelle più pesanti si utilizzano gli antielettroni. Questi una volta prodotti vengono accelerati negli acceleratori (strutture ad anello) e fatti scontrare con elettroni che viaggiano con uguale velocità ma in senso opposto. L'energia che si libera viene utilizzata per creare coppie di antiparticelle di massa molto superiore all'antielettrone.

## Come si “ingabbia” l'antimateria?

Fino a questo punto abbiamo parlato di ingabbiare l'antimateria. Qualcuno si sarà chiesto come si fa, perché è ormai chiaro che non posso mettere l'antimateria in una scatola, grande o piccola che sia, perché questa è fatta di materia e si produrrebbe un'annichilazione.

L'antimateria viene confinata utilizzando delle scatole fatte di campi magnetici di elevata intensità che costringono le antiparticelle a rimanere imbrigliati in una rete magnetica e di non sfuggire. La tecnica di confinamento viene appunto chiamata trappola magnetica, termine che rende bene l'idea di ciò che accade.

## Il dominio della materia

Perché siamo fatti di materia? E' una domanda che ancora oggi non ha una risposta comunemente accettata. Per cercare di rispondere a questa domanda bisogna tornare all'epoca della formazione dell'universo, al Big Bang.

Pochi istanti dopo il Big Bang, circa 14 miliardi di anni fa, l'universo si trovava in una fase di rapidissima espansione.

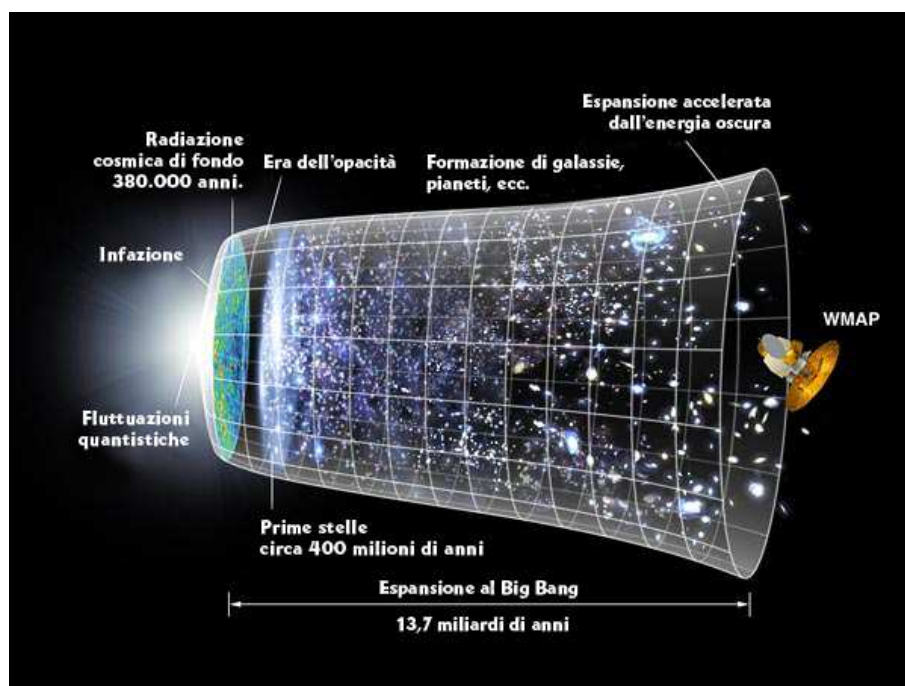


Fig.5 Rappresentazione temporale dell'espansione dell'universo a partire dal Big Bang. Crediti: WMAP Science Team, NASA

Il Cosmo era molto denso e caldo. In tali condizioni venivano continuamente create particelle e antiparticelle a partire da radiazione elettromagnetica. Contemporaneamente però dall'annichilazione di coppie di particelle e antiparticelle veniva prodotta nuovamente radiazione elettromagnetica.

Oggi conosciamo la radiazione cosmica di fondo, ossia un fondo che permea l'intero universo. Secondo la Teoria del Big Bang essa rappresenta la radiazione prodotta nell'enorme annichilazione di materia e antimateria avvenuta pochi istanti dopo il Big Bang. Si presenta con un'onda di bassissima frequenza e quindi di bassa energia, poiché nel frattempo l'universo si è espanso e di conseguenza l'energia della radiazione è diminuita, diluendosi in uno spazio immenso.

Questa annichilazione ha avuto come risultato la totale scomparsa dell'antimateria, mentre una piccola quantità di materia (una parte su un miliardo) è riuscita a salvarsi.

Perché la materia ha prevalso? Secondo la teoria del Big Bang non esistono motivi per pensare che la materia fosse già presente in quantità maggiori, anzi materia e antimateria erano state create in quantità uguali. Allora cosa ha determinato questo risultato? Una spiegazione potrebbe essere che antimateria e materia non presentano proprio lo stesso comportamento in talune condizioni.

Il risultato dell'esperimento Asacusa cercherà proprio di mettere in evidenza e di studiare questa asimmetria di comportamento.

*A cura di Simona Romaniello*

*Astrofisica e divulgatrice scientifica, per il Planetario di Torino si occupa di formazione e di sviluppo e allestimenti museali.*