

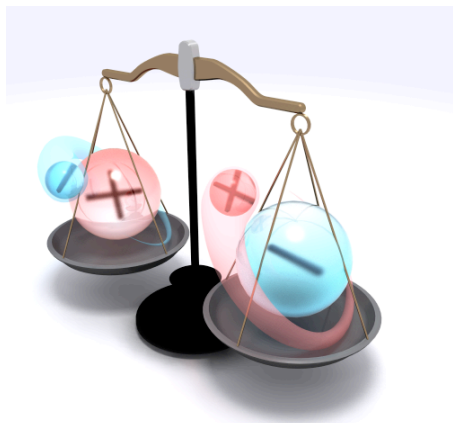


## I misteri delle asimmetrie nell'anti-idrogeno

Scritto da Annalisa Arci il 14.06.2014

Le leggi fondamentali della fisica dicono che il mondo, così come lo esperiamo, è il prodotto di una *deformazione* dell'Universo primordiale: all'inizio della sua storia l'Universo era **simmetrico** mentre oggi non lo è. Con deformazione ovviamente intendo rottura della simmetria. *Simmetrico* significa che ad ogni particella corrispondeva una antiparticella e che ospitava **la stessa quantità di materia e di antimateria** – e non si tratta di illusioni dei fisici teorici. Tutto ciò è verificabile grazie agli acceleratori di particelle, dove l'annichilazione di un elettrone con il positrone, la sua antiparticella, produce stati finali simmetrici rispetto alla quantità di materia e di antimateria.

Sappiamo che le antiparticelle sono identiche alle particelle di materia in quasi tutti gli aspetti. La principale differenza concerne la carica elettrica. Mentre l'idrogeno è fatto di un protone carico positivamente orbitato da un elettrone carico negativamente, l'anti-idrogeno è fatto di un antiprotone carico negativamente attorno cui orbita un anti-elettrone carico positivamente (il **positrone**).



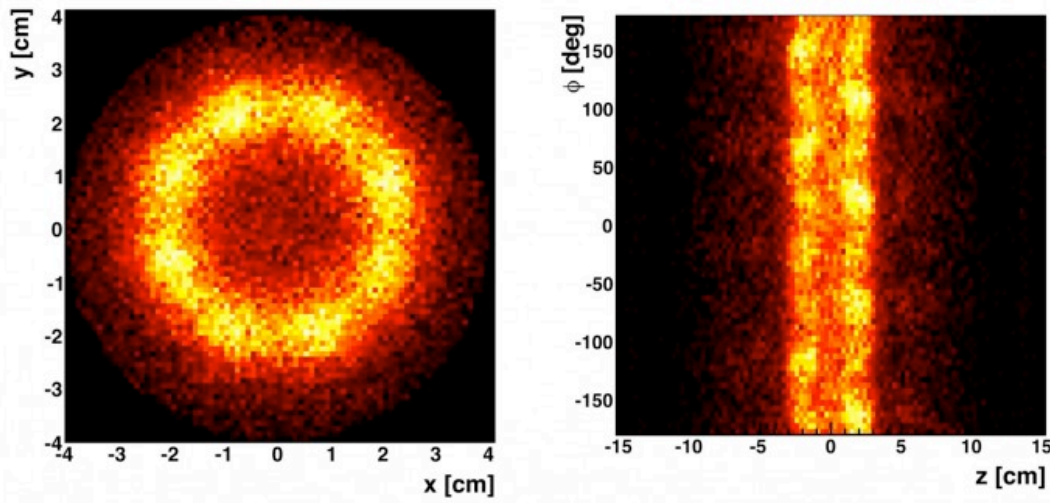
Credit: Chukman So.

La prova che all'inizio l'Universo fosse simmetrico è data inoltre dalla **CMB**, la radiazione di fondo a microonde (a 3 gradi kelvin) che lo permea; questa radiazione è composta dai fotoni creati nei primi istanti di vita dell'Universo grazie all'annichilazione delle particelle con le loro antiparticelle. In quel periodo i fotoni erano molto energetici ma il lungo cammino che hanno percorso a seguito dell'inflazione, per quasi 14 miliardi di anni, li ha fatti diventare freddi, a bassa energia. Questa deformazione dello stato iniziale dell'Universo è nota come **violazione di CP**. Con CP si indica l'applicazione simultanea della simmetria di carica C (scambio particelle-antiparticelle) e della simmetria di parità P (riflessione spaziale). Perché si verifichi la violazione di CP è necessario che una particella e la sua antiparticella possano decadere nello stesso stato finale ma attraverso due percorsi quantistici diversi.

Bene, l'universo è asimmetrico. Se così non fosse noi non saremo qui, ma esisterebbero solo i fotoni, mentre tutte le particelle dotate di massa dovrebbero essere annichilate. Invece esistono anche i protoni – uno ogni 100 milioni di fotoni – ed esiste tutto il resto. Perché i protoni sono sopravvissuti? Perché esiste una violazione della simmetria tra materia e antimateria, pur molto piccola. Le particelle cioè si devono comportare in maniera impercettibilmente diversa rispetto alle loro antiparticelle per quanto riguarda la coniugazione di carica e la parità (**1**).

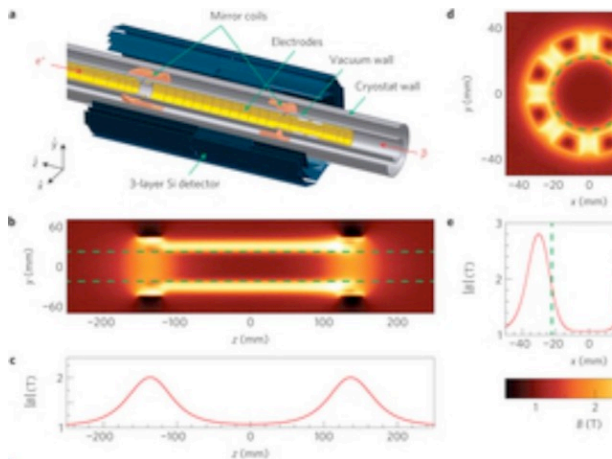
**[Avevamo già parlato del primo fascio di anti-idrogeno prodotto al CERN](#)**. Ora, un gruppo di scienziati del Large Hadron Collider è riuscito a misurare per la prima volta le caratteristiche dell'anti-idrogeno. La notizia non sorprende. I progressi fatti negli ultimi anni in questa direzione hanno ampiamente preparato alla "scoperta". L'anno scorso gli scienziati del Berkeley Lab hanno usato i dati **dell'esperimento ALPHA del CERN** per misurare la gravità dell'antimateria: i risultati sono stati pubblicati in un articolo su [Nature Communications](#) intitolato *Description and first application of a new technique to measure the gravitational mass of antihydrogen*. Un atomo di anti-idrogeno ha lo stesso peso di un atomo di idrogeno? Gli atomi di anti-idrogeno sperimentano la gravità allo stesso modo degli atomi ordinari, oppure esiste qualcosa di simile all'antigravità? I primi risultati, che hanno misurato il rapporto tra la massa gravitazionale sconosciuta dell'anti-idrogeno per la sua massa inerziale nota, permettono di impostare meglio il problema.

Infatti, se un atomo di anti-idrogeno cade verso il basso la sua massa gravitazionale è non più di 110 volte maggiore della sua massa inerziale; invece, se cade verso l'alto la sua massa gravitazionale è più di 65 volte maggiore. ALPHA genera atomi di anti-idrogeno mediante una forte trappola magnetica capace di misurare il decadimento dell'anti-atomo. Quando i magneti sono spenti, appena gli anti-atomi toccano la materia ordinaria di cui sono fatte le pareti della trappola, si annichilano in lampi di energia indicando in questo modo la loro posizione. In linea di principio, se nell'esperimento di un anti-atomo sono noti posizione e velocità, quando il campo magnetico è inattivo c'è la possibilità di sapere in quanto tempo ciascuno scivola lungo la parete (decade).



Il punto è che i campi magnetici di ALPHA non si spengono schiacciando un ipotetico interruttore: ci vogliono quasi 30 millesimi di secondo affinché i campi raggiungano un valore prossimo a zero. Nel frattempo si verificano decadimenti in ogni direzione della trappola, in tempi e in luoghi che dipendono dalle posizioni degli anti-atomi (in posizioni, velocità ed energie sconosciute all'inizio dell'esperimento). Dato che queste particelle hanno energia molto bassa, l'influenza della gravità è più evidente; purtroppo sono molto poche quelle che non sfuggono agli anti-atomi – solo 23 delle 434 sono sfuggite dopo aver spento, solo per 20 millesimi di secondo, il campo magnetico. Nonostante i risultati, l'incertezza statistica resta molto alta. C'è davvero qualcosa come l'antigravità? Se ci si basa sui test fatti fino ad ora sul decadimento delle particelle la risposta resta incerta.

L'ultima notizia su [Nature](#) sembra però promettere passi avanti. Non è mai stato possibile osservare residui di antimateria risalenti all'Universo primordiale. Ma non si deve disperare: mescolando positroni e antiprotoni a bassa energia è possibile creare antimateria grazie ad un acceleratore di particelle. Il team di ALPHA è riuscito a creare un raggio siffatto. Gli scienziati spiegano che sono riusciti a rilevare 80 atomi di anti-idrogeno a 2.7 metri dal punto dove sono nati. "Questa è la prima volta che siamo riusciti a studiare l'anti-idrogeno con un po' di precisione." ha spiegato Jeffrey Hangst, portavoce del team di ALPHA. "Siamo ottimisti che queste tecniche ci permetteranno di svelare molti aspetti interessanti dell'antimateria nel futuro." Una delle sfide più grandi è riuscire a tenere l'anti-idrogeno lontano dalla materia ordinaria, per evitare che le due si annichiliscano. Per riuscire a farlo, la maggior parte degli esperimenti usano campi magnetici per intrappolare l'antimateria abbastanza tempo da poterla studiare.



Trappola per l'antimateria. Credit: CERN.

Tuttavia, i campi magnetici molto forti necessari per intrappolarla degradano moltissimo le proprietà spettroscopiche degli atomi di anti-idrogeno, quindi il team di ALPHA ha dovuto sviluppare un set-up innovativo che permettesse di trasferire gli atomi di anti-idrogeno verso una regione in cui potessero essere studiati, lontano dai campi magnetici molto forti. Per misurare la carica dell'anti-idrogeno le traiettorie seguite dall'anti-idrogeno nella trappola magnetica sono state illuminanti (tenete presente che se gli atomi di anti-idrogeno avessero una carica elettrica il campo li devierebbe).

Il risultato, basato su 386 eventi, dà un primo valore della carica dell'anti-idrogeno intorno a  $-1.3$  per 10 alla meno 8. Non è una sorpresa che la carica sia così estremamente bassa, dato che gli anti-atomi sono elettricamente neutri, ma questa prima misurazione consentirà di iniziare a studiare dove e come esattamente differiscono materia ed antimateria, per riuscire a trovare nuovi indizi sull'origine di questa asimmetria nel nostro universo, risolvendo uno dei più grandi misteri della fisica contemporanea.

(1) Jim Cronin e Val Fitch osservarono la violazione CP come un effetto minuscolo nel decadimento di un particolare tipo di particelle, i **mesoni K0**. Esistono due stati di mesoni K0: i corti (KS), a vita breve che generalmente decadono in 2 pioni, e i lunghi (KL) che decadono di solito in 3 pioni. Ciò che si scoprì fu che il decadimento dei mesoni K0 lunghi produceva due pioni con una frequenza bassissima. Ciò nonostante questa frequenza corrispondeva a un non trascurabile effetto di violazione di CP. Cosa ci dice questo esperimento? Molto, visto che fu lo spunto fondamentale per la formulazione da parte di **Andrej Sacharov** delle condizioni necessarie per spiegare l'asimmetria tra materia e antimateria nell'Universo: a) l'esistenza (assai rara) del decadimento del protone; b) la violazione CP; c) rottura dell'equilibrio al tempo della scomparsa dell'antimateria. Visto che la questione si fa abbastanza tecnica, per chi volesse approfondire segnalo il bel libro di **Paolo Berra**, *Simmetrie dell'Universo, Dalla scoperta dell'antimateria a LHC*, Edizioni Dedalo, 2013.

Tag: ALPHA, antimateria, CERN, gravità, idrogeno

© RIPRODUZIONE RISERVATA