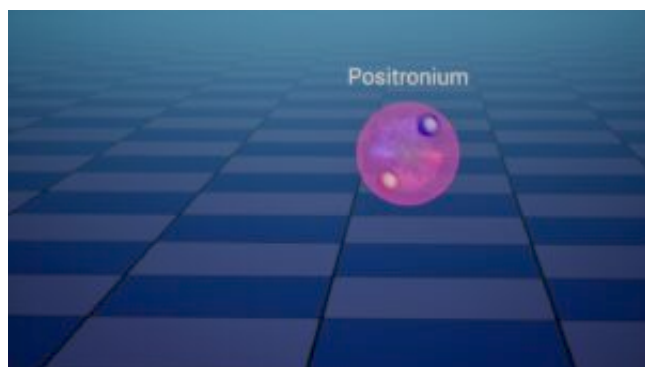




*Il risultato, pubblicato su [Physical Review Letter](#) come Editor's Highlight, è stato ottenuto dalla collaborazione AEGIS al CERN, cui contribuisce anche l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, ed è di grande interesse sia per la fisica fondamentale, sia per i suoi possibili sviluppi tecnologici*



(AEGIS ©CERN)

Roma, 23 febbraio 2024 - Per la prima volta, una nuvola di positronio, l'atomo più leggero presente in natura, è stata raffreddata grazie all'utilizzo di un laser. A ottenere l'attesa prova sperimentale di questo processo è stata la collaborazione scientifica dell'esperimento AEGIS, alla quale contribuisce in modo rilevante anche l'INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare.

Il risultato, pubblicato su [Physical Review Letters](#) come Editor's Highlight, è stato ottenuto impiegando un particolare sistema laser, basato su un cristallo di alessandrite e sviluppato specificamente per soddisfare i requisiti di questo esperimento: alta intensità, ampia larghezza di banda e lunga durata dell'impulso.

La temperatura degli atomi di positronio prodotti da un bersaglio di silica porosa a temperatura ambiente, colpito da un fascio di positroni, è diminuita da 380 gradi Kelvin a 170 gradi Kelvin, corrispondente a una diminuzione della componente trasversale della velocità da 54 km/s a 37 km/s.

Il positronio è un fratello minore dell'idrogeno, con un positrone che sostituisce il protone. Di conseguenza, è più leggero dell'idrogeno di circa un fattore 2.000, tanto da essere, appunto, il più leggero atomo esistente in natura. È un atomo instabile: nel vuoto e nello stato fondamentale (con spin paralleli delle due particelle), si annichila con un tempo di vita di soli 142 nanosecondi (miliardesimi di secondo).

Il raffreddamento del positronio deve avvenire durante la sua breve vita e ciò rende così impegnativo riprodurre questo processo, rispetto agli atomi ordinari. L'uso di un laser pulsato a larga banda ha il vantaggio di raffreddare una grande frazione della nuvola di positronio, raddoppiandone il tempo di vita effettivo e rendendo disponibili dopo il raffreddamento un numero maggiore di atomi per ulteriori sperimentazioni.

L'obiettivo scientifico dell'esperimento AEgIS, uno degli esperimenti che opera nella Antimatter Factory del CERN, è la misura dell'accelerazione gravitazionale dell'antidrogeno, come test per l'antimateria del principio di equivalenza debole di Einstein, uno dei capisaldi della teoria della Relatività Generale, secondo cui un corpo che si muove in caduta libera nel vuoto sottoposto a un campo gravitazionale segue una traiettoria nello spazio indipendente dalla composizione del corpo stesso.

Nel caso di AEgIS, l'antidrogeno è ottenuto mediante una reazione proprio tra il positronio in stato eccitato e antiprotoni intrappolati. Minore è la velocità del positronio, maggiore è la probabilità di formazione dell'antidrogeno: da qui l'importanza di raffreddare gli atomi di positronio per ridurne il più possibile l'energia cinetica.

La possibilità di realizzare una nuvola densa di atomi di positronio freddi rende anche possibili misure di spettroscopia con precisione senza precedenti e apre ai primi esperimenti per misurare l'interazione gravitazionale su un sistema di antimateria composto solo di leptoni. E permette, inoltre, di produrre sorgenti più intense di antidrogeno per misure gravitazionali come quelle che intende realizzare in futuro la collaborazione AEgIS.

“La disponibilità di atomi di positronio sufficientemente freddi non riguarda solo ricerche di fisica fondamentale, ma è di interesse anche più ampio - spiega Ruggero Caravita, ricercatore dell'INFN che

guida la collaborazione internazionale AEGIS - Il positronio raffreddato via laser presenta, infatti, delle peculiarità che lo rendono un sistema attrattivo anche per il suo potenziale impatto tecnologico: in particolare, apre la via alla condensazione di Bose-Einstein di un sistema composto di antimateria, un risultato già ottenuto nel caso della materia ordinaria raffreddata con laser”.

“Un condensato di Bose-Einstein di positronio - prosegue Caravita - è un forte candidato alla realizzazione in laboratorio di una sorgente pulsata di raggi gamma monocromatici tramite l’annichilazione stimolata del condensato. Se questi si rivelassero anche coerenti come recentemente ipotizzato, si sarebbe realizzato un laser pulsato nello spettro dei gamma, con un’ampia serie di applicazioni scientifiche e tecnologiche, dalla spettroscopia gamma all’imaging medicale”.

La collaborazione AEGIS condivide il risultato ottenuto con un gruppo di ricerca indipendente, che ha utilizzato una tecnica diversa e ha pubblicato il risultato su [arXiv](#) lo stesso giorno di AEGIS.

L’INFN è tra i protagonisti scientifici e tra i principali finanziatori dell’esperimento AEGIS, che da sempre è a trazione italiana. Nell’ambito della collaborazione LEA (Low Energy Antimatter) dell’INFN, che raggruppa in un unico progetto le diverse attività scientifiche dell’Istituto in questo settore, è in via di realizzazione, all’Antimatter Laboratory dell’Università di Trento e del Centro Nazionale dell’INFN TIFPA, una nuova macchina allo stato dell’arte per la produzione di positronio a fasci pulsati, che sarà una delle circa dieci ‘trappole di Surko’ - così si chiamano questi dispositivi - esistenti al mondo.

Essa sarà realizzata con una geometria in trasmissione innovativa, e costituirà la base di una generazione completamente nuova di esperimenti per manipolare il positronio freddo con fasci laser. Della collaborazione scientifica AEGIS fanno parte gruppi di ricerca dell’Università di Trento, del Centro Nazionale dell’INFN TIFPA di Trento, della Sezione dell’INFN e dell’Università Statale di Milano, del Politecnico di Milano, e della Sezione INFN di Pavia e dell’Università di Brescia.