

Caratteristiche e prestazioni uniche di una sorgente laser nel medio infrarosso per la spettroscopia dell'idrogeno muonico e la misura del raggio del protone: il laser dell'esperimento FAMU

venerdì 11 aprile 2025 10:45 (15 minuti)

L'esperimento FAMU ha superato la metà della campagna di misura previste, il cui obiettivo è migliorare la precisione nella determinazione del raggio del protone attraverso la spettroscopia dell'atomo muonico di idrogeno.

L'esperimento si svolge presso la facility ISIS del Rutherford Appleton Laboratory (RAL) nel Regno Unito e sfrutta un fascio di muoni impulsato per produrre idrogeno muonico. Questo, una volta formato, viene illuminato da un laser progettato per eccitare lo spin dello stato 1S dell'atomo. Il laser pulsato impiegato, sviluppato specificamente dalla sezione INFN di Trieste per questa applicazione, è unico al mondo per le sue caratteristiche di sintonizzabilità, energia e purezza spettrale, parametri essenziali per il successo dell'esperimento.

La transizione di interesse, attesa intorno ai 183 meV, richiede un laser operante nel medio infrarosso, a circa 6.78 μm , capace di essere sintonizzato con estrema precisione e stabilità sulla lunghezza d'onda investigata per un periodo di tempo prolungato. Il sistema laser sfrutta un processo di Difference Frequency Generation (DFG) che avviene all'interno di un cristallo non lineare di BaGa_4Se_7 . Tale processo combina due fasci laser iniziali a due lunghezze d'onda o frequenze diverse, andando a generare un terzo fascio laser con lunghezza d'onda o frequenza pari alla differenza in frequenza delle due sorgenti iniziali. In questo caso il fascio finale a 6.78 μm viene generato a partire da un fascio a 1064 nm, prodotto da un laser commerciale Nd:YAG, e da una sorgente sintonizzabile a 1262 nm basata su un oscillatore Cr:forsterite amplificata sviluppata appositamente per questo applicazione.

Per consentire il funzionamento remoto del laser, evitando l'accesso diretto all'area sperimentale, e garantire una stabilità a lungo termine, è stato sviluppato un sistema di controllo dedicato. Questo sistema integra una rete di sensori di energia, lunghezza d'onda e posizione, i cui dati vengono acquisiti e utilizzati per il monitoraggio e la regolazione di un insieme di attuatori piezoelettrici, alcuni dei quali dotati di feedback attivo per un controllo automatico.

Durante le quattro campagne di acquisizione dati condotte finora, il laser ha dimostrato una sintonizzabilità con step minimi inferiori a 10 pm e una stabilità della lunghezza d'onda dell'ordine di 3 pm. La linewidth è stata stimata inferiore a 30 pm, con una larghezza di riga totale, considerando effetti spettroscopici, di circa 80 pm. Inoltre, il laser ha dimostrato la capacità di superare stabilmente 1.5 mJ di energia, mantenendo al contempo le caratteristiche di stabilità e purezza richieste dall'esperimento. Un aspetto distintivo di questo sistema è la capacità di operare continuamente per settimane, garantendo un alto livello di stabilità e riducendo al minimo la necessità di intervento da parte degli operatori, grazie ai suoi sofisticati sistemi di feedback.

L'esperimento FAMU prevede a breve altre due sessioni di acquisizione dati, per le quali il laser è stato ulteriormente ottimizzato. Gli aggiornamenti riguardano un miglioramento della stabilità grazie a nuovi sistemi di stabilizzazione, un avanzamento nel monitoraggio con strumenti di misura più precisi e, soprattutto, un significativo incremento dell'energia. Quest'ultimo risultato è stato ottenuto focalizzando i fasci in ingresso, aumentando così la densità di energia iniettata nel cristallo non lineare, permettendo di ottenere in modo stabile energie superiori ai 3 mJ.

Autore principale: Dr. BARUZZO, Marco (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)

Relatore: Dr. BARUZZO, Marco (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare)

Classifica Sessioni: Nuove Tecnologie

Classificazione della track: Nuove Tecnologie