

La collaborazione CLAS rivela nuovi dettagli sulla struttura interna di protoni e neutroni

Migliorare la comprensione della struttura interna e delle proprietà globali dei nucleoni, cioè dei protoni e dei neutroni che compongono i nuclei atomici e la materia che ci circonda, descrivendo le sorprendenti dinamiche che contraddistinguono i loro costituenti (quark), e i mediatori della forza forte (gluoni) che regola le loro interazioni. Questo l'obiettivo di uno studio condotto da un gruppo internazionale di ricercatori sulla base di uno specifico set di dati raccolti dal rivelatore CLAS, esperimento del Jefferson Lab (USA), che ha visto un decisivo contributo dell'INFN, i cui risultati sono stati pubblicati oggi sulla rivista Nature Physics. Grazie all'utilizzo di una metodologia che sfrutta fasci di elettroni polarizzati ed accelerati ad energie intermedie (dell'ordine della massa del protone), è infatti stato possibile misurare delle proprietà globali legate alla presenza dei quark all'interno di protoni bersaglio, con uno spin orientato in un forte campo magnetico, a partire dall'analisi della distribuzione degli elettroni diffusi dall'interazione con gli stessi protoni. La misura consente di verificare le teorie efficaci derivate dalla cromodinamica quantistica (QCD), la teoria che descrive la forza fondamentale forte. Nuove misure sono ora in corso con il nuovo apparato CLAS12, e nei prossimi anni completeranno il quadro fornendo maggiori dettagli sulle complesse interazioni tra quark e gluoni e di come queste influenzino la massa e lo spin dei nucleoni.

Sebbene sia oggi possibile indagare con un elevato dettaglio il legame tra quark e gluoni, le alte energie raggiunte all'interno di acceleratori di particelle come il Large Hadron Collider (LHC) del CERN rendono inaccessibile l'osservazione di come questi costituenti e le loro interazioni diano origine a proprietà globali alla scala delle dimensioni dei nucleoni. Un limite sperimentale definito anche in ambito teorico, in quanto la QCD può fornire soluzioni e quindi previsioni accurate solo per contesti semplificati come quelli rappresentati dalle interazioni ad alte energie, dove il rapporto tra un quark e un gluone è approssimato ad una relazione a due corpi, in cui il contributo degli altri costituenti diventa ininfluenza (QCD perturbativa).

Per accedere alle informazioni relative alla struttura e alle proprietà globali dei nucleoni, è quindi necessaria una risoluzione in grado di catturare un'immagine complessiva dei quark fortemente interagenti. Ciò è ottenibile diminuendo l'impulso trasferito nelle collisioni tra particelle. Una soluzione che si traduce con la capacità di osservare il bersaglio a scale di dimensioni superiori, al pari di una fotografia di un intero oggetto, invece che una relativa ai suoi dettagli. È questa la metodologia sperimentale impiegata nella misura oggetto di questo studio. "Grazie all'acceleratore del Jefferson Lab, il Continuous Electron Beam Accelerator Facility (CEBAF)", spiega Marco Ripani, ricercatore della collaborazione CLAS e della Sezione INFN di Genova, "fasci di elettroni polarizzati con energie comprese da 1 a 3 GeV (pari a 3 volte la massa di un protone), 1000 volte inferiori a quelle di LHC, sono stati fatti scontrare con un bersaglio di protoni con spin orientato parallelamente ai fasci incidenti. Lo studio della dispersione degli elettroni a seguito delle collisioni, effettuata da un rivelatore realizzato e installato dall'INFN all'interno di CLAS, ha così permesso di 'vedere' proprietà dei protoni dipendenti dallo spin a una scala di lunghezza paragonabile alle dimensioni dei nucleoni."

Per ricavare una mappa completa delle dinamiche che hanno luogo all'interno dei nucleoni, integrando le informazioni già ottenute, una nuova campagna di misure è attualmente in corso con l'esperimento CLAS12, successore di CLAS. Il ricco programma di misure prevede l'utilizzo di bersagli polarizzati e non e di un spettrometro di grande accettazione in grado di reggere altissime

luminosità di fascio (fino a 10 volte maggiori degli esperimenti precedenti) per chiarire il ruolo di tutte le componenti (posizione e moto) dei quark all'interno di protoni. I primi risultati di questi nuovi studi saranno presto pubblicati su *Physical Review Letters*. “La misura di CLAS – sottolinea Marco Battaglieri responsabile della sala B del Jefferson Lab, in cui è ospitato CLAS12, e ricercatore della Sezione INFN di Genova – rappresenta l'ultimo risultato di un ambito di ricerca inaugurato nei primi anni Duemila per migliorare la nostra conoscenza della struttura interna dei nucleoni e l'accuratezza dei suoi modelli teorici, uno sforzo straordinario vista la complessità della QCD in questo regime energetico”. “Per ricostruire un'immagine della struttura dei nucleoni c'è tuttavia bisogno di mettere insieme immagini relative alle posizioni e direzioni del moto dei quark nelle tre dimensioni. Con CLAS12, che raggiunge energie di 12 GeV e utilizza un fascio estremamente intenso di elettroni, sarà possibile ricavare informazioni dettagliate a partire dallo studio delle traiettorie degli elettroni e degli adroni prodotti dopo gli urti”, conclude Battaglieri.

Anche in CLAS12, così come in tutte le attività scientifiche svolte al Jefferson Lab, l'INFN è rappresentato da un'ampia comunità di ricercatori italiani, responsabili della costruzione di componenti del rivelatore e dell'acquisizione dati. “L'INFN – spiega Marco Contalbrigo, responsabile nazionale dell'attività al Jefferson Lab e ricercatore della Sezione INFN di Ferrara – ha contribuito all'esperimento CLAS12 attraverso la realizzazione di due importanti strumenti: il calorimetro per lo studio degli elettroni con un basso angolo di distribuzione, e un rivelatore Cherenkov per l'individuazione degli adroni prodotti nelle interazioni con il bersaglio”.