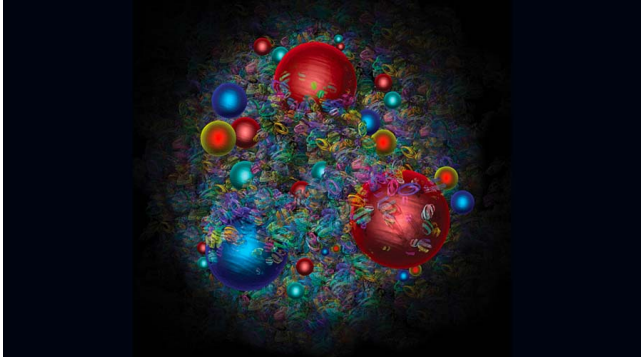


## IL FASCINO INTRINSECO DEL PROTONE



Un nuovo lavoro della collaborazione NNPDF (Neural Networks Parton Distribution Functions), guidata dall'Università degli Studi di Milano e dall'INFN, potrebbe chiarire una sorprendente caratteristica della struttura dei protoni. Lo studio, pubblicato sulla rivista *Nature*, ha infatti mostrato che anche i quark 'charm', insieme ai più noti e leggeri quark 'up' e quark 'down', potrebbero essere annoverati tra i componenti intrinseci di questi costituenti

atomici: questo fatto confermerebbe un'ipotesi elaborata oltre 40 anni fa. Il risultato è stato ottenuto adottando innovative tecniche di machine learning, grazie alle quali è stato possibile analizzare e risolvere nel dettaglio la grande messe di dati prodotti dai collisori di particelle. Oltre a migliorare la comprensione della struttura dei protoni, ancora poco nota, lo studio contribuirà a rendere più accurata la descrizione teorica degli urti tra queste particelle, favorendo l'osservazione di possibili indizi di nuova fisica. La semplice rappresentazione del protone come oggetto costituito da due soli quark 'up' e da un quark 'down' confinati e legati insieme per mezzo dello scambio reciproco dei bosoni mediatori dell'interazione forte, i gluoni, ignora la presenza all'interno del protone di un numero infinito di coppie composte da quark e dalle loro controparti di antimateria, gli antiquark. Questa complessa composizione cambia nelle collisioni di protoni all'aumentare delle energie, e quindi con il diminuire delle scale di misura. Uno scenario che trova riscontro nelle previsioni della cromodinamica quantistica, la teoria di riferimento per la descrizione della forza nucleare forte. Nel 1980 i fisici Stan Brodsky, Paul Hoyer, Carsten Peterson e Noriskue Sakai formularono l'ipotesi secondo cui anche il quark 'charm', la cui massa è maggiore di quella del protone stesso, avrebbe potuto rappresentare una delle componenti intrinseche di questi costituenti atomici a riposo, da non confondere quindi con i quark pesanti irradiati dalle collisioni tra protoni ad alte energie. Una proposta al centro di una controversia scientifica durata oltre 40 anni potrebbe oggi essere risolta dalla collaborazione NNPDF grazie allo sviluppo e all'impiego di metodologie di analisi all'avanguardia in grado di superare i limiti teorici e sperimentali relativi alla determinazione della struttura interna del protone. Il risultato è stato reso possibile dall'impiego di nuovi dati, molto recenti, oltre che dal ricorso a sviluppi teorici ottenuti dalla stessa collaborazione NNPDF, che permettono di separare senza ambiguità la componente intrinseca dalla componente radiativa. Un contributo fondamentale è stato dato inoltre dallo sviluppo di una metodologia basata sul machine learning, che permette di estrarre l'informazione dai dati in modo particolarmente efficiente. Stabilire che il protone ha una componente di charm intrinseca avrebbe importanti ricadute nello studio sia delle proprietà del protone sia della fisica oltre il Modello Standard, la teoria che descrive le particelle elementari e le loro interazioni. La componente charm ha da un lato un impatto sulla fisica di precisione, come per esempio la misura dei

parametri della teoria attuale, e di conseguenza sulla ricerca di deviazioni da essa, quali le ricerche di possibili particelle candidate per la materia oscura. Dall'altro, ci fornisce importanti indizi per il calcolo della struttura del protone a partire dalla cromodinamica quantistica, che resta difficile ed elusivo. Il lavoro della collaborazione NNPDF è stato reso possibile grazie ai risultati raggiunti da N3PDF, un progetto di ricerca, che ha come principale obiettivo lo sviluppo di una metodologia basata su tecniche moderne di machine learning per la determinazione della struttura del protone, e che nel 2016 ha ottenuto un finanziamento dal Consiglio Europeo delle Ricerche (ERC Advanced Grant). La metodologia sviluppata da N3PDF è ora utilizzata sistematicamente da NNPDF. Tutti i risultati, i metodi e i codici di entrambi i progetti sono resi disponibili liberamente in formato open source. La collaborazione internazionale NNPDF, di cui fanno parte nove università e istituti di ricerca di sei paesi, è oggi una delle sole tre realtà a livello mondiale dedicate alla determinazione e all'aggiornamento delle misure relative alla struttura del protone.