

## » INTERVISTA



### **UN OCCHIO PUNTATO SULL'ANTIMATERIA**

*Intervista a Giovanni Passaleva, ricercatore dell'INFN, da luglio coordinatore della collaborazione internazionale LHCb, al CERN.*

*Progettato per misurare le differenze di comportamento tra materia e antimateria all'energia di LHC, l'esperimento LHCb al CERN registra il decadimento dei mesoni B, particelle instabili contenenti un anti-quark b e un quark di altro tipo (up, down, strange o charm), prodotte in grande quantità nelle collisioni di alta energia tra i protoni dei fasci di LHC. In particolare, LHCb indaga le ragioni dell'assenza nell'universo attuale delle particelle di antimateria che si prevede fossero molto abbondanti subito dopo il Big Bang. I fisici ritengono infatti che dallo studio e dalla comparazione dei decadimenti dei mesoni B e dei corrispondenti anti-mesoni B sia possibile ottenere importanti informazioni sulle differenze tra materia e antimateria.*

*Tra le sfide raccolte dal responsabile internazionale dell'esperimento, Giovanni Passaleva, c'è anche quella di condurre LHCb al suo prossimo upgrade, un miglioramento delle prestazioni del rivelatore, a partire dal 2019, che permetterà di esplorare con precisione ancora più estrema fenomeni che potrebbero aprire la strada a nuove scoperte.*

**LHCb nasce con un obiettivo definito, sebbene lo spettro in cui si muove l'esperimento sia ampio. Un obiettivo affascinante e difficile: svelare il mistero dell'attuale asimmetria tra materia e antimateria. Su quali ipotesi si basa il programma di ricerca di LHCb?**

In base a quanto sappiamo oggi sulle particelle elementari e sulle forze con cui esse interagiscono tra di loro, possiamo affermare che nei primi istanti di vita dell'universo dopo il Big Bang c'era perfetta simmetria tra materia e antimateria. Questa simmetria è scomparsa durante l'evoluzione dell'universo, tanto è vero che oggi ciò che conosciamo è formato quasi esclusivamente di materia, mentre l'antimateria si produce solo per brevi istanti in reazioni nucleari o nelle collisioni tra particelle negli acceleratori o nei raggi cosmici.

## » INTERVISTA

Negli anni '60 si è scoperto che la natura non è perfettamente simmetrica tra materia e antimateria ma esiste una piccolissima differenza che si manifesta in certi particolari decadimenti regolati dalla forza debole. La violazione della simmetria materia-antimateria va sotto il nome di “violazione della simmetria CP”, essendo CP un’operazione matematica (“simmetria”) che trasforma una particella nella sua corrispondente antiparticella. La “violazione di CP” è un fenomeno ormai ben noto e ben studiato ma, in base a considerazioni legate alla cosmologia, sappiamo che gli effetti di violazione di CP che osserviamo non sono sufficienti a spiegare il livello di asimmetria materia-antimateria nell’universo attuale. Ci devono perciò essere altre fonti di asimmetria legate a fenomeni fisici attualmente sconosciuti che, una volta individuati, potrebbero dirci molte cose sulle grandi questioni ancora aperte nella fisica moderna. LHCb è stato pensato proprio per dare la caccia a questi fenomeni e spiegare, in ultima analisi, perché l’universo si è evoluto così come lo conosciamo oggi.

### **Ad oggi, quali tasselli siete riusciti a ricomporre per spiegare l’assenza di antimateria nel nostro universo?**

L’asimmetria materia-antimateria è stata osservata e studiata in molti decadimenti diversi di particelle come i mesoni K o i mesoni B, e la teoria delle particelle elementari, il Modello Standard, è in grado di spiegare in modo molto accurato, in un contesto teorico coerente, tutte le osservazioni sperimentali. Tuttavia, come ho detto prima, ciò non è sufficiente a spiegare l’attuale struttura dell’universo. LHCb sta cercando in molti modi diversi di evidenziare possibili nuove fonti di asimmetria, ad esempio confrontando tra di loro molti decadimenti diversi oppure cercando la violazione di CP in fenomeni in cui essa non è prevista dalla teoria, come ad esempio nei decadimenti del quark charm

### **La caccia alla “nuova fisica”, ai fenomeni che non sono descritti dall’attuale teoria delle particelle elementari, il Modello Standard, è tra gli obiettivi di tutti gli esperimenti di LHC. Come sta andando?**

L’assenza di segnali evidenti di nuove particelle nelle numerosissime analisi effettuate dagli esperimenti ATLAS e CMS rende la caccia alla nuova fisica difficile ma al contempo sempre più affascinante. Sappiamo che qualcosa di nuovo e di imprevisto ci deve essere, poiché il Modello Standard non è in grado di spiegare fenomeni molto rilevanti come ad esempio la materia oscura o l’asimmetria materia-antimateria, ma non abbiamo un quadro teorico di riferimento ben chiaro. Si apre perciò una fase di grande creatività scientifica in cui nuove tecnologie, nuove tecniche sperimentali, e metodi di analisi dei dati sempre più raffinati si sposano con nuovi modelli teorici. Rispetto al recente passato in cui la teoria ha guidato gli esperimenti, portando per esempio alla scoperta delle particelle Z e W o del bosone di Higgs, ora la situazione è ribaltata e i grandi esperimenti stanno esplorando un ampio spettro di possibili segnali di nuova fisica.

## » INTERVISTA

LHCb dal canto suo, contribuisce a questa “fase creativa” studiando con precisione sempre maggiore decadimenti e processi estremamente rari, alla ricerca di un qualche piccolo indizio che riveli la presenza di qualcosa di nuovo e inatteso

### **Quali sono le principali differenze tra LHCb e gli altri esperimenti di LHC?**

La prima differenza evidente è la struttura del rivelatore. Mentre ATLAS e CMS sono dei grandi cilindri composti da strati successivi di rivelatori coassiali col fascio di LHC, LHCb ha la tipica struttura di un esperimento “a bersaglio fisso” con i rivelatori posti perpendicolarmente e molto vicini al fascio di protoni. Questa particolare geometria è dovuta al fatto che le particelle contenenti quark b e c, principale oggetto di studio di LHCb, vengono prodotti nelle collisioni tra i protoni a un angolo in media molto piccolo rispetto alla direzione del fascio.

La seconda differenza rilevante consiste nel fatto che mentre ATLAS e CMS cercano di osservare in modo diretto nuove particelle, LHCb studia l'effetto che esse possono avere su grandezze fisiche, quali i rapporti di decadimento o le asimmetrie materia-antimateria in decadimenti particolarmente rari dei mesoni B. Questo metodo di ricerca indiretto sfrutta il fatto che, in accordo con la meccanica quantistica, nel decadimento di un mesone B particelle anche molto più pesanti del mesone stesso possono essere create e riassorbite in tempi brevissimi (particelle “virtuali”) e queste, pur non essendo visibili direttamente, influenzano il valore delle grandezze fisiche correlate ai decadimenti che stiamo studiando. Quando il valore misurato e il valore teorico di una o più di queste grandezze differiscono significativamente si ha una chiara evidenza della presenza di nuove particelle. Il metodo indiretto consente di essere sensibili alla presenza di nuove particelle con massa anche molto più alta di quella accessibile all'osservazione diretta.

### **All'inizio di luglio è stata comunicata la scoperta di Xicc++, una particella conosciuta ma mai osservata prima. Questa scoperta può aprire nuove prospettive?**

L'osservazione della nuova particella Xicc++ ha avuto grande risonanza non solo nei media ma anche, e soprattutto, nella comunità scientifica. Particelle in cui due o più quark “pesanti” (b o c) si legano insieme, consentono predizioni teoriche molto accurate di proprietà quali la loro massa o la vita media. Lo strumento principale per queste predizioni è lo studio delle interazioni forti, che legano tra loro, ad esempio, i quark all'interno di protoni e neutroni, e che sono quindi alla base dei mattoni che costituiscono i nuclei atomici e quindi il mondo come lo conosciamo quotidianamente. I vari modelli teorici che descrivono come quark e gluoni si legano insieme a formare i cosiddetti adroni (come neutroni e protoni), possono essere testati in modo molto accurato confrontando le previsioni sulle caratteristiche di particelle come la Xicc++ con l'osservazione sperimentale.

## » INTERVISTA

L'osservazione di una particella come la Xicc++ apre la strada a un intero filone di ricerca in cui molte altre particelle “sorelle” della Xicc++, o altre simili che contengono anche un quark b, potranno essere osservate e studiate, permettendo un confronto molto stringente con i modelli teorici, confermandone alcuni e confutandone altri.

Possiamo dire, semplificando un po', che la Xicc++ e le altre particelle simili costituiranno un eccezionale laboratorio per lo studio delle interazioni forti.

### **Che cosa richiede il ruolo di responsabile di una collaborazione internazionale ampia e culturalmente diversificata come quella degli esperimenti di LHC?**

Avendo cominciato da poco, molte cose le devo ancora imparare. Tuttavia ritengo che ci siano almeno due cose fondamentali da tenere ben presenti quando si guida una grande collaborazione internazionale. Innanzitutto la parola “collaborazione” indica un metodo di lavoro che richiede concordanza di intenti e volontà di lavorare insieme per raggiungere risultati importanti. Chi guida una collaborazione scientifica ha la responsabilità di mantenere questo spirito e di armonizzare il lavoro di tutti i colleghi tenendo conto delle specificità di ognuno. L'altra responsabilità che ritengo fondamentale, soprattutto in ambito scientifico, è quella di valorizzare e favorire il più possibile lo sviluppo di nuove idee: ciò significa avere il massimo rispetto per tutti i collaboratori e promuovere un clima in cui sia bandita anche la più sottile forma di discriminazione basata su genere, età, appartenenza culturale o etnica ecc.. Credo che la capacità di ascoltare le persone e quella di capire e valorizzare le specificità e le aspettative di ciascuno, soprattutto dei più giovani, siano i requisiti principali per chi guida una grande collaborazione come LHCb. ■