

Interviste Newsletter

LHCB: SULLE TRACCE DI NUOVA FISICA



Intervista con Vincenzo Vagnoni, ricercatore INFN, coordinatore della Collaborazione Scientifica internazionale dell'esperimento LHCb al Large Hadron Collider del CERN

Cambio al vertice per una delle principali collaborazioni scientifiche che operano presso il Large Hadron Collider del CERN, LHCb, responsabile della costruzione e del funzionamento dell'omonimo rivelatore, nonché dell'analisi scientifica dei dati acquisiti

del grande apparato sperimentale. Dopo la sua elezione a inizio anno, a partire dal primo luglio, Vincenzo Vagnoni, ricercatore della Sezione di Bologna dell'INFN, ha infatti sostituito Chris Parkes, in carica dal 2020, alla guida della collaborazione internazionale LHCb, diventando il nuovo responsabile di una comunità che conta oggi oltre 1500 persone tra scienziati, ingegneri e tecnici. Il passaggio di testimone avviene in una fase di intensa attività scientifica per la collaborazione LHCb, attualmente impegnata nel terzo periodo di presa dati del rivelatore (Run3), che può avvalersi di un sostanziale incremento della propria sensibilità ottenuto grazie agli interventi di aggiornamento a cui è stato sottoposto tra il 2018 e il 2022, durante il lungo periodo di stop di LHC (Long Shutdown2). La nomina di Vagnoni è una nuova testimonianza del rilevante ruolo svolto dall'Italia e dall'INFN negli anni all'interno della collaborazione LHCb, che può contare su oltre 200 ricercatrici e ricercatori italiani, che hanno contribuito al progetto in modo sostanziale a livello sia scientifico sia manageriale. Oltre a garantire il perseguimento del programma scientifico di LHCb, incentrato sulle misure di precisione di rari fenomeni di decadimento che potrebbero fornire indizi sulla presenza di nuova fisica oltre il Modello Standard delle particelle elementari, anche grazie allo studio dettagliato delle asimmetrie di comportamento tra particelle di materia e di antimateria, nei prossimi tre anni Vagnoni avrà il compito di coordinare l'insieme di tutte le attività che vedranno impegnata la collaborazione LHCb, tra cui quelle rivolte alla pianificazione di ulteriori aggiornamenti in vista dei futuri cicli di presa dati dell'esperimento, che saranno caratterizzati da intensità superiori alle odierne come risultato degli interventi previsti nell'ambito del progetto di alta luminosità di LHC (High-Luminosity LHC). Ricercatore dell'INFN presso la Sezione di Bologna dal 2005, dal 2016 al 2018, Vincenzo Vagnoni è stato responsabile scientifico (physics coordinator) della collaborazione internazionale LHCb. È autore di oltre 700 articoli pubblicati su riviste internazionali nel settore della fisica delle particelle, che spaziano da misure di precisione di asimmetrie di comportamento materia-antimateria, allo studio della dinamica di particelle costituite da quark cosiddetti pesanti.

La storia della collaborazione LHCb è contrassegnata da una forte componente italiana, la cui attività è coordinata dall'INFN. Quando nasce la collaborazione e qual è il contributo fornito dall'INFN?

La collaborazione nasce alla fine degli anni '90. Sin dall'inizio la componente INFN è stata centrale nell'esperimento, costituendo al pari di quella del Regno Unito la comunità più numerosa. Al momento l'INFN partecipa all'esperimento con ben 15 strutture (Bari, Bologna, Cagliari, CNAF, Ferrara, Firenze, Genova,

Laboratori Nazionali di Frascati, Milano, Milano Bicocca, Padova, Perugia, Pisa, Roma Sapienza, Roma Tor Vergata), con responsabilità di primo piano in varie attività di rilievo su rivelatori, software, analisi dati e coordinamento.

Negli ultimi due anni la collaborazione è stata impegnata nei lavori di aggiornamento di LHCb in vista del Run3 di LHC, iniziato ad aprile 2022. Quali interventi sono stati operati?

Dopo la fine del Run2, la collaborazione LHCb ha intrapreso una fase di aggiornamento del rivelatore, per aumentare la velocità di acquisizione dei dati di un fattore tra 5 e 10, dipendentemente dai processi di fisica d'interesse dell'esperimento. Quindi, durante il Run3 l'esperimento sarà in grado di accumulare in un solo anno una quantità di dati equivalente a 5-10 anni rispetto ai due precedenti Run1 e Run2. L'apparato sperimentale è stato ristrutturato quasi nella totale interezza, costruendo un nuovo rivelatore a pixel di silicio intorno al punto di collisione dei protoni di LHC, sostituendo con nuove tecnologie il sistema di tracciamento per particelle cariche, aggiornando fotosensori ed elettronica dei due rivelatori di luce Cherenkov necessari all'identificazione di pioni, kaoni e protoni, e sostituendo l'elettronica di lettura dei dati del rivelatore di muoni. Inoltre, il sistema di acquisizione online è stato aggiornato ed è ora interamente basato su software, utilizzando le più recenti tecnologie – ad esempio eseguendo la ricostruzione degli eventi mediante Graphics Processing Units (GPU) professionali e Field Programmable Gate Arrays (FPGA) di ultima generazione.

L'incremento delle performance di LHC, con l'aumento dell'energia e della luminosità ottenute dalla macchina, potrebbe aprire la strada a prossime nuove scoperte. Qual è il programma scientifico che la Collaborazione LHCb sta portando avanti in questa fase e che cosa vi aspettate?

L'esperimento LHCb ha una caratteristica peculiare rispetto agli altri esperimenti a LHC, disponendo di una geometria "in avanti", che consente di coprire con grande efficienza una regione a piccolo angolo rispetto alla direzione di collisione dei protoni di LHC. In questa regione è possibile raccogliere con maggiore probabilità eventi contenenti particelle composte da quark beauty, charm e strange, che sono di grande interesse per studiare con precisione asimmetrie di comportamento tra materia e antimateria e decadimenti rari. La collaborazione LHCb si propone quindi di aumentare notevolmente la statistica di questi eventi in modo da rivelare possibili discrepanze rispetto alle previsioni del Modello Standard, che possano aprire nuovi scenari di fisica e tracciare la direzione per gli esperimenti di futura generazione. La speranza è ovviamente di trovare effetti di nuova fisica ancora ignoti, che siano in grado di spiegare alcuni dei misteri che, nonostante i grandi progressi fatti negli ultimi decenni, ancora circondano il mondo subatomico. Se questo sarà possibile o no, solo la natura potrà dirlo. Noi ce la metteremo comunque tutta.

La pausa dovuta al long shutdown 2 non ha ovviamente impedito alla collaborazione LHCb di portare avanti la propria attività scientifica. Quali sono stati i risultati scientifici e tecnologici più recenti?

Durante i lavori di aggiornamento del rivelatore eseguiti nell'ultimo lungo shutdown programmato di LHC tra il Run2 e il Run3, la collaborazione ha continuato attivamente a lavorare sull'analisi dei dati del Run1 e del Run2. Al momento la collaborazione ha raggiunto il numero di 674 articoli scientifici pubblicati su riviste internazionali utilizzando esclusivamente i dati dei primi due Run. Ad esempio, di recente la collaborazione ha reso pubblica la misura più precisa al mondo di asimmetria materia-antimateria (violazione della simmetria CP, in gergo tecnico) nei decadimenti dei mesoni B neutri in una coppia di particelle denominate J/y (costituita da una coppia quark-antiquark charm) e kaone neutro corto (costituita da una coppia di quark-antiquark strange e down). La precedente misura più precisa era stata realizzata dagli esperimenti BaBar e Belle, e tramite i dati di LHCb è stato possibile migliorare notevolmente la precisione. Al momento non sono ancora emerse

discrepanze rispetto al Modello Standard, ma c'è ancora molto spazio per migliorare. La vita dell'esperimento LHCb non è ancora a metà strada, prevedendo di prendere dati, anche con futuri aggiornamenti, fino agli anni 2040.

Un'altra attività che vede già impegnata la collaborazione LHCb, così come gli altri tre grandi esperimenti di LHC, è la progettazione degli interventi cui il rivelatore dovrà essere sottoposto in vista del progetto High Luminosity LHC, che dovrebbe avere inizio nel 2028. Quali soluzioni adotterà LHCb per adeguarsi alle maggiori prestazioni di LHC?

A differenza degli esperimenti ATLAS e CMS, che hanno programmato i loro aggiornamenti per la fase ad alta luminosità per il Run4 di LHC, l'esperimento LHCb (come anche l'esperimento ALICE) ha programmato un nuovo aggiornamento per il Run5. L'ulteriore aggiornamento di LHCb si propone di innalzare la velocità di acquisizione dei dati di un ulteriore fattore 10 rispetto ai Run3 e 4. Questo consentirà di ricavare da LHC tutta la fisica possibile durante l'ultima fase di vita dell'acceleratore, prima di partire con il prossimo grande progetto del CERN, il Future Circular Collider (FCC). Il futuro aggiornamento di LHCb, cosiddetto LHCb Upgrade II, rappresenta una sfida tecnologica senza precedenti nell'ambito della fisica delle particelle, con la necessità di associare alle misure dei vari sotto-rivelatori una nuova dimensione: il tempo. In poche parole, il rivelatore sarà aggiornato per fornire misure temporali del passaggio delle particelle con precisione estrema, dell'ordine dei 10 millesimi di miliardesimo di secondo. Questo consentirà di ridurre la complessità degli eventi, sfruttando la separazione temporale tra le multiple collisioni di protoni di LHC.

Lei è chiamato a guidare una collaborazione di oltre 1500 persone provenienti da tutto il mondo. Quali saranno le sue responsabilità e quali le principali sfide che ritiene dovrà affrontare?

Collaborazioni di queste dimensioni costituiscono anche un grande esperimento sociologico. Al momento la collaborazione LHCb comprende ricercatori, tecnologi e tecnici provenienti da 20 paesi e un centinaio di istituti di ricerca da ogni angolo del pianeta. Il mio ruolo è quello di responsabile operativo di tutte le attività dell'esperimento, includendo l'interazione con il CERN, con le varie istituzioni coinvolte e con il mondo esterno. Le due sfide principali per i prossimi tre anni saranno di condurre l'attuale rivelatore alla sua massima efficienza, avviando la fase di pubblicazione dei dati del Run 3, e di preparare il lavoro per il prossimo aggiornamento dell'esperimento nel Run 5. Tutto il lavoro di preparazione dovrà essere ultimato nel giro dei prossimi tre anni, in modo da partire successivamente con la fase di costruzione del nuovo apparato di misura. Si tratta di un'impresa indubbiamente difficile e ambiziosa, ma per portarla a compimento non sono comunque solo, avendo un gran numero di stretti collaboratori e strette collaboratrici al mio fianco. In particolare, la grande forza dell'INFN ci dà, come italiani che lavorano alla frontiera della scienza e della tecnologia, uno straordinario coraggio.