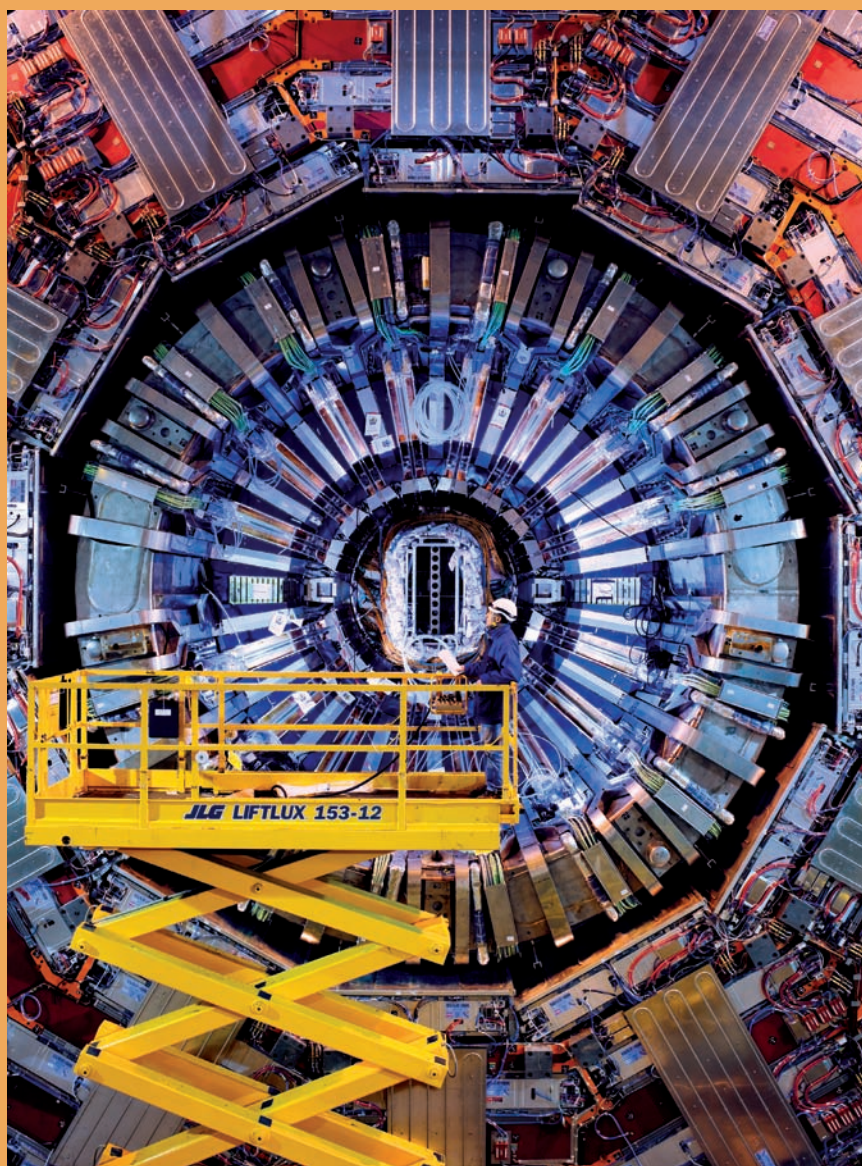


Cercasi Susy disperatamente

Lhc alla ricerca della supersimmetria

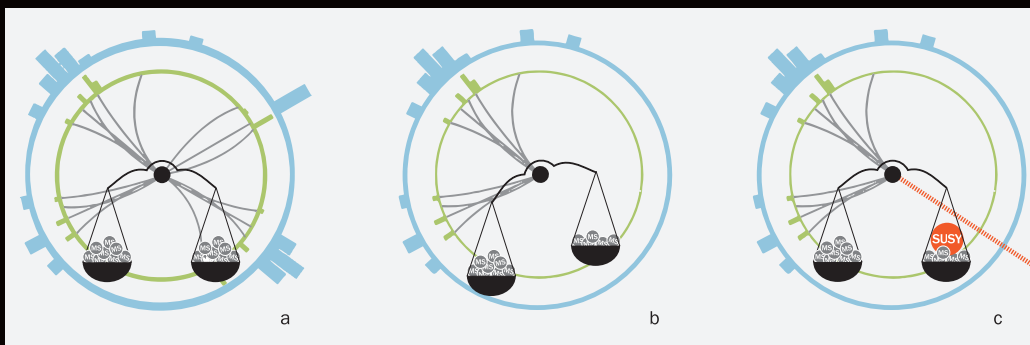
di Daniele Del Re

I fisici hanno un'autentica passione per le leggi di conservazione. Nel misurare i parametri del modello standard, ma anche nella ricerca del bosone di Higgs, esse pongono vincoli stringenti sulla conservazione della quantità di moto e dell'energia misurate per le particelle prodotte in una collisione protone-protone, come quelle che avvengono in Lhc. Quando però si cerca qualcosa di nuovo o inaspettato, il loro approccio cambia. Infatti, è proprio l'apparente non conservazione di queste grandezze fondamentali che consente di individuare eventi non previsti dalla teoria standard. Se nella collisione di due protoni in Lhc si producono anche particelle supersimmetriche, esse decadono e alla fine della cascata producono sia particelle standard che particelle supersimmetriche stabili. Queste sono solo debolmente interagenti con la materia e quindi non possono essere misurate. Ma il fatto di avere la presenza simultanea di particelle identificabili e altre che non lo sono, crea un "non-bilanciamento" che può essere misurato (vd. approfondimento a p. 16). La ricerca della supersimmetria negli esperimenti Atlas e Cms è in uno stadio molto avanzato. Vi sono decine di analisi che studiano i prodotti delle collisioni protone-protone. A seconda del modello supersimmetrico in esame, si cercano diverse tipologie di eventi, ovvero la presenza, ad esempio, di quark bottom o top oppure del bosone di Higgs. Nei dati finora acquisiti dai rivelatori che sono stati analizzati, sfortunatamente, non vi è alcuna traccia di supersimmetria. Pur in assenza di segnale, queste analisi hanno tuttavia permesso di porre vincoli sulla massa delle particelle supersimmetriche, ma vi sono regioni non ancora escluse dalle misure. Man mano che verranno raccolti nuovi dati, le regioni escluse sono destinate a espandersi, a meno che non vengano finalmente scoperte particelle di natura supersimmetrica. Tuttavia esistono scenari in cui l'osservazione di particelle supersimmetriche è più difficile. Per esempio, la natura potrebbe aver organizzato le particelle supersimmetriche con particolari combinazioni di masse che complicano l'osservazione dei prodotti del loro decadimento. Il fatto che finora non si sia osservata la



a.
Il rivelatore Cms, al Cern di Ginevra, che assieme ad Atlas è alla ricerca di segnali di supersimmetria.

Bilance per pesare Susy



1.

Rappresentazioni schematiche delle tracce (in grigio) e dei depositi di energia (in azzurro) registrati dagli esperimenti di Lhc. La bilancia sovrapposta rappresenta (a) il bilanciamento energetico dell'evento che coinvolge solo particelle del modello standard, (b) lo sbilanciamento in caso siano presenti particelle supersimmetriche che non vengono osservate e (c) la stima della energia della particella supersimmetrica che si può ottenere assumendo che l'evento sia in effetti bilanciato.

Immaginiamo i rivelatori di particelle come se fossero delle bilance. Le particelle del modello standard sono tutte "visibili" sui piatti della bilancia, perché interagiscono con i rivelatori. Alcune delle particelle supersimmetriche, invece, interagiscono molto debolmente e quindi non possono essere viste.

Supponiamo ora di mettere nei due piatti solo particelle del modello standard. Possiamo dunque verificare se i due piatti con lo stesso peso sono effettivamente in equilibrio: questo è ciò che capita in misure standard. Se invece abbiamo in aggiunta anche una particella supersimmetrica, non la vedremo direttamente, ma la sua presenza potrà essere dedotta dal non bilanciamento dei due piatti (vd. fig. 1b).

Nella realtà, i rivelatori di particelle di Lhc non pesano le particelle, ma misurano il loro impulso e possono verificare se la somma degli impulsi delle particelle prodotte in una collisione è bilanciata (e non si tratta di una normale somma, ma di una somma vettoriale, cioè che tiene conto delle direzioni delle

tracce). Nella fig. 1 vediamo tre disegni che rappresentano, in modo semplificato, eventi ricostruiti nei rivelatori di Lhc. L'evento di sinistra (a) rappresenta un evento simmetrico tipico della fisica standard. Gli impulsi delle particelle, in questo caso, sono bilanciati: dividendo il rivelatore in due emisferi, la somma dei depositi energetici nei calorimetri o degli impulsi delle tracce cariche tra i due emisferi è sempre bilanciata. In presenza di particelle di nuova fisica, una parte dell'impulso è portata da queste, ma non può essere misurato se sono debolmente interagenti. L'impulso portato dalle particelle supersimmetriche è rappresentato dalla linea tratteggiata nella figura di destra (c). Quindi l'evento risulta sbilanciato e, come si può notare in (b), c'è attività solo in un emisfero del rivelatore. Dunque la presenza di un notevole sbilanciamento segnala inequivocabilmente la presenza di nuova fisica. È chiaro che questo metodo funziona bene se la particella supersimmetrica porta con sé un impulso significativo.

supersimmetria ha permesso di escludere alcuni degli scenari più favoriti della teoria, ma non la supersimmetria in toto. Per esempio, l'interpretazione supersimmetrica della materia oscura è ancora perfettamente plausibile (vd. p. 24, ndr). Vi sono ricerche di materia oscura in Lhc, che vanno alla caccia di tipologie di eventi molto semplici. Per esempio, in una collisione protone-protone si cerca la presenza di un solo getto collimato ed energetico di particelle (una collisione in cui tutte le tracce rappresentate in fig. 1b sono molto vicine tra loro, formando una specie di cono) oppure di un solo fotone

o di un bosone Z. E in aggiunta, come spiegato nell'approfondimento, l'evento deve essere molto sbilanciato. Anche queste ricerche non hanno ancora dato esiti positivi.

La seconda fase di presa dati di Lhc, con collisioni protone-protone a 13-14 TeV, è appena iniziata. Questa nuova presa dati presenta due vantaggi per la ricerca della supersimmetria. Innanzitutto, l'energia delle collisioni sarà quasi doppia rispetto alla precedente, permettendo così di produrre con più efficacia eventuali particelle supersimmetriche di massa elevata. Ciò consentirà di estendere la ricerca a territori finora inesplorati.

Inoltre, il numero di collisioni che verranno registrate nei prossimi anni sarà circa 10 volte superiore a quello raccolto precedentemente. Poiché la sensibilità delle ricerche cresce con il numero di collisioni analizzate, sarà possibile evidenziare la presenza di piccoli eccessi dovuti alla supersimmetria. Nel complesso, dunque, i prossimi anni saranno importantissimi per la ricerca della supersimmetria e di nuova fisica e Lhc potrà dare un contributo cruciale e indipendente rispetto agli esperimenti nello spazio e rispetto a quelli che cercano in modo diretto la materia oscura.

Biografia

Daniele del Re è ricercatore universitario nel dipartimento di Fisica dell'Università "La Sapienza" di Roma. Dal 2006 lavora nell'esperimento Cms. Ha ricoperto diversi incarichi nell'esperimento e attualmente è il coordinatore del gruppo che cerca nuova fisica con canali esotici.

Link sul web

<http://cms.web.cern.ch/>

<http://atlas.web.cern.ch/>