

Modello Standard, rivoluzione rinviata

Andrea Capocci

All'inizio del 2022, la fisica sembrava sull'orlo di una rivoluzione scientifica. Diverse crepe sembravano aprirsi nel Modello Standard, la teoria che descrive la materia nei suoi componenti più fondamentali. Secondo questa descrizione, il mondo è fatto di quark, elettroni e altre particelle instabili che interagiscono attraverso l'elettromagnetismo e le forze nucleari (più la gravità). Su questa torta c'è la ciliegina: il bosone di Higgs, la particella scoperta nel 2012 che conferisce la massa alle altre particelle.

Il modello standard è stato elaborato nella seconda metà del XX secolo grazie al contributo di migliaia di scienziati. Fino a poco tempo fa aveva ricevuto innumerevoli conferme nei grandi templi della fisica delle alte energie. Ma da qualche anno alcuni esperimenti hanno iniziato a metterlo in discussione: i dati empirici sembravano non andare più d'accordo con le previsioni teoriche. Magari si tratta di fenomeni marginali, ma in fondo anche Einstein iniziò la rivoluzione quantistica partendo dal banale effetto fotoelettrico che oggi sfruttiamo nei pannelli solari. «Nessuna quantità di esperimenti potrà dimostrare che ho ragione; un unico esperimento potrà dimostrare che ho sbagliato» scrisse a Max Born nel 1926*, anticipando di qualche decennio il «falsificazionismo» di Popper. Frustrante, ma anche eccitante: basta una sola contraddizione tra teoria e esperimenti per mettere in moto la ricerca.

Per questo, da alcuni anni i migliori «particellari» – così si chiamano in gergo i fisici che si occupano dei costituenti ultimi della materia – studiano da vicino il «decadimento del mesone», una particella instabile che spontaneamente dà vita ad altre particelle. Da un mesone può nascere una coppia composta da una particella di materia e una di anti-materia. Per esempio, un elettrone e un anti-elettrone (o «positrone») oppure una coppia muone-antimuone, secondo la casualità che caratterizza la teoria quantistica. In base al Modello Standard, la probabilità che nasca una coppia elettronica o una coppia muonica dovrebbe essere la stessa, un po' come tirare testa o croce. Siccome elettroni e muoni appartengono alla famiglia dei «leptoni», questa legge si chiama «universalità leptonica».

Già nel 2014 gli esperimenti compiuti al Cern di Ginevra – un tunnel sotterraneo lungo 27 km, il luogo più freddo dell'universo immerso sottoposto a campi magnetici colossali che fanno scontrare fasci di protoni praticamente alla velocità della luce per creare particelle come i mesoni – suggerivano una sovrabbondanza di elettroni nei decadimenti. I successivi esperimenti, sempre più precisi, hanno confermato che qualcosa non tornava. Dunque, addio Modello Standard? Calma. Ogni scienziato sa che un esperimento fornisce un risultato ma anche un margine di incertezza, un po' come gli exit poll elettorali. Anche nei laboratori più avanzati, mille fattori imponderabili possono influire su una misura in modo imprevedibile. Affinché due risultati siano in conflitto tra loro, occorre che la loro differenza superi abbondantemente i margini di incertezza. Altrimenti si potrebbe trattare di una discrepanza solo apparente. I fisici hanno stabilito un criterio: prima di buttare a mare una teoria, la probabilità che la differenza tra previsioni ed esperimenti sia dovuta al caso deve essere inferiore allo 0,00003%. Bassa. Per capirci, significa che una moneta deve dare «testa» per 22 volte di seguito prima che un fisico si convinca che è truccata.

Negli anni, e dopo molti esperimenti sempre più raffinati, la probabilità che l'universalità leptonica fosse violata solo per ragioni casuali era scesa fino allo 0,1%. Poco, ma ancora troppo elevata perché fosse presa per buona. Bisognava ripetere gli esperimenti, rifare i calcoli, integrare nuove conoscenze che nel frattempo arrivavano da altri campi della fisica. Pochi giorni prima di Natale gli scienziati del Cern hanno pubblicato su Internet le conclusioni più aggiornate e complete: gli elettroni e i muoni sono 50/50, gli esperimenti confermano il Modello Standard, scusateci tanto. La comunità scientifica ci è rimasta male. In tanti avevano preparato teorie nuove di zecca per sostituire il Modello Standard e magari vincere un Nobel. È toccato rimetterle nel cassetto. Per sempre? Mai dire mai. «Il fatto che un'anomalia svanisca è inevitabile» sostiene Gino Isidori, uno dei teorici più autorevoli al Cern di Ginevra. «È successo in passato, succederà di nuovo. Ma prima o poi qualche anomalia sopravviverà. Studiare a fondo questi effetti, con la teoria e con gli esperimenti, è divertente ed è ciò che fa avanzare la scienza».

Il 2022 aveva visto richiudersi altre fessure del Modello Standard. Quella che sembrava più promettente ha a che fare con il magnetismo. Molte particelle elementari si comportano come l'ago di una bussola: ruotano quando incontrano un campo magnetico e la sensibilità al magnetismo è detta «momento magnetico». Quello del muone era stato misurato con buona precisione già negli anni '90 e da subito il valore era apparso diverso dalle previsioni del Modello Standard. Esperimenti e calcoli sono proseguiti per oltre vent'anni e la distanza tra teoria e misure è aumentata quasi fino a raggiungere la certezza statistica. Stavolta, però, è stata la teoria ad essere rivista. Con una nuova tecnica matematica, nell'estate del 2022 diversi gruppi di ricerca hanno corretto la previsione teorica avvicinandola al valore sperimentale del momento magnetico. Non tutti però ritengono che il problema sia risolto. «Non c'è dubbio che rimanga una discrepanza che richiede una spiegazione. C'è ancora molto da capire» ha detto il fisico tedesco Hartmut Wittig dell'università di Mainz, che ha partecipato sia ai calcoli originali che alla loro correzione. Che il Modello Standard non sia una descrizione completa della realtà è comunque opinione diffusa. I cosmologi ritengono che la maggior parte dell'universo consista in materia e energia «oscure» non previste dal Modello Standard ma di cui misuriamo la forza di gravità. Per osservare la materia oscura, sin dagli anni '90 l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare ha collocato un rivelatore di particelle nei laboratori sotterranei del Gran Sasso. Il rivelatore sepolto nella roccia registra una strana oscillazione stagionale. Rita Bernabei, la scienziata dell'università di Tor Vergata che dirige l'esperimento, ritiene che dipenda dalla materia oscura attraversata dalla Terra nella sua rotazione intorno al Sole. Sarebbe la prima rivelazione diretta della materia oscura.

L'oscillazione appare ben più che un accidente casuale e ha ormai superato ogni soglia di significatività statistica. Ma dati e calcoli non sempre bastano: prima di gridare «Eureka!» gli scienziati hanno realizzato altri due esperimenti analoghi identici a quello del Gran Sasso, in Corea del Sud e Spagna. Risultato: i primi dati arrivati nel 2022 hanno smentito in modo piuttosto netto l'ipotesi dei ricercatori italiani. Quella vista al Gran Sasso probabilmente non è materia oscura. Il Modello Standard ha dunque respinto un altro attacco, in attesa del prossimo. Molti puntano su minuscole particelle denominate neutrini. Secondo il Modello, i neutrini hanno massa nulla, ma gli esperimenti suggeriscono il contrario. La crisi potrebbe venire da qui? Non si stupirebbe nessuno. Lo statistico inglese George Box una volta disse che «tutte le teorie sono sbagliate, ma qualcuna è utile». Il Modello Standard non fa eccezione e presto o tardi anch'esso andrà in crisi. Prevedere quando avverrà però è impossibile.

il manifesto, 16/1/2023