

CHE COSA RESTA DA SCOPRIRE

# Le cinque sfide della Big Science

di **Antonio Ereditato**

**L**a Natura ha disegnato un bellissimo e complesso affresco sotto forma di un immenso mosaico. Da anni, noi ricercatori ne scopriamo di tanto in tanto delle tessere e con grandi sforzi cerchiamo di metterle assieme in uno schema coerente. Quando crediamo che una parte sia composta correttamente, sviluppiamo una teoria interpretativa di quel poco che abbiamo ricostruito, oppure, qualcuno che osa di più prova anche a immaginare il grande quadro complessivo. Ora è apparso via via sempre più chiaro che per la lettura e la comprensione del dipinto è quanto mai necessario combinare gli sforzi, mi si passi la frase abusata, della ricerca sull'infinitamente piccolo e infinitamente grande. Le connessioni e le correlazioni tra fisica delle particelle e cosmologia, tra astrofisica e astro-particelle, quella che sinteticamente e semplicisticamente è chiamata *Big Science*, hanno reso la ricerca fondamentale un unico strumento attraverso il quale la scienza sta attaccando i segreti dell'Universo in maniera organica ed efficace. E i risultati si stanno vedendo.

Negli ultimi 20-25 anni abbiamo assistito a una serie di grandi scoperte, quasi rivoluzioni. In realtà, si è trattato soprattutto di un cambio di paradigma che ha portato a risultati eccezionali, preambolo a quanto ci attendiamo per il prossimo futuro. Pur limitandoci al solo ambito della ricerca sperimentale, senza considerare gli importantissimi sviluppi nella ricerca teorica, la lista dei successi è lunga. Con il *Large Hadron Collider* (LHC) del Cern abbiamo rivelato il bosone di Higgs, la chiave di volta del Modello Standard delle particelle elementari che a esse attribuisce una massa. Grazie a importanti misure di astrofisica e cosmologia conosciamo in maniera molto precisa del dosi del *cocktail* di materia-energia dell'Universo attuale. Abbiamo imparato molto sui neutrini, le misteriose particelle dotate di massa infinitesima che riempiono ogni angolo del cosmo. Si sono sviluppate conoscenze sui meccanismi di funzionamento dei vari esotici oggetti galattici ed extragalattici e così via. Potremmo continuare a enumerare un'impressionante serie di scoperte e misure che hanno caratterizzato le

ultime due decadi. La novità è che quest'acresciuta conoscenza si è potuta sviluppare attraverso il summenzionato incrocio di studi interdisciplinari.

Se pensiamo al futuro, possiamo giocare ed elencare i *desiderata* nella speranza di vedere presto avverati i nostri sogni di scienziati. Giocando, propongo la mia scelta, ovviamente personale e opinabile, identificando cinque obiettivi corrispondenti ad altrettante prossime sfide sperimentali della *Big Science*.

La prima riguarda la frontiera delle alte energie, ossia della fisica oggi studiata all'LHC e, in un prossimo futuro, alla sua versione potenziata nonché al previsto acceleratore lineare a elettroni. Con la scoperta dell'Higgs cominciamo, fortunatamente prima del previsto, a gettare uno sguardo oltre il Modello Standard. La terra incognita è lì che ci aspetta e molti potrebbero essere gli «animali» che la popolano. Ad esempio, avere la prova della validità della teoria della Supersimmetria tra fermioni e bosoni, o magari della presenza in Natura di altre dimensioni spaziali oltre alle quattro (incluso il tempo) che percepiamo con i nostri sensi; ottenere indicazioni sperimentali dell'ipotetica «Teoria del Tutto», che possa unificare le forze in Natura e far convivere in un unico schema relatività di Einstein e meccanica quantistica. Sogni ad occhi aperti per gli scienziati. E queste sono solo alcune delle ipotesi sul tappeto.

La seconda sfida è comprendere perché il nostro Universo è apparentemente costituito di materia e non di antimateria. Oggi giorno ipotizziamo che nella notte dei tempi materia e antimateria fossero presenti «quasi» nella stessa proporzione. Quasi...Un piccolo eccesso di materia sopravvisse all'immane annichilazione iniziale e oggi costituisce tutto quanto presente nell'Universo. Un problema formidabile che stiamo affrontando con strumenti sperimentali e teorici, ancora una volta, provenienti da varie discipline.

La terza sfida è scoprire la natura della Materia Oscura e cominciare a saperne di più sull'Energia Oscura. Negli ultimi anni, sono stati condotti una serie di raffinatissimi esperimenti astrofisici che hanno studiato le leggere disuniformità della cosiddetta radiazione cosmica di fondo a microonde (CMB). Essa è il «suono fossile» del *Big Bang* suonato dalla grande quantità di

fotoni prodotti nell'enorme esplosione iniziale e liberatesi nell'Universo solo 370mila anni dopo. Incrociando tali risultati con altre fondamentali osservazioni astronomiche sulle supernovae e sulla velocità delle galassie lontane, nonché con le nostre conoscenze di fisica delle particelle, si sono determinate molte delle caratteristiche del nostro Universo; la sua età, 13,7 miliardi di anni, la «piattezza» dello spazio che esso crea espandendosi, eccetera. Soprattutto, abbiamo ora la prova che la somma delle masse di tutte le galassie e del gas intergalattico ammonta a soltanto il 4% della massa-energia totale dell'Universo. Circa il 22% del budget appartiene a una forma di materia non visibile, quindi «oscura» e tuttora sconosciuta. Il rimanente 74% è addirittura totalmente mancante all'appello. Parliamo in questo caso di Energia Oscura. Anche dal punto di vista puramente filosofico, conoscere di cos'è fatto il 96% di tutto ciò che ci circonda è una domanda fondamentale, al pari del chiedersi di come tutto sia cominciato e di come finirà (se finirà...). La rivelazione della Materia Oscura è ancora una volta affrontata sperimentalmente secondo il paradigma di cui ho parlato sopra. Misure delicatissime, una vera ricerca dell'ago nel pagliaio, realizzate con rivelatori molto sofisticati, posti sia nelle profondità dei laboratori sotterranei sia in esperimenti spaziali. Esperimenti, questi, capaci di rivelare l'interazione e la natura della Materia Oscura. E anche in questo caso, tali ricerche sono del tutto complementari a quelle effettuate all'Lhc. Un'altra bellissima sinergia tra discipline un tempo disgiunte. Molto più complesso il discorso per l'Energia Oscura, questa entità che pervade ogni punto dello spazio. Essa è responsabile dell'osservata accelerazione dell'espansione dell'Universo, il quale, da qualche miliardo di anni, anziché frenare dopo lo scoppio iniziale, ha aumentato la velocità di espansione. L'Energia Oscura costituisce proprio la benzina necessaria per tale cambio di marcia! Questo problema sarà attaccato simultaneamente da ricerche teoriche e da osservazioni e misure astro-particellari che coinvolgeranno tra l'altro lo studio sistematico di un gran numero di galassie lontane.

La quarta sfida riguarda i neutrini. Oggi conosciamo alcune delle loro incredibili proprietà, quali la massa non nulla ma infinitesima e la capacità a trasmutare da un tipo a un altro secondo il meccanismo quan-

tistico dell'oscillazione. Più che per altre particelle, il loro ruolo è decisivo nella comprensione olistica dell'Universo, di come si è sviluppato «darwinianamente». Il mio sogno personale (nel cassetto...) è quello di riuscire a rivelare i neutrini fossili del *Big Bang*. Una forma di archeologia analoga a quella della radiazione cosmica di fondo. Ma la differenza è sostanziale: i neutrini fossili ci potrebbero idealmente fornire un'immagine dell'Universo quando aveva solo un secondo di età e non già 370mila anni. Purtroppo, a causa della loro bassissima energia, oggi non abbiamo idea di come rivelare questi microscopici dinosauri del nostro passato. Un invito ai futuri ricercatori?

E la quinta sfida? Potrei sceglierne tante dal mio paniere dei sogni. In particolare, ce n'è una che ritengo importantissima. Dal

1992 sappiamo che esistono altri pianeti nella nostra galassia, al di fuori del sistema solare, gli *exoplanets*. A oggi, ne abbiamo catalogati circa mille e cominciamo a credere che possedere pianeti sia una proprietà molto comune per gran parte delle stelle. Statisticamente ci saranno quindi pianeti molto simili alla Terra e magari con le stesse condizioni, atte a favorire lo sviluppo di una qualche forma di vita, forse intelligente e non troppo diversa dalla nostra. Identificare tali pianeti e potenzialmente l'esistenza di vita al di fuori della Terra costituirebbe la più grande scoperta dell'umanità. Anche per questo più che ambizioso obiettivo ci si sta muovendo in maniera coerente con notevoli iniziative internazionali a cavallo tra l'astronomia, l'astrofisica e la fisica spaziale. Si tratta di una virtuosa siner-

gia, sia dal punto di vista delle discipline, sia da quello dell'ormai inevitabile internazionalizzazione della ricerca.

E il ruolo dell'Italia in questo sforzo globale? Da sempre la fisica fondamentale e l'astrofisica italiana hanno espresso eccellenze, coordinate da enti pubblici prestigiosi quali l'Infn, l'Inaf, l'Asi e il Cnr. Oggi, purtroppo, assistiamo a una certa mortificazione di tali eccellenze dovuta alla ben nota carenza di risorse e alla mancanza di adeguato supporto da parte della società. Ciò nonostante, i ricercatori italiani si difendono benissimo, forse grazie all'innata dote a superare comunque le difficoltà. Essi sono «ancora» ai primi posti nelle classifiche internazionali per produttività scientifica. Ma quanto potrà durare? Supereremo mai la fase dell'eterna emergenza?

© RIPRODUZIONE RISERVATA

**Alte energie, antimateria, materia e energia oscura, vita sugli exoplaneti, neutrini fossili del Big Bang. Ecco i temi aperti di una semirivoluzione da finire**

