

Misurare il tempo

Da quanto tempo esiste il tempo? La domanda non è una provocazione maliziosa ma un legittimo interrogativo oggetto di rigorosa indagine scientifica. Sì, perché il tempo è una grandezza fisica, cioè uno degli ingredienti fondamentali delle teorie con le quali gli scienziati descrivono e tentano di spiegare i fenomeni naturali che popolano l'universo, dai quark alle galassie.

Una grandezza fisica intimamente legata allo spazio, insieme al quale costituisce un sistema di riferimento quadridimensionale detto spazio-tempo. Lo aveva capito, poco meno di cento anni fa, Albert Einstein quando ha formulato la teoria della relatività generale costringendoci tutti a concepire l'universo e la sua evoluzione in un modo molto lontano dal "senso comune": l'uomo del XXI secolo è ormai (o dovrebbe essere) abituato a pensare ad uno spazio-tempo che si incurva per la presenza di corpi massicci; o ai raggi luminosi che, seguendo questa curvatura, riescono ad aggirare gli ostacoli galattici permettendoci di vedere oggetti celesti altrimenti invisibili perché nascosti dietro altri più grandi.

Nel corso di uno dei secoli più effervescenti per l'astrofisica, le idee di Einstein hanno visto ulteriori sviluppi e le quattro dimensioni dello spazio-tempo sono diventate cinque e poi sono cresciute ancora di numero, costruendo una topografia cosmica fantasiosa ed elegante ma forse necessaria per comprendere i singolari fenomeni osservati dai grandi telescopi.

Quale che sia il numero delle sue dimensioni, lo spazio-tempo non è sempre stato come lo vediamo adesso e non è sempre esistito: la teoria più accreditata per raccontare la storia dell'universo, cioè quella del Big Bang, ci dice che c'è stato un inizio, un colossale scoppio primordiale col quale si è avviata una espansione tuttora in corso. L'universo quindi non si è formato nel tempo e nello spazio, bensì col tempo e con lo spazio. Ma è possibile risalire a quel fatidico istante? Come possiamo misurare il tempo trascorso da quello straordinario incipit fino ad oggi e quindi, in pratica, calcolare l'età dell'universo?

Gli enormi progressi dell'astrofisica e della fisica subnucleare, favoriti anche da strumenti osservativi inimmaginabili un secolo fa, come i radiotelescopi o il telescopio spaziale, consentono di ricostruire le tappe della storia cosmica, dal primitivo sviluppo delle particelle elementari fino alla formazione delle stelle e delle galassie. La svolta nelle nostre conoscenze cosmologiche è avvenuta ottant'anni fa, quando Edwin Hubble ha osservato l'allontanamento delle galassie ed ha individuato la legge che lo governa, fornendo la chiave interpretativa di un colossale film dove le galassie viaggiano con velocità maggiore quanto più sono lontane. E proprio in questa legge è racchiusa la possibilità di valutare la vecchiaia dell'universo. Basta riavvolgere il film all'indietro; il che, fuor di metafora, significa misurare la velocità di recessione di una galassia e la sua distanza dalla Terra, per poi calcolare il rapporto (detto appunto costante di Hubble) che ci dà il tempo trascorso da quando tutta la materia cosmica era contenuta nello spazio di un'arancia.

Non si tratta però di un'operazione così semplice. La misura della velocità, per galassie abbastanza lontane, può essere ricavata con buona precisione dal famoso "spostamento verso il rosso": infatti le righe dello spettro della luce che tutti i corpi celesti emettono, appaiono spostate per effetto del movimento del corpo; e lo spostamento è dalla parte del rosso se il moto è di allontanamento. D'altra parte, per galassie molto lontane risulta difficile misurare con esattezza la distanza. Gli astronomi si trovano così di fronte a un dilemma: rinunciare alla misura precisa della distanza o a quella della velocità; in ogni caso, ne va dell'attendibilità dell'età dell'universo.

Ultimamente tuttavia il problema sembra avviarsi a soluzione grazie alle supernovae, cioè quegli oggetti celesti molto luminosi, già osservati con stupore dagli antichi astronomi, corrispondenti alle fasi finali di una stella grande una volta e mezza il Sole. Stelle del genere concludono la loro avventura con una spettacolare esplosione che riesce ad essere più luminosa dell'intera galassia per un certo tempo. La conoscenza attuale delle supernovae consente una buona stima della loro distanza e quindi permette di utilizzarle come campione di misura delle distanze galattiche. Ecco allora il responso tanto atteso: l'alba del nostro universo è sorta 13,7 miliardi di anni fa. Un tempo lontano dalla nostra percezione immediata, ma molto importante per noi: tutti i delicati meccanismi evolutivi prodottisi in questo lunghissimo intervallo appaiono agli occhi degli scienziati sempre più

decisivi al fine di creare le condizioni adatte al formarsi di un Pianeta come il nostro in grado, negli ultimi tre miliardi di anni, di ospitare la vita.

Se quei 13,7 miliardi di anni sono il tempo più grande che si possa misurare, all'altro estremo della scala ci sono i piccoli intervalli dei fenomeni subatomici, che vedono la vita breve di particelle che resistono per qualche miliardesimo di secondo per poi decadere e trasformarsi in altre più stabili. Sono eventi che avvengono spontaneamente in natura nelle grandi fornaci nucleari delle stelle o nei raggi cosmici che continuamente piovono anche sulla Terra; ma che ormai i fisici hanno imparato a produrre nei tunnel dei potenti acceleratori, dove si ricreano, per brevi istanti, condizioni simili a quelle dei primi periodi dopo il big bang per cercare di carpire i segreti più intimi della materia.

Per avere una misura precisa di tempi piccolissimi bisogna però passare al livello atomico. Qui da quasi cinquant'anni si sono individuati nuovi tipi di orologi, detti appunto orologi atomici, attualmente impiegati per misurare il tempo con altissima precisione. Se era già notevole la regolarità delle oscillazioni del pendolo spiegata da Galileo e base delle misure temporali per tre secoli, si pensi alla sorpresa di coloro che hanno scoperto una puntualità ben più grande nello ione ammonio che può vibrare inalterato per 24 miliardi di cicli al secondo. Con un simile orologio non è necessario consultare il segnale orario: per riscontrare un ritardo, o un anticipo, di un secondo devono passare ben 1.700.000 anni.

La precisione degli orologi atomici si è dimostrata tale da convincere gli scienziati a modificare la definizione stessa dell'unità di misura del tempo. Il secondo non è più, come avevano stabilito i fisici del Settecento, la 86.400esima parte del periodo di rotazione della Terra (cioè della durata del giorno solare); è invece legato alle oscillazioni naturali di un atomo di Cesio 133: bisogna contarne 9.192.631.770 per fare un secondo standard.

A scale intermedie tra l'età dell'universo e i fenomeni subatomici ci sono tutti gli altri tempi: da quelli della vita quotidiana a quelli della storia. Su questi ultimi la fisica nucleare ha ancora molto da dire; in particolare per i periodi più lunghi, quelli che sono oggetto dell'archeologia. La datazione dei reperti archeologici è stata infatti rivoluzionata verso la metà del secolo scorso quando il premio Nobel Willard Libby, studiando i raggi cosmici, ha scoperto la presenza in atmosfera di carbonio 14 radioattivo. Come tutti i materiali radioattivi, il carbonio decade, cioè si trasforma, in tempi più o meno lunghi; il ritmo del decadimento è solitamente indicato dal semiperiodo di trasformazione, cioè dal tempo in cui la densità diminuisce del 50%: per il C14 è di circa 5.700 anni. Nel carbonio normalmente presente in atmosfera si trovano tutti i suoi tre isotopi, secondo un dato rapporto. Gli organismi viventi, animali e vegetali, assimilano il carbonio dall'ambiente ma, dopo la morte, gli scambi dell'organismo con l'atmosfera terminano e la concentrazione di C14 inizia a decrescere secondo una legge nota. Misurando le quantità di C14 rimasto in un reperto, si può quindi risalire alla sua età con un discreto margine di incertezza.

Il metodo di datazione col radiocarbonio è stato applicato con successo in molti casi; in altri ha prodotto delusioni o ha innescato controversie irrisolte. E' comunque oggetto di continue ricerche e perfezionamenti. Tra l'altro è, per sua natura, limitato entro certi margini temporali: si comprende facilmente che per tempi troppo piccoli è inutilizzabile; ma anche oltre una certa data risulta inapplicabile a causa delle probabili fluttuazioni della concentrazione di carbonio in atmosfera su lunghi periodi e delle difficoltà a rintracciare altri possibili fattori di contaminazione dei reperti.

Anche a questo livello quindi, come nell'infinitamente breve e nell'infinitamente lungo, la misura del tempo deve fare i conti con il problema della precisione; che è insieme una questione di strumenti adeguati, di condizioni operative favorevoli, di abilità sperimentale ma anche dei presupposti teorici che ogni attività sperimentale implica.

Così, mentre si dilatano le nostre potenzialità di conoscenza, resta sempre un margine di inaccessibilità; che da un lato funge da stimolo per ulteriori ricerche, dall'altro vuol ricordare all'uomo i suoi limiti, mettendolo in guardia dalla tentazione di proclamarsi "signore del tempo".

Mario Gargantini