

Tra terra e cielo: appunti e spunti

Le frontiere della nostra conoscenza dell'universo

Paolo Valisa

Da Hevelius all'Ottocento

Esiste una debole stella un poco sfocata, entro la costellazione di Andromeda, conosciuta e ignorata come mille altre fin dall'antichità. In occidente è riportata per la prima volta da Hevelius sulle belle tavole dell'Uranometria del 1690 e ancora oggi può far mostra di sé quando il cielo è limpido e scuro, senza il chiarore delle luci cittadine che - come gli occhiali di un presbite - mostrano nitide le cose vicine, celando in una nebbia confusa l'incommensurabile sfondo del cielo stellato. Questa debole stella possiede oggi anche un nome, ereditato dal cercatore di comete Charles Messier che nel 1764 la inserì al 31esimo posto nel proprio catalogo di nebulose. Per gli astronomi dell'800 la sua forma a spirale veniva perlopiù interpretata come immagine di un sistema planetario in formazione. La scoperta della vera natura di Messier31 risale infatti a non più di 80 anni fa e, come vedremo, in parte continua tuttora. A stento potremmo immaginare lo stupore di Hevelius nell'apprendere che non è una stella, bensì una galassia come la Via Lattea, composta anch'essa da miliardi di stelle e che la sua distanza ne fa l'oggetto più lontano e allo stesso tempo più antico visibile ad occhio nudo. Messier31 rappresenta la porta che la natura socchiude per invitarci ad un viaggio alla scoperta della materia, dello spazio e del tempo del nostro universo che ci porta continuamente ad ampliare

l'ultimo orizzonte del nostro pensiero razionale.

Una nuova fisica per l'universo

Il '900 doveva portare alla luce una nuova fisica, per molti aspetti contrastante con l'esperienza quotidiana, che avrebbe permesso di meglio comprendere l'infinitamente piccolo degli atomi e l'infinitamente grande, popolato da galassie come Messier31.

La meccanica quantistica, costruita da scienziati come Planck, Bohr, Schrödinger descrive il mondo degli atomi, ipotizzando che i corpi più minuscoli si comportino come pacchetti di onde.

Conseguenza dell'aspetto ondulatorio della materia è una fondamentale indeterminazione (detta di Heisenberg) nel fissare simultaneamente due proprietà di una particella come posizione e velocità oppure tempo ed energia. In un classico esperimento, facendo passare un elettrone alla volta entro un minuscolo forellino (cioè nella medesima posizione), si osserva che ogni elettrone prende una direzione diversa (cioè la sua velocità diviene indeterminata). In altre parole, sembra non esistere nessuna causa delle differenti direzioni prese dall'elettrone che possiamo descrivere solo statisticamente.

Benché sconcertante ("Dio non gioca a dadi!" obiettava Einstein, scettico verso la teoria dei quanti che consi-

derava incompleta), la descrizione quantistica degli atomi permette perfino di effettuare una analisi chimica di stelle e galassie dell'universo attraverso la luce che giunge fino a noi. L'elemento più abbondante risulta l'idrogeno (90%), seguito dall'elio (10%). Gli elementi più pesanti compaiono solo in tracce. È questo un risultato importante che ogni teoria cosmologica deve essere in grado di spiegare.

Galassie come Messier31, ricche di gas, stelle e pianeti, sono però tra loro separate da spazi immensi in cui si fatica a trovare un solo atomo per m^3 . Mediamente è dunque il vuoto il "componente" più abbondante dell'universo. Ben lungi da essere il "nulla", il vuoto è continuamente popolato di particelle virtuali, le cui proprietà possono giocare un ruolo fondamentale nell'evoluzione dell'universo. Le particelle virtuali, conseguenza del principio di indeterminazione quantistica, continuamente vi compaiono a coppie, vivendo per un tempo inversamente proporzionale alla loro energia. Negli stessi anni che hanno visto nascere la meccanica quantistica, A. Einstein sviluppa la teoria della relatività. Il punto di partenza è la costanza della velocità della luce in qualunque sistema di riferimento. Se si lancia un sasso da un treno, la sua velocità sarà la somma di quella im-

pressa dal lanciatore e di quella del treno. Se si lancia un fascio di luce, la sua velocità sarà sempre la stessa, qualunque sia la velocità del treno. E nulla potrà essere lanciato più velocemente della luce. Siccome la velocità della luce è grande ma finita, ne viene stravolto il significato di contemporaneità degli eventi. Ad esempio l'informazione di qualcosa accaduto nella galassia Messier31 non ci giungerebbe che 3 milioni di anni dopo. Siamo quindi, in senso relativistico, contemporanei di Messier31 come "era" 3 milioni di anni fa. Galassie via via più distanti ci mostrano il loro aspetto in un'epoca sempre più remota. Nella relatività generale del 1925 Einstein può applicare le equazioni generali dello spazio-tempo ad un universo isotropo, e si accorge che non esiste una soluzione stazionaria. L'universo deve espandersi o contrarsi. Per aggiustare le equazioni con l'universo a quel tempo supposto stazionario, aggiunge un termine chiamato "costante cosmologica" che bilancia l'azione attrattiva della gravità, una sorta di energia dello spazio vuoto. Particelle virtuali della meccanica quantistica e costante cosmologica sarebbero modi differenti di parlare dello stesso vuoto? Ancora non lo sappiamo.

Nuovi e più potenti telescopi. L'espansione delle Galassie

Dopo gli sviluppi della fisica

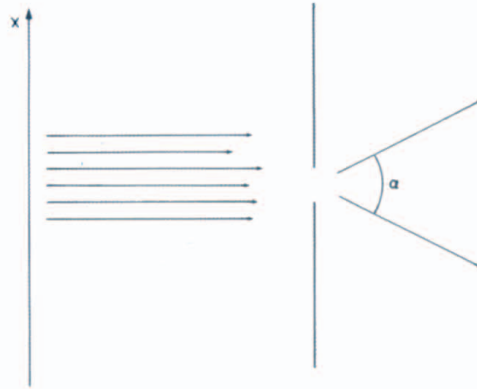
tra il 1900 e il 1930, le scoperte più sensazionali sull'universo tornano ad essere appannaggio degli astronomi grazie a più grandi telescopi che consentono di vedere le stelle più luminose di cui sono fatte le galassie e di stimarne quindi la distanza. L'universo conosciuto si era allargato di oltre 1000 volte e non si tardò ad accorgersi che le galassie si allontanavano le une dalle altre come se lo spazio fosse in espansione, un po' come succede ai pezzetti di cedro candito in un panettone che lievita nel forno.

La sensazionale scoperta venne pubblicata nel 1930 dall'astronomo E. Hubble che aveva misurato il progressivo spostamento verso il rosso della luce dovuto all'allontanamento delle galassie più distanti (l'espansione dell'universo infatti espande anche la lunghezza d'onda della luce). Tornando a ritroso nel tempo, deve essere dunque esistito un istante in cui tutto l'universo era racchiuso in un volume piccolissimo, da cui un "big bang" ha fatto scaturire tutto ciò che noi oggi osserviamo (e probabilmente anche moltissimo che non possiamo osservare).

La teoria del Big Bang spiega agevolmente altri fatti sperimentali.

Nel 1965, Wilson e Penzias, due tecnici della Bell, mentre effettuavano prove con una grossa antenna per telecomunicazione, si accorsero di un debole segnale proveniente da tutte le direzioni dello spazio. Era proprio quello che ci si sarebbe aspettato da un universo in espansione.

Quando l'universo era 1000 volte più piccolo infatti, la sua temperatura era mille volte maggiore dei 3 gradi sopra lo zero assoluto dei



Diseguaglianze di Heisemberg (scoperte nel 1927)

giorni nostri e la materia era ionizzata e quindi luminosa. Con il raffreddamento successivo la materia divenne in gran parte oscura, ma quel remoto bagliore, dopo miliardi di anni, giunge a noi oggi come un debole e costante segnale radio.

Prima di questa epoca luminosa, la temperatura era ancora maggiore e la fusione nucleare dovette creare l'idrogeno e l'elio nelle proporzioni di 90 % e 10 %, proprio come oggi misuriamo.

Recenti osservazioni. Problemi aperti

I nuovi telescopi giganti sulla terra e il telescopio spaziale Hubble, osservando supernovae nelle più remote galassie hanno misurato la velocità di espansione dell'universo nel lontano passato.

I satelliti studiano in dettaglio la radiazione radio di fondo e permettono di stimare un tempo decorso dal Big Bang di 13,7 miliardi di anni, in discreto accordo con le stime di età delle stelle più antiche. Purtroppo, contrariamente alle aspettative di un'espansione rallentata dalla gravità, l'universo risulterebbe in espansione accelerata, con una densità prossima a quella critica che divide un universo a geometria

aperta da quello chiuso su se stesso e dunque con una geometria piatta, prossima a quella euclidea.

Alla densità critica contribuirebbe solo per il 30% la materia. Il restante 70% deriverebbe oggi dall'ene già del vuoto che si manifesta come forza repulsiva tale da bilanciare la gravità.

Risultati sconcertanti. Il 30% di materia è di gran lunga superiore a ciò che possono oggi conteggiare telescopi, radiotelescopi e satelliti, lasciandoci supporre la presenza di una grande quantità di "materia oscura".

Il ruolo del vuoto è ancor più sbalorditivo. La costante cosmologica introdotta da Einstein, dimenticata per qualche decennio, torna ora di attualità e decine di ipotesi si contendono la spiegazione dell'energia del vuoto.

I problemi aperti non mancano naturalmente anche per quanto riguarda la comprensione di ciò che è successo prima di 10^{-35} secondi dal Big Bang, quando la materia ancora non esisteva e l'energia del vuoto, unico componente dell'universo, era assolutamente predominante. La forza repulsiva dovette essere immensa, tanto da espandere lo spazio di un fattore 10^{30} in una frazione

infinitesima di secondo. Una tale espansione ebbe forse per conseguenza di rendere instabile il vuoto, forzando la nascita della materia. Nel contempo, la "stiratura" dello spazio avrebbe reso quasi "piatto" il nostro universo.

Nessuna ipotesi è neppure possibile prima di 10^{-43} secondi, quando l'intero universo avrebbe dovuto comportarsi come un'onda quantistica, soggetta alle leggi dell'indeterminazione.

Ancora una volta, proprio quando un'ipotesi come il Big Bang sembrava descrivere compiutamente il nostro universo, risultati inaspettati richiedono probabilmente una nuova fisica e molte altre osservazioni. Tra gli astronomi e i cosmologi (ma perché anche non tra il pubblico?) c'è molta attesa per il futuro telescopio spaziale James Webb che dovrebbe iniziare le osservazioni nel 2011 e per l'acceleratore di particelle LHC, con energie migliaia di volte superiori a quelle del glorioso LEP, che entrerà in funzione nel 2007 a Ginevra e ci permetterà forse di scoprire quale sia l'origine dell'energia del vuoto, identificare le particelle che attribuiscono la massa a tutte le altre, quelle che oggi chiamiamo materia oscura, quelle che unificherebbero la gravità con la meccanica quantistica. Oppure no.

Abbiamo percorso solo i primi passi oltre la porta socchiusa di Messier31, ma sembra proprio che per provare a descrivere il tutto, dovremo prima comprendere il nulla. ■