

RIVOLUZIONE COSMOLOGICA: MA CHI L'HA VISTA?

Non è affatto strano che l'uomo comune, quello che il cielo lo guarda di tanto in tanto, che magari è anche affascinato dalle stelle cadenti o dalle comete ma che soprattutto vuole capire se poverà la domenica mattina, non si senta coinvolto dai continui aggiornamenti che la scienza astronomica impone a se stessa in questi periodo; ma che ciò non tocchi per niente un'associazione come la nostra, che ha ben radicate nel mistero e nella bellezza del Cosmo le sue ragioni di esistere, credo sia un inconveniente al quale possiamo facilmente rimediare, rendendo ancora più completa la nostra passione, in primo luogo, e offrendo ai visitatori un'immagine verosimile (e dinamica) della scienza che rappresentiamo, in secondo.

Il fatto del giorno (o dell'anno, per essere precisi) in ambiente astronomico è che alcune delle più importanti conquiste della teoria e dell'osservazione sono pesantemente messe in discussione dalle nuove ricerche condotte da prestigiosi osservatori mondiali, e non è davvero impensabile che molte delle conquiste storiche dell'astronomia vengano soppiantate da qualche nuovo risultato. Ovviamente ci troviamo di fronte a livelli di speculazione teorica neanche lontanamente paragonabili a quelli fattibili all'interno della nostra associazione, eppure per il solo fatto di riguardare profondamente il Cosmo e tutte le sue manifestazioni (anche quelle che non saranno per noi mai spettacolari quanto una bella nebulosa o un ammasso aperto), credo meritino tutta la nostra attenzione.

Facciamo prima un passo indietro.

Praticamente da sempre l'Uomo (per fare qualche nome illustre: Aristotele, Giordano Bruno, Kant) ha ritenuto l'Universo infinitamente esteso, nel tempo così come nello spazio, ed è questa solitamente anche la nostra idea più immediata e naturale. E' a tutti gli effetti soltanto all'inizio del nostro secolo (se si esclude forse l'intuizione di un romanziere di inizio '800, Edgar Allan Poe) che prende piede l'idea di un Universo finito nello spazio, e le prime formulazioni matematiche precise a questo riguardo si hanno all'indomani della teoria della Relatività di Einstein, del 1916.

La Relatività ci proponeva modelli di Universo non statici (cioè non eternamente identici a se stessi per dimensioni) ma in perenne cambiamento, talvolta in seguito a contrazioni, talvolta in seguito ad espansioni, dal momento che l'immobilità assoluta del Cosmo (accolta senza riserve in un primo momento dallo stesso Einstein) si rivelò presto difficile da giustificare; in altre parole gli Universi descrivibili dalla nuova teoria dovevano tutti essere soggetti a forze simili a quella di gravità, a volte attrattive (che tendevano cioè a far collassare il Cosmo su di sé, riducendone le dimensioni) a volte repulsive (che al contrario lo facevano gonfiare come un immenso palloncino). Si trattava solamente di capire a quale tipo appartenesse il nostro Universo.

La risposta arrivò dall'astronomo americano Edwin Hubble, nel 1920.

Egli osservò che gli spettri (cioè la luce scomposta in tutte le sue componenti principali, un po' come un arcobaleno) delle galassie vicine e lontane erano tutti simili, eppure manifestavano in misura diversa il fenomeno del *redshift* ovvero dello spostamento verso il colore rosso di tutte le componenti principali della luce bianca. E' questo un punto che deve essere compreso bene, in quanto esso è lo strumento principale di tutta la moderna astronomia.

Se qualche volta prestiamo ascolto al fischio di un treno che passa per un passaggio a livello, oppure ad un'ambulanza che sfreccia in centro città o ad una macchina di formula 1 che corre sotto ad una tribuna, ci accorgiamo che il suono emesso da ciascuno di questi veicoli non

ci appare sempre costante nel tempo, cioè in altre parole ciò che udiamo mentre la sorgente del suono si avvicina e si allontana da noi (a grande velocità) cambia nel tempo passando via via da un tono acuto ad uno più grave. Per quanto riguarda le fonti di luce il fenomeno è esattamente lo stesso, e lo spostamento verso il rosso della luce delle galassie corrisponde allo spostamento verso i suoni più bassi della sirena di un'ambulanza (questo è dovuto, in parole povere, al fatto che le onde luminose o sonore che partono da una sorgente in movimento vengono per così dire "stirate" dall'allontanamento della sorgente e arrivando all'osservatore con meno energia, gli risultano più rosse o più basse di tonalità). Naturalmente per analizzare il fenomeno è necessario scomporre la luce (che altrimenti continuerebbe ad apparirci bianca), ma questa operazione è relativamente facile, basta disporre di un prisma abbastanza ben lavorato (lo strumento vero e proprio è chiamato spettrografo).

Quindi quando Hubble vide che lo spettro delle galassie più lontane era parecchio spostato verso il rosso capì che queste si stavano allontanando rispetto alla nostra galassia e le une rispetto alle altre; di più: osservando che quanto più una galassia era lontana tanto più veloce era il suo moto poté ricavare l'importante relazione $V=HR$, che significa proprio che se R (=distanza) è un numero grande, allora lo è anche V (=velocità dell'oggetto). Il termine H è (dovrebbe essere, e vedremo poi perché...) una costante, chiamata appunto *costante di Hubble*, che descrive concretamente il rapporto tra i due precedenti parametri. Con questa semplice equazione in mano, possiamo quindi stabilire la distanza di un oggetto semplicemente dall'analisi del suo spettro (che ci dice quanto è veloce), oppure inversamente sapere quanto è veloce se ne conosciamo la distanza grazie ad altri metodi (e fortunatamente ce ne sono parecchi).

La prima considerazione fondamentale, una volta acquisita la legge di Hubble, fu che se l'Universo non era statico e che se tutte le sue parti si stavano reciprocamente allontanando, allora in qualche tempo remoto erano state tanto vicine le une alle altre da essere praticamente un tutt'uno: si concepì cioè il Big Bang (il primo a formulare una teoria fu Gamow, nel 1948) e ci si chiese quanto indietro nel tempo dovesse essere collocato. Le conoscenze odierne ci suggeriscono di collocarlo all'incirca 10-15 miliardi di anni fa.

La teoria del Big Bang è accettata quasi universalmente, ciononostante essa è stata più volte rivista e corretta per accordarla alle osservazioni; la modifica più significativa è sicuramente stata quella della Teoria Inflazionaria (del 1981, grazie ad Alan Guth ed altri) che contempla una fase di strepitosa espansione del Cosmo, che si sarebbe ingrandito di un fattore 10^{50} nel lasso di tempo di soli 10^{-32} secondi (ricordo che 10^{50} significa 10 per 10 per 10... cinquanta volte, mentre 10^{-32} sta per 10 diviso dieci...per trentadue volte; per farsi una vaga idea delle proporzioni del fenomeno basta pensare che 10^6 equivale ad un miliardo, mentre 10^{-3} equivale ad un millesimo); questo strano fenomeno, dovuto alla liberazione improvvisa di grandi quantità di energia appena immagazzinate dall'Universo neonato, spostò parti diverse del Cosmo in direzioni opposte a velocità estremamente superiori alla velocità della luce (ma si dimostra che non è affatto in contraddizione alla legge che afferma che niente viaggia più velocemente della luce) e rese omogenea la distribuzione di materia creata dal Big Bang, diluendola cioè in uno spazio inconcepibilmente vasto. Quando poi l'energia extra venne del tutto esaurita, pare che le galassie abbiano continuato ad allontanarsi le une dalle altre più o meno con le velocità che osserviamo oggi, ben inferiori a quella della luce anche se pur sempre molto elevate (al massimo 100 000 chilometri al secondo).

La forza di gravità che ogni galassia esercita sulle altre infine sta contribuendo ancor oggi a frenare leggermente la loro corsa e ad impedire che si allontanino indefinitamente tra di

loro (un po' come quando si lancia un sasso verso il cielo: l'attrazione della Terra lo fa regolarmente ricadere al suolo; per lanciare effettivamente il sasso fuori dall'orbita terrestre si dovrebbe lanciarlo almeno con una velocità iniziale di 40 000 km/s).

Dunque la teoria più accreditata era quella che prevedeva un graduale rallentamento delle velocità reciproche di tutte le galassie, fino a costringerle a rispettare in eterno determinate distanze senza che l'Universo si decidesse a collassare o a espandersi. Per poter verificare questa teoria è stato necessario misurare la massa totale dell'Universo (o meglio la sua densità, che i fisici simboleggiano con Ω =omega); infatti la Terra riesce a trattenere e a far cadere tutti i sassi che lanciamo contro il cielo semplicemente perché la sua massa è estremamente grande, e quindi anche la forza di attrazione che genera; a sua volta la Terra è costretta a girare attorno al Sole perché quest'ultimo ha una massa molto maggiore, se la massa del Sole fosse invece inferiore a quello che è in realtà, l'orbita della Terra diventerebbe via via più larga ed ovale, e potrebbe persino permettere al nostro pianeta di fuggire dal sistema solare e di vagare per la Via Lattea.

Eppure tutte le misurazioni, da sempre, suggeriscono che il nostro Universo non dovrebbe possedere la massa necessaria per frenare la sua espansione. Queste misurazioni praticamente coincidono (detta in maniera molto grossolana) col contare le stelle contenute in ogni galassia, moltiplicarle per il numero totale di galassie e moltiplicarle ancora per il peso medio delle stelle che conosciamo meglio: ma la massa totale ottenuta con tale metodo arriva al massimo all'1% di quella necessaria. Si è tentato di alzare questa media inserendo nel conto totale anche corpi non simili a stelle e quindi non facilmente rilevabili dai nostri telescopi (ma che ciononostante sappiamo esistere) come nubi di gas e polveri, stelle estinte, buchi neri (invisibili per definizione), oppure particelle ancora più piccole ma estremamente numerose nel Cosmo (i famosi neutrini, ad esempio...), ma tuttavia la percentuale raggiunta sembra in ogni caso restare ben al di sotto del 100%.

Eppure fino a poco tempo fa si continuava a considerare come buona la teoria standard, giustificando la mancanza apparente di massa con l'abbondanza di un altro tipo di materia (chiamata appunto antimateria), non visibile ma dotata di proprietà estremamente diverse da quella della materia ordinaria (per fare un esempio spettacolare, se un grammo di materia dovesse collidere con un grammo di antimateria, avverrebbe un'esplosione comparabile a quella di una piccola bomba nucleare...). Ma il bello di questa antimateria è che esiste sul serio e non è solamente fantascienza, tant'è vero che molte delle proprietà conosciute degli oggetti astronomici (il moto degli ammassi di galassie, la radiazione del centro della Via Lattea, ecc...) sono riconducibili proprio alle sue proprietà.

Ciononostante, nemmeno l'abbondanza presunta di antimateria bastava a impedire del tutto l'allontanamento delle galassie e la comunità dei cosmologi era rimasta col dubbio amletico di decidere tra un Universo destinato ad arrestarsi ed uno in perenne, lenta espansione (la possibilità che l'Universo potesse collassare su di sé è stata scartata quasi subito).

I risultati delle ultime ricerche osservative, per venire finalmente ai giorni nostri, sembrano invece suggerire nuove prospettive per il destino dell'Universo.

Infatti diversi gruppi di astronomi hanno riscontrato dei dati strani riguardo al rapporto tra la luminosità e il redshift di alcune supernovae lontane parecchi miliardi di anni luce da noi. Il fatto è tutte le supernovae con caratteristiche simili hanno la stessa magnitudine assoluta, quindi una volta misurata la magnitudine relativa alla Terra dovrebbe essere relativamente facile risalire alla distanza (per fare un esempio, se sentiamo soltanto il sibilaro tipico di un treno, ma a bassa intensità, capiamo che si trova ad una grande distanza perché il

suo fischio di per sè sarebbe molto forte); la cosa strana che attualmente stanno rilevando è che le supernovae possiedono dei redshift abbastanza diversi a quelli teoricamente previsti in base alla loro distanza (sempre in base alla legge di Hubble $V=HR$, ove V dipende dal redshift). Più precisamente, pare che esse siano più distanti di quello che ci dice il loro redshift, e questa discrepanza non è affatto una cosa da prendere alla leggera, visto che la legge di Hubble è di gran lunga il metodo più usato dagli astronomi. Ciò giustifica pienamente il termine col quale ci si riferisce (forse drammaticamente, forse no) a questa fase della ricerca: Rivoluzione Cosmologica, appunto.

Certo il problema è appena agli inizi, e le soluzioni proposte sono molte e spesso parecchio complicate per essere spiegate in poche righe.

Per quanto ho potuto capire, le due teorie più accreditate sono le seguenti:

a) la curvatura negativa; da sempre si è supposto che lo spazio-tempo fosse "piatto", intendendo con questa parola la possibilità di descriverlo con la geometria che tutti più o meno abbiamo studiato a scuola, quella del teorema di Pitagora e della somma degli angoli interni di un triangolo che è pari a 180° . Nello spazio piatto due rette parallele non si incontrano mai, e proseguendo per sempre lungo una direzione non si giungerebbe mai al punto di partenza; davvero niente di strano, dunque. Molti fisici però (per le più svariate ragioni) credono che lo Spazio sia invece iperbolico, ovvero che abbia una curvatura negativa. Per capirci, diciamo che la superficie di una sfera ha una curvatura positiva, cioè si chiude su di sè ed è finita, anche se possiamo percorrerla infinite volte (sarebbe come fare il giro della Terra senza fermarsi mai), e che invece la curvatura del fondo di un sacco è negativa, cioè che è cava, non limitata. Nello spazio iperbolico due rette parallele finiscono per allontanarsi infinitamente l'una dall'altra, e la somma degli angoli interni di un triangolo è minore di 180° . E' facile quindi intuire che se lo Spazio ordinario fosse in realtà iperbolico e non piatto le nostre osservazioni dovrebbero essere in contraddizione con molte delle previsioni della geometria elementare (almeno nel caso di osservazioni su grande scala, quali quelle astronomiche). Alcuni scienziati ricorrono quindi alle proprietà della curvatura negativa per spiegare le anomalie recentemente osservate. Se lo spazio fosse come sempre lo abbiamo conosciuto, la luce emessa da una supernova si disporrebbe su molte sfere concentriche di superficie S , e quello che noi osserveremmo coi nostri telescopi sarebbe soltanto una piccola porzione di questa superficie, dotata di una luminosità parziale L . Ma se invece lo spazio è iperbolico, si può dimostrare che la luce emessa dalla stella andrebbe ad occupare una superficie maggiore di S , e quindi che la stessa porzione di sfera che passasse per il nostro telescopio avrebbe una luminosità minore (dal momento che la luminosità totale della stella, che dipende dalla sua energia, sarebbe sempre la stessa). Con questa considerazione si potrebbe quindi spiegare perché le ultime supernovae ci appaiano più distanti di quanto non dica il loro redshift: la loro distanza sarebbe in realtà quella prevista, ma la magnitudine osservata sarebbe minore perchè in qualche modo la struttura profonda dello SpazioTempo avrebbe contribuito a "diluirla" come appena visto.

b) l'espansione accelerata; e se invece le supernovae fossero realmente più distanti del previsto, e noi guardassimo solamente il loro redshift relativo a miliardi di anni fa, e questo nel frattempo fosse cambiato? Se invece di rallentare, frenate dalla gravità, stessero accelerando per l'azione di qualche forza sconosciuta? Detta così, sembrerebbe fantascienza, ma invece parecchi fisici sono convinti che la realtà dei fatti sia proprio questa. L'Universo cioè si starebbe allargando in maniera imprevedibile, trascinando con sè tutti gli oggetti e dilatando le distanze a ritmi sempre più accelerati. Il redshift osservato per le supernovae lontane (ciò che ci informa sulla velocità alla quale si muovevano miliardi di anni fa, quando la luce è partita) ci

sta dando cioè una informazione intempestiva, tardiva, perchè ci dice solamente come le galassie in questione si muovevano miliardi di anni fa, mentre in tutto questo tempo l'espansione del Cosmo le avrebbe accelerate ed allontanate molto di più. Non resterebbe che identificare la causa di questa espansione, quindi. Alcuni ipotizzano che lo Spazio vuoto, di per sè (non quello di una stanza vuota, perchè pieno zeppo di molecole di idrogeno, ossigeno e di tutti i gas che respiriamo, e nemmeno quello degli spazi interstellari, perchè pieno di atomi sparsi) possa essere dotato di una forza antigravitazionale, che tenderebbe a farlo espandere se non riempito di materia dalla elevata densità. Questa possibile forza sconosciuta viene chiamata *Costante Cosmologica*, ed è lo stesso termine usato da Einstein circa ottant'anni fa (sbagliando) per spiegare perchè secondo lui l'Universo era statico e non soggetto al collasso della gravità.

Se questa forza esista davvero, o se il suo ruolo sia giocato da altri fattori, sono domande alle quali per lungo tempo credo che non riusciremo a rispondere, così come non sarà facile capire se la struttura dello Spazio sia davvero iperbolica o più banalmente piatta.

E' quindi chiaro che nessuna di queste speculazioni verrà mai ad "interferire" direttamente con le nostre osservazioni di astrofili, ed è altrettanto chiaro che pochi visitatori mai ce ne chiederanno notizie perchè trattasi di un argomento che a nessun telegiornale interesserà mai di reclamizzare. Tuttavia dobbiamo considerare che alla resa dei conti si tratta di fenomeni (reali o al limite soltanto presunti) per niente più favolosi o meno materiali di tutti quegli spettacoli che un telescopio ci sa regalare e che non ci stancheremmo mai di mostrare agli altri, quindi perchè non considerarli affatto?

Franco Vazza