

UN GIALLO COSMICO: IN PRINCIPIO

«Il mistero iniziale che accompagna ogni viaggio è: prima di tutto, come ha fatto il viaggiatore ad arrivare al punto di partenza?».

– Louise Bogan, *Journey Around My Room*

ERA UNA NOTTE BUIA E TEMPESTOSA

All'inizio del 1916, Albert Einstein aveva appena terminato il più grande lavoro della sua vita, un'intensa lotta intellettuale della durata di un decennio per arrivare a una nuova teoria della gravità, a cui diede il nome di teoria della relatività generale. Questa però non era semplicemente una nuova teoria della gravità, ma una nuova teoria dello spazio e del tempo. Inoltre, era la prima teoria in grado di spiegare non soltanto come gli oggetti si muovono nell'universo, ma come l'universo stesso potrebbe evolvere.

Ma c'era un problema. Quando Einstein iniziò ad applicare la sua teoria per descrivere l'universo come un insieme integrato, divenne chiaro che essa non descriveva l'universo in cui evidentemente viviamo.

Adesso, quasi cent'anni più tardi, è difficile rendersi pienamente conto di quanto la nostra rappresentazione dell'universo sia cambiata nel tempo di una singola vita umana. Per la comunità scientifica del 1917, l'universo era statico ed eterno, ed era costituito da un'unica galassia, la nostra Via Lattea, circondata da uno smisurato, infinito spazio buio e vuoto. Questa, dopotutto, è l'idea che vi fareste guardando il cielo notturno con i vostri occhi o con un piccolo telescopio, e all'epoca c'erano ben poche ragioni per sospettare che le cose stessero altrimenti.

Nella teoria di Einstein, come ancora prima nella teoria di Newton della gravitazione, la gravità è una forza unicamente attrattiva tra

tutti gli oggetti. Questo significa che è impossibile che un insieme di masse situate nello spazio resti a riposo in eterno: la loro reciproca attrazione gravitazionale alla fine le costringerà a implodere, in manifesto disaccordo con un universo apparentemente statico.

Il fatto che la sua relatività generale non sembrasse coerente con la rappresentazione dell'universo propria di quei tempi, per Einstein rappresentò un colpo più duro di quanto si possa immaginare, per ragioni che mi permettono di far cadere un mito su Einstein e sulla relatività generale che mi ha sempre infastidito. Generalmente si presume che Einstein abbia lavorato nell'isolamento di una stanza chiusa per anni, applicando il puro pensiero e la pura ragione, e uscendosene fuori con la sua splendida teoria, indipendente dalla realtà (... forse come alcuni teorici delle stringhe del nostro tempo!). Tuttavia, niente potrebbe essere più lontano dalla verità.

Einstein fu sempre intimamente guidato dagli esperimenti e dalle osservazioni. Egli effettuò numerosi "esperimenti mentali" e lavorò duramente per oltre un decennio, e nel frattempo apprese anche nuovi strumenti matematici e seguì molte piste teoriche false prima di riuscire a produrre una teoria eccellente dal punto di vista matematico. All'inizio della sua storia d'amore con la relatività generale, tuttavia, il più importante momento ebbe a che fare con l'osservazione. Durante le ultime febbrili settimane in cui stava completando la sua teoria in gara con il matematico tedesco David Hilbert egli prevede, utilizzando le proprie equazioni, quello che potrebbe sembrare un oscuro risultato astrofisico: una lieve precessione nel "perielio" (il punto di massimo avvicinamento) dell'orbita di Mercurio intorno al Sole.

Da molto tempo gli astronomi avevano notato che l'orbita di Mercurio deviava leggermente da quella prevista da Newton. Invece di un'ellisse perfetta che ritornava su se stessa, l'orbita di Mercurio era soggetta a una precessione (vale a dire che il pianeta non ritorna precisamente nello stesso punto dopo un'orbita, ma l'orientamento dell'ellisse si sposta leggermente a ogni orbita, tracciando in ultima analisi uno schema di tipo spiraliforme) incredibilmente esigua: 43 secondi di arco (approssimativamente 1/100 di grado) per secolo.

Quando Einstein calcolò l'orbita per mezzo della sua teoria della relatività generale, ottenne come risultato il numero esatto. Nella descrizione di un biografo di Einstein, Abraham Pais: «Questa sco-

perta fu, credo, di gran lunga l'esperienza più emozionante della vita scientifica di Einstein, forse di tutta la sua vita». Egli sosteneva di aver avuto delle palpitazioni cardiache, come se qualcosa fosse scattato dentro. Un mese più tardi, quando descrisse la sua teoria a un amico come "una teoria di incomparabile bellezza", il suo compiacimento per la forma matematica era palpabile.

L'apparente discordanza tra relatività generale e osservazione in ogni caso non durò a lungo (tuttavia indusse Einstein a introdurre nella sua teoria una modifica, che più tardi definì il granchio più grande che avesse mai preso). Tutti (con l'eccezione di alcuni comitati scolastici degli Stati Uniti) adesso sanno che l'universo non è statico ma in espansione e che l'espansione ebbe inizio con un Big Bang incredibilmente caldo e denso, approssimativamente 13,7 miliardi di anni fa. Di pari importanza è sapere che la nostra galassia non è che una tra i probabili quattrocento miliardi di galassie dell'universo osservabile. Come i primi disegnatori di mappe terrestri, stiamo appena iniziando a completare la mappa dell'universo nelle sue scale più grandi. Non c'è molto da stupirsi se gli ultimi decenni hanno visto accadere cambiamenti rivoluzionari nella nostra rappresentazione dell'universo.

La scoperta che l'universo non è statico ma in espansione ha un profondo significato filosofico e religioso, poiché è stata ciò che ha indicato che il nostro universo ha avuto un inizio. Un inizio implica una creazione, e la creazione smuove l'emozione. Anche se occorsero diversi decenni, dopo la scoperta del 1929 che il nostro universo si stava espandendo, perché l'idea di un "Big Bang" ricevesse una conferma empirica indipendente, nel 1951 papa Pio XII la annunciò come una prova della *Genesi*. Nelle sue parole:

«[...] Sembrerebbe che la scienza contemporanea, attraversando in un colpo solo a ritroso i secoli, sia riuscita a testimoniare l'augusto istante del *Fiat Lux* [e la luce sia; *N.d.A.*] primordiale, quando insieme alla materia dal nulla apparve un mare di luce e di radiazione, e gli elementi si separarono e ribollendo presero la forma di milioni di galassie. Così, con quella concretezza che è caratteristica delle prove fisiche [la scienza; *N.d.A.*] ha confermato la contingenza dell'universo nonché la ben fondata deduzione dell'epoca in cui il mondo è emerso dalle mani del Creatore. Dunque, la creazione ebbe luogo. Noi diciamo: "Quindi, esiste un Creatore. Quindi, Dio esiste!"».

L'intera storia in realtà è un po' più interessante. Infatti, la prima persona a proporre un Big Bang fu un prete e fisico belga di nome George Lemaître. Lemaître rappresentò una notevole combinazione di competenze. Dopo aver iniziato a studiare ingegneria, ricevette una medaglia come artigliere nella prima guerra mondiale, quindi passò alla matematica nel corso dei suoi studi seminaristici all'inizio degli anni Venti. In seguito si dedicò alla cosmologia, studiando con il famoso astrofisico britannico Sir Arthur Stanley Eddington prima di trasferirsi ad Harvard e conseguire infine il suo secondo dottorato, questa volta in fisica, presso il MIT [Massachusetts Institute of Technology; *N.d.T.*].

Nel 1927, prima di ottenere il secondo dottorato, Lemaître risolse le equazioni della relatività generale di Einstein e dimostrò che la teoria prevedeva un universo non statico, indicando di fatto che l'universo in cui viviamo è in espansione. L'idea sembrava così provocatoria che Einstein stesso vi si oppose vivacemente obbiettando: «I suoi calcoli sono corretti, ma la sua fisica è abominevole».

Ciononostante, Lemaître andò avanti a tutta forza, e nel 1930 propose ancora l'ipotesi che il nostro universo in espansione in realtà avesse avuto inizio come punto infinitesimale, che chiamò "Atomo primevo", e che questo inizio rappresentasse, forse con riferimento alla *Genesi*, un "giorno senza Ieri".

E così il Big Bang, tanto annunciato da papa Pio XII, era stato ipotizzato per la prima volta da un prete. Si sarebbe potuto pensare che Lemaître fosse stato commosso da questa ratifica papale, ma nella sua mente egli aveva già eliminato l'idea che questa teoria scientifica presentasse delle conseguenze teologiche, e alla fine aveva rimosso dalla prima stesura della sua relazione del 1931 sul Big Bang un paragrafo che conteneva dei commenti su questo argomento.

Di fatto più tardi Lemaître espresse la sua obiezione alla pretesa dimostrazione della *Genesi* attraverso il Big Bang annunciata dal papa nel 1951 (anche perché si rese conto che se la validità della sua teoria fosse poi stata confutata, la presunta dimostrazione della *Genesi* della Chiesa cattolica romana avrebbe potuto essere contestata). Nel frattempo era stato eletto membro dell'Accademia Vaticana Pontificia, di cui divenne in seguito presidente. Nelle sue parole: «Per quanto possa vedere, una teoria del genere rimane completamente al di fuori di

qualsiasi questione metafisica o religiosa». Il papa non sollevò più la questione in pubblico.

Qui troviamo una preziosa lezione. Come Lemaître riconobbe, che il Big Bang avesse o non avesse realmente avuto luogo è una questione scientifica, non una questione teologica. Inoltre, quand'anche avesse avuto luogo (come tutte le prove ormai indicano in maniera schiacciante), si potrebbe scegliere di interpretarlo in diversi modi a seconda delle proprie predilezioni religiose o metafisiche. Potete optare di vedere il Big Bang come indicativo di un creatore, se ne sentite il bisogno, o argomentare che la matematica della relatività generale spiega l'evoluzione a partire dalle sue origini senza l'intervento di alcuna divinità. Ma una speculazione metafisica del genere è indipendente dalla validità fisica del Big Bang stesso ed è irrilevante per la nostra comprensione del fenomeno. Naturalmente, via via che andiamo al di là della mera esistenza di un universo in espansione per comprendere i principi fisici in grado di affrontare l'argomento delle sue origini, la scienza può gettare ulteriore luce su questa speculazione e, come spiegherò, lo fa.

In ogni caso, né Lemaître né papa Pio XII riuscirono a convincere il mondo scientifico del fatto che l'universo si stesse espandendo. Piuttosto, come in tutta la buona scienza, la prova arrivò da attente osservazioni, in questo caso effettuate da Edwin Hubble, che continua ad alimentare in me una grande fiducia nell'umanità, avendo iniziato la sua carriera come avvocato per poi divenire astronomo.

Hubble aveva già fatto una scoperta significativa nel 1925 con il nuovo telescopio Hooker da 100 pollici di Mount Wilson, allora il più grande al mondo. (Come termine di paragone, adesso stiamo costruendo telescopi di diametro oltre dieci volte superiore e di area oltre cento volte maggiore!). Fino a quel momento, con i telescopi disponibili all'epoca, gli astronomi erano riusciti a percepire immagini indistinte di oggetti che non erano semplici stelle nella nostra galassia. Tali oggetti vennero chiamati *nebulose*, parola latina che sostanzialmente vuol dire "cose indistinte" (letteralmente "nube"), e si discusse anche se si trovassero nella nostra galassia o al di fuori.

Poiché la visione dominante dell'universo all'epoca era che non esisteva niente al di fuori della nostra galassia, la maggior parte degli astronomi si limitava al campo della "nostra galassia", guidati dal famoso astronomo Harlow Shapley ad Harvard. Shapley aveva abbandonato

la scuola in quinta elementare e aveva continuato a studiare per conto proprio, approdando poi a Princeton, dove decise di studiare astronomia scegliendo la prima materia che trovò sul programma di studi. In un lavoro di importanza fondamentale dimostrò che la Via Lattea era molto più vasta di quanto si fosse mai pensato e che il Sole non era al suo centro ma semplicemente in un angolo remoto e insignificante. Egli era una formidabile potenza in astronomia e pertanto le sue vedute sulla natura delle nebulose esercitarono una notevole influenza.

Il primo giorno dell'anno 1925, Hubble pubblicò i risultati del suo studio biennale sulle cosiddette nebulose a spirale, in cui era riuscito a identificare un certo tipo di stella variabile, detta stella variabile Cefeide, in queste nebulose, che comprendevano la nebulosa oggi nota come Andromeda.

Osservate per la prima volta nel 1784, le stelle variabili Cefeidi sono stelle la cui luminosità varia con regolarità periodica. Nel 1908, un'astronoma in erba quasi sconosciuta e all'epoca non apprezzata, Henrietta Swan Leavitt, lavorava come "calcolatore" presso l'Harvard College Observatory. (I "calcolatori" erano donne che svolgevano il compito di catalogare la luminosità delle stelle registrate sulle lastre fotografiche dell'osservatorio; all'epoca alle donne non era permesso utilizzare i telescopi dell'osservatorio). Figlia di un ministro della Congregazione e una discendente dei Padri Pellegrini, la Leavitt fece una scoperta sensazionale, che chiarì ulteriormente nel 1912: notò che esisteva una regolare relazione tra la luminosità delle stelle Cefeidi e il loro periodo di variazione. Pertanto, se si fosse riusciti a determinare la distanza di una singola Cefeide di cui si conosceva il periodo (successivamente determinato nel 1913), la misurazione della luminosità di altre Cefeidi con lo stesso periodo avrebbe permesso di determinare la distanza di queste altre stelle!

Poiché la luminosità osservata delle stelle diminuisce inversamente al quadrato della distanza della stella (la luce si diffonde uniformemente su una sfera la cui area aumenta con il quadrato della distanza, per cui diffondendosi su una sfera più grande, la sua intensità osservata in un punto qualunque diminuisce inversamente all'area della sfera) determinare la distanza di stelle remote è sempre stata la sfida più grande per l'astronomia. La scoperta della Leavitt rivoluzionò il campo. (Lo stesso Hubble, che non venne considerato per il premio Nobel, spesso diceva

che il lavoro della Leavitt meritava il premio, anche se questo suggerimento era nel suo interesse, in quanto naturale concorrente alla condivisione del premio per il suo successivo lavoro). In effetti gli uffici dell'Accademia Reale Svedese avevano appena iniziato a proporre il nome della Leavitt per il Nobel nel 1924 quando si apprese che era morta di cancro tre anni prima. Grazie alla forza della sua personalità, all'abilità nell'autopromozione e alla capacità di osservazione di Hubble, presto il suo nome sarebbe stato sulla bocca di tutti, mentre la Leavitt, ahimè, è conosciuta solo dagli appassionati.

Hubble riuscì a servirsi della sua misurazione delle Cefeidi e della relazione periodo/luminosità della Leavitt per dimostrare definitivamente che le Cefeidi di Andromeda e di diverse altre nebulose erano di gran lunga troppo distanti per trovarsi all'interno della Via Lattea. Si scoprì quindi che Andromeda era un altro universo insulare, un'altra galassia a spirale quasi identica alla nostra, oltre a essere una delle oltre quattrocento miliardi di galassie che oggi sappiamo esistere nel nostro universo osservabile. Il risultato di Hubble fu così evidente che la comunità astronomica – incluso Shapley che, per inciso, era ormai diventato direttore dell'Harvard College Observatory, dove la Leavitt aveva svolto il suo pionieristico lavoro – accettò prontamente il fatto che la Via Lattea non era l'unica cosa esistente intorno a noi. D'un tratto la dimensione dell'universo conosciuto si era espansa con un unico balzo più di quanto avesse fatto nel corso di secoli! Anche le sue caratteristiche erano cambiate, come quasi tutto il resto.

Dopo questa grandiosa scoperta, Hubble avrebbe potuto riposare sugli allori, ma era a caccia di pesci più grandi, o, in questo caso, di galassie più grandi. Misurando anche le Cefeidi più deboli all'interno di galassie sempre più distanti, egli riuscì a mappare l'universo fino a scale sempre più estese. Nel far ciò, tuttavia, scoprì qualcos'altro di ancora più notevole: l'universo si stava espandendo!

Hubble giunse a questa conclusione confrontando le distanze relative alle galassie che misurava con una diversa serie di misurazioni effettuata da un altro astronomo americano, Vesto Slipher, che aveva misurato gli spettri della luce provenienti da queste galassie. Per permettervi di comprendere l'esistenza e la natura di tali spettri devo riportarvi agli albori della moderna astronomia.

Una delle principali scoperte dell'astronomia è stata quella che la materia stellare e la materia terrestre sono in gran parte la stessa cosa. Tutto ebbe inizio, come molte cose della scienza moderna, con Isaac Newton. Nel 1665, Newton, allora giovane scienziato, fece passare attraverso un prisma un sottile raggio di luce solare, ottenuto oscurando tutta la sua stanza eccetto un minuscolo foro praticato nell'anta della finestra, e vide la luce scomporsi nei familiari colori dell'arcobaleno. Ne dedusse che la luce bianca proveniente dal Sole conteneva tutti questi colori, e aveva ragione.

Cinquant'anni più tardi, un altro scienziato esaminò la luce scomposta più attentamente, scoprendo delle bande scure tra i colori e concluse che queste erano dovute alla presenza nell'atmosfera esterna del Sole di materiali che assorbivano la luce di certi particolari colori o lunghezze d'onda. Queste "righe di assorbimento", come divennero note, vennero identificate con le lunghezze d'onda della luce che secondo le misurazioni erano assorbite da alcuni materiali noti sulla Terra, tra cui l'idrogeno, l'ossigeno, il ferro, il sodio e il calcio.

Nel 1868, un altro scienziato osservò nella parte gialla dello spettro solare due nuove righe di assorbimento che non corrispondevano ad alcun elemento noto presente sulla Terra. Decise allora che dovevano essere causate da un elemento nuovo, che chiamò "elio". Una generazione più tardi, l'elio venne isolato per la prima volta sulla Terra.

L'osservazione dello spettro della radiazione proveniente da altre stelle è un importante strumento scientifico per comprendere la loro composizione, temperatura ed evoluzione. A partire dal 1912, Slipher osservò lo spettro della luce proveniente da varie nebulose a spirale scoprendo che gli spettri erano simili a quelli delle stelle vicine, ma tutte le righe di assorbimento erano spostate della stessa misura nella lunghezza d'onda.

All'epoca si ritenne che il fenomeno fosse dovuto al familiare "effetto Doppler", che prende il nome dal fisico austriaco Christian Doppler, il quale nel 1842 aveva spiegato che le onde provenienti da una fonte in movimento si allungano se la fonte si sta allontanando da un osservatore e si comprimono se si sta avvicinando. Si tratta di una manifestazione di un fenomeno che tutti ben conosciamo, e che mi ricorda sempre una vignetta di Sidney Harris in cui due cowboy a cavallo in una pianura guardano un treno in lontananza, e uno dice

all'altro: «Mi piace sentire quel lamento solitario del fischio del treno via via che l'ampiezza della frequenza cambia a causa dell'effetto Doppler!». Di fatto, il fischio di un treno o la sirena di un'ambulanza producono un suono più alto se il treno o l'ambulanza stanno venendo verso di voi e più basso se si stanno allontanando da voi.

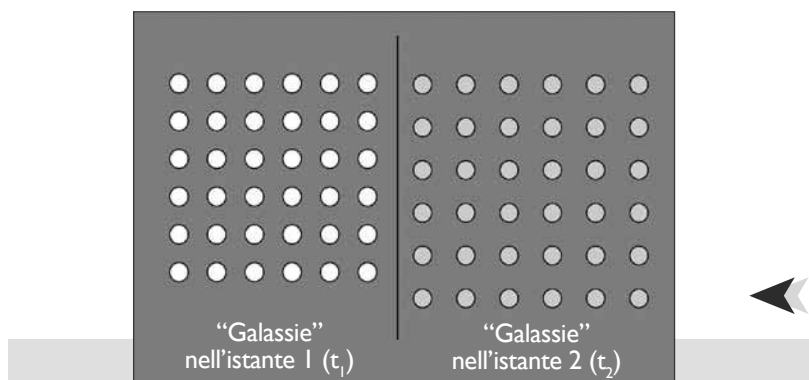
A quanto risulta, lo stesso fenomeno accade per le onde luminose e sonore, anche se per ragioni in qualche modo diverse. Le onde luminose provenienti da una fonte che si allontana, sia a causa del suo movimento locale nello spazio che per l'espansione dello spazio intermedio, verranno allungate, e pertanto appariranno più rosse di quanto altrimenti sarebbero, dato che il rosso corrisponde all'estremità della lunghezza d'onda lunga dello spettro visibile, mentre le onde provenienti da una fonte che si avvicina saranno compresse e appariranno più blu.

Nel 1912 Slipher osservò che le righe di assorbimento della luce proveniente da qualunque nebulosa a spirale erano quasi tutte sistematicamente spostate verso lunghezze d'onda più lunghe (sebbene alcune, come quelle provenienti da Andromeda, fossero spostate verso lunghezze d'onda più corte). Pertanto, egli dedusse che la maggior parte di questi oggetti si stava allontanando da noi a velocità considerevoli.

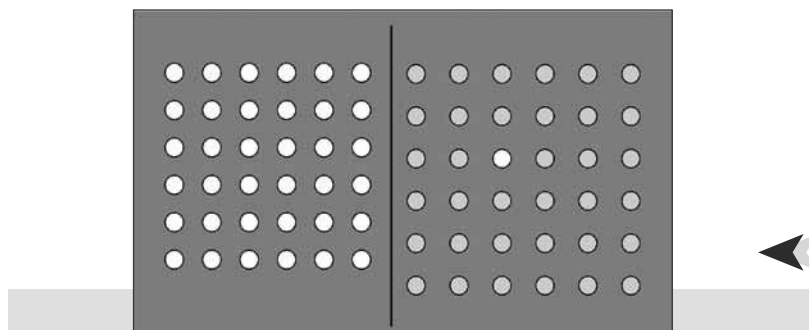
Hubble riuscì a confrontare le sue osservazioni della distanza di queste galassie a spirale (come ormai erano conosciute) con le misurazioni di Slipher della velocità a cui si stavano allontanando. Nel 1929, con l'aiuto di un membro dello staff di Mount Wilson, Wilton Humason (il cui talento tecnico era tale da avergli assicurato un lavoro a Mount Wilson senza neanche essere in possesso di un diploma delle superiori), annunciò la scoperta di una notevole relazione empirica, oggi chiamata "legge di Hubble": tra la velocità di recessione e la distanza della galassia esiste una relazione lineare. Per la precisione, galassie sempre più lontane si allontanano da noi a velocità sempre maggiori!

Quando ci si trova di fronte per la prima volta a questo notevole fatto – che quasi tutte le galassie si stanno allontanando da noi, e quelle che si trovano due volte più distanti si stanno spostando a velocità doppia, eccetera – la sua implicazione sembra ovvia: *noi siamo il centro dell'universo!*

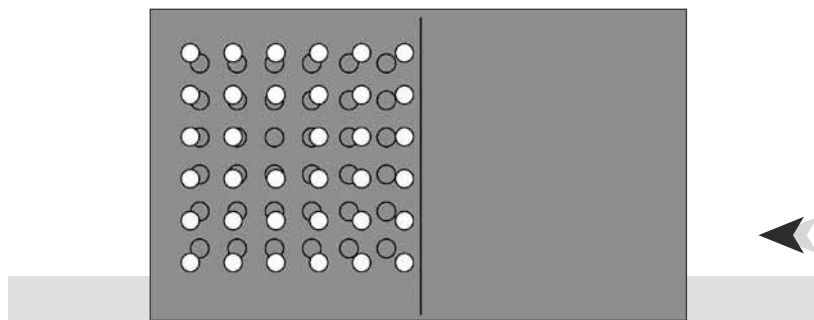
Come alcuni amici suggeriscono, mi dev'essere ricordato quotidianamente che non è così. In realtà, quel fatto era coerente proprio con la relazione prevista da Lemaitre. Il nostro universo si sta effettivamente espandendo. Ho cercato diverse volte di spiegarlo, e francamente non penso che ci sia un buon modo di farlo se non si pensa al di fuori del box – in questo caso, il box universale: per vedere le implicazioni della legge di Hubble, bisogna uscire dal miope punto di vista della nostra galassia e osservare il nostro universo dall'esterno. Mentre è difficile porsi al di fuori di un universo tridimensionale, è facile porsi al di fuori di un universo bidimensionale. Nella pagina seguente ho disegnato un universo in espansione del genere in due diversi istanti. Come potete vedere, le galassie sono molto più distanti tra loro nel secondo istante.



Ora immaginate di vivere in una delle galassie che si trovano nel secondo istante, t_2 , che indicherò con il colore bianco, nell'istante t_2 .

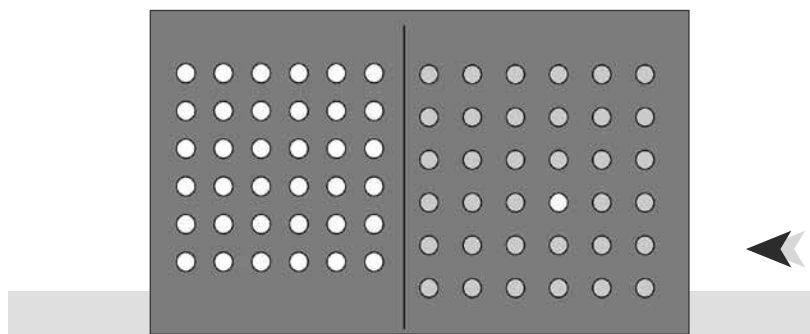


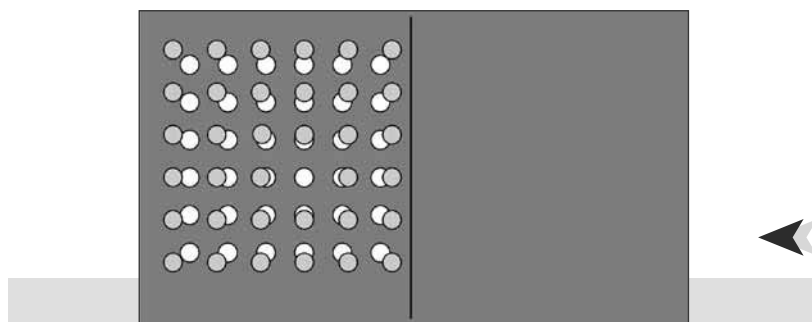
Per vedere che aspetto avrebbe l'evoluzione dell'universo dal punto di vista di questa galassia, sovrappongo semplicemente l'immagine di destra su quella di sinistra, con la galassia di colore bianco sopra.



Voilà! Dal punto di vista di questa galassia ogni altra galassia si sta allontanando e quelle che si trovano a distanza doppia si sono spostate due volte tanto nello stesso tempo, quelle che si trovano a distanza tripla si sono spostate tre volte tanto, eccetera. Non essendoci alcun margine, chi si trova sulla galassia ha l'impressione di essere al centro dell'espansione.

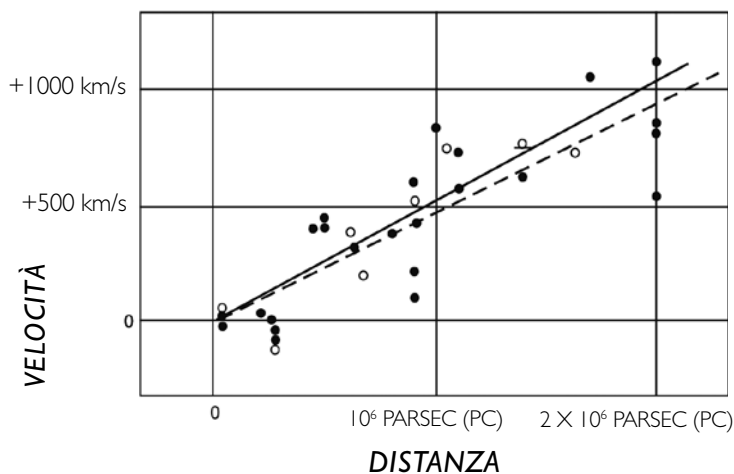
Non importa quale galassia si scelga. Prendetene un'altra e ripetete:





A seconda del vostro punto di vista, dunque, o *qualsiasi luogo* è il centro dell'universo, o *nessun luogo* lo è. Non ha importanza; la legge di Hubble è coerente con un universo in espansione.

Ora, quando Hubble e Humason nel 1929 pubblicarono per la prima volta una relazione della loro analisi, non soltanto riferirono una relazione lineare tra distanza e velocità di recessione, ma fornirono anche una stima quantitativa del tasso di espansione stesso. Questi sono i dati effettivi presentati all'epoca:



Come potete vedere, l'ipotesi di Hubble secondo cui si poteva far corrispondere una linea retta a questa serie di dati sembrava relativamente azzeccata. (È evidente che una relazione esiste, ma se una linea retta sia la corrispondenza migliore è lungi dall'essere chiaro sulla base di questi soli dati). Il valore per il tasso di espansione che essi ottennero, derivato dal diagramma, suggeriva che una galassia a un milione di parsec di distanza (tre milioni di anni-luce), ovvero la distanza media tra le galassie, si stesse allontanando da noi alla velocità di 500 km/s. Questa stima, però, non era altrettanto azzeccata.

La ragione è relativamente semplice da capire. Se oggi tutto si sta allontanando, in epoche più antiche gli oggetti erano tutti più vicini tra loro. Ora, se la gravità è una forza attrattiva, dovrebbe rallentare l'espansione dell'universo. Questo significa che la galassia che oggi vediamo allontanarsi da noi a 500 km/s, un tempo avrebbe dovuto spostarsi più velocemente.

Se anche solo per un momento, tuttavia, supponiamo che la galassia si sia sempre allontanata con quella velocità, possiamo tornare indietro e immaginare quanto tempo fa si sarebbe trovata nella stessa posizione della nostra galassia. Poiché le galassie due volte più distanti si stanno spostando a velocità doppia, andando a ritroso scopriamo che erano sovrapposte alla nostra posizione esattamente nello stesso momento. Di fatto, l'intero universo osservabile sarebbe stato sovrapposto in un unico punto, il Big Bang, in un momento che possiamo stimare in questo modo.

Una stima del genere è chiaramente un limite superiore dell'età dell'universo, perché, se le galassie una volta si fossero spostate a velocità maggiore, sarebbero arrivate dove sono oggi in un tempo inferiore rispetto a quello che questa stima suggerirebbe.

Secondo questa stima basata sull'analisi di Hubble, il Big Bang ebbe luogo approssimativamente 1,5 miliardi di anni fa. Già nel 1929, tuttavia, era evidente (tranne che per alcuni che si attenevano letteralmente alle Scritture in Tennessee, Ohio e alcuni altri stati USA) che la Terra aveva più di tre miliardi di anni.

Ora, per gli scienziati è imbarazzante scoprire che la Terra è più antica dell'universo. Ma, quel che più importa, ciò indica che nell'analisi c'è qualcosa che non va.