

Prefazione

Con questo libro Corrado Lamberti accompagna il lettore passo passo attraverso il faticoso cammino che ha portato a conoscere l'evoluzione dell'Universo da quasi 14 miliardi di anni fa fino ad oggi.

Per secoli l'uomo è stato incuriosito e affascinato dalle stelle, quei misteriosi puntini luminosi che sembravano incollati sopra una grande cupola girevole che avvolgeva la Terra. Fra queste, che mantenevano invariate le loro posizioni relative – e che perciò erano chiamate stelle fisse –, si distinguevano cinque corpi splendidi che si muovevano fra le stelle in modo complesso e perciò chiamati dai greci pianeti, che significa “stelle erranti”, oltre naturalmente ai signori del giorno e della notte – il Sole e la Luna.

Fino al XVIII secolo gli astronomi hanno cercato di capire il perché di questi moti e hanno concentrato la loro attenzione su quello che rappresentava il loro Universo, il Sistema Solare. Già gli antichi avevano capito che la sfera delle stelle fisse aveva un raggio incommensurabilmente più grande di quello entro cui si muovevano i pianeti, il Sole e la Luna, e per molti secoli la sfera delle stelle fisse era rimasta un remoto scenario.

Galileo, grazie alle sue prime osservazioni col cannocchiale, aveva capito che la fascia della Via Lattea e le altre “stelle nebulose” altro non erano che “una congerie di innumerevoli stelle riunite insieme”, ma il suo principale interesse, in conseguenza della sua scoperta dei quattro maggiori satelliti di Giove – i “pianeti medicei” –, fu quello di vedervi una conferma del sistema copernicano. Inoltre, le sue misure di posizione della nova di Keplero, apparsa nel 1604, che dimostravano che essa era molto più lontana della Luna e apparteneva alla sfera delle stelle fisse, insieme con la scoperta che la Luna ha pianure e montagne come la Terra, smentivano i dogmi aristotelici secondo cui i corpi celesti erano perfetti e immutabili e addirittura fatti di materia diversa da quella terrestre.

L'interesse e le osservazioni del cielo al di fuori del Sistema Solare diventano centrali solo nel XVIII secolo, soprattutto per merito di William Herschel, coadiuvato dalla sorella Caroline e poi dal figlio John. Le ricerche di William si concentrano sulla Via Lattea: quanto è estesa, che forma ha, qual è la posizione del Sole in essa.

Per dare una risposta a queste domande manca un dato essenziale: la conoscenza delle distanze stellari. Il metodo delle parallassi si rivela inapplicabile, le distanze sono troppo grandi per potere ottenere qualche risultato con gli strumenti di allora, e infatti la prima parallasse, cioè la prima misura diretta di una distanza stellare, la si ottenne solo un secolo dopo, nel 1838, ad opera di Friedrich Wilhelm Bessel. La soluzione più semplice che si offriva ad Herschel consisteva nell'assumere che tutte le stelle avessero lo stesso splendore intrinseco e quindi che quanto più erano deboli, tanto più erano lontane. Con questa semplice grossolana ipotesi Herschel riuscì a stabilire la forma della Via Lattea, un disco molto schiacciato su cui si addensa la maggior parte delle stelle: in questo disco il Sole sembrava occupare una posizione centrale, perché eseguendo conteggi di stelle lungo un qualsiasi raggio del disco, il numero di stelle per grado quadrato pareva crescere nella stessa misura al diminuire dello splendore. Per secoli si era ritenuto che la Terra fosse al centro

Prefazione

dell'Universo, per ragioni religiose o filosofiche, e ora di nuovo si trovava che il Sistema Solare era al centro della Via Lattea.

Allo stesso risultato giunse più di un secolo dopo Jacobus Cornelius Kapteyn, utilizzando misure molto più attendibili di distanza delle stelle. Una decina d'anni dopo, fu Harlow Shapley, studiando la distribuzione degli ammassi globulari, invece di quella delle singole stelle, a ribaltare questa visione, scoprendo che il Sole occupa una posizione periferica. Ma la stessa causa che aveva tratto in errore Herschel, e poi Kapteyn, fece sovrastimare a Shapley la distanza del Sole dal centro della Via Lattea: la causa era l'ignoranza dell'esistenza delle polveri interstellari, scoperte solo nel 1930 dallo svizzero Trumpler.

Nel decennio che va dal 1920 al 1930 vengono avviate le esplorazioni che porteranno alla nascita della cosmologia osservativa. Con quello che è stato il primo grande telescopio moderno – il 2,5 metri di Monte Wilson, in California – ci si comincia a chiedere se la Via Lattea abbraccia tutto l'Universo, e se le “nebulose bianche” sono anch'esse immensi continenti stellari come la Via Lattea, oppure nubi di gas e polveri facenti parte della nostra Galassia.

Già dall'inizio del XIX secolo si aveva a disposizione la tecnologia necessaria per rispondere a domande sulla natura fisica delle stelle e delle nebulose – la spettroscopia –, ma solo il grande telescopio di Monte Wilson permetterà di ottenere spettri di oggetti così deboli come le nebulose. E gli spettri rivelano che ci sono due tipi di nebulose: quelle come la Via Lattea, formate da un enorme numero di stelle, e quelle che invece sono soltanto nubi di gas rarefatto.

Intanto, un'altra fondamentale scoperta, necessaria per stimare le distanze delle nebulose, è stata fatta da Henrietta Leavitt. Le stelle variabili di una data classe, quella delle Cefeidi, hanno l'importante proprietà che il loro splendore intrinseco è tanto maggiore quanto più lungo è il periodo di variabilità, cioè l'intervallo temporale che intercorre fra due massimi di splendore. Se in una nebulosa è presente una Cefeide, misurandone le variazioni luminose, e quindi il periodo, potremo risalire al suo splendore assoluto e, conoscendo dalle misure quello apparente, anche alla distanza.

Gli anglosassoni definiscono *serendipity* una scoperta del tutto inaspettata, quando si cerca una cosa e se ne trova un'altra. Le osservazioni degli spettri delle nebulose dovevano chiarire qual era la loro natura fisica, ma oltre a ciò si scopre che le “nebulose extragalattiche”, chiamate anche “universi-isole” e infine “galassie”, hanno spettri indicanti forti spostamenti verso il rosso di tutte le righe spettrali, che interpretate come effetto Doppler indicano che stanno tutte allontanandosi da noi a velocità di migliaia o anche decine di migliaia di km/s. Ma non soltanto: le velocità di allontanamento crescono proporzionalmente alla loro distanza: $V = H \cdot d$ è la famosa legge di Hubble, dove V è la velocità di allontanamento, d la distanza e H la costante di Hubble.

Queste osservazioni indicano che lo spazio in cui sono immerse le galassie si sta espandendo a una velocità tanto maggiore quanto maggiore è H . La conseguenza più immediata di queste osservazioni è che ci fu un tempo, tanto più remoto quanto più piccola è H , in cui tutto l'Universo osservabile, che si estende per miliardi di anni luce, doveva essere compresso in un punto a temperature e densità praticamente infinite. Questo istante, generalmente detto l'istante di inizio dell'Universo, è soltanto l'inizio dell'Universo osservabile. Così pure si parla comunemente del Big Bang e della fuga delle galassie, inducendo l'idea che si sia

Prefazione

verificata una grande esplosione che avrebbe scaraventato le galassie in tutte le direzioni. È una rappresentazione sbagliata: non sono le galassie che fuggono, ma è lo spazio che si espande e ciò spiega perché ci sembra che le galassie si allontanino a velocità proporzionali alla loro distanza. Se a una certa epoca t_1 la galassia A si trova a distanza d e la galassia B alla distanza d' e al tempo t_2 la scala dell'Universo si è raddoppiata, tutte le distanze saranno raddoppiate, anche quelle delle due galassie; perciò sembrerà che la galassia A abbia velocità $d/(t_2-t_1)$ e la galassia B velocità $d'/(t_2-t_1)$, proporzionali alla distanza. Lo spostamento verso il rosso, comunemente interpretato come un effetto Doppler, indica in realtà che anche la lunghezza d'onda della radiazione, come tutte le lunghezze, viene stirata dall'espansione dello spazio.

Le prime misure della costante di Hubble davano per H un valore superiore a 500 km/s ogni 3,26 milioni di anni luce, da cui seguiva che l'età dell'Universo era di 2 miliardi di anni, un risultato assurdo perché in tal caso la Terra sarebbe molto più vecchia dell'Universo! Quel valore di H si basava su misure sbagliate delle distanze, dovute a errori nell'assunzione dello splendore assoluto delle Cefeidi. Successive correzioni nella misura delle distanze hanno portato il valore di H a 200, poi a 100, infine al valore oggi accettato di circa 70, cosicché il tempo trascorso dal Big Bang è compreso fra 13,6 e 13,7 miliardi di anni, con un'incertezza di solo 100 milioni di anni. Soltanto una trentina di anni fa si stimava che l'età dell'Universo fosse compresa fra 10 e 20 miliardi di anni.

Dall'osservazione dell'espansione dell'Universo prendono le mosse le cosmologie moderne, con due modelli contrapposti: quello dell'Universo evolutivo, originato dal Big Bang, e quello dell'Universo stazionario, in cui la densità resta costante malgrado l'espansione perché si ipotizza che l'energia di espansione si trasformi in creazione di materia, conseguenza dell'equivalenza fra massa ed energia. Nel primo caso, l'Universo ha avuto un inizio ad altissime temperature, di cui si dovrebbero oggi osservare le conseguenze, mentre nel secondo caso non c'è mai stata una fase calda. La scoperta della radiazione fossile ad opera di Penzias e Wilson, nel 1965, e poi le successive sempre più dettagliate osservazioni dallo spazio col satellite COBE, il pallone stratosferico BOOMERanG, i satelliti WMAP e per ultimo Planck, ci hanno fornito l'immagine dell'Universo bambino, all'epoca cosmica di circa 400mila anni dopo il Big Bang, e con essa la prova definitiva a favore del modello evolutivo.

Oggi siamo in grado di ricostruire quello che è avvenuto nei primi 400mila anni, quando la materia era sotto forma di plasma, con i fotoni in moto zigzagante da una particella carica all'altra, senza potersi propagare per arrivare fino a noi a mostrarci l'immagine dell'Universo primordiale. Ma dalla temperatura e densità medie dell'Universo odierno possiamo ricostruire le condizioni dell'Universo primordiale, con la formazione di protoni e neutroni in cui sono imprigionati i quark, le reazioni nucleari che sintetizzano l'idrogeno pesante, due isotopi dell'elio e una piccola frazione di litio; possiamo avere una conferma della giustezza dei nostri calcoli confrontando le abbondanze cosmiche osservate con quelle calcolate per questi elementi e infine, dalle strutture osservate dell'Universo bambino, possiamo risalire alla composizione dell'Universo: solo un misero 4-5% per la materia normale, quella di cui siamo fatti noi e tutto ciò che ci circonda, un 24-25% di materia oscura, che non sappiamo cosa sia, che non emette alcun tipo di radiazione, ma fa sentire la sua presenza nell'Universo con la forza gravitazionale che esercita, e

Prefazione

un 70-72% dell'ancor più misteriosa energia oscura, che sarebbe responsabile dell'accelerazione dell'espansione.

Un Universo che, entro l'ordine degli errori di osservazione, dovrebbe essere un Universo euclideo, piano, in cui la somma degli angoli di un triangolo è uguale a 180° , e non curvo e chiuso, come l'analogo tridimensionale della superficie di una sfera, su cui la somma degli angoli interni di un triangolo supera 180° , e nemmeno curvo e aperto come l'analogo della superficie di un iperboloide, su cui la somma degli angoli di un triangolo è minore di 180° .

Questo libro racconta la storia completa dei passi compiuti verso una sempre più completa comprensione dell'Universo, degli errori fatti, delle trappole contenute in quello che Galileo chiamava il grande libro della Natura, come l'illusione dei nostri sensi che sia la volta celeste a ruotare attorno a noi, o il Sole a ruotare attorno alla Terra, come l'invisibile presenza delle polveri interstellari, che ci faceva credere di essere al centro della Galassia; è anche una storia degli astronomi che hanno contribuito a questa grande impresa, della loro umanità.

Gli argomenti sono espressi con grande chiarezza e semplicità, anche in quelle parti più difficili e più lontane dal nostro senso comune che caratterizzano le ricerche cosmologiche odierne, nonché in quelle riguardanti i grandi interrogativi che sono la materia oscura e l'energia oscura.

È un libro che gli studenti dei licei dovrebbero leggere, non solo per acquisire la conoscenza delle idee più recenti sull'Universo, ma anche per toccare con mano come la fisica, scienza sperimentale, possa e debba essere impiegata per spiegare le osservazioni astronomiche.

Margherita Hack
febbraio 2011

Prologo

C'è una pulce annidata tra i peli del mio gatto, una pulce curiosa e megalomane, che si è messa in testa l'idea di indagare su chi, quando, come e perché edificò le maestose rovine del Machu Picchu. Tanta stolida arroganza mi fa solo sorridere.

Eppure, a ben pensarci, avrebbe più motivi lei, la fastidiosa *Ctenocephalides*, di sghignazzare beffarda di me e della mia arroganza. Non ho forse io, uomo, la goffa pretesa di raccontare in questo libro l'origine e l'evoluzione dell'Universo? In fondo, il Machu Picchu dista dalla pulce solo 6 miliardi di volte la lunghezza del suo corpo, mentre se io provassi ad allineare 6 miliardi di corpi come il mio, messi in fila uno dietro l'altro come i grani di un rosario – e dovrei impegnare nell'operazione tutti gli abitanti del mondo –, non giungerei neppure a Venere o a Marte, che sono i pianeti più vicini. E, pensate un po', noi uomini abbiamo la presunzione di indagare l'intero Universo!

Occorrerebbe una catena di novemila miliardi di corpi umani per spingerci fino al confine esterno dei pianeti che circondano il Sole, e ci troveremmo ancora sull'uscio di casa. Perché il Sistema Solare è sconsolatamente piccolo al cospetto non dico dell'Universo, ma anche solo della nostra Galassia. Per arrivare alla stella più vicina, dovremmo sistemare in fila la bellezza di 220mila miliardi di corpi umani e ce ne servirebbero 150 miliardi di miliardi per approdare al centro della Via Lattea.

Né, qui giunti, saremmo andati molto lontano. Abbiamo appena mosso qualche passo fuori casa; ci siamo lasciati alle spalle il nostro quartiere e ora ci troviamo nel centro della nostra città, o meglio della nostra "isola", che è l'immagine solitamente usata per indicare le galassie che popolano l'Universo: di galassie se ne contano a miliardi, distanti l'una dall'altra milioni di anni luce. Una sterminata distesa di isolotti sparsi alla rinfusa in quel vasto oceano che è il Cosmo.

Per raggiungere la galassia vicina più simile alla nostra, quella che gli astronomi chiamano M31 e che possiamo scorgere anche a occhio nudo nella costellazione d'Andromeda, dobbiamo percorrere un tragitto che è quasi cento volte più lungo di quello che ci ha portati nel centro della Via Lattea. E quando finalmente fossimo su M31 avremmo compiuto solo il primo timido passo d'avvicinamento al mondo delle galassie: per attraversare l'intero Universo osservabile dovremmo infatti affrontare un cammino ancora migliaia e migliaia di volte maggiore.

La malefica sifonattera ha dunque le sue buone ragioni per deridere gli uomini. Se il mio micio decidesse di trasferirsi in Perú, con una giornata di volo aereo e un'altra di trasferimento in quota sulle Ande attorno a Cuzco porterebbe la sua ospite a visitare i siti che tanto l'appassionano. Due giorni soltanto. Noi umani, invece, con il veicolo spaziale più veloce che abbiamo mai costruito, in due giorni saremmo in grado di percorrere non più di 3 milioni di chilometri, la distanza che la luce copre in 10 secondi. Allo stato delle cose, le nostre speranze di andare a visitare personalmente Proxima Centauri, la stella più vicina al Sole, distante solo 4 anni luce, sono praticamente nulle. Se anche potessimo moltiplicare per 100 la velocità di crociera delle nostre astronavi ci occorrerebbero 7 secoli per giungere alla meta. Non facciamoci illusioni: siamo prigionieri di uno spazio angusto, al di fuori del quale non abbiamo speranza di mettere piede. Almeno per il momento. Su Proxima Centauri, se partissimo adesso, potrebbero semmai approdare i nostri pronipoti della trentesima generazione.

A proposito di generazioni, il Machu Picchu venne edificato seimila generazioni di

Prologo

pulci fa. E le pulci c'erano già allora. L'*homo sapiens sapiens*, l'uomo moderno, è comparso circa seimila generazioni umane fa. L'Universo ha un'età centomila volte maggiore, eppure noi abbiamo la presunzione di raccontarne tutta l'evoluzione passata, risalendo fino a epoche tanto lontane che non erano stati ancora generati neppure gli elementi chimici che ci costituiscono e che sono essenziali per la nostra sopravvivenza. Insomma, anche il confronto temporale con l'insetto parassita sembrerebbe giocare a nostro sfavore.

Eppure, noi, piccole pulci cosmiche, annidate su un minuscolo pianeta, un giorno riusciremo a vincere la scommessa di raccontare per intero e nel dettaglio la storia dell'Universo sconfinato che ci ospita.

La nostra forza è l'intelligenza, quella strana e prodigiosa facoltà che solo noi abbiamo, qui sulla Terra, di incuriosirci di tutto ciò che ci circonda, di voler conoscere e capire, di entrare nei complessi meccanismi che plasmano il mondo per ricostruirne la storia passata e prevederne quella futura, con l'intenzione di intervenire attivamente nei processi naturali per piegarli ai nostri fini. L'intelligenza ci ha reso abili, pratici, efficienti, anche se l'abilità non sempre è illuminata dall'intelligenza. Molto spesso operiamo male, sollecitati da impellenze che mal governiamo, da egoismi di classe sociale, o nazionali, che non tengono nel dovuto conto l'interesse generale della specie. Ma un giorno riusciremo a darci forme politiche di controllo e di comando che supereranno gli orizzonti spaziali e temporali angusti entro cui ancora oggi ragioniamo e operiamo. Solo allora potremo dire d'aver dispiegato tutto il potenziale della nostra mente. Ce la faremo? Sì, perché siamo esseri intelligenti.

Studiare l'Universo, sforzarsi di capirlo, stimola a muoversi in quella direzione. Quando ci si confronta con le smisurate dimensioni spazio-temporali della scena cosmica in cui siamo attori, da un lato si coglie la nostra piccolezza materiale, dall'altro si può pienamente apprezzare il valore grandioso di quel dono che la Natura ci ha fatto, l'intelligenza.

Per quel che ne sappiamo, non esistono altri esseri intelligenti nella Galassia. Nulla vieta che esistano, anche molto più intelligenti di noi, e personalmente sono propenso a pensare che sia così. Ma finché non ne avremo una prova certa, dobbiamo pensare che solo a noi uomini del pianeta Terra sia stata concessa questa formidabile prerogativa e allora guai a non farne tesoro, anzitutto per riflettere sull'Universo, che poi significa riflettere su noi stessi, sul nostro valore, sul senso da dare alla storia della nostra specie. Non si può essere uomini, degni di questo nome, senza essere anche un po' cosmologi.

Del resto, non c'è cultura umana che, nel passato, non abbia avvertito lo stretto legame che c'è tra l'uomo e il cielo e che, attraverso i suoi filosofi, non si sia sforzata di attribuire una dimensione cosmica al nostro essere uomini. Il cosmologo è il filosofo della natura dei giorni nostri, dell'epoca in cui il cielo può essere non solo cantato dai poeti, invocato dai sacerdoti, contemplato con stupore o scrutato con inquietudine, ma anche, finalmente, indagato con razionalità, misurato e oggettivamente compreso dalla scienza.

Ecco dunque il senso di questo libro: raccontare le conquiste della cosmologia nel modo più piano possibile, per favorire l'approccio all'argomento di quanti non abbiano specifiche conoscenze fisiche e astronomiche, acquisite attraverso studi superiori.

Divulgare la scienza è difficile. La cosmologia, poi, presenta aspetti altamente tecnici che mettono a dura prova le qualità del divulgatore. Mi sforzerò di rendere

Prologo

i concetti il più possibile intuitivi, affinché il lettore possa coglierne almeno il senso generale, se non anche il loro significato fisico e matematico. Talvolta ricorrerò a esemplificazioni che al purista del linguaggio scientifico faranno storcere il naso, ma non esagererò in questo esercizio, ricercando il giusto equilibrio fra rigore e divulgazione, e comunque evitando che la semplificazione scivoli nella banalizzazione. Quando si renderà indispensabile, introdurrò anche qualche equazione e box d'approfondimento che però non richiedano conoscenze matematiche superiori a quelle di uno studente di liceo: questo perché il linguaggio della matematica ha una concretezza, oltre che un'elegante compattezza, che la lingua parlata non può neppure sognarsi di avvicinare.

Se, chiudendo l'ultima pagina, il lettore sarà un poco più conscio della propria dimensione cosmica, se gli capiterà di riflettere come non aveva mai fatto prima sulla storia degli uomini, inquadrandola nel contesto della storia dell'Universo, se gli si saranno spalancati davanti nuovi sconfinati orizzonti da esplorare, allora lo scopo del libro sarà stato raggiunto.

Se poi anche uno solo dei miei giovani lettori, stimolato da queste pagine, deciderà di intraprendere gli studi di fisica e la carriera del ricercatore astrofisico, allora la gratificazione per l'autore sarà massima. Ci sarà un cervello in più ad alimentare l'intelligenza collettiva della specie e tutti noi gli saremo grati per quanto egli contribuirà ad aprirci la mente, elevandoci dalla misera condizione di povere piccole pulci che non sanno guardare al di là di quattro peli di gatto.

Corrado Lamberti
cor.lamberti@virgilio.it
febbraio 2011

Capire l'Universo

L'appassionante avventura della cosmologia

Lamberti, C.

2011, X, 190 pagg. 86 figg., 1 figg. a colori., Softcover

ISBN: 978-88-470-1967-6