

Michio Kaku

Mondi paralleli

*Un viaggio attraverso la creazione,
le dimensioni superiori e il futuro del cosmo*

Traduzione di Andrea Migliori



Michio Kaku
Mondi paralleli

Un viaggio attraverso la creazione, le dimensioni superiori e il futuro del cosmo

Progetto grafico: Gaetano Cassini/Passages

Coordinamento produttivo: Progedit & Consulting, Torino

Copyright © 2005 by Michio Kaku
All rights reserved
Printed in the United States of America
First edition, January 2005

Michio Kaku
Parallel Worlds
A Journey Through Creation, Higher Dimensions, And the Future of the Cosmos

© 2006 Codice edizioni, Torino

ISBN 88-7578-054-4

Tutti i diritti sono riservati.
Per le riproduzioni grafiche e fotografiche appartenenti alla proprietà di terzi
inserite in quest'opera, l'Editore è a disposizione degli aventi diritto,
nonché per eventuali non volute omissioni e/o errori di attribuzione
nei riferimenti bibliografici.

Questo libro è dedicato alla mia amata moglie, Shizue

Indice

ix	Ringraziamenti
xiii	Prefazione
3	Parte I. L'universo
	<i>Capitolo 1</i>
5	Immagini dell'universo da piccolo
	<i>Capitolo 2</i>
25	L'universo paradossale
	<i>Capitolo 3</i>
49	Il Big Bang
	<i>Capitolo 4</i>
83	Inflazione e universi paralleli
119	Parte II. Il multiverso
	<i>Capitolo 5</i>
121	I portali dimensionali e il viaggio nel tempo
	<i>Capitolo 6</i>
159	Universi quantistici paralleli
	<i>Capitolo 7</i>
197	La teoria M: la madre di tutte le stringhe

	<i>Capitolo 8</i>
263	Un universo su misura?
	<i>Capitolo 9</i>
281	Alla ricerca degli echi dell'undicesima dimensione
313	Parte III. Fuga nell'iperspazio
	<i>Capitolo 10</i>
315	La fine di tutto
	<i>Capitolo 11</i>
333	Fuga dall'universo
	<i>Capitolo 12</i>
375	Oltre il multiverso
397	Glossario
413	Bibliografia

Ringraziamenti

Desidero ringraziare gli scienziati che sono stati così gentili da concedermi un po' del loro tempo per un'intervista. I loro commenti, le loro osservazioni e le loro idee hanno arricchito enormemente questo libro, contribuendo ad aumentarne la profondità e la chiarezza.

- Steven Weinberg, premio Nobel, Università del Texas ad Austin
- Murray Gell-Mann, premio Nobel, Santa Fe Institute e California Institute of Technology
- Leon Lederman, premio Nobel, Illinois Institute of Technology
- Joseph Rotblat, premio Nobel, St. Bartholomew's Hospital († 2005)
- Walter Gilbert, premio Nobel, Harvard University
- Henry Kendall, premio Nobel, Massachusetts Institute of Technology († 1999)
- Alan Guth, fisico, Massachusetts Institute of Technology
- sir Martin Rees, Royal Astronomer, Cambridge University
- Freeman Dyson, fisico, Institute for Advanced Study, Princeton University
- John Schwarz, fisico, California Institute of Technology
- Lisa Randall, fisica, Harvard University
- J. Richard Gott III, fisico, Princeton University
- Neil de Grasse Tyson, astronomo, Princeton University e Hayden Planetarium
- Paul Davies, fisico, Università di Adelaide
- Ken Croswell, astronomo, Università della California a Berkeley
- Don Goldsmith, astronomo, Università della California a Berkeley
- Brian Greene, fisico, Columbia University
- Cumrun Vafa, fisico, Harvard University

- Stuart Samuel, fisico, Università della California a Berkeley
- Carl Sagan, astronomo, Cornell University († 1996)
- Daniel Greenberger, fisico, City College of New York
- V.P. Nair, fisico, City College of New York
- Robert P. Kirshner, astronomo, Harvard University
- Peter D. Ward, geologo, Università di Washington
- John Barrow, astronomo, Università del Sussex
- Marcia Bartusiak, giornalista scientifica, Massachusetts Institute of Technology
- John Casti, fisico, Santa Fe Institute
- Timothy Ferris, giornalista scientifico
- Michael Lemonick, scrittore scientifico, “Time”
- Fulvio Melia, astronomo, Università dell’Arizona
- John Horgan, giornalista scientifico
- Richard Muller, fisico, Università della California a Berkeley
- Lawrence Krauss, fisico, Case Western Reserve University
- Ted Taylor, esperto di armamenti nucleari
- Philip Morrison, fisico, Massachusetts Institute of Technology
- Hans Moravec, esperto di robotica, Carnegie Mellon University
- Rodney Brooks, informatico, Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Technology
- Donna Shirley, astrofisica, Jet Propulsion Laboratory
- Dan Wertheimer, astronomo, SETI@home, Università della California a Berkeley
- Paul Hoffman, giornalista scientifico, “Discover”
- Francis Everitt, fisico, Gravity Probe B, Stanford University
- Sidney Perkowitz, fisico, Emory University

Desidero inoltre ringraziare quegli scienziati che, con stimolanti discussioni di fisica, hanno largamente contribuito, nel corso degli anni, ad affinare il contenuto di questo libro:

- T.D. Lee, premio Nobel, Columbia University
- Sheldon Glashow, premio Nobel, Harvard University
- Richard Feynman, premio Nobel, California Institute of Technology († 1988)
- Edward Witten, fisico, Institute for Advanced Study, Princeton University

- Joseph Lykken, fisico, Fermilab
- David Gross, fisico, Kavli Institute, Santa Barbara
- Frank Wilczek, fisico, Università della California a Santa Barbara
- Paul Townsend, fisico, Cambridge University
- Peter Van Nieuwenhuizen, fisico, State University di New York, Stony Brook
- Miguel Virasoro, fisico, Università di Roma
- Bunji Sakita, fisico, City College of New York († 2002)
- Ashok Das, fisico, Università di Rochester
- Robert Marshak, fisico, City College of New York († 1992)
- Frank Tipler, fisico, Tulane University
- Edward Tryon, fisico, Hunter College
- Mitchell Begelman, astronomo, University del Colorado

Ringrazio Ken Crowell per i numerosi commenti a questo libro. Ringrazio inoltre il mio editor, Roger Scholl, che ha curato magistralmente due dei miei lavori. La sua mano sicura li ha migliorati tantissimo, e i suoi commenti hanno sempre aiutato a chiarirne e ad approfondirne il contenuto. Infine, desidero ringraziare il mio agente, Stuart Krichevsky, per essersi occupato dei miei libri in tutti questi anni.

Prefazione

La cosmologia studia l'universo nel suo insieme, dalla sua nascita fino a quello che sarà, forse, il suo destino finale. Non bisogna sorprendersi che essa abbia subito molte trasformazioni nel corso della sua lenta e penosa evoluzione – un'evoluzione spesso offuscata dai dogmi religiosi e dalla superstizione.

La prima rivoluzione nella cosmologia fu annunciata dall'introduzione, nel Seicento, del telescopio. Servendosi del telescopio e partendo dall'opera dei grandi astronomi Niccolò Copernico e Giovanni Keplero, Galileo riuscì per la prima volta a rendere accessibile lo splendore dei cieli a un'investigazione scientifica seria. I progressi di questo primo stadio culminarono nell'opera di Isaac Newton, che enunciò una volta per tutte le leggi fondamentali che governano il moto dei corpi celesti. Invece che alla magia e al misticismo, questi ultimi sembravano obbedire ora a forze calcolabili e riproducibili.

Una seconda rivoluzione fu scatenata dall'introduzione dei grandi telescopi del xx secolo, come quello di Mount Wilson con il suo enorme riflettore da due metri e mezzo. Negli anni Venti l'astronomo Edwin Hubble si servì di questo telescopio gigantesco per rovesciare il dogma plurisecolare secondo il quale l'universo era statico ed eterno, dimostrando che le galassie celesti si allontanano dalla Terra a velocità spaventose – in altre parole, che l'universo si sta espandendo. Era una conferma dei risultati della teoria einsteiniana della relatività generale, nella quale l'architettura dello spazio-tempo è dinamica e curva, anziché essere piatta e lineare. Ciò, inoltre, dava la prima spiegazione possibile dell'origine dell'universo, affermando che quest'ultimo aveva avuto inizio da un'esplosione catastrofica chiamata "Big Bang", che proiettò con violenza nello spazio le stelle e le galassie. Dal lavoro d'avanguardia di George Gamow e dei

suoi colleghi sulla teoria del Big Bang, e di Fred Hoyle sull'origine degli elementi, emerse un'impalcatura grazie alla quale era possibile definire a grandi linee l'evoluzione dell'universo.

La terza rivoluzione è in corso. Ha solo cinque anni, ed è stata annunciata da una schiera di nuovi strumenti ad alta tecnologia: satelliti spaziali, laser, rivelatori di onde gravitazionali, telescopi a raggi X e supercalcolatori ultraveloci. Possediamo ora i dati più autorevoli mai esistiti sulla natura dell'universo, tra cui la sua età, la sua composizione, e forse anche il suo futuro e la sua morte.

Gli astronomi si sono resi conto che l'universo si sta espandendo sempre più rapidamente, e che si sta raffreddando con il passare del tempo. Se continuerà così ci attende il "Big Freeze", il grande gelo, quando l'universo si ritroverà immerso nell'oscurità e nel freddo e ogni forma di vita intelligente si estinguerà.

Questo libro parla di questa terza grande rivoluzione. Esso si discosta dai miei precedenti libri di fisica, *Oltre Einstein* e *Iperspazio*, che sono serviti a presentare al grande pubblico i concetti nuovi di dimensioni superiori e di teoria delle supercorde. In *Mondi paralleli*, invece di focalizzare l'attenzione sullo spazio-tempo, mi concentrerò sugli sviluppi rivoluzionari della cosmologia di questi ultimi anni, che si basano sui nuovi risultati sperimentali provenienti dai laboratori di tutto il mondo e dalle frontiere più remote dello spazio, e sui grandi progressi compiuti dalla fisica teorica. Il mio obiettivo è di rendere tutto ciò leggibile e comprensibile anche a chi non possiede alcuna nozione di fisica e di cosmologia.

Nella Parte I del libro ho concentrato la mia attenzione sullo studio dell'universo, riassumendo i progressi fatti agli albori della cosmologia fino al loro culmine, la teoria detta "dell'inflazione" che ci fornisce la formulazione più attuale della teoria del Big Bang. Nella Parte II mi sono dedicato più specificamente alla teoria emergente del multiverso – un mondo composto da universi molteplici, uno dei quali è il nostro – discutendo la possibilità dell'esistenza di *wormholes* e di distorsioni spazio-temporali (*warp*), e di come le dimensioni superiori potrebbero connettere tra di loro gli universi. La teoria delle supercorde e la teoria M ci hanno fatto fare il primo grande passo al di là della teoria originale di Einstein; esse ci forniscono prove ulteriori del fatto che il nostro universo potrebbe non essere che uno tra tanti. Infine, nella Parte III, mi sono occupato del Big

Freeze e di come gli scienziati immaginano la fine del nostro universo. Ho descritto inoltre, in maniera seria anche se speculativa, in che modo una civiltà avanzata di un futuro remoto potrebbe, tra trilioni di anni, utilizzare le leggi della fisica per lasciare il nostro universo ed entrare in un altro più ospitale – dando così origine a un processo di rinascita – o per tornare indietro nel tempo quando l'universo era più caldo.

Grazie alla mole di nuovi dati in arrivo, a strumenti come i satelliti spaziali capaci di perlustrare i cieli, ai rivelatori di onde gravitazionali, e ad acceleratori di particelle grandi come città ormai quasi pronti a entrare in funzione, i fisici hanno la sensazione che quella che sta per cominciare potrebbe essere l'età dell'oro della cosmologia. In poche parole, è un grande momento per essere un fisico e per affrontare il viaggio verso la comprensione delle nostre origini e del destino dell'universo.

Mondi paralleli

Parte I. L'universo

Immagini dell'universo da piccolo

Il poeta non chiede che di poter far entrare la propria testa nei cieli. È il logico che cerca di far entrare i cieli nella propria testa. Ed è la sua testa che si spacca.

G.K. CHESTERTON

Quando ero bambino mi trovai ad affrontare un conflitto interiore sulla mia fede religiosa. I miei parenti erano stati educati secondo la tradizione buddista. Io, però, frequentavo ogni settimana il catechismo domenicale: amavo ascoltare le storie bibliche che parlavano di balene, arche, statue di sale, costole e mele. I racconti dell'Antico Testamento mi affascinavano, ed erano la parte del catechismo che preferivo. Trovavo che le storie di devastanti diluvi, roveti ardenti e mari che si separavano fossero molto più eccitanti della meditazione e delle cantilene buddiste. In realtà quegli antichi racconti di eroismo e di tragedia illustravano con chiarezza profonde lezioni morali, che non mi hanno mai abbandonato.

Un giorno, al catechismo domenicale, stavamo studiando la Genesi. Leggere di Dio che tuona dai cieli: «Sia fatta la luce!» suonava molto più drammatico che meditare in silenzio sul nirvana. Spinto da una curiosità innocente chiesi alla mia insegnante: «Dio aveva una madre?». Solitamente le sue risposte erano rapide, e offrivano un insegnamento morale profondo. Quella volta, tuttavia, ella fu colta alla sprovvista. No, rispose esitando, probabilmente Dio non aveva una madre. «Ma allora da dove veniva?», chiesi. Lei borbottò che avrebbe dovuto discutere della cosa con il sacerdote.

Non mi ero accorto di essermi imbattuto in uno dei grandi interrogativi della teologia. Ero perplesso, perché nel buddismo non esiste alcun Dio, ma solo un universo senza tempo, senza principio né fine. In seguito, quando cominciai a studiare le grandi mitologie del mondo intero, imparai che nella religione vi sono due tipi di co-

smologie: la prima, basata su un singolo istante in cui Dio ha creato l'universo, e l'altra basata sull'idea che l'universo è sempre esistito ed esisterà per sempre.

Non possono essere entrambe giuste, pensavo.

Scoprii poi che si tratta di temi comuni a molte culture. Nella mitologia cinese, ad esempio, in principio vi era l'uovo cosmico. Il dio bambino P'an Ku aveva vissuto per quasi un'eternità dentro l'uovo, che galleggiava su un mare informe di Caos. Quando finalmente l'uovo si schiuse, P'an Ku crebbe enormemente, più di due metri al giorno, cosicché la metà superiore del guscio dell'uovo divenne il cielo, e quella inferiore la Terra. Dopo 18 000 anni egli morì per dare origine al nostro mondo: dal suo sangue nacquero i fiumi, i suoi occhi divennero il Sole e la Luna, e la sua voce il tuono.

Il mito di P'an Ku riflette per molti aspetti un tema presente in molte altre religioni e mitologie antiche, vale a dire l'idea che l'universo cominciò a esistere per *creatio ex nihilo* (creato dal nulla). Nella mitologia greca l'universo cominciò in uno stato di Caos (in effetti la parola "caos" deriva dal greco, e significa "abisso"). Tale vuoto privo di tratti distintivi viene spesso descritto come un oceano, ad esempio nella mitologia babilonese e in quella giapponese. Lo stesso tema appare nell'antica mitologia egizia, dove il dio del sole Ra emergeva da un uovo galleggiante. Nei miti polinesiani l'uovo cosmico è rimpiazzato da una noce di cocco. I Maya credevano a una variante di questa storia, secondo la quale l'universo nasce e muore nell'arco di 5000 anni, per risorgere in un ciclo eterno di nascita e distruzione.

Tali miti di *creatio ex nihilo* sono in netto contrasto con la cosmologia del buddismo e di certe forme di induismo. Nelle loro mitologie l'universo è senza tempo, non ha inizio né fine. Ci sono molti livelli di esistenza, il più alto dei quali è il nirvana, che è eterno e può essere raggiunto solamente attraverso la forma più pura di meditazione. È scritto nel *Mahapurana* indù: «Se Dio ha creato il mondo, dov'era Lui prima della creazione? [...]. Sappi che il mondo non è creato e, come il tempo, non ha inizio né fine».

Si tratta di mitologie che si contraddicono reciprocamente, e che non sembrano conciliabili. Esse si escludono a vicenda: o l'universo ha avuto un inizio, o non ce l'ha avuto. Apparentemente, non ci sono vie di mezzo.

Oggi, tuttavia, si direbbe che da una direzione totalmente nuova – il mondo della scienza – stia emergendo una soluzione, come risultato di una nuova generazione di potenti strumenti scientifici che solcano lo spazio. La mitologia antica si affidava alla saggezza dei narratori di storie per spiegare le origini del nostro mondo. Oggi, gli scienziati stanno schierando una serie di satelliti spaziali, laser, rivelatori di onde gravitazionali, interferometri, computer superveloci, cui si aggiunge internet: tutto ciò sta rivoluzionando la nostra comprensione dell'universo e fornendoci la descrizione più convincente che sia mai stata data della sua creazione.

Ciò che sta emergendo lentamente dai dati è una grande sintesi di queste due mitologie opposte. Forse, pensano gli scienziati, la genesi ha luogo ripetutamente in un oceano di nirvana senza tempo. In questa nuova descrizione il nostro universo può essere paragonato a una bolla che galleggia su un "oceano" molto più vasto, sul quale nuove bolle si formano in continuazione. Secondo questa teoria vengono creati incessantemente nuovi universi, analogamente alle bolle che si formano nell'acqua in ebollizione, e fluttuano in un'arena molto più grande, il nirvana dell'iperspazio a undici dimensioni. Un numero di fisici sempre più grande suggerisce che il nostro universo nacque effettivamente da un cataclisma di fuoco, il Big Bang, ma che anche esso coesiste con altri universi, in un oceano eterno. Se è veramente così, stanno avvenendo dei Big Bang proprio mentre state leggendo questa frase.

I fisici e gli astronomi di tutto il mondo stanno riflettendo sull'aspetto che potrebbero avere questi mondi paralleli, sulle leggi alle quali potrebbero obbedire, su come siano nati e su come possano infine morire. Forse questi mondi paralleli sono sterili, privi degli ingredienti fondamentali della vita. O forse assomigliano semplicemente al nostro universo, separati da un singolo evento quantistico che li ha fatti divergere da quest'ultimo. E qualche fisico sta pensando che forse un giorno, se l'invecchiamento e il raffreddamento del nostro universo renderà impossibile continuare a viverci, saremo costretti ad abbandonarlo e a rifugiarci in un altro universo.

Il motore che spinge queste nuove teorie è l'enorme quantità di dati generata dai nostri satelliti, che fotografano i resti della creazione stessa. È straordinario come gli scienziati si stiano avvicinando a quanto accadde solamente 380 000 anni dopo il Big Bang, quando

l'ultimo bagliore della creazione riempì per la prima volta l'universo. Forse l'immagine più convincente di questa radiazione proveniente dalla creazione ci sta giungendo da un nuovo strumento, il satellite WMAP.

Il satellite WMAP

«Incredibile!», «Una pietra miliare!», furono alcune delle parole pronunciate nel febbraio 2003 da astrofisici solitamente poco espansivi nel descrivere i preziosissimi dati raccolti dal loro ultimo satellite. WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), il cui nome è un tributo a uno dei pionieri della cosmologia, David Wilkinson, è stato lanciato nel 2001, e ha dato agli scienziati, con una precisione senza precedenti, un'immagine dettagliata dell'universo primordiale all'età di soli 380 000 anni. L'energia colossale rimasta dalla palla di fuoco che aveva dato origine alle stelle e alle galassie vaga nell'universo da miliardi di anni. Oggi, finalmente, la sua immagine è stata catturata e registrata dal satellite WMAP nei suoi minimi dettagli. Il risultato è una mappa mai vista prima, una foto del cielo che mostra i particolari mozzafiato della radiazione di microonde generata dal Big Bang medesimo, quella che il "Time" ha definito «l'eco della creazione». Il modo in cui gli astronomi osserveranno il cielo in futuro non sarà mai più lo stesso.

Le scoperte fatte dal satellite WMAP rappresentano per la cosmologia un «rito di passaggio, da speculazione a scienza di precisione»¹, ha dichiarato John Bahcall dell'Institute for Advanced Study di Princeton. Per la prima volta, la valanga di dati provenienti dal periodo iniziale nella storia dell'universo ha consentito ai cosmologi di rispondere con precisione alle più antiche tra tutte le domande, domande che hanno disorientato e affascinato l'umanità fin dal primo sguardo rivolto allo splendore celestiale della volta notturna. Qual è l'età dell'universo? Di che cosa è fatto? Quale sarà il suo destino? (Nel 1992 un altro satellite, il COBE [Cosmic Background Explorer] ci aveva dato le prime immagini sfocate della radiazione di fondo

¹ Bahcall, J., www.space.com, 11 febbraio 2003.

che pervade il cielo intero. Sebbene si trattasse di un risultato rivoluzionario, era anche deludente poiché l'immagine dell'universo primordiale era decisamente poco nitida. Ciò non impedì alla stampa di intitolare la fotografia «Il volto di Dio». In realtà, volendo dare una descrizione più accurata delle immagini confuse ottenute da COBE bisognerebbe dire che esse erano una fotografia dell'universo neonato. Se pensiamo all'universo attuale come a un uomo di ottant'anni, le immagini prodotte da COBE e successivamente da WMAP ce lo mostrano nel suo primo giorno di vita.)

La ragione per la quale il satellite WMAP è in grado di darci delle immagini senza precedenti dell'universo in fasce è che il cielo notturno è come una macchina del tempo. Dal momento che la luce si propaga con una velocità finita, le stelle che vediamo di notte ci appaiono come erano un tempo, e non come sono oggi. La luce impiega poco più di un secondo per andare dalla Luna alla Terra, cosicché quando volgiamo lo sguardo alla Luna la vediamo effettivamente com'era un secondo prima. Ci vogliono circa otto minuti perché la luce emessa dal Sole giunga sulla Terra. In modo analogo, molte delle stelle familiari che vediamo nei cieli sono così distanti che la loro luce impiega da 10 a 100 anni per raggiungere i nostri occhi. (In altre parole, esse si trovano a una distanza dalla Terra compresa tra 10 e 100 anni luce. Un anno luce vale pressappoco dieci trilioni² di chilometri, e corrisponde alla distanza percorsa dalla luce in un anno.) La luce che ci giunge dalle galassie distanti può aver viaggiato centinaia di milioni, o miliardi, di anni luce. Si tratta perciò di luce "fossile", una parte della quale emessa addirittura prima della comparsa dei dinosauri. Alcuni tra gli oggetti più lontani che possiamo vedere con i nostri telescopi sono detti quasar, enormi motori galattici che generano quantità incredibili di potenza vicino al limite dell'universo visibile, a una distanza dalla Terra che può arrivare fino a 12 o 13 miliardi di anni luce. E ora, il satellite WMAP ha individuato la radiazione emessa ancor prima di quell'epoca dalla palla di fuoco originale che creò l'universo.

Per descrivere l'universo i cosmologi si servono talvolta dell'esempio di un osservatore che guardi verso il basso dalla cima del-

² Un trilione equivale a mille miliardi (10^{12}). [N.d.T.]

l'Empire State Building, che svetta su Manhattan con i suoi cento e più piani. Se dalla cima guardate in giù potete vedere a malapena il livello della strada. Se la base dell'Empire State Building rappresentasse il Big Bang, allora, guardando in basso dalla punta del grattacielo, le galassie distanti si troverebbero al decimo piano. I quasar distanti osservati dai telescopi terrestri sarebbero al settimo piano e la radiazione di fondo misurata dal satellite WMAP disterebbe appena un centimetro dal fondo stradale. E oggi il satellite WMAP ci dà la misura precisa dell'età dell'universo: 13,7 miliardi di anni, con un'accuratezza dell'uno per cento.

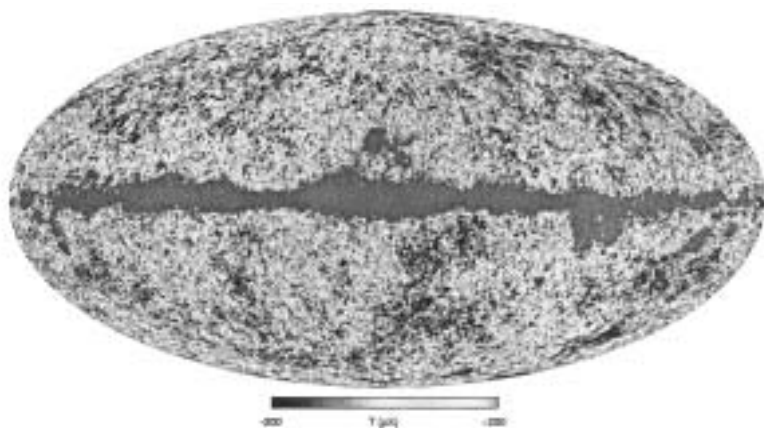
La missione WMAP rappresenta il culmine di più di dieci anni di duro lavoro da parte degli astrofisici. Il concetto del satellite WMAP fu proposto per la prima volta alla NASA nel 1995 e fu approvato due anni più tardi. Il 30 giugno 2001 la NASA inviò il satellite WMAP in orbita intorno al Sole con un razzo Delta II, all'interno dell'orbita terrestre. La destinazione, scelta con cura, era il punto di Lagrange 2 (o L2, un punto vicino alla Terra caratterizzato da una relativa stabilità). In questo punto di osservazione privilegiato il satellite guarda sempre dalla parte opposta rispetto alla Terra, al Sole e alla Luna, e dunque ha una vista sull'universo totalmente priva di ostacoli. Per una scansione integrale di tutto il cielo gli ci vogliono sei mesi.

La strumentazione di bordo di WMAP è avanzatissima. Con i suoi potenti sensori, è in grado di rivelare la debole radiazione a microonde, residuo del Big Bang, che pervade l'universo ma che è assorbita fortemente dalla nostra atmosfera. Il satellite, in lega di alluminio, misura 3,8 metri per 5, e pesa 840 chilogrammi. Possiede due telescopi diametralmente opposti che misurano la radiazione a microonde nel cielo circostante e inviano i dati a terra. Per farlo funzionare servono appena 419 watt di elettricità (la potenza di cinque lampadine di tipo comune). Posto a un milione e mezzo di chilometri dalla Terra, il satellite WMAP è ben lontano dalle interferenze dell'atmosfera terrestre, capaci di mascherare il debole fondo di microonde, e può effettuare misurazioni dell'intera volta stellata senza interruzione.

Il satellite ha completato la sua prima osservazione integrale della volta celeste nell'aprile del 2002. La seconda osservazione integrale è stata portata a termine sei mesi più tardi. Oggi, grazie a WMAP possediamo la mappa della radiazione di fondo più esauriente e det-

tagliata che sia mai stata prodotta. L'esistenza della radiazione di fondo a microonde misurata da WMAP era stata prevista per la prima volta nel 1948 dal gruppo di George Gamow, che aveva anche fatto notare come a tale radiazione fosse associata una temperatura. WMAP l'ha misurata, trovando un valore compreso tra 2,7249 e 2,7251 gradi Kelvin, poco al di sopra dello zero assoluto.

A occhio nudo, la mappa celeste di WMAP sembra alquanto priva di interesse; non è che una collezione di puntini disposti a caso. Questa collezione di puntini, però, ha portato qualche astronomo sull'orlo del pianto, poiché essi rappresentano fluttuazioni o irregolarità nel primordiale cataclisma di fuoco del Big Bang, pochi istanti dopo la creazione dell'universo. Queste minuscole fluttuazioni sono come "semi" che da allora sono cresciuti enormemente, seguendo l'espansione esplosiva dello stesso universo. Oggi questi semi sono diventati le galassie e gli ammassi di galassie che vediamo risplendere nel cielo. In altre parole, la nostra stessa galassia, la Via Lattea, e tutti gli ammassi galattici che vediamo intorno a noi erano, un tempo, una di queste piccolissime fluttuazioni. Misurando la distribuzione di queste irregolarità, simili a puntini dipinti sulla tappezzeria cosmica che riveste la volta stellata, siamo in grado di vedere l'origine degli ammassi galattici.



Ecco la "fotografia dell'universo neonato", così com'era quando aveva solo 380 000 anni, realizzata dal satellite WMAP. Ogni puntino rappresenta una piccolissima fluttuazione quantitativa nel bagliore residuo della creazione; l'espansione di queste fluttuazioni ha portato alla creazione delle galassie e degli ammassi di galassie che vediamo oggi.