

BIG BANG

SIMON SINGH a studiat fizica la Imperial College și a obținut titlul de doctor în fizica particulelor elementare la Universitatea Cambridge. După ce a lucrat timp de cinci ani la serialul de televiziune *Tomorrow's World* de la BBC, în 1996, în cadrul serialului *Horizon*, a regizat și a fost coproducătorul unui film despre Marea Teoremă a lui Fermat, film distins cu premiul BAFTA. Cartea scrisă un an mai târziu pe același subiect (*Fermat's Last Theorem*) a devenit una dintre cele mai bine vândute cărți de popularizare a științei. Același succes l-a înregistrat în 1999 și *The Code Book* (*Cartea codurilor*), care a stat la baza unui alt serial de televiziune, *The Science of Secrecy*. Ambele cărți ale sale au apărut în traducere românească la Editura Humanitas.

SIMON SINGH

BIG BANG

Originea universului

Traducere din engleză de
VLAD ZOGRAFI



HUMANITAS

BUCUREȘTI

Coperta

IONUȚ BROȘTIANU

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

SINGH, SIMON

Big Bang: originea universului / Simon Singh; trad.:

Vlad Zografi. – București: Humanitas, 2008

Bibliogr.

ISBN 978-973-50-2016-3

I. Zografi, Vlad (trad.)

524.85

SIMON SINGH

BIG BANG

THE ORIGIN OF THE UNIVERSE

Copyright © Simon Singh, 2004

All rights reserved by the Author throughout the world.

© HUMANITAS, 2008, pentru prezenta versiune românească

EDITURA HUMANITAS

Piața Presei Libere 1, 013701 București, România

tel. 021/408 83 50, fax 021/408 83 51

www.humanitas.ro

Comenzi CARTE PRIN POȘTĂ: tel. 021/311 23 30

C.P.C.E. — CP 14, București

e-mail: cpp@humanitas.ro

www.librariilehumanitas.ro

*Această carte nu ar fi fost posibilă fără Carl Sagan,
James Burke, Magnus Pyke, Heinz Wolff,
Patrick Moore, Johnny Ball, Rob Buckman,
Miriam Stoppard, Raymond Baxter
și toți producătorii și regizorii de emisiuni științifice
de televiziune care mi-au trezit interesul
pentru știință.*

Așază trei grăunțe de nisip într-o mare catedrală, iar catedrala va fi mai dens umplută de nisip decât e cerul de stele.

JAMES JEANS

Efortul de a înțelege universul e unul dintre rarele lucruri care înalță viața omului puțin mai sus de nivelul unei farse și îi dă ceva din fiorul unei tragedii.

STEVEN WEINBERG

În știință încercăm să spunem oamenilor, așa încât să fim înțeleși de toți, ceva ce nimeni nu știuse până atunci. În poezie însă e exact pe dos.

PAUL DIRAC

Cel mai de neînțeles lucru în privința universului e că poate fi înțeles.

ALBERT EINSTEIN

Capitolul 1

ÎNCEPUTURILE

Știința trebuie să înceapă cu miturile și cu critica miturilor.

KARL POPPER

Nu mă simt obligat să cred că același Dumnezeu care ne-a înzestrat cu judecată, rațiune și intelect a vrut ca noi să renunțăm să ne folosim de ele.

GALILEO GALILEI

Poate că e scump să trăiești pe Pământ, dar asta include în fiecare an o călătorie gratuită în jurul Soarelui.

ANONIM

Fizica nu e religie. Dacă ar fi, am căpăta mult mai ușor fonduri.

LEON LEDERMAN



Universul nostru e presărat cu peste o sută de miliarde de galaxii, fiecare din ele conținând aproximativ o sută de miliarde de stele. Nu e limpede câte planete se învârt în jurul acestor stele, dar e sigur că măcar pe una din ele a apărut viața. Și, mai ales, există o formă de viață care a avut capacitatea și îndrăzneala să cugete asupra originilor acestui vast univers.

Oamenii au privit spre cer de mii de generații, dar noi suntem norocoșii care aparținem primei generații ce poate afirma că a ajuns la o descriere acceptabilă, rațională și coerentă a apariției și evoluției universului. Modelul big bang* oferă o explicație elegantă asupra originii a tot ce vedem noaptea pe cer, fiind una dintre cele mai mari înfăptuiri ale inteligenței și spiritului uman. E rezultatul curiozității fără limite, imaginației fabuloase, observației pătrunzătoare și logicii implacabile.

Un lucru încă și mai minunat e că modelul big bang poate fi înțeles de toată lumea. Când, adolescent fiind, am aflat prima oară despre big bang, am fost uimit de simplitatea și frumusețea lui, precum și de faptul că se bazează pe principii care, în cea mai mare parte, nu depășesc fizica pe care o învățasem deja la școală. Așa cum teoria selecției naturale a lui Darwin este deopotrivă fundamentală și comprehensibilă, modelul big bang poate fi explicat în termeni pe înțelesul nespecialistului, fără a pierde ceva din conceptele esențiale ale teoriei.

Dar, înainte de a face cunoștință cu primele semne de viață ale modelului big bang, trebuie să-i cercetăm rădăcinile. Modelul big bang

* Am ales să folosim consecvent sintagma englezească, deja încetățenită, în locul unei traduceri românești, de pildă „marea explozie“. (N. t.)

al universului s-a dezvoltat în ultima sută de ani, iar aceasta a fost cu puțință numai datorită faptului că descoperirile din secolul XX s-au întemeiat pe astronomia concepută în secolele precedente. La rândul lor, aceste teorii și observații asupra cerului au fost obținute în cadrul științific făurit stăruitor de-a lungul a două milenii. Întorcându-ne și mai mult în timp, calea spre adevărul obiectiv al lumii materiale prin metoda științifică a putut apărea doar atunci când rolul miturilor și folclorului a început să scadă. În fond, rădăcinile modelului big bang și nevoia de a avea o teorie științifică a universului pot fi urmărite în timp până la declinul perspectivei mitologice asupra lumii.

De la creatorii giganți la filozofii greci

Conform unui mit chinezesc al creației care datează de pe la 600 î.Cr., Phan Ku, creatorul gigant, a apărut dintr-un ou și a început să făurească lumea folosind o daltă pentru a ciopli văile și munții. Apoi a așezat Soarele, Luna și stelele în cer, și a murit de îndată ce a dus la bun sfârșit aceste sarcini. Moartea creatorului gigant a fost un moment esențial al procesului de creație, pentru că rămășițele trupului său au desăvârșit lumea. Craniul lui Phan Ku a devenit bolta cerului, carnea – solul, oasele s-au transformat în pietre, iar sângele în râuri și mări. Ultima lui suflare a adus vântul și norii, iar lacrimile lui – ploaia. Părul i-a căzut pe pământ, dând naștere plantelor, în timp ce puricii din păr au stat la originea rasei umane. Pentru că nașterea noastră a avut nevoie de moartea creatorului, suntem condamnați să ne căim pe veci.

Mitul epic al creației din *Edda* islandeză nu începe însă cu un ou, ci cu un hău care se căsca. Acest spațiu gol separa ținuturile opuse Muspell și Niflheim, până când căldura dogoritoare și strălucitoare din Muspell a topit zăpada și gheața din Niflheim, iar umezeala a umplut hăul căscat, făcând să apară viața sub forma gigantului Imir. Abia atunci a putut începe creația.

Populația Krachi din Togo, în vestul Africii, vorbește despre un alt gigant, marele zeu albastru Wulbari, reprezentând cerul. Era o vreme când stătea chiar sprijinit de pământ, dar o femeie care pisa boabe cu un lemn lung l-a împuns și l-a înghiontit întruna, până când, supărat,

s-a ridicat. Dar oamenii puteau încă ajunge la Wulbari, se foloseau de pânțele lui ca de un ștergar și smulgeau bucățele din trupul lui albastru pentru a-și condimenta supa. Treptat, Wulbari a urcat tot mai sus, până când cerul albastru nu mai putea fi atins, iar de atunci acolo a rămas.

Pentru populația Yoruba, tot din vestul Africii, Olorun era stăpânul cerului. Când a privit în jos spre mlaștina lipsită de viață, i-a cerut unei alte divinități să ducă o cochilie de melc pe pământ. În cochilie erau un porumbel, o găină și puțină humă. Huma s-a împrăștiat pe mlaștinile pământului, după care găina și porumbelul au început s-o zgârie și s-o scurme până când mlaștina a devenit pământ solid. Pentru a încerca lumea, Olorun a trimis cameleonul, care, coborând pe pământ, din albastru s-a făcut cenușiu, semn că găina și porumbelul își duseseră sarcina la bun sfârșit.

De-a lungul și de-a latul lumii, fiecare cultură și-a făurit propriile mituri despre originea universului și despre felul în care a fost alcătuit. Aceste mituri ale creației diferă mult, fiecare reflectând mediul și societatea în care au apărut. În Islanda, forțele vulcanice și meteorologice dau naștere lui Imir, dar, pentru populația vest-africană Yoruba, găina și porumbelul, atât de familiare, fac să apară pământul solid. Toate aceste mituri ale creației au însă câteva trăsături comune. Fie că e vorba de marele, albastrul Wulbari, purtând semnele loviturilor, fie că e vorba de gigantul muribund chinez, aceste mituri invocă inevitabil cel puțin o ființă supranaturală care joacă rolul crucial în explicarea creației universului. De asemenea, fiecare mit reprezintă adevărul absolut în cadrul societății care l-a făurit. Cuvântul „mit“ vine de la grecescul *mythos*, care poate însemna „poveste“, dar și „cuvânt“, în sensul de „cuvânt ultim“. Într-adevăr, oricine ar fi îndrăznit să pună în discuție aceste explicații putea fi acuzat de erezie.

Nu s-au schimbat prea multe până la sfârșitul secolului al VI-lea î.Cr., când în rândul „intelectualilor“ toleranța și-a făcut brusc apariția. Pentru prima oară filozofii erau liberi să abandoneze explicațiile mitologice despre univers și să-și conceapă propriile teorii. De pildă, Anaximandru din Milet susținea că Soarele este o gaură în inelul umplut cu foc ce înconjoară Pământul și se rotește în jurul lui. El credea de asemenea că Luna și stelele nu sunt decât găuri în firmament, dezvăluind focuri altminteri ascunse. Pe de altă parte, Xenofan din Colofon credea că Pământul emană gaze combustibile acumulate în

timpul nopții până când ele ating o masă critică și iau foc, creând astfel Soarele. Noaptea cade din nou atunci când balonul de gaz a ars în întregime, lăsând în urmă doar câteva scântei pe care le numim stele. Într-un mod asemănător a explicat și Luna, gazele acumulându-se și arzând în cursul unui ciclu de douăzeci și opt de zile.

Nu e important faptul că Anaximandru și Xenofan erau departe de adevăr, esențial e că ei au conceput teorii care explicau lumea naturală fără a face apel la planuri supranaturale și zeități. Teoriile care spun că Soarele e un foc ceresc privit printr-o gaură în firmament sau un balon de gaz arzând sunt de altă natură decât miturile grecești care explicau Soarele invocând un car de flăcări condus de-a lungul firmamentului de zeul Helios. Asta nu înseamnă că filozofii din noul val voiau cu tot dinadinsul să nege existența zeilor; ei pur și simplu refuzau să creadă că fenomenele naturale se explică prin intervenția zeilor.

Acești filozofi au fost primii *cosmologi*, în sensul că erau preocupați de studiul științific al universului fizic și al originilor sale. Cuvântul „cosmologie“ provine de la grecescul *kosmeo*, care înseamnă „a ordona“ sau „a organiza“, reflectând credința că universul ar putea fi înțeles și merită o cercetare analitică. Cosmosul prezintă regularități, iar ambiția grecilor era să găsească aceste regularități, să le examineze și să înțeleagă ce se ascunde în spatele lor.

Ar fi o mare exagerare să spunem că Xenofan și Anaximandru au fost oameni de știință în înțelesul modern al cuvântului și i-am supraestima dacă am considera că ideile lor sunt teorii științifice desăvârșite. Și totuși, ei au contribuit fără îndoială la nașterea gândirii științifice, iar spiritul care i-a animat are multe în comun cu știința modernă. De pildă, la fel ca ideile din știința modernă, ideile cosmologilor greci puteau fi criticate și comparate, îmbunătățite sau abandonate. Grecilor le plăcea argumentația riguroasă, așa încât comunitatea filozofilor examina teoriile, puneau în discuție raționamentele din spatele lor și în cele din urmă o alegeau pe cea mai convingătoare. Dimpotrivă, în multe alte culturi, oamenii n-ar fi îndrăznit să pună sub semnul întrebării propria lor mitologie. Fiecare mitologie era o convingere religioasă în cadrul societății.

Pitagora din Samos a contribuit la consolidarea bazelor acestei noi mișcări raționaliste de pe la 540 î.Cr. El a făcut o pasiune pentru

matematică, devenită parte a filozofiei sale, și a demonstrat că numerele și ecuațiile puteau fi folosite pentru a formula teorii științifice. Una din primele lui descoperiri a fost explicarea armoniei muzicii prin armonia numerelor. Cel mai important instrument în muzica elenă timpurie a fost tetracordul, o liră cu patru corzi, dar Pitagora și-a formulat teoria făcând experiențe cu o singură coardă. Coarda era ținută sub o tensiune fixă, dar lungimea ei putea fi modificată. Ciupind o coardă de o anumită lungime, era produsă o anumită notă, iar Pitagora și-a dat seama că înjumătățind lungimea aceleiași corzi obținea o notă cu o octavă mai sus și în armonie cu nota inițială. De fapt, modificând lungimea corzii în orice raport simplu se producea o notă în armonie cu prima (de pildă un raport de 3:2, numit azi cvintă), dar modificarea cu o fracție oarecare (de pildă 15:37) conducea la o disonanță.

Odată ce Pitagora a arătat că matematica putea fi folosită pentru a explica și descrie muzica, generații ulterioare de savanți au folosit numerele pentru a explora totul, de la traiectoria unei ghiulele până la structurile haotice din meteorologie. Wilhelm Röntgen, cel care a descoperit în 1895 razele X, credea cu tărie în filozofia pitagoreică a matematicii. „Pregătirea fizicianului cere trei lucruri: matematică, matematică și iar matematică“, spunea el.

Crezul lui Pitagora era că „totul este număr“. Pornind de aici, a încercat să găsească regulile matematice de care ascultă corpurile cerești. El susținea că mișcarea Soarelui, a Lunii și a planetelor pe bolta cerească producea anumite note muzicale, determinate de lungimile orbitelor. Prin urmare, conchidea Pitagora, aceste orbite și note trebuie să se afle în anumite raporturi numerice pentru ca universul să fie în armonie. În epocă, teoria lui devenise foarte cunoscută. O putem reexamina din perspectivă modernă și vedea dacă rezistă rigorilor metodei științifice din zilele noastre. Afirmatia lui Pitagora că universul e scâldat în muzică nu se întemeiază pe vreo forță supranaturală — iată un avantaj al ei. Teoria e destul de simplă și elegantă, două calități prețuite în știință. În general, o teorie bazată pe o unică ecuație scurtă și frumoasă e de preferat unei teorii care se întemeiază pe mai multe ecuații încâlcite și inestetice, cu numeroase condiții restrictive. Fizicianul Berndt Matthias spunea: „Dacă vezi în *Physical Review* o formulă care depășește un sfert de pagină, las-o baltă. E greșită. Natura

nu e atât de complicată. “Simplitatea și eleganța sunt însă secundare în raport cu cea mai importantă trăsătură a oricărei teorii științifice: ea trebuie să corespundă realității și să permită testarea* ei — iar aici teoria muzicii cerești eșuează cu totul. După Pitagora, am fi mereu cufundați în această ipotetică muzică cerească, dar n-o putem percepe fiindcă am ascultat-o de când ne-am născut și ne-am obișnuit cu ea. În cele din urmă, orice teorie care prezice o muzică imposibil de auzit, sau orice altceva imposibil de detectat, e o proastă teorie științifică.

O teorie științifică veritabilă trebuie să facă predicții observabile sau măsurabile despre univers. Dacă rezultatele unui experiment sau ale unei observații se potrivesc cu predicțiile teoretice, există motive ca teoria să poată fi acceptată, iar apoi încorporată în cadrul științific mai larg. Pe de altă parte, dacă predicțiile teoretice sunt inexacte și intră în contradicție cu experimentele sau observațiile, atunci teoria trebuie respinsă, sau cel puțin adaptată, indiferent cât de simplă și de frumoasă ar fi ea. E provocarea supremă, și în același timp brutală, dar toate teoriile științifice trebuie să fie testabile și compatibile cu realitatea. În secolul XIX, biologul Thomas Huxley spunea: „Marea tragedie a științei — asasinarea unei ipoteze frumoase de către un fapt urât.”

Din fericire, urmașii lui Pitagora au clădit mai departe pornind de la ideile lui și i-au îmbunătățit metodologia. Treptat, știința a devenit o disciplină tot mai complexă și mai puternică, în stare să înfăptuiască lucruri uimitoare, cum ar fi măsurarea diametrelor reale ale Soarelui, Lunii și Pământului, precum și a distanței dintre ele. Aceste măsurători au fost momente de răscruce în istoria astronomiei, reprezentând primii pași curajoși în direcția înțelegerii întregului univers. Se cuvine deci să prezentăm mai amănunțit aceste măsurători.

Încă înainte să poată fi calculată vreo distanță cerească, vechii greci au stabilit pentru prima dată că Pământul e o sferă. Ideea a început să fie acceptată când filozofii au observat că, atunci când corăbiile se îndepărtau trecând de linia orizontului, doar vârfurile catargelor se mai zăreau. Lucrul era cu puțință numai dacă suprafața mării era curbată.

* Aici, precum și în întreaga carte, fidel perspectivei lui Karl Popper asupra teoriilor științifice, Simon Singh se referă constant la *testare*, și nu la *verificare*. Într-adevăr, fiind un enunț universal, o teorie nu poate fi verificată, ci doar testată. (N. t.)

Dacă suprafața mării era curbată, atunci era de presupus că același lucru se întâmpla și cu Pământul, ceea ce însemna că probabil era sferic. Această perspectivă a fost confirmată prin observarea eclipselor de Lună, când Pământul aruncă o umbră în formă de disc asupra Lunii, exact forma care ar corespunde unui obiect sferic. Semnificativ era de asemenea faptul că toată lumea putea vedea că Luna însăși era rotundă, sugerând că sfera era starea naturală — ceea ce dădea apă la moară ipotezei că Pământul e rotund. Lucrurile începeau să se lege, o contribuție având și istoricul și călătorul grec Herodot care vorbea despre oamenii din nordul îndepărtat ce dormeau o jumătate din an. Dacă Pământul era sferic, atunci diferitele regiuni de pe glob erau luminate diferit, în funcție de latitudinea lor, ceea ce conducea în mod firesc către iarna polară și nopți care durau șase luni.

Numai că un Pământ sferic conducea la întrebarea pe care și copiii din ziua de azi și-o pun: ce îi împiedică pe oamenii din emisfera sudică să cadă? Soluția greacă la acest mister se întemeia pe credința că universul are un centru și toate lucrurile sunt atrase spre acest centru. Centrul Pământului se presupunea a coincide cu centrul ipotetic al universului, așa încât Pământul e static, iar tot ce se află pe suprafața lui e atras către centru. Prin urmare, grecii erau ținuți pe sol de această forță, la fel ca toți oamenii de pe Pământ, chiar dacă trăiau în adâncuri.

Isprava de a măsura dimensiunea Pământului a fost săvârșită pentru prima oară de Eratostene, născut pe la 276 î.Cr. la Cirene, în Libia de azi. Încă din copilărie era limpede că avea o minte strălucită care se putea îndrepta spre orice domeniu, de la poezie la geografie. A fost chiar poreclit Pentathlos, adică un atlet care participa la cele cinci întreceri ale pentatlonului, ceea ce voia să sugereze spectrul larg al înzestrărilor sale. Eratostene și-a petrecut mulți ani ca bibliotecar principal la Alexandria, probabil cel mai prestigios rang academic din lumea antică. Oraș cosmopolit, Alexandria devenise, în detrimentul Atenei, cel mai important centru cultural din zona Mediteranei, iar biblioteca era cea mai respectată instituție de învățământ din lume. Nu vă gândiți la bibliotecari rigizi care aplică ștampile și vorbesc în șoaptă, era un loc plin de viață, cu savanți ageri la minte și studenți scripitori.

La bibliotecă, Eratostene a aflat că lângă Syene, în sudul Egiptului, nu departe de Aswanul din zilele noastre, exista un puț cu proprietăți remarcabile. În fiecare an, pe 21 iunie, în ziua solstițiului de vară, la amiază, lumina Soarelui pătrunde până în fundul puțului. Eratostene

a înțeles că în acel moment Soarele trebuie să se afle exact deasupra capului, lucru care nu se întâmpla niciodată la Alexandria, aflată mai la nord, la câteva sute de kilometri de Syene. Astăzi știm că Syene e aproape de Tropicul Cancerului, latitudinea cea mai nordică la care Soarele se poate afla drept deasupra capului.

Dându-și seama că motivul pentru care Soarele nu se putea afla simultan deasupra capului la Syene și la Alexandria era curbura Pământului, Eratostene s-a întrebat dacă nu putea folosi acest fapt pentru a măsura circumferința Pământului. El nu s-a gândit la problemă așa cum am face-o noi astăzi, pentru că interpretarea sa geometrică și notația trebuie să fi fost diferite, dar iată explicarea modernă a felului în care a abordat problema. Figura 1 prezintă două raze de Soare paralele care ating Pământul pe 21 iunie, la amiază. Exact în momentul în care raza pătrundea până în fundul puțului din Syene, Eratostene a înfipt un băț vertical în sol la Alexandria și a măsurat unghiul dintre razele Soarelui și băț. Acest unghi e egal cu unghiul dintre liniile radiale pornind din centrul Pământului spre Alexandria și Syene. Unghiul măsurat de el a fost de $7,2^\circ$.

Să ne închipuim apoi că la Syene cineva se horărăște să pornească pe jos în linie dreaptă spre Alexandria și își continuă drumul ocolind Pământul, parcurgând astfel un cerc complet, adică 360° . Deci, dacă unghiul dintre Syene și Alexandria este de numai $7,2^\circ$, distanța dintre Syene și Alexandria reprezintă $7,2 / 360$ sau $1 / 50$ din circumferința Pământului. Restul calculului este evident. Eratostene a măsurat distanța dintre cele două orașe, care s-a dovedit a fi de 5 000 de stadii. Dacă ea reprezintă a cincizecea parte din circumferința Pământului, atunci circumferința totală trebuie să fie 250 000 de stadii.

Acum vă puteți întreba cât înseamnă 250 000 de stadii. Un stadiu era distanța standard pe care se desfășurau cursele. Stadiul olimpic măsura 185 de metri, așa încât estimarea circumferinței Pământului ar conduce la 46 250 km, cu doar 15% mai mare decât valoarea reală de 40 100 km. Dar Eratostene putea fi și mai precis. Stadiul egiptean diferea de cel olimpic și era doar de 157 metri, ceea ce dă o circumferință de 39 250 km, cu o eroare de 2%.

Dacă eroarea era de 2% sau de 15 % e irelevant. Important e că Eratostene reușise să calculeze dimensiunea Pământului în mod științific. Orice eroare se putea datora pur și simplu estimării aproximative a unghiului, a distanței Syene–Alexandria, a momentului solstițiului

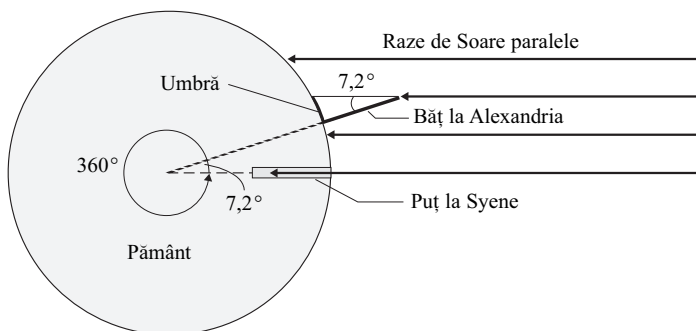


Figura 1 Eratostene a folosit umbra lăsată de un băț la Alexandria pentru a calcula circumferința Pământului. A efectuat experiența în timpul solstițiului de vară, când Pământul are înclinația maximă, iar orașele situate pe Tropicul Cancerului sunt cel mai aproape de Soare. Asta înseamnă că în aceste orașe Soarele se află exact deasupra capului la amiază. Pentru claritatea reprezentării, distanțele în acest desen, precum și în altele, nu corespund scării. De asemenea, unghiurile sunt exagerate.

de vară, precum și faptului că Alexandria nu e chiar la nord de Syene. Înainte de Eratostene nimeni nu știa dacă circumferința Pământului era de 4 000 km sau de 4 000 000 km, așa încât fixarea valorii la aproximativ 40 000 km era un succes formidabil. El dovedea că pentru a măsura planeta nu era nevoie decât de un om cu un băț și cu un creier. Altfel spus, alături o minte unui aparat experimental și aproape totul devine cu puțință.

Acum Eratostene putea deduce dimensiunea Lunii și a Soarelui, precum și distanțele care le separă de Pământ. Chiar dacă începutul îl făcuseră filozofii mai vechi ai naturii, calculele lor fuseseră incomplete până la stabilirea dimensiunii Pământului, iar acum Eratostene se afla în posesia valorii care lipsea. De pildă, prin observarea mărimii umbrei pe care Pământul o lăsa în timpul unei eclipse lunare, așa cum se vede în figura 2, se putea deduce că diametrul Lunii era de aproximativ un sfert din cel al Pământului. Odată ce Eratostene arătase că circumferința Pământului era de 40 000 km, rezulta că diametrul lui era de circa $(40\,000 \div \pi)$ km, adică 12 700 km. Prin urmare, diametrul Lunii era $(1/4 \times 12\,700)$ km sau aproximativ 3 200 km.

CUPRINS

Capitolul 1	
ÎNCEPUTURILE	9
Capitolul 2	
TEORII ALE UNIVERSULUI	81
Capitolul 3	
MAREA DISPUTĂ	151
Capitolul 4	
HOINARII COSMOSULUI	239
Capitolul 5	
SCHIMBAREA PARADIGMEI	317
Epilog	409
Ce este știința	431
Glosar	435
Recomandări bibliografice	445
Mulțumiri	453
Credit fotografic	457