

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

SAGAN, CARL

COSMOS / Carl Sagan

trad.: Alexandru Anghel. - București : Herald, 2020

Bibliogr; Index

ISBN 978-973-111-842-0

Anghel, Alexandru (trad.)

524.8

Carl Sagan

COSMOS

Prefață de NEIL DEGRASSE TYSON

Cuvânt înainte de ANN DRUYAN

Traducere din limba engleză de ALEXANDRU ANGHEL

Carl Sagan

COSMOS

Copyright © 1980 by Druyan-Sagan Associates, Inc.

formerly known as Carl Sagan Productions, Inc. All rights reserved
including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

Foreword copyright © 2013 by Ann Druyan

„Reflections on Carl Sagan's Cosmos” essay copyright © 2013

by Neil deGrasse Tyson

Published by The Random House Publishing Group, New York

EDITURA  HERALD
București

CUPRINS

Reflecții asupra cărții Cosmos a lui Carl Sagan de Neil deGrasse Tyson	13
Cuvânt înainte de Ann Druyan	16
Introducere	19
Cap. 1 Malurile oceanului cosmic	27
Cap. 2 O voce în fuga cosmică	44
Cap. 3 Armonia lumilor	69
Cap. 4 Rai și iad	106
Cap. 5 Blues pentru o planetă roșie	140
Cap. 6 Poveștile călătorilor	175
Cap. 7 Coloana vertebrală a nopții	205
Cap. 8 Călătorii în timp și spațiu	241
Cap. 9 Viețile stelelor	264
Cap. 10 Marginea eternității	293
Cap. 11 Persistența memoriei	323
Cap. 12 Enciclopedia galactică	346
Cap. 13 Cine vorbește în numele pământului?	374

Anexa 1. Reducerea la absurd
și rădăcina pătrată a lui doi

407

Anexa 2. Cele cinci solide pitagoreice

409

Lecturi suplimentare

412

Index

422

REFLECȚII ASUPRA CĂRȚII *COSMOS* A LUI CARL SAGAN

Neil deGrasse Tyson

Nu orice persoană care reușește să aibă un impact asupra minților și inimilor unei generații va păstra mai departe acel capital de influență asupra generațiilor viitoare. Succesul neîntrerupt al *Cosmosului*, opera fundamentală a lui Carl Sagan, este o dovadă a afabilității și inteligenței lui Carl. Dar dezvăluie de asemenea o foame ascunsă în noi toți de a afla care este locul nostru în univers și de a accepta intelectual, cultural și emoțional importanța acestui demers.

Aceste caracteristici deosebesc opera lui Carl Sagan și a colaboratorilor săi de toate celelalte eforturi de popularizare a științei. Cele mai multe cărți bune din domeniu ne învață ce anume putem cunoaște din domeniul de specialitate al autorului – ce anume este nou, ce prezintă interes – într-un limbaj simplu și clar. Dar rareori se întâmplă ca acea informație să fie transformată în cunoaștere. Și cu atât mai rar, acea cunoaștere devine fascinantă – fundamentul unei perspective *cosmice* asupra lumii. Pot oare îndrăzni să afirm că opera lui Carl Sagan a exercitat această putere în moduri care au influențat profund felul în care observăm, interpretăm și ne trăim viața?

Unul dintre aspectele cel mai puțin luate în seamă referitor la *Cosmos*, dar poate cel mai semnificativ dar făcut culturii omenirii, este modul în care a realizat în mod repetat polenizarea reciprocă a științelor tradiționale – astronomie, biologie, chimie și geologie. Luate separat, fiecare dintre aceste domenii este nobil și onorabil. Dar luate împreună – așa cum *Cosmosul* le-a țesut într-o pânză de idei revelatoare cu privire la locul nostru în univers – juxtapunerea lor a căpătat forță, devenind memorabilă. *Cosmosul* a fost printre primele, dacă nu chiar primul demers în acest sens. În deceniile

Robert Aulicino, pentru profesionalismul și răbdarea de care au dat dovadă atunci când termenele limită pentru documentarul de televiziune și pentru carte păreau că se află în conflict. Îi sunt dator cu o mulțumire mai ales lui Shirley Arden, asistentul meu executiv, pentru dactilografierea primelor versiuni ale acestei cărți și pentru trecerea versiunilor finale prin toate etapele de producție, cu obișnuita ei competență plină de veselie. Acesta este unul din multitudinea de motive de apreciere profundă pe care proiectul *Cosmos* o are față de ea. Sunt recunoscător mai mult decât aș putea să mă exprim administrației Universității Cornell pentru acordarea unei libertăți de doi ani în scopul realizării acestui proiect, colegilor și studenților mei de acolo, precum și colegilor de la NASA, de la JPL și echipei de analiză a imaginilor de la Voyager.

Cea mai mare recunoștință pentru scrierea *Cosmosului* o datorez lui Ann Druyan și Steven Soter, coautorii mei din cadrul documentarului de televiziune. Ei au adus contribuții fundamentale și repetate la ideile de bază și la conexiunile acestora, la structura intelectuală generală a episoadelor și la desăvârșirea stilului. Sunt profund recunoscător pentru lectura lor critică a primelor versiuni ale acestei cărți, pentru sugestiile lor constructive și creatoare de revizuire a mai multor ciorne și pentru importanța lor contribuție la scenariul de televiziune, care a influențat în mai multe privințe conținutul acestei cărți. Încântarea rezultată din nenumăratele discuții pe care le-am avut reprezintă una dintre principalele satisfacții pe care mi le-a oferit proiectul *Cosmos*.

Ithaca și Los Angeles
mai 1980
și iulie 1984

CAPITOLUL I

MALURILE OCEANULUI COSMIC

Primii oameni care au fost creați și formați se numeau Vrăjitorul Râsului Fatal, Vrăjitorul Noptii, Neglijentul și Vrăjitorul Negru... Erau înzestrați cu pricepere și au reușit să cunoască tot ce se găsește în lume. Când priveau, vedeau de îndată tot ce se află în jurul lor și au contemplat pe rând arcul cerului și fața rotundă a pământului... [Apoi Creatorul zise]: „Ei știu totul... ce facem cu ei acum? Vederea să le ajungă numai la ce le este aproape, să poată vedea doar o mică parte din fața pământului!... Nu sunt ei prin natura lor simple creaturi făcute de noi? Trebuie să fie oare și zei?”

Popol Vuh a mayașilor quiché

Cunoscutul este finit, necunoscutul este infinit; din punct de vedere intelectual ne aflăm pe o mică insulă în mijlocul unui ocean ilimitabil al inexplicabilității. Sarcina noastră în fiecare generație este de a revendica ceva mai mult pământ.

T.H. Huxley, 1887

COSMOSUL ESTE TOT CEEA CE EXISTĂ, TOT CEEA CE A EXISTAT SAU VA EXISTA VREODATĂ. Cele mai firave contemplări ale Cosmosului ne incită: simțim o furnicătură pe șira spinării, rămânem fără glas și ne cuprinde senzația vagă, ca o amintire îndepărtată, a unei căderi din înalt. Știm că ne apropiem de cel mai mare dintre mistere.

Dimensiunea și vârsta Cosmosului depășesc înțelegerea umană. Minuscula noastră locuință planetară este pierdută undeva între imensitate și eternitate. Din perspectivă cosmică, majoritatea preocupărilor umane par neînsemnate și chiar fivole. Și totuși specia noastră este tânără, curioasă și curajoasă și

promite mult. În ultimele milenii am făcut cele mai uimitoare și neașteptate descoperiri asupra Cosmosului și a locului pe care îl ocupăm în el, iar faptul de a urma firul acestor explorări este cu adevărat captivant. Acestea ne amintesc că oamenii au evoluat pentru a admira ceea ce îi înconjoară, că faptul de a înțelege este o bucurie, că cunoașterea este o cerință esențială pentru supraviețuire. Cred că viitorul nostru depinde de gradul în care înțelegem acest Cosmos în care plutim ca un fir de praf în cerul dimineții.

Aceste explorări au necesitat deopotrivă scepticism și imaginație. Imaginația ne va purta de multe ori spre lumi care nu au existat niciodată. Dar fără aceasta nu putem merge nicăieri. Scepticismul ne permite să deosebim fantezia de realitate, să ne testăm propriile speculații. Bogăția Cosmosului depășește orice măsură – este plin de fapte elegante, de interrelații splendide, de un mecanism subtil al cutremurării.

Suprafața Pământului este malul oceanului cosmic. De aici am învățat majoritatea lucrurilor pe care le cunoaștem. Recent, ne-am aventurat puțin pe mare, suficient cât să ne afundăm degetele de la picioare sau, cel mult, să ne udăm gleznele. Apa pare să fie ademenitoare. Oceanul ne cheamă. O parte din ființa noastră știe că acesta este locul din care am venit. Vrem să ne întoarcem. Nu cred că aceste aspirații sunt ireverențioase, deși i-ar putea deranja pe zei, oricare ar fi ei.

Dimensiunile Cosmosului sunt atât de mari, încât recursul la unități familiare de distanță, cum ar fi metrii sau kilometrii, alese pentru utilitatea lor pe Pământ, nu ne-ar folosi la nimic. În locul acestora, măsurăm distanța cu viteza luminii. Într-o secundă, o rază de lumină călătorește aproape 300.000 de kilometri sau de zece ori în jurul Pământului. Distanța de la Soare la Pământ o traversează în opt minute. Putem spune astfel că Soarele se află la o distanță de opt minute lumină. Într-un an, lumina traversează aproape zece bilioane de kilometri de spațiu. Această unitate de lungime, distanța pe care lumina o parcurge într-un an, este numită an-lumină. Nu măsoară timp, ci distanțe – distanțe enorme.

Pământul este un loc, dar nu este în nici un caz unicul loc. Nu este nici măcar un loc obișnuit. Nici o planetă sau stea sau galaxie nu poate fi obișnuită, fiindcă cea mai mare parte din Cosmos este goală. Singurul loc obișnuit este vidul rece, vast și universal, noaptea perpetuă a spațiului intergalactic, un loc atât de ciudat și pustiu, încât, prin comparație, planetele, stelele și galaxiile par dureros de rare și prețioase. Dacă am fi fost aruncați în Cosmos la întâmplare, probabilitatea să nimerim pe sau lângă o planetă ar fi mai scăzută decât unu din un miliard de bilioane de bilioane¹ (10^{33} , unu urmat de 33 de zerouri). În viața cotidiană, o astfel de probabilitate este descurajantă. Lumile sunt astfel prețioase.

Dacă adoptăm o perspectivă intergalactică, am vedea, împrăștiati ca spuma mării pe valurile spațiului, cârcei de lumină slabi și fragili. Aceștia sunt galaxiile. Unele sunt călătoare singuratic; majoritatea populează roiuri, cuibărindu-se laolaltă și rătăcind veșnic în marea beznă cosmică. Avem înaintea noastră Cosmosul la cea mai mare scară pe care o cunoaștem. Ne aflăm în târâmul nebuloaselor, la opt miliarde de ani-lumină de Pământ, la jumătate de drum față de marginea universului cunoscut.

O galaxie este alcătuită din gaz și praf și stele – miliarde și miliarde de stele. Fiecare stea ar putea fi un soare pentru cineva. Într-o galaxie se află stele și lumi și, poate, o abundență de lucruri vii și ființe inteligente și civilizații ce călătoresc în spațiu. Dar din depărtare, o galaxie îmi amintește mai mult de o colecție de obiecte strânse cu dragoste: scoici, poate, sau corali, producții ale Naturii ce lucrează de atâția eoni în oceanul cosmic.

Există cam o sută de miliarde de galaxii (10^{11}), fiecare având în medie o sută de miliarde de stele. În toate galaxiile există probabil tot atâtea planete câte stele, $10^{11} \times 10^{11} = 10^{22}$, zece miliarde de bilioane. În fața unor astfel de cifre copleșitoare, care este probabilitatea ca o singură stea obișnuită, Soarele, să fie însoțită de o planetă locuită? De ce am fi noi cei norocoși, noi care

¹ Semnificația numerelor mai mari de un milion este: un bilion (sau o mie de miliarde) = 1.000.000.000.000 = 10^{12} ; un trilion = 1.000.000.000.000.000.000 = 10^{18} etc. Exponentul indică numărul de zerouri care urmează după unu.

suntem ascunși într-un colț uitat al Cosmosului? Mie mi se pare cu mult mai probabil că universul este plin de viață. Dar noi, oamenii, nu știm încă. Abia ne începem explorările. De la opt miliarde de ani-lumină distanță ne este greu să distingem chiar și roiul din care face parte propria noastră galaxie Calea Lactee și cu atât mai puțin Soarele sau Pământul. Singura planetă de care suntem siguri că este locuită este un minuscul fir de piatră și de metal, care abia strălucește prin lumina reflectată a Soarelui și care la o astfel de distanță este total pierdută.

Dar acum, călătoria noastră ne poartă către ceea ce astronomilor de pe Pământ le place să numească Grupul Local de galaxii. Are o anvergură de mai multe milioane de ani-lumină și este alcătuit din douăzeci de galaxii. Este un roi risipit, obscur și fără pretenții. Una dintre aceste galaxii este M31, care de pe Pământ se vede în constelația Andromeda. Asemenea altor galaxii spirală, aceasta este o roată uriașă de stele, gaz și praf. M31 are doi mici sateliți, galaxii eliptice pitice, unite cu ea prin gravitație, prin aceeași lege fizică care tinde să mă țină așezat pe scaun. Legile naturii sunt aceleași în întregul Cosmos. Ne aflăm acum la două milioane de ani-lumină de casă.

Dincolo de M31 se află o altă galaxie foarte asemănătoare, a noastră, cu brațele ei spiralate care se rotesc lent, o dată la două sute cincizeci de milioane de ani. Acum, la patruzeci de milioane de ani-lumină de casă, ne găsim căzând către centrul masiv al Căii Lactee. Dar dacă vrem să zărim Pământul, trebuie să ne schimbăm direcția de deplasare către zonele periferice ale Galaxiei, către un punct obscur aflat aproape de marginea unui braț spiralat îndepărtat.

Impresia copleșitoare pe care o avem, aflați chiar și între brațe spiralate, este aceea a unui râu de stele care trece pe lângă noi – un șir uriaș de stele care își produc într-un mod splendid propria lumină, unele sunt delicate ca o bulă de săpun și atât de mari încât ar putea cuprinde zece mii de sori sau un bilion de pământuri; altele sunt cât un orașel și sunt de o sută de bilioane de ori mai dense decât plumbul. Unele stele sunt solitare, asemenea Soarelui. Majoritatea au însoțitori. Sistemele sunt de

obicei duble, cu două stele ce se orbitează reciproc. Dar există o gradație continuă de la sistemele triple trecând prin roiuri răsfirate alcătuite din câteva duzini de stele, până la marile roiuri globulare ce strălucesc cu un milion de sori. Unele stele duble sunt atât de apropiate, încât se ating și între ele plutește materie stelară. Cele mai multe sunt tot atât de îndepărtate cât este Jupiter de Soare. Unele stele, supernovele, sunt tot atât de strălucitoare cât galaxia care le conține; altele, găurile negre, sunt invizibile și la câțiva kilometri distanță. Unele strălucesc cu o lumină constantă; unele licăresc într-un mod incert sau se aprind și se sting într-un ritm neabătut. Unele se rotesc cu o eleganță impunătoare; altele se răsucesc atât de frenetic, încât se deformează și se alungesc. Majoritatea strălucesc în principal cu o lumină vizibilă și infraroșie; altele sunt surse strălucitoare de raze X sau de unde radio. Stelele albastre sunt fierbinți și tinere; stelele galbene sunt convenționale și de vârstă mijlocie; stelele roșii sunt de multe ori bătrâne și aflate pe moarte; iar stelele albe sau negre de mici dimensiuni se află în momentele finale ale morții. Calea Lactee conține în jur de 400 de miliarde de stele de orice tip, ce se deplasează cu o grație complexă și ordonată. În acest moment, dintre toate stelele, locuitorii Pământului cunosc de aproape doar una.

Fiecare sistem stelar este o insulă în spațiu, menținută într-o carantină neîntreruptă față de vecinii săi de către anii-lumină. Îmi pot închipui ființe în lumi nenumărate care, în evoluția lor, ajung să cuprindă fragmente de cunoaștere, fiecare dintre ele presupunând inițial că minuscula lor planetă și cei câțiva sori neînsemnați reprezintă tot ceea ce există. Creștem în izolare și doar într-un mod lent ajungem să învățăm Cosmosul.

Unele stele pot fi înconjurate de milioane de lumi în miniatură, pietroase și lipsite de viață, sisteme planetare înghețate într-o etapă primitivă a propriei evoluții. Există poate multe stele care au sisteme planetare destul de asemănătoare cu al nostru: la periferie, mari planete gazoase cu inele și luni înghețate, iar mai aproape de centru, mici lumi calde, alb-albastre, acoperite de nori. Pe unele dintre ele poate că a evoluat viață

inteligentă ce a remodelat suprafața planetară prin vreun proiect ingineresc enorm. Ei sunt frații și surorile noastre din Cosmos. Să fie oare foarte diferiți de noi? Care este forma lor, biochimia lor, neurobiologia lor, istoria lor, politica lor, știința lor, tehnologia lor, arta lor, muzica lor, religia lor, filosofia lor? Poate că într-o zi vom face cunoștință cu ei.

Am ajuns acum în vecinătatea noastră, la un an-lumină de Pământ. Un roi sferic imens de bulgări de zăpadă alcătuiți din gheață, rocă și molecule organice înconjoară Soarele: sunt nucleele cometelor. Din când în când, câte o stea aflată în trecere provoacă un mic șoc gravitațional, iar unul dintre aceștia se aruncă în sistemul solar interior. Acolo, Soarele îl încălzește, gheața se evaporă și se formează o frumoasă coadă de cometă.

Ne apropiem de planetele sistemului nostru: sunt lumi destul de mari, captive ale Soarelui, obligate gravitațional să urmeze orbite aproape circulare și încălzite în principal de lumina solară. Pluton, acoperită cu gheață de metan și însoțită de luna sa singuratică gigantică, Charon, este luminată de un Soare îndepărtat, ce arată abia ca un punct de lumină strălucitor pe un cer profund întunecat. Lumile gazoase gigantice, Neptun, Uranus, Saturn – bijuteria sistemului solar – și Jupiter, au toate un anturaj format din luni înghețate. La interior față de regiunea planetelor gazoase și a icebergurilor orbitale se găsesc zonele calde și pietroase ale sistemului solar interior. Există, de exemplu, planeta Marte, cu vulcani înalți, rifturi uriașe, furtuni de nisip enorme ce cuprind întreaga planetă și, posibil, unele forme simple de viață. Toate planetele orbitează în jurul Soarelui, cea mai apropiată stea, un infern format din gaz de hidrogen și heliu ce produce reacții termonucleare și inundă cu lumină sistemul solar.

În fine, la capătul pribegiei noastre, ne întoarcem la lumea noastră alb-albastră, minusculă și fragilă, pierdută într-un ocean cosmic a cărui imensitate depășește cele mai îndrăznețe închipuiri ale noastre. Este o lume dintr-o imensitate de alte lumi; ea nu poate să aibă importanță decât pentru noi. Pământul

este căminul nostru, zămisitorul nostru. Forma noastră de viață s-a născut și a evoluat aici. Specia umană ajunge la maturitate aici. Aceasta este lumea în care ne-am dezvoltat pasiunea pentru explorarea Cosmosului și acesta este locul în care ne elaborăm destinul, cu o anumită durere și fără garanții.

Bun venit pe planeta Pământ: un loc cu ceruri albastre de nitrogen, oceane de apă lichidă, păduri răcoroase și câmpii blânde, o lume care pulsează de viață. După cum am spus, această lume este, din perspectivă cosmică, dureros de frumoasă și rară; dar este de asemenea, pentru moment, unică. În întreaga noastră călătorie prin spațiu și timp aceasta este, până acum, singura lume în care știm cu certitudine că materia Cosmosului a devenit vie și conștientă. Trebuie să existe multe astfel de lumi împrăștiate în spațiu, dar căutarea noastră începe aici, cu înțelepciunea acumulată a bărbaților și femeilor speciei noastre, strânsă cu un mare cost pe durata unui milion de ani. Avem privilegiul să trăim între oameni străluciți și plini de pasiunea descoperirii și într-o epocă în care căutarea cunoașterii este în general prețuită. Ființele umane, născute în definitiv din stele și care în acest moment locuiesc într-o lume numită Pământ, au început marea călătorie de întoarcere acasă.

Descoperirea faptului că Pământul este o lume mică s-a petrecut, precum atâtea alte descoperiri umane importante, în vechiul Orient Apropiat, într-o vreme pe care unii oameni o consideră al treilea secol î.e.n., în cea mai mare metropolă a epocii, orașul egiptean Alexandria. Acolo trăia un om numit Eratostene. Unul dintre contemporanii săi invidioși l-a poreclit „Beta”, a doua literă a alfabetului grecesc, fiindcă, spunea acesta, Eratostene era al doilea în toate câte existau pe lume. Dar pare să fie clar că Eratostene era „Alfa” în aproape orice. A fost astronom, istoric, geograf, filosof, poet, critic de teatru și matematician. Titlurile operelor pe care le-a scris merg de la *Astronomie* la *Despre eliberarea de durere*. El a fost de asemenea bibliotecarul mării Biblioteci din Alexandria, unde într-o zi a citit într-o carte din papirus că la un avanpost al frontierei sudice din Syene, aproape de prima cataractă a Nilului, în miezul zilei de 21 iunie, bețele verticale

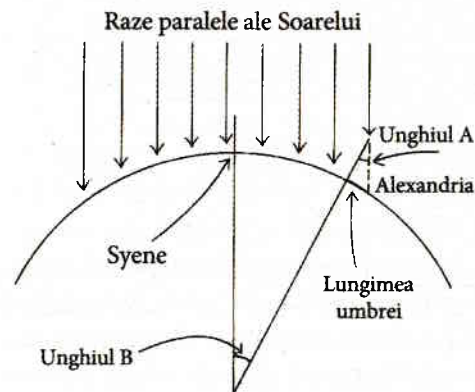
nu aruncă umbră. La solstițiul de vară, cea mai lungă zi din an, pe măsură ce orele se îndreptau spre miezul zilei, umbrele coloanelor templului se scurtau tot mai mult. La amiază, dispăreau. În acel moment se putea vedea Soarele reflectat în apa de pe fundul unui puț adânc. Soarele se afla direct deasupra capului.

Era o observație pe care altcineva ar fi ignorat-o cu ușurință. Bețe, umbre, reflexii în puțuri, poziția Soarelui – ce importanță ar putea avea niște lucruri atât de simple și cotidiene? Dar Eratostene era un om de știință, iar conjecturile lui asupra acestor subiecte obișnuite au schimbat lumea; într-un anumit sens, au făcut lumea. Eratostene a avut prezența de spirit să facă un experiment, să observe în realitate dacă în Alexandria bețele verticale aruncă umbră aproape de miezul zilei, pe 21 iunie. Și a descoperit că fac acest lucru.

Eratostene s-a întrebat cum, în același moment, un băț din Syene nu aruncă nici o umbră, în timp ce un băț din Alexandria, aflat la o mare distanță către nord, aruncă o umbră pronunțată. Să ne gândim la o hartă a Egiptului antic cu două bețe verticale de lungime egală, unul înfipt în Alexandria, celălalt în Syene. Să presupunem că, la un moment dat, nici unul dintre bețe nu aruncă nici o umbră. Lucrul acesta se explică foarte ușor – dacă presupunem că Pământul este plat. Soarele s-ar situa astfel direct deasupra capului. Dacă cele două bețe aruncă umbre de lungime egală, lucrul acesta s-ar explica de asemenea pe un Pământ plat: razele Soarelui ar avea aceeași înclinație și ar forma același unghi față de cele două bețe. Dar cum se explică că în Syene nu exista nici o umbră și, în același timp, în Alexandria umbra era pronunțată?

Eratostene a înțeles că singurul răspuns posibil este acela că suprafața Pământului este curbată. Nu doar atât: cu cât este mai mare curbura, cu atât este mai mare diferența de lungime dintre umbre. Soarele este atât de îndepărtat, încât razele sale sunt paralele când ajung pe Pământ. Bețele situate la unghiuri diferite față de razele Soarelui aruncă umbre de lungimi diferite. Diferența observată în lungimea umbrelor cerea ca distanța dintre Alexandria și Syene să fi fost în jur de șapte grade de-a-

lungul suprafeței Pământului; cu alte cuvinte, dacă ne imaginăm bețele întinzându-se până la centrul pământului, s-ar intersecta acolo la un unghi de șapte grade. Șapte grade este aproximativ o cincizecime din trei sute șaiszeci de grade, întreaga circumferință a Pământului. Eratostene știa că distanța dintre Alexandria și Syene era de aproximativ 800 de kilometri, deoarece angajase un om să o măsoare cu piciorul. Opt sute de kilometri ori 50 fac 40.000 de kilometri: aceasta ar trebui să fie circumferința Pământului¹.



Unghiul A poate fi măsurat pornind de la lungimea umbrei în Alexandria. Dar conform geometriei elementare („dacă două paralele drepte sunt tăiate de o a treia linie, unghiurile interioare alternate sunt egale”), unghiul B este egal cu unghiul A. Astfel, Eratostene, prin măsurarea lungimii umbrei în Alexandria, a ajuns la concluzia că Syene se află la $A=B=7^\circ$ distanță pe circumferința Pământului.

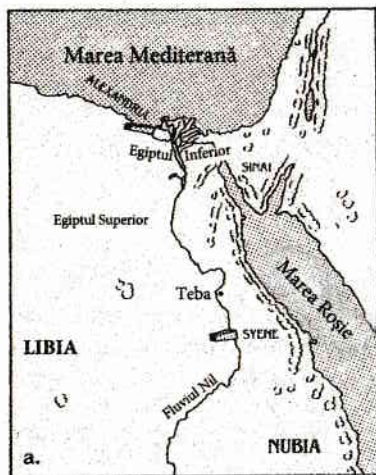
Acesta este răspunsul corect. Singurele instrumente ale lui Eratostene erau bețe, ochi, picioare și creier, la care s-a adăugat gustul pentru experiment. Cu acestea a dedus circumferința Pământului cu o eroare de doar câteva procente, ceea ce constituie o realizare remarcabilă pentru acum 2.200 de ani. El a fost primul om care a măsurat cu precizie dimensiunea unei planete.

¹ Dacă preferați să măsurați lucrurile în mile, distanța dintre Alexandria și Syene este în jur de 500 de mile, iar $500 \text{ de mile} \times 50 = 25.000 \text{ de mile}$.

Lumea mediteraneană din acea epocă era renumită pentru navigație. Alexandria era cel mai mare port de pe planetă. Știind deja că Pământul este o sferă de dimensiuni modeste, nu ai fi tentat să întreprinzi călătorii de explorare, să cauți ținuturi nedescoperite, poate chiar să încerci să navighezi în jurul planetei? Cu patru sute de ani înainte de Eratostene, Africa fusese circumnavigată de o flotă feniciană contractată de faraonul egiptean Neco. Au înălțat pânzele de pe malurile Mării Roșii, probabil în ambarcațiuni fragile și deschise, coborând pe coasta de est a Africii, ajungând la Atlantic și întorcându-se prin Mediterană. Această expediție epică a durat trei ani, cam cât îi ia unei sonde spațiale Voyager să zboare de la Pământ la Saturn.

După descoperirea lui Eratostene, au existat marinari curajoși și plini de spiritul aventurii care au încercat multe călătorii mărețe. Corăbiile lor erau minuscule.

Aveau doar instrumente rudimentare de navigație. Se foloseau de estimări și urmăreau cât puteau de mult liniile de coastă. Într-un ocean necunoscut puteau să-și determine latitudinea, dar nu și longitudinea, observând, noapte de noapte, poziția constelațiilor în raport cu orizontul.



Pagina aceasta: O hartă plană a Egiptului antic; când soarele se află direct deasupra capului, obeliscurile verticale nu aruncă umbre nici în Alexandria și nici în Syene. Pagina următoare, stânga: Atunci când soarele nu se află direct deasupra capului, sunt aruncate umbre de lungime egală. Dar (pagina următoare, dreapta) atunci când harta este curbată, soarele poate fi deasupra capului în Syene și nu în Alexandria; în Syene nu este aruncată așadar nici o umbră, dar în Alexandria este aruncată o umbră pronunțată.

Constelațiile familiare trebuie să fi avut un efect liniștitor în mijlocul unui ocean neexplorat. Stelele sunt prietenele exploratorilor, înainte când corăbiile navigau pe Pământ și acum când navele spațiale navighează în cer. După Eratostene, este posibil să mai fi existat încercări, dar până în epoca lui Magelan nimeni nu a reușit să circumnavigheze Pământul. Ce povești pline de curiozitate și aventură trebuie să fi fost spuse în timp ce marinarii și navigatorii, oameni practici ai lumii, își puneau în joc viețile având credință în matematica unui om de știință din Alexandria?

În epoca lui Eratostene, se construiau globuri ce reprezentau Pământul văzut din spațiu; erau în esență corecte în descrierea Mediteranei, o regiune bine explorată, dar deveneau tot mai inexacte pe măsură ce se îndepărtau de casă. Cunoașterea actuală pe care o avem despre Cosmos împărtășește acest aspect dezastrabil, dar inevitabil. În secolul întâi, geograful alexandrin Strabon scria:

Cei care s-au întors dintr-o încercare de a naviga în jurul Pământului nu spun că au fost împiedicați în călătoria lor de vreun continent, căci marea a rămas cu desăvârșire deschisă, ci mai curând de lipsa de hotărâre și de provizii... Eratostene spune că dacă întinderea oceanului Atlantic nu ar fi un obsta-

