

LBBIS

We know
books

ANDREW H. KNOLL

SCURTĂ ISTORIE A PĂMÂNTULUI

PATRU MILIARDE DE ANI
ÎN OPT CAPITOLE

Traducere din limba engleză de
ROXANA NICOLESCU

LITERA
București

Prolog. O invitație	7
Pământul chimic. Nașterea unei planete	15
Pământul fizic. Modelarea planetei	35
Pământul biologic. Viața se răspândește pe planetă	53
Pământul cu oxigen. Originea aerului respirabil	75
Pământul cu animale. Formele de viață se măresc	93
Pământul verde. Plante și animale colonizează uscatul	113
Pământul catastrofelor. Extincții care au remodelat viața	135
Pământul oamenilor. O specie transformă planeta	153
Mulțumiri	177
Bibliografie	179
Indice	187

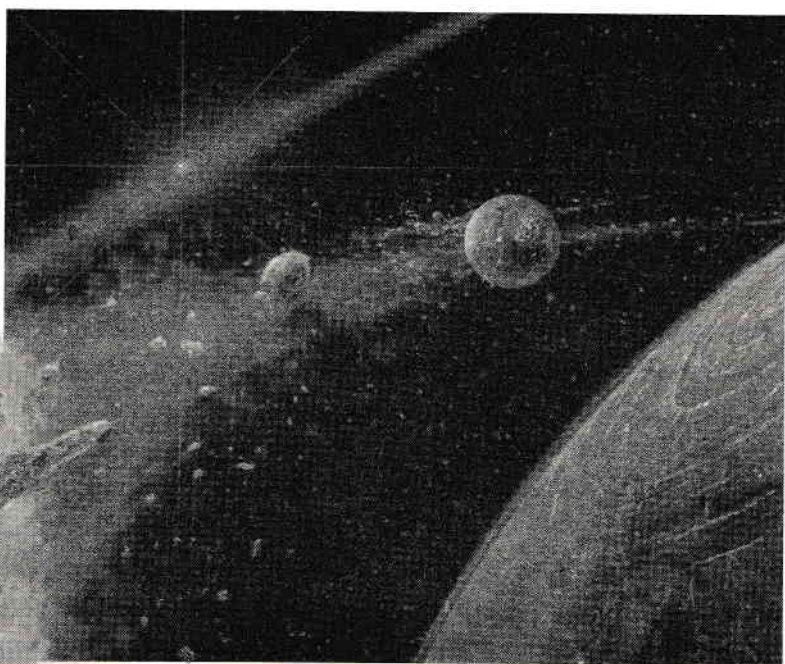
LBRIS

We know
books

1

Pământul chimic

NAȘTEREA UNEI PLANETE



❖ LA ÎNCEPUT A FOST... ei bine... o fărâmă, un grăunte, un punct deopotrivă incomprehensibil de mic și inimaginabil de dens. Nu era o concentrație de lucruri în pustiul vast al universului. *Era însuși universul.* Cum a ajuns acolo, nimeni nu știe.

La fel de misterios este și ce a fost înainte, dacă a existat ceva, însă cu circa 13,8 miliarde de ani în urmă, acest nucleu primordial al universului a început să se extindă rapid – un „Big Bang“ care a dezlănțuit o uriașă maree de energie și de materie; nu rocile și mineralele din viața noastră zilnică; nici măcar atomii din care sunt alcătuite rocile, aerul și apa. În zorii universului, materia era formată din quarcuri, leptoni și gluoni, o adunătură ciudată de particule subatomice care s-au unit și au format atomi.

Felul în care înțelegem universul și istoria lui vine în mare parte din cea mai efemeră sursă: lumina. Poate că punctele luminoase care dau formă cerului nopții nu par tocmai cărți de istorie, dar două proprietăți ale luminii ne ajută să înțelegem cum a evoluat universul. În primul rând, intensitatea diferitelor lungimi de undă ale radiației pe care o recepționăm arată compoziția sursei. Ochii noștri pot detecta doar un interval redus de lungimi de undă, dar stelele și alte corpuri cerești emit sau absorb un spectru larg de radiații, de la unde radio și microunde la raze X și raze gamma, fiecare cu o poveste de spus. Și, un lucru important, lumina respectă o limită strictă de viteză: 299 792 458 de metri pe secundă, în vid. Lumina solară este emisă cu opt minute și douăzeci de secunde înainte să o vedem, iar, în cazul stelelor și al altor corpuri mai îndepărtate, lumina care ajunge la noi a fost emanată chiar mai devreme – mult mai devreme în cazul obiectelor cele mai îndepărtate. Toate acestea transformă cerul nostru înstelat într-o carte de istorie cerească.

Microunde distribuite uniform pe cer vorbesc despre Big Bang și urmările sale imediate, iar radiații de la prima generație de stele, formate la câteva sute de mii de ani după începutul timpului, ajung

LBRIS

We know
books

la noi abia astăzi. Cum s-au format aceste stele timpurii? Totul are legătură cu gravitația, arhitectul universului. Gravitația descrie atracția dintre diferite obiecte, puterea atracției fiind determinată de masa obiectelor și de distanța dintre ele. Pe măsură ce atomii se formau în universul timpuriu aflat în expansiune, gravitația a început să-i strângă laolaltă. Agregări locale au crescut, întărindu-și atracția gravitațională și, în final, au colapsat în sfere fierbinți și dense, atât de fierbinți și de dense încât nuclee de hidrogen au fuzionat și au format heliu, emanând lumină și căldură. Când se întâmplă acest lucru, ia naștere o stea. Mari, fierbinți și cu viață scurtă, acele stele primordiale au stabilit parcursul pentru tot ce a apărut mai târziu, inclusiv parcursul nostru.

Materia generată de Big Bang conținea în special atomi de hidrogen, cel mai simplu element, împreună cu deuteriu (hidrogen cu un neutron adăugat) și heliu. S-a format și un pic de litiu, alături de cantități și mai mici din alte elemente ușoare, și cam atât. De fapt, a mai *existat* altceva, dar nu prea știm ce. În anii 1950, astronomii au început să folosească mișcările stelelor și galaxiilor (aglomerări de stele, gaz și praf ținute laolaltă tot de gravitație) pentru a calcula atracția gravitațională în spațiul îndepărtat, dar, când au însumat masa tuturor obiectelor cerești cunoscute, și-au dat seama că era insuficientă pentru a le explica observațiile. Trebuia să mai existe ceva, o necunoscută care interacționează cu materia normală prin gravitație, dar nu interacționează cu lumina; astronomii au numit-o materie întunecată. Există ipoteze despre ceea ce ar putea fi materia întunecată, dar nimic nu este cert. Și mai misterioasă este energia întunecată, considerată și ea necesară pentru a explica funcționarea universului. Se crede că materia întunecată și energia întunecată reprezintă 95% din tot ce există, constituenți enigmatice pe care nu îi putem detecta, dar care sunt considerați esențiali în modelarea universului. Mai avem multe de învățat.

Să revenim la materia convențională. La începutul erei stelelor strălucitoare, universul era un cocktail rece și difuz de atomi de hidrogen (în mare parte). Stele timpurii au generat mai mult heliu, dar nu exista nimic din care să poată lua naștere un Pământ (vezi tabelul de la pagina alăturată). De unde au venit fierul, siliciul și oxigenul necesare pentru a ne forma planeta? Dar carbonul, azotul, fosforul și alte elemente care ne compun corpul?

Acestea și toate celelalte elemente au apărut în generații succesive de stele, turnătorii de atomi din care, într-o bună zi, a luat naștere planeta noastră. La temperaturile și presiunile ridicate din stelele mari, elemente ușoare au fuzionat, formând carbon, oxigen, siliciu și calciu; fier, aur, uraniu și alte elemente grele au fost create în explozii stelare gigante, numite supernove. Chipul pe care îl vezi în oglindă poate că are câteva decenii de existență, dar este compus din elemente formate acum miliarde de ani în stele străvechi.

De-a lungul imensității timpului, stele s-au născut și au murit, fiecare ciclu contribuind la inventarul elementelor concentrate astăzi în Pământ și în formele de viață. Galaxii s-au contopit și au apărut găuri negre (zone atât de dense încât nici lumina nu le poate scăpa), modelând încet universul pe care îl observăm astăzi.

COMPOZIȚIE A PĂMÂNTULUI ȘI A FORMELOR DE VIAȚĂ (procent, după greutate)

Pământ	
Fier	33
Oxigen	31
Siliciu	19
Magneziu	13
Nichel	1,9
Calciu	0,9
Aluminiu	0,9
Restul	0,3
Celule din corpul uman	
Oxigen	65
Carbon	18
Hidrogen	10
Azot	3
Calciu	1,5
Fosfor	1
Restul	1,5

Reluăm povestea cu aproape 4,6 miliarde de ani în urmă și ne concentrăm asupra unui nor simplu format din atomi de hidrogen și din cantități mici de gaze, gheață și granule minerale din interiorul brațului spirală al unei galaxii oarecare, numite Calea Lactee. La început, norul era mare, difuz și rece (foarte rece, cu temperaturi de 10–20 de grade Kelvin sau -253 până la -263 de grade Celsius). Probabil împins de o supernovă din apropiere, acest nor a colapsat într-o nebuloasă mult mai mică, mai densă și mai fierbinte. Așa cum se întâmplase de miliarde de ori în alte părți ale universului, gravitația a atras cea mai mare parte a norului, formând o masă centrală fierbinte și densă – Soarele nostru. Cea mai mare parte a hidrogenului din nebuloasă a intrat în Soare, dar granule de gheață și de minerale s-au separat într-un disc care se rotea în jurul steii noastre tinere, semănând cumva cu inelele din particule minuscule care înconjoară planeta Saturn (figura 1).

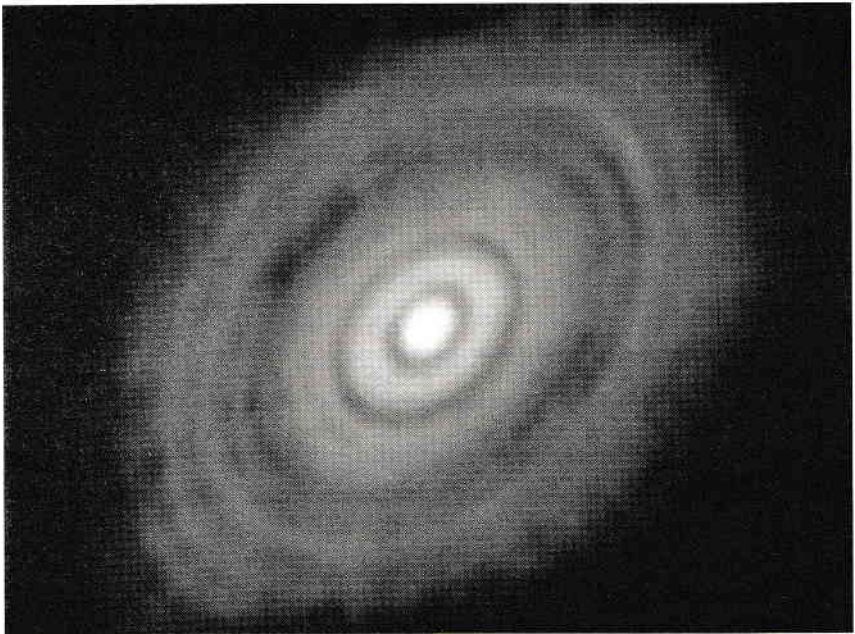


FIGURA 1. Această imagine remarcabilă, surprinsă de radiotelescopul Atacama Large Millimeter Array (ALMA), înfățișează HL Tauri, o stea tânără, similară Soarelui, și discul său protoplanetar. Inelele și golurile vizibile în imagine consemnează planete emergente în timp ce îndepărtează praf și gaze de pe orbitele lor. Este posibil ca sistemul nostru solar să fi arătat cam așa acum 4,54 miliarde de ani. ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/NASA/ESA

LIBRIS

We know
books

La început, discul era suficient de fierbinte pentru a vaporiza mineralele și ghețurile din care s-a format. Totuși, în câteva milioane de ani, a început să se răcească, mai repede în punctele îndepărtate și mai lent în cele apropiate de căldura Soarelui.

Din experiența noastră zilnică știm că substanțele se topesc sau se cristalizează la temperaturi diferite. De exemplu, la suprafața Pământului, apa îngheață la 0°C , dar gheața uscată îngheață din dioxid de carbon la temperaturi mult mai scăzute ($-78,5^{\circ}\text{C}$). Cam la fel, mineralele din roci cristalizează din precursori topiți la temperaturi care variază de la sute la peste $1\ 000^{\circ}\text{C}$. Din acest motiv, pe măsură ce discul planetar se răcea, materiale diferite au cristalizat în momente și locuri diferite, totul în raport cu distanța la care se aflau față de căldura Soarelui. Mai întâi s-au format oxizi de calciu, de aluminiu și de titan; au urmat metalele – fier, nichel și cobalt –, iar mai târziu, dincolo de distanța față de Soare denumită linie de îngheț, ghețuri de apă, dioxid de carbon, monoxid de carbon, metan și amoniac – substanțele care au format oceane, aer și viață. Bucăți de minerale și de gheață s-au ciocnit și au format particule mai mari, care s-au unit, creând corpuri și mai mari. În câteva milioane de ani, au rămas doar câteva structuri sferice în locul în care se rotise discul. „A treia sferă de la Soare” era Pământul, o masă stâncoasă care orbitează Soarele la circa 150 de milioane de kilometri distanță.

❖ CUM S-A FORMAT PĂMÂNTUL mai exact și ce știm despre copilăria lui? Dacă lumina relatează istoria universului, rocile spun povestea planetei noastre. Când contempli Marele Canion sau admiri vârfulurile care încadrează lacul Louise, privești, de fapt, biblioteca naturii, tomuri de istorie a Pământului fiind inscripționate în piatră. Sedimente – pietrișuri, nisipuri sau noroaie formate prin eroziunea rocilor anterioare sau calcare aduse de curgerile de apă – s-au răspândit peste lunci și pe fundul oceanului, însemnând strat de strat trăsăturile fizice, chimice și biologice ale suprafeței planetei noastre în momentul și în locul în care s-au format. Rocile magmatice – formate din materiale topite din adâncul Pământului – ne spun mai multe despre interiorul dinamic al planetei, la fel și rocile metamorfice, create din precursori

sedimentari sau metamorfici la temperaturi și presiuni ridicate, adânc în Pământ. Împreună, aceste roci spun o poveste măreață a evoluției Pământului din tinerețe la maturitate, a evoluției vieții de la bacterii la tine și – poate cea mai importantă poveste dintre toate – a modalităților în care Pământul fizic și biologic s-au influențat reciproc în timp. Lucrez ca geolog de patruzeci de ani, dar sunt încă uimit că stâncile de-a lungul coastei Dorset din sudul Angliei îmi permit să evoc imaginea Pământului de acum 180 de milioane de ani. Așa cum vom vedea, chiar mai remarcabile sunt acele roci care ne descriu Pământul și viața existente în urmă cu miliarde de ani.

Dacă privești cu atenție vârfuri impunătoare din Munții Stâncoși sau din Alpi, prinde contur un alt aspect al istoriei Pământului. Formele lor ca niște dinți nu sunt rezultatul sedimentării. Dimpotrivă, sunt sculptate de eroziune, procese fizice și chimice care macină rocile, distrugându-le poveștile. Pământul își scrie istoria cu o mână și o șterge cu cealaltă, iar pe măsură ce ne întoarcem în timp, ștergerea are câștig de cauză. Planeta noastră s-a închegat în urmă cu aproximativ 4,54 miliarde de ani, dar cele mai vechi roci cunoscute de pe Pământ datează doar de aproape patru miliarde de ani. Probabil că au existat roci mai vechi, dar au fost erodate sau îngropate și transformate prin metamorfism în forme de nerecunoscut. Poate că mai sunt câteva într-un deal îndepărtat din Canada sau din Siberia, așteptând să fie recunoscute, dar, în mare parte, primele 600 de milioane de ani din istoria Pământului reprezintă o epocă întunecată a planetei noastre.

Cum putem reconstitui copilăria Pământului fără consemnări istorice? Se pare că avem copii de rezervă, păstrate într-o altă locație, ca să spunem așa. Rocile în cauză sunt meteoriți, roci rămase din sistemul solar timpuriu care se prăbușesc din când în când pe Pământ. Convingerea noastră că Pământul și alte planete s-au format acum mai bine de 4,5 miliarde de ani provine din „ceasuri“ geologice captive în mineralele care alcătuiesc aceste roci speciale. (Mai multe despre datarea istoriei Pământului imediat.) Unii meteoriți, numiți condriți, sunt formați din granule rotunde milimetrice, numite condrule, despre care se crede că păstrează acele particule mici care s-au ciocnit și au creat corpuri mai mari în primele faze ale formării planetei (figura 2). Această

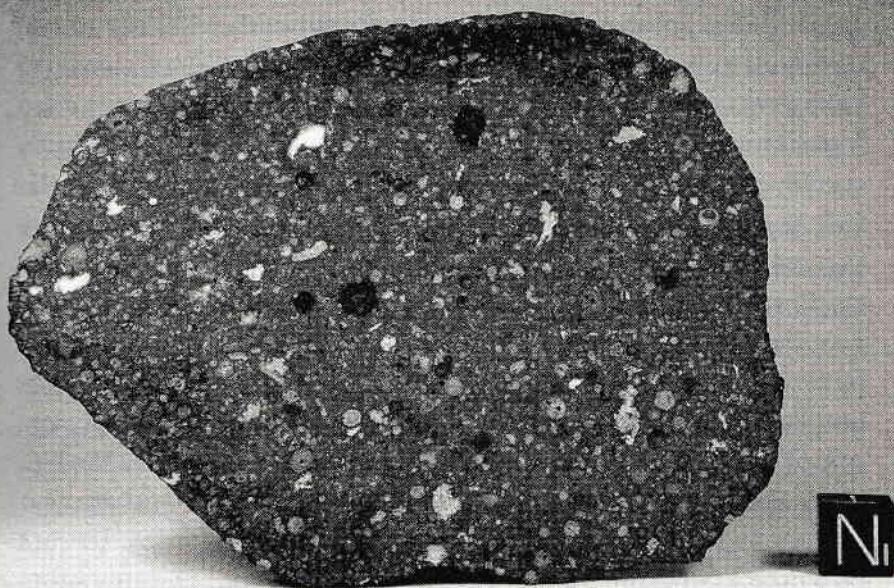


FIGURA 2. Meteoritul Allende, un condrit carbonic care a căzut pe Pământ în 1969. Granulele rotunde din interior sunt condriturile, roci sferoide care s-au format la începutul sistemului nostru solar, s-au agregat în corpuri mai mari, formând în cele din urmă planetele interioare ale sistemului nostru solar, inclusiv Pământul. Condritii carbonici conțin atât apă, cât și molecule organice, constituenți care au ajuns până la urmă în atmosfera, oceanele și formele de viață de pe Pământ. Cubul pus alături de condrit are latura de un centimetru. *Matteo Chinellato (via Wiki, Creative Commons)*

viziune este susținută de studii atente ale compoziției condriturilor, care include minerale de calciu, aluminiu și titan, primele care s-au condensat pe măsură ce discul nostru solar a început să se răcească, precum și granule rare expulzate de o supernovă din apropiere și adunate ulterior, pe măsură ce s-a format sistemul solar. Meteorii condritici nu doar că păstrează o arhivă directă a sistemului solar timpuriu, ci compoziția lor chimică sugerează că au fost materialele principale din care s-a format Pământul.

În câteva milioane de ani, cea mai mare parte din rocile și din gheața din jurul Soarelui nostru s-au unit și au format planete.

În viziunea convențională, particule de dimensiunea firelor de praf s-au lipit între ele și au produs granule mai mari, care, la rândul lor, s-au agregat și au dat naștere unor corpuri și mai mari, formând în final planetezimate, bucăți de rocă de dimensiuni kilometrice, similare cu majoritatea asteroizilor prezenți astăzi între orbitele lui Marte și Jupiter. Potrivit unei ipoteze alternative, corpuri de tip planetar s-au format direct prin acreția unor particule de mărimea pietricelelor. În orice caz, pe măsură ce acreția se apropia de finalizare, au rămas doar aproximativ o sută de corpuri cu dimensiuni între cea a Lunii și cea a planetei Marte. Acestea s-au ciocnit și au format planetele sistemului nostru solar. Un astfel de cataclism a afectat profund casa noastră ulterioară. La câteva zeci de milioane de ani după ce Pământul se formase aproape complet, un corp cât Marte s-a ciocnit de planeta noastră tânără, aruncând în spațiu roci și gaz. Mare parte din materialul aruncat s-a unit în final și a format o sferă stâncoasă relativ mică, blocată pe o orbită permanentă în jurul Pământului. Poate că Luna plină inspiră poezii, dar s-a născut din violență, iar secretele i-au fost dezlegate prin studierea atentă a rocilor selenare.

❖ PĂMÂNTUL ESTE O SFERĂ STÂNCOASĂ cu un diametru de 12 746 de kilometri la ecuator. (De fapt, planeta noastră nu este chiar sferică; datorită rotației, Pământul este puțin mai umflat la ecuator și aplatizat spre poli.) Dacă tai Pământul pe jumătate (nerecomandat), vei vedea că planeta nu este omogenă, ci mai degrabă stratificată concentric, ca un ou fiert tare (figura 3, pagina 28). „Gălbenușul“ Pământului este nucleul, un corp interior fierbinte și dens, care reprezintă aproximativ o treime din masa planetei. Nucleul conține în special fier, ceva nichel și aproximativ 10% elemente mai ușoare despre care se crede că includ hidrogen, oxigen, sulf și/sau azot. Trebuie să ne mulțumim cu „se crede că includ“, deoarece, cu tot respectul față de Jules Verne, nimeni nu a călătorit în centrul Pământului pentru a preleva o mostră. Valuri de energie generate de cutremure acționează cam la fel precum computerele tomograf din spitale, iar detalii despre modul în care aceste unde sunt propagate, reflectate, refractate sau absorbite în interiorul planetei dezvăluie dimensiunile