

## Linia timpului cosmologic

**Rosa M. Ros, Beatriz García, Ricardo Moreno, Pilar Orozco, Juan Antonio Prieto, Ivo Jokin**

International Astronomical Union, Polytechnical University of Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Colegio Retamar, Spain, Diverciencia, Spain, Municipal Center for Extracurricular Activities, Dolna Mitropolia Municipality, Bulgaria.

### Rezumat

Istoria Universului se întinde pe 13800 de milioane de ani. În acea perioadă de timp, Universul a transformat energia în atomi ai elementelor primordiale în timp record. Atomii au format stele și acestea, la rândul lor, au transformat materialul pentru a produce cele aproximativ 100 de elemente care alcătuiesc Tabelul Periodic. Elementele chimice au fost organizate, dar pentru a obține materialul prebiotic care a dus mai târziu la diferitele forme de viață pe care le cunoaștem pe Pământ, procesul a fost lung și complex. Putem spune că viața este o consecință a unei serii de factori care au produs-o și i-au permis să evolueze. Să cunoască momente care au fost repere fundamentale pentru apariția vieții de-a lungul istoriei Universului, să se apropie de instrumentele pe care astronomii le-au conceput, construit și instalat, chiar și în afara Pământului, pentru a studia posibilitatea existenței vieții dincolo de singurul loc din Univers în care a fost detectată, și să descopere teoriile care încearcă să explice cum, când și de unde își are originea viața, este misiunea acestui Atelier.

### Obiectivele

- Vizualizați istoria Universului printr-o cronologie
- Înțelegeți importanța procesului care a fost necesar pentru a ajunge la formarea vieții
- Înțelegeți adaptarea vieții la multe condiții variate

### Introducere cosmologică

Universul este singurul sistem izolat de natură: nu schimbă nici energie, nici materie cu mediul, pentru că este mediul.

Se estimează că universul a apărut acum 13800 de milioane de ani, ca urmare a unei eliberări de energie. Procesul de naștere și evoluție a universului, precum și scenariile posibile pentru destinația sa finală, au fost abordate în Atelierul de evoluție a universului.

Dincolo de studiul Universului în ansamblu, este interesant să extindem propunerea legată de modele de scară care ne permit să vedem ce înseamnă vârsta Cosmosului, dar, în același timp, să introducem un concept fundamental pentru specia umană: cel al vieții, una dintre caracteristicile sau proprietățile unice ale Universului.

Problema originii vieții și a corolarului ei, existența vieții inteligente, este principalul obiectiv al exo și astrobiologiei; Este un eveniment neobișnuit, care poate fi studiat din punct de vedere științific, cu scopul de a înțelege cum a avut loc pe Pământ și cum ar putea apărea în altă parte.

Căutarea vieții este un obiectiv comun în Astronomie și Astrofizică și, prin urmare, punerea subiectului pe o scară cosmologică ne permite să înțelegem intervalul lung de timp care separă originea Universului cu apariția celor mai primitive forme de viață.

Pentru căutarea vieții, avem câteva instrumente care stau la baza muncii în astrobiologie și astrochimie.

În procesul de formare și naștere a unei stele din colapsul gravitațional al unui nor de gaz interstelar și praf, se poate forma un sistem planetar cu rămășițele de material din acel nor.

În același mod în care putem cunoaște compoziția stelei luate în considerare prin studierea spectrului său, este posibil să cunoaștem existența și compoziția chimică a unei atmosfere planetare, în cazul Sistemului Solar, sau a exoplanetelor, în cazul sistemelor exoplanetare sau extrasolare. Fiecare element chimic, fiecare moleculă, are un spectru sigur și unic.

Dacă o planetă sau o exoplanetă are o atmosferă și dacă spectrul stelei este cunoscut, atunci când lumina acelei stele trece prin atmosfera exoplanetei, aceasta va fi parțial absorbită de elementele chimice din acea atmosferă. În acest fel, vom putea determina compoziția chimică a oricărei atmosfere.

Un exemplu în acest sens este descoperirile recente ale telescopului Web James, în ceea ce face diverse sisteme exoplanetare.

Un exemplu: despre cum este posibil să abordăm căutarea vieții, ar fi următorul. În modelarea detaliată a exoplanetei WASP-39b, făcută datorită observațiilor telescopului web, a arătat că SO<sub>2</sub> în atmosfera sa este produs de fotochimie, ceea ce este extrem de important, deoarece fotochimia este fundamentală pentru ca viața de pe Pământ să prospere, deoarece este legată de producția de O<sub>3</sub> (ozon), cu fotosinteză și cu producerea de vitamina D fundamentală pentru organismul uman.

Din momentul zero în cronologia pe care o vom propune, au trecut doar aproximativ 100 de secunde până la transformarea a ceea ce a fost toată energia în atomi. Pentru apariția vieții, galaxiile au trebuit să apară mai întâi, apoi stelele, acestea au trebuit să transforme elementele chimice, să îmbogățească mediul intergalactic și interstelar și condițiile au trebuit să fie date astfel încât moleculele dezordonate să fie ordonate să formeze structuri complexe care să se poată reproduce și, în cele din urmă, să cedeze viață.

În secțiunile următoare vom vedea acest proces lung care, nu este miraculos, este o consecință a evoluției Cosmosului.

## Activitatea 1: Cronologie

Este vorba despre vizualizarea cronologiei istoriei Universului pe o bandă. folosind ca unitate de măsură un metru egal cu un miliard de ani ( $1\text{m} = 10^9\text{ ani}$  , adică  $10\text{ cm} = 10^6\text{ ani}$ ).

Pe măsură ce știința avansează și devin disponibile instrumente mai precise, determinarea magnitudinilor la fel de importante pentru istoria Universului, cum ar fi timpul și distanța, poate duce la anumite schimbări în perioadele în care au loc cele mai semnificative evenimente din Cosmos. Amintiți-vă că ceea ce știm despre Univers este statistic, observațiile din ce în ce mai bune ne pot forța să ne revizuim toate rezultatele.

Bing Bang, big bang-ul, a avut loc acum 13800 de milioane de ani ( $13,8 \cdot 10^9\text{ ani}$ ), apoi, pentru o perioadă scurtă de timp, 10-45 de secunde, nu se știe foarte bine să explici ce s-a întâmplat pentru că nici măcar nu poți aplica teoria relativității a lui Einstein, aceasta este așa-numita eră Planck.



Fig. 1: Prezentare simplă a cronologiei pe o bandă lungă de 13,8 m. Unele obiecte sunt cusute împreună care facilitează relația și compararea valorilor și permit fixarea scalei.

După  $10^{-35}$  din Big Bang, începe INFLAȚIA, care răspunde unei expansiuni exponențiale a Universului. O microsecundă ( $10^{-6}$  secunde) după Big Bang începe formarea supei primordiale (constând din diferite particule elementare).

După 3 minute de Big Bang, se inițiază nucleosinteza primordială a lui "H". Toată această primă parte nu poate fi reprezentată cu adevărat în cronologie de o problemă de scalare, deoarece luăm

În considerare 1 milimetru echivalent cu un milion de ani, secunde sau minute sunt invizibile. Din acest motiv, nu este afișat în cronologie, ci este prezentat separat.

După 100 de milioane de ani (după 10 cm), adică acum 13700 de milioane de ani, s-au format primele elemente primordiale. După încă 100 de milioane de ani, sau încă 10 cm,  $13,6 \cdot 10^9$  ani în urmă s-au format primele molecule, iar printre acestea, primele molecule de apă.

Aproximativ, tot în această perioadă de timp, s-au format primele stele și ceva mai târziu, acum 13100 de milioane de ani, primele galaxii. După o sută de milioane de ani, s-a format Calea Lactee primitivă ( $13,0 \cdot 10^9$  ani) (Figura 1).

Timp de aproximativ 8400 de milioane de ani (8,4 metri: pe scara noastră,  $10^9$  ani este egal cu un metru) au loc o serie de fenomene simultane. Primele stele evoluează, dând naștere la diferite explozii care expulzează diferite tipuri de atomi și apare diversitatea elementelor primordiale din tabelul periodic. În același timp, continuă să se formeze noi stele, care evoluează și ele, și apar diferite tipuri de obiecte, în diferite stadii de evoluție.



Fig. 2: acum 4600 de milioane de ani, se formează Soarele și odată cu el apar diferitele corpuri ale sistemului solar, în special Pământul și planetele stâncoase s-au format acum 4560 de milioane de ani. Aproximativ 20 de milioane de ani mai târziu, a apărut câmpul magnetic al Pământului, care servește ca protecție împotriva diferitelor radiații periculoase pentru viață așa cum o știm.

După cei 8,4 milioane de ani menționați mai sus, adică acum  $4,6 \cdot 10^9$  ani, are loc formarea Soarelui nostru, precum și formarea primilor alcooli. Grupurile OH sunt necesare mai târziu, deoarece apar în formarea multor molecule care vor fi importante pentru a realiza constituirea ADN-ului.

Aproximativ 3 cm mai târziu, 4570 milioane de ani în urmă, sa născut sistemul solar, 4mm mai târziu, 4566 milioane de ani în urmă, planetele gazoase s-au format și 6mm mai târziu, 4560 milioane de ani în urmă, Pământul și alte planete stâncoase s-au format (figura 2).

Aproximativ 2 cm mai târziu, câmpul magnetic al Pământului a apărut, din acest 4540 de milioane de ani în urmă, cu ceea ce aceasta a reprezentat protecția împotriva diferitelor tipuri de radiații dăunătoare vieții de pe planeta noastră.

Ulterior, la 6 cm, a început formarea Lunii, în urmă cu aproximativ 4 480 de milioane de ani, constituind sistemul Pământ-Lună în cadrul sistemului nostru planetar.

Doar 3 cm mai târziu, acum 4450 de milioane de ani, se constituie Atmosfera Primitivă a Pământului.

4,1  $10^9$  ani în urmă, asta după 45 cm, a avut loc bombardamentul intens târziu, care a afectat corpurile sistemului solar, precum și Pământul și Luna.

Acum 4000 de milioane de ani (4,0  $10^9$  ani), adică 10 cm mai târziu, apar primele celule procariote (fără nucleu) și apare molecula de ADN.

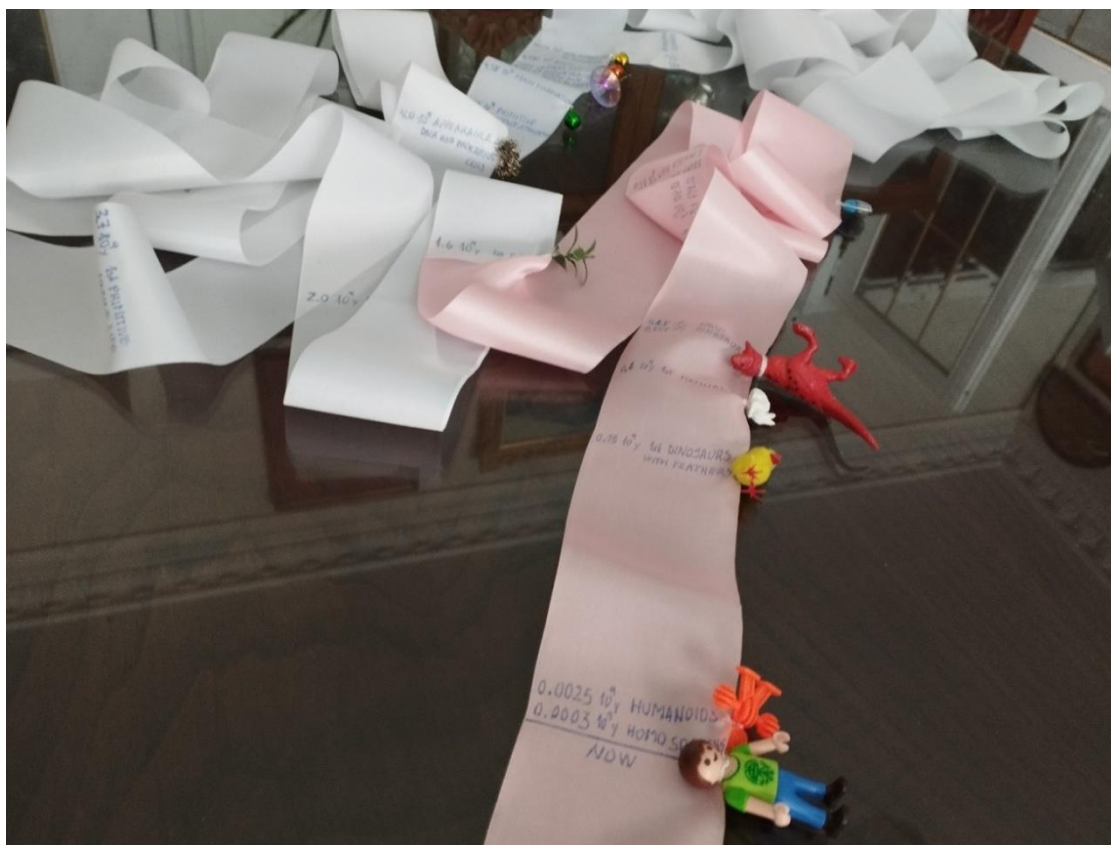


Fig. 3: Linia este goală de la începuturile sale până la apariția primelor plante verzi. În roz din acest punct până în prezent.

După 2 metri, asta e acum 2 miliarde de ani, începe viața care respiră Oxigen O<sub>2</sub>.

După 40 cm, 1,6 10<sup>9</sup> ani în urmă, începe apariția plantelor verzi pe planeta noastră, adică funcția de clorofilă intră în joc (figura 3).

Dincolo de 90 cm sau 90 de milioane de ani, adică acum 700 de milioane de ani, (0,7 10<sup>9</sup> ani), încep să apară primele țesuturi și organe specializate.

După 18 cm, timp de 0,52 10<sup>9</sup> ani apar cele ale trilobiților, fosile bine cunoscute de noi toți.

După 5 milioane de ani, adică 5 cm mai târziu, timp de 470 de milioane de ani are loc prima ieșire a animalelor din apă în zona terestră.

După numai 7 cm, acum 400 de milioane de ani, apar amoniții (fosile cunoscute).

3 mm mai târziu, acum 397 de milioane de ani, primele vertebrate apar pe Pământ.

Dacă ne mișcăm cu 14,7 cm, acum aproximativ 250 de milioane de ani, apar Nautili, animale care încă mai pot fi găsite pe planeta noastră.

Doar 5 milioane mai târziu, aceasta este 5 mm mai târziu, acum 245 de milioane de ani, apar primii dinozauri.

După 4,5 cm, acum 200 de milioane de ani, apar primele mamifere, inițial au fost mici, deși mai târziu apar cele mai mari.

5 cm mai târziu, de la acest 150 de milioane de ani în urmă, apar primii dinozauri cu pene, strămoșii păsărilor noastre. De fapt, unul dintre cei mai puțin evoluți și mai apropiați de dinozaurii antici înaripați sunt puii simpli pe care îi avem în țările noastre (figura 3).

Dincolo de 14,75 cm, adică după 14,75 milioane de ani, 0,0025 10<sup>9</sup> ani în urmă = 2,5 milioane de ani = 2 500 000 de ani, apar primii umanoizi.

După numai 2,2 mm, adică doar 0,0003 10<sup>9</sup> ani în urmă = 0,3 10<sup>6</sup> ani = 300 000 de ani, apare Homo sapiens.

## Galaxii canibale

Galaxiile sunt grupuri de stele legate între ele prin gravitație care se rotesc pe ele însele. Diferitele grupuri de galaxii formează filamente în care activitatea de formare a noilor galaxii este foarte activă.

Toate roiurile de galaxii sunt incluse într-un mare balet cosmic în care se întâlnesc, se ciocnesc, iar canibalismul celor mai mari asupra celor mai mici face ca galaxiile tinere să concureze pentru a dobândi gazul liber care rămâne pentru a promova formarea de noi stele (figura 4).

Acesta este modul în care cele mai bogate zone de formare a stelelor corespund zonelor de coliziuni mari, unde marii câștigători sunt întotdeauna galaxiile mai mari. Toată această activitate are loc în zonele filamentoase ale universului, lăsând spațiile mari mai libere de materie (figura 5).

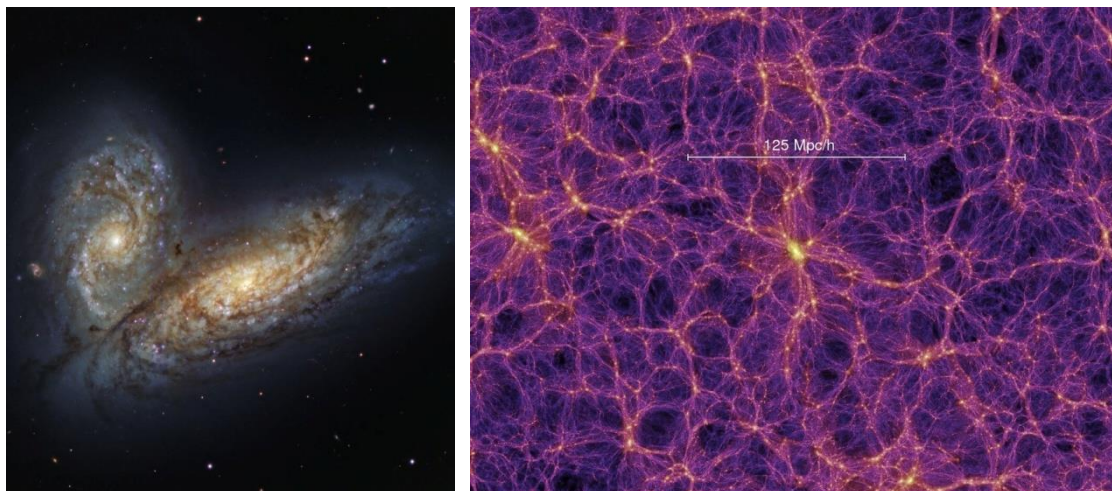


Fig. 4: Coliziunea galaxiilor canibale (Credit: ESO). Fig. 5: Modelarea structurii filamentoare a universului (Credit: Springel et al.)

## Activitatea 2: Model filamentos

Structura filamentară a universului poate fi simulată cu o tavă sau un vas în care poate fi plasată apă cu detergent. Introducând câteva paie pentru a sorbi băuturi răcoritoare, acționați în sens invers, suflând aer prin ele și obținând astfel un număr bun de bule într-un timp foarte scurt.

După cum se poate observa în modelul cu bule mari de săpun, cea mai mare parte a lichidului cu săpun este aranjată în zonele de intersecție dintre bule, dând naștere unor zone cu aspect mai mult sau mai puțin filamentos.

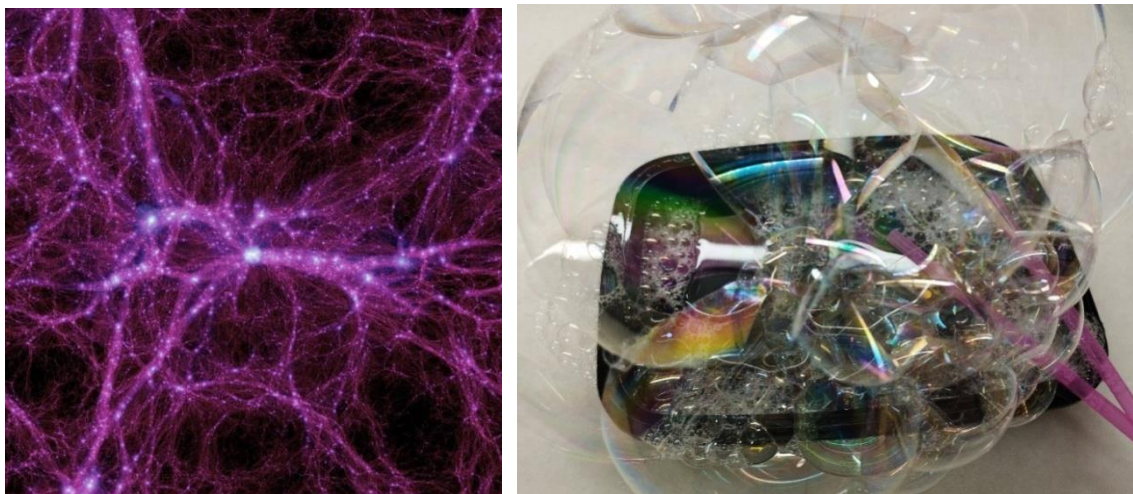


Fig. 6: Modelarea structurii filamentoare a universului (Credit: Proiectul Illustris). Fig. 7: Modelarea structurii menționate mai sus în filamente folosind apă și detergent.

## Clasificarea galaxiilor

Există galaxii spiralate, barate, eliptice, sferice și neregulate, care sunt de obicei clasificate în funcție de morfologia lor în binecunoscuta secvență Hubble. După cum sa menționat mai sus, această clasificare participă numai la forma sa și nu corespunde evoluției aceluiași.

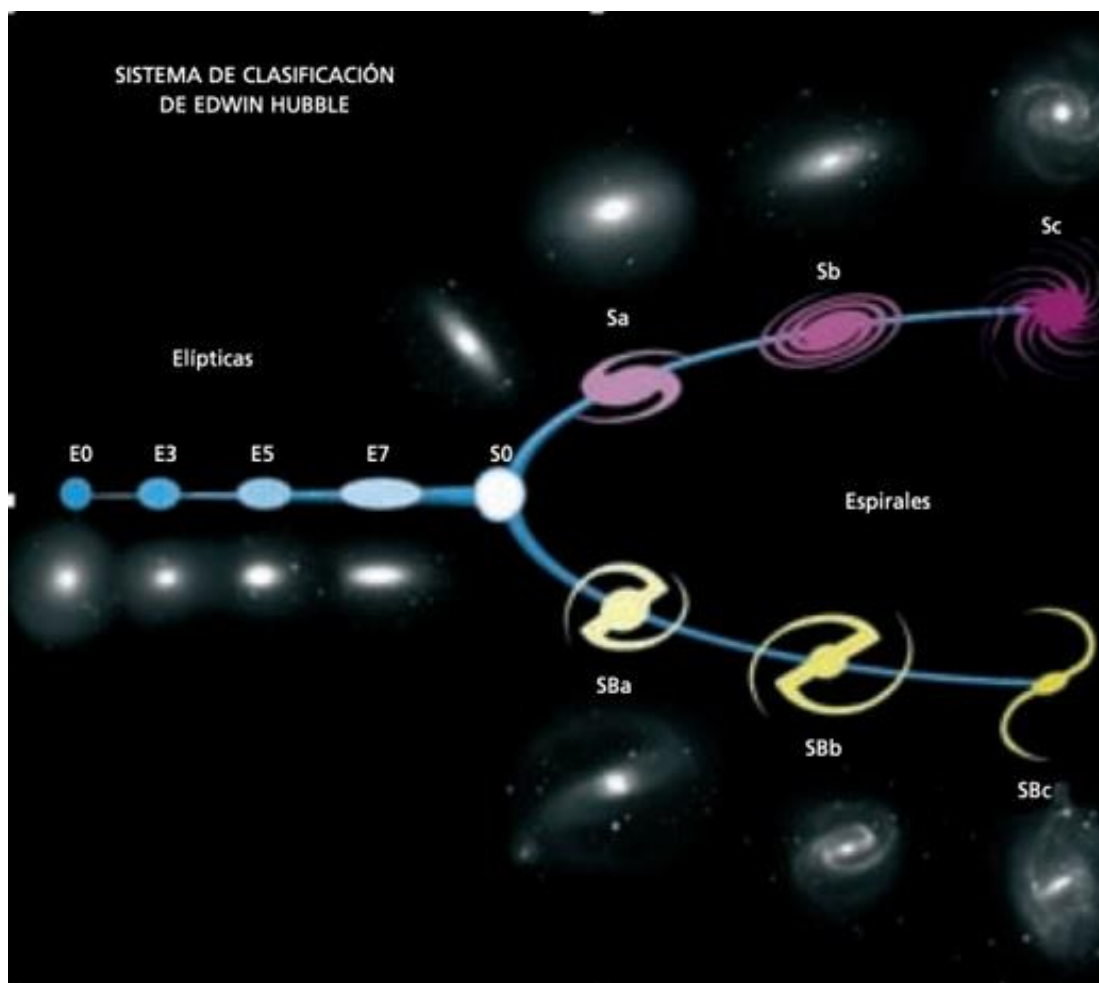


Fig. 8: Sistemul de clasificare Edwin Hubble (Credit NASA-ESO)

## Activitatea 3: Simularea formării galaxiilor spirale

Un model de galaxii spiralate (Fig. 9a) poate fi realizat cu un pahar plin cu apă și un produs care are boabe foarte fine, de exemplu, bicarbonat de sodiu (Fig. 9b), sare de masă (NaCl), deși se dizolvă mai ușor în apă și nisip (Fig. 9c), atâta timp cât este foarte fin, chiar a trecut printr-o sită.





Smochină. 9a. Galaxy NGC 5457  
(ESA/Hubble)



Smochină. 9b. Galaxie cu  
bicarbonat.



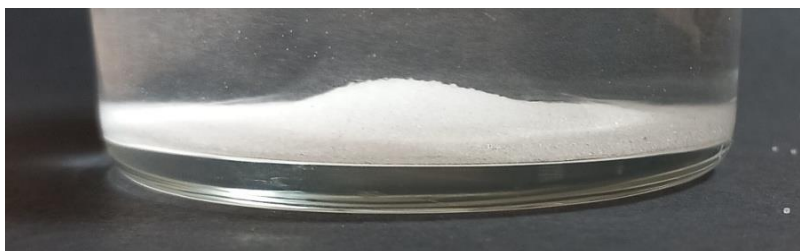
Smochină. 9c. Galaxie cu nisip.

Se amestecă apa din pahar cu o linguriță și cu energie, opriți amestecul, turnați o lingură de produs și așteptați ca boabele să se așeze. Ai o grămadă centrală și brațe spiralate, foarte asemănătoare cu cele ale galaxiilor.

Privind geamul din lateral, modelul simulează și forma galaxiilor văzute pe margine, cu umflatura centrală (Fig. 10 a, b și c).



Fig. 10a, model de galaxie Sand, văzut din lateral.



Smochină. 10b. Model bicarbonat, văzut și din lateral.



Smochină. 10c. Galaxy NGC 4565, cu umflatura centrala (Credit ESO/NASA)

Dacă continuați să amestecați încet, puteți modela brațele spiralate și puteți obține ceva similar cu galaxiile eliptice, un alt tip de galaxie din secvența Hubble (Fig. 8). Doar modelul nostru nu reușește să reproducă galaxiile barate.

## Zona locuibilă în Galaxii

În zona centrală a galaxiilor există un nivel ridicat de energie, există explozii masive de raze gamma și evenimente uriașe foarte energice și violente, care fac viața imposibilă. Pe de altă parte, în zona marginii galaxiei există o lipsă de atomi mai grei decât Hidrogenul și Heliul, care sunt necesari pentru viață, astfel încât zona locuibilă corespunde unei zone circulare precum camera unei anvelope auto și corespunde zonei în care se mișcă Soarele. Zona locuibilă din galaxii este situată în mod normal pe o rază cuprinsă între 23000 a.l. și 30000 a.l. din centrul galaxiei (Soarele este la 27000 a.l.).

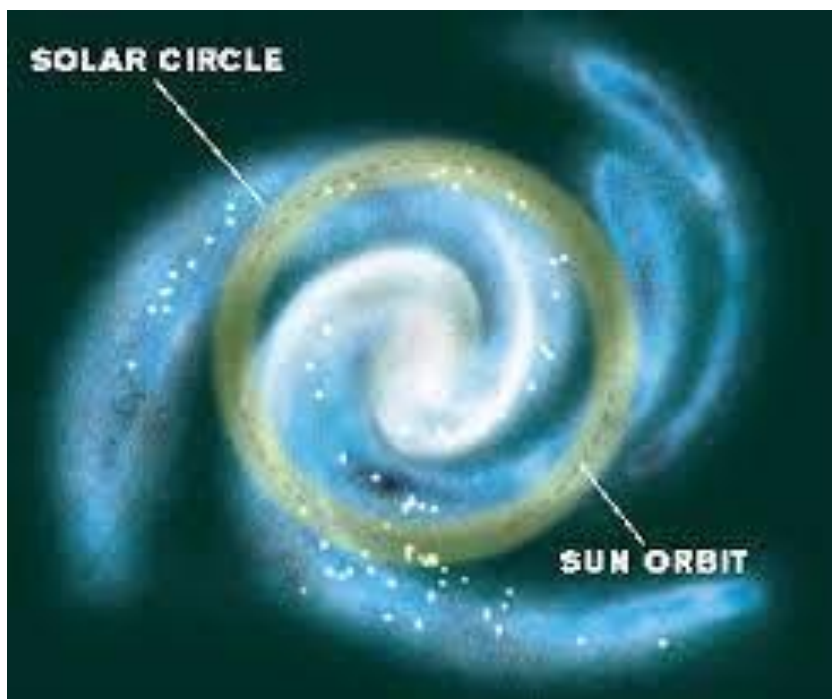


Fig. 11: Zona locuibilă a galaxiei (Credit: NASA)

## Plasma și câmpul magnetic

În mediul intergalactic, în mediul interstelar și în stelele însele, materia este de obicei într-o stare plasmatică. Această plasmă este formată din electroni, protoni, particule de mare energie și gaz ionizat.



Fig. 12a: Nebuloasa Veil, (Credit Hubble), Fig. 12b: Cometa C/2002 E3 (Credit Rykis Babianskas și Carlos Viscasillas)

Pe Pământ există materie în această stare, cum ar fi fulgerul, interiorul tuburilor fluorescente sau lămpile de economisire a energiei, monitoarele și ecranele de televiziune, bilele cu plasmă sau flacăra unei lumânări.



Fig. 13a, 13b și 13c: Există materie în stare plasmatică în bila plasmatică, într-o flacără și într-un tub fluorescent

Este, de asemenea, plasmă vântul solar, un flux de particule încărcate care sunt eliberate din corona Soarelui în întregul sistem solar, în toate direcțiile. Fluxul acestor particule este variabil, influențat în mare măsură de activitatea solară, care produce pete solare și explozii. Vântul solar poate deforma plasma cozilor cometelor, care indică întotdeauna împotriva Soarelui.

Pe Pământ poate genera furtuni geomagnetice și dă naștere la aurore (lumini în nord și sud). Particulele vântului solar călătoresc cu viteză mare și cu multă energie, au o mare putere de penetrare și pot deteriora ADN-ul celulelor. Câmpul magnetic al Pământului formează magnetosfera, care acționează ca un scut de protecție, ca o umbrelă, deviind particulele încărcate care sunt atât de periculoase pentru viață, împiedicându-le să ajungă pe suprafața Pământului.

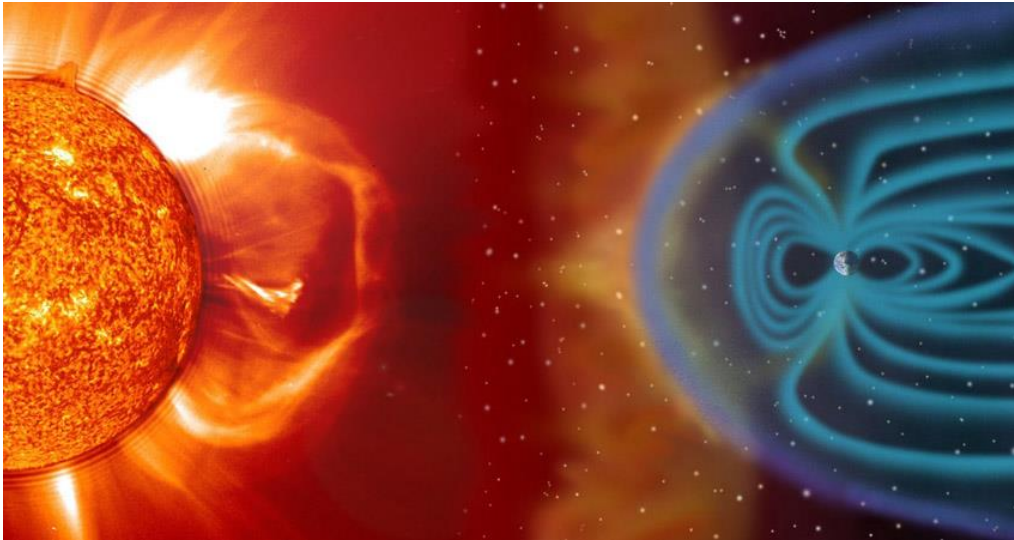


Fig. 14: Câmpul magnetic al Pământului servește ca scut sau umbrelă împotriva vântului solar.

Atunci când există ejecții coronale puternice pe Soare, intensitatea vântului solar crește foarte mult și poate străpunge magnetosfera Pământului. Cu aceste ocazii, o parte din vântul solar ajunge în atmosferă în zonele din apropierea polilor, generând lumini nordice frumoase (în emisfera nordică) și lumini sudice (în emisfera sudică).

Energia acestor particule excită atomii din atmosferă, determinând electronii lor să emită fotoni de diferite lungimi de undă. În cazul în care particulele sunt de mare de energie, oxigenul produce o lumină verde / galben, și în cazul în care acestea sunt de energie scăzută, roșu / violet de lumină. În cazul azotului, acesta produce o lumină albastruie sau roșie/purpurie la marginile inferioare ale aurorelor.



Fig. 15a și 15b: Diferitele culori din auroras depind de ionizarea oxigenului și azotului. (Credite , S.Ekko, Finlanda)

## Activitatea 4: Câmpul magnetic al Pământului

Putem vizualiza câmpul magnetic al Pământului cu un magnet, care reprezintă câmpul magnetic al Pământului, și o busolă, cu care trecem prin liniile de forță ale câmpului. Este suficient să înțelegem că acul magnetului este plasat "tangent" la liniile câmpului magnetic (Figurile 17a, 17b și 17c).

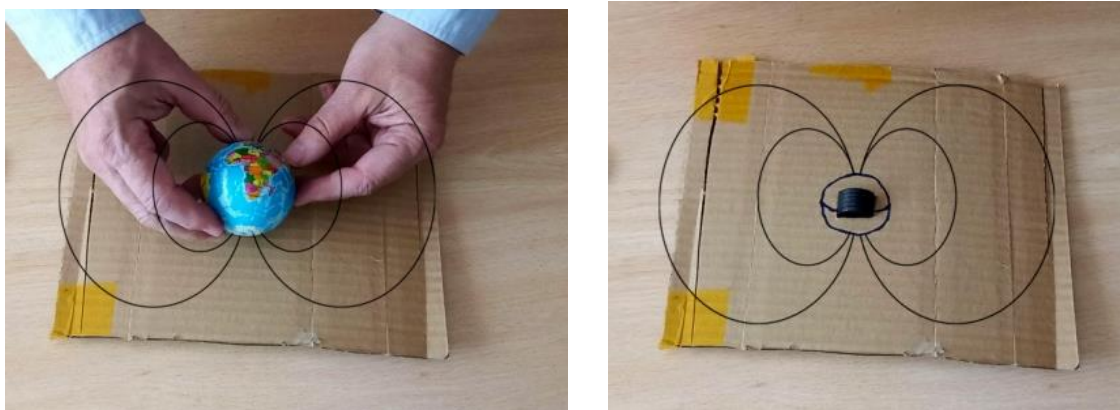


Fig. 16a, 16b Model al câmpului magnetic al Pământului cu unele linii de forță reprezentate.



Fig. 17a, 17b, 17c: Cu busolă, liniile de câmp sunt "desenate" (acul busolei este întotdeauna tangent la liniile de câmp).

Într-o sferă de plastic, am pus un magnet înfășurat într-un șervețel de hârtie. El reprezintă Pământul. Presăram lângă stâlpi pilitura de fier, care vizualizează foarte bine liniile câmpului magnetic din acea zonă.



Fig. 18: Un magnet în interiorul unei sfere de plastic, ca model al câmpului magnetic al Pământului.

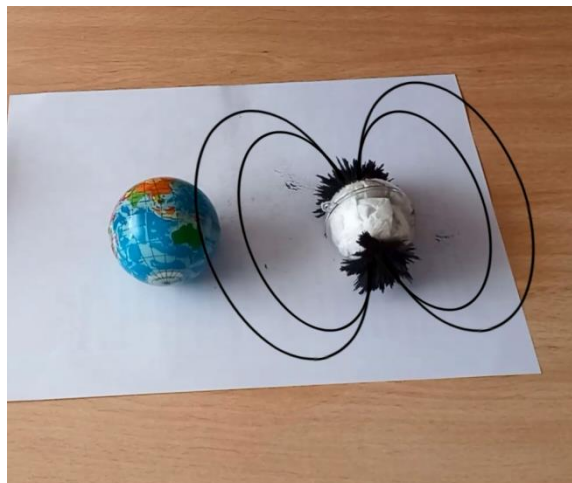


Fig. 19a și 19b: Cu pilitura de fier, liniile de câmp din zonele polare sunt vizualizate. În aceste zone apar aurore.

## Originea vieții pe Pământ

Este acceptat faptul că originea vieții pe Pământ datează de acum mai bine de 3 miliarde de ani, evoluând de la microbii cei mai de bază la o mare complexitate de-a lungul timpului. Dar cum s-au dezvoltat primele organisme în singurul cămin cunoscut al vieții din univers?

Știința rămâne indecisă și conflictuală cu privire la originea exactă a vieții, chiar și însăși definiția vieții este pusă sub semnul întrebării și rescrisă. Unele dintre numeroasele teorii științifice despre originea vieții pe Pământ care sunt în vigoare sunt:

- Una dintre cele mai acceptate teorii este cea care propune că viața ar fi început la orificiile hidrotermale care pot fi găsite în adâncul oceanului, de obicei pe plăci continentale divergente și care aruncă elemente cheie pentru viață, cum ar fi carbonul și hidrogenul. Fluidele expulzate se răcesc pe măsură ce trec prin scoarța terestră, absorbind gazele și mineralele dizolvate, cum ar fi carbonul și hidrogenul. Acum știm că aceste guri de aerisire, bogate în energie chimică și termică, fierbinți și alcaline, au o mare varietate de specii (figurile 20a și 20b).

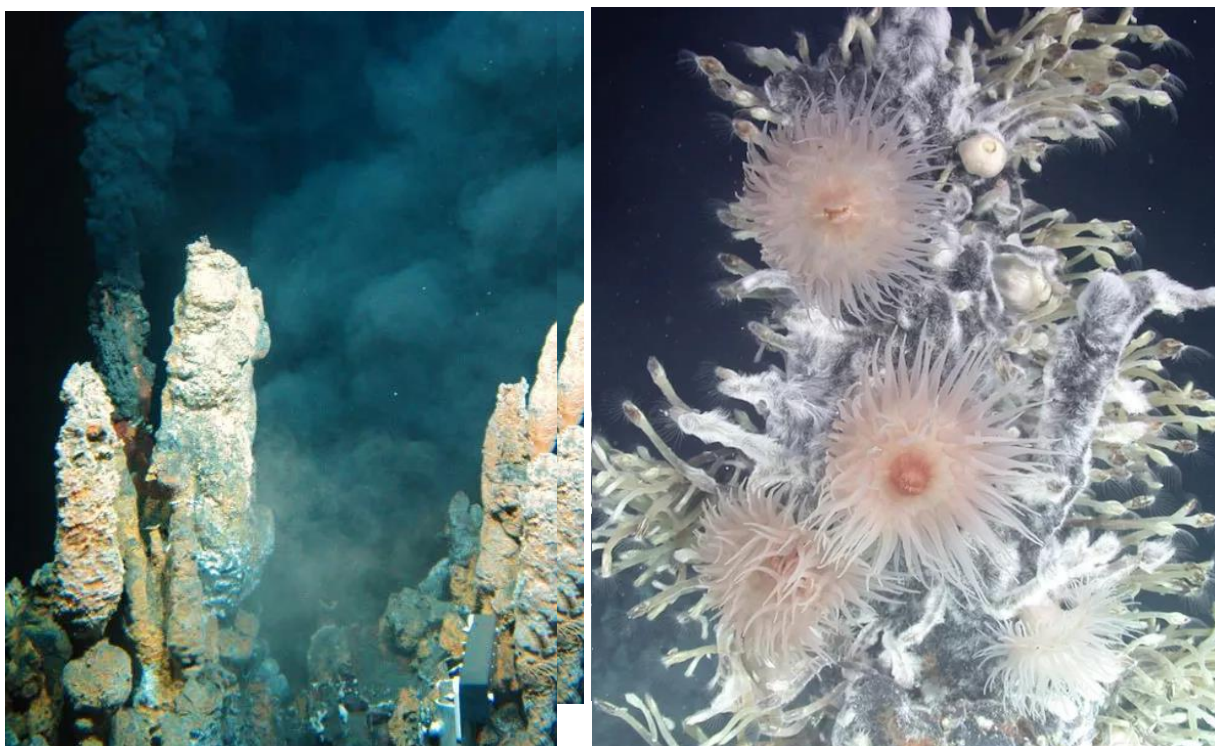


Fig. 20a: Este posibil ca viața să fi început la orificiile hidrotermale unde apa de mare acidă a întâlnit un fluid alcalin din scoarța terestră (Credit: Woods Hole Oceanographic Institution). Fig. 20b: Anemone înfloritoare în apele calde ale gurilor de aerisire (Credit: Consorțiul NERC ChEsSo)

- Este posibil ca fulgerele să fi oferit scânteia necesară pentru ca viața să înceapă. Scânteile electrice pot genera aminoacizi și zaharuri dintr-o atmosferă încărcată cu apă, metan, amoniac și hidrogen. De-a lungul a milioane de ani, s-ar putea forma molecule mai mari, mai complexe. Deși cercetările au arătat de atunci că atmosfera timpurie a Pământului era de fapt săracă în hidrogen, oamenii de știință au sugerat că norii vulcanici din atmosfera timpurie ar fi putut conține metan, amoniac și hidrogen și descărcări electrice, primele molecule ale vieții ar fi putut fi găsite în argilă, cristalele minerale din argilă ar fi putut aranja molecule organice în modele organizate. Cu toate acestea, această teorie nu a fost demonstrată categoric (figurile 21a și 21b).

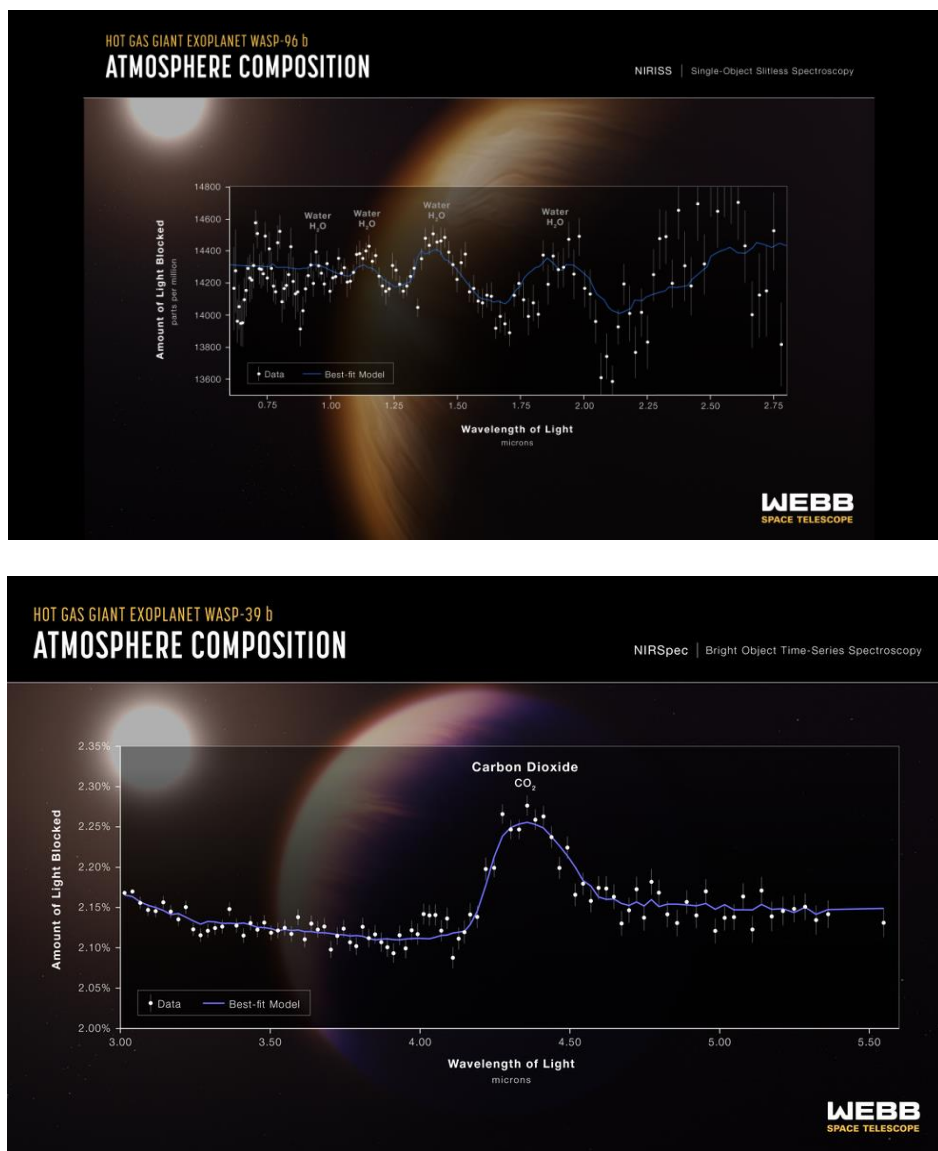


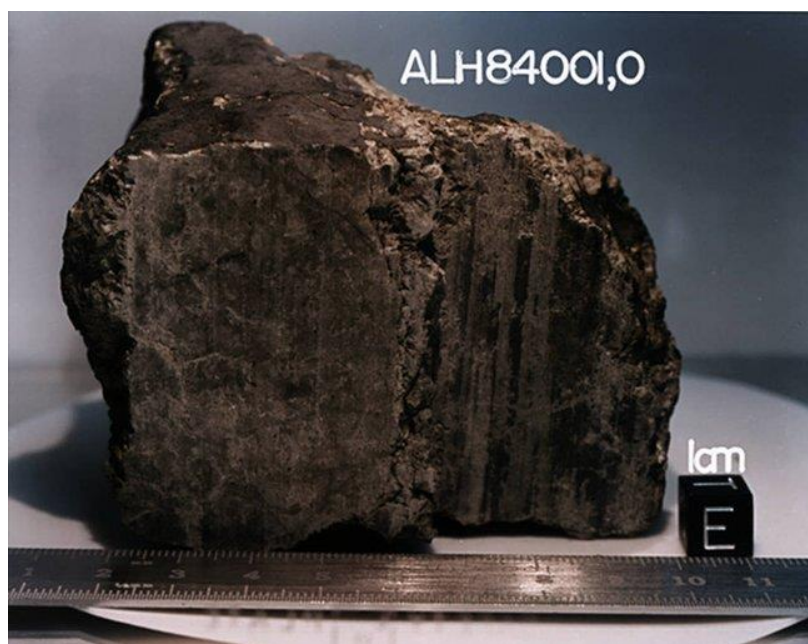
Fig. 21a. Spectre de atmosfere exoplanetare, achiziționate cu telescopul James Web. WASP-96 b (sus) Fig. 21b: se observă prezența moleculei de apă; WASP-39 b (partea de jos): banda de dioxid de carbon nu se află în centrul spectrului. Rețineți că aceste spectre sunt spectre de transmisie și lungimile de undă corespund infraroșului apropiat, adică benzile apar în afara regiunii vizibile a spectrului electromagnetic.

- În urmă cu 3 miliarde de ani, este posibil ca gheața să fi acoperit oceanele și să fi facilitat nașterea vieții, deoarece compușii organici sunt considerați a fi mai stabili la temperaturi scăzute. Gheața ar fi putut, de asemenea, să protejeze compușii organici fragili de acțiunea luminii ultraviolete și a impactului cosmic. Astăzi știm că în solul înghețat, cunoscut sub numele de permafrost, există forme de viață într-o stare latentă.

Dar, de asemenea, ar fi posibil să se argumenteze că viața începe în afara Pământului și ar fi ajuns prin schimbul de roci de-a lungul a milioane de ani datorită impactului cometelor, asteroizilor, meteoriților, în cadrul teoriei numite panspermie. Protejați de condițiile spațiului cosmic, microbii ar putea supraviețui prinși în roci, dar problema trebuie luată foarte în serios,



deoarece este, de asemenea, posibil ca, la atingerea Pământului, materialul extraterestru să fie contaminat cu viața preexistentă de pe Planetă, așa cum s-a întâmplat cu celebrul meteorit ALH 84001 (Fig. 22), pentru care cercetări recente, finanțat de Programul de Astrobiologie al NASA, acesta arată că materialul organic din el nu a fost format biologic, ci prin interacțiuni geochimice între apă și rocă.



Smochin. (22) Dispozițiile alin. Meteoritul ALH 84001: sosit de pe Marte, a fost protagonistul anunțului prematur al vieții care sosește de pe acea planetă. Astăzi știm că ceea ce este detectat ca materie organică nu are o origine biologică.

Cu toate acestea, chiar dacă panspermia ar fi adevărată, întrebarea cum a început viața pe Pământ s-ar schimba doar la modul în care viața a început în altă parte pe Univers.

Explorarea mediilor extreme de pe Pământ a dus la descoperirea a numeroase habitate care au fost considerate nelocuibile cu doar câțiva ani în urmă. Interesul pentru diversitatea și ecologia mediilor extreme a crescut din mai multe motive, nu numai datorită utilizării potențiale a extremofililor și a componentelor acestora în procesele biotehnologice (cum ar fi bio-mineritul, bio-remediarea), ci și din cauza căutării unor limite ale existenței vieții.

Prima specie vie trebuie să fi fost forme simple de viață care au servit ca o legătură între primul organism (cum ar fi bacteriile) și viața așa cum o știm hoy.

După cum se știe, nu este posibil să puneți pur și simplu unele elemente chimice împreună într-un tub de testare și să vă așteptați ca un nou tip de viață să apară spontan. Originea vieții este un eveniment care durează milioane de ani pentru a avea loc, dar odată ce începe, viața se poate multiplica exponențial și se poate adapta la zone ale unei planete care pot fi foarte diferite de unde provine.

## Micrometeorite

Materialul solid provenit din sistemul solar, forma sateliții și planetele. Această acreție nu s-a terminat și aproximativ 5 tone de material din spațiu încă cad pe Pământ. Acești meteori trec prin exosferă și termosferă la viteză mare fără dificultate, deoarece aceste straturi nu sunt foarte dense. Dar când ajung la mezosferă, densitatea este mai mare și există o mare frecare care poate topi materialul. La răcirea în stratosferă și troposferă, la sfârșit prezintă o formă sferică, uneori cu striații și uneori bule mici efect de solidificare rapidă.

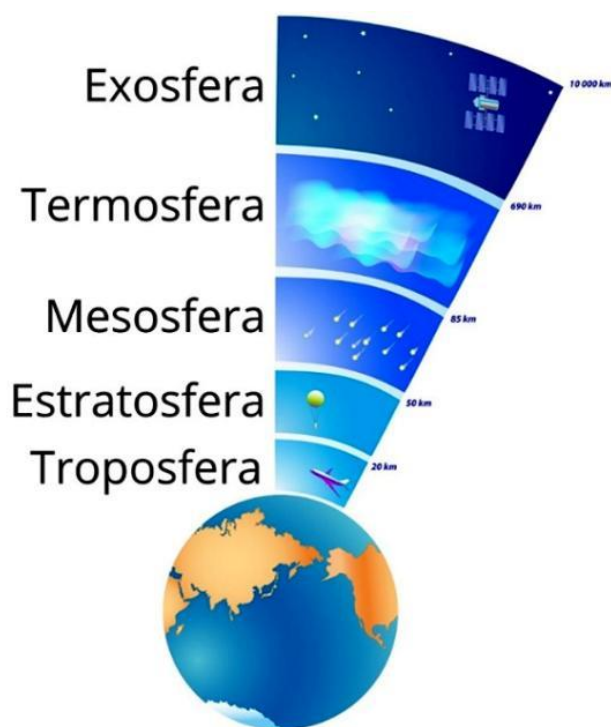


Fig. 23 Straturi ale atmosferei (Credit: Lifeder)

## Activitatea 5: Simularea micrometeoritelor sferice.

Umpleți un recipient transparent înalt, cilindric, cu ulei de floarea-soarelui ca o coloană. Cu ajutorul unei seringi (Figura 24a și 24b), se renunță la câteva picături de apă sau cola (deoarece culoarea sa arată mai bine). Starea fizică inițială a apei sau a băuturii răcoritoare face ca sferile mici să se formeze imediat, care sunt văzute încet căzând în josul coloanei de ulei.



Fig. 24 a: Picurare cu o seringă, Fig. 24b: Coloana în care se formează sferele.

## Activitatea 6: Căutarea micrometeoritelor

Micrometeoritele pot fi obținute în materialul care este depus continuu pe acoperișuri, drumuri etc. Când plouă, apa le spală prin jgheburile de scurgere ale acoperișurilor și în șanțurile străzilor sau traseelor. Acesta este colectat pe o foaie de hârtie cu o perie un pic de nisip de la aceste site-uri.



Fig. 25a: Îndrumul publicputeți găsi șanțuri sau jgheaburi cu pietriș unde putem localiza meteoriți. Fig. 25b: Colectăm acest pietriș cu o hârtie pentru a-l analiza.

Un magnet este apoi trecut sub foaia de hârtie cu materialul: se va vedea clar cum particulele mici de material feros sunt atrase de magnet (Figura 26). Fără a separa magnetul, răsturnați hârtia și tot nisipul va cădea, cu excepția acelor particule fine întunecate, care vor fi atrase de câmpul magnetic al magnetului. Întoarceți hârtia și scoateți magnetul. Pot exista micrometeorite posibile acolo.



Fig. 26a și 26b: Prin trecerea magnetului sub foaia de hârtie, trageți materialul feromagnetic

Atunci când vizualizați eșantionul cu camera telefonului mobil la zoom maxim, particulele care sunt micrometeorite sunt de formă sferică, cum ar fi marmura mică.

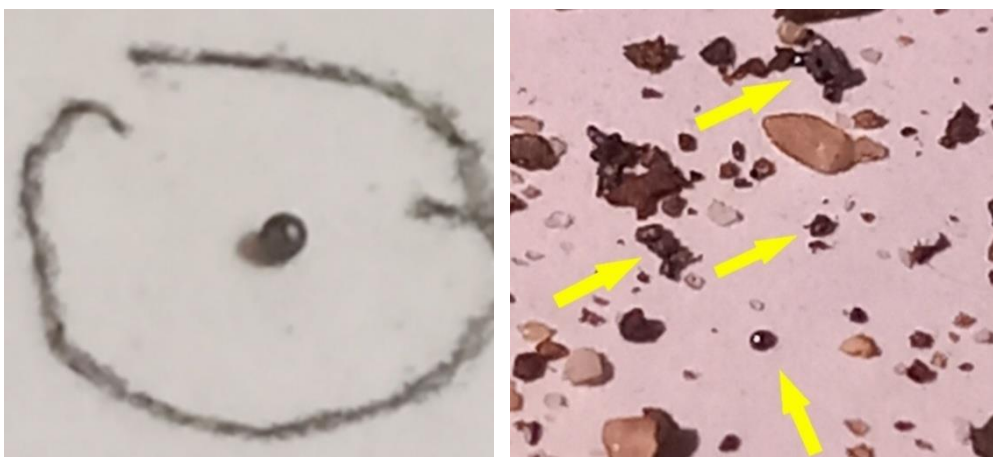


Fig. 27a: Fotografie a unui singur micrometeorit izolat cu camera mobilă, Fig. 27b: Fotografie cu mai multe micrometeorite folosind aceeași cameră;

De asemenea, puteți construi "capcane" simple. Acest lucru necesită următoarele elemente: o tavă de bucătărie și hârtie transparentă de celofan (hârtie de film de bucătărie). Acoperiți tava cu hârtia de celofan prin plierea marginilor sau lipirea celofanului dedesubt, pentru a preveni zborul (figura 28a, 28b și 28c).



Fig. 28a: Tavă, hârtie de celofan și bandă pentru lipire, Fig. 28b: Lipirea hârtiei de celofan pe spatele tăvii, Fig. 28c: Micrometeorit "capcană" instalată în grădină.

Se așază tava ușor departe de sol, pentru a preveni contaminarea eșantionului de praf din jur sau a prezenței animalelor (figura 28c), într-un loc în care nu există prea mult vânt și unde nimic nu acoperă cerul. Lăsați această facilități în aer liber timp de cel puțin o săptămână. Hârtia va începe să pară "murdară". La sfârșitul săptămânii, mutați tot materialul acumulat pe o foaie de hârtie. Magnetul este trecut dedesubt și analizat cu camera telefonului.

De asemenea, este posibil să se pregătească o capcană individuală pentru fiecare elev. Ai nevoie de o ceașcă de hârtie, o frânghie pentru a o lega și un magnet mic.



Fig. 29a și 29b: Sticla legată cu un fir și un magnet mic în interior. Fig. 29c: Elevul folosind paharul, căutând micrometeorii.

Pentru a pregăti capcana pentru fiecare elev, legăm paharul cu un fir și punem un magnet mic în interiorul sticlei. Elevii se deplasează în jurul zonei din curtea școlii cu cupele magnetice. Apoi îndepărtează magnetul și, dacă există particule de fier (micrometeorii), vor cădea pe foaia albă de hârtie. Elevii se uită cu camerele telefonului pentru a găsi micrometeorite, identificându-le ca sfere mici.

## Clasificarea extremofililor

Un extremofil este un organism, adesea un microorganism, care trăiește în condiții extreme, adică în acele circumstanțe care sunt foarte diferite de cele experimentate de majoritatea formelor de viață terestre.

Până de curând, se credea că în locurile în care știm acum că cresc extremofili era imposibil să existe viață. De exemplu, în zonele extrem de reci din Antarctica, în apele foarte acide și bogate în metale din Rio Tinto sau în deșertul extrem de uscat și de metale grele din Atacama. Dar sa demonstrat că există organisme care trăiesc în toate aceste zone.

Astrobiologii NASA și ESA studiază pe teren (Antarctica, Deșertul Atacama, Minele Ríotinto etc.) cum evoluează viața sau se adaptează pentru a înțelege cum își are originea.

Antarctica, în cea mai mare parte, este rece și pustie, cu toate acestea, mai multe grupuri de oameni de știință au reușit să găsească o cantitate mare de viață sub suprafața sa. Ei au descoperit microbi extremofili care trăiesc la adâncimi de 36m cu temperaturi de  $-20^{\circ}\text{C}$  în apă sărată (care nu îngheață din cauza concentrației ridicate de sare), un alt grup a găsit la adâncimea de 800m un întreg ecosistem în absența totală a luminii (figura 30).



Fig. 30: Diferite grupuri științifice găsesc extremofili sub suprafața Antarcticii

Unii extremofili trăiesc în absența apei sau sunt capabili să reziste la deshidratare trăind cu foarte puțin. La fel ca microbii de sol din deșertul Atacama.

Există un fenomen foarte spectaculos: deșertul înflorit. Acesta este cel mai uscat deșert din lume, în anii în care există mai multe precipitații decât în mod normal și apoi un front rece apar un număr mare și o diversitate de flori (până la 14 soiuri) care rămâne timp de câteva luni.

Zona minieră a Riotinto încă din secolul I î.Hr. a fost exploatată de Imperiul Roman, iar situația de astăzi, după sute de ani de minerit de suprafață în care au fost extrase minerale grele, este de mare interes pentru a studia viața în condiții extreme.



Fig. 31: Fotografie din august 2022 După câțiva ani de uscăciune, ultimii ani au fost 2015 și 2017

Alte extremofile se dezvoltă în medii de aciditate ridicată și concentrații ridicate de metal (Fier, Cupru, Cadmiu, Arsenic, Zinc, Plumb). Reacțiile din acest râu sunt catalizate de bacterii acidofile, astfel încât, dacă aciditatea este redusă, populația de bacterii se înmulțește, ceea ce generează mai multă oxidare a sulfurilor și mai multă aciditate într-un proces care se hrănește înapoi. Locuitorii din zonă știu câtva ploua din cauza schimbărilor de culoare ale râului (bacteriile generează mai multă aciditate pentru a menține pH-ul în timpul inundării râului).



Fig. 32: Apele roșii din Rio Tinto unde trăiesc bacterii acidofile.



Fig. 33: Erica andevalensis este larg răspândită în întreaga zonă, ale cărei rădăcini în soluri acide și cu foarte puțini nutrienți

Există zone extinse de arbuști de Erica Andevalencis sau "heather minier", distribuite de-a lungul albiei râului. Aceste plante își au rădăcinile în soluri foarte acide, cu puțini nutrienți. Chiar și unele plante cresc pe malurile râului cu rădăcinile lor parțial scufundate în apă acidă și soluri cu concentrații mari de cupru și plumb.

Cercetarea spațială necesită munca astrobiologilor în zone extreme precum Antarctica, Deșertul Atacama sau Minele Ríotinto. Primul pas al multora dintre protocoalele care sunt efectuate pentru a descoperi extremofiliile este procesul de extracție a ADN-ului și din acest motiv această activitate se desfășoară mai jos.

## Activitatea 7: Extragerea ADN-ului

După ce ați observat că există viață în condiții foarte extreme, s-a decis să faceți testul ADN atunci când doriți să detectați existența vieții. Rămășițele ADN-ului permit detectarea existenței vieții (actuală sau trecută), iar acest lucru este folosit pentru a căuta viața în spațiu.

Molecula de ADN este o moleculă foarte lungă și este compactată cu proteine (ca o încurcătură) în interiorul celulelor. Astfel, pentru a detecta prezența rămășițelor ADN, este necesar să se pregătească o soluție cu care să putem rupe membrana învăluitoare a celulei.



Vom continua ca exemplu pentru a extrage ADN-ul unei roșii coapte, deoarece este foarte ușor să o lichefiem.

#### Soluție pentru a sparge celula

Într-o jumătate de pahar de apă, o linguriță de sare (clorură de sodiu) este dizolvată pentru a elibera proteinele și, astfel, pentru a elibera ADN-ul care va apărea alb datorită prezenței sării. Trei lingurițe de sodiu de copt, pentru a menține pH-ul soluției constant și că ADN-ul nu se degradează. Apoi, adăugați mașina de spălat vase până când apa are culoarea acesteia, pentru a rupe membrana celulelor grase. Este necesar să se amestece fără spumă pentru a putea vedea bine ADN-ul.

#### Pregătiți sucul de celule "de roșii"

Vom începe prin a extrage două linguri de pastă de roșii, zdrobind-o cu o lingură și zdrobind-o cu o furculiță până când vom avea un piure mai mult sau mai puțin lichid (figura 34).

Se toarnă soluția de întrerupător a celulelor peste piureul de roșii. De două ori volumul de soluție decât piureul de roșii. Pentru a sparge celulele se agită având grijă să nu spumă și tulpina pentru a elimina bucățile mari. Conținutul din interiorul celulelor este în suc și aici se găsește ADN-ul pe care dorim să-l extragem.



Fig. 34: Pregătirea piureului lichid de roșii, pentru a continua să se toarne de două ori mai multă soluție de întrerupător din membrane, pentru a extrage ADN-ul.

#### A face ADN-ul vizibil

Când există multe fire de ADN arată ca un nor alb (sarea îi dă culoarea albicioasă). Aruncăm alcool pe peretele paharului de suc, pentru că ne dorim ca un strat de alcool să rămână deasupra sucului fără să se amestece cu el. În trei sau patru minute se formează un nor alb de ADN și se aglomerează împreună și devine vizibil (se ridică). Alcoolul se adaugă deoarece ADN-ul nu este solubil în alcool și se formează norul de ADN care este bine vizibil (figura 35).

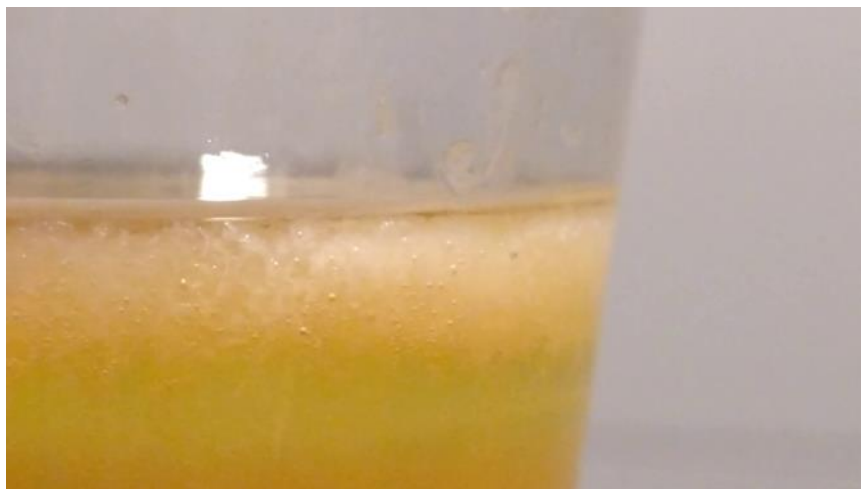


Fig. 35: Norul de ADN este foarte vizibil plutind deasupra amestecului

## Bibliografie

- Arisa, E., Mazón, J. and Ros, R.M. 2012, Looking for the north, EU-UNAWA, Barcelona, Spain.
  - Dill K.A. and Agozzino L. 2021, “Driving forces in the origins of life”, Open biology, Volume 11, <https://doi.org/10.1098/rsob.200324>
  - Kostov, R. I., Kurchatov, V. 2001. Bulgarian meteorites – history and stage of study. – Geology and Mineral Resources, 8, 10, 16-20, Bulgaria.
  - Larsen L., 2019, On the Trail of Stardust: The Guide to Finding Micrometeorites: Tools, Techniques, and Identification, Voyageur Press, Beverly, MA (USA).
  - Levy M. et al. 2000, “Prebiotic Synthesis of Adenine and Amino Acids Under Europa-like Conditions”, Icarus, Volume 145, <https://doi.org/10.1006/icar.2000.6365>
  - Martin W. 2008, “Hydrothermal vents and the origin of life”, Nature Reviews Microbiology, Volume 6, <https://doi.org/10.1038/nrmicro1991>
  - Moreno, R., 2022, Experimentos para todas las edades, 3ª Edición. Editorial Rialp, Madrid (Spain).
  - Declaration for scientists/researchers using the NHM Collection, 2013.
  - La plus Grande Histoire jamais contée, Des Origines de l’Univers a la vie sur Terre, Belin, Paris, France, 2017.
    - <https://www.sciencefriday.com/articles/up-on-the-roof-a-handful-of-urban-stardust/>
    - <https://micro-meteorites.com/>
    - <https://www.astrogc.com/index-otros-projects-met.html>
- <https://www.pbslearningmedia.org/resource/5762943c-af62-4a3b-8340-36660545628a/go-outside-and-play-micrometeorites-young-explorers/>