

Elemente de Astrobiologie

**Rosa M. Ros, Beatriz García, Alex Costa, Florian Seitz,
Ana Villaescusa, Madelaine Rojas**

Uniunea Astronomică Internațională, Universitatea Politehnică din Catalonia,
Spania, ITeDA și Universitatea Națională Tehnologică, Argentina, Escola
Secundăria de Faro, Portugalia, Casa de Astronomie Heidelberg, Germania,
Diverciencia din Algeciras, Spania, SENACYT, Panama

Rezumat

Această lucrare este alcătuită în principal din două părți. Sunt prezentate elementele chimice necesare vieții, un studiu simplu, în concordanță cu obiectivele acestui material, al tabelului periodic al elementelor chimice și câteva concepte de astrobiologie.

Obiective

- Înțelegerea provenienței diferitelor elemente ale tabelului periodic
- Înțelegerea principalelor caracteristici ale sistemelor planetare extrasolare
- Înțelegerea condițiilor de locuit necesare pentru dezvoltarea vieții
- Studiarea instrucțiunilor minime pentru viață în afara Pământului.

Formarea sistemelor planetare

Când o stea se formează dintr-un nor de gaz și praf, resturile norului din jurul stelei încep să formeze planetele. În același mod prin care se poate afla compoziția unei stele, studiind spectrul ei, spectroscopia este folosită pentru a determina alcătuirea atmosferei exoplanetelor.

Fiecare element chimic și fiecare moleculă au un spectru specific și unic. În unele sisteme o planetă va trece prin fața stelei sale. Lumina stelei va trece prin atmosfera planetei și va fi absorbită. Atunci, prin observarea spectrelor luminii stelelor din sistemele exoplanetare se poate descoperi compoziția chimică a atmosferei fiecărei planete (figurile 1 și 2).

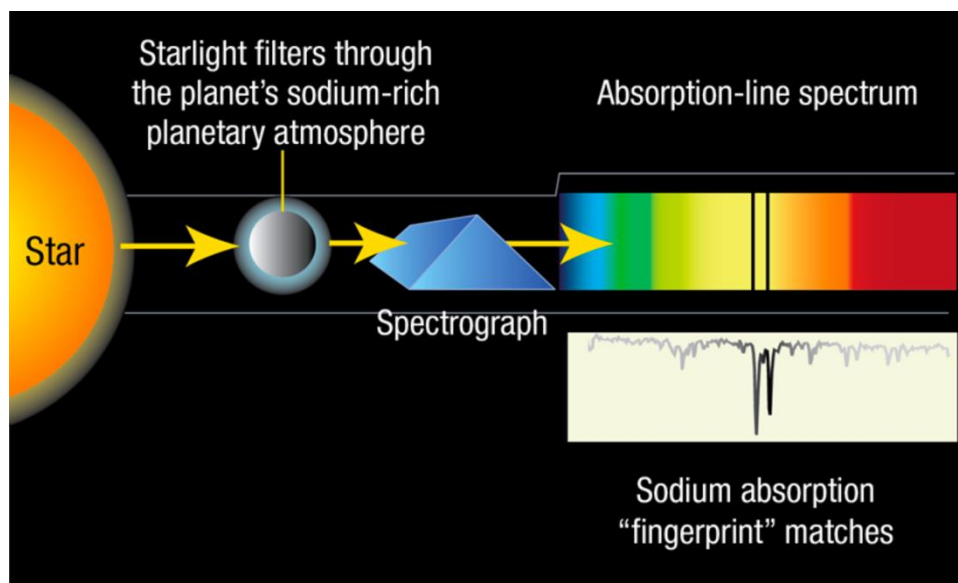


Fig. 1: Spectroscopie aplicată la studiul atmosferei planetei HD 209458b, cu detectarea sodiului în atmosfera acesteia. Sursa Wikipedia / A. Feild (STSci)

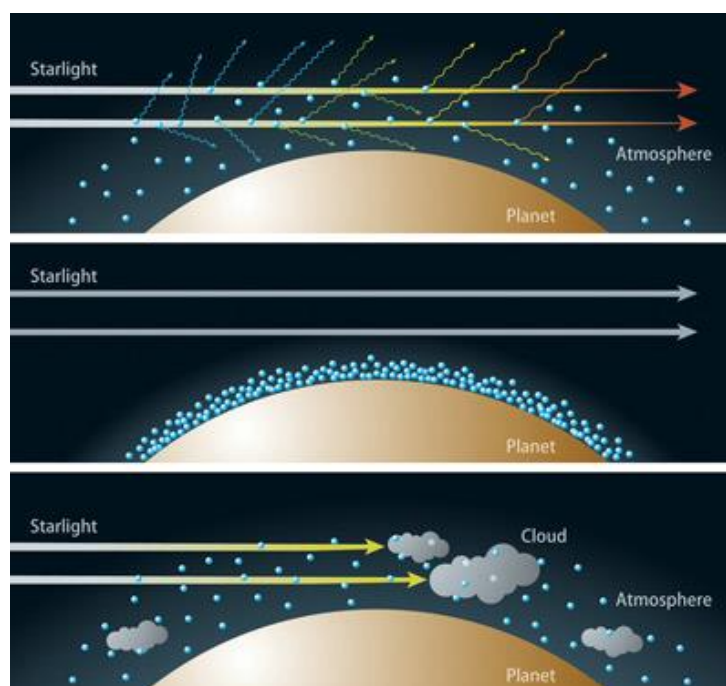


Fig 2: Cum știm dacă există apă sau chiar molecule organice în atmosfera unei planete? Fiecare element chimic, fiecare moleculă, are un spectru specific și unic. Comparând spectrele de lumină ale stelelor din sistemele exoplanetare putem descoperi compoziția chimică a unei atmosfere de exoplanetă, dacă lumina trece în cele din urmă prin atmosfera respectivă.

Dar să ne uităm la un exemplu de formare a sistemului planetar folosind o metodă de implicare a participanților într-un model activ.

Activitatea 1: Formarea unui sistem planetar din gaz și praf

Tema acestei activități este de a explica formarea Sistemului Solar sau a oricărui sistem planetar conform Ipotezei Nebulare a lui Immanuel Kant (1755).

În această activitate se împarte o clasă în două grupe care sunt ușor de identificat, de exemplu grupa fetelor și grupa băieților (pot fi alese și alte criterii, dar l-am ales pe cel mai simplu). Fiecare grupă are un rol, fetele reprezintă gazul și băieții praful (sau invers). Dacă este o diferență substanțială, ca număr de participanți, între cele două grupe, se recomandă ca grupa reprezentând gazul să fie cea mai mare deoarece în timpul formării sistemului planetar, masa gazului este de 100 ori mai mare ca masa prafului.

Pe măsură participanții ascultă narațiunea, ei vor reacționa la ceea ce aud, de exemplu:

Textul poveștii:	Ce fac participanții:
A fost odată un nor cu mult gaz și mai puțin praf.	Toți sunt amestecați într-un nor. Sunt mai mulți participanți reprezentând gazul. În nor toți participanții se țin de mâini la întâmplare, formând o rețea.
Apoi gazul începe să se adune în centrul norului și în jur este praful.	Participanții încep să se separe. Cei care reprezintă gazul se adună în centru, iar cei care reprezintă praful se țin de mâini într-un cerc în jurul celor din centru.
Sunt multe mișcări, particulele de gaz atrag pe cele de gaz și particulele de praf atrag pe cele de praf.	Participanții încep să se rotească, să se miște, să se lovească, să vibreze, să sară. Unii ies afară ca rezultat a atât de multă mișcare, iar alții “salvează”, prind, îmbrățișează particule prin identificare (gaz cu gaz, praf cu praf).
În centru s-a format un nucleu dens, opac, înconjurat de un disc de praf și gaz.	Cei din centru (gaz) se strâng și în jurul lor participanții reprezentând praful formează aproximativ un cerc, ținându-se de mâini unul de altul. Clarificare: nu tot gazul este în centru, există gaz și în afară cercului.
Acest nucleu este acea parte, ce la final ar putea da naștere Soarelui sau stelei gazdă a unui sistem extrasolar.	Soarele sau steaua gazdă începe să strălucească astfel încât razele sale sunt împrățiate în toate direcțiile. Clarificare: În momentul în care Soarele sau steaua gazdă începe să strălucească, gazul “pierdut” începe să se îndepărteze.
Unele planete mici sunt formate prin unirea grăunțelor de praf din ce în ce mai mari, apoi a pietrelor și așa mai departe.	Participanții, reprezentând praful care formează planetele terestre, încep să se grupeze împreună. Clarificări: nu tot praful rămâne în planetele terestre, trebuie să fie praf și în regiunile cele mai îndepărtate.
Planetele gigantice s-au format departe de căldura Soarelui sau de steaua gazdă, adică acolo unde gazul ar putea să se adune fără piedică.	Restul participanților încep să se unească să formeze planetele gigantice: mult gaz și ceva praf. Clarificări: scăderea temperaturii datorate distanței mari față de Soare sau steaua gazdă este principala cauză a diferenței dintre planetele interne solide și cele externe gazoase și mari.

Tabelul 1: Narațiunea care explică formarea unui sistem planetar.



Fig. 3: Toți sunt amestecați într-un nor. Sunt mai mulți participanți reprezentând gazul. În nor toți participanții se țin de mâini aleator, ca într-o rețea.

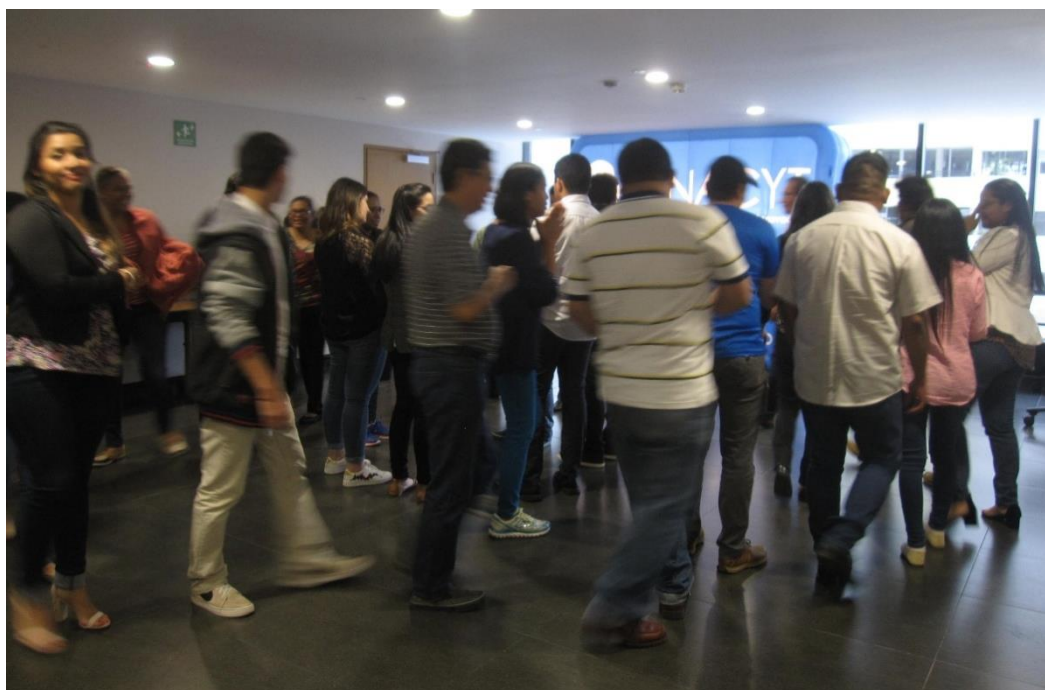


Fig. 4: Participanții încep să se separe. Cei ce reprezintă gazul se adună în centru, iar cei ce reprezintă praful se țin de mâini în jurul celorlalți.



Fig. 5: Participanții reprezentând praful care formează planetele terestre încep să se grupeze.



Fig. 6: Restul participanților încep să se adune pentru a forma planetele gigantice: mult gaz și puțin praf.

Aspecte chimice ale evoluției stelare

Acest tabel periodic ne permite să înțelegem că elementele din care suntem făcuți au fost create odată cu evoluția stelelor.

																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					</
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

2. Elemente formate în interiorul stelelor (coșul galben).
3. Elemente apărute în exploziile supernovelor (coșul roșu)

Este necesar să se pună într-unul din cele trei coșuri (albastru, galben, roșu) fiecare obiect din lista următoare, în conformitate cu compoziția lor:

Inel: Aur Au	Burghiu acoperit cu: Titan Ti	Gaz într-un balon: Heliu He	Burete metalic: Nichel Ni
Mobil/ baterie buton: Lithium Li	Bujie auto: Platinum Pt	Conductor electric din cupru: Cupru Cu	Soluție de iod: Iod I
Sticlă de apă: Hidrogen H	Cratiță veche: Aluminiu Al	Mină neagră de creion: Grafite C	Sulf pentru agricultură: Sulf, S
Doză pentru băutură gazoasă: Aluminiu Al	Ceas de mână: Titan Ti	Medalie: Argint Ag	Țeavă veche de apă: Plumb Pb
Ascuțitoare creioane: Zinc Zn	Cui ruginit: Fier Fe	Termometru medical: Galiu Ga	Chibrituri: Fosfor, P

Table 2: Obiecte de clasificat

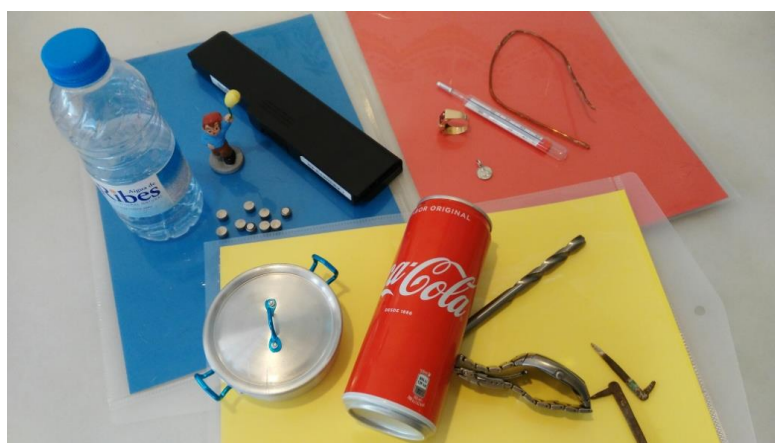


Fig. 8: Clasificare corectă. În zona albastră: baterie telefon sau tip buton: Litiu Li, butelie cu apă H_2O : Hidrogen H, gaz într-un balon: Heliu He. În zona galbenă: doză de băutură acidulată: Aluminiu Al, butelie cu apă H_2O : Oxigen O, burghiu acoperit: Titan Ti, Cratiță veche : Aluminiu Al, Ceas de mână Titan Ti, Cui ruginit: fier Fe, Mină neagră de creion: Grafite C, Sulf în agricultură: Sulf, S, Chibrite: Fosfor, P. În zona roșie: fir electric de cupru: Cupru Cu, Bujie: Platină Pt, Inel: Aur Au, Medalie: Argint Ag, Termometru: Galiu Ga, Ascuțitoare creion: Zinc Zn, Burete metalic: Nichel Ni, Soluție de iod: Iod, I, Țeavă veche de apă, Plumb, Pb.

Activitatea 3: Copiii stelelor

Elementele chimice care sunt considerate esențiale pentru viață au următoarele caracteristici:

Elementele chimice care sunt considerate esențiale pentru viață au următoarele caracteristici:

- Insuficiența elementelor determină deficiențe funcționale (reversibile când acestea sunt din nou în concentrația corespunzătoare).
- Când organismul nu are acest element nu crește sau nu termină ciclul de viață.

- Elementul influențează direct organismul și este implicat în procesele lui metabolice. Efectul acestui element nu poate fi înlocuit de oricare alt element.

Mai jos este o listă cu bioelementele prezente în organismul uman ordonate în funcție de abundența lor.

- Elemente abundente: oxigen, carbon, hidrogen, calciu, fosfor, potasiu, sodiu, clor, fier și magneziu.
- Oligoelemente: fluor, cupru, siliciu, vanadium, staniu, mangan, iod, nichel, molibden, crom și cobalt.

Nu toate viețuitoarele au aceleași proporții de elemente esențiale. Figura 9 evidențiază elementele esențiale precum și unele care ar putea fi recunoscute ca atare: litiu, cadmiu, arsen și staniu.

Comparând tabelul periodic din figura 7 cu cel din figura 9 se poate vedea că toate elementele importante (cu excepția hidrogenului) au fost produse în stele. Fără elementele grele, create prin evoluția stelelor, nu am putea exista. În ceea ce privește acele elemente care apar ca urme (oligoelementele), unele s-au format în stele, iar altele în exploziile supernovelor. În orice

Abundant elements										Trace elements										Essential elements									
H																													He
Li	Be													B	C	N	O	F											Ne
Na	Mg													Al	Si	P	S	Cl											Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br													Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I													Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At													Rn
Fr	Ra	Ac																											

Fig. 9: Tabel periodic al elementelor esențiale vieții

caz, majoritatea apar din reacțiile de sinteză nucleare din miezul stelelor: Suntem copiii stelelor! Suntem făcuți din praf de stele!

Deși nu este obiectivul principal al acestui atelier, ar fi un bun exercițiu să se realizeze un tabel periodic, atribuind fiecărui element câte un obiect uzual și/sau un experiment care implică acel element. Aceasta ar duce la o mai bună înțelegere a tabelului periodic.

Soarele nu este din prima generație de stele

Stelele din prima generație sunt formate din hidrogen și heliu provenite de la Big Bang (și ceva heliu, generat chiar de ele). Stelele care conțin elemente grele s-au format dintr-un nor inițial, care conținea resturile din exploziile de supernove. Exploziile supernovelor au creat elementele grele prin fuziune. De exemplu, spectrul solar are un set distinct de linii spectrale a sodiului, care sugerează că datorită masei lui mici și stării sale de evoluție, el nu poate fi o stea din prima generație. Sodiul nu a putut fi generat de Soare. În plus în planetele din Sistemul Solar au fost detectate o multitudine de elemente care au apărut după explozia unei supernove. O teorie acceptabilă este că Soarele s-a format din norul inițial al resturilor provenite din cel puțin două explozii de supernove. În consecință Soarele poate fi considerat o stea din a treia generația.

Să ne oprim asupra unor exemple de spectre de mai jos: spectrul unei stele din prima generație, în care se pot vedea doar liniile primelor elemente (figura 10) și spectrul Soarelui, în care sunt vizibile și liniile sodiului (figura 12).

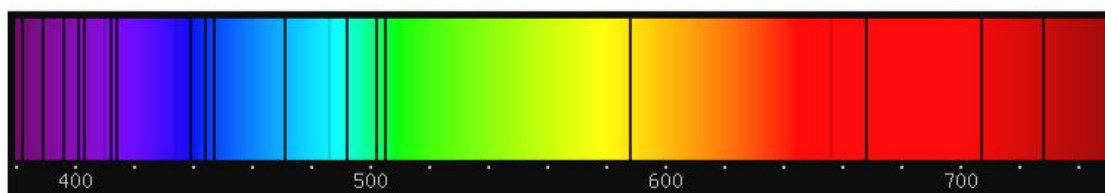


Fig. 10: Spectrul stelelor din prima generație (nu este un spectru real). Stelele din prima generație au fost predominant de zeci sau sute de ori mai masive ca Soarele. Au trăit repede, au murit tinere și nu au supraviețuit până azi. În spectru ar putea fi doar linii spectrale ale hidrogenului, heliului și ale puținului litiu.

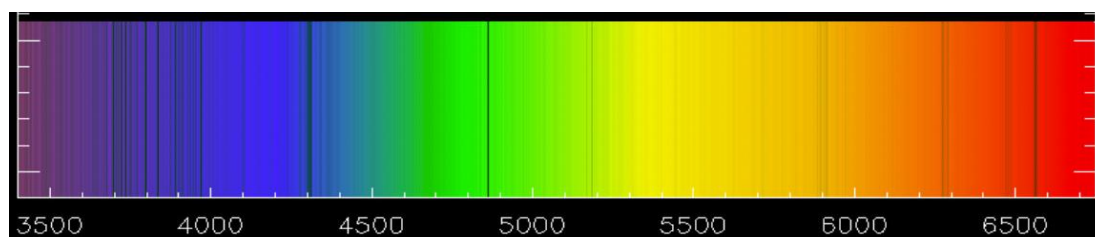


Fig. 11: Spectrul SMSS J031300.36-670839.3, o stea din a doua generație care are doar linii de hidrogen și carbon.

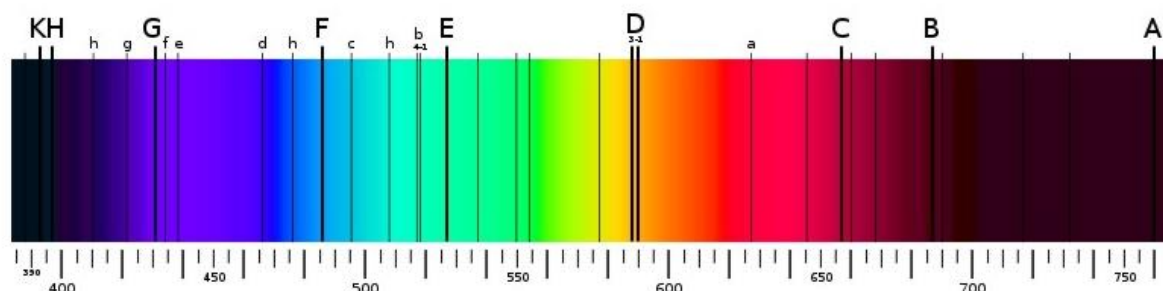


Fig. 12: Spectrul Soarelui. Cu multe linii ale diferitelor elemente și printre ele ale sodiului (marcate cu litere mari)

Zona locuibilă

Când se vorbește despre viață, de obicei se presupune că sunt forme de viață care se bazează pe carbon și astfel este definit și criteriul central pentru o zonă locuibilă, adică prezența apei lichide. Regiunea din jurul unei stele, în care fluxul de radiație ce cade pe suprafața oricărei planete telurice (sau satelit) permite prezența apei în stare lichidă este numită zonă stelară locuibilă. Aceasta apare de obicei la corpurile cu masa între 0,5 și 10 M_t și o presiune atmosferică mai mare decât 6,1 mbar, corespunzând punctului triplu al apei la temperatura de 273,16 K (în care apa coexistă în toate cele trei forme gheață, lichid și vapori).

Zona locuibilă depinde de masa stelei. Dacă masa unei stele crește, temperatura și strălucirea acesteia cresc și, prin urmare, zona locuibilă este din ce în ce mai îndepărtată față de stea.

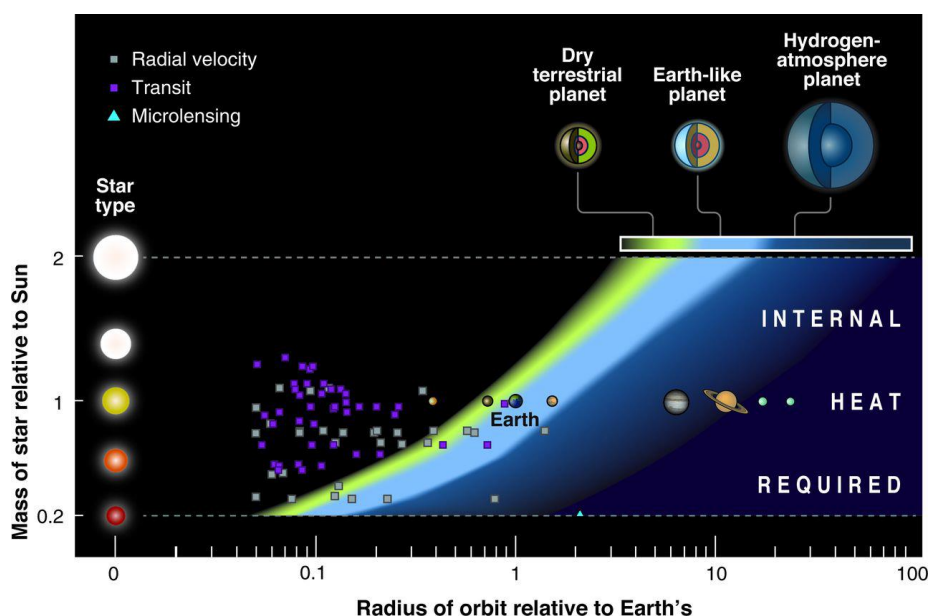


Fig 13: Zona locuibilă determinată de steaua gazdă.

Dacă o planetă este într-o zonă locuibilă, aceasta nu implică faptul că acolo trebuie să fie viață. De exemplu, în sistemul nostru solar zona locuibilă include Pământul și Marte, dar dintre cele două planete, singura pe care se știe că există viață este Pământul. Zona locuibilă pentru sistemul nostru solar este între 0,84 UA și 1,67 UA. Venus este la 0,7UA cu efect de seră necontrolabil. În schimb, Marte este la 1,57 UA, fără să existe apă la suprafață, dar acolo s-ar putea să fie apă subterană înghețată.

În plus, , ca o planetă să poată fi locuită, la existența apei lichide la suprafață se adaugă alte condiții. Să vedem în detaliu care sunt cele mai importante condiții:

- **O distanță orbitală** de la stea, care plasează planeta într-o zonă locuibilă este necesară, dar nu este o condiție suficientă pentru ca planeta să fie potrivită pentru viață. Exemple: Venus și Marte.

- Un factor care influențează decisiv habitarea este **masa planetei. Aceasta trebuie să fie suficient de mare** astfel încât forța ei gravitațională să fie capabilă să rețină atmosfera. Acesta este motivul principal pentru care Marte nu este locuibil în prezent, deoarece și-a pierdut cea mai mare parte din atmosferă și toată apa de la suprafață, în primele miliarde de ani.

În orice caz, se poate întâmpla ca, deși planetele nu se află în zona locuibilă, factorii necesari existenței unui fel de viață să poată exista, fie pe planetele respective sau fie pe sateliții lor. Acesta ar putea fi cazul pentru câteva "luni" ale lui Jupiter sau Saturn.

Astrobiologie preliminară: Procesul de formare a atmosferei Pământului

Cunoașterea fotosintezei este esențială ca să se înțeleagă relațiile dintre ființele vii și atmosferă, să se înțeleagă echilibrul vieții pe Pământ, având în vedere impactul profund pe care îl are aceasta asupra atmosferei și climei Pământului.

Fotosinteza este un proces fizico-chimic prin care plantele, algele și anumite bacterii fotosintetice utilizează energia Soarelui pentru a sintetiza compuși organici. Acesta este un proces fundamental pentru viața de pe Pământ și care are un efect foarte important asupra atmosferei și climei: în fiecare an, organismele care fac fotosinteză transformă mai mult de 10% din bioxidul de carbon atmosferic în carbohidrați. Aceasta înseamnă că binecunoscuta creștere a concentrației de bioxid de carbon atmosferic, generată de activitatea umană, are un impact mare asupra fotosintezei. Din punct de vedere al evoluției, apariția fotosintezei oxigenului (se produce oxigen) a fost o adevărată revoluție pentru viață pe Pământ: a schimbat atmosfera Pământului prin îmbogățirea ei, fapt care a permis apariția organismelor care folosesc oxigenul pentru a trăi.

Oxygenic photosynthesis	Anoxygenic photosynthesis
$\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- + 1/2 \text{O}_2$	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2 \text{H}^+ + 2 \text{e}^- + \text{S}$

Fig. 14: Fotosinteza cu oxigen și fără oxigen

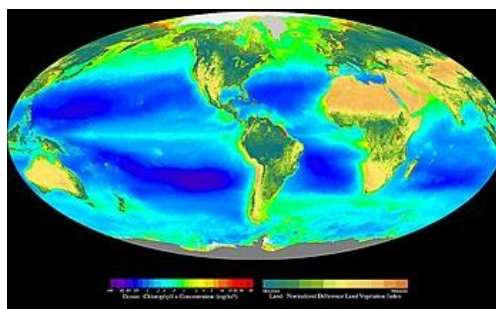


Fig.15: Imaginea prezintă distribuția fotosintezei pe globul terestru realizată atât de fitoplanctonul oceanic cât și de vegetația terestră

Lucrurile nu au fost întotdeauna așa cum le știm azi; evoluția Pământului, evoluția atmosferei primitive, evoluția metabolismelor primitive, constituie o multitudine de evenimente ce duc la bacterii fototrofice, care folosesc lumina ca sursă de energie, dar eliberează sulf (numită fotosinteză anoxigenică, deoarece nu se eliberează oxigen). Ulterior apare fotosinteza oxigenică pe Pământ. Aceasta eliberează oxigen în atmosferă, crescând concentrația acestuia și permițând marea explozie a vieții pe care o cunoaștem acum. Se poate spune că atmosfera primitivă a planetei noastre abia conținea urme de oxigen. Dar așa a fost viața înainte. Există un acord că aerul pe care îl respirăm astăzi, cu 21% oxigen, este un produs al activității biologice a Pământului și este foarte diferit de atmosfera Pământului primitiv.

Procesul de formare a materiei organice. De ce sunt plantele verzi?

Pe planeta noastră viața se menține datorită fotosintezei pe care algele și unele bacterii o realizează în mediul acvatic și pe care plantele o realizează pe uscat. Toate au capacitatea de a sintetiza materia organică (esențială pentru constituirea ființelor vii), utilizând lumina și materia anorganică. De fapt, în fiecare an organismele fotosintetice fixează aproximativ 100 de miliarde de tone de carbon sub formă de materie organică.

Etapele inițiale de transformare a energiei luminii în energie chimică depind de moleculele numite pigmenți fotosintetici. Termenul „pigment” este utilizat pentru a descrie o moleculă care are capacitatea de a capta energia fotonilor (excitând electronii de pe nivelele lor energetice din atomi; adică o moleculă care este „excitată de lumină”). Toți pigmenții biologici absorb selectiv anumite lungimi de undă ale luminii, în timp ce reflectă pe altele.

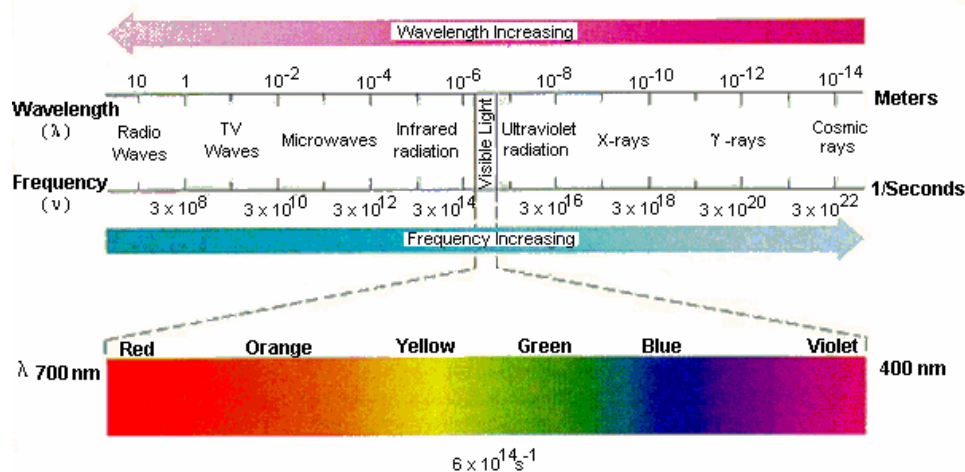


Fig. 16: Spectrul luminii vizibile.

Lumina Soarelui este compusă din diferite culori; fiecare are o lungime de undă diferită, care variază între 400 și 700 nm. Clorofila absoarbe energia luminii roșii și albastre, dar nu absoarbe energia luminii verzi. Culoarea verde este reflectată de frunză și ochii noștri o văd verde.

Activitatea 4: Producerea de oxigen din CO₂, folosind fotosinteza sau funcția clorofilei

În acest experiment propus vom folosi frunzele unei plante pentru a produce oxigen cu ajutorul bicarbonatului de sodiu, carbonului și luminii unei lămpi. Vom folosi două borcane transparente de sticlă pe care vom pune filtre albastre și roșii.

Frunzele de legume verzi ar trebui să fie proaspete, consistente și complet verzi, așa că se recomandă spanacul sau frunzele de sfeclă. Cu ajutorul unui perforator de hârtie, vom tăia discuri uniforme (10 discuri pentru fiecare borcan, evitând zonele cu nervuri centrale).

Vom pregăti o soluție de 2.5% bicarbonat de sodiu, adică 250 g bicarbonat cu 750 ml de apă, cu scopul de a impregna discurile tăiate din frunze cu aceasta. Sperăm să creștem cantitatea de carbon disponibilă sub forma de bicarbonat de sodiu, făcând astfel mai vizibil și accelerând fenomenul pe care dorim să îl observăm. Punem 20 ml de soluție de bicarbonat de sodiu în fiecare borcan de sticlă.

Scoatem pistonul dintr-o seringă de unică folosință de 10 ml și așezăm discurile în seringă, apoi introducem ușor pistonul și aspirăm 10 ml soluție de bicarbonat până când discurile sunt suspendate în soluție.

Trebuie să înlocuim aerul dintre discuri cu soluția de bicarbonat. Pentru a obține acest lucru, închideți capătul seringii cu un deget și trageți tare de piston, încercând să faceți vid și apoi eliberați pistonul. În spațiile interne ale țesutului vegetal, aerul va fi înlocuit cu soluție de bicarbonat: în acest fel, discurile nu vor mai pluti în soluția de bicarbonat, iar soluția va fi o sursă de carbon disponibilă și aproape de structurile fotosintetice ale frunzei.



Fig. 17 și 18: Soluțiile și lămpile cu filtru roșu și cu filtru albastru.

Plasăm discurile de frunze astfel tratate în fiecare borcan de sticlă (care la rândul lor conțin soluție de bicarbonat de 2.5%). Acoperiți unul dintre borcane cu o folie albastră, iar pe celălalt cu folie de celofan roșie. Deasupra fiecărui borcan trebuie să fie instalată câte o lampă, astfel încât fasciculul de lumină să ilumineze proba de studiat. Lămpile trebuie să fie la aceeași distanță față de borcane (este necesar ca lămpile să aibă aceeași putere, pot fi surse fluorescente, dar este recomandată utilizarea LED-urilor; evitați sursele de lumină incandescente, deoarece pierd foarte multă energie sub formă de căldură).

Când aprindem lumina, începem să măsurăm timpul cu un cronometru. Înregistrăm timpul necesar pentru ca discurile să înceapă să se ridice în soluție.

Procesul nu este imediat, poate dura aproximativ 5 minute pentru ca discurile să înceapă să urce (depinde de intensitatea lumini și de distanța la care este așezată lampa). Discurile încep să urce pe măsură ce eliberează oxigen sub formă de bule, care ajută la ascensiune. Se va remarca faptul că mișcarea în fiecare sticlă are loc în momente diferite, în funcție de culoarea luminii: este mai rapidă pentru lumina albastră. În acest fel, demonstrăm că componenta cu energie superioară a radiațiilor electromagnetice este cea mai eficientă în acest proces. Viteza fotosintezei este legată direct de timpul necesar pentru ca discurile să înceapă să crească, fenomen legat de producerea de oxigen. Viteza fotosintezei este mai mare pentru lumina albastră decât pentru lumina roșie. Așadar, cu acest experiment, demonstrăm modul în care plantele și alte organisme fotosintetice sunt responsabile pentru existența oxigenului în atmosfera noastră. Înlocuirea aerului cu soluția de bicarbonat accelerează procesul și ne permite să-l vizualizăm în mai puțin timp.



Fig. 19 și 20: Soluțiile iluminate cu culori diferite prezintă discuri ce se ridică diferit

În plus, de-a lungul timpului, interacțiunea radiației UV a Soarelui cu moleculele de oxigen au generat ozon (O_3). Acest proces ne protejează de radiația UV cu cea mai mare energie, dar lasă să treacă radiațiile UVA și UVB, care ajută la crearea vitaminei D în pielea oamenilor.

Modificări de încercat: concentrația bicarbonatului de sodiu în soluția folosită, temperatura, surse de lumină de culori și intensități diferite (menținerea constantă a restului condițiilor și controlul întunericului în toate cazurile), frunze pre-expuse luminii sau întunericului, etc.

Activitatea 5: Verificați posibilitatea vieții în condiții extreme

Pentru producerea alcoolului, fermentarea este un proces anaerob, realizat de drojdii (ciuperci). Împreună cu bacteriile, procesul de fermentare stă la baza obținerii de energie cu microorganisme. Drojdiile transformă zahărul (glucoza) în alcool etilic sau etanol și bioxid de carbon. Fermentarea este un proces cu eficiență energetică scăzută, în timp ce respirația este mult mai profitabilă și mai recentă din punct de vedere evolutiv

Pe măsură ce zahărul este transformat în alcool etilic și bioxid de carbon, ne vom putea baza experimentul pe prezența acestui gaz. Dacă observăm prezența acestui gaz, vom ști că a existat fermentația și, prin urmare, a fost testată posibilitatea vieții.

Experimentele de microbiologie necesită timp pentru a ajunge la concluzii pertinente. În experimentul nostru, prezența sau absența bioxidului de carbon ne va permite să știm dacă, având în vedere schimbarea condițiilor de mediu, putem deduce că viața este posibilă. În toate cazurile experimentului nostru pornim de la o cultură în care este prezentă apa. Pentru a avea suficient timp să observăm evoluția experimentului, acesta este pregătit la începutul atelierului și evoluția celor 7 proceduri diferite poate fi observată după o oră.

Pentru aceasta vom folosi 1 lingură de drojdie (folosiți drojdia pentru pâine care poate fi achiziționată dintr-un supermarket), este un microorganism viu ușor de obținut, 1 pahar cu apă caldă (apa să fie puțin peste o jumătate din pahar și între 22° și 27°C) și 1 lingură de zahăr pe care microorganismele îl pot consuma.

Vom folosi aceeași procedură în experimentul de control și celelalte experimente dezvoltate pentru condiții extreme.

Procedura pentru experimentul de control

Zahărul se dizolvă în apă fierbinte într-o cană de sticlă. Apoi se adaugă drojdia și se amestecă cu ajutorul unei linguri. Apoi, amestecul obținut este introdus în interiorul unei pungi etanșe (cu fermoar). Tot aerul este scos din interiorul pungii (întinzând-o pe masă și apăsând cu palmele), înainte de a o închide. Este important să aveți grijă să nu lăsați aer în pungă. După 5 minute observăm că dioxidul de carbon începe să se acumuleze în pungă. După 20 de minute, apar bule în interiorul pungii datorită eliberării acestui gaz, care este unul dintre produsele finale ale procesului de fermentație din interiorul pungii. Prezența acestui gaz arată că microorganismele sunt vii.



Fig. 21: Experimentul de control cu bule de bioxid de carbon care arată existența vieții

Procedura pe o „planetă alcalină” (exemplu: NEPTUN sau Titan, ambele având prezent amoniacul)

Repetăți experiența, folosind orice material cu rol de „bază” (bicarbonat de sodiu, amoniac...) în apă și așteptați să vedeți dacă apar bule, adică, dacă microorganismele pot trăi sau nu în acest mediu. Valori de Ph: bicarbonat de sodiu Ph 8.4 și amoniac casnic Ph 11.

Procedura pe o „planetă salină” (exemplu: MARTE sau Ganymede, despre ele se crede că au apă cu o concentrație mare de sare)

Repetăți experiența dizolvând diferite cantități de clorură de sodiu (sare de bucătărie) în apa de la robinet.



Fig. 22 și 23: Soluția alcalină și soluția salină ambele cu bule

Procedură pe o „planetă acidă” (exemplu, VENUS care are ploaie de acid sulfuric) Repetați experiența de dizolvare a oțetului, a sucului de lămâie... sau a oricărui alt acid disponibil în apă. Valori de Ph acid: oțet - Ph 2,9 și lămâie - Ph 2,3.

Procedura pe o „planetă înghețată” (exemplu, Europa sau Trappist-1 h)

Puneți punga într-un recipient plin cu gheață și observați dacă există activitate, adică dacă punga se umflă. Dacă este disponibil un frigider sau congelator, acesta poate fi de asemenea utilizat. Dacă nu apar bule, nu există viață.

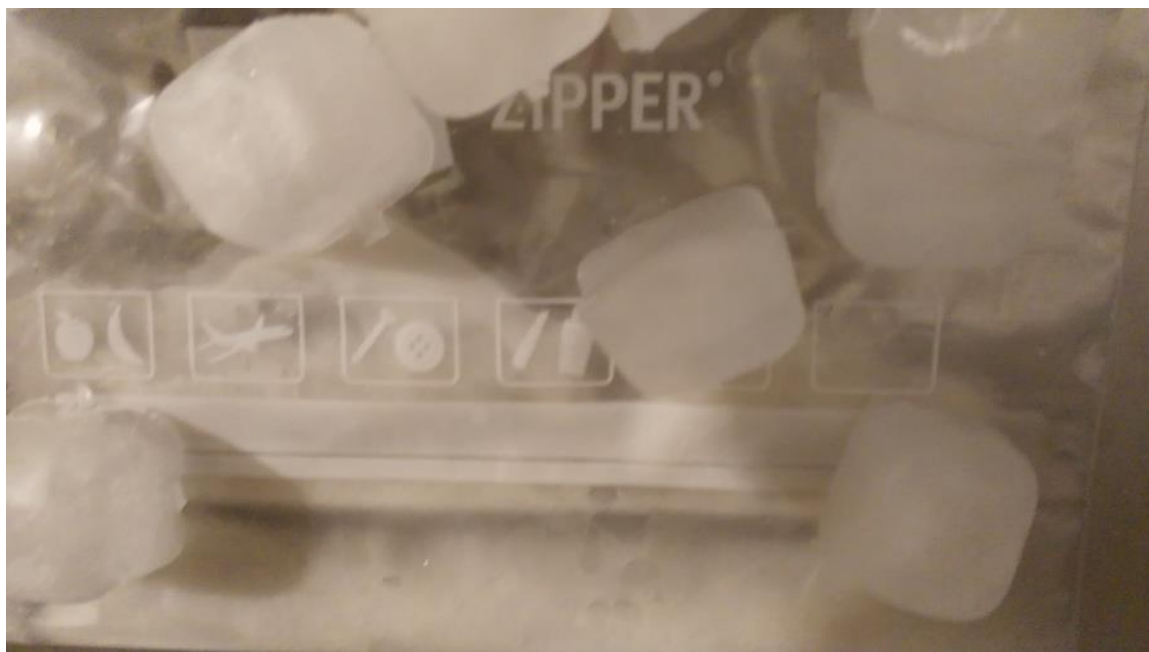


Fig. 24: Soluția congelată fără bule

Procedură pe o „planetă cu UV” (exemplu Marte)

Efectuați același experiment, dar punând punga cu drojdie și zahăr sub acțiunea luminii UV produse de o lampă specială pentru aceasta. Dacă lampa UV folosită este cu energie mare (UV-C) sau (UV-B), nu vor apărea bule, ceea ce înseamnă că viața nu este posibilă. Dar lămpile comercializate, numite cu „lumină neagră”, sunt cu ultraviolete cu energie redusă (UV-A). Acestea nu sunt periculoase pentru viață și sunt adesea folosite în grădinarit pentru rezultatele bune pe care le dau în facilitarea creșterii plantelor. Folosind acest tip de lampă, se observă că se formează un număr mai mare de bule. Dacă apar bule, înseamnă că există viață.

Procedura pe o „planetă caldă” (de exemplu, VENUS datorită efectului de seră)

Efectuați același experiment cu apă foarte caldă. În cazul lui Venus trebuie să folosim apă clocotită. (Dacă este disponibil un termometru, experimentul poate fi repetat la diferite temperaturi și se obține un tabel de activitate pentru aceste temperaturi.) Dacă apar bule există înseamnă că viață.

Planete și exoplanete cu condiții extreme și similare cu cele folosite în această activitate

VENUS. Are o atmosferă densă, compusă în mare parte din bioxid de carbon și o cantitate mică de azot. Presiunea la nivelul suprafeței este de 90 de ori mai mare decât presiunea atmosferică pe suprafața Pământului. Cantitatea uriașă de bioxid de carbon din atmosferă determină un efect de seră puternic care ridică temperatura suprafeței planetei la aproximativ 464 ° C în regiunile mai puțin ridicate din apropierea ecuatorului. Acest lucru face ca Venus să fie mai cald decât Mercur, deși este la mai mult de două ori distanța față de Soare, și primește doar 25% din radiația solară de pe Mercur. Norii sunt compuși în principal din picături de bioxid de sulf și acid sulfuric și acoperă planeta complet, ascunzând detaliile suprafeței de observația vizuală externă.

MARTE. Sub suprafața înghețată a acelei lumi deșertice ar putea exista apă sărată. Acea apă ar putea fi **casa formelor de viață capabile să tolereze aceste condiții extreme.** În trecut era un loc foarte diferit. Știm că ar fi putut semăna mult cu Pământul. Avea oceane, vulcani și o atmosferă la fel de densă ca a noastră, bogată în bioxid de carbon, dar asta nu ar fi fost un impediment pentru viața microbiană. **Singurul lucru care lipsește de pe planeta roșie și a făcut ca acesta să fie atât de diferită față de planeta noastră, a fost câmpul magnetic.** Gravitația mai mică și lipsa unui câmp magnetic au făcut ca vântul solar să poată îndepărta încet atmosfera planetei. În plus, Marte este o planetă care primește pe suprafața sa radiații ultraviolete de la Soare cu componente puternic dăunătoare din punct de vedere biologic (UV-C și UV-B), care influențează în special găsirea unor semne de viață la suprafață.

NEPTUN. Structura internă a lui Neptun seamănă cu cea a lui Uranus: un miez stâncos acoperit de o crustă înghețată, ascunsă sub o atmosferă groasă. Cele două treimi interioare ale lui Neptun sunt compuse dintr-un amestec de rocă topită, apă, amoniac lichid și metan. Treimea exterioară este un amestec de gaz fierbinte compus din hidrogen, heliu, apă și metan. Atmosfera sa cuprinde aproximativ 7% din masa sa. La adâncimi mari, atmosfera atinge presiuni de aproximativ 100000 de ori mai mari decât atmosfera Pământului. **Concentrațiile de metan, amoniac și apă cresc din regiunile exterioare către regiunile interioare ale atmosferei.**

Ganymede, satelitul lui Jupiter, este compus din silicați și gheață, cu o crustă de gheață, care plutește deasupra unei mantale noroioase, ce ar putea conține un strat de apă lichidă cu o concentrație mare de sare. Primele survolări ale satelitului Ganymede, de către nava spațială Galileo, au descoperit că satelitul are propria magnetosferă. Probabil că a fost generată într-un mod similar cu magnetosfera Pământului: adică rezultă din mișcarea materialelor conductoare din interior.

Titan satelitul lui Saturn. **Se crede că există acolo un ocean subteran de apă cu amoniac dizolvat în el** la o adâncime de 100 de kilometri sub suprafață și poate un altul de hidrocarburi. Atmosfera este compusă din 94% azot și este singura atmosferă bogată în azot din Sistemul Solar, în afară de propria planetă. Urmele semnificative ale diferitelor hidrocarburi alcătuiesc restul. Gheața este foarte asemănătoare cu cea care există la polii Pământului, gheață în derivă.

Europa satelitul lui Jupiter. Europa are **o suprafață înghețată și un ocean de apă lichidă sub subsuprafață**. Atmosfera pe care o are este subțire și de densitate mică, dar este compusă din oxigen. Gheața este foarte asemănătoare cu cea existentă la polii Pământului, în derivă. Europa are un miez de fier – nichel, înconjurat de o manta stâncoasă fierbinte, peste care se află un ocean de apă lichidă cu o adâncime, de aproximativ 100 km (discutabilă din perspectiva geologilor) și cu o suprafață glaciară de 10 km.

Activitatea 6: Găsirea unui al doilea Pământ

Pământul este singura planetă cunoscută care susține viața. Deci, în cazul în care căutăm o planetă cu viață extraterestră, o opțiune bună este să căutăm planete care oferă condiții similare. Dar care parametri sunt importanți?

Următorul tabel prezintă câteva exoplanete cu proprietățile lor. Exclueți exoplanetele care nu sunt potrivite pentru viață și poate găsiți un al doilea Pământ. Puteți găsi câteva criterii importante din acest tabel.

Numele exoplanetei	Masa în mase ale Pământului	Rază în raze ale Pământului	Distanța până la stea în AU	Masa stelei în mase ale Soarelui	Tipul spectral al stelei /temperatura suprafeței
Beta Pic b	4100	18,5	11,8	1,73	A6V
HD 209458 b	219,00	15,10	0,05	1,10	G0V
HR8799 b	2226	14,20	68,0	1,56	A5V
Kepler-452 b	necunoscută	1,59	1,05	1,04	G2V
Kepler-78 b	1,69	1,20	0,01	0,81	G
Luyten b	2,19	necunoscută	0,09	0,29	M3.5V
Tau Cet c	3,11	necunoscută	0,20	0,78	G8,5V
TOI 163 b	387	16,34	0,06	1,43	F
Trappist-1 b	0,86	1,09	0,01	0,08	M8
TW Hya d (încă neconfirmat)	4	necunoscută	24	0,7	K8V
HD 10613 b	12,60	2,39	0,09	1,07	F5V
Kepler-138c	1,97	1,20	0,09	0,57	M1V
Kepler-62f	2,80	1,41	0,72	0,69	K2V
Proxima Centauri b	1,30	1,10	0,05	0,12	M5V
HD 10613 b	12,60	2,39	0,09	1,07	F5V
KIC 5522786 b	necunoscută	1,21	1,98	1,79	A

Tabelul 3: Cădiții pentru un al doilea Pământ.

Raza și masa

În Sistemul nostru Solar există planete terestre (Mercur, Venus, Pământ, Marte) și planete gigantice (Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun). Planetele terestre asemănătoare Pământului sunt compuse din roci silicate și metale și au o densitate mai mare decât planetele gigantice. Indicatori buni pentru o densitate potrivită sunt raza și masa planetei.

Folosim definiția echipei Misiunii Kepler: planetele de dimensiunea Pământului și super-dimensiunea Pământului au o rază mai mică de 2 raze ale Pământului. 10 Masele ale Pământului sunt considerate o limită superioară pentru planetele de dimensiunea super-Pământului.

Zona locuibilă

Zona locuibilă este intervalul de orbite în jurul unei stele în care o suprafață planetară poate susține apă lichidă.

Stelele din secvența principală pe care ne concentrăm au o corelație directă între luminozitatea și temperatura de la suprafață a stelei. Cu cât temperatura suprafeței este mai ridicată, cu atât steaua este mai strălucitoare și cu atât zona locuibilă este mai îndepărtată. Tipurile spectrale indică temperatura suprafeței (vezi tabelul de mai jos).

Tip spectral	Temperatura [K]	Zona locuibilă [AU]
O6V	41 000	450-900
B5V	15 400	20-40
A5V	8 200	2,6-5,2
F5V	6 400	1,3-2,5
G5V	5 800	0,7-1,4
K5V	4 400	0,3-0,5
M5V	3 200	0,07-0,15

Tabelul 4: Zona locuibilă în funcție de tipul spectral.

Tipurile spectrale sunt clasificate cu o literă (O, B, A, F, G, K, M) și subdivizate cu un număr de la 0 la 9 (0 este cel mai fierbinte dintr-un anumit tip spectral). V indică o stea din secvența principală.

Sugestie: Dacă tipul spectral al unei stele este ușor diferit sau subtipul este necunoscut, utilizați valorile date pentru zona locuibilă ca aproximare.

Masa Stelei Gazdă

Pentru a studia locuibilitatea într-un sistem planetar în jurul stelelor din secvența principală, trebuie să luăm în considerare evoluția stelei gazdă.

La aproximativ 1 miliard de ani de la formarea Pământului, au apărut primele forme de viață. Poate că a existat viață și înainte, dar acest lucru este incert. Deci, steaua gazdă trebuie să fie stabilă timp de cel puțin $\sim 10^9$ ani pentru ca viața să evolueze.

Energia pe care o poate produce o stea din fuziunea hidrogenului este proporțională cu masa sa. Și obțineți timpul secvenței principale împărțind această energie la luminozitatea stelei. Dacă utilizați această proporționalitate și folosiți Soarele ca referință, obțineți prima parte a formulei, din aceste considerații, putem estima durata de viață a secvenței principale a unei stele:

$$t^*/t_s = (M^*/M_s)/(L^*/L_s)$$

Pentru stelele pitice normale sau secvența principală a diagramei H-R, luminozitatea este aproximativ proporțională cu masa ridicată la puterea de aproximativ 3,5. Adică $L \propto M^{3,5}$.

$$t^*/t_s = (M^*/M_s)/(M^{3,5}/M_s^{3,5}) = (M^*/M_s)^{-2,5}$$

$$t^*/t_s = (M_s/M^*)^{2,5}$$

relație care oferă durata de viață a unei stele ca o fracțiune din durata de viață așteptată a Soarelui (10^{10} ani).

O versiune simplificată a acestei formule este:

$$t^* \sim 10^{10} \times (M_s/M)^{2,5} \text{ ani}$$

Să calculăm o limită superioară pentru masa stelei dacă intervalul de timp al secvenței principale este de cel puțin 3 miliarde de ani.

$$M^* = (10^{-10} \times t)^{-0,4} M_s$$

$$M^* = (10^{-10} \times 3\,000\,000\,000)^{-0,4} M_s$$

$$M^* = 1,6 M_s$$

Vedem că pentru stelele cu mase $> 2M_s$, durata de viață a secvenței principale scade sub 1 an galactic (timpul necesar pentru a ocoli centrul galactic = 250 de milioane de ani), astfel, chiar dacă în jurul stelelor există planete locuibile, viața probabil nu ar avea suficient timp pentru a evolua.

Bibliografie

- Álvarez, C., y otros, *Guía Libreciencia Taller Abril*, Argentina 2018,
- Anderson, M., *Habitable Exoplanets: Red Dwarf Systems Like TRAPPIST-1*, 2018
- Goldsmith, D., *Exoplanets: Hidden Worlds and the Quest for Extraterrestrial Life*, Harvard University Press, 2018
- Prieto, J., Orozco, P., *Estudios de Astrobiología*, Actas Ciencia en Acción, Viladecans, 2018
- Summers M, Trefil, J., *Exoplanets: Diamond Worlds, Super Earths, Pulsar Planets, and the New Search for Life beyond Our Solar System*, Smithsonian Books; 2018
- Tasker, E. *The Planet Factory: Exoplanets and the Search for a Second Earth*, Bloomsbury Sigma, 2017