

Elemente de Astrobiologie

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

Uniunea Astronomică Internațională

Universitatea Tehnică din Catalonia, Spania

ITeDA și Universitatea Tehnologică Natională, Argentina

Școala Secundară din Faro, Portugal

Casa Astronomiei din Heidelberg, Germania

Diverciencia, Algeciras, Spania

SENACYT, Panama



Obiective

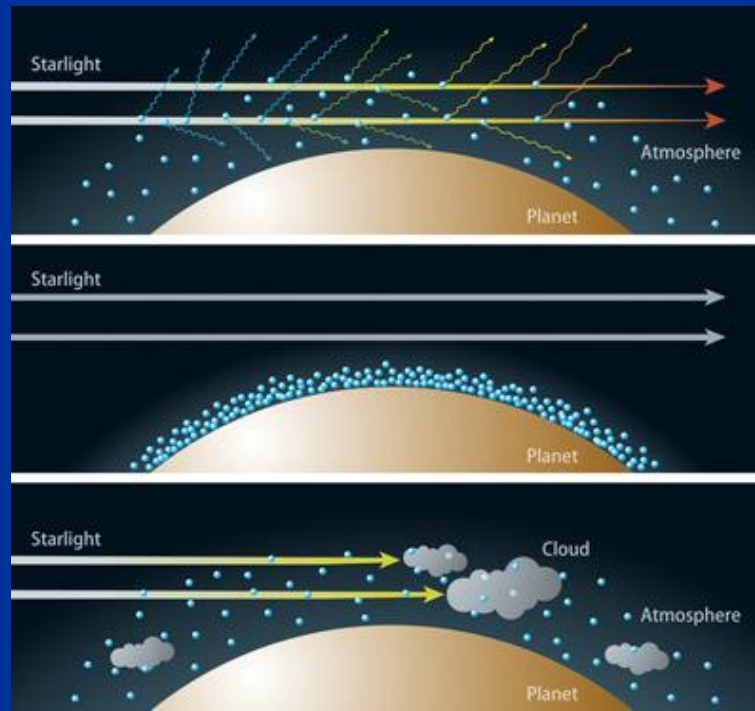
- Să înțelegeți de unde apar diferitele elemente ale tabelului periodic.
- Să înțelegeți condițiile de habitabilitate necesare dezvoltării vieții.
- Să gestionați instrucțiunile minimale pentru viață în afara Pământului.



Formarea sistemelor planetare

În timpul formării unei stele, este constituit și sistemul său planetar cu resturile de material apropiate de stea.

Spectroscopia este utilizată atât pentru a cunoaște compoziția stelei cât și pentru a cunoaște atmosfera exoplanetelor.



Activitatea 1: Formarea sistemului planetar din gaz și praf

Grupul este împărțit în două (de exemplu): fete (gaz) și băieți (praf).

(Dacă există o diferență substanțială a numărului de participanți de la un grup la altul, se recomandă ca grupul reprezentând gazul să fie cel mai mare deoarece într-un sistem planetar în formare, masa gazului este de 100 de ori mai mare decât masa a prafului).

Pe măsură ce participanții ascultă povestea, ei realizează o acțiune dinamică a ceea ce aud, de exemplu:



Activitatea 1: Formarea sistemului planetar din gaz și praf

Textul narațiunii:

A fost odată un nor cu mult gaz și mai puțin praf

Apoi gazul începe să se adune în centrul norului și în jur este praful.

Participanții la reprezentație:

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.

Ei încep să se separe. Participanții reprezentând gazul se adună în centru, iar cei reprezentând praful se țin de mâini într-un cerc în jurul celor din centru.



Activitatea 1: Formarea sistemului planetar din gaz și praf

Textul narațiunii:

Sunt multe mișcări, particulele de gaz atrag pe cele de gaz și particulele de praf atrag pe cele de praf.

În centru s-a format un nucleu dens, opac, înconjurat de un disc de praf și gaz.

Participanții la reprezentație:

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).

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, e gaz și în afară cercului.



Activitatea 1: Formarea sistemului planetar din gaz și praf



Activitatea 1: Formarea sistemului planetar din gaz și praf

Textul narațiunii:

Acest nucleu este acea parte, ce la final ar putea da naștere Soarelui sau stelei gazdă a unui sistem extrasolar.

Unele planete mici sunt formate prin unirea grăunțelor de praf din ce în ce mai mari, apoi a pietrelor și așa mai departe.

Participanții la reprezentație:

Soarele sau steaua gazdă începe să strălucească astfel încât razele sale sunt împrăștiate în toate direcțiile.
Clarificare: În momentul în care Soarele sau steaua gazdă începe să strălucească, gazul “pierdut” începe să se îndepărteze.

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.



Activitatea 1: Formarea sistemului planetar din gaz și praf

Textul narațiunii:

Planetele gigantice s-au format departe de căldura Soarelui sau de steaua gazdă, adică acolo unde gazul ar putea să se adune fără piedică.

Participanții la reprezentație:

Restul participanților încep să se unească să formeze planetele gigantice: mult gaz și ceva praf.

Clarificări: scăderea temperaturii datorate distanței mari față

Soare sau steaua gazdă este principala cauză a diferenței dintre planetele interne solide și cele externe gazoase și mari.

Activitatea 1: Formarea sistemului planetar din gaz și praf



Activitatea 2: Spectrul de emisie

Spectroscopia ne permite să aflăm unele informații despre compoziția chimică a exoplanetelor și a atmosferelor acestora. Putem vizualiza spectrul unui bec cu ajutorul unui DVD (vedem liniile gazelor pe care le conține în interior)



Aspecte chimice ale evoluției stelare

Elements which were produced in the first minutes after the Big Bang
Elements which were forged in the interior of stars
Elements appearing in supernova explosions
Man-made elements in the laboratory

4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Cb	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fi	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
		89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Activitatea 3: Clasificarea elementelor din tabelul periodic

Puneți fiecare obiect în coșul potrivit: albastru, galben sau roșu

Încălzi: Aur Au	Burghiu acoperit cu: Titan Ti	Gaz într-un balon: Helium He	Burete metalic: Nichel Ni
Mobil/ baterie buton: Lithium Li	Bujie auto: Platinium 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: Grafită C	Sulf în 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: Galium Ga	Chibrituri: Fosfor, P

Elemente generate în primele minute după Big Bang (albastru)

Elemente generate prin fuziune în interiorul stelelor (galben)

Elemente ce apar în exploziile supernovelor (roșu)

Elemente produse în laborator (gri) Piatră ușoară: Ceriu, Ce



Activitatea 3: Clasificarea elementelor din tabelul periodic

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: Grafit C	Sulf în 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



Elemente Big Bang (albastru)

Elemente produse în stele (galben)

Elemente în supernove (roșu)

Elemente produse în laborator (gri)

Piatră mai ușoară: Ceriu, Ce



Activitatea 4: Copiii stelelor

Compoziția corpului uman:

Elemente abundente: **oxigen**, **carbon**, **hidrogen**, **calciu**, **fosfor**, **potasiu**, **sulf**, **sodiu**, **clor**, **fier** și **magneziu**.

Oligoelemente: **fluor**, **zinc**, **cupru**, **siliciu**, **vanadiu**, **staniu**, **manganeziu**, **iodiu**, **nichel**, **molibden**, **crom** și **cobalt**.

Elemente esențiale: **litiu**, **cadmiu**, **arsen** și **staniu**.

																		Elements which were produced in the first minutes after the Big Bang	
																		Elements which were forged in the interior of stars	
																		Elements appearing in supernova explosions	
																		Man-made elements in the laboratory	
																		2	
																		He	
																		10	
																		Ne	
																		18	
																		Ar	
																		36	
																		Kr	
																		54	
																		Xe	
																		86	
																		Rn	
																		118	
																		Og	

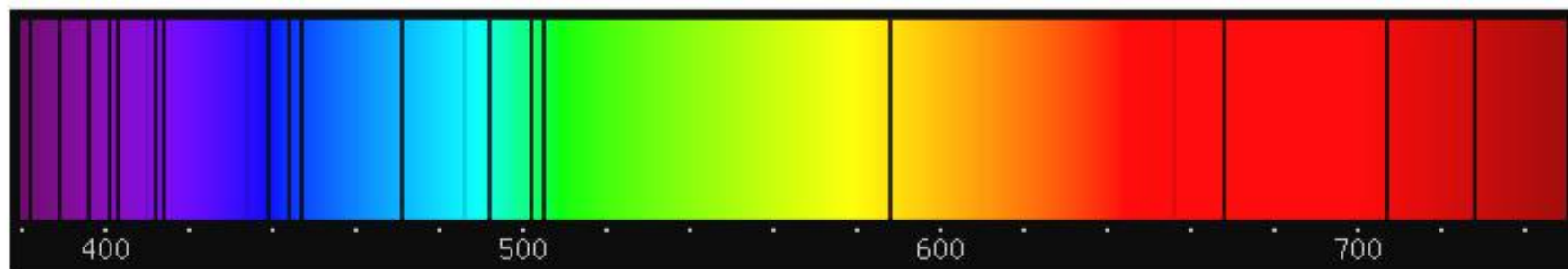
Toate elementele abundente, excepție face
hidrogenul, au fost produse în stele.

Suntem copiii stelelor!!!!



Soarele nu este din prima generație

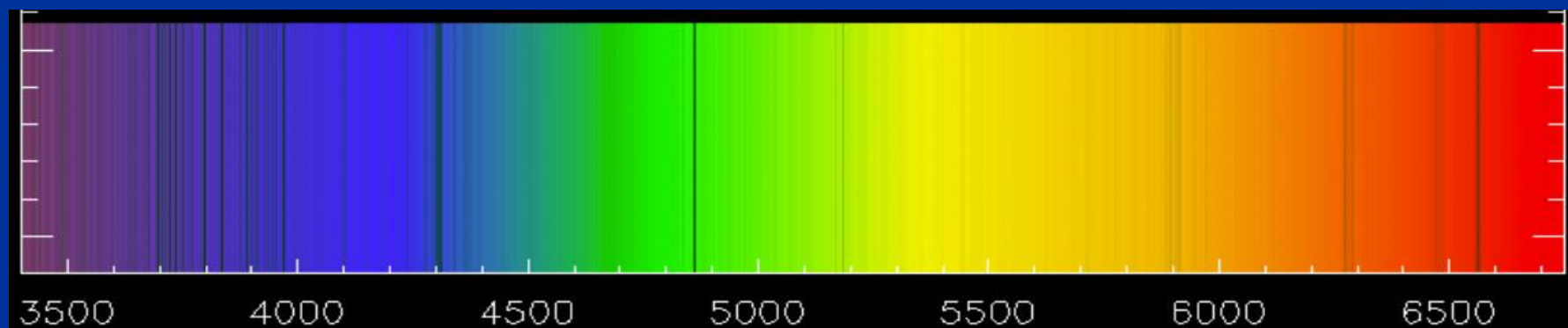
Stelele din prima generație au trăit rapid, au murit tinere și nu au supraviețuit până în zilele noastre. Sunt vizibile doar liniile hidrogenului, heliului și probabil ale litiului.



Spectrul primei generații de stele (desen).

Soarele nu este din prima generație

La stelele cu elemente mai grele, rezultă că norul lor inițial a pornit de la rămășițele unei explozii de supernovă.

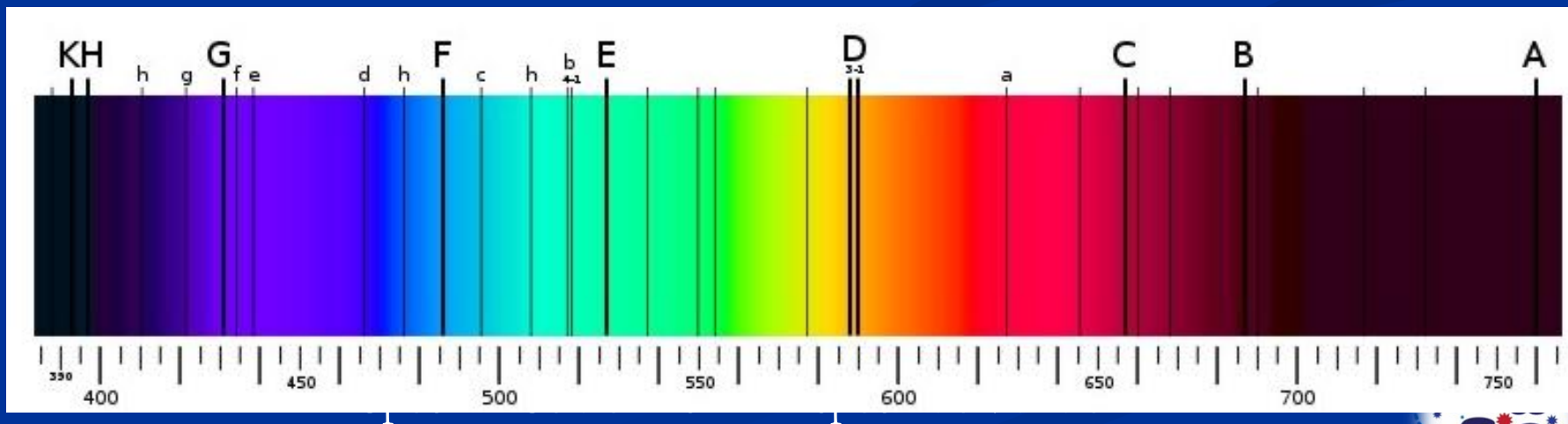


Spectrul generației a doua de stele

SMSS J031300.36-670839.3 cu linii ale hidrogenului și carbonului

Soarele nu este din prima generație

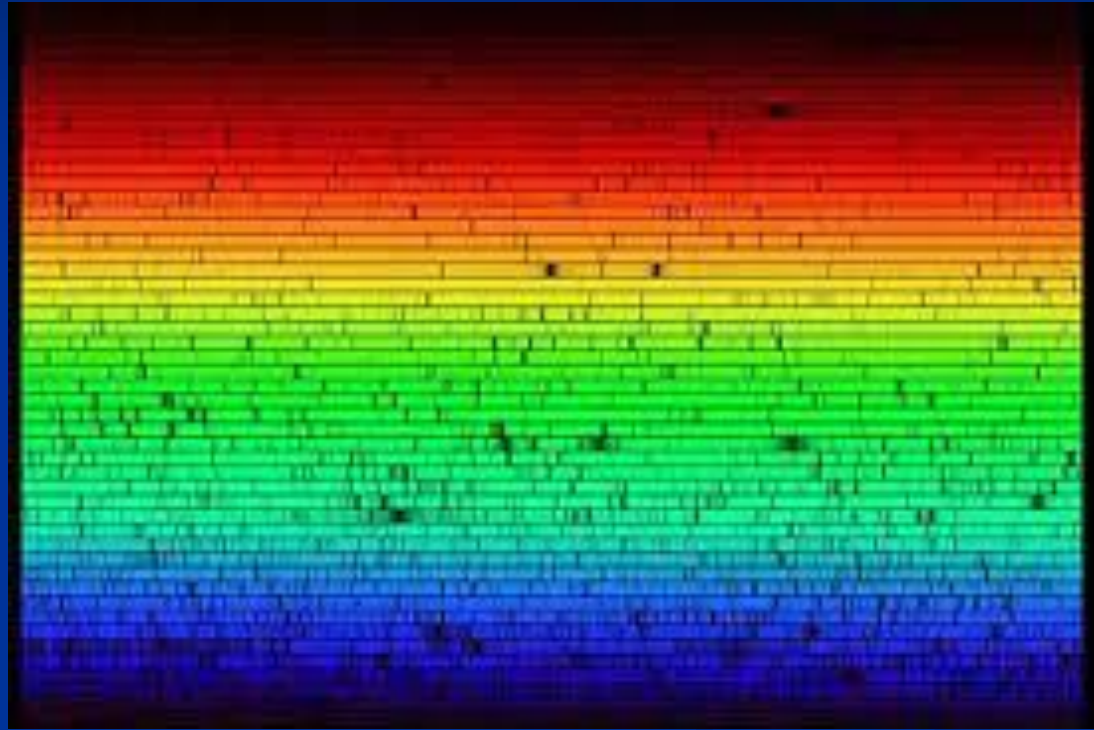
În sistemul solar au fost detectate multe elemente care au apărut după o explozie de supernovă. Prin urmare, Soarele s-a format probabil dintr-un nor inițial, care era alcătuit din rămășițele a cel puțin două explozii succesive de supernove, adică este din a treia generație de stele.



Activitatea 5: Liniile Fraunhofer ale Soarelui

Spectrul Soarelui este continuu, cu linii întunecate, numite linii Fraunhofer, care corespund elementelor chimice conținute în atmosfera sa.

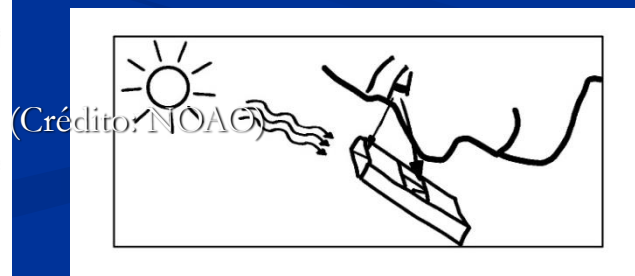
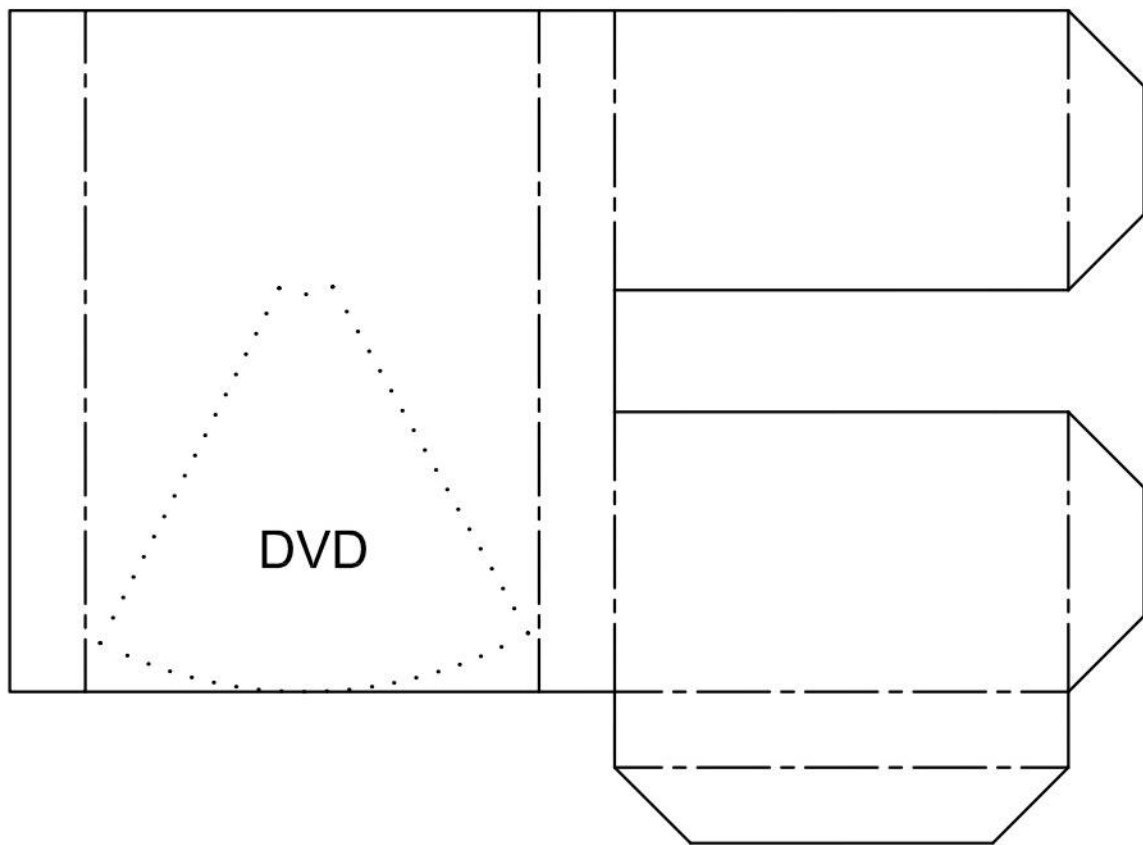
Acestea pot fi observate cu ochiul liber în reflexia luminii solare pe un DVD. Se observă multe linii de Fe, tripletul Mg (în verde), dubletul Na (în galben)



(Crédito: NOAO)

Activitatea 5: Linii Fraunhofer ale Soarelui

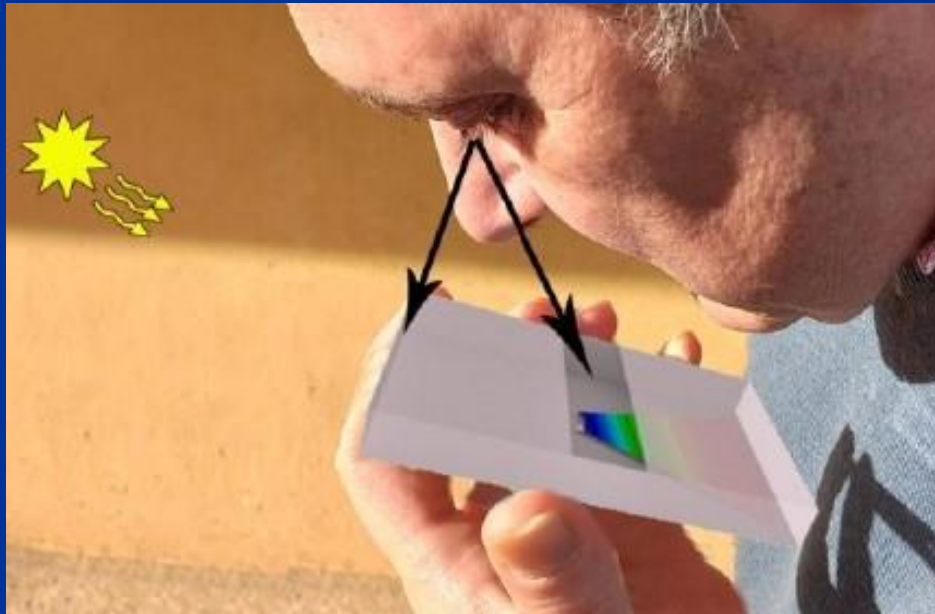
Decupați șablonul, lipiți 1/8 dintr-un DVD și asamblați cutia cu DVD-ul înăuntru, după ce ați îndoit cartonul (hârtia) de-a lungul liniilor punctate.



Activitatea 5: Liniile Fraunhofer ale Soarelui

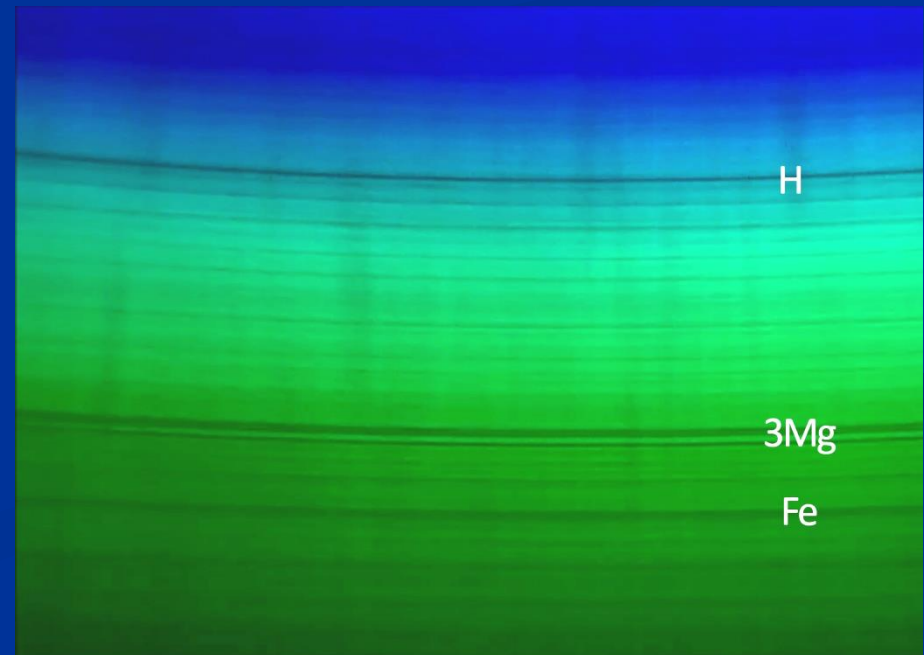
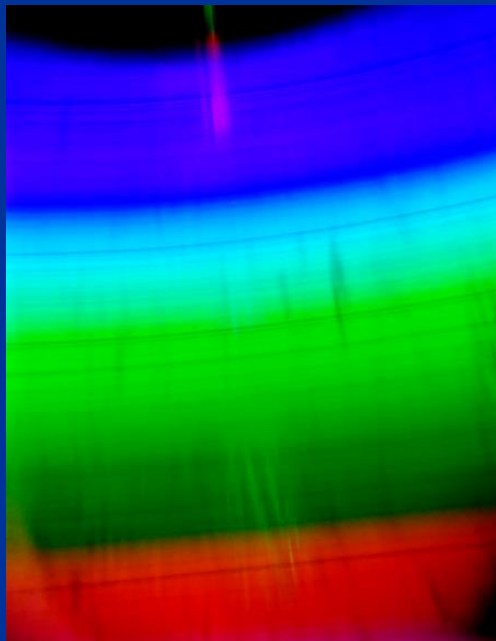
Ieși afară într-o zi însorită și stați în plin Soare.

Așezați cutia în dreptul feței, cu marginea de sus la nivelul ochilor, așa cum se vede în fotografie. Priviți spre DVD-ul din interiorul cutiei, mișcați-vă încet până când veți vedea reflexia radială strălucitoare, multicoloră a Soarelui pe DVD.

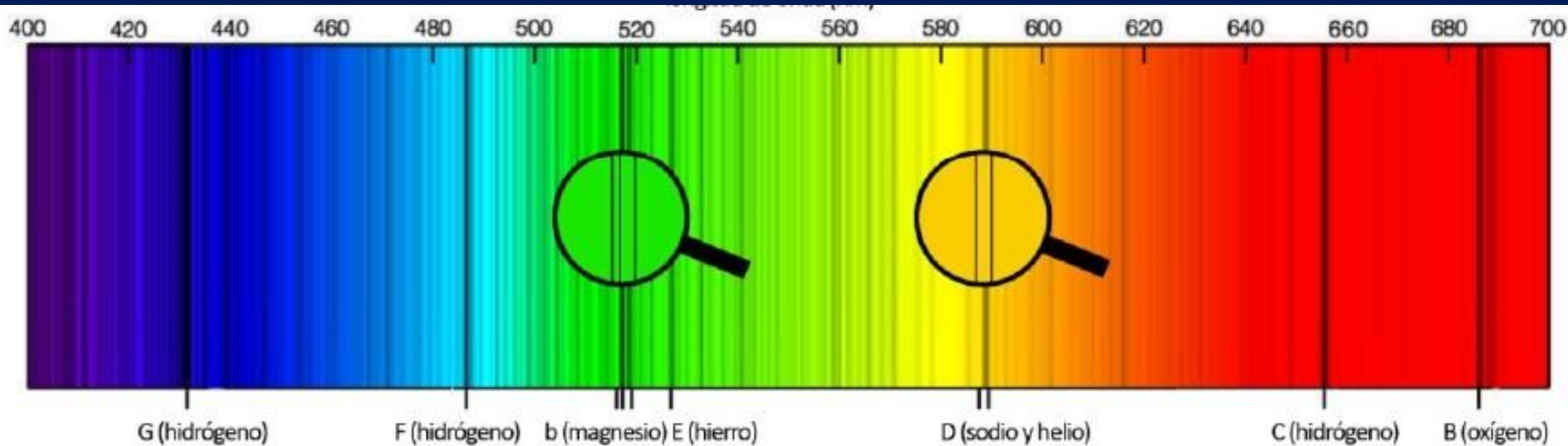


Activitatea 5: Liniile Fraunhofer ale Soarelui

Apropiati fața de cutie, privind în continuare la reflexia radială, care va apărea mai lată. Când ochiul dumneavoastră aproape atinge fereastra cutiei veți vedea linii negre discrete în zona colorată. Acestea sunt liniile spectrale ale elementelor chimice care se află în Soare.



Activitatea 5: Liniile Fraunhofer ale Soarelui



Se văd multe linii, unele mai intense decât altele. Linia principală din zona albastră provine de la hidrogen. În zona verde vedeți foarte bine trei linii apropiate, care alcătuiesc tripletul magneziului și o linie separată, care provine de la fier. În zona galbenă sunt două linii foarte apropiate, care înseamnă prezența heliului și sodiului. În partea roșie puteți vedea o linie intensă a hidrogenului.

Zona locuibilă

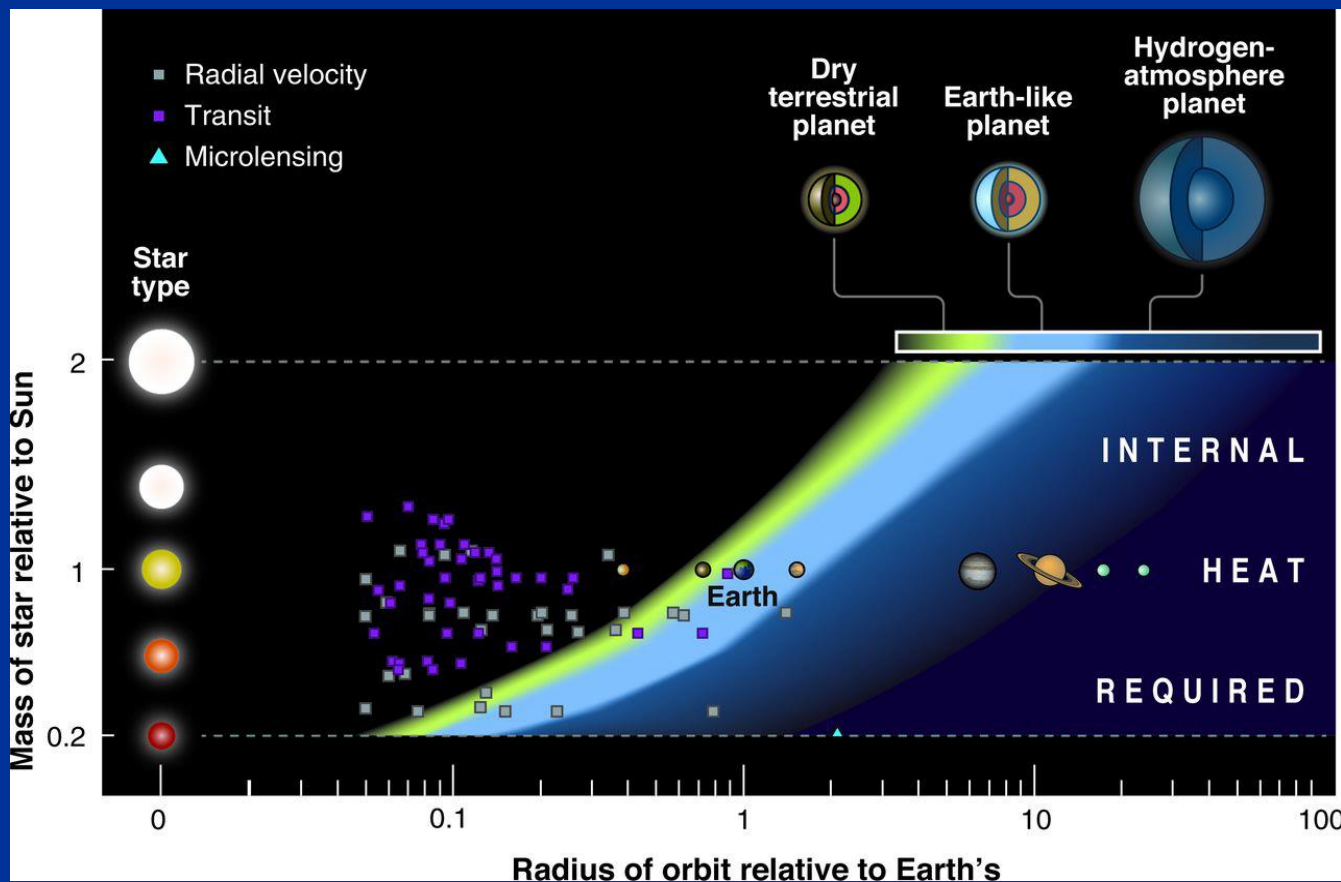
Zona locuibilă este regiunea din jurul unei stele în care fluxul de radiații pe suprafața unei planete stâncoase ar permite prezența apei lichide (Viața pe bază de carbon presupune prezența apei lichide).

Apare de obicei la planete cu masă cuprinsă între **o jumătate și de 10 ori masa Pământului** și o presiune atmosferică mai mare de 6,1 mbar, corespunzând punctului triplu al apei la temperatura de 273,16 K (când apa coexistă sub formă de gheață, lichid și abur).



Zona locuibilă

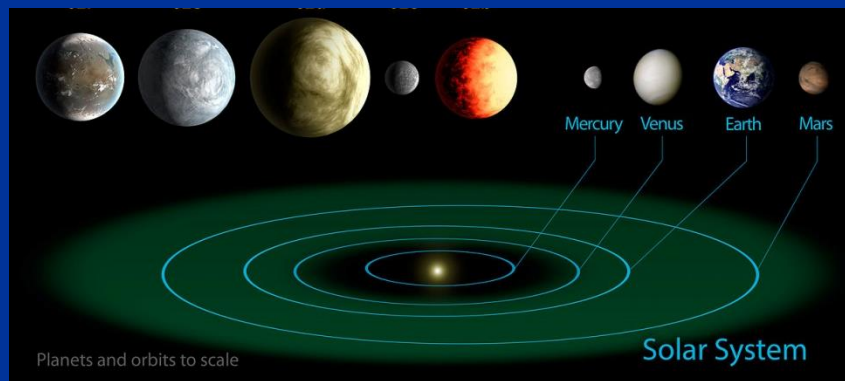
Zona locuibilă **depinde de masa stelei**. Dacă masa este mai mare, atunci temperatura și luminozitatea ei cresc și, prin urmare, zona locuibilă este din ce în ce mai îndepărtată.



Alte condiții pentru zona locuibilă

Distanța orbitală a planetei care o plasează în zona locuibilă este o condiție necesară, dar nu suficientă pentru ca o planetă să fie potrivită pentru viață.

Exemple: Venus și Marte.



Masa planetei trebuie să fie suficient de mare pentru ca gravitația sa să poată reține atmosfera.

Acesta este motivul principal pentru care Marte nu este locuibilă în prezent, deoarece a pierdut cea mai mare parte a atmosferei și toate apele de suprafață, pe care le-a avut în primele miliarde de ani.

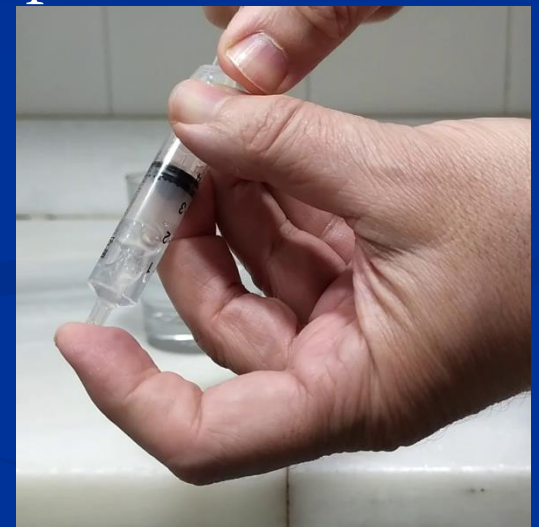
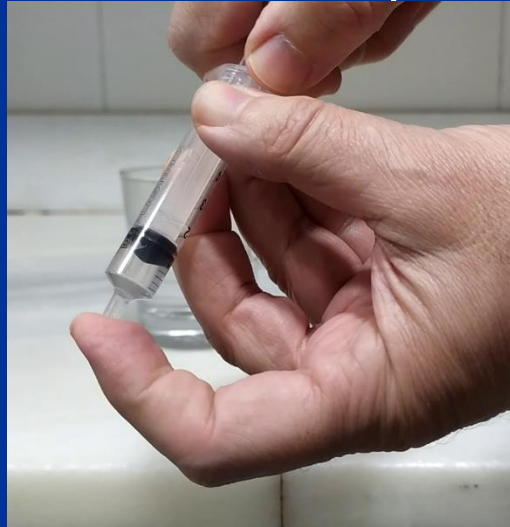


Activitatea 6: Apă lichidă pe Marte?

Presiunea atmosferică de pe Marte este scăzută (0,6 % din cea a Pământului).

În ciuda presiunii scăzute, la polii lui Marte se formează nori de apă. De ce nu există apă lichidă la suprafața planetei?

În interiorul seringii punem apă fierbinte, cu temperatura apropiată de cea de fierbere.



Dacă tragem pistonul, presiunea interioară scade și apa începe să fiarbă, devine aburi și dispare treptat. Pentru a simula presiunea marțiană ar trebui să avem o seringă foarte lungă și să tragem pistonul până la 9 m.

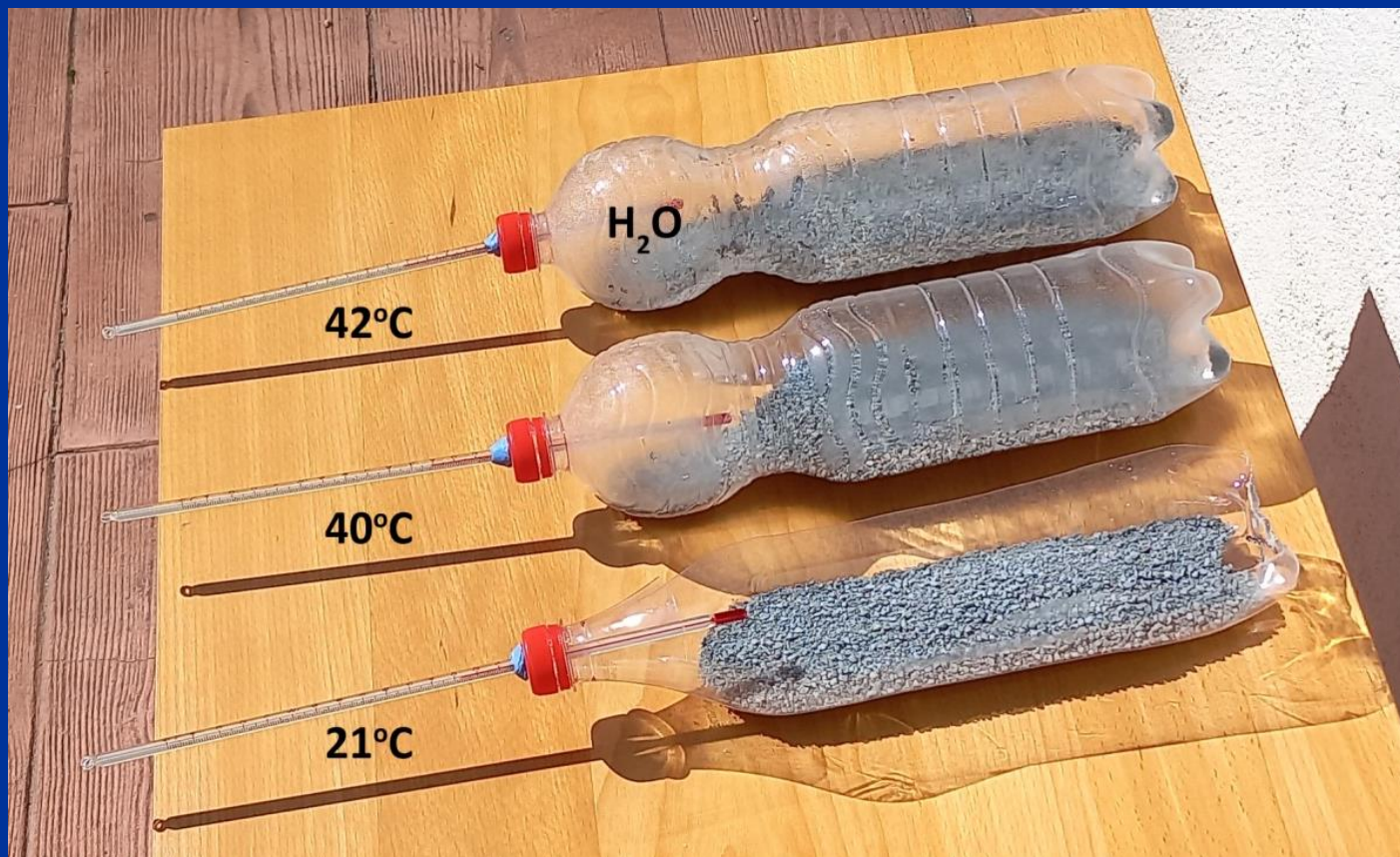
Activitatea 7: Efectul de seră

We put dark earth inside 2 empty plastic bottles, and in a third cut lengthwise in half. We inserted a thermometer into the stopper of each bottle. The cut bottle simulates the planet without clouds, the first whole bottle simulates the planet with clouds, and in the last one, we put a few drops of water inside it, to simulate an atmosphere with water vapor.



Activitatea 7: Efectul de seră

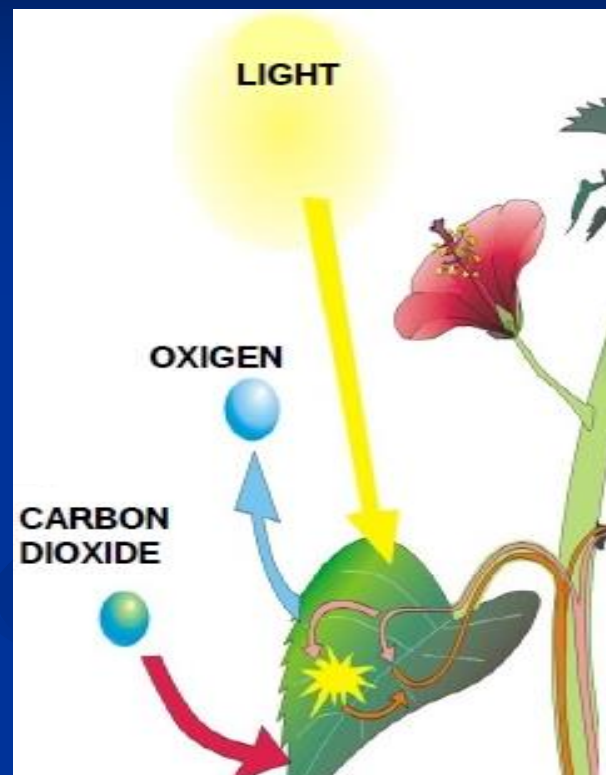
Am pus sticlele la soare și am măsurat temperatura din interior la fiecare 5 minute. Notăm măsurătorile pentru a determina cum influențează efectul de seră.



Fotosinteza: Producerea oxigenului

Fotosinteza este procesul prin care plantele și unele bacterii folosesc lumina solară pentru a produce glucoză, carbohidrați și oxigen din bioxid de carbon și apă.

Moleculele denumite **pigmenți fotosintetici** transformă energia luminii în energie chimică.

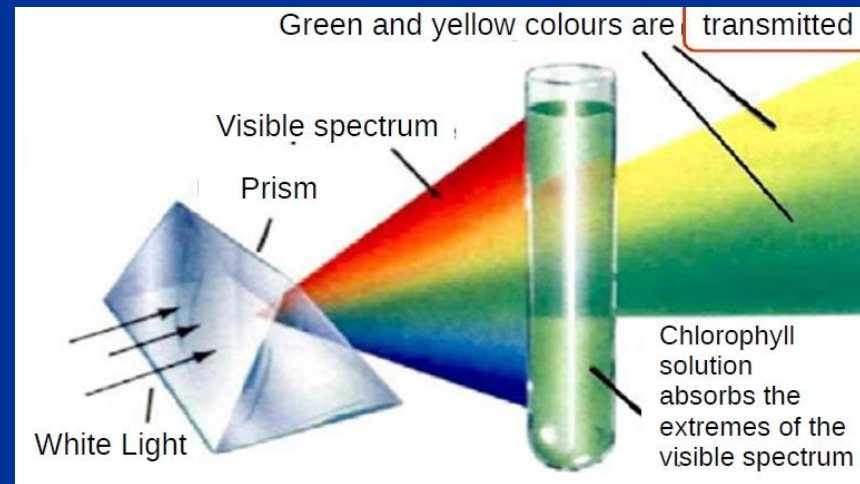


Fotosinteza: de ce frunzele sunt verzi?

Lumina care este absorbită poate fi folosită de plantă în reacții chimice diferite, în timp ce lungimile de undă ale luminii care sunt reflectate determină culoarea pigmentului sesizată de ochi.

Unul dintre grupurile de pigmenți fotosintetici sunt clorofilele care au de obicei două tipuri de absorbție în spectrul vizibil, unul în regiunea albastră (400-500 nm) și altul în zona roșie (600-700 nm).

Cu toate acestea, clorofilele reflectă partea de mijloc a spectrului, care corespunde culorii verzi (500-600 nm).



Fotosinteza: Producerea oxigenului

Pigmenții sunt iluminați și își transferă electronii care sunt excitați de lumină. Apa este un donator de electroni care sar de la o moleculă la alta, iar rezultatul final este producerea de oxigen atunci când moleculele de apă se descompun. Aceasta este faza luminată a fotosintezei.

În faza întunecată se produc carbohidrați sau zaharuri. Lumina nu este necesară pentru această parte.



Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză



Folosiți două borcane de sticlă transparente și la sfârșitul procesului așezați pe ele hârtie de celofan de culoare albastră și roșie.

Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză



Cu ajutorul unui perforator, tăiați discuri de frunze (de exemplu de spanac, dar evitați nervurile). Puneți 10 discuri în fiecare borcan.

Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză



Pregătiți o soluție de bicarbonat de sodiu de 25 g la 1 litru de apă. Puneți 20 ml din ea în fiecare sticlă.

Impregnați discurile de frunze cu soluția de bicarbonat.

Puneți discurile într-o seringă de unică folosință de 10 ml, etanșați orificiul seringii cu degetul și trageți de piston până când discurile sunt în suspensie în soluție.



Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză

Îndepărtați cât mai mult aerul intrat, lăsând discurile suspendate în bicarbonat.

Sigilați capătul seringii cu un deget și țineți strâns, încercând să faceți vid, astfel încât în spațiile interne ale țesutului vegetal aerul este înlocuit cu o soluție de bicarbonat, care va fi o sursă de carbon disponibilă, aproape de structurile fotosintetice ale frunzei .



Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză

Puneți discurile de frunze în fiecare borcan. Acoperiți fiecare borcan cu celofan roșu și respectiv albastru.

Puneți câte un bec (putere ≥ 70 W) deasupra fiecărui borcan (cu celofan), la aceeași distanță față de borcan.

Becurile cu LED sunt mai bune pentru că nu emit energie sub formă de căldură.



Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză

Când porniți lumina, începeți să și înregistrați timpul până când discurile plutesc.

Este o măsură indirectă a vitezei fotosintezei.



Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză

Așteptați cam 5 minute și discurile încep să se ridice (depinde de puterea becurilor și de distanța lor până la lichid).



Activitatea 8: Producerea oxigenului prin fotosinteză

Discurile încep să plutească pe măsură ce eliberează oxigen sub formă de bule, care le ajută la plutire.

Timpii măsurați sunt diferiți, în funcție de culoarea luminii: este mai scurt pentru lumina albastră (este componenta cu energie ridicată a radiației electromagnetice, este cea mai eficientă în acest proces)



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Drojdiile (ciuperci) transformă zahărul (glucoza) în alcool etilic sau etanol și dioxid de carbon.

Fermentarea este un proces cu eficiență energetică scăzută, în timp ce respirația este mult mai eficientă și mult mai recentă din punct de vedere evolutiv.



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Dacă observăm prezența dioxidului de carbon, vom ști că a avut loc fermentarea și, prin urmare, a fost testată posibilitatea vieții.

În toate cazurile experimentului nostru pornim de la o cultură în care este prezentă apa.



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Noi vom folosi:

1 lingură de **drojdie** (pentru a face **pâine**). Este un **microorganism viu ușor de obținut**,

1 pahar cu apă caldă (puțin peste o jumătate de pahar între 22° și 27° C),

1 lingură de zahăr pe care microorganismele îl poate consuma.

Aceeași procedură o folosim în experimentul de control și celelalte experimente dezvoltate în condiții extreme.



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Experimentul de control:

Într-un pahar, dizolvați drojdia și zahărul în apă caldă.

Introduceți rapid amestecul obținut într-o pungă de plastic etanșă, îndepărtând tot aerul din interior și închizând punga. Este important să nu lăsați aer în interiorul pungii.



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Experimentul de control

După 15-20 de minute vedeți bulele de dioxid de carbon din punga umflată.

Prezența bulelor de dioxid de carbon arată că microorganismele sunt vii.



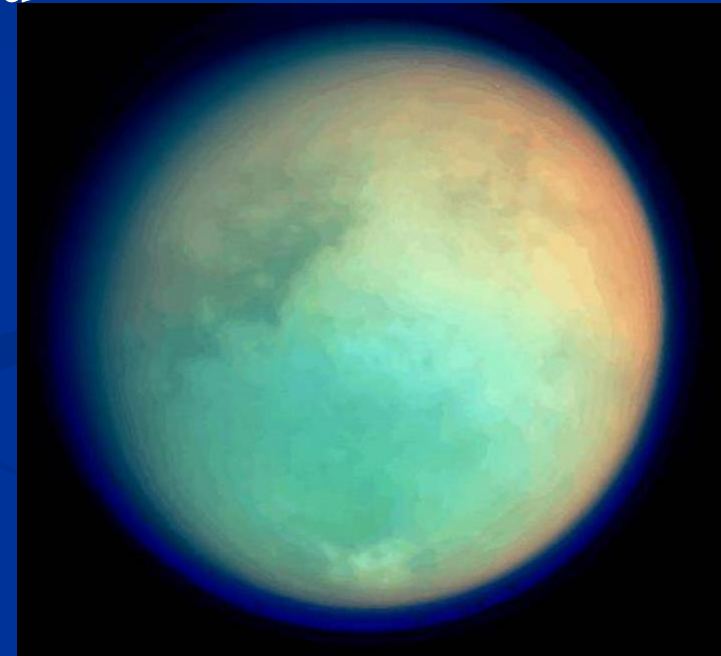
Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Procedura pe o „planetă alcalină”
(de exemplu, Neptun sau Titan ambele cu amoniac): Repetați experimentul cu bicarbonat de sodiu sau amoniac.

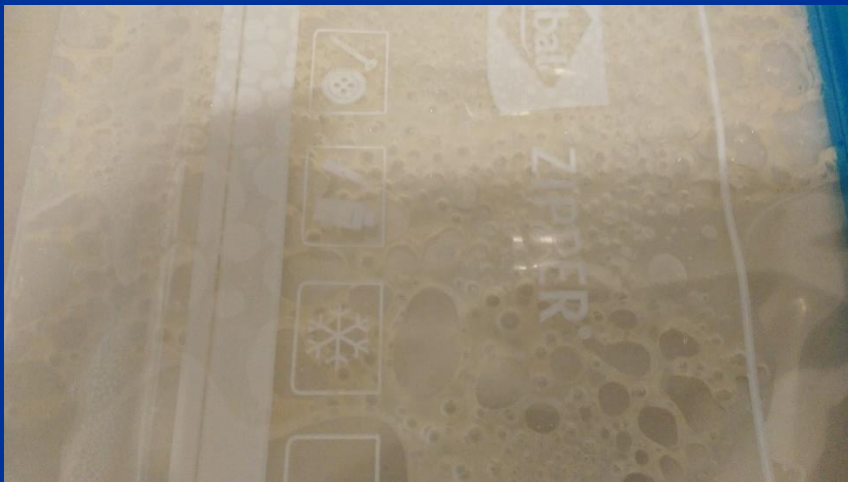
Scări alcaline Ph:

Bicarbonat de sodiu sau praf de copt: Ph 8.4

Amoniac alimentar: Ph 11



Titan, Credit NASA

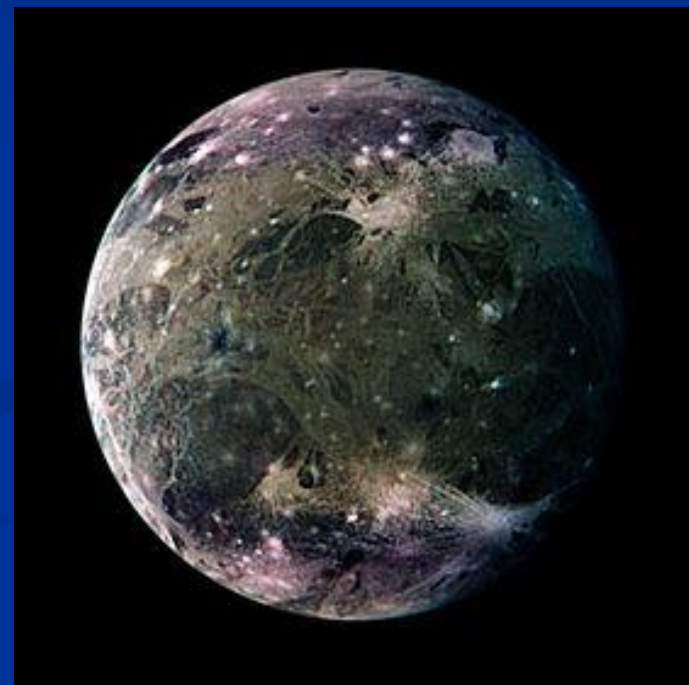
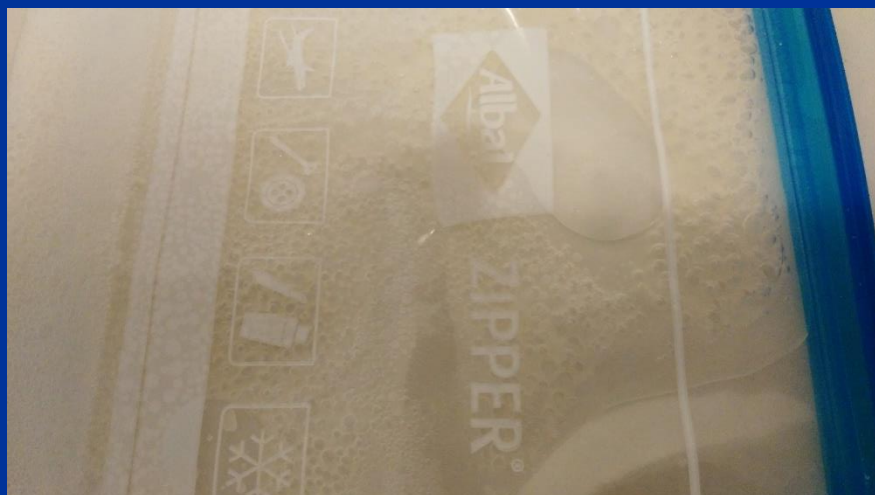


Dacă sunt bule atunci este viață.



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Procedura pe o „planetă salină” de exemplu, Marte sau Ganymede). Repetați experimentul, dizolvând clorură de sodiu (sare comună) în apă.



Ganimede, Credit NASA

Dacă sunt bule atunci este viață.



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

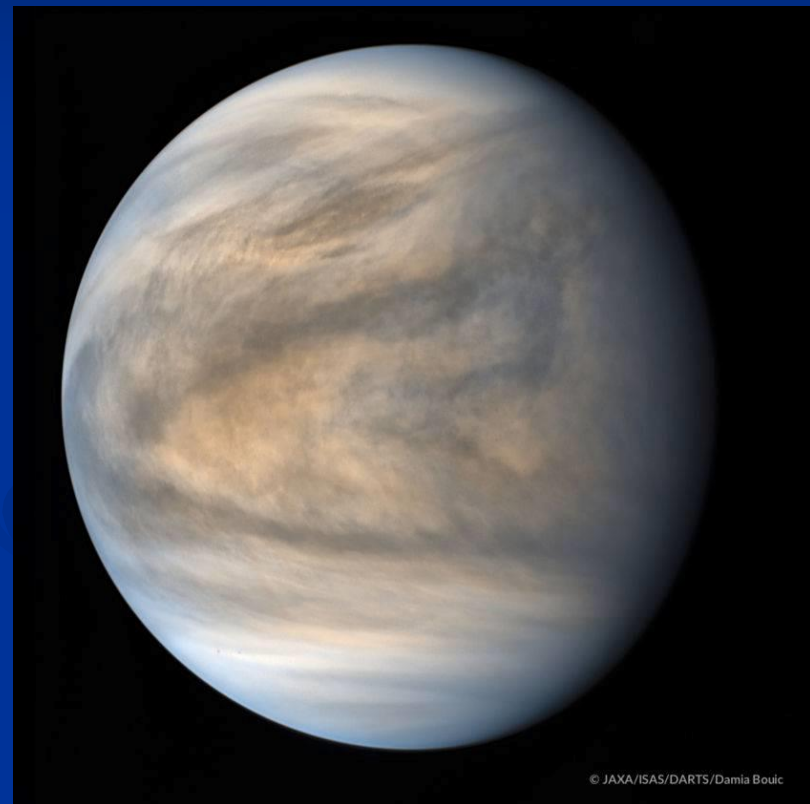
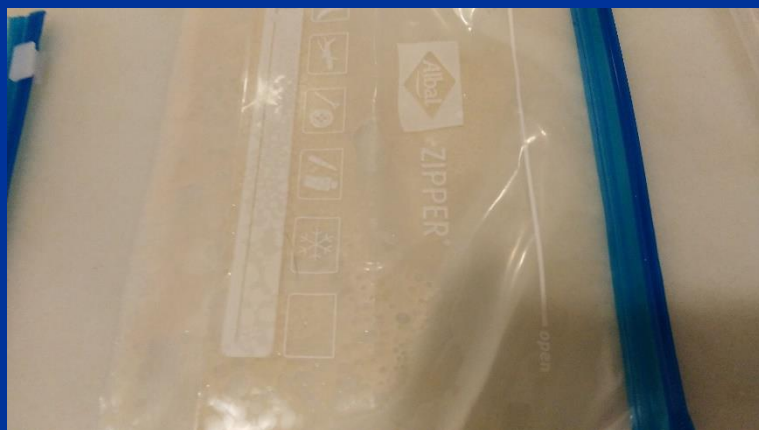
Procedura pe o „planetă acidă”
(ex.: Venus cu ploi sulfuroase):

Repetăți experimentul și adăugați oțet sau suc de lămâie în apa de cultivare.

Nivele de pH acid:

Oțet: pH=2,9

Suc de lămâie: pH=2,3



Venus, Credit NASA

Dacă sunt bule atunci este viață.

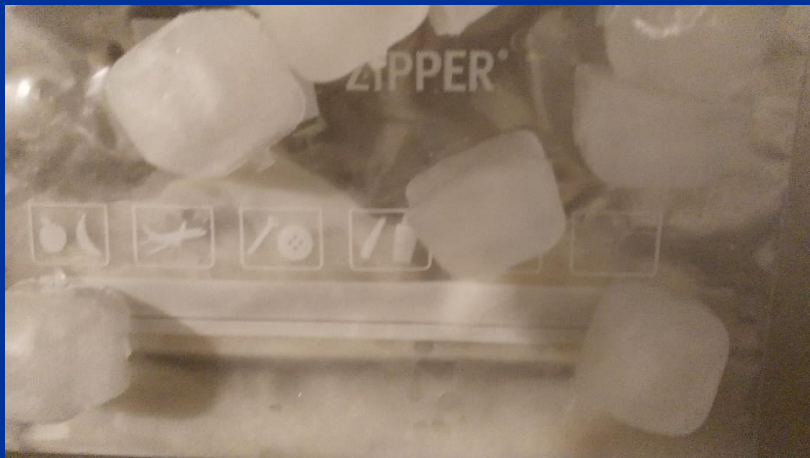


Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Procedura pe o „planetă înghețată”

(ex.: Europa sau Trappist-1 h)

Puneți punga într-un recipient plin de gheață sau folosiți un congelator



Trappist 1h Desen artistic

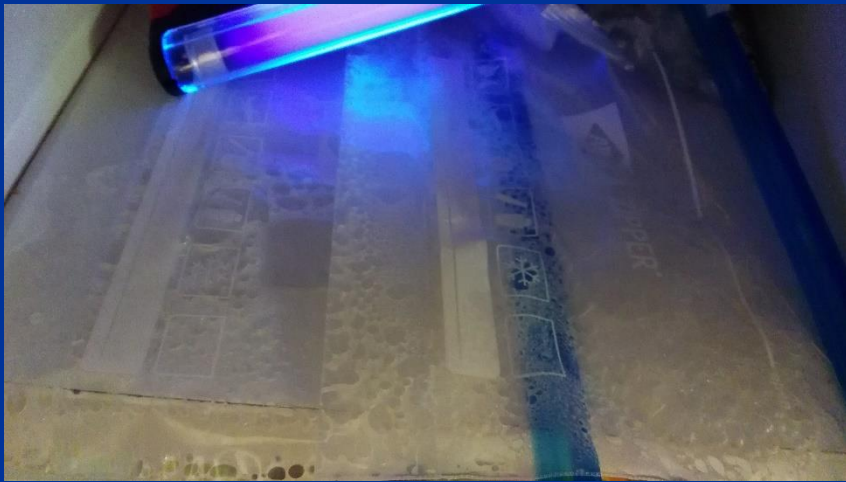
Dacă sunt bule atunci este viață.



Activitatea 9: Viața în condiții extreme

Procedura pe o „planetă cu UV”
(de ex. Marte)

Efectuați experimentul, dar cu punga în lumină UV



Marte, Credit iStock

Dacă nu sunt bule atunci nu este viață.



Activitatea 10: Viața în condiții extreme

Pământul este singura planetă cunoscută cu viață.
Să căutăm o exoplanetă ce are condiții similare.
Dar care parametri sunt importanți?

- ☐ Raza și masa
- ☐ Zona locuibilă
- ☐ Steaua gazdă



Raza și masa (exoplanetă)

Raza și masa planetei trebuie considerate pentru a afla o densitate adecvată.

Utilizarea criteriilor Misiunii Kepler:

- ❑ Planetele de dimensiuni terestre trebuie să aibă o rază mai mică decât 2 raze terestre. $R < 2 R_p$
- ❑ Masa egală cu 10 mase terestre este considerată o limită superioară pentru planetele super-terestre $M < 10 M_e$

Zona locuibilă

Stelele din secvența principală au o corelație directă între luminozitate și temperatură.

Cu cât temperatura suprafeței este mai mare, cu atât steaua este mai strălucitoare și deci zona locuibilă este mai depărtată.

Tipul spectral	Temperatura K	Zona locuibilă UA
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



Masa stelei mamă

Evoluția și viața unei stele depinde de masa ei. Energia pe care o stea o poate obține din fuziunea hidrogenului este proporțională cu masa sa. **Și timpul pentru secvența principală este obținut prin împărțirea acestei energii la luminozitatea stelei.** Folosind Soarele ca referință, viața unei stele din secvența principală este:

$$t_*/t_S = (M_*/M_S) / (L_*/L_S)$$

Pentru secvența principală, luminozitatea este proporțională cu masa conform: $L \sim M^{3.5}$

$$t_*/t_S = (M_*/M_S) / (M_*^{3.5}/M_S^{3.5}) = (M_*/M_S)^{-2.5}$$

$$t_*/t_S = (M_*/M_S)^{-2.5}$$

Masa stelei mamă

Cum viața Soarelui $t_s = 10^{10}$ ani, atunci durata de viață a unei stele este:

$$t_* \sim 10^{10} \cdot (M_*/M_s)^{-2,5} \text{ ani}$$

Să calculăm limita superioară pentru masa stelei, astfel încât timpul cât steaua se află în secvența principală să fie de cel puțin 3×10^9 ani pentru a da timp vieții să evolueze.

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

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

$$M^* \leq 1,6 M_s$$

Căutând un al doilea Pământ

Numele exoplanetei	Masa exopl./ Masa Pământ	Raza exopl./ Raza Pământ	Distanța la stea în UA	Masa stelei/ Masa Soarelui	Tipul spectral al stelei (temperatura la suprafață)
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	necunoscut	1,59	1,05	1,04	G2V
Kepler-78 b	1,69	1,20	0,01	0,81	G
Luyten b	2,19	necunoscut	0,09	0,29	M3.5V
Tau Cet c	3,11	necunoscut	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 (neconfirmat)	4	necunoscut	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

Căutând un al doilea Pământ

Numele exoplanetei	Masa exopl./ Masa Pământ	Raza exopl./ Raza Pământ	Distanța la stea în UA	Masa stelei/ Masa Soarelui	Tipul spectral al stelei (temperatura la suprafață)
Beta Pic b	4100	48,5	41,8	4,73	A6V
HD 209458 b	219,00	45,40	0,05	1,10	G0V
HR8799 b	2226	44,20	68,0	1,56	A5V
Kepler-452 b	necunoscut	1,59	1,05	1,04	G2V
Kepler-78 b	1,69	1,20	0,04	0,81	G
Luyten b	2,19	necunoscut	0,09	0,29	M3.5V
Tau Cet c	3,11	necunoscut	0,20	0,78	G8.5V
TOI 163 b	387	46,34	0,06	1,43	F
Trappist-1 b	0,86	1,09	0,04	0,08	M8
TW Hya d (neconfirmat)	4	necunoscut	24	0,7	K8V
HD 10613 b	42,60	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	42,60	2,39	0,09	1,07	F5V

Concluzii

- ☐ Cunoașterea conceptului de zonă locuibilă.
- ☐ Introducerea conceptelor de astrobiologie.
- ☐ Se arată cum este posibil să generați oxigen și să se obțină dioxid de carbon.
- ☐ Cum se poate localiza un al doilea Pământ.



Vă mulțumesc foarte
mult pentru atenție !

