

Elements d' Astrobiologia

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

*International Astronomical Union, Technical University of Catalonia,
Spain, ITeDA and National Technological University, Argentina, Escola
Secundária de Faro, Portugal, Heidelberg Astronomy House, Germany,
Diverciencia, Spain, SENACYT, Panama*



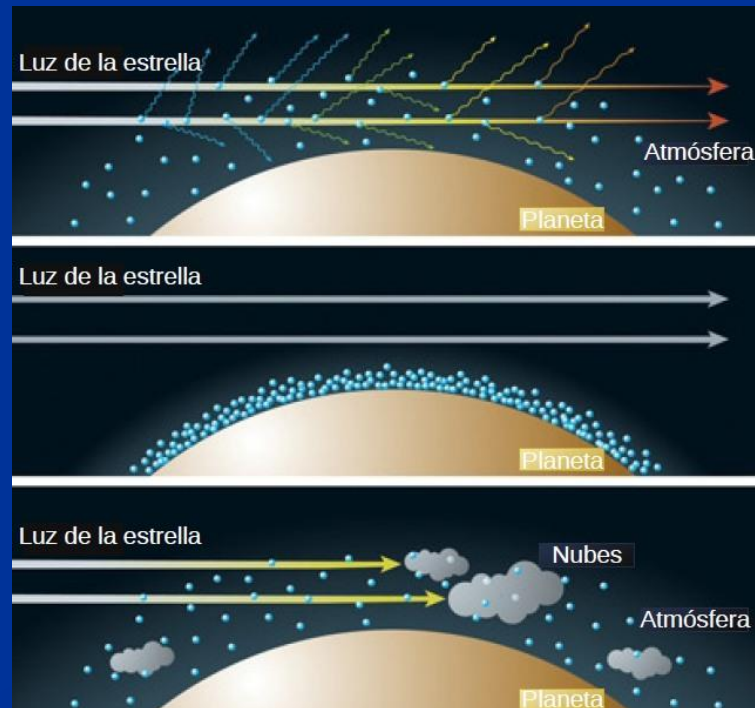
Objectius

- Comprendre on sorgeixen els diferents elements de la taula periòdica.
- Comprendre les condicions d'habitabilitat necessàries per al desenvolupament de la vida.
- Utilitzar las directrius mínimes de la vida fora de la Terra.



Formació de sistemes planetaris

Durant la formació d'una estrella es constitueix també el seu sistema planetari amb les restes de material proper a l'estrella. S'usa espectroscòpia per conèixer la composició de l'estrella i també s'usa per conèixer l'atmosfera dels exoplanetes.



Activitat 1: Formació de sistema planetari a partir de gas i pols

Es divideix el grup en dos: noies (gas) i nois (pols) p.e. (Si hi ha una diferència significativa en la quantitat de participants d'un grup i l'altre, es recomana que el grup que representa el gas sigui el més nombrós, ja que en un sistema planetari en formació la massa del gas es 100 vegades la massa de la pols).

Els participants, a mesura que van escoltant el relat, van fent una dinàmica d'actuació sobre el que escolten, per exemple:



Activitat 1: Formació de sistema planetari a partir de gas i pols

Text del relat:

Havia una vegada un núvol de molt gas una mica menys de pols.

Llavors el gas va començar a ajuntar-se en el centre del núvol i al seu voltant la pols.

Actuació dels participants:

Tots estan barrejats en un núvol. Hi ha més quantitat de participants que representen el gas. En el núvol s'agafen de les mans tots els participants de manera aleatòria, formant com una xarxa.

Comencen a separar-se. Els participants que representen el gas s'acumulen en el centre i els que representen a la pols s'agafen de les mans al voltant dels altres.



Activitat 1: Formació de sistema planetari a partir de gas i pols

Text del relat:

Hi havia molt de moviment, les partícules de gas atreien gas i les partícules de pols atreien pols.

Al centre es va formar un nucli opac dens envoltat d'un disc de pols i gas.

Actuació dels participants:

Comencen a rotar, moure, xocar, vibrar, saltar. Alguns surten disparats com a resultat de tant moviment i altres "rescaten", atrapen, abracen aquestes partícules ajuntant-se per identificació (gas amb gas i pols amb pols).

Els del centre (gas) s'acumulen i al seu voltant es prenen de la mà dels participants que representen a la pols en una mena de cercle. Aclariment: no tot el gas està en el centre, hi ha gas allunyat, fora del cercle.

Activitat 1: Formació de sistema planetari a partir de gas i pols



Activitat 1: Formació de sistema planetari a partir de gas i pols

Text del relat:

Aquest nucli és el que finalment donaria origen a el Sol o a l'estrella amfitriona d'un sistema extrasolar.

Alguns planetes petits es van formar per la unió de grans de pols cada vegada més i més gran, després roques i així fins que es van fer planetes terrestres.

Actuació dels participants:

El Sol o l'estrella amfitriona comença a brillar pel que els seus raigs han de sortir disparats cap a totes les direccions. Aclariment: en el moment que el Sol o l'estrella amfitriona comença a brillar el gas "solt" comença a allunyar-se.

Comencen a agrupar-se els participants que representen la pols que forma els planetes terrestres.

Aclariment: no tota la pols es queda en els planetes terrestres, ha d'haver una mica de pols en les regions més allunyades.



Activitat 1: Formació de sistema planetari a partir de gas i pols

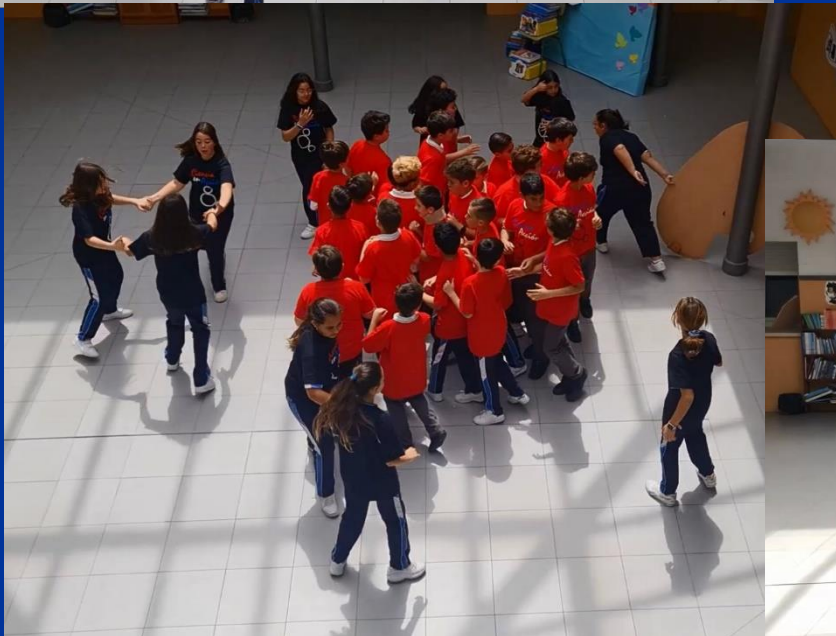
Text del relat:

Els planetes gegants es van formar lluny de la calor del Sol o l'estrella amfitriona on el gas va poder reunir-se sense inconvenients.

Actuació dels participants:

La resta, els planetes gegants, comença a ajuntar-se: molt gas i una mica de pols. Aclariment: La disminució de la temperatura producte de la major distància respecte el Sol o l'estrella amfitriona va ser la causant de les diferències principals entre els planetes rocosos interns i els gegants extern.

Activitat 1: Formació de sistema planetari a partir de gas i pols



Activity 2: Emission spectrum

Spectroscopy allows us to know some information about the chemical composition of exoplanets and their atmospheres. We can visualize the spectrum of a light bulb with a DVD (we see the lines of the gases it contains inside)



Aspectes químics de l'evolució estel·lar

- Elementos producidos en los primeros minutos después del Big Bang
- Elementos forjados dentro de las estrellas
- Elementos que aparecen en las explosiones de supernovas
- Elementos generados por hombre en el laboratorio

1 H																	2 He				
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	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				
55 Cs	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			
87 Fr	88 Ra			104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	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				



Activitat 3: Classificació taula periòdica

Col·locar a cada cistella (blava, groga i vermella) cada objecte

Anell: Or Au	Broca de trepant recoberta Titani Tu	Gas interior de globus: Heli He	Netejador de cassoles: Níquel Ni
Bateria botó/mòbil: Liti Li	Bugies de cotxe: Platí Pt	Fil de coure elèctric: Coure Cu	Solució de Iode: Iode I
Ampolla d'aigua H ₂ O: hidrogen H	Cassola antiga: Alumini Al	Mina de llapis negre: Carbó C	Sofre en agricultura: Sofre S
Llauna de Refresc: Alumini Al	Rellotge de canell de Titani Tu	Medalla: Plata Ag	Canonada: Plom Pb
Maquineta de Zinc: zinc Zn	Clau vell oxidat: ferro Fe	Termòmetre: Gal·li Ga	Caixa de llumins: fòsfor P

Elements generats en els minuts després del Big Bang (blau)

Elements forjats dins les estrelles (groc)

Elements que apareixen en les explosions de supernoves (vermell)



Activitat 3: Classificació taula periòdica

Anell: Or Au	Broca de trepant recobert Titani Tu	Gas interior de globus: Heli He	Netejador de cassoles: Níquel Ni
Bateria botó/mòbil: Liti Li	Bugies de cotxe: Platí Pt	Fil de coure elèctric: Coure Cu	Solució de Iode: Iode I
Ampolla aigua H₂O: Hidrogen H	Cassola antiga: Alumini Al	Mina de llapis negre: carbó C	Sofre en agricultura: Sofre S
Llauna de Refresc: Alumini Al	Rellotge de canell de Titani Tu	Medalla: Plata Ag	Canonada: Plom Pb
Maquineta de Zinc: Zinc Zn	Clau vell oxidat: Ferro Fe	Termòmetre: Gal·li Ga	Caixa de llumins: Fòsfor P



Elements del Big Bang (blau)

Elements dins les estrelles (groc)

Elements en supernoves (vermell)



Activitat 4: Fills de les estrelles

En el cos humà,

Elements abundants: **oxigen, carboni, hidrogen, nitrogen, calci, fòsfor, potassi, sofre, sodi, clor, ferro y magnesi.**

Elements traça: **fluor, zinc, cobre, silici, vanadi, manganèsic, iode, níquel, molibdè, crom i cobalt**

Elements essencials: **liti, cadmi, arsènic i estany.**

Legend:

- Elementos producidos en los primeros minutos después del Big Bang
- Elementos forjados dentro de las estrellas
- Elementos que aparecen en las explosiones de supernovas
- Elementos generados por hombre en el laboratorio

1																	2
H																	He
3	4															10	
Li	Be															Ne	
11	12															18	
Na	Mg															Ar	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Cb	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
55	56		72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
87	88		104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
			57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
			La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
			89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
			Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

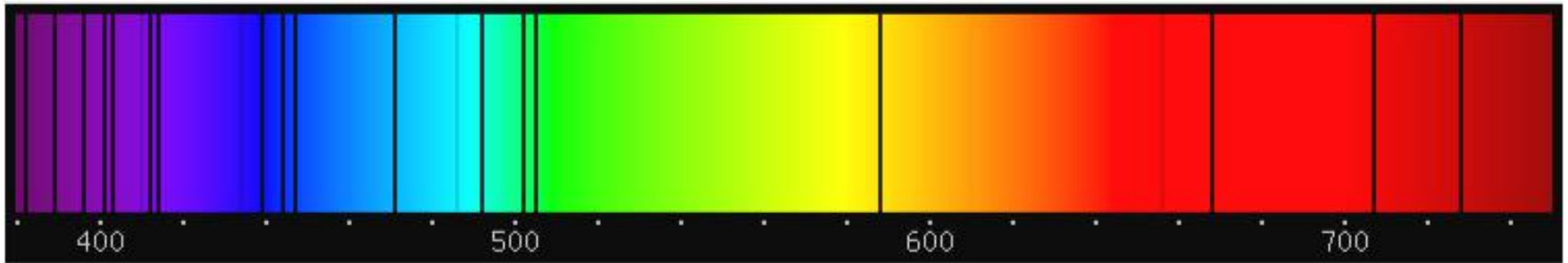
Tots els elements abundants (excepte H) s'han produït dins de les estrelles

Som fills de les estrelles!!!!



El Sol no és 1^a generació

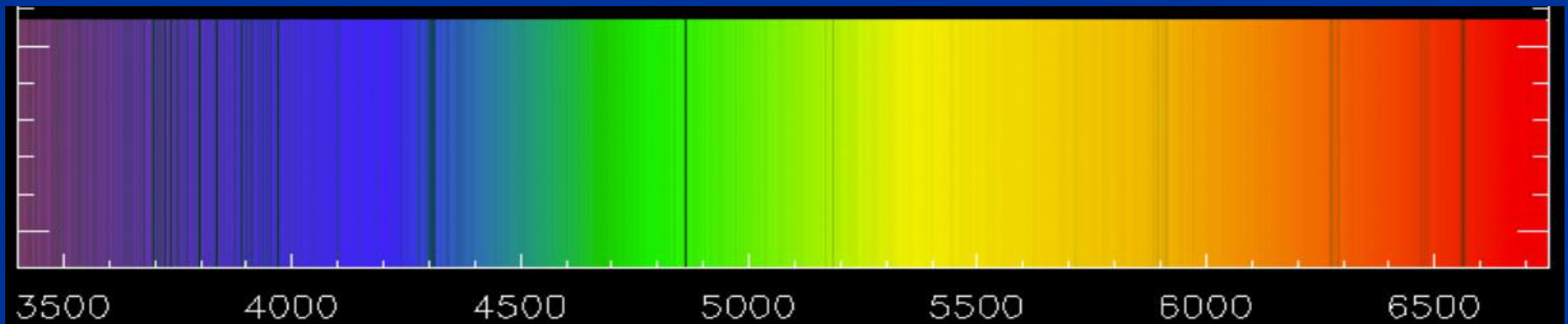
Les estrelles de primera generació van viure ràpid, van morir joves y no han sobreviscut fins als nostres dies.
Només amb línies d'Hidrogen, Heli, y Liti.



Espectre 1^a generació (impressió d'artista).

El Sol no és 1^a generació

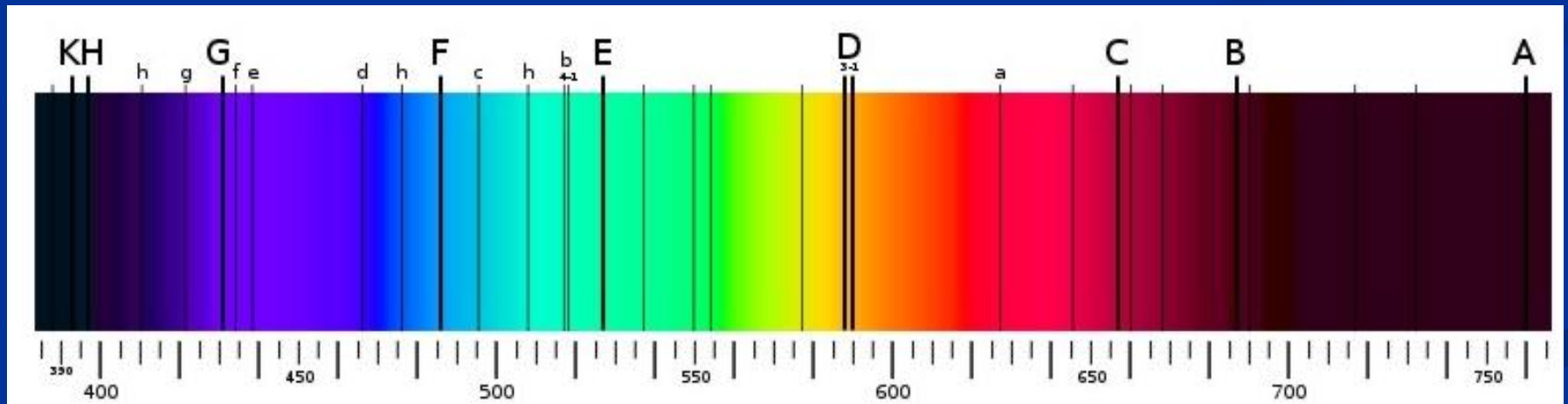
Les estrelles amb elements més elaborats significa que el seu núvol inicial parteix de les restes de l'explosió d'una supernova.



Espectre 2^a generació SMSS J031300.36-670839.3 amb línies d' Hidrogen i Carbó

El Sol no és 1^a generació

Al sistema solar es detecten multitud d'elements que sorgeixen després d'una explosió de supernova, per tant possiblement el Sol es formà a partir d'un núvol inicial que corresponia a les restes d'almenys dues explosions de supernoves, o sigui és una estrella de 3^a generació.



Espectre del Sol. Amb diverses línies i entre elles el Sodi.

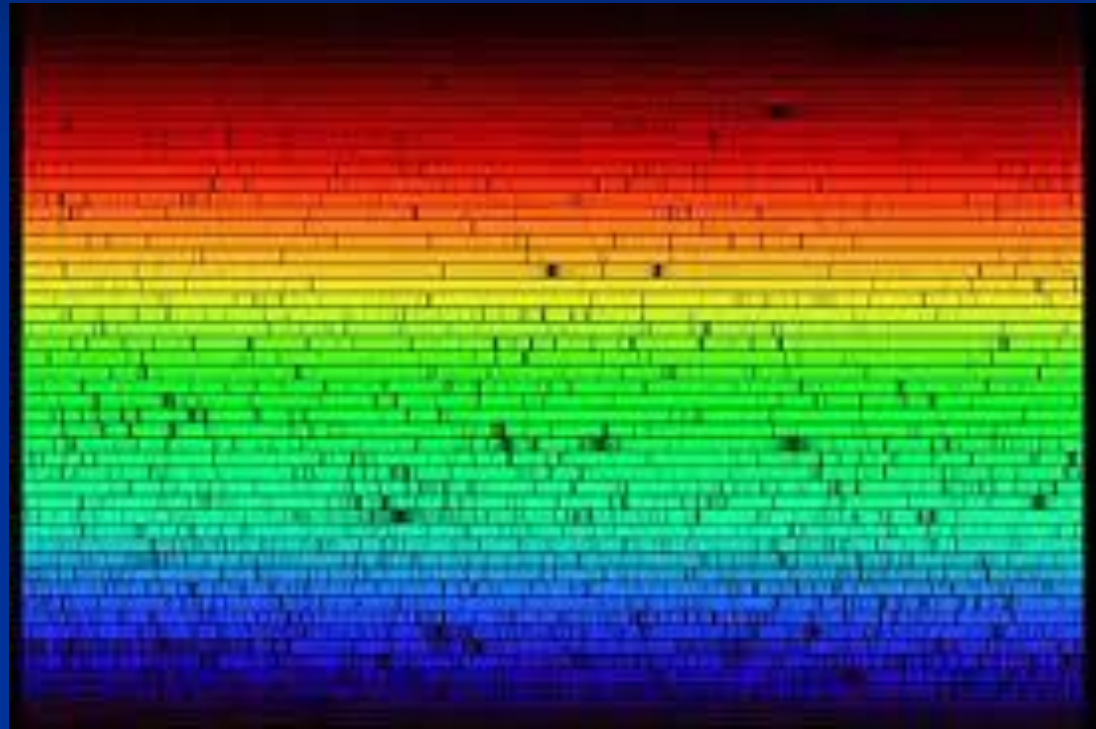


Activitat 5: Línies del Sol de Fraunhofer

L'espectre del Sol és continu, amb línies fosques anomenades línies de Fraunhofer, que corresponen als elements químics continguts a la seva atmosfera.

Es poden veure a ull nu en el reflex de la llum solar en un DVD.

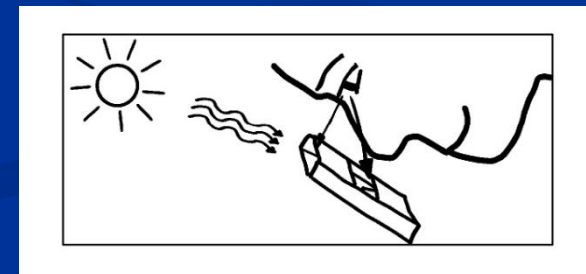
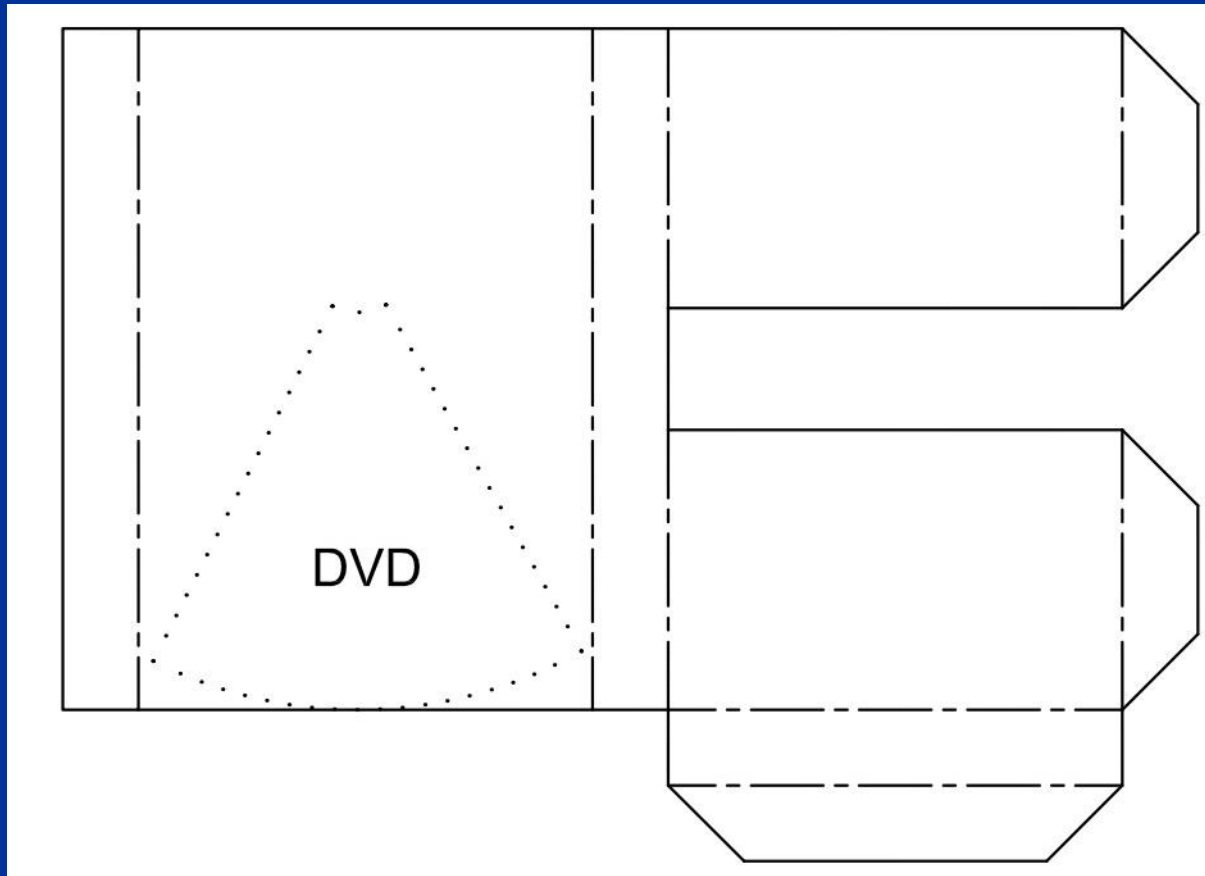
S'observen moltes línies de Fe, el triplet de Mg (en verd), el doblet de Na (en groc)



(Crédito: NOAO)

Activitat 5: Línies del Sol de Fraunhofer

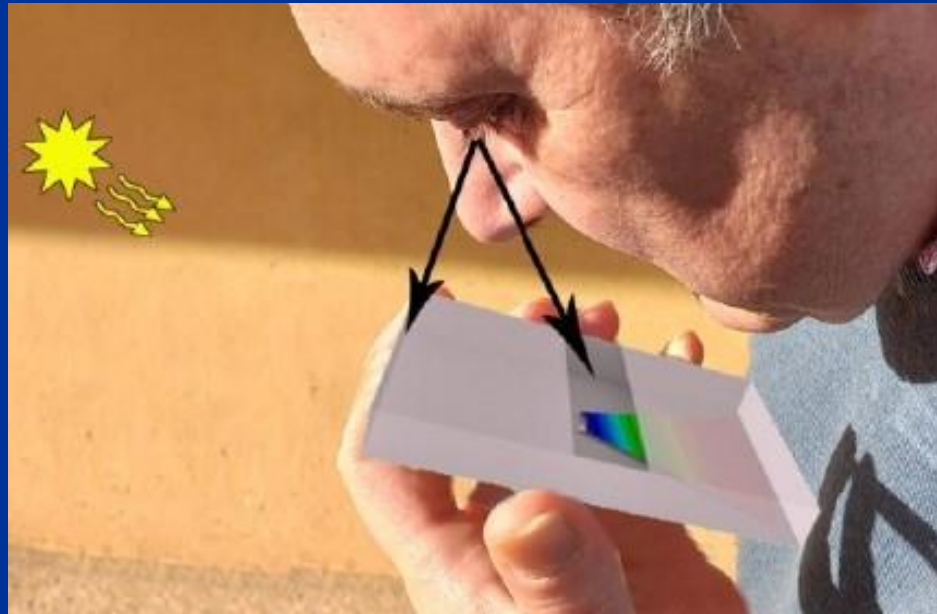
Retallar la plantilla, enganxar 1/8 de DVD i fer la capseta amb el DVD a dins, doblegant per les línies de punts.



Activitat 5: Línies del Sol de Fraunhofer

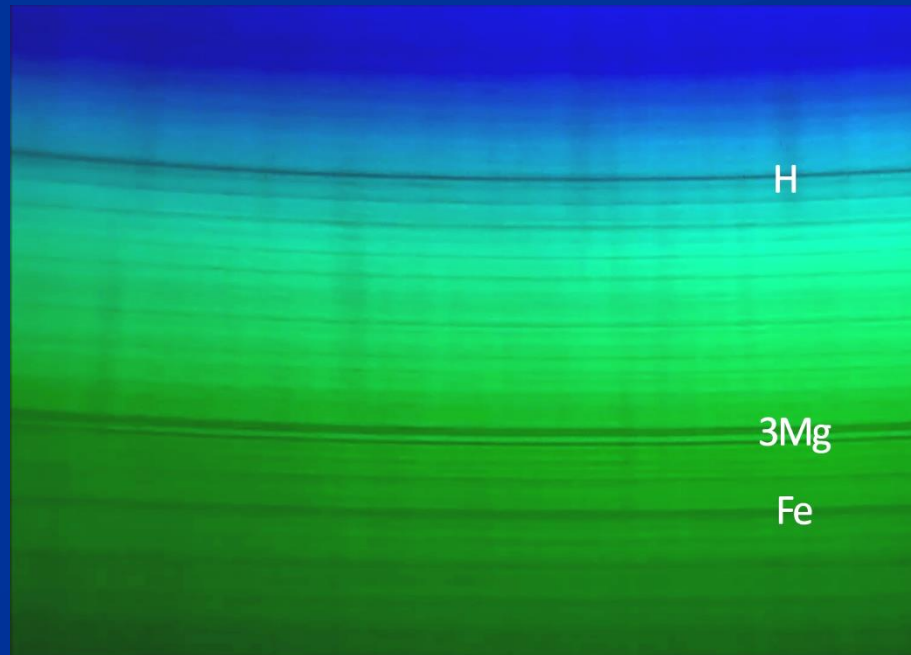
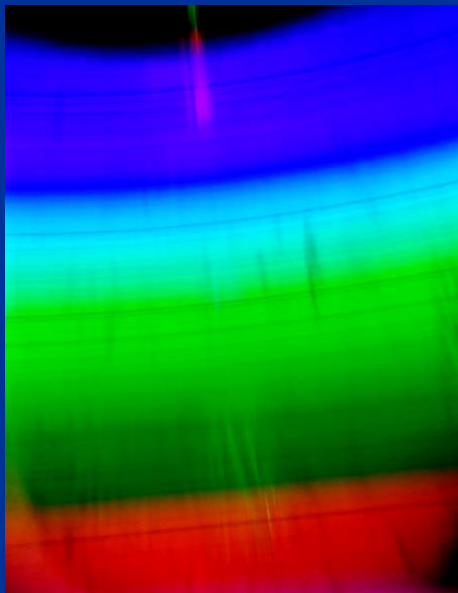
Surt a l'exterior un dia assolellat i posa't davant del Sol.

Posa la capseta davant de la cara, amb la vora de dalt a l'alçada dels teus ulls, com es veu a la foto. Mirant cap al DVD de dins, mou-te a poc a poc fins que vegis al DVD el reflex radial multicolor i brillant del Sol.



Activitat 5: Línies del Sol de Fraunhofer

Acosta la teva cara a la capseta, mirant sempre el reflex, que s'anirà veient més ample. Quan estiguis amb l'ull gairebé tocant la finestra, veuràs a la zona dels colors unes línies negres fines i nítides. Són les línies espectrals dels elements químics que hi ha al Sol.



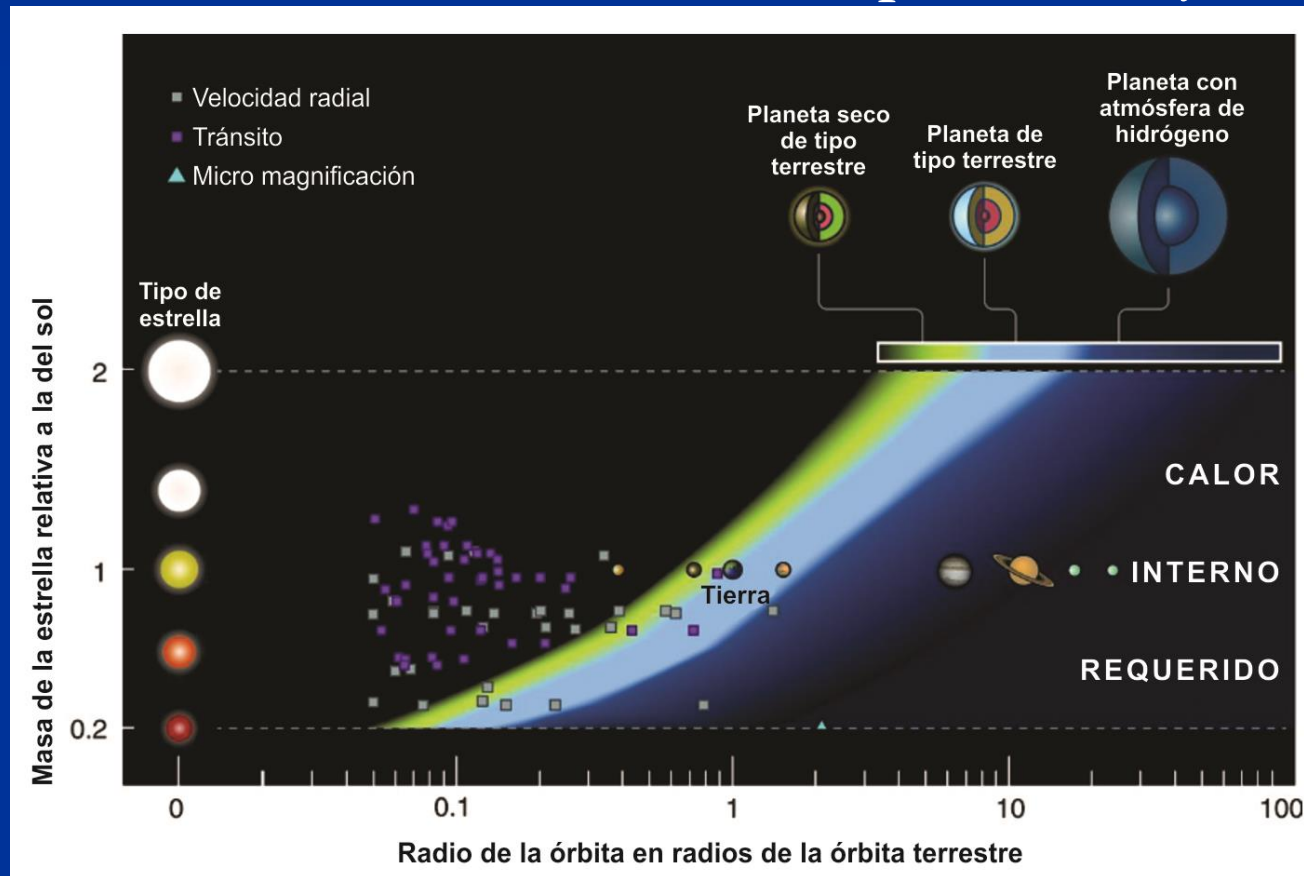
Zona d'Habitabilitat

Zona d'habitabilitat és la regió al voltant d'una estrella en què el flux de radiació sobre la superfície d'un planeta rocós permetria la presència d'aigua líquida. (S'assumeix vida basada en el carboni i com a criteri central és la presència d'aigua líquida.)

Sol donar-se en cossos de massa compresa entre 0,5 i 10 M_t i una pressió atmosfèrica superior a 6,1 mbar, corresponent al punt triple de l'aigua a una temperatura de 273,16 K (quan coexisteix aigua en forma de gel, líquid i vapor).

Zona d'Habitabilitat

La zona d'habitabilitat depèn de la massa de l'estrella. Si augmenta la massa llavors la seva temperatura i brillantor augmenten i l'habitabilitat és cada cop més llunyana.



Altres condicions per habitabilitat

La distància orbital del planeta que el situï en la zona habitable és una condició necessària però no suficient per a que el planeta aculli vida. Exemple: Venus i Mart.

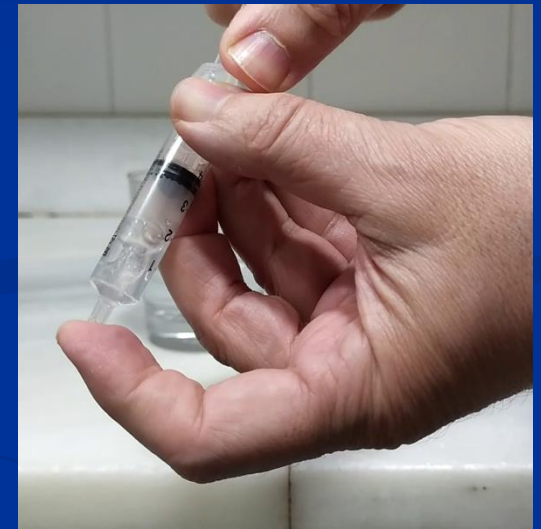
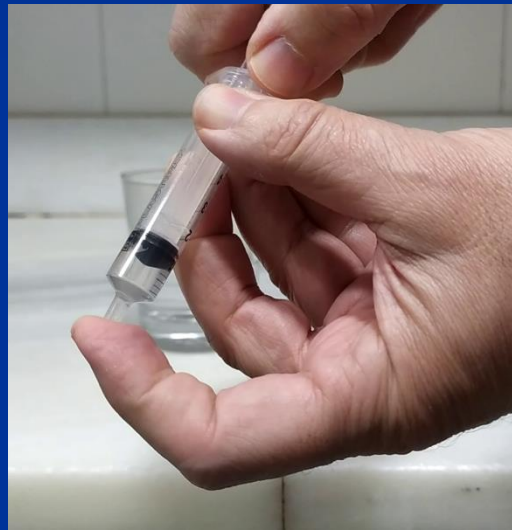


La massa del planeta ha de ser suficientment gran per a que la seva gravetat sigui capaç de retenir l'atmosfera.. Es la raó principal per la qual Mart no es habitable en el present, ja que va perdre la major part de la seva atmosfera i tota l'aigua superficial, que tenia en els seus primers mil milions d'anys.

Activitat 6: Aigua líquida a Mart?

La pressió atmosfèrica a Mart és feble (0,7% de la terrestre). Malgrat la baixa pressió, a Mart es formen núvols d'aigua en els pols del planeta. Perquè no hi ha aigua líquida en superfície?

Posem aigua calenta pròxima a bullir dins de xeringa.



En tirar del embolo baixa la pressió i l'aigua comença a bullir i passa a vapor i a poc a poc desapareix. Per a simular la pressió marciana hauríem de tirar del èmbol fins a 9 m.

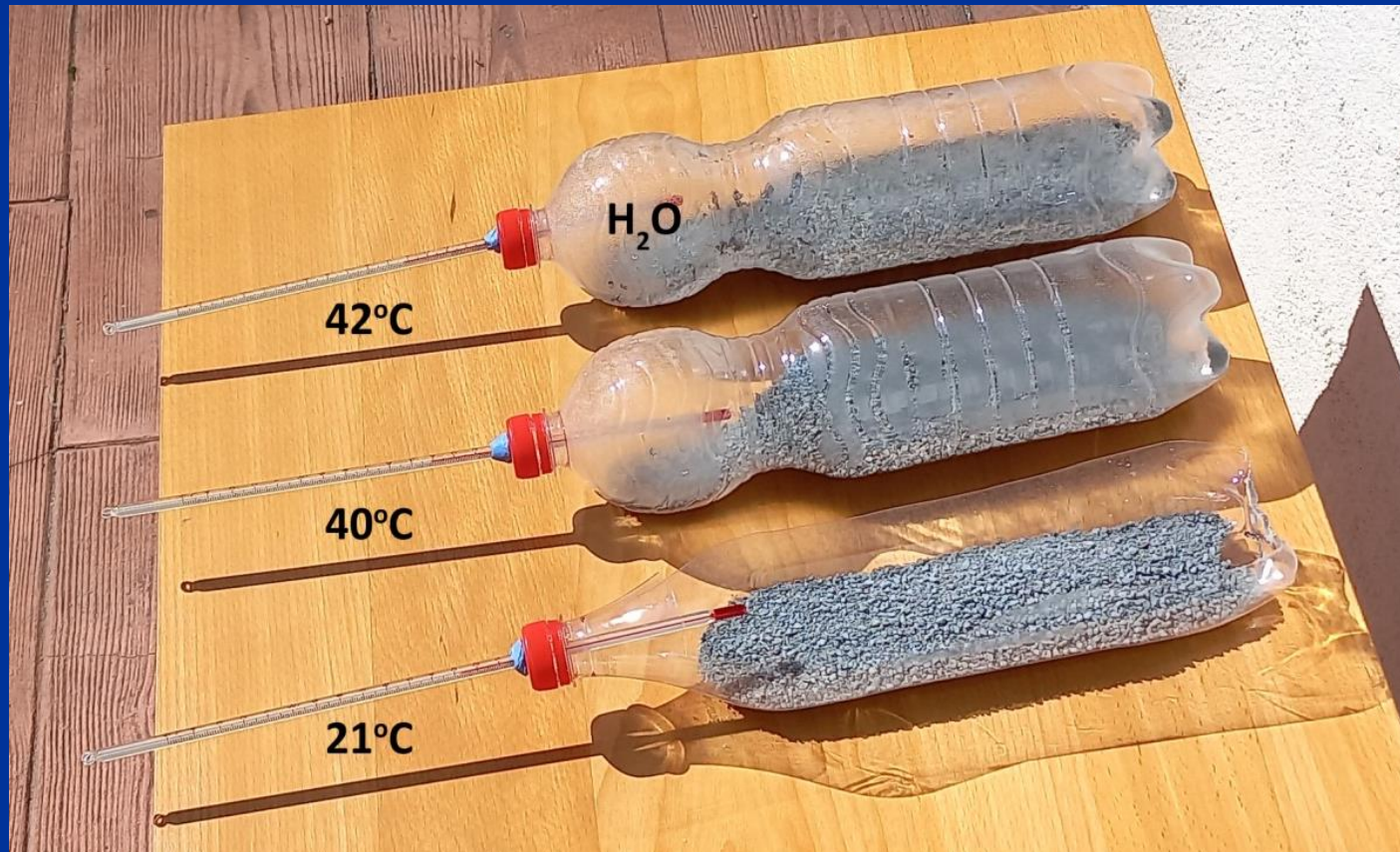
Activitat 7: Efecte hivernacle

Posem terra fosca dins de 2 ampolles de plàstic buides, i en una tercera tallem longitudinalment per la meitat. Introduïm un termòmetre al tap de cada ampolla. L'ampolla tallada simula el planeta sense núvols, la primera ampolla sencera simula el planeta amb núvols, i en l'última, hi posem unes gotes d'aigua, per simular una atmosfera amb vapor d'aigua.



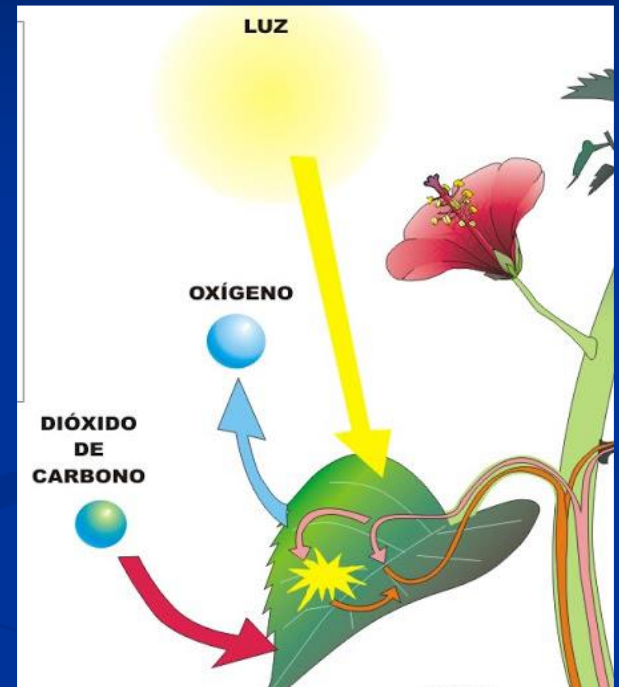
Activitat 7: Efecte hivernacle

Posem les ampolles al sol i mesurem la temperatura interior cada 5 minuts. Anotem les mesures per determinar com influeix l'efecte hivernacle.



Fotosíntesi: producció d'Oxigen

La fotosíntesi és el procés pel qual les plantes i uns quants bacteris utilitzen la llum solar per produir glucosa, hidrats de Carboni i Oxigen a partir de diòxid de Carboni i aigua.

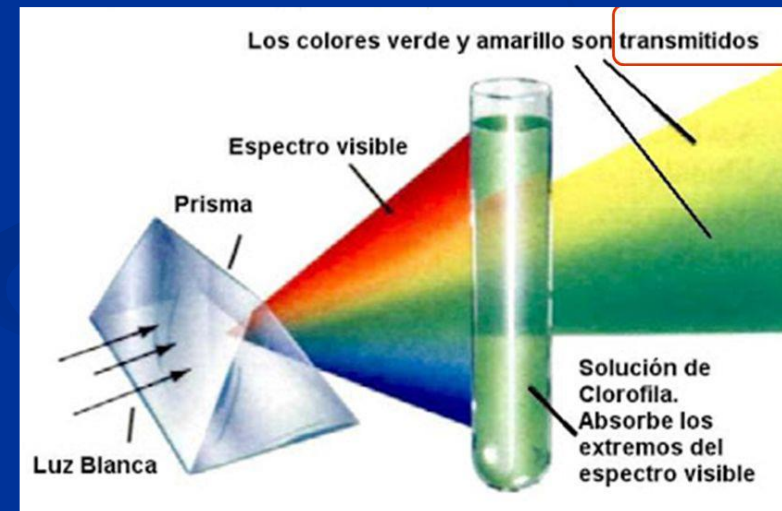


Les molècules anomenades **pigments fotosintètics** converteixen l'energia lumínica en energia.

Fotosíntesi: perquè són verdes les fulles?

La llum que és absorbida pot ser utilitzada per la planta en diferents reaccions químiques, mentre que les longituds d'ona reflectides de la llum determinen el color del pigment que apareixerà a la vista.

Un dels pigments fotosintètics són les clorofil·les que tenen típicament dos tipus d'absorció en l'espectre visible, un a la regió blava (400-500 nm), i un altre a la zona vermella (600-700 nm).



No obstant això reflecteixen la part mitjana de l'espectre, que correspon a la color verd (500-600 nm)

Fotosíntesi: producció d'Oxigen

Els pigments s'agrupen i transfereixen finalment els seus electrons que s'exciten amb llum. **L'aigua és donant d'electrons** que van saltant d'una molècula a una altra i **el resultat final és la producció d'oxigen al trencar les molècules d'aigua**. Això és la fase lluminosa de la fotosíntesi.

En la fase fosca es produeixen hidrats de carboni o sucres, per això no és necessària la llum.



Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi



Utilitzar 2 pots de vidre transparent i sobre ells col·locar a la fi del procés paper de cel·lofana blau i vermell.

Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi



Amb ajuda d'una perforadora, tal·leu discos de fulles uniformes (espinacs o bledes evitant els nervis). Posar 10 discos en cada flascó.

Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi



Prepareu una solució de bicarbonat de sodi de 2 gr/1 litre d'aigua. Col·locar 20 ml d'ella en cada bossa amb cremallera. Impregneu els discos de fulles amb la solució de bicarbonat. Situar els discos dins d'una xeringa descartable de 10 ml i succionar la solució de bicarbonat fins que els discos quedin suspesos.

Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi

Eliminar al màxim l'aire que hagi entrat, deixant sol discos suspesos en bicarbonat.

Obturar l'extrem de la xeringa amb un dit i succionar fortament, procurant fer el buit, així en els espais interns del teixit vegetal es reemplaça aire per solució de bicarbonat que serà una font de carboni disponible, pròxima a les estructures fotosintètiques de la fulla.



Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi

Col·locar els discos de fulla en cada flascó. Recobrir amb paper cel·lofana de colors vermell i blau cadascun dels flascons.

Posar sobre per a cada flascó (amb el paper cobrint-lo) un focus de llum individual (almenys 70W) sobre la mostra a tractar. Tots dos a igual distància

Millor LED perquè unes altres perden energia com a calor.



Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi

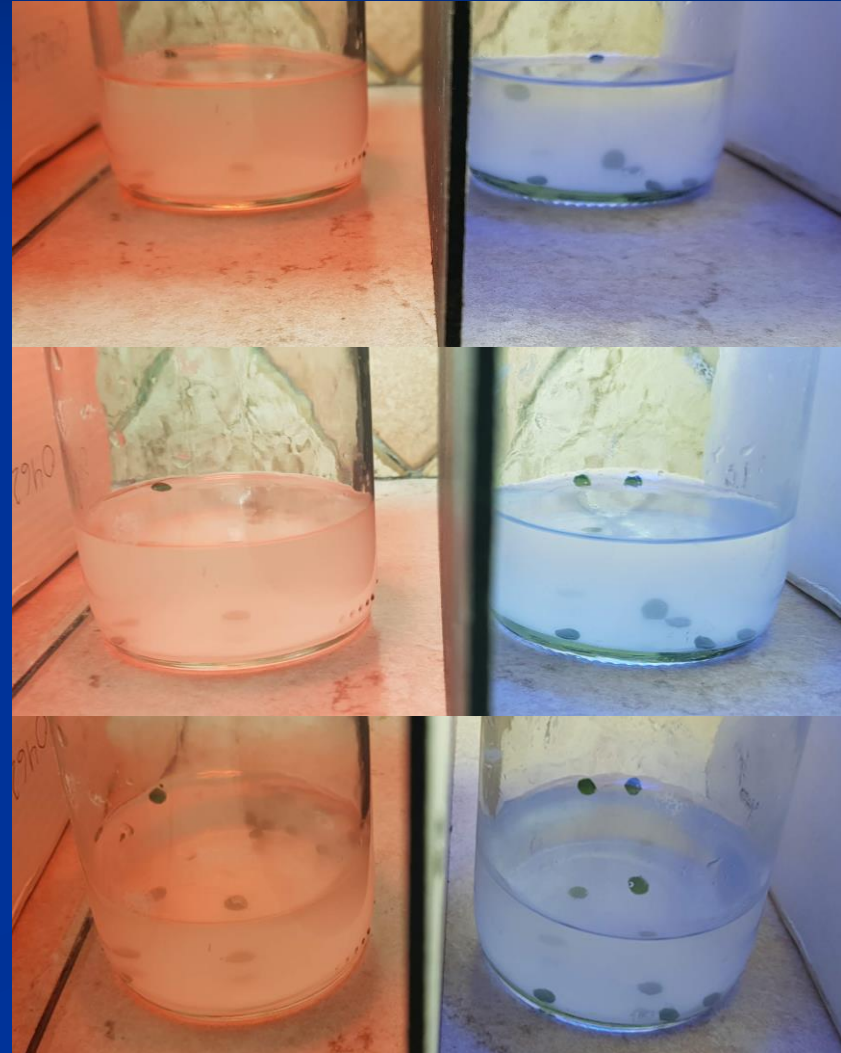
En encendre la llum, començar a registrar el temps perquè els discos surin

És una mesura indirecta de la taxa de fotosíntesi



Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi

Esperar uns 5 minuts i els discos comencen a ascendir (segons les potències de les llums i la distància a la que estan).



Activitat 8: Producció d'oxigen per fotosíntesi

Els discos comencen a surar en anar alliberant oxigen en forma de bombolles, que ajuden a l'ascensió.

Els temps són diferents, segons el color de llum: resulta més ràpid per a la llum blava (és la component d'alta energia de la radiació electromagnètica, és la més eficient en el procés)



Activitat 9: Vida en condicions extremes

Els llevats (fongs) transformen el sucre (glucosa) en alcohol etílic o etanol, i diòxid de carboni.

La fermentació és un procés de rendiment energètic baix, mentre que respirar és molt més rendible i més recent des del punt de vista evolutiu.



Activitat 9: Vida en condicions extremes

Si s'observa la presència diòxid de carboni sabrem que hi ha hagut fermentació i per tant s'ha provat la possibilitat de vida.

En tots els casos del nostre experiment partim d'un cultiu en el qual l'aigua està present.



Activitat 9: Vida en condicions extremes

Usarem:

1 cullerada de **levat** (de fer pa), és un **microorganisme viu fàcil d'aconseguir**,

1 got d'aigua tèbia (poc més de mig got entre 22° i 27°)

1 cullerada de sucre que puguin consumir els microorganismes.

El mateix procediment en l'experiment de control i els altres experiments desenvolupats en condicions extremes.



Activitat 9: Vida en condicions extremes

Experiment de control:

En un got de vidre es dissol el llevat i el sucre en l'aigua tèbia. Es col·loca la mescla obtinguda en una bosseta plàstica hermètica extraient tot l'aire de l'interior abans de tancar-la.

Important no deixar gens d'aire dins de la bossa.



Activitat 9: Vida en condicions extremes

Experiment de control

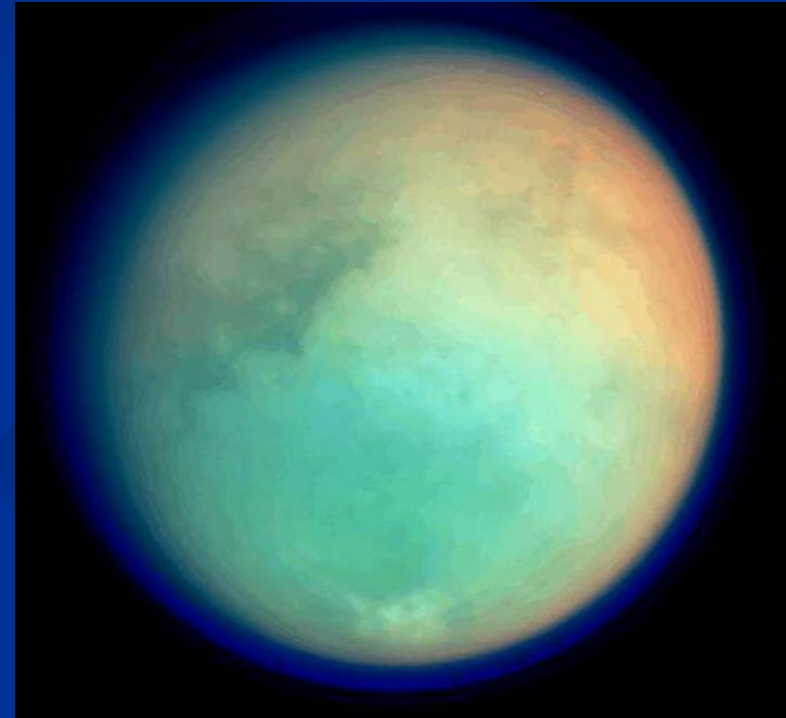
Als 15-20 minuts es veuen les bombolles de diòxid de carboni en la bossa que es va inflant

La presència de bombolles de diòxid de carboni demostra que els microorganismes estan vius.



Activitat 9: Vida en condicions extremes

En un “planeta alcalí”
(p. ex. NEPTÚ o Tità tots dos amb
amoníac): Repetir l'experiència amb
bicarbonat sòdic o amoníac
Escala de Ph **ALCALÍ**:
Bicarbonat sòdic: Ph 8,4
Amoníac casolà: Ph 11



Titan, Crèdit NASA

Si hi ha bombolles hi ha vida



Activitat 9: Vida en condicions extremes

En un “planeta salí”

p. ex. MART o Ganimedes).

Repetir l'experiència dissolent clorur
sòdic en l'aigua (sal comuna).



Ganimedes, Crèdit NASA

Si hi ha bombolles hi ha vida



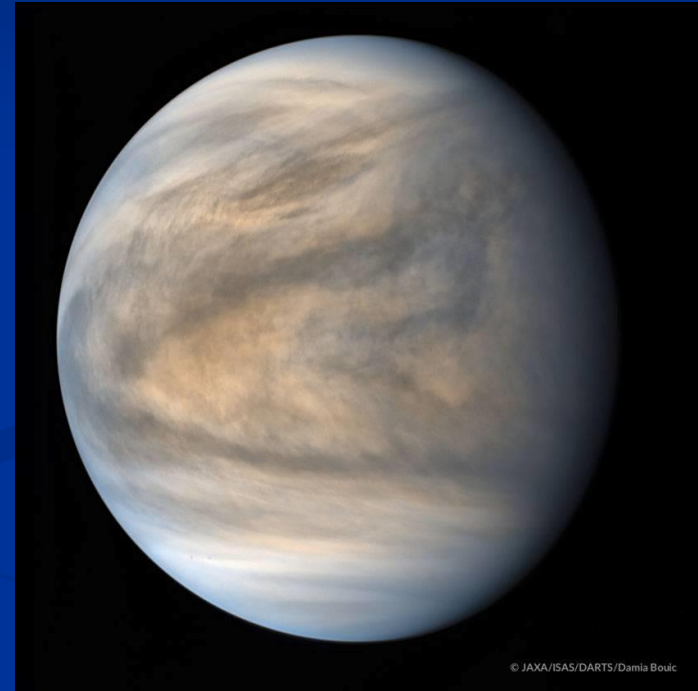
Activitat 9: Vida en condicions extremes

En un “planeta àcid”
(p. ex. VENUS que té pluges de sulfúric)

Repetir dissolent vinagre o llimona en l'aigua de cultiu.

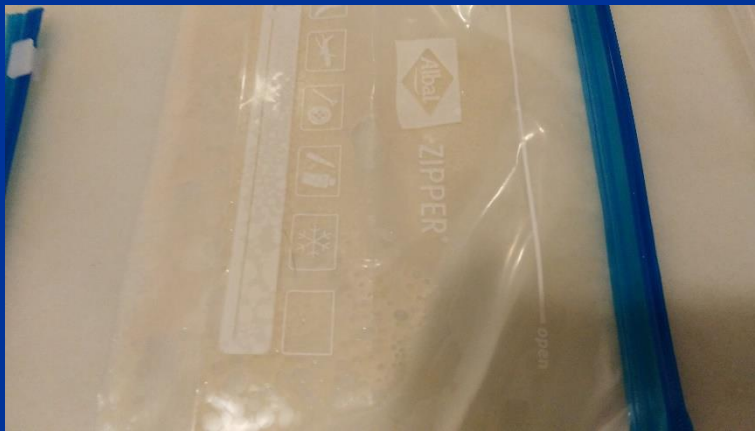
Escales de Ph **ÀCID**:

Vinagre: Ph 2,9 i Llimona: Ph 2,3



© JAXA/ISAS/DARTS/Damian Bouic

Venus, Crèdit NASA

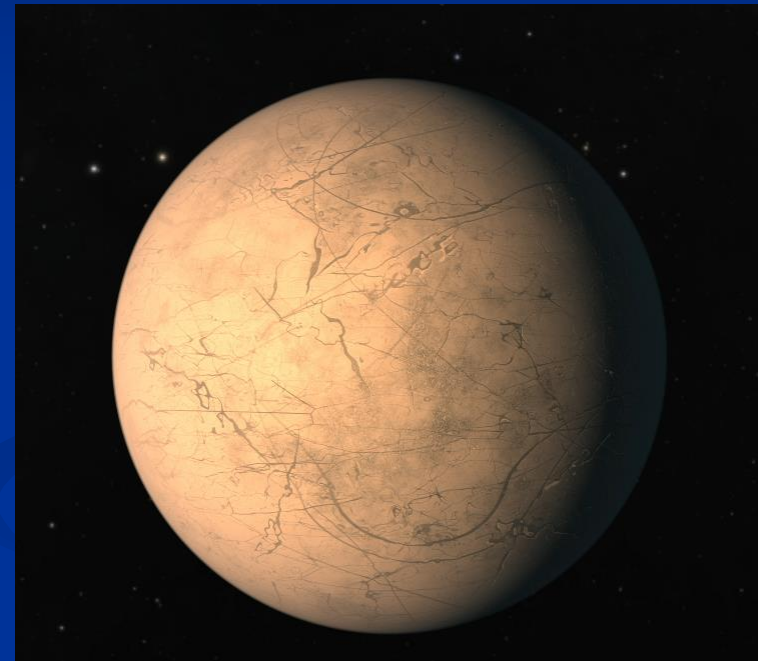
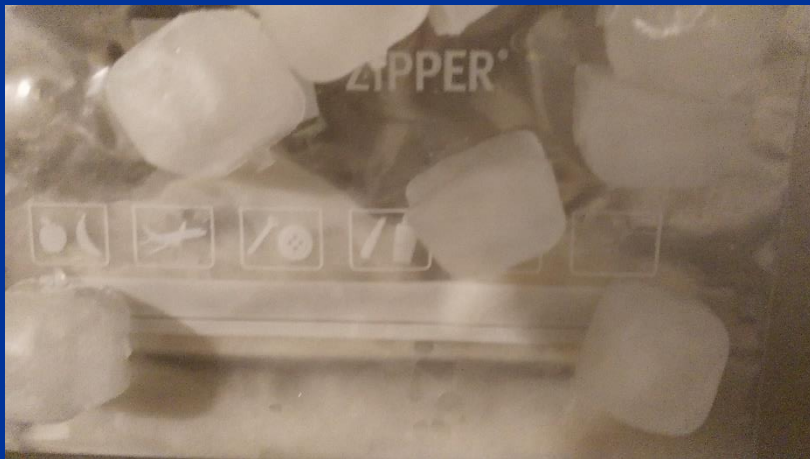


Si hi ha bombolles hi ha vida



Activitat 9: Vida en condicions extremes

En un “planeta gelat”
(p. ex. Europa o Trapist-1 h)
Col·locar la bossa en un recipient
ple de gel o utilitzar-se un
congelador



Trappist 1h impressió d'artista

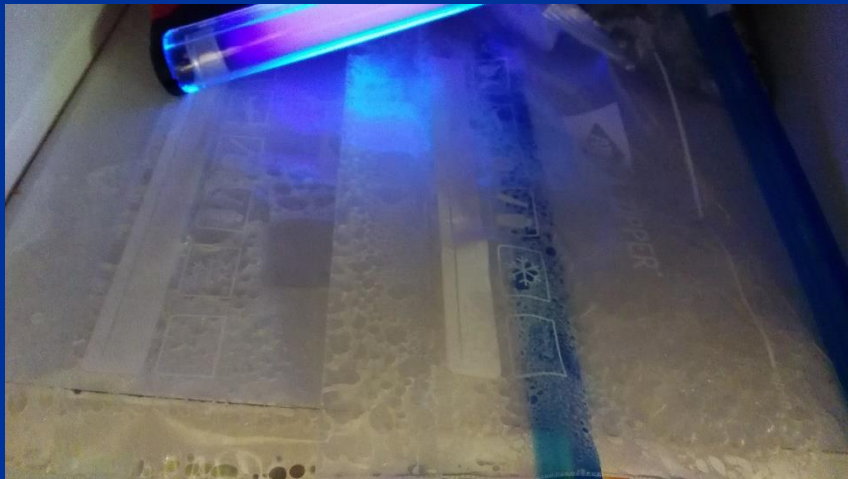
Si hi ha bombolles hi ha vida



Activitat 9: Vida en condicions extremes

En un “planeta amb UV”
(p. ex. MART)

Realitzar experiment però amb
la bossa sota la llum UV



Mart, Crèdit iStock

Si hi ha bombolles hi ha vida



Activitat 10: Buscant una segona Terra

La Terra és l'únic planeta conegut amb vida.

Busquem un exoplaneta en condicions similars. Però quins paràmetres són importants?

- 1) Ràdi i Massa
- 2) Zona habitable
- 3) Massa Estrella amfitriona



Radi i Massa (exoplaneta)

Cal considerar el radi i la massa del planeta per a valorar una densitat adequada.

Utilitzant els criteris de la Missió Kepler:

- 1) Els planetes de la grandària de la Terra han de tenir un radi inferior a 2 radis terrestres. $R < 2R_t$
- 2) 10 masses de Terra es consideren un límit superior per a planetes de grandària súper terrestre $M < 10M_t$

Zona d'Habitabilitat

Les estrelles de seqüència principal tenen una correlació directa entre lluentor i temperatura. Com més calent és la temperatura superficial, més brillant és l'estrella i més lluny està la zona d'habitabilitat.

Tipus Espectral	Temperatura K	Zona d'Habitabilitat 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



Massa de l'Estrella Amfitriona

L'evolució i vida d'una estrella depèn de la seva massa. L'energia que una estrella pot obtenir de la fusió d'hidrogen és proporcional a la seva massa. I s'obté el temps de seqüència principal dividint aquesta per la lluminositat de l'estrella. Usant el Sol com a referència, la vida d'una estrella en la seqüència principal és

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

Per a la seqüència principal, la lluminositat és proporcional a la massa segons $L \propto M^{3.5}$

$$t^*/t_s = (M^*/M_s)/(M^{*3.5}/M_s^{3.5}) = (M^*/M_s)^{-2.5}$$

$$t^*/t_s = (M_s/M^*)^{2.5}$$

Massa de l'Estrella Amfitriona

Com la vida útil del Sol $t_s=10^{10}$ anys, la vida útil d'una estrella és:

$$t^* \sim 10^{10} \cdot (M_s/M^*)^{2.5} \text{ anys}$$

Calculem el límit superior per a la massa de l'estrella perquè el temps de permanència en la seqüència principal sigui almenys de $3 \cdot 10^9$ d'anys per a donar temps al fet que la vida evolucioni.

$$M^* = (10^{10} - t)^{-0.4} M_s$$

$$M^* = (10^{10} - 3\,000\,000\,000)^{-0.4} M_s$$

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

Candidats a Segona Terra

Nom del exoplaneta	Massa del exoplaneta M_t	Radi del exoplaneta R_t	Distància a la estrella UA	Massa de la estrella M_s	Tipus espectral de l'estrella / temp sup.
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	unknown	1.59	1.05	1.04	G2V
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
Luyten b	2.19	unknown	0.09	0.29	M3.5V
Tau Cet c	3.11	unknown	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 (yet unconfirmed)	4	unknown	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

Candidats a Segona Terra

Nom del exoplaneta	Massa del exoplaneta M_t	Radi del exoplaneta R_t	Distància a la estrella UA	Massa de la estrella M_s	Tipus espectral de l'estrella / temp sup.
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	unknown	1.59	1.05	1.04	G2V
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
Luyten b	2.19	unknown	0.09	0.29	M3.5V
Tau Cet c	3.11	unknown	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 (yet unconfirmed)	4	unknown	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

Conclusions

- Conèixer el concepte de zona d'habitabilitat.
- Introduir els conceptes d'astrobiologia.
- Mostrar que manera és possible generar oxigen i obtenir diòxid de Carboni
- Com localitzar una segona Terra



¡Muchas gracias per
la seva atenció!

