

Astrobiologist perusteita

Rosa M. Ros, Beatriz García, Alexandre Costa,
Florian Seitz, Ana Villaescusa, Madelaine Rojas,
Juan Ángel Vaquerizo, Ricardo Moreno

*International Astronomical Union, Technical University of
Catalonia, Spain, ITeDA and National Technological University,
Argentina, Escola Secundária de Faro, Portugal, Heidelberg
Astronomy House, Germany, Diverciencia, Algeciras, Spain,
SENACYT, Panama, Center for Astrobiology (CAB, CSIC-
INTA), Spain, Colegio Retamar, Spain*



Tavoitteet

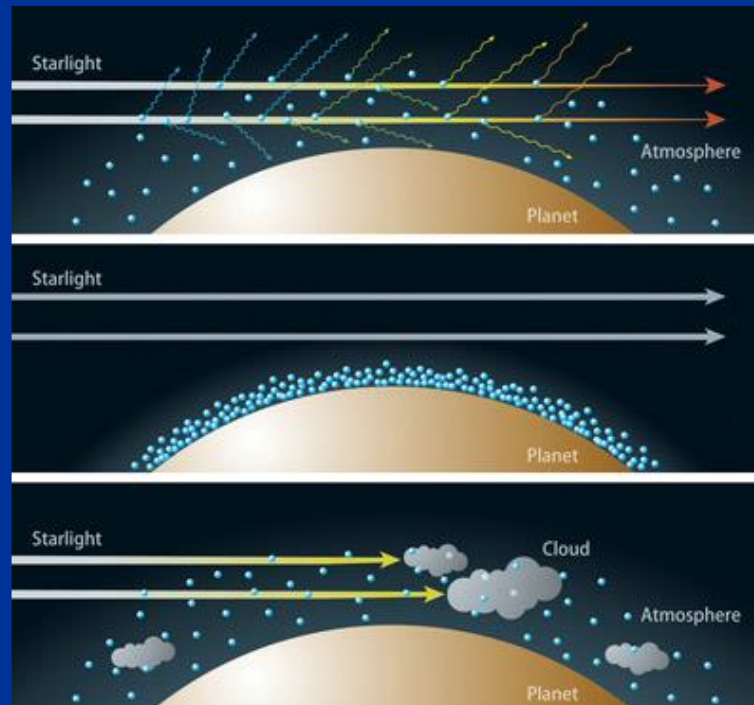
- Jaksollisen järjestelmän rakenteen ymmärtäminen
- Elämän kehittymiselle vaadittavien olosuhteiden ymmärtäminen
- Maan ulkopuolisen elämän mahdollisuuksien ymmärtäminen



Planeettakuntien muodostuminen

Tähden muodostumisen aikana sen ympärille muodostuu planeettajärjestelmä tähteä lähellä olevan materian jäänteistä.

Spektroskopia on menetelmä tähden koostumuksen ja eksoplaneettojen ilmakehän tutkimiseksi.



Aktiviteetti 1: Planeettakunnan muodostuminen kaasusta ja pölystä

Ryhmä jakautuu kahteen osaan: esim. tytöt (kaasu) ja pojat (pöly) (Jos ryhmien koossa on huomattava ero, niin suositellaan, että kaasua edustava ryhmä on suurin, koska muodostuneessa planeettajärjestelmässä kaasun massa on 100 kertaa pölyn massa).

Kun osallistujat kuuntelevat tarinaa, he toimivat kuuntelemansa tarinan mukaan:



Aktiviteetti 1: Planeettakunnan muodostuminen kaasusta ja pölystä

Tarinan teksti:

Olipa kerran jossain avaruudessa paljon kaasua ja vähemmän pölyä.

Sitten kaasu alkoi kasaantumaan pilven keskelle ja pöly sen ympärille.

Osallistujien toiminta:

Kaikki ovat sekoittuneena pilvessä. Kaasua edustavia osallistujia on enemmän. Pilvessä kaikki osallistujat pitävät toisiaan kädestä sattumanvaraisesti muodostaen verkon.

Osallistujat alkavat erota toisistaan. Kaasua edustavat osallistujat kerääntyvät keskustaan ja pölyä edustavat pitävät toisiaan kädestä keskustan ympärillä.



Aktiviteetti 1: Planeettakunnan muodostuminen kaasusta ja pölystä

Tarinan teksti:

Oli paljon liikettä, kaasuhiukkaset houkuttelivat kaasua ja pölyhiukkaset pölyä puoleensa.

Keskelle muodostui tiheä, läpinäkymätön ydin ja sen ympärille pöly- ja kaasukiekk

Osallistujien toiminta:

Osallistujat alkavat pyöriä, liikkua, törmäillä, värähdellä ja hyppiä. Jotkut lähtevät ulos pilvestä suuren liikkeen vuoksi ja toiset "pelastuvat", samanlaiset ottavat toisiaan kiinni (kaasu kaasulla ja pöly pölyllä).

Keskellä oleva kaasu kerääntyy yhteen, ja pölyä edustavat osallistujat muodostavat ympyrän ja ottavat toisiaan kädestä.
Selvennys: Kaikki kaasu ei ole keskellä, vaan myös keskustan ulkopuolella on kaasua.



Aktiviteetti 1: Planeetakunnan muodostuminen kaasusta ja pölystä

Tarinan teksti:

Ydin lopulta muodostaisi auringon tai Maan ulkopuolisen planeetakunnan emotähden.

Pieniä planeettoja alkoi muodostumaan yhä suurempien pölyhiukkasten, sitten kivien ja niin edelleen kasaantuessa, kunnes maankaltaisia planeettoja syntyi.

Osallistujien toiminta:

Aurinko tai emotähti alkaa loistaa niin, että sen säteet loistavat ulospäin kaikkiin suuntiin.

Selvennys: Kun Aurinko tai emotähti alkaa loistamaan, niin irrallaan oleva kaasu siirtyy pois päin.

Pölyä edustavat osallistujat alkavat kerääntyä yhteen muodostaen maankaltaisia planeettoja.

Selvennys: Kaikki pöly ei kasaannu planeettoihin, vaan kaukaisimmilla alueilla täytyy olla myös pölyä.



Aktiviteetti 1: Planeettakunnan muodostuminen kaasusta ja pölystä

Tarinan teksti:

Jättiläisplaneetat muodostuivat kauempana Auringon lämmöstä tai keskustähdestä, jossa kaasu voi kerääntyä esteittä yhteen.

Osallistujien toiminta:

Lopuksi jättiläisplaneetat alkavat muodostua suuresta määrästä kaasua ja hitusesta pölyä. Selvennys: Suuremman Auringosta tai emotähdestä olevan etäisyyden vuoksi lämpötila on kauempana alhaisempi, mikä aiheutti suurimmat erot lähempänä olevien kivisten planeettojen ja kauempana olevien jättiläisplaneettojen välille.

Aktiviteetti 2: Emissiospektri

Spektroskopian avulla voimme saada tietoa eksoplaneettojen ja niiden ilmakehän kemiallisesta koostumuksesta. Voimme visualisoida hehkulampun spektrin DVD:llä (näemme sen sisältämien kaasujen viivat)



Tähtien kehityksen kemiaa



Alkuaineet, jotka muodostuivat ensimmäisten minuuttien aikana alkuräjähdyksen jälkeen

Alkuaineet, jotka ovat muodostuneet tähtien sisällä

Alkuaineet, joita esiintyy supernovaräjähdyksen yhteydessä

Ihmisten laboratoriossa tekemiä alkuaineita

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

Aktiviteetti 3: Jaksollisen järjestelmän luokittelu

Aseta esineet oikealle paikalle (sininen, keltainen ja punainen)

Sormus: Kulta Au	Poranterä, jonka kärki on pinnoitettu: Titaani Ti	Ilmapallon sisällä oleva kaasu: Helium He	Patalaput: Nikkeli Ni
Kännykän akku: Litium Li	Sytytystulpat: Platina Pt	Sähköjohdin: Kupari Cu	Jodiliuos Jodi I
Vesipullo H ₂ O: Vety H	Vanha paistinpannu: Alumiini Al	Lyijykynän lyijy: Hiili C	Lannoitteen rikki: Rikki S
Juomatölkki: Alumiini Al	Rannekello Titaani Ti	Mitalli: Hopea Ag	Putki: Lyijy Pb
Teroittimen sinkki: Sinkki Zn	Ruostunut naula: Rauta Fe	Lämpömittari: Gallium Ga	Tulitikku: Fosfori P

Alkuaineet, jotka muodostuivat ensimmäisten minuuttien aikana alkuräjähdyksen jälkeen (sininen)

Tähtien sisällä muodostuneet alkuaineet (keltainen)

Supernovaräjähdyksissä muodostuneet alkuaineet (punainen)



Aktiviteetti 3: Jaksollisen järjestelmän luokittelu

Sormus: Kulta Au	Poranterä, jonka kärki on pinnoitettu: Titaani Ti	Ilmapallon sisällä oleva kaasu: Helium He	Patalaput: Nikkeli Ni
Kännykän akku: Litium Li	Sytytystulpat: Platina Pt	Sähköjohdin: Kupari Cu	Jodiliuos Jodi I
Vesipullo H₂O: Vety H	Vanha paistinpannu: Alumiini Al	Lyijykynän lyijy: Hiili C	Lannoitteen rikki: Rikki S
Juomatölkki: Alumiini Al	Rannekello Titaani Ti	Mitalli: Hopea Ag	Putki: Lyijy Pb
Teroittimen sinkki: Sinkki Zn	Ruostunut naula: Rauta Fe	Lämpömittari: Gallium Ga	Tulitikku: Fosfori P



Alkuräjähdysen alkuaineet (sininen)

Tähtien alkuaineet (keltainen)

Supernovien alkuaineet (punainen)



Aktiviteetti 4: Tähtien lapset

Ihmisen koostumus:

Tärkeimmät alkuaineet: happi, hiili, vety, typpi, kalsium, fosfori, kalium, rikki, rauta, natrium, kloori, ja magnesium.

Hivenaineet: fluori, sinkki, kupari,
pii, vanadiini, mangaani, jodi,
nikkeli, molybdeeni, kromi ja
kobaltti

Muut aineet: litium, kadmium, arseeni ja tina.

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

1 H																	2 He	
3 Li	4 Be																	10 Ne
11 Na	12 Mg																	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				

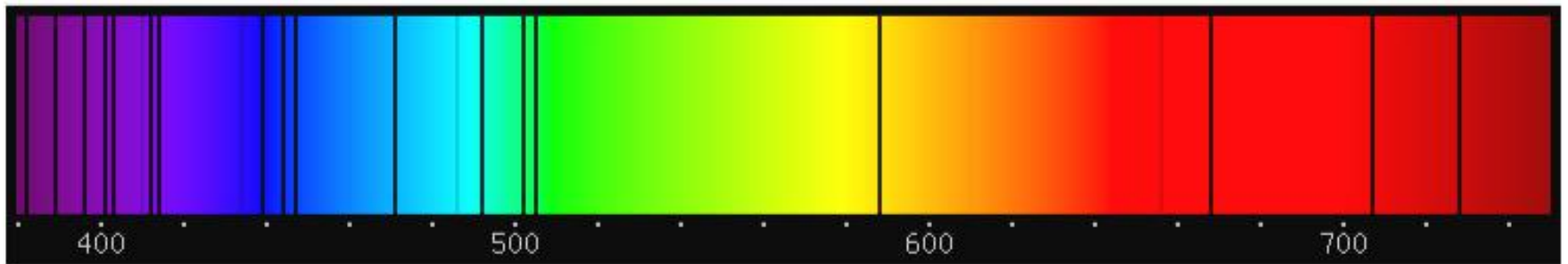
Kaikki tärkeimmät alkuaineet (paitsi H) ovat muodostuneet tähdissä.

Olemme tähtien lapsia !!!!



Aurinko ei ole ensimmäisen sukupolven tähti

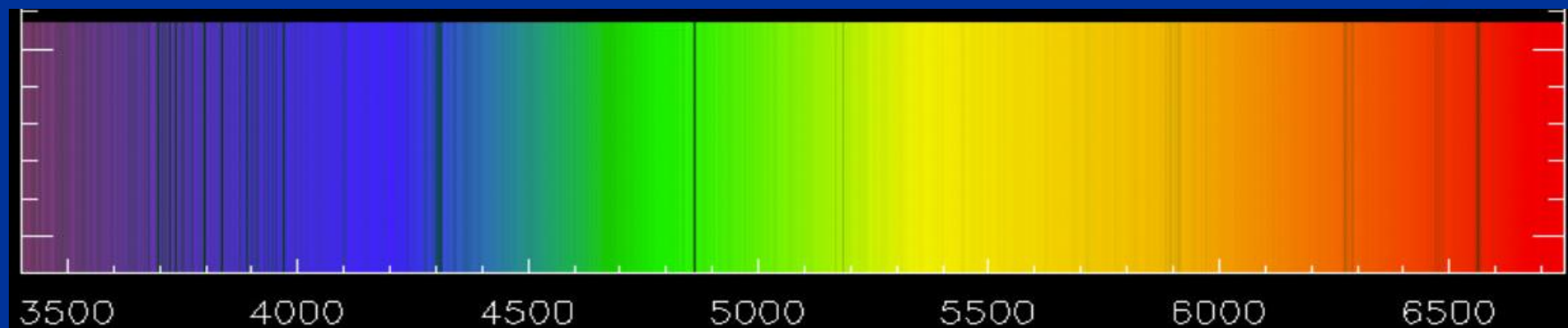
Ensimmäisen sukupolven tähdet elivät nopeasti, kuolivat nuorena eivätkä niitä ole enää nykyisin olemassa. Niissä näkyy vain vedyn, heliumin ja mahdollisesti litiumin spektriviivoja.



Ensimmäisen sukupolven tähden spektri (taiteilijan näkemys).

Aurinko ei ole ensimmäisen sukupolven tähti

Tähdet, joissa on enemmän alkuaineita, ovat saaneet alkunsa supernovaräjähdyksen jäänteiden alkupilvestä.

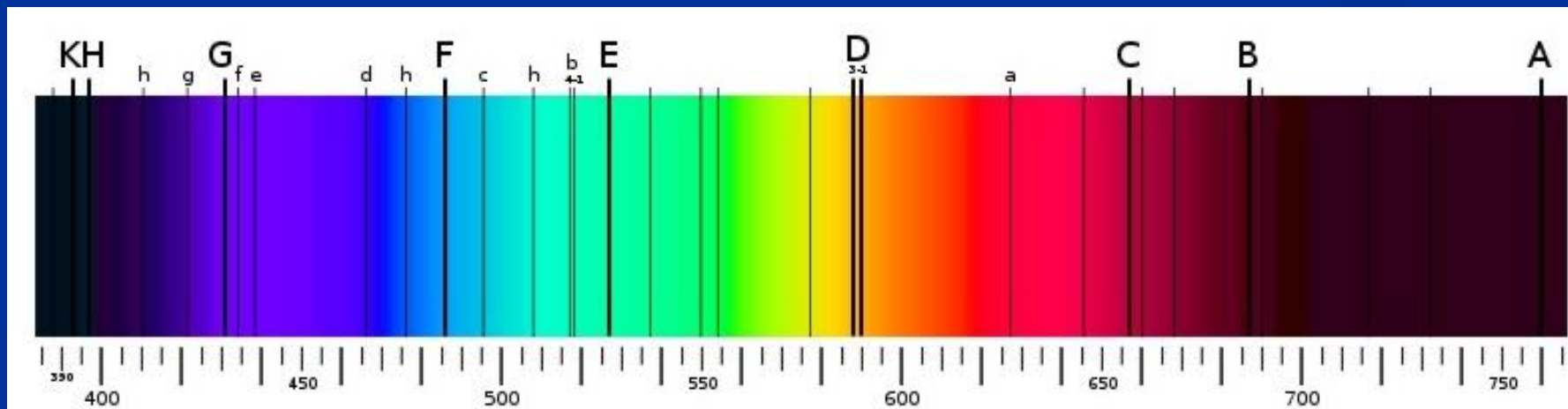


Toisen sukupolven tähden spektri.

SMSS J031300.36-670839.3, vedyn ja hiilen viivat

Aurinko ei ole ensimmäisen sukupolven tähti

Aurinkokunnasta on havaittu monia supernovaräjähdyksen jälkeen syntyneitä alkuaineita. Siksi Aurinko mahdollisesti muodostui alkupilvestä, joka vastasi ainakin kahden supernovaräjähdyksen jääniteitä. Se on siten kolmannen sukupolven tähti.

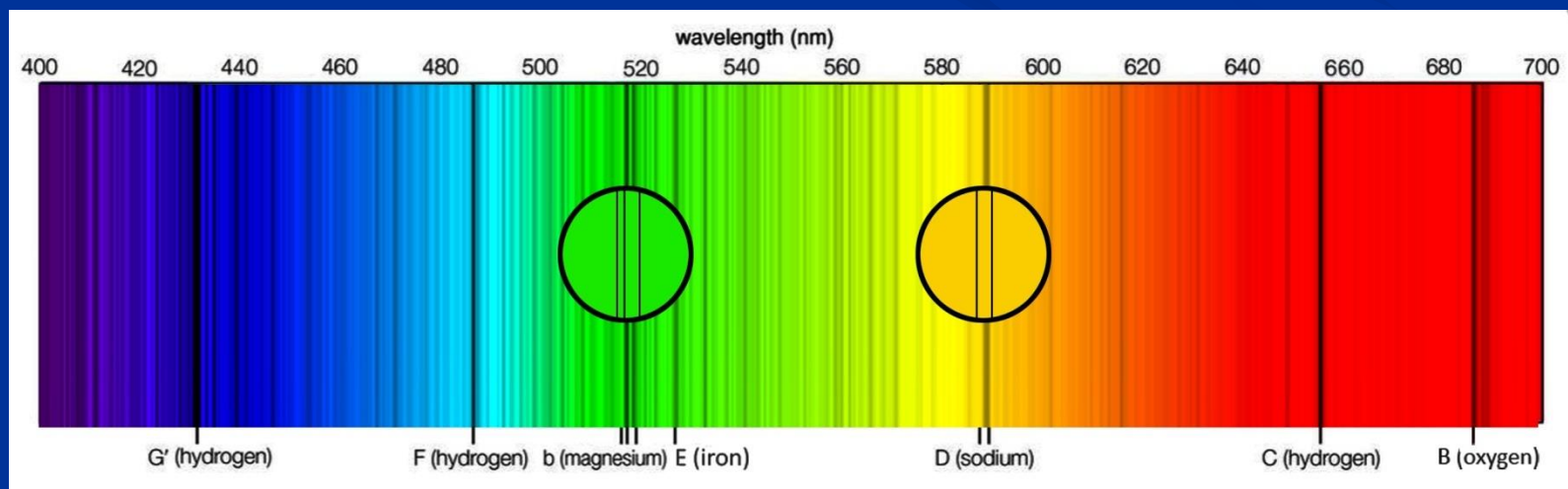


Auringon spektri, jossa näkyy useita spektriviivoja.

Aktiviteetti 5: Auringon Fraunhoferin viivat

Auringon spektri on jatkuva, missä näkyy tummia Fraunhoferin viivoja, jotka vastaavat sen kaasukehän kemiallisia alkuaineita.

Ne näkyvät paljain silmin Auringon valon heijastuessa DVD-levyltä. Voit nähdä useita Fe-viivoja, Mg-kolmoisviiva (vihreänä), Na-kaksoisviiva (keltaisena)



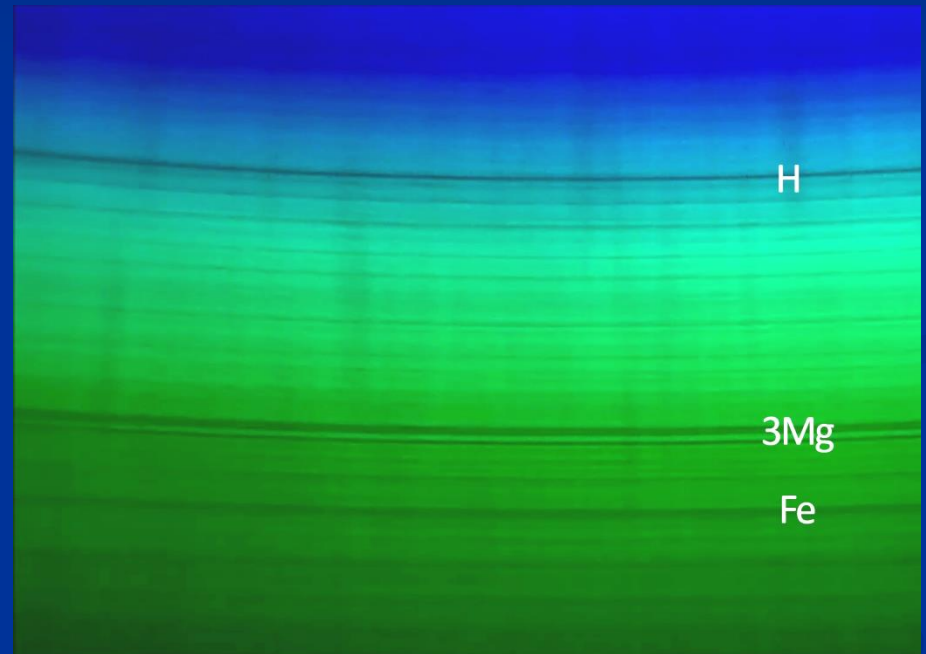
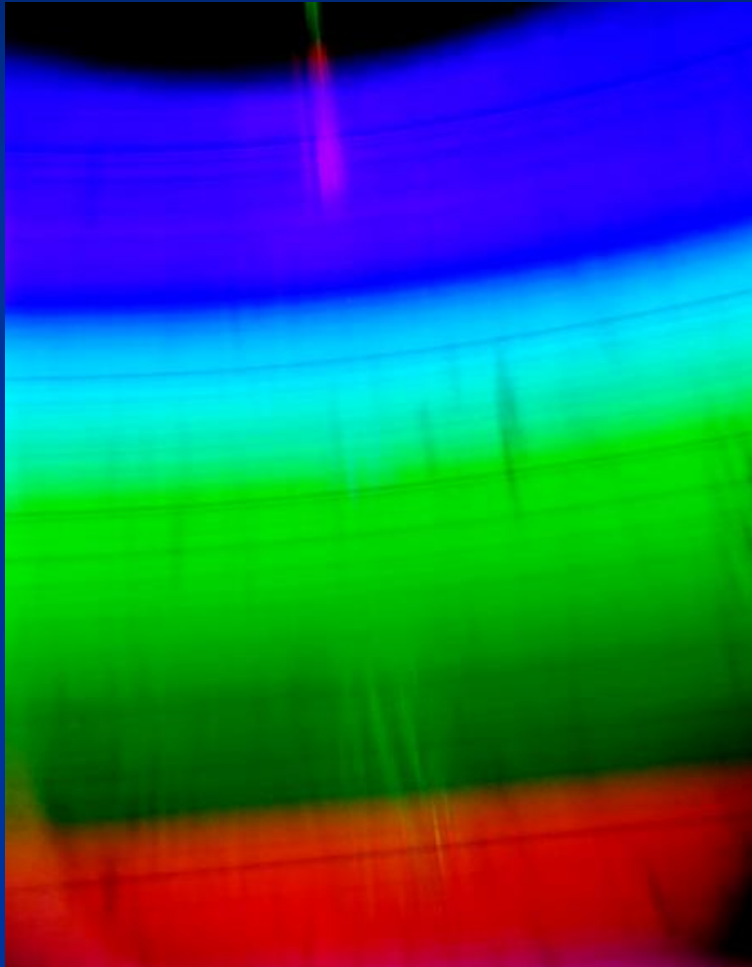
Aktiviteetti 5: Auringon Fraunhoferin viivat

Nähdäksesi Fraunhoferin viivat, sinun on suunnattava kohti Aurinkoa. DVD:n ollessa vaakatasossa, tuo kasvosi noin 5 cm:n päähän DVD:stä ja aseta silmäsi aivan DVD:n keskiaukon yläpuolelle.

Siinä asennossa tarkkailet DVD:n reunassa näkyviä Auringon heijastuksen vartaloita suunnassa.



Aktiviteetti 5: Auringon Fraunhoferin viivat



Elämänvyöhyke

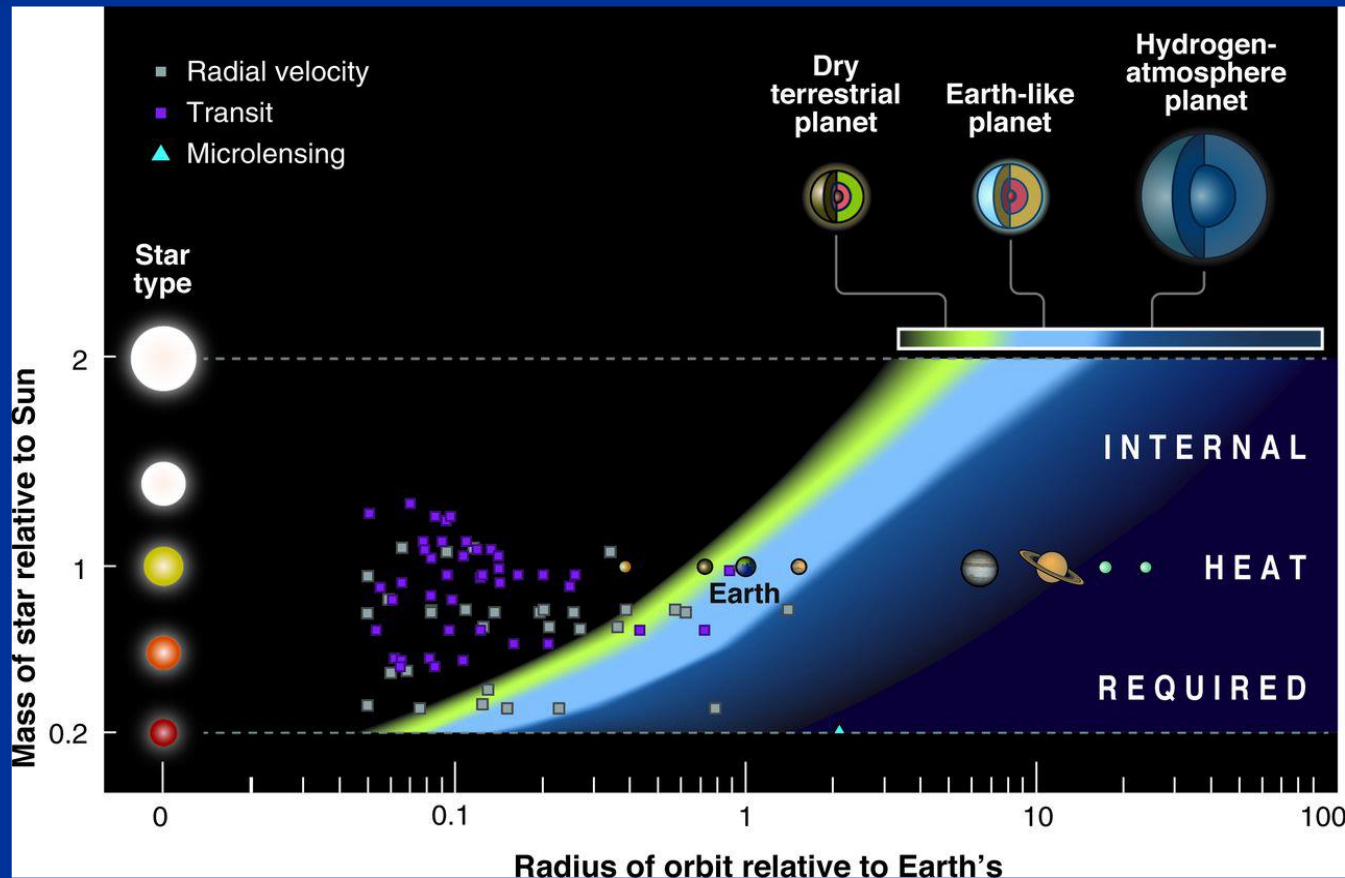
Elämänvyöhyke on tähtiä ympäröivä alue, jossa planeetan pinnalle tuleva säteily mahdollistaisi nestemäisen veden esiintymisen (hiilipohjaisen elämän oletetaan olevan nestemäistä vettä).

Tämä on yleensä mahdollista 0,5–10 Maan massaisissa kappaleissa, ja yli 6,1 mbar:n ilmakehän paineessa, mikä vastaa veden kolmoispistettä 273,16 K:n lämpötilassa (missä vesi voi esiintyä samanaikaisesti jään, nesteen ja höyryn muodossa).



Elämänvyöhyke

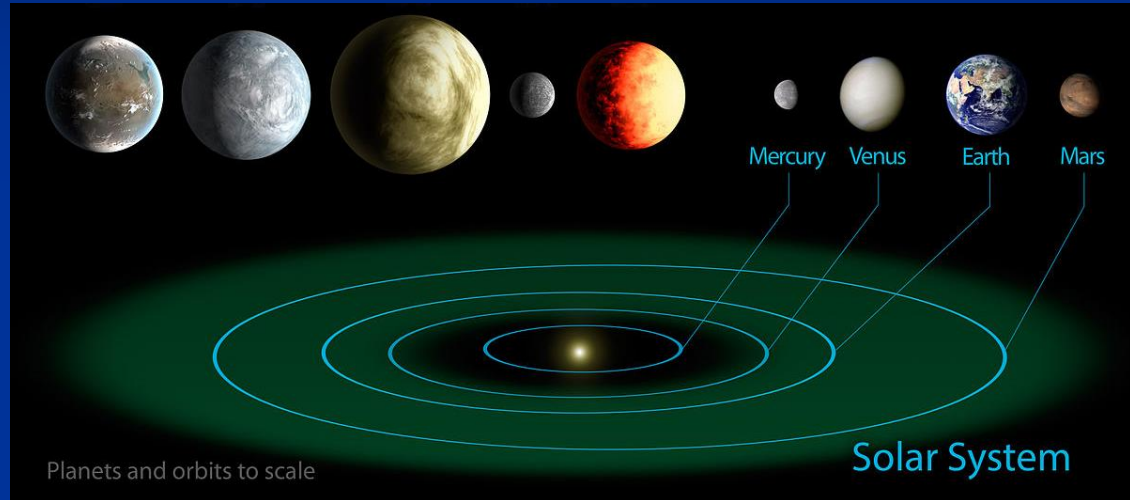
Elinkelpoisen alueen etäisyys **riippuu tähden massasta**. Jos massa on suuri, niin tähden lämpötila ja kirkkaus kasvavat, ja näin ollen elinkelpoinen alue on kauempana.



Elinkelpoisuuden muita vaatimuksia

Planeetan kiertoradan sijainti elämänvyöhykkeellä on välttämätön edellytys, mutta ei riittävä, jotta planeetta voisi ylläpitää elämää.

Esimerkiksi:
Venus ja Mars.



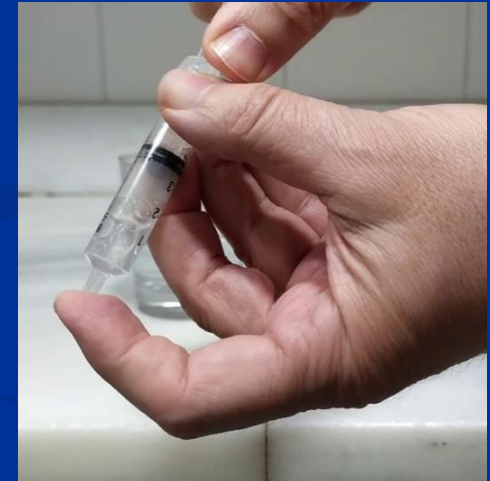
Planeetan massan on oltava riittävän suuri, jotta sen painovoima pystyy säilyttämään ilmakehän.

Tämä on suurin syy siihen, miksi Mars ei ole tällä hetkellä asumiskelpoinen, koska se menetti suurimman osan ilmakehästään ja kaikki pinnan vedet, jotka sillä oli ensimmäisten miljardien vuosiansa aikana.

Aktiviteetti 6: Nestemäistä vettä Marsissa?

Marsissa ilmakehän paine on heikko (0,7 prosenttia maapallon paineesta). Tästä alhaisesta paineesta huolimatta vesi muodostaa pilviä planeetan navoille. Mutta miksi Marsissa ei ole nestemäistä vettä pinnallaan?

Laitetaan ruiskuun vettä, jonka lämpötila on lähellä kiehumispistettä



Jos vedämme mäntää, sisäpaine laskee ja vesi alkaa kiehua, höyrystyy ja häviää vähitellen. Jotta voimme simuloida Marsin painetta, meillä pitäisi olla hyvin pitkä ruisku ja vetää mäntää jopa 9 metriin.

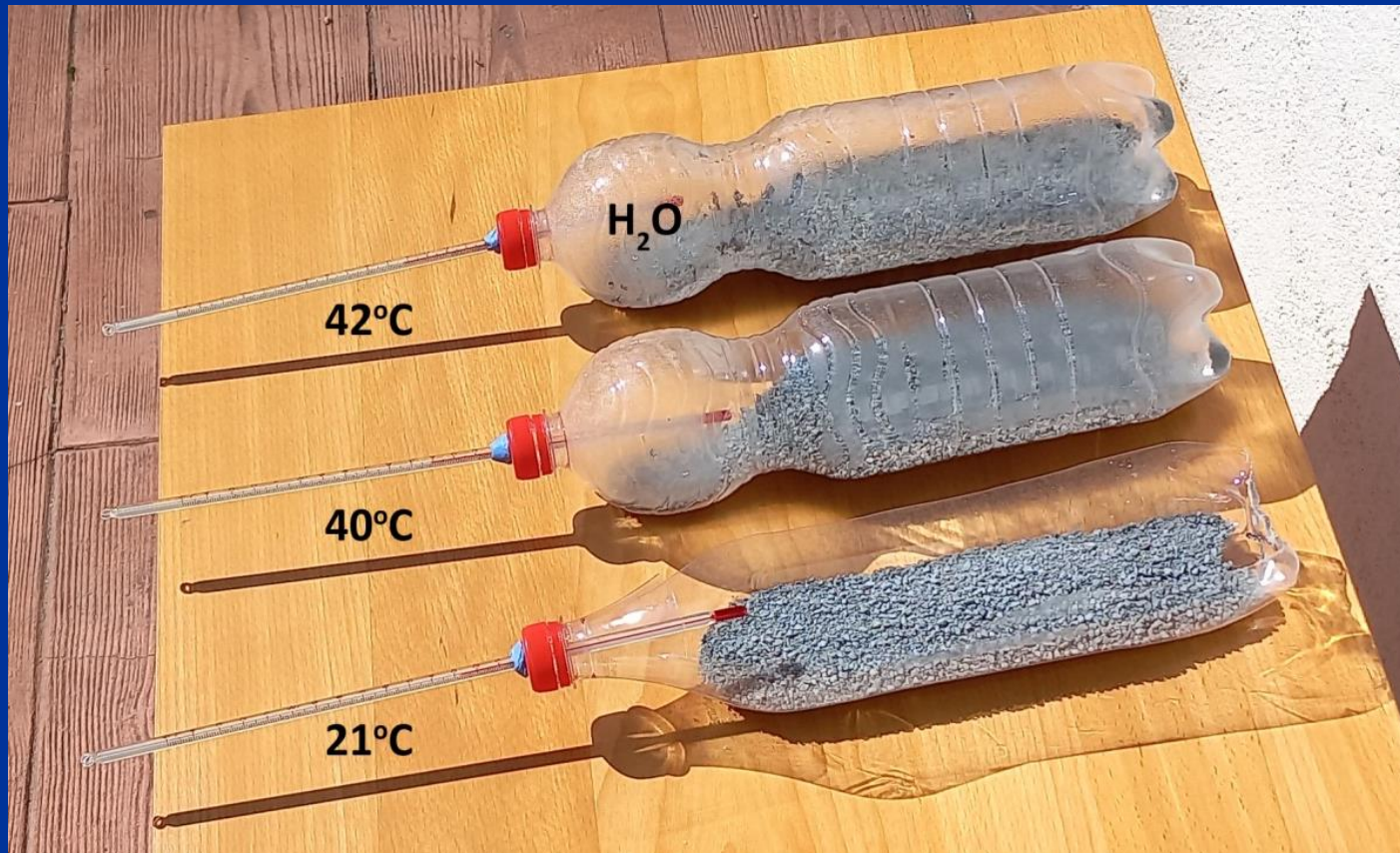
Aktiviteetti 7: Kasvihuoneilmiö

Laitamme kahden tyhjän muovipullon sisään tummaa maata ja kolmannen leikkaamme pituussuunnassa kahtia. Laitamme jokaisen pullon tulppaan lämpömittarin. Leikattu pullo simuloi planeettaa ilman pilviä, ensimmäinen kokonainen pullo simuloi planeettaa pilvillä, ja viimeiseen laitamme muutaman vesipisaran simuloidaksemme ilmakehän vesihöyryä.



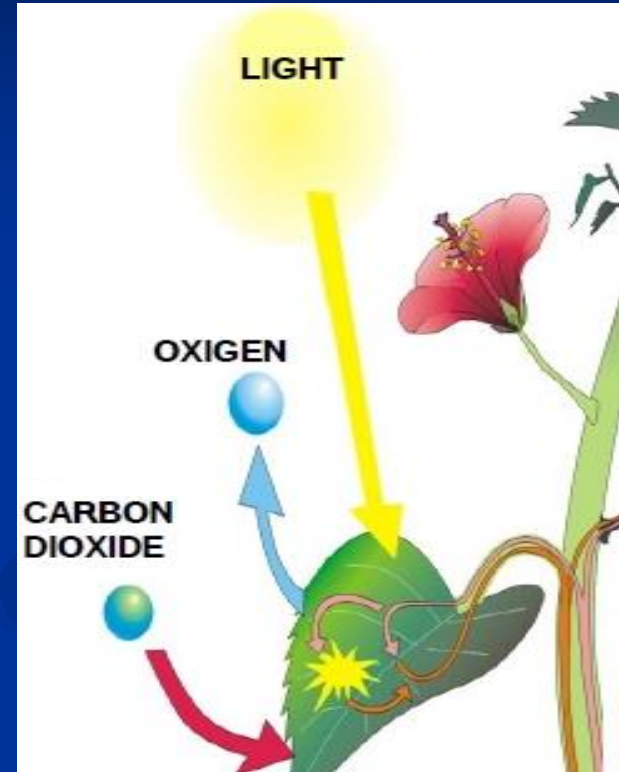
Aktiviteetti 7: Kasvihuoneilmiö

Laitamme pullot aurinkoon ja mittaamme lämpötilan viiden minuutin välein. Kirjoitamme mittaukset muistiin selvittääksemme, miten kasvihuoneilmiö vaikuttaa lämpötilaan.



Fotosynteesi: Hapen tuotto

Fotosynteesi on prosessi, jossa kasvit ja jotkut bakteerit käyttävät auringonvaloa tuottamaan hiilidioksidin ja veden avulla glukoosia, hiilihydraatteja ja happea.

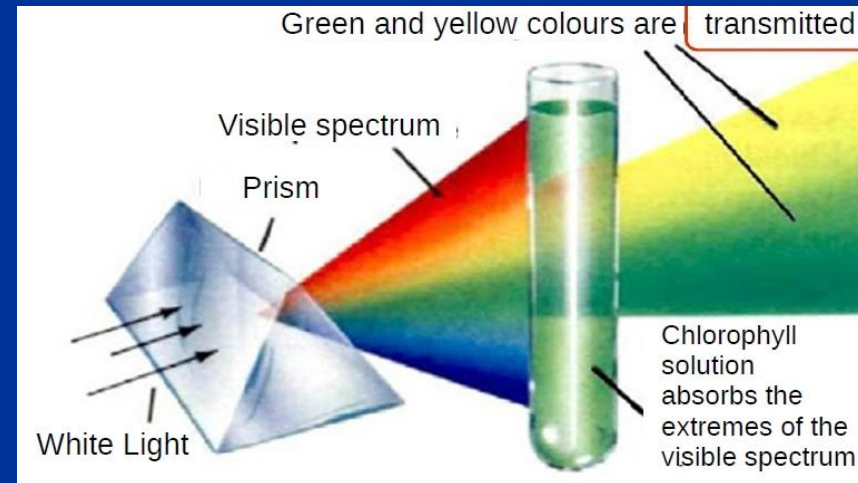


Fotosynteesipigmenteiksi kutsutut molekyylit muuttavat valoenergian kemialliseksi energiaksi.

Fotosynteesi: Miksi lehdet ovat vihreitä?

Kasvi voi hyödyntää absorboitunutta valoa erilaisissa kemiallisissa reaktioissa, **kun taas heijastuvat valon aallonpituudet määrittävät silmään näkyvän pigmentin värin.**

Yksi fotosynteesipigmenttien ryhmistä on klorofyllit, joilla on tyypillisesti absorboivat valoa kahdella näkyvän valon alueella, toinen sinisellä alueella (400–500 nm) ja toinen punaisella vyöhykkeellä (600–700 nm).



Ne heijastavat kuitenkin spektrin keskiosaa, joka vastaa vihreää väriä (500-600 nm).

Fotosynteesi: Hapen tuotto

Pigmentit saavat valoa ja siirtävät valon virittämiä elektronejaan. Vesi on elektronien luovuttaja, joka siirtyy molekyylistä toiseen, ja lopputuloksena on hapen tuotto, kun vesimolekyylit hajoavat. Tämä on fotosynteesin valovaihe.

Pimeässä vaiheessa tuotetaan hiilihydraatteja tai sokereita. Valoa ei enää tarvita siinä vaiheessa.



Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla



Käytä kahta läpinäkyvää lasipurkkia ja laita sininen ja punainen sellofaanipaperi purkin päähän.

Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla



Leikkaa reijittimen avulla tasaisia kiekkoja (pinaatti tai mangoldi, vältä suonia). Laita 10 leikettä kumpaankin purkkiin.

Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla



Valmista natriumbikarbonaattiliuos 2 g/1 litra vettä. Kaada 20 ml siitä kumpaankin astiaan.

Liota lehtileikkeitä bikarbonaattiliuoksessa. Aseta leikkeet 10 ml:n kertakäyttöruiskuun ja vedä siihen bikarbonaattiliuosta, kunnes leikkeet peittyvät.

Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla

Poista ruiskusta mahdollisimman paljon sisään tullutta ilmaa, jolloin bikarbonaattissa on vain leikkeet.

Sulje ruiskun pää sormella ja ime tiukasti. Yritä saada aikaiseksi tyhjiö, jotta kasvikudoksen ilma saadaan korvattua bikarbonaattiliuoksella, joka on saatavilla oleva hiililähde lehden fotosynteesirakenteiden lähellä.



Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla

Aseta leikkeet purkkeihin. Peitä purkit punaisella ja sinisellä sellofaanipaperilla.

Aseta lamppu (vähintään 70 W) purkkien päälle (paperin peittäessä sen). Aseta molemmat valot samalle etäisyydelle.

LED-valo on parempi, koska muut säteilevät energiaa lämpönä.



Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla

Kun laitat valot päälle, niin
aloita ajanotto sille,
milloin leikkeet nousevat
pinnalle

Se on epäsuora tapa
mitata fotosynteesin
tehokkuutta.



Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla

Odota noin 5 minuuttia, niin leikkeet alkavat nousta (riippuen valon määrästä ja etäisyydestä).



Aktiviteetti 8: Hapen tuotanto fotosynteesin avulla

Levyt alkavat kellua, kun ne vapauttavat happea kuplien muodossa, mikä auttaa niitä nousemaan.

Ajat ovat erilaiset riippuen valon väristä. Aika on pienempi sinisellä valolla (sen sähkömagneettisen säteilyn energia on suurempi, ja se on prosessissa tehokkain).



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Hiivat (sieni) muuttavat sokerin (glukoosin) etyylialkoholiksi tai etanoliksi ja hiilidioksidiksi.

Fermentoinnissa energiatehokkuus on pieni, kun taas hengittäminen on paljon kustannustehokkaampaa ja evoluution kannalta uudempi.



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Jos havaitsemme hiilidioksidia, niin tiedämme, että fermentaatio on tapahtunut ja siten elämän mahdollisuutta voidaan tutkia.

Kaikissa kokeissa aloitamme materiaalilla, jossa on vettä.



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Tarvitsemme:

1 ruokalusikallinen **hiivaa** (leipähiivaa). **Hiiva on elävä mikro-organismi, jota on helppo saada**, yksi lasi lämmintä vettä (noin puoli lasia 22–27°C:n välillä), yksi ruokalusikallinen sokeria, jota mikro-organismit voivat käyttää ravintonaan.

Tehdään sama toiminta kontrollikokeessa, ja muissa kokeissa, jotka kehittyivät äärimmäisissä olosuhteissa.



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Kontrollikoe:

Liuota hiiva ja sokeri lasissa lämpimään veteen. Saatu seos laitetaan nopeasti ilmatiiviiseen muovipussiin, jolloin ilma poistuu sisältä ja pussi suljetaan.

On tärkeää, ettei pussiin jätetä ilmaa.



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Kontrollikoe:

15-20 minuutin kuluttua näet paisuneen pussin hiilidioksidikuplat.

Hiilidioksidikuplat osoittavat, että mikro-organismit ovat elossa.

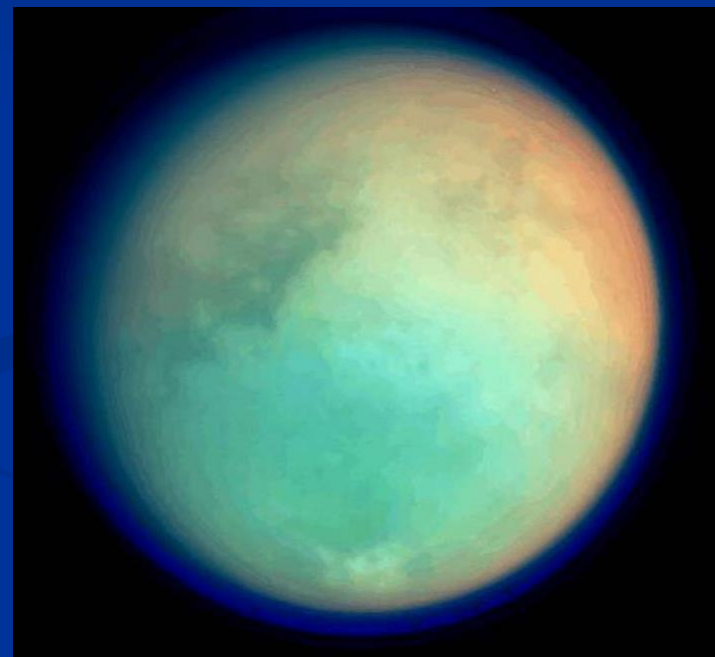


Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Toiminta “emäksisellä planeetalla”
(esim. Neptunus tai Titan tai
GJ1132b sisältäen ammoniakkia):

Toista koe käyttämällä natriumbikarbonaattia
tai ammoniakkia

Ph-arvot: natriumbikarbonaatti tai sooda: Ph
8.4, Ammoniakki: Ph 11



Titan, Oikeudet NASA



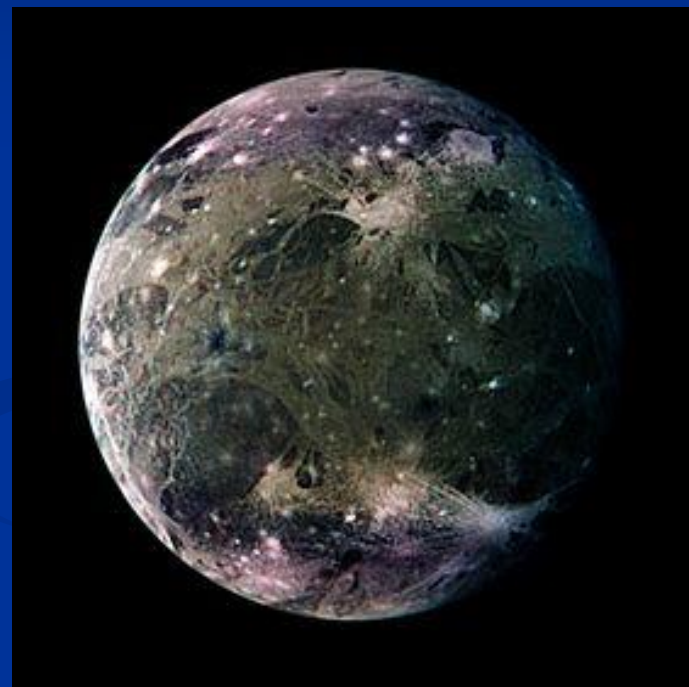
Jos seoksessa on kuplia,
siellä on myös elämää



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Olosuhteet esimerkiksi Marsin,
Ganymeden tai WAPS 96b:n
kaltaisilla 'suolaplaneetoilla'.

Toista koe liuottamalla natriumkloridia (yleistä
suolaa) veteen.



Ganymedes, oikeudet NASA

Jos seoksessa on kuplia,
siellä on myös elämää



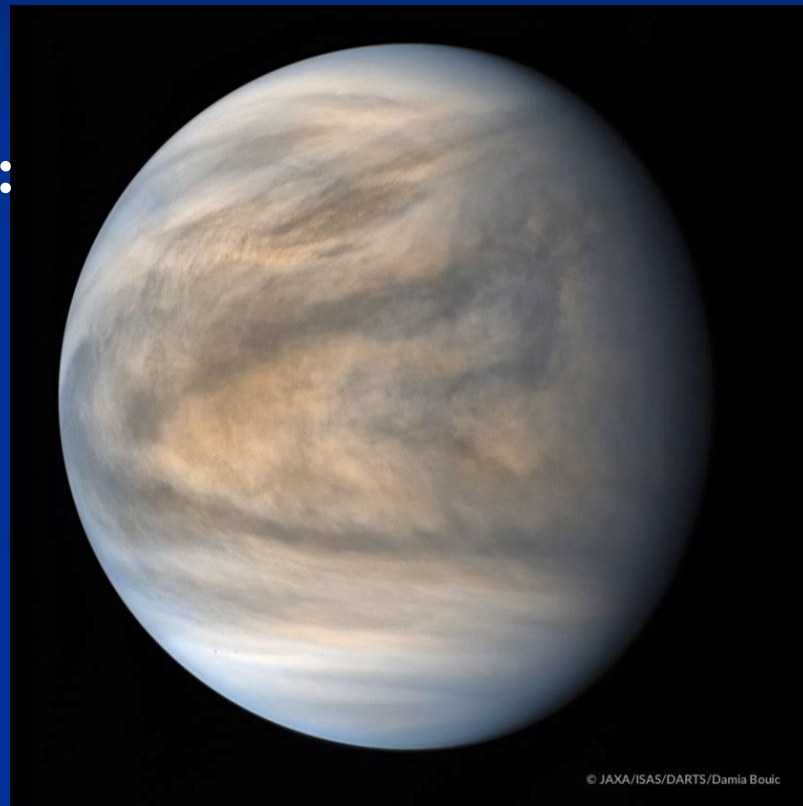
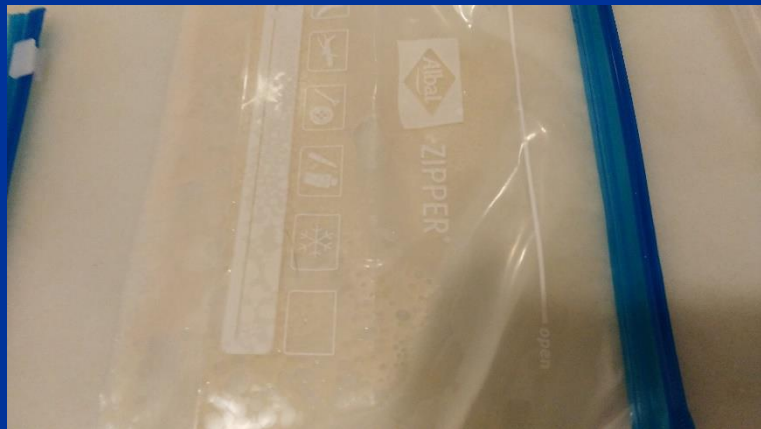
Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Olosuhteet 'happoplaneetalla'
(esim. Venus, jossa on
rikkisadetta tai Io tai WAPS 39b):

Toista koe luottamalla etikkaa tai
sitruunamehua veteen.

Ph-arvot: Viinietikka: Ph 2.9

Sitruunamehu: Ph 2,3



Venus, oikeudet NASA

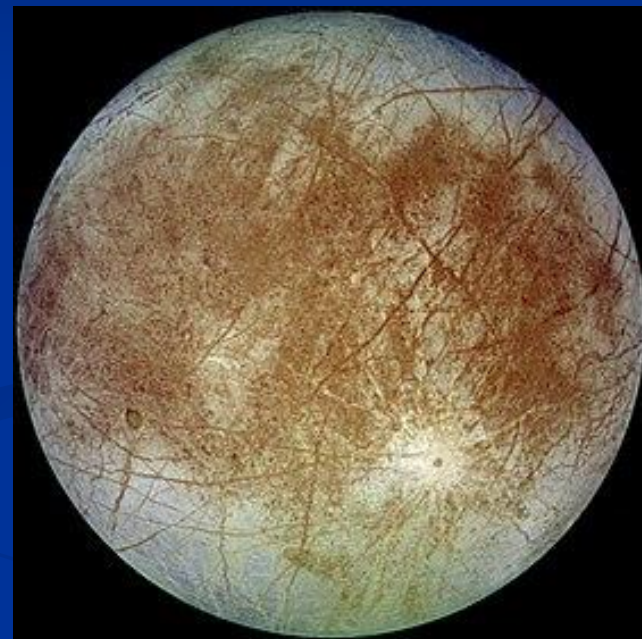
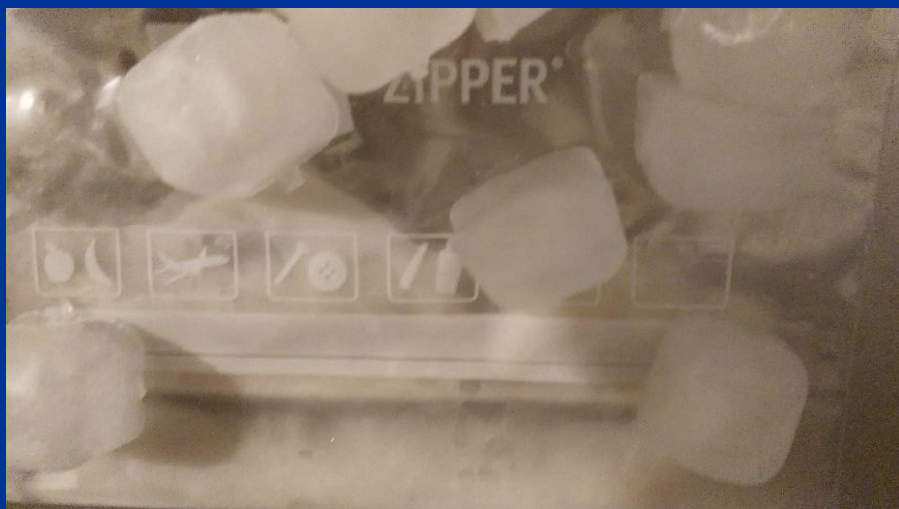
Jos seoksessa on kuplia,
siellä on myös elämää



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Olosuhteet kylmällä planeetalla
(esim. Europa tai Gliese 667 C d
tai Barnard b)

Aseta pussi jäätä sisältävään astiaan tai
käytä pakastinta



Europa, oikeudet NASA

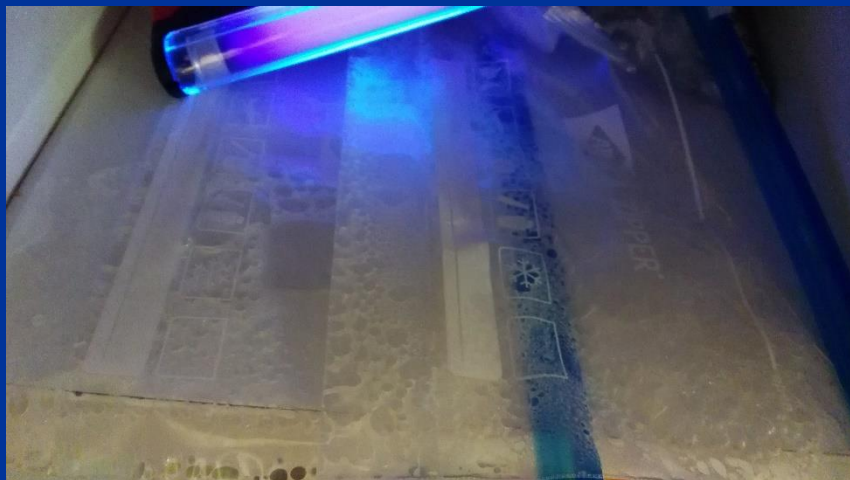
Jos seoksessa on kuplia,
siellä on myös elämää



Aktiviteetti 9: Elämää ääriolosuhteissa

Olosuhteet 'UV-planeetalla'
(esim. Mars tai Trappist-1 e).

Tee koe UV-valon alla.



Mars, (oikeudet iStock)

Jos seoksessa on kuplia,
siellä on myös elämää



Aktiviteetti 10: Maan kaksosen etsintä

Maa on ainoa tunnettu planeetta, jolla on elämää. Etsitään sellaista eksoplaneettaa, jolla olisi samanlaiset olosuhteet. Mutta mitkä muuttujat ovat tärkeitä?

- Eksoplaneetan massa ja koko
- Elinkelpoinen vyöhyke
- Planeetan tähden ominaisuudet



Koko ja massa (eksoplaneetta)

Arvioidaan tiheys planeetan säteen ja massan avulla.

Kepler Mission –kriteerien mukaan:

- Maan kokoisten planeettojen säteen on oltava alle 2 Maan sädettä, eli $R < 2 R_e$
- Supermaan ylärajana pidetään 10 Maan massaa, eli $M < 10 M_e$



Elinkelpoinen vyöhyke

Pääsarjan tähdillä on suora yhteys kirkkauden ja lämpötilan välillä. Mitä kuumempi pintalämpötila on, sitä kirkkaampi tähti on, ja mitä kauempana se on, sitä kauempana elinkelpoinen vyöhyke on.

Spektrityyppi	Lämpötila K	Elinkelpoinen alue 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



Emotähden massa

Tähden evoluutio ja elämä riippuvat sen massasta. Energia, jota tähti voi vetyfuusiosta saada, on verrannollinen sen massaan. Ja **pääsarja-aika saadaan jakamalla se tähden luminositeetilla**. Käyttämällä Aurinkoa vertailukohtana tähden elämä pääsarjassa on:

$$t_*/t_s = (M_*/M_s)/(L_*/L_s)$$

Pääsarjan tähdille luminositeetti on verrannollinen massaan, eli $L \propto M^{3.5}$

$$t_*/t_s = (M_*/M_s)/(M_*^{3.5}/M_s^{3.5}) = (M_*/M_s)^{-2.5}$$



Emotähden massa

ja siten $t_*/t_s = (M_s/M_*)^{2.5}$

Koska Auringon elinaika on $\sim t_s = 10^{10}$ vuotta, niin tähden elinaika on:

$$t_* \sim 10^{10} \cdot (M_s/M_*)^{2.5} \text{ vuotta}$$

Lasketaan tähden massan ylärajan siten, että aika pääsarjassa on vähintään 3×10^9 vuotta, jotta elämä ehtii kehittyä. $M_* = (10^{-10} \cdot t)^{-0.4} M_s$

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

$$M_* \leq 1.6 M_s$$



Maan kaksosen etsintä

Eksoplaneetan nimi	Massa Maan massoina	Säde Maan säteinä	Etäisyys tähteen AU	Tähden massa Auringon massoina	Tähden spektrityyppi/ pintalämpötila
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	tuntematon	1.59	1.05	1.04	G2V
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
Luyten b	2.19	tuntematon	0.09	0.29	M3.5V
Tau Cet c	3.11	tuntematon	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 (varmistamaton)	4	tuntematon	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

Maan kaksosen etsintä

Eksoplaneetan nimi	Massa Maan massoina	Säde Maan säteinä	Etäisyys tähteen AU	Tähden massa Auringon massoina	Tähden spektrityyppi/ pintalämpötila
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	tuntematon	1.59	1.05	1.04	G2V
Kepler-78 b	1.69	1.20	0.01	0.81	G
Luyten b	2.19	tuntematon	0.09	0.29	M3.5V
Tau Cet c	3.11	tuntematon	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 (varmistamaton)	4	tuntematon	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

Lopuksi

- Opittiin mitä elämänvyöhykkeellä tarkoitetaan
- Hyödynnettiin astrobiologian peruskäsitteitä
- Näytettiin miten happea ja hiilidioksidia syntyy
- Opittiin miten Maan vastinpari voitaisiin löytää



Kiitos että olit
mukana!

