Elemen Astrobiologi

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, Algeciras, Spain
SENACYT, Panama

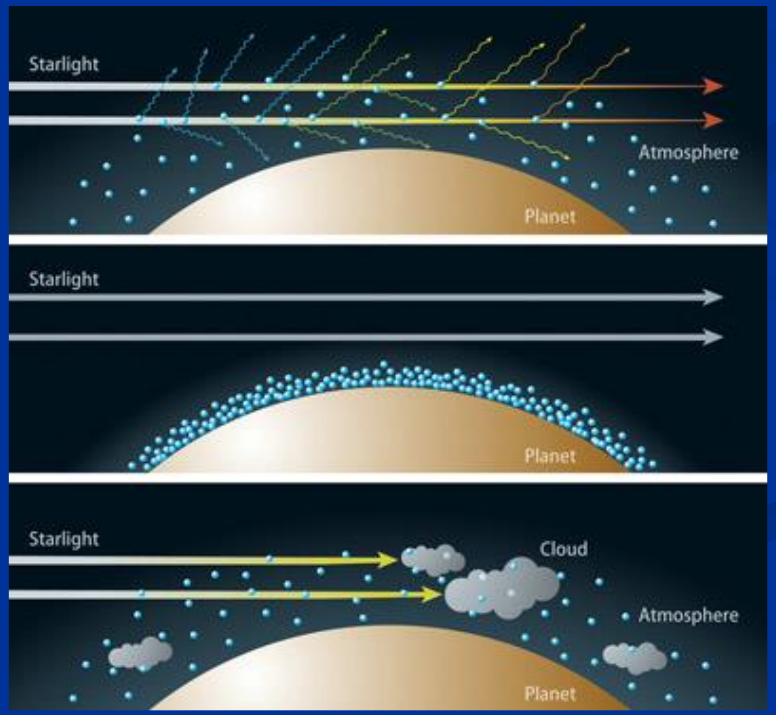
Tujuan

- Memahami dari mana elemen yang berbeda-beda pada tabel periodic muncul
- Memahami kondisi kelayakhunian yang diperlukan untuk munculnya kehidupan.
- Menentukan pedoman minimum untuk mencari kehidupan di luar bumi.

Pembentukan sistema planet

Selama pembentukan bintang, sistem planet juga akan terbentuk dari sisa-sisa material yang berada disekitar bintang.

Spektroskopi digunakan untuk mengetahui komposisi bintang dan juga digunakan untuk mengetahui atmosfer eksoplanet.



Aktivitas 1: Pembentukan sistem planet dari gas dan debu

Kelompok dibagi menjadi dua, misalnya: anak perempuan (gas) dan anak laki-laki (debu)
(Jika ada perbedaan besar dalam jumlah peserta antara satu kelompok dengan yang lain, disarankan agar kelompok yang mewakili gas adalah kelompok yang jumlahnya banyak, karena, dalam formasi sistem planet, massa gas adalah 100 kali massa debu).

Ketika peserta mendengarkan cerita, mereka membuat tindakan yang dinamis dari apa yang mereka dengar, misalnya:

Aktivitas 1: Pembentukan sistem planet dari gas dan debu

Narasi Cerita:	Peragaan Peserta:
Pada suatu ketika terdapat awan yang terdiri dari banyak gas dan sedikit debu.	Semua tercampur di dalam awan.. Terdapat lebih banyak peserta yang mewakili gas. Di dalam awan, semua peserta berpegangan tangan secara acak membentuk suatu jaringan.
Kemudian gas mulai mengumpul ditengah awan dengan debu berada disekitarnya.	Debu dan gas mulai terpisah. Peserta yang mewakili gas berkumpul ditengah dan yang mewakili debu berpegangan tangan mengelilingi tengah awan.

Aktivitas 1: Pembentukan sistem planet dari gas dan debu

Narasi Cerita:	Peragaan Peserta:
Terdapat banyak gerakan, partikel gas mulai menarik partikel gas dan partikel debu menarik partikel debu	Peserta mulai memutar, berberak, tabrakan, bergetar, melompat. Beberapa bahkan terlempar keluar akibat banyaknya gerakan, namun yang lainnya akan 'menyelamatkan' dengan cara menangkap partikel sesuai dengan jenisnya. (gas dengan gas, debu dengan debu)
Ditengahnya terbentuk inti yang pekat dan dikelilingi oleh piringan debu dan gas.	Peserta yang berada ditengah (gas) mulai menumpuk dan disekitarnya terdapat peserta yang mewakli debu yang membentuk lingkaran dengan berpegangan tangan. Klarifikasi: tidak semua gas berada ditengah, ada gas yang berad diluar lingkaran

Aktivitas 1: Pembentukan sistem planet dari gas dan debu

Aktivitas 1: Pembentukan sistem planet dari gas dan debu

Narasi Cerita:	Peragaan Peserta:
Inti inilah yang nanatinya akan melahirkan Matahari atau bintang yang menjadi induk dari suatu sistem eksoplanet.	Matahari atau bintang induknya mulai bersinar hingga sinarnya memancar ke segala arah. Klarifikasi: Saat matahari atau bintang induk mulai bersinar, gas yang “lepas" mulai bergerak menjauh.
Beberapa planet kecil terbentuk dari butiran debu yang saling menyatu yang semakin lama semakin besar hingga akhirnya membentuk batuan dan akhirnya terbentuk planet batuan.	Para peserta yang mewakili debu yang membentuk planet terestrial mulai berkelompok bersama. Klarifikasi: tidak semua debu terbentuk menjadi planet batuan, terdapat beberapa debu yang berada pada daerah luar sistem planet

Aktivitas 1: Pembentukan sistem planet dari gas dan debu

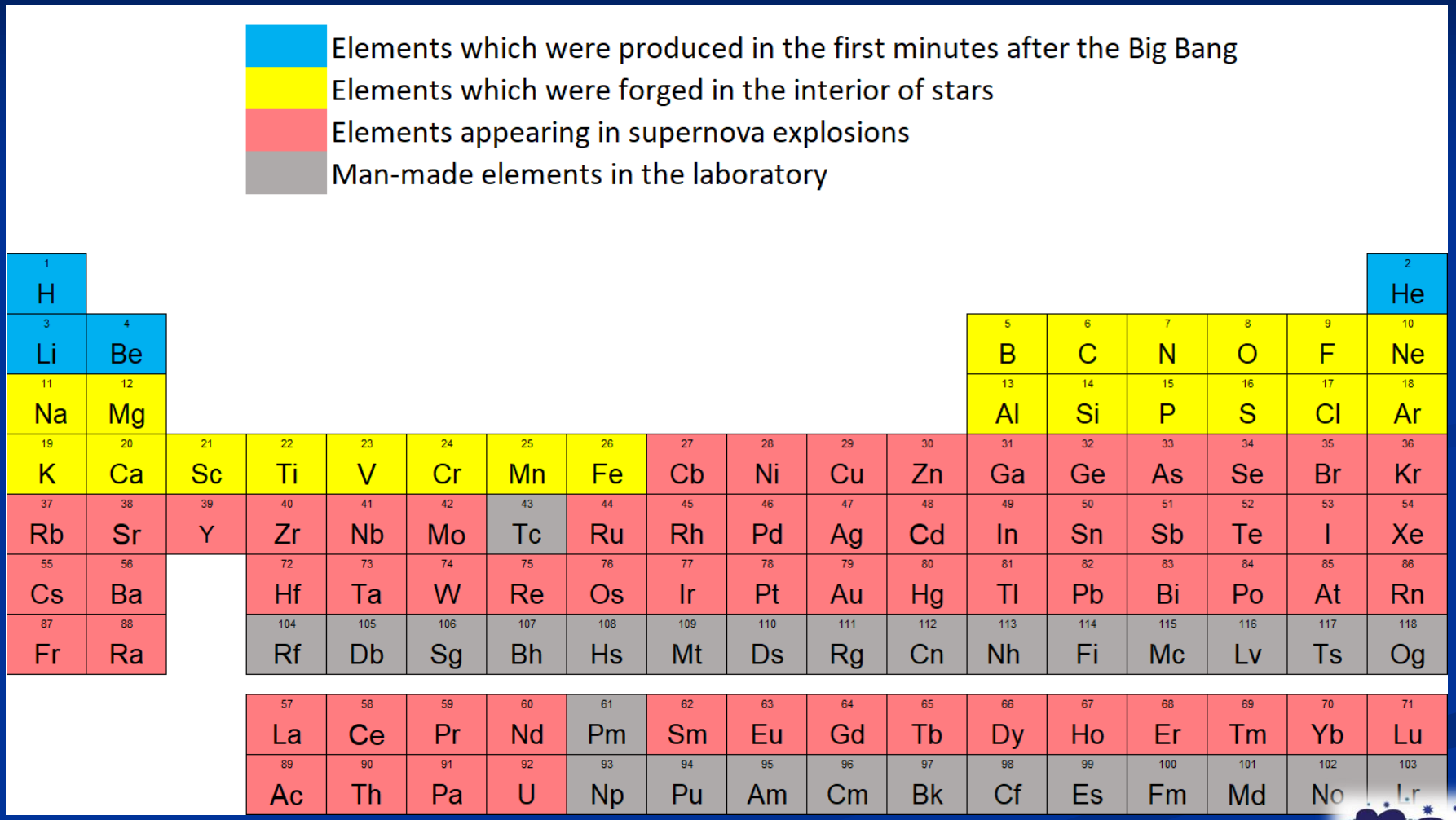
Narasi Cerita:	Peragaan Peserta:
Planet raksasa terbentuk jauh dari panasnya Matahari atau bintang induk, sehingga gas dapat berkumpul tanpa hambatan.	Sisanya, planet rakasasa mulai terbentuk: banyak gas dan beberapa debu. Klarifikasi: penurunan suhu akibat jaraknya yang lebih jauh dari matahari atau bintang induk adalah penyebab utama perbedaan besar antara planet batuan (dalam) dan planet rakasasa (luar)

Aktivitas 1: Pembentukan sistem planet dari gas dan debu

Aktivitas 2: Spektrum emisi

Spektroskopi memungkinkan kita untuk mengetahui beberapa informasi tentang komposisi kimiawi exoplanet dan atmosfernya. Kita bisa memvisualisasikan spektrum bola lampu dengan DVD (kita bisa melihat garis-garis gas yang ada di dalamnya)

Aspek Kimia dari Evolusi Bintang



Aktivitas 3: Klasifikasi Tabel Periodik

Tempatkan pada masing masing keranjang (biru, kuning merah) masing masing objek

Cincin: Emas Au	**Lapisan mata bor: Titanium Ti**	**Gas dalam balon gas: Helium He**	**Kawat cuci piring: Nickel Ni**
Baterai HP: Lithium Li	**Busi kendaraan: Platinum Pt**	**Kabel listrik tembaga: Tembaga Cu**	**Obat merah: Iodine I**
Air minum H_2O: Hydrogen H	**Panci masak: Aluminum Al**	**Isi pensil: Graphite C**	**Belerang untuk pertanian (pupuk): Sulfur S**
Kaleng minuman: Aluminum Al	**Jam tangan TitaniumTi**	**Medali perak: Silver Ag**	**Pipa: Lead Pb**
Rautan pensil: Zinc Zn	**Paku berkarat: Iron Fe**	**Thermometer: Gallium Ga**	**Kotak korek: Phosphorus P**

Elemen yang terbentuk pertama kali setelah BigBang (Biru)

Elemen yang dibentuk didalam bintang (kuning)

Elemen yang terbentuk saat ledakan supernova (merah)

Elemen yang dibentuk di dalam Lab (abu-abu) Batu korek: Cerium

Aktivitas 3: Periodic Table Classification

Cincin: Emas Au	Lapisan mata bor: Titanium Ti	Gas dalam balon gas: Helium He	Kawat cuci piring: Nickel Ni
Baterai HP: Lithium Li	Busi kendaraan: Platinum Pt	Kabel listrik tembaga: Tembaga Cu	Obat merah: Iodine I
Air minum H_2O: Hydrogen H	Panci masak: Aluminum Al	Isi pensil: Graphite C	Belerang untuk pertanian (pupuk): Sulfur S
Kaleng minuman: Aluminum Al	Jam tangan TitaniumTi	Medali perak: Silver Ag	Pipa: Lead Pb
Rautan pensil: Zinc Zn	Paku berkarat: Iron Fe	Thermometer: Gallium Ga	Kotak korek: Phosphorus P

Elemen Big Bang (biru)

Elemen di dalam bintang (kuning)

Elemen dalam supernova (merah)

Elemen diciptakan dalam Lab (abu)

batu korek: Cerium Ce

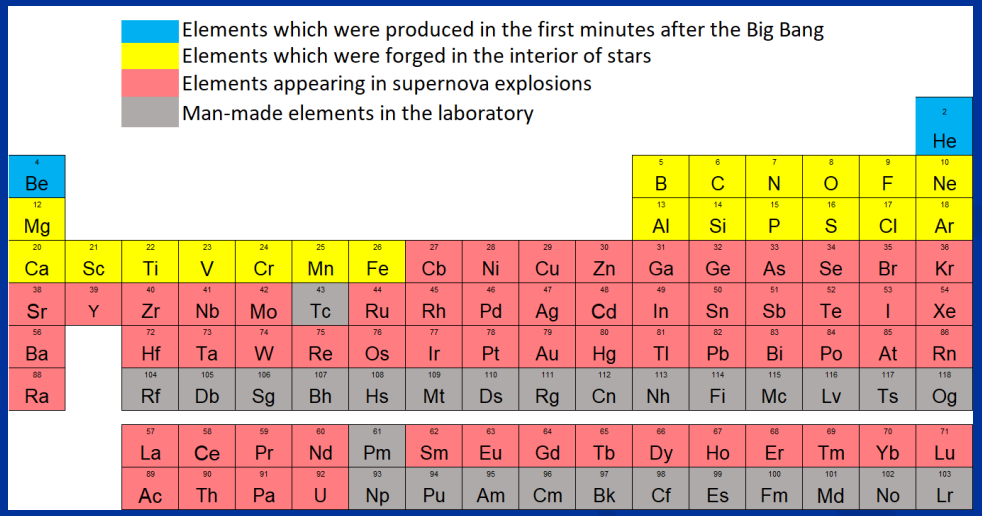
Aktivitas 4: Anak-anak Bintang

Komposisi tubuh manusia:

Unsur yang melimpah: oksigen, karbon, hidrogen, nitrogen, kalsium, fosfor, kalium, belerang, besi, natrium, klorin, dan magnesium.

Unsur renik: fluorin, seng, tembaga, silikon, vanadium, timah, mangan, iodium, nikel, molybdenum, chromium dan cobalt

Unsur esensial: lithium, cadmium, arsenic dan timah.

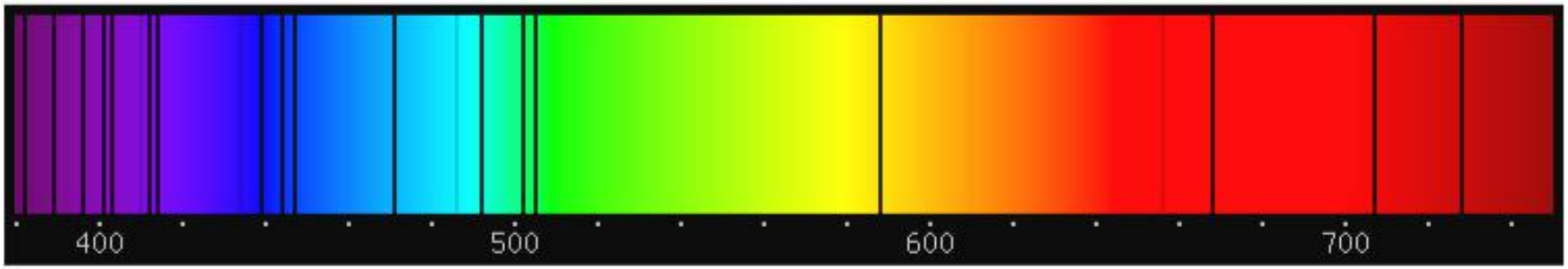


Semua unsur yang melimpah (kecuali H) diproduksi di dalam bintang.

Kita adalah anak-anak Bintang!!!

Matahari bukanlah bintang generasi pertama

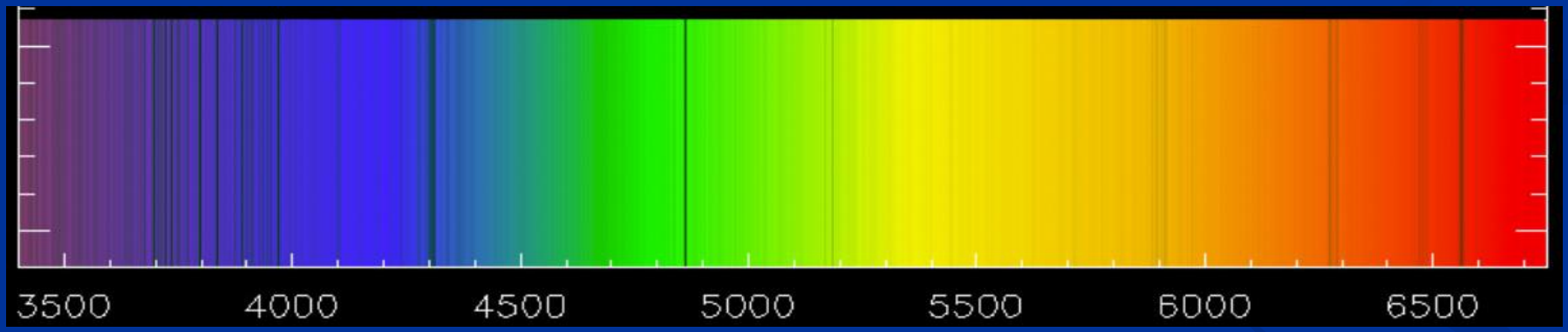
Bintang-bintang generasi pertama hidup dengan cepat, mati muda dan tidak bisa bertahan sampai hari ini.. Hanya garis Hidrogen, Helium, dan mungkin garis Lithium yang terlihat dispektrumnya.



Spektrum Bintang Generasi Pertama (Gambaran artis).

Matahari bukanlah bintang generasi pertama

Bintang dengan unsur yang lebih rumit berarti awan pembentuk bintangnya berasal dari sisa-sisa ledakan supernova

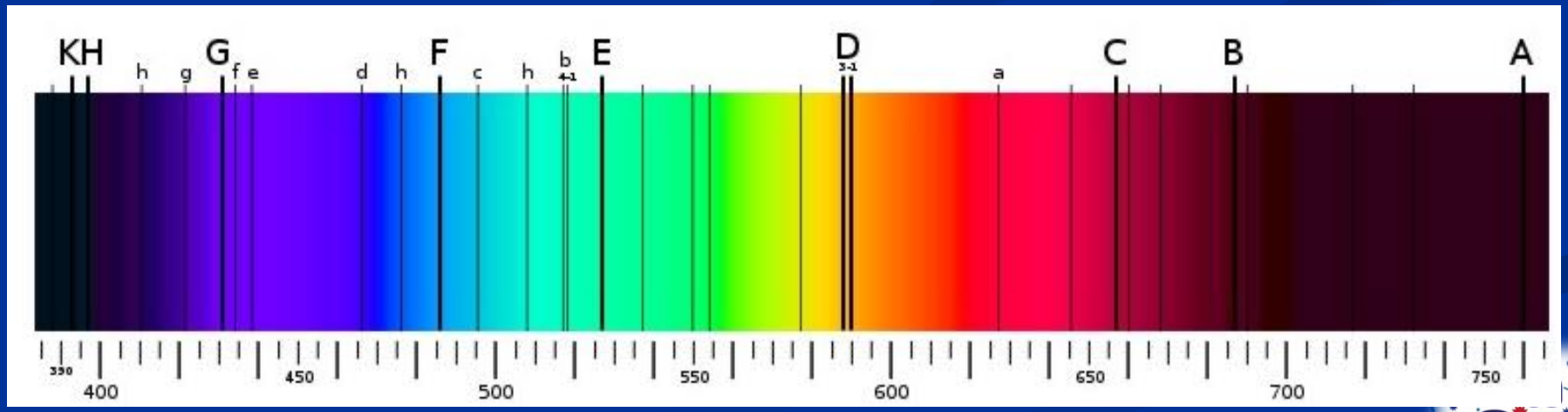


Spektrum Bintang Generasi Kedua

SMSS J031300.36-670839.3 dengan garis Hidrogen dan Karbon

Matahari bukanlah bintang generasi pertama

Di tata surya terdeteksi banyak unsur yang muncul dari ledakan supernova. Oleh karena itu Matahari mungkin terbentuk dari awan yang berhubungan dengan sisa-sisa ledakan setidaknya dua ledakan supernova sebelumnya, yaitu termasuk bintang generasi ketiga..

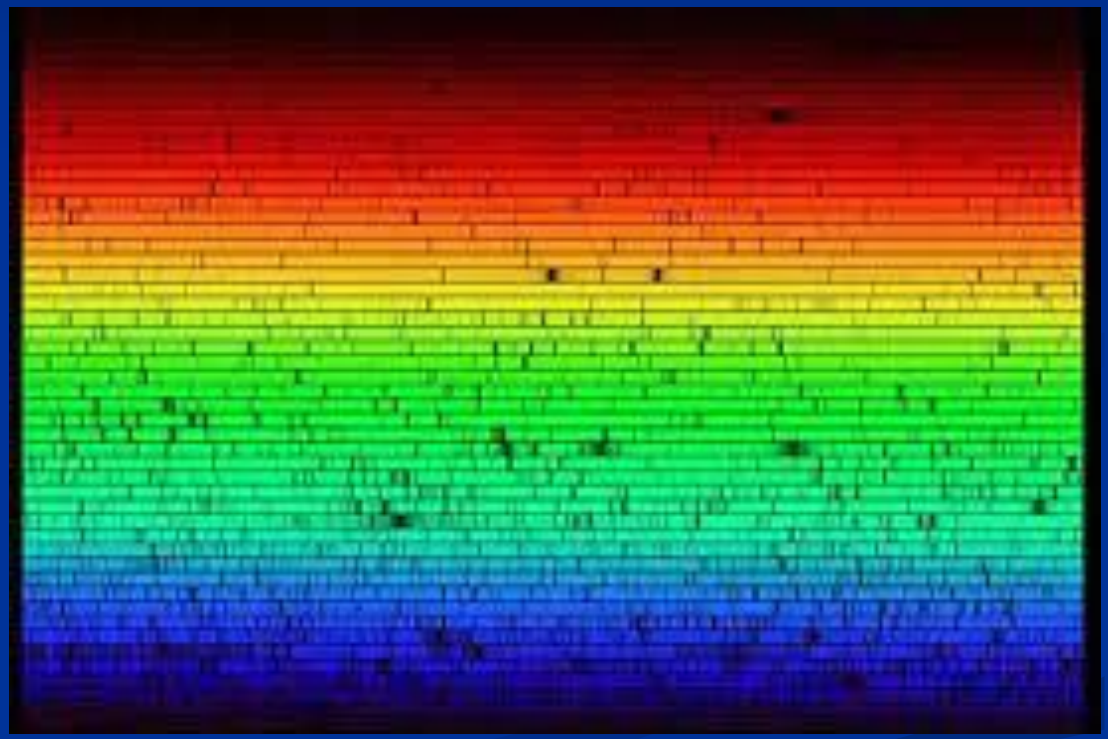


Spektrum Matahari. Dengan beberapa garis yang nampak

Aktivitas 5: Garis-garis Fraunhofer Matahari

Spektrum Matahari bersifat kontinu, dengan garis-garis gelap yang disebut garis Fraunhofer, yang sesuai dengan elemen kimia yang terkandung dalam atmosfernya.

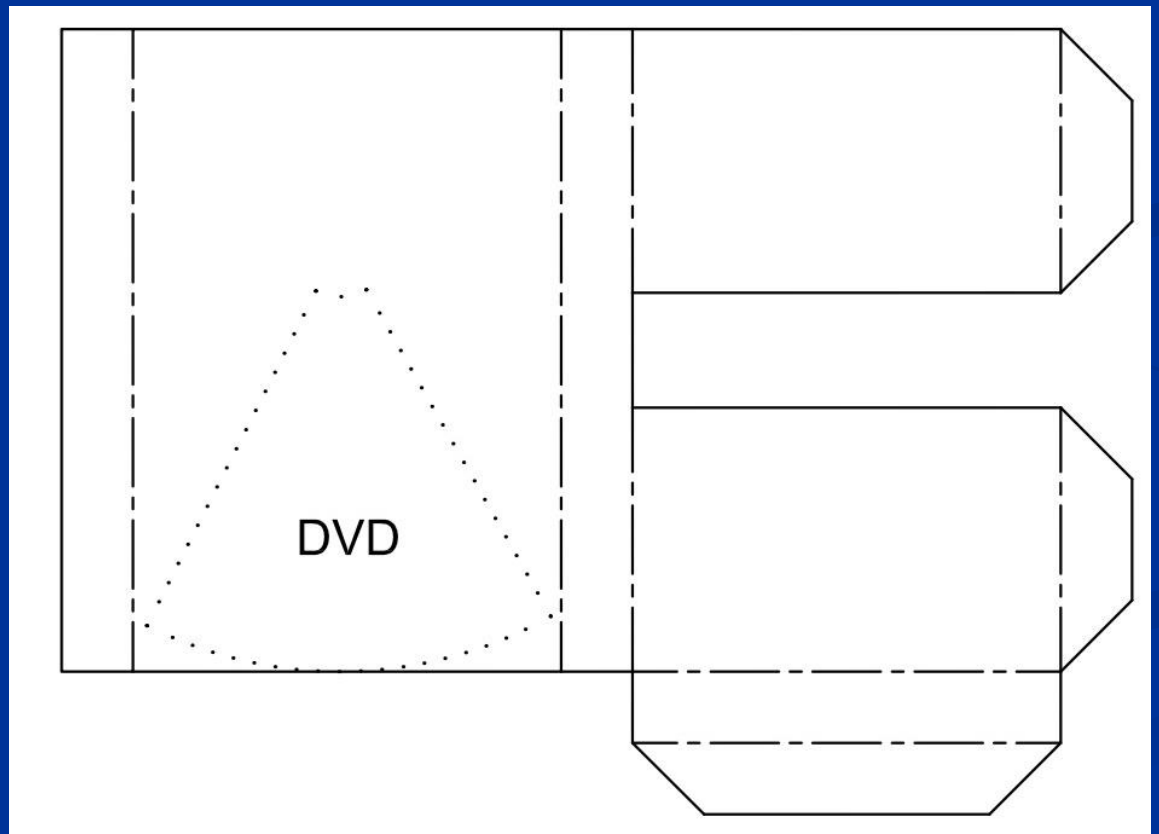
Garis-garis ini dapat dilihat dengan mata telanjang dalam pantulan sinar matahari pada DVD. Banyak garis Fe yang teramati, triplet Mg (berwarna hijau), doublet Na (berwarna kuning)

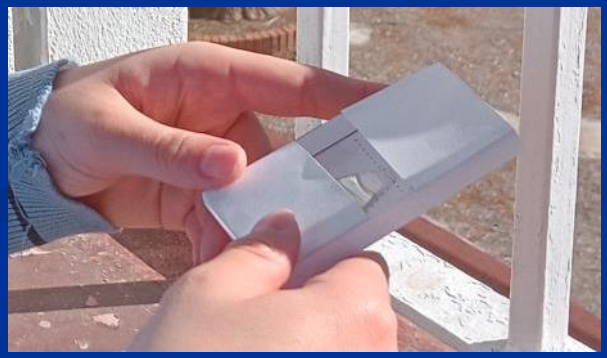


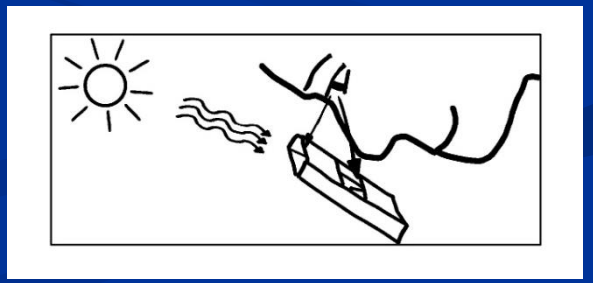
(Crédito: NOAO)

Aktivitas 5: Garis-garis Fraunhofer Matahari

Gunting templatnya, rekatkan 1/8 bagian DVD dan rakit kotak berisi DVD dengan cara melipatnya sepanjang garis putus-putus.



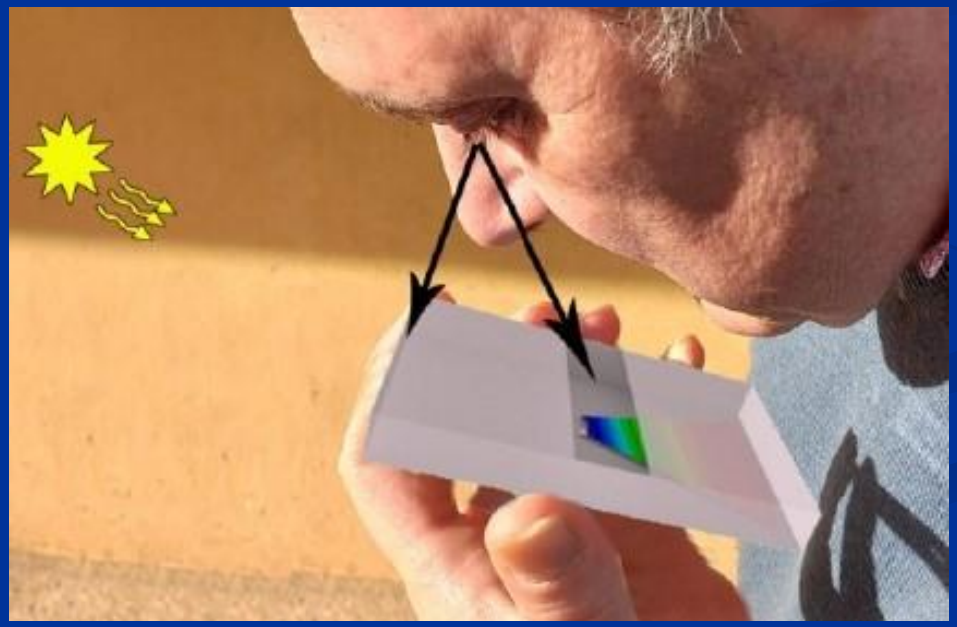




Aktivitas 5: Garis-garis Fraunhofer Matahari

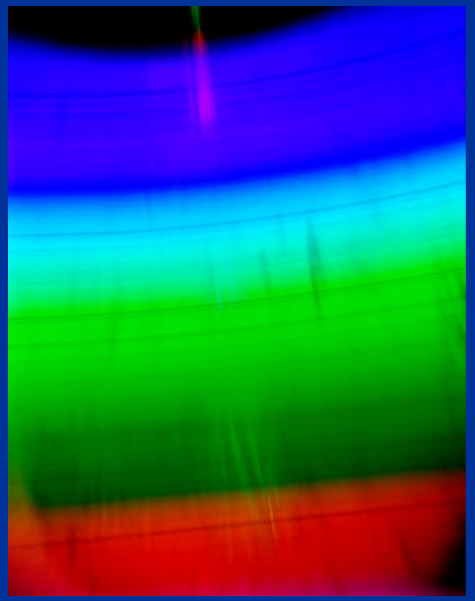
Pergilah keluar pada hari yang cerah dan menghadap matahari.

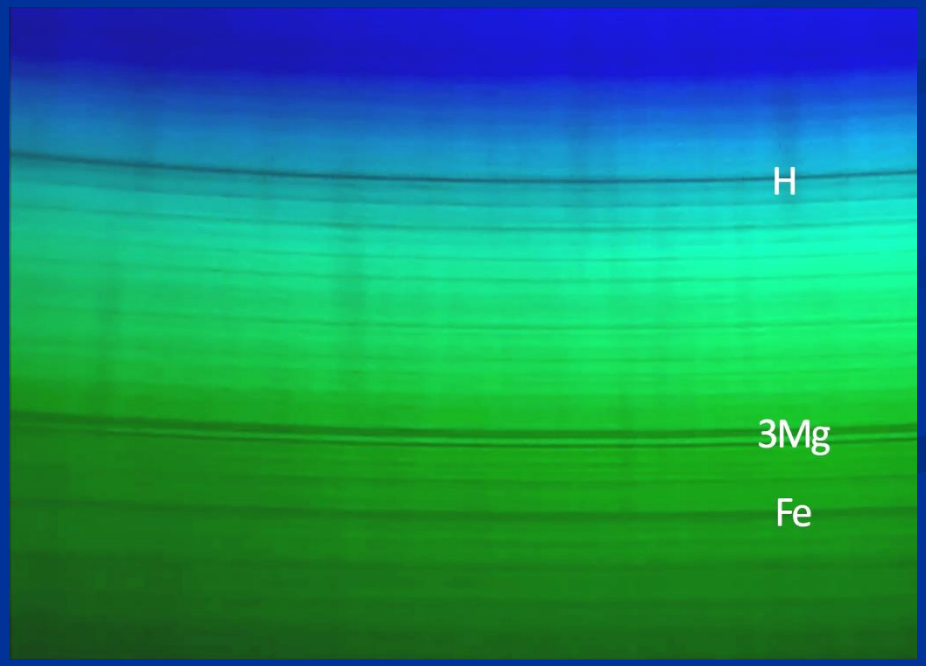
Tempatkan kotak di depan wajah Anda dengan tepi atas setinggi mata, seperti terlihat pada foto. Saat Anda melihat bagian dalam DVD, gerakkan perlahan hingga Anda melihat pantulan sinar matahari yang cerah dan beraneka warna di dalam DVD.



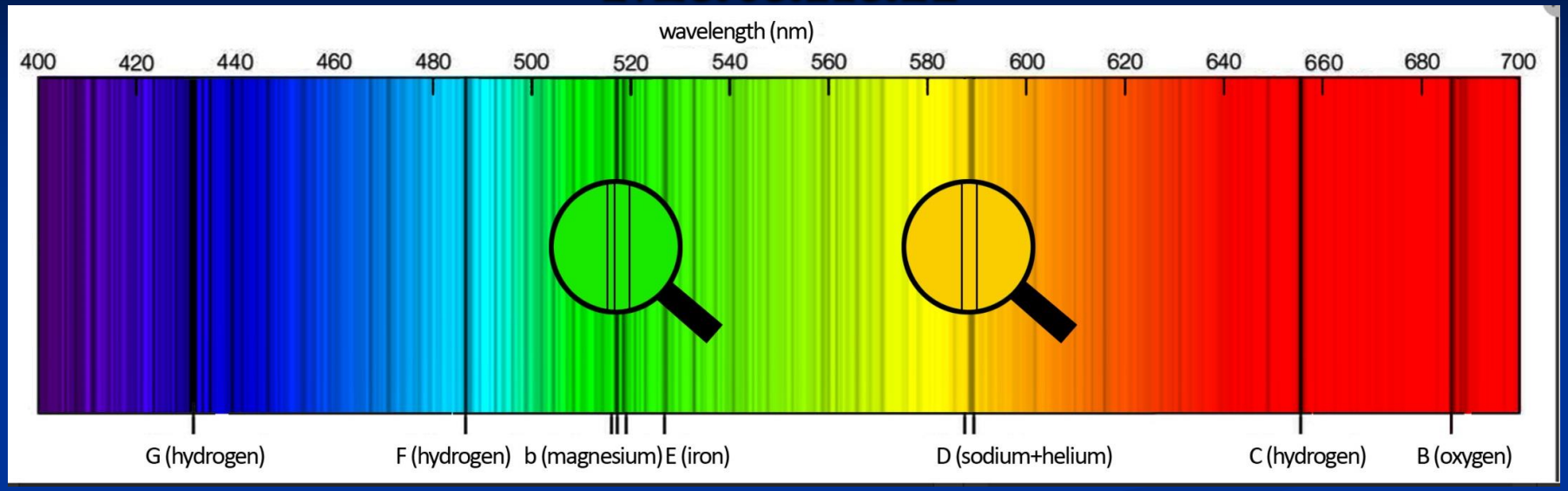
Aktivitas 5: Garis-garis Fraunhofer Matahari

Dekatkan wajah Anda ke kotak dan lihat pantulannya, yang akan selalu tampak lebih lebar. Saat mata Anda hampir menyentuh jendela, Anda akan melihat garis hitam tipis dan tajam pada bidang warna. Ini adalah garis spektrum unsur kimia di Matahari.





Aktivitas 5: Garis-garis Fraunhofer Matahari



Banyak garis yang terlihat, beberapa lebih intens dibandingkan yang lain. Garis utama yang terlihat pada warna biru berasal dari Hidrogen, pada warna hijau Anda dapat melihat tiga garis yang sangat berdekatan, yaitu triplet Magnesium, dan satu lagi garis terpisah yang berasal dari Besi. Pada bagian kuning terlihat garis ganda yang terbuat dari Helium dan Natrium. Di bagian merah Anda dapat melihat Hidrogen yang intens.

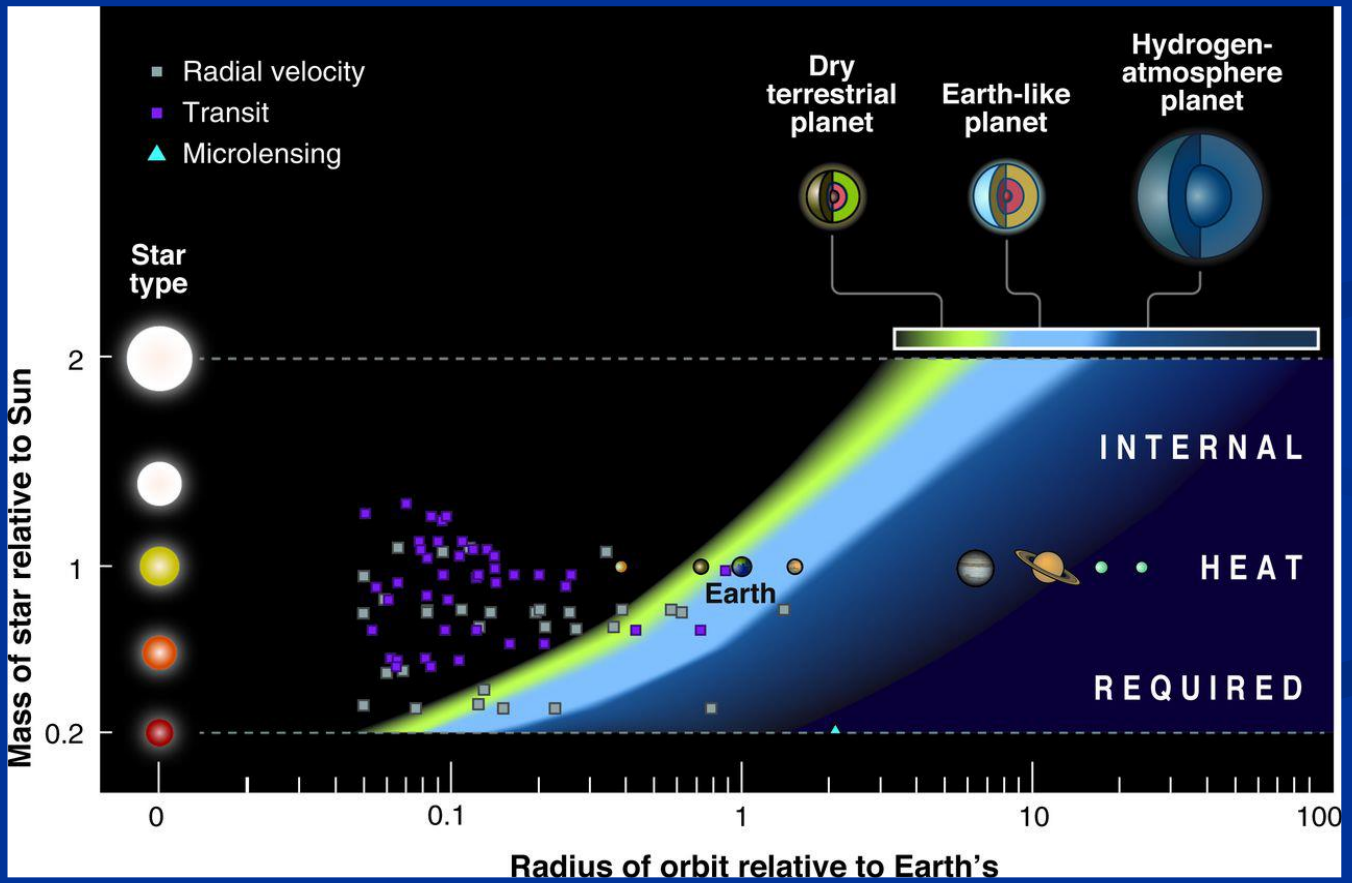
Zona Layak Huni

Zona layak huni adalah daerah di sekitar bintang dimana aliran radiasi dari bintang ke permukaan planet batuan mengizinkan adanya air dalam bentuk cair (asumsi bahwa kehidupan berbasis karbon diasumsikan membutuhkan air cair)

Biasanya terjadi pada planet dengan massa antara 0.5 hingga 10 Massa bumi dan tekanan atmosfer lebih dari 6.1 mbar, sesuai dengan titik tripel untuk air pada temperature 273.16 K (ketika air berada pada wujud es, cair, dan uap)

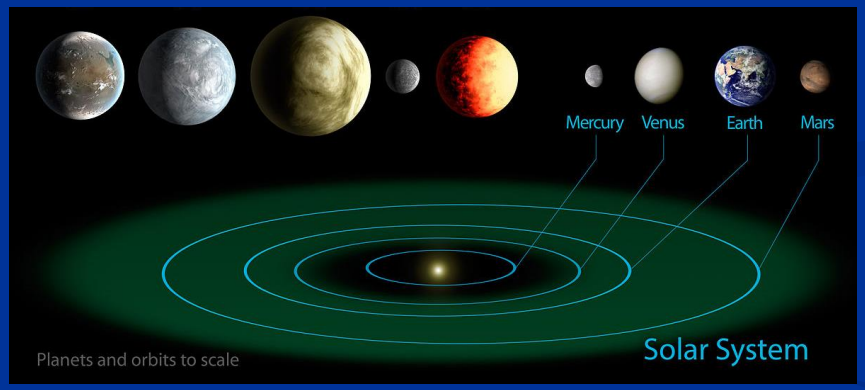
Zona Layak Huni

Zona layak huni **tergantung pada massa bintang** . Jika massa lebih besar maka suhu dan kecerahan bintang meningkat dan akibatnya zona layak huni akan semakin jauh dari bintang.



Kondisi Lain untuk Kelayakhunian

Jarak orbit planet yang berada pada zona layak huni itu merupakan faktor yang harus dipenuhi, namun tidak cukup untuk planet untuk melahirkan kehidupan.
Contoh: Venus dan Mars



Massa dari planet haruslah cukup besar sehingga gravitasinya dapat menahan atmosfernya

Ini adalah alasan utama Mars mengapa tidak layak huni saat ini, karena mars telah kehilangan sebagian besar atmosfer dan air dipermukaannya, meskipun pada jutaan tahun pertamanya mars memilikinya.

Aktivitas 6: Zat cair di Mars?

Tekanan atmosfer di Mars lemah (0,7% dari tekanan atmosfer Bumi). Kendati tekanannya rendah, air membentuk awan di kutub-kutub planet. Namun mengapa Mars tidak memiliki zat cair di permukanaanya?

Masukanlah air panas (hampir mendidih) ke dalam tabung suntik

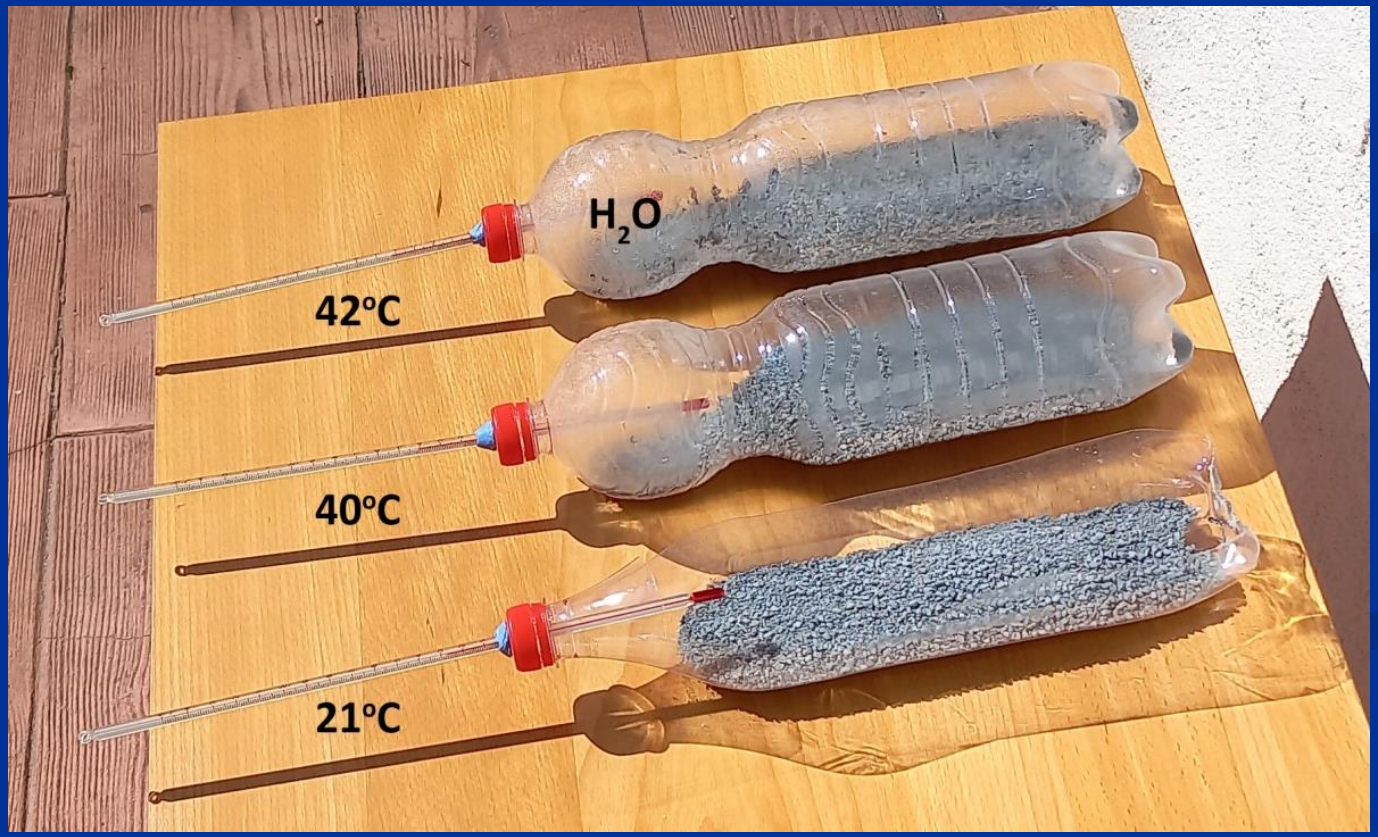
Jika kita menarik batang pendorong tekanan di dalam lebih rendah dan air akan mulai mendidihl, menjadi uap dan secara bertahap menghilang. Untuk mensimulasikan tekanan Mars kita harus memiliki tabung suntik yang panjang dan menarik batang pendorong hingaa 9 m.

Kegiatan 7: Efek rumah kaca

Kami memasukkan tanah hitam ke dalam 2 botol plastik kosong, dan pada botol ketiga dipotong memanjang menjadi dua. Kami memasukkan termometer ke dalam sumbat setiap botol. Botol yang dipotong mensimulasikan planet tanpa awan, botol pertama mensimulasikan planet dengan awan, dan pada botol terakhir, kami menaruh beberapa tetes air di dalamnya, untuk mensimulasikan atmosfer dengan uap air.

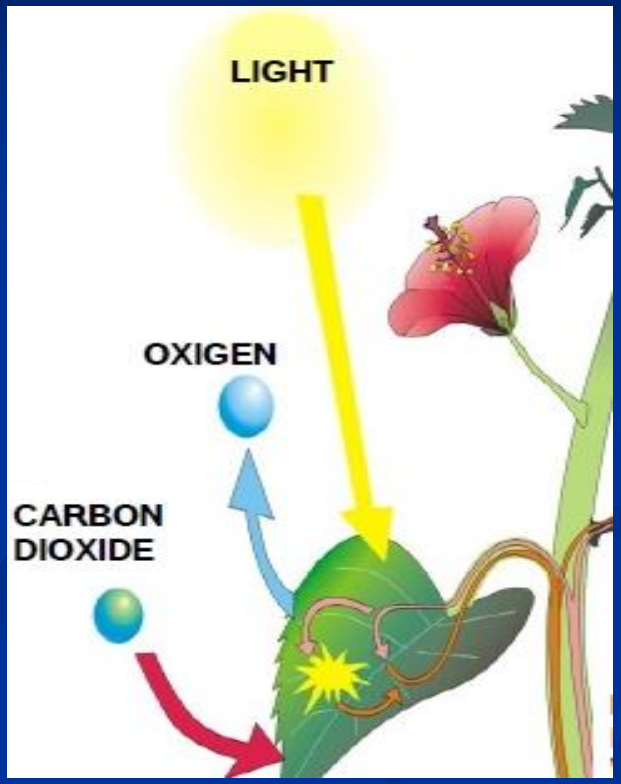
Kegiatan 7: Efek rumah kaca

Kami meletakkan botol-botol tersebut di bawah sinar matahari dan mengukur suhu di dalamnya setiap 5 menit. Kami mencatat hasil pengukuran untuk menentukan bagaimana efek rumah kaca berpengaruh.



Fotosintesis: Produksi Oksigen

Fotosintesis adalah proses di mana tanaman dan beberapa bakteri menggunakan sinar matahari **untuk menghasilkan glukosa, karbohidrat dan oksigen** dari karbon dioksida dan air.

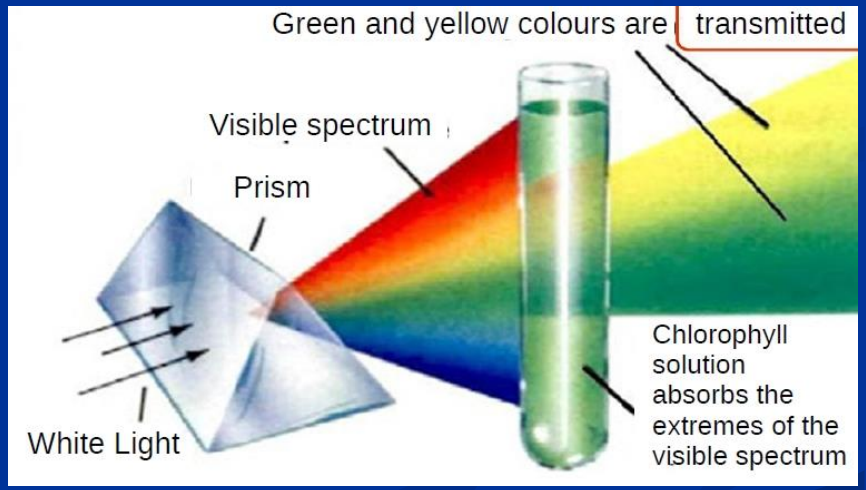


Molekul yang disebut pigmen fotosintesis mengubah energi cahaya menjadi energi kimia.

Fotosintesis: Mengapa daun berwarna hijau?

Cahaya yang diserap dapat digunakan oleh tanaman dalam reaksi kimia yang berbeda, sedangkan panjang gelombang cahaya yang dipantulkan menentukan warna dar pigmen yang akan terlihat mata

Salah satu kelompok pigmen fotosintesis adalah klorofil yang biasanya memiliki dua jenis penyerapan dalam spektrum cahaya tampak, satu pada daerah biru (400-500 nm), dan yang lainnya pada daerah merah (600-700 nm).



Namun pigmen ini memantulkan bagian tengah dari spektrum yang berkaitan dengan warna hijau (500-600 nm).

Fotosintesis: Produksi Oksigen

Pigmen tersinari dan mentransfer elektronnya yang dieksitasi oleh cahaya Air adalah donor elektron yang melompat dari satu molekul ke molekul lain dan **hasil akhirnya adalah produksi oksigen ketika molekul air diuraikan.** Ini merupakan fase luminous (terang) dari fotosintesis.

Pada fase gelap, karbohidrat atau gula diproduksi. Cahaya tidak dibutuhkan untuk bagian ini

Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Gunakan dua toples bening dan letakan kertas cellophane/plastic mika biru dan merah pada ujung toples

Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Dengan bantuan pelubang kertas, potong lubang pada daun (bayam atau sejenisnya, hindari bagian tulang daun). Letakkan 10 bulatan pada masing-masing toples

Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Siapkan larutan sodium bicarbonate 2 g/ 1 liter air.
Masukkan 20ml untuk setiap botol.
Rendam bulatan daun dengan larutan tersebut
Letakkan daun pada suntikan bekas dan sedot larutan bikarbonat hingga daun terendam semua.

Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Buang sebanyak mungkin udara yang masuk kedalam suntikan sehingga tinggal menyisakan daun yang terendam bikarbonat.

Tutup ujung suntikan dengan jari dan sedot suntikan secara rapat, untuk membuat ruang hampa, sehingga pada bagian kosong dari jaringan di dalam daun akan digantikan dengan larutan bicarbonate yang akan menjadi sumber karbon, mirip dengan struktur fotosintesis dari daun.

Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Tempatkan bulatan daun pada masing-masing toples. Tutup masing-masing toples dengan kertas cellophane/mika merah dan biru.

Letakkan sebuah lampu (tidak kurang dari 70 W) diatas masing masing toples (dengan dilapisi kertas/plastic). Kedua lampu berada pada jarak yang sama.

Lebih baik menggunakan LED karena lampu jenis lain memancarkan energi dalam bentuk panas

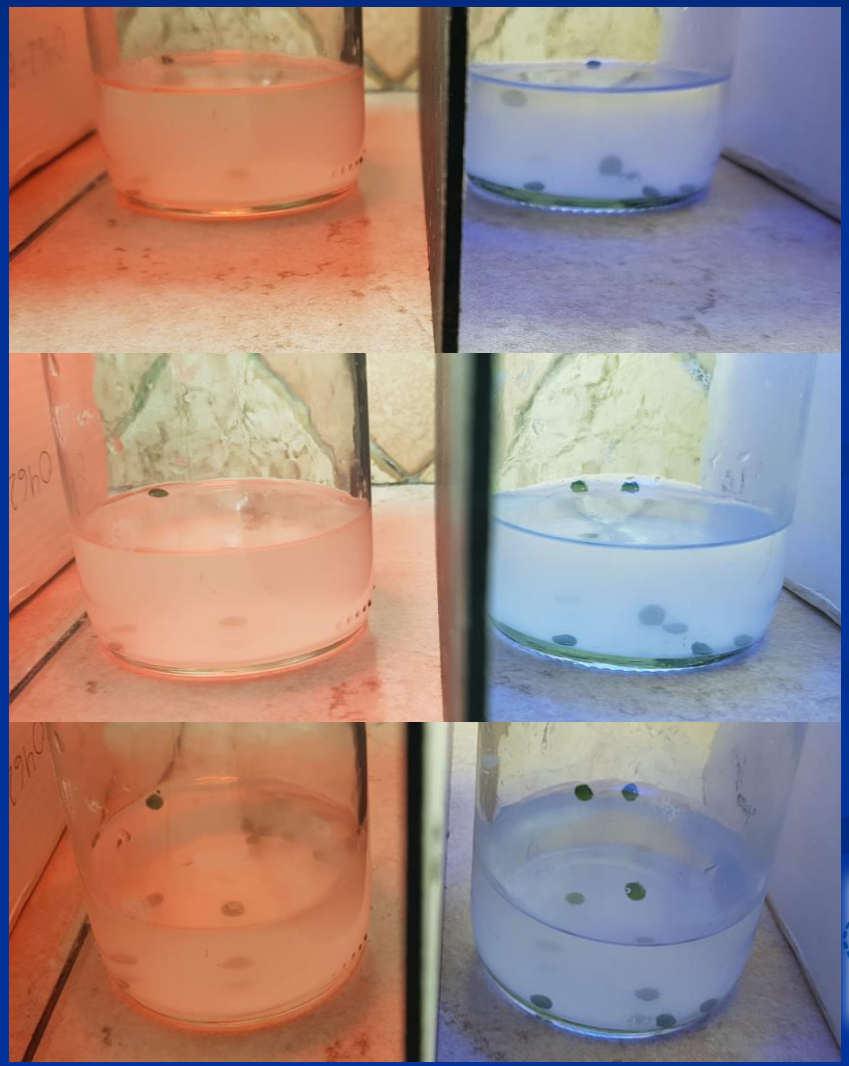
Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Ketika lampu dinyalakan, mulai menghitung waktu hingga bulatan daun mengapung

Hal ini adalah pengukuran tidak langsung dari laju fotosintesis

Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Tunggu sekitar 5 menit hingga bulatan daun mulai mengapung (bergantung dengan daya dari lampu dan jaraknya)



Aktivitas 8: Produksi oksigen oleh fotosintesis

Bulatan daun mulai mengapung karena daun melepaskan oksigen dalam bentuk gelembung sehingga membuatnya mengapung

Waktu nya berbeda, bergantung dengan warna dari cahaya: warna biru akan membuat prosesnya lebih cepat (biru adalah daerah radiasi elektromagnetik dengan energi lebih tinggi, sehingga prosesnya lebih efisien)

Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Ragi (jamur) mengubah gula (glukosa) menjadi etil alkohol atau etanol dan karbon dioksida.

Fermentasi merupakan proses pembangkitan energi dengan efisiensi rendah, sedangkan bernafas lebih efektif dan lebih modern jika dilihat dari sudut pandang evolusi.

Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Jika kita mengamati adanya keberadaan karbon dioksida, maka kita bias tau bahwa telah terjadi proses fermentasi, sehingga kemungkinan adanya kehidupan telah teruji

Pada semua kasus pada percobaan kita, kita mulai dari tanaman yang memerlukan air.

Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Kita akan menggunakan:

1 sendok makan ragi (untuk membuat roti). Ini adalah mikroorganisme hidup yang mudah didapat,

1 gelas air hangat (lebih dari setengah gelas antara 22° dan 27° C),

1 sendok makan gula, untuk dikonsumsi mikroorganisme.

Prosedur yang sama dalam eksperimen kontrol dan eksperimen lain dilakukan di bawah kondisi ekstrem

Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Eksperimen kontrol:

Dalam gelas, larutkan ragi dan gula dalam air hangat. Campuran yang didapat segera diletakan pada plastic kedap udara, dengan mengeluarkan udara didalamnya dan menutupnya

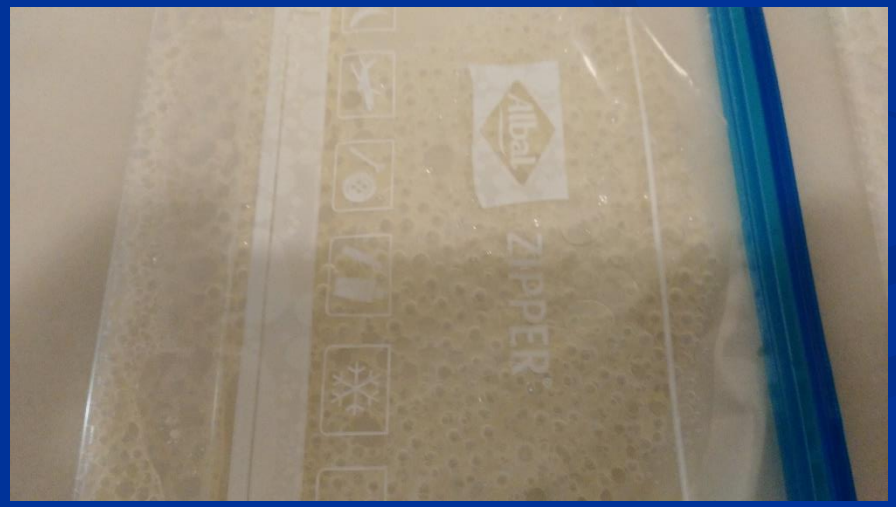
Penting untuk tidak meninggalkan udara didalam plastik

Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Eksperimen control:

Setelah 15-20 menit, anda akan melihat gelembung karbon dioksida menggelembungkan plastik

Adanya karbon dioksida menujukan bahwa mikroorganismenya hidup



Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

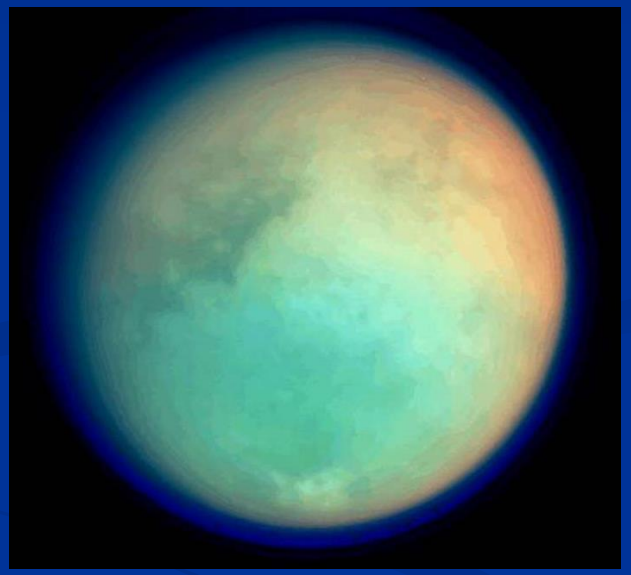
Prosedur pada "planet alkalin (basa)" (contoh. Neptunus atau Titan keduanya mengandung ammonia):

Ulangi percobaan sebelumnya dengan menggunakan sodium bikarbonat atau ammonia.

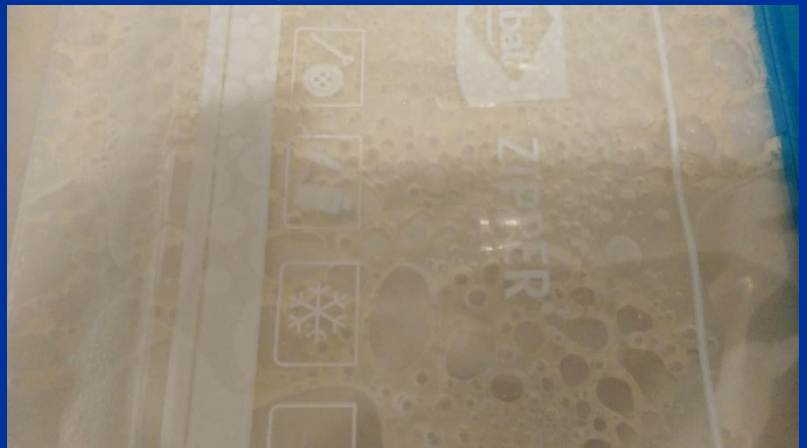
Skala Ph alkaline:

Sodium Bicarbonate atau Baking soda: Ph 8.4

Homemade Ammonia: Ph 11



Titan, Credit NASA



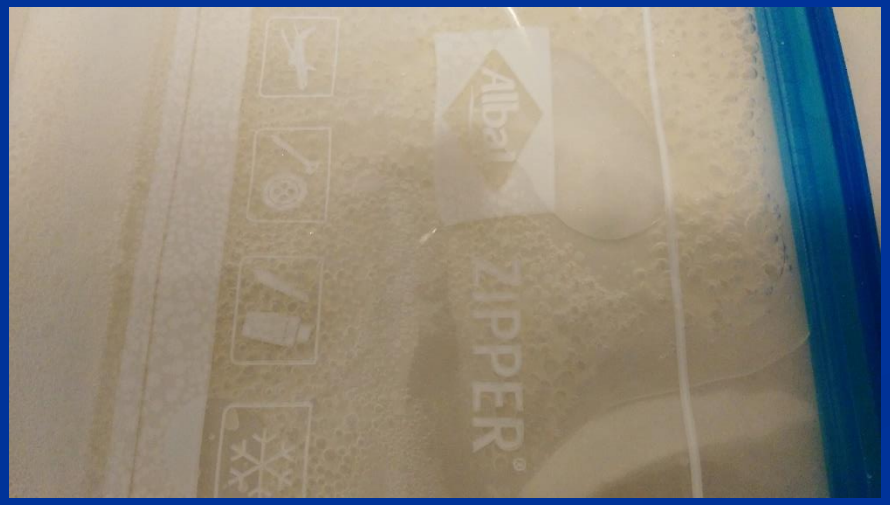
Jika ada gelembung maka ada kehidupan

Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Prosedur untuk "planet saline (garam)" (contoh Mars atau Ganymede).

Ulangi eksperimen dengan menggunakan larutan sodium klorida (garam) di dalam air.

Ganimede, Credit NASA



Jika ada gelembung, maka ada kehidupan

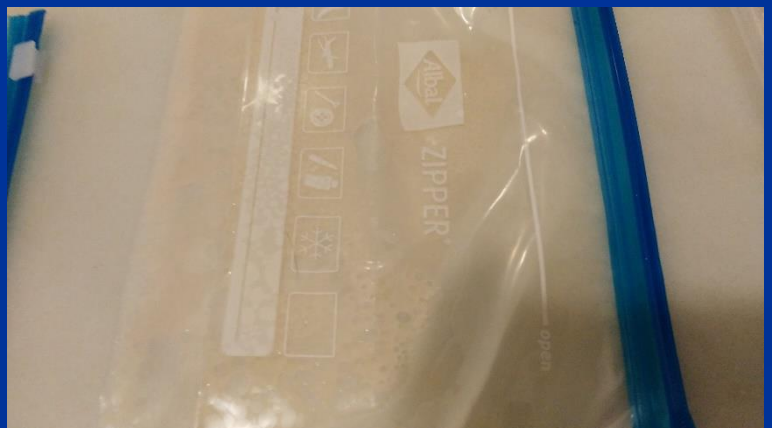
Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

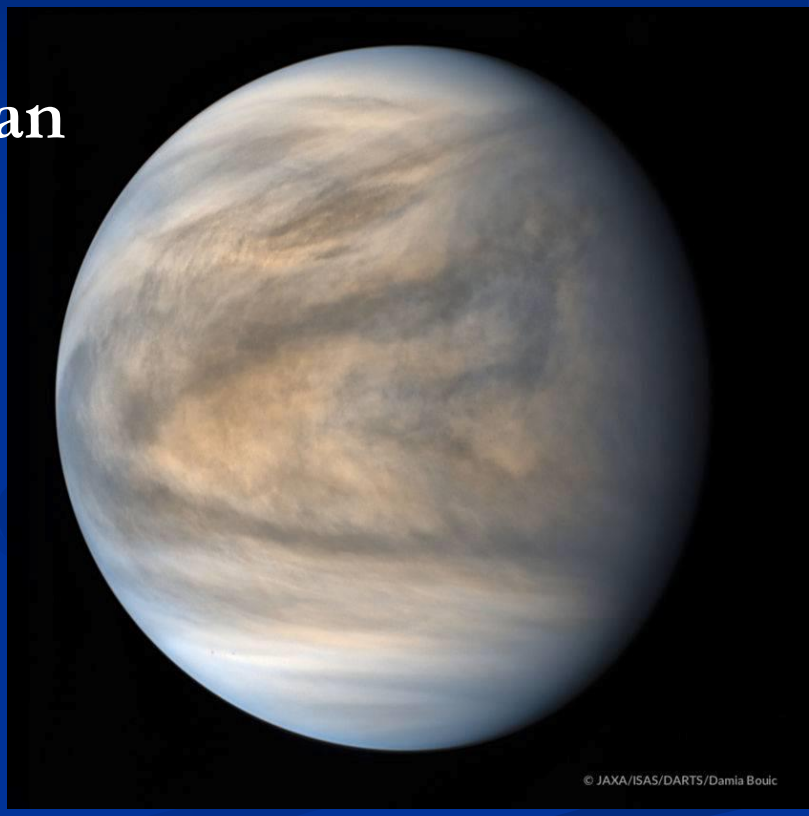
Prosedur untuk "planet asam" (contoh Venus yang memiliki hujan belerang): Ulangi percobaan dengan menggunakan cuka atau jus lemon yang dilarutkan menggunakan air.

Skala Ph keasaman:

Cuka: Ph 2.9

Jus lemon: Ph 2.3





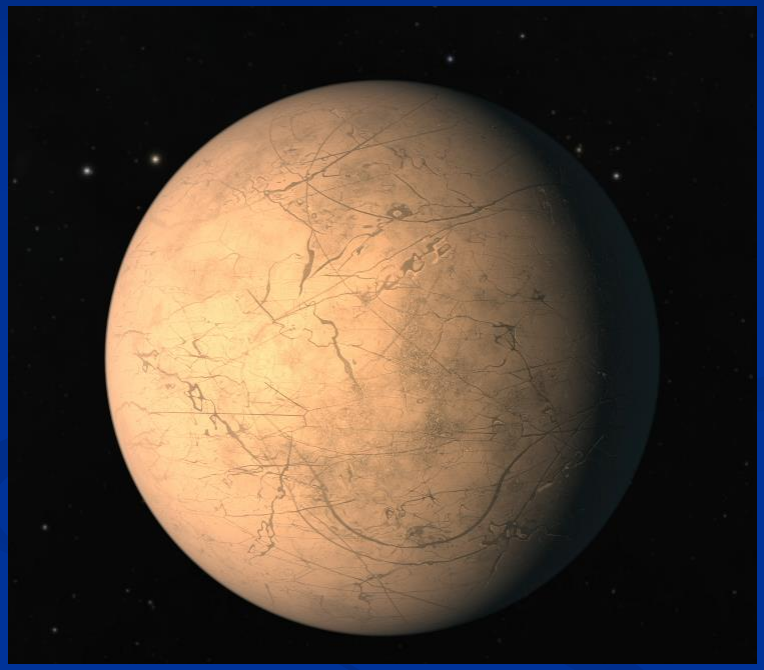
Venus, Credit NASA

Jika ada gelembung maka ada kehidupan

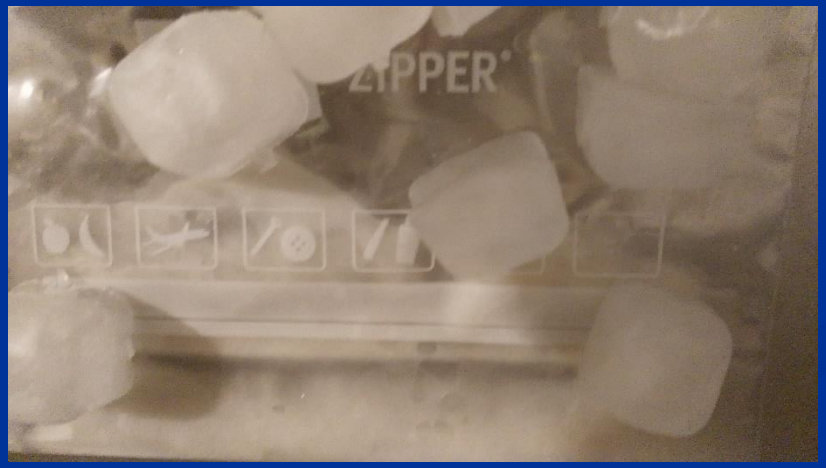
Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Prosedure untuk "Planet es" (contoh Europa atau Trapist-1 h)

Percobaan dilakukan dengan meletakkan plastic pada wadah yang berisi es atau gunakan freezer



Trappist 1h Artist's impression

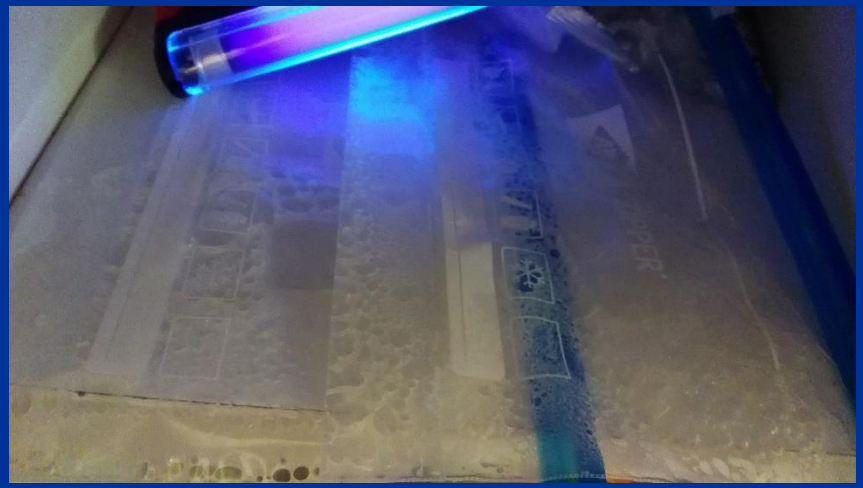


Jika tidak ada gelembung, maka tidak ada kehidupan

Aktivitas 9: Kehidupan dalam kondisi ekstrem

Prosedur pada "planet dengan UV" (contoh Mars)

Lakukan eksperimen namun letakkan wadah plastic dibawah lampu UV



Marte, Credit iStock

Jika tidak ada gelembung, maka tidak ada kehidupan

Aktivitas 10: Mencari Bumi kedua

Bumi merupakan satu-satunya planet yang diketahui memiliki kehidupan. Mari kita cari eksoplanet dengan kondisi yang mirip. Namun parameter apakah yang penting?

- ❑ Jari-jari dan Massa
- ❑ Zona layak huni
- ❑ Bintang Induk

Jari-jari dan Massa(eksoplanet)

Jejari dan massa dari planet harus dipertimbangkan untuk mendapatkan nilai kerapatan yang pas,

Denan menggunakan kriteria Misi Kepler:

- Planet berukuran mirip Bumi harus memiliki jejari kurang dari 2 jejari Bumi. $R<2Re$
- Massa 10 Massa Bumi dianggap sebagai batas atas untuk planet batuan $M<10Me$

Zona layak huni

Bintang deret utama memiliki hubungan langsung antara suhu dan kecerlangan. Semakin panas permukaannya, maka semakin terang bintangnya dan zona layak huninya akan semakin jauh dari bintang.

Kelas Spektrum	Temperature K	Habitability Zone 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 Bintang Induk

Kehidupan dan evolusi bintang bergantung dengan massanya. Energi yang bintang dapatkan dari fusi hidrogen sebanding dengan massanya. Dan **waktu yang dihabiskan bintang di deret utama didapat dengan membagi energi dengan luminositas bintang.** Dengan menggunakan Matahari sebagai referensi, usia bintang di deret utama adalah

$$t*/ts = (M*/Ms)/(L*/Ls)$$

Untuk deret utama, luminositas sebanding dengan massa mengikuti $L \alpha M^{3.5}$

$$t*/ts = (M*/Ms)/(M*^{3.5}/Ms^{3.5}) = (M*/Ms)^{-2.5}$$

Massa Bintang Induk

Kemudian

$$t*/ts=(Ms/M*)^{2.5}$$

Sehingga jika **usia Matahari ts=10^{10} years**, maka usia bintang dapat dihitung dengan:

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

Mari kita hitung batas atas dari massa bintang sehingga **bintang tersebut setidaknya**
3 x 10^9 tahun berada di fase deret utama untuk memberikan waktu pada kehidupan untuk berevolusi

$$M* = (10^{-10} \text{ x } t)^{-0.4} Ms$$

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

M* =< 1.6 Ms

Mencari Bumi kedua

Exoplanet Name	Mass in masses of Earth	Radius in Earth radii	Distance to star in AU	Star Mass in masses of the Sun	Star Spectral Type/surface temperature
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

Mencari Bumi kedua

Exoplanet Name	Mass in masses of Earth	Radius in Earth radii	Distance to star in AU	Star Mass in masses of the Sun	Star Spectral Type/surface temperature
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

Kesimpulan

- Memahami konsep zona layak huni
- Mengenalkan konsep astrobiologi
- Menunjukan carai bagaimana untuk menghasilkan oksigen dan mendapatkan karbon dioksida
- Bagaimana mencari Bumi kedua

Terimakasih atas perhatian anda!