اخترزیست شناسی

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

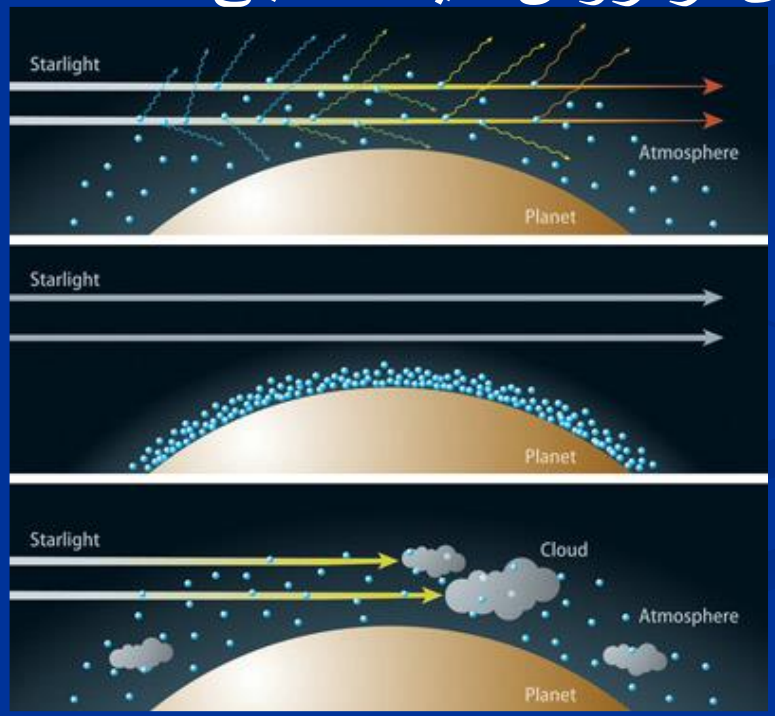
اهداف

- آشنایی با محل ایجاد عناصر مختلف جدول تناوبی
- درک شرایط حیاتی لازم برای توسعه حیات
- آشنایی با حداقل دستورالعمل های لازم برای حیات در خارج از زمین

پیدایش سیستم سیاره ای

طی فرایند پیدایش یک ستاره، سیستم سیاره ای متشکل از مواد باقی مانده ی ستاره، شکل می گیرد.

برای شناسایی ترکیبات ستاره و آگاهی از جو سیارات فراخورشیدی از روش طیف سنجی استفاده می شود.



فعالیت یک: پیدایش سیستم سیاره ای از گاز و غبار

دو گروه بسازید، مثلا: دخترها(گاز)، پسرها(گردو غبار).
(نکته ی مهم : تعداد افراد دو گروه متفاوت است، گروه بزرگ تر گاز خواهد بود. چرا که در یک سیستم سیاره ای در حال تشکیل، جرم گاز، صدها برابر بیشتر از جرم غبار است.
با شنیدن داستان، شرکت کنندگان، حرکاتی متناسب با آن انجام دهند، برای مثال:

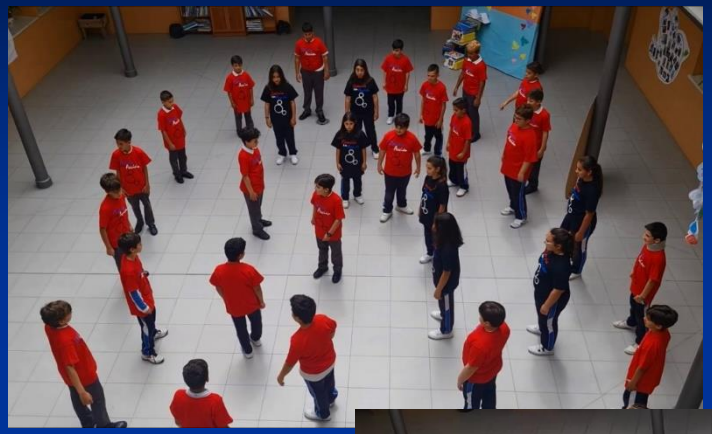
فعالیت 1: پیدایش سیستم سیاره ای از گاز و غبار

حرکات شرکت کنندگان:	متن داستان
همه با هم یک ابر بسازند. تعداد افرادی که نماینگر گاز هستند بیشتر باشد. در ابر، افراد دست یکدیگر را به صورت تصادفی بگیرند و یک شبکه بسازند.	**ابری متشکل از مقدار زیادی گاز و کمی غبار وجود داشت.**
از هم جدا شوند. شرکت کنندگانی که گاز هستند در مرکز جمع شده و شرکت کنندگانی که غبار هستند، دست یکدیگر را پیرامون مرکز گرفته.	**سپس گازها، شروع به نزدیک شدن به مرکز ابر نموده و پیرامون آن ها غبار جمع شد.**

فعالیت 1: پیدایش سیستم سیاره ای از گاز و غبار

حرکات شرکت کنندگان:	متن داستان
آن ها شروع به چرخیدن، حرکت، برخورد، لرزش و پریدن می کنند. در نتیجه برخی از آن ها به بیرون پرتاب می شوند و سایرذرات نجات یافته و همدیگر را با ذرات آشنا جذب می کنند.(گاز با گاز، غبار با غبار)	**حرکت های زیادی وجود داشت. ذرات گاز یکدیگر و ذرات غبار یکدیگر ار جذب می کردند.**
آن ها(گاز) در مرکز جمع شده و سایر شرکت کنندگانی که نقش غبار را دارند،به صورت یک دایره دست همدیگر را گرفته ، پیرامون مرکز قرار گیرند. نکته: همه ی گازها در مرکز قرار ندارند، برخی از گازها خارج از حلقه قرار دارند.	**در مرکز یک هسته ی مات تشکیل شده که دیسکی از گاز و غبار پیرامون آن قرار دارد.**

فعالیت 1: پیدایش سیستم سیاره ای از گاز و غبار



فعالیت 1: پیدایش سیستم سیاره ای از گاز و غبار

حرکات شرکت کنندگان:	متن داستان
خورشید یا ستاره ی والد، شروع به تابش در همه ی جهت ها می کند. نکته: زمانی که ستاره یا ستاره ی والد، شروع به تابش می کند، گاز های سست، از آن دور می شوند.	**این هسته در نهایت به ستاره یا ستاره ی والد یک منظومه ی فرا خورشیدی می شود.**
شرکت کنندگانی که غبار بودند، با تشکیل یک گروه، سیارات خاکی را بسازند. نکته: همه ی غبار در تشکیل سیارات خاکی شرکت نمی کنند. برخی از آن ها می بایست در نواحی دور قرار گیرند.	**برخی از سیارات کوچک از ذرات غباری که به هم پیوسته و به مرور بزرگ و بزرگ تر شده، سپس سنگ ها را ایجاد کرده، تشکیل می شوند. این عمل تا پیدایش سیارات گازی ادامه پیدا می کند.**

فعالیت 1: پیدایش سیستم سیاره ای از گاز و غبار

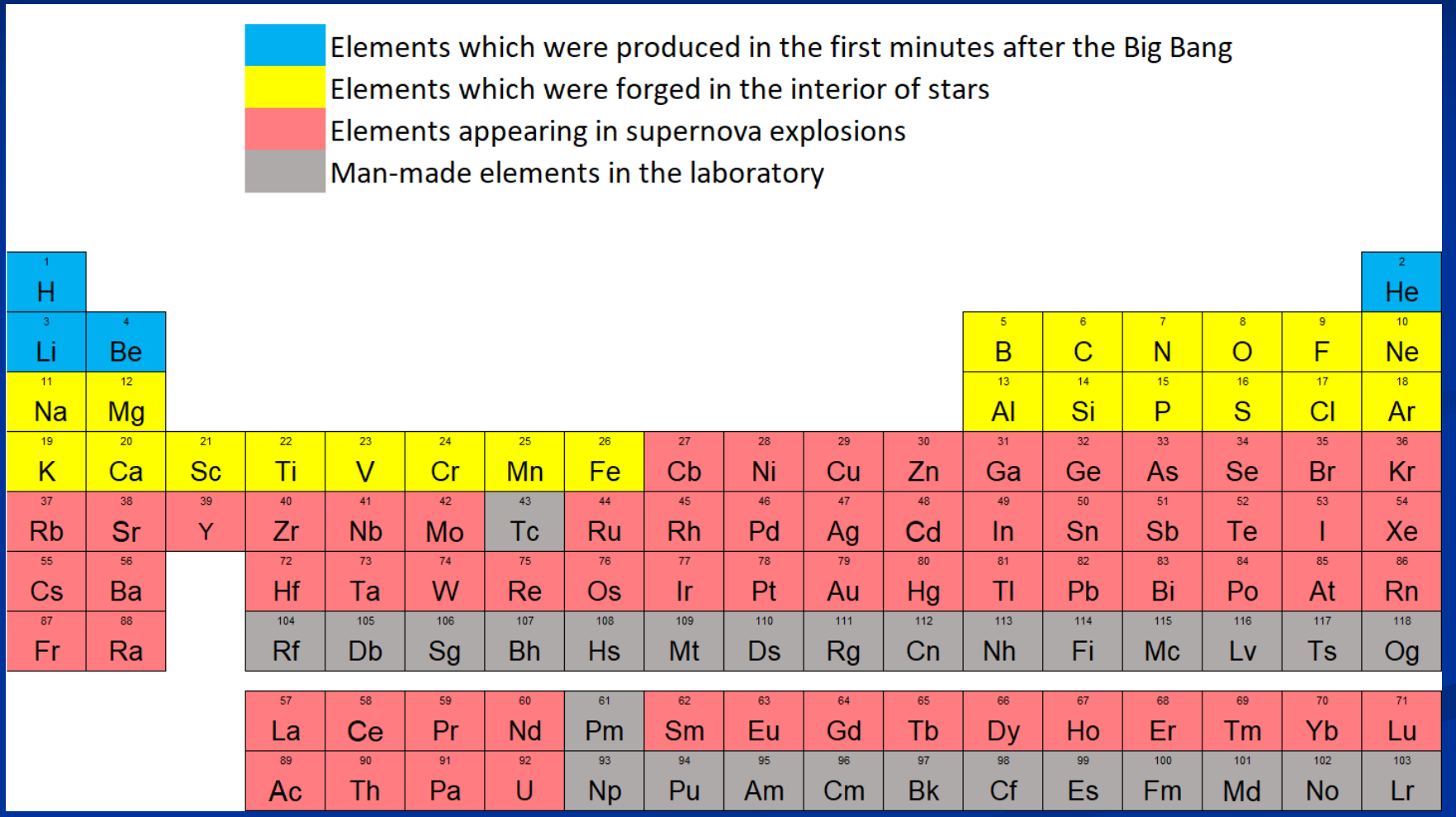
حرکات شرکت کنندگان:	متن داستان
در نهایت، سیارات گازی از به هم پیوستن میزان زیادی گاز ومقداری غبار تشکلی می شوند. نکته: کاهش دما در اثر فاصله ی زیاد از خورشید و یا ستاره ی والد، علت اصلی تفاوت در بین سیارات سنگی داخلی و سیارات غول پیکر خارجی است.	**سیارات گازی دور از گرمای ستاره و یا ستاره ی مرکزی، در جایی که گازها بتوانند بدون هیچ مزاحمی جمع شوند، تشکیل می شوند.**

فعالیت 1: پیدایش سیستم سیاره ای از گاز و غبار

فعالیت 2: طیف نشری

طیف سنجی به ما اجازه می دهد تا اطلاعاتی در مورد ترکیب شیمیایی سیارات فراخورشیدی و جو آنها بدانیم. ما می‌توانیم طیف یک لامپ را با یک دی‌وی‌دی تجسم کنیم (خطوط گازهای موجود در آن را می‌بینیم).

نگاهی شیمیایی به تکامل ستاره ای



فعالیت 3: دسته بندی عناصر جدول تناوبی

هر کدام را در یک سبد(آبی؛ زرد، قرمز) قرار دهید.

سیم ظرفشویی Nickel Ni	گاز بادبادک تولد Helium He	مته دریل Titanium Ti	حلقه Gold Au
محلول ید Iodine I	سیم برق مسی Copper Cu	شمع ماشین Platinum Pt	تلفن همراه/ باتری پشت آن: Lithium Li
گوگرد برای کشاورزی Sulfur S	مداد سیاه Graphite C	ماهیتابه قدیمی: Aluminum Al	بطری آب معدنی: Hydrogen H
لوله: Lead Pb	مدال: Silver Ag	ساعت مچی TitaniumTi	بطری نوشیدنی: Aluminum Al
جعبه کبریت: Phosphorus P	دماسنج Gallium Ga	ناخن قدیمی زنگ زده Iron Fe	مداد تراش از جنس روی: Zinc Zn

عناصری که در اولین دقایق بعد از انفجار بزرگ ایجاد شدند(آب)

عناصری که در داخل ستاره ها ایجاد شدند(زرد)

عناصری که در انفجارهای ابرنواختری ظاهر شدند(قرمز)

عناصری که در آزمایشگاه ایجاد شدند(خاکستری)، مثل: سریم

فعالیت 3: دسته بندی عناصر جدول تناوبی

سیم ظرفشویی Nickel Ni	گاز بادکنک تولد Helium He	Drill bit coated with: Titanium Ti	حلقه : Gold Au
محلول ید: Iodine I	سیمی مسی برق: Copper Cu	Car spark plugs: Platinum Pt	تلفن همراه/ باتری پشت آن: Lithium Li
گوگرد برای کشاورزی Sulfur S	مداد سیاه: Graphite C	ماهیتابه قدیمی Aluminum Al	بطری آب: Hydrogen H
لوله: Lead Pb	مدال: Silver Ag	ساعت مچی: TitaniumTi	بطری نوشیدنی: Aluminum Al
جعبه کبریت: Phosphorus P	دماسنج: Gallium Ga	ناخن قدیمی زنگ زده: Iron Fe	مدادتراش روی: Zinc Zn

عناصر انفجار بزرگ(آبی)

عناصر ستاره ای(زرد)

عناصر ناشی از ابرنواختر(قرمز)

عناصر ساخته شده در آزمایشگاه(خاکستری): سزیم

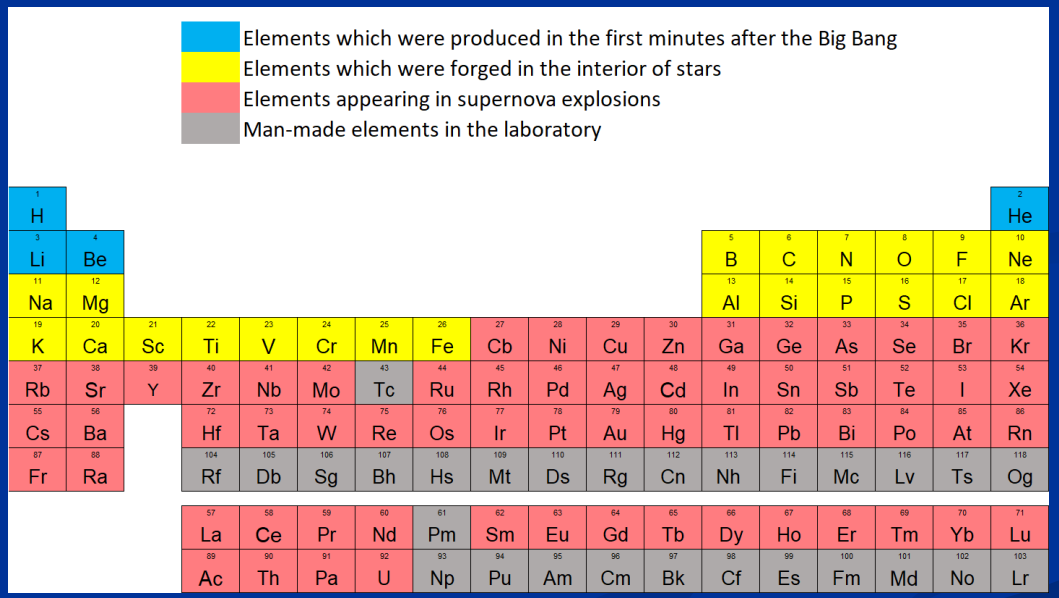
فعالیت4: فرزندان ستارگان

ترکیبات بدن انسان:

عناصر اصلی: اکسیژن، کربن، هیدروژن، کلسیم، فسفر، پتاسیم، گوگرد، سدیم، کلر، آهن و منیزیم

عناصر کمتر: روی، فلور، مس، وانادیم، نیکل، سیلیس، قلع، منگنز، ید، مولیبدن، کروم و کبالت

عناصر ضروری: لیتیم، کادمیوم، آرسنیک و قلع.

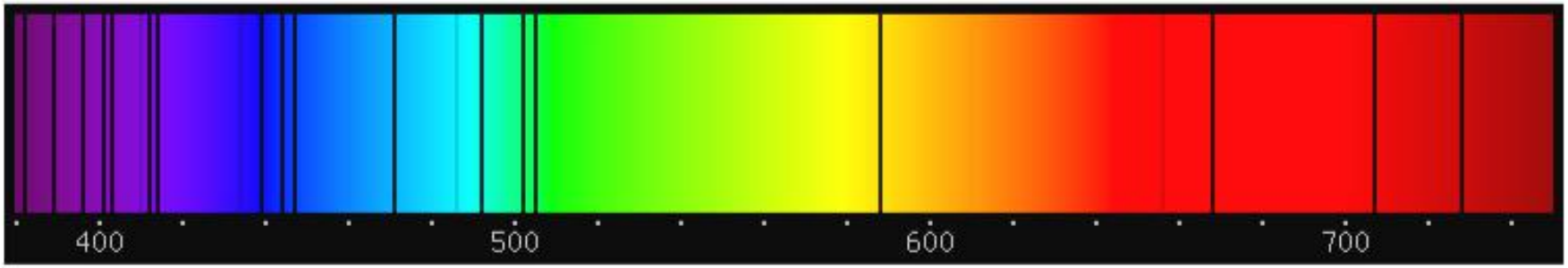


همه عناصر فراوان(به جز هیدروژن) در ستاره ها ساخته شده اند.

ما فرزندان ستارگان هستیم!!!

خورشید نسل اول نیست.

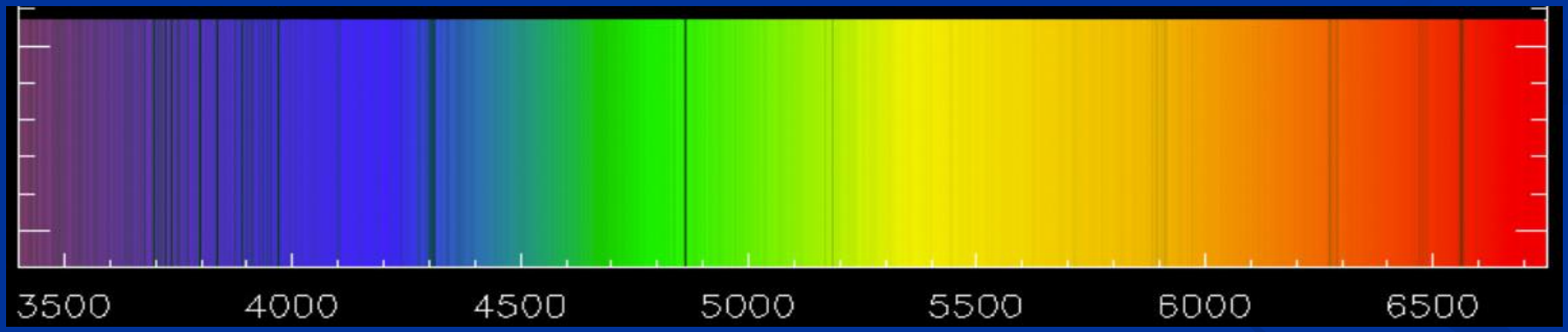
ستارگان نسل اول، سریع زندگی کردند، در جوانی مردند و امروزه زنده نیستند. تنها از طریق خطوط هیدروژن،هلیوم و شاید لتیم قابل مشاهده هستند.



طیف نسل اول(Artist's impression).

خورشید نسل اول نیست.

ستارگان با عناصر بیشتر، بیانگر این است که ابر اولیه ی آن ها از باقی مانده ی یک انفجار ابرنواختری ایجاد شده است.

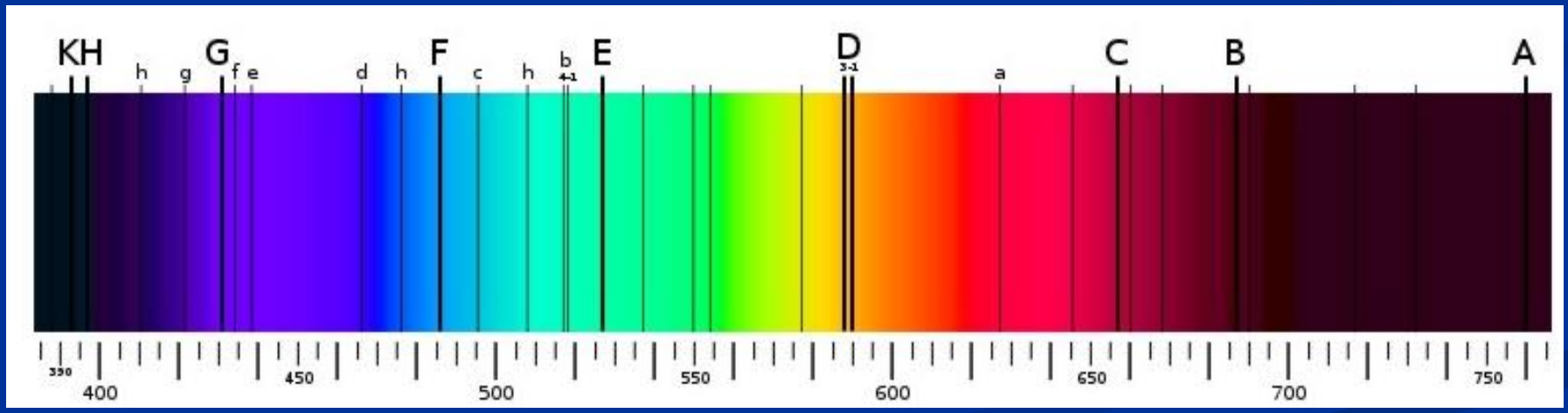


طیف نسل دوم.

SMSS J031300.36-670839.3 with Hydrogen and Carbon lines

خورشید نسل اول نیست.

عناصر بسیاری در منظومه شمسی بعد از انفجار ابرنواختری،پدیدار شد. بنابراین احتمالا خورشید از یک ابر اولیه ناشی از حداقل دو انفجار ابرنواختری ایجاد شده است. و این نسل سوم ستارگان است.

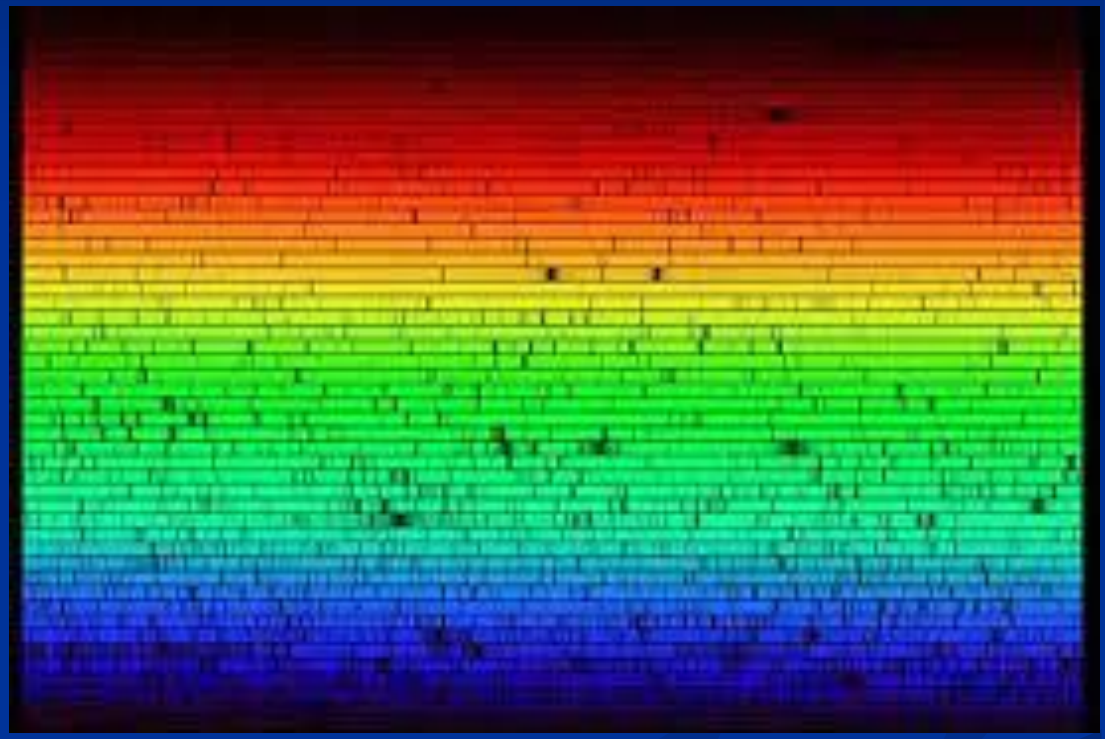


طیف خورشید به همراه خطوط طیفی متفاوت

فعالیت 5: خطوط فرانهوفر خورشید

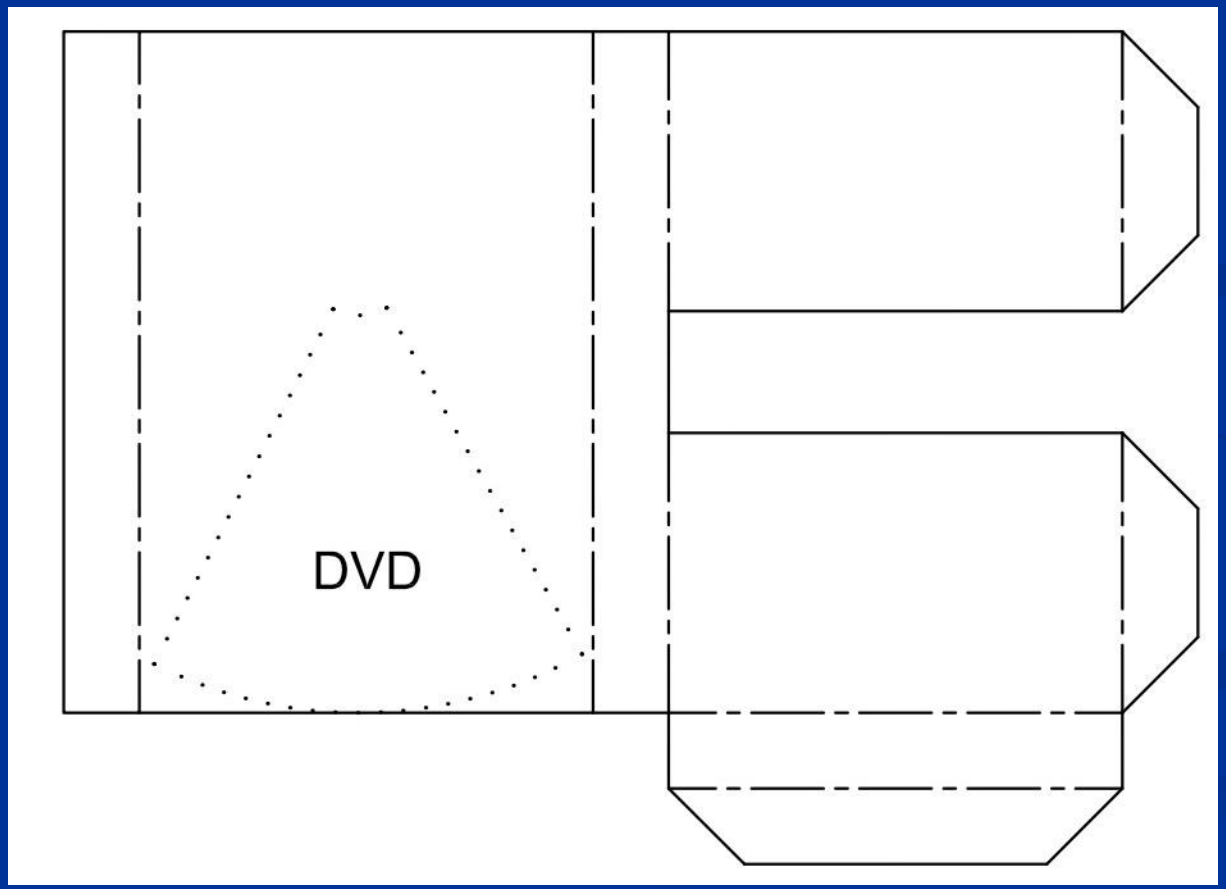
- طیف خورشید پیوسته است، با خطوط تیره ای به نام خطوط فرانهوفر که با عناصر شیمیایی موجود در جو آن مطابقت دارد.

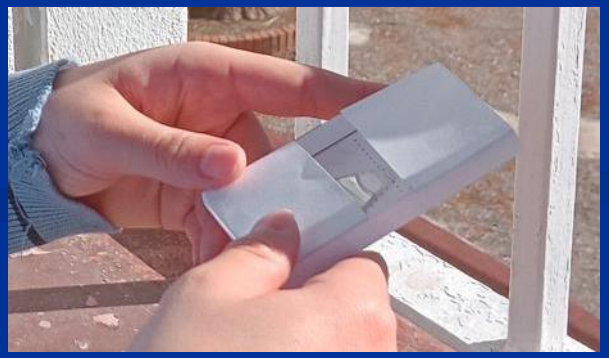
آنها را می توان با چشم غیرمسلح در انعکاس نور خورشید در یک دی وی دی دید. خطوط آهن زیادی مشاهده می شود، سه گانه منیزیم (به رنگ سبز)، دوتایی سدیم (به رنگ زرد)

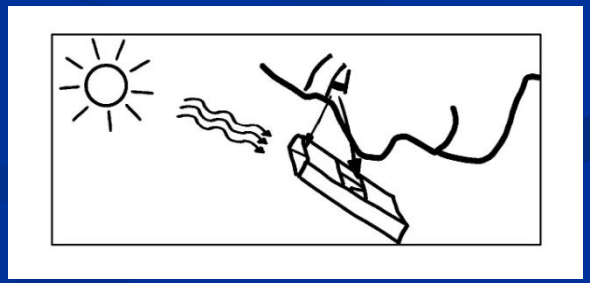


فعالیت 5: طیف فرانهوفر

قالب را برش دهید، 1/8 دی وی دی را بچسبانید و جعبه را با دی وی دی داخل آن جمع کنید و در امتداد خطوط نقطه چین تا کنید.

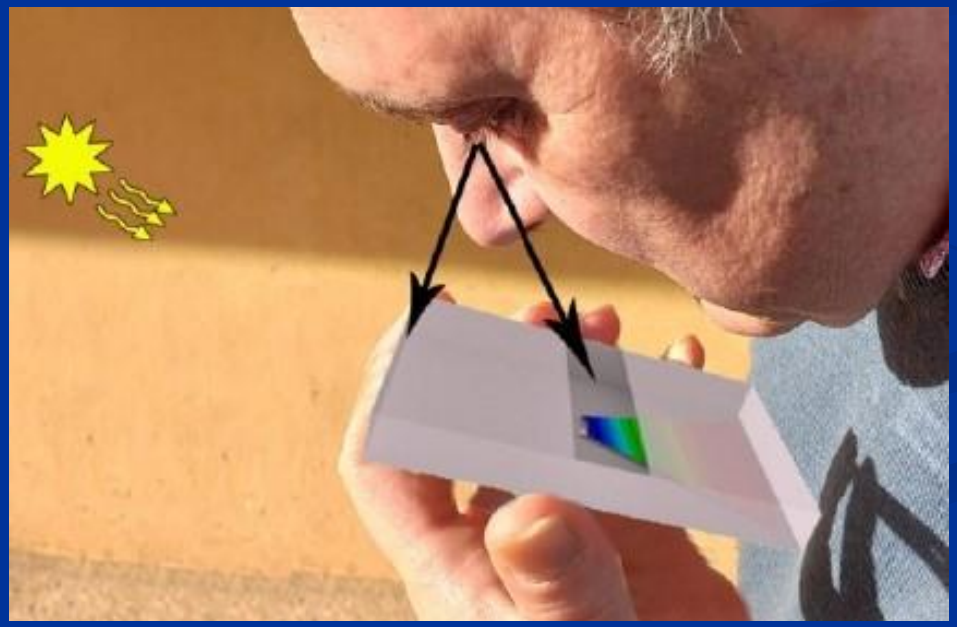






فعاليت 5: طيف فرانهوفر

در يک روز آفتابي به بيرون برويد و خورشيد را ببينيد.
همان طور که در تصوير مشاهده مي کنيد، جعبه را جلوي صورت خود قرار دهيد، به طوري که لبه بالايي رو به روي چشم تان قرار گيرد.
با نگاه کردن به داخل دي وي دي، به آرامي حرکت کنيد تا زماني که انعکاس شعاعي روشن و رنگارنگ از خورشيد را روي دي وي دي مشاهده کنيد.



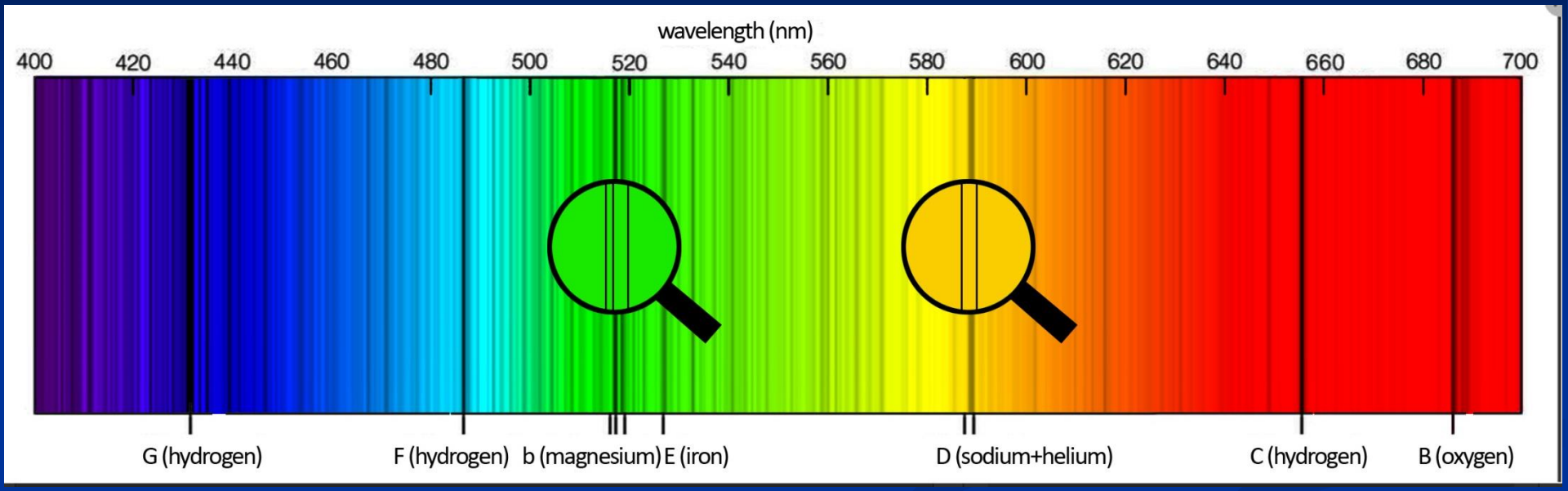
فعالیت 5: خطوط فرانهوفر خورشید

برای دیدن خطوط فرانهوفر، باید با خورشید روبرو شوید،با یک دی وی دی به صورت افقی، صورت خود را حدود 5 سانتی متر از دی وی دی بیاورید.

چشم خود را درست بالای سوراخ مرکزی دی وی دی قرار دهید.

در آن موقعیت، به رنگ های انعکاس خورشید نزدیک لبه دی وی دی کنار بدن خود نگاه کنید.

فعالیت 5: طیف فرانهوفر



از بين خطوطي كه مشاهده مي شود، برخي داراي شدت بيشتري هستند.
پر رنگ ترين خطي كه در ناحيه آبي مشاهده مي شود، از هيدروژن مي آيد. در ناحيه سبز رنگ، سه نوار بسيار نزديک به هم را مي توانيد مشاهده كنيد كه اين خطوط سه گانه مربوط به منيزيوم است. خط مشكي پس از سه گانه منيزيوم نيز، از آهن مي آيد. در قسمت زرد رنگ نيز يک نوار دوتايي مي بينيد كه مربوط به هليوم و سديم است و در قسمت قرمز رنگ، يک هيدروژن شديد را مي بينيد.

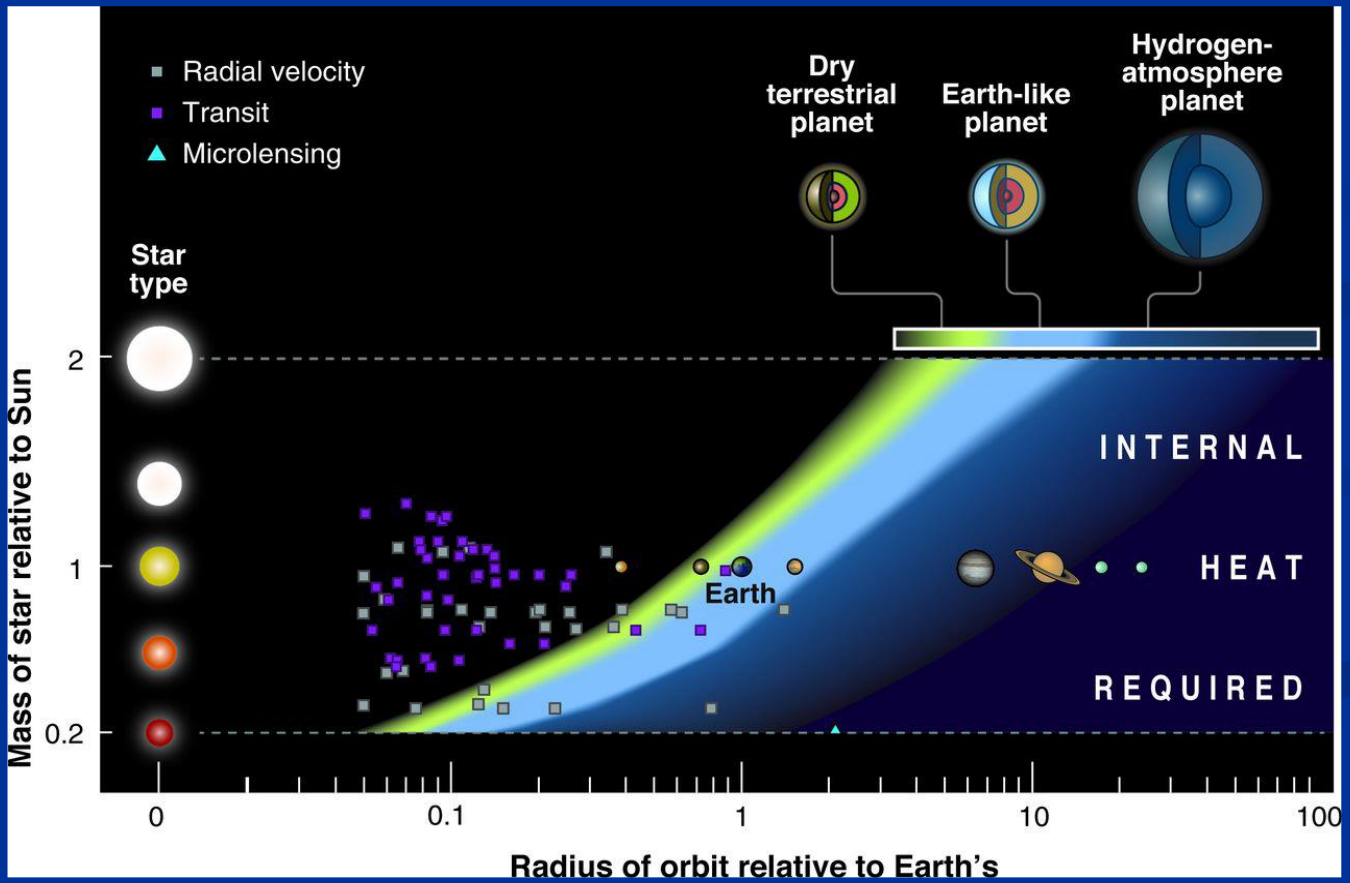
کمربند حیات

کمربند حیات، منطقه ای پیرامون ستاره ی مرکزی است که میزان تابش دریافتی بر سطح سیاره خاکی امکان حضور آب به صورت مایع را فراهم می کند.(تصور بر این است که پیدایش حیات بر پایه ی کربن، در حضورآب مایع صورت می گیرد.)

این معمولا در اجرامی با جرم بین 0.5 تا 10 برابر زمین و فشاری بیشتر از 6.1mbar، که نقطه ی سه گانه آب در دمای K 273.16 ، رخ می دهد.(دمایی که سه حالت آب به صورت، بخار، مایع و جامد حضور دارند).

کمربند حیات

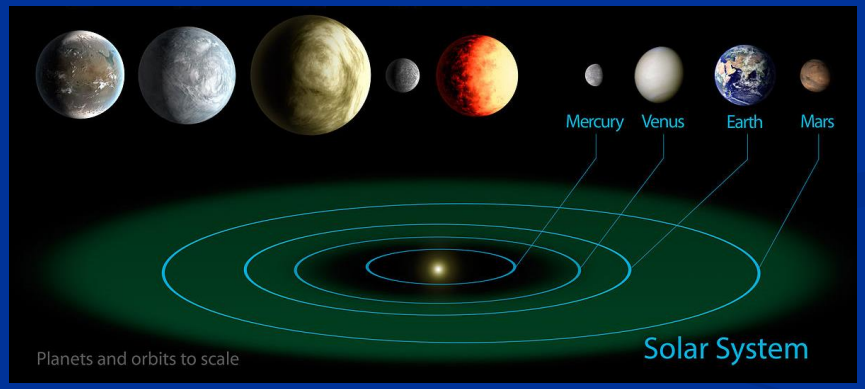
کمربند حیات به جرم ستاره وابسته است.هرچه جرم بیشتر،دما و تابش بیشتر و در نتیجه کمربند حیات در فاصله ی دورتری قرار می گیرد.



سایر شرایط حیات

فاصله ی مداری سیاره، که سیاره در کمربند حیات قرار بگیرد شرط لازم است اما کافی نیست تا میزبان حیات باشد.

برای مثال: بهرام و ناهید



جرم سیاره باید به اندازه ی کافی زیاد باشد تا جاذبه ی آن اتمسفر را نگاه دارد.

این دلیل اصلی این است که چرا مریخ در حال حاضر فاقد حیات است، در میلیارد سال نخستین، بیشتر اتمسفر و آب های سطحی خود را از دست داد.

فعالیت6:آب مایع در مریخ؟

- در مریخ فشار اتمسفر ضعیف است (0.7%از فشار زمین است).با وجود این فشار کم،آب از ابرهایی در قطب سیاره می اید. ولی چرا در سطح مریخ هیچ اب مایعی وجود ندارد؟

- ما اب داغ نزدیک به جوش می ریزیم داخل سرنگ

اگر ما پیستون را بکشیم،فشار داخل ان کم میشود واب شروع به جوشیدن میکند و به تدریج بخار ناپدید میشود. برای شبیه سازی فشار مریخی باید یک سرنگ بلند داشته باشیم تا بتوانیم پیستون را تا 9متر بکشیم بالا.

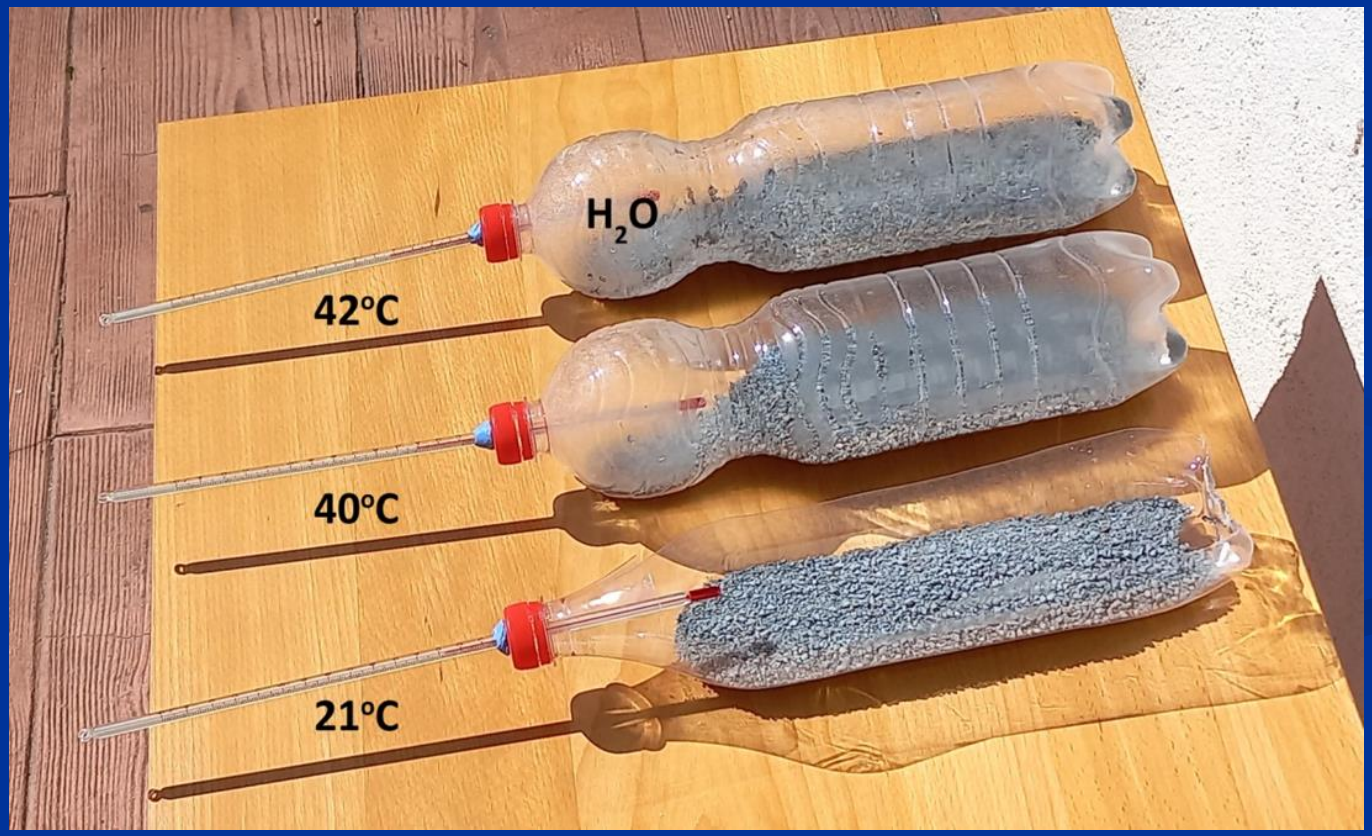
فعالیت 7: اثر گلخانه ای

داخل 2 بطری پلاستیکی خالی خاک تیره می گذاریم و در سومین بطریدر راستای طول از وسط نصف می کنیم.

ما یک دماسنج را در درب هر بطری قرار دادیم. بطری بریده شده سیاره بدون ابر را شبیه سازی می کند، اولین بطری کامل سیاره را با ابر شبیه سازی می کند و در آخرین بطری چند قطره آب داخل آن می ریزیم تا جوی را با بخار آب شبیه سازی کنیم.

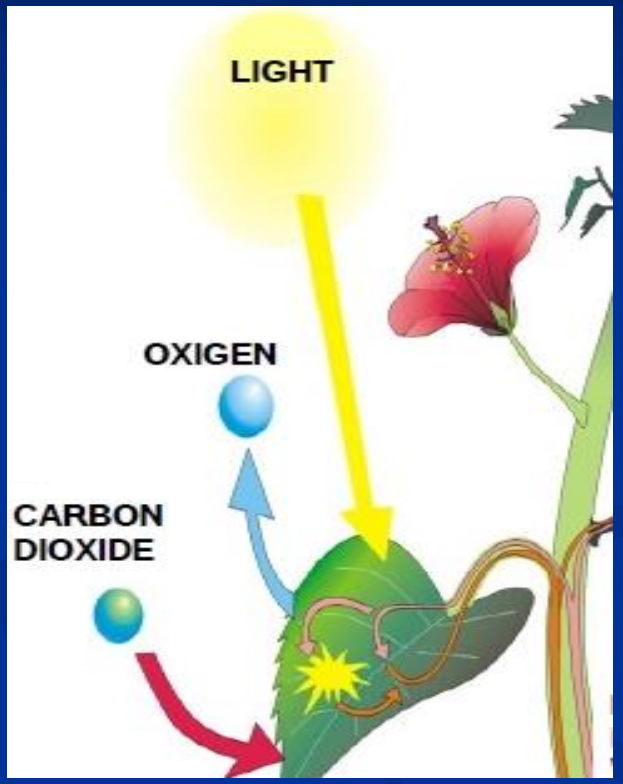
فعالیت 7: اثر گلخانه ای

بطری ها را زیر آفتاب قرار می دهیم و هر 5 دقیقه یکبار دمای داخل آن را اندازه می گیریم. ما اندازه‌گیری‌ها را یادداشت می‌کنیم تا تعیین کنیم اثر گلخانه‌ای چگونه تأثیر می‌گذارد.



فتوسنتز: تولید اکسیژن

فتوسنتز فرایندی در گیاهان و برخی از باکتری است که با استفاده از نور خورشید، کربن دی اکسید را به گلوکز، کربوهیدارت و اکسیژن تبدیل می کند.

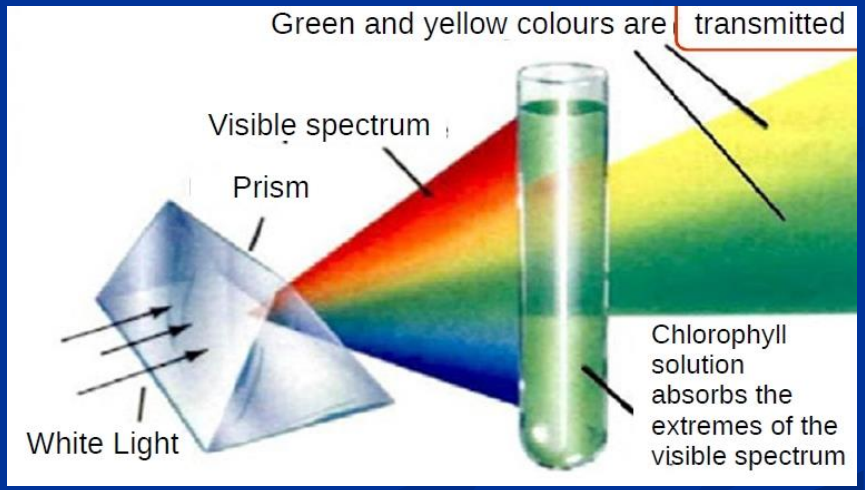


مولکول هایی به نام رنگدانه های فتوسنتزی، انرژی نور را به انرژی شیمیایی تبدل می کنند.

فتوسنتز: چرا برگ ها سبز هستند؟

نور جذب شده به وسیله گیاه در فرایندهای شیمیایی متفاوتی مورد استفاده قرار می گیرد، در حالی که طول موج نور بازتاب شده، رنگ، رنگ دانه را که با چشم مشاهده می شود، مشخص می کند.

گروهی از رنگ دانه های فتوسنتزی، کلروفیل ها هستند، که عموما دو نوع جذب در ناحیه مرئی طیف دارند، یکی در ناحیه آبی(400-500nm) دیگری در ناحیه قرمز(600-700nm)



با این حال، آن ها بخش میانی طیف که شاما بخش سبز رنگ(500-600 nm) است را بازتاب می کنند.

فتوسنتز: تولید اکسیژن

رنگدانه ها می درخشند و الکترون های شان را که با نور برانگیخته شده، جابه جا می کنند. آب الکترون دهنده است و در پایان این فرایند، اکسیژن بر اثر شکست آب تولید می شود. این مرحله درخشان فتوسنتز است.

در بخش تاریک(واکنش های تاریکی)، کربوهیدرات یا قند تولید می شود.برای این بخش نور نیاز نیست.

فعالیت 9: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

از دو شیشه شفاف مربا که در انتهای یکی یک طلق قرمز و در انتهای دیگری طلق سبز قرار داده اید استفاده کنید.

فعالیت 4: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

به کمک یک سوراخ کن، دایره هایی هم اندازه ببرید(برگ اسفناج یا چغندر).10 دایره در هر شیشه قرار دهید.

فعالیت 8: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

محلول بیکربنات سدیم 2 گرم در یک لیتر آب فراهم کنید. 20 میلی لیتر از محلول را در هر کدام بریزید.

دایره های برگ را به محلول بیکربنات آغشته کنید. سپس دایره ها را در یک سرنگ 10 میلی لیتری قرار دهید و آنقدر از محلول بیکربنات بکشید تا برگ ها شناور شوند.

فعالیت 8: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

تا جایی که امکان دارد، هوای سرنگ را خالی کنید، تا برگ ها تنها در محلول بیکربنات شناور باشند.
انتهای سرنگ را با انگشت محکم گرفته و آن را بمکید تا خلا ایجاد شود، بنابراین در فضای بین بافت گیاه، هوا با محلول بیکربنات جایگزن و منبع کربن در نزدیکی ساختار فتوسنتزی برگ ها فراهم می شود.

فعالیت 8: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

برگ ها را در هر شیشه قرار دهید. یکی از شیشه ها را با طلق قرمز و دیگری را با طلق آبی بپوشانید.

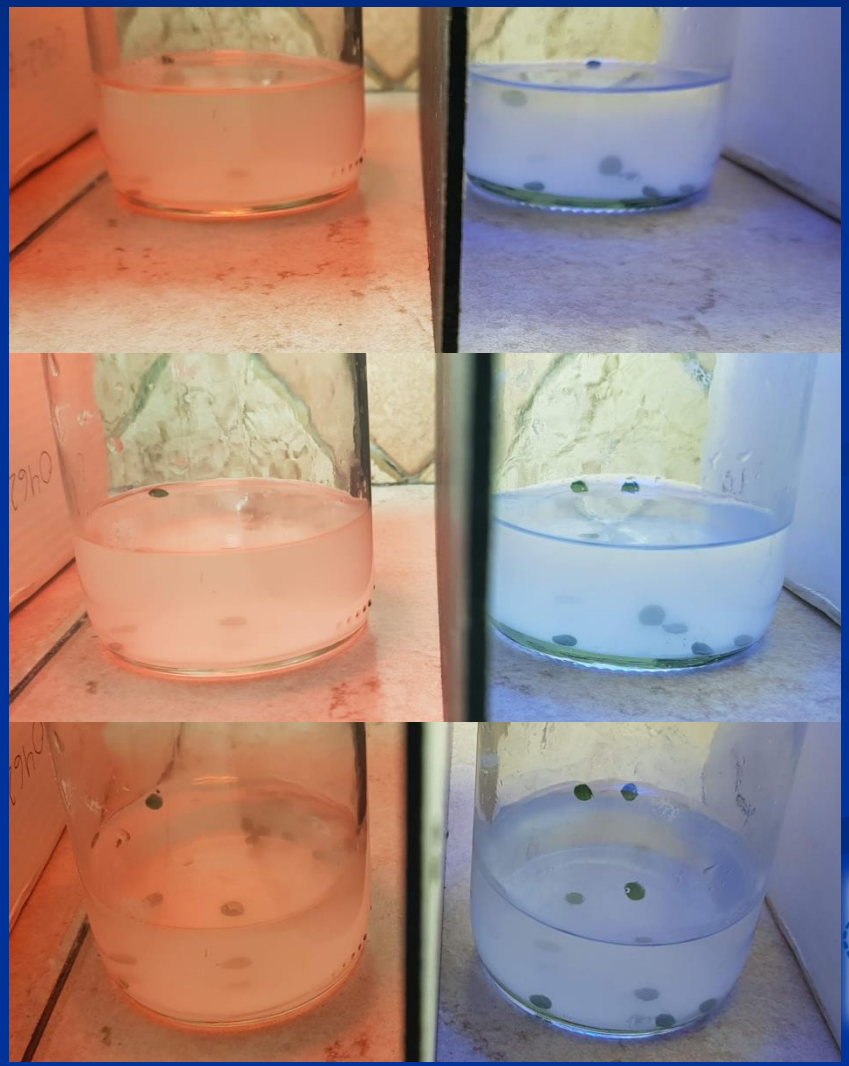
لامپ های مجزایی(کمتر از 70 وات نباشد) بالای هر شیشه (که با طلق پوشانده شده) قرار دهید. هر دو لامپ در فاصله ی یکسانی باشند.
لامپ LED بهتر است، زیر سایر لامپ ها بخشی از انرژی را به صورت گرما از دست می دهند.

فعالیت 8: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

با روشن شدن لامپ، شروع به ثبت زمان تا شناور شدن برگ ها کنید.
این یک روش غیر مستقیم برای اندازه گیری سرعت فتوسنتز است.

فعالیت 8: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

پنج دقیقه صبر کنید، برگ ها شروع به بالا آمدن می کنند(بستگی به قدرت لامپ و فاصله آن دارد)



فعالیت 8: تولید اکسیژن از طریق فتوسنتز

دایره های برگ، همزمان با آزاد کردن اکسیژن به صورت حباب، شروع به شناور شدن می کنند.

زمان با توجه به رنگ نور متفاوت است: برای نور آبی سریع تر است (پر انرژی ترین بخش طیف الکترومغناطیس و موثرترین در فرآیند)

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

مخمرها(قارچ ها)، قند(گلوکز) را به اتیل الکل یا اتانول و کربن دی اکسید تبدیل می کنند.
تخمیر یک فرایند با راندمان انرژی پایین است، در حالی که تنفس بسیار مقرونه به صرفه تر بوده و از دیدگاه تکاملی، جدیدتر است.

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

اگر دی اکسید کربن مشاهده شود، ما می دانیم که تخمیر وجود داشته و امکان حیات آزموده شده است.
در همه ی آزمایش ها، ما از یک محصول در حضور آب استفاده می کنیم.

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

ما استفاده می کنیم از:

یک قاشق غذخوری مخمر (در ساخت نان استفاده می شود). یک میکروارگانیسم زنده کوچک که به سادگی به دست می آید.

یک لیوان آب گرم(کمی بیشتر از نیمی از لیوان با دمای 22 تا 27 درجه سانتی گراد)

یک قاشق غذاخوری از شکر که میکروارگانیسم ها می توانند مصرف کنند.

روش مشابه در کنترل آزمایش و سایر آزمایش های پیشرفت در شرایط سخت.

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

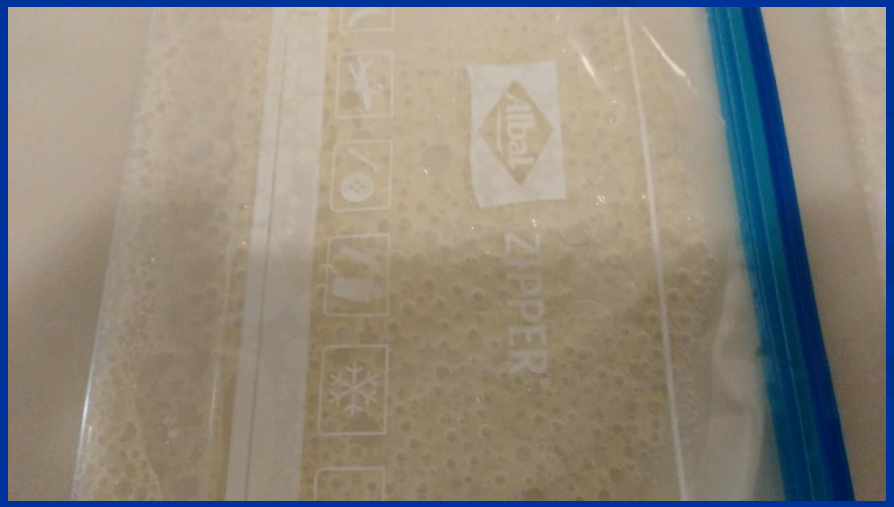
آزمایش کنترل:
در یک لیوان مخمر و شکر را در اب گرم حل کنید. سپس مخلوط بدست آمده را به سرعت در یک کیسه پلاستیکی غیرقابل نفوذ بریزید، هوای آن را خارج کنید و آن رابببندید.
بسیار مهم است که همه ی هوا از کیسه خارج شده باشد.

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

آزمایش کنترل

بعد 15-20 دقیقه، شما حباب های دی اکسید کربن را در کیسه ی متورم می بینید.

کربن دی اکسید موجود، نشان دهنده ی میکروارگانیسیم های زنده است.



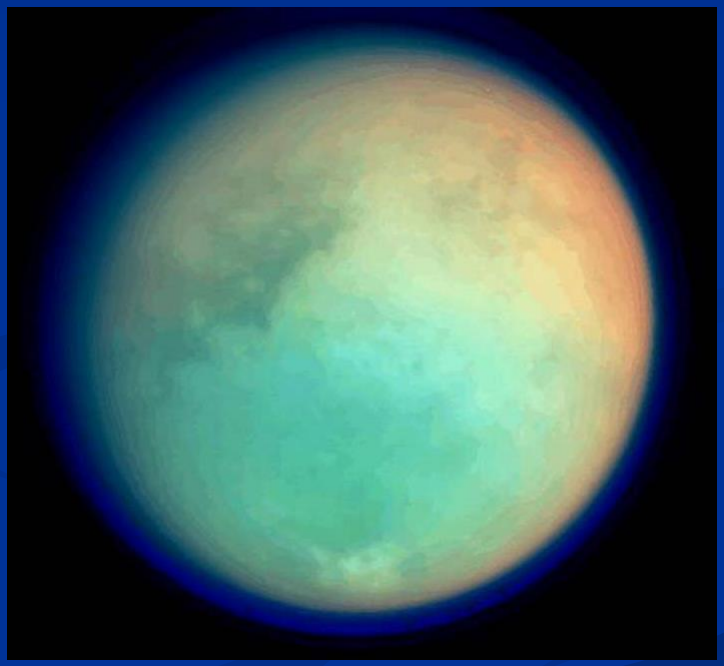
فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

روش در " در سیاره های آلکانی"(برای مثال: نپتون و تیتان هر دو آمونیاک دارند): آزمایش را با سدیم بی کربنات و آمونیاک تکرار کنید.

مقیاس Phآلکانی:

سدیم بی کربنات یا جوش شیرین: 8.4

آمونیاک دست ساز: 11



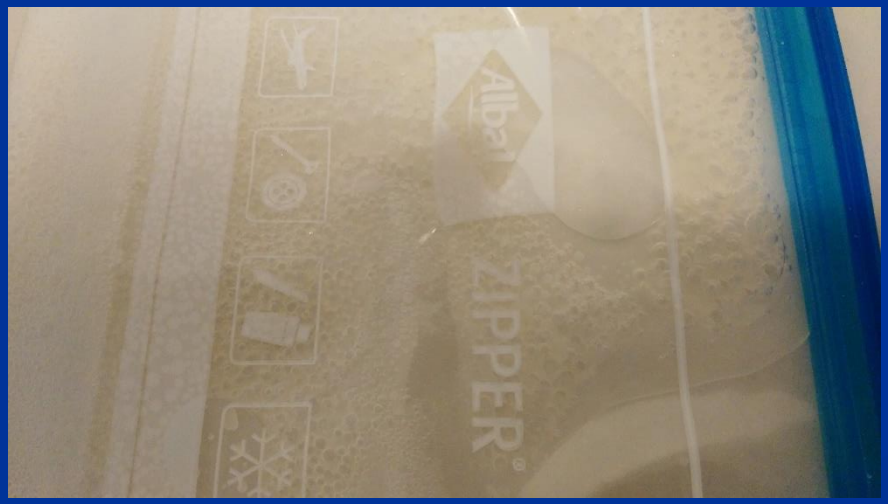
Titan, Credit NASA

اگر حباب وجود داشته باشد، حیات وجود دارد.

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

روش در " سیاره های شور" (برای مثال مریخ یا گانیمید یا **WAPS 96b**).
آزمایش را با حل کردن سدیم کلرید(نمک معمولی) در آب تکرار کنید.

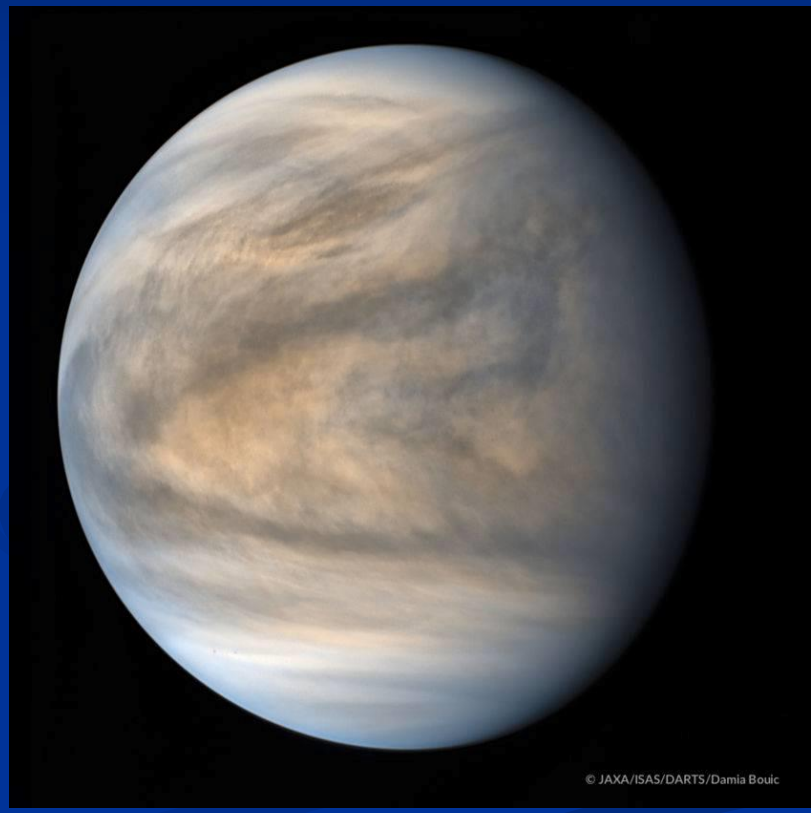
Ganimede, Credit NASA



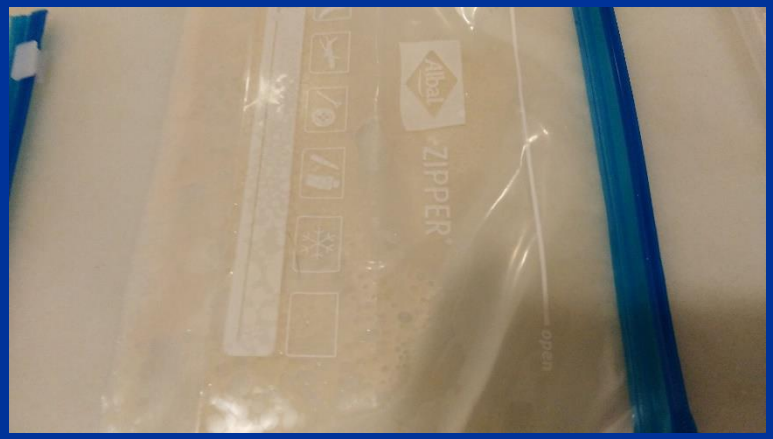
اگر حباب وجود داشته باشد، حیات وجود دارد.

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

روش در ” سیاره های اسیدی“ (مانند ناهید که باران
های سولفوری دارد یا "آیو"-یا **(WAPS 39b**
آزمایش را با حل کردن سرکه و یا آب لیمو در آبت تکرار کنید.
مقیاس Phاسید:
سرکه:2.9
آب لیمو:2.3

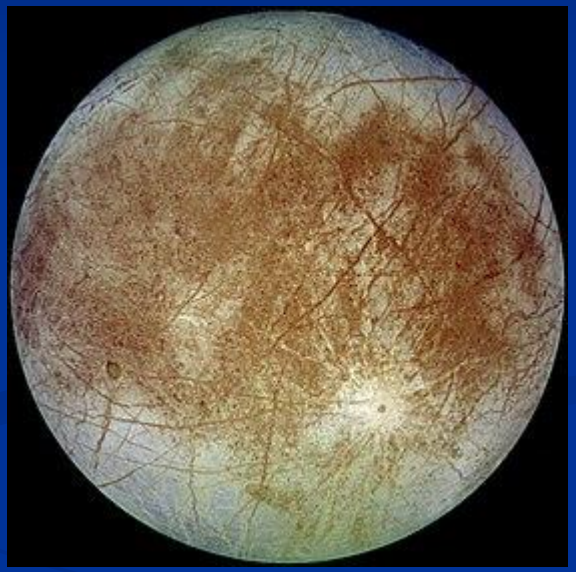


Venus, Credit NASA

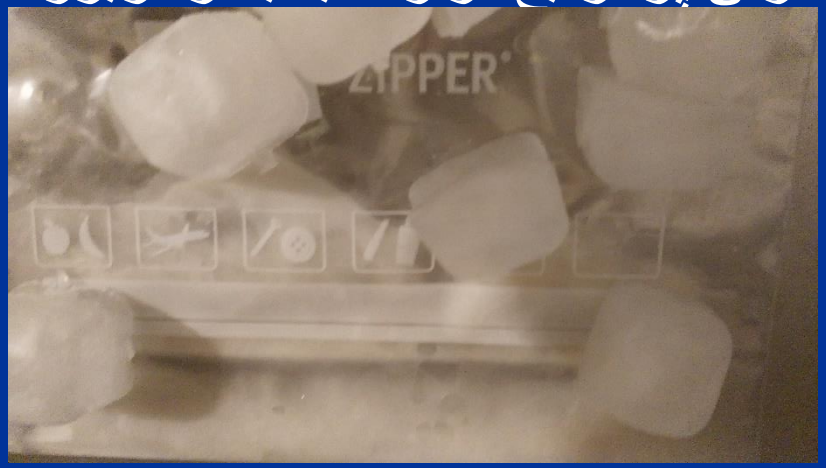


If there are bubbles there is life

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت



رویه در یک "سیاره یخی"
(به عنوان مثال اروپا یا Gliese 667 C d
یا Barnard b)
کیسه را در ظرفی پر از یخ قرار دهید یا از فریزر
استفاده کنید

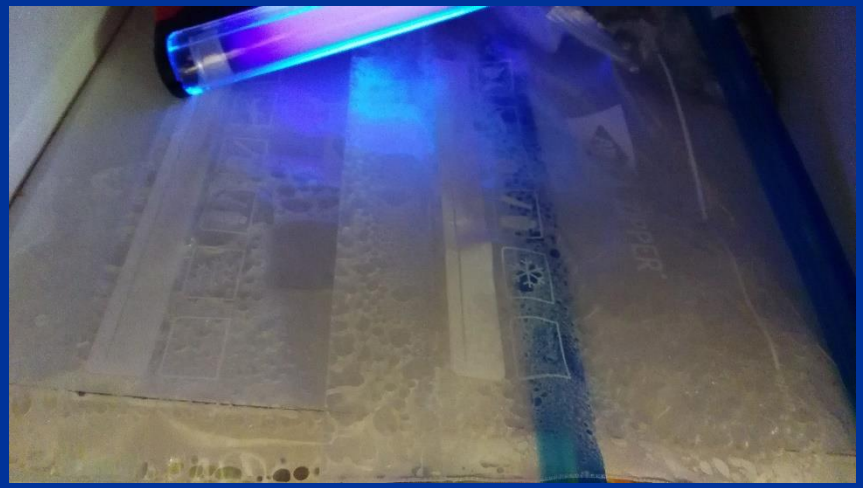


Europe (Credit NASA)

اگر حباب وجود داشته باشد، حیات وجود دارد.

فعالیت 9: زندگی در شرایط سخت

رویه در "سیاره ای با "UV
)مثلاً مریخ یا تراپیست-1 e، f,y,g
آزمایش را اما با کیسه زیر نور UVانجام دهید



Marte, Credit iStock

اگر حباب وجود داشته باشد، حیات وجود دارد.

فعالیت10: جستجو برای زمین دوم

زمین تنها سیاره ی شناخته شده با قالبیت حیات است. باید به دنبال سیاره ی فراخورشیدی با شرایط مشابه با زمین بود. اما چه ویژگی هایی مهم است؟

- ❑ شعاع و جرم
- ❑ کمربند حیات
- ❑ ستاره میزبان

شعاع و جرم(فراخورشیدی ها)

برای بدست آوردن چگالی سیاره به جرم و شعاع آن نیاز است.

از معیارهای ماموریت کپلر استفاده می کنیم:

- سیارات زمین مانند باید شعاعی کمتر از دو برابر شعاع زمین داشته باشند.$R<2Re$.
- جرم این سیارات حداکثر باید کمتر از ده برابر جرم زمین باشد. $M<10Me$

کمربند حیات

در ستارگان رشته اصلی، رابطه مستقیمی بین درخشش و دما وجود دارد. دمای سطحی بیشتر، بیانگر درخشش بیشتر ستاره و فاصله ی دورتر کمربند حیات است.

گونه ی طیفی	Kدما	AUکمربند حیات
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

جرم ستاره ی مادر

تکامل و زندگی یک ستاره به جرم آن وابسته است. انرژی که ستاره از طریق فرایند هم جوشی هیدروژن می تواند بدست آورد، وابسته به جرم آن است. زمان رشته ی اصلی از تقسیم انرژی بر درخشندگی آن بدست می آید. با استفاده از خورشید به عنوان یک نمونه، زندگی یک ستاره در رشته ی اصلی بدست می آید از: $t*/ts= (M*/Ms)/(L*/Ls)$

برای رشته اصلی، درخشندگی متناسب با جرم است: $L \alpha M^{3.5}$

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

جرم ستاره ی مادر

پس: $t*/ts=(Ms/M*)^{2.5}$

اگر عمر خورشید $tS=10^{10}$ باشد، عمر یک ستاره بدست می آید از:

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

اجازه بدهید حد نهایی جرم یک ستاره را بدست آوریم،بنابراین حداقل زمان حضور در رشته ی اصلی 3×10^9 است تا زمان لازم برای تکامل ستاره فراهم شود.

$$M* = (10^{-10} \times t)^{-0.4}\, Ms$$

$$M* = (10^{-10} \times 3000000000)^{-0.4}\, Ms$$

$M* =< 1.6\ Ms$

جستجو برای زمین دوم

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

جستجو برای زمین دوم

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

نتیجه گیری

- آشنایی با مفهوم کمربند حیات
- معرفی اختر زیست شناسی
- آشنایی با چگونگی تولید اکسیژن و کربن دی اکسید
- چگونه زمین دوم را بیابیم

سپاس از توجه شما!