اختر زیست شناسی

Rosa M. Ros, Beatriz García, Alex 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 in Algeciras, Spain, SENACYT, Panama

چکیده

این کارگاه شامل دو بخش اصلی می شود. به صورت ساده،جدول تناوبی برای آشنایی با عناصر شیمیایی لازم برای حیات، مورد مطالعه قرار می گیرد، همچنین برخی از مفاهمی اخترزیست شناسی معرفی خواهند شد.

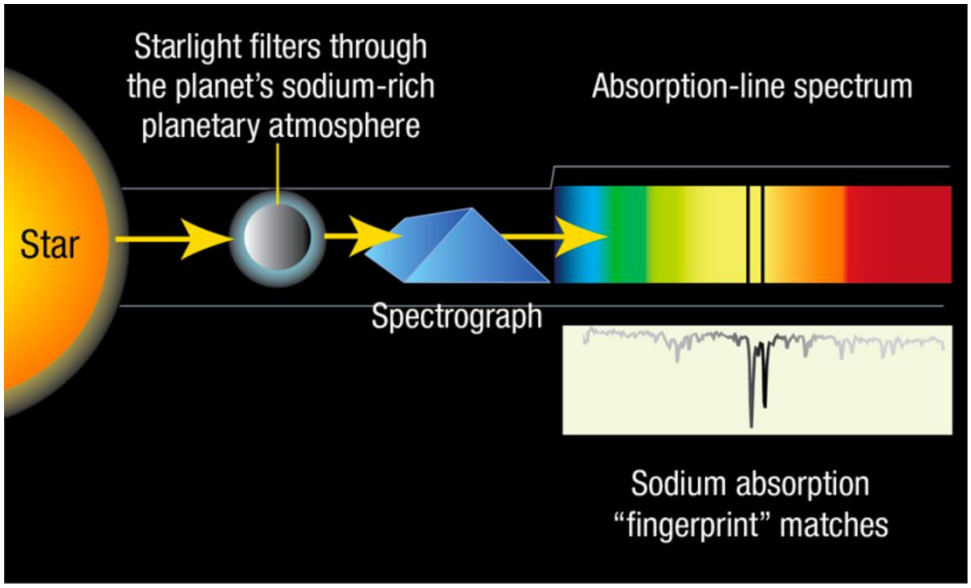
اهداف

آشنایی با محل شکل گیری و چگونگی ایجاد عناصر متفاوت جدول تناوبی
آشنایی با مهم ترین ویژگی های منظومه های فراخورشیدی
آشنایی با شرایط مورد نیاز یک سکونتگاه برای حیات پیشرفته
مطالعه ی حداقل شرایط لازم برای حیات در خارج از منظومه شمسی

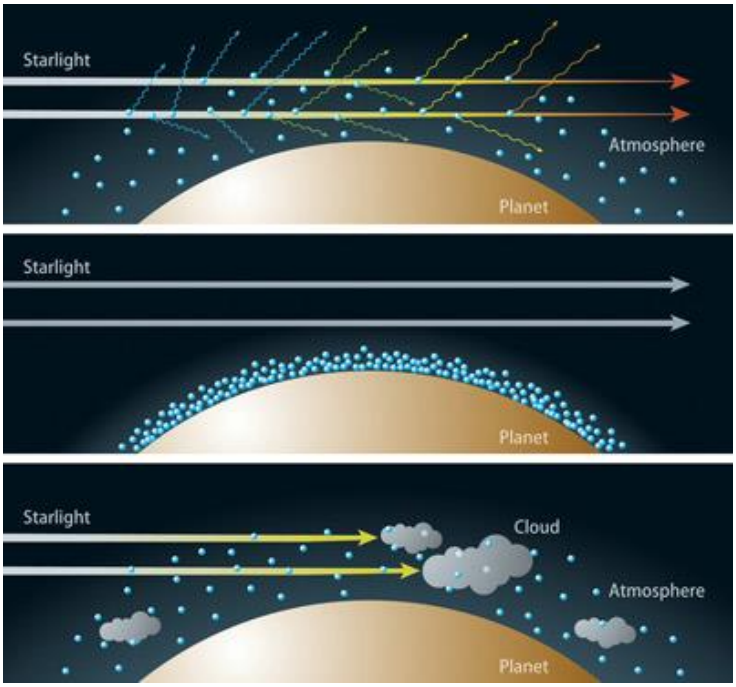
پیدایش منظومه سیاره ای

وقتی یک ستاره از ابر گاز و غبار ایجاد می شود، از مواد باقی مانده ی آن ابر پیرامون ستاره، سیارات تشکیل می شوند. همانطور که با مطالعه ی طیف یک ستاره، می توان به مواد تشکیل دهنده ی آن پی برد، از طیف سنجی، به منظور تعیین اتمسفر سیارات فراخورشیدی نیز می توان استفاده کرد.

هر عنصر شیمیایی و هر ملکول، طیف ویژه و مختص به خود را دارد.در برخی ازمنظومه ها سیاره از مقابل ستاره ی مادر عبور می کند. نور ستاره از اتمسفر سیاره عبور کرده و جذب رخ می دهد. با مشاهده ی طیف نور ستاره های منظومه های فراخورشیدی، می توان به ترکیب شیمیایی جو سیارات پی برد.



استفاده از طیف سنجی برای مطالعه ی جو سیاره HD 209458b که در آن خطوط سدیم شناسایی شد. منبع ویکی پدیا



چگونه ما به آب یا سایر مولکول های حیاتی در جو سیارات پی می بریم؟

هر عنصر شیمیایی، هر مولکول یک طیف مخصوص به خود را دارد. با مقایسه طیف نور ستارگان منظومه های فراخورشیدی می توان ترکیب شیمیایی اتمسفر سیارات فراخورشیدی را تعیین کرد، البته به شرطی که نور از جو آن ها عبور کند.
اجازه بدهید تا به صورت نمونه به کمک شرکت کنندگان، یک مدل فعال از شکل گیری منظومه های سیاره ای را بسازیم.

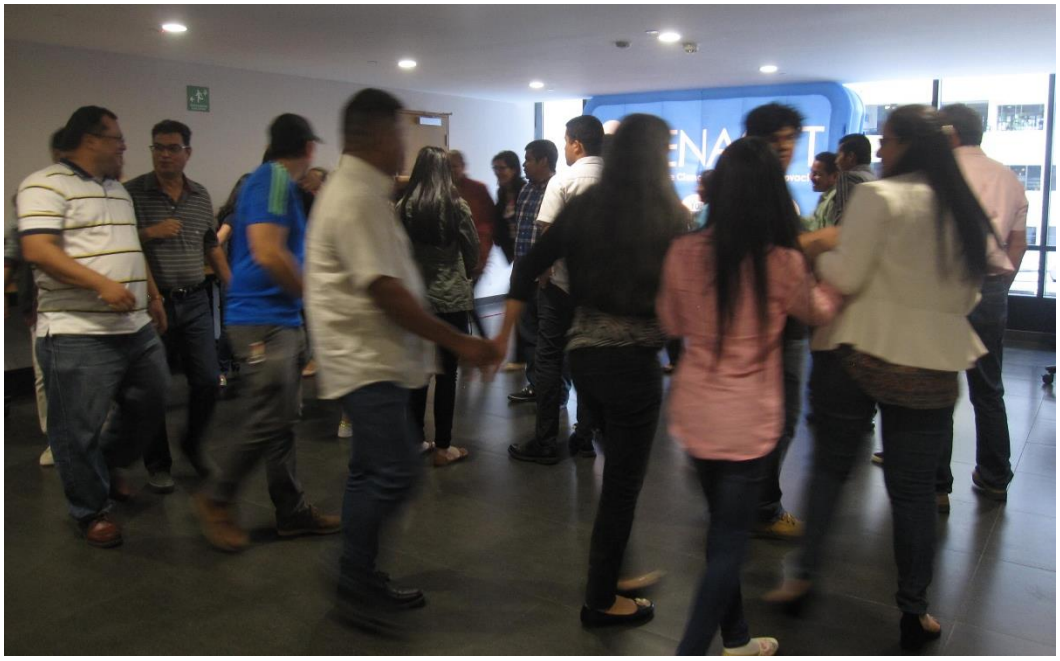
فعالیت 1: پیدایش منظومه سیاره ای از گاز و غبار

اساس این فعالیت، پیدایش منظومه شمسی یا هر سیستم سیاره ای دیگر براساس فرضیه امانوئل کانت است.(1755)

شرکت کنندگان به داستان گوش داده و به صورت پیوسته آنچه را که شنیده، اجرا می نمایند، برای مثال:

کارهای شرکت کنندگان	متن داستان
همه در ابر حضور دارند. تعداد بیشتری از شرکت کنندگان به عنوان ابر حضور دارند. همه ی شرکت کنندگان، به صورت تصادفی دست های همدیگر را گرفته و یک ابر تشکیل می دهند.	یک ابر با مقدار زیادی گاز و کمی غبار وجود داشت.
شروع به جدا شدن می کنند. شرکت کنندگانی که در نقش گاز هستند، به سمت مرکز رفته و آن ها که غبار هستند دست یکدیگر را گرفته و حلقه ای پیرامون مرکز تشکیل دهند.	گاز در مرکز ابر جمع شده و غبار در پیرامون آن
آن ها شروع به چرخش، حرکت، ضربه، لرزش و پریدن می کنند. برخی از آن ها بر اثر حرکت پرتاب می شوند و برخی دیگر به وسیله ی سایر اجزای همانند، در آغوش کشیده می شوند.(گاز با گاز، غبار با غبار)	حرکت های زیادی وجود داشت، ذرات گاز سایر گازها و ذرات غبار سایر غبارها را جذب می کردند.
آن ها(گاز) در مرکز جمع شده و پیرامون آن ها ذرات غبار در حالی که دست های همدیگر را گرفته به صورت حلقه قرار می گیرند. نکته: همه ی گازها در مرکز قرار ندارند، برخی از آن ها خارج از دایره گاز قرار دارند.	در مرکز یک هسته ی چگال کدر تشکیل شده و پیرامون آن دیسکی از غبار و گاز قرار دارد.
خورشید یا ستاره ی داغ شروع به تابش می کند، بنابراین پرتوهای آن در تمام جهات پراکنده می شود. نکته: زمانی که خورشید و یا ستراه ی داغ شروع به تابش می کنند، گاز سبک شروع به دور شدن می کند.	این هسته ها در نهایت خورشید و یا ستاره ی داغ منظومه فراخورشیدی را تشکیل می دهند.
شرکت کنندگانی که نماینده غبار بودند، با هم جمع شده و سیارات زمین مانند را می سازند. نکته: همه ی غبارها در تشکیل سیارات زمین مانند مشارکت نمی کنند، برخی از آن ها در نواحی دوردست قرار می گیرند.	برخی سیارات کوچک از واحدهای بزرگ و یا یا دانه های بزرگ غبار، سنگ و مانند آن تشکیل می شوند.
شرکت کنندگان باقی مانده با هم جمع شده و سیارات غول پیکر را تشکیل می دهند: مقدار زیادی گاز و کمی غبار. نکته: علت اصلی تفاوت دما بین سیارات غولپیکر گازی و سیارات سنگی، فاصله ی زیاد آن ها از خورشید یا ستاره داغ است.	سیارات غول پیکر در جایی دور از خورشید یا ستاره ی داغ، که مولکول های گاز بدون هیچ مانعی می توانند به هم بپیوندید، تشکیل می شوند.

داستان پیدایش منظومه شمسی



همه مخلوط هستند. تعداد بیشتری از شرکت کنندگان نماینده گاز هستند. در ابر، همه ی شرکت کنندگان به صورت تصادفی دست یکدیگر را گرفته و یک شبکه را تشکیل می دهند.

شرکت کنندگان شروع به جدا شدن می کنند. آن ها که گاز هستند در مرکز، و آن ها که غبار هستند دست های یکدیگر را گرفته و پیرامون مرکز قرار می گیرند.

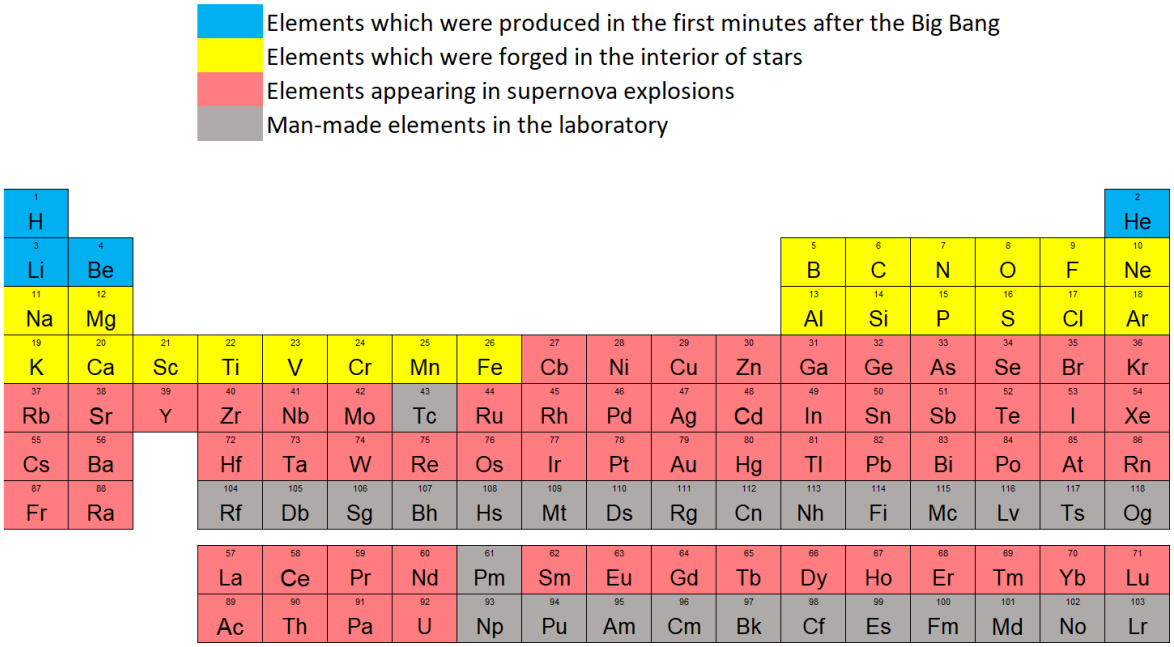
.

شرکت کنندگانی که غبار هستند ، با تشکیل گروه هایی شروع به ایجاد سیارات زمین مانند می کنند.

ذرات باقی مانده، شروع به تشکیل سیارات غول پیکر می کنند: تعداد زیادی گاز و کمی گاز.

بررسی شمیایی تکامل ستاره ای

جدول تناوبی به ما نشان می دهد که عناصر تشکیل دهنده ی ما در فرایند تکامل ستارگان ایجاد شده اند.



جدول تناوبی براساس دیدگاه تمامل ستاره ای

در جدول تناوبی بالا(شکل7) عناصرمتفاوت به صورت زیر دسته بندی شده اند:

1) عناصری که در دقایق نخستین پس از انفجار بزرگ ساخته شده اند. در ابتدا جهان هستی شامل ساده ترین اتم ها بود: اتم هیدروژن. زمانی کوتاهی پس از آن که جهان منبسط تر شد، عناصر دیگری مانند: هلیوم، لیتیم و بریلیم ایجاد شدند.

2) عناصر سنگین تری در هسته ی ستاره ها بر اثر فرایند هسته زایی ایجاد شدند، مانند: بور، کربن، نیتروژن، اکسیژن ، فلور، نئون، سدیم، منیزیم، آلومینیوم، سلیس، فسفر، گوگرد، کلر، آرگون، پتاسیم، کلسیم، اسکانیدم، تیتانیم، وانادیم، کرومیوم و آهن.

3) سایر عناصر تشکیل دهنده ی جدول تناوبی بر اثر انفجارهای بزرگ ابرنواختری ایجاد شدند. برخی از آن ها ناپایدار بوده و در آزمایشگاه قابل تولید هستند.

4) عناصر دست ساز(مصنوعی)، در آزمایشگاه و توسط انسان ساخته شده اند و در طبیعت یافت نمی شوند.

فعالیت 2: دسته بندی عناصر جدول تناوبی

اشیا موجود در فهرست به سه سطح در سه سبد دسته بندی می شودند:

1. عناصری که در نخستین دقایق بعد از انفجار بزرگ ایجاد شده اند(سبد آبی)
2. عناصری که در ستاره ها ایجاد شده اند(سبد زرد)
3. عناصری که در انفجارهای ابرنواختری ایجاد شده اند(سبد قرمز)

هریک از اشیا زیر را در یک سبد(آبی، زرد و قرمز) قرار دهید:

حلقه: Gold Au	مته دریل: Titanium Ti	گاز بادکنک Helium He	مدادتراش Nickel Ni
موبایل/باتری لیتیم: Lithium Li	شمع ماشین Platinum Pt	سیم برق مسی: Copper Cu	محلول بتادین: Iodine, I
بطری آب معدنی Hydrogen H	دیگ آشپزی قدیمی: Aluminium Al	مداد سیاه: Graphite C	گوگرد در کشاورزی: Sulfur, S
بطری فلزی نوشابه: Aluminium Al	ساعت مچی: Titanium Ti	مدال: Silver Ag	لوله آب قدیمی: Lead Pb
مداد تراش: Zinc Zn	ناخن زنگ زده قدیمی: Iron Fe	دماسنج : Gallium Ga	جعبه کبریت: Phosphorus P

شکل 8: دسته بندی صحیح

در محدوده ی آبی: موبایل یا باتری پشتی آن: لیتیم، بطری آب معدنی: هیدروژن، گاز بادکنک: هلیوم. ناحیه زرد: بطری نوشابه: آلومینیوم، بطری آب معدنی: اکسیژن، مته ی دریل: تیتانیوم، دیگ آشپزی قدیمی: آلومینیوم، ساعت مچی تیتانیوم، ناخن قدیمی: آهن، مداد سیاه: گرافیت(کربن)، گوگرد در کشاورزی: گوگرد، جعبه ی کبریت: فسفر. در ناحیه قرمز: سیمی مسی برق: مس، شمع ماشین: پلاتین، حلقه: طلا، مدال: نقره، دماسنج: گالیم، مدادتراش: روی، سیم ظرفشویی: نیکل، بتادین: ید، لوله ی آب قدیمی: سرب

فعالیت 3: فرزندان ستارگان

عناصر ضروری برای حیات دارای ویژگی های زیر هستند:
کمبود این عنصر موجب نقص در عملکرد می شود(در صورتی که در غلظت مناسب باشد، برگشت پذیر است)
- زمانی که ارگانیسم فاقد این عنصر باشد، قادر به رشد و تکمیل چرخه ی حیات نیست

این عنصر به صورت مستقیم بر روی ارگانیسم تاثیر گذاشته و وارد چرخه های متابولیک می شود.

اثر این عنصرقابل جایگزنی با عنصر دیگر نیست

فهرستی از عناصر زیستی موجود در بدن انسان بر اساس فراوانی در زیر اراده شده است.

- عناصر فراوان: اکسیژن، کربن، هیدوژن، نیتروژن، کلسیم، گوگرد، پتاسیم، گوگرد، سدیم، کلر، آهن و منیزیم
- عناصر کمیاب: فلور، روی، مس، سیلیس، وانادیم، منیزیم، ید، نیکل، مولیبدن، کروم و کبالت.

همه ی موجودات زنده، نسبت یکسانی از عناصر ضروری را دارا نمی باشند. در شکل 9، عناصر ضروری مانند: لیتیم، کادمیم، آرسنیک و ... پر رنگ شده اند.

با مقایسه تصویر 7 و 9، می توان در یافت که همه ی عناصر اصلی (به جز هیدوژن) در ستاره ها ساخته شده اند.بدون عناصر سنگین تر که بر اثر تکامل ستاره ای ایجاد می شوند، ما جود نداشتیم. سایر عناصری که به میزان کمتری وجود دارند، برخی از آن ها در ستاره ها و برخی در انفجارهای ابرنواختری ایجاد شده اند. با این حال، بخش بزرگی از آن ها بر اثر واکنش های هسته ای در هسته ی ستاره ها به وجود آمده اند: ما فرزندان ستارگان هستیم! ما از غبار ستاره ها ساخته شده ایم.

اگرچه هدف این کارگاه این نیست، اما یک تمرین مناسب، ساخت جدول تناوبی با استفاده از اشیا است که روزانه از آن ها استفاده می کنیم، هر شی، نماینده ی یک عنصر است. این تمرین کمک مناسبی برای درک جدول تناوبی توسط دانش آموزان است.

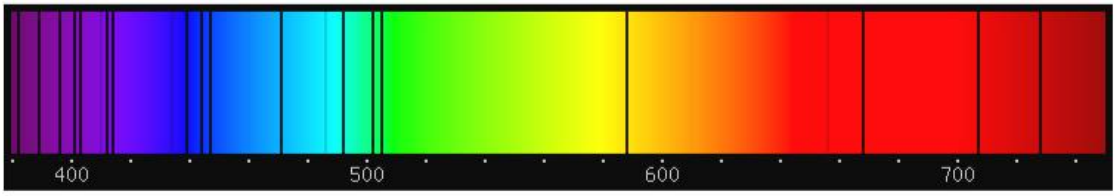
خورشید یک ستاره ی نسل اول نیست.

Abundant elements	Trace elements	Essential elements

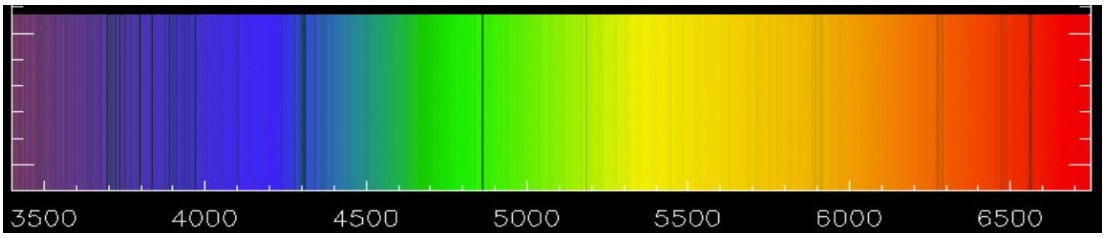
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															

ستارگان نسل اول، پس از بیگ بنگ و از هیدورژن و هلیوم تشکیل شده اند(مقداری هلیوم که توسط خودشان تولید شد).ستارگانی با عناصر سنگین تر، از یک ابر اولیه باقی مانده از انفجار ابرنواختری ایجاد شده اند. انفجار ابرنواختری عناصر سنگین تر را براساس جوش ایجاد کرد. برای مثال، طیف خورشید شامل خطوط سدیم است که پیشنها می شود با توجه به جرم کم و وضعیت تکامل،نمی تواند یک ستاره ی نسل اول باشد. سدیم نمی تواند توسط خورشید ساخته شود. علاوه بر این، در سیارات منظومه شمسی، تعداد زیاید از عناصری که بعد از انفجار ابرنواختری ایجاد می شوند، شناسایی شده است. یک نظریه ی منطقی این است که خورشید از یک ابراولیه باقی مانده از حداقل دو انفجار ابرنواختری ایجاد شده است. در نتیجه، خورشید را می توان یک ستاره ی نسل سوم در نظر گرفت.

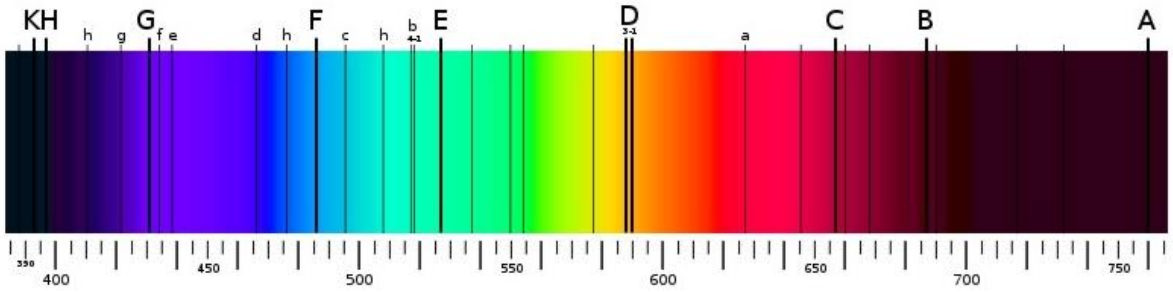
به چند نمونه از طیف که در زیر نشان داده شده است نگاه کنید: در طیف ستاره ی نسل اول، خطوطی از عناصر ابتدایی را می توان مشاهده کرد. (شکل 10). طیف خورشید با خطوط سدیم که به وضوح قابل مشاهده است.(شکل 12)



شکل 10: طیف ستاره ی نسل اول(برداشت هنرمندانه). این ستارگان ده یا 100 برابر خورشید جرم دارند. آن ها به سرعت زندگی کرده، در جوانی مرده و در حال حاضر زنده نیستند. آن ها دارای خطوط هیدوژن، هلیوم و مقدار کمی لیتیم هستند.



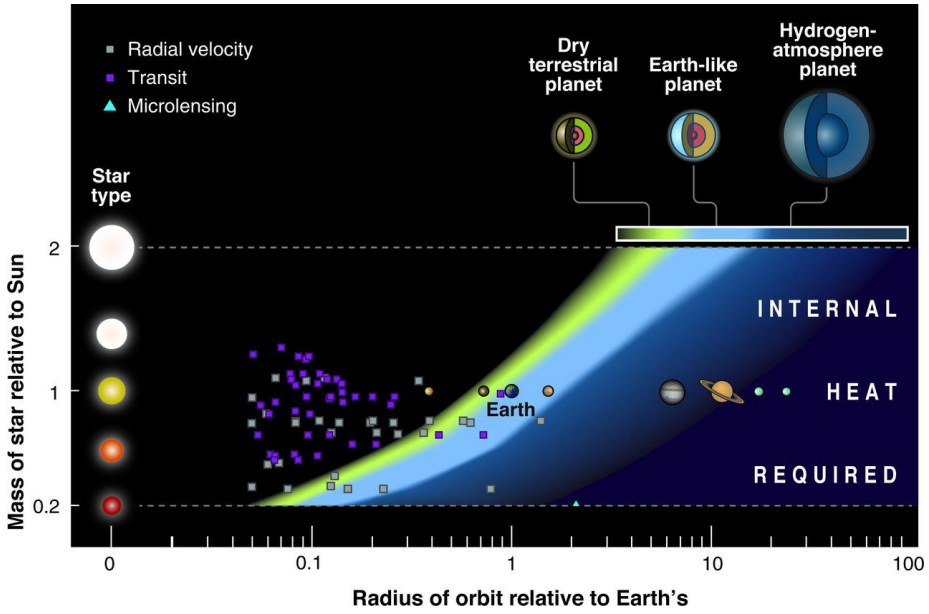
.
شکل11: طیف ستاره ی SMSS J031300.36-670839.3، یک ستاره ی نسل دوم که تنها خطوط هیدوژن وکربن را نشان می دهد.



شکل 12: طیف خورید. طیفی با خطوطی از عناصر متنوع که در میان آن ها سدیم حضور دارد(خطوط سدیم پر رنگ تر است).

ناحیه حیات

وقتی که از حیات صحبت می کنیم، به صورت معمول، حیات بر پایه ی کربن مد نظر است، بنابراین ویژگی اصلی برای قابل سکونت بودن، حضور آب در حالت مایع، در نظر گرفته می شود. ناحیه ای پیرامون ستاره، که تابش های آن، امکان وجود آب در حالت مایع، بر روی سیاره سنگی(یا قمر) را فراهم کند، به عنوان ناحیه حیات شناخته می شود. این پدیده بر روی اجرامی با جرم بین 0.5 تا 10 برابر جرم زمین با فشار اتمسفری بیشتر از 6.1 mbar که در آن نقطه ی سه گانه ی آب در دمای 273.16 k باشد، رخ می دهد(وقتی که آب به سه حالت بخار، مایع و جامد وجود دارد).
ناحیه حیات وابسته به جرم ستاره است. اگر جرم ستاره افزایش یابد، دما و میزان درخشش افزایش یافته، در نتیجه فاصله ناحیه حیات افزایش خواهد یافت.



.

وجود یک سیاره در ناحیه ی حیات، به معنای وجود حیات در آن سیاره نیست. برای مثال، در منظومه شمسی خودمان، در ناحیه ی حیات دو سیاره زمین و مریخ حضور دارند، اما از آن دو، فقط زمین دارای حیات به شکل شناخته شده می باشد. ناحیه حیات در منظومه شمسی، از 084 واحد نجومی تا 1.67 واحد نجومی است. سیاره ی ناهید در 0.7 واحد نجومی، داری اثر گلخانه ای غیر قابل کنترل بوده و مریخ در فاصله 1.5 واحد نجومی، فاقد آب بر روی سطح خود می باشد، ممکن است در سطوح زیرین مریخ آب به صورت یخ زده وجود داشته باشد.

علاوه بر وجود آب مایع بر سطح سیاره، شرایط دیگری نیز برای قابل سکونت بودن سیاره مود نیاز است. لطفا با این اطلاعات مهم توجه کنید:

شرط لازم فاصله ی مداری سیاره است که جایگاه آن در ناحیه حیات را مشخص می کند، اما برای اینکه سیاره شرایط حیات را دارا باشد، کافی نیست. برای مثال: ناهید و مریخ.
شرط لازم دیگر برای قابل زیست بودن، جرم سیاره است. جرم سیاره باید به اندازه ای بزرگ باشد، تا بتواندبه کمک جاذبه، اتمسفر را نگاه دارد. علت اصلی این که مریخ فاقد حیات است را در همین موضوع می توان جستجو کرد، بیشتر اتمسفر و همه ی آب های آن در میلیارد سال نخستین از دست رفته است.
با این حال، ممکن است که سیاره در محدوده ی کمربند حیات نباشد، اما معیارهای لازم بری وجود برخی از انواع حیات بر روی سیاره یا برخی از قمرهای آن موجود باشد. این مورد ممکن است در موردبرخی از قمرهای مشتری و زحل صادق باشد.

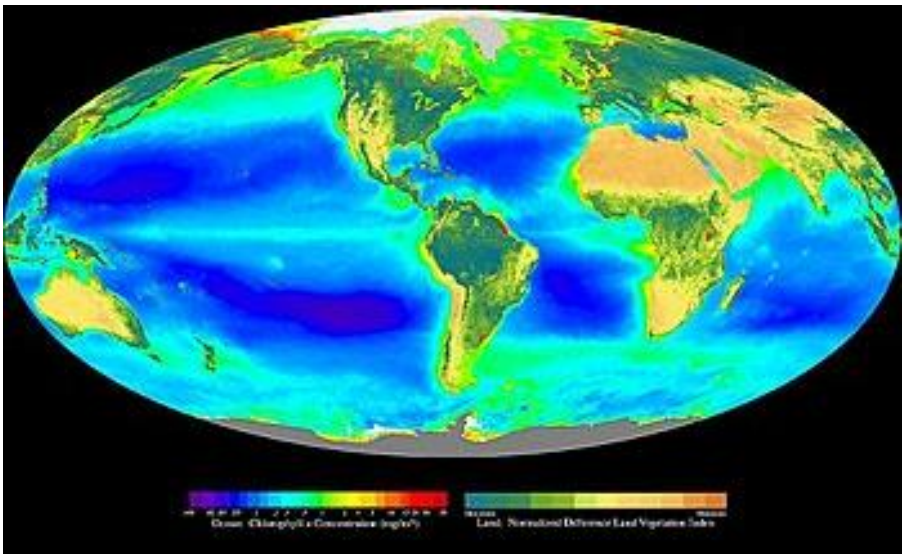
اخترزیست شناسی مقدماتی: فرایند شکل گیری اتمسفر زمین

داشتن دانش در زمینه ی فتوسنتز برای درک روابط بین موجودات زنده و اتمسفر ضروری است. همچنین این امر برای فهمیدن تعادل بین زندگی بر روی زمین و تاثیر عمیق آن بر روی اتمسفر و اقلیم مورد نیاز است.

فتوسنتز یک فرایند نورشمیایی است که توسط گیاهان، جلبک ها و برخی از باکتریهای فتوسنتز کننده صورت می گیرد و طی آن از انرژی نور خورشید برای تولید ترکیبات آلی استفاده می شود. این یک فرایند پایه ای برای حیات بر روی زمین است و اثر عمیقی بر روی اتمسفر و اقلیم زمین دارد: هر ساله ارگانیسم هایی با قابلیت فتوسنتز، 10 درصداز کربن دی اکسید اتمسفر را به کربوهیدارات تبدیل می کنند. بنابراین افزایش غلظت کربن دی اکسید اتمسفر بر اثر فعالیت های انسانی، تاثیر عمیقی بر روی

فتوسنتز دارد. از منظر تکامل، ظهور فتوسنتز اکسیژنی(که در آن اکسیژن تولید می شود)، یک انقلاب واقعی برای حیات بر روی زمین بود:این فرایند اتمسفر زمین را با غنی کردن از اکسیژن تغییر داد، در واقع ظهور موجوداتی که از اکسیژن برای حیات استفاده می کنند.

فتوسنتز نااکسیژنی	فتوسنتز اکسیژنی
$H_2S \rightarrow 2H^+ + 2e^- + S$	$H_2O \rightarrow 2H^+ + 2e^- + 1/2\,O_2$



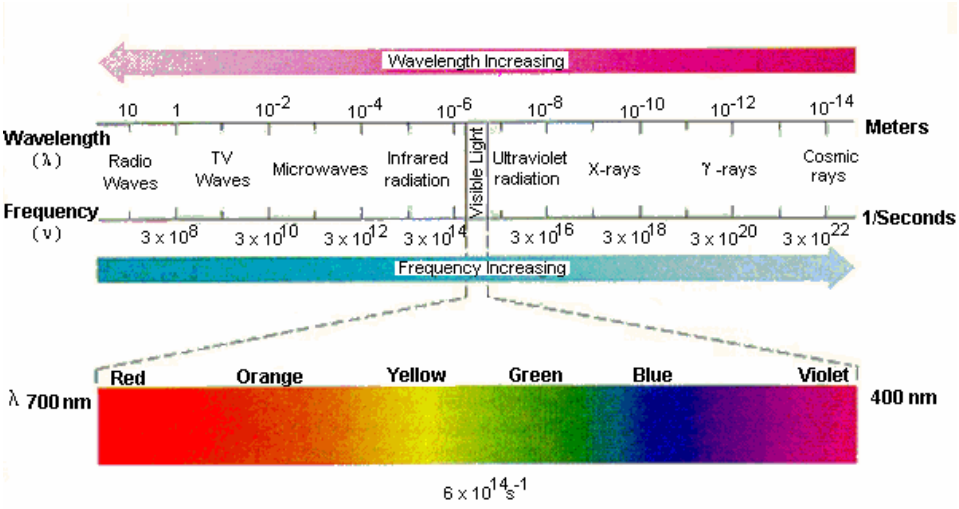
شکل 15: این تصویر توزیع فتوسنتز بر روی سیاره ی ما توسط فیتوپلانکتون ها در اقیانوس ها و پوشش گیاهی خاکی را نشان می دهد.

همه چیز، همیشه به صورتی که امروزه می دانیم، نبوده: تکامل زمین، تکامل ابتدایی اتمسفر، تکامل اولیه متابولیسم، مجموعه ای از حوادث بودند که زمینه را برای استفاده ی باکتری های فتوتروپیک از نور به عنوان منبع انرژی فراهم کرده که گوگرد خروجی آن بود(فتوسنتزهایی که اکسیژن تولید نمی کنند با نام فتوسنتز نااکسیژنی شناخته می شوند). بعدها فتوسنتز اکسیژنی پدیدار شد. اکسیژن وارد اتسمفر شد و غلظت آن افزایش یافت و افنجار بزرگ حیات به شکلی که امروزه ما می شناسیم امکان پذیر شد. اتسمفر اولیه زمین دارای مقدار اندکی اکسیژن بود. اما حیات پیش از آن بود. در این مورد توافق وجود دارد که هوایی که امروزه آن را نفس می کشیم، شامل 21 درصد اکسیژن می باشد که محصول فعالیت بیولوژیکی روی زمین است و با اتمسفر نخستین زمین تفاوت دارد.

فرایند پیدایش مواد آلی. چرا سیاره سبز است؟

زندگی در سیاره ما اساساً به لطف فتوسنتزی که جلبک ها و برخی باکتری ها که در محیط آبی انجام می دهند و گیاهان که در خشکی (روی سطح زمین) انجام می دهند ، حفظ می شود. همه آنها توانایی سنتز مواد آلی را دارند (ضروری برای پیدایش موجودات زنده) که از نور و مواد معدنی شروع می شود. در حقیقت ، هر ساله ارگانیسم های فتوسنتزی حدود 100 میلیارد تن کربن را به به صورت مواد آلی در می آورند.

اولین گام در تبدیل انرژی نور به انرژی شمیایی وابسته به مولکولی است که به آن رنگدانه های (پیگمنت های) فتوسنتزی گفته می شود. واژه ی رنگدانه(پیگمنت) برای توصیف مولکولی استفاده می شود که توانایی جذب انرژی فوتون ها را دارند(برانگیخته شدن الکترون ها در سطوح انرژی در اتم: مولکولی که براثر نور برانگیخته می شود). همه ی رنگدانه های بیولوژیکی طول موج انتخابی مشخصی را جذب و ما بقی را بازتاب می کنند.



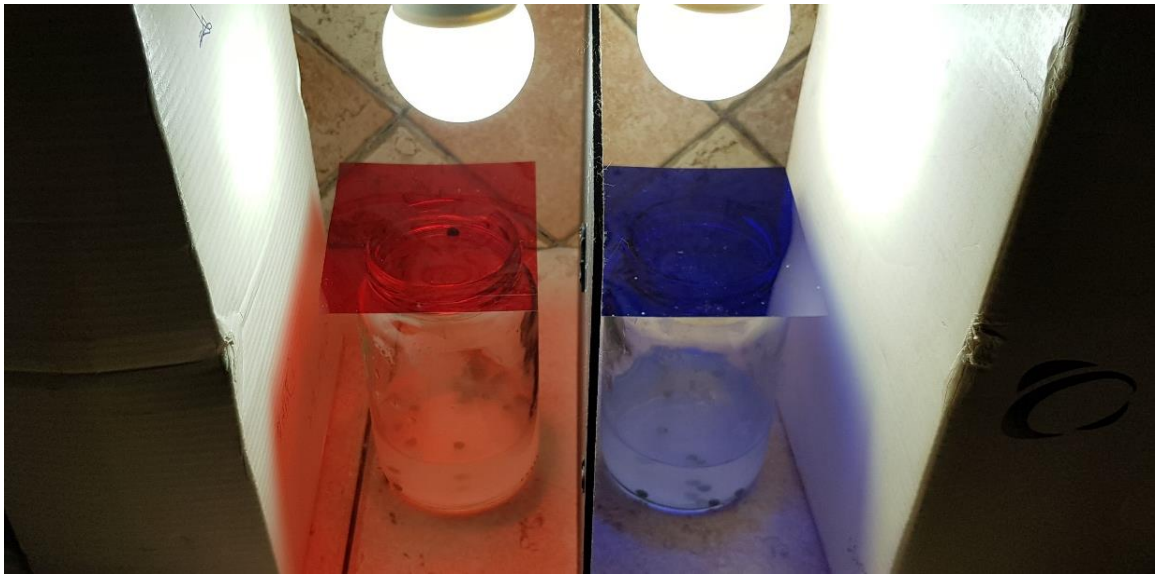
شکل16: طیف نور مرئی

نور خورشیدی با طول موجی بین 400 تا 700 نانومتر از رنگ های متفاوتی تشکیل شده است؛ هر رنگ، طول موج مخصوص به خود را دارد. کلروفیل انرژی نور آبی و قرمز را جذب و نور سبز را بازتاب می کند. به علت بازتاب نور سبز توسط برگ ها، چشمان ما،آن ها را سبز می بیند.

فعالیت 4: تولید اکسیژن از کربن دی اکسید به کمک فتوسنتز یا عملکرد کلروفیل

در این آزمایش ما از برگ های گیاهان برای تولید اکسیژن به کمک سدیم بی کربنات، کربن و نور لامپ استفاده خواهیم کرد.
همچنین از دو شیشه مربایی شفاف که بر روی آن ها طلق قرمز و آبی قرار دارد، استفاده خواهیم کرد.
برگ گیاهان سبز باید تازه، سالم و کاملا سبز باشد، بنابراین اسفناج با برگ چغندر پیشنهاد می شود. به کمک یک دستگاه سوراخ کن(پانچ)، برش های دایره ای ایجاد می کنیم. (در هر شیشه ده دایره وجود داشته باشد، از نواحی شیار دار برگ اجتناب کنید)
محلول سدیم بی کربنات 25 درصد را فراهم می کنیم، برای این منظور 25 گرم سدیم بی کربنات را در یک لیتر آب حل می کنیم، تا دایره های برش داده شده ی برگ ها را در آن شناور کنیم. ما امیدوار هستیم که افزایش مقدار کربن موجود در سدیم بی کربنات، سرعت و مشاهده ی پدیده ی مورد انتظار ما را افزایش دهد. 20 میلی لیتر از محلول سدیم بی کربنات را در هر شیشه مربا می ریزیم.
یک سرنگ 10 میلی لیتری را برداشته، انتهای آن را در آورده و برگ های دایره ای را داخل آن می ریزیم، سپس دوباره انتهای سرنگ را وصل کرده و به تدریج 10 میلی لیتر محلول سدیم بی کربنات را وارد می کنیم، تا دایره ها در محلول شناور شوند.
ما می بایست هوای موجود در دایره ها را با محلول بیکربنات جایگزین کنیم.بدین منظور انتهای سرنگ را با انگشت گرفته و محکم شروع به مکیدن می کنیم، هوا با محلول بی کربنات جایگزین خواهد شد: با این روش، دایره ها در محلول بی کربنات شناور نخواهد بود و محلول منبع کربن موجود خواهد بود و به ساختار فتوسنتزی برگ نزدیک می شود.

دایره های برگ را به شیوه ای در شیشه های مربا قرار می دهیم(آن ها شامل محلول 25 درصد بی کربنات هستند). یکی از شیشه ها را با فویل آلومینیومی و دیگری با با سلفون رنگی کاغذی می پوشانیم. یک لامپ بالای هر شیشه نصب می شود(که با کاغذ پوشانده شده است)، بنابراین پرتوهای لامپ بر روی نمونه اثر خواهد گذاشت: هر دو لامپ می بایست در فاصله یکسانی نصب شوند(برای هر نمونه، یک لامپ جداگانه با توان یکسان نیاز است، کمتر از 70 وات نباشد: این لامپ های می توانند از نوع فلورسنت باشند، اما نوع LED توصیه می شود؛ از لامپ های رشته یا مانند لامپ های هالوژن اجتناب کنید، زیر مقدار زیادی از انرژی به صورت گرما از دست می رود.



شکل 17:محلول و لامپ به همراه فیلتر قرمز و آبی.

به محض روشن کردن لامپ، زمان را به کمک یک زمان سنج اندازه می گیریم. زمان را تا وقتی که دایره ها شروع به بالا شدن کنند، ضبط می کنیم.

این فرایند سریع نیست و حدود پنج دقیقه زمان برای شناور شدن دایره ها نیاز است(با توجه به شدت نو و فاصله ی لامپ از محل).دایره ها همزمان با بالا آمدن، شروع به ازاد کردن حباب های اکسیژن می کنند که به صعود آن ها کمک می کند.توجه داشته باشید که حرکت حباب ها در دو شیشه با توجه به رنگ نور در زمان های متفاوتی رخ می دهد: در نور آبی سریع تر است. با این روش، ما نشان می دهیم که بخش پر انرژی تر طیف الکترومغناطیس، تاثیر بیشتری در این فرایند دارد. سرعت فتوسنتز، پدیده ای که منجر به تولید اکسیژن می شود، به صورت مستقیم وابسته به زمان شروع بالا آمدن دایره ها است. سرعت فتوسنتز برای نور آبی بیشتر از نور قرمز است. بنابراین به کمک این آزمایش ما نشان می دهیم که چگونه گیاهان و سایر ارگانیسم های فتوسنتز کننده، مسئول تولید اکسیژن موجود در اتمسفر ما هستند. جایگزینی هوا با محلو بیکربنات به فرایند شتاب بخشیده و به ما اجازه می دهد که زمان کمتری را صرف کنیم.

شکل19: محلول ها با لامپ هایی با رنگ متفاوت نشان می دهد که دایره ها در هر کدام متفاوت بالا می آیند.

علاوه بر این با گذشت زمان، بر همکنش میان پرتوهای فرابنفش خورشید با مولکول های اکسیژن موجب ایجاد اوزون می شود، این فرایند ما را در برابر پرتوهای پرانرژی فرابنفش حفاظت می کند، البته به UVA و UVB که در تولید ویتامین دی در پوست انسان کمک می کنند، اجازه ی عبور می دهد.

متغییرهای جایگزین برای اکتشاف: غلظت بیکربنات در محلول مرود استفاده، دما، منبع نور با رنگ و شدت متفاوت(سایر متغییرها را ثابت نگاه داشته و تاریکی را در همه ی نمونه ها کنترل کنید)، پیش قرار گیری برگ ها در تاریکی یا نور و... .

فعالیت 5: بررسی امکان حیات در شرایط سخت

تخمیر برای تولید الکل یک فرایند بی هوازی است که به کمک مخمرها (قارچ ها) صورت می گیرد. به همراه باکتری، تخمیر یک فرایند پایه ای برای بدست آوردن انرژی در میکروارگانیسم ها است. مخمرها قند(گلوکز) را به اتیل الکل یا اتانول و کربن دی اکسید تبدیل می کنند. تخمیر فرایندی با راندمان انرژی پایین است، در حالی که تنفس بسیار مفید تر بوده و از لحاض تکاملی جدید تر است.

بنابراین ، قند به اتیل الکل و دی اکسید کربن تبدیل می شود و ما آزمایش خود را بر اساس این گاز پایه گذاری می کنیم. در صورت مشاهده این گاز، خواهیم دانست که تخمیر صورت گرفته و در نتیجه احتمال حیات را آزموده ایم.
.

تجربیات میکروبیولوژی، برای دست یابی به نتایج قابل اعتماد، نیازمند زمان است، در آزمایش ما، حضور یا نبود کربن دی اکسید به ما اجازه می دهد که بدانیم تغییر در شرایط محیطی، امکان وجود حیات را فراهم می کند یا نه. در همه نمونه های آزمایشی، ما از یک محصول که در آب موجود است شروع می کنیم. برای مشاهده ی تغییرات آزمایش، نمونه ها را در ابتدای کارگاه آماده می کنیم، شرایط 7 روش متفاوت را پس از یک ساعت می توان مشاهده کرد.

برای این منظور، ما از یک قاشق مخمر که میکروارگانسیم زنده و در دسترس است استفاده می کنیم(از مخمر در پخت نان استفاده می شود و از فروشگاه ها میتوان آن را تهیه نمود) ،همچنین یک لیوان آب ولرم(دمای 22 تا 27 درجه سانتی گراد) و یک قاشق شکر به عنوان غذای مصرفی میکروارگانیسم ها.
ما از روش مشابه در آزمایش کنترل و سایر آزمایش های پیشرفته در شرایط سخت استفاده خواهیم کرد.

روش برای آزمایش کنترل

شکر را در آب گرم در یک لیوان حل می کنیم، سپس مخمر را به آن ازوده و به کمک قاشق آن را حل می کنیم. مخلوط بدست آمده را در یک کیسه ی زیپ دار پلاستیکی می ریزم(نباید به آن هوا وارد شود)، همه ی هوای موجود را خارج می کنیم(از طریق پهن کردن روی میز و فشار دادن با دست). بسیار مهم است هوای داخل کیسه خارج شده باشد. بعد از پنج دقیقه می بنیم که چگونه کربن دی اکسید در کیسه شروع به جمع شدن می کند. بعد از بیست دقیقه، حباب ها به دلیل آزاد شدن این گاز که یکی از محصولات نهایی تخمیر است، در داخل کیسه ظاهر می شوند. وجود این گاز نشان می دهد که در آنجا میکروارگانسیم زنده حضور دارد.

شکل 21: آزمایش کنترل با حباب های کربن دی اکسید نشان دهنده ی وجود حیات است

روش در سیاره قلیایی(برای مثال نپتون یا تیتان هر دو دارای آمونیاک هستند): آزمایش را با استفاده از هر ماده ی پایه ای موجود(سدیم بیکربنات، آمونیاک و...) در آب تکرار کنید وصبر نمایید، اگر حباب ظاهر شد، نشان دهنده ی زنده بودن میکروارگانیسم ها است.
Ph در مقیاس قلیایی: سدیم بیکربنات: Ph=8.4 و آمونیاک خانگی:Ph= 11 .

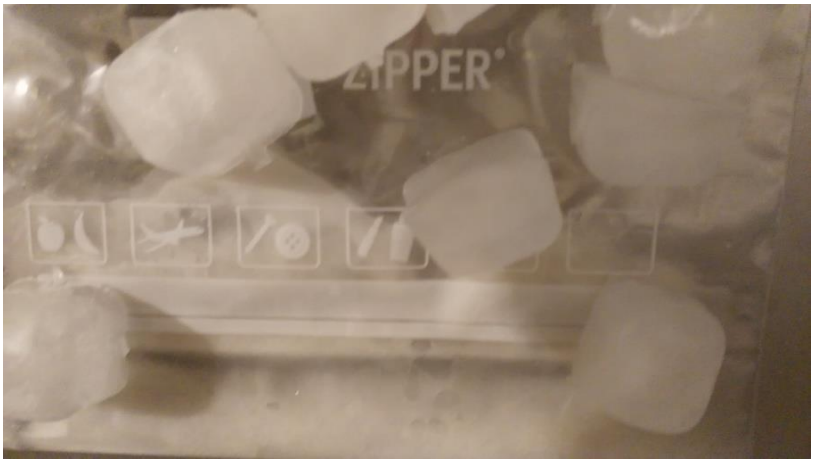
روش در سیاره شور(مانند مریخ یا گانیمید که باور بر این است که دارای آب با غلظت بالای نمک است). آزمایش را با حل کردن مقادیر متفاوتی از سدیم کلرید(نمک معمولی) در آب تکرار کنید.

شکل 22: محلول قلیایی و محلول نمکی هر دو فاقد حباب هستند.

روش در سیاره اسیدی(مانند نهاید که دارای باران سولفوریک اسیدی) است: آزمایش را با حل کردن سرکه، لیمو یا هر اسید در درسترس دیگر در آب تکرار می کنیم. مقیاس **Ph**برای اسید: سرکه: 2.9 و لیمو2.3 است.

روش در سیاره یخی(برای مثال اروپا یا Trappist-1 h):

کیسه را در ظرفی پر از یخ قرار داده، مشاهده کنید که آیا فعالیت وجود دارد، در صورت وجو فعالیت کیسه متورم می شود. در صورت یخچال یا فریز، از آن ها نیز می توان استفاده کرد. اگر حبابی مشاهده نشود، حیات وجود ندارد.



روش در سیاره با فرابنفش(مانند مریخ): آزمایش مشابه را انجام میدهیم، اماکیسه مخمر و شکر زیر نور فرابنفشی که توسط لامپ مخصوص تولید می شود،قرار می گیرد. اگر از لامپ فرابنفش در نواحی انرژی بالا (UV-C)یا,(UV-B) حباب پدیدار نمی شود، این یعنی حیات امکان پذیر نیست. اما استفاده از لامپ های تجاری که نور سیاه نامیده می شوند،دارای انرژی پایین فرابنفش ,(UV-A) است، این نور برای حیات خطرناک نیست و معمولا در کشاورزی برای تسهیل در رشد گیاهان از آن استفاده می شود. با استفاده از این نوع لامپ، تعداد زیادی حباب تشکیل می شود. اگر حباب ظاهر شد، یعنی حیات وجود دارد.

روش در سیاره گرم(مانند ناهید با اثر گلخانه ای): آزمایش را به صورت مشابه با آب گرم تکرار کنید. در مورد ناهید ما باید از آب جوش استفاده کنیم.(در صورت وجود دماسنج، آزمایش را می توان در دماهای متفاوت تکرار کرد و جدول فعالیتی از دماها بدست آورید) اگر حباب پدیدار شد، حیات وجود دارد.

سیارات و فراخورشیدی ها یا شرایط سخت و مشابه با شرایط بیان شده در فعالیت

ناهید. این سیاره دارای اتمسفری غلیظ می باشد که به صورت عمده از دی اکسید کربن و مقدار کمی نیتروژن تشکیل شده است. فشار در سطح این سیاره 90برابر بیشتر از فشار در سطح زمین است. مقدار زیاد دی اکسید کربن در اتمسفر اثر گلخانه ای شدیدی را به وجود آورده که موجب افزایش دما تا حدود 464 درجه سانتی گراد در نواحی کم ارتفاع نزدیک استوا شده است. با وجود اینکه فاصله ناهید تا خورشید دو برابر سیاره تیر است و تنها 25 درصد پرتوهای خورشیدی را دریافت می کند، اما همین اثر موجب گرم تر شدن آن نسبت به تیر شده است. ابرها به صورت عمده ذرات گوگرد و سولفوریک اسید تشکیل شده و کاملا سیاره را می پوشانند، در نتیجه جزییات سطح آن برای ناظر خارجی غیر قابل مشاهده است.

در زیر سطح یخی دنیای بیابانی مریح آب شور می تواند وجود داشته باشد. این آب می تواند خانه ای برای زندگی موجوداتی که . قابلیت حیات در شرایط سخت را دارند، باشد.در گذشته این سیاره مکان متفاوتی بود. ما می دانیم که بسیار شبیه به زمین بود. این سیاره دارای اقیانوس، آتش فشان و اتمسفر غلیظی از دی اکسیدکربن همچون ما بود، اما این مانعی برای حیات میکروبی نیست.تنها چیزی که موجب از دست رفتن این شرایط در سیاره ی سرخ و ایجاد تفاوت در آن در مقایسه با زمین شده، میدان مغناطیسی است. جاذبه ی کم و نبود میدان مغناطیسی موجب شد که به تدریج اتمسفر از دست برود. علاوه بر این مریخ سیاره ای)که برای ترکیبات بیولوژیکی خطرناک بوده UV-B و UV-Cاست که تابش فرابنفش خورشید را دریافت می کند، تابش هایی (و بر پیدا کردن برخی نشانه های حیات بر سطح آن اثر گذاشته است.

نپتون. ساختار داخلی نپتون مشابه اورانوس است: هسته سنگی پوشیده شده با پوسته یخی و پنهان در زیر اتمسفر غلیظ. دو سوم داخلی نپتون، ترکیبی از سنگ مذاب، آب، آمونیاک مایع و متان است. یک سوم بیرونی ترکیبی از گاز گرم هیدروژن، هلیوم، آب و متان است. اتمسفر تقریبا 7 درصد جرم سیاره را تشکیل می دهد. در اعماق زیاد، فضار اتمسفر 100.000 برابر بیشتر از فشار اتمسفر زمین است. غلظت متان، آمونیاک و آب از قسمت بیرونی به سمت قسمت درونی اتمسفر افزایش می یابد.

گانیمید، قمر مشتری، از سیلیکات و یخ تشکیل شده است و پوسته ی یخی بر فراز گوشته ی گل آلود که ممکن است حاوی لایه ای آب با غلظت بالای نمک باشد، قرار دارد.. اولین پروازها بر فراز گانیمید توسط فضاپیمای کالیستو صورت گرفت و نشان داد که این قمر دارای مغناطیس سپهر است. ممکن است به همان روشی که مغناطیس سپهر زمین ایجاد شده، تشکیل شده باشد: یعنی ناشی از حرکت مواد رسانا در داخل آن.

تیتان قمر زحل. باورها بر این است که این قمر دارای اقیانوسی در زیر سطح خود است که از آب به همراه آمونیاک ترکیب شده با آن یا سایر هیدروکربن ها در عمق 100 کیلومتر سطح تشکیل شده است.اتمسفر آن شامل 94 درصد نیتروژن است و تنها جو غنی از نیتروژن در منظومه شمسی است که در فاصله ی دوری از سیاره ما قرار داد. هیدروکربن های متفاوت مقدار باقی مانده را تشکیل می دهند. یخ آن بسیار مشابه با یخ های قطبی زمین است.

اروپا قمر مشتری. اروپا دارای سطحی یخی با اقیانوس آب زیر سطحی است. اتمسفر آن رقیق و دارای مقدار کمی اکسیژن است. یخ آن بسیار شبیه به یخ های قطبی زمین است. اروپا دارای هسته ی آهن- نیکل پوشیده شده با گوشته ی سنگی گرم است، روی آن اقاینوسی از آب مایع با عمقی که مورد بحث زمین شناسان بوده و حدود 100 کیلومتر برآورد می شود و سطح یخی به عمق 10 کیلومتر قرار دارد.

فعالیت 6: پیدا کردن زمین دوم

زمین تنها سیاره ی شناخته شده با قابلیت حیات است. بنابراین اگر ما سیاره با حیات غیرزمینی را جستجو کنیم، بسیار مناسب خواهد بود که به دنبال سیاره ای با شرایط مشابه باشیم. اما کدام معیارها مهم تر است.

جدول زیر حاوی فهرست برخی از سیارات فراخورشیدی به همراه ویژگی های آن ها است. سیارات فراخورشیدی که مناسب نیستند را رد کنید، شاید زمین دوم را بیابید. می توانید برخی از معیارها را پس از جدول پیدا کنید.

نام فراخروشیدی	جرم in masses of Earth	شعاع in Earth radii	فاصله تا ستاره in AU	حرم ستاره in masses of the Sun	نوع طیفی ستاره/ دمای سطحی ستاره
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
KIC 5522786 b	unknown	1.21	~~1.98~~	~~1.79~~	A

جدول 3: کاندیداهای برای زمین دوم

جرم و شعاع

در منظومه شمسی سیارات سنگی(تیر، ناهید، زمین و مریخ) و غول های گازی(مشتری، زحل، اورانوس و نپتون) وجود دارند. سیارات زمین مانند، از سنگ های سیلیکاتی، آهن تشکیل شده و چگالی بیشتری نسبت به سیارات گازی دارند. شعاع و جرم سیاره شاخص های مناسبی برای چگالی آن هستند.

ما از تعریف ارائه شده توسط ماموریت کپلر استفاده می کنیم: زمین – سان، ابر زمین –سان، سیارات زمین- سان دارای اندازه ی در حدود شعاع دو برابر به کمتر زمین بوده و سیارات ابر زمین- سان تا حدود 10 برابر زمین جرم دارند.

ناحیه حیات

ناحیه حیات، منطقه ای پیرامون ستاره است که امکان وجود آب به صورت مایع در سطح سیاره وجود داشته باشد.

در ستارگان رشته ی اصلی که مود نظر ما هستند، ارتباط مستقیمی بین درخشندگی و دمای سطحی ستاره وجود دارد. هرچه ستاره گرمتر، درخشش بیشتر و ناحیه ی حیات در منطقه ای دورتر خواهد بود. گونه ی طیفی ، دمای سطحی را مشخص می کند(به جدول زیر توجه کنید)

گونه ی طیفی	دما K	ناحیه حیات AU
O6V	41000	450-900
B5V	15400	20-40
A5V	8200	2.6-5.2
F5V	6400	1.3-2.5
G5V	5800	0.7-1.4
K5V	4400	0.3-0.5
M5V	3200	0.07-0.15

جدول 4: ناحیه حیات وابسته به گونه ی طیفی است.

گونه ی طیفی با یک حرف(O ، B، A، F، G، K، M)طبقه بندی می شوند و به زیر مجموعه ای از 0 تا 9 تقسیم می شوند (0 گرمترین نوع در یک گونه طیفی معین است) . V نشانگر یک ستاره رشته ی اصلی است.
نکته: اگر گونه طیفی ستاره کمی متفاوت است یا زیر گونه ناشناخته است ، از مقادیر داده شده برای منطقه قابل سکونت به صورت تقریبی استفاده کنید.

جرم ستاره ی مادر

برای مطالعه سیستم سیاره ای پرامون ستاره ی رشته اصلی، ما می بایست تکامل ستاره ی داغ را در نظر بگیریم.

یک میلیارد سال پس از پیدایش زمین، اولین شکل حیات پدیدار شد. ممکن سات پیش از آن حیات وجود داشته، اما ما مطمن نیستیم، پس بنابراین ستاره ی داغ می بایست حداقل 10^9 سال از تکامل خود را سپری کرده باشد.

انرژی که یک ستاره میتواند با انجام فرایندهای هسته ای تولید کند به جرم ان بستگی دارد. در این رابطه باید از خورشید به عنوان مرجع استفاده کنید
از این معادله ما می توانیم طول رشته اصلی یک ستاره را تخمین بزنیم

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

برای ستارگان کوتوله معمولی یا رشته اصلی نمودار **H-R** ، درخشندگی تقریبا برابر است با جرم ان به توان 3.5 .

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

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

طول عمر ستاره را بر طبق طول عمر پیش بینی شده خورشید (10^{10} yr) به ما میدهد.
نسخه ساده شده این فرمول را میتوان به این صورت نوشت:

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

بیایید حد بالایی برای جرم ستاره را محاسبه کنیم(اگر فاصله زمانی رشته اصلی ان حداقل 3 میلیارد سال باشد.)

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

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

$$M* = 1.6 \text{ Ms}$$

میبینیم که برای ستاره هایی با جرم بیشتر از 2M ، طول عمر رشته اصلی کمتر از 1 سال کهکشانی میشود.(یک سال کهکشانی معادل 250 میلیون سال است.) بنابر این حتی اگر سیارات قابل سکونتی هم در اطراف انها وجود داشته باشند احتمالا زمان کافی برای زندگی نخواهند داشت.

کـتـا بـشـنـا سی

- Álvarez, C., y otros, *Guia Libreciencia Taller Abril*, Argentina 2018,
- Anderson, M., *Habitable Exoplanets: Red Dwarf Systems Like TRAPPIST-1*, 2018
- Goldsmith, D., *Exoplanets: Hidden Worlds and the Quest for Extraterrestrial Life*, Harvard University Press, 2018
- Prieto, J., Orozco, P., *Estudios de Astrobiología*, Actas Ciencia en Acción , Viladecans, 2018
- Summers M, Trefil,J., *Exoplanets: Diamond Worlds, Super Earths, Pulsar Planets, and the New Search for Life beyond Our Solar System* , Smithsonian Books; 2018
- Tasker, E. *The Planet Factory: Exoplanets and the Search for a Second Earth,* Bloomsbury Sigma, 2017