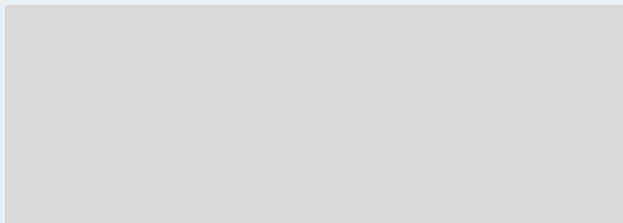


سرچشمه حیات

آزمایشگاه تحقیقات فضایی

www.spacerl.com



آیا ما تنها هستیم؟ امروزه پیشرفت علم و تکنولوژی این امکان را برای انسان فراهم ساخته تا بتواند، به این سؤال زیربنایی و قدیمی به صورت قطعی جواب دهد. آب در حالت مایع اصلی‌ترین شرط وجود حیات، به آن شکلی که ما می‌شناسیم، است. خواص فیزیکی و شیمیایی H_2O ، این خاصیت منحصر به فرد را به آب می‌دهد تا فرآیند ملکولی شکل‌گیری حیات را امکان‌پذیر سازد. ملکول‌های آب حل‌کننده یون‌ها و فعل و انفعالات طبیعی هستند، که محرک ضروری و زیربنایی شکل‌گیری فرآیندهای بیولوژیکی است. هر کجا بر روی زمین، آب مایع یافت شود، در آنجا حیات هم هست پس منطقی است که برای کشف علائم حیاتی در کرات دیگر اول به دنبال آب آن هم به شکل مایع آن باشیم.

جالب اینجاست که مطالعات و اکتشافات دهه‌های اخیر، اثبات کرده‌اند، آب مایع در تمامی منظومه شمسی وجود دارد. وجود احتمالی یک دریاچه زیر قطب جنوب کره مریخ، وجود آب در یکی از ماه‌های کره Jupiter (آن‌هم دو برابر مقداری که بر روی کره زمین است)، ذرات یخ موجود در حلقه‌های سیاره زحل "Saturn" که در اثر فوران، آب‌فشان‌ها از اقیانوس یخی موجود بر روی یکی از ماه‌های زحل به نام Enceladus بوجود آمده‌اند، لایه آب مایع زیر سطحی موجود در یکی دیگر از ماه‌های زحل به نام Titan و نهایتاً احتمال موجود بودن اقیانوس‌های آب مایع در سیاره Pluto و سیارک Eris، همه و همه نشان می‌دهند که کل منظومه شمسی می‌تواند مدعی وجود حیات باشد.

حال اگر به این حقایق کشف دیگری را هم اضافه کنیم، گستره وجود حیات به تمامی هستی قابل رؤیت برای انسان، خواهد رسید. طبق آخرین تحقیقات انجام شده، تعداد سیاره‌ها در جهان هستی حداقل برابر تعداد ستاره‌های قابل رؤیت می‌باشند. فقط در کهکشان راه شیری حدود ۱۰۰ میلیارد ستاره وجود دارد و در جهان هستی تریلیون‌ها کهکشان مثل کهکشان راه شیری هست. بر این اساس می‌توان گفت تعداد بی‌شماری از مکان‌های با منابع آبی در جهان هستی وجود دارند، ولی سؤال اینجاست که آیا در آن‌ها حیات امکان ظهور یافته است؟!

ارتباط بین مفاهیم حیات پذیر(قابل سکونت) و وجود حیات (مسکونی)

یکی از باورهای رایج آنستکه، وقتی شرایط مناسب برای حیات وجود داشته باشد خودبخود بوجود می‌آید! در سال ۱۸۶۱ دانشمند فرانسوی آقای لویی پاستور، آزمایشی را انجام داد که در تضاد با این فرضیه بود، نتایج این آزمایش نشان می‌داد، حیات تنها وقتی بوجود می‌آید که یک محیط «حیات پذیر» قابل سکونت و پاک توسط یک منبع حیات دیگر تغذیه گردد، به عبارت دیگر حیات فقط از حیات بوجود می‌آید!

امروز در اکتشافات فضایی، بر اساس آزمایش پاستور بین دو مفهوم، حیات‌پذیر (قابل سکونت) و وجود حیات (مسکونی) تفاوت قائل می‌گردند. اگر فرض کنیم، وجود حیات در جهان هستی یک امر معمول است! چون سیاره‌ها با محیطی کاملاً خلاء از یکدیگر جدا شده‌اند، باید این احتمال را هم بدهیم که، در همه سیاره‌های موجود، ظهور حیات از مواد بی‌جان امکان‌پذیر می‌باشد. تحقیقات علمی نشان می‌دهند که حداقل یکبار در جهان هستی، این اتفاق افتاده است «بر روی کره زمین»! بنابراین تا وقتی نمونه دیگری از حیات کشف نکرده‌ایم، مدل شکل‌گیری حیات در کرات دیگر را منطقی است، بر اساس نمونه موجود و در دسترس روی کره خودمان بسازیم. حل این معما که چگونه حیات بر روی زمین بوجود آمده است، به دانشمندان بیولوژیست فضایی کمک خواهد کرد تا ارتباط بین وجود حیات و حیات‌پذیری در کرات دیگر را بهتر درک کنند.

کلاف سر در گم، گذشته!

تقریباً تمامی محیط‌های موجود روی کره زمین تحت تأثیر حیات قرار گرفته‌اند، از میکروب‌ها گرفته تا انسان، بر خلاف ظرفیت خارق‌العاده زمین برای میزبانی زندگی، مدارک و شواهد موجود، نشان می‌دهند که ظهور خودبخودی حیات در تاریخ کره خاکی، تنها یک بار اتفاق افتاده و نه بیش‌تر! همانطور که لویی پاستور نتیجه‌گیری کرده بود، حیات امروزی از حیات قبل خود و آن حیات هم از حیات قبل از خود (همینطور تا به آخر) بوجود آمده‌اند. انسان امروزی این حقیقت را می‌داند، چون می‌تواند، ارتباط هر گونه از حیات موجود روی زمین را با گونه‌های قبل از آن از طریق درختواره تکامل

نژادی (Phylogenetic Tree) برقرار سازد. به لطف، توانایی انسان در استخراج دستورالعمل‌های موجود در DNA و RNA می‌توانیم کدهای ژنتیکی هر دسته از موجودات را با یکدیگر مقایسه کرده و نقشه تکامل آن‌ها را از نقطه شروع بدقت رسم کنیم. ماهیت «نقطه شروع» در طول تاریخ گم شده است ولی با بررسی فسیل‌های موجود می‌توان گفت، حیات در یکی از شکل‌های آشنایی آن حدوداً چهار میلیارد سال پیش روی کره زمین ظهور کرده است. بنابراین می‌توان گفت، اولین شکل حیات بر روی کره زمین، بعد از گذشت حدود ۷۵ درصد از عمر هستی شکل گرفته است. (عمر جهان را ۱۲ تا ۱۴ میلیارد سال ارزیابی کرده‌اند). شرایط کره زمین در آن زمان اصلاً مشابه شرایط فعلی آن نبوده اما به نظر می‌رسد، همین شرایط عامل اصلی وجود آمدن حیات بر روی کره زمین بوده است.

دنیای از اقیانوس‌ها

منظومه شمسی مملو از «اقیانوس‌ها» است. البته سطح سیاره‌های این منظومه عموماً دارای محیطی نامساعد برای حیات می‌باشند. اغلب بسیار سرد و یا بسیار گرم بوده و علاوه بر آن تحت تأثیر مستقیم تشعشعات نابودگر خورشیدی و کیهانی قرار دارند. ولی در عمق و زیر پوسته بسیاری از این سیارات، حجم زیادی از آب مایع وجود دارد. نتایج اکتشافات فضایی نشان می‌دهند که حداقل، در ماه سیاره مشتری با نام "Europa" و ماه سیاره زحل "Enceladus" شرایط اولیه برای شروع حیات وجود دارند. هر دو این اجرام سماوی، دارای اقیانوس‌های آب به شکل مایع هستند که احتمالاً در کف آن‌ها فرآیندهای لازم برای زایش حیات در جریان باشند. این نوع فرآیندها در گذشته دور در کره زمین نیز اتفاق افتاده‌اند. آن‌ها را به «ستون‌های هیدرو ترمال (Hydrothermal Vents)» که در اثر واکنش صخره‌های آتشفشانی گرم کف با آب اقیانوس‌ها بوجود می‌آیند، می‌شناسیم.

همه چیز از عمق اقیانوس‌ها شروع شده

در صورتی که می‌توانستیم به چهار میلیارد سال پیش در روی زمین برگردیم، حتی یک لحظه هم در آن محیط زنده نمی‌ماندیم! اتمسفر فاقد اکسیژن و تشعشعات ماوراء بنفش خورشید شکل‌گیری هرگونه حیات بر روی سطح کره زمین را ناممکن می‌ساختند. در آن موقع که اقیانوس‌ها سرشار از عنصر آهن و اتمسفر زمین فاقد اکسیژن کافی بودند. در کف اقیانوس‌ها، مواد کریستالی سرشار از آهن، مثل سیلیکات منیزیم $(Mg, Fe)_2SiO_4$ و پیروکسین در واکنش با آب قرار داشت. این واکنش را با عنوان "Serpentinization" می‌شناسیم. در اثر این واکنش، گاز هیدروژن، متان و یک ماده معدنی سبز رنگ به نام Serpentine و البته حرارت بوجود می‌آیند. آب قلیایی که از بین صخره‌های کف اقیانوس، حرارت را جذب کرده و با یون‌های فلزی گازدار می‌شود، تحت فشار این جریان به سمت سطح اقیانوس حرکت می‌کند و در اثر یک سری واکنش‌های شیمیایی و حرارتی، ستون‌هایی از مواد معدنی را ایجاد می‌کند.

همان‌طور که اشاره شد این ستون‌ها که ارتفاع آن‌ها به بیش از ۵۰ متر هم می‌رسد، به نام ستون‌های هیدرو ترمال (Hydrothermal Vents) می‌شناسیم. اغلب اقیانوس‌های اولیه بر روی کره زمین، اسیدی بوده‌اند، مثل نوشابه‌های گازدار کنونی، اقیانوس‌ها کربن لازم را از اتمسفر سرشار از CO_2 بالای سر خود جذب می‌کردند. در کف اقیانوس فرآیند شیمیایی بین صخره‌ها و آب "Serpentinization" باعث تغییر PH آب و عوض شدن خاصیت قلیایی آن می‌گردد. این واکنش همچنین باعث گرم شدن آب و غنی شدن آن با مولکول‌های هیدروژن به عنوان سوخت شیمیایی لازم برای حیات می‌شود. در مرحله بعد وقتی آب قلیایی کف وارد اقیانوس می‌شود، خود را در عدم موازنه با آب سرد، اسیدی و سرشار از اکسید کربن CO_2 اطراف می‌یابد. اصطلاح «عدم موازنه» تعبیر شیمیایی اصطلاح «عدم تعادل» است. ولی همین «عدم تعادل» ریشه اصلی «حیات» است. شرایط «نامتعادل» منبع اصلی انرژی لازم برای ایجاد تغییر و خلق پیچیدگی است!

امروزه این ستون‌های کربنات کلسیمی در کف اقیانوس اطلس، میزبان انواع متنوع جوامع بیولوژیکی می‌باشند. ولی حدود ۶ میلیارد سال قبل، همین ستون‌ها ممکن است، مولد حیات بر روی زمین بوده باشند.

الکترون‌ها و پروتون‌ها، منبع انرژی حیات

آیا توجه کرده‌اید، چگونه «عدم تعادل» برای انسان‌ها، انرژی ایجاد می‌کند؟ ما غذا می‌خوریم و تنفس می‌کنیم تا انرژی بدست آوریم. ولی این دقیقاً به چه معنی است؟! در حقیقت همه این کارها بخاطر الکترون‌ها است. بدن ما الکترون‌ها را از غذا به عنوان یک منبع غنی از الکترون دریافت می‌کند و آن‌ها را به اکسیژن تشنه الکترون در هوایی که تنفس می‌کنیم می‌دهد. این انتقال الکترون، در طی یک سری واکنش‌های شیمیایی در داخل سلول‌ها رخ می‌دهد که باعث آزادسازی «انرژی مفید» می‌گردد. پروتئین‌های موجود در سلول‌ها این انرژی را برای پمپاژ پروتون‌ها از طریق غشاء داخلی، مورد استفاده قرار می‌دهند و فرآیند عدم تعادل الکترونی را به عدم تعادل پروتونی تبدیل می‌کند.

یک نوع پروتئین با نام "ATP" (Adenosine Triphosphate) از انرژی پتانسیل ذخیره شده در عدم تعادل پروتونی استفاده می‌کند تا سلول‌های ATP را بسازد، ATP را اغلب به عنوان «واحد انرژی حیات» می‌شناسند. در حقیقت خود ATP در یک سیستم نامتعادل دیگر قرار دارد، عدم تعادل بین کل ATP و اجزای شکسته شده آن با نام‌های ADP (Adenosine Diphosphate) و ALP (Adenosine Lonophosphate) اکنون می‌دانیم که، منشأ این «واحد انرژی حیات» چیزی نیست جز «عدم تعادل» (ناپایداری)!

نظریه آشیانه هیدروترمال حیات

ما دقیقاً نمی‌دانیم «حیات» چگونه بوجود آمده ولی یکی از سناریوهای ممکن، وجود انرژی Geochemical در ستون‌های هیدروترمال اولیه است.

اگر به چهار میلیارد سال پیش برگردیم و با میکروسکوپ، ستون‌های هیدروترمال بلند کف اقیانوس‌ها را مورد مطالعه و بررسی قرار دهیم، احتمالاً خواهیم دید که هریک از این ستون‌ها مانند برج‌های بلند مسکونی کنونی حاوی ترولیون‌ها آپارتمان کوچک، هریک به اندازه یک سلول بیولوژیکی، از جنس مواد معدنی هستند. درون هریک از این حفره‌ها، H_2 هیدروژن آزاد شده از جریان ماریپیچ ستون‌های کف اقیانوس با دی اکسید کربن CO_2 موجود در آب دریا اطراف در حالت عدم تعادل شیمیایی قرار دارند. در این عدم تعادل، H_2 به شکل منبع سرشار از الکترون به عنوان «دهنده» دی اکسید کربن مثل یک مخزن متقاضی الکترون، به عنوان «گیرنده» رفتار می‌کنند. اضافه براین، یک عدم تعادل دیگر نیز در این اکوسیستم وجود دارد. عدم تعادل بین جریان قلیایی موجود در منافذ ستون‌ها و آب اسیدی دریا مغایرت در PH خود یک عدم تعادل طبیعی از جنس پروتون است که بسیار مشابه عدم تعادل پروتونی موجود در سلول‌های کنونی است.

اگر در زمان به سفر خیالی خود به سمت زمان حال حرکت کنیم، خواهیم دید که ملکول‌های H_2 و CO_2 در حال واکنش هستند. این واکنش تحت تأثیر کاتالیزورهای فلزی موجود در منافذ ستون‌های هیدروترمال کف اقیانوس امکان‌پذیر شده است. این واکنش علاوه بر ملکول‌های طبیعی (Organic Molecules) مقدار قابل توجهی انرژی نیز آزاد می‌کند. حال اگر برخی از مواد معدنی طبیعی، ماده‌ی تشکیل دهنده‌ی ATP باشد، این فرآیند می‌تواند جریان طبیعی پروتون را برای نگهداشتن فسفات‌ها در کنار هم بکار گیرد. در این صورت ظهور «واحد حیات» کاملاً امکان‌پذیر جلوه می‌کند. همکاری نیتروژن و ملکول‌های گوگردی حل شده در آب می‌تواند عامل راه‌اندازی اولین شبکه‌ی متابولیز (شبکه‌ای از واکنش‌ها که خود را تقویت کرده و باعث بوجود آمدن ترکیبات پیچیده‌تر و پایدارتر در طول زمان می‌گردد) باشد.

طبیعی است که انتظار داشته باشیم، این شبکه می‌تواند منجر به بوجود آمدن مولکول‌های حاوی اطلاعات و خود تکثیرشونده (Self-Replicating) مانند RNA، شود. مولکول‌های RNA قابلیت تطابق بالایی در صورت تغییر شرایط محیطی دارند. این مولکول‌ها همچنین می‌توانند غشاء چربی منعطفی را جایگزین دیواره‌های تغییرناپذیر از مواد عالی خود نمایند. این غشاء چربی به مولکول‌های RNA اجازه‌ی ساختن «پمپ‌های یونی (Ion Pumps)» را می‌دهد. این پمپ اجازه می‌دهد، ملکول، ناپایداری پروتون خود را مدیریت کرده و در نهایت قابلیت گریز از ستون‌های هیدروترمال را

بدست آورد! بعد از رهایی، این مولکول‌ها که حاصل واکنش‌های شیمیایی شکل گرفته در کف اقیانوس‌های کره‌ی زمین هستند، با وارد شدن به مکان‌های جدید به اشکال مختلفی از حیات درخواهند آمد.

باغ شیمیایی

به منظور آزمایش این نظریه، شبیه‌سازی با نام «باغ شیمیایی» ساخته شده که در آن ستون‌های هیدروترمال کف اقیانوس‌ها، شبیه‌سازی می‌شوند. در اثر واکنش بین دو جریان که در حالت عدم تعادل شیمیایی با هم هستند، مواد معدنی تولید و ته‌نشین می‌گردد. این رسوب‌ها، شبیه رسوب‌های موجود آمده از ستون‌های هیدرو ترمال کف اقیانوس‌ها هستند. شبیه ساز «باغ شیمیایی» امکان می‌دهد تا نظریه بوجود آمدن خود بخودی حیات از عدم تعادل شیمیایی، تحت بررسی و مطالعه قرار گیرد.

سایر فرضیه‌های موجود شکل‌گیری حیات

برخی از دانشمندان بر روی فرضیه‌های دیگری، برای منشأ حیات کار می‌کنند. بسیاری از این فرضیه‌ها بر اصطلاحاً «سوپ‌های پروبیوتیک از مولکول‌های طبیعی» استوار می‌باشند. این معجون‌های طبیعی، روی سطح اقیانوس‌ها زیر نور آفتاب منتظر می‌مانند تا ترکیبی صحیح از آن‌ها حیات را بوجود آورد. ولی باتوجه به سطح پهناور اقیانوس اولیه، احتمال این ترکیب بسیار کم به نظر می‌رسد. بنابراین دانشمندان بر این عقیده هستند که احتمالاً عمل ترکیب بین مولکول‌های مستعد، در حوضچه‌های موجود آمده از جزر و مد و یا در استخرهای آب گرم انجام گرفته است. فرآیندهای خشک و تر شدن ناشی از جزر و مد اقیانوس، امکان پیوستن بلوک‌های سازنده‌ی حیات را فراهم می‌سازند.

فرضیه‌های دیگری هم برای منشأ حیات بر روی زمین مطرح شده‌اند. از آن جمله گروهی از دانشمندان بر این باورند که حیات در اثر بازتولید خودبخودی خاک‌های کانی که اکثر آن‌ها حاوی سیلیکات آلومینیم هستند، بوجود آمده است. عده‌ای دیگر اعتقاد دارند، فوران‌های اتمی، واکنش‌های اولیه‌ی حیاتی را فعال کرده و این واکنش‌ها منجر به پیدایش حیات شده‌اند. شاید یکی از جسورانه‌ترین فرضیه‌ها، فرضیه‌ی انتقال حیات از کره‌ی مریخ به زمین است. نظریه‌ی این دسته از دانشمندان بر این حقیقت استوار است که در ابتدای شکل‌گیری کره‌ی زمین و مریخ، شرایط کره‌ی مریخ برای شکل‌گیری حیات بسیار مناسب‌تر از زمین بوده، بنابراین فرضیه، میکروب‌های کره‌ی مریخ در صخره‌هایی که در اثر برخورد‌های اجرام فضایی با سطح این کره جدا شده و به فضا پرتاب شده‌اند، به سطح زمین رسیده‌اند. این فرآیند را اصطلاحاً Lithopanspermia می‌نامند.

سخن آخر؟

مستقل از اینکه کدامیک از فرضیه‌های مطرح شده در مورد منشأ حیات به حقیقت نزدیک‌تر باشند، امکان «پیدایش حیات» به خودی خود، فرض تنها بودن ما در جهان هستی را به شدت زیر سؤال می‌برد. هر یک از فرضیه‌های گفته شده می‌تواند دلیلی برای جستجوی حیات در یکی از اجرام سماوی حتی در محدوده‌ی منظومه‌ی شمسی خودمان باشد. اگر منشأ حیات، ناپایداری شیمیایی و فیزیکی در ستون‌های هیدروترمال باشد، تعداد بیشماری از سیارک‌های مرطوب و صخره‌ای قابلیت ایجاد شرایط مناسب برای شکل‌گیری حیات را خواهند داشت. به عبارت دیگر اکوسیستم‌های هیدروترمالی که در اثر برخورد آب و صخره بوجود می‌آیند، در هر کجای این هستی قابل کشف می‌باشند. مریخ نورد "Spirit" این اثرات را در صخره‌های کره‌ی مریخ و فضاپیما "Cassini" آن‌ها را در یکی از ماه‌های سیاره‌ی زحل به نام "Enceladus" مشاهده کرده‌اند. تا اینجا، فرضیه‌ی ستون‌های هیدروترمال تنها روش ممکن برای شکل‌گیری ژن‌های مستقل حیاتی بر روی کرات زمین‌مانند و دنیاهای پوشیده از اقیانوس‌های یخی است.

اما اگر شکل‌گیری حیات نیاز به محیطی با سیکل‌های خشک - تر و تحت تأثیر مستقیم هوا و تشعشع داشته باشد، در آن صورت، سیاره‌ی مریخ کاندید مناسب‌تری برای حیات نسبت به "Europa" و "Enceladus" (ماه‌های سیاره مشتری و سیاره زحل)، خواهد بود. در این حالت ماه‌های دو سیاره غول پیکر منظومه‌ی شمسی و نمونه‌های مشابه آن‌ها در

کهکشان، قابل سکونت (حیات‌پذیر) هستند ولی کاملاً استریل. مگر اینکه در فرآیندی بسیار غیرمحمتم تعدادی از صخره‌های کره‌ی زمین به عنوان یک سیاره‌ی «مسکونی» حیات‌دار؛ ساختارهای حیاتی را به آن‌ها منتقل نماید. حال اگر حیات، از اصطلاحاً «سوپ‌های شیمیایی» بدون نیاز به کاتالیست‌های معدنی و یا فعالیت‌های زیرساختی، بوجود آمده باشد، در آن‌صورت یکی دیگر از ماه‌های سیاره‌ی زحل به نام “Titan” می‌تواند کاندید میزبانی حیات باشد. “Titan” از گانیسم‌های مولکولی پیچیده‌ای را در اتمسفر تولید می‌کند. این از گانیسم‌های پیچیده از روی سطح پوشیده از دریا‌های دی‌اکسید کربن، سیاره جمع‌آوری می‌گردند. دانشمندان “Titan” را به عنوان نمونه‌ای از محیط‌های طبیعی سوپ‌مانند موجود بر روی کره زمین، در اوایل شکل‌گیری آن می‌دانند.

در حال حاضر هیچ اختلافی بین دانشمندان در تعریف نیازمندی‌های منشاء حیات وجود ندارد. ممکن است هیچ‌کدام از فرضیه‌های عنوان شده در این نوشتار صحیح نباشند، شاید هم همه آن‌ها درست هستند. دقیقاً نمی‌دانیم کشف حیات در یکی از سیاره‌ها در همسایگی ما نشان خواهد داد، کدامیک از این فرضیه‌ها به حقیقت نزدیک‌ترند. اگر هم حیاتی را پیدا نکنیم، باز خواهیم آموخت که «حیات‌پذیری» شرط لازم برای وجود حیات است ولی کافی نیست. حالا که تعداد بیشمار و بسیار متنوعی از کاندیدهای فضایی – بیولوژیکی در هستی وجود دارند، سؤال اصلی این است که آیا کسی آنجا هست؟

مراجع

- 1- “The MAKING OF LIFE”, Planetary Reports, Uni. Of Washing ton, Michael L. Wong,2020.
- 2- Doug Elison, Emily Lakdawalla, Bob Pappalavdo (Personal Communication), 2020.
- 3- Internal models Based mostly on HANKE Hussmann, Frank Sohi and Tilman Spohn, 2006.
- 4- IFE/URI-IAO/UW/Lost city science party/NOAA/OAR/OER.