

حیات در آسمانها

اثر

ریچارد. اس. یانگ

ترجمه

دکتر محمود بهزاد

حمیده غروی



کتابخانه ملی و اسنادخانه

غرض از انتشار مجموعهٔ معارف عمومی این است که يك رشته کتب ارزنده در فنون مختلف علوم و معارف به معنی وسیع آن که برای تربیت ذهنی افراد و تکمیل اطلاعات آنان سودمند باشد به تدریج ترجمه شود و در دسترس طالبان قرار گیرد.

امید می رود که این مجموعه در مزید آشنایی خوانندگان با جهان دانش و مسائل علمی و فرهنگی دنیای امروز مؤثر واقع شود و فرهنگ دوستان و دانش-پژوهان را به کار آید.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۱	مقدمه مترجمان
۱	پیشگفتار
۵	فهرست منابع
۸	فصل اول: پدیده حیات
۹	سلول
۱۶	آب
۱۷	رشد و سوخت و ساز
۱۸	تحرک
۱۹	پاسخ دادن به محرکها
۲۱	ماده ارثی
۲۳	سازگاری و تکامل
۳۰	فصل دوم: منشأ حیات
۴۱	مطالعات آزمایشگاهی
۴۹	فصل سوم: سیارات و حیات
۵۵	مریخ
۸۳	فصل چهارم: تشخیص حیات
۱۲۲	فصل پنجم: حیات از فضا
۱۳۲	موجودات هوشمند
۱۳۸	فصل ششم: زیست‌شناسی آزمایشی در فضا
۱۴۰	جاذبه زمین

از این کتاب دوهزار نسخه روی کاغذ اعلا با همکاری فنی مؤسسه
انتشارات فرانکلین وکمک سازمان برنامه در چاپخانه بیست وپنجم شهریور
(شرکت سهامی افست) بهطبع رسید
حق طبع مخصوص بنگاه ترجمه ونشر کتاب است

مجموعهٔ معارف عمومی

شماره ۵۵

حیات در آسمانها

اثر

ریچارد. اس. یانگ

ترجمه

دکتر محمود بهزاد حمیده غروی



بنگاه ترجمه و نشر کتاب

تهران: ۱۳۵۰

مقدمه مترجمان

تا این اواخر تنها زیست‌شناسی که آدمی در باره آن به پژوهش پرداخته است، زیست‌شناسی زمینی، یعنی شناخت جانداران کنونی و گذشتهٔ سیارهٔ ما، چگونگی تغییر و تحول آنها در دورانهای درازمدت عمر زمین، شرایط و اوضاع کنونی زندگی آنهاست. اما اکنون موقعیتی فراهم شده است که در بارهٔ جهانی بودن حیات تحقیق گردد و از راز پیدایش حیات در زمین یا در نقاط دیگر گیتی پرده برداشته شود.

کتاب حاضر که علم زیست‌شناسی را به آسمانها گسترش داده، نوشتهٔ **دکتر یانگ**، رئیس بخش زیست‌شناسی کیهانی مرکز تحقیقات امر در کالیفرنیاست. دکتر یانگ مقالات پرشماری در بارهٔ امکان وقوع حیات در مریخ انتشار داده است. او در کتاب حاضر ابتدا از خاصه‌های حیات به‌صورتی که اکنون وجود دارد، بحث می‌کند و سپس امکانات سیاره‌های دیگر منظومهٔ شمسی را برای وجود جانداران

بررسی می کند. از شرایط و اوضاع مریخ و امکان وجود جاندار در این سیاره به تفصیل سخن می راند. از تحقیقاتی که برای یافتن آثار حیات در شهابسنگها به عمل آمده است نیز یاد می کند و در پایان به روشهای گوناگون تشخیص حیات در سیاره های دیگر و امکاناتی که تکنولوژی عصر حاضر برای این کار فراهم می سازد اشاره می کند.

خرداد ۱۳۵۰

پیشگفتار

اكتشافات فضایی، علم نسبتاً نوی است. ساختن راکتهایی که قادرند با سرعت کافی کپسولهایی را به خارج از اتمسفر زمین ببرند و در مدار ثابتی قرار دهند امکان اکتشاف قسمت عمده ای از منظومه شمسی را به آدمی داده است. کارهای نخستین در علم فضا بیشتر صرف بهبود تکنولوژی سفینه های فضایی می شد تا قرار دادن کپسولهای بزرگتر و کارآمدتری در مدار ممکن گردد. رفته رفته اندازه گیری های فیزیکی و آزمایشهایی ممکن شد که به طور مستقیم به کارآمدی خود سفینه مربوط نبود. مثلاً در نتیجه این نوع آزمایشهای اولیه بود که در سال ۱۹۵۸ به کشف کمربند پرتووان آلن (Van Allen) در اطراف زمین انجامید.

قبول اینکه آدمی سرانجام به محیط فضا گام می نهد به کوششهایی انجامیده است که مقدماً برای تشخیص مخاطرات زیستی فضا لازم است. این کارها، همراه تحقیقات نظری کهن در باره امکان وجود حیات در

سیاره‌های دیگر، وامکان وجود منشأهای حیات، دو علم زیست‌شناسی و علم فضا را با هم به‌جایی رسانیده است که شاید هیجان‌انگیزترین و سودمندترین تلاشهای علمی آدمیان کنونی به‌حساب آیند.

زیست‌شناسی فضایی با دو مسئله اساسی سروکار دارد. (۱) دانش ما درباره زیست‌شناسی چه کمکی در کار اکتشاف فضا خواهد کرد؟ (۲) مطالعه محیط کیهان چه نقشی در دانش ما درباره حیات و فرایندهای آن خواهد داشت؟ در سؤال نخست مسائلی چون اثرات بیوزنی، افزایش نیروهای گرانشی، حداکثر و حداقل دما، پرتوهای فضایی، جنبه روانشناسی فیزیولوژیک پرواز در فضا و روشهای فراهم آوردن نیازمندیهای آدمی در سفر فضایی مطرح می‌شود. این مشکلات باید حل شوند تا پرواز آدمی در سفر فضایی بدون خطر گردد. این مشکلات به‌دست علم پزشکی گشوده می‌شوند.

مسئله دوم، موضوع کتاب حاضر است. برای اینکه حیات را بشناسیم و از منشأ آن آگاه شویم باید جهانی بودن آن را به اثبات برسانیم. زیست‌شناسی تنها رشته‌ای از علوم طبیعی است که قوانین و اصول جهانی ندارد. از آنجا که تنها حیاتی که با خصوصیات آن آشنا هستیم حیاتی است که در زمین هست، نمی‌توانیم تئوریهای مربوط به جهانی بودن حیات را مورد آزمایش قرار دهیم. دیگر اصول علمی تا بدین اندازه محدود نیستند. مثلاً دانشمند علم فیزیک و دانشمند علم هیئت می‌توانند سیاره‌های منظومه شمسی ما و ستاره‌های سراسر

عالم را مشاهده کنند و در نتیجه این مشاهدات قوانین جهانی حرکت سیاره‌ها را تدوین کنند.

اثبات حیات کیهانی امری دشوار است، اما بررسی شماره زیادی از اجرام سماوی که بستگی فیزیکی آنها با خورشیدهایشان باید محیط مناسبی برای پیدایش حیات در آنها به وجود آورده باشد محققاً باید ما را بر آن دارد که درباره منحصر به فرد بودن حیات در زمین تردید کنیم. به گفته دانشمند زیست شیمی ا. آی. اوپارین (A. I. Oparin) «بنابراین، پیدایش حیات يك رویداد اتفاقی و بسیار غیرمحمّل نیست بلکه پدیده‌ای کاملاً متداول است که در معرض تحلیل دقیق علمی و مطالعه همه‌جانبه قرار دارد. آشکار است که سیاره‌های مسکون متعددی در جهان، و مخصوصاً در کهکشان ما، وجود دارند. اما این بیان کما-بیش مسلم، صورت کلی دارد و باید در هر مورد مشخص، با بررسی شرایط واقعی اجرام کیهانی و بررسی آنها با روشهای علمی نوین، تأیید شود.»

منحصر به فرد یا جهانی بودن حیات براساس دانسته‌های مامورد تردید است ولی چنین تردیدی در حال حاضر فقط مبنای نظری دارد. هر چند می‌توان آزمایش‌ها را طوری طرح کرد که دانش ما را در باره حیات و امکان وجود حیات کیهانی پیشرفت دهد، اما باید در انتظار فرصتی باشیم که صورتی از حیات را، که از راه بررسی فضا به دست می‌آید، مطالعه کنیم. وقتی که (واگر) حیات بر سیاره‌های دیگر بیافت

شود ممکن می‌شود آن را تجزیه کنیم و با حیات زمینی مقایسه نماییم. اگر با حیات زمینی تفاوت بسیار داشته باشد، دانش زیست‌شناسی نوی روی کار خواهد آمد.

چه چیزهایی وجود حیات را بر سیاره‌های دیگر محتمل می‌سازند؟ آیا در جای دیگر کیهان حیات وجود دارد و آیا با حیات زمینی همانند است؟ اگر حیات کیهانی وجود دارد به چه طریق می‌توان آن را تشخیص داد؟ و چگونه می‌توان نمونه‌ای از آن را به زمین آورد؟ مشکلات طرح ریزی و ساختمان سفینه‌های فضایی را چگونه ممکن است ازمیان برداشت؟

پیش از آنکه بتوانیم به‌چند تا از این سؤالات پاسخ دهیم باید درباره حیات به‌صورتی که در زمین هست، و درباره خواص آن، که از روی آنها می‌توان وجود حیات را در نقاط دیگر عالم ممکن دانست، اطلاعاتی کسب کنیم.

فهرست منابع:

- 1_ Caidin, Martin, *The Greatest Challenge* New York Dutton, 1965, 320 PP.
مخاطرات بررسی فضای آن سوی ماه به وسیله آدمی در این کتاب ارزیابی می شود. (مخصوص دانش آموزان کلاسهای سوم تا ششم متوسطه و بزرگسالان).
- 2_ Campbell, Paul A., *Medical and Biological Aspects of the Energies of Space*. New York : Columbia University Press.
- 3_ Gole, Dandridge M. And Denald W. Cox, *Islands in Space : The Challenge of the Planetoids*. Philadelphia : Chilton Books, 1964 2 6 PP.
اهمیت خرده سیارات (Planetoids) در بررسی فضا به انضمام آنچه که امروزه درباره خرده سیارات می دانیم و اینکه چگونه ممکن است از آنها برای زندگی نسلهای آینده در فضا استفاده کرد در این کتاب آمده است.
- 4_ Gerathewohl, Siegfried J., *Principles of Bioastronautics*. Englewood Cliffs : Prentice - Hall, Inc., 1963.
کتاب جامعی است در باره زیست فضا نوردی (Bioastronautics) که به سه بخش بزرگ تقسیم شده است:
۱- سفینه فضایی و طرز کار آن
۲- محیط فضا

۳- آدمی و مأموریت او

- ۵- Hardy, James D. Editor, *Physiological Problems In Rspace Explortion*. Springfield: Chas. Thomas, 1964 333 PP.

هفت تن از دانشمندان پزشکی فضا، فشارهای فیزیولوژیکی و روانی پرواز در فضا را بر آدمی مورد بحث قرار می‌دهند. نیز اطلاعاتی اساسی و دانسته های کنونی دربارهٔ زمینه های مختلف روانشناسی در فضا را به دانشجویان و عموم خوانندگان علاقه مند عرضه می‌کنند (برای بزرگسالان)

- 6 - Moffat, Samuel And Elie A. Shneour *Live Beyond Tre Earth* Englewood Cliffs: Scholastic. 1965, 160 PP Paperback.

سهم دانش زیست‌شناسی در شناسایی فضا چیست؟. حیات در سیاره‌های دیگر و مسئله آلوده شدن همسایگان فضایی ما به وسیله جانداران زمینی در این کتاب بحث می‌شود. این کتاب یکی از سری کتابهای «دورنمای علم» است که به منزلهٔ پروژهٔ همبستگی جامعه ملی معلمان علوم و ادارهٔ ملی هوانوردی و فضایی به وجود آمده است. مقدمه از یوشوا لدربرگ J. Lederberg (مخصوص دانش آموزان دورهٔ متوسطه)

- 7- Ordway. Frederick I., *Life on Other Solar Systems* New York: Dutton, 1965 96 PP.

واقعیهایی علمی که ستاره شناسان دلایل خود دربارهٔ امکان حیات در آن سوی منظومهٔ شمسی را بر آنها بنا می‌کنند، مباحثی دربارهٔ راهها و وسایل ممکن برای تشخیص حیات در ماورای منظومه شمسی و برقراری ارتباط با آن. (مخصوص دانش آموزان کلاسهای سوم تا ششم متوسطه)

- 8- Quimby, Dr. Freeman H. (editor), *Concepts For Detection of Extraterrestrial Life* Washington. D. C. : Superintend Of Documents, Government Printing Office.

- 9- Sullivan, Walter, *We Are Not Alone*. New York, McGraw-Hill, 1964, 325 PP.

ادیتور علمی «نیویورک تایمز» شرایط جهانی کشفیات ستاره شناسان را در تأیید تئوری وجود حیات در خارج از زمین، بررسی می کند. در باره تاریخچه تلاشهای انسان برای برقراری ارتباط باجهانهای دیگر بحث می کند و پرسشهای بسیاری را که، به شرط تنها نبودن حیات زمینی در عالم به میان می آیند، بررسی می کند.

فصل اول

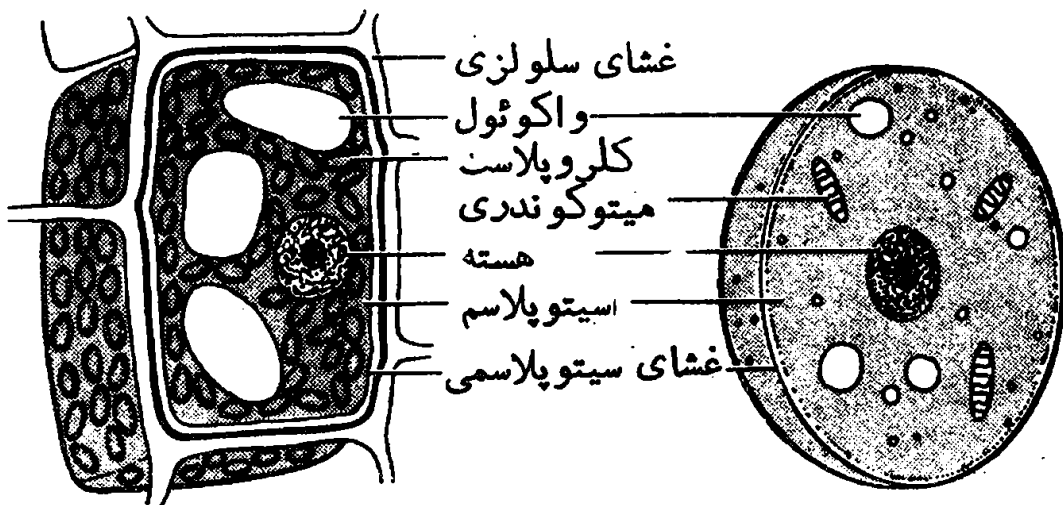
پدیده حیات

در تعریف حیات می توان گفت که، حیات چیزی جز تجلی خواص فیزیکی و شیمیایی مولکولهای سازنده ماده زنده نیست. اما این تعریف خصوصیات واقعی موجودات زنده را، که ممیز آنها از مواد بیجان است، بیان نمی کند. اینکه جاندار بودن بسیاری از موجودات گرداگرد خود را بی درنگ تشخیص می دهیم، بدان جهت است که آنها را به خوبی می شناسیم. میلیونها جاندار دیگر نیز وجود دارند که جاندار بودن بعضی از آنها قابل تشخیص است ولی نمی توانیم بعضی دیگر را به آسانی جاندار بشناسیم. حتی دانشمندانی که در مشاهده و بررسی جانداران کار آزموده اند گاهی بر سر اینکه موجودی زنده است یا نه توافق ندارند. مثلاً می دانیم که عامل بیماری آنفلوآنزا و زکام ویروس است. ویروس مولکول مخصوصی است که بسیاری از خصوصیات موجودات جاندار را دارد، اما این خصوصیات به آن اندازه نیستند که ویروس

جزء جانداران به شمار آید. از این قبیل موجودات که در مرز میان جاندار و بیجان قرار دارند نمونه‌های دیگری نیز هست. از این رو باید توجه داشته باشیم که میان موجودات جاندار و بیجان مرز مشخصی وجود ندارد. پس این خصوصیات مشترك موجودات زنده، که آنها را از موجودات بیجان متمایز می‌سازد می‌توانیم از روی موجودات رازنده بدانیم، کدامند؟

سلول

سلول واحد اساسی حیات پیکر همه جانداران است. همه جانداران از يك یا تعداد زیادی سلول ساخته شده‌اند. اندازه این سلولها ممکن است از يك میکرون ($\frac{1}{1000}$ میلیمتر) تا ۲۵ میلیمتر و گاه بیشتر باشد. در ساختمان بدن ما میلیاردها سلول شرکت دارند که بسیاری از خصوصیات آنها مانند هم است. اما هر دسته‌ای از آنها کار مخصوصی انجام می‌دهد. واقع امر این است که سلولهای بدن ما صفات مشترك بسیاری با سلولهای همه جانداران دیگر دارند. پیکر موجودات زنده میکروسکوپی، از قبیل باکتریها، فقط از يك سلول مرکب است که در بسیاری از خصوصیات خود مانند سلولهای دیگر است. اگر قرار شود که سلولهای بدن بعضی از جانداران گوناگونی را که در نقاط مختلف زمین زندگی می‌کنند تجزیه نمایند، خواهند دید که بدون تجزیه دقیق به سختی می‌توان تفاوت شیمیایی مهمی میان آنها یافت.



شکل ۱-۱: یک سلول نمونه گیاهی و یک سلول نمونه حیوانی.
به شباهت‌های میان آنها توجه کنید

گرداگرد سلول غشایی هست که چون مرزی آن را از محیط خارج جدا می‌سازد. غشای سلول مهمترین جزء آن است، زیرا تنها مولکولهای مخصوص می‌توانند از آن عبور کنند و به درون سلول راه یابند یا از آن خارج شوند. و این قابلیت نفوذ انتخابی است که موجب می‌شود سلول ترکیب داخلی مخصوصی، که مستقل از محیط خارج است، داشته باشد. جنس غشای همه سلولها در اساس یکسان است یعنی همه غشاها از پروتئین و لیپید ساخته شده‌اند.

غشای سلول به قدری نازک است که نمی‌توان آن را با میکروسکوپ معمولی دید. ضخامت آن در بیشتر سلولها از صد آنگستروم ($\frac{1}{1000000}$ میلیمتر) کمتر است. با وجود این سلول بدون غشا زنده نمی‌ماند. در درون سلول اجزایی وجود دارند که از نظر حیات سلول نقش اساسی ایفا می‌کنند. مانند: هسته، میتوکوندری، ریبوزوم، و در بعضی

از سلولها ذرات رنگیزه‌داری به نام پلاست. هر چند سلولها از نظر شکل و اندازه با هم تفاوت بسیار دارند، این اجزای ساختمانی اساسی در همه آنها وجود دارند.

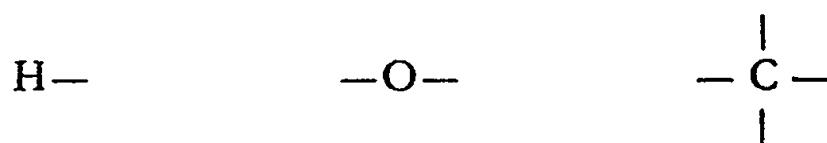
گذشته از وحدت ساختمانی، وحدت شیمیایی قابل توجهی نیز میان همه جانداران روی زمین دیده می‌شود. صدها سال بود که گمان می‌رفت تنها منبع مواد آلی روی زمین حیات و فرایندهای حیاتی است. اما اکنون می‌دانیم که این گمان درست نیست. مواد آلی موادی هستند که عنصر کربن همیشه در مولکولهای آنها وارد است و آن دسته از این مواد که با حیات سروکار دارند شامل هیدروژن و اکسیژن نیز هستند. و معمولاً عنصرهای نیتروژن، فسفر و گوگرد و همچنین دسته‌ای از عنصرهای دیگر نیز در ترکیب آنها شرکت دارند. اگر ماده زنده (پروتوپلاسم) را تجزیه کنیم، نسبت عنصرهای سازنده آن را چنین خواهیم یافت: ۶۵٪ اکسیژن، ۱۸٪، کربن، ۱۱٪ هیدروژن و ۲٪ نیتروژن. مهمترین مواد آلی که در ساختمان دستگاههای زنده واردند در سه گروه جای دارند: (۱) پروتئینها (۲) لیپیدها، (۳) هیدراتهای کربن. پروتئینها و لیپیدها، چنانکه دیدیم، اجزای عمده سازنده غشای سلولند. هیدراتهای کربن و گاهی نیز پروتئینها و چربیها (لیپیدها) به عنوان منبع انرژی برای فعالیتهای روزمره به کار می‌روند. خصوصیت جالب این مواد، وجود «اسکلت» کربنی در مولکولهای همه آنهاست، که با مقادیر متفاوت اکسیژن، هیدروژن و عنصرهایی که از آنها یاد شده

همراه است.

اجزای عمده پروتوپلاسم، خورشید، ستارگان

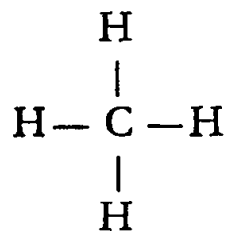
عنصر	پروتوپلاسم	خورشید	ستارگان
اکسیژن	۶۵%	۲۵٫۰%	۳٫۰%
کربن	۱۸	۱٫۰	۱٫۰
هیدروژن	۱۱	—۸۷	۷۶٫۸۱
نیتروژن	۲	۲٫۰	۱٫۰
هلیوم	—	۹٫۱۲	۱۷٫۱۸
بقیه	۴	۴۵٫۰	۲٫۰

اتمهای کربن را نیروهای، که به اصطلاح شیمیدانان پیوند (Bnod) گفته می‌شود، به هم می‌پیوندند. و هر يك از انواع اتمها قابلیت معینی برای پیوند شدن دارد و از روی آن به اتمهای دیگر متصل می‌شود. اتم کربن با داشتن چهار پیوند از این نوع، می‌تواند به چهار اتم، که هر يك دارای يك پیوند است متصل گردد. اتم اکسیژن دو پیوند و اتم هیدروژن يك پیوند دارد. تعداد اتمهایی که بیش از چهار پیوند دارند کم است. می‌توان عنصرهای کربن اکسیژن و هیدروژن را با پیوندهای آنها بدین صورت نشان داد:

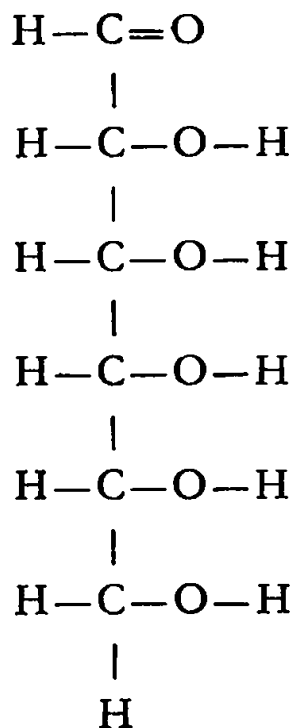


توجه کنید که چگونه ترکیب این عناصر به صورتهای گوناگون

به ساخته شدن مولکولهای مواد آلی می انجامد. یکی از ساده ترین مواد آلی گاز متان CH_4 است که از گندیدن علفهای مرداب به وجود می آید. نمایش فرمول آن چنین است:

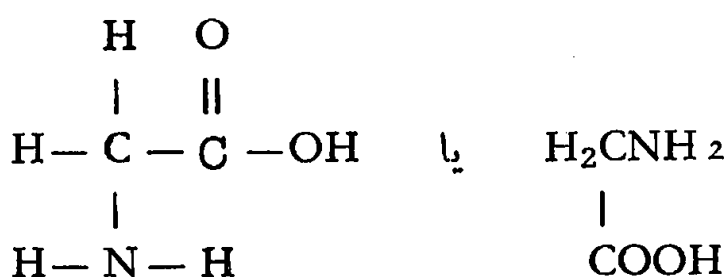


گلوکز، یا قند، به فرمول $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ منبع عمومی انرژی چنین تصویر می شود:



ترکیبات دیگری ممکن است از زنجیرهای دراز کربن به وجود آیند. مثلاً ممکن است این زنجیرها شاخه شاخه شوند، یا آنکه در جاهای اتصال متنوع آنها بسیاری از عنصرهای دیگر متصل گردند. مثلاً پروتئینها مولکولهای بسیار بزرگی هستند که از مولکولهای کوچکتری

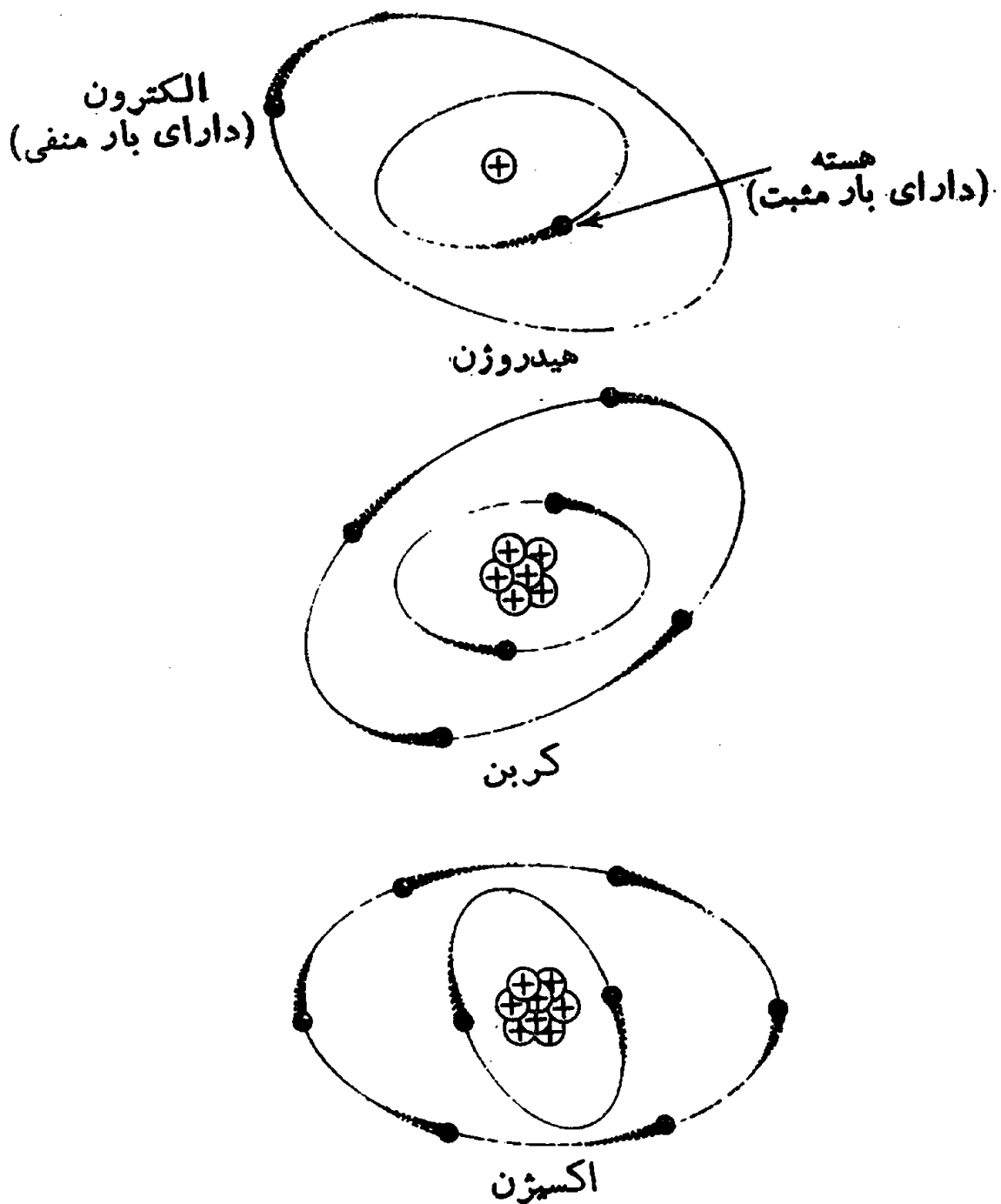
به نام اسیدهای آمینه ساخته شده اند. یکی از مشخصات اسیدهای آمینه این است که در مولکول آنها، با کربن و هیدروژن و اکسیژن، همواره عنصر نیتروژن به صورت HN_2 همراه است. گلیسین که ساده ترین اسید آمینه است به فرمول زیر است:



هر گاه گروههای اسیدهای آمینه مر کب از قریب صد مولکول به بالا به راههای مخصوصی بهم متصل شوند مولکولهای پروتئین به وجود می آورند.

سومین گروه مواد آلی، که برای موجودات زنده در درجه اول اهمیت قرار دارد، مولکولهای چربیها یا لیپیدها هستند که از ترکیب اسیدهای چرب و مواد منسوب بدانها ساخته شده اند. عنصرهای سازنده چربیها همان عنصرهایی هستند که در ترکیب هیدراتهای کربن واردند، با این تفاوت که نسبت اکسیژن در چربیها بسیار کمتر است. بدیهی است که اینها فقط معدودی از ترکیبات آلی هستند که در بدن موجودات زنده وجود دارند. برای بحث ما مهم این است که بدانیم

$\text{H}-, -\text{O}, -\text{C}-$ و چند عنصر دیگر همیشه در سلول وجود دارند، و بیشتر آنها به صورت پروتئینها، هیدراتهای کربن، و چربیها دیده می شوند،



شکل ۱-۲: نمایش اتمها به صورت ساده

و بدون این مواد وجود حیات در هیچ جای زمین ممکن نیست.

ترکیب شیمیایی ماده زنده به طور تقریب چنین است: ۷۷ درصد آب، ۱۵ درصد پروتئین، ۵ درصد چربی، ۲ درصد هیدرات کربن، و یک

درصد مواد دیگر. جالب اینجاست که کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن فراوانترین عنصرهای موجود در سراسر جهانند. ظاهراً گاز-هایی که اتمسفر سیاره‌های جوان را در هنگام تکوین، و پیش از پیدایش حیات در آنها، تشکیل می‌دهند مولکول‌هایی از همین عناصر هستند. یعنی :

کربن به صورت متان: CH_4

نیتروژن به صورت آمونیاک: NH_3

اکسیژن به صورت آب: H_2O

سؤال مهمی که بدون جواب مانده است این است «آیا در جایی که اسکلت مواد سازنده سلول، موادی غیر از ترکیبات کربن‌دار باشند، وجود حیات ممکن است؟» «آیا خواص مواد آلی رکن اساسی ماشین زنده است؟»

آب

آب فراوانترین ماده موجود در پیکر جانداران است. مقدار آب موجود در سلول متغیر است، اما حداقل آن ۶۵ درصد است که گاهی ممکن است به ۹۶ درصد، یا بیشتر، برسد. حتی سلولهای بسیار خشک، چون دانه‌ها و هاگها، ممکن است ۲۰ یا ۳۰ درصد آب داشته باشند. هر چند ممکن است سلول با کمبود آب زنده بماند، اما بدون آن نمی‌تواند اعمال زیستی خود را ادامه دهد. آب حلالی است که سلول را از

درون و از بیرون در میان می گیرد و مایعی است که مواد غذایی را به سلول می رساند و مواد زاید را از آن دور می سازد. در واقع آب یکی از فرآورده های نهایی شیمیایی سوخت و ساز سلولی است. و نیز یکی از اجزای لازم شیمی مواد کر بندار است. آب مهمترین عاملی است که در همه تحقیقات زیست شناسان برای امکان وجود حیات در سیارات دیگر مورد توجه قرار می گیرد. تا آنجا که می دانیم تصور وجود حیات در سیاره ای که آب مایع به مقدار فراوان نداشته باشد بسیار دشوار است.

رشد و سوخت و ساز

گذشته از وجود واحد اساسی حیات (سلول) و شیمی مشترك همه سلولها، حیات خصوصیات دیگری دارد که موجود زنده را از موجودات بیجان متمایز می سازد. یکی از خاصه های عمده حیات قدرت تقسیم يك سلول به دو سلول نظیر خود است. فرایندی به نام سوخت و ساز در سلول انجام می گیرد که انرژی لازم برای تقسیم سلول و دیگر فعالیت های ضروری آن را تأمین می کند. این دو گونه فعالیت منحصر به موجودات زنده اند. بنابراین برای تمیز جانداران از موجودات بیجان ملاک مورد اطمینانی به شمار می روند. حتی جانداران کوچکی چون باکتریها را، که به زحمت با میکروسکوپ دیده می شوند، می توان از روی فعالیت سلولی آنها تشخیص داد و مطالعه کرد. بنا بر این، رشد و سوخت و ساز، از حساسترین و مطمئن ترین وسایل تشخیص وجود حیات اند.



شکل ۱-۳ مراحل تقسیم سلولی

انرژی را که سلول برای تقسیم شدن و بقای خود احتیاج دارد به یکی از چند راه ممکن کسب می کند. در بعضی از موارد پروتئین و لیپید و هیدراتهای کربن به عنوان منبع انرژی به کار می روند. عده ای از موجودات زنده می توانند انرژی لازم را از تجزیه مواد غیر آلی به دست می آورند. و بعضی دیگر انرژی خورشید را از طریق فتوسنتز مورد استفاده قرار می دهند.

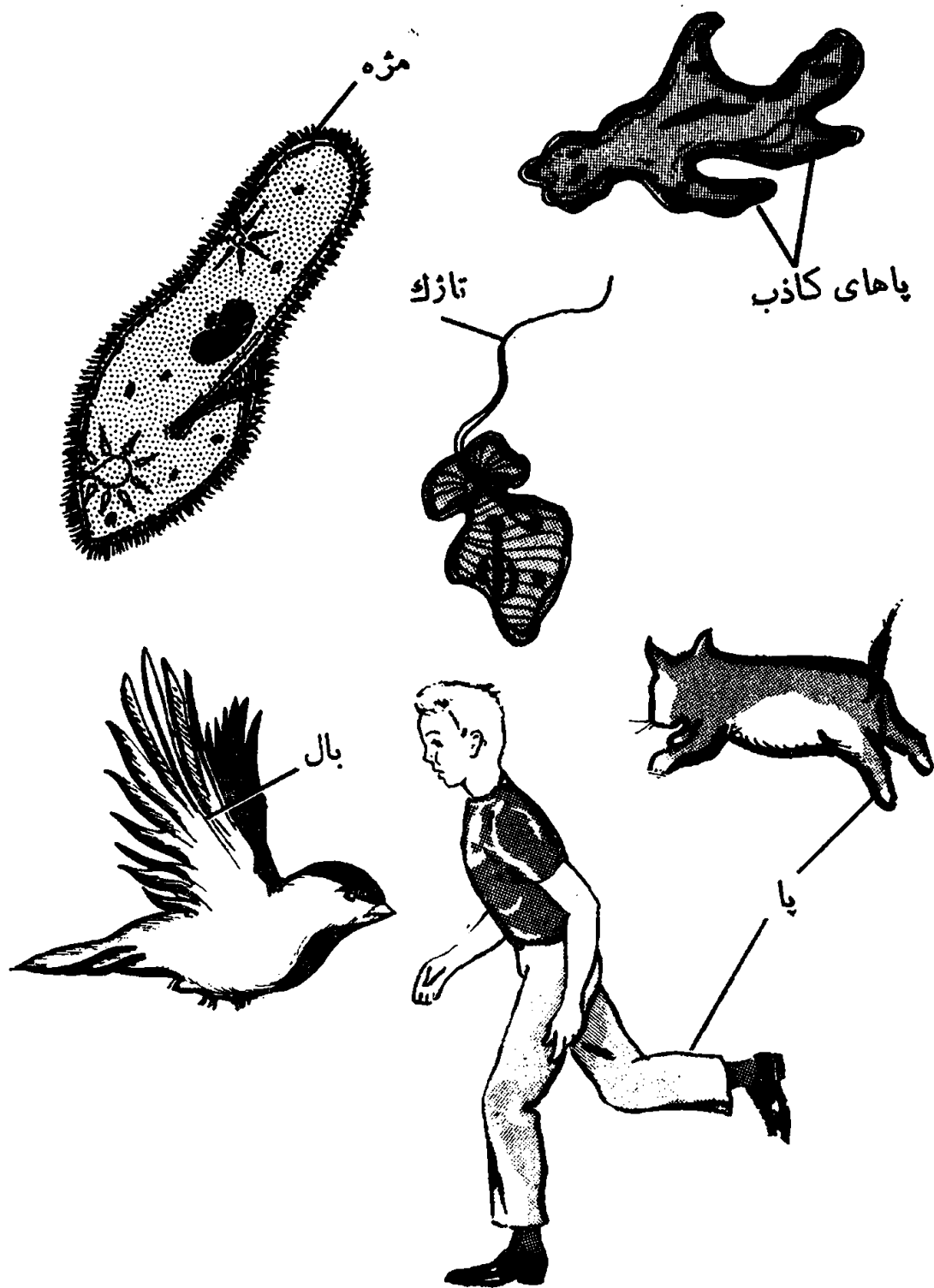
تحرک

یکی از خاصه های برجسته موجودات زنده قدرت تحرک بسیاری از آنهاست. قدرت تحرک در جانداران عالی چون انسان و دیگر پستانداران و پرندگان به خوبی مشهود است. حتی در موجودات

میکروسکوپی از قبیل باکتریها وجود مژکها یا تاژکها باعث می شود که جاندار بتواند در محیط مایع خود شنا کند. این فرایند سازماندار در موجودات غیرزنده دیده نشده است. در این فرایند انرژی نسبتاً زیاد مورد نیاز است و این انرژی مصرف شده را می توان به راههای شیمیایی تشخیص داد و اندازه گرفت.

پاسخ دادن به محرکها

یکی دیگر از خاصه های ممیزه موجودات زنده پاسخ دادن به محرکهای گوناگون است. محرك را می توان عامل یا نوعی تغییر محیط تعریف کرد که بتواند در جاندار پاسخی برانگیزد. مثلاً نور یا تاریکی ممکن است به عنوان محرك به کار رود. نیز مواد شیمیایی، دما و الکتریسیته می توانند برای جاندار محرك باشند. جانداران عموماً می توانند به يك یا چند نوع محرك پاسخ مثبت یا منفی بدهند. حتی باکتریها ممکن است با تغییر ناچیز تراکم مواد شیمیایی در محیط جلب شوند یا دور گردند. نوع پاسخی که جانداران به محرك می دهند متفاوت است. مثلاً گاهی پاسخی که موجود زنده به محرك می دهد عبارت از دو نیم شدن آن است. در بعضی از موارد جاندار در پاسخ به محرك فرار می کند. بعضی از جانداران پاسخی که می دهند ممکن است به صورت تغییر میزان سوخت و ساز باشد. نکته مهم این است که پدیده تحریک پذیری یا قدرت پاسخ دادن به تغییرات محیط، از



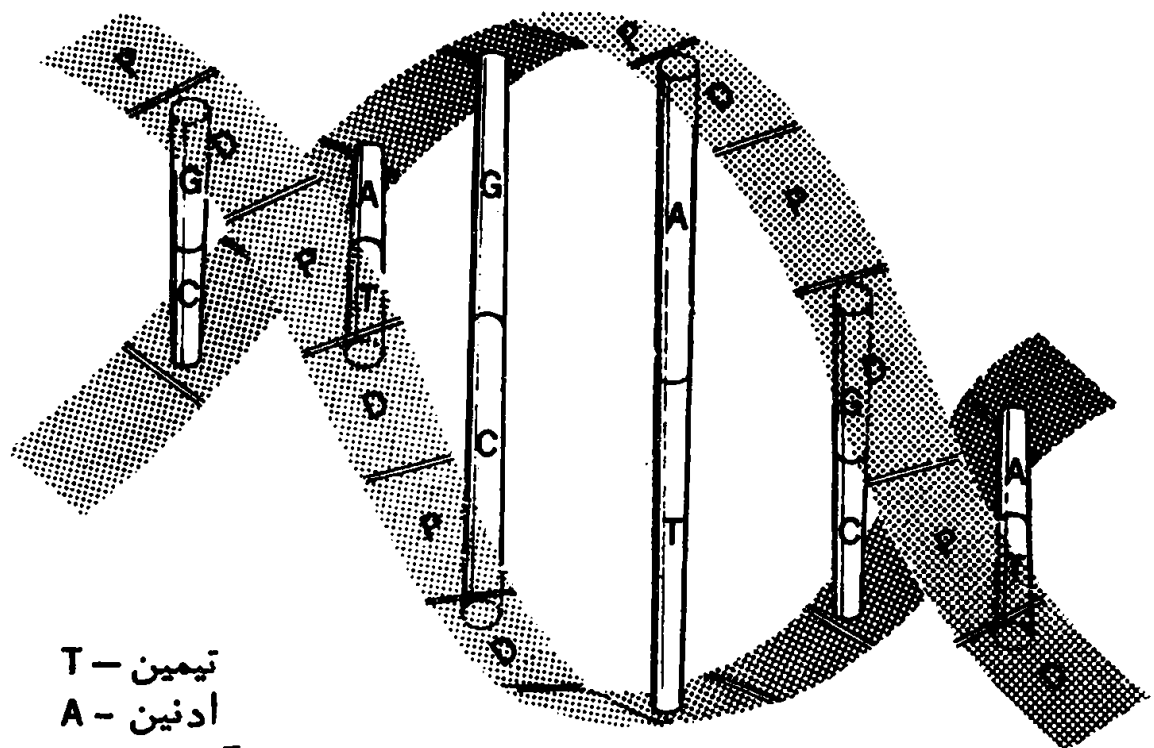
شکل ۱-۴: انواع گوناگون وسایل حرکت

خصوصیات همه موجودات زنده است.

ماده ارثی

روشن است که در فرایند تکثیر سلول، ساز و کاری درونی باید دست اندر کار باشد که به وجود آمدن المثنای سلول والد را ممکن سازد. این کار ظاهراً با انداختن اطلاعات ارثی در مولکولهای مخصوصی که بیشتر در هسته سلولها هستند انجام می گیرد. از قرار معلوم این مولکولها، که اسید دئو کسی ریبونوکلئیک یا DNA نامیده می شوند، حاوی اطلاعاتی شیمیایی هستند که در جریان فرایند همانند سازی، ترجمه می شوند و بدین ترتیب المثنای اجزای ساختمانی سلول والد در سلولهای دختر به وجود می آیند. برای بقای هر نوع جاندار ادامه این فرایند لازم است.

گاه در جریان انتقال اطلاعات ارثی و همانند سازی مولکول DNA در کار استنساخ اشتباهاتی روی می دهد، نتیجه آنها ممکن است برای سلول نو مرگ آور باشد. اگر این اشتباهات چنان باشند که جاندار جدید نتواند به زندگی در محیط خود ادامه دهد خواهد مرد. اما گاه اتفاق می افتد که اشتباه حاصل سودمند از آب در می آید و سازگاری جاندار را برای زندگی در محیطش بهتر می کند. این گونه تغییر را جهش^۱ گویند و از طریق همین جهشهاست که تکامل تحقق می پذیرد.



T - تیمین
A - ادنین
G - گوانین
C - سیتوزین
P - گروه فسفات
D - دئوکسی زیبوز

تصویر ۱ - ۵: مولکول DNA با ساختمان مارپیچ مضاعف

جانداران به تدریج یعنی در طی هزارها یا میلیونها سال، منشأ جانداران دیگری می‌شوند که به کلی با اسلاف قدیمی خود تفاوت دارند. بنابراین فرایند تکامل و انتخاب طبیعی موجب شده‌اند که نخستین سلول در سیاره زمین ظاهر شود و بتواند تنوع یابد و پس از گذشت میلیونها سال جانداران بیشماری به وجود آورد که امروزه روی زمین می‌بینیم. نکته‌ای که نباید از نظر دور داشت این است که مولکول DNA ظاهراً عهده دار ضبط اطلاعات ارثی سلول است، بنابراین ماده ارثی سلولها به شمار می‌آید.

اینها از خواص بارز تشخیص حیات بر روی زمین‌اند. برای تشخیص حیات معیارهای دیگری نیز وجود دارند. سؤالی که برای زیست‌شناس‌کیهان مطرح است این است که آیا این خاصه‌ها در جهان منحصر به فردند و جاندار تنها بر سیاره زمین وجود دارد، یا اینکه به همین صورت یا صورتهای کاملاً متفاوت دیگر در سیاره یا سیاره‌های دیگر نیز موجودند؟

سازگاری و تکامل

نباید سازگاری شگفت‌آور این پدیده را، که حیاتش می‌نامیم، از نظر دور بداریم. هنگامی که به این مسئله می‌اندیشیم، که آیا حیات به صورتی که آن را می‌شناسیم یا به صورتی دیگر در سیاره‌های دیگر وجود دارد، باید به نتایج بیشمار احتمالی تکامل زیستی نیز توجه کنیم. باید توجه کامل داشته باشیم که هرچه حیات هست با خاصه‌های حیات زمینی نسنجیم، زیرا در سیاره‌ای که به زمین مانند نباشد ممکن است تکامل به دسته خاصه‌های کاملاً متفاوت انجامیده باشد. نگاه مختصری به محیطهای دشوار زندگی روی زمین که جانداران در آنجا زندگی می‌کنند این نکته را روشن می‌سازد. در بسیاری از نقاط سطح زمین شرایط موجود دور از میانگین است، و وجود این معمولاً انواعی جاندار در آنها زندگی می‌کنند. کنج بی جاندار به ندرت در روی زمین پیدا می‌شود. اغلب می‌بینیم که

جاندار بسیار تخصص یافته‌ای در محیطی زیست می‌کند که برای بیشتر جانداران دیگر مرگ آور است. اگر در پی یافتن جاندارانی باشیم که در شرایط سخت محیط زندگی می‌کنند، سازگارهای جالب توجهی خواهیم یافت.

در مورد دماهای حداکثر و حداقل، جاندارانی می‌بینیم که بین ۱۸- و ۱۰۴+ درجه سانتیگراد، یعنی در دمای زیر صفر تا دمای بالاتر از دمای آب جوش می‌توانند به زندگی ادامه دهند. هیچ‌یک از این شرایط برای جانداران معمولی قابل تحمل نیست. چنانکه می‌دانیم افزودن موادی چون نمک یا مواد آلی به آب نقطه انجماد آن را به مقدار زیاد پایین می‌آورد. آبی که نمک کافی (نزدیک اشباع) دارد در سرمای ۵۰- درجه سانتیگراد یخ نمی‌بندد و در بعضی شرایط می‌توان نقطه انجماد آب را از این هم پایین‌تر برد. این در مورد جاندارانی که در سرمای زیر صفر می‌توانند زندگی کنند، نه آنکه فقط زنده می‌مانند، صدق می‌کند زیرا با این ترتیب آب درون سلول‌هایشان به حالت مایع می‌ماند. آب اقیانوس‌های روی زمین به علت وجود نمک محلول در آنها یخ نمی‌بندد، مگر اینکه برودت آنها تا حدود ۲- درجه سانتیگراد برسد. دیده شده است که با کتری‌هاروی بستنی در دمای ۱۰- درجه و روی ماهی یخ‌زده در دمای ۱۱- درجه زندگی می‌کنند. بعضی از کفک‌ها می‌توانند در سرمای ۱۰- درجه زندگی کنند. به اثبات رسیده است که بعضی کفک‌ها و مخمرها حتی روی آب میوه غلیظ شده و در

برودت ۲۰- درجه به زندگی ادامه می‌دهند. گزارش داده شده است که بعضی جلبک‌های توانمند در سرمای بین ۲۰- و ۴۰- درجه فتوسنتز انجام دهند. اما مطالعات جدید این مشاهدات را تأیید نکرده‌اند. در این اوضاع و احوال رشد موجود چنان است که ممکن است که هفته‌ها یا ماه‌ها طول بکشد تا به آثار آن پی ببرند.

برای دیدن زندگی جانداران در دمای زیاد می‌توان در چشمه‌های آب گرم، که دمای آب آنها به نقطه جوش (۱۰۰ درجه سانتیگراد) می‌رسد، به مطالعه پرداخت. مشاهده شده است که باکتری‌ها و بعضی از جلبک‌های «آبی - سبز» در دمای بیش از ۹۰ درجه زندگی می‌کنند. در نقاط دارای فشار زیاد مانند فشارهای لایه‌های بسیار عمیق زمین، باکتری‌هایی دیده شده‌اند که در دمای ۱۰۴ + درجه زندگی می‌کنند و به درستی معلوم نیست که دمای زیاد تا چه درجه‌ای برای جانداران قابل تحمل است.

دیگر از عوامل متغیر محیط زیست درجه اسیدی یا قلیایی بودن آن است. درجه اسیدی یا قلیایی بودن را با واحدهای pH نشان می‌دهند که نماینده تراکم یون‌های هیدروژن است. pH پایین‌تر - از صفر تا هفت - محیط اسیدی و pH بالاتر - از هفت تا چهارده - محیط قلیایی را نشان می‌دهند. هر قدر pH پایین‌تر باشد، تراکم اسید بیشتر و هر چه pH بیشتر باشد تراکم قلیایی بیشتر است. (بر روی زمین همه‌گونه pH وجود دارد و در همه آنها جاندار زندگی می‌کند) باکتری‌هایی

دیده شده‌اند که در محلول اسید سولفوریک، در pH صفر به بالا، زندگی می‌کنند. در چنین محلولی اکثریت قریب به اتفاق جانداران فوراً تلف می‌شوند و پوست بدن ما شدیداً می‌سوزد. pH خون آدمی نزدیک به هفت است و تغییر محسوس آن برای بدن غیر قابل تحمل است. در دریاچه‌های قلیایی، یعنی جایی که pH ده یا یازده است، بسیاری از جلبکها و حتی آغازیان به خوبی رشد می‌کنند. بخی از گزارشها حاکی از این‌اند که بعضی باکتریها در pH سیزده نیز زندگی می‌کنند. یکی دیگر از تغییراتی که به آب یعنی، محیط لازم برای همه جانداران، دست می‌دهد شوری آن است. در این مورد نیز جاندارانی را می‌بینیم که می‌توانند در انواع گوناگون تراکم نمک و مواد آلی زندگی کنند. بعضی از باکتریها می‌توانند در آبی که دوبار تقطیر شده و عملاً فاقد مادهٔ محلول است به زندگی خود ادامه دهند. از سوی دیگر، باکتریهای نمک‌دوستی (Halophytic) وجود دارند که در محلولهای اشباع شده از نمک زندگی می‌کنند. آب بحرالمیت، با آنکه بسیار شور است و معمولاً واجد برومورهای سمی پرتراکم است، عاری از جانداران میکروسکوپی نیست، بلکه حاوی باکتری و جلبک است. بسیاری از این باکتریها و جلبکهای نمک‌دوست نمی‌توانند در آبی که دارای چنین تراکمی از نمک نباشد به سر ببرند.

آب، چنانکه دیدیم حیاتی‌ترین مولکول حیاتی و فراوانترین مادهٔ موجود در پیکر جانداران است. با وجود این بسیاری از موجودات

زنده وقتی که زندگی بطئی دارند (مانند هاگها) می توانند در برابر بی آبی شدید مقاومت کنند. بعضی از موجودات میکروسکوپی - و حتی گاهی بعضی از گیاهان عالی - آب مورد نیاز خود را از بخار آب هوا به دست می آورند. گلشنکها روی صخره های برهنه زندگی می کنند و با کتریها و کفکها در آرد خشك. بعضی از جانوران آب مورد نیاز خود را از غذایی که می خورند به دست می آورند. با همه این احوال، ظاهراً تقسیم سلول در رطوبت نسبی کمتر از ۴۰ تا ۵۰ درصد انجام نمی گیرد.

عامل متغیر دیگری که در زمین و در سیاره های دیگر، با آن روبه روهستیم فشار است. در باره تأثیر کمی فشار بر رشد جانداران میکروسکوپی تحقیق زیاد به عمل نیامده است. فشار مریخ، که اتمسفر آن فقط ۱/۱۰۰ اتمسفر زمین است مورد مطالعه قرار گرفته و معلوم شده است که اثر قابل توجهی بر جانداران ندارد، از سوی دیگر در قعر اقیانوسها با کتریهای زندگی می کنند که با فشار بیش از یک هزار اتمسفر دست به گریبانند، و نیز در آزمایشگاه با کتریهای در فشار ۱۴۰۰ اتمسفر پرورش داده شده اند.

عامل مهمتر مؤثر بر حیات پرتوهای یونیزه است. با آنکه مرگ آور بودن این پرتوها برای اکثر جانداران آشکار است، جمعیتهایی از جانداران میکروسکوپی می توانند میلیونها رونتگن (Roentgen) یعنی بیش از آنچه را که برای کشتن آدمی لازم است، تحمل کنند. ثابت

شده است که باکتریها و قارچها می‌توانند در محلول سولفات مس متراکم، در اسید سیتريك ۴۰ درصد، در فنل و در اتمسفر حاوی اکسید دو کربن زیاد زندگی کنند. بعضی از جانداران میکروسکوپی می‌توانند در ۱۴۰ + درجه سانتیگراد دمای خشك به مدت پنج ساعت، در مافوق خلاء^(۹-۱۰) (میلیمتر جیوه) که نزدیک به خلاء فضا است، در سرمای نزدیک صفر مطلق (۲۷۳ - درجه سانتیگراد) دوام بیاورند. اخیراً معلوم شده است که در نزدیکی قله اورست، یعنی در ارتفاع ۸۳۸۰ متری نیز حیات وجود دارد. شواهدی در دست‌اند که بعضی از باکتریها و قارچها حتی در این مناطق می‌توانند به خوبی رشد کنند.

حداکثر و حداقل تغییر عوامل محیط — رشد جانداران میکروسکوپی

عامل	حد اقل	حد اکثر
دما	۱۸°C (قارچ - باکتری)	۱۰۴°C (باکتریهای احیا کننده سولفات در ۱۰۰۰ اتمسفر فشار آب)
pH	۰ (آکونیوم و لاتوم - تیوباسیلوس - تیواکسیدن)	۱۳ (پلکتونما نوستوکوروم)
فشار ستون آب	صفر	۱۴۰۰ اتمسفر (باکتریهای اعماق دریا)
شوری	آب دوبار تقطیر شده (باکتریهای)	آب اشباع شده از نمك (باکتریهای نمك دوست)
محیط	اعماق دریا	قله اورست (۸۳۸۰ متر)

معلوم شده است که تقریباً در همه جای زمین حیات وجود دارد. واقع امر این است که شرایط ثابتی برای وجود حیات به نظر نمی‌رسد و هر کجا محیط مایعی یافت شود، حیات نیز در آن هست. قابلیت سازگاری و تکامل حیات بر روی زمین به نحو جالبی مشهود است. تنها

نقاطی که حیات را در آنها نمی توان یافت آنهایی هستند که اساساً فاقد آبند، یا بر که هایی هستند که در میان سنگها محصورند و جزء دور گردش آب روی زمین نیستند. احتمالاً محیطهای کاملاً بسته بر اثر تراکم مواد دفعی سمی، خود به خود سترون می شوند.

هنگامی که، با معرفت بدین مسائل، در باره حیات کیهانی می اندیشیم، همین قدر کافی است معلوم بداریم که آیا در اصل حیات بر سیاره مورد نظر، ظهور یافته است یا نه، و آیا شرایط موجود در آن بدان گونه اند که اکنون می تواند وجود داشته باشد، یا نه. بقیه ماجرا به عهده سازگاری و تکامل است. امکان دارد که حیات کیهانی به صورت متفاوت بسیار در آمده و توانسته باشد بقای خود را در محیطهای گوناگون کیهانی حفظ کند. مطمئناً برخی از صور آن با هر يك از صور زمینی آن تفاوت بسیار دارند. حقیقت این است که هر گز محیطهایی با حدود کاملاً مشخص برای حیات طرح و بررسی نشده اند و هیچ چیز غیر منتظره نیست.

فصل دوم

منشأ حیات

برخی از خواص جانداران را، که امروزه عموماً از روی آنها حیات را بر روی زمین می‌شناسیم، به اختصار از نظر گذارندیم. با وجود معرفت کنونی ما در باره حیات و فرایندهای آن، ناگزیریم آن را به نحوی که به راستی قانع‌کننده باشد، تعریف کنیم. دانش ما درباره منشأ حیات محدودتر است.

ارسطو در قرن چهارم پیش از میلاد در تعریف حیات گفته است که حیات «نیروی تغذیه خود به خود و رشد و تلاشی مستقل» است. نیز خاطر نشان ساخته است که تحول طبیعت از قلمرو ماده بیجان به جاندار به قدری تدریجی است که مرز جداکننده آنها نامشخص و مبهم است. شاید مفهوم این تعریف ارسطو چون تعریفهایی که از زمان وی، یعنی از دو هزار سال پیش، تاکنون شده اند ارزنده باشد. مفهوم گفته‌های وی به زبان امروزی این است که حیات باید بتواند

خود به خود همانند سازی و سوخت و ساز کند. نیز خاطر نشان ساخته است که تمیز جاندار از بیجان، اگر غیر ممکن نباشد، دشوار است. صدها سال فلاسفه در باره منشأ یا منشأهای حیات اندیشیده‌اند. نباید فراموش کنیم که ممکن است حیات بیش از يك منشأ داشته باشد و امکان دارد که به طور جدا گانه بر سیاره‌های بسیار، همزمان یا در زمانهای متفاوت، به وجود آمده باشد. برخی از فلاسفه پیشین می‌پنداشتند که نخستین جاندار از دریا یا از لجن و لعاب برخاسته است. به نظر دیگران، از جمله شیمیدان سوئدی اسوانت ارنیوس^۱ حیات در جهان دائمی است و هاگها^۲ در فضا از سیاره‌ای به سیاره دیگر منتقل می‌گردند، و در هر سیاره از طریق تکامل و انتخاب طبیعی منشأ تمام جمعیت آنجا می‌شوند: نظریه انتقال بین سیاره‌ای هاگها را نظریه پان سپرمیا^۳ می‌گویند.

ایرادی که بر نظریه پان سپرمیا وارد است این است، که منشأ حیات را توجیه نمی‌کند، و تنها چیزی که بیان می‌دارد آغاز حیات بر روی سیاره‌ای معین است. سالهای متمادی عموم دانشمندان معتقد به فرایند خلق الساعه بودند. نظر این بود که تولید جانداران در همه جای زمین پدیده‌ای است که صرفاً خود به خود است و پیوسته روی می‌دهد.

در واقع بسیار کسان دیده بودند که جانداران میکروسکوپی،

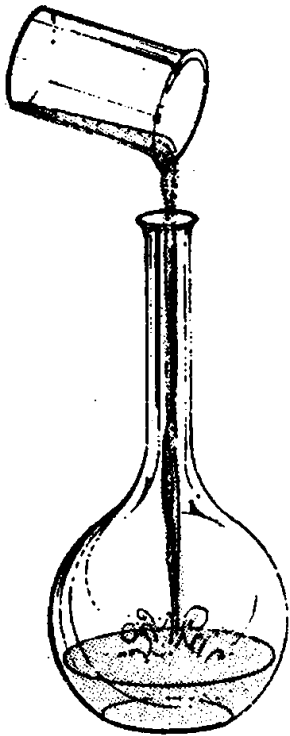
و حتی حیوانات دارای ساختمان پیچیده تری چون حشرات، آشکارا از انواع مواد آلی در حال گندیدن به وجود می آیند. اما این نظریه تا زمانی شایع بود که بطلان آن به وسیله آزمایشهای پاستور به طریقی علمی به ثبوت رسید. پاستور توانست با آزمایشهای دقیقی که از هر جهت کنترل شده بودند، نشان دهد که جاندار فقط در صورتی از مواد آلی به وجود می آید که سلولهای زنده ای از پیش در آن مواد موجود باشند. به عبارت دیگر، جاندار در جایی به وجود آمده که جاندار از پیش در آن وجود داشته است. وی نشان داد که اگر موادی آلی مانند گوشت در حال گندیدن، یا آبگوشت، را تا نقطه جوش حرارت دهند، به طوری که تمام میکروبهای آن کشته شوند، سپس دهانه ظرف آن را با دقت ببندند تا اتمسفر و ذرات زنده آن را از خارج آلوده نکنند، هیچ گونه جاندار در آن به وجود نخواهد آمد.

اما این کشف مسائل دیگری را به میان آورد. اگر حیات، تحت شرایط مناسبی، به طریق خلق الساعه به وجود نیامده باشد، پس پیدایش آن بر روی زمین چگونه بوده است؟ آنچه که امروزه عموماً مورد تأیید است این است که پیدایش حیات بر روی زمین به راستی طی فرایند خلق الساعه صورت گرفته است.

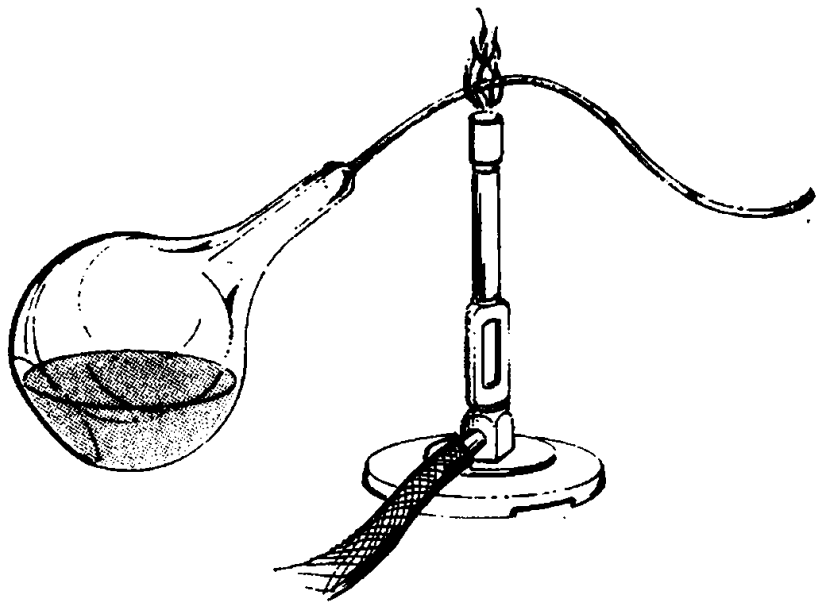
تنها اشتباه آزمایشهای پاستور، اگر بشود آن را اشتباه خواند، این است که زمان، یعنی عاملی که در این ماجرا دست اندر کار است، ناکافی بوده است. امروزه عموم دانشمندان معتقدند که هنگامی که

سیاره ما تکوین می‌یافت فرایندی از تکامل شیمیایی در موادی که سازنده دستگاه‌های زنده هستند به وقوع پیوست، یعنی ابتدا این مواد از اتمسفر ساخته شدند و سپس به هم پیوستند و نخستین واحدی که قادر به همانند سازی و سوخت و ساز بود به وجود آوردند. شك نیست که فرایند شیمیایی که به پیدایش نخستین سلول انجامید، و فرایند زیستی متعاقب آن که منشأ گونا گونی عظیم کنونی جانداران شد، نیازمند میلیون‌ها، حتی میلیارد‌ها سال بوده است. تنها در سال‌های اخیر بود که، درباره پیدایش حیات از راه شیمیایی، تحقیق آزمایشگاهی بسیار موفقیت آمیزی انجام گرفته است. روش‌های آزمایشگاهی نوین به ما اجازه می‌دهند تا رویدادهایی را که گمان می‌کنیم در جریان تکوین زمین اولیه رخ می‌دادند بار دیگر به وجود آوریم. همچنین داریم به سرعت به زمانی می‌رسیم که سفینه‌های فضایی موقعیتی برای ما فراهم می‌کنند که بتوانیم بقیه سیاره‌های منظومه شمسی را مطالعه کنیم و معلوم بداریم که آیا تکامل شیمیایی و در پی آن تکامل زیستی بر روی آنها به وقوع یافته است، یا نه. ممکن است در آینده نزدیک زیست‌شناسی مقایسه‌ای و شیمی حیاتی مقایسه‌ای، مقیاس کیهانی پیدا کنند.

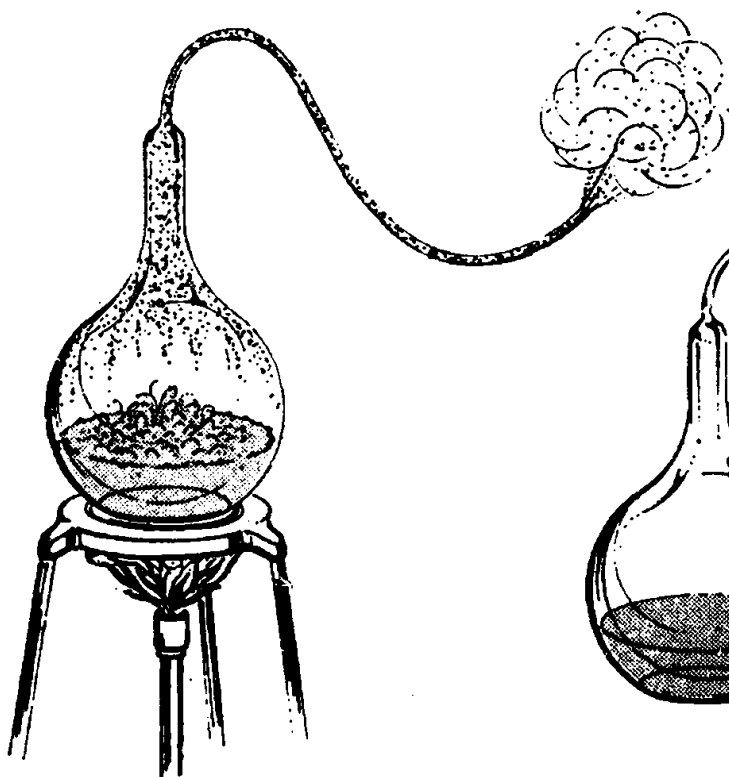
امروزه بسیاری از دانشمندان را عقیده بر این است که پیش از آنکه سیاره‌ها و ستارگان منظومه شمسی به وجود آیند، جهان احتمالاً مرکب از ابری از گاز هیدروژن بوده است و هنگامی که در آن، واکنش‌ها و انفجارهای شیمیایی انجام گرفت، عناصر جدول تناوبی به وجود



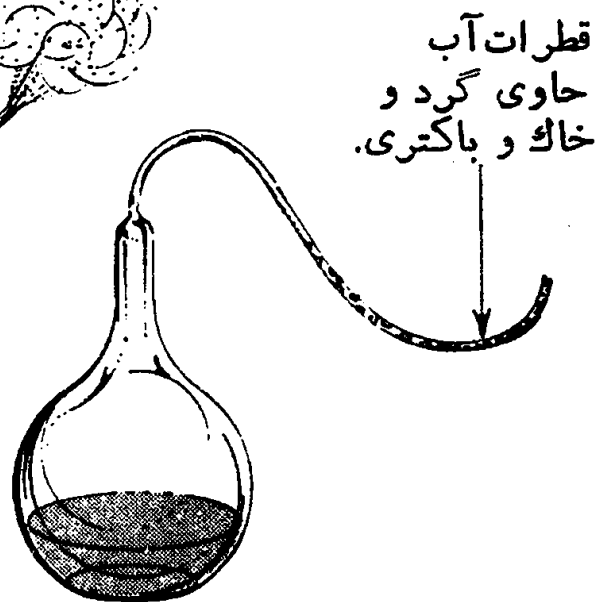
۱- محصول غذایی را در شیشه می‌ریزند.



۲- گردن شیشه را حرارت می‌دهند و به شکل S خم می‌کنند



۳- محلول را چند دقیقه در حرارت زیاد می‌جوشانند.



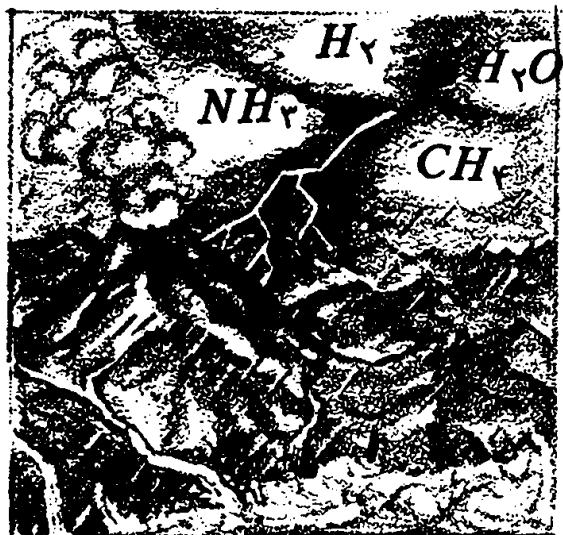
۴- محلول را به کندی سرد می‌کنند و چندین ماه سترون می‌ماند.

قطرات آب
حاوی گرد و
خاک و باکتری.

تصویر ۱-۲ آزمایش پاستور

آمدند. احتمال می‌رود که چنین سانحه‌ای بیست میلیارد سال پیش روی داده باشد. نظر این است که قریب پنج میلیارد سال پیش منظومه شمسی ما تکوین یافته و در حدود چهار و نیم میلیارد سال پیش سیاره زمین تشکیل شده است. از آنچه که امروزه در بارهٔ ترکیب خورشید و مواد بین سیاره‌ای می‌دانیم (زیرا منشأ مواد سازندهٔ زمین و خورشیدیکی است) چنین برمی‌آید که اتمسفر اولیه واجد هیدروژن بسیار بوده که از آن زمان تا کنون بخش عمدهٔ آن به تدریج از جو زمین به فضا فرار کرده است. به علت کم بودن وزن مولکولی هیدروژن، نیروی جاذبهٔ زمین کافی برای نگهداری آن نبوده است. نیز تصور می‌رود که با بودن این همه هیدروژن در جو، عنصرهایی که در زیست‌شناسی اهمیت خاص دارند یعنی کربن نیتروژن و اکسیژن - بایستی به صورت ترکیب با هیدروژن یعنی به صورت متان آب و آمونیاک، بوده باشند. ظاهراً اتمسفر اولیهٔ زمین واجد مقادیر قابل توجهی از متان، آمونیاک و آب بوده است و حال آنکه اکسیژن آن بسیار کم بوده یا اساساً اکسیژنی در آن موجود نبوده است.

امروزه باستان‌شناسان می‌توانند سن قدیمی‌ترین فسیلهایی را که در روی زمین شناخته شده‌اند تا حدود دو میلیارد سال یا بیشتر، تخمین بزنند. اما این فسیلها متعلق به موجوداتی هستند که شکل و ساختمان نسبتاً پیچیده‌ای دارند. با وجود این تصور می‌رود که قدیمی‌ترین جانداران، یعنی تکسلولی‌های ساده‌ای که فسیلی از آن بر جای مانده



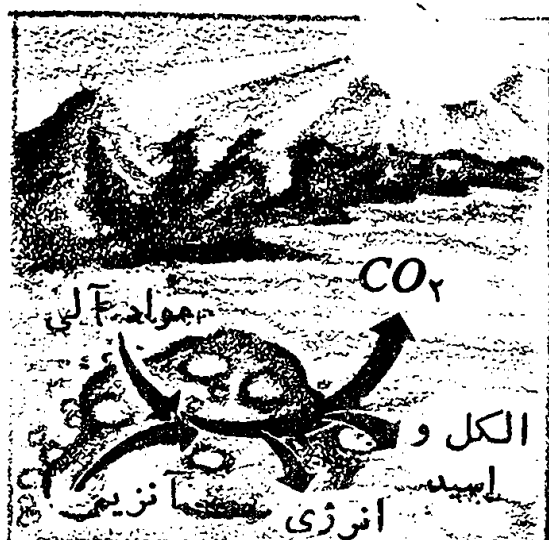
۱- آتمسفر اولیه



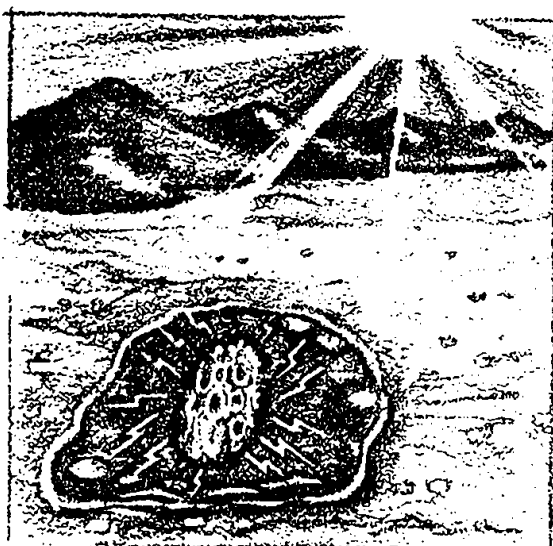
۲- تشکیل مواد آلی



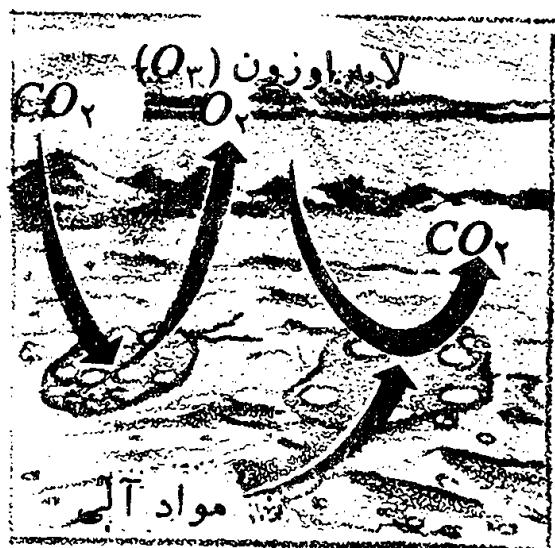
۳- تشکیل کوآسروات و میکروسفر



۴- تخمیرهای ساده

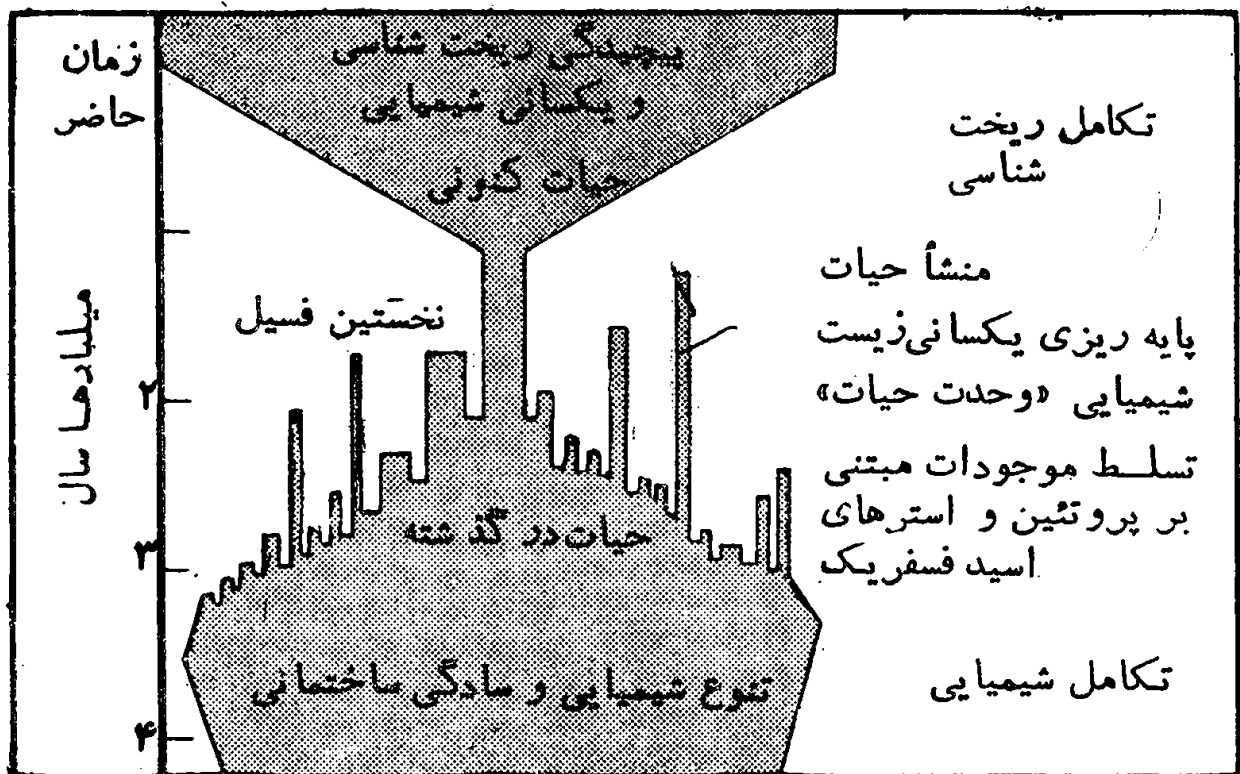


۵- نظارت اسید نوکلئیک



۶- فتوسنتز و تنفس

تصویر ۲-۲ روش احتمالی ترکیب یافتن مواد آلی سلول اولیه



تصویر ۲-۳: تکامل

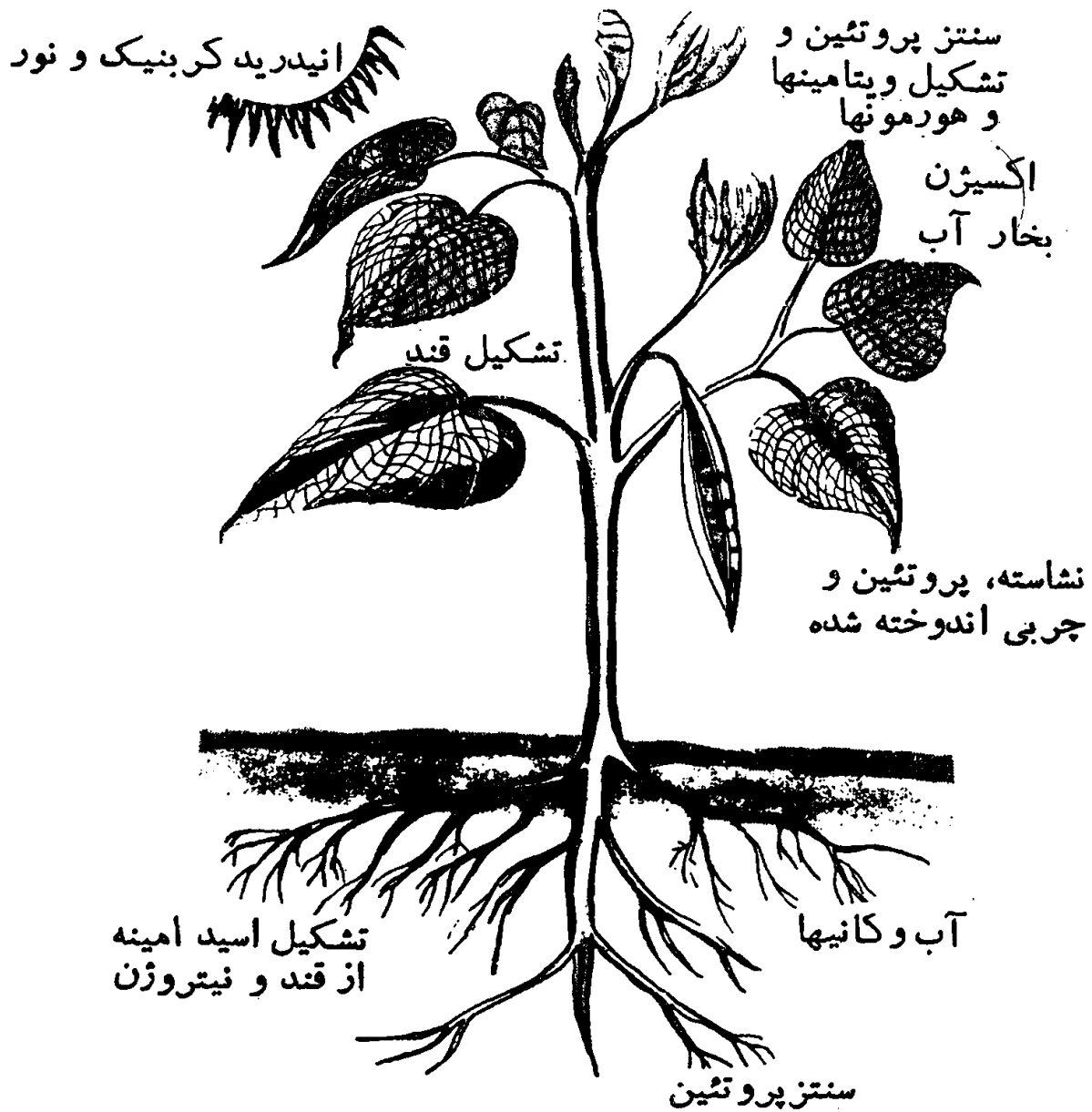
است، دست کم دو میلیارد سال یا شاید خیلی بیشتر از آن قدمت داشته باشند.

اتمسفر اولیه زمین با اتمسفر کنونی تفاوت بسیار داشته است. امروزه بخش عمده اتمسفر از نیتروژن، اکسیژن، انیدرید کربنیک و بخار آب، نیز مقادیری از عناصر نادرمر کب است. اتمسفر کنونی اکسیدکننده است و حال آنکه اتمسفر اولیه زمین، عاری از اکسیژن بوده و می بایست احیا کننده قوی بوده باشد. زیرا هم واجد هیدروژن آزاد بوده و هم اینکه تمام عنصرهای موجود در آن به حالت احیا شده بودند. گمان می رود که بیشتر اکسیژن موجود در اتمسفر کنونی منشأ حیاتی داشته باشد. هنگامی که جانداران تغییر و تحول

یافتند، در جریان فرایندهای سوخت و ساز آنها، مخصوصاً فرایند فتوسنتز، انیدرید کربنیک از اتمسفر گرفته شد و اکسیژن وارد آن گشت. در واکنشهای فتوسنتز، که گیاهان سبز از طریق آنها می‌توانند انرژی نور خورشید را به کار برند و انیدرید کربنیک را به مواد آلی گوناگونی، که برای فعالیتهای سلول و همانند سازی آن مورد نیازند، تبدیل کنند، جریان امر به همین صورت است. یعنی در این فرایند اکسیژن آزاد به اتمسفر پس داده می‌شود.

سطح سیاره در آغاز، می‌بایست با وضع امروزی آن تفاوت بسیار داشته باشد. مثلاً می‌بایست مقادیر بسیار اشعه فوق بنفش بدان رسیده باشد. از آنجا که اتمسفر آن عاری از اکسیژن آزاد بوده است، لایه اوزونی که امروزه ما را از قسمت عمده اشعه فوق بنفش خورشید محفوظ می‌دارد، در طبقات بالای جو آن وجود نداشته است. به همین دلیل سطح سیاره در آغاز می‌بایست همواره به وسیله اشعه فوق بنفش خورشید، که در حال حاضر برای جانداران مرگ آور است، بمباران شده باشد. اما نبودن اکسیژن در جو اولیه ساخته شدن و تجمع مواد آلی بر سطح زمین را ممکن می‌ساخته است. اگر اتمسفر اولیه مقادیر زیاد اکسیژن آزاد در بر می‌داشت، مواد آلی به همان سرعت که ساخته می‌شدند بر اثر اکسید شدن متلاشی می‌گشتند.

بی شک از چند منبع دیگر انرژی نیز در آغاز بر روی زمین استفاده می‌شده است. از اشعه فوق بنفش قبلاً نام بردیم. منبع دیگر



تصویر ۲-۴: فتوسنتز

تخلیه الکتریکی بود که به صورت برق در جو روی می داده است. منبع سوم رادیو آکتیوی اورانیوم، توریوم و پتاسیوم - ۴۰ بوده است. چهارمین منبع، حرارتی بوده است که از فعالیتهای بسیار شدید آتشفشانی حاصل می شده است. از میان منابع انرژی نام برده اشعه فوق بنفش و تخلیه الکتریکی احتمالاً از منابع عمده بوده اند که می بایست،

چنانکه بعضی از آزمایشهای جدید نشان می‌دهند، ساخته شدن ترکیبات آلی را در اتمسفر اولیه موجب شده باشند.

چنین به نظر می‌رسد که در جریان تکامل آغازی زمین، زمانی شرایط فیزیکی آن - یعنی دما، ترکیب گازهای اتمسفر، و منابع انرژی - به صورتی بوده‌اند که سرعت ساخته شدن بعضی از مواد آلی بیشتر از سرعت متلاشی شدن آنها بوده است. این مواد احتمالاً از گازهای اتمسفر اولیه (امونیاک، متان بخار آب و هیدروژن) با استفاده از منبع مناسب انرژی، مانند تخلیه الکتریکی، اشعه فوق بنفش یا حرارت، ساخته شده‌اند. رفته رفته فرآورده‌های این واکنشها در اقیانوسهای اولیه جمع شدند. محیط موجود، برای واکنشهای بیشتر مناسب بود، و مولکولهای پیچیده‌تری ساخته شدند تا آنکه يك، یا تعدادی از مولکولها، صاحب استعداد همانند سازی و سوخت و ساز شدند. اینک نخستین واحد «زنده» به سلولهای امروزی شباهت داشته است یا نه، معلوم نیست. به احتمال قوی بسیار ساده‌تر بوده است و دز واقع طبق تعریف امروزی سلول، شاید نتوان آن را سلول به شمار آورد. با همه این احوال نقطه‌ای می‌بایست وجود داشته باشد که يك چنین دستگاهی به اضافه نیازمندیهای حیاتی لازم برای تکامل بیشتر حیات، در آن به وجود آمده باشد.

تکامل مواد آلی، که مقدم بر پیدایش حیات است، تنها در شرایطی می‌توانست روی دهد که نه جاننداری موجود بوده باشد و نه اتمسفر

اکسیژن دار. چارلز داروین (Ch. Darwin) در قدیمی ترین نوشته های خود (سال ۱۸۷۱) به این مسئله اشاره کرده است. چنانکه می گوید: «غالباً گفته می شود که همه شرایط لازم برای تولید جاندار کنونی همیشه می توانسته است موجود باشد. ممکن است بر کهای با آب گرم به تصور آوریم که در آن همه گونه املاح آمونیاك و اسید فسفریک، نور و حرارت و الکتریسیته فراهم بوده باشند و مادهای پروتئینی در نتیجه واکنشهای شیمیایی در آن به وجود آمده و توانسته باشد تغییرات پیچیده تری بیابد. اما در حال حاضر چنین مادهای فوراً خورده یا جذب می شود و حال آنکه پیش از پیدایش موجودات زنده، سر نوشت آن چنین بوده است.» مادهای آلی که امروزه در طبیعت ساخته می شود در نتیجه اکسید شدن یا مصرف شدن به وسیله جانداران، متلاشی می گردد. بنا بر این به منظور یافتن شواهد مستقیمی برای منشأ حیات باید به آزمایشگاه روی آوریم یا در سیاره دیگری که تکامل حیات در آن، نسبت به زمین، در مراحل ابتدایی تر است به تحقیق پردازیم. در این صورت امکان دارد که توالی رویدادهایی را که به پیدایش حیات انجامیده اند در جایی برای مطالعه بیابیم که حیات در آن نباشد.

مطالعات آزمایشگاهی

در ده پانزده سال اخیر آزمایشهای بسیاری انجام گرفته اند

که در آنها شرایط احتمالی موجود در آغاز تکامل زمین را فراهم ساخته و در معرض منابع مناسب انرژی قرار داده اند. سپس فرآورده های واکنشهایی را که انجام می گرفته اند به منظور یافتن مواد آلی، مورد تجزیه قرار داده اند. یکی از قدیمی ترین این آزمایشها به وسیله دکتر **ملوین کلوین** (M. Calvin) و همکارانش در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی انجام گرفته است. اینان در سال ۱۹۵۱ آب و انیدرید کربنیک را در سیکلوترون تحت تأثیر تابش یونیزه قرار دادند و آلدهید فرمیک و اسید فرمیک فراوان به دست آوردند. هر چند که این آزمایش در شرایطی همانند شرایط اتمسفر اولیه انجام نگرفت اما با مسئله پیدایش حیات بی ارتباط نبود، زیرا به طور وضوح ثابت می کرد که مواد واجد اهمیت حیاتی را ممکن است در چنین شرایطی باهم ترکیب کرد.

در سال ۱۹۵۳ **استانلی میلر** (S. Miller) که در آن زمان دانشجوی دوره عالی بود، و دکتر **هارولد یوری** (H. Urey) در دانشگاه شیکاگو اجزایی که تصور می رود سازنده جو اولیه زمین بودند، یعنی متان، آمونیاک، بخار آب و هیدروژن را، گرد آوردند. چنین اتمسفری را در دستگاهی تحت تأثیر جرقه الکتریکی، به تقلید از برق اتمسفر اولیه، قرار دادند. در مخلوط این آزمایش چند نوع اسید آمینه و بسیاری ترکیبات آلی دیگر یافتند. آزمایش اهمیت بسیار داشت زیرا چنانکه می دانیم اسیدهای آمینه آجرهای ساختمانی پروتئین،

یعنی یکی از مواد لازم برای پیدایش حیات بر روی زمین اند.

از آن زمان تا کنون آزمایشهای دیگری انجام داده اند که در آنها جو اولیه را به راههای متعدد تقلید کرده اند. و در آنها انواع مختلف انرژی، از جمله اشعه فوق بنفش، حرارت و نیز پرتوهای یونیزه به کار برده اند. در چنین آزمایشهایی همیشه مواد آلی، آن هم به مقدار زیاد، ساخته می شوند. دکتر سیدنی فاکس (S. Fox) از دانشگاه میامی موفق شد اسیدهای آمینه ای را، که در اتمسفر اولیه ساخته شدند هستند در محیط خشک حرارت دهد و موادی پروتئین مانند که وی آن را پروتئوئید، نامید بسازد. بنابراین ما به ترکیب کردن یکی از آجرهای ساختمانی عمده خود حیات در شرایطی توفیق یافته ایم که احتمالاً در آغاز تکامل زمین وجود داشته اند.

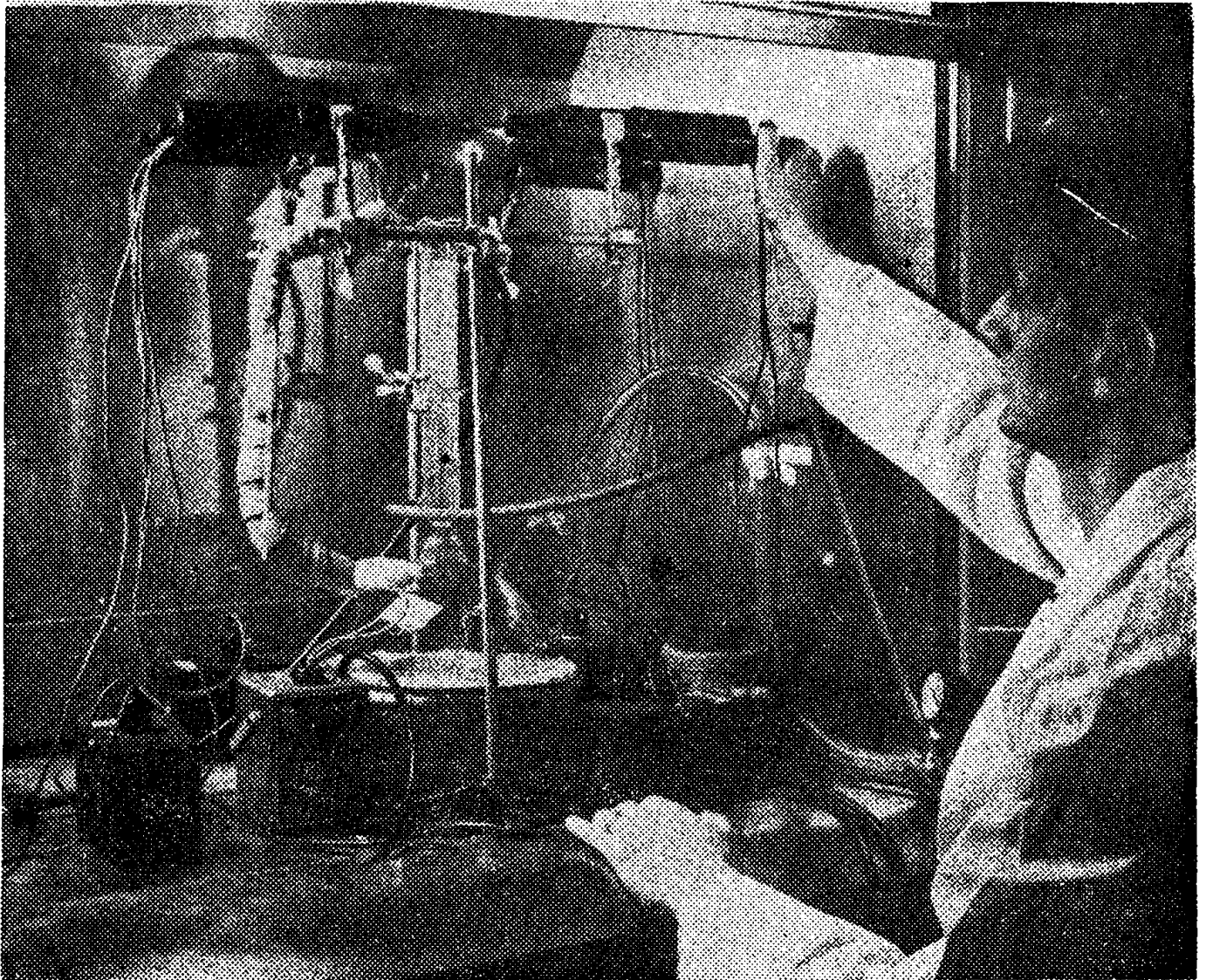
تکامل مقدماتی حیات

اجزای مهم	آجرهای ساختمانی	منابع انرژی	اتمسفر اولیه
پروتئینها	اسیدهای آمینه	اشعه فوق بنفش	آب
نوکلئیکها	پورینها و پیریمیدینها	تخلیه الکتریکی	هیدروژن
پولی ساکاریدها	هیدراتهای کربن	تابشهای یونیزه	آمونیاک
لیپیدها	اسیدهای چرب	گرما	متان
← سلولهای زنده	←	←	←

دکتر ج. اورو (J. Oro) از دانشگاه هوستون و دکتر سی. پونامپروما (C. Ponnampertuma) از مرکز تحقیق ناسا^۱ در «ماونتن ویو» کالیفرنیا توانسته اند بازهای پورین و پیریمیدین، ماده ارثی DNA را، در شرایط اولیه زمین بسازند. از این گذشته پونامپروما

توانسته است ATP (ادنوزین تری فسفات) منبع اصلی انرژی سلول را، در همین شرایط بسازد. بدین صورت بسیاری از موادی که برای پیدایش حیات اهمیت اساسی دارند و برای بقای آن ضروری هستند، احتمالاً به همان گونه که در اوایل پیدایش سیاره ما به وجود آمده اند، در حال ساخته شدن اند. بنا بر این می توانیم به سادگی مجسم کنیم که در آغاز اقیانوسی بر سطح زمین وجود داشته که در آن نمکهای گوناگون کانی و محلول رقیقی از عده زیادی مواد آلی موجود بوده است. چنانکه می بینیم این امکان هست که بسیاری از آجرهای ساختمانی حیات به صورتی منفرد گرد هم آمده باشند. البته این مجموعه حیات نیست.

در حال حاضر بسیاری از دانشمندان معتقد به این هستند که مولکول اسید دئو کسی ریبونوکلئیک (DNA) یعنی ماده ارثی سلول، خود آغاز حیات بوده است. قرائنی در دست است که نشان می دهند، در شرایط بسیار اختصاصی می توان مولکول DNA را در خارج از سلول وادار به همانند سازی کرد. اما برای اینکه این همانند سازی انجام گیرد باید همه اجزای پیچیده سلول با تراکم مناسب در محیط موجود باشند. بسیار غیر محتمل به نظر می رسد که ترکیب اقیانوسهای اولیه چنین بوده باشد. آنچه که بیشتر احتمال آن می رود این است که نخستین دستگاه همانند ساز، محیط تخصص یافته ای در اختیار داشته که در آن می توانسته مواد مورد نیاز را گرد آورد و موادی را که مخل این فرایند اساسی بودند دور سازد. حیات نمی توانسته است صرفاً نتیجه



تصویر ۲-۵ دستگاه تخلیه الکتریکی (NASA)

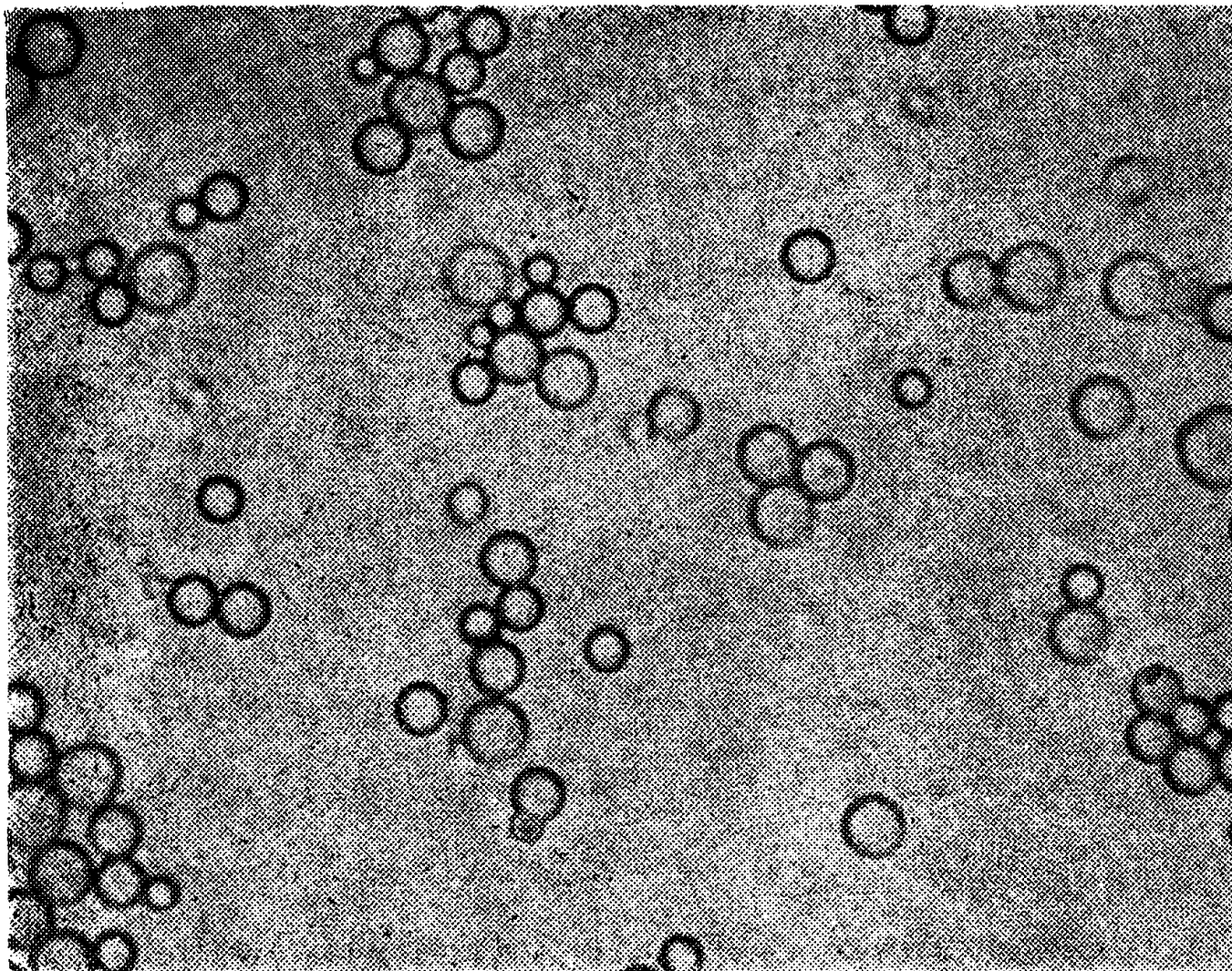
ترکیب تصادفی مولکولهایی بوده باشد که بهطور اتفاقی بر سیاره‌ای ابتدایی به وجود آمده بوده‌اند. محیط بایستی طوری بوده باشد که «احتمالی» بودن ترکیبات خیلی بیشتر از «اتفاقی» بودن آنها باشد. آنچه که «احتمال» را زیاد می‌کند غشای سلول است، که مرزی است با قابلیت نفوذ انتخابی، متشکل از پروتئین و لیپید و به سلول امکان می‌دهد که محیط داخلی خود را متناسب فعالیت‌های سوخت و ساز و تولید

مثل سازد. تصور واحد زنده‌ای، هر اندازه ساده و ابتدایی، که چنین قدرتی را فاقد باشد دشوار است.

بنا بر این دریای اولیه را باید محیطی به تصور آوریم که واحد های تخصص یافته‌ای از پروتئین و لیپید یا لیپید داشته و واجد محیط برگزیده‌ای بوده تا الگوی همانند ساز بتواند مولکولهایی را که برای همانند سازی مورد نیازند گرد آورد و بقیه را دور سازد. همه این جریانات بر مبنای کوشش و خطا انجام می گرفته است. بدون شك بارها این جریان به صورتی نادرست آغاز شده است اما سرانجام مولکولهای مناسب گردهم آمدند و زندگی، یا تکامل زیستی، آغاز شده است.

بعضی از مدارك آزمایشی روشن می سازند که چگونه سلول نخستین توانسته است در اقیانوسهای اولیه تکوین یابد. دکتر **بونگنبرگ دوزونگ** (B. de Jong) و اخیراً دکتر **اوپارین** (A. I. Oparin) از دانشگاه مسکو در روسیه نشان داده اند که چگونه در محلولهای پروتئینی و دیگر مواد آلی، در شرایط مخصوص چیزهایی به وجود می آیند که به **کوآسروت** (Coacervate) موسومند. کوآسروتها اجسامی میکروسکوپی به شکل قطرات مایع اند. این قطرات می توانند مواد آلی محیط خود را جذب کنند و ظاهراً قابلیت جذب در آنها نسبت به بعضی از مولکولها انتخابی است. بنا به عقیده دکتر **اوپارین** به احتمال قوی، کوآسروت پایه‌ای است برای تکامل بیشتر به سوی جانداران کنونی. اما چون کوآسروت ساختمانی ناپایدار دارد، نه می-

تواند به منزله نخستین سلول باشد، و نه منشأ مولکولهای دارای وزن مولکولی زیاد است که برای به وجود آوردن سلول مورد نیازند.



۲-۶ میکروسفرهای حاصل از پروتینوئید

امکان جالب دیگر پیشگامان سلول، میکروسفرهایی (Micro - spheres) هستند که ممکن است از پروتینوئیدهای ساخته د کتر فاکس تشکیل شوند. میکروسفرها مزیت‌هایی بر کوآسروتها دارند. مثلاً ساختمانی پایدارتر دارند و از موادی اشتقاق می‌یابند که در شرایط سهل و ابتدایی تر کرب می‌گردند. اما این بدان معنی نیست که میکرو-

سفر سلول ابتدایی باشد، بلکه فقط نشان می‌دهند که در شرایطی، همانند شرایط آغازی زمین، موادی که می‌بایست قاعدتاً در چنین محیطی تشکیل می‌شدند، بدین روش منشأ واحدهای سازمانداری می‌شوند که شباهتشان به سلول به اندازه‌ای است که می‌توان آنها را به عنوان منشأ احتمالی سلول به حساب آورد. باید توجه داشت که صرف نظر از جزئیات ریخت‌شناسی و شیمیایی میکروسفرها، تصور اینکه این پدیده، که به آسانی در آزمایشگاه انجام شدنی است، در طبیعت، هنگامی که آجرهای ساختمانی به میزان مناسبی گرد هم آمده بودند، انجام نگرفته باشد، دشوار است. و اما این مسئله که میکروسفرها نقشی در منشأ سلول داشته‌اند یا نه تحقیقی نظری است ولی مطمئناً الهام‌بخش است.

گمان نمی‌رود که بتوان سلولی در آزمایشگاه ساخت یا ترکیب کرد که پیچیدگی فرایندهای سوخت و سازی و ساختمان ساده‌ترین سلولهای کنونی را داشته باشد. آنچه را که در میلیونها سال تکامل زیستی موجد جانداران کنونی انجام گرفته است، نمی‌توان ناگهان به وجود آورد. اما این بدان معنی نیست که کوشش برای ترکیب سلول در ابتدایی‌ترین حالات آن تلاشی نومیدانه است و کاری است که ارزش علمی زیاد نداشته باشد.

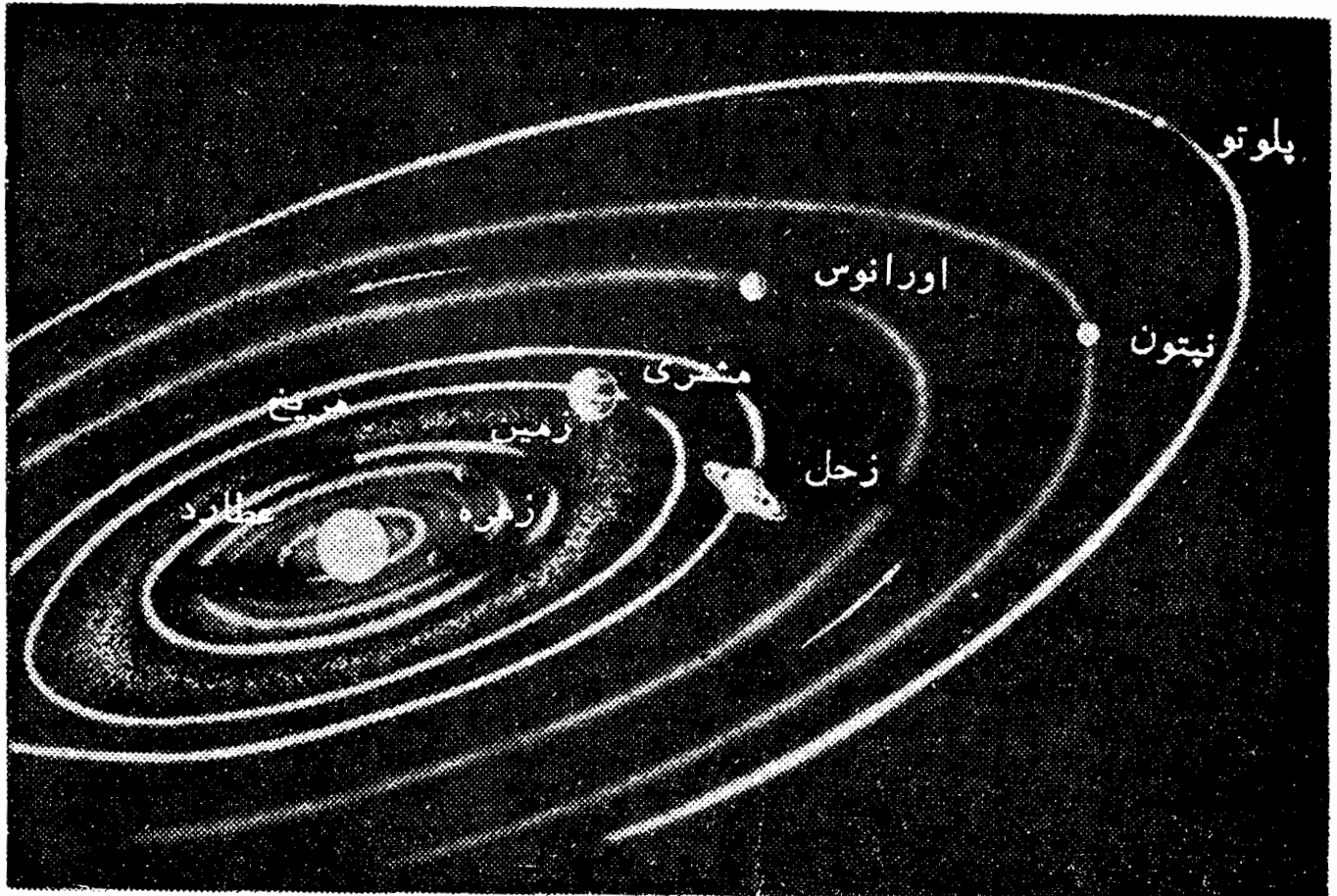
فصل سوم

سیارات و حیات

سیارات اجسام جامدی هستند که به دور يك ستارهٔ مرکزی یا خورشید در گردشند و به علت نوری که از خورشید بر سطح آنها می‌تابد و منعکس می‌شود در آسمان شب دیده می‌شوند. معرفت ما دربارهٔ سیاره‌های جهان منحصر به سیاره‌های منظومهٔ شمسی است. تا قریب بیست تا سی سال پیش گمان می‌رفت که این گونه منظومه‌ها در جهان بسیار نادرند و از هر يك میلیاردها ستاره یکی سیاره‌دار است. علت این گمان آن بود که می‌پنداشتند سیاره‌ها بر اثر تصادم دو ستاره به وجود می‌آیند. اما امروزه نظر چنین است که، در جریان تشکیل و تکامل هر ستاره پیدایش سیاره‌ها مرحله‌ای الزامی است. از سیاره‌های منظومه‌های دیگر مدارك مستقیمی در دست نداریم، زیرا حتی فاصله نزدیکترین ستاره‌ها تا زمین به اندازه‌ای زیاد است که با قویترین تلسکوپها نمی‌توان گردش سیاره‌های خورشیده‌های دیگر را دید. اخیراً مسیر سیارهٔ

بزرگی در منظومهٔ نزدیکی (باروشهای غیر مستقیم) مشاهده و گزارش داده شده است. این کشف، اگر تأیید شود، کشف بسیار مهمی خواهد بود. می‌توانیم میلیون‌ها میلیون خورشید در جهان ببینیم که امکان دارد يك يا چند سیاره به دور هر يك از آنها در گردش باشد. بدیهی است که سیاره‌ها از خورشید والد خود بسیار کوچکترند. بعضی از دانشمندان تخمین می‌زنند که اگر فقط تعداد کمی از ستاره‌ها چنین سیاراتی در مدارهای خود داشته باشند شمارهٔ سیاره‌های گیتی به میلیون‌ها بالغ خواهد بود.

به‌طوری که می‌دانیم شرایط فیزیکی موجود در هر سیاره‌ای بیشتر به فاصلهٔ آن از خورشید و حجم خود سیاره بستگی دارد. برای اینکه سیاره‌ای بتواند پوششی از گاز، یعنی اتمسفری، داشته باشد، باید حجم آن به اندازه‌ای باشد که نیروی جاذبه آن برای نگهداری اتم‌ها و مولکول‌های سازندهٔ اتمسفر کافی باشد و مانع فرار آنها به فضا گردد. سیارهٔ زمین دارای اتمسفری است که به وسیلهٔ جاذبهٔ مرکزش نگه داشته می‌شود. ماه، که قمر زمین و بسیار کوچکتر از آن است، نیروی جاذبه‌اش يك نهم نیروی جاذبهٔ زمین است و اتمسفر ندارد، زیرا به قدری كوچك است که نمی‌تواند حتی مانع فرار سنگین‌ترین گازها بشود. بنابراین کافی است حجم سیاره‌ای را بدانیم و جرم و نیروی جاذبه‌اش را محاسبه کنیم تا بتوانیم وجود یا عدم اتمسفر را در آن تشخیص دهیم و اجزای اتمسفر آن را نیز تا حدودی تعیین کنیم. نظر به اینکه



شکل ۱-۳ منظومه شمسی (ناسا)

هیدروژن سبکترین عنصرهاست ، منحصرأ در اتمسفر بزرگترین سیاره‌ها مانند مشتری وجود دارد. اکسیژن که وزن مولکولی آن شانزده برابر وزن مولکولی هیدروژن است به آن اندازه سنگینی دارد که در اتمسفر زمین نگه داشته می‌شود، اما چون مریخ از زمین کوچکتر است این گاز در اتمسفر آن باقی نمی‌ماند. انیدرید کربنیک که ۴۴ بار سنگینتر از هیدروژن است احتمالاً در اتمسفر همه سیاره‌ها، جز عطارد یافت می‌شود.

بسیاری از اجزای اتمسفر سیاره‌ها را نیز اخترشناسان و

فیزیکدانان با دستگاهی موسوم به «اسپکترومتر» که بر تلسکوپهای آنها نصب است اندازه می گیرند. این اندازه گیریها در بعضی موارد دشوار است زیرا باید از خلال جو زمین، که خود شامل همان عنصرهایی است که در اتمسفر سیاره مورد نظر موجودند، انجام گیرد. با اطمینان می توان گفت که اتمسفر مریخ انیدرید کربنیک دارد. زیرا مقدار آن در اتمسفر این سیاره به اندازه ای است که می توان آن را به روش اسپکتروسکوپی اندازه گرفت. گاز نیتروژن اتمسفر مریخ را نمی توانیم تعیین کنیم زیرا به علت زیاد بودن نیتروژن (۸۰ درصد) جو زمین کوشش ما برای تشخیص آن در اتمسفر مریخ به جایی نمی رسد. ولی گمان می کنیم که این گاز در اتمسفر مریخ وجود داشته باشد، زیرا می دانیم که بزرگی این سیاره به اندازه ای است که می تواند مانع فرار آن به فضا گردد. برای کشف همه گازهای موجود در اتمسفر سیاره ها باید اندازه گیری را از خارج جو زمین، یعنی از اقامار مصنوعی، که وسایل تحقیق در فضا هستند، یا از روی اقامار طبیعی چون ماه، انجام دهیم. در سال ۱۹۶۳ ایالات متحده سفینه ای فضایی (به نام «مرینر»^۱) به سوی زهره فرستاد. این سفینه تا به نزدیک سیاره نامبرده، تقریباً به ۱۶۰۰۰ کیلومتری آن، رسید. از اندازه گیریهای که با این وسیله تحقیق انجام گرفت اطلاعاتی در باره نیروی مغناطیسی و دمای سطح سیاره زهره به دست آمد. در سال ۱۹۶۴ مرینر دیگری به سوی مریخ

پرتاب شد. که امید آن می رود به وسیله آن بتوان چیزهای بیشتری در باره این سیاره کشف کرد. سرانجام بر مریخ و شاید بر دیگر سیاره های منظومه شمسی قدم خواهیم گذاشت.

آدمی در منظومه شمسی خود، نه سیاره کشف کرده است که نام آنها به ترتیب فاصله شان از خورشید چنین است: عطارد، زهره، زمین، مریخ، مشتری، زحل، اورانوس، نپتون و پلوتو. عطارد سیاره نسبتاً کوچکی است و به خورشید بسیار نزدیک است. دمای بخشی از آن که همیشه در مقابل خورشید است بسیار زیاد است (خیلی بالاتر از دمای آب جوش) و حال آنکه در قسمت دیگر دما بسیار پایین است. اتمسفر آن ناچیز یا اساساً هیچ است. سیاره زهره از عطارد بزرگتر و از زمین کوچکتر است. و به طور قطع اتمسفر دارد. مریخی که به سوی زهره پرتاب شده بود نشان داد که دمای سطح این سیاره در حدود ۳۱۵ درجه سانتیگراد است که برآستی خیلی داغ است. مریخ نیز کوچکتر از زمین است و چون از خورشید دورتر است دمای آن از زمین کمتر است مریخ اتمسفر دارد اما اتمسفر آن بسیار رقیق است. سیاره مشتری از همه سیارات منظومه شمسی بسیار بزرگتر است و به علت دوری آن از خورشید سیاره ای بسیار سرد به شمار می رود. به اندازه ای سرد است که در واقع قسمت زیادی از اتمسفر آن منجمد است. دیگر سیاره های منظومه شمسی از تابشهای گرم کننده خورشید دورتر واقعند و بنابراین از مشتری سردترند. پس باقی می ماند سیاره زمین که

سیاره‌ای منحصر به فرد است و شرایط فیزیکی آن برای پدیده حیات مناسبترین شرایط است.

حدود تغییرات دما بر سطح زمین برای حیات بسیار مناسب است و این مناسبت از این رو است که موجب می‌شود آب به حالت مایع موجود باشد. چنانکه می‌دانیم آب جزء اصلی شیمی مواد کربندار و رکن عمده حیات است. آب از لحاظ فیزیکی به سه حالت می‌تواند باشد: جامد، مایع و گاز یا چنانکه آن را معمولاً می‌شناسیم یخ، آب و بخار آب. آب فقط در حالت مایع مورد استفاده مهم شیمیایی دستگاه‌های زنده قرار می‌گیرد. دمای عطارد و زهره خیلی بالاتر از دمای آب جوش است. بنابراین اگر هم آبی در آنها وجود داشته باشد به حالت بخار است و وجود زندگی در چنین شرایطی غیر ممکن است. سرمای مشتری، زحل، اورانوس، نپتون، و پلوتو به قدری زیاد است که آب منحصراً به حالت جامد ممکن است در آنها موجود باشد و در این شرایط نیز زندگی، چنانکه می‌دانیم، امکان‌پذیر نیست. اما در زمین آب فراوان است و حیات خودنمایی می‌کند. پیش از اندازه‌گیریهای اخیر از دمای زهره، این سیاره برای مطالعه در نظر گرفته شده بود اما چون طبق این اندازه‌گیریها دمای آن بسیار بالا است ناگزیر از آن صرف نظر شد. سیاره دیگری که بنا به برخی دلایل، به وجود آب در آن معتقدیم مریخ است. به استناد وجود آب و دلایل دیگر تصور می‌رود که وجود حیات در مریخ امکان‌پذیر باشد. بنابراین آنچه را

که در بارهٔ مریخ و احتمال وجود حیات در سطح این کره می‌دانیم بررسی می‌کنیم.

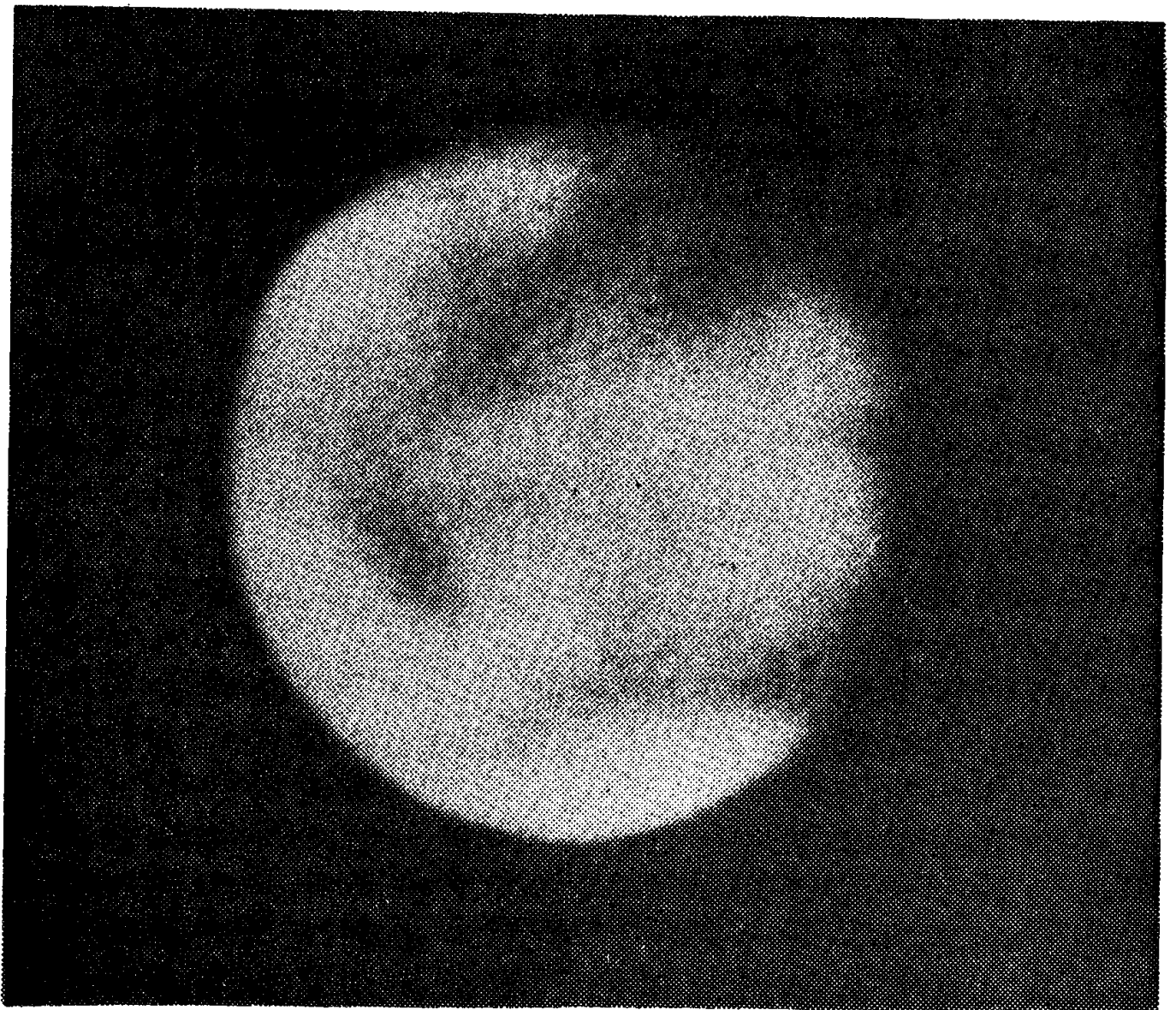
مریخ

فرض این است که کره مریخ به همان طریق و در همان زمان که زمین و دیگر سیارات منظومهٔ شمسی تکوین یافته‌اند به وجود آمده است. فاصله مریخ از خورشید ۳۰۰ ۹۹۵ ۲۲۷ کیلومتر و فاصله زمین تا خورشید ۱۴۹ ۰۰۰ ۰۰۰ کیلومتر است. جرم کره مریخ در حدود یک دهم جرم کره زمین و نیروی جاذبه‌اش اندکی بیش از یک سوم جاذبهٔ کره زمین است. قطر کره مریخ در حدود ۶۷۸۹ کیلومتر و قطر زمین ۱۲۷۴۰ کیلومتر است. سرعت حرکت وضعی مریخ چنان است که مدت شبانه روز آن ۲۴ ساعت و ۳۷ دقیقه یعنی نزدیک به شبانه روز زمین، ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه، است. اما مدت گردش انتقالی مریخ به دور خورشید تقریباً دو برابر مدت گردش انتقالی زمین است. بنابراین مدت سال مریخ قریب دو برابر سال زمین است و مدت فصول سال مریخ تقریباً دو برابر فصول ماست. مریخ دارای دو ماه است که هر دوی آنها از ماه زمین کوچکترند به طوری که کوچک بودن آنها موجب این پندار شده است که این ماهها در واقع اقماری مصنوعی هستند که به وسیلهٔ مریخیان ابتدایی، که اکنون نیز موجودند، در مدار مریخ قرار داده شده‌اند!

آدمی از زمانی که از وجود اجرام کیهانی دیگر آگاهی یافته در باره امکان وجود حیات در آنها به تحقیق نظری پرداخته است، و بنا به دلایلی کره مریخ محور اصلی چنین تحقیقاتی بوده است. صور ظاهری بسیاری بر سطح مریخ به چشم می‌خورند که حتی با تلسکوپهایی که قدرشان متوسط است مشاهده آنها آسان است. گویا بودن برخی از این صور به اندازه‌ای است که اختر شناسان پیشین آن را نشانه نوعی تمدن پیشرفته مریخیان تفسیر کرده‌اند.

اختر شناسان پیشین، و نیز اختر شناسان امروزی، توانسته‌اند در مریخ خطوطی راست و طویل، که در بعضی نقاط متقاطعند و سطح این سیاره را مخطط ساخته‌اند مشاهده کنند. درباره این خطوط که برای اولین بار به وسیله اختر شناس ایتالیایی شیاپارلی^۱ مشاهده و توصیف شده است مطالب بیشمار نوشته شده است. وی این خطوط را کانال نامید. اختر شناس آمریکایی دکتر پرسوال^۲ که در اواخر سال ۱۸۰۰ کانالهای مریخ را مشاهده کرده می‌پنداشته است که این کانالها شبکه آبیاری استادانه‌ای است که به وسیله مریخیان حفر شده است. مدتها بود که ستاره شناسان می‌دانستند مریخ يك سیاره کم آب است و اگر حیات در آن موجود باشد یکی از مشکلاتش به دست آوردن آب است. نیز معلوم شده است که در قطبین مریخ کلاهکهای سفیدی وجود دارد که به لایه‌های یخ می‌مانند. کلاهکهای قطبی با

فصول سال تغییر می کنند و گویی در بهار و تابستان ذوب شده کم می گردند، و در زمستان بار دیگر افزایش می یابند. **لاول** تصور می کرد که کانالها راههای انتقال آب از کلاهکهای قطبی در حال ذوب به مناطق کم آبر، یعنی نواحی استوایی سیاره است.



شکل ۲-۳ کلاهکهای قطبی مریخ

مدتهاست که مریخ به «سیاره قرمز» معروف شده است. زیرا هنگامی که آن را با تلسکوپ مشاهده می کنند به رنگ قرمز متمایل

به زرد جلوه می کند. اما در رصدهای دقیق مریخ، مناطق تیره و روشنی بر سطح آن به نظر می رسد که اغلب در سالهای متوالی دیده می شوند. مناطق روشن را عموماً بیابان تصور می کنند. اما مناطق تیره منشأ تحقیقات نظری بسیار شده اند. زیرا در این مناطق تغییرات فصلی رخ می دهند، یعنی در بهار و تابستان تیره تر و در پاییز و زمستان روشن تر می گردند. گاهی هم در منطقه ای که زمانی روشن بوده منطقه تیره پدید می آید اما به طور کلی این صور حدود نسبتاً ثابت دارند.

به نظر می رسد که کلاهکهای قطبی مریخ در بهار این سیاره ذوب می شوند و آب حاصل به وسیله ساز و کاری، خواه کانالها، خواه جوی، به استوا منتقل می شود. همزمان با این جریان و در حالی که «موج تیره کننده» با سرعتی معادل ۳۲ کیلومتر در روز از قطب به سوی استوا پیش می رود، تیرگی منطقه تیره افزایش می یابد. بسیاری از مشاهده کنندگان مریخ، دیگر نظریه کانالها را قبول ندارند. زیرا معلوم شده است آنچه که قدماً خطوط مستقیم می پنداشتند احتمالاً خط نیستند بلکه مناطق تیره کوچکی هستند، که هنگامی که شرایط مشاهده مریخ دقیق نیست چشم آدمی آنها را به صورت خطوط می بیند. اگر کانالهایی در مریخ باشند و بتوانند با قویترین تلسکوپها مشاهده گردد باید پهنای آنها چندین کیلومتر باشد و این بسیار غیر متحمل است. نیز گمان می رود ضخامت کلاهکهای قطبی مریخ در حدود دو سانتیمتر باشد بنابراین آب حاصل از ذوب آنها به قدری کم است که سلسله کانالهایی با چنین

وسعت بی‌مصرف خواهد بود. ضخامت کلاهکهای قطبی زمین قریب دو کیلومتر است. آنچه شگفت‌آور به نظر می‌رسد این است که در بهار مریخ، هنگامی که کلاهک قطبی آب می‌شود، موج تیره‌کننده از قطب به سوی استوا نیز می‌گذرد و به سوی قطب دیگر می‌رود. از اینکه در موقع آب‌شدن کلاهک يك قطب، ظاهراً تشکیل کلاهک قطب دیگر شروع می‌شود این احتمال به وجود می‌آید که آب از طریق جو، یعنی به صورت بخار آب، از قطبی به قطب دیگر منتقل می‌گردد. سرعتی که برای آب شدن يك کلاهک قطبی و تشکیل کلاهک دیگر لازم است، چنانکه از مشاهده این فرایند بر می‌آید، در حدود ۳۲ کیلومتر در روز، یعنی معادل سرعتی است که در پیشروی موج تیره‌کننده مشاهده شده است.

انطباق این دو کیفیت یکی از پدیده‌های تکان‌دهنده مریخ و نیز پدیده‌ای است که مباحثات بسیاری را به میان آورده است. بدیهی است که چنین انطباقی نیازمند تفسیر است. بسیار کوشیده‌اند که آن را واکنشی میان آب و بعضی از مواد غیر آلی سطح مریخ قلمداد کنند. برخی دیگر آن را به فرایندهای بهار در کوه زمین مانند کرده‌اند، یعنی در جاهایی که معمولاً بر اثر «سرسبزی» گیاهان و شکفتن برگ‌ها تغییر رنگ حاصل می‌شود. اما بر روی کره زمین ظاهراً موج تیره‌کننده در بهار باید از استوا به سوی قطب پیش برود نه برعکس، چنانکه در مریخ است. در کره زمین که آب فراوان است، عامل محدود

کننده رشد جانداران دماست. و چون دما در بهار تدریجاً از استوا به سوی قطب افزایش می یابد گسترش جانداران نیز در همین جهت صورت می گیرد.

اما در مریخ وضع به کلی تفاوت دارد. اخیراً دانشمندان به وسیله اسپکترومتري که بر تلسکوپ آنها نصب است بخسار آب اتمسفر مریخ را اندازه گرفتند و یافتند که مقدار آن در حدود يك هزارم بخار آب اتمسفر زمین است. بنا بر این مریخ از کم آترین بیابانهای زمین هم کم آب تر است و چنین وضعی برای حیات محدودیت زیاد ایجاد می کند. پس اگر دست کم آب بیشتری به طور متناوب در مریخ نباشد، تصور وجود حیات، که بر مبنای مواد کر بندار بنا شده است، غیر ممکن است. اما چنانکه خواهیم دید علی رغم کمی آب اتمسفر آن، قرائنی وجود آب را بر کره مریخ محقق می سازد. اما واضح است که مقدار آب مریخ عاملی است که بیش از دما گسترش حیات را محدود می سازد. بنا بر این هر چند که در بهار مریخ دما از استوا به سوی قطب افزایش می یابد، آب کافی در دسترس جانداران نیست تا در همین جهت گسترش یابند. هنگامی که دمای نواحی قطبی به اندازه کافی بالا می رود و کلا هك قطبی را ذوب می کند، آبی که به دست می آید، موج تیره کننده را از قطب به سوی استوا گسترش می دهد.

متأسفانه اشکالاتی هست که قبول این تئوری را نیز دشوار می سازد. چون فشار اتمسفر مریخ در حدود يك دهم فشار اتمسفر زمین، یا کمتر

از آن است و نیز بر اثر اندك بودن بخار آب اتمسفر مریخ، وجود آب به حالت مایع بر این کره تقریباً غیر ممکن است. هنگامی که نزدیک کلاهکهای قطبی مریخ دما بالا می رود به جای آنکه مانند وضع موجود بر زمین یخ ذوب شود و به حالت مایع در آید، فوراً تبخیر می گردد. یعنی از حالت جامد (یخ)، بدون آنکه از حالت مایع بگذرد، مستقیماً به حالت گاز (بخار) تبدیل می شود. این فرایند که به «تصعید» موسوم است هنگامی که سرمای مریخ خیلی بیشتر از نقطه انجماد است، روی می دهد. دمای حاشیه کلاهک قطبی در حال عقب نشینی، یعنی دمای جایی که موج تیره کننده آغاز می شود، در حدود ۵۰- درجه سانتیگراد اندازه گیری شده است. از این رو تصور همراه بودن شروع موج تیره کننده با فرایند حیاتی دشوار است. زیرا در چنین برودتی تمام فرایندهای حیاتی متوقف می گردد. به فرض آنکه تخمینهای دمایی درست نباشند، و آب مایع به مدت کوتاهی در مریخ موجود گردد باز هم تصور آنکه سلول زنده در برابر این تغییر تبخیر بتواند آب درون خود را نگه دارد دشوار است. اما چنانکه خواهیم دید مسئله تبخیر هم آن قدرها مهم نیست.

شاید بحث مختصری درباره خاصه های فیزیکی سطح مریخ درك بعضی از این پدیده های بصری را آسانتر کند. دانشمندان با نصب کردن بعضی از وسایل آزمایشی چون اسپکترومتر و پولاریومتر بر تلسکوپهای قوی خود و با اندازه گرفتن خاصه های نور جذب شده و منعکس شده

به وسیلهٔ مریخ و سیارات دیگر، توانسته‌اند بسیاری از خاصه‌های فیزیکی آنها را تشخیص دهند. بعضی از این اندازه‌گیریها با دقت بسیار انجام گرفته‌اند.

به طوری که معلوم شده فشار کلی اتمسفر سطح مریخ از فشار اتمسفر زمین بسیار کمتر است. اینکه تر کیب اتمسفر مریخ چیست نیز مورد بحث است. هرچند که وجود گاز CO_2 در اتمسفر آن عموماً تأیید شده است، اما تخمین مقدار آن بسیار متفاوت یعنی از ۰٫۴ درصد تا ۳۰ درصد است. اخیراً در اتمسفر بخار آب تشخیص داده شده است اما مقدار آن در حدود ۰٫۱ درصد بخار آب اتمسفر زمین است. این دو نوع مولکول تنها مولکولهایی هستند که مستقیماً در اتمسفر مریخ اندازه‌گیری شده‌اند، و تصویری رود که بقیهٔ اتمسفر آن از گاز نیتروژن و اندکی آرگون تشکیل شده باشد. برای آنکه معلوم شود گازهای اکسیژن، اوزون، اکسیدهای نیتروژن، متان، اتان، آمونیاک و اکسید دو کربن در اتمسفر مریخ وجود دارند یا نه پژوهشهایی به عمل آورده‌اند، اما یا توفیقی به دست نیاورده‌اند یا نتایج حاصل مورد اختلاف بوده‌اند. مثلاً گروهی از دانشمندان تصور می‌کنند که در مریخ اکسید نیترو تشخیص داده‌اند و کلاهکهای قطبی مریخ از این ماده تشکیل شده‌اند نه از آب. اما این مشاهدات عموماً تأیید نشده‌اند. نقش اکسیژن در اتمسفر مریخ بسیار ناچیز است و احتمالاً فقط به صورت عنصر نادر موجود است. با چنین اتمسفری عدم وجود اقیانوس

یا دریاچه در مریخ قطعی به نظر می‌رسد. چنانکه در بخش مربوط به مطالعات آزمایشی خواهیم دید، باید فرض کنیم که با وجود کم بودن آب در اتمسفر مریخ، راههایی برای حفظ آب مایع در آن موجود است.

در باره مواد تشکیل دهنده سطح مریخ، اطلاعات کم در دست است. کلاهکهای قطبی مریخ از آبند (شبنم یخ‌زده). مناطق روشن سطح مریخ، بنا بر آنچه که از مشاهدات پلاریمتری برمی‌آید، احتمالاً از موادی مانند لیمونیت، اکسیدی از آهن ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) است. تفسیرهایی که از اندازه‌گیریهای اسپکتروسکوپی به عمل آمده نشان می‌دهند که در مناطق تیره مریخ پیوندهای C-H یافت شده‌اند و این پیوندها بر وجود مواد آلی دلالت می‌کنند. همین مشاهدات دکتر سنتون (D.W. Senton) از رصدخانه لاول در «فلاگستاف» آریزونا بودند که موجب شدند به مسئله حیات در مریخ توجه بسیار شود، و بر سر آن مباحثه بسیار در گیرد. ری (Rea) و اولیری (Oleary) و سنتون اکنون معلوم داشته‌اند که دو تا از سه قله زیر قرمز که سنتون در تحقیقات اولیه‌اش دیده بود ناشی از مواد مزاحمی چون D_2O (دوتریم) موجود در اتمسفر زمین است و احتمالاً ربطی به سیمای مریخ ندارند. اما این مطالعه، نه تفاوت‌های موجود میان مناطق روشن و تیره را توجیه می‌کند و نه سومین قله‌ای را که سنتون مشاهده کرده است. چون بیشتر مواد آلی زمین منشأ حیاتی دارند، برای وجود این مواد در مریخ نیز ظاهراً

چنین منشائی گمان می‌رود. اما اشکال موجود این است که برای توجیه شدت پیوند C-H مشهود مقادیر زیادی مواد آلی لازم است. به عبارت دیگر سطح مریخ می‌بایست پوشیده از جاندار یا مواد آلی بوده باشد. توجیه دیگر پیوند C-H این است که ممکن است این پیوند اساساً ارتباطی با حیات نداشته باشد. چنانکه قبلاً اشاره شد درسیاره‌هایی که جوی عاری از اکسیژن آزاد دارند ممکن است بر اثر واکنش گازهای جوی، با استفاده از انرژی الکتریکی یا اشعه روی بنقش یا منابع دیگر انرژی، مواد آلی بسیار که اهمیت حیاتی دارند به وجود آیند. اگر هیدروژن آزاد موجود باشد مولکولهای حیاتی‌تر به نسبت بیشتری تشکیل می‌شوند. واقع امر این است که پیدایش حیات در وهله اول بدین گونه بوده است. ظاهراً چنین اتمسفری فاقد اکسیژن و دارای $\text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ دارد. نیز می‌بایست مقادیر زیادی تابش روی بنقش به سطح مریخ برسد، زیرا لایه اوزون در طبقات بالای جو آن وجود ندارد تا این اشعه را از رسیدن به سطح آن بازدارد. بنابراین امکان دارد که هم اکنون نیز مواد آلی در اتمسفر مریخ تشکیل شوند و بر سطح آن گرد آیند. و نیز ممکن است این مواد منشأ پیوندهای C-H مشهود باشند، نه جانداران میکروسکوپی. بدیهی است که برای گرفتن نتیجه قطعی درباره هر يك از این دو نظر اطلاعات کافی در دست نیست.

مقایسه زمین و مریخ

پارامتر	زمین	مریخ
جرم	۱	۰٫۰۵۴
قطر	۱۲۷۴۰ کیلومتر	۶۷۸۹ کیلومتر
نیروی جاذبه	۱	۰٫۳۹
مدت سال	۱	۱٫۸۸
مدت شبانه روز	۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه	۲۴ ساعت و ۳۷ دقیقه
فاصله تا خورشید	۱۴۹ ۰۰۰ ۰۰۰ کیلومتر	۲۲۷ ۹۹۵ ۳۰۰ کیلومتر
تعداد اقمار	۱	۲

دمای سطح مریخ بسیار متغیر است، و این تا حدودی ناشی از آن است که اتمسفر این سیاره مانند اتمسفر زمین متراکم و پر بخار آب نیست. زیرا اتمسفر کم و خشک موجب می شود گرمایی که روزها از آفتاب کسب می شود شبها به سرعت از دست برود. مثلاً در استوای مریخ که چند ساعتی از روز ممکن است دما به ۳۰ درجه سانتیگراد برسد، شبها تا ۵۵- درجه، یا پایینتر، می رود. گویا تغییرات دما بر سطح مریخ از ۳۰+ تا ۶۰- درجه سانتیگراد باشد. میانگین دمای مریخ (در حدود ۴٫۵ درجه سانتیگراد) از میانگین دمای زمین بسیار کمتر است. البته دماهای بالای (۳۰+) تابستان مریخ، چنانکه در باره زمین می دانیم، با حیات کاملاً سازگار است. اما اشکال در این است که هم مدت این دمای مناسب بسیار کوتاه است (احتمالاً در نزدیک استوا بیش از پنج یا شش ساعت نیست.) و هم شبها، حتی در استوا، دما از نقطه انجماد پایینتر می رود.

بنابراین جانداران مریخی، اگر به راستی وجود داشته باشند،

باید بتوانند با یخبندان شبانه مقابله کنند و سپس در روز ذوب شوند و از دوره کوتاه گرمای آن برای سوخت و ساز ورشد استفاده کنند. بدیهی است که وقتی در مناطق نزدیک استوا مدت دمای بالای صفر پنج یا شش ساعت بیشتر نیست، در قسمت اعظم سیاره این مدت بسیار کمتر خواهد بود. این شرایط، بخصوص اگر با همان تأثیراتشان بر حیات زمینی در نظر گرفته شوند، به راستی دشوارند. جانداران زمینی قدرت شگفت‌انگیزی در سازگاری به محیط‌های نامساعد دارند، و هر جاندارى که در مریخ باشد - اگر میلیونها سال در شرایط مریخی به سر برده باشد - محققاً از طریق جهش و انتخاب طبیعی با شرایط آن سازگار شده است.

تا کنون نظر ما منحصرأً به میانگین شرایط محیط مریخ بوده است، و این شرایط برای امکان وجود حیات چندان امیدبخش نیستند. بنا بر این لازم است مناسبترین شرایط وجود حیات را نیز در نظر بگیریم. شاید میانگین شرایط محیط زمین نیز به خوبی مفهوم نباشد زیرا تصور ناکامل و گمراه‌کننده‌ای از آنچه که به راستی در زمین هست به دست می‌دهد، و اشاره‌ای به حدود نهایی، مثل اقیانوسها، بیابانها، بیشه‌ها و قله کوهها نمی‌کند. همین وضع در مورد مریخ نیز صادق است. از آنجا که نمی‌توانیم در مریخ چیزی را که وسعت آن از ۵۰ یا ۶۰ کیلومتر کمتر است ببینیم، درباره نوع اختلاف مناطق سطح آن نیز تصویری نمی‌توانیم داشت. بیشتر اطلاعات اسپکترسکوپی ما درباره دما، بخار آب،

گازهای جوی و اوضاع نظیر آنها در واقع حاصل اندازه‌گیریهای میانگین شرایط آن قسمت از محیط مریخ است که روبه‌روی ماست. بنا براین امکان دیگر این است که در مریخ محیطهای کوچکی نظیر واحه‌هایی در بیابان، وجود داشته باشند که به حیات امکان رشد بدهند.

اکنون آزمایشهایی را در نظر می‌گیریم که ممکن است با وجود حیات در مریخ مناسبت داشته باشند. به دو دلیل می‌توان آزمایشهایی انجام داد که در آنها جانداران، بخصوص جانداران میکروسکوپی موجود در محیطهای گوناگون زمین، در شرایطی همانند شرایط مریخ قرار گیرند. اول، چون هدف اصلی ما در تحقیقات فضایی اطلاع یافتن از وجود حیات در مریخ است، پس لازم است اطمینان حاصل کنیم که جاندارانی که در فواصل دور با وسایل تحقیق کشف می‌شود با خود سفینه فضایی از زمین بدانجا برده نشده باشد. از این رو باید از قدرت بقا و رشد جانداران زمینی در شرایط مریخی آگاه باشیم. دوم، فقط هنگامی می‌توانیم از تأثیر عوامل محیط مریخ بر تکامل جانداران چیزی بیاموزیم که جاندارانی را که با خصوصیات آنها آشنا هستیم مورد آزمایش قرار دهیم.

چنانکه قبلاً اشاره شد باید فرض کنیم که اوضاع شیمیایی حیات در مریخ همانند ساختمان شیمیایی حیات در زمین است. نیز خاطر نشان شد که ممکن است تکامل زیستی در مریخ راههایی غیر از راههای تکامل زیستی روی زمین طی کرده باشد. و احتمال می‌رود جانداران مریخی

از جانداران زمینی بسیار متفاوت باشند. از مطالعه تأثیر شرایط مریخ بر رشد، سوخت و ساز، و در مدت طولانیتری، بر تکامل با کتریهای زمینی شاید بتوانیم اطلاعاتی از خواص کلی حیات مریخی به دست آوریم. و این خود به طرح آزمایشهایی برای تشخیص حیات در مریخ کمک بسیار خواهد کرد. بیشتر این آزمایشها با جانداران میکروسکوپی، بخصوص، بعضی از باکتریها، بعضی از کفکها و در بعضی موارد بعضی از گلشنکها (گیاهانی که از همزیستی قارچ و جلبک به وجود آمده اند) انجام گرفته اند.

چنانکه بعداً خواهیم دید بیشتر وسایل تشخیص حیات در خارج از زمین به منظور یافتن جانداران میکروسکوپی بخصوص باکتریها ابداع شده اند. و این کار دلیلی دارد و آن این است که باکتریها و کفکها احتمالاً ساده ترین، و از بعضی لحاظ ابتدایی ترین، جاندارانی هستند که بر روی زمین می شناسیم. همچنین این جانداران فراوانترین و پراکنده ترین جاندارانند. و در سطح زمین عملاً مکانی نمی توان یافت که باکتری در آن نباشد. روی هر ذره ماسه، هر قطره آب، بر قلل کوهها، در بیابانها، و حتی در هوا و در یخهای قطبی باکتری هست. اگر قرار شود چنان وسیله ای برای جستجوی حیات طرح شود که وجود اسب را در زمین تشخیص دهد، از آنجا که پراکندگی اسب بر سطح زمین محدود است، شانس موفقیت کم می شد. زیرا در قسمت عظیمی از سطح زمین اسب وجود ندارد. اما اگر چنین وسیله ای برای جستجوی

با کتریها یا کفکها اختصاص داده شود شانس موفقیت بسیار خواهد بود، زیرا دستگاه تشخیص دهنده در هر جا پیاده می‌شد، خواه در اقیانوس خواه در هر جای سطح زمین، تعداد بسیاری با کتری در مکان بسیار كوچك می‌یافت. همین وضع در مورد مریخ صادق به نظر می‌رسد.

اگر حیات در مریخ به وجود آمده باشد محققاً به مرحله جانداران ساده تك سلولی نظیر باکتریها یا قارچهای روی زمین، تکامل یافته یا از آن گذشته است. اگر چنین جاندارانی وجود داشته باشند باید گسترش یافته‌ترین جانداران سطح این سیاره و بهترین نمونه‌های کشف و تحقیق باشند. از این گذشته، از نظر محدودیت آزمایشهای تقلیدی که در آزمایشگاههای زمینی میسرند به کار بردن جانداران میکرو-سکوپی، مخصوصاً باکتریها، بسیار آسانتر است، و نتایج سریعتر به بار می‌آورد. سرعت رشد باکتریها از سرعت رشد جانداران عالیترا بسیار زیادتر است. مثلاً بعضی از آنها در هر بیست یا سی دقیقه يك بار تکثیر می‌یابند. بنا بر این می‌توان در ظرف مدت کمی، چند نسل آنها را مطالعه کرد. در بیشتر جانداران عالیترا، هر نسل دوره‌ای طولانی‌تر از نسل باکتریها زندگی می‌کند. بنا بر این مطالعه سیر تکاملی آنها دشوارتر است. تحقیقات وسیع آزمایشگاهها، در طول سالهای متمادی، اطلاعات بسیاری درباره رفتار و خاصه‌های عمومی باکتریها به دست داده است. بنا بر این سروکارما با جاندارانی است که آنها را می‌شناسیم. باکتریها

را می‌توان در مکانهای بسیار كوچك آزمایشگاه پرورش و کشت داد. پایداری با کتریها نیز قابل توجه است و برای بسیاری از زمینه‌های تحقیقی افزاری عالی از آب در آمده‌اند.

تنها در ده سال گذشته برای مطالعه رفتار جانداران میکروسکوپی در شرایطی که مخصوص سیاره‌های دیگر است کوششهای فراوان به عمل آمده است. قسمت عمده این کوششها به منظور تقلید شرایط محیط مریخ بوده است. اما این تحقیقات با دشواریهای بسیاری همراهند. زیرا تقلید تمام شرایط محیط يك سیاره در اتاق آزمایشگاه غیر ممکن است. اتمسفر مریخ را می‌توان بدون اشکال از نظر فشار و ترکیب گازها فراهم کرد. می‌توان تراکم بخار آب آن را تخمین زد و پرتوهایی را که به سطح آن می‌رسند تقلید کرد و دمای سطح آن را کنترل نمود. اما درباره نیروی جاذبه مریخ، که از نیروی جاذبه زمین خیلی کمتر است، یا درباره میدان مغناطیسی آن، که چیزی از آن نمی‌دانیم، کاری نمی‌توان کرد. نمی‌توانیم هیچ يك از عوامل ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی مریخ را تقلید کنیم. زیرا، یا اطلاعات ما درباره آنها کم است یا آنکه اساساً از آنها بی‌اطلاعیم. مثلاً نمی‌دانیم که جنس «خاك» سطح مریخ چیست.

بنابراین وقتی که از آزمایشهایی صحبت به میان می‌آید که در آنها شرایط محیط مریخ تقلید می‌شود، باید دقت کنیم که مفهوم درست آنها را درك کرده باشیم. نیز نباید از نظر دور بداریم که ممکن

است نتایج چنین آزمایشهایی چیزی در باره وجود حیات در مریخ آشکار نسازند. از این رو است که باید آنها را با احتیاط بسیار تفسیر کرد. آنچه که با تقلید بعضی از عوامل محیط مریخ درون اتاقکی، رخ می دهد ممکن است به راستی نظیر اوضاع مریخ باشد، نیز ممکن است چنان نباشد.

به فرض نظیر بودن، مسئله دیگری را نیز باید در نظر داشت و آن این است که به تجربه می دانیم جانداران پست به بعضی از جنبه های محیط بیشتر از جنبه های دیگر حساسند. چنانکه از آزمایشهای با ساوتریفوژور در آزمایشگاه استنباط شده است با کتریهارا در معرض هزارها برابر نیروی گرانشی قرار داده اند و این جانداران ساده تحت تأثیر نیروی گرانشی قرار نگرفته اند. همین جریان را در باره نیروی مغناطیسی یا پارامترهای ناشناخته دیگر مریخ می توان نشان داد. بنابراین حاجتی نیست که از عدم تقلید دقیق این قبیل عوامل نگران باشیم و کافی است که توجه خود را بر عوامل حیاتی تر، مانند آب و دما و گازها متمرکز کنیم.

حال بعضی از آزمایشهای انجام شده را از نظر می گذرانیم تا ببینیم چه نتیجه ای می توان از آنها گرفت. کوششهای آغازی چندان ثمر بخش نبودند و در آنها فقط یکی از شرایط محیط مریخ با دقت تقلید می شده است. نمونه های گوناگون خاک حاوی انواع باکتریهای بی هوازی (باکتریهایی که می توانند در غیاب اکسیژن آزاد زندگی

کنند) را در شیشه‌های مسدودی که حاوی جوی مر کب از انیدرید - کربنیک و آرگون و نیتروژن بودند جای دادند. مقدار آب خاک را به کمی آب کره مریخ در نظر گرفتند. شیشه‌ها را متناوباً، شانزده ساعت در دمای ۲۵- — درجه (که به منزله شب مریخ) و سپس هشت ساعت در دمای ۲۵+ درجه (که در حکم روز آن است) قرار دادند. پس از گذشت زمانهای متفاوت، از چند هفته تا چند ماه، از شیشه‌ها نمونه برداری کردند و با کتری‌هایی را که زنده مانده بودند از خاک خارج کردند و با تکنیکهای استاندارد زیست‌شناسی آنها را شمردند. به طوری که معلوم شد، چند نوع با کتری در این شرایط زنده ماندند و بعضی از آنها ظاهر آرشد هم می کردند. اما چون تعیین میزان رشد آنها در چنین شرایطی دشوار است، می توان گفت که رشد آنها - اگر به راستی رشد می کنند - به قدری ناچیز است که اندازه گرفتن آن تقریباً غیر ممکن است. ظاهراً قدرت بقای بسیاری از این جانداران در این گونه شرایط تردید ناپذیر است. اما نباید فراموش کرد که این شرایط شباهت زیاد به شرایط موجود در مریخ ندارند. زیرا هم دمای شبانه به اندازه دمای مریخ پایین نبود و هم مدت گرمای روز، یعنی هشت ساعت بسیار طولانیتر بود. تاکنون چندبار از این قبیل آزمایشها با گل‌سنگها و با کتری‌های مختلف تکرار شده است و نتایج حاصل در اساس همواره یکسان بوده‌اند.

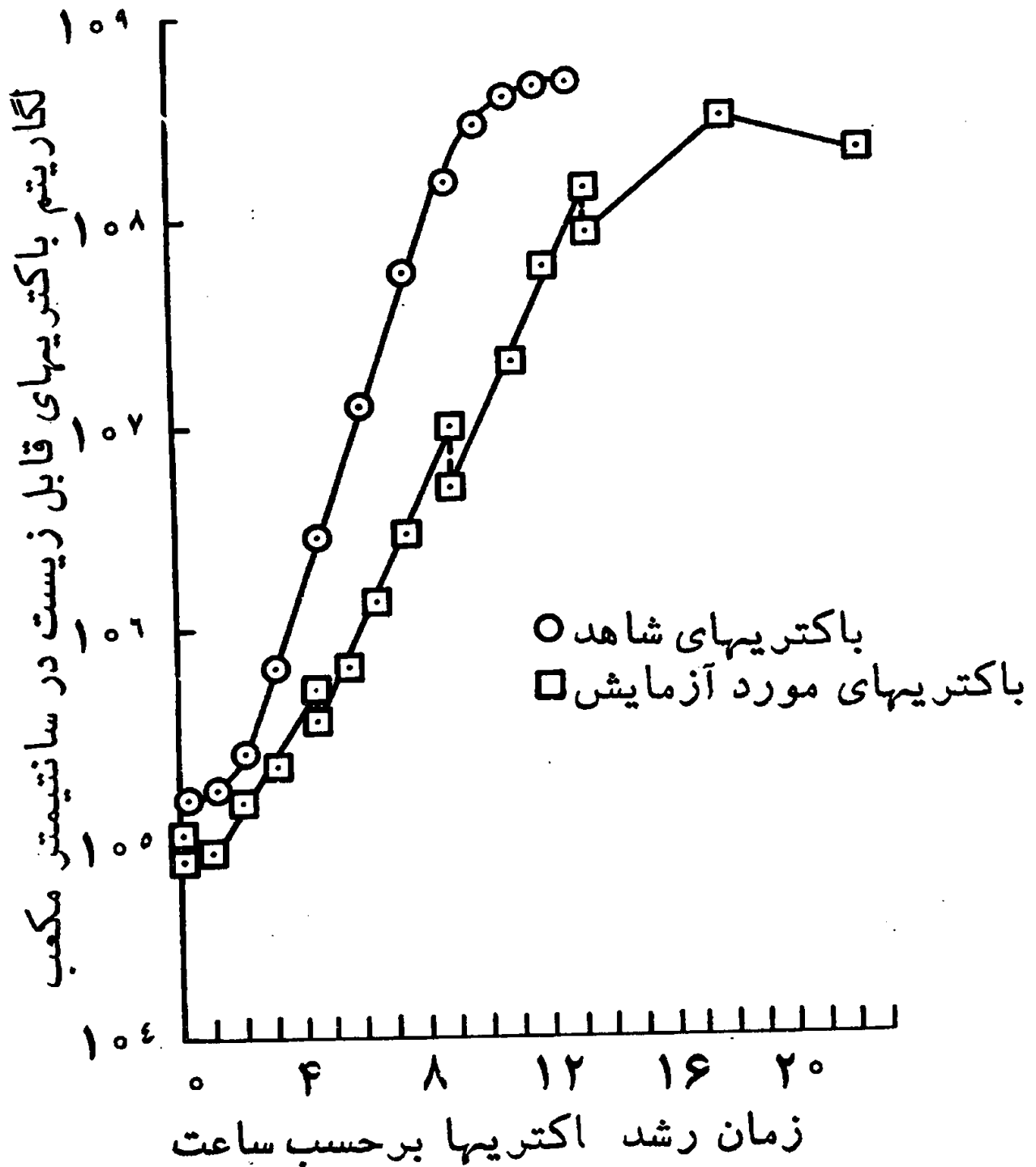
در آزمایشهای جدیدتر، شرایط محیط مریخ را به صورتی دقیقتر

تقلید کرده‌اند و امکان وجود محیط‌های کوچک‌را، که در حال حاضر چیزی دربارهٔ آنها نمی‌دانیم، در نظر گرفتند. در این آزمایش‌ها دمای شبانه را به ۷۵- درجه که سرمای احتمالی طرف شب مریخ حتی در فصل تابستان نواحی استوایی است، رساندند. مدت روز را نیز از هشت ساعت به چهار ساعت و نیم، که مدت دمای فرضی بالاتر از صفر در نواحی استوایی است تقلیل دادند. در این آزمایش‌ها آب را در مریخ به صورت محیط‌های کوچک پراکنده، که همانند چشمه‌های آب گرم زمین است، فرض کردند. از این گذشته فرض این بود که در این محیط کوچک يك منبع غذا هم در دسترس جانداران هست تا بتوانند سوخت و ساز خود را به میزان مناسب ادامه دهند. در چنین موقعیتی امکان این هست که مریخ به وسیلهٔ جانداران زمینی آلوده شود و این جانداران به محیطی که آب و مواد آلی لازم برای سوخت و سازشان در آن فراهم است سرایت کنند. به هر صورت چنین به نظر می‌رسد که جانداران زمینی قاعدتاً می‌توانند در جو مریخ و در انجماد و ذوب متناوب آن زنده بمانند و رشد کنند.

در این آزمایش‌ها جانداران شناخته شده‌ای چون، باکتری **آئروباکتر ائروژنس** (*Aerobacter aerogenens*) **يك پسودو موناد** (*Pseudomonad*) **يك مخمر** و باکتری‌های دیگر به کار بردند. آنها را در شیشه‌های مسدود حاوی محیط غذایی و اتمسفری مرکب از انیدرید کربنیک و نیتروژن جای دادند. شیشه‌ها را در جعبه‌های یخ خشک که

دمای آنها قریب ۷۵- درجه بود قرار دادند. این شیشه‌ها را در هر ۲۴ ساعت به‌طور متناوب به مدت ۱۹٫۵ ساعت درون جعبه‌ها نگه داشتند و ۴٫۵ ساعت در خارج آنها. هنگامی که شیشه‌ها را در مدت روز این دور محیط گردش، یعنی ۴٫۵ ساعت از جعبه خارج می‌کنند با سرعتی به دمای آزمایشگاه می‌رسانند که در مریخ با همان سرعت به همان دما می‌رسد. هر روز یکی دو تا از این شیشه‌ها را بازمی‌کنند و سلولهای زنده را می‌شمرند و پس از پایان مدت روز، که چهار ساعت و نیم است، بقیه شیشه‌ها را به درون جعبه‌های یخ خشك ۷۵- درجه بازمی‌گردانند. چنانکه معلوم شد، این جانداران و نیز جانداران دیگر نه تنها توانستند در چنین انجماد و ذوبی دوام بیاورند بلکه به خوبی رشد کردند و میزان رشد آنها در مدت ذوب، با روز این دور گردش، به اندازه جاندارانی بود که هیچ گاه منجمد نشده بودند. بنا بر این معلوم شد که دست کم بعضی از باکتریها نه تنها توانسته‌اند در این شرایط زنده باقی بمانند بلکه در صورت وجود آب و مواد غذایی، و شرایطی نزدیک به شرایط مریخ، با سرعتی قابل توجه رشد می‌کنند.

آزمایشهای دیگری نیز به منظور تعیین مدت زمانی که در هر روز این دور گردش برای این جانداران لازم است تا به خوبی رشد کنند، انجام گرفته است. در این آزمایشها مدتی که شیشه‌ها را از جعبه یخ خشك خارج می‌کردند به تدریج کوتاهتر کردند، تا آنکه در هر ۲۴ ساعت فقط پانزده دقیقه آنها را در دمای بالای صفر قرار می‌دادند.



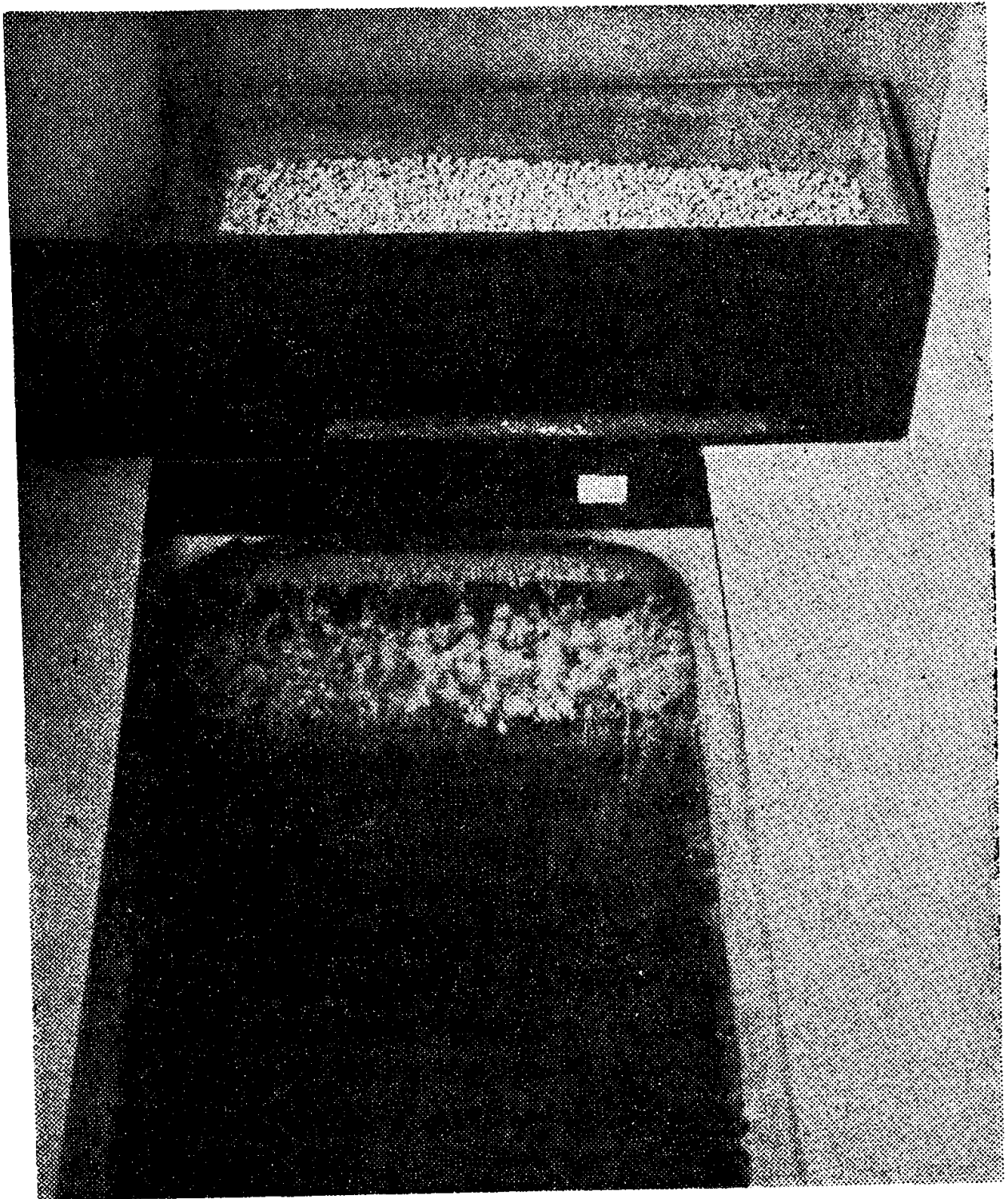
شکل ۳-۳ منحنی رشد آئروباکتر آئروژنس

معلوم شد که حتی در این دما نیز رشد جانداران با سرعت رضایتبخشی صورت می گیرد به طوری که در مدت آزمایش تعداد آنها به ۴۰۰۰ برابر می رسد. اما اگر مدت دمای بالای صفر به پنج دقیقه تقلیل داده می شد

رشد به کلی متوقف می‌گردید.

بدیهی است که این قبیل آزمایشها چیزی در باره وجود یا عدم جاندار در مریخ به ثبوت نمی‌رسانند. اما نشان می‌دهند که هیچ پارامتر فیزیکی شناخته شده محیط مریخ ظاهراً رشد جانداران را متوقف نمی‌کند. برخی از دانشمندان معتقدند که فرض وجود جانداران عالی، اعم از گیاه و حیوان، در مریخ غیر قابل تصور نیست. برای تحقیق اثرات این محیطهای تقلیدی بخصوص بر معدودی از گیاهان عالی، آزمایشهایی انجام گرفته است. هر چند که نتایج حاصل از آنها به اندازه نتایج آزمایشهای روی جانداران میکروسکوپی، امیدبخش نیست، به کلی نومید کننده هم نیست.

گذشته از این نوع آزمایشها، آزمایشگاههای « سازمان ملی هوانوردی و فضایی » واقع در مرکز تحقیق « ام-ز » (Emes) محیطی تقلیدی از مریخ ساخته اند که تدبیر بسیار جالبی از آب درآمده است. در چنین اتاقکهایی می‌توان بخش کاملی از مریخ را تقلید کرد. اتاقی فلزی: که کاملاً از داخل و خارج عایق شده است و دریچه‌ای از کوارتز با ضخامت زیاد دارد، محدوده فیزیکی محیط تقلیدی را تشکیل می‌دهد. اتاقك را کاملاً مسدود می‌کنند هوای داخل آن را خارج می‌کنند تا به فشار اتمسفر مریخ برسد سپس اتمسفری همانند و همفشار اتمسفر مریخ به درون آن می‌دمند. برای کنترل دمای درون اتاقك، نیتروژن مایع از میان يك مبدل حرارتی به يك انتهای آن چنان وارد می‌کنند



شکل ۳-۴ اتاقک تقلیدی مریخ و نمایش کلاهک قطبی در يك انتهای آن که دمای آن انتهارا در حدود ۷۳- درجه سانتیگراد نگه می‌دارند. دمای طرف مقابل را دسته‌ای از لامپهای اشعه زیر قرمز، که از خارج

بدان می تابند و تقلیدی از خورشیدند، در حدود $30^{\circ} +$ درجه، که معادل دمای روز مریخ فرض می شود، نگه می دارند. خاك اتاقك از لیمونیت، که گمان می رود بخش عمده مریخ را تشکیل می دهد، است. در نتیجه کنترل سرعت جریان نیتروژن مایع در يك طرف اتاقك و برقراری موازنه میان طرف سرد آن دز برابر گرمای حاصل از لامپهای واقع در طرفی که در حکم استواست توانستند شیبی حرارتی ایجاد کنند که دارای حداقل و حد اکثر حرارت مریخ است. دمای اتمسفر اتاقك و دمای زیر قشر خاك آن به وسیله زوج ترموالکتریک ثبت می شود تا گزارش مداومی از تغییرات دما به دست آید. برای آنکه مقدار بخار آب درون اتاقك را کم کنند اتمسفر مریخی خشکی را، که بخار آب آن به کمی بخار آب اتمسفر مریخ است، درون آن به گردش می اندازند.

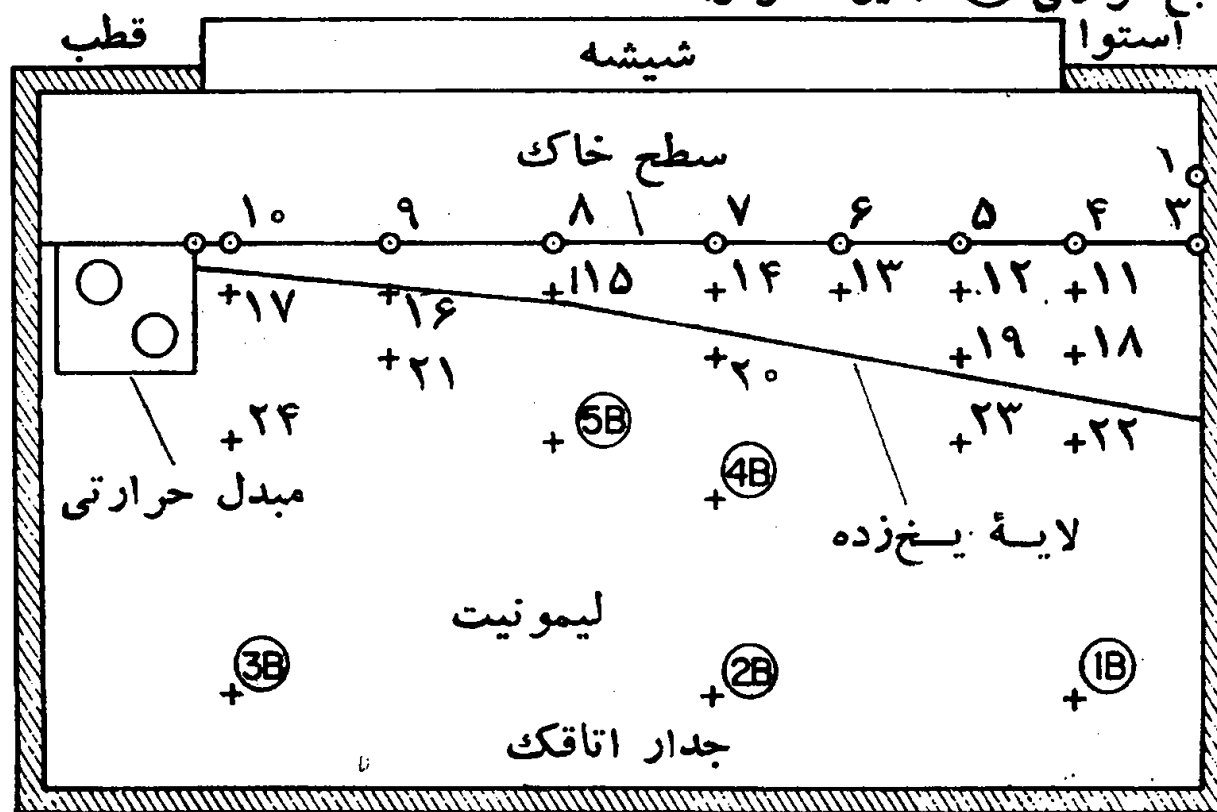
هنگامی که چنین اتاقکی ضمن گذراندن دور گردش شبانه روزی و گردش فصلی مریخ به حالت تعادل می افتد. چیزهای جالبی در آن پدید می آید. نخست آنکه در قطب اتاقك يك کلاهك قطبی تشکیل می شود که تقلید آشکاری از کلاهك قطبی مریخ است. از این گذشته معلوم شد که در زیر سطح داخلی اتاقك که رطوبت در آنجا زیاد است يك لایه یخزده دایمی وجود دارد. احتمال دارد که چنین لایه یخ دایمی در مریخ وجود داشته باشد زیرا این سیاره بسیار سردتر از زمین است. با وجود لایه یخزده دایمی در زمین که محدود به نواحی قطبی است می-

توان پذیرفت که چنین لایه‌ای در مریخ از قطب تا استوا گسترده باشد. قبول وجود لایه یخزده دایمی در مریخ منشأ این احتمال می‌شود که در مریخ آب نسبتاً زیاد است و نمی‌توان با اندازه گرفتن بخار آب اتمسفر به وجود آن پی برد. برای اینکه درباره امکاناتی که لایه یخزده دایمی فراهم می‌سازد تحقیق نظری بیشتری انجام شود، کافی است مناطق محدود دارای فعالیت‌های «زمین گرمایی» (Geothermal) را که در آنجاها حرارت از مرکز سیاره از خلال لایه یخزده دایمی به خارج رانده می‌شود و یخ را آب می‌کند و در مریخ چیزی معادل چشمه آب گرم یا واحه در زمین به وجود می‌آورد، در نظر بگیریم.

از مطالعات آزمایشی یاد شده می‌توان بی‌درنگ نتیجه گرفت که هر چند مدرکی برای وجود حیات در مریخ نیست ولی قرائنی که بر وجود آن دلالت دارند بسیار جالب و گویا هستند. تغییرات گوناگونی را که اخترشناسان بر سطح مریخ مشاهده می‌کنند، اعم از تغییرات فصلی یا شبانه‌روزی، می‌توان به راه‌های مختلف توجیه کرد، اما توجیهی که از همه قانع کننده‌تر و مناسب‌تر است، فرایندهای حیاتی به حساب آوردن آنهاست. با توجه به این نکته، مسئله آلوده شدن مریخ، یا امکان آلوده شدن آن به وسیله جانداران زمینی، که با وسایل تحقیقی سیاره‌ما، بدانجا برده می‌شوند خود خطری واقعی است. تا زمانی که امکان پیدایش حیات در مریخ هست و مادام که دلایلی، مبنی بر قدرت بقا و رشد جانداران زمینی بر سطح مریخ در دست هست باید احتیاط

نیمرخ طولی اتاقك تقلیدی مریخ

منبع حرارتی (زیر قرمز) $\odot$



شکل ۳-۵ نمودار دستگاه تقلیدی مریخ که خط مربوط به لایه یخ زده دایمی و وضع زوج ترموالکتریک را نشان می دهد

بسیار به عمل آوریم که زیست شناسی این سیاره به وسیله جانداران مهاجم زمینی آلوده یا معدوم نگردد.

برای انجام این امر مهم، برنامه های وسیعی به منظور سترون کردن سفینه های فضایی در سازمان ملی هوا نوردی و فضایی در جریان است. باید اطمینان حاصل کرد که همه اجزای ساختمانی و الکترونی که به کره مریخ برخورد می کنند، عاری از جاندار قابل زیست باشد. بدیهی است که برای معدوم ساختن باکتریها به تکنیکهای آزمایشگاهی

گوناگون دست می‌زنند. اما متأسفانه بسیاری از این تکنیکهای استاندارد، برای سفینه‌های فضایی مناسب نیستند. زیرشرایط «اتوکلاو» (Autoclave) یعنی گرمای مرطوب با فشار زیاد، به بسیاری از دستگاههای الکترونی آنها آسیب می‌رساند. بنابراین باید در انتخاب تکنیک سترون کردن دقت شود تا با اجزای سفینه‌ای که منظور سترون کردن آن است سازگار باشد. قراردادن سفینه و اجزای تشکیل دهنده آن به مدت ۳۶ ساعت یا بیشتر تا نزدیک $+135$ حرارت خشک، ظاهراً بیشتر هاگهای باکتریها و قارچها را معدوم می‌کند ولی به بیشتر اجزای سفینه آسیب نمی‌رساند. اجزایی از سفینه که در برابر این تکنیک استقامت ندارند باید در شرایط دیگری سترون گردند، تاهنگامی که که در ساختمان سفینه وارد می‌شوند فاقد باکتری باشند.

چنانچه از عهده سترون کردن سفینه‌های فضایی، که برای فرود بر مریخ می‌فرستیم بر نیایم امکان دارد فاجعه‌ای زیستی به بار آوریم. مثلاً اگر يك کولونی باکتری قابل زیست اتفاقاً بر سطح مریخ فرود آید امکان دارد که باکتریها بتوانند در شرایط مریخ، اگر آب موجود باشد، به سرعت سازگار شوند و به خوبی رشد کنند. اگر چنین پیش آید، پس قدرت رشد در طبیعت صورتی قابل انفجار پیدا خواهد کرد. این رویداد غالباً هنگامی روی زمین رخ می‌دهد که جاننداری وارد محیط جدیدی شود. اگر، چنانکه در سطح زمین دیده‌ایم، جاندار در محیط جدید، دشمنان طبیعی نداشته باشد، امکان دارد که با سرعتی زیاد در آن

منتشر شود و حیات بومی را معدوم سازد. مانند آنکه وقتی چمن مرتبی را به حال خود رها کنند، مورد اشغال علفهای هرزه قرار خواهند گرفت. نه تنها احتمال وقوع چنین رویدادی در مریخ هست، بلکه وقوع آن **حتمی** است، زیرا به احتمال قوی جاندارانی زمینی که می توانند در شرایط مریخ رشد کنند در آنجا دشمنان طبیعی معدود یا هیچ خواهند داشت. پس بالامانع رشد خواهند کرد و هرچه جاندار بومی مریخی است از میان خواهند برو و بدین ترتیب مریخ را از نظر مطالعات زیست شناسی بعدی بی استفاده خواهند ساخت. حاصل آنکه موقعیت منحصر به فردی را که برای تحقیق در «عمومیت اصل حیات» در منظومه شمسی داریم از دست خواهیم داد. گفتن ندارد که برای جلوگیری از وقوع چنین فاجعه‌ای باید همه گونه احتیاط به عمل آید.

فصل چهارم

تشخیص حیات

اکنون که بعضی از امکانات وجود حیات را در مریخ از نظر گذرانندیم، لازم است به مسئله تشخیص آن نیز، چنانچه وجود داشته باشد، پردازیم. برای این منظور باید وسایلی طرح ریزی و ساخته شوند که در سفرهای طولانی (چندین ماهه) فضایی به سوی مریخ سالم بمانند و به مجرد رسیدن به مقصد شروع به کار کنند. این گونه وسایل باید خودکار نیز باشند، زیرا امکان دارد که مدتها پیش از آنکه تکنولوژی به انسان اجازه چنین سفرهای دور و طویل المده بدهد، باید با سفینه های بدون سرنشین بتوان به مریخ دست یافت. امکان محول ساختن مأموریت های ابتدایی تشخیص حیات در مریخ به آدمی مورد تردید است. «اضافه باری» چون غذا، آب، و هوا، که برای زنده و فعال نگه داشتن يك فرد آدمی لازم است به قدری زیاد است که وزن کپسولی که برای بردن وی مورد نیاز است، بیشتر از ظرفیت موشک های ابتدایی خواهد

بود. و حال آنکه از وزنی به همین اندازه یا کمتر از آن می توان برای فرستادن وسایل خود کار آزمایشهای تحقیق در سطوح مریخ، که احتمالاً به اندازه انسان یا بیشتر از او کسب اطلاع می کنند، به نحوی موثرتر استفاده کرد. از آنجا که مشکلات تکنولوژی پرواز به مریخ، یا هر سیاره دیگر، فراوان و هزینه آن بسیار سنگین است باید از درستی طرح این آزمایشها و اینکه نتایج حاصل از آنها به صورتی قابل استفاده به زمین مخابره می شوند، اطمینان کامل حاصل کرد. سفرهای یکسره فضایی زودتر از سفرهای دوسره میسر خواهند گشت. زیرا نیرو و وزن لازم برای رفت و بازگشت سفینه ها بسیار زیادتر است. (این دلیل روشن دیگری بر آن است که سفینه های بدون سرنشین الزاماً پیش از سفینه های سرنشین دار به کار خواهند رفت.) بنا بر این احتمال دارد که بتوانیم زودتر از زمانی که بتوانیم سفینه های سرنشین دار به مریخ بفرستیم، نمونه ای از سطح آن به زمین بیاوریم.

مسئله تشخیص حیات کیهانی منحصراً مسئله ای علمی نیست بلکه مسئله ای فنی نیز هست، زیرا را کتی که برای این منظور ساخته می شود باید بتواند با کپسولهای نسبتاً سنگینی از مدار زمین خارج شود و آنها را به مریخ برساند و بدون آنکه آسیب ببیند وارد اتمسفر آن گردد و سفینه ای را که به همراه دارد طوری بر سطح مریخ بگذارد که سفینه بتواند مانند يك افزار علمی دقیق کار کند. بدیهی است که با در نظر گرفتن بعد مسافت و دقت کار آمدهی برای کار را کت، مسئله ساده ای

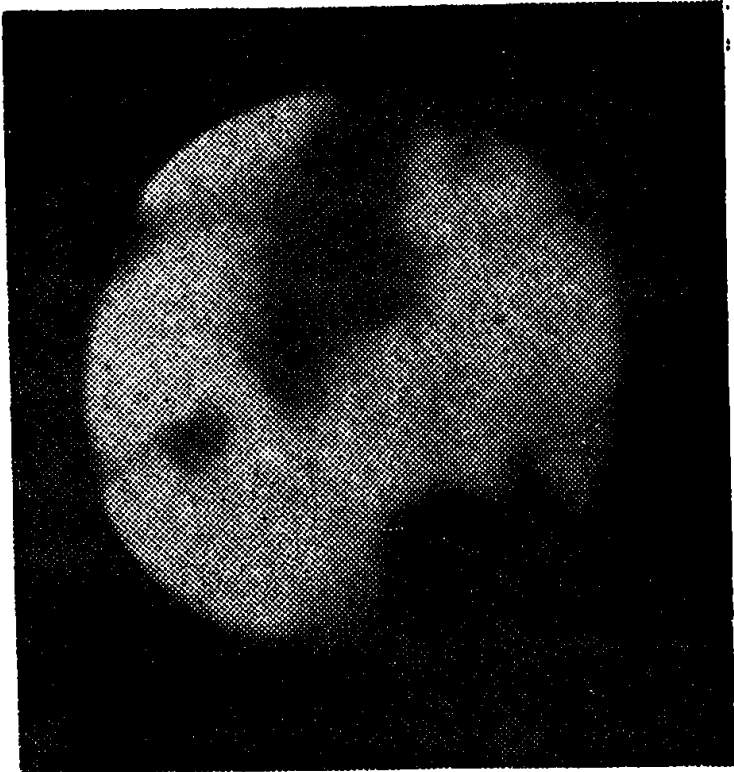
نیست. مدت طولانی پرواز در فضا نیز ایجاب می کند که افزارهایی که در این آزمایش به کار می روند بتوانند چنین مدتی را بدون رسیدگی سالم بمانند و پس از دریافت علامتی، ناگهان و با دقت و بدون انحراف شروع به کار کنند. شك نیست که تعمیرکننده‌ای در مریخ نیست و به خوبی می دانیم که اگر اتوموبیل خود را مدتی دراز در گاراژ به حال خود رها کنیم چه بر سر آن خواهد آمد.

به هر حال پیش از آنکه این چیزها روی بدهد باید به سؤالهای اساسی تری پاسخ بگوییم. باید معلوم داریم که چه چیزهایی را باید به عنوان نشانه حیات در مریخ بپذیریم. زیرا، چنانکه دیده ایم، همه دانشمندان بر سر اینکه چه موجودی زنده است و چه چیز غیر زنده، اتفاق نظر ندارند. نیز باید معلوم داریم که برجسته ترین خاصه های حیات را چگونه تشخیص دهیم. این مسائل بسیار پیچیده هستند و در این کتاب فقط بسیار سطحی مورد مطالعه قرار گرفته اند. نیز باید به نحوی اطمینان حاصل کنیم که جاندارانی را که در مریخ تشخیص می دهیم با سفینه های فضایی از زمین بدانجا برده نشده باشند. بنابراین لازم است برای سترون کردن سفینه های فضایی و تمام افزارهایی که در این پروازها به کار می روند راههایی پیدا کنیم و این راهها باید چنان باشند که در عین مؤثر بودن برای سفینه و افزارهای مورد نظر زیان آور نباشند تا بر احتمال خطای آنها نیفزایند. بدیهی است برای اینکه آزمایشهای روی مریخ در شرایط خوب انجام گیرند، اشخاص بسیار

باید سالها وقت خود را صرف آماده ساختن آنها و تمرین با آنها بکنند.

اشکال دیگر این است که به طور قطع باید معلوم شود که پس از رسیدن بدانجا چه کاری باید کرد؟ از چه راهی می توان از وجود حیات در مریخ (یا هر سیاره دیگری) اطمینان قطعی حاصل کرد؟ به فرض آنکه حیات در مریخ از مرحله میکروب فراتر نرفته باشد، اگر افزایش مناسبی برای تشخیص آن فرستیم هرگز آن را کشف نخواهیم کرد. واقع امر این است که امکان دارد مراحل بسیاری از تکامل شیمیایی و زیستی موجود باشد که باید مورد توجه قرار گیرد. چهار یا پنج میلیارد سال از عمر زمین می گذرد و حیات در بیش از نصف این مدت موجود بوده است. عالی ترین جاندار یعنی انسان، فقط در دوره کوتاهی از تکامل وجود داشته است. پیشرفت تکامل حیات در هر سیاره ای، الزاماً با خاصه های سیاره متناسب است. از آنجا که حتی دوسیاره با خاصه های نظیر یافت نمی شوند باید بپذیریم که یافتن حیات در اجرام کیهانی دیگر، درست در مرحله تکامل زمینی آن، غیر محتمل است. بنا بر این باید آماده تحقیق بسیاری از امکانات باشیم. مثلاً معلوم بداریم که :

۱- منحصرأ تکامل شیمیایی واقع شده است، به طوری که بسیاری از مولکولهای حیاتی (اسیدهای آمینه، قند، اسیدهای چرب یا شاید پروتئینها، هیدراتهای کربن و چربیها) بر مریخ گرد آمده اما هنوز



آیا در مریخ حیات هست؟
و اگر باشد آیا مانند جانداران
زمینی است؟

آیا در مریخ آب وجود دارد؟

اتمسفر آن به چه می ماند؟

آیا آدمی می تواند در مریخ
زندگی کند؟

شکل ۱-۴ کاوش در مریخ (ناسا)

نخستین سلول «زنده» که قادر به همانند سازی و سوخت و ساز باشد یا به
عرصه وجود نهاده است؛

۲- ساده ترین جانداران به وجود آمده اند، به طوری که بعضی
از انواع میکروبها که شبیه باکتریها و قارچهای روی زمین اند
موجودند؛

۳- تکامل شیمیایی به وقوع پیوسته و مواد مرکبی که در اساس
نظیر مواد مرکب روی زمین اند، ساخته شده اند، اما اندکی با آنها
تفاوت دارند. به عبارت دیگر، شیمیای براساس کربن وجود دارد
ولی مثلاً اسیدهای آمینه ای که ساخته شده اند نظیر اسیدهای آمینه ای
نیستند که در سلولهای زمینی موجودند. نیز ممکن است شیمی سیاره

مریخ با شیمی زمین تفاوت کامل داشته باشد، یعنی شیمی‌ای بر مبنای کربن نباشد بلکه مبنای آن عنصر دیگری مثلاً سیلیسیوم باشد. ولی امکان اینکه شیمی سیلیسیوم جانشین کربن باشد بسیار کم است زیرا واجد خواص فیزیکی و شیمیایی کربن، که مولکول کربندار را این چنین انعطاف‌پذیر ساخته است، نیست.

۴- انواع پیچیده‌تر جانداران مثلاً گیاهان ساده یا حشرات به وجود آمده‌اند و در اساس به گیاهان یا حشرات زمینی شباهت دارند. اما موجودات هوشمند یا به‌عرصه وجود ننهاده‌اند.

۵- موجوداتی هوشمند، اعم از آنکه از موجودات زمینی یا هوشتر باشند یا کم‌هوشتر، به وجود آمده‌اند.

۶- ممکن است حیات ظهور کرده و در یکی از مراحل نامبرده بالا منقرض شده باشد، به طوری که جز آثار فسیل شده برای مطالعه بر جای نمانده باشد.

۷- امکان دارد که هیچ‌گونه ملاکی برای وجود حیات یافت نشود، و ممکن است در خارج از زمین حیات وجود نداشته باشد. اثبات هر يك از شش مورد اول خود، يك اکتشاف علمی بسیار مهم است زیرا تا حدودی و شاید هم به مقدار زیاد، مسئله منشأ و تکامل حیات را روشن خواهد ساخت و به تحقیق، مهمترین اکتشاف علمی قرن حاضر خواهد بود، و جا دارد که کوششهای فراوانی در راه آن مبذول گردد. از سوی دیگر اثبات هفتمین امکان، یعنی نبودن

حیات در مریخ، مسئله حیات کیهانی یا منشأ حیات را حل نخواهد کرد و بدان معنی خواهد بود که باید به تحقیق بیشتری پردازیم.

چگونه باید در جستجوی حیات مریخی باشیم؟ در جستجوی چه باید باشیم؟ چه مدار کی به نظر ما قطعی خواهند آمد؟ بدیهی است اگر آدمیانی را به صورت آدمیانی که می‌شناسیم پیدا کنیم دیگرشکی باقی نخواهد ماند، ولی این احتمال به قدری کم است که به عنوان اندیشه‌ای محال، از آن صرف‌نظر می‌شود. اگر به فرض درخت یا جانوری بزرگ در مریخ پیدا کنیم دلیل بسیار قاطعی برای وجود حیات خواهد بود، اما به علت شرایط سخت محیط مریخ این نیز یک امکان واقعی به شمار نمی‌آید. ظاهراً بهترین راه آن است که هرچه بیشتر به مراتب اولیه‌تر تکامل بازگردیم و در جستجوی ساده‌ترین جانداران، یا واحدهای شیمیایی ساختمان حیات که هم پیش از پیدایش حیات، و هم همزمان با وجود آن و حتی در فسیلهای جانداران وجود داشته و دارند باشیم. از این رو تشخیص هویت مواد آلی مخصوص شاید مفیدترین تشخیصی باشد که می‌توانیم در مریخ به عمل آوریم. مثلاً اگر در ضمن یک تجزیه شیمیایی به مقدار قابل توجهی پروتئین یا DNA پی‌بریم، چنین کشفی برای امکان وجود حیات بسیار گویا خواهد بود. اما نباید از نظر دور داشت که یافتن این مواد دلیل مطمئنی بر وجود حیات نیست زیرا می‌دانیم که حتی مولکولهای بسیار پیچیده را می‌توان در شرایط مخصوص، در غیاب حیات ساخت. بنابراین

گرچه امکان دارد که فقط از راه آزمایشهای تشخیص هویت شیمیایی نتایجی حاصل شود، اما معلوم نیست که نتایج حاصل راه حل احتمالی مسئله تشخیص حیات باشند.

بعضی از تکنیکهای تشخیص حیات

رشد	سوخت و ساز	شیمی
چگالی نوری	تغییرات pH	پروتئین
پراکنده سازی نور	تولید کردن گاز	آنزیم
الگوهای تصویر	مصرف کردن گاز	DNA
	مصرف کردن زمینه	لیپید
کالوریمتری		

برای تشخیص حیات می توان از معیاری دیگر آن، که بعضی از آنها قاطعتر از تجزیه شیمیایی هستند، استفاده کرد. یکی از خاصه های سلول زنده، چنانکه می دانیم، تقسیم و رشد است. اگر توانستیم وجود ذراتی را، که قابلیت تقسیم و رشد دارند، در خاک مریخ به اثبات برسانیم نشانه مستقیمی از وجود حیات خواهد بود. برای این منظور باید آزمایشی بدین صورت انجام بدهیم که، نمونه ای از خاک سطح مریخ را که فرض می شود واجد جاندار است در محیط کشت مناسبی وارد کنیم و آن را در دستگاه کشت میکروب جای دهیم. سپس به کمک راههایی مانند شمردن یا وزن کردن سلولها یا با وسایلی که میزان کدر

شدن محیط کشت، یا چگالی نوری آن، را تشخیص می‌دهند، رشد سلول‌ها را تعیین کنیم. اشکال این تکنیک در آن است که نمی‌دانیم چه نوع محیط کشتی باید برای باکتریهای مریخی فراهم کنیم. زیرا باکتریهای زمینی نیز برای رشد خود به مواد آلی نیاز ندارند بلکه انرژی مورد احتیاج خود را از تجزیهٔ مواد غیر آلی مانند املاح آهن، هیدروژن سولفور، و حتی از آمونیاک به دست می‌آورند. بعضی از جانداران مواد آلی مورد نیاز را خود با استفاده از انرژی خورشید (به طریق فتوسنتز) می‌سازند. از نظر به دست آوردن مادهٔ زمینهٔ رشد در مریخ نیز باید امکانات متفاوت موجود باشد. بنابراین اگر بر حسب تصادف ماده‌ای غذایی که انتخاب کرده‌ایم همان باشد که مورد استفاده باکتریهای مریخی است واقعاً شگفت‌انگیز و جالبی خواهد بود. اشکال دیگر این است که نمی‌دانیم چه دمایی برای کشت باکتریهای مریخی مناسب است. حتی تعیین مقدار آب محیط کشت مسئله‌ای دشوار است. اگر مقدار آب مریخ به همان کمی باشد که می‌پنداریم، جانداران مریخی می‌بایست بدون وجود آب مایع فراوان به عرصه رسیده باشند. بنابراین محیط کشت مناسب جانداران زمینی، یعنی مواد غذایی محلول در آب، ممکن است برای باکتریهای مریخی مرگ‌آور باشد، یعنی ممکن است در آن «غرق» شوند. بسیاری از باکتری‌ها مواد غذایی مورد نیاز خود را با دقت انتخاب می‌کنند و این خصوصیت نیز حاصل تکامل است. چنانکه در طبیعت می‌بینیم جانداران میکروسکوپی

هر منطقه‌ای معین در جهت مخصوصی تغییر یافته‌اند. علت آن است که طبیعت جانداران واجد خاصه‌های مشترك و مناسب برای بقا در در محیط معین را انتخاب می‌کند. بدین ترتیب ممکن است جاندار يك منطقه به قدری نسبت به عوامل محیط زیست آن تخصص یافته باشد که برای زیست در محیط دیگر اساساً نامناسب باشد. مثلاً باکتری‌ها قارچ‌ها یا جلبک‌های آب دریا ممکن است به قارچ‌ها جلبک‌ها و باکتری‌های رودخانه‌ها یا بر که‌های آب شیرین شباهت بسیار داشته باشند و ساختمان شیمیایی آنها از نظر کلی همانند باشد، اما هیچ يك نتواند در محیط زیست دیگری زندگی کند. اگر چنین امری پیش آمده باشد رشد يك جاندار مریخی در محیط کشتی که برای جاندار نمونه زمینی مناسب است دشوار می‌شود. برای موفقیت در چنین آزمایشی باید چندین محیط کشت متفاوت فراهم شود، به این امید که شاید یکی از آنها مناسب از آب در آید. بدیهی است اگر چنین آزمایش‌هایی به نتیجه برسند نتایج آنها بسیار قاطعتر از تجزیه‌های شیمیایی خواهند بود.

حیات خاصه‌های دیگری نیز دارد که برای پی بردن به وجود آن از آن خاصه‌ها می‌توان استفاده کرد. تشخیص هویت يك یا چند آنزیم نشانه خوبی از وجود حیات است. آنزیم‌ها پروتئین‌ها هستند که نقش بخصوصی در فعالیتهای سلولی ایفا می‌کنند. در همه سلول‌ها آنزیم هست اما آنزیم‌هایی هستند که تقریباً در همه سلول‌ها یافت می‌شوند. گمان نمی‌رود که آنزیم‌ها، دست کم مقدار زیادی از آنها، در غیاب

حیات ساخته شوند. حتی در خاکی که زمانی واجد باکتری بوده است مدت‌ها پس از مرگ باکتریها آثاری از آنزیم یافت می‌شود. بنابراین اگر نتوانیم محیط کشت مناسبی برای تولید مثل جانداران مریخی فراهم کنیم. این امکان هست که بتوانیم يك یا چند مراحل خاص زیست شیمیایی فرایند سوخت و ساز آنها را بدون آنکه رشدی روی دهد و حتی درغیاب خود جاندار تشخیص دهیم. کافی است که آنزیمی (مثلاً فسفاتاز) را که در طبیعت فراوان است انتخاب کنیم و ماده زمینه مناسبی، به این امید که فسفاتاز به همان گونه که در زمین فراوان است در مریخ نیز فراوان است، برای آن در دستگاه تشخیص حیات فراهم کنیم. متأسفانه در این فرایند نیز با بسیاری از مشکلاتی که در تکنیک تشخیص رشد داشتیم روبه‌رو هستیم. زیرا شرایط عمل آنزیمها نیز بسیار اختصاصی است و ممکن است آنزیمهای جانداران مریخی به‌کلی با آنزیمهایی که می‌شناسیم تفاوت داشته باشند. آنزیمهای نوعی جاندار ممکن است منحصراً در محیطی فعالیت کنند که آن محیط آنزیمهای نوع دیگر جاندار را متلاشی سازد. مثلاً بعضی باکتریها در آبهای زندگی می‌کنند که تراکم نمک در آنها بسیار است (مانند دریاچهٔ رضائیه) و آنزیمهای این باکتریها فقط در تراکم نسبتاً زیاد نمک فعالیت کنند. همین آنزیمها در باکتریهای دیگری که در برکه‌های آب شیرین زندگی می‌کنند، در چنین تراکمی از نمک، فوراً متلاشی می‌شوند. معلوم نیست که دقیقاً چه کار باید کرد و احتمالاً باید به وسایل

گوناگون توسل جست. همین استدلال درمورد بقیه عوامل محیط صدق می کند. چنانکه بعضی از باکتریها فقط دردمای زیاد رشد می کنند. مثلاً بعضی از باکتریها در دمایی نزدیک به آب جوش زندگی می کنند و حال آنکه بعضی دیگر بهدمای کم نیاز دارند و دردمای زیاد فوراً کشته می شوند.

تکنیک دیگر این است که فرآورده های نهایی سوخت و ساز را تشخیص دهند. همه جانداران در ضمن فرایند رشد الزاماً موادی را به کار می برند و مواد زاید حاصل را دفع می کنند. سلولها عموماً فرآورده های زاید گازی دفع می کنند. یکی از این گازهای معروف انیدرید کربنیک است. بیشتر باکتریها، همانند آدمی و بسیاری از جانداران دیگر، در ضمن فرایند تنفس پیوسته انیدرید کربنیک دفع می کنند. چنانچه به محیط کشت مناسبی باکتری بیفزایند، در نتیجه رشد باکتریها و افزایش تعداد آنها میزان دفع انیدرید کربنیک بالا می رود. پیدایش انیدرید کربنیک را می توان به راههای متعدد اندازه گرفت و خود نشانه بارز وجود حیات است.

برای مطالعه و تشخیص سلولها غالباً از میکروسکوپ در آزمایشگاه استفاده می شود. سلولها، چنانکه دیدیم اجزای معینی (چون غشا، هسته و غیره) دارند که آنها را به هم شبیه و قابل تشخیص می سازد. میکروسکوپ در مریخ نیز افزار مفیدی خواهد بود. اما اشکال در این است که باید جانداران را از خاک جدا کرد تا به طور

وضوح دیده شوند.

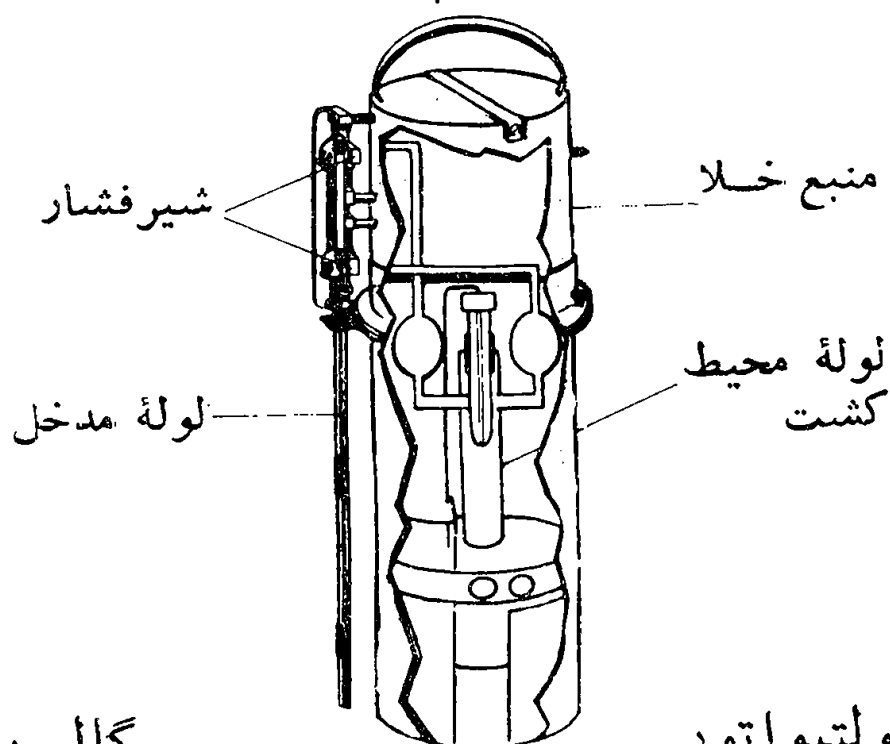
با تکنیکهای دیگر نیز می‌توان حیات را تشخیص داد. روش آرمانی این است که نمونه‌ای از خاک مریخ آورده شود و با فراغ خاطر با تکنیکهایی که در اختیار داریم مطالعه گردد. اما از آنجا که هنوز مسئله بازگشت وسایل فضایی از مریخ دور از امکانات موجود است، در بر نامه‌های کنونی تشخیص حیات در مریخ باید سفره‌های يك-سره را مورد توجه قرار داد.

اکنون بعضی از تدابیر آزمایشی را، که از طرف سازمان ملی هوانوردی و فضایی برای سفرهای اولیه مریخ در نظر گرفته شده‌اند (که احتمالاً در ظرف چند سال آینده صورت خواهند گرفت) مطالعه می‌کنیم. چنانکه خواهید دید همه این وسایل با این فرض که جانداران میکروسکوپی مریخ همانند جانداران زمینی‌اند به منظور جستجوی آنان طراحی شده‌اند.

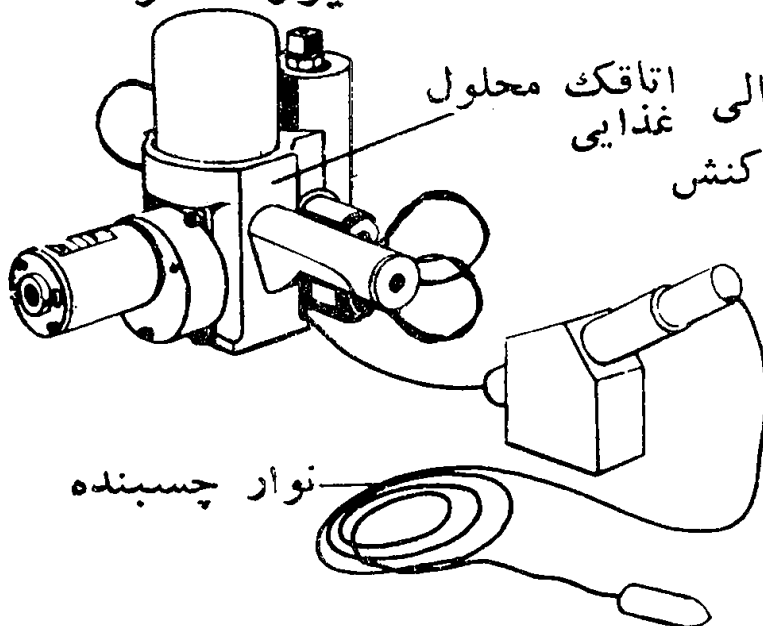
یکی از وسایل تشخیص حیات، که دکتر وولف ویشنیاک (W. Vishniac) از دانشگاه روچستر طرح آن را ریخته است، «دام وولف» نام دارد. این وسیله برای تشخیص جانداران میکروسکوپی در نظر گرفته شده است. طرح آن در اساس بسیار ساده و بدین صورت است که به محلولی غذایی کمی از خاک مریخ می‌افزایند. این مواد غذایی چنان انتخاب شده‌اند که رشد بسیاری از جانداران میکروسکوپی را تأمین کنند. تولید مثل و رشد این جانداران در آن محیط غذایی

دو گونه تغییر مشخص به بار می آورد. یکی آنکه افزایش تعداد جانداران، محلول را بسیار کدر می کند. دیگر آنکه مواد دفعی حاصل از سوخت و ساز جانداران که در محلول می ریزد. درجهٔ اسیدی آن

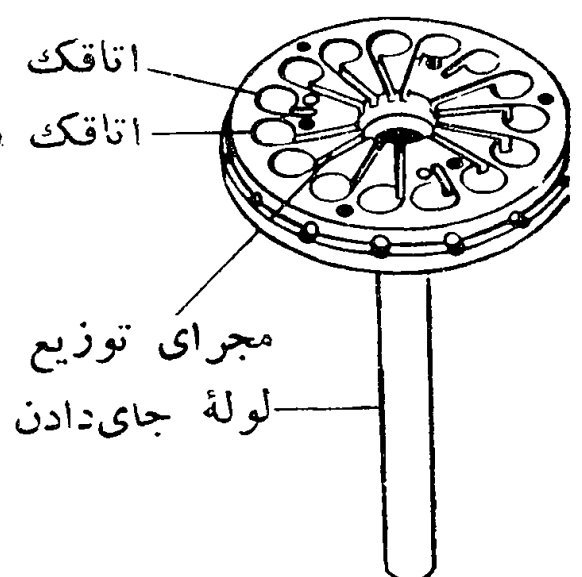
دام وولف



گالیور شماره ۲

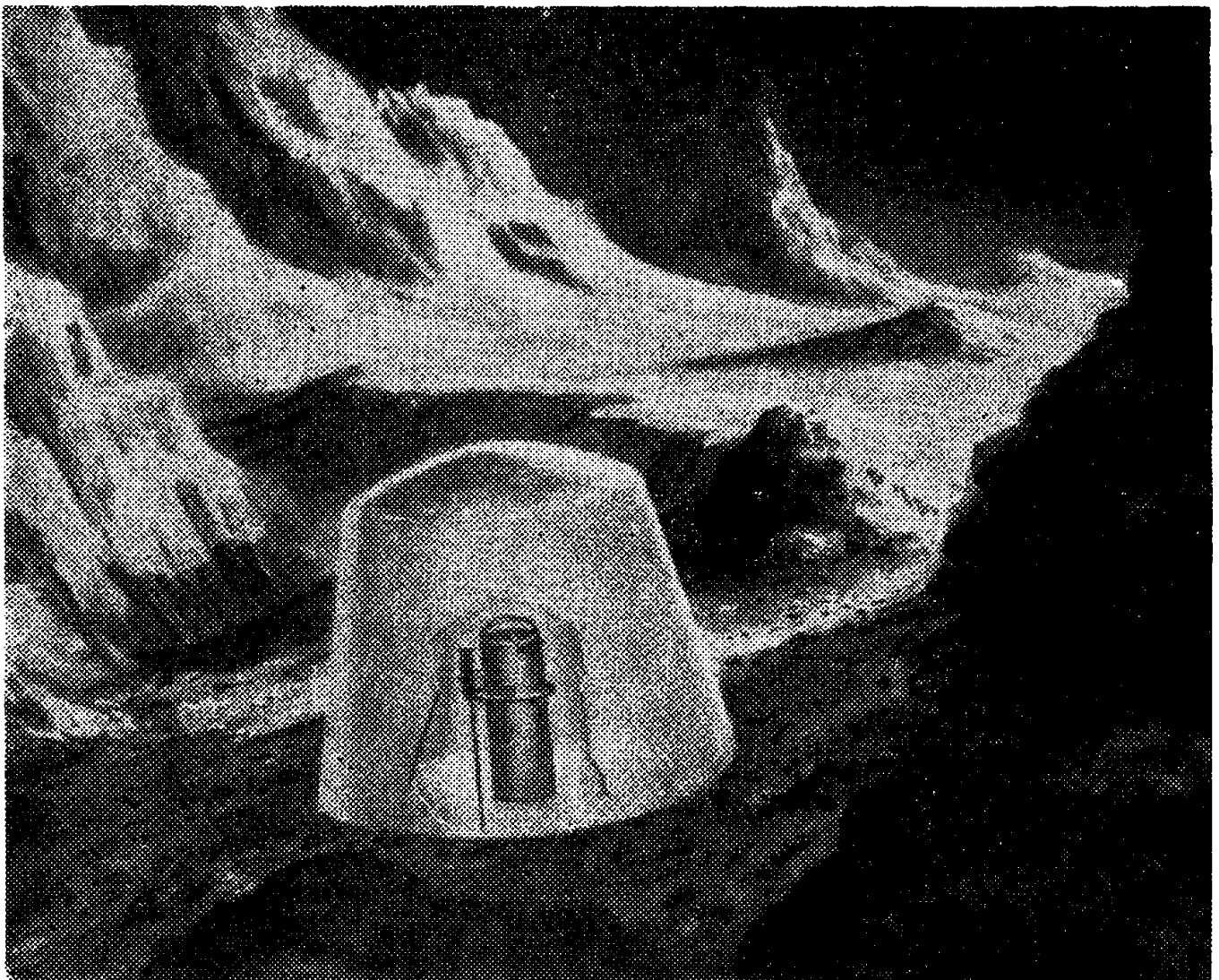


مولتیواتور



تصویر ۲-۴ دستگاه تشخیص حیات (ناسا)

را تغییر می‌دهد. هر دو تغییر به آسانی قابل تشخیص است. بدین معنی که سلولی فوتوالکتریک تغییرات بسیار جزئی کدر شدن محلول را نشان می‌دهد و الکترودهایی تغییرات درجهٔ اسیدی آن را اندازه می‌گیرند. سپس این اطلاعات به فرستنده‌ای خودکار منتقل می‌شود تا به زمین‌مخابره گردد.

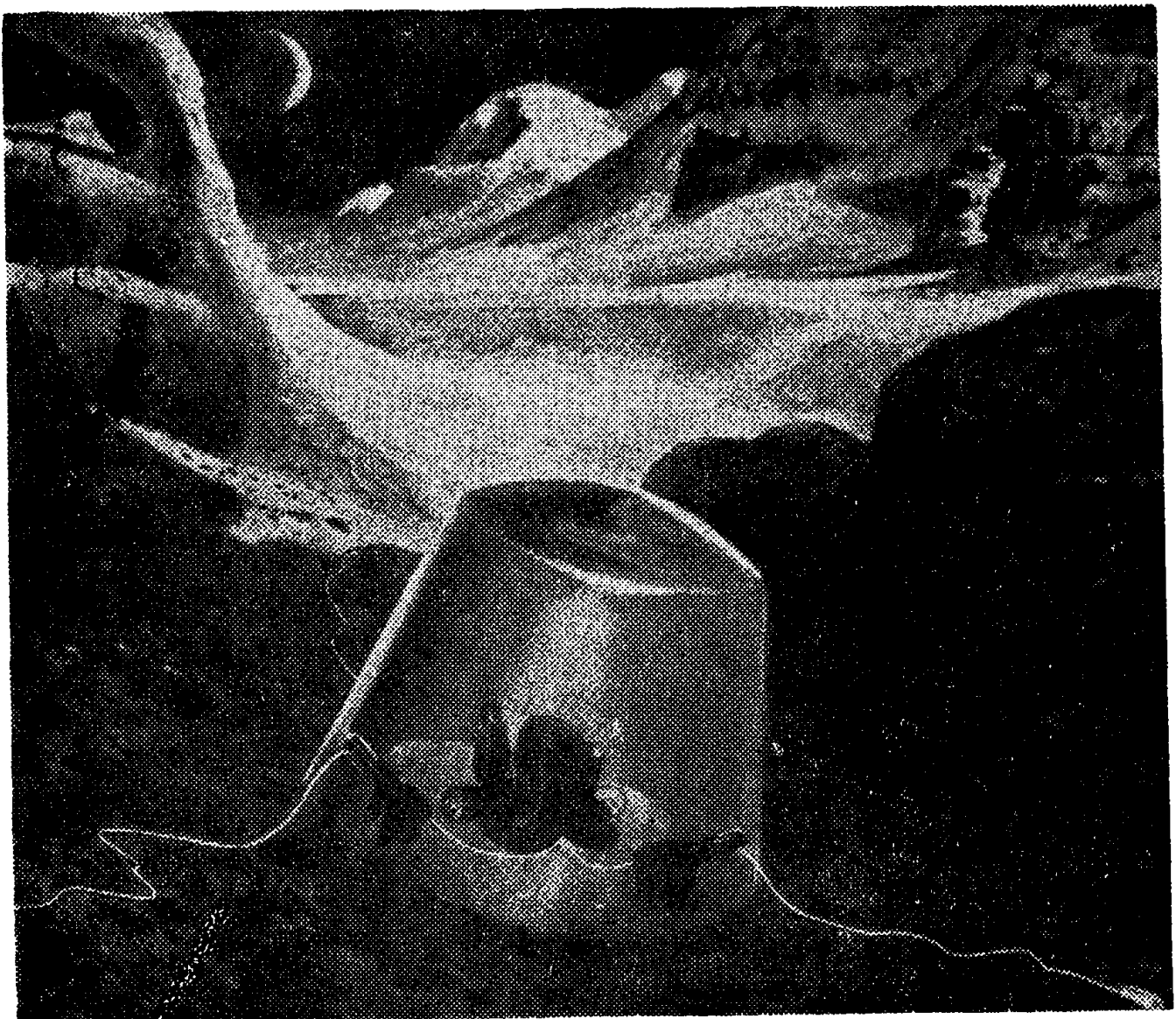


شکل ۳-۴ دام وولف (ناسا)

وسیلهٔ دیگر تشخیص حیات که به وسیلهٔ دکتر جی لوین

(G. Levin) برای سازمان ملی هوا و نوردی و فضایی طرح ریزی شده است

گالیور (Gulliver) نام دارد. طرح این وسیله چنان است که بر سطح مریخ فرود می آید و ریسمانهای دراز و چسبنده ای را به سرعت روی آن پرتاب می کند. سپس این ریسمانها را به کندی جمع می کند و به درون افزاری که تقریباً هشت سانتیمتر ارتفاع دارد می کشد هر چه به این ریسمانها بچسبد با وسایلی تراشیده می شود و به درون ظرفی پر از محلول غذایی هدایت می گردد. محلول غذایی حاوی ماده زمینه ای

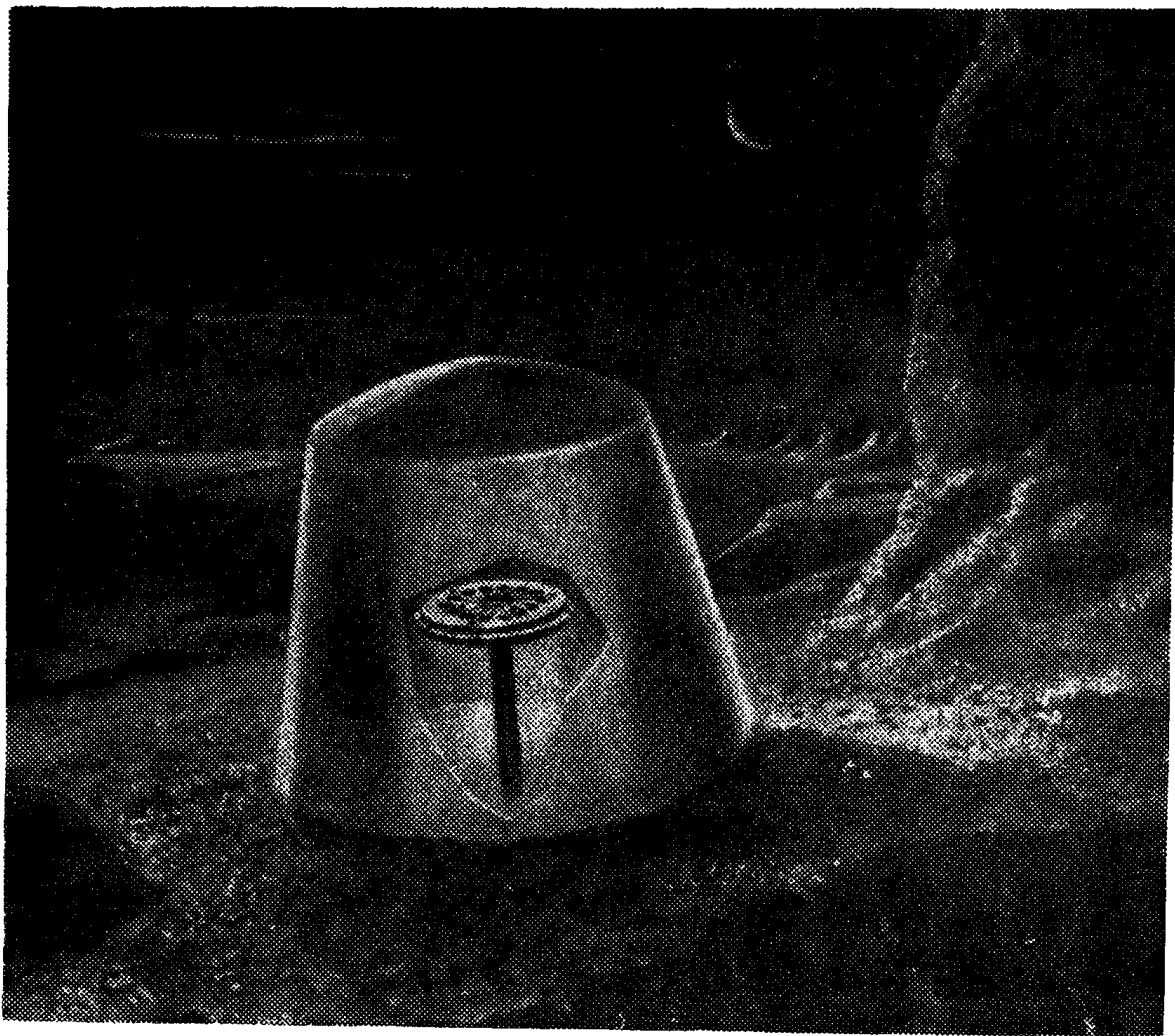


تصویر ۴-۴ گالیور (ناسا)

چون گلو کز، یا یکی دیگر از موادی است که ممکن است مورد استفاده عده زیادی از جانداران میکروسکوپی قرار گیرد.

یکی از اتمهای کربن مولکول گلو کز کربن ایزوتوپ با C^{14} است. اساس آزمایش بر این است که اگر جانداران میکروسکوپی که به محیط کشت گالیور افزوده می شوند سوخت و ساز آغاز و رشد کنند، ناگزیرند که ماده آلی واجد C^{14} را به کار برند. سپس، همانند بیشتر جانداران میکروسکوپی، دفع انیدرید کربنیک را آغاز خواهند کرد. انیدرید کربنیک حاصل حاوی C^{14} خواهد بود زیرا C^{14} تنها منبعی از کربن است که در دسترس آنها هست. C^{14} را می توان با کار گذاشتن یک لوله گایگر در دستگاه و شماردن کربنهای رادیو آکتیو تشخیص داد. بدین ترتیب می توان انتظار داشت که منحصراً از دفع $C^{14}O_2$ بتوان وجود جانداران، و مخصوصاً رشد آنها، را تشخیص داد. اما در کار هر دوی این وسایل اشکالی هست و آن انتخاب محیط کشت مناسب برای رشد جانداران میکروسکوپی مریخی است.

وسیله دیگری که برای تشخیص حیات طرح ریزی شده کروماتوگراف گازی است. در این وسیله مقداری خاک را در اجاقی حرارت می دهند تا از نظر شیمیایی تجزیه گردد. مواد فرار حاصل از تجزیه به درون ستونی که به وضع مخصوصی مسدود گشته است هدایت می شوند. این ستون مواد مختلف حاصل از احتراق خاک را جدا گانه جذب می کند و از هم تفکیک می نماید. پس مواد هر کب مخصوص، با



تصویر ۴-۵ مولتیواتور (ناسا)

گروههایی از مواد مرکب، جدا از هم از انتهای دیگر ستون خارج می‌شوند. از آنجا که در شرایط دقیق و کاملاً کنترل شده، سرعت سیر هر جسم در طول ستون از خاصه‌های مولکولی آن جسم است و اجسام از این نظر بایکدیگر تفاوت دارند، می‌توان از این پدیده برای تجزیه مواد مختلف استفاده کرد. بدین طریق می‌توان اجزای مخلوطی نسبتاً پیچیده از مواد آلی را از روی خواص فرآورده‌های فرار آنها از

هم متمایز ساخت، چنانکه قبلاً خاطر نشان شده است، تشخیص هویت مواد آلی خاک مریخ با نحوه تشخیص هویت جانداران آن تفاوت دارد. وسیله دیگر تشخیص حیات طیف‌نمای جرمی است که در آن مواد آلی با تکنیکی که اندکی با تکنیک کروماتوگراف گازی متفاوت است تجزیه می‌شوند. واقع این امر این است که بسیاری از وسایل متنوع منحصرأً برای جدا ساختن و تشخیص هویت مواد آلی موجود در خاک مریخ در دست تهیه است.

در آزمایشگاه «رانش جت» در انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا افزاری به نام «میکروسکوپ مریخ» در دست تهیه است. این افزار میکروسکوپی کاملاً خودکار است که نمونه‌هایی از خاک مریخ به‌طور خودکار در میدان دید آن قرار داده می‌شود. این میکروسکوپ خود به خود میزان می‌شود و می‌تواند از تصاویر عکس بگیرد. گفتن ندارد که شناختن موجود زنده به وسیله دیدن آن در زیر میکروسکوپ بسیار دشوار است و حتی به کمک دقیقترین وسایل میکروسکوپی زمین تشخیص جانداران میکروسکوپی خاک دشوار است.

وسیله دیگر تشخیص حیات «مولتیواتور» (Multivator) است که دکتر ج. لدربرگ (J. Lederberg) در دانشگاه استنفورد طرح آن را ریخته است. مولتیواتور وسیله‌ای است که در آن بسیاری از آزمایشهای یاد شده، همه آنها، انجام می‌گیرد. اما چون افزاری بسیار پیچیده است، تا زمانی که کپسولهای پیشرفته بزرگتر به سوی مریخ فرستاده

نشوند به طور کامل مورد استفاده نخواهد بود.

مسئله تشخیص حیات کیهانی بسیار پیچیده‌تر از آن است که با طرح کردن و ساختن يك ابزار حل شود. برای صورت پذیرفتن این هدف باید برنامه تحقیقی وسیعی اجرا شود و تکمیل گردد.

نخستین کار، شناختن اهمیت چنین طرحی است، ممکن است ارزش علمی این کار مخاطره آمیز هیچ باشد (در صورت نبودن حیات کیهانی)، یا آنکه به زیست شناسی نوی با نظامات مربوطش دسترسی حاصل گردد. مطمئناً تشخیص حیات کیهانی، اگر منشأ مستقلی از حیات زمینی داشته باشد، موجب کشف چیزهای با ارزشی در باره منشأ (یا منشأهای) حیات و تکامل بعدی آن خواهد شد. در باره احتمال دست یافتن به مفاهیم عمده زیست شناسی نمی توان به مبالغه پرداخت، بلکه امکان هیچ بودن نتیجه را نیز نباید از نظر دور داشت. حتی اگر شیمی حیات کیهانی با شیمی حیات زمینی یکسان باشد باز هم مطالعه آن از نظر سازگاری و تکامل حیات، در محیطی که به کلی متفاوت از محیط زمینی است، پر ارزش است.

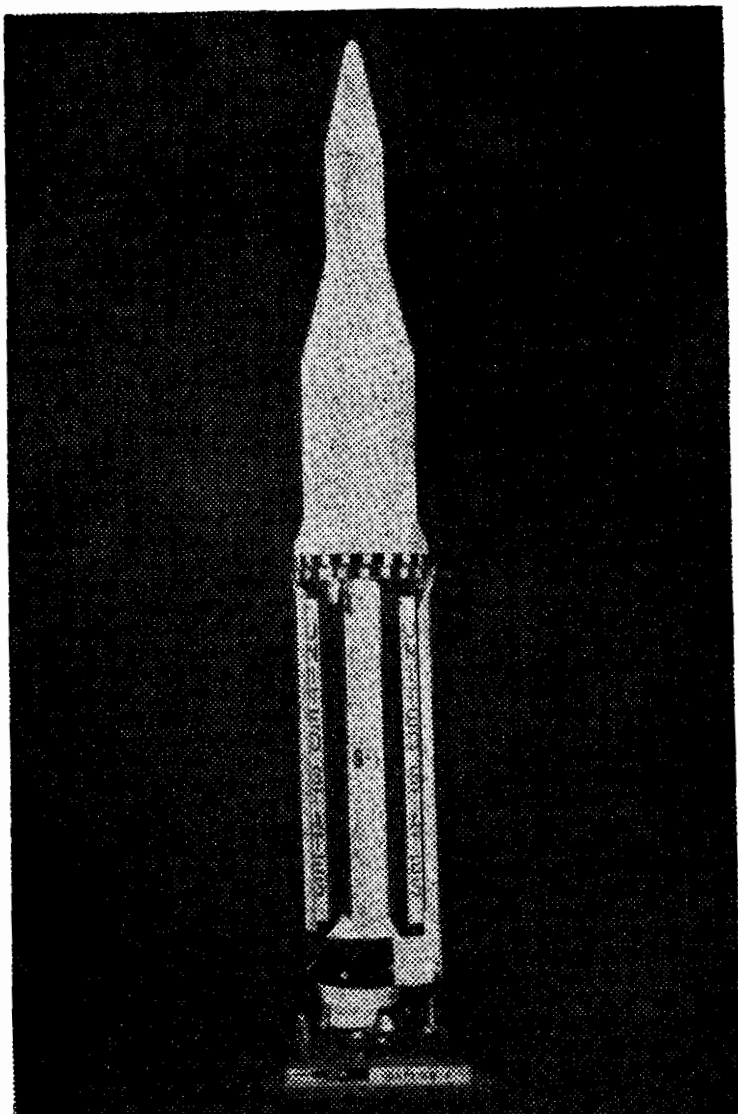
نکته دیگر، در نظر گرفتن مسئله زمان لازم برای انجام این طرح است. نمی توان به طور دقیق پیش بینی کرد که در چه زمانی سفینه ای که به خوبی سترون نشده است (از آمریکا یا از شوروی) به مریخ اصابت می کند. روش دقیقی نیز برای تعیین احتمال آلوده شدن مریخ به وسیله جانداران زمینی در دست نیست، اما چنانکه، دیده ایم،

اطلاعات آزمایشگاهی نشان می‌دهند که جانداران، خطر زیستی برای مریخ به‌شمار می‌روند. بنابراین برای بالا بردن شانس تحقیق جانداران (Biota) دست نخورده مریخ تنظیم آزمایشهای بسیار دقیق حائز کمال اهمیت است.

نکته سوم نوع سفینه‌ای است که به کار خواهد رفت، و اینکه موشکها در زمانی آماده شوند که به سیاره امکان دسترسی هست. (مریخ ضمن گردش در مدار خود هر دو یا سه سال يك بار به زمین نزدیک می‌شود.) مسئله ظرفیت کپسول سفینه نیز باید مورد توجه قرار گیرد. یعنی باید روشن شود که اگر با شتاب تمام کپسول بسیار کوچکی با ظرفیت علمی کم و احتمال موفقیت کمتر بر مریخ فرود آورده شود بهتر است یا آنکه باید به انتظار کپسولهای بزرگتر نشست تا احتمال موفقیت افزایش یابد. در نظر اول چنین می‌نماید که بهتر است از هر گونه موقعیتی برای آزمایش استفاده شود. اما چنین اقدامی بهترین راه رسیدن به هدف نخواهد بود. هر سفینه‌ای که بر مریخ فرود آید شانس آلوده شدن آن را افزایش می‌دهد، بنابراین باید کوشش کرد که در اولین مأموریت موفقیت کامل به دست آید. از این گذشته عوامل پیچیده دیگری نظیر محدودیت بودجه، و دلسردی از عدم دریافت نتیجه از فرستادن کپسول كوچك با تجهیزات نا کافی در میان هست.

آخرین نکته، مربوط به خود آزمایشهاست. یعنی به تکنیکهایی که به کار برده می‌شود، به افرادی که مورد استفاده قرار میگیرند،

به اطلاعاتی که به دست می آیند، به چگونگی گرد آوردن و نحوه تفسیر آنها مربوطند. قسمتی از مسئله چگونگی انجام مأموریت است. بدین معنی که در کجای مریخ باید فرود آمد (در منطقه تیره یا منطقه روشن). به چه وسیله باید نمونه برداری کرد. (با نوار چسبنده یا مته یا جاروی برقی)، از چند نقطه باید نمونه برداری شود.



شکل ۴-۶ موشک ساترن (ناسا)

اینها پاره‌ای از مسائل موجودند، و اینک چند راه حل ممکن. اول آنکه می‌توان به کمک مر کبهای زمینی و فضایی اطلاعات باارزشی برای این مأموریت از دومنبع کسب کرد:

مشاهدات نجومی: گرچه اطلاعاتی که از مشاهدات تلسکوپی فراهم می‌شوند ظاهراً بستگی زیاد به حیات در مریخ ندارند، با این حال بی‌ارزش نیستند. محققاً هر گونه پیشرفتی که در معلومات کنونی ما دربارهٔ عوامل فیزیکی مریخ حاصل شود مهم خواهد بود. با فرستادن قمری به مدار مریخ می‌توانیم اطلاعات خود را در این زمینه فراوان پیشرفت دهیم. می‌توانیم از راه مشاهدات مداوم تلسکوپی و به وسیلهٔ قراردادن قمر مصنوعی در مدار مریخ، بدون آنکه چیزی بر سطح مریخ بنشیند، اطلاعات زیادی دربارهٔ اتمسفر مریخ و سطح آن به دست آوریم. گذشته از قمر مصنوعی ممکن است فرستادن وسیله‌ای تحقیقی به سوی سطح مریخ لازم باشد تا چگالی اتمسفر آن در ارتفاعات مختلف را تعیین کند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که اتمسفر مریخ از آنچه که قبلاً تصور می‌شده است رقیقتر است. برای طرح ریزی سفینه‌ای با کپسولی مجهز که بتواند سالم بر سطح مریخ فرود آید، لازم است که چگالی دقیق اتمسفر آن دانسته شود. هر قدر اتمسفر رقیقتر باشد دانستن چگالی دقیق اتمسفر در ارتفاعات مختلف آن برای طرح ریزی سفینه‌مهمتر است. بدون چنین اطلاعاتی احتمال موفقیت يك سفینه مریخ‌نشین (از دیدگاه سفینه) بسیار کم است. همین مسئله

در مورد سیاره‌های دیگر نیز صدق می‌کند. قمر مصنوعی و یک تحقیق کننده چگالی، اندازه گیریهای متعددی انجام می‌دهند که هم فرود بر مریخ را موفقیت آمیزتر می‌سازد و هم اطلاعات بیشتری در باره عوامل فیزیکی مریخ (آب، دما، و مواد سازنده سطح آن) که به وجود حیات بستگی دارند در اختیار ما می‌گذارند. شاید هم چیزهایی کشف کنند که برای تعیین نقطه مناسبی برای فرود بر مریخ به کار آیند.

کارهای آزمایشگاهی: گرچه آزمایشهایی که در زمین انجام

می‌گیرند ارتباط مستقیم با زیست شناسی مریخ ندارند، در عین حال از نظر تشخیص حیات در مریخ و مطالعه آن بی‌ارزش نیستند. به احتمال قوی تکامل فیزیکی سیاره مریخ به تکاملی فیزیکی زمین شباهت بسیار داشته و شاید از آن سریعتر رخ داده است. اگر چنین باشد می‌توان انتظار داشت که تکاملی شیمیایی، شبیه به تکامل زمینی پیشرفت کرده باشد، و مواد آلی در مریخ ساخته شده باشند. احتمال زیاد می‌رود که در چنین محیطی ابتدایی، حیات بر مبنای مواد کربن‌دار پا به عرصه وجود نهاده باشد. از این پس ممکن است تکامل در جهات مختلف صورت گرفته باشد. اما مبنای حیات (یعنی شیمی کربن) بایستی در اساس نظیر مبنای حیات زمینی بوده باشد. اگر این استدلال را بپذیریم (در حال حاضر شق دیگری که معقول باشد وجود ندارد) ناگزیر باید بعضی آزمایشهای تقلیدی را نیز قابل قبول بدانیم. اگر عوامل شناخته شده مریخ را در محیطی تقلید کنیم و

جاندارانی که با خصوصیات آنها آشنا هستیم در معرض آنها قرار دهیم شاید دلایل مستقیمی بر له وجود حیات در مریخ فراهم نشود، اما در باره، استعداد دستگاههای زنده‌ای که تابع همین قوانین فیزیکی و شیمیایی تقلید شده هستند اطلاعاتی فراهم خواهند ساخت. بدین معنی که هر گونه پاسخی که جاندار زمینی به عوامل محیط مریخ می‌دهد، یاسازگاری که نسبت به آنها حاصل می‌کند (مثلاً سازگاری با انجماد و ذوب) مطمئناً نظیر پاسخگویی و سازگاری جاندار مریخی است که در جریان دوره‌های طولانی تکامل حاصل کرده است. علی‌رغم این واقعیت که تقلید کردن محیط مریخ در یک آزمایشگاه ممکن است با عدم دقت کافی و نیز با اشتباه همراه باشد، حداقل و حداکثر تغییر عوامل محیط مریخ را می‌توان به خوبی تقلید کرد و پاسخ جانداران زمینی را به چنین محیطی مطالعه کرد و اطلاعات سودمند بسیار برای پاسخگویی پرسشهای زیر گرد آورد:

(۱) آیا احتمال دارد که مریخ به وسیله جانداران زمینی آلوده شود؟

(۲) آیا احتمال دارد که حیات با شرایط مریخ سازگار شده باشد؟

(۳) چه نوع جاندارانی برای این سازگاریها مناسبترند؟

(۴) بهترین تکنیک برای تشخیص و مطالعه این جانداران کدام است؟

(۵) آیا عواملی در مریخ وجود دارند که با حیاتی که بدان معرفت داریم، به کلی ناسازگار باشند؟

انتخاب آزمایشهای تشخیص حیات کاری بسیار دشوار و نیز حائز کمال اهمیت است. دو گروه آزمایش تشخیص حیات وجود دارد: يك گروه بر این مفهوم استوار است که مولکولهای مخصوصی در پیکر همه جانداران زمینی وجود دارند. مثلاً به طوری که می دانیم مولکولهای پروتئین، لیپید و DNA و آنزیمهای مخصوص و نظیر اینها در بدن همه جانداران وجود دارند. در مریخ نیز باید چنین باشد. گرچه می توان گفت که مریخ شیمی کربن ندارد، اما قرائنی بر له آن در دست نیست، و در برنامه های تشخیص حیات به عنوان تئوری باید مورد توجه قرار گیرد نه به صورت يك واقعیت. از این رو مولکولهایی را که منحصر به جانداران زمینی می دانیم، می توانیم در مریخ نیز به عنوان نشانه حیات مورد توجه قرار دهیم. ایرادی که بر این نحوه تحقیق وارد است این است که بسیاری از این مولکولها را، چنانکه می دانیم، می توان در آزمایشگاه به طریق غیر زیستی تولید کرد. بنابراین می توان پنداشت که در حال حاضر نیز مواد آلی به طریق غیر زیستی در اتمسفر مریخ بوجود می آیند، زیرا در اتمسفر آن ظاهراً اکسیژن آزاد وجود ندارد.

ولی از مطالعه چگونگی توزیع مواد آلی در جرمی کیهانی، می توان موادی را که به طریق غیر زیستی به وجود آمده اند از موادی

که منشأ زیستی دارند تمیز داد. هر چند وجود مواد آلی دلیل قاطع وجود حیات نیست، اما مثلاً یافتن مقادیر قابل توجهی از DNA بسیار الهام بخش است. حتی يك وجود يك ایزومر از بعضی از مولکولهای آلی، اگرچه دلیل حتمی وجود حیات نیست نشانه‌ای از يك فرایند حیاتی می‌تواند باشد. به هر صورت تجزیه شیمیایی مواد سطح مریخ مطمئناً نتیجه خواهد داد زیرا احتمال می‌رود که مواد آلی در آنجا باشند. نوع دوم آزمایشهای تشخیص حیات، یعنی آزمایشهایی که وابسته به فعالیت سوخت و ساز دستگاه زنده است این حال را ندارد. چنانکه دیده‌ایم بسیاری از معیارها را می‌توان به عنوان نشانه فعالیت سوخت و سازی مورد توجه قرار داد:

(۱) رشد، که در نتیجه آن تعداد ذرات محیط کشت، زیاد می‌شود و میزان کدورت آن افزایش می‌یابد.

(۲) ناپدید شدن مواد زمینه.

(۳) پیدایش فرآورده‌های دفعی مانند CO_2 یا تغییر pH محیط کشت. احتمال عدم موفقیت در این قبیل آزمایشها بسیار است، زیرا در آنها کوشش می‌شود که رفتار جانداران مریخی در شرایطی زمینی به تقلید از مریخ، و درحالی که محیط کشت مصنوعی دارای مواد مواد زمینی است مطالعه شود و انتظار می‌رود که این شرایط برای جاندارانی که تاریخ تکامل بسیار متفاوت دارند مناسب باشد. اگر انتظار داشته باشیم که جاندار مریخی (بخصوص اگر مشکل پسند باشد)

از این مواد زمینه، اگرچه شباهت شیمیایی بسیار باموادمریخ داشته باشد، برای رشد خود استفاده کند انتظاری بیش از حد خواهد بود. اگر در این آزمایشها بتوانیم چند نوع مادهٔ زمینه و چند عامل محیطی فراهم سازیم، احتمال حصول نتیجه خیلی بیشتر خواهد شد. بدیهی است که بهترین راه، انجام دادن هر دو نوع آزمایش است. بدین معنی که تا آنجا که ممکن است اطلاعات شیمیایی به دست آوریم و محیطهای تقلیدی فراهم کنیم به این امید که به جواب مثبت برسیم. این تشخیصها باید هرچه زودتر، و پیش از آنکه امکان آلودگی مریخ زیاد شود، انجام گیرد.

اگر ممکن شود که منحصراً وسایل يك آزمایش برای تشخیص حیات در مریخ فرود آورده شود و در این کار از سفینه‌ای ابتدایی با ظرفیتهای محدود استفاده گردد، و يك یا دو و یا سه دسته از شرایط محیط برای رشد جانداران میکروسکوپی مریخ فراهم گردد، این خطر درپیش خواهد بود که موفقیت بسیار کم، یا هیچ باشد و چیزی کشف نشود که برای طرح آزمایشهای بعدی سودمند افتد ولی در عوض مریخ آلوده گردد. با در نظر گرفتن احتمال وجود کنجهای مخصوص سوخت و ساز برای بقا در محیطی که بامحیط زمین تفاوت بسیار دارد، از آزمایشی با نتیجه کم احتمال، انتظار نتیجه زیاد داشتن، پنداری بسیار خوشبینانه است. دانشمند جواب منفی را هنگامی قبول می کند که کپسولهای بزرگتری پرتاب شده و مطالعات طاقت فرساتری

به عمل آمده باشند. اگر ناگزیر شویم که ابتدا کپسولهای کوچک به مریخ پرتاب کنیم، نتایج آزمایشهای اولیه باید تضمین کنند که در آینده نزدیک اطلاعات مناسبی به دست خواهند آمد. پس ناگزیر خواهیم بود که به تشخیصهای شیمیایی بازگردیم.

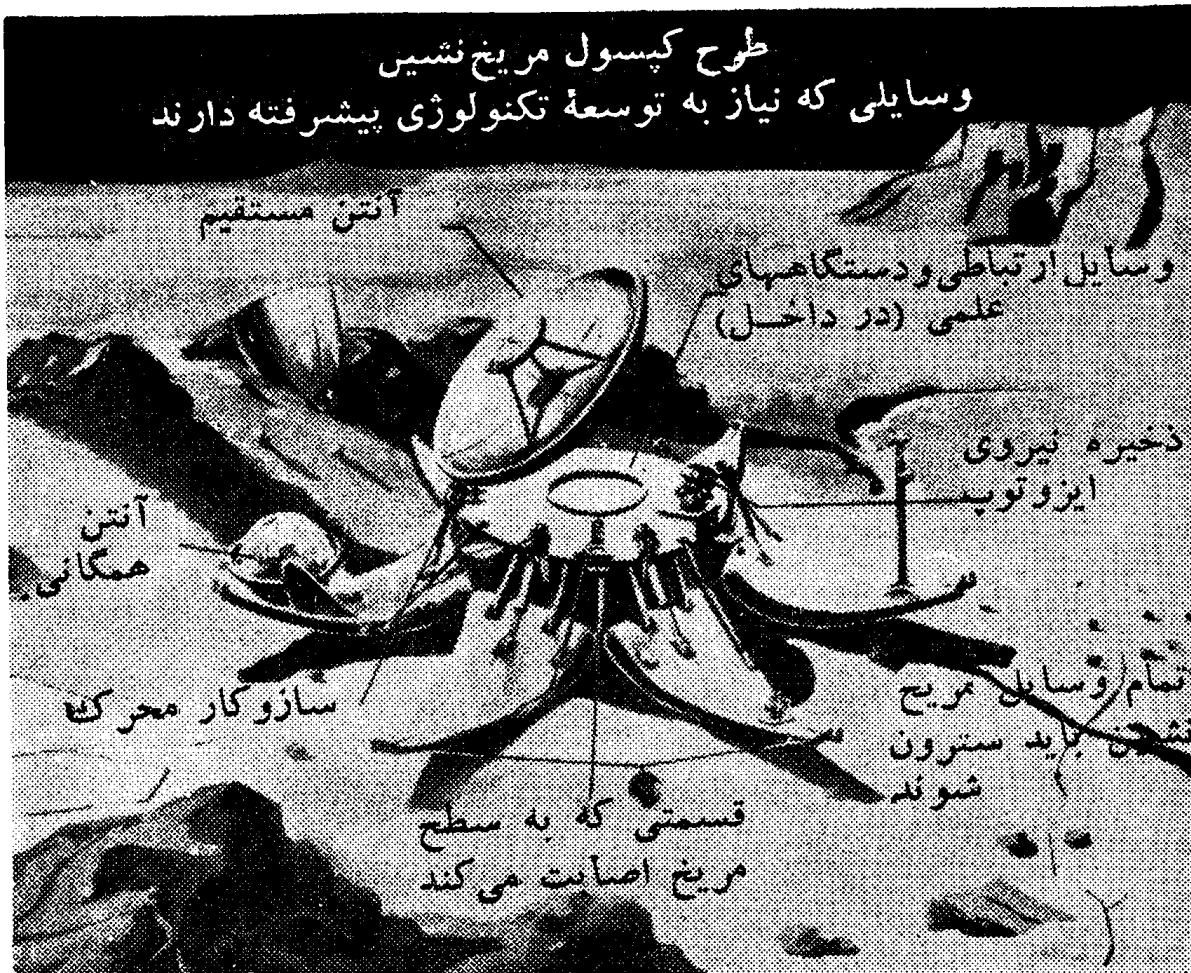
اگر کپسول کوچکی (۵ تا ۱۰ کیلویی) مورد نظر، وامکان انجام يك يادو آزمایش فقط درپیش باشد، نیز خطر آلوده شدن مریخ و احتمال دلسرد شدن درمیان باشد، چنین اقدامی عاقلانه نخواهد بود. برای آنکه بتوان با اطمینان بر مریخ فرود آمد لازم است اطلاعات بیشتر و مشروحتری در اختیار داشت. از سفینه‌هایی که از کنار مریخ می‌گذرند و از اقاماز مصنوعی که به دور مریخ فرستاده می‌شوند اطلاعات چندان بدست نمی‌آیند. سوندی (سترون کردنی) که به درون اتمسفر این سیاره فرستاده می‌شود می‌تواند اطلاعات مشروح به دست دهد. اگر معلوم شود که فرود آوردن ملایم سفینه‌ای بر سطح مریخ موفقیت آمیز است، باید آن را با وسایل تجزیه شیمیایی مواد آلی مجهز کرد نه با وسایل آزمایش سوخت و سازی یا در صورت امکان با هر دوی آنها. به فرض آنکه در هر بار مقابلۀ مریخ با زمین يك يادو سوند آماده شود بر نامه کار بدین ترتیب خواهد بود:

سال	سفینه‌های آماده	مأموریت پیشنهاد شده
۱۹۶۴-۱۹۶۵	مریخ	عبور از کنار مریخ و- یا- سوند تحقیق چگالی اتمسفر
۱۹۶۹	سفینه	قمر مصنوعی و سوند تحقیق چگالی اتمسفر
۱۹۷۱	سفینه	قمر مصنوعی و سوند تحقیق چگالی اتمسفر
		احتمالاً مریخ نشین (با ۱۰۰ کیلو وسایل)
۱۹۷۳	سفینه	مریخ نشین (با ۵۰ تا ۲۵۰۰ کیلو وسایل)

تازمانی که احتمال موفقیت از احتمال خطر برتر نباشد نباید برای فرود آمدن بر مریخ اقدام کرد.

اکنون به جای نخستین مر کبی که می تواند به مریخ برسد مزایای کپسول پر گنجایش موشکهای غول پیکر را مطالعه می کنیم. ۱- با چنین کپسولهای بزرگ می توان بسیاری تکنیکها و

طرحهای مجهز به وسایل نمونه برداری و آماده سازی نمونه ها بر مریخ فرود آورد و منطقه ای را که از پیش برای فرود انتخاب شده است به تفصیل مطالعه کرد. پس به جای آنکه ناگزیر باشیم آزمایشی را که منحصرأ اختصاص به مطالعه یکی از پدیده های حیاتی دارد انجام دهیم می توانیم کپسولی در نظر بگیریم که تکنیکهای بسیاری برای تشخیص حیات در برداشته باشد. از هر جای سطح مریخ می توانیم نمونه هایی به دست آوریم و مسئله تر کیب شیمیایی نمونه ها اهمیتی ندارد. زیرا این امکان هست که وسایل نمونه برداری گوناگون (از جمله مته و وسیله مکنند یا تراش دهنده سطح سیاره) بر آن فرود آوریم. می توانیم نمونه ها را پیش از تجزیه به راههای مختلف دستکاری کنیم. می توانیم هر دو نوع آزمایش، یعنی تشخیص هویت شیمیایی و آزمایشهای مربوط به سوخت و ساز و رشد را مرحله به مرحله انجام دهیم. این گونه موشکهای بزرگ به ما امکان می دهند که موضع مطمئنی برای فرود آمدن انتخاب کنیم. از این رو خواهیم توانست که پیش از فرود آمدن منطقه مناسبتری را برای مطالعه جستجو کنیم. نیز چنین تسلطی بر



شکل ۴-۷ سفینه کاشف در مریخ (ناسا)

سفینه خواهیم داشت که خواهیم توانست اطلاعاتی بیشتر از آنچه که از يك سفینه ابتدایی تر و کوچکتر امید می رود، به زمین منتقل کنیم.

۲- ممکن است از گنجایش کپسول موشکهای بزرگ استفاده کنیم و در آن واحد دو سفینه بر مریخ فرود آوریم، که هر يك قریب نیمی از گنجایش کپسول منفرد را داشته باشد. با این اقدام می توان دو منطقه را که از لحاظ موقعیت جغرافیایی متفاوتند هم-زمان مورد جستجو قرار داد. اگر در این حالت یکی از مناطق مسکون نباشد

دست کم امکانی برای مسکون بودن منطقه دیگر باقی می ماند. بدیهی است که تعداد آزمایشهایی که هر يك از دو سفینه می تواند انجام دهد نسبت به سفینه منفرد کمتر خواهد بود. اما اگر یکی از سفینه ها بر سطح مریخ منهدم شود، سفینه فعال دیگری در اختیار ما باقی خواهد ماند.

۳- یکی از اصول کارهای آزمایشگاهی این است که پیش از پذیرفتن نتایج يك آزمایش آن را تکرار می کنند. کپسول بزرگ به ما اجازه می دهد که این اصل را در مریخ نیز مراعات کنیم. بنا بر این نه تنها می توانیم آزمایشهای متنوع انجام دهیم بلکه آزمایشها را، تا آنجا که برای تأیید آنها لازم است، می توانیم تکرار کنیم. می توانیم وسایل آزمایش دو تایی سه تایی یا چند تایی به مریخ بفرستیم. مثلاً چنانچه ضرورت ایجاب کند می توانیم ۱۰۰۰ « گالیور» با ۵۰۰ محیط غذایی مختلف بر مریخ فرود آوریم.

۴- با استفاده از سفینه کاشف، خواهیم توانست بر سطح مریخ حرکت کنیم. با موشکهای بزرگ می توان رزمنده های مخصوصی بر سطح مریخ فرود آورد و با آنها تافواصل نسبتاً زیاد بر سطح آن حرکت کرد و محل مناسبی برای آزمایش انتخاب نمود. بدین ترتیب با يك دسته وسایل آزمایش می توان چند نقطه را به طور مقایسه ای مورد تحقیق قرار داد. بدیهی است که سفینه، قسمت اعظم وزن کپسول آزمایشی را به خود اختصاص خواهد داد اما ارزش آن را دارد. کسب

قدرت تحرك بر سطح سیاره به سه طریق ممکن است. یکی آن است که تمام «آزمایشگاه» را روی چرخ نصب کنند تا حرکت کند. دیگر آنکه منحصر ا وسایل آزمایشهای معینی به حرکت در آیند. این وسایل به طور خودکار به فواصل مختلف فرستاده می شوند تا کار خود را انجام دهند سپس یا خود به «آزمایشگاه» باز می گردند یا آنکه اطلاعات حاصل را به آزمایشگاه می فرستند. امکان دیگر آن است که منحصرأ وسیله نمونه برداری را متحرك سازند، به طوری که به نقاط دور فرستاده شوند تا نمونه ها را بامته جدا کنند یا بتراشند یا با مکنده بردارند و با خود به «آزمایشگاه» باز گردانند.

۵- با این گونه کپسولهای بزرگ می توانیم ذخایر انرژی و وسایل بسیار به مریخ پرتاب کنیم و مدت زندگی سفاین را در آنجا طولانی کنیم و به دو سال برسانیم. در نتیجه می توانیم آزمایشها را به قدری ادامه دهیم که دور فصلی مریخ- یعنی بهار تابستان پاییز و زمستان- را بگذرانند و اطلاعات کاملتری درباره زیست شناسی مریخ و اوضاع فصلی آن به ما بدهند. نیز امکان خواهیم داشت که به انتظار موج تیره کننده بمانیم و این پدیده را جزء به جزء مطالعه کنیم.

۶- مسئله دیگر امکان باز گرداندن نمونه ای از خاک مریخ به زمین است. یعنی به جای آنکه افزاری برای تشخیص حیات به مریخ بفرستیم، افزاری برای برداشتن نمونه ای از خاک مریخ و محفوظ نگهداشتن و باز گرداندن آن به زمین طرح ریزی کنیم. بدین معنی که

وزنی برای افزارهای آزمایشی در نظر گرفته می شود برای فرود آوردن راکتی بر مریخ اختصاص داده شود که بتواند از سطح مریخ برخیزد و به زمین باز گردد.

۷- باموشکهای بزرگتر سرانجام می توانیم به فکر سفر انسان به مریخ باشیم. برای این منظور موشکی بزرگتر از تمام موشکهای یاد لازم است، زیرا این موشک گذشته از بردن تمام وسایل زندگی يك فرد در سفر فضایی به مدت يك سال یا بیشتر، باید راکتی را برای بازگرداندن سفینه نیز با خود حمل کند. با همه اینها ممکن است وجود انسان در چنین مأموریتهایی سرانجام مورد نیاز باشد. زیرا انسان اگر دانشمند کار آزموده باشد، می تواند نقاطی را که باید مورد تحقیق قرار گیرند شخصاً انتخاب کند. می تواند بهتر از يك وسیله نمونه بردار از سطح مریخ نمونه برداری کند. می تواند در همانجا آزمایشهایی ترتیب دهد. بنا بر این امکان دارد که برای حل کلیه مسائل مربوط به حیات در مریخ وجود انسان در مریخ ضرورت کامل داشته باشد.

مطالعه امکانات گوناگون حاکی از آن است که در دو جای مریخ فرود آییم و تا آنجا که محدودیتهای وزنی مقدور می سازند تجزیه های شیمیایی و آزمایشهای مربوط به سوخت و ساز انجام دهیم و برای به دست آوردن نمونه هایی که باید مورد مطالعه قرار گیرند و آماده ساختن آنها، هر چه ممکن است وزن و جا اختصاص دهیم. اگر ابتدا آزمایش های شیمیایی انجام می گیرند ممکن است در ظرف مدتی که سفینه در

مریخ هست برای تهیه محیط کشت از عصاره خاک مریخ طرحی اندیشید و جانداران مریخی را در آن محیط کشت داد. در صورت داشتن موشک بزرگ می توان آزمایشها را با توالی منطقی انجام داد نه به روش تصادفی. مسئله تشخیص حیات را می توانیم تقریباً به همان گونه که در آزمایشگاه زمینی بررسی می کنیم، و احتمالاً تنها راه حل این گونه مسائل است، در مریخ نیز مورد تحقیق قرار دهیم. می توانیم به روشهای گوناگون و از چند نقطه نمونه برداری کنیم. و پیش از انجام هر گونه تجزیه هر تغییری که لازم است به نمونه ها بدهیم (بشوئیم، عصاره بگیریم، خرد کنیم، وزن کنیم، یا در سانتریفوژ قرار دهیم) و چنانچه ضرورت اقتضا کند، در مواقع حساس نحوه کار را به کلی تغییر دهیم و تحقیقهای فیزیکی شیمیایی و زیستی متعدد را با روشی منظم به عمل آوریم. تجهیزاتی را که معمولاً برای چنین کارهایی در آزمایشگاه مورد نیاز می توانیم در مریخ فراهم کنیم ولی به مقیاس کوچکتر. بسیاری از تکنیکهای آزمایشگاهی که اکنون جدا گانه به کار می روند ممکن است دسته جمعی و همراه با تکنیکهای بسیار دیگری، که هنوز به اندیشه نیامده اند در طرح به کار برده شوند.

امکان آوردن نمونه خاک مریخ را در ظرف همین مدت نباید از نظر دور داشت. اگر در آینده نزدیک چنین امکانی فراهم گردد، احتمالاً بر تمام تکنیکهای دیگر مرجح خواهد بود. هر چند که آوردن نمونه از خاک مریخ از نظر تئوری امکان پذیر است، اما در حال حاضر

اعتماد به بازگرداندن راکت به اندازه‌ای کم است که از آن به عنوان یک اندیشه محال صرف نظر می‌شود. برای امکان چنین امری باید در انتظار موشکهای بزرگتر باشیم.

مسئله اینکه حیات مریخی را در کجا باید جستجو کرد نیز باید جزئی از کل مسئله چگونگی تشخیص حیات در مریخ به شمار آید. از اطلاعات کمی که درباره مریخ داریم می‌توانیم وجود مواضع بهتری را برای جستجوی حیات حدس بزنیم. مریخ، چنانکه می‌دانیم، بسیار سردتر از زمین است به طوری که حتی در بهترین شرایط، دمای بالای صفر در آن هر بار چند ساعت بیش نیست. بنا بر این احتمال بسیار می‌رود که جانداران مریخی بیشتر اوقات در حالت زمستان خوابی به سر برند. از این رو بهتر آن است که مناطقی برای مطالعه منظور شوند که مدت دوام حداکثر دما در آنها طولانیتر است تا حیات را در فعالترین حالات آن بیابیم. اگر سفینه‌ای که از کنار مریخ می‌گذرد با قمر مصنوعی که به دور آن می‌چرخد مناطقی را که میانگین دما در آنها بالاتر است با رسم نقشه گرمایی سیاره در زیر قرمز، نشان دهد، یا آنکه وجود نقاطی را که نسبت آب در آنها بیشتر است اثبات کند، مطمئناً بهتر آن است که حیات را در چنان نقاطی جستجو کنیم. مناطق تیره، چنانکه دیده‌ایم، اهمیت شیمیایی خاصی دارند و ظاهراً صوری در مناطق تیره مریخ هستند که بر موادی، که در مناطق روشن نیستند، دلالت می‌کنند. نیز موج تیره کننده که چنانکه قبلاً اشاره شد، در

بهار مناطق تیره را طی می کند، احتمالاً با سیر بخار آب در اتمسفر مریخ وابسته است. بدیهی است که از این مشاهدات نمی توان نتایج قاطع بوجود حیات گرفت، اما فکر امکان وابستگی با آن را چنان تقویت می کند که باید زمان و محل فرود آمدن را در نیمکره ای که تابستان است و در منطقه تیره و در زمانی که موج تیره کننده آن را طی می کند، انتخاب کنیم. نظر دوم این است که نقطه ای در مرز میان منطقه تیره و منطقه روشن را انتخاب کنیم. یا آنکه نقطه ای که انتخاب می کنیم در حاشیه کلاهک قطبی در حال عقب نشینی فصل تابستان باشد. از همه بهتر آن است که بتوانیم از نقطه ای به نقطه دیگر سیر کنیم و موقعیتها را مقایسه نماییم و چه بهتر که مدت بیشتری در مریخ توقف کنیم تا تغییرات فصلی را نیز مشاهده نماییم و آن وقت مجاب شویم که در مریخ حیات وجود ندارد.

بالاخره لازم می آید، یادست کم مطلوب خواهد بود، که نمونه هایی از خاک مریخ به زمین آورده شود تا بتوان آنها را برای کشف چیزهایی که دربر دارند مستقیماً مورد مطالعه قرار داد. این اقدام خود مسائل مخصوصی را به میان می کشد. اول آنکه باید اطمینان حاصل کنیم که چنین نمونه هایی به وسیله جانداران زمینی آلوده نشده اند. دوم که شاید از همه مهمتر است، این است که نمونه ای که حامل جاندار ناشناخته مریخی است زمین را آلوده نکند. کاملاً ممکن است که صوری از حیات مریخی زمین را مسکن مناسبی برای رشد برق

آسای خود بیا بند. نیز ممکن است تن آدمی برای بعضی از جانداران مریخی (باکتریها یا قارچها) مسکن یا میزبان خوبی باشد و بدین ترتیب میکروبی وارد زمین بشود که نه ایمنی طبیعی در برابر آن داریم و نه دارویی. بدین دلیل است که آوردن نمونه های گیاهی به زمین باید دست کم در مراحل اولیه، با احتیاط فراوان انجام گیرد. وسایل مخصوصی موسوم به «آزمایشگاه عاری از میکروب» باید برای این منظور به کار روند تا بتوان نمونه هارا، بدون آنکه به وسیله جانداران زمینی آلوده شوند یا آنکه جانداران مریخی از آنها به خارج سرایت کنند، تجزیه کرد.

بیشك جستجوی حیات در مریخ طرحی بینهایت هیجان انگیز است.

مرینر ۴ (ژوئیه ۱۹۶۵) که توانست عکسهایی از ۱۲۰۰۰ کیلو متری مریخ بگیرد و به زمین بفرستد کمک ناچیزی به حل مسئله حیات در مریخ کرده است. اما نباید از نظر دور داشت که منظور از پرتاب این سفینه کمک مستقیم به حل این مسئله نبود. هر چند تا زمان نگارش این سطور تحلیل اطلاعات حاصل از مرینر ۴ هنوز تکمیل نشده است، تفسیرهای مقدماتی تفاوتهای قابل توجهی با آنچه که از پیش در باره عوامل محیط مریخ دانسته شده بود، نشان نمی دهند.

مرینر ۴ نشان داد که گرداگرد مریخ میدان مغناطیسی وجود ندارد، و این بدان معنی است که احتمالاً جریان تابشی بسیار به سطح

مریخ می‌رسد.

فشار سطحی مریخ که به وسیلهٔ مرینر ۴ تعیین شده است نشان می‌دهد در نقطه حداقل (۱۰ تا ۱۱ هزارم بار^۱) است. در تصاویری که مرینر ۴ مخبره کرده است دهانه‌های آتشفشان زیادی دیده می‌شود که قطر آنها به ۱۲۰ کیلومتر می‌رسد. و از روی ظاهر فرسایش نیافته آنها معلوم می‌شود که سطح مرئی مریخ بسیار قدیمی است (یعنی $۱۰^9 \times ۲$ تا $۱۰^9 \times ۵$ سال) و از آن زمان نه اتمسفر متراکم می‌داشته و نه آب مایع زیاد. با وجود این ممکن است که در زمانی قدیمتر، هم اتمسفر مریخ متراکمتر بوده و هم در آن آب وجود داشته است. و چنانکه محققان مرینر ۴ نظر داده‌اند سطح مریخ احتمالاً تنها مکان موجود در منظومهٔ شمسی ماست که هنوز بر گه‌هایی از نخستین شیمی آلی را در خود حفظ کرده است و حال آنکه مدتهاست که در نتیجهٔ فعالیتهای حیاتی آثار این شیمی از روی زمین محو شده است. بدیهی است، این مفهوم، در درجهٔ اول قرارداد تحقیقات شیمیایی را در آزمایشهای مریخی تأیید می‌کند.

۱- يك «بار» ۹۷۸ ر. اتمسفر است

فصل پنجم

حیات از فضا

هنگامی که دربارهٔ سفر به سیاره های دیگر برای جستجوی نمونه هایی از خارج زمین می اندیشیم به ندرت به فکر مطالعهٔ موادی می افتیم که از خارج زمین در اختیار ما قرار گرفته اند. فقط درسالهای اخیر این مواد اختصاصاً مطالعه شده اند تا شاید مسئله وجود حیات در خارج از زمین را روشن سازند. نتایج این گونه مطالعات بسیار هیجان انگیز و منشأ مباحثات زیادی بوده است .

به سال ۱۸۳۴ **برزلیوس** (Berzelius) شیمیدان سوئدی شهاب سنگ عجیبی را که در کشور فرانسه سقوط کرده بود، تجزیه کرد. وی در این سنگ مواد آلی یافت، و به این فکر افتاد که نکند این مواد نشانهٔ وجود حیات در اجرام کیهانی یا در محلی است که شهاب سنگ از آنجا آمده است. خود **برزلیوس** به این نظر معتقد نبود، اما از زمان وی تا کنون بسیاری از دانشمندان شهاب سنگها را مطالعه و محتویات

آنها را تجزیه کردند و درباره ماهیت آنها به تحقیق نظری پرداختند. اگر ثابت شود که شهابسنگها حاوی جانداران یا بقایای آنهاست، مسلماً اکتشافی بسیار هیجان انگیز و مهم خواهد بود و مسئله حیات را به مقدار زیاد روشن خواهد ساخت.

در دهه ۱۸۰۰ بسیاری از دانشمندان به مطالعه شهابسنگها پرداختند و بعضیها ادعا کردند که جانداران فسیل شده در آنها یافته اند. اما به نظر گروهی دیگر این «فسیلها» چیزی جز بلورهای مواد کانی نبودند که به جانداران میکروسکوپی یا هاگها شباهت داشتند. پس از آزمایش های پاستور شهابسنگها بیشتر مورد توجه واقع شدند. از آنجا که وی ظاهراً مدلل ساخته بود که فرایند خلق الساعه در آزمایشگاه صورت نمی گیرد، بسیاری از دانشمندان نتیجه گرفتند که خلق الساعه هرگز روی نداده است، و نخستین جاندار زمینی همراه شهابسنگها از فضا به زمین آمده است. بسیاری از محققان برای یافتن جاندار در شهابسنگها به بررسی درون آنها پرداختند. گروه زیادی از این محققان چیزی که معرف وجود جاندار باشد نیافتند. اما گاه یکی از اینان اعلام می کرد که از درون شهابسنگی که بخش بیرونی آن را با یکی از تکنیکهای متداول سترون کرده اند، باکتری تشخیص داده است. چنین اکتشافی را به دو طریق می توان توجیه کرد: یا آنکه فرض شود که شهابسنگ بعد از افتادن بر روی زمین به وسیله جانداران زمینی آلوده شده است یا آنکه با کتریهای درون شهابسنگ به راستی منشأ کیهانی

دارند. چون بیشتر جاندارانی که در این آزمایشها به دست آمده بودند از همان باکتریهای معمولی زمینی بوده‌اند، فرض آلوده شدن سنگهای نامبرده احتمال بیشتر دارد.

اخيراً (در اوایل دهه ۱۹۶۰) جمعی از محققان برای به دست آوردن جاندار از شهابسنگها بار دیگر به کوشش پرداختند. این بار نیز بیشتر آنان اثری از باکتری پیدا نکردند، اما مطالعات دقیقی که در آزمایشگاهی عاری از میکروب انجام گرفته، دست کم در يك مورد به پیدایش باکتریهای ناشناخته‌ای انجامیده است. جمعی از محققان شوروی اعلام کردند که در شهابسنگی که در دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد سترون شده بود جاندار میکروسکوپی ناشناخته‌ای یافته‌اند مسلماً باکتریهای زمین در چنین دمایی کشته می‌شوند. هیچ يك از این آزمایشها قطعیت ندارند و نمی‌توانیم دقیقاً بگویم که در شهابسنگها باکتریهای کیهانی وجود دارند یا نه. این چیزی است که فقط از نظر تئوری ممکن است.

ممکن است این سؤال پیش آید که چگونه جاندار می‌تواند هزاران درجه دما را، که سطح سنگ را هنگام عبور از جو زمین می‌گذارد تحمل کند. پاسخ این است که حداقل در يك دسته از شهابسنگها، به نام **کندریته‌های کربن‌دار** (Carbonaceous Chondritis) ساختمان سنگ طوری است که هنگامی که به دمای بسیار زیاد می‌رسد سطح آن پوسته پوسته می‌شود و حرارت را پراکنده می‌سازد و در نتیجه درون

سنگ کاملاً سرد مانده و جاندار یا مواد آلی درون آن از سوختن مصون می‌ماند. بنابراین اگر این شهابسنگها از محلی آمده باشند که حیات در آنجا وجود دارد، ممکن است جاندار زیستنی داشته باشند. از سوی دیگر همه شهابسنگها هنگامی که از خلاء فضا وارد جو زمین می‌شوند، هوا به درون آنها نفوذ می‌کند، پس ممکن است که به آسانی آلوده گردند. بنا بر این تنها راهی که ممکن است مسئله منشأ جانداران موجود در شهابسنگها را روشن کند این است که جاندارانی را که در این سنگها پیدا می‌کنیم چنان با جانداران زمینی تفاوت داشته باشند که ناگزیر آنها را دارای منشائی غیر زمینی بدانیم، یا شهابسنگ را پیش از آنکه وارد اتمسفر زمین گردد و آلوده شود به دست آوریم. مثلاً به دست آوردن شهابسنگی از ماه بسیار ارزنده خواهد بود. ماه که اتمسفر ندارد تا مواد آلی را متلاشی سازد میلیونها سال است که در حکم گورستان آسمانی است. هر جسمی که به سطح ماه برخورد کند و در زیر قشر آن از دست تابشهای کیهانی در پناه باشد مدتهای زیادی دوام خواهد آورد. ممکن است تجزیه شیمیایی نمونه‌ای از سطح ماه پاسخگوی بسیاری از سؤالات مربوط به حیات، یا دست کم، مواد آلی فضا باشد.

شهابسنگهایی که از نظر داشتن مواد آلی و امکان داشتن جاندار مورد توجه‌اند، **سندریتهای کربن‌دار** نامیده می‌شوند. بیشتر تحقیقات جدید به این دسته سنگها اختصاص یافته‌اند. قسمت عمده شهاب-

جدول کندریتهای کر بن دار

نوع	وزن حجمی	نسبت در صد آب	نسبت در صد کر بن	وزن (کیلو گرم)	زمان سقوط	محل سقوط	نام
I	۲٫۲۰	۲۱٫۰۶۶	۲٫۷۰	۰٫۰۱	۱۹۱۱	هند	Tonk
I	۲٫۲۳	۱۹٫۴۸	۳٫۱۹	۰٫۲۶	۱۸۰۶	فرانسه	Alais
I	۲٫۲۳	۱۸٫۶۸	۴٫۸۳	۰٫۷۰	۱۹۳۸	تانگانیکا	Ivuna
I	۲٫۲۴	۱۹٫۸۹	۳٫۱۰	۱۱	۱۸۶۴	فرانسه	Orgueil
II	۲٫۵۷	۱۶٫۴۱	۲٫۵۰	۰٫۰۶	۱۸۹۰	هند	Nawapali
II	۲٫۵۷	۱۰٫۳۳	۲٫۵۴	۰٫۰۵	۱۹۳۹	مکزیکو	Santa Cruz
II	۲٫۶۵	۱۵٫۱۷	۱٫۳۰	۴	۱۸۳۸	افریقای جنوبی	Cold Bokkeveld
II	۲٫۶۶	۱۴٫۲۸	۱٫۶۲	۲٫۵	۱۸۷۹	آرژانتین	Nogoya
II	۲٫۶۶	۱۱٫۵۲	۲٫۱۴	۰٫۱۱	۱۹۴۰	هند	Erakot
II	۲٫۷۰	۱۲٫۸۶	۲٫۴۸	۸	۱۸۸۹	اتحاد شوروی	Mighei
II	۲٫۷۲	۱۳٫۷۰	۴٫۰۰	۰٫۳۲	۱۹۲۱	هند	Maripura
II	۲٫۷۴	۱۲٫۹۷	۲٫۰۶	۱٫۱	۱۹۳۰	اتحاد شوروی	Boriskino
II	۲٫۸۲	—	—	۰٫۰۸	۱۹۳۶	ایالات متحده	Crescent
II	۲٫۸۴	—	—	۰٫۳	۱۹۶۱	ایالات متحده	Bells
II	۲٫۸۶	۱۲٫۴۲	۲٫۷۸	۱۲	۱۹۵۰	ایالات متحده	Murray
II	۲٫۹۲	۸٫۴۹	۲٫۴۹	۰٫۱۶	۱۹۵۷	عربستان سعودی	Al Rais
III	۳٫۴۰	—	—	۰٫۰۱	۱۹۰۷	کامرون	بالی
III	۳٫۴۰	—	۱٫۹۹	۳	۱۸۵۷	مجارستان	Kaba
III	۳٫۴۱	۲٫۰۷	۰٫۴۷	۴	۱۹۰۸	زلاند جدید	Mokoia
III	۳٫۴۲	۲٫۸۸	۱٫۱۲	۱۶	۱۹۱۰	ایتالیا	Vigarano
III	۳٫۴۹	۴٫۰۲	۰٫۵۶	۳٫۳	۱۸۶۱	اتحاد شوروی	Crosnaja

کندریتهای کر بن دار در سه گروه دسته بندی شده اند. در ستون چهارم وزن کل هر يك از کندریتهای که در مجموعه های مختلف نگهداری شده اند نشان داده می شود. در ستون پنجم مقدار کر بن با تمام صوری که در ترکیب سنگ وارد است دیده می شود. لادر صد نسبت آب که عبارت از آبی که کندریت جذب کرده است و آبی که در ترکیب آن وارد است و گروهای هیدروکسیل موجود در ترکیبات کانی و هیدروژن ترکیبات آلی است. (این جدول قبلا در مجله ساینس فیک آمریکن منتشر شده است.)

سنگهایی که بر زمین سقوط کرده اند نه گزارش شده اند نه جمع آوری، و بیشتر آنها که پیدا شده اند اکنون درموزه ها نگه داری می شوند. کندریت های کربن دار به دیگر شهاب سنگها هیچ شباهت ندارند. رنگ آنها سیاه است و نسبتاً نرم و شکننده اند. به نسبت پنج در صد کربن و مقدار زیادی (تا بیست درصد) آب دارند. از قریب ۷۰۰ قطعه شهاب سنگی که از روی زمین جمع آوری شده اند بیست شهاب سنگ کندریت کربن دار است. شك نیست که تعداد بیشتری تا کنون سقوط کرده اند، اما متأسفانه سنگهای محکمی نیستند و خیلی زود بر اثر فرسایش متلاشی می گردند. بزرگترین کندریت های کربن داری که به دست آمده چند کیلو گرم وزن دارد و حال آنکه بیشتر آنها بسیار کوچکترند.

مواد آلی متنوعی از شهاب سنگها استخراج کرده اند. اما دلیل قطعی وجود ندارد که این مواد منشأ حیاتی داشته باشند و در عین حال نمی توان یقین کرد که منشأ آنها حیاتی نیست.

در سال ۱۹۶۱ گروهی از دانشمندان دانشگاه فورد هام نمونه ای از شهاب سنگ **اورگوی (Orgueil)** را، که از نوع کندریت کربن دار است و در سال ۱۸۳۴ در فرانسه سقوط کرده است، تجزیه کردند و گزارش دادند که بعضی از مواد آلی موجود در سنگ نامبرده بسیار شبیه موادی آلی است که در موجودات زنده و در لایه های رسوبی قدیمی زمین یافت می شود. اینان معتقدند که ترکیب مواد آلی موجود در شهاب سنگ اورگوی دال بر فعالیت های حیاتی است، و نیز مقدار کل این مواد در

شهابسنگ یاد شده گویای آن است که این مواد هنگام ورود شهابسنگ به اتمسفر زمین در آن موجود بوده اند نه آنکه بعداً بدانها آلوده شده باشند. بنابراین به نظر می رسد که به راستی این مواد منشأ کیهانی دارند. اما حقیقت این است که شباهت این مواد به کربورهای هیدروژن زمین که منشأ حیاتی دارند، دلیلی بر منشأ حیاتی آنها نمی شود، زیرا در حال حاضر می دانیم که این گونه مواد در بسیاری از شرایط غیر حیاتی و ابتدایی به وجود می آیند.

همین محققان از آن پس ادعا کردند که در شهابسنگ اورگوی اجسامی میکروسکوپی یافته اند که بقایای فسیل شده جانداران کیهانی هستند. چیزهای بسیار که ابعاد آنها در حدود ابعاد باکتریها و قارچها بود یافتند. معلوم شد که این واحدها، ساختمانی پیچیده دارند و دارای برخی از خصوصیات جاندارانند. بعضی از آنها بخصوص وضعی داشتند که تعیین شباهت آنها به جانداران زمینی آسان نبود. گروهی دیگر از دانشمندان نیز چند کندریت کربن دار را به منظور یافتن این ذرات میکروسکوپی مطالعه کرده اند. بعضی از آنها چیزی نیافتند. اما گروهی مشاهدات قبلی را تأیید کردند. عده ای نیز این ذرات میکروسکوپی را یافتند ولی چنین عقیده دارند که بعضی از این عنصرهای سازماندار بلورهای مواد غیر آلی اند و برخی آلودگی زمینی مانند دانه های گرده یا هاگ. بنابراین درباره ماهیت این عنصر های سازماندار سه امکان وجود دارد :

۱. یا صوری از جانداران گیاهی هستند؛
۲. یا اینکه بلور هایی از مواد آلی یا غیر آلی اند؛
۳. یا آلودگیهای زمینی اند.

این تحقیقات همچنان ادامه دارند و تکنیکهای بسیار دقیق تنها وسیلهای هستند که می توانند اطلاعات ارزندهای در این زمینه به دست دهند و توافقهایی در باره ماهیت این تحقیقات به وجود آورند.

این انتقاد بر همه شهابسنگهایی که در اختیار داریم وارد است، زیرا همه آنها سالها، و حتی صدها سال در زمین بوده اند و بدون شك آلوده شده اند. بیشتر این کندریت های کربن دار هنگامی به موزه ها آورده شده اند که مدت ها در معرض اتمسفر زمین قرار گرفته اند و به زمین اصابت کرده اند و به مدتی کما بیش طولانی روی خاک باقی مانده اند نیز به دست اشخاص جا به جا شده اند و در قفسه های موزه ها گرد خاک خورده اند، پس راهی برای آلوده نشدن آنها وجود نداشته است.

کندریت های کربن دار سنگ های بسیار متخلخل اند. روی این اصل ذرات ریزی که به ابعاد باکتری ها باشند به آسانی به درونشان نفوذ می کنند بدین جهت اگر چه بخش بیرونی يك شهابسنگ را پاك کنند و آن را در شرایط سترون شده جا به جا کنند هنگامی که آن را قطع می کنند تا که بخش درونی قطعات آن را تجزیه نمایند، بعید نیست که گردی شامل مواد آلی و حتی باکتری در آن پیدا شود. تشخیص اینکه آنچه درون شهابسنگی پیدا می شود به راستی در درون آن محصور بوده و

منشأ کیهانی دارد یا آنکه حاصل آلودگی محیط خارج است بینهایت دشوار است. واقع امر این است که تا شهابسنگی سترون شده برای مطالعه در اختیار نداشته باشیم، شاید راه حل این مسئله پیدا نشود. در حال حاضر هر گونه بررسی شهابسنگهای موجود باید با احتیاط مخصوص صورت گیرد.

جالب اینجاست که مقدار موادی که روزانه از فضا به زمین می‌رسد بسیار زیاد است. به طوری که تخمین می‌زنند روزانه قریب دویست تن شهابسنگ (و غبارهای شهابسنگی) بر سطح زمین فرو می‌ریزد و گردی که از ستاره‌های دنباله‌دار بر زمین می‌ریزد روزی به ده هزار تن می‌رسد. اگر به دورانیهای زمین‌شناسی بنگریم، خواهیم دید که مقادیر معتنا بهی از این مواد بر زمین نشسته‌اند. و بخش قابل توجهی از آنها منشأ آلی دارد و شاید بعضیها نیز منشأ حیاتی داشته‌اند. اما نمی‌دانیم که این مواد چه نقشی در منشأ و تکامل حیات بر زمین ایفا کرده‌اند؟ و از کجا به زمین آمده‌اند؟ مواد دیگری نیز از فضا به زمین می‌رسند که مقدار آنها بسیار کمتر است. این مواد عبارتند از «تکنتیتها» (Tektites) که از سنگهای شیشه‌ای هستند و فرض می‌شود که بر اثر برخورد شهابسنگها به سطح ماه از آن جدا شده‌اند. ولی تکنتیتها حاوی مواد آلی نیستند، شاید دمای زیاد موجب آنها مواد آلی در آنها باقی نگذاشته است.

اطمینان دارم که وسوسه زیاد دانشمندان را تا بدانجا پیش

برده است که درباره نتایج حاصل، بخصوص در زمینه هایی از این قبیل به مبالغه می پردازند. هر آدمی ممکن است چنان تحت تأثیر قرار گیرد که چیزها را چنانکه می خواهد ببیند، اما دانشمندان تسلیم این ضعف آدمی نمی شوند. ولی کاوش در شهابسنگها به امید یافتن جاندارانی از جهان دیگر به قدری وسوسه کننده است که هر کسی را یارای ایستادگی در برابر آن نیست. از این روست که باید این قبیل تحقیقات را با تردید مطالعه کرد. برای روشن شدن این نکته مقاله ای را که د. اف. زیگل (D. F. Zigel) در سال ۱۹۶۲ در نشریه روسی **شعله کوچک** (Ogonek) منتشر کرده بود در اینجا می آوریم. این مقاله مربوط به شهابسنگی موسوم به **سیخوته** - **الینسکی** (Sikhote-Alinskiy) است که در سال ۱۹۴۷ در روسیه سقوط کرده و گروهی از دانشمندان شوروی آن را مورد مطالعه قرار داده اند. ترجمه قسمتی از مقاله نامبرده چنین است:

«برای اطمینان از اینکه آزمایش با مواد کاملاً سترون شده انجام گیرد، قطعه ای از شهابسنگ **سیخوته الینسکی** را به مدت يك ساعت در اتو کلاوی با دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد، دمایی که برای جانداران معمولی کشنده است، و فشاری معادل ۶ تا ۱۸ اتمسفر نگه داشتند. سپس با وسایلی که به دقت سترون شده بود تمام لایه خارجی آن را (بخشی که با زمین تماس مستقیم پیدا کرده بود) جدا کردند.»

«برای ساییدن خرده‌های باقیمانده و تبدیل کردن آنها به گرد، از يك اره جراحی سترون شده استفاده کردند. سارکوپتونیك (Sarcopeptonic) خوراك مهمانان ناخوانده فضایی نیز با روش فوق سترون شد.»

«سرانجام مرحله قطعی آزمایش فرا رسید. گرد شهابسنگ را در محلول کشت ریختند و مخلوط حاصل را در يك دمای (Thermostat) با دمای ۳۷ درجه قرار دادند.»

«روز اول بدون حادثه گذشت. ولی روز دوم ورقه نازک میکروسکوپی که به زحمت دیده می‌شد در سطح کشت ظاهر گشت. قطره‌ای از محلول را مورد بررسی قرار دادند و دیدند که حاوی میکروبهای متحرك، یعنی مهمانانی زنده از کیهان است.»

از تحقیقات بعدی این طور معلوم شد که این باکتریها را می‌توان به مدت يك ساعت در دمای ۱۸۰ درجه سانتیگراد نگه داشت. مقاله نامبرده درباره منشأ شهابسنگ مورد مطالعه نیز به تحقیق نظری پرداخته و آن را جزئی از کمر بند خرده سیارات با سیاره‌ای که از هم پاشیده دانسته است.

موجودات هوشمند

وقتی که درباره حیات سیاره‌های دیگر بحث می‌کنیم، نمی‌توانیم به امکان وجود موجودات هوشمند در آنها نیندیشیم. چنانکه

تخمین زده‌اند، تنها در کهکشان ما بیش از $۱۰^{۱۱}$ ($۱۰^{۱۱}$ برابر یک صد هزار میلیون است) خورشید وجود دارد که ابعاد بیشتر آنها در حدود ابعاد خورشید ماست. احتمالاً در تمام عالم بیش از $۱۰^{۲۳}$ (یعنی عدد یک با ۲۳ صفر در سمت راست آن) خورشید موجود است. دیدیم که هر سیاره چه رابطه‌ای باید با خورشید خود داشته باشد تا زندگی در آن به وجود آید و باقی بماند. سیاره باید حلال مناسبی (چون آب) به مقدار فراوان داشته و صاحب اتمسفری باشد که مایع حلال را نگه دارد. برای آنکه سیاره بتواند اتمسفر داشته باشد باید حجم آن معین و فاصله آن تا خورشید نیز مشخص باشد. تغییرات دمای آن نیز باید متناسب با اوضاع شیمیایی مورد نیاز آن باشد یعنی نه خیلی گرم و نه بسیار سرد. خورشیدی که سیاره به دور آن می‌گردد باید مدت معینی پایدار بماند تا زندگی بتواند در آن سیاره به عرصه برسد. مدار گردش سیاره به دور خورشید نباید از مرکز خیلی دور باشد، نیز حداکثر و حداقل تغییر عوامل محیط نباید چنان باشد که زندگی نتواند به وجود آید. چنانکه دیده‌ایم یکی از نه سیاره منظومه شمسی ما (زمین) واجد همه این شرایط لازم است. و دیگری (مریخ) احتمالاً چنین است. از آنجا که خورشید مایک ستاره متوسط این کهکشان است، پس باید انتظار داشته باشیم که ستاره‌های دیگر نیز برای سیاره‌های خود چنین شرایطی فراهم کرده باشند. مسئله این است که در چندتا از سیاره‌هایی که دارای شرایط لازم برای حیات هستند نوعی از موجودات

هوشمند به ظهور رسیده‌اند؟ با در نظر گرفتن تعدادی از ستاره‌ها که صاحب سیاره‌اند، و آن عده از سیاره‌ها که دارای محیط مناسب پیدایش حیاتند، وعده سیاره‌هایی که واقعاً منشأ ظهور حیات گشته‌اند، و سیاره‌های مسکونی که موجودات هوشمند دارای تکنولوژی هستند و آنهایی تکنولوژی پیشرفته دارند و می‌توانند ارتباطات فضایی برقرار کنند، و عمر کل این گونه تمدنها، به این نتیجه می‌رسیم که از این گونه سیاره‌ها بین ده‌هزار تا یک میلیون در کهکشان ما وجود دارند. گرچه این عدد بزرگ می‌نماید ولی گویای آن است که یک صدم درصد، تا یک ده‌هزارم درصد ستاره‌های کهکشان ما دارای سیاره‌ای صاحب موجوداتی دارای تمدن پیشرفته‌اند. گرچه این تعداد از نظر نسبت درصد کم است، عده سیاره‌هایی که تمدن پیشرفته‌تر از ما دارند بسیار زیاد خواهد بود. اکنون که ما در آستانه سفر به فضا هستیم، این تمدنهای پیشرفته بایستی قدرت سفرهای فضایی را به دست آورده باشند. این موضوع این اندیشه را به ذهن ما راه می‌دهد که می‌توانیم با یک یا چند تمدن پیشرفته از این قبیل ارتباط برقرار کنیم. آیا بعضی از آنها به زمین آمده‌اند؟

دکتر **کارل ساگان** (Dr. Carl Sagan) از رصدخانه فیزیک نجومی دانشگاه هاروارد، و دیگران، درباره این امکانات به تحقیقات نظری ریاضی جالبی پرداخته‌اند. طبق محاسبه دکتر **ساگان** اگر 10^{11} تمدن پیشرفته وجود داشته باشد و هر یک تعداد معینی سفینه فضایی برای برقراری ارتباط بین سیاره‌ای فرستاده باشد، با هر یک از سیاره‌های

کهکشان ما می‌بایست به‌طور متناوب ارتباط برقرار شده باشد. اگر ارتباطها صرفاً تصادفی باشند، هر ستاره‌ای تقریباً هر ۱۰۰۰۰۰۰ سال يك بار مورد بازدید تمدنهای پیشرفته قرار می‌گیرد. بنابراین منشأ و تکامل حیات هر يك از سیاره‌های کهکشان قابل بررسی است. هر سیاره‌ای که به‌تکامل موجودات هوشمندی که قادر به برقراری ارتباط باشند برسد، تعداد نسبی ارتباطهای تمدنهای پیشرفته افزایش می‌یابد، و هنگامی فرا می‌رسد که تقریباً هر ۱۰۰۰ سال يك بار تمدنی مورد بازدید تمدن دیگر قرار می‌گیرد. دکتر **سازمان** از این فراتر می‌رود و دربارهٔ سیارهٔ ما می‌گوید که در حدود صد تا دویست میلیون سال پیش، یعنی هنگام فرمانروایی دینوزورها در زمین، نمونه برداری از سیارهٔ ما به‌وسیلهٔ تمدنهای دیگر، می‌بایست به ۱۰۰۰۰ سال يك بار رسیده باشد. در اوایل آخرین عمر یخبندان، تکامل سازمان اجتماعی، هنر، مذهب و تکنولوژی بر نسبت این ارتباطها افزوده است. اگر اکنون فواصل میان نمونه‌برداریها از سیاره ما فقط چند هزار سال است می‌توانیم انتظار داشته باشیم که در طول ادوار تاریخی ارتباطی کیهانی صورت گرفته است.

شك نیست که گزارشهایی موثق یا مدرکی از این قبیل بازدیدها، دست کم در چند قرن گذشته، در دست نیست. اما هنگامی که به اساطیر و افسانه‌ها مراجعه می‌کنیم، با داستانهای جالبی از مهمانان فضایی روبه‌رو می‌شویم. ظاهراً در مورد تمدن سومریهای باستان بعد از چنین

بازدید، پیشرفتی ناگهانی در صنعت پدید آمده است. اما اینها مسائلی ذهنی هستند و ارزیابی آنها با روشهای علمی به راحتی غیر ممکن است.

تکنیک دیگری که در تشخیص موجودات هوشمند در سیاره‌های دیگر مورد استفاده است و می‌توان آن را جدیدتر تلقی کرد تکنیکی است که در ایالات متحده به کار برده شده است.

فرض این است که تمدن پیشرفته بتواند بوسیله امواج رادیویی یا امواج دیگر ارتباط برقرار کند. سفر بین ستارگان با راکت‌های کنونی امری غیرممکن است زیرا مسافتات بسیار زیاد و مدت لازم برای طی آنها بسیار طولانی است. نزدیکترین ستاره‌ها صدها یا هزارها سال نوری از زمین فاصله دارند. (سال نوری مسافتی است که نور در یک سال طی می‌کند و آن قریب 10^{13} کیلومتر یا ده میلیون میلیون کیلومتر است.) این بدان معنی است که اگر سفینه‌ای فضایی با سرعتی در حدود سرعت نور ($300,000$ کیلومتر در ثانیه) داشته باشیم، مدت سفر دوسره به نزدیکترین ستاره‌ها در حدود هزار سال می‌شود. هنگامی که آدمی را در چنین سفرهایی به تصور آوریم با اشکالات بسیار روبه‌رو خواهیم شد، اگرچه مسئله زمستان خوابی را برای آدمی ممکن بدانیم.

بنابراین باید در جستجوی وسایل ارتباطی عملی‌تری، چون امواج رادیویی بود. طرح اوسما (Osma) بدین منظور در رصدخانه

ملی «نجوم رادیویی» در گرین بانک ویرجینیای غربی تأسیس شد. در سال ۱۹۶۰ به مدت چند ماه به طور مداوم فضا را به منظور دریافت علایم رادیویی از سیاره‌های دیگر، تحت نظر گرفتند. در این مورد که ستارهٔ **تاوستی** (Tauceti) و **اپسیلون اریدانی** (Epsilon Eridani) بادستگاه مراقب مطالعه می‌شدند هیچ گونه علامتی تشخیص داده نشد. بدیهی است که، عظمت و اشکالات این طرح بسیار است. بسیاری چیزها را در این زمینه باید پذیرفت؛ از جمله فراوانی بررسی ستاره‌هایی که انتخاب می‌شوند (چون متوجه ساختن دستگاه مراقبت به هر ستاره‌ای غیرممکن است) و اینکه به چه نوع «زبانی» باید گوش داد. دکتر **فرانک درک** (Dr. F. Drake) از مؤسسه طرح اوسما نتیجه گرفت که متداولترین وسیلهٔ ارتباطی بین ستاره‌ای باید علامتهای رادیویی با امواج بسیار کوتاه باشد. تکنولوژیی که این علامتها را دریافت کند در دست هست، اما برای آنکه همهٔ امکانات را در بر گیرد طرح طویل‌المدة کاملی با هزینهٔ هنگفت لازم است. مطمئناً وسایل دیگری برای برقراری ارتباط بین ستاره‌ای وجود دارد، اما هیچ‌یک در توجیه پی‌گیریها، آنقدرها موفقیت‌آمیز به نظر نمی‌رسد.

فصل ششم

زیست‌شناسی آزمایشی در فضا

در تابستان سال ۱۹۶۲ گروهی دانشمند در زمینه‌های مختلف علوم، از جمله زیست‌شناسی، به دعوت شورای ملی علوم فضایی اکادمی علوم درامز، یووا (Ames, Iowa) گرد آمدند. هدفشان بررسی و ارزیابی علوم در فضا بود. نظر کلی بر این بود که جستجوی حیات کیهانی مهمترین هدف زیست‌شناسی فضایی است.

اما دانشمندان شرکت‌کننده توجه داشتند که انجام تحقیقات اساسی دیگر نیز امکان‌پذیر است و در این باره مطالب زیر را بیان داشتند: «عوامل متعددی می‌توان در محیط فضا تشخیص داد که اهمیت حیاتی آشکار دارند و با عواملی که در زمین حکمفرما هستند از لحاظ کمیت و حتی از نظر کیفیت متفاوتند. بنا بر این امکان دارد که عوامل محیطی متغیر منحصر به فرد (یا محدودی از عوامل شناخته شده که بدان دسترسی نداریم) موجود باشند که بتوان با استفاده از آنها

تئوریهای زیست‌شناسی موجود را به نحوی دقیق مورد آزمایش قرار داد. به عنوان مثال تأثیر حالت نزدیک به بیوزنی و تأثیر محیطی را که کاملاً بی‌ارتباط با حرکت وضعی زمین باشد به اختصار بیان می‌کنیم. برای پیشگویی الگوهای رفتاری گوناگون جاندارانی که در این گونه شرایط قرار می‌گیرند، در هر دو مورد مبانی تئوریک وجود دارد. در همه شاخه‌های حیوانات و گیاهان الگوهایی از جهت‌یابی، رشد یا پاسخهای دیگری که به میدان جاذبه زمین می‌دهند می‌توان تشخیص داد. در عوامل گوناگون حیاتی بسیاری از گیاهان و حیوانات نوسان‌های شبانه‌روزی مشاهده شده است. ساز و کار دستگاه‌هایی زیستی که جاذبه زمین یا زمان را احساس می‌کنند، در بیشتر موارد یا ناشناخته است یا به خوبی شناخته نشده است. مطمئناً چند ساز و کار حسی که تفاوت‌های اساسی دارند، به نیروی جاذبه زمین پاسخ می‌دهند. بنابراین تحقیق نظری باطلی نخواهد بود اگر نظر داده شود که، فضا آنچه محیط جدید برای جانداران شناخته شده فراهم می‌سازد، نه تنها وسیله بررسی ارتباطاتی است که امروزه به گمان ناشناخته شده اند بلکه کشف ارتباطات پیش‌بینی نشده را نیز نوید می‌دهد.»

گروه نامبرده زمینه‌های مخصوصی را پیشنهاد کردند که می‌توان در باره آنها آزمایش‌هایی در سفینه‌های فضایی انجام داد. اینک بعضی از آنها را مورد مطالعه قرار می‌دهم تا ببینیم چه هستند و چه کاری می‌توان انجام داد.

جاذبه زمین

میدان جاذبه زمین را واحدی به نام G اختیار می کنند. نیروی جاذبه زمین واحدی است که در باره آن غالباً اشتباه می کنند. شاید لازم باشد که آن را به نحو روشنتری تعریف کنیم. قانون جاذبه را آیزاک نیوتن در سال ۱۶۸۷ عنوان کرد. نیوتن یافت که بین هر دو جسم موجود در جهان نیرویی اثر می کند. مقدار این نیرو به جرم هریک از دو جسم بستگی دارد و با حاصل ضرب جرم آنها متناسب است. فاصله میان دو جسم هر چه باشد این نیرو وجود دارد ولی هر قدر فاصله کمتر باشد نیرو بیشتر است.

از آنچه گفته شد بیدرنگ می توان چند نکته را دریافت: یکی آنکه چیزی به نام جاذبه صفر وجود ندارد. از آنجا که همه ذرات و همه اتمها، صرف نظر از فاصله میان آنها، نسبت به هم کششی دارند، هرگز کشش صفر وجود نخواهد داشت، بلکه می تواند به صفر نزدیک شود. پس وقتی که گفته می شود سفینه ای فضایی از میدان جاذبه زمین خارج شده است، گفته ای مهمل است. سفینه ای که به دور زمین می گردد کاملاً تحت تأثیر نیروی جاذبه آن قرار دارد و به این نیرو به صورت سقوط به سوی زمین پاسخ می دهد. تازمانی که سفینه با سرعت درست سیر می کند، درمداری به گرد زمین قرار می گیرد. اگر سرعت حرکت سفینه بیشتر باشد مدار آن به تدریج بزرگتر می شود تا آنکه جاذبه زمین دیگر در مدار اثر نداشته باشد. در این حال ممکن است سفینه به دور

جسم دیگری مثلاً خورشید به گردش در آید. اما اگر سرعت سفینه کمتر باشد مدار آن رفته رفته کوچکتر می‌شود و اتمسفر زمین حرکت سفینه را کند می‌سازد و سرانجام سفینه به زمین اصابت می‌کند.

جسمی را که در حال سقوط آزاد است نمی‌توان از نظر فیزیکی از جسمی که در مدار زمین می‌گردد تمیز داد، هر دو جسم بیوزن‌اند. جسمی که بر روی آب شناور است دارای چنین وضعی نیست. غالباً شناور بودن را با بیوزنی اشتباه می‌کنند، اما چنانکه می‌توان به تجربه دریافت، جسم شناور در برابر نیروی جاذبه زمین آزادانه واکنش نمی‌کند و جسم در حال سقوط آزاد نیست. بلکه چون شخصی که روی صندلی نشسته‌است، از واکنش آزاد آن به نیروی جاذبه جلوگیری می‌شود. بنابراین تنها در صورتی می‌توانیم «جاذبه صفر» را به تجربه دریابیم که مولکولهای پیکر، آزادانه در برابر نیروی جاذبه مولکولهای کره زمین، یا هر سیاره‌ای که بر روی آن قرار داشته باشیم، واکنش نکنند. ماه، که جرمی کمتر از جرم زمین دارد جاذبه کمتری بر پیکر ما خواهد داشت و وزن ما بالنسبه کمتر خواهد بود.

هنگامی که دو جسم در حال تماس مستقیم باشند پاسخ آزاد به به میدان جاذبه و بیوزنی حاصل از آن غیر ممکن است. بدین جهت است که پدیده «جاذبه صفر» به خوبی مفهوم نیست. سقوط آزاد بر سطح

زمین فقط در دوره‌هایی چند ثانیه‌ای، در آغاز ورود به اسانسور یا سوارشدن در هواپیمایی که در مسیر سهمی مخصوصی پرواز می‌کند حاصل می‌شود و به هر صورت مدت آن فقط چند ثانیه است. هرچند می‌توان میدان جاذبه را به آسانی افزایش داد (در سانتریفوژور) و مدت‌هاست که از نیروی جاذبه بیشتر از G در آزمایشگاه به عنوان وسیله تحقیق استفاده می‌شود، اما هنوز در باره جنبه دیگر مسئله، یعنی جاذبه کمتر از G ، عملاً چیزی نمی‌دانیم.

میلیونها سال است که حیات تحت تأثیر میدان جاذبه زمین که مقدار عددی آن را که G گرفته‌ایم به وجود آمده و تکامل یافته است. همین واقعیت منشأ بسیاری پرسش‌هاست که بی‌جواب مانده‌اند:

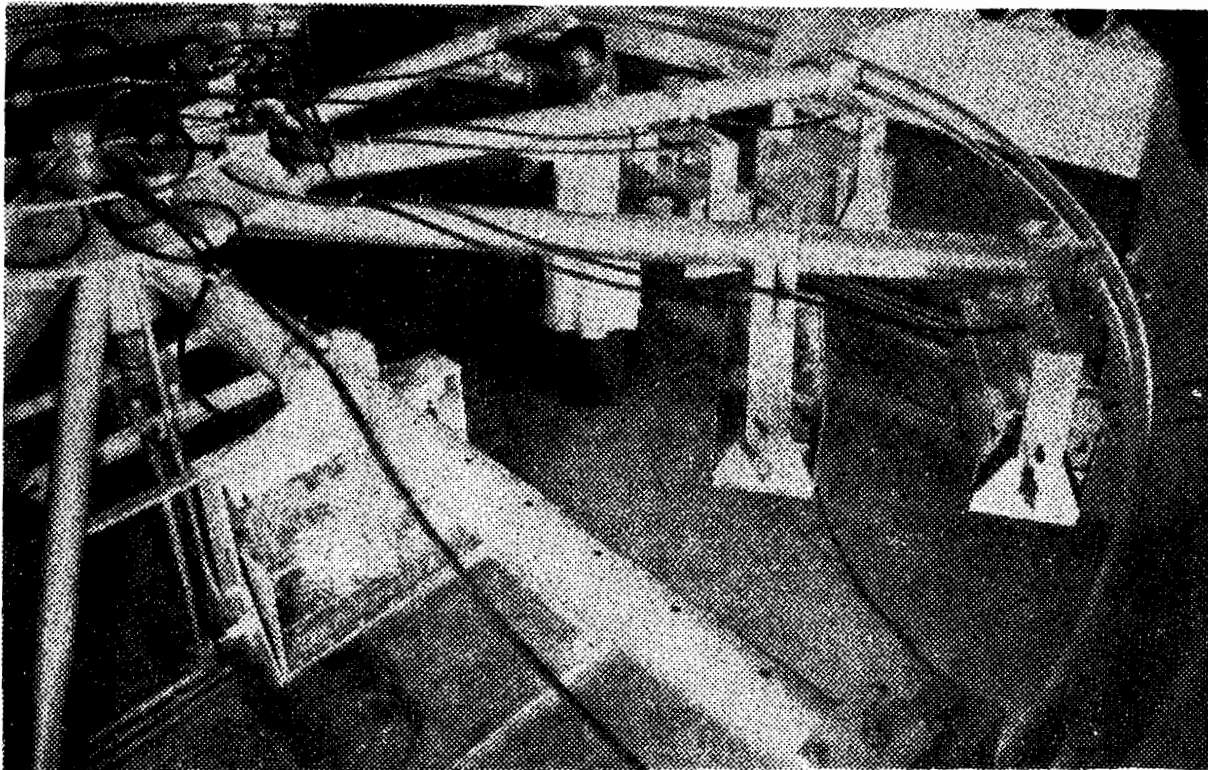
- ۱- آیا میدان جاذبه نقش مؤثری در تکامل زیستی ایفا می‌کند؟
- ۲- آیا نقش زیستی میدان جاذبه در تراز جاندار کامل است؟ در تراز سلولی است؟ یا در پایینتر از تراز سلولی است؟
- ۳- جانداران چگونه میدان جاذبه را احساس می‌کنند؟
- ۴- هنگامی که جانداران تمام مدت عمر در معرض جاذبه‌ای کمتر از G یا بیشتر از آن قرار گیرند به چه صورت بدان پاسخ می‌دهند؟
- ۵- آیا امکان دارد که از میدان جاذبه کمتر از G مثل جاذبه

بیشتر از G به عنوان وسیله تحقیق استفاده کرد؟

در حال حاضر این امکان هست که به این پرسشها و پرسشهای دیگری مربوط به اهمیت حیاتی احتمالی جاذبه زمین و نیز به عوامل دیگر محیط که در زمین تا حدودی ثابتند ولی در اجرام کیهانی دیگر ممکن است متغیر باشند، پاسخ گوییم. - عوامل متغیر دیگر شامل میدان مغناطیسی زمین نیز هستند. کره زمین مانند مغناطیسی غول پیکر است و میدانهای نیروی مغناطیسی گرداگرد آن وجود دارند. این میدان مغناطیسی در سطح زمین بسیار ناچیز (در حدود 5×10^{-5} گوس) است، اما به هر صورت پدیده‌ای فیزیکی است که جانداران تحت تأثیر آن به وجود آمده و تکامل یافته‌اند. دانش ما در باره اهمیت حیاتی میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی بسیار کم است. اما تأثیر میدانهای مغناطیسی شدید و کم شدت را می‌توانیم در آزمایشگاه مورد مطالعه قرار دهیم. می‌توانیم میدان مغناطیسی زمینی را در آزمایشگاه حذف و اثر فقدان آن را در جانداران مطالعه کنیم. نیز می‌توانیم مغناطیسهای نیرومندی را در آزمایشگاه به کار ببریم و تأثیر آنها را بر جانداران مشاهده کنیم.

هر گاه منظور مطالعه تأثیر مشترك ثابتهای فیزیکی باشد که بر اعضا و دستگاههای جانداران زمین تحمیل شده‌اند، نیز مطالعه عواملی منظور باشد که در حال حاضر کاملاً ناشناخته‌اند، قمر مصنوعی صورت يك ضرورت پیدامی‌کند. بسیاری از دستگاههای بدن جانداران نسبت

به‌زمان با الگویی بسیار دقیق کنش می‌کنند. ظاهراً الگوها به‌وسیلهٔ «ساعت‌های زیستی» کنترل می‌شوند و ما از نحوهٔ کار آنها به‌کلی بی‌اطلاعیم. نمونه‌های بسیاری از رفتارهای منظم دوره‌ای و حتی موزون در گیاهان و جانوران مشاهده می‌شود. بیشتر این موزونیها پدیده‌های شبانه‌روزی هستند که آنها را موزونی شبانه‌روزی (Circadian) گویند. جانداران بعضی از کارهای خود را به‌طور آشکار و منظم در ساعات معین شبانه‌روز انجام می‌دهند. سالهاست که زیست‌شناسان مشغول مطالعهٔ این پدیده‌اند و آزمایش‌های بسیاری برای شناختن ساز و کارهای کنترل - کنندهٔ این موزونیها انجام داده‌اند. مثلاً **دوموان** (de Maivan) ستاره - شناس فرانسوی در سال ۱۷۲۹ متوجه شد که برگ‌های بعضی از گیاهان در محیطی که نور و دما در آن ثابت است به‌طور منظم به‌سمت بالا و پایین می‌جنبند. می‌دانیم که گیاهان نورگرا (Phototropic) هستند، یعنی برگ‌های آنها به‌نور پاسخ می‌دهند و در روز به «سوی» خورشید گرایش دارند، اما جنبش برگ‌ها به‌سمت بالا و پایین ظاهراً به‌این نوع عوامل بستگی ندارد و می‌توان گفت که تاکنون توضیحی برای آن داده نشده است. در توجیه این مسئله دو نظریه وجود دارد: یکی آن است که علت این نوسانها تناوبهای ژئوفیزیکی ناشناخته است. دیگری آن است که عوامل کنترل کنندهٔ این نوسانها درونی هستند و محیط در آنها بی‌تأثیر است. و آنها را جزء لازم فعالیت روزانه هر سلول به‌شمار می‌آورند. اینکه جاذبهٔ زمین، میدان مغناطیسی، میدان الکتریکی یا



تصویر ۶-۱ دکتر اوایاما و سانتریفوژور در جانوران مورد آزمایش در مرکز تحقیق امز (ناسا)

میدانهای ناشناخته در این قبیل فعالیتهای سلولی تأثیر دارند یا نه معلوم نیست.

به وسیلهٔ قمری مصنوعی می‌توان جانداران را از دسترس عوامل محیط زمین (از جمله نیروی جاذبه) دور ساخت و درمکانی قرار داد که مطالعهٔ آنها، مستقل از بسیاری از عوامل فیزیکی، که تحت تأثیر آنها رشد و تکامل یافته‌اند، امکان‌پذیر گردد.

شاید جاذبهٔ زمین مؤثرترین عامل فیزیکی‌ای باشد که احتمالاً دارای اثرات فرعی زیستی است. با وسایل تحقیقی جدید نیز پیش‌بینی

تئوریک نتایج غالباً دشوار است. در باره اثرات «زیست گرانشی» (Bio-gravitational) نیز همین مسئله صدق می کند. سالهاست که زیست شناسان مشغول مطالعه تأثیر میدانهای جاذبه بیش از G و میدانهای جاذبه نامنظم (میدانهایی که از بیش از یک جهت اثر دارند) بردستگاههای زنده اند و در بعضی موارد به نتایج جالب رسیده اند.

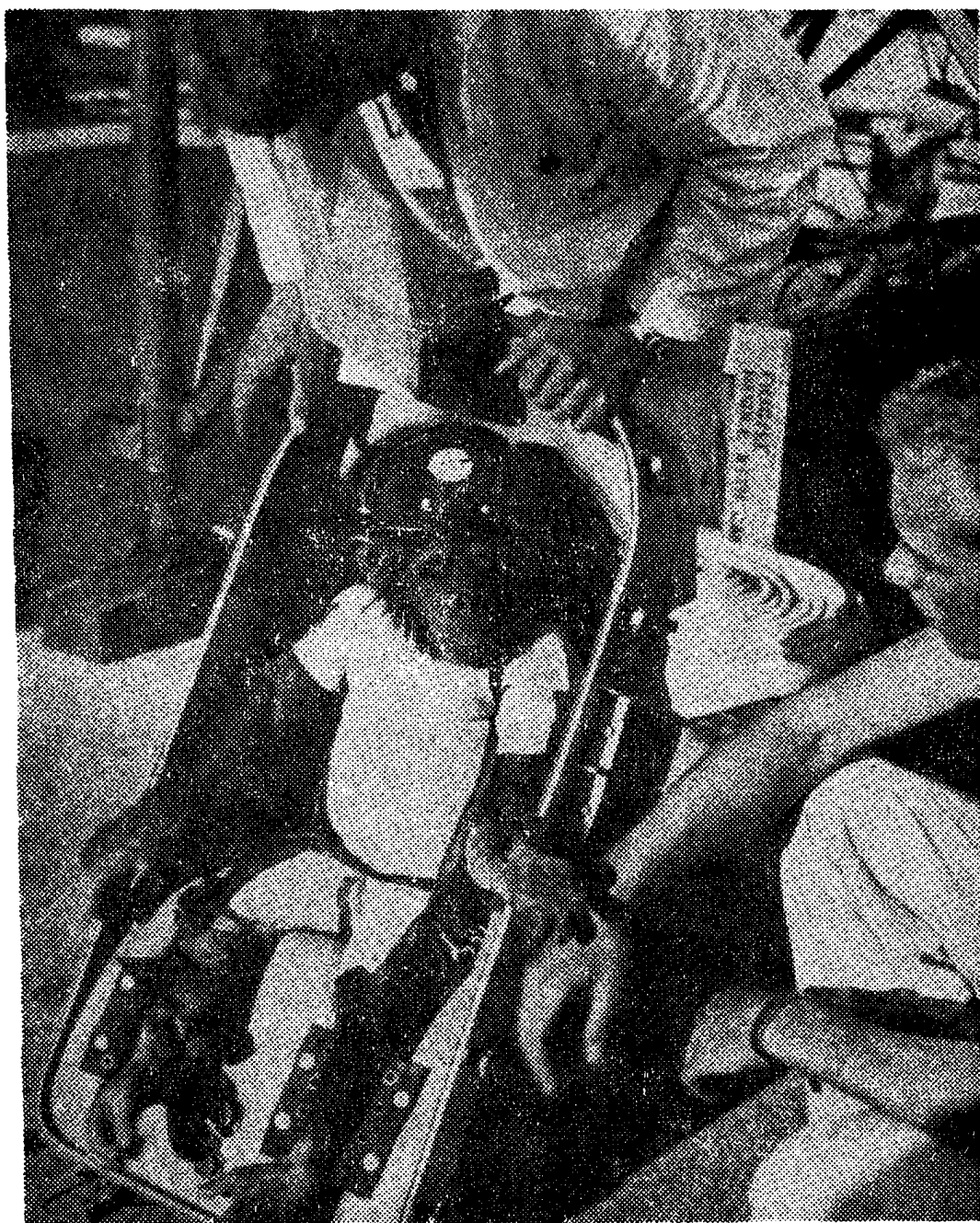
با نوع پاسخ گیاهان به جاذبه زمین آشنا هستیم. مثلاً می دانیم که ریشه دانه های لوبیای تازه رویده، به سوی مرکز زمین رشد می کند و رشد برگ های آن در خلاف جهت نیروی جاذبه است. حیوانات حتی به افزایش ناچیز نیروی جاذبه، بخصوص اگر مدت زیادی در معرض آن قرار گیرند، پاسخهای گوناگون می دهند. در چند آزمایش جوجه هایی را روی سانتی فوژور پرورش دادند و به جای آنکه آنها را به طور طبیعی تحت تأثیر جاذبه یک G قرار دهند در معرض سه یا چهار G قرار دادند. پاسخ آنها رشد غیر طبیعی بود. در بعضی از آنها گردن چنان به عقب خم شده بود که سر حیوان بر پشت قرار می گرفت. در آزمایشهای اخیر دکتر ج. اویاما (J. Oyama) در مرکز تحقیق امز (ناسا) موشهایی را در سانتی فوژور تحت تأثیر چهار یا پنج G قرار دادند، در نتیجه اختلالهایی در پساینتر از تراز سلولی در آنها مشاهده شد، به عبارت دیگر حتی فعالیتهای آنزیمی به نحوی مختل گردید.

تخمهای قورباغه، بلافاصله بعد از عمل لقاح، طوری می چرخند که

يك طرف آنها رو به پایین قرار می‌گیرد. اگر این تخم‌ها را به وضعی معکوس نسبت به جاذبه زمین قرار دهند به‌طور غیرطبیعی رشد می‌کنند. با در نظر گرفتن این اثرات و اثرات مشهود دیگر، اهمیت استفاده از «زیر جاذبه» (در قمر مصنوعی) به عنوان وسیله کشف چیز - هایی دیگر درباره سازو کارهای پدیده‌هایی چون، زمین‌گرایی، تقسیم سلولی، سوخت و ساز، تنوع سلولها، و نیز آهنگهای زیستی، آشکار می‌شود.

کوششهایی که تا کنون در استفاده از سفینه‌های فضایی برای آزمایشهای زیستی به عمل آمده‌اند، اگر با دقت علمی بدانها توجه شود ناموفق بوده‌اند و دلیل عمده آن از نقص کارآمدی سفینه‌ها بوده است. شاید از سفینه‌های آزمایشی باید چنین انتظاری داشته باشیم، ولی بسیاری چیزها درباره کارآمدی سفینه، ترتیب دادن آزمایشها، نیاز - مندیهای گواه‌دار، عملیات پرتاب و بازگرداندن سفینه و نیز درباره طرح و تفسیر اطلاعات حاصل کشف شده است.

به‌طور کلی می‌توان گفت که سفینه‌های فضایی نسل حاضر برای تحقیقات زیستی مناسب نیستند. بیشتر آزمایشهای قبلی را فقط به شرطی در سفینه‌ای اجرا می‌کردند که با هیچ يك از روشهای آزمودن سفینه معارض نبوده است. این خود ارزش این گونه آزمایشها را فراوان کاهش می‌داد، زیرا شرایط آزمایش، به‌صورتی که در آزمایشگاه کنترل می‌شود؛ کنترل شدنی نبودند. اگر میمون یا موشی را فقط بدین



تصویر ۲-۰۶ شمپانزه‌ای که برای پرواز دستون - مرکوری (۲)، تعلیم داده شده است

منظور به آسمان بفرستند که بدانند بدون عارضه مهم کنش می‌کند و زنده می‌ماند یا نه، عدم کنترل شرایط آزمایش چندان مهم نیست. اما

هنگامی که کشف رابطه علت و معلول مخصوصی در سلول منظور باشد این وضع غیر قابل تحمل است. به‌طور کلی می‌توان گفت که بازیافت مواد زیستی نیز برای انجام آزمایشهای رضایت بخش لازم است، این ضرورت تعداد سفینه‌های مناسب برای این منظور را فراوان محدود ساخته است.

در گذشته وضع چنان بود که دوازده ساعت پیش از پرتاب سفینه می‌بایست همه آزمایشها را آماده می‌کردند و در آن قرار می‌دادند. بازیافت سفینه در اقیانوس موجب می‌شد که مواد به‌سرعت در دسترس محققان قرار نگیرند. غالباً بازگرداندن مواد مورد آزمایش چند روز طول می‌کشید. معمولاً شرایط محیط درون دماغه سفینه چون دما نه کنترل می‌شد نه اندازه‌گیری، و حال آنکه این قبیل اندازه‌گیریها در هر گونه آزمایش مربوط به زیست‌شناسی « الزامی » است.

این اشکالات و اشکالات دیگر، طرح‌ریزی آزمایش رضایت بخش را برای زیست‌شناس بسیار دشوار ساخته است. اما در عین حال کوششهایی در این راه به‌عمل آورده‌اند. در سال ۱۹۵۸ در دماغه سفینه بازیافتی ژوپیترا^۱ که به‌فضا پرتاب شده بود آزمایشی برای مطالعه تأثیر جاذبه صفر بر تخم توتیای دریایی ترتیب داده به آسمان فرستادیم. چنانکه قبلاً در این کتاب دیده‌ایم یکی از پدیده‌های بسیار مهمی که دستگاہهای بدن جانداران نشان می‌دهند تقسیم سلولی است. این پدیده هم آسان مشاهده

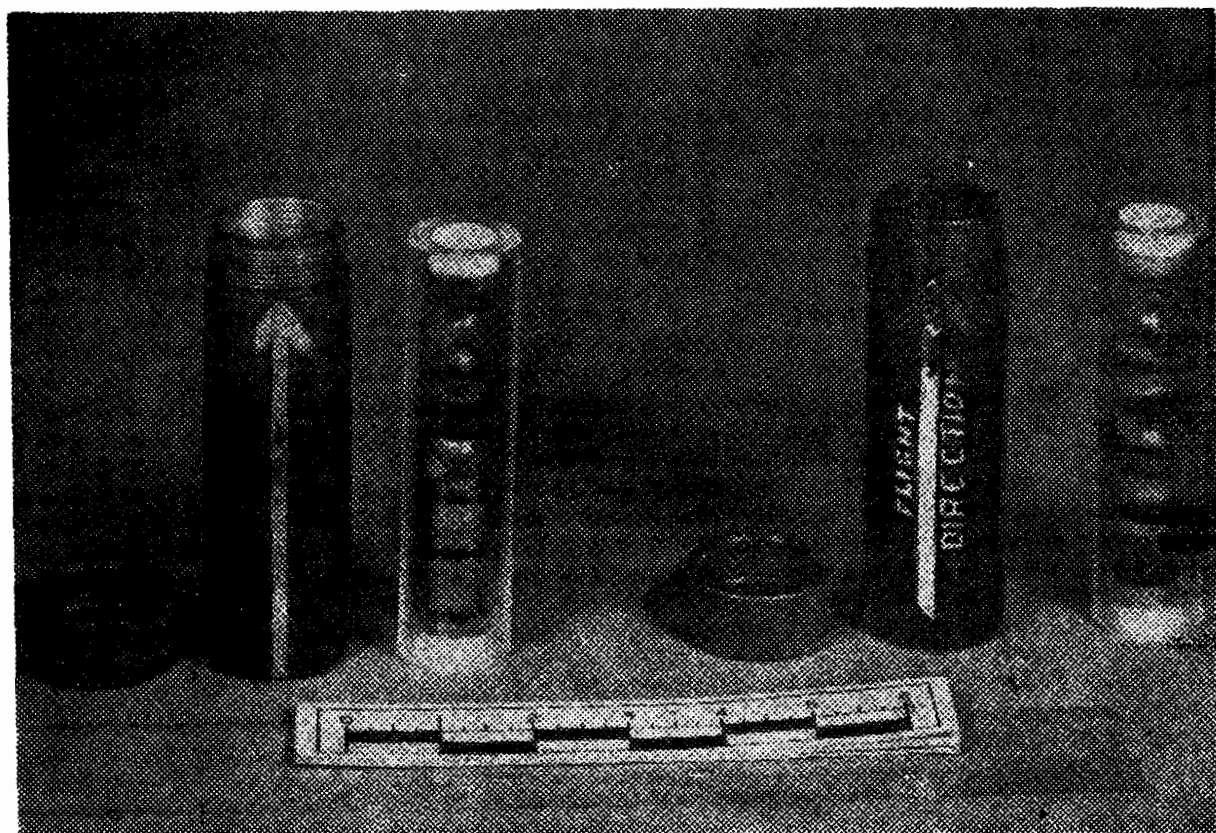
۱- به وسیله Army Ballistic Missile Agency

می شود و هم می توان با لقاح کردن يك سلول تخمك توتیا آن را به-
دلخواه براه انداخت.

وقتی که سلول تخمك لقاح می شود، اگر محیط تغییر نکند، به-
صورتی منظم و قابل پیشگویی آغاز به تقسیم می کند. تخم توتیا، بر-
خلاف تخم قورباغه، با واژگون شدن نسبت به میدان جاذبه زمین پاسخ
نمی دهد. بنا براین، دلیلی در دست نداریم که فقدان نیروی جاذبه
بر تخم توتیا تأثیر داشته باشد. آزمایشی از این قبیل باید عنوان آزمایش
اكتشافی داشته باشد و برای پرسش ساده ای طرح ریزی شود که جواب
آن آری یا نه باشد. و چنانچه اثری مشاهده شد، آزمایشهای بعدی طوری
طرح خواهند شد که مسئله را با تفصیل بیشتری تحلیل نمایند.

دماغه سفینه ژوپیتتر، هنگام پرواز به ارتفاع ۵۸۷ کیلومتری
رسید و از آنجا که برای گردش به دور زمین طرح ریزی نشده بود،
فقط در دوره ای به G صفر رسیده که در قله منحنی مسیر خود یعنی جایی
که چون جسمی در حال سقوط آزاد بود، سیر می کرد. در این حال
حرکت آن نه در نتیجه کار موتور تند شونده بود و نه مانند حالت
بازگشت بر اثر اصطكاك با اتمسفر زمین، کند شونده. بنا براین تمام
دوره بیوزنی در چنین پروازی فقط سه یا چهار دقیقه بود.

در نخستین آزمایش، اسپرم توتیای دریایی درست پیش از شروع
مرحله G صفر پرواز، وارد محلول (آب دریا) محتوی تخمك می شد.
در پایان مرحله G صفر، نوعی ماده تثبیت کننده به طور خودکار در



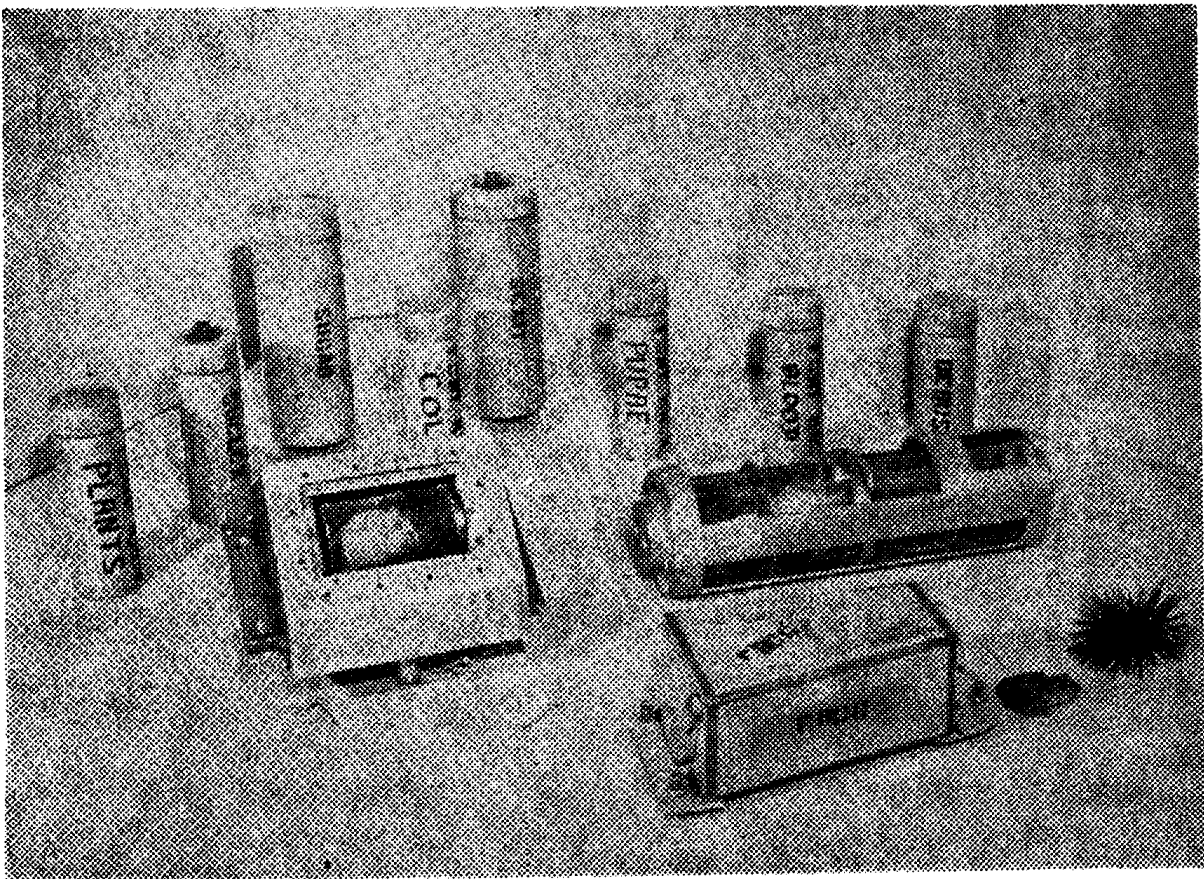
تصویر ۳-۶. اتاقک‌هایی که برای پرتاب تخمک واسپرم توتیا در دماغه سفینه ژوپیتر به کار رفته است (۱۹۵۸).

اتاقک آزاد می‌گشت تا همه سلول‌ها را بکشد و برای مطالعه بافت‌شناسی بعد از بازگشت دماغه سفینه به زمین محفوظ نگه دارد. از آنجا که زمان لازم برای عمل لقاح فقط یک یا دو دقیقه است، نخستین قسمت آزمایش منحصرأ این مسئله را می‌تواند روشن سازد که آیا در چنین شرایطی اسپرما توزوئید می‌تواند تخمک را لقاح کند یا نه. نخستین تقسیم سلولی تخم بسته به نوع تخمک و دمای محیط، از سی تا نود دقیقه بعد از عمل لقاح صورت می‌گیرد. آزمایش نخست به علت سمی بودن بعضی از مواد سازنده اتاقک بی نتیجه ماند و چند ماه بعد آزمایش

را با روش اصلاح شده‌ای تکرار کردند. در این آزمایش دستگاهی الکتریکی اسپرم توتیا را در اتاقک واجد تخمک چنان تزریق می‌کرد که بعضی از تخمکها روی سکوی پرتاب و پیش از پرواز لقاح می‌شدند و هنگامی که به مرحله G صفر پرواز می‌رسیدند نخستین سلول تخم صورت می‌گرفت. در اتاقکها دیگر مانند آزمایش قبلی اسپرم در ضمن پرواز رها می‌شد. در این دماغه مواد سلولی دیگری چون هاگهای کفک نوروپورا، سلولهای مخمر، سلول خون آدمی، کشت بافت، دانه های جو، پیاز، دانه‌های خردل را به منظور تشخیص آسیب حاصل از تابشهای هنگام پرواز جای داده بودند. متأسفانه سفینه حامل این مواد به درستی پرتاب نشد و اندکی پس از پرتاب منهدم گشت. «ناسا» پس از این اقدامات ابتدایی برنامه مداومی ترتیب داد که در آن ازرا کتهای پرتابی و قمرهای مصنوعی استفاده می‌شد.

تفاوت آزمایشهای کنونی با گذشته در این است که امروزه سفینه‌ها را طوری تغییر شکل می‌دهند یا می‌سازند که متناسب با احتیاجات آزمایشهای زیستی باشد. در حال حاضر ابتدا آزمایشها را ترتیب می‌دهند و سپس سفینه را متناسب با آنها طرح می‌کنند.

در سال ۱۹۶۱ سفینه «بیوس I (Bois I)» پرتاب شد تا کپسول کوچکی را برای آزمایشهای زیستی و فیزیکی در کمر بند پایینی وان آلن (Vān Allen) قرار دهد. این سفینه به نحوی طرح شده بود که محتویات خود را به مدت بیست و پنج دقیقه در معرض پرتوهای



تصویر ۴-۶ تمام محتویات کپسول دماغه سفینه ابتدایی (۱۹۵۸)

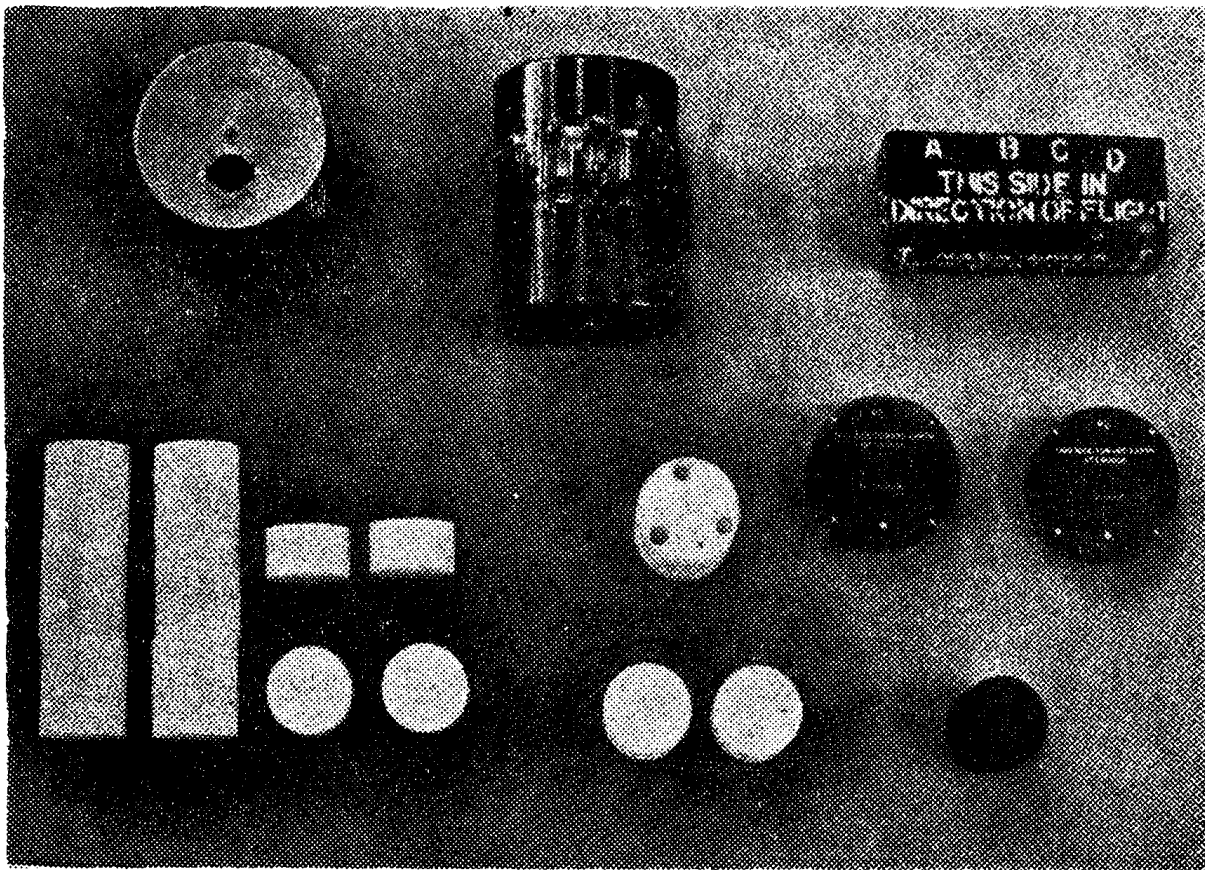
وان آلن و همزمان با آن در معرض G صفر، یا دقیقتر گفته شود، در زیر جاذبه قرار دهد. طرح سفینه بی‌سابقه بود و بسته‌هایی محتوی امولسیون هسته‌ای را که در قله منحنی مسیر سفینه از آن بیرون زده بودند و در زیر سپری از مقدار معلومی تنگستن قرار گرفته بودند با موفقیت حمل می‌کرد. نخستین سفینه (که **نرو I** « Nerv I » نام داشت) نمونه کوچکی از هاگهای **نوروسپورا** را نیز با خود برد و باز گردانید تا مورد تجزیه قرار گیرد. نتایج زیستی این آزمایش هیجان انگیز بود اما متقاعدکننده نبود. از آن پس قرار شد که این سفینه

بیشتر برای آزمایشهای زیست‌شناسی مورد استفاده قرار گیرد و امولسیون هسته‌ای اولیه به‌عنوان کنترل‌کننده اثر پرتوها در مواد زیستی همچنان حفظ گردد. برای تحقیق تأثیر ارتعاش سفینه و سرعت آن يك سلسله آزمایشهای گواه‌دار انجام گرفت. عوامل متغیر پرواز را تا آنجا که ممکن بود روی زمین تقلید کردند تا اطلاعاتی که ضمن پرواز به‌دست می‌آیند بیشتر قابل تفسیر باشند. شمارش معکوس پرتاب سفینه را هرچه ممکن بود فشرده‌تر کردند تا استقرار دستگاه‌های آزمایش در سفینه حتی المقدور نزدیک به‌زمان پرتاب سفینه باشد. با وجود این گاه لازم می‌شد که دستگاه بعضی آزمایشها را دوازده ساعت پیش از پرتاب سفینه در آن مستقر سازند. بدیهی است که ترتیبی نامتناسب بود. آزمایشگاههای سیار ساخته شد تا در محل پرتاب سفینه مورد استفاده قرار گیرند و دانشمندان آزمایشها را به‌راه اندازند و سپس آزمایشهای گواه‌دار را ضمن پرواز اداره کنند. از آنجا که بازگشت سفینه در اقیانوس انجام می‌گرفت، گروه دیگری از دانشمندان با آزمایشگاه سیار دیگری در کشتی نیروی دریایی مخصوص بازگرداندن سفینه، حاضر می‌شدند. این گروه نیز آزمایشها گواه‌دار را اداره می‌کردند و آماده بودند تا مواد رسیده را بی‌درنگ مورد تجزیه مقدماتی قرار دهند. بدیهی است هدف آن بود که طول مدتی را که آزمایش از دست آزمایشگر بیرون بود به حداقل برسانند و نیز هرچه بیشتر آزمایشهای معتبر گواه‌دار انجام دهند و

بدین ترتیب بردقت آزمایشها بیفزایند. روشن است که زیست‌شناس در این قبیل آزمایشها در شرایط غیرعادی کار می‌کند. کنترل چند عامل متغیر که در آزمایشگاه وجود ندارد باید با دقت بسیار انجام گیرد.

برای هر يك از این آزمایشها کپسولها و وسایل مخصوص آزمایش، درمرکز تحقیقات امرطرح‌ریزی و ساخته شده‌اند و موادی را که به کاربرده می‌شوند، از نظرسمی بودن به‌دقت موردآزمایش قرار داده‌اند. به‌طوری که معلوم شده، بسیاری از مواد (از جمله پلاستیک، فولاد زنگ‌نزن و لاستیک) که از نظر مهندسی برای ساختن ظروف آزمایش به‌مناسبت سمی بودن، از نظر زیستی قابل استفاده نیستند. بنابراین لازم آمد که فهرستی از موادجدید قابل استفاده گردآوری شود. از آنجا که دراین پروازها انتظار تغییردما نمی‌رفت مسئله کنترل دما مطرح نبود. اما تمام ظروف را، پیش از آنکه مورد استفاده قرار گیرند از نظر تحمل فشار و از نظر سمی بودن مورد آزمایش قرار دادند.

از آنجا که سفینه در کمر بند وان آلن وارد می‌شد و در زیر جاذبه قرار می‌گرفت، موقع برای انجام دو دسته آزمایش زیستی مناسب بود. چون تراز تابشها کمتر از آن بود که انتظار می‌رفت (در حدود يك رونتگن)، مواد زنده فوق‌العاده حساس برای آزمایش لازم بود. یکی از دلایل آزمایش دراین گونه پرتوهای کم مقدار، این بود که معلوم



تصویر ۵ - ۶ کپسولهای زیستی بیوز. سال پرواز ۱۹۶۱. (ناسا)

شود آگاهی دهنده‌های فیزیکی فضایی برای پیشگویی آسیبهای ارثی یا سلولی اطلاعات کافی به دست می‌دهند یا نه و آیا بین این پرتوها و عوامل دیگر چنین پروازی، هماهنگی وجود دارد یا نه؟ نیز این مسئله مورد توجه واقع شد که، پرتوهای این مناطق مرتفع هنوز به خوبی شناخته نشده‌اند. از کمسیون انرژی اتمی آزمایشگاه ملی اوک ریج^۱ خواسته شد که آزمایشهایی از این قبیل فراهم سازد. به

۱ - The Atomic Energy Commissions Oak Ridge National Laboratory

دانشمندان متفرد دانشگاه‌ها و صنایع و آزمایشگاه زیست‌شناسی مرکز تحقیقات «ناسا، امز» انجام آزمایش‌هایی توصیه شد. گذشته از آزمایش امولسیون هسته‌ای که در پناه سپر تنگستن حمل می‌شد، ظرف‌های دارای مواد زیستی که در پناهگاه نبودند نیز با ورقه نازک امولسیون هسته‌ای پوشانده شدند تا آثار پرتوها در هر آزمایشی به دست آید. آزمایش شهابسنگ کوچک نیز ضمیمه شد، زیرا سفینه می‌بایست در مسیر خود از میان باران شهابسنگ‌های کوچک بگذرد.

کپسول زیستی نامبرده دارای اجزای زیر بود:

۱- آزمایش جهش قبلی در «نوروسپورا» - این آزمایش در

اساس تکرار آزمایش فرو I و شامل نمونه‌ای از هاگ‌های کفک نوروسپورا بود که برای پی‌بردن به جهش‌های کنترل‌کننده مراحل سنتزهای زیستی سوخت‌وساز مواد حد واسط، بقای جمعیت و آسیب‌های فیزیولوژیکی احتمالی، مورد تجزیه قرار گرفتند.

۲- آزمایش جهش بعدی «نوروسپورا» - این آزمایش برای

آن بود که نسبت جهش حاصل از شرایط وابسته به تغذیه را با جهش در شرایط مستقل (وحشی) بسنجد.

۳- آزمایش جهش «مرگ‌آور موازنه شده» «نوروسپورا» -

این آزمایش مخصوص سلول‌هایی دوهسته‌ای بود که هر هسته به وسیله نشان‌دار ساختن یکی از ژن‌های شناخته می‌شد. بدین روش جهش مرگ‌آور هر یک از ژن‌های یکی از دو هسته موجب مرگ تمام

ژنوتیب آن هسته نشان‌دار می‌گردید و هویت آن تشخیص دادنی بود.

۴- آزمایش بقا و جهش «نوروسپورا کونیدیا» - این آزمایش متضمن اندازه‌گیری فراوانی جهشهای پسرفته مرگ‌آور در سلولی که دوهسته ناجور موازنه شده دارد، از نظر جهشهای زیست‌شیمیایی میان آنهاست. نیز تعیین بقای نسبی دو نژاد میکرو کونیدال و ماکرو- کونیدال و تخمین نرخ جهش قبلی می‌بایست مورد مطالعه قرار گیرد.

۵- تعیین قابلیت زیست با کتریهای حساس به پرتوها- با کتری اشریشیا کولی (*Escherichia coli*) پس از بازگشت سفینه از نظر قدرت بقا و جهش مورد مطالعه قرار می‌گرفت.

۶- اثر پرتوهای طبیعی بر کروموزومهای آدمی - برای این منظور گلبولهای سفید خون آدمی (در خون و در کشت) با سفینه فرستاده شد تا بعداً از نظر سلول‌شناسی برای انحرافهای کروموزومی مطالعه شود.

۷- تأثیر محیط فضا بر کروموزومهای سلولهای عصبی در جنین ملخ - این آزمایش بدین‌منظور طرح شده بود که تعیین کند آیا پرتوها، کافی برای ایجاد گسیختگی در کروموزومها هستند یا نه.

۸- اثر پرتوها بر ژنهای پایدار (مثل دانه‌های جو) - این، مطالعه جهش بعدی در اولاد حاصل از دانه‌هاست که پرتو را به مقدار بسیار کم تحمل کرده‌اند.

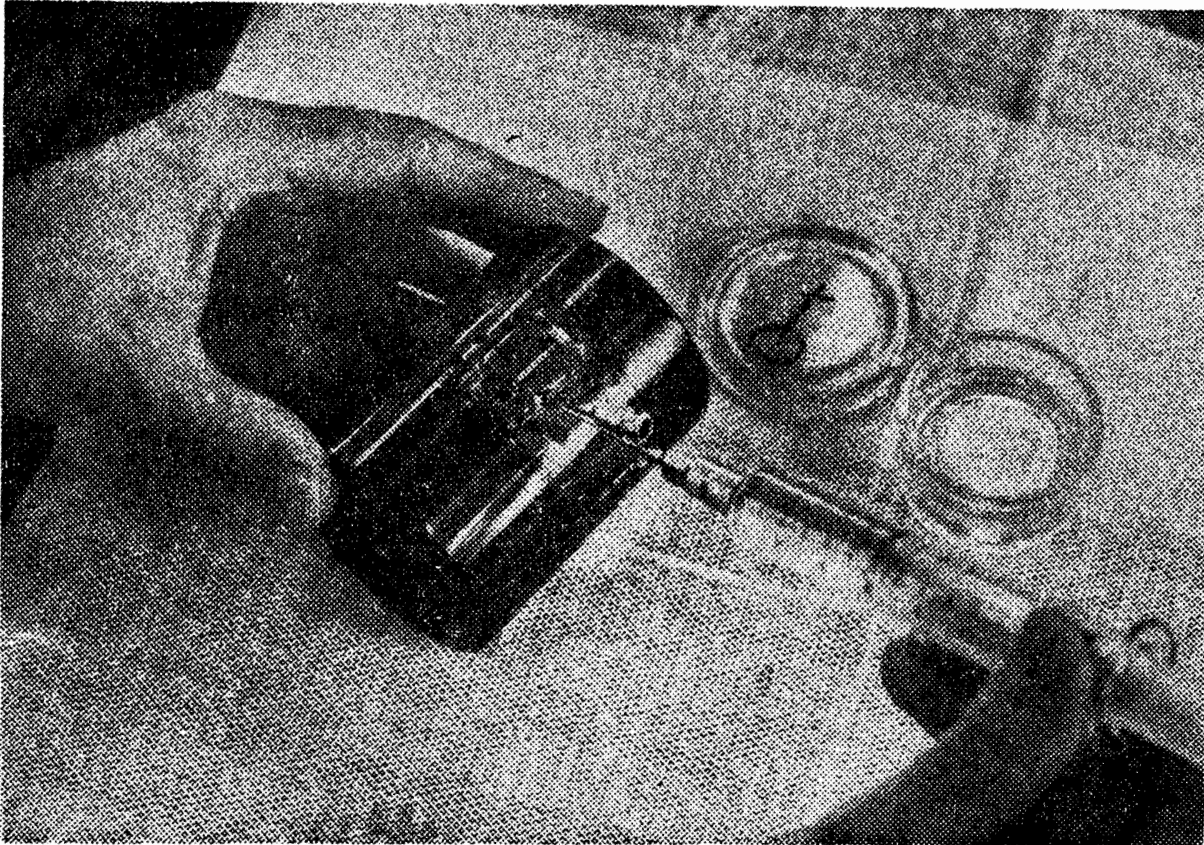
۹- تأثیر « زیر جاذبه » و تغییر وضع سریع در تقسیم مخصوص آمیبی به نام پلومیکس کارولیننسیس (*Pelomyxa Carolinensis*). این آمیب نسبت به پرتوها بالنسبه حساسیت ندارد. تقسیم این آمیب بدین صورت است که در موقع تقسیم سلولی همه هسته‌ها (که در هر آمیب بالغ بر صد عدد است) هم‌زمان تقسیم می‌شوند. ماهیت این همزمانی تا کنون مجهول مانده است. در این آزمایش تأثیری که بیوزنی و تغییر وضع سریع در حیوان دارد در مقایسه به آنچه در سطح زمین می‌گذرد بر میزان رشد آن و تقسیم همزمان هسته‌ها مطالعه می‌شود .

۱۰- آزمایش تولید میکروسفرها در وضع زیر جاذبه - استفاده از نیروهای چند برابر جاذبه زمین در ساترینفوژور نشان می‌دهد که نیروی جاذبه بر تولید واحدهایی زیست‌شیمیایی (به نام میکروسفر) اثر دارد که در غیاب نیروی جاذبه کاملاً يك اندازه می‌شوند. این آزمایش برای تعیین اثر « زیر جاذبه » بر ساخته شدن میکروسفرها طرح شده است.

۱۱- آزمایش تخم توتیای دریایی - این آزمایش همان است که قبلاً بدان اشاره شد.

جز دو آزمایش اخیر، دیگر آزمایش‌ها خود به‌خود انجام می‌گیرند. بدین معنی که برای انجام گرفتن آنها نیازی به نیرو یا به وسایلی که کاری را ناگهان آغاز کنند نیست. کپسول زیستی

کامل که در اینجا نشان داده شده است T_K T_K محفظه‌ها و وسایل مورد استفاده را نشان می‌دهد. نیروی به‌راه انداختن آزمایش توتیا (بالا سمت چپ) از ذخیره نیروی سفینه فراهم می‌شود و حال آنکه نیروی لازم برای آزمایش میکروسفر (بالا سمت راست) به وسیله باتریهایی که در خود ظرف آزمایش جای دارند تأمین می‌گردد. تمام وزن کپسول زیستی که در اینجا نشان داده شده است از ۱۵ کیلو گرم کمتر است. از آنجا که در سفینه بازگشت کننده دما کنترل نمی‌شد در مرکز تحقیق از دستگاههایی برای ثبت دما تعبیه کردند که دو تا از آنها را با سفینه به آسمان فرستادند که دمای درون کپسول را در جریان پرواز ثبت کنند تا بتوان آزمایش را با دقت بیشتری کنترل کرد. دقت این دستگاهها تا ± 0.2 درجه سانتیگراد بود و تغییرات دما را بر روی طبلی دوده اندود که با سازوکار ساعت کنترل می‌شد ثبت می‌کرد. دستگاه آزمایش میکروسفرها هنگام روشن کردن موشک به وسیله کلیدی که نسبت به جاذبه حساس است به کار می‌افتاد. محفظه‌ای حاوی محلول پولیمر اسید آمینه در آب، در کپسول قرار داشت که می‌بایست در طول صعود با نیروی سوخت به ۱۰۰ سانتیگراد گرم شود. سپس گرما قطع می‌شد و محفظه‌ها در طی مرحله بیوزنی پرواز، که میکروسفرها تشکیل می‌شدند، سرد می‌گشتند. این میکروسفرها می‌بایست پس از بازگشت کپسول مطالعه شوند تا به اثرات ریخت شناسی «زیر جاذبه» پی ببرند.



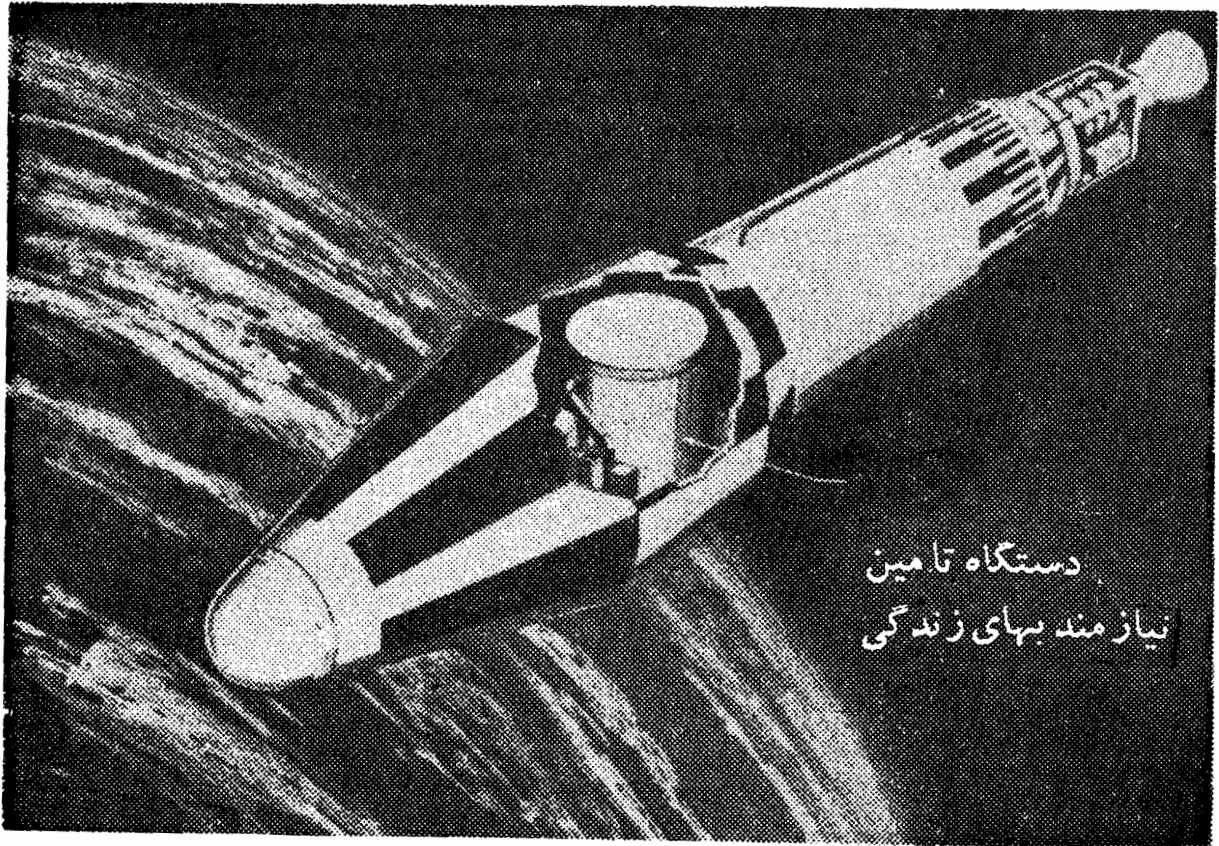
تصویر ۶-۶ وسیله آزمایش تخمکهای توتیا و تکنیک
جای دادن تخمکها در آن (ناسا)

آزمایش توتیا شامل دستگاهی مرکب از هشت اتاقک بود که پیش از قرار دادن مواد زیستی در آن، اتاقکها را به‌طور کامل به‌هم جفت کرده بودند. اسپرماتوزوئیدها و تخمکها و تثبیت‌کننده را وارد اتاقکها می‌کردند. نخستین تکانش الکتریکی فیوزسیمی نازکی را می‌سوزاند و باعث می‌گردید که محتوی محفظه حاوی اسپرماتوزوئیدها در محفظه اوولها تزریق شود. دومین تکانش الکتریکی فیوزسیمی نازک دیگری را می‌سوزاند و باعث می‌شد ماده تثبیت‌کننده در محفظه اوولها تزریق گردد. زمان وقوع این تکانشهای الکتریکی چنان ترتیب داده شده

بود که، چنانکه قبلاً اشاره کرده ایم، با آغاز و پایان مرحله G صفر پرواز، تطبیق کند. در بعضی از اتاقکها تکانش الکتریکی پیش از پرواز اثر داده می شد تا اولین تقسیم تخم در مرحله بی وزنی پرواز باشد. دو تا از این دستگاهها را که جمعاً شانزده اتاقک می شد به آسمان فرستادند تا مجموعه ای از آزمایشهای دوتایی، که در زمانهای متفاوت آغاز می شوند، انجام گیرند. در بعضی از آنها تخمها تثبیت شده و در بعضی دیگر تثبیت نشده به زمین بازگشت داده می شدند. با این روش هم کنترل ضمن پرواز وجود داشت و هم کنترل روی زمین.

متأسفانه دوباری که برای پرتاب و بازگرداندن کپسول یادشده اقدام کردند، بر اثر نقص کار سفینه با عدم موفقیت روبه رو شدند. اما علی رغم این شکستها چیزهای بسیار از این تلاشهای آزمایشی آموختند. وسایلی که می توان آنها را در سفینه های فضایی مورد استفاده قرار داد، به سرعت تکامل یافتند. اکنون متخصصان زیست شناس در این رشته مخصوص تجرب به پیدا کرده اند. اشکالات این قبیل آزمایشها شناخته شدند و رفع گردیدند. زمینه های تحقیقی برنامه های فضایی برای زیست شناسان روشن تر شدند. در حال حاضر به خوبی معلوم شده است که دسته ای از سفینه های فضایی با لوازم مخصوص برای تحقیقات زیستی مورد نیاز است. نیازمندیهای آزمایشهای زیستی منحصر به فردند، اما اگر در آغاز ساختن سفینه در نظر گرفته شوند، می توان آنها را فراهم ساخت. این نیازمندیها عبارتند از:

- ۱- آمادگی کپسول به نحوی باشد که دستگاه‌های آزمایش حتی‌الامکان در آخرین لحظه پیش از پرتاب در آن جای داده شوند.
- ۲- راهنمایی سفینه به اندازه‌ای کامل باشد که بازگشت آن را هرچه سریع‌تر و قابل اطمینان‌تر سازد تا آنچه مورد آزمایش است، هرچه زودتر به دست محقق برسد.
- ۳- کنترل دما در موضع پرتاب و در ضمن پرواز به خوبی انجام گیرد تا مواد وارد در آزمایش، محفوظ باقی بمانند.
- ۴- مسیرها و مدارها به روش قابل اطمینانی ردیابی شوند تا از محیط‌هایی که سفینه با آنها روبه‌رو می‌شود اطمینان حاصل گردد.
- ۵- سازوکار مؤثر ضد چرخش که جاذبه صفر، یا حدود صفر، را برای دوره معینی فراهم کند.
- ۶- سفینه‌ها و موشک‌های بازگشتی به نحوی طرح شوند که هم قدرت پرتاب شدن داشته باشند و هم قدرت گردش در مدار، تا همواره نیاز به تجدید طرح نباشد.
- ۷- امکان آن باشد که همه شرایط و اوضاع سفینه پیش از پرواز، در ضمن پرواز و پس از آن به دقت ثبت شود تا آزمایشگر از همه شرایط و اوضاع آگاه باشد.
- ۸- مرکزی (خواه سیار خواه ثابت) مخصوص فراهم ساختن امکانات برای دانشمندان زیست‌شناس تا آزمایش‌های خود را حتی‌الامکان نزدیک محل پرتاب سفینه ترتیب دهند و نیز بتوانند متفقاً کار



دستگاه تا مین
نیازمند بهای زندگی

تصویر ۶-۷ قمر مصنوعی زیستی

کنند و از پرسنل موجود به بهترین صورت استفاده کنند. این مرکز ارتباط میان دانشمندان را، در محل پرتاب و در محل بازگشت سفینه، و نیز ادامه نظارت کافی بر شمارش معکوس آمادگی سفینه آزمایشی را تسهیل کند.

تکنولوژی سفینه‌های فضایی ما تا بدانجا پیشرفت کرده است که موشک‌های قابل اعتماد داریم و می‌توانیم از آنها در کارهای تحقیقی استفاده کنیم نه در آزمایشهای فنی. اکنون می‌توانیم کپسولهای نسبتاً بزرگ را در مدارهای ثابت به گردش اندازیم و به دلخواه به زمین

بازگردانیم. دیگر حاجتی نداریم که آزمایشی را در ظرف سه یا چهار دقیقه، یا سی یا چهل دقیقه آغاز کنیم و به انجام رسانیم. زیرا اکنون می‌توانیم دوره‌های سه یا چهار روزه، یا سه یا چهار هفته‌ای و حتی سه یا چهار ماهه برای انجام آزمایش در قمر مصنوعی منظور کنیم. در آینده نزدیک يك سری قمر مصنوعی از طرف ناسا در دوره‌های متفاوت در مدار زمین قرار داده خواهند شد، تا يك سلسله آزمایش زیستی مهم و عملی را انجام دهند. بعضی از این آزمایشها عبارتند از مطالعات ساده سلولی، نظیر آنچه که قبلاً بیان شد و حال آنکه بعضی دیگر مفصل و طولی‌المدت‌اند و درباره فیزیولوژی و رفتار پستانداران چون موش خانگی و موش صحرایی و میمون است. شرایط اجرای این آزمایشها با بعضی از شرایطی که شرح آنها گذشت تفاوت قابل ملاحظه دارند.

دانش زیست‌شناسی در اعماق فضا گسترش می‌یابد و نمی‌توان پیش‌بینی کرد که به کجا می‌انجامد. این خود خاصه علم و خاصه آزمایشگری است. اگر جواب پرسشها را بدانیم دیگر نیازی به انجام آزمایش نیست. زمان ما اقتضا می‌کند که به اکتشاف فضا بپردازیم. غالباً شنیده می‌شود که کسانی علم را کسل‌کننده می‌پندارند، اما آیا در مورد مرزهای کنونی فضا نیز چنین پنداری دارند؟

پایان

This is an authorized translation
of EXTRATERRESTRIAL BIOLOGY by
Richard S. Young. Copyright (C)
1966 by Holt, Rinehart and Winston
inc. Published by Holt, Rinehart
and Winston Inc, New York

Copyright 1971 by B. I. N. K.
Printed by of fset - Press inc. Tehran IRAN

General Knowledge Library

No: 55

EXTRATERRESTRIAL BIOLOGY

by

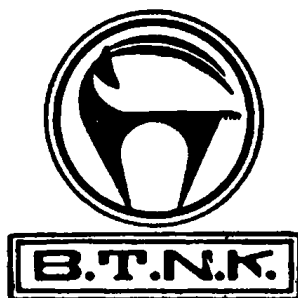
Richard S. Young

Translated into Persian

by

Dr. M. Behzad

H. Gharavi



Tehran, 1971

... فقط يك ده هزارم درصد ثوابت
كهكشانها احتمالاً سیاره هایی دارند كه
در آنها تمدنهای پیشرفته وجود دارد.
ساكنان بعضی از این سیاره ها می بایست
قدرت سفرهای فضایی دراز مدت و طولانی
راكسب کرده باشند، زیرا ما در آستانه
كسب چنین قدرتی هستیم.

... بر اساس تحقیقات نظری و
محاسبات دكتركارل ساگان استاد دانشگاه
هاروارد در عصر دینوزورها امکان بازدید
سیاره ما به وسیله ساكنان دیگر كرات
آسمانی هر ۱۰۰۰۰ سال يك بار بوده ولی
بعداً این مدت كاهش یافته است و گمان
می رود كه ذرادوار تاریخی بازدید از زمین
به عمل آمده باشد.

... گمان می رود كه پیشرفت ناگهانی
تكنولوژی سومریها حاصل یکی از این
بازدیدها باشد!

