منشأ حیات از دیدگاه شیمیدانها

ویتالی گلدانسکی

دو ویژگی اساسی موجودات زنده را از جهان بیجان متمایز می کند: خود همتاسازی و خلوص کایرالی زیست بسپارهای اساسی. عقاید تازه‌ای که بر آخرین دستاوردهای علمی اتکا دارد و این دو ویژگی را به هم مربوط می‌سازد، ممکن است کلیدی برای راز منشأ حیات در زمین فراهم کند.

پایهٔ مولکولی حیات

تنوع خیره کننده‌ای از اشکال حیات در سیارهٔ ما وجود دارد؛ و به همان‌اندازه این‌حقیقت حیرت‌انگیز است که تمام‌این اشکال متفاوت دارای یك پایهٔ مولکولی هستند که از تعداد نسبتاً کمی مولکول تشکیل شده است. این مولکولها ۲۰ آمینواسید هستندکه‌پروتئین تمام موجودات‌زنده ازآن ساخته می‌شود، ۵ بازنیتروژنی (آدنین، گوانین، تیمین، سیتوزین و اوراسیل)، قند و فسفات‌که نوکلئوتیدها را تشکیل می‌دهند به‌صورت زنجیرهای بسیار طولانی موسوم به‌نوکلئیك اسیدها یعنی دی‌اکسی ریبونوکلئیك اسید (DNA) و ریبونوکلئیك‌اسید (RNA) به‌هم‌متصل شده‌اند. اگر ازاصطلاحات کامپیوتر استفاده کنیم، این دواسید هم بانك اطلاعاتی هستند که اطلاعات‌ژنتیکی را ذخیره می کنند وهم‌پردازنده‌ای هستندکه‌انتقال اطلاعات را در روند تکامل موجود زنده وخود تکثیری آن کنترل می‌نمایند.

مولکول اصلی DNA از دو زنجیر نوکلئوتید تشکیل می‌شود که به‌وسیلهٔ بازهای نیتروژنی به‌هم متصل شده و به‌دور یکدیگر پیچیده‌اند. بازهای نیتروژنی زنجیرها طبق قانون مکملیت به‌هم می‌پیوندند، که مطابق آن، آدنین تنها با تیمین و گوانین تنها با سیتوزین‌پیوند می‌خورد وتنها بدین‌صورت است که مارپیچ دوگانهٔ DNA «زنده» تشکیل می‌شود.

DNA است که ساختار تمام پروتئینهای موجود زنده را تعیین می کند. این مسئله در مورد تمام موجودات زنده صادق است: هر یك‌ازسه نوکلئوتید در زنجیر، رمزگذار یك نوع آمینواسید خاص است، به‌طوری‌که ترتیب این «سه تایی‌ها» یا رمزینهٔ ترتیب آمینواسیدها یاساختار پروتئین و درنتیجه خواص هر پروتئین معین را تعیین می کند. این فرایند رمزگذاری برای باکتریها، گیاهان و انسان یکی است.

مکانیسم خود تکثیری موجودات زندهٔ معاصر که نتیجهٔ تکاملی طولانی است، بسیار پیچیده می‌باشد. این مکانیسم شامل مجموعهٔ بزرگی از آنزیمها می‌شودکه مارپیچ‌دوگانهٔ DNA را باز می کند. بعداز طی‌چند مرحلهٔ واسطه یك‌زنجیرالمثنای‌جدید برروی‌هرزنجیر اصلی تشکیل‌می‌شود. زنجیرجدید مکمل قدیمی‌است و بدین‌ترتیب تعداد مولکولهای DNA دوبرابر می‌شود. این عملی است‌که آن راخود همتاسازی‌می‌نامیم واولین‌واساسی‌ترین مرحلهٔ خودتکثیری است‌که منجر به‌تشکیل سلول جدیدی می گردد.

بدین‌ترتیب حیات شکلی از وجود اجسام یا سیستمهای زیست بسپاری می‌باشدکه قادر به‌خود همتاسازی در شرایط متابولیسم و مبادلهٔ انرژی مداوم بامحیط است.

چنین مکانیسم خود همتاسازی پیچیده‌ای نمی‌توانسته است از «هوای رقیق» ناشی شده باشد. آنزیمهایی که مسئول همتاسازی‌اند در خود سلول به‌فرمان DNA ساخته‌می‌شوند. قبل‌از این مکانیسم می‌باید چیزی‌ساده‌تر درمرحلهٔ تکامل پیش‌زیستی صورت گرفته‌باشد. مدتها تصورمی‌شدکه رازخود همتاسازی واقعاً غیرقابل حل است. مدت کمی است کـه شواهدی بر وجود چنین مکانیسمی یافت شده است. معلوم گردیده است‌که RNA، «خواهر جوانتر تك زنجیری» DNA، (که به‌جای تیمین اوراسیل دارد) قادر به خود همتاسازی بدون‌آنزیم است وتشکیل المثنای خود راکاتالیز می کند. می‌توان فرض کرد که RNA اولین‌سیستم خود همتاسازی بوده‌که زمینه را برای تکامل از ساختار مولکولی پیچیده به‌سلولهای اولیه فراهم ساخته است.

خود همتاسازی تنها خاصیتی نیست‌که جهان آلی - زیستی‌را در سطح مولکولی از مادهٔ بیجان متمایز می‌کند. زیست بسپارها خاصیت‌قابل توجه‌دیگری نیز دارندکه معلوم شده است در ارتباط نزدیك باخود همتاسازی است.

خلوص کایرالی زیست بسپارها

در سال ۱۸۴۸ لویی‌پاستور که در آن زمان محقق جوانی بود، ایزومری آینه‌ای مولکولهای زیستی را کشف‌کرد. معلوم شدکه آمینواسیدها و مولکولهای قند همانند سایر «سنگ بناهای» مادهٔ زنده می‌توانند به‌دو شکل ساختاری که هم شبیه یکدیگرند و هم نیستند، درست مثل دستهای راست و چپ، وجود داشته باشند. مشابه دقیق‌دستهای چپ و راست درجهان‌مولکولها، ایزومرهای

آیینه‌ای است. این ویژگی مولکولی که دوشکل، تصویر آیینه‌ای یکدیگر باشند و برهم منطبق نشوند به‌کایرالیته (از کلمهٔ یونانی Cheir به‌معنی‌دست) موسوم است. معلوم شده است که مادهٔ زنده عملاً دارای خلوص کایرالی است: آنزیمهای پروتئینی فقط آمینواسیدهای‌چپ بردارند و نوکلئیک‌اسیدها تنها قندهای‌راست‌بر. پاستور این ویژگی اساسی جهان آلی - زیستی را به‌عنوان مرزی بین مادهٔ زنده و بیجان می‌دانست.

بدین‌ترتیب سیمای عادی حیات، به‌هر شکلی که باشد، قادر به‌خود همتاسازی وخلوص کایرالی است. و این چیزی است که سرنخی را برای راز منشأ حیات به‌ما نوید می‌دهد.

ملاً آلی اولیه در زمین از نظر مولکولی یکسان بوده است. این‌مطلب با آزمایشهایی که بیش‌از ۳۰ سال‌است برای الگوسازی سنتز ترکیبات آلی‌مثل آمینواسیدها و قندها درشرایط مشابه باملاً اولیهٔ زمین‌صورت می‌گیرد، به‌اثبات رسیده است. دراین آزمایشها همیشه به‌طور تغییرناپذیری مقادیر مساوی از ایزومرهای چپ‌بر و راست‌بر (انانتیومرها) تولید شده است. شیمیدانها چنین ترکیباتی را راسمیک یا راسمات می‌نامند.

بایستی‌توجه داشت که ترکیبات خالص کایرالی (که تنها شامل یکی از دو ایزومر ممکن باشند) اگر به‌خود رها شوند، دیریازود به‌راسمات تبدیل می‌شوند. در مادهٔ بیجان فرایند راسمیک شدن که ایزومرهای چپ‌بر و راست‌بر خودبه‌خودبه‌یکدیگر تبدیل می‌شوند باسرعت ثابت معینی‌صورت می‌گیرد. این‌مطلب کلیدی برای‌تعیین دقیق عمر فسیلهای آلی از روی محتوای نسبی آمینواسیدهای راست‌بر به‌پژوهشگران می‌دهد. این شیوهٔ تاریخگذاری به‌طور موفقیت‌آمیزی در دیرین‌شناسی به‌کار رفته است.

بدین‌ترتیب طبیعت بیجان به‌سوی راسمیک‌شدن که تعادلی بین اشکال راست‌بر و چپ‌بر یا به‌قول ما تقارن آیینه‌ای ملاً آلی است دارد. ازطرف‌دیگر، طبیعت‌زنده باخلوص کایرالی مشخص‌می‌گردد و در نتیجه از تقارن پرهیز دارد. این بدان معنی است که قبل‌از ظهور حیات روی‌زمین می‌بایست‌آشفتگی یا درهم‌گسیختگی کاملی درتقارن آیینه‌ای‌ملاً پیش‌زیستی درمرحلهٔ خاصی از تکامل صورت گرفته باشد. اطلاعات به‌دست آمده به‌وسیلهٔ شیمیدانهای‌آمریکایی و هلندی‌که سعی در الگوسازی تشکیل پلی‌نوکلئوتیدها، «اجداد» نوکلئیک اسیدها دارند؛ به‌همراه محاسبات ما، نشان می‌دهند که خودهمتاسازی‌این اساسیترین ویژگی مادهٔ‌زنده، تنهادر«آبگوشت اولیه» دارای خلوص کایرالی می‌توانست ظاهر شود و دوام پیدا کند. به‌علاوه، مطالعات ما ثابت کرده‌اندکه خاصیت تکمیل کردن زنجیرهای پلی‌نوکلئوتید تنها درصورتی می‌تواند حفظ گردد که‌این زنجیرها خلوص کایرالی داشته باشند، یعنی تنها شامل یك نوع ایزومرقند مثلاً راست‌بر باشند. بنابراین نتیجه می‌شود که آشفتگی بزرگ‌تقارن آیینه‌ای، یعنی‌انتقال ملاً پیش‌زیستی ازحالت راسمیک به‌خلوص کایرالی می‌بایست قبل‌از ظهور سیستم خود تکثیری که مبنای حیات است، اتفاق افتاده باشد.

آشفتگی تقارن آیینه‌ای اولین گام به‌سوی خود سازماندهی

آشفتگی‌تقارن‌آیینه‌ای‌ملاً پیش‌زیستی‌چگونه در واکنشگاه‌شیمیایی عظیم زمین اولیه رخ داد؟

تحلیلی فیزیکی - ریاضی از فرایندهایی که ممکن است در این واکنشگاه فرضی صورت گرفته باشند، انجام داده‌ایم. یافته‌های ما نشان می‌دهند که طبیعت تنها سه اهرم برای انجام دادن این‌کار داشته است: یکی به‌نفع خلوص کایرالی، دیگری علیه‌آن وسومی در هردوجهت. درمورد عوامل ترجیحی‌که به‌نفع خلوص کایرالی کار می‌کنند می‌توان عامل معینی را، به‌عنوان مثال مولکولهای چپ‌بر، محسوب‌کرد. این مولکولها نسبت به‌راست‌برهای همتای خود سریعتر شکل می‌گیرند وآهسته‌تر تجزیه می‌شوند. رفته رفته (طبیعت همیشه زیاد فرصت داشته‌است) مولکولهای چپ‌بر شروع به‌غالب شدن کرده و نهایتاً به‌طور کامل جانشین می‌شوند. آیا چنین‌عواملی درطبیعت وجود دارند؟ قطعاً. یکی ازآنها نورقطبیده است‌که می‌تواند چپ‌بر یا راست‌بر باشد. همان‌طورکه آزمایش نشان داده است تحت تأثیر این نور واکنشهای شیمیایی‌که شامل ایزومرهای آیینه‌ای (انانتیومرها) باشند، با سرعتهای‌مختلفی پیش می‌روند. عامل ترجیحی دیگر عدم حفظ برابری در برهم‌کنشهای ضعیف است که تعادل بین اشکال راست‌بر و چپ‌بر ذرات بنیادی را برهم می‌زند و این پدیده در سال ۱۹۵۶ به‌وسیلهٔ فیزیکدانها کشف گردید.

فرایند راسمیک شدن‌که قبلاً ذکرآن رفت علیه خلوص‌کایرالی عمل می‌کند وتمایل دارد تعداد مولکولهای راست‌بر و چپ‌بر را برابر کرده و تقارن در محیط به‌وجود آورد.

سومین عامل‌که ممکن‌است هم به‌نفع وهم علیه خلوص‌کایرالی عمل کند، نوسان یا شانس است. اگر زمانی یکی از دو انانتیومر به‌طور کتره‌ای زیادتر تولید شود، ممکن‌است همان‌طور هم بعداز مدتی به‌طور کتره‌ای از بین برود و حتی ممکن است در عوض مقداری‌اضافی از انانتیومر دیگر به‌وجود آید. اگرتنها این عوامل درکار بودند، خلوص‌کایرالی هرگز به‌وجود نمی‌آمد.

نکته آن است‌که نور خورشید وماه به‌طور خیلی جزئی قطبیده است. به‌علاوه، طی‌روز این‌قطبش ازچپ‌بر بودن و راست‌بر بودن تغییر می‌کند. به‌طور متوسط این عامل به‌صفر نزدیك می‌شود. تأثیر عدم حفظ برابری نیزکمتر اهمیت دارد و نمی‌تواند برخلاف راسمیك شدن عمل کند. بررسی سایر عوامل ترجیحی نیز به‌همین نتیجه می‌رسد.

لیکن طبیعت به‌طریقی فقط یك‌شکل از ایزومرهای آیینه‌ای را برگزیده است. حل این‌معضل را شاید بتوان درتاریخ جهان‌یافت. طبیعت تاکنون وظایف مشابهی را انجام داده است.

زمانی درسرآغاز جهان وقتی‌که دماها به‌طورعجیبی بالابودند، تعادلی بین‌ماده وضدماده وجود داشت، تقارنی‌از ذرات‌وضدذرات، پروتونها وضدپروتونها، نوترونهاوضد نوترونها وغیره. لیکن‌کمی بعد دما کاهش‌یافت واین تقارن به‌هم خورد. نابودی متقابل ذرات وضدذرات براثر برخورد با یکدیگر، دیگر با تشکیل‌آنهاکه عملاً متوقف‌شده بود، جبران نمی‌گردید. درآن‌موقع ظاهراً به‌طور کتره‌ای تعداد ذرات از ضدذرات به‌اندازهٔ یك‌بیلیونیم زیادتر شد. این «مقدار ناچیز» اضافی، مادهٔ سازندهٔ کل جهان ازجمله کهکشانها، ستارگان، سیارات و انسانها را به‌وجودآورده است. بقیه به‌وسیله ونیز به‌همراه ضدذرات، در آن برخورد از بین رفتند. این مسئله معلوم‌می‌کندکه چرا جهان‌کنونی ماهیچ ضد ماده‌ای ندارد ونتیجتاً

بی‌تقارن است.

بدیهی است که چیزی این گونه برای ایزومرهای آیینه‌ای اتفاق افتاده است. مطمئناً مولکولهای چپ‌بر و راست‌بر معادل ذرات و ضدذرات نیستند و برهم کنش آنها نیز بدون تردید از نوع دیگری است. لیکن موضوع اصلی آن است که تقارن یا برابری آنها می‌توانسته است به‌طریقی مشابه، یعنی به‌علت نوعی تبدیل فاز، برهم خورده باشد. این فرض با مطالعات الگوهای دقیق واکنشهای امکان‌پذیر مولکولهای ایزومر آیینه‌ای تقویت می‌شود. باید توجه داشت که اولین الگویی که برای توضیح پدیدهٔ خلوص کایرالی پیشنهاد شد، برمبنای واکنش «نابودی ایزومرهای آیینه‌ای» قرار داده شده بود. البته در این واکنش مولکولها ناپدید نمی‌شدند بلکه دیگر ایزومرهای آیینه‌ای همدیگر نبودند.

این مطلب باید روشن شود که این تبدیل دقیقاً چگونه صورت می‌گیرد. اما یك چیز تا اینجا روشن است، وقتی این تبدیل برای اولین‌بار اتفاق افتاد، نقطهٔ عطفی بود که بعداز آن تکامل سیاره مسیر خود را به‌سوی حیات درپیش گرفت.

اکنون می‌توانیم ازبحث کلی احتمال ظهور حیات در شرایط خاص به‌محاسبات مشخص برسیم که امکان مقایسه وارزیابی «فیلمنامه‌های» مختلف فرایند را به‌وجود می‌آورد. به‌طور مثال طبیعی است که معیاری از احتمال ظهور حیات را درشرایط کاملاً متفاوتی (دورهٔ قبل‌از نابودی تقارن آیینه‌ای) اتخاذ کنیم. اگر این دورهٔ قبل‌از نابودی، طولانیتر از وجود ملأ معینی (یا شیئی فضایی) باشد، بنابراین طبیعی است که حیات در این ملأ به‌وجود نخواهد آمد و تکامل آتی آن بدون خلوص کایرالی غیر ممکن خواهد بود.

درمورد زمین، معلوم شده است که زمان قبل‌از نابودی تقارن آیینه‌ای بیش‌از ده‌میلیون سال نبوده است. مطابق باتصورات جدید از تکامل سیاره‌مان، در حدود ۲۰۰ میلیون سال بعداز آنکه کره سرد شد، حیات درآن پدید آمد. ده‌میلیون سال مرحلهٔ آماده شدن یعنی ـ زمانی که برای به‌کار افتادن یکی از عوامل اصلی مساعد ظهور حیات در زمین ضروری است ـ به‌خوبی در دورهٔ زمانی ۲۰۰ میلیون سال جا می‌گیرد.

مراحل اصلی آغاز حیات

پدیدآمدن حیات در روی زمین را چگونه می‌توان به‌طور اجمالی تصور کرد؟

اولین مرحله شامل تشکیل و تجمع ترکیبات آلی مختلف از جمله اجزای اساسی آمینواسیدها، قندها، نوکلئوتیدها و سایرزیست بسپارهاست. مکانیسم تشکیل آنها درشرایط زمینی، درآزمایشهای گوناگون به‌طور اساسی روشن والگوسازی شده است. این مرحله شامل تشکیل مخلوطهای راسمیك ایزومرهای آیینه‌ای است. در اصل چنین فرایندهایی درفضای خارجی امکان‌پذیر است: فیزیکدانان نجومی مواد آلی بسیاری را کشف کرده‌اند که در بین آنها آمینواسیدهای اولیه در ابرهای تاریك بین‌ستاره‌ای مشاهده‌شده‌است.

وجود ترکیبات آلی در فضای خارجی، تصورات ما از دامنهٔ امکانات تشکیل آنها را گسترده‌تر می‌سازد. لیکن حتی دراین‌دامنه گسترده نیز ثابت می‌شود که آنها راسماتهای «مرده»‌ای هستند.

مرحلهٔ بعدی واژگونی تقارن آیینه‌ای در «آبگوشت اولیه» و تشکیل یك‌ملأ آلی خالص کایرالی است که درآن تنها آمینواسیدهای چپ‌بر و قندهای راست‌بر باقی مانده‌اند. این مرحله به عنوان سرآغازی برای تکامل پیش‌زیستی اهمیت اساسی داشته است.

مرحلهٔ سوم شامل تشکیل زنجیرهای نوکلئوتید نسبتاً کوتاه (چندصد اتصالی) درملأ خالص کایرالی بود که مادهٔ سازندهٔ DNA و RNA آتی پلی‌نوکلئوتیدهای اولیه بوده است، و می‌توانسته‌اند زمینه‌ساز سنتز زنجیرهای آمینواسیدها، پیشگامان پروتئین باشند.

دراین مرحله سیستمهای زیست بسپاری اولیه که قادر به‌خود ـ همتاسازی بودند به‌طرق مختلف تشکیل شدند. ویژگی جدید و بسیار مهم خود نگهداری خلوص کایرالی بعداً درطی فرایند تکامل شکل گرفت. نیروی حیات اکنون راسمیك‌شدن را عقب می‌راند. لیکن هرزمان این‌عامل که از لحاظ زیستی فعال بود، ازکارمی‌افتاد، راسمیك‌شدن فائق می‌آمد.

بدین ترتیب حیات پدیدار شد و زیست کره به‌وجود آمد. مسیر بعدی از ارگانیسمهای اولیه تا موجودات متفکر، خارج‌ازموضوع بحث ماست. اما به‌طور مشخص می‌توان افزود که هر زمان حیات پدید آید، طبق قوانین عمومی خواهد بود. پدیدار شدن آن‌همیشه با نابودی تقارن آیینه‌ای و توسعهٔ توانایی خودهمتاسازی همراه است.

آنچه خلوص کایرالی زیست کره را تهدید می‌کند

تحلیل فیزیکی و ریاضی عواملی که باعث نابودی تقارن آیینه‌ای درملأ پیش‌زیستی می‌شود به‌طور غیرقابل باوری نشانه‌هایی را فراهم می‌آورد که خلوص کایرالی زیست کره جدید احتیاج به‌حفاظت دارد به‌علاوه عوامل راسمیك‌شدن دیگری که دراثر تمدن به‌وجود آمده‌اند باید مورد توجه قرارگیرند. ازآنجاکه خلوص کایرالی یك سیمای لایتجزای مادهٔ زنده است و از آنجا که نقشی کلیدی در فعالیتهای حیاتی هرموجود زنده انجام می‌دهد، رها کردن آن به‌دست تأثیرهای بیگانه، منجر به پیامدهای بسیار نامطلوبی خواهد شد. در سالهای ۱۹۶۰، اروپای غربی تجربهٔ تلخی را از سرگذراند. مقصر مسکن تالیدومید[1] بود که شدیداً در مورد آن تبلیغ می‌شد. دارو به‌سرعت مقبولیت یافت، اما به همان سرعت نیز معلوم شد که به‌شدت مضر است. زنانی که از این دارو استفاده می‌کردند کودکانی به‌دنیا آوردند با دگرشکلیهای جدی. علت مدتی‌نامعلوم ماند تا آنکه پژوهشگران توجه خود را بدین حقیقت معطوف نمودند که دارو راسمیك است. یعنی حاوی مقادیر مساوی از ایزومرهای چپ‌بر وراست‌بر بود. معلوم شد که تنهایکی‌ازایزومرهای نوری، ایزومر غیرطبیعی، تأثیر زیان‌آوری داشت، در حالی که ایزومر آیینه‌ای یا انانتیومر آن بی‌ضرر بود.

خطر مستتر درترکیبات ساخت بشر آن است که موجودات زنده درمقابل آنها بی‌دفاعند؛ در فرایند تکامل آنها هیچ‌گونه مصونیتی نسبت به‌هیچ‌یك از این ترکیبات پیدا نکرده‌اند. در شرایط عادی چنین مصونیتی ضروری نیست، زیراکه زیست کره از لحاظ کایرالی خالص است. مسئله آن نیست که ترکیبات راسمیك به‌وسیلهٔ موجودات زنده جذب نمی‌شوند؛ بلکه آن است که ایزومرهای

1. Thalidomide

ساخت بشر ممکن است عملکرد عادی اندامها و بافتهای بدن را برهم زنند. در این روزگار پیشرفت سریع فن‌آوری، پژوهشگران درتمام زمینه‌های‌دانش توجه مخصوصاً دقیقی بدین مسئله کرده‌اند.

در دنیای امروز که تنشهای سیاسی افزایش می‌یابند و مسابقهٔ تسلیحاتی تصاعدی بالا می‌رود، عوامل پرقدرت راسمیک‌شدن مثل اسلحه‌های نابودکنندهٔ جمعی می‌توانند خطرهای بزرگی‌را به‌وجود آورند. تلفات زیاد انسانی، مرگ گیاهان و حیوانات بعداز چندین ماه «زمستان هسته‌ای» و رشد فاجعه‌آمیز راسمیک شدن در زمین به‌دلیل عوامل مخرب گوناگون،می‌تواند ابعاد بسیار فاجعه‌آمیزی حتی دریک جنگ هسته‌ای «محدود» به‌خود بگیرد.

اگر عوامل راسمیک‌شدن دیگری خیلی قدرتمندتر از عوامل طبیعی وارد میدان شوند، از زیست‌کره چه خواهد ماند؟

بررسی ما نشان داده است که دو سطح بحرانی از تأثیرهای راسمیک شدن و دو مرحله در نابودی زیست کره می‌تواند وجود داشته باشد. نخست تمام جهان حیوانی و نژاد انسان در نتیجهٔ تأثیرهای همه‌جانبه ومهلکی‌که به شدت طول‌عمر تمام موجودات زنده راکاهش می‌دهد از بین خواهد رفت.

ممکن است مطرح شود از دیدگاه دوبارهسازی تکاملی وضعیت به‌طریقی قابل برگشت خواهد بود. حتی ممکن است اعتراض‌شود که خلوص‌کایرالی زیست‌کره درچنین مرحله‌ای به‌طورکامل ازبین نخواهد رفت و اوضاع بعد از آنکه عوامل نابودکننده از فعالیت بیفتد، روبه‌راه خواهد شد. نتیجتاً اتفاقهای فرضی برای ظهور دوبارهٔ موجودات عالیتر باقی خواهد ماند، اما این مسئله برای نوع بشر چندان هم راحت نخواهد بود.

ثانیاً زیست‌کره می‌تواند درمعرض تأثیرهای مخربی قرار گیرد که محیط را کاملاً راسمیک کند. خطری‌که از یك طوفان سهمگین راسمیک‌کننده ناشی می‌شود به اندازهٔ خطر حاصل از راسمیک‌شدن دائمی‌که‌از یك سطح بحرانی تجاوزکند، نخواهد بود. چنین‌وضعیتی تنها جهان حیوانات را از بین نخواهد برد، بلکه گیاهان را نیز نابود می‌کندکه منبع طبیعی مواد خالص‌کایرالی بوده واکنون‌مواد راسمیک تولید می‌کنند. این به‌معنای نابودی کامل حیات و ناپدید شدن زیست‌کره خواهد بود.

برای آنکه حیات دوباره برروی‌زمین پدیدار شود، تمام‌مراحل تکامل پیش‌زیستی ساده از جمله از بین رفتن تقارن آیینه‌ای ملاً آلی بایستی دومرتبه تکرار شود.

همان‌طورکه می‌بینیم، محدودهٔ ایمنی زیست‌کره حدود خود را دارد. نوع بشر نبایستی قوانین خود را دربازی غیر مسئولانه‌ای که درآن پای خود حیات درمیان است، برطبیعت تحمیل‌کند. نوع بشر اگر می‌خواهدباقی بماند بایستی‌از انجام‌دادن‌این‌کارخودداری کند.

• *Science & Technology*, 1987
Vitali Goldansky

طرحی برای قواعد آفبای پاولی

در هنگام آموزش درس شیمی برای دانشجویانی که شیمی رشتهٔ تخصصی آنها نیست، اینجانب دربارهٔ به‌کارگیری وسایل واشیای واقعی به‌منظور نمایش مفاهیم انتزاعی تعمق‌کرده‌ام. در مورد قواعد آفبا، اغلب، آرایش الکترون، پرشدن‌اوربیتال وبه‌دنبال آنها، اعداد کوانتومی، موردبحث قرار می‌گیرند. بااینکه چنین بحثی ممکن‌است برای افراد غیرمتخصص مناسب باشد، اعداد کوانتومی، نوعاً، در متون درسی برنامه‌ریزی شدهٔ این دوره‌های آزمایشی جایی ندارند.

درطی چند سال‌گذشته، اینجانب،ازیك سیستم نمایشی خاص،که آن‌را پیش‌درآمد مؤثری برای ورود به‌بحث اصل طردپاولی وقاعدهٔ هوند تشخیص داده‌ام، بهره‌گیری‌کردم. شش صندلی، به‌صورتی‌که درشکل زیرنشان داده شده است، درقسمت جلوی‌کلاس قرار می‌گیرند. این صندلیها طوری چیده می‌شوند تافردی‌که برروی یکی ازآنها می‌نشیند خود را مستقیماً درمقابل فرد دیگر، ودرفاصلهٔ بسیارنزدیك از شخص دیگری‌که برروی صندلی هم جفت صندلی اول می‌نشیند، می‌بیند.

باچیده شدن صندلیها باآرایش مناسب فوق، از شش نفر داوطلب حاضر درکلاس، یك به یك، تقاضا می‌شود تا روی صندلیها بنشینند. به‌طورکلی، دانشجویان‌پیش‌ازاینکه به‌صورت «جفت‌اسپین» درمقابل‌هم قرارگیرند، صندلیهای مقابل هم‌را به‌طور تك‌تك انتخاب می‌کنند و می‌نشینند. این نمایش فیزیکی ساده، تصویر روشنتری از فرایندهای زیراتمی به‌دانشجو می‌دهد.

اسکات هیل ـ کالج دیکینسون

• *Journal of Chemical Education*, January 1987

ترجمهٔ م. ب. پورسید