

نکات ضروری

زیست‌شناسی جهان

و حجت‌و‌جواب برای حیات فرازمینی

مترجم:

حسین خانلری

سرشناسه : هارتمن، اچ. Hartman, H.
 عنوان و نام پدیدآور : نکات ضروری زیست شناسی جهان و جست و جو برای حیات فرازمینی / {اچ. هارتمن، جیمز جی. لالس، فیلیپ موريسون}، مترجم حسین خانلری.
 مشخصات نشر : تهران: یاد عارف ۱۳۹۲.
 مشخصات ظاهری : ۱۷۴ ص: مصور.
 شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۷۶۶۷-۸۸-۳
 وضعیت فهرست نویسی : فیبا
 یادداشت : عنوان اصلی: the essentials of biology of the universe and the search for extraterrestrial life, c2000
 یادداشت : عنوان دیگر: زیست شناسی جهان شناسی جهان و جستجو برای حیات فرازمینی.
 عنوان دیگر : زیست شناسی جهان و جستجو برای حیات فرازمینی
 موضوع : زندگی - ممتشا
 شناسه ده : لالس، جیمز جی.
 (James . Lawless, G.j.G)
 شناسه افزودن : موريسون، فیلیپ، ۱۹۱۵-۲۰۰۵ م.
 شناسه افزودن : حسین خانلری، ۱۳۵۴- مترجم.
 رده بندی کتب : QH ۳۲۵ / ۵۱۶ ن ۱۲۱
 رده بندی دیویی : ۵۶۱۳
 شماره کتابشناسی ملی : ۳۲۲۰۰۹

نکات ضروری

زیست شناسی جهان و جستجو برای حیات فرازمینی

مترجم: حسین خانلری

صفحه آراء: لیلا حائری مهریزی (۷۹۳۲۷۲۵)

ناشر: یاد عارف

نوبت چاپ: اول / ۱۳۹۲

تیراژ: ۳۰۰ جلد

شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۷۶۶۷-۸۸-۳

قیمت: ۴۰۰۰۰ ریال

تلفن مرکز پخش:

۶۶۴۰۵۰۷۳ - ۰۹۱۲۴۳۴۲۷۴۱

فهرست مطالب

۸	مشکلات
۲۰	۱. سبب‌های منشأهای حیات
۲۰	یک تعریف از حیات
۲۴	زندگی بر روی زمین و نوار
۲۶	موقعیت یافتن نظم
۲۹	شیمی حیات: چرا کربن؟ چه دیگری؟
۳۴	آب
۳۷	۲. منشأهای حیات: تاریخچه و تحقیقات
۴۱	سنتر تکاملی
۴۴	حوزه‌ی آزمایشی: منشأها وارد آزمایشگاه می‌شوند
۴۵	عصر فضا
۵۱	۳. دو مدرک ثبت شده: در سنگ‌ها و در سلول‌ها
۵۴	سن زمین
۵۸	رد پاهای قابل مشاهده در سنگ‌ها
۶۱	شیمی کربن سنگ‌های باستانی: یک فرصت
۶۶	مدرک در اشکال زنده
۸۰	پادشاهی حیات
۸۲	۴. شواهد طبیعی
۸۳	تولد منظومه‌ی شمسی
۸۹	ستارگان دنباله‌دار و شهاب سنگ‌ها
۱۰۱	سیاره شناسی تطبیقی

۱۰۶	اتمسفرفای باستانی
۱۱۸	سطوح باستانی
۱۳۰	۵. تجربه‌ی آزمایشگاهی
۱۳۲	مقدمه
۱۳۶	شواهد فرا زمینی
۱۳۶	حوزه‌ی تجربی
۱۴۴	حوضه‌های غیر آلی
۱۴۶	پلی پی‌ها، پلی نوکلئوتیدها و سرچشمه‌های گزینش طبیعی
۱۶۴	۷. پی‌ها
۱۷۲	۸. چینه
۱۷۳	منظومه‌ی شمسی
۱۷۴	زمین
۱۷۴	سلول
۱۷۵	تکامل شیمیایی
۱۷۵	مدلهایی برای اشکال ابتدایی حیات
۱۷۶	تکثیر الگوهای سطح- یک مدخل جایگزین برای حیات

کتاب «نکات ضروری» به چه کار شما خواهد آمد؟

این کتاب یک بررسی جامع و مختصر از یافته‌هایی در این زمینه، و یک مرجع مفید است. مقدار زیادی از ویژگی‌های جزء به جزء این موضوع را فشرده می‌کند و نکات ضروری این زمینه را خلاصه می‌کند. بنابراین در ساعت‌ها تحقیق و مقدمه‌چینی صرفه جویی خواهد کرد.

این کتاب، دسترس سریع به حقایق مهم، اصول، فرآیندها و تکنیک‌ها را در این زمینه فراهم می‌کند.

مطالب موردنیاز برای این موضوع را می‌توان به شکل خلاصه بررسی کرد که نیاز به خواندن مجدد صفحات متعدد مطالب مرجع را از بین می‌برد. این خلاصه‌ها حتی جزئیاتی را که قبلاً خوانده یا یادداشت‌گیری شده‌اند را به ذهن بازمی‌گرداند. این کتاب «نکات ضروری» توسط متخصصان در این زمینه مهیا شده است و به دقت برای کسب صحت و حداکثر فایده بررسی شده است.

دکتر مکس فاجیل

پیشگفتار

روز ساکتی بود. امواجی که به ساحل می‌خوردند کوچک و تقریباً آرام بودند؛ آن‌ها امواجی از آب‌های کم عمق بودند نه امواجی از اقیانوس‌های بی‌انتها. خورشیدی سرخ رنگ در آسمانی غبار آلود می‌تابید. نه‌ری آرام که با نسیمی سبک اندکی موج بود به کنار ساحل می‌رسید و سنگ ریزه‌ها بدون تکان‌های شدید این طرف و آن طرف در حرکت بودند. صحنه در چنین سکوت مطلق نیز نبود؛ در طول خط فاصله‌ای دور، دو تا سه مخروط آتشفشانی دیده می‌شد. این مخروط‌ها در آن لحظه آرام بودند اما یک راهپیمایی در طول ساحل به زودی فرد سیاح را با آریکای از کل گدازه‌های غیر قابل عبور می‌رساند که در آن‌جا زمانی نه چندان دور، صخره‌های مذاب درون آب‌های ساحلی جریان یافته و جلز و ولز کرده بودند. این جریان باز هم رخ می‌داد اما کسی نمی‌توانست پیش بینی کند که دقیقاً کجا و چه زمانی این تقابل بین آب و آتش دوباره رخ می‌دهد.

روز آرامی بود و صحنه‌ای پرت و دور افتاده. ساحل عاری از صدف‌ها بود. هیچ مگس و پشه‌ای وز وز نمی‌کرد؛ هیچ موجی در طول کناره‌ی آب نمی‌پرید و نمی‌خزید. پرنده‌ای پر نمی‌زد؛ ماهی در سائش نمی‌کرد؛ هیچ مخلوق پنجه‌داری در زیر آب‌های در حال جزر و مد نمی‌دوید. سرزمین‌های صخره‌ای رو به دریا کاملاً خالی از حیات بودند. نه مارمولک‌ها و نه موش‌ها را می‌شد آن‌جا یافت و نه درختی یا تکه‌ای علف که زیر آفتاب سبزی را بگستراند. با این حال حیات هنوز داشت، حتی در این عرصه فراوان بود. حیات در هر تکه زمین خشکی که از آب کمی کم عمق سر بر می‌آورد جریان می‌یابد؛ در برآمدگی‌های متراکم و صفحاتی از جلبک‌ها و باکتری‌ها که تمام نواحی کم عمق را می‌پوشاند و از خلیج و بالای نهر به سوی زمین‌های مرتفع‌تر بیرون می‌زد. آن گونه‌ی حیات هرگز از دسترس آب بیرون نبود؛

و هرگز یک اینچ دورتر از رطوبت به بقاء ادامه نمی‌داد. در خشکی در گوشه و کنار چند تکه زمین خشک قدیمی را می‌شد یافت، کاملاً خشک و سفید، یک حاشیه‌ی در حال مرشد از تنها حیات موجود در این زمین آرام برای همیشه با تغییراتی در آبرام به ساحل کشیده شده بود.

ما می‌توانیم به برخی جزئیات بسیار بهتر از ساختار پیچیده‌ی نمونه‌های سنگ آشنا کنیم و چنین صحنه‌ای به خودی خود در مرکز توجه قرار می‌گیرد، ساحل غربی استرالیای که قدیمی‌ترین رد حیات در کل کره‌ی زمین در آن یافت شد، در واقع این زمان بسیار دور می‌توانیم با در صدنی از اندازه‌گیری‌های دهه‌ی عمر رادیو اکتیو به طور قطعی دو نانبه‌ی استرالیایی کنیم. نشانه‌هایی از حیات فراوان جلبکی که شباهت بسیاری با اشکال مشابه باقی‌مانده در بقایای سنگ‌ها تا حال حاضر دارد، تقریباً با زمان سنگ‌های تاریخ آلیه حاضر دارد.

باید تأکید کرد که این حیات پرجمعیت، تک سلولی و طبیعتاً کلونی تقریباً کل حیات موجود بر روی زمین بود، نه تنها برای اولین دوره‌ها بلکه برای چهار- پنج دوره در گذشته. تا حدود ۷۰ میلیون سال نمی‌توانیم مسلماً بقایای حیاتی متحرک‌تر از تکه‌های جلبکی و باکتریایی ببینیم. در واقع آن‌ها به خودی خود در ریز ساختار و ترکیب شیمیایی‌شان در طول ۳ میلیارد سال از شکل و تغییر، پیچیده‌تر و قدرتمندتر شدند. هیچ حیاتی (به جز توده پلانکتون) وجود نداشت که ۸۰۰ میلیون سال پیش متحرک نبود. و چند صد میلیون سال دیگر لازم است پیش از این که هرگونه جنبنده‌ای چه گیاه و چه حیوان بتواند بر روی ساحل، باتلاق یا خاک مرطوب تماس پیدا کند. تمام اشکال حیات که در ثبت فسیل‌های آشنا می‌بینیم، هر موجود طراحی شده توسط هنرمندان دیرینه شناس، همه‌ی آن سوسن‌های دریایی پر مانند، تریلوبیت‌های چشم برآمده، تمام کوسه‌ها و

دایناسورها، تمام پرندگان و هیولا‌های باستانی، تمام نخل‌های ابتدایی یا جلبک‌های دریایی بزرگ، تمام آن خزندگان و حشرات و ماهیان و خشکی زیان، تمام آن شاخه‌ها یا لرزش‌ها در باد حداقل به ۱۰٪ یا ۱۵٪ از کل تاریخ حیات در زمین تعلق دارند.

اثر مستقیم بر سنگ از یک مرجع اصلی و معقول پشتیبانی می‌کند: تمام حیاتی که می‌شناسیم از یک شکل اولیه با سلول کوچک مانند مواردی که به عنوان شکلی فراوان و پرشور در چرخه‌های بزرگ ژئوشیمیایی، جلبک‌های سبز-آبی و خویشتن‌شان اکثری‌ها یافت می‌شوند، شکل گرفته‌اند. این حیات‌های اولیه به شدت تمام دنیای آبی کم عمق را تا زمان شواهد اولیه‌مان پُر کرده بودند، و البته این موفقیت بیوشیمیایی بیش یا افتاده‌ای بود که نه تحرک داشت، نه واکنش حسی و نه حتی ساختاری قابل دید با چشم غیر مسلح. این حیات بیشتر ریز ساختار است، پیچیدگی‌هایی در سطوح مارپیچ‌ها، سطوح، لوله‌ها و میله‌های مولکولی و مسیرهای بیوشیمیایی پیچیده که در اختیار داشتند و در طول کل نیمه‌ی اول حیاتشان یا بیشتر به تدریج شکل گرفتند. بنابراین باید در زمان به عقب برگردیم و اکثر سنگ‌های باستانی شناخته شده را به احاطه بیوشیمیایی بررسی کنیم، بادها و آب‌ها، آتشفشان‌ها و شن‌های روان، رویش گدازه‌ها و سنگ‌های قلتان- البته دیگر امروزه تفاوت چندانی با هم ندارند. اما در حقیقت ما حتی نمی‌دانیم که آیا بشر- مسافران زمان- می‌توانستند آن هوای باستانی را تنفس کنند؟ آیا اکسیژن وجود داشت؟ آیا تکه‌های قدیمی جلبک تا آن زمان می‌توانستند از اکسیژن و آفتاب برای ساختن مواد خودشان در هوای آزاد استفاده کنند؟ یا این‌که تا آن زمان چنین خلاقیتی به خرج نداده بودند، در نتیجه در اتمسفری بسیار متفاوت از اتمسفر ما ادامه‌ی حیات می‌دادند و شاید حتی استفاده‌ی مناسبی

از فوتون‌های خورشیدی نمی‌کردند؟ نمی‌توانیم مطمئن باشیم. می‌دانیم که امروزه باکتری‌های بسیاری خود را با حیات کاملاً بدون اکسیژن تطبیق داده‌اند. به علاوه آگاهییم که تمام اکسیژن اتمسفر امروزی به سرعت توسط دنیای گیاهان سبز به چرخه باز می‌گردد. اما هنوز زمان دقیقی ثابت شدن این شرایط مشخص نشده است. در واقع هنوز به دنبال حقایق مولکولی در اکثر سنگ‌های باستانی هستیم که به سنگی یافت می‌شوند. زیرا این حقایق در سطحی از سازوکارهای حیات است که حدود ۲ میلیارد سال پیش آغاز شده است. اما سنگ‌ها دائماً در جنبه‌ی مشتعل زمین بازسازی می‌شوند و بارها و بارها حرارت دیده‌اند. در واقع برای یافتن سنگ‌های قدیمی‌تر از این‌ها در گرین‌لند باید بیشتر جست‌وجو کنیم که شاید حاوی حیاتی باشند و شاید باشند. مسلماً این تحقیق ادامه خواهد داشت و با تحلیل‌های دقیق‌تر، سر نخ‌های بیشتر در نمونه‌های باستانی، در هم ریخته و رازآلود خواهیم یافت.

عمق فضا

شاید بتوانیم در مسیرمان در مورد حیات به تاریخ‌نگاری خورشید و سیاراتش از تراکم گازهای میان ستاره‌ای برگردیم. آن تاریخ را نسبتاً خوب می‌دانیم. سطح ماه، مجموعه‌ی عظیمی از شهاب سنگ‌ها که بر سطح آن در مدار زمین گیر کرده‌اند و تاریخ سنگ‌های زمینی قویاً از این نتیجه‌گیری حمایت می‌کنند که سیاره‌مان در یک سری فرآیندهای پیچیده حدود ۴/۵ میلیارد سال پیش شکل گرفت. در زمانی بین ۴/۵ و ۳/۸ میلیارد سال، می‌دانیم زمین به شکل کره درآمد، سنگ‌های (۱/±۰)

پوسته جامد شدند و به خوبی تفکیک شدند و روندهای زمین شناسی معمول به شکل آشنای خود رسیدند. دوره‌ی توفانی با شیوع اثرات سنگین بر روی سطوح سیاره، تحت بررسی مفصلی است که شامل اشارات ارائه شده توسط سیارات دیگر و قمرهایی می‌شود که بیشتر و بیشتر با ترکیباتشان آشنا می‌شویم. شهاب‌ها نیز نمونه‌های ذخیره شده در یخچال مدار هستند که به واسطه‌ی آن‌ها سعی می‌کنیم دریابیم که زمین از چه ماده‌ای ساخته شده است. کاملاً مطمئنیم که زمان زیادی برای فرآیندهای مداری وجود دارد که سریع با زمین شناختی‌ترین فرآیندها مقایسه شود. شرط آشنایی آیندی است که سریع‌تر از انحراف قاره‌ها و تغییر شکل کوه‌ها، دریاها را از سوپ‌پیر می‌کند. حتی چنین جریانات عظیم زمین شناختی یک پنجم میلیارد سال حداکثر زمان می‌برند. بنابراین زمان زیادی وجود دارد؛ فرآیندهای فیزیکی کم و بیش تکرار می‌شوند در طی دویست میلیون سال یا بیشتر با زمین اخت شده‌اند. اما آنچه که در زمین با اکتشافات اولیه بوده، هنوز مسئله‌ای فراتر از نمونه‌های ماست؛ زیست‌شناسان به زود سیاره‌ای برای شرایط اولیه‌ی دریا و هوا توجه می‌کنند و مطالعات فیزیکی هم‌زمان در جست‌وجوی اشاره‌ای محدود به آن چیزی است که بیوشیمیست‌ها از اتمسفر این سیاره به ما اطلاع خواهند داد!

به ویژه یافته‌ای غیر منتظره در دهه‌ی آخر در فضا وجود داشت. مولکول‌های حاوی کربن در جهان شیوع پیدا کرده‌اند. اتم‌های مرتبط کربن که زمانی تصور می‌شد تنها عامل حیات باشند اکنون به وفور در همه‌جا یافت می‌شوند. ماده‌ای مانند اتیل الکل به میزان وسیعی وجود دارد اگرچه گازی شکی نیست و در خلاء رقیق شده اما در ابرهای گازی بین ستاره‌ای وسیع و کم حجم گسترده شده است. موادی حتی پیچیده‌تر و حیات‌دار مانند در شهاب سنگ‌هایی که هر از گاهی به زمین می‌خورند، یافت می‌شوند. برخی از این شهاب سنگ‌ها شبیه به یک پنیر

سیاه، نرم و چغنی از کربن هستند. این‌ها مسلماً محصولات تحول شهاب سنگ‌ها می‌باشند که شاید به طریقی با خرده‌های سیارک‌ها یا حداقل با حالاتی از سحابی خورشیدی که در آن سیارات رشد می‌کنند، مرتبط باشند. این شانس وجود دارد که این ترکیبات کربنی احتمالاً چنین منابع آلی مفیدی را مستقیماً به کره‌ی زمین ارائه کرده‌اند که حتماً به شدت با هدایای مدار بمباران می‌شد. اکثر محققان بر این باورند که سطح زمین به خودی خود برای تولید ترکیبات آلی کربن از اتم‌های معمولی مانند کربن، هیدروژن که از قبل وجود داشتند، مناسب است. غلظت برای مولکول‌های پیچیده‌ی جدید آمده در مجاورت چندین اتم که به اتحاد احتمالی‌شان منجر می‌شود، مهم است. رویدادی که در فضای رقیق چندان متداول نمی‌باشد. دقیقاً این شرایط (دما، فشار، زمان و...) به هم اجازه می‌دهد که به کره‌ی زمین ما، آب مایع می‌دهد که برای حیات چه قدمی و چه جدید کاملاً ضروری است. شاید هنوز جای دیگری را در کیهان نیافته‌ایم که در آن مکان وجود آب مایع باشد. فکر می‌کنیم که زمان‌های دور مریخ رودخانه‌ی عظیمی داشت. آب و مولکول‌های حاوی کربن به شدت برای اشکال حیات لازم و ملزوم یکدیگرند. این نتیجه را همه قبول دارند که مولکول‌های کوچک حاوی کربن به طور طبیعی محیط مناسب شکل می‌گیرند چه حیات مستقیماً درگیر باشد چه نباشد. کربن مولکول‌ها پیشگامان حقیقی حیات نباشند حداقل الگوهایی برای پیدایش حیات هستند. آن‌ها می‌توانند توسط مجموعه‌ی متنوعی از فرآیندهای مصنوعی ساخته شوند. در واقع تنها در جزئیات مولکول‌های غیر آلی متفاوتند و فراوان اما به لحاظ بیولوژیکی در اتمسفر ستاره‌های سردتر بی‌اهمیت می‌باشند. این مولکول در دنیای اتم کاملاً مطلق است.

در مورد ثبت سنگ‌ها به صفحات ابتدایی باز خواهیم گشت. مطالعات سیاره‌ای و شهاب سنگی را به سوی تولد زمین سوق خواهیم داد. اما آیا می‌توانیم به شکاف نیم میلیارد سال پیش بین تولد سیاره و قدیمی‌ترین بازمانده‌های حیات به طور جداگانه نگاهی بیاندازیم؟

خاطرات ضروری

گسترش ریست شناسی مولکولی در سال‌های اخیر که شامل ایده‌ی کد ژنتیکی و اثرش می‌شود، به ما به میزان زیادی از ذات درونی حیات به ویژه حیات میکروبی را نشان داده است. تلاش برای شکل دادن به یک تعریف کلی از حیات که در مرکز توجه باید باشد، در حقیقت تحقیق برای اصل حیات چندان اهمیتی ندارد. برای آن‌چه که ما می‌جوئیم باید زمینه‌ی بلندی از رویدادها وجود داشته باشند که سبب ایجاد شبکه‌ی پیچیده‌ی خاصی از حیات کنونی در کره‌ی زمین می‌شوند و ما نیز بخشی از آن هستیم. حتی اگر الگال دیگری از حیات نیز موجود باشند، ظاهراً چندان ارتباطی با آن‌چه که در اینجا روی می‌دهد ندارند. پس جای تعجب نیست که سؤالات کلیدی در زمینه‌های نظری مورد جست‌وجو قرار گرفته‌اند. برای ۲۰ سال مردم در جست‌وجوی شرایطی بودند که در موقعیت‌های طبیعی کمتر شناخته شده‌ی ۴ میلیارد سال پیش احتمالاً منجر به ایجاد پروتئین‌ها می‌شدند. مولکول‌های کار کردی حیات که به واکنش‌های مرتبط شیمیایی برای ساخت سیستم‌های زنده نظم می‌دهند و باعث کارکرد آن‌ها می‌شوند. تلاش برای رازی با اسیدهای نوکلئیک نیز حرف شده است که در کره‌ی زمین به تنهایی آن مولکول‌های ظریف و دراز را شکل می‌دهند (DNA و RNA) و همچنین مولکول‌های جنبی کپی سازی گوناگون که ساختارهایی برای پروتئین را در خود

جای می‌دهند و مجدداً تولید می‌کنند و این ساختارها نظم و حتی خود عمل تولید مجدد کد را کامل می‌کنند. این مولکول‌های پیچیده در اشکال حیات امروزی جهانی هستند؛ برای مدت زیادی آن‌ها یک نقطه‌ی آغاز معقول برای تحقیق در سر منشأ به نظر می‌رسیدند. نه یک پیام کد گسترش آهسته‌اش تنها کلید به مسیر تکامل است و نه این غریبال‌ها و ائاثیه‌های پروتئین که به تنهایی امکان ظهور کد ساکن در جهان تغییر زنده را می‌دهند، می‌توانند تمام جریان باشند. هیچ کد و هیچ مسیری زنجیره‌ای حیات را برای همیشه شرح نمی‌دهد و نه هیچ عمل و هیچ غریبالی در جهان یک تدریج بیولوژیکی بین این مولکول‌ها یا به طور دقیق‌تر بین این دو عملکرد در برخی اشکال مولکولی ظاهراً مرکز مسئله است. هنوز آن را به طور واضح درک نکرده‌ایم. در نظر من، حیات کنونی مفید هستند اما امروزه این سازوکار چنان دقیق و پربازده شده است که به یک دنیای ساده‌تر و غیر زنده منتهی می‌شود که درک آن سخت می‌شود. اگر بتوانیم یافتن برخی ساختارهای متوسط و ساده شده وجود دارد و همچنین امکان یافتن برخی تدابیر کلیدی که اکنون کاملاً جایگزین شده‌اند. برخی فکر می‌کنند که ساختارهای برخی مواد معدنی احتمالاً یک قالب بلورین برای سیستم‌های اولیه‌ی خود-سازمانده مولکولی ارائه می‌دهند. دیگر نکات ضروری علاوه بر پیام و عملکرد مسلم فرض می‌شود؛ یا شاید برخی اشکال اولیه‌ی پیام حداقل به شکل ضعیفی خود عملکردی داشته باشند. کل این موضوع، پیچیده، محوری و چالش برانگیز است.

یک نتیجه‌گیری از همه قوی‌تر به نظر می‌رسد، زمان‌های نامتناهی از جزئیات تکاملی. احتمالاً اولین سلول‌های تکه‌ی میکروبی معمولاً کوچک و به لحاظ ساختاری کمابیش ساده بودند که هنوز باکتری‌ها و جلبک‌های سبز-آبی را به عنوان گروهی از تمام دیگر اشکال برتر حیات متمایز می‌کرد. زمانی در ۲ میلیارد

سال اولیه، انواع سلول‌های جدید پدید آمدند. آن‌ها که کمابیش جلبک بودند، بزرگ و صدها برابر حجم نیاکانشان مانند اکثر سلول‌های حیوانات و گیاهان امروزی بودند. به علاوه آن‌ها اندامک‌های ویژه‌ی سلولی داشتند که امروزه فتوسنتز کارآمدی انجام می‌دهند. پیام مولکول‌ها را دقیق و مطمئن نگاه داشته و می‌رسانند، واکنش‌های زنجیره‌ای ذخیره‌ی انرژی و آزاد سازی و غیره را در تمام اشکال برتر ترتیب می‌دهند. سلول‌های کوچک‌تر عملکردهای مشابهی دارند (در واقع از نظر بیوشیمیایی آن‌ها حتی چند منظوره‌تر هستند)، اما فاقد مزایای بسیاری از میراث‌های متنوع و تکثیر می‌باشند. به خوبی می‌توان پذیرفت که در این‌جا ادغام اجتماعی دیگری می‌بینیم. اندامک‌های سلول‌های بزرگ‌تر که شاید نتیجه‌ی یک اورگانیزم قبل مستقل هستند که زمانی دور برای سکنی گزیدن در سلول میزبان ادغام شده و دنیایش را با این سلول بزرگ به اشتراک گذاشت. چند تمهیدات همزیستی می‌تواند مسبب ایجاد سلول‌های پروتئینی و پیچیده‌ی امروزی - اوکاریوت‌ها- باشد. همکاری‌شان به شکل‌گیری اندامک‌ها و بعد کل موجودات سبب ایجاد اشکال چند سلولی حیات شده است که آن‌قدر بزرگ هستند که در دنیا یکی پس از دیگری اثر گذار باشند و آن‌قدر چابک هستند که بر تحرک سریع و کلان ساختار متنوع مهارت شیمیایی آن تکه جلبک باستانی بافزایند.

احتمالاً این اتحادهای قراردادی و ادغامی هسته‌ی مرکزی مشکل ما هستند؛ تا به اینجا ظاهراً تنها ظهور اندامک‌ها، پشتیبانی در دنیای حیات بدان شکلی که امروزه مطالعه می‌کنیم، پیدا کرده است.