

آ. ای. اُپارین

حیات



طبیعت،
منشأ
و تکامل
آن

ترجمہ ہاشم بنی طرفی



چاپ ششم

حیات : طبیعت، منشأ و تکامل آن

آ. ای. اُپارین



حیات: طبیعت، منشأ وتکامل آن



هاشم بنی طرفی



تهران، ۱۳۵۸

چاپ اول، ۱۳۴۹
چاپ دوم، ۱۳۵۲
چاپ سوم، ۱۳۵۴
چاپ چهارم، ۱۳۵۶
چاپ پنجم، ۱۳۵۸
چاپ ششم، ۱۳۵۸

شرکت سهامی کتابهای جیبی

این کتاب در ۷ هزار نسخه در چاپخانه سپهر به طریق افست
چاپ و صحافی شده است.
همه حقوق محفوظ است.

فهرست مطالب

یادداشت مترجم برای چاپ سوم کتاب

پیشگفتار مؤلف

پیشگفتار مترجم

۱

۱. طبیعت حیات

- وسعت پهنه حیات ۳۹
- مبارزه میان ایدئالیسم و ماتریالیسم
- ۴۴ برسر طبیعت اصلی حیات
- مفاهیم مکانیکی و دیالکتیکی حیات ۵۱
- تلاشهایی برای تنظیم تعریفهای حیات ۵۳
- تأثیر متقابل ویژه ارگانیسم و محیط آن ۵۶
- «تضمن مقصود» در سازمان اجسام زنده ۶۱
- کوششهایی برای ماشینی تلقی کردن ارگانیسم ۶۶
- سبیرنتیکه ۷۱
- ارزیابی فرضیه‌های مکانیستی معاصر ۷۷
- حیات را فقط با بررسی منشأ و تکامل آن
- می‌توان شناخت ۹۵

۲. منشأ حیات

- تئوریهای کنونی راجع به منشأ حیات ۱۰۷
- منشأ منظومه شمسی ۱۱۱
- تشکیل پوسته زمین ۱۱۵
- تکامل تدریجی اتمسفر و هیدروسفر ۱۲۳
- تشکیل هیدروکر بورها و مشتقاتشان هنگام
- به وجود آمدن زمین و آغاز موجودیت آن ۱۲۶
- تکامل بعدی مواد آلی ۱۳۰
- منشأ اسیدهای آمینه ۱۳۵
- عدم تقارن مواد آلی ۱۳۵

- منشأ مواد پرتئین مانند وپلیمرهای پیچیده
- ۱۴۳ دیگر
- تشکیل کوآسرواتها
- ۱۵۰
- تغییر شکل کوآسرواتها به دستگاههای باز
- ۱۵۸
- تکامل تدریجی دستگاههای کوآسروات
- ۱۶۹ اصلی
- انتخاب دستگاههای اصلی
- ۱۷۱
- منشأ ارگانسیمهای نخستین
- ۱۷۷

۳. نخستین دوران تکامل حیات

- تاریخ زمین
- ۱۸۵
- تکامل حیات تا تشکیل یاخته‌ها
- ۱۸۹
- نخستین موجودات زنده هتروتروفهای
- بی‌هوازی بودند
- ۱۹۸
- اشکال گوناگون متابولیسیم
- ۲۱۱
- واکنشهای فتوشیمیایی
- ۲۴۴
- فتوسنتز
- ۲۴۹
- منشأ تنفس
- ۲۵۹
- تکامل تدریجی ساختمان یاخته
- ۲۶۶

۴. تکامل تدریجی بعدی حیات

- جهت‌های گرایش عمومی تکامل بعدی حیات
- ۲۷۷
- استحکام روزافزون وحدت ارگانسیم و محیط
- ۲۷۹
- افتراق و سازمان‌بندی
- ۲۸۱
- جذب و دفع
- ۲۸۷
- انتقال فعال
- ۲۹۵
- تغذیه
- ۳۰۲
- نمو و رشد
- ۳۰۳
- حرکت
- ۳۲۷
- تحریک‌پذیری و فعالیت عصبی
- ۳۳۳

- ۳۴۳
- ۳۴۹

۵. نتیجه
منابع کتاب

یادداشت مترجم بر چاپ سوم کتاب

پانزده سالی که از انتشار کتاب حیات: طبیعت، منشأ و تکامل آن، به زبان اصلی (۱۹۶۰) گذشته است، درستی اصولی را که الکساندر اپارین در این اثر و دیگر آثارش فرمولبندی کرده است، بیش از پیش به ثبوت رسانیده است. در این مدت کار بسیار در زمینه حل مسائل موجود و تنظیم مسائل جدید راجع به تکامل شیمیایی زمین و عالم و بررسی طبیعت اصلی حیات و منشأ و تکامل آن انجام شد. بشر توانست براساس تکامل منطقی علم و تکنولوژی از کهواره زمین پا به فضای کیهان بگذارد و چشم در آن بگشاید. او موفق شد که در خاک ماه پیاده شود و از آن بادست خویش خاکبرداری کند، و مخصوصاً مسئله خاکبرداری از ماه با بیلهای خودکار مه نوردهای بی سر نشین را حل کند و سنگ و خاک ماه را به کف با کفایت خویش آورده مورد آزمایش قرار دهد. در این مدت، در جهان کنگره‌های ملی و بین‌المللی مهمی درباره بررسی مسائل راجع به منشأ و تکامل شیمیایی زمین و عالم، پیدا شدن سیستمهای پرمولکولی پیشزیستی، پیداشدن حیات و تکامل آن، زیست شیمی عمومی، زیست شیمی تکاملی و زیستشناسی برگزار شد و مقاله‌ها و کتابهای متعددی درباره مسائل متعدد راجع به خاستگاه عالم و حیات و تکامل این دو انتشار یافت. در پرتو این تلاش جهانی که بیش از نیم قرن کار پیگیرانه الکساندر اپارین و شاگردانش، در زمینه مورد بحث، بخش عمده آن را تشکیل می‌دهد؛ اکنون مانند دیگر قلمروهای معرفت بشری بسیاری از خطاهای جهل‌خاسته از میان رفته است و نه تنها جهان شناخته شده گسترش یافته است بلکه به گفته جان دسموند برنال (John Desmond Bernal) فقید، انسان بهتر از گذشته می‌داند که چه نمی‌داند. اینجا به جا است که گفته جورج والد (George Wald) دانشمند معروف امریکایی (آزمایشگاههای زیستشناسی دانشگاه هاروارد) از گزارش وی که در سال ۱۹۶۳، زیر عنوان «منشأ حیات» به نخستین نشست علمی جشن یکصدمین سالگرد تأسیس فرهنگستان

ملی علوم ایالات متحده امریکا عرضه شد، نقل شود:
«بسیاری از نظریات ما دربارهٔ آغازهای حیات روی این
سیاره از حدود سی سال پیش متداول گردید که استدلالهای کنونی
را جی. بی. اس. هالدین J. B. S. Haldane و با تفصیل بسیار
بیشتری ا. ای. اپارین معمول ساختند.»*

الکساندر اپارین در این مدت پانزده سال سخنرانی‌ها و مقالات
متعددی دربارهٔ منشاء حیات در زمین و عالم داشته است و مترجم
از انتشار دو اثر برجستهٔ او به زبان انگلیسی، یکی به نام:
The Chemical Origin of Life (منشاء شیمیایی حیات) و دیگری
با عنوان: The Genesis and Evolutionary Development of Life
(پیدا شدن و رشد تکاملی حیات) آگاهی دارد و افتخار دارد که
به زودی ترجمهٔ فارسی کتاب منشاء شیمیایی حیات را به وسیلهٔ مؤسسهٔ
انتشارات فرانکلین تقدیم دانشدوستان و دانشجویان کشور کند.
کتاب حیات: طبیعت، منشاء و تکامل آن از زبان انگلیسی
از روی ترجمهٔ بانو آن سینگ Ann Syngé با عنوان:
Life : Its Nature, Origin and Development چاپ
انگلستان (Oliver and Boyd, 1961) به فارسی ترجمه شده است.
این ترجمه و ماندگاریش کوششی است برای کمک به گسترش و رشد
دانش نو در میهن ما، برای رخنه زرفتار و گسترده تر آن در جامعهٔ ما
و برای این که محققان کنونی ما با گامبرداری در راه درست تحقیقات
علمی بتوانند، در حدود امکانهایی موجود، از خود میراثی
ارزشمندتر و مانا تر از آن نیاکان پرارجشان برجای بگذارند.

مترجم انتقادات بجا و تقدیرهای پرمهر منتقدان و استقبال
مردم دانشدوست از کتاب حیات: طبیعت، منشاء و تکامل آن را سپاس
می گزارد و آرزو می کند که در آینده بتواند به رغم همه دشواریهای
زندگی شخصی اش به این خدمت ادامه دهد.
مترجم خوب می داند که کارکنان و کارگران مسئول تولید،
تصحیح، چاپ و صحافی مؤسسهٔ انتشارات فرانکلین و مخصوصاً
استاد ارجمند، آقای دکتر محمود بهزاد، چه زحماتی کشیده اند

* Centennial Celebration of the National Academy of
Science, First Scientific Session, October 1963, History of
the Universe, pp. 595

که این کتاب هر بار بهتر از بار پیش تقدیم خوانندگان شود. بدین جهت برای زحمات و تلاشهایشان ارج بسیار می‌نهد و از همه آنان و به‌طور کلی از مؤسسه فرانکلین که این کتاب به کمک آن انتشار یافته است، تشکر می‌کند.

هاشم بنی‌طرفی

فروردین ۱۳۵۴

پیشگفتار مؤلف

این کتاب دنبالهٔ طبیعی کار در زمینهٔ منشاء حیات است که سالهای بسیاری بدان اشتغال داشته‌ام. تا همین اواخر، این مسئله و مسئلهٔ طبیعت اصلی حیات به مثابهٔ دو مسئلهٔ مستقل از یکدیگر تلقی می‌شدند. اولی تقریباً به‌طور کامل توسط محققان تجاهل می‌شد، در حالی که مفهوم طبیعت اصلی حیات با دید ماوراءالطبیعه و به کلی مجزا از منشاء آن بررسی می‌گردید.

امروزه دانشمندان هر چه بیشتر درمی‌یابند که این دو در حقیقت يك مسئله را تشکیل می‌دهند و طبیعت حیات و منشأ و تکامل آن را تنها در ارتباط ناگسستنی‌شان می‌توان بررسی کرد. این کتاب کوششی برای آشنایی به مسئلهٔ طبیعت حیات از این نقطهٔ نظر است.

اینجا می‌خواهم از خانم گلن Gel'man ، نامزد عضویت فرهنگستان علوم، که در کار تألیف این کتاب به من کمک کرده‌اند، عمیقاً سپاسگزاری کنم.

آ.ای. اپارین

بارها با چنان نفوذ کلامی که گویی جای هیچ تردیدی نیست ، به ما گفته اند که جوهر اشیاء همیشه باید بر ما پوشیده بماند ؛ که ما ، همچون کودکی که بینی خویش را به جام پنجره می فشارد، یارای دیدن دارد اما قادر به دخول نیست ، باید همیشه در بیرون طبیعت بمانیم . این مفهوم راجع به منشأهای ما، نظرگاه دیگری را تقویت می کند. ما از بیرون به عالم نمی نگریم . ما از درون بدان نظر می افکنیم. تاریخ آن تاریخ ما و مواد ترکیبی آن مواد ترکیبی ما است . با بی بردن بدین حقیقت می توانیم اطمینان یابیم که آنچه می بینیم واقعی است .

جرج والد

از گذشته بسیار دور تا قرن حاضر ، این دو مسئله به هم بسته که «طبیعت حیات چیست» و «حیات با همه گوناگونیهایش چگونه روی زمین به وجود آمد» ، مستقل از یکدیگر ، انسان اندیشمندان را به خود مشغول داشته بودند . در طول هزاران سال چه بسیار خیال باطل کودکانه در این زمینه به خاطر انسان خطور کرد و در آن نقش بست و سرانجام محو گردید و جای خود را به افکار دیگر داد. بدیهی است که بدون علم به قوانین طبیعت ، انسان هرگز نمی توانست اندیشه درستی راجع به جریان پدید آمدن حیات و سایر پدیده های طبیعی دارا باشد و در این زمینه هر چه می اندیشید ، بسیار سطحی بود و از واقعیت دور. اساساً انسان خود را مدتها از رنج اندیشه چگونگی پیدا شدن حیات بر روی زمین رهانیده بود ، چه معتقد بود که

خورشید موجودی زنده است و ماه و ستارگان هم جاندارند و زمین با هر چیز روی آن زنده است و به طور کلی هر چه حرکت می کند یا تغییر می یابد زنده است (هیلولوزوئیسم^۱) . در این صورت آیا طرح پرسش «حیات چگونه پیدا شد؟» سؤال مسخره بی اساسی جلوه نمی کرد؟ این شیوه تفکر قرنها و شاید بتوان گفت هزاران سال دوام داشت . اما انسان نمی توانست که معرفت خود به طبیعت پیرامون را مدتهای مدید فقط در محدوده هیلولوزوئیسم نگاه دارد. او به تدریج دریافت که میان زنده و غیر زنده فرقی هست. انسان پی در پی می دید که مثلاً کرم در برابر چشمانش در لجن یا خاک مرطوب به سرعت به وجود می آید ، قارچها یکباره و در اندک زمانی می رویند و به طور کلی موجودات زنده گوناگون نه فقط از موجودات زنده مشابه خود بلکه از مواد غیر زنده روی زمین نیز تولید می شوند. این امر سبب شد که نظریه معروف خلق الساعه^۲ موجودات زنده از مواد آلی به وجود آید که رد آن را می توان تا زمان فلاسفه ایونی گرفت. این نظریه در دوران تسلط فلسفه اسکولاستیک در قلمرو زیست شناسی فرمانروای مطلق بود و بخش عمده افکار و اندیشه های بشر را درباره پیدا شدن حیات و تکون موجودات زنده تشکیل می داد. فیلسوفانی همچون اناکسیماندر^۳ ، گزنوفان^۴ ، امپدوکلس^۵ ، ارسطو^۶ ، اپیکور^۷ و شاعرانی مانند تیتوس لوکرسیوس کاروس^۸ و هومر می گفتند یا می نوشتند و یاد می دادند که موجودات زنده گوناگون از لجن، آب، چوب، اجساد جانوران و غیره یا از تأثیر بارانها یا «بخارهای گرم خورشید» بر روی خاک زمین به وجود می آیند. حتی در تورات نیز این عقیده

۱. Hylozoism ۲. Generatio Spontanea

۳. Anaximander ۴. Xenophanes

۵. Empedocles ۶. Aristotle ۷. Epicurus

۸. Titus Lucretius Carus

در مورد خلق الساعه زنبور عسل به صورت معمای شیر و زنبور عسل شمشون بیان شده است که گفته بود: «از خوردن، خوراک بیرون آمد و از زور آور، شیرینی بیرون آمد.» طبیعی است که مردم ساده نیز جز این اعتقادی نمی توانستند داشت. هر چند که قبل از ارسطو نیز از خلق الساعه جانداران سخن می رفت، اما او را به علت تصنیف آثار متعددش درباره طبیعت حیات و منشأ آن، مانند «درباره منشأ جانوران»، «تاریخ جانوران»، «درباره روح» و «آموزشی درباره گیاهان» و غیره، به حق می توان بنیانگذار تئوری خلق الساعه حیات دانست. تعالیم ارسطو درباره خلق الساعه قرنها به دانش پژوهان یاد داده می شد ولی با گذشت زمان دستخوش تعدیل و تغییر گردید. بر طبق نظریه ارسطو جانوران نه فقط از دیگر جانوران مشابه خود به وجود می آیند، بلکه همواره از ماده غیر زنده به وجود آمده و به وجود می آیند. ارسطو می آموخت که موجودات زنده مانند اشیای مجسم دیگر از اتحاد يك اصل انفعالی به نام «ماده» با يك اصل فعال موسوم به «صورت»^۱ ایجاد می شوند. صورت روح موجودات زنده تلقی می شد و صورت یافتن اشیاء «فعلیت» نام داشت. بر اساس نظریه ارسطو فعلیت به جسم، سازمان و حرکت می دهد. بدین سان ماده به تنهایی فاقد حیات است اما به کمک انرژی روح زنده می شود و بر طبق غایتی شکل و سازمان می یابد. جوهر داخلی یا روح به ماده حیات می بخشد و آن را زنده نگه می دارد. اما بنا بر عقیده ارسطو، روح از پیش در عناصر اولیه (آب، خاک، باد و آتش) سازنده موجودات زنده وجود دارد و بسته به اینکه چه عنصری غالب باشد موجودات زنده خاصی به وجود می آیند، به طوری که از خاک، گیاهان، از آب، جانوران آبی؛ از هوا، موجودات خاکی؛ و از آتش

۱. مراجعه شود به کتاب مقدس، عهد عتیق، سفر داوران، باب

ساکنان اجسام سماوی به وجود می آیند.

ارسطو عقیده داشت که از چوب درختان کرم به وجود می آید؛
خرمگس هم از چوب تولید می شود؛ ذراریح از شفیرة حشره ای
به وجود می آیند که در درخت انجیر یا گلایی یا کاج تولید می گردد؛
آسکاریس، کرمهای معمولی، نوزادهای زنبور، کنه، شبچراغ و
بسیاری از حشرات دیگر از شبنم یا لجن و کود، از چوب خشک،
مو، عرق بدن و گوشت به وجود می آیند؛ ولی کرم کدو در قسمت
فاسد شده بدن و مدفوع تولید می شود. در مورد جانوران عالیتر هم
تصور می رفت که ممکن است به طور خلق الساعه به وجود آیند، مثلاً
گمان داشتند که خرچنگها و نرمتنان، مارماهی و بسیاری از انواع
ماهی از لجن به وجود می آیند.

تیتوس لو کرسیوس کروس (۵۵-۹۶ ق. م.) شاعر روم قدیم
در اشعار خود گفته است: «حتی امروز نیز بسیاری از حیوانات
در نتیجه عمل بارانها یا بخارهای گرم خورشید بر روی زمین
به وجود می آیند.» و هومر شاعر یونان باستان نیز گفته آشیل را
نقل می کند که در مقابل بدن زخمی پاتروکلوس؟ به مادرش
گفته بود: «اما درباره فرزند دلیر منو تیتوس بسیار می ترسم
که در این هنگام مگسها از راه جراحی که با پروتز ایجاد شده
داخل گردند، ایجاد کرم کنند، چرک تولید نمایند و تمام بدن را
فاسد کنند.»

در دوران سلطه مسیحیت نظریه ارسطو با تعالیم مسیحیت
تلفیق یافت و با افسانهها و خرافه های به مراتب بیشتری آمیخته شد.
در قرون وسطی دانشمندان برجسته و جهانگردان شایع کرده
بودند که غاز و اردک از بعضی درختان به وجود می آیند. فکر
به وجود آمدن پرندگان از نباتات چنان قوت یافت که مقامات
کلیسایی مناسبترین راه گریز از دشواریهای روزه داری را در استفاده

از این تئوری یافتند و بدین ترتیب خوردن گوشت غاز و اردک را در روزهای روزه‌داری معمول کردند .

فوعی از جانوران دریایی معروف به اردک دریایی^۱ یا صدف ماهی خود را به تخته سنگها، صخره‌ها، ته قایقها و کشتیها و گاهی به درختانی که درون آب می‌افتادند، می‌چسباندند و غشایی آهکی شبیه صدف تشکیل می‌دادند. این امر در سواحل شمال اسکاتلند به هنگامی رخ می‌دهد که غازهای قطبی از سوی شمال می‌رسند. همزمانی این دو حادثه سبب می‌شد که متفکران ساده لوح قرون وسطی تصور نمایند که غازها از «درخت غاز» زاده می‌شوند. همچنین می‌توان از افسانهٔ برهٔ نباتی یاد کرد. این افسانه ساختهٔ اروپاییانی است که به مشرق سفر کرده بودند. آنان از برهٔ نباتی داستانها سرهم بندی می‌کردند که خود در مشرق زمین گیاهان و درختانی را دیده یا شنیده بودند که میوه‌شان شبیه خربزه و حاوی برهٔ کاملی بود و شرقیان آن میوه را به جای گوشت می‌خوردند .

کیمیاگران قرون وسطی، خسته از تلاشهای ناکام خویش برای تبدیل فلزات به طلا، به تئوری خلق الساعه موجودات زنده روی آوردند و بدان شاخ و برگ بسیار دادند. پزشک و کیمیاگر بزرگ قرن شانزدهم، پاراسلسوس^۲ «مشاهدات» خود را دربارهٔ خلق الساعه موش، مارماهی، لاک‌پشت و غیره، از آب، باد، گاه و چوب پوسیده شرح داده و مثلاً گفته بود که از مغز دانهٔ گندم و عرق انسان می‌توان موش به وجود آورد . او معتقد بود که اصلی به نام «روح حیات»^۳ موجب خلق الساعه موجودات زنده می‌شود . چنانکه می‌دانیم بعدها این نظریه که از تعالیم ارسطو سرچشمه می‌گیرد در وجود ویتالیزم جان گرفت و پرورانیده شد . بالا گرفتن کار آزمایش برای به وجود آوردن موجودات گوناگون از

راه خلق الساعه این فایده را هم داشت که بعضیها با اصلاح تکنیک عقیم ساختن و عقیم نگه داشتن مصالح کار به بطلان تئوری خلق الساعه موجودات زنده از مواد غیر مشابه پی ببرند .

در نیمه دوم قرن هفدهم طبیعی از اهالی توسکانی به نام فرانچسکو ردی^۱ نخستین ضربه را بر پیکر تئوری خلق الساعه حیات زد (۱۶۶۸). او با تجربیات خود ثابت کرد که کرمهایی که روی گوشت تولید می شوند ، نوزاد مگسند و اگر گوشت را در ظرفی سترون نهاده با ململ پوشانند دیگر هیچ کرمی از آن به وجود نمی آید. اما نه تنها فرانچسکو ردی بلکه سایر دانشمندان که بعد از او برای ابطال نظریه خلق الساعه موجودات زنده کار و تجربه کردند، تا پاستور، یعنی تا قریب دوست سال بعد، هیچ کس نتوانست ضربه نهایی و قطعی را بر این تئوری وارد کند . کشف میکربها توسط آنتون ون لی ونهوک^۲ که در سال ۱۶۷۴ صورت گرفت ، هر چند که به خودی خود فقط وجود موجوداتی ذره بینی را ثابت می کرد ، اما به علت نقص تکنیکی آزمایشها برای اثبات نظریه خلق الساعه موجودات مورد استفاده دانشمندان طرفدار آن واقع شد . به تدریج لکه نظریه خلق الساعه موجودات پریاخته ساده و عالی از دامن علم زدوده شد ولی خلق الساعه میکربها جای آن را گرفت و تا مدتی هم هر چه بیشتر قوت یافت .

قویترین طرفداران این نظریه ، الهیون بودند که از کتاب مقدس الهام می گرفتند. آنان بر متافیزیک ارسطویی متکی بودند و از پشتیبانی فلاسفه ایده آلیست برخوردار کامل داشتند . بنابر عقیده آنان ساختمان و سازمان هر موجود زنده دوگانه است. کالبد و روح . حیات آفریده یک قدرت مطلق ازلی - ابدی است . روح همیشه بوده، هست و خواهد بود. روح جوهری ازلی - ابدی است و

۱. Francesco Redi

۲. Anton van Leeuwenhoek (۱۶۳۲-۱۷۲۳)

جزئی از همان روح کل و قدرت مطلق است. روح اصلی فعال است که به مواد اولیه کالبد سازمان می‌دهد و آن را زنده نگه می‌دارد و وقتی که از آن خارج می‌شود، کالبد باز به همان حالت غیر زنده اولیه خود بازمی‌گردد. کالبد جسمی فناپذیر و انفعالی است. به وجود آمدن حیات و موجودات زنده کاریک قدرت ماورای طبیعت است و ما هرگز نمی‌توانیم بدان معرفت بیابیم و بر این اساس، دانشمندان بیهوده به کار تحقیق درباره طبیعت اصلی حیات و شناخت خاستگاه یا خاستگاههای آن می‌پردازند.

ویتالسم نیز که اصالت نیرویی مستقل از جسم را به نام «نیروی حیات» تبلیغ می‌کند مبتنی بر همین عقاید است. چنانکه می‌دانیم ویتالیستها خدمتگزارترین مریدان نظریه خلق الساعه موجودات زنده بودند. آنان بر این عقیده بودند که «نیروی حیات» در ذرات خیسانده‌ها و محلولهای آلی مورد آزمایش نهفته است و همین نیروست که می‌تواند مواد آلی غیر زنده را به موجودات زنده ذره بینی تبدیل نماید.

تا نیمه اول قرن شانزدهم علوم طبیعی در حالت وارونه کم تحرك و تاحدی بی‌ثمر روی دستهای خود، بسته به یوغهای سه‌گانه خرافات مذهبی، متافیزیک ارسطویی و سیستم بطلمیوسی مرکزیت زمین پا در هوا باقی مانده بودند. کپرنیک^۱ با اعلام نظریه مستدل خود درباره مرکزیت خورشید و گردش زمین و سیارات دیگر به گرد آن یکی از زنجیرهای اسارت علوم طبیعی را پاره کرد و در عین حال دویوغ دیگر را سست تر ساخت. در قرن هفدهم کپلر، گالیله و نیوتن کار کپرنیک را به اتمام رسانیدند. زمین از سریر فرمانروایی غصبی به پایین کشیده شد و خورشید به مقام شایان خود رسید. ثابت شد که زمین مرکز عالم نیست و سیاره‌ای بیش

نیست که هم به گرد خود وهم به گرد خورشید می گردد؛ و این که قوانین مکانیک و قانون جاذبه نیوتن حاکم بر حرکت اجرام آسمانی است . در قرن هیجدهم ، گانت قلم بطلان بر نظریه ابدیت منظومه شمسی کشید و ثابت کرد که منظومه شمسی ما زمانی وجود نداشته و به مرور زمان به وجود آمده است . بدیهی است که قبول این نظریه مستلزم این بود که برای زمین و همه پدیده های طبیعی درون منظومه شمسی نیز آغاز و خاستگاهی پذیرفته شود . تنها در قرن نوزدهم بود که با سه کشف بزرگ علمی ، یعنی تئوری ساختمان سلول که دو زیست شناس آلمانی ، تئودور شوان^۱ و ماتیس یاکوب شلایدن^۲ آن را بنیانگذاری کردند ، تئوری تکامل چارلز داروین مبتنی بر انتخاب طبیعی و بالاخره قانون تغییر شکل یا بقای انرژی رابرت مایر^۳ ، ژول^۴ و کولدینگ^۵ که بعدها به صورت قانون بقای جرم و انرژی ($E = \Delta MC^2$) اینشتین اصلاح گردید ، علوم طبیعی زنجیرهای اسارت قرون را پاره کردند، و روی پاهای خود قرار گرفتند و به تناسب آزادتر شدن، امکان پیشرفت و گام برداری نسبتاً آزادتر و یارای دورخیزهای پی در پی برای جهشهای آینده را یافتند .

طبیعی است که در چنان شرایطی نظریات و به اصطلاح تئوریهای غیر علمی همچون نظریه خلق الساعه حیات نمی توانستند به حیات خود ادامه دهند . دانشمندی دقیق ، پرحوصله و پیگیر همچون لوئی پاستور (۱۸۹۵-۱۸۲۲) ، پدربیکریولوژی قد برمی افرازد و به ندای آکادمی علوم فرانسه پاسخ مثبت می دهد و با آزمایشهای دقیق خود که در آنها تمام جوانب امور مورد توجه

۱. Theodor Schwann (۱۸۸۲-۱۸۹۱)

۲. Matthias Jacob Schleiden (۱۸۷۱-۱۸۰۴)

۳. Robert Mayer ۴. Joule ۵. Colding

واقع شده و همه احتیاطهای لازم برای سترون نگه داشتن مواد مورد آزمایش و ظروفشان رعایت شده بود بر گزارش مفصل پوشه^۱ و ادعاهای ناصحیح وی قلم قرمز می کشد و بطلان نظریه خلق الساعه موجودات را به یکبارو برای همیشه ثابت می کند و سرانجام جایزه موعود آکادمی علوم فرانسه را از آن خویش می گرداند (۱۸۶۴).
ابطال نظریه خلق الساعه حیات هر چند که مانعی بزرگ را از راه دانشمندان برداشت ، اما در نتیجه آن مشکلات تازه بزرگی به وجود آمد . دانشمندان نتیجه گرفتند که ناممکن بودن خلق الساعه حیات مانند قانون جاذبه عمومی امر مسلمی است و این امر در بینهایت زمان و مکان نیز صدق می کند . بنابراین اساس نتیجه گرفته شد که اولاً موجودات زنده فقط و فقط از موجودات زنده مشابه خود به وجود آمده و به وجود می آیند؛ ثانیاً حیات از ازل بوده است و تا ابد ادامه خواهد یافت . در آن هنگام مسئله حیات زمینی یا به سخن بهتر جریان پیدا شدن حیات بر کره خاکی ما بدین صورت مطرح می شد : می دانیم که حیات ازلی و ابدی است و می دانیم که زمین ما از ازل نبوده و در موقع به وجود آمدن گوی بسیار داغی بوده است و چنان شرایطی بر آن حکمفرما بود که به هیچ وجه نمی توانست دارای موجود زنده باشد . بر این اساس معلوم کنید که حیات چگونه روی زمین پیدا شد ؟

برای حل این مسئله ، ریختر^۲ تعالیم انکساغورس^۳ فیلسوف قرن پنجم قبل از میلاد مسیح را زنده کرد . چنانکه می دانیم انکساغورس می آموخت که حیات از ازل بوده است و تا ابد ادامه خواهد داشت ؛ نه خلقت حیات و نه فنای آن هیچ کدام امکان پذیر نیست ؛ جنینهای اثیری یا تخمهای تغییر ناپذیر بسیار خرد و به نام اسپرماتا^۴ از هوا توسط باران به زمین منتقل

Anaxagoras .۳

H. E. Richter .۲

Pouchet .۱

Spermata .۴

می‌شوند، درخاک مرطوب زمین بارور می‌گردند و در نتیجه این امر موجودات زنده گوناگون به وجود آمده و به وجود می‌آیند .

با توجه به نتایج اولیه‌ای که درباره مسئله پیداشدن حیات از بطلان نظریه خلق الساعه موجودات ذره‌بینی گرفته و در بالا به اختصار ذکر گردید ، ریختر بنیانگذار فرضیه دیگری که پان اسپرمی^۱ نامیده شد ، ابراز عقیده کرد که عالم از لحاظ زمان و مکان بی‌انتها است؛ آغازی نداشته و هرگز پایانی نخواهد داشت و این امر بدین سبب است که ماده و انرژی فنا ناپذیر است و فقط شکل آنها تغییر می‌کند . برای حیات هم آغاز و پایانی نمی‌توان تصور کرد . تخمهای حیات در فضای بیکران منتشرند و بر اساس همین اعتقاد به انتشار اسپرگیر بذرهای حیات است که کلمه پان اسپرمی و سپس کاسموزوئیسم^۲ یا اصالت حیات در کیهان عنوان گردید و تا اوایل قرن بیستم نقل مجالس و محافل زیست شناسی شد .

ریختر عقیده داشت که از اجرام کیهانی ، به علت سرعت زیادی که دارند ، سنگهایی جدا می‌شود و این سنگهای آسمانی سرگردان ها^۳ موجودات ذره‌بینی را با خود می‌برند . بدین ترتیب وقتی که يك سنگ آسمانی حامل هاگهای زنده روی يك سیاره دارای شرایط مساعد زیست فرود می‌آید، غشای پوششی هاگها باز می‌شود . نمو و رشد و تکثیر موجودات ذره‌بینی تازه وارد در محیط جدید شروع می‌شود، سیاره از حالت سترونی بیرون می‌آید و حیات بر روی آن به مرور زمان گسترش می‌یابد . طرفداران نظریه پان اسپرمی استدلال می‌کردند که همان طور که مواد آلی سترون لوله‌های سترون آزمایش، فقط از راه ارتباط هوای آلوده محیط کشت باکتریهای مختلف می‌گردند ، در آن

هنگام که زمین هنوز بی‌حیات بود، پس از سرد شدن و یافتن شرایط مساعد زیست، کشتزار بزرگ باکتری‌هایی گردید که از فضاهاى خارج به وسیله سنگهای آسمانی برپهنه وسیع آن افشاندند شدند.

ریختر و پیروانش وجود زغال را در سنگهای هوایی^۱ یا سنگهای آسمانی زغال‌دار^۲ دلیل قاطع این طرز انتقال حیات می‌دانستند. آنان همچنین عقیده داشتند که چون موجودات ذره‌بینی در همه‌جای جو زمین پراکنده‌اند ممکن است از بالای جو به سنگهای آسمانی فضای خارج منتقل گردند و به‌سیاره قابل سکونت دیگری برده شوند.

از جمله معروفترین پیروان فرضیه پان اسپرمی یا تئوری اصالت حیات کیهانی یوستوس فون لیبیگ^۳ شیمیدان آلمانی و هرمان فون هلمهولتز^۴ فیزیولوژیست، و فیزیکدان آلمانی، و ویلیام تامسن^۵ فیزیکدان انگلیسی و سوانته ارنیوس^۶ شیمیدان سوئدی، بوده‌اند، هر یک از اینان به‌سهم خود به‌بسط و تشریح فرضیه پان اسپرمی کمک کردند و برای اثبات آن اهتمام ورزیدند. مثلاً آرنیوس کوشید ثابت کند که انتقال ذرات از جسمی آسمانی به جسم آسمانی دیگر امکان‌پذیر است. او ابراز عقیده کرد که ذرات ریز حامل موجودات زنده به‌وسیله جریانهای قوی بادهای ناشی از آتشفشانها به ارتفاعات بسیار بلند جو منتقل می‌شوند و در آنجا به‌علت تخلیه‌های الکتریکی به‌سادگی به فضای خارج جو رانده می‌شوند

۱. Aerolites ۲. Carbonaceous meteorites

۳. Justus von Liebig (۱۸۰۳-۱۸۷۳)

۴. Hermann von Helmholtz (۱۸۲۱-۱۸۹۴)

۵. William Thomson (۱۸۲۷-۱۹۰۷)

۶. Svante August Arrhenius (۱۸۵۹-۱۹۲۷)

و از آنجا تحت فشار يك طرفه اشعه خورشید به نقاط دورتر و دورتر سوق داده می شوند . بنا بر عقیده آرنیوس نظیر این پدیده در سیارات دیگر نیز رخ می دهد . او حتی با محاسبه نشان داد که هاگهای رها شده از جاذبه زمین ، تحت تأثیر خورشید ، می توانند در مدت ۱۴ ماه از قلمرو منظومه شمسی خارج گردند و پس از ۹۰۰۰ سال به نزدیکترین ستاره یعنی القنطورس ۱ برسند .

تمام کوششهایی که به عمل آمد تا اثری از موجودات ذره بینی روی سنگهای آسمانی یافته شود با عدم موفقیت روبرو گردید . فقط ایپهن^۲ با آزمایش چند سنگ آسمانی ظاهراً آثاری از باکتریها و هاگهایشان یافت که کاملاً شبیه موجودات ذره بینی روی زمین بودند (۱۹۳۲) . هیچ يك از دانشمندان دیگر حتی آنان که تکنیک لیپمن را در آزمایش سنگهای آسمانی به کار برده اند ، اثری از باکتری و حیات نیافته اند . حتی مواد آلی زیست خاسته که فاقرینگی^۳ خاصی دارند هرگز در سنگهای آسمانی به میزانی که بتوان بدان اعتنا کرد و در حدود طبیعی مواد زیست خاسته است ، یافته نشده است . چنانکه می دانیم یکی از ویژگیهای اساسی طبیعت زنده همانا خصلت انتخابی نوری است که مواد آلی اجسام زنده دارند و این ویژگی به حدی قوی است که پاستور معتقد بود که این خاصیت تنها مرز ممیزی است که میان شیمی ماده حیاتی و غیر حیاتی می توان کشید .

در نیمه اول قرن کنونی ، با تکامل فیزیک و شیمی و زیست شناسی ضربات خرد کننده ای بر پیکر فرضیه پان اسپرمی زده شد . ثابت شد که اشعه کیهانی موجب تغییر کیفی عناصر می شود و بدین جهت هیچ موجود زنده ای و هیچ هاگی هرچقدر که در

برابردشواریهای طاقت فرسای زیست در شرایط نامساعد برودت فوق العاده و حرارت زیاد، ومدت بسیار دراز سفر وغیره مقاومت داشته باشد هرگز نمی تواند زیر باران اشعه کاشنده کیهانی زنده بماند. زیرا همه مواد ساختمانی آن به سرعت تغییر می یابد و براین اساس مرگ موجود زنده پیش از رسیدن به زمین حتمی است. بدین جهت پیروان پان اسپرمی به تدریج رو به تحلیل رفتند، به طوری که این نظریه اکنون در میان دانشمندان طرفدار جدی ندارد. با وجود این هنوز قضیه تمام شده ای نیست. در سال ۱۹۵۴ هالندین^۱ نوشت که این فرضیه باز هم باید مورد توجه قرار گیرد. اکنون نیز هر وقت سنگی آسمانی به زمین اصابت می کند و برای آزمایش در دسترس دانشمندان قرار می گیرد، در زمینه منشأ حیات، از دو نظر مورد بررسی واقع می شود:

الف. از لحاظ وجود مواد زیست خاسته و آثار حیات.

ب. از نظر وجود مواد آلی بی زیست خاسته ای که در مراحل

پیش از پیدا شدن حیات وجود آنها در سیستمهای پیش زیستی^۲ حائز اهمیت بوده است.

از شرح مختصری که راجع به فرضیه پان اسپرمی یا اصالت حیات در کیهان آمد به سادگی می توان دریافت که این فرضیه مسئله چگونگی پیدا شدن حیات را حل نکرد و تنها کاری که کرد این است که حیات ساخته و آماده «بی آغازی» را روی زمین نازل کرد. سخنگویان اصلی این فرضیه اعلام داشتند که حیات همان قدر ابدی است که ماده و کربن با ترکیباتش و تلاش ما برای شناخت منشأ حیات کار بیهوده و باطلی است. زیرا وقتی که مبدأ و مقصد حیات خود حیات باشد دیگر مسئله پیدا شدن حیات معنی خود را از دست می دهد.

در سالهای اخیر جنبه های کیهانی پیدا شدن حیات مورد

توجه دانشمندان قرار گرفت . دانشمندان بار دیگر به بررسی سنگهای زغالی کیهانی پرداختند و اکنون این مسئله مطرح است که سنگهای مزبور منبع قابل توجهی برای هیدروکربورها و مواد آلی بی‌زیست خاسته زمین در مراحل ماقبل حیاتی بوده‌اند یا نه . این مسئله هنوز هم تحت بررسی است و مسلماً بادت یافتن انسان به‌ماه و سیارات منظومه شمسی بسیاری از مجهولات ما معلوم خواهد شد و انسان با در دست داشتن معلومات بیشتری به حل مسائل مربوط به جنبه‌های کیهانی منشأ حیات خواهد پرداخت .

مدتی پس از زنده شدن نظریه انکسگورس درباره پان اسپرمی و اصالت حیات کیهانی، نظریه دیگری که آن‌هم از یونان باستان سرچشمه می‌گیرد، در سال ۱۸۸۰ توسط پریر عنوان شد . پریر بر آن بود که حرکت آغاز زندگی در جهان است . او استدلال می‌کرد که همان‌طور که اکنون خلق الساعه حیات از مواد آلی غیرزنده ناشدنی است، در گذشته دور و در آغاز پیداشدن زمین نیز ناشدنی بوده است . او هم برای خروج از این بن‌بست ابدیت حیات را می‌پذیرد و در سال ۱۸۸۰ ابراز عقیده می‌کند که «اگر ما خود را از این عقیده کاملاً مستبدانه و غیر مبتنی بر واقعیات که می‌گویند پرتوپلاسم فقط به ترکیب کنونیش می‌تواند بود و از این تعصب کهن که در آغاز فقط مواد معدنی وجود داشت، رهایی بخشیم، می‌توانیم بی‌واهمه قدم دلیرانه دیگر را برداریم: جمله اعتقادات راجع به منشأ ابتدایی حیات را باطل کنیم و جریان بی‌زمان حیات را بپذیریم .»

او بر این اساس اعلام می‌دارد که توده مذاب زمین، در آغاز

تشکیل، به علت حرکت موادش ارگانسیم واحدی بود و وقتی که زمین سرد شد يك دسته از مواد آن که دیگر نمی توانستند به حالت مایع بمانند ماده معدنی مرده را تشکیل داده سنگ شدند و دسته دیگر از ترکیبات عناصری که به حالت گاز یا مایع بودند، پرتوپلاسم کنونی را ساختند.

بدیهی است که این شیوه شناخت طبیعت اصلی حیات و منشأ آن را به هیلوزوئیسیم می توان نسبت داد.

اما در جریان شگفتگی علوم طبیعی، به ویژه فیزیک، شیمی و زیست شناسی، استنباط و شیوه دیگری در زمینه بررسی و شناخت طبیعت حیات و منشأ آن پیدا شد و آن صور مختلف ماتریالیسم مکانیستی است. اگر از دیدگاه فلاسفه اسکولاستیک و ایده آلیستهای دیگر مرز غیر قابل عبوری میان حیات و غیر حیات وجود دارد و اگر بر اساس آن نه تنها هرگز نمی توانیم از مرز مزبور بگذریم و داخل قلمرو حیات شویم بلکه هیچگاه نمی توانیم به درون آن سرک بکشیم، در مورد دیدگاه ماتریالیسم مکانیستی قضیه به کلی معکوس می شود. از نظر گاه مزبور قضایا ساده می نماید؛ هیچ مرزی میان زنده و غیر زنده وجود ندارد و فقط قوانین فیزیک و شیمی بر عالم زنده و غیر زنده حکمفرما است. بر این اساس، همچنانکه پرفسور اپارین خاطر نشان ساخته است، همه اشیای عالم را هم می توان زنده پنداشت و هم غیر زنده یا جماد. و بالاخره با پذیرفتن این نظر گاه این سؤالها که طبیعت حیات چیست یا چه چیزی زنده است و چه چیز غیر زنده و نیز این پرسش که حیات چگونه پیدا شد، بی معنی و بی اساس می نمایند. چنانکه می دانیم هنوز هم در تعریف حیات اتفاق نظر نیست و عده ای از دانشمندان در آن فرو مانده اند.

یکی از چهره‌های درخشان تاریخ زیست‌شناسی و دفاع از داروین‌بسم در آلمان که در عین حال مسائل مربوط به منشأ حیات را از نظر دور نداشته و نظریات جالبی داده است از نست هکل^۱ بود. او معتقد بود که زمین ابتدا عاری از حیات بود، زیرا شرایطی بر آن حکمفرما بود که با تکون و بقای حیات منافات داشت. اما پس از سرد شدن زمین شرایط مساعد پدید آمدن حیات به وجود آمد، شرایطی که امروز دیگر وجود ندارد. بدین جهت است که بطلان خلق الساعه کنونی حیات با آغاز خاست^۲ یا خلق الساعه ابتدایی حیات از مواد آلی روی زمین عاری از حیات آن زمان، تناقض ندارد. این عقیده هکل که اشکال سلولی حیات از اشکال ماقبل سلولی پدید آمده است حائز اهمیت است و در زیست‌شناسی مورد قبول عموم قرار گرفت. او معتقد بود که در آغاز پیدا شدن حیات، حبابهای پروتئینی بی‌هسته و بی‌ساختمان از راه آغاز خاست به وجود آمدند که تمام اعمال حیاتی، یعنی تغذیه، حرکت، واکنش به محرکها و تولید مثل را انجام می‌دادند. هکل آنها را مونرا^۳ نامید. اما با این همه او نتوانست توضیح درستی راجع به چگونگی پیدا شدن مونرهاش بدهد و به گفته اپارین، از آنجا که میان تبلور يك بلور با تشکیل يك سلول فرقی قائل نبود، در موضع مکانیستی قرار داشت. به عقیده او ارگانیسیمهای اولیه‌ای که از راه آغاز خاست به وجود آمدند بایستی ساده‌ترین و پست‌ترین اشکال «کلوخه‌های همگن بی‌ساختمان و بی‌ریخت پروتئینی» بوده باشند و اینها در شرایطی که به علت فقدان معلومات مستند از دورانهای بسیار دور تاریخ زمین، بر ما نامعلوم است، یکبارہ بر مونرها یا واحدهای جاندار اولیه تبلور یافتند.

از جمله تلاشهایی که در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن

Archigony .۲

Ernst Haeckel (۱۸۳۴-۱۹۱۹) .۱

Monera .۳

حاضر برای بررسی مسئله منشأ حیات و شناخت طبیعت آن بر اساس ماتریالیسم مکانیستی صورت گرفت مساعی بعضی از دانشمندان برای ساختن مدل‌های تقلیدکننده خصیصه‌های حیاتی موجودات زنده، به‌ویژه ساختن مدل‌های سلول‌های زنده از مواد معدنی بود. چنانکه می‌دانیم تروپا^۱ «سلول» خود را از تأثیر متقابل بلور سولفات مس و محلول فروسیانور پتاسیم به دست آورد. بوشلی^۲ مدل «آمیپ» مصنوعی با حرکات و پاهای کاذبش^۳ را از مالیدن يك قطره روغن زیتون بر محلول پتاس می‌ساخت. لِدوک^۴ که مدعی روشن ساختن راه «زیست‌شناسی ترکیبی»^۵ بود «سلول» اسمزی خویش را از راه قراردادن يك قطعه کلرورکسیم در يك محلول اشباع شده پتاس و فسفات پتاسیم تولید می‌کرد. بالاخره کوکوک^۶ که به‌ویژگیهای سیستمهای کلونید آشنایی نداشت مدعی «حل» مسئله اتوژنراسیون و «سنتز حیات» در آزمایشگاه گردیده، و می‌گفت که اگر مقداری رادیم بر مخلوطی از ژلاتین، گلیسرل و نمک طعام بیفزاییم پس از ۲۴ ساعت کشت مخصوصی تولید می‌شود با تعدادی سلول زنده که فعالیت‌های حیاتی نمو، تقسیم و غیره را از خود نشان می‌دهند.

به‌طور کلی وجه مشترك نظریات ماتریالیستهای مکانیست این است که اولاً معتقد بودند که ماده زنده در ابتدای امر از ماده غیرزنده و بدون دخالت هیچ نیروی غیرمادی به وجود آمد. چنانکه می‌دانیم در این مورد، به‌صورت کلی‌اش، همه دانشمندانی که امروز در زمینه بررسی مسائل مربوط به پیدایش حیات بر روی زمین صاحب‌نظرند اتفاق نظر کامل دارند ثانیاً کوشش می‌کردند که با ساده‌سازیهای مکانیستی و تکیه صرف بر قوانین فیزیک و شیمی، در شرایطی که شیمی حیاتی هنوز پایه‌گذاری نشده یا به‌تازگی پایه-

۱. M. Traube ۲. O. Bütschli ۳. Pseudopodia

۴. S. Leduc ۵. Synthetic biology ۶. Kuckuck

گذاری اولیه آن شروع می‌شد ، حیات را پدیددهای تصادفی جلوه‌گر سازند. آنان عقیده داشتند و اکنون نیز بعضی معتقدند که ماده بیجان آلی روی زمین اولیه بر اثر يك «تصادف میمون» به اجسام جاندار تبلور یافتند .

ثالثاً می‌پنداشتند که حاصل جمع ساده خواص فیزیکی و شیمیایی مواد مختلف D, C, B, A و غیره که در ترکیب يك ارگانسیم زنده جمع شده‌اند ، حیات را تشکیل می‌دهد . اما مکانیستهای کنونی و به عبارت بهتر نئومکانیستها کار را از این هم ساده‌تر کرده‌اند . آنان همه چیز را در وجود يك ملکول وراثتی به نام DNA خلاصه کرده آن را « ملکول زنده» خوانده‌اند و همین يك ملکول را منشا حیات و تبلوری از طبیعت اصلی حیات می‌دانند . چنانکه می‌دانیم این نظریه در سال ۱۹۵۷ در نخستین سمپوزیم بین‌المللی راجع به منشا حیات بر روی زمین مطرح گردید . پرفسور هاروویتز از مؤسسه تکنولوژی کالج پاسادنا کالیفرنیا در یکی از مباحثات سمپوزیم ، اظهار داشت : « گویی ژنها تنها اجزای زنده سلول بودند و همه چیز دیگر - مستقیماً یا به طور غیرمستقیم - محصول فعالیت ژنها.» او در پایان ابراز عقیده کرد که : «اگر این استنباطها صحیح باشند ، سؤالی را که پرفسور اپارین مطرح کرده است - یعنی این که حیات به صورت ملکولهای منفرد پدید آمد یا به شکل سیستمهای پرمکولی مرکب - می‌توان به طریق زیر پاسخ داد : حیات به صورت ملکولهای منفرد در محیطی پرمکولی پدید آمد.» باید اضافه کرد که پرفسور هاروویتز در مقاله‌ای که بعداً (نوامبر ۱۹۶۱) با همکاری استانیلی میلر^۲ تحت عنوان «تئوریهای جاری راجع به منشا حیات» نگاشت از این نظریه با تفصیل بیشتر دفاع نمود و در این مورد باید گفت که امروز

عده دانشمندان بیوشیمیست و زیست شناسان جانبدار این نظریه اندک نیست. اما اگر موقتاً فرض کنیم که این نظریه صحیح باشد یعنی ابتدا ملکولهای زنده ژنتیک، مستقل از سیستمهای زنده اولیه، در محیطهای آلی غیر زنده پدید آمدند و این نوع زیست ملکولی دورانی را طی کرد و با توجه به این که عامل انتخاب طبیعی در شکل ابتدایش و در سطح ملکولی نیز عمل می کرد، معلوم نیست که کار زبان رمز (Code) وراثتی همان ملکولهای زنده به چه کار می آمد و آیا می توان قبول کرد که مدتها قبل از آن که ساختمانی با سازمانبندی ویژه در میان باشد زبان رمز ژنتیک مربوط بدان وجود داشته و عاقل و بی اثر بوده باشد؟

باز به قرن نوزدهم باز گردیم و نظری اجمالی به منشأ نظریات دیگر قرن حاضر درباره طبیعت و خاستگاه حیات بیفکنیم. همان طور که گفته شد، در قرن نوزدهم سه کشف بزرگ علمی، علوم طبیعی را از حالت وارونگی رهانید و بدانها استقراری طبیعی بخشید. در آن شرایط تسهیلات اولیه برای تحقیق درباره شناخت طبیعت حیات و منشأ آن فراهم گشت. چنانکه انگلس، دانشمند آلمانی قرن نوزدهم در این باره نوشت که «با این سه کشف بزرگ، عمده پروسه های طبیعت توضیح داده شدند و به علل طبیعی منسوب گشتند. اینجا يك چیز می ماند که انجام شود: توضیح منشأ حیات از طبیعت غیر آلی. در مرحله کنونی علم این امر اقلای متضمن ساختن اجسام پرتئینی از مواد معدنی است شیمی به انجام این وظیفه نزدیکتر و نزدیکتر می شود اما هنوز از آن بسیار دور است. با وجود این اگر به یاد آوریم که فقط در سال ۱۸۲۸ بود که وهلر اولین جسم آلی، اوره، را

از مواد معدنی تهیه کرد و اکنون چه تعداد هنگفتی از مواد به اصطلاح آلی مصنوعاً و بدون هیچ ماده‌ای آلی ساخته می‌شود، ما از شیمی انتظار نخواهیم داشت که به‌هنگام برخورد به پرتئین درنگ کند . تاکنون شیمی توانسته است هر ماده آلی را که ترکیبش به‌دقت معلوم گشته است فراهم کند . به محض آن که ترکیب اجسام پرتئینی شناخته شود شیمی خواهد توانست به فراهم ساختن پرتئین زنده مبادرت ورزد ، اما خواستن يك شبه آنچه خود طبیعت موفق می‌شود که فقط تحت شرایط بسیار مساعد، پس از میلیونها سال، روی تعداد معدودی اجسام کیهانی انجام دهد، خواستن يك معجزه است . « دانشمند مذکور عقیده داشت که حیات یکی از اشکال حرکت ماده است، چه حرکت ماده تنها صورت حرکت مکانیکی یا جا به جایی صرف را ندارد بلکه گرما، نور، الکتریسته ، نیروی مغناطیسی ، تجزیه و ترکیب شیمیایی، حیات و بالاخره شعور را هم باید از اشکال حرکت ماده شمرد . او همان‌طور که در کتاب حاضر آمده است ، در مورد طبیعت اصلی حیات روی « هستی اجسام آلبومینی » و متابولیسم تأکید می‌کرد . او نوشت : « حیات يك طرز هستی اجسام آلبومینی است که خصیصه اساسی آن مبادله پیوسته مواد با محیط طبیعی خارج آنهاست . » این تعریف گرچه ناقص است و خود واضع آن بدین نقص معترف بود، اما اساسی‌ترین خصیصه‌های حیات را از آغاز تاکنون و از پستترین و ابتدایترین موجودات تا عالیترینشان را شامل می‌شود . تکیه این تعریف روی هستی اجسام پرتئینی شایان اهمیت بسیار است و برای پی بردن بیشتر به اهمیت اجسام پرتئینی در انجام فعالیت‌های حیاتی جسم زنده شرح مختصر زیر برای برخی از خوانندگان کتاب شاید غیر ضرور نباشد .

چنانکه می‌دانیم تحت نام پرتئین عده پرشماری از مواد

آلی نیتروژندار قرار می گیرند که در ساختمان پرتوپلاسم انواع سلولهای گیاهی و جانوری شرکت دارند و اساسترین فعالیت های حیاتی را برعهده دارند . تنوعی که ترکیب شیمیایی و فعالیت های حیاتی پرتئینها دارد در هیچ یک از گروه های دیگر مواد آلی بیولوژیک یافته نمی شود . پرتئینها نه تنها در یک موجود زنده بسیار متنوعند و برحسب هر بافت متمایزند و ویژگی های خاصی دارند (مانند پرتئینهای کبد ، کلیه ، قلب ، خون ، بافتهای عصبی ، استخوانی ، عضلانی و پیوندی و نیز پرتئینهای بافتهای گیاهی و پرتوپلاسم تک یا ختگان گوناگون گیاهی و جانوری و پرتو - زوئرها) بلکه در هر نوع جانور یا گیاهی ویژگی خاصی دارد . همه می دانیم که هیچ یک از سلسله فعل و انفعال های بیوشیمیک درون اجسام زنده بی شرکت یک دسته مهم از پرتئینها - به نام آنزیمها - امکان پذیر نیست . ثابت شده است که تعداد این گروه ، از مواد پرتئینی بسیار است و اکنون تعداد آنزیمهای شناخته شده از شماره ۷۰۰ تجاوز کرده است . همچنین بسیاری از اعمال فیزیولوژیک و حیاتی اجسام زنده گیاهی و جانوری به کمک موادی صورت می گیرد که هورمون^۱ نامیده می شوند . این مواد نیز از خانواده پرتئین هستند . γ -گلوبولینها^۲ ، پادتنها^۳ ، پادگنها^۴ ، زهرها^۵ ، و پادزهرها^۶ ، که در مبارزه به خاطر بقای جانوران بسیار اهمیت دارند از زمره پرتئینها هستند . گروه پرتئینهای مرکب (نوکلئوپرتئینها ، موکوپرتئینها^۷ ، کرموپرتئینها^۸ ، فسفوپرتئینها^۹ ، لیپوپرتئینها^{۱۰}

| | | |
|-------------------|------------------------|--------------------|
| Antibodies .۳ | γ -Globulins .۲ | Hormones .۱ |
| Antitoxins .۶ | Toxins .۵ | Antigens .۴ |
| Chromoproteins .۸ | | Mucoproteins .۷ |
| Lipoproteins .۱۰ | | Phosphoproteins .۹ |

و متالوپروتئینها^۱ ، را هم با شماره بسیارشان و گوناگونی وسیعشان باید یادآور شد که برخی نقش ساختمانی دارند و آن دیگریها در فعالیتهای حیاتی گوناگون فعالانه شرکت می کنند (کاره‌ورمونی، آنزیمی و غیره). در رأس این دسته نوکلئوپروتئینها هستند که در ساختمان هسته سلول شرکت دارند و در انجام تولید مثل موجود زنده و انتقال صفات و ویژگیهای ارثی دخالت اساسی دارند .

با این توصیف ، خواننده باید قبول کند که نام پروتئین ، مشتق از کلمه یونانی Proteion که به معنای اول یا نخستین یا آنچه دارای مقام اول است ، برای پروتئینها چه اسم با مسمایی است و ما واقعاً حق داریم که وجود اجسام پروتئینی را زیر بنای توصیف طبیعت اصلی و کنونی حیات گردانیم .

بدین سان در اواخر قرن نوزدهم قدمهای اولیه برای شناخت طبیعت اصلی حیات برداشته شد . در میان کسانی که در این زمینه به پیشرفت علم کمک فراوان کردند ، نام چارلز داروین ، پاستور ، شوان ، شلایدن ، انگلس ، کلود برنار و توماس هاکسلی تجلی خاصی دارد . در آن زمان و نیز در اوایل قرن بیستم چون دانش بشری تکامل لازم را نیافته بود و به خصوص از آنجا که شیمی حیاتی هنوز مرحله جنینی را طی می کرد، کار تعیین مسائل مربوط به منشأ حیات و حل آنها و شناخت طبیعت اصلی حیات پیشرفت سریعی نداشت . گذشته از این، همان طور که پرفسور اپارین خاطر نشان کرده است ، معمای منشأ و مسئله طبیعت حیات جدا و مستقل از هم مورد توجه و بررسی واقع می شد . در آن زمان و حتی در این اواخر نیز هنوز متوجه این حقیقت نشده بودند که این دو مسئله به صورت عینی خود ، یعنی بهم بسته و مرتبط به یکدیگر باید بررسی شوند . شیوه اخیر

بررسی را در این زمینه، مؤلف کتاب حاضر الکساندر ایوانویچ اپارین^۱ شروع کرد و تا به امروز همین روش را ادامه داده است. و اگر امروز دومی مسئله طبیعت اصلی حیات و منشأ آن در ارتباط با یکدیگر بررسی می‌شوند و این بررسی به مقیاسی جهانی سازمان یافته است شخص اپارین و شاگردان او در این پیشرفت سهم بسزایی دارند.

امروز همه دانشمندانی که در زمینه مسائل مورد بحث صاحب نظرند اتفاق نظر دارند که فرضیه بزرگ اپارین عصر جدیدی در تاریخ بررسی منشأ و طبیعت حیات گشود، عصری که نام الکساندر اپارین با یک فرضیه علمی مشخص و متجانس بر تارک آن می‌درخشد.

اپارین در سال ۱۹۲۲، هنگامی که بیوشیمیست جوانی بود، در انجمن گیاه‌شناسی مسکو راجع به منشأ حیات سخنرانی می‌کند و از نظریه تکامل ماده به ترکیبات معدنی و تکامل مواد معدنی به آلی و سرانجام به موجودات اولیه دفاع می‌نماید. او در سال ۱۹۲۴ مقاله‌ای تحت عنوان «منشأ حیات» می‌نویسد که در همان سال به صورت کتابی کوچک انتشار می‌یابد. اپارین در آن مقاله خلق الساعة موجودات زنده، پان اسپرمی، جهان زنده و جهان مرده، تطور ماده از عناصر ساده تا ترکیبات آلی و از ترکیبات آلی تا موجودات زنده را مورد بحث قرار می‌دهد.

بدیهی است که اپارین در جزوه مزبور تابع دانش ناقص وقت بود. بدین جهت، مثلاً، در مورد منشأ خورشید و سیارات آن و از جمله آنها زمین، فرضیه سحاب فروزان لاپلاس و کانت را پذیرفته بود. با مطالعه این جزوه می‌توان فهمید که اپارین در آن هنگام، در زمینه بررسی و توصیف طبیعت حیات و مقایسه

تك تك خصیصه‌های اساسی جهان زنده با ویژگیهای جمادات بر اثر عوامل مختلفی از قبیل سلطه طرز تفکر مکانیستی بر افکار و عقاید دانشمندان پیشرو اوایل قرن بیستم و شور جوانی ، ناخود آگاه در موضعی مکانیستی قرار داشت. او با ساده‌سازیهایی خاصی در مقاله مزبور استدلال کرده بود که وجود کربن در الماس و اجسام زنده ، حالت کلوئید مواد معدنی و پرتوپلاسم ، اعمال سوخت يك کارخانه با اعمال تنفسی و تخمیری يك ارگانیزم زنده ، تغذیه ، همانند سازی و حتی تولید مثل يك جسم زنده با اصطلاح تغذیه ، نمو و تکثیر يك بلور نمک طعام در محلول اشباع شده‌اش ، اعمال متابلیک با تجزیه آب اکسیژنه به آب و اکسیژن در يك اسفنج پلاتین و تقسیم سلولی با شکستن يك بلور ماده‌ای معدنی و سپس ترمیم دو پاره آن ، و بالاخره قابلیت تحریک ارگانیزم زنده ، با انفجار باروت بر اثر جرقه‌ای که تصادفاً درون آن می‌افتد یکی است. او بر این عقیده بود که فقط ترکیب خاص و معین خصیصه‌های مزبور است که در مواد معدنی دیده نمی‌شود و در اجسام زنده وجود دارد و گر نه تك تك ویژگیهای حیات را در عالم غیر زنده می‌توان یافت .

هر چند که آن مقاله مقبولیت گذشته خود را به میزان قابل ملاحظه‌ای ازدست داده است و خود پرفسور اپارین در آثار بعدیش با تکامل منطقی علم و پیشرفت بیوشیمی تغییرات اساسی در آن داده است اما اکنون نیز به دلایل زیر حائز اهمیت فراوان است.

۱. از لحاظ تاریخی حائز اهمیت است زیرا تاریخ جدید حل مسائل مربوط به منشأ و طبیعت اصلی حیات با انتشار آن شروع می‌شود .

۲. مسائل راجع به منشأ حیات در آن مشخص و تنظیم شد. این امر نیز در تاریخ علم بسیار مهم است زیرا همان‌طور که

پرفسور برنال^۱ در این مورد نوشته است «چیز اساسی، در وهله اول، حل مسائل نیست، بلکه دیدن آنهاست» و باز به گفته همین دانشمند «مقاله اپارین حاوی نطفه‌های برنامه جدیدی است در تحقیقات شیمیایی و بیولوژیک».

۳. هر چند که اپارین در زمان انتشار اولین اثرش هنوز به وجود اتمسفر اولیه فاقد اکسیژن معتقد نشده بود، اما به این نتیجه رسیده بود که قسمت اعظم ترکیب جو اولیه از هیدرو-کربورهای گازی، مواد آلی ناپایدار (الکلها، الدئیدها، ستنها و اسیدهای آلی)، بخار آب و آمونیاک تشکیل می‌شد و مقدار کمی اکسیژن داشت.

ناگفته نماند که اپارین بعداً این نظریه را اصلاح نمود و در کتاب مشهور خود به نام «منشأ حیات» (۱۹۳۶) به پیروی از ارنیوس جو اولیه زمین را فاقد اکسیژن شمرد و آن را حاوی بخار آب، هیدروکربورهای گازی و آمونیاک دانست. البته در سال ۱۹۲۹ هالدین^۲ با توجه به اینکه پروسه‌های تخمیری (ناهوازی) متابلیک در موجودات گوناگون بسیار همانندند در صورتی که پروسه‌های اکسیداتیو متفاوتند نتیجه گرفت که ارگانیسیمهای ناهوازی ابتدایی‌ترند و از این رو بدین نتیجه رسید که جو اولیه زمین باید احیاکننده و فاقد اکسیژن یا مقدار کمی از این عنصر را دارا بوده باشد.

اپارین از آن هنگام تاکنون از فرضیه جو احیاکننده پیشنهادی خود دفاع نموده است.

بعدها دانشمندانی همچون هارلدیوری^۳ از دانشگاه شیکاگو و برنال از دانشگاه لندن نیز به نتایج مشابهی رسیدند.

۲. J. B. S. Haldane

۱. J. D. Bernal

۳. Harold Urey

پرفسوریوری در اولین سمپوزیم بین المللی راجع به منشأ حیات ضمن سخنرانی خود تحت عنوان « اتمسفرهای سیاره‌ای ابتدایی و منشأ حیات » گفت: «از این رو مطمئناً بایستی جوی احیا کننده اقلاً برای دوره کوتاهی موجود بوده باشد ». به طور کلی عده بسیاری از دانشمندان این نظریه را پذیرفتند و اکنون نیز اکثریت با طرفداران فرضیه پآرین است .

اهمیت این فرضیه از لحاظ منشأ حیات از یک جهت در این است که از جنبه آزمایشی وارد تحقیقات علمی گشته است. چنانکه می دانیم در سال ۱۹۵۳ آزمایشی تاریخی و پراهمیت در تاریخ علم توسط استانیلی میلر ، از دانشگاه کلمبیا ، صورت گرفت . میلر بر اساس فرضیه پآرین و نظریه هارولد یوری درباره این که امکان دارد که تخلیه های الکتریک و اشعه ماوراء بنفش در تولید مواد آلی مؤثر بوده باشند، به کمک اسباب خاصی مخلوطی از هیدروژن، متان ، بخار آب و آمونیاک را تحت تأثیر تخلیه الکتریک قرار داد و نتایج درختانی به دست آورد ، زیرا بر اثر این آزمایش اسیدهای آمینه گوناگونی به دست آمد . بعداً بر اساس فرضیه پآرین راجع به این که منبع مهم انرژی در تولید مواد آلی در دوران ماقبل حیاتی زمین اشعه ماوراء بنفش بوده است ، پاولو فسکایا^۱ و پاسینسکی^۲ تأثیر این اشعه را روی مخلوطی از فرمالدئید و کلرور یا نیترات آمونیم آزمایش کردند و در نتیجه باز هم مقداری اسیدهای آمینه تولید شد . این آزمایشها سبب شد که بار دیگر فرضیه پآرینی اتمسفر احیا شده اولیه زمین مورد توجه دانشمندان قرار گیرد . در این زمینه آزمایشهای بسیاری صورت گرفت و نتایج مشابهی به دست آمد و بدین سان مرحله نوبی در تاریخ بررسی مسائل مربوط به منشأ حیات آغاز شد .

۴. اپارین در این مقاله مسئله مراحل را در تکوین حیات مورد توجه قرار داده است. او تکامل مواد آلی به سیستمهای زنده را پروسه‌ای تدریجی و طولانی می‌داند و آن را بر اساس اصل داروینی انتخاب طبیعی بررسی می‌کند. چنانکه می‌دانیم، اپارین در تمام آثار و تحقیقات بعدیش این روش را دنبال کرده و بدین ترتیب عامل انتخاب طبیعی را در قلمرو بیوشیمی توضیح داده است.

۵. در مقاله ۱۹۲۴ اپارین نطفه «فرضیه کوآسرواتی» پیداشدن حیات بر روی زمین در وجود «لخته‌ها» یا «ژل پاره‌ها»ی اولیه به چشم می‌خورد. طبق فرضیه اول اپارین «لخته‌ها» یا «ژل پاره‌ها»ی مزبور از رسوب بعضی از مواد محلول در محلولهای کلوئید به وجود می‌آمدند و پرتوپلاسم اولیه از تطور تدریجی آنها بر اساس انتخاب طبیعی به وجود آمد.

اپارین پس از انتشار مقاله ۱۹۲۴ خود به تحقیق درباره طبیعت و منشأ و تکامل حیات ادامه داد. کتاب بسیار جالب، مشهور و تاریخی او که در سال ۱۹۳۶ تحت عنوان «منشأ حیات» انتشار یافت ثمره پرازش این تحقیق پیگیرانه است. در تاریخ علم مهمترین اثری است که راجع به منشأ حیات و به عبارت صحیح‌تر درباره جریان پیداشدن حیات بر روی زمین تا کنون انتشار یافته است. آوازه بین‌المللی اپارین در حقیقت از زمانی آغاز شد که این کتاب در سال ۱۹۳۸ به زبان انگلیسی توسط سر گیوس مرگولیس^۱ ترجمه و منتشر گردید. فرضیه اپارین که در مقاله ۱۹۲۴ حالت جنینی داشت طی ۱۲ سال رشد جنینی در وجود اثر مزبور از حالت جنینی بیرون آمد و زندگی فعالی یافت. با تألیف و نشر این کتاب نه تنها قدم بزرگی در راه بررسی مسائل مربوط

به‌منشأ حیات و شناخت طبیعت آن برداشته شد بلکه راهی نیز فراراه دانشمندان محقق برای حل مسائل مزبور ارائه گشت . اثر مزبور و فرضیه‌ای که در آن توضیح داده شده است بیش از هر اثر و فرضیه دیگر راجع به‌منشأ حیات در طی سی سال اخیر مورد توجه، بحث و پذیرش دانشمندان بوده است. چنانکه چند سال پیش جرج واند استاد زیست شناسی دانشگاه هاروارد ایالات متحد آمریکا در مقاله خود تحت عنوان «منشأ حیات» نوشت: «نظریات کنونی ما درباره منشأ حیات همان است که نخستین بار توسط زیست‌شناس روسی اپارین در کتابی به نام «منشأ حیات» چاپ سال ۱۹۳۶ به صورتی روشن و مستدل گردآوری شده است. گرچه اکنون بسیاری مطالب می‌توان به بحث‌های اپارین افزود، مع هذا وی پایه و اساسی گذاشته است که همه ما علاقمندان به موضوع مورد بحث، نظریات خود را بر آن پایه بنا نهاده ایم.»^۱

کتاب مذکور شامل نه فصل به شرح زیر است:

۱. تئوریهای راجع به خلق الساعه حیات.
۲. تئوریهای راجع به ابدیت حیات.
۳. تئوریهای راجع به منشأ حیات در دوران دوری از عمر

زمین.

۴. شکلهای اولیه ترکیبات کربن و نیتروژن.

۵. منشأ مواد آلی، پرتئینهای اولیه.

۶. منشأ سیستمهای کلوئید اولیه.

۷. منشأ ارگانوسمهای اولیه.

۸. تکامل بعدی ارگانوسمهای اولیه.

۹. نتیجه .

ویژگیهای اساسی فرضیه مشروح در کتاب مزبور را

۱. نقل از کتاب «شناخت حیات» ترجمه دکتر محمود بهزاد

می‌توان در نکات زیر خلاصه کرد :

۱. خلق الساعه حیات امکان‌پذیر نیست ، زیرا مواد آلی بسیار پیش از آن که فرصت تکامل بیشتر یا بند به وسیله موجودات زنده روی زمین که در همه جای بیوسفر پراکنده‌اند خورده می‌شوند .

۲. اپارین به پیروی از روش گذشته‌اش منشأ حیات را به چگونگی به وجود آمدن منظومه شمسی مرتبط دانسته و شواهد و فرضیه‌های زیست‌شناسی، زمین‌شناسی و بیوشیمی وقت را در ارتباط با تئوریهای پذیرفته‌شده راجع به تکون زمین و تمام منظومه شمسی مورد بررسی قرار می‌دهد . طبیعی است که چون این تئوریه‌ها دستخوش تغییر بوده‌اند، اپارین نمی‌توانسته است که در این مورد نظر ثابتی داشته باشد . در کتاب مورد بحث، پیدا شدن زمین و سیارات منظومه شمسی را بر اساس نظریه معروف جیمز جینز^۱ بررسی می‌کند. بنا بر فرضیه جینز زمین و سیارات دیگر بزائر نزدیک شدن ستاره‌ای، به خورشید به وجود آمدند . قوه جاذبه آن ستاره سبب شد که قسمتی از خورشید به سمت آن کشیده شود و از خورشید مجزا گردد و پس از دور شدن ستاره ، قسمت جدا شده از خورشید سیاره‌های منظومه شمسی را تشکیل داد .

۳ . بنا بر فرضیه اپارین جو اولیه زمین از بخار آب ، هیدروکربورهای گازی ، هیدروژن و آمونیاک تشکیل می‌شد و بدین ترتیب فاقد اکسیژن آزاد و به شدت احیا کننده بود . همان‌طور که قبلاً گفته شد ، هالدین به این نتیجه که جو اولیه زمین فاقد اکسیژن بود و یا مقدار ناچیزی از این عنصر داشت، در سال ۱۹۲۹ رسیده بود . ولی فرق اساسی میان نظریه هالدین و اپارین در این است که هالدین معتقد بود که تمام کربن موجود

در جو به صورت اکسید شده اش CO_2 بود در صورتی که اپارین بر اساس نظریه مندلیف به عکس عقیده داشت و دارد که کربن جو اولیه به صورت احیا شده اش یعنی هیدرو کربورهای گازی وجود داشت و وجود CO_2 کنونی در جو امری ثانوی است. البته نتیجه این دو نظریه در مورد نخستین موجودات یکی است ، زیرا در هر دو صورت ، به علت نبودن اکسیژن آزاد ، این نتیجه منطقی حاصل می شود که ابتدایترین موجودات زنده بی هوازی بودند و ، همان طور که می دانیم ، شواهد بیوشیمی مقایسه ای نشان می دهد که بی هوازیست ۱ قدیمتر از هوازیست ۲ است .

۴. جایگاه تکون ابتدایی حیات اقیانوسهای ابتدایی یا هیدروسفر اولیه زمین بود .

۵. حیات ابدی نیست و به وجود آمدن آن بر روی زمین حاصل تکامل بسیار طولانی تدریجی و مرحله به مرحله ماده بوده است . در جریان این تکامل عناصر ساده به ترکیبات معدنی و ترکیبات معدنی به آلی تبدیل شدند و از تطور مواد آلی بی سازمان اولیه سیستمهای سازماندار پر ثنی کلوئیدی مرکب و غیر زنده موسوم به کوآسروآتهای مرکب اصلی به وجود آمدند و تکامل این سیستمها بر اساس انتخاب طبیعی نخستین ارگانیسمها را با حداقل سازمان و اعمال حیاتی و متابلیک به وجود آورد .

چنانکه می دانیم در سال ۱۹۳۲ بونگنبرگ دویونگ ۳ پدیده ای را غیر از لخته شدن ، در مواد کلوئید کشف نمود و آن تجزیه محلول کلوئید به دو لایه یکی مایع ته نشین که پر از مواد کلوئید است و دیگری لایه مایع فاقد ماده کلوئید . این دو لایه نسبت به همدیگر یک حالت تعادل پیدا می کنند . بونگنبرگ - دویونگ این پدیده را که نوعی «جور شدن» مواد تلقی می شد،

کوآسرواسیون ۱ و لایهٔ محتوی مواد کلوئید را کوآسروات ۲ نامید. او با استفاده از این پدیده، قطره‌های کوچک کوآسرواتی را از اختلاط يك محلول پرتئینی با صمغ عربی تولید نمود. اپارین این پدیده را در سال ۱۹۳۶ در کتاب خود، «منشأ حیات»، وارد کرد و آن را پایهٔ فرضیهٔ بزرگ خویش گردانید. از آن پس «ژل پاره‌های سازماندار» اولیه جای خود را در فرضیهٔ او به «کوآسرواتهای مرکب اصلی» دادند.

کتاب منشأ حیات اپارین، بدون شك، در تاریخ تلاش انسان به خاطر تعیین و حل مسائل مربوط به منشأ و طبیعت حیات در زمرهٔ آثار جاوید و کلاسیک علمی جهان باقی خواهد ماند.



جنگ جهانی دوم، از يك سو، پیشرفت علوم زیستی را متوقف ساخت و از سوی دیگر «علوم» و فنون ضد زیستی و انهدامی را گسترش و رشد فوق‌العاده داد. پس از جنگ، علم و تکنولوژی شتابی تازه گرفت و در همهٔ زمینه‌ها بسیار سریعتر از پیش به پیش تاخت؛ انسان آگاهی عمیقتری به ساختمان اتم یافت و انرژی عظیم هستهٔ آن را در اختیار گرفت؛ عصر سیبرنتیک^۳ در قلمرو فیزیک آغاز شد؛ علوم زیستی، به‌ویژه بیوشیمی، با استفاده از دستاوردهای پرارزش علم و تکنولوژی نوبه پیشرفتهای بزرگی نایل گشتند؛ فعالیت‌های بین‌المللی همه جانبه‌ای برای شناخت طبیعت اصلی حیات و منشأ آن آغاز شد و این بار نیز نام الکساندر اپارین سرآغاز همهٔ نامها ماند. او پیگیرانه‌تر از پیش به تحقیقات خود ادامه داد و در شرایط نوهم از لحاظ داخلی و هم در مقیاس جهانی از امکانات وسیعتری برخوردار گشت. او در سال ۱۹۵۳ با تألیف و انتشار کتاب «منشأ حیات

بر روی زمین ، فرضیه قبلی خود را بر اساس پیشرفتهای تازه علوم طبیعی و تحقیقات خویش و در ارتباط با جدیدترین فرضیه‌های مربوط به تکون عالم و منظومه شمسی با دیدگر تنظیم نمود . دانشمندان و محققان بزرگ جهان نیز به حل مسائل مربوط به منشأ حیات و شناخت طبیعت آن گرایش بیشتری از خود نشان دادند . اسیده‌های امینه که الفبای فرهنگ لغات پرتئینهای بسیار متنوع بیولوژیک را تشکیل می‌دهند بر اساس فرضیه اپارینی جو اولیه زمین سنتز شدند ؛ انسان به ساختن مواد شبه پرتئینی توفیق یافت و با شناختن ساختمان ملکول انسولین راهی برای شناخت ساختمان ملکولی پرتئینهای دیگر ، هر چند که تنها راه نمی‌توانست بود ، در برابر محققان گشوده شد . در چنان شرایطی شناخت طبیعت اصلی حیات و بررسی مسائل مربوط به منشأ آن و تلاش بیشتر برای حل آن مسائل به‌طور عمده بر عهده بیوشیمی افتاد . اما بررسی و حل این گونه مسائل بدون کمک علوم دیگری از قبیل زیست‌شناسی ، فیزیک ، بیوفیزیک ، گیاه‌شناسی ، زمین‌شناسی ، شیمی زمین ، دیرینشناسی و غیره هرگز امکان‌پذیر نبوده است . بدین جهت لازم آمد که اتحادیه بین‌المللی بیوشیمیستها چنین کار بزرگی را سازمان دهد و سازمان داد .

در سال ۱۹۵۷ اولین سمپوزیم بین‌المللی راجع به منشأ حیات بر روی زمین با شرکت زیست‌شناسان ، بیوشیمیستها ، بیوفیزیکدانان ، فیزیکدانان ، شیمی‌دانان و ستاره‌شناسان بزرگ و مشهور جهان به افتخار تحقیقات مستمر ، طولانی و ثمر بخش اپارین در شهر مسکو برگزار شد . مجموعه مذاکرات و مباحثات این سمپوزیم که توسط شخص اپارین گردآوری شده است هر چند که راه حل مشخصی را در مورد مسائل مورد بحث نمی‌توان از آن توقع داشت ولی اثری گرانبها و بسیار آموزنده است که محققان

را به مسائل و نظریات راجع به طبیعت حیات و منشأ آن و راههای
گوناگونی که ۱۲ سال پیش برای حل آنها ارائه شدند ، آشنا
می‌سازد .

پس از انعقاد نخستین سمپوزیم بین‌المللی منشأ حیات ،
اپارین به تلاش ثمربخش خود ادامه داد و در سال ۱۹۶۰ فرزند
دلپند خود را در وجود کتاب حاضر برومندتر گردانید . این
کتاب خواننده را به دشواریهای مسائل زیست‌شناسی نو و گوشه‌ای
از اختلاف نظرهای دانشمندان در زمینه پدید آمدن حیات و خود
طبیعت آن آشنا می‌سازد . در این کتاب طبیعت اساسی حیات
به‌زبانی نسبتاً ساده و در عین حال بسیار دقیق و علمی شرح داده
شده است . خواننده به‌طور کلی می‌آموزد که :

تمام عالم همیشه در حال تغییر و تکامل وقفه‌ناپذیر است ؛
تکامل جهان هستی پرورسهای است مترقی و مرحله به مرحله که
سرعت پیشرفت آن در هر مرحله از مرحله پیشین بیشتر است و
نیز در هر مرحله تکاملی قوانین طبیعی خاص آن مرحله نقش
مسلط را می‌یابند و قوانین طبیعی مراحل پستتر حائز نقشهای
درجه دوم می‌گردند ؛ تکامل ماده و به‌دیگر سخن تکامل شکل
حرکت و تغییر ماده مسیر ساده به‌تدریج را طی کرده است و دانش
با غور در ژرفنای تاریخ تکامل ماده ، فقط قوانین طبیعی حاکم
بر طبیعت زنده و غیر زنده را تواند یافت ؛ و اما حیات مرحله
معینی از تکامل ماده و شکل خاصی از حرکت و سازمانبندی آن
است ؛ حیات در وجود افراد اجسام زنده‌ای که با حدودی
مشخص از محیطشان متمایز و جدا می‌شوند ، تجلی می‌کند و
این امر در مورد نخستین موجودات زنده روی زمین و همچنین
اسلاف آنها یعنی تک‌تک سیستمهای پرملکولی کلونید و پرتئینی
دارای حداقل سازمان متابولیک یا قطره‌های کوآسرواتیهای مرکب
اصلی صادق بود .

اپارین همچنین روشن می‌سازد که به چه دلایلی قطرات کوآسروآت‌های مرکب اصلی را محتملترین سیستم‌هایی می‌دانند که حیات از تکامل آنها بر اساس انتخاب طبیعی به وجود آمد . این دلایل ، چنانکه می‌دانیم ، عبارتند از :

۱. تشکیل این قطره‌ها در اقیانوس‌های اولیه دارای مواد آلی گوناگونی از قبیل هیدرات‌های کربن ، اسیدهای آمینه یا نوکلئوتیدها به سادگی قابل تصور است و بسیار امکان‌پذیر .

۲. کوآسروآت‌ها بهترین محیط تغلیظ مواد شبه پرتئینی بودند .

۳. کوآسروآت‌ها سیستم‌های مسدودی را تشکیل نمی‌دادند و مبادله مواد میان آنها و «سوپ غذایی» محیط پیرامونشان (اقیانوس‌های اولیه) پیوسته صورت می‌گرفت .

۴. اهمیت کوآسروآت‌ها در این است که ماده حامل حیات ، یعنی پرتوپلاسم ، خود از لحاظ فیزیکی و شیمیایی نوعی کوآسروآت است .

اپارین در این کتاب همچنین می‌آموزد که معرفت به طبیعت حیات هم امکان‌پذیر است و هم این که در حدودی که تحصیل می‌شود - بدون پابندی به تفسیرهای نادرستی که به پای آن بسته می‌شود - معتبر است و این شناخت در آینده نیز با پیشرفت و گسترش علوم طبیعی ، دقیقتر خواهد گشت و انسان فقط زمانی به شناخت کامل طبیعت حیات خواهد رسید که توانسته باشد مسائل مربوط به منشا و تکامل آن را کاملاً حل کند .

بدین ترتیب نباید توقع داشت که در مورد مسائل بفرنج راجع به طبیعت اصلی حیات و منشا آن اتفاق نظر کامل وجود داشته باشد . امروز به علت فقدان شواهد مستقیم عینی ، درباره این که کدام فرضیه یا نظریه درست است اختلاف نظر کم نیست . کار ویرینشناس^۱

آسانتر بود و اکنون به مراتب آسانتر گشته است و امروز اگر گفته
 اورا نپذیرید می تواند به شما بگوید: «بروید ببینید» اما دانشمندی
 که درباره منشأ حیات تحقیق می کند کارش به این سادگی نیست.
 زیرا نخستین موجودات زنده هیچ اثری از خود باقی نگذاشته اند
 که با وسایل موجود علمی بتوانیم به تحقیق به وجود آنها و اشکالشان
 پی ببریم. اپارین می آموزد که هر پدیده را در ارتباط با پدیده
 قبلی بلا فصل آن باید بررسی نمود. بدین ترتیب به وجود آمدن
 حیات به شرایط فیزیکی و شیمیایی ماقبل حیات و جریان تکون
 زمین مربوط می شود و تکون زمین را در چهارچوب پیدا شدن
 منظومه شمسی باید بررسی کرد و پدیده منظومه شمسی را باید جزو
 ناگستنی کل واحد عالم دانست. در این صورت، بدیهی است
 که تنوع فرضیه های بیشتر و بازمی بیشتر می گردد.

طی ۲۰ سال اخیر نه تنها تئوریهای متعددی راجع به منشأ
 یا منشأهای حیات ارائه شده است بلکه با پیشرفت سریع شیمی
 حیاتی، زیست شناسی، شیمی زمین، زمین شناسی، فیزیک و ستاره
 شناسی اوضاع آنچنان سریع تغییر می کند که هیچ دانشمندی نه تنها
 نمی تواند فقط روی نظریات گذشته اش درجا بزند بلکه ناچار
 می شود که پایه پای پیشرفت علم یا آنها را رها سازد یا اینکه مورد
 تجدید نظر قرار دهد و فرضیه گذشته خود را بر پایه ای نو تر بنا نهد،
 چنانکه مؤلف کتاب حاضر نیز به ویژه در مورد منشأ منظومه شمسی
 همین روش را به کار بسته و این بار فرضیه هارلد یوری دانشمند
 امریکایی را پذیرفته است.

دانشمندان بزرگ معاصر، اپارین را پیشاهنگ عصر تفکر
 و تحقیقات علمی کنونی درباره طبیعت حیات و منشأ آن می دانند
 و کتاب حاضر حاصل قریب نیم قرن فعالیت و تحقیقات علمی
 خستگی ناپذیر و پیگیرانه اوست و بدون شك همچون گوهر
 گرانبهایی در گنجینه زیست شناسی نو و بیوشیمی خواهد ماند.

و این مایه افتخار مترجم است که به ترجمه چنین اثری مبادرت ورزیده و آن را برای خواندن دانش‌پژوهان ایرانی علاقه‌مند به مسائل جالب و شیرین علمی راجع به طبیعت حیات و منشأ و تکامل آن آماده نموده است.

مترجم این را ناگفته نمی‌تواند گذاشت که پس از پایان کار ترجمه و توضیح بعضی از لغات آن برای تهیه مقدمه مناسبی بدین فکر افتاد که شایسته است از دانشمندی برجسته و صاحب‌نظر تقاضا کند که مقدمه‌ای راجع به اهمیت تحقیقات علمی پرفسور اپارین در زمینه بررسی و حل مسائل مربوط به منشأ حیات، برای ترجمه فارسی کتاب حاضر بنگارد. بدین جهت از پرفسور برنال بیوفیزیکدان انگلیسی و استاد کرسی کریستالوگرافی دانشگاه لندن که خود درباره منشأ حیات تحقیقات دامنهداری کرده است و صاحب تئوری است، تقاضا نمود که انجام این مهم را برای خوانندگان ایرانی کتاب اپارین برعهده بگیرد. متأسفانه بیماری و زمین‌گیر شدن وی مانع انجام این کار شد و در نتیجه مترجم ناگزیر گردید که خود این وظیفه را بدین شکل محدود و ناقص انجام دهد، زیرا حقیقتاً شرح بی‌نقص اهمیت تحقیقات علمی اپارین و فرضیه بزرگی او در مقدمه يك کتاب نمی‌گنجد و بویژه از عهده مترجم بر نمی‌آید. اینجا با کمال حق‌شناسی باید اضافه کرد که بخش قابل ملاحظه‌ای از این مقدمه مستفاد از آثار اپارین، بویژه اثر ۱۹۳۶ وی، کتاب «منشأ حیات»، ترجمه مرگولیس است.

از خوانندگان صاحب‌نظر و دانشمند انتظار تنقیدهای سالم و اصولی می‌رود تا ترجمه کتاب با رعایت آنها هر بار صحیح‌تر و روان‌تر از بار قبل تقدیم خوانندگان آینده گردد.

مترجم همچنین لازم می‌داند که از همه دوستان فرزانه‌ای که در کارهای مختلف مربوط به ترجمه کتاب و ایجاد تسهیلات ضرور

برای طبع آن جانانه کمک نموده‌اند ، عمیقاً سپاسگزاری نماید
و از دانشمندان گرانمایه، پرفسور برنال، که با وجود بیماری محبت
کردند و یادداشتهای خود را دربارهٔ قرضیهٔ اپارین و اولین
اثرش ، ارسال نمودند ، صمیمانه تشکر کند .

هاشم بنی طرفی

وسعت پهنا حیات

حیات کلمه‌ای است که بسیار آسان فهمیده می‌شود؛ با این حال برای هرمتفکری بسیار اسرار آمیز است . چنین می‌نماید که معنای این کلمه روشن است و در کلیه اعصار نیز برای همهٔ مردمان همین طور بوده است . با وجود این ، می‌دانیم که در طی قرون بسیاری که از تاریخ فرهنگی بشر می‌گذرد، بر سر اینکه حیات را چگونه باید کاملاً شناخت ، مشاجرات آشتی ناپذیری در گرفته است .

حتی این مسئله که چه چیزی زنده است و چه اشیا بی در دنیای پیرامونمان واجد حیاتند ، و وسعت قلمرو حیات یا غایت آن چیست ، راههای متعدد و کاملاً متفاوتی توصیف شده و باز هم می‌شود. ما گویی طیفی رنگارنگ و جامع از عقاید متفاوت به دست داریم . در یک سر این طیف نظرات فیلسوفان و دانشمندان قرار دارد که عقیده دارند که حیات خاصیت عمومی ماده است و از آن جدایی ناپذیر است. آنان بدین سان قلمرو حیات را بسط می‌دهند و آن را شامل همهٔ اشیا عالم می‌کنند .

فیلسوفان سردیگر طیف ، از سوی دیگر، فراخنای حیات را با استبداد رأی به دایرهٔ وجود بشری محدود می‌کنند یا حتی عقیده دارند که حیات امتیاز ویژهٔ جوهر واحد اندیشمندی است.

عقیده گروه نخستین از هیلوزوئیستهای یونان باستان سرچشمه می گیرد. به روایت ارسطو چتی طالس ۲، بنیانگذار مکتب فلسفی ملطی (که در حدود سال ۶۰۰ قبل از میلاد می زیست) ، مغناطیسها را به علت قابلیت آهنربایشان جاندار تلقی می کرد .

۱. هیلوزوئیسم Hylozoism از دو کلمه یونانی Zoe و Hyle ترکیب یافته که اولی همان هیولی یا ماده است و دومی به معنای حیات است. هیلوزوئیسم نظریه ای فلسفی است که بر اساس آن همه مواد عالم جاندارند و بدین جهت دارای احساس هستند. فلاسفه یونان و روم قدیم مانند امپدوکلس، اناکساگوراس اپیکوروس و لوکریسیوس (شاعر و فیلسوف مادی روم قدیم) عقیده داشتند که چون ماده همیشه در فعالیت و حرکت است، بنا بر این زنده است. دانشمندی ایتالیایی به نام ژوردانو برونو Giordano Bruno ، و فیلسوف مادی فرانسوی به نام ژان باپتیست روبین Jean - Baptiste Robine ، هیلوزوئیست بودند موضوع هیلوزوئیسم ابتدا در قرن هفدهم به کار برده شد. بر طبق این نظریه کلیه اشکال ماده دارای احساس و قابلیت تعقل اند؛ در صورتی که احساس تعقل فقط خواص اجسام آلی خاصی است که تکاملی عالی یافته اند و سلسله گیاهان و جانوران را تشکیل می دهند - م.

۲ Thales طالس ملطی یا تالس میلئوسی (۵۴۷-۶۲۴ ق. م.) اولین فیلسوف یونان باستان است که تاریخ نا کنون شناخته است. او از شهر ملطیه یا میلئوس Miletus برخاسته است. میلئوس یکی از شهرهای یونان قدیم بود و بدین جهت او را ملطی یا میلئوسی می نامند. طالس رایکی از حکمای هفتگانه می دانستند. او مکتب مادی موسوم به ملطی یا ایونی Ionic را بنیاد نهاد. او معتقد بود که در عالم جز آنها و خلاصه هیچ چیز وجود ندارد. او برای تمام دنیای اشیای متنوع، يك اصل اولیه یا يك عنصر به عنوان منشا قائل بود. طالس آب را اصل و منشا اولیه همه چیزهای عالم می دانست. می گویند که جمله «همه موجودات، جرعه حیات را از آب نوشیده اند و حافظ دنیا آب است»، از اوست - م.

بیش از دو هزار سال بعد ، در قرن هفدهم ، اسپینوزا (۱۶۷۷-۱۶۳۲-م.) ، فیلسوف مادی هلندی عقیده داشت که سنگها فکر می کنند و همه اجسام طبیعت جان دارند . و حتی صد سال بعد (بازهم در هلند) روبین (۱۸۲۰-۱۷۳۵-م.) ، فیلسوف فرانسوی کتابی به نام « در باره طبیعت » منتشر ساخت که در آن تصدیق می کرد کلیه مواد زنده اند و حتی ستارگان آسمان را نیز اجسام آلی تلقی می کرد .

حتی در زمان خودمان بسیاری از مهندسان فنی و فیزیکدانان میل دارند که بجز نچترین مکانیسمها و اتوماتونهای کنونی را زنده بدانند؛ یعنی درست همان طور که دکارت (۱۶۵۰-۱۵۹۶-م.) ارگانیسم را با ساعت های آبی یا آسیابها مانند می دانست ، یالامتری (۱۷۵۱-۱۷۰۹-م.) انسان را ماشین فوق العاده خوب تعلیم یافته ای تلقی می نمود . بعضی از شیمیدانان و ژنتیکدانان امروزی هم که می کوشند تا حیات را حتی به ملکولهای خاصی از مواد آلی نسبت دهند ، از دیدرو (۱۷۸۳-۱۷۱۳-م.) پیروی می کنند .

از سوی دیگر ، همه می دانند که اگر نویسنده یا فیلسوفی در یکی از آثارش درباره اهمیت و ارزش حیات ، یا راجع به هدف آن سخن بگوید ، منظورش فقط زندگی بشری یا آن « تلاش برای نیکی » است که به عقیده تولستوی مقصود اساسی زندگی را تشکیل می دهد و همه انسانها آن را به همین شکل درک نموده اند .

این آخرین نحوه بیان عقیده از رساله تولستوی به نام « درباره حیات » گرفته شده است . تولستوی (۱۹۱۰-۱۸۲۸-م.) در آن رساله ، دانشمندان تجربی یا - همان طور که او آنها را

۱ - Automaton نام دستگاههای ماشینی است که می توانند اعمال جانوران یا انسان را به طور خودکار تقلید نمایند - م.

نامیده - کاتبان ۱ را ملامت می کند که با سفسطه‌ای زیرکانه يك ولاپوک ۲ قراردادی و علمی اختراع کرده اند ، و زبانی ساخته اند که کلماتش با کلماتی که مردم عامی معمولی آن را می فهمند، ارتباطی ندارد . تولستوی به مورد توصیه می کند که « انسان ، با به کار بستن هر کلمه ، ملزم است که آن معنی را منظور نظر سازد که همگان بی گفتگو مثل هم می فهمند . »

گمان می کنم اگر از این پند حکیمانه پیروی کنیم خواهیم توانست که از این دهلیز سر در گم کننده کنونی عقاید متضاد درباره مسئله تعیین حدود قلمرو حیات راهی خروجی بیابیم ؛ هر چند که راه خروج ما دورتر از آن خواهد بود که تولستوی پسندیده بود . هر شخص معمولی با نگاه به جهان پیرامونش ، آن را بی خطا به دو قلمرو اشیا و حیات یا غیر آلی و زنده دسته بندی می کند . او در هر جا و هر زمان ملاحظه می کند که زندگی در همه جای فضا به سادگی پراکنده نشده ، بلکه تنها در ارگانسمهای منفردی وجود دارد که از محیطشان مجزاهستند ؛ به طوری که مجموع این ارگانسمها - قلمرو حیات یا دنیای موجودات زنده را تشکیل می دهد . این قلمرو ، گروه متنوع عظیمی را متجلی می سازد که شامل گیاهان ، جانوران و میکروبهاست یعنی دنیایی که گوناگون است و در نخستین نگاه ، مشکل می نماید که وجه مشترکی داشته باشد . با وجود این ، هر کسی ، حتی اگر هیچ تجربه علمی نداشته باشد ، به سادگی می تواند ملاحظه کند که موجودات زنده چه وجه مشترکی دارند یا چه چیزی انسان را

۱ . اشاره تولستوی به « کاتبان و فریسیان » است که طبق قصص انجیل ، با سفسطه ، مسیح را تخطئه و تکفیر نمودند - م .

۲ . Volapük يك زبان اختراعی بین المللی است که در حدود سال ۱۸۷۹ توسط یوهان مارتین شلیر Johan Martin Schleyer آلمانی اختراع شد - م .

قادر می‌سازد که انسانی و درختی را ، بالنی و سوسکی کوچک یا علفی را ، پرنده‌ای و نرمتنی بی‌شکل را در مقولهٔ «موجود زنده» بگنجانند .

هنگامی که لی ونهوك ۱ آمستردامی ، آن پر داختر ساده شیشه ، انواع گوناگون میکربهارا نخستین بار با شیشه ذره بینیش دید ، بی‌درنگ آنها را جانوران کوچک زنده (Viva animalcula) خواند ، اگرچه بعضی از آنها از قبیل کوسها ۲ که لی ونهوك تصاویر آنها را ترسیم نموده بود قدرت حرکت نداشتند و هیچ يك از خصوصیات ظاهری موجودات زنده را دارا نبودند .

انسان با پی بردن به اینکه موجودات زنده مشترکاً دارای چیزی هستند که آنها را به هم منسوب می‌کند ، اشیای دنیای غیر آلی را که فاقد آن «چیز» یعنی فاقد حیاتند ، از آنها تمیز می‌دهد . بنابراین ، هر شخص معمولی ، حتی با چشم غیر مسلح خود نیز می‌تواند مقدماتیترین و در عین حال عامترین تعریف را برای وسعت حیات یا پهنهٔ حوزهٔ طبیعی حیات به کاربرد . حیات خصیصهٔ عالیترین تاپستترین ارگانیسماست . اما در اشیای طبیعی غیر آلی ،

۱ . Anton Van Leeuwenhoek (۱۷۲۳-۱۶۳۲) طبیعیدان هلندی و یکی از نخستین سازندگان میکروسکپ بود . او کاشف عالم موجودات ذره بینی (۱۶۷۴) و در نتیجه نخستین بنیانگذار میکربیولوژی بود - م .

۲ . Coccus . باکتریهای کروی شکل را کوکوس می‌نامند ، مانند

استرپتوکوکوس Streptococcus

مننگوکوکوس Meningococcus

استافیلوکوکوس Staphylococcus

دیپلوکوکوس Diplococcus

میکروکوکوس Micrococcus

ماکروکوکوس Macrococcus و غیره - م .

هرچقدر هم که ساختمانشان پیچیده باشد چنین خصیصه‌ای وجود ندارد . بسیار ممکن است که درپهنهٔ بیکران عالم، اشکال پر شمار و بسیار بفرنج و تکامل عالی یافته‌ای از حرکت و سازمان بندی ماده موجود باشند که تاکنون به گمان ما نرسیده‌اند، ولی اگر بعضی از این اشکال با حیاتی که توسط جمع کثیر اقسام مختلف موجودات سیارهٔ ما نشان داده می‌شود ، در اصول اساسی فرق داشته باشند، این دیگر کاملاً بیجاست که آنها را نیز حیات بنامیم . بهتر است که به هنگام ضرورت ، کلمهٔ مخصوص جدیدی برای نمایش این شکلهای سازمان بندی ماده ، اندیشیده شود .

ما حدود ناحیه‌ای از طبیعت یا دستهٔ اشیایی را که به تحقیقاتمان راجع به حیات مربوط می‌شود ، بدین نحو تعیین کرده‌ایم . این امر بدین معناست که در مطالب بعدی می‌توانیم با تکیهٔ جدی بر اصطلاحهای راهنمایی که در بالا طرح شده است ، از بسیاری از اشتباهات نسبتاً شایع در نوشته‌های علمی دوری جوئیم . البته آنچه مطرح شده است به هیچ وجه تعریف حیات نیست . برای تعریف حیات باید مسئلهٔ طبیعت آن «چیز» را حل کرد که فقط صفت ممیزه جهان موجودات زنده است و در اشیای طبیعت غیر آلی وجود ندارد .

مبارزه میان ایدئالیسم و ماتریالیسم بر سر طبیعت اصلی حیات

مسئلهٔ طبیعت اصلی حیات از ابتدایترین روزگاران تا به امروز نیز ، همیشه میدان پیکار تلخی بوده است که میان دو اردوی آشتی ناپذیر فلسفی ایدئالیسم و ماتریالیسم ادامه داشته است .

نمایندگان اردوی ایدئالیست جوهر حیات را از نوعی منشأ

فوق مادی ابدی می‌دانند که با تجربه نمی‌توان بدان دست یافت. این منشأ فوق مادی همان «روح» افلاطون، و «علت فعلیت غایی»^۲ ارسطو^۳ و «روح جاویدان» یا «دزه الهی» تعالیم دینی

۱. روح و جان تقریباً مترادف هم به کار برده می‌شوند. انسانهای اولیه جان را چیزی مادی (سایه، خون، نفس و غیره) می‌دانستند. مذاهب، روح را یک نیروی غیرجسمی، غیرمادی و جاویدان تلقی می‌کنند که درعالم دیگر می‌تواند مستقل و فارغ از جسم وجود داشته باشد. روح در فلسفه مثالی (ایدئالیسم) با عناصر مختلفی از شعور یکی دانسته شده است. افلاطون (۳۴۷-۴۲۸-۴۲۷ ق.م.)، بنیانگذار فلسفه ایدئالیسم عینی، آن را «مثال» (ایده Idea) جاویدان نامید. به عقیده او روح به کالبد حیات می‌بخشد اما در «زندگانی تن اسیر است»، و پس از مرگ به کالبدی دیگر حلول می‌کند (تناسخ). افلاطون معتقد بود که روح، منبع معرفت انسان به «معقولات» یا «مجردات» است. و اما در مورد اشیای محسوس معتقد بود که چون این اشیای مجازی هستند و حقیقی نیستند معرفت بدانها میسر نیست و فقط محل حدس و گمان است. روح در دستگاههای فلسفی ثنویها (Dualists) به صورتی بررسی می‌شود که در جنب جسم موجودیت مستقلی دارد (دکارت، اسپنسر و غیره). ماتریالیستهای ابتدایی و متافیزیکی مانند دموکریت، روح را یک چیز ثانوی و وابسته به جسم می‌دانستند؛ درحالی که اعمال آن را مکانیکی و فیزیکی - شیمیایی تلقی می‌کردند. و هیلوژوئیستها Hylozoists برای همه اجسام مادی عالم قائل به روح بودند - م.

۲ و ۳. ارسطو یا ارسطاطالیس Aristotle فیلسوف، دانشمند آنسیکلوپدیست و متفکر بزرگ قرن چهارم قبل از میلاد (۳۲۲-۲۸۴ ق.م.) یونان قدیم است. او در استاگیرا Stagira، از شهرهای مقدونیه به دنیا آمد. در آتن، در مکتب افلاطون به تحصیل علوم پرداخت و سپس فلسفه افلاطون را مورد انتقاد قرار داد و خود مکتبی نو به وجود آورد. ارسطو بنیانگذار علم منطق و بعضی از شعب علوم بود. در زمینه حیات دارای آثاری است به نامهای:

«در باره منشأ جانوران»، «در باره اعضای جانوران»، «در باره جنبش جانوران» و «در باره گیاهان». ارسطو همچنین بنیانگذار نظریه تکون خلق الساعه و خود به خود موجودات زنده از مواد طبیعت غیر زنده است. ارسطو معتقد بود که عالم بر مدار «قوه» و «فعل» می گردد. منظور از «قوه» امکان و استعداد برای بودن هر چیز است و «فعل» تحقق و بودن آن چیز است. نتیجه این می شود که وجود گاهی بالقوه است و زمانی بالفعل. هر شیء مجسمی خواه موجود زنده باشد و خواه جماد از اتحاد يك اصل انفعالی به نام «ماده» (Matter) و يك اصل فعال موسوم به «صورت» (Form) «علت فعلیت غایی» (Entelechy) یا روح به وجود می آید. باید دانست که «صورت» در سیستم فلسفی ارسطو شکل ظاهر اشیا نیست بلکه حقیقت هر چیز است. ماده به کمک صورت و علت فعلیت غایی، فعلیت یا حقیقت می یابد. بدین ترتیب هر شیء حامل يك اصل فعال متضمن مقصود و غایت است و چون عقل و فکر کمال واقعی و غایت غایتهاست. انسان که امتیازش عقل و فکر اوست در مراتب وجود، مقام برتر را دارد. و اما کلیه غایتها در عالم تابع يك غایت برترین هستند و این غایت برترین «علت العلل» و «محرک اول» است که خود همه فعل است و بی قوه و علت محرك وساکن مطلق اند و او همان فکریا عقل مطلق، یعنی خداست.

بر طبق تعالیم ارسطو ماده به تنهایی عاری از حیات است اما به کمک انرژی روح زنده می شود و بر طبق غایتی شکل و سازمان می یابد. ذات درونی روح یا علت فعلیت غایی به ماده حیات می بخشد و آن را زنده نگه می دارد. اما روح از پیش در عناصر اولیه سازنده موجودات زنده (آب، خاک، هوا و آتش) وجود دارد. روح بیشتر خاصیت آب، هوا و آتش است و به میزان کمتری خاصیت خاک است. از این رو بسته به این که چه عنصری از عناصر چهارگانه غالب باشد موجودات زنده خاصی به وجود می آیند. به طوری که گیاهان از خاک، جانوران آبی از آب، جانوران زمینی از هوا و سکنه اجسام آسمانی از آتش تولید می شوند.

از شرح بالا میزان ارتباط هیلوزوئیسم و ویتالیزم Vitalism با فلسفه ارسطو آشکار می شود - م.

و مذهبی متعدد و « اصل ذاتی علیت ۱ » کانت و « روح عالم ۲ » هگلها ۳ و « نیروی حیات » ویتالیستها ۴ و « نیروی غالب »

۱. Inneres Prinzip der Kausalitat یا اصل ترتیب معلول و علت . علیت مقوله‌ای فلسفی است و نشان دهنده ارتباط جبری میان پدیده‌هاست . يك دسته پدیده را علت می‌نامند و اینها موجب و تعیین کننده پدیده‌های دیگری هستند که معلول نامیده می‌شوند . به نظر ایمانوئل کانت Immanuel Kant (۱۸۰۴-۱۷۲۴) فیلسوف آلمانی ، علیت يك اصل عقلی ، یعنی غیر مبتنی بر تجربه و حس است . به عقیده کانت کار عقل این است که از معلول به علت برسد و چون در می‌یابد که این علت خود معلول علت دیگری است که آن نیز معلول است رشته تسلسلی از علت و معلول می‌یابد . کانت عقیده داشت که عقل ، طبیعت متضادی دارد و امکان یافتن راه‌حلهایی متضاد برای مسائل فلسفی به یکسان وجود دارد . اما این تضاد صرفاً ظاهری است و مسائل را باید با محدود کردن دانش به نفع ایمان حل نمود . و باید میان « شیء فی نفسه » و « پدیده » فرق گذاشت ، و باید دانست که « شیء فی نفسه » غیر قابل شناخت است . به این ترتیب کانت بر این عقیده بود که عقل تسلسل علیت را نمی‌پذیرد (گرچه علم آن را می‌پذیرد) و در نهایت امر به دنبال علتی می‌رود که معلول نباشد . عقل در این جستجو به سه ذات می‌رسد و در آنجا متوقف می‌شود :

(۱) علت‌العلل اموری که در درون خود انسان زوی می‌دهد و آن نفس یا روان است . (۲) اموری که در بیرون وجود انسان روی می‌دهند ، به مجموعه‌ای منتهی می‌شوند که عالم (Universe) نامیده می‌شود . (۳) سرانجام ، روان و عالم را معلول يك علت بی‌علت یا علت همه علل می‌یابد که او را خدا می‌خواند . کانت این سه ذات را معقولات می‌نامد . ولی از نظر گاه فلسفه علمی ، ترتیب علت و معلول و در عین حال تأثیر متقابل آنها در مورد همه پدیده‌ها و اشکال گوناگون حرکت و سازمان‌بندی ماده امری عینی ، یعنی مستقل از شعور انسان است و عمومیت دارد .

۲ و ۳ . Georg Wilhelm Fridrich Hegel گئورگ ویلهلم

فریدریخ هگل (۱۸۳۱-۱۷۷۰) از فیلسوفان کلاسیک آلمان است و پیرو ایدئالیسم عینی (Objective Idealism) بود و در فلسفه دارای مکتبی به نام هگلیانیسم Hegelianism است. او عقیده داشت که تطور عالم و همه پدیده‌های طبیعی و اجتماعی مبتنی بر سیر وسلوک یا دیالکتیک «صورت مطلق» (Absolute)، «عقل مطلق» (Absolute Reason) یا روح عالم (World Spirit) است. این مطلق فعال است و فعالیت آن اندیشیدن یا دقیق‌تر بگوییم خود شناسی (Self-Cognition) است. همه پروسه‌های تکامل همیشه سه مرحله‌ای است و بر اساس «سه پایه» These، آنتی‌تزی Antithese و سنتز Synthese صورت می‌گیرند که هر مرحله نفی کننده مرحله قبلی است. به عقیده هگل ماده به واسطه میل آن به یک نقطه مرکزی دارای سنگینی است و بنا بر این قائم به وجود خود نیست؛ ذاتاً مرکب است و از عناصر متضاد ترکیب یافته است و همیشه در پی وحدت خود می‌گردد و در نتیجه فنا ساز خود است. و اگر به غایت وحدت برسد دیگر ماده نیست، اما روح بی‌وزن است، یعنی ممتاز است و مرکزش در خودش است. بنا بر این قائم به وجود خود است. صورت (Ideo) در فلسفه هگل سیر وسلوک یا جریانی دیالکتیکی دارد که بر اساس قاعده سه پایه هگل از پست به عالی و از ساده به مرکب، و در نهایت امر به غایت روح مطلق یا ذات مطلق می‌رسد. حیات در عالم گیاهان و جانوران قسمتی از سلوک عقل را تشکیل می‌دهد. بدین معنی که عقل از عوالم جمادی و نباتی و حیوانی می‌گذرد و به عالم انسانی یا تاریخ انسانیت یا زندگانی روحانی می‌رسد. و اینجاست که او به «روح مطلق»، «روح عالم» یا خدا می‌رسد. وی می‌گوید خدا در جهان نیست بلکه جهان در خداست؛ او کل و حقیقت مطلق است و طبیعت زنده و غیر زنده تجلی اوست - م.

۴. Vitalists ویتالیسم Vitalism یا اصالت حیات یک جریان فکری خرافی، ضد علمی و ایدئالیستی است که وارد زیست شناسی شده است. ویتالیسم همه اعمال حیاتی را که در بدن موجودات زنده با نظم و ترتیبی خاص صورت می‌گیرد، به یک اصل یا نیروی غیر

مادی و ویژه نسبت می‌دهد. این اصل را به نامهای فعلیت غایی (Entelechy)، نیروی حیاتی (Vital Force. Elan Vital) و غیره نامیده‌اند. ویتالیسم از تعالیم افلاطون و ارسطو دربارهٔ روح و فعلیت سرچشمه می‌گیرد؛ ولی در قرن هیجدهم بود که توسط مکتب مون پلیه و مخصوصاً به وسیلهٔ پزشکی فرانسوی به نام پل ژوزف بارتز Paul Joseph Barthez (۱۸۰۶-۱۷۳۴) و همعصرانش به‌مثابهٔ یک دکترین بیولوژیک تجلی کرد. در قرن نوزدهم طبیعیدانان و فیزیولوژیستهای بسیاری از جمله بیضا Bichat (۱۸۰۲-۱۷۷۱) و کوویه Cuvier (۱۸۳۲-۱۷۶۹) ویتالیسم را پذیرفتند. از مدافعان بنام ویتالیسم در قرن حاضر می‌توان دریش H. Driesch (۱۹۴۱-۱۸۶۷)، هانری برگسون Henri Bergson (۱۹۴۱-۱۸۵۹)، برتالانفی L. Bertalanffy و ونزل A. Wenzel را نام برد. ویتالیسم با استناد به ویژگی کیفیت حیات، روی تضاد میان عالم زنده و طبیعت بی‌حیات به نحوی مبالغه‌آمیز و غیر علمی تکیه می‌کند و از درک این حقیقت عاجز است که حیات شکل مخصوصی از حرکت و سازمان‌بندی ماده است که بر اثر تکامل و بر اساس انتخاب طبیعی پیدا شده است و از هیچ اصل غیرمادی ناشی نشده است و هیچ نیروی غیرمادی بر آن حکمفرما نیست. ویتالیستها از نقصان معاومات بشر دربارهٔ مسائلی مانند طبیعت حیات، تضمن مقصود و تمامیت در ساختمان جسم زنده، تکوین جنین، ترمیم و غیر آن که هنوز کاملاً بررسی و حل نشده‌اند، استناد کرده به نتایج غلط و غیر علمی می‌رسند. مثلاً جریان رشد جنین از نظر گاه ویتالیسم چیزی نیست جز تحقق دادن منظوری که از پیش مقدر شده است. چون بر اساس ویتالیسم پیدا شدن طبیعت جاندار صرفاً از طبیعت بیجان هیچ‌گاه امکان پذیر نبوده و نخواهد بود، و چون دست یافتن به نیروی حیات و شناخت آن نامیسر است، با قبول ویتالیسم، منطقاً نتایج زیر حاصل می‌شود که: (۱) یا حیات ابدی و بی‌مبدأ است، (۲) یا اگر مبدأیی داشته باشد به قدرتی فوق طبیعی پدید آمده است. (۳) یا تلاش برای حل معمای منشأ حیات در زمین و عالم کاری باطل، عبث و بی‌ثمر است. (۴) و شناخت طبیعت حیات ناممکن است و معرفت ما بدان همیشه ناقص، ناچیز و فاقد اعتبار است - م.

ویتالیستهای جدید است .

از این نظرگاه ، ماده به مفهوم واقعیت عینی‌ای که آن را مستقیماً ملاحظه می‌کنیم و با تجربه بررسی می‌نماییم ، فی‌نفسه بیجان و خنثاست . ماده فقط به‌عنوان مصالح ساختمانی خدمت می‌کند و روح یا جان از آن موجودی زنده به‌وجود می‌آورد ، و به آن شکل می‌دهد ، و ساختمان آن را با نیازمندیهای عملی‌اش مطابق می‌گرداند ، و به آن نیروی تنفس و حرکت می‌بخشد و به‌طور کلی آن را زنده می‌کند و هنگامی که روح ارگانسیم را رها می‌کند و مرگ روی می‌دهد ، تنها قالب مادی بیجان است که همچون کالبدی پوسیده و در حال تجزیه به‌جا می‌ماند .

این مفهوم مرگ به‌معنای جدا شدن روان (که جوهر حیات است) از تن ، در واقع ، پایه‌ی تعریفی است از حیات که پیروان فراوان دارد و حتی در بعضی از دایرة‌المعارفها آمده است ، و بدین معنی است که حیات عکس مرگ است . اما این امر ، این حقیقت را از نظر دور می‌سازد که متضاد کامل زنده ، فقط بی‌زندگی تواند بود ، نه مرده . آشکار است که تن مرده محصول زندگی است ؛ زیرا در نبود زندگی ، یعنی در يك دنیای غیر آلی هیچ جسدی هرگز نمی‌توانست به‌خودی‌خود به‌وجود آید .

البته حتی اگر کار از صغرا و کبرا پردازى ایدئالیستی آغاز شود ، می‌توان يك بررسی عینی درباره‌ی ارگانسیمهای ویژه و اندامهایشان به‌عمل آورد . ولی در این صورت ، چون جوهر خود حیات دارای طبیعتی فوق مادی و روحی است ، طبعاً ناممکن است که با وسایل تجربی و مادی به‌درك این جوهر نایل شد . تنها با درون بینی ذهنی است که به‌درك آن اصل الهی که در درون خویشتن داریم ، می‌توانیم نزدیک شویم . مادرباره‌ی تمام بقیه جهان موجودات زنده فقط می‌توانیم کورکورانه بیندیشیم و از حکمت خالقی که آنها را ساخته است به‌حیرت افتیم . و اگر این نظریه

پذیرفته شود ، دیگر طبعاً هیچ محلی برای انسان نمی ماند که بتواند تغییر یا استحاله ای در طبیعت زنده ایجاد کند .

ماتریالیستها از دیدگاه قطبی مخالف با مسئله جوهر حیات آشنایی حاصل می کنند . آنان با مبتنی کردن استدلالهای خویش بر دلایلی که به وسیله علم به دست آمده است ، ثابت می کنند که حیات مانند بقیه دنیا مادی است و برای شناخت آن به پذیرش يك منشأ روحی که از بررسی تجربی پیروی نمی کند ، نیازی نیست .

برعکس ، مطالعه عینی جهان پیرامونمان ، از نظر ماتریلیست نه تنها راه امید بخش رسیدن به شناخت خود جوهر حیات است ، بلکه همچنین ما را قادر می سازد که طبیعت زنده را به دلخواه خود و به طریقی که به سود بشر است ، تغییر دهیم .

محافل وسیعی از دانشمندان زیست شناس ، خواه با دانشی که از دیگران کسب نموده اند و خواه با درك مستقیم و ذاتی خود ، تحقیقات خویش را بر پایه مفهوم مادی طبیعت زنده می نهند و با پیروی از این خط مشی ، همیشه دانش حیات را با کارشان غنی می سازند و ما را به شناخت جوهر حیات نزدیکتر می گردانند .

مفاهیم مکانیکی و دیالکتیکی حیات

با وجود این ، جوهر حیات حتی در حدود مفهوم مادی اش ممکن است به راههای متعددی تفسیر شود .

طبق نظریه مکانیستی ، که در دنیای علمی قرن گذشته متداول بود و تا اندازه ای تا به امروز هم حفظ شده است ، شناخت حیات به صورت عامش فقط شامل توضیحی کامل از حیات بر حسب فیزیک و شیمی ، و شرحی کامل از همه پدیده های زنده به مثابه پروسه های فیزیکی و شیمیایی است . اگر این نظریه پذیرفته شود ، دیگر برای هیچ قانون زیست شناسی هیچ محل ویژه ای باقی نمی ماند ، در واقع ،

تنها يك قانون وجود دارد که هم بر جهان غیر آلی و هم بر همه پدیده‌هایی که در موجودات زنده روی می‌دهند ، حکمفرماست .
 و این در حقیقت به معنای انکار هر گونه اختلاف کیفی میان موجودات زنده و اشیای غیر آلی است . به این ترتیب ما به جایی می‌رسیم که یا باید بگوییم اشیای غیر آلی زنده هستند یا اینکه حیات واقعاً وجود ندارد . بنابراین بر طبق تکامل منطقی بینش مکانیستی که قبلاً توضیح داده شده است ، ناگزیر به استنتاجی می‌رسیم که با نقطه نظر پذیرفته شده قبلی ما تضاد اساسی دارد . به هر حال بر خلاف این باید کاملاً آگاه بود که پذیرش طبیعت مادی حیات به این معنی نیست که صفات ویژه حیات و تفاوت‌های کیفی موجودات زنده با اشیای غیر آلی باید انکار شود . نباید مانند مکانیست‌ها عمل کرد و هر آنچه را که مشمول فیزیک و شیمی نمی‌شود ، ویتالیستی یا فوق طبیعی تلقی نمود . برعکس ، ممکن است که اشکال سازمان‌بندی و حرکت ماده بسیار متنوع باشند . انکار این گوناگونی همانا تسلیم به زیاده روی در ساده سازی است .

از نظر گاه ماتریالیسم منطقی ، ماده در حرکتی پایدار است و در مسیر يك سلسله مراحل تکاملی پیش می‌رود . در جریان این پیشرفت ، شکل‌های بازم نوتر ، پیچیده تر و با تکامل عالیتری از حرکت ماده پدید می‌آیند و این شکل‌های حرکت ساده دارای خواص جدیدی می‌شوند که قبلاً وجود نداشتند . شك نیست که مدتی دراز پس از شکل گرفتن سیاره ما هیچ حیاتی روی آن وجود نداشت . ظاهراً هر چه روی آن بود فقط از قوانین فیزیک و شیمی پیروی می‌کرد . اما در جریان تکامل ماده بر روی زمین ، نخستین و ابتداییترین ارگانیسما پدید آمدند . یعنی زندگی به منزله شکل جدیدی از حرکت ماده به وجود آمد . پس از این واقعه ، قوانین کهن فیزیک و شیمی طبعاً به اعمال خود ادامه دادند ؛ اما

قوانین زیست‌شناسی جدید و پیچیده‌تری بدانها ضمیمه شدند که پیشتر عمل نمی‌کردند.

از این رو حیات ماهیتی مادی دارد، اما خواص آن محدود به خواص ماده به صورت عامش نیست. فقط موجودات زنده دارای حیاتند. حیات شکل مخصوصی از حرکت ماده است که از لحاظ کیفی با حرکت ماده جهان غیر آلی فرق دارد و موجود زنده شیوه‌های رفتار و خصیصه‌های حیاتی ویژه‌ای دارد و صرفاً از اصول حاکم بر طبیعت غیر آلی پیروی نمی‌کند. بنابراین، یک ماتریالیست منطقی مسئله شناخت حیات را به‌طریقی مغایر با شیوه یک مکانیست فرمولبندی می‌کند. این مسئله از نظر یک مکانیست عبارت از توضیح هر چه کاملتر حیات بر حسب فیزیک و شیمی است؛ در صورتی که به عقیده یک ماتریالیست منطقی، اصل مهم شناخت حیات، اثبات تفاوت کیفی آن با دیگر اشکال ماده است. یعنی شناخت آن تفاوتی که ما را وادار می‌کند که حیات را شکل خاصی از حرکت ماده بدانیم.

تلاشهایی برای تنظیم تعریفهای حیات

این اختلاف در تعریفهای حیات که توسط دانشمندان و متفکران قرن گذشته و زمان خودمان تنظیم و طرح شده‌اند، کم و بیش انعکاس یافته و هنوز هم انعکاس می‌یابد. همانا از دریچه اختلاف میان زنده و غیر زنده است که با وجود تناقض مطلق و گوناگونی شگفت‌انگیزشان به ارزش عینی و اساسی این تعریفها می‌توان پی برد.

کلود برنار، در کتاب جالبش به نام «درسهایی دربارهٔ

۱- Claude Bernard (1813-1878)، کلود برنار فیزیولوژیست مشهور فرانسوی است. مهمترین تحقیقات علمیش نشان دادن نقش

پدیده‌های مشترک زندگی جانوران و گیاهان « ۱ (۱۸۷۹) -
 (۱۸۷۸) ، تعریفهای زیادی دربارهٔ حیات می‌آورد که پیش از آن
 ساخته شده بودند. اما او این کار را فقط بدین منظور انجام داد
 تا نشان دهد که به‌طور کلی هر تعریف قبلی ۲ حیات همیشه واهی و
 از لحاظ علمی بیفایده است . با وجود این ، او نیز عقیده داشت
 که اگر با اثبات مشخصات ویژه‌ای که موجودات زنده را از اجسام
 غیرزنده جدا می‌کند یک آشنایی بعدی ۳ نسبت به حیات حاصل
 شود، می‌توان آن را کاملاً درک کرد. این امر یقیناً آسان نیست
 و ما در انجام آن در تردیدها و دشواریهای قابل ملاحظه‌ای محصور
 می‌گردیم ؛ اما همواره به‌حل مسئلهٔ خویش نزدیکتر می‌شویم .
 دریک دایرةالمعارف امریکایی چاپ ۱۹۴۴ گفته شده است
 که تعریف واحدی از حیات وجود ندارد؛ زیرا درحالی که بعضی
 از تعریفها پدیده‌های بسیاری را در بر می‌گیرند ، بقیه دچار
 محدودیتهای بسیار سختی هستند .

اوزالمعده درهضم مواد چربی ، اثبات عمل گلیکولیز کبد و اثبات
 وجود مراکز مستقل عصبی در مغز رنخاع است - م .

۱ . Leçons sur les phénomènes de la vie commune
 aux animaux et aux végétaux .

۲ . A Priori یا قبلی به‌معنای گفته می‌شود که عقلی هستند؛ یعنی
 ذاتی شعورند و مبتنی بر حس و تجربه نیستند و چون بر اساس فلسفهٔ
 کانت قبل از حس و تجربه به‌ذهن متبادر می‌شوند ، قبلی نامیده
 شده‌اند کانت خاطر نشان می‌ساخت که معلومات حاصل از حس و
 تجربه غیر واقع و غیر معتبر اند و برخلاف آنها معلوماتی که از شکل‌های
 قبلی حس (زمان و مکان) و تعقل (علیت و ضرورت) حاصل می‌شوند،
 درست و معتبرند . تکامل منطقی علم مردود بودن این عقیده را
 ثابت کرده است - م .

۳ . A Posteriori یا بعدی معلوماتی است که بعد از حس و تجربه
 حاصل می‌شود - م .

به عقیده ما ، این امر در غالب موارد بدین علت است که مردم می کوشند حیات را به مثابه نقطه ای واحد توصیف نمایند ؛ و حال آنکه در واقع خطی است که شامل تمام آن بخش از تکامل ماده است که میان منشأ حیات روی زمین و زمان خودمان قرار دارد و از جمله مظاهر آن علاوه بر گیاهان و جانوران با تکامل عالیتر و بویژه انسان ، ابتداییترین موجودات نیز هستند. اما ، با پدید آمدن انسان ، شکل جدید و اجتماعی حرکت ماده ظاهر گردید که پیچیده تر و دارای تکاملی عالیتر از حیات است و توسط مشخصات ویژه خود و نیز به وسیله قوانین مخصوص تکامل جامعه بشری مشخص می شود .

بنابر این کاملاً خطاست که «خط حیات» را فقط بر پایه یک نقطه توصیف نماییم. خواه این نقطه در آغاز و خواه در وسط یا در پایان خط قرار گرفته باشد. در واقع اگر سعی کنیم که حیات را بر حسب صفاتی تعریف کنیم که در همان آغاز پدید آمدن آن در روی زمین ظاهر شدند، ناگزیریم که نه فقط شعور بلکه تنفس را هم که مسلماً در ابتداییترین موجودات زنده پدید نیامده بود ، از مشخصات آن حذف کنیم. از سوی دیگر، اگر حیات را بر اساس پدیده هایی تعریف کنیم که علائم موجودات زنده یا تکامل عالیتر باشند ، بیم آن می رود که باکتریهای بی هوازی ، و علاوه بر آنها بسیاری از ارگانیزمهای ابتدایی را به مقوله اجسام غیر زنده متعلق به طبیعت غیر آلی نسبت دهیم .

هنگامی که انگلس تعریف جالب توجه خود را درباره حیات ساخت و آن را «طرز بقای اجسام آلبومینی» تلقی نمود، فوراً احتیاطهایی به عمل آورد و ناقص بودن این تعریف را نشان داد. او نوشت: «تعریف ما از حیات طبعاً بسیار نارساست و از آنجا که همه پدیده های حیات را به هیچ وجه در بر نمی گیرد ، باید

به‌مشتراک‌ترین و ساده‌ترین نشان محدود گردد . از نظر گاه علمی همه تعریفها کم ارزش‌اند . برای آنکه دربارهٔ چگونگی حیات معلوماتی جامع به‌دست آوریم ، باید همهٔ اشکالی را که حیات بدانها ظاهر می‌شود ، از پست‌ترین تا عالیترین نشان را مرور نماییم . بنابراین ، برای شناخت کامل حیات لازم است که از گام کامل مختصات ویژه آن آگاهی داشت . باید از مشخصات فوق‌العاده مقدماتی‌ای که موجودات زنده نخستین دارا بودند ، شروع کرد و به پیچیده‌ترین تظاهرات فعالیت عالی عصبی جانوران و انسان که مرحلهٔ بیولوژیک تکامل ماده به‌اوج خود می‌رسد ، رسید .

از میان عدهٔ کثیر مشخصات ویژهٔ حیات که از همان آغاز پدید آمدن آن جلوه‌گر شدند و در جریان افزایش پیچیدگی و تکامل تدریجی بعدیش پیچیده‌تر گشتند ، باید ذکر خاصی از تأثیر متقابل کاملاً مشخص و ویژهٔ ارگانسیم و محیطش به‌عمل آید که بسان تار تاری قرمز در امتداد «خط حیات» می‌دود و صفت ویژهٔ همهٔ موجودات زنده ، از پست‌ترین تا عالیترین نشان است ، ولی در اشیای دنیای غیر آلی وجود ندارد .

تأثیر متقابل ویژهٔ ارگانسیم و محیط آن

یک ارگانسیم فقط تا وقتی می‌تواند زندگی کند و خود را زنده نگه دارد که پیوسته با محیطش مبادلهٔ مواد و انرژی کند . مواد مختلفی که ماهیت شیمیاییشان با ارگانسیم بیگانه است و به‌صورت خوردنی ، نوشیدنی ، و مادهٔ گازی در آن وارد می‌شوند . این مواد در جسم زنده متحمل تغییرات و تحولات دور و درازی می‌شوند و سرانجام به‌جنس خود موجود درمی‌آیند . این بدین معنی است که به‌ترکیباتی شیمیایی تبدیل می‌شوند که تا اندازه‌ای به‌مواد سازندهٔ بدن موجود زنده همانندند . این همان بخش

صعودی متابولیسم بیولوژیک است که به نام همانند سازی (Assimilation) معروف است. اما در جریان تأثیر متقابل مواد خارجی و مواد بدن موجود زنده، پروسهٔ مخالف نیز که به نام واهمانند سازی (Dissimilation) شناخته شده است پیوسته روی می‌دهد. مواد جسم زنده بی‌تغییر نمی‌مانند. آنها به سرعت زیاد شکسته می‌شوند تا انرژی نهفته‌شان آزاد شود و بعد، مواد حاصل از تجزیه‌شان به محیط پیرامون دفع می‌گردند.

بدنهای ما مانند نهرها روانند و موادشان بسان آب جویی پیوسته تازه می‌شود. این بود آنچه هراکلیتوس^۱ فیلسوف جدلی یونان باستان تعلیم می‌داد. یقیناً جریان آب جوی بسیار ساده‌تر بگوئیم جریان آبی که از یک شیر بیرون می‌آید، ما را قادر می‌سازد که بسیاری از مشخصات سیستمهای جاری یا باز (Open System) یا (Flowing System) را که به حالت خاص جسم موجود زنده ظاهر می‌شوند، به ساده‌ترین صورتشان درک نماییم. اگر شیر آب بسیار باز نباشد و فشار منبع آب ثابت بماند، شکل خارجی آبی که از شیر جاری است بی‌تغییر می‌ماند، به طوری که گویی منجمد شده است. اما می‌دانیم که این شکل صرفاً نمایش قابل رؤیت جریان پیوستهٔ ذره‌های آب است که به طور ثابت و با سرعت یکنواخت از راه مجرا گذشته از آن بیرون می‌آیند. اگر رابطهٔ میان سرعت

۱. Heraclitus هراکلیتوس (۴۸۳-۵۴۴ ق.م.) اهل افسوس Ephesus (از شهرهای آسیای صغیر یونان قدیم) فیلسوفی مادی و جدلی بود. او عقیده داشت که اصل و منشأ همهٔ چیزها حتی روح آتش است و آتش را هیچ کس و هیچ چیز نیافریده، همیشه بوده، هست و خواهد بود. همه چیز در حال تغییر است و به ضد خود تغییر می‌کند. نمی‌توان دوبار در یک رودخانه پا گذاشت زیرا بار دوم در آب دیگر و تازه‌تری پامی گذاریم. مبارزه اضداد عمومیت دارد و بر همه چیز حکمفرما است. م.

دخول و خروج آب یا پروسه یکنواخت حرکت ذره‌ای آن را برهم بزنیم ، این ترتیب جریان آب از میان می‌رود ، زیرا خود وجود جریان به‌گذر ثابت ملکولهای آب از مجرا بستگی دارد که پیوسته تجدید می‌شوند .

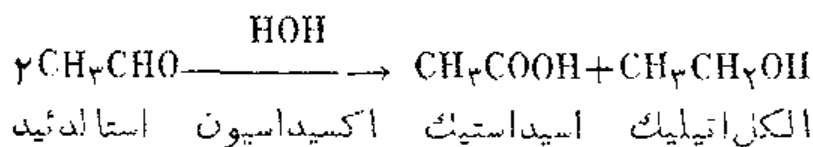
براین قیاس ، ثبات شکل خارجی و حتی بقای ساختمان داخلی مفصل‌الاعضای موجود زنده ، نمایش قابل رؤیت پایداری توالی پروسه‌هایی است که در نتیجه تعادل دو پدیده متضاد مذکور در قبل ، یعنی همانند سازی و واهمانند سازی ، در درون آن ادامه می‌یابند . بقای طولانی سیستم زنده‌ای که همواره تجزیه و زوال در آن صورت می‌گیرد ، کاملاً به‌علت این تعادل است . به‌جای هر ملکول یا ساختمانی که تجزیه می‌شود ، ملکولی همانند به‌مثابه یک صورتبندی نو ساز پدید می‌آید . موجود زنده بدین‌سان شکل ، ساختمان و ترکیب شیمیایی خود را بی‌تغییر نگه می‌دارد؛ درحالی که مواد آن پیوسته تغییر می‌کنند .

از این رو ارگان‌های سیستم‌هایی ساکن (Static Systems) نیستند، بلکه سیستم‌هایی ماندگار یا جاری (Stationary Systems) هستند . توانایی آنها به‌زندگی برای مدتی نسبتاً دراز یا کوتاه در شرایط محیطی معینی وابسته به این نیست که در آرامشند یا تغییر نمی‌کنند، بلکه برعکس به‌پایداری حرکشان، یعنی به‌متابولیسمشان بستگی دارد .

متابولیسم از نظر گاه شیمیایی صرف، فقط حاصل‌عده بسیاری واکنش نسبتاً ساده اکسیداسیون احیا^۲، تراکم آلدل^۳، هیدرولیز^۴،

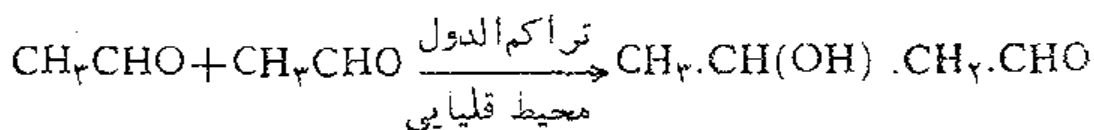
۱. Oxidation . ترکیب اکسیژن را با یک عنصر یا یک ماده مرکب یا گرفتن هیدروژن را از یک ماده مرکب و به‌طور کلی هر واکنشی را که در آن یک اتم از عنصری یا یک یون از ماده‌ای الکترون از دست بدهد (مثل تبدیل یون فرو Fe^{++} به یون فریک Fe^{+++}) اکسیداسیون می‌گویند - م .
بقیه پاروئی در صفحه بعد

۲. Reduction احیا درست عکس اکسیداسیون است. و عبارت از عمل گرفتن اکسیژن از یک ماده اکسیژن‌دار یا دادن هیدروژن به یک عنصر یا یک ماده مرکب (هیدروژناسیون Hydrogenation) است. و بطور کلی عبارت است از هر واکنشی که در آن یک اتم یا یک یون ماده‌ای الکترون بگیرد. باید دانست که واکنشی به نام واکنش اکسیداسیون و احیا (Oxidation - Reduction réaction) نیز هست که در جهت آن هر دو عمل اکسیداسیون و احیا باهم صورت می‌گیرد. مثال:



چنان که ملاحظه می‌شود، در این واکنش از اکسیداسیون یک ملکول استالدهید، یک ملکول اسید استیک به دست می‌آید و از احیای ملکول دیگر استالدهید یک ملکول الکل اتیلیک حاصل می‌شود - م.

۳. Aldol condensation. تراکم الدول نوعی پلیمر بندی Polymerization است که در آن از ملکولهای متشابه ترکیب ندیده‌ها، بدون از دست دادن آب، ملکول درشت‌تری به دست می‌آید که هم گروه اتمی الکل (-OH) دارد و هم گروه اتمی الدئید (-CHO)، بدین جهت به آن الدئید الکل یا الدول Aldol می‌گویند. همان طور که ملاحظه می‌شود در نام Aldol، Ald مشخص الدئید Aldehyde و جزء ol معرف الکل است. فرمول تراکم الدول استالدهید Acetaldehyde به صورت زیر است:



۴. Hydrolysis تجزیه شیمیایی یک ماده را به وسیله آب، هیدرولیز می‌گویند. در این عمل خود آب نیز تجزیه می‌شود. فرمول کلی واکنش هیدرولیز بدین صورت است:

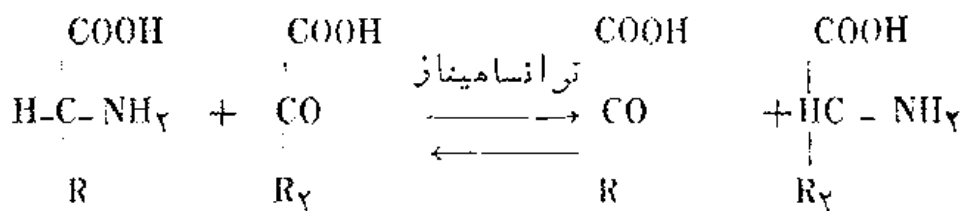
$$AB + H_2O \rightarrow A(OH) + BH$$

در نتیجه هیدرولیز، نمکهای اسیدهای ضعیف و بازهای ضعیف حاصل می‌شوند. از هیدرولیز آنرسلها، الکل

ترانس‌آمیناسیون ۱، فسفریلاسیون ۲، سیکلیزاسیون ۳ و غیره است .

و اسید به دست می‌آید قندها ، اسیدهای آمینه و بعضی از مواد آلی دیگر، بر اثر هیدرولیز تجزیه می‌شوند و به مواد با ملکولهای کوچکتر تبدیل می‌گردند. می‌توان گفت که هیدرولیز این مواد، عکس عمل پلیمریزاسیون است - م.

۱- Transamination یک رشته کنش و واکنشهای آمیناسیون (Amination) و دآمیناسیون (Deamination) مرکب است و عبارت است از نقل و انتقال دوطرفه گروه آمینه ($-NH_2$) از یک اسید آمینه به یک اسیدستو (Keto acid) گرفتن گروه آمینه توسط اسیدستو و تبدیل آن به اسید آمینه را آمیناسیون می‌نامند . پروسه مخالف در این فعل و انفعال را دآمیناسیون می‌نامند (تبدیل اسید آمینه به اسیدستو) مثال :



اسید آمینه (۲) اسیدستو (۱) اسیدستو (۲) اسید آمینه (۱)
فعل و انفعال ترانس‌آمیناسیون دوطرفه است و به وسیله آنزیمهایی به نام ترانس‌آمیناز Transaminase کاتالیز می‌شود ترانس‌آمینازها را در همه بافتهای جانوری ، بویره در قلب ، مغز ، کلیه بیضه و کبد و همچنین در گیاهان عالی و موجودات زنده ذره بینی یافته‌اند. پروسه ترانس‌آمیناسیون را دو دانشمند اتحاد شوروی ا. ای. برونشتاین A. E. Braunstein و م. گ. کریتسمن M. G. Kritsman کشف نمودند - م.

۲- Phosphorylation . کنش یا رشته کنشهایی است که مانند تبدیل گلوکز یا یک قند دیگر به اتسول اسید فسفریک به فسفر دار شدن یک ترکیب منجر می‌شود - م.

۳- Cyclisation واکنشهای دوری یا فعل و انفعالهای تسلسلی در شیمی حیاتی ، به واکنشهایی گفته می‌شود که پس از چند مرحله دوره آنها از سر گرفته می‌شود - م.

هر يك از این واکنشها را در خارج بدن موجود زنده هم می توان مجدداً انجام داد . زیرا در مورد آنها هیچ چیز که اختصاصاً به حیات مربوط باشد، وجود ندارد .

آن ویژگی که حیات را از سایر اشکال حرکت ماده (مخصوصاً از سیستمهای جاری غیر آلی) از لحاظ کیفی متمایز می سازد ، این است که در جسم زنده دهها و صدها هزار واکنش شیمیایی خاص صورت می گیرد که مجموعاً متابولیسم رامی سازند و اینها نه فقط باهم به شدت تطابق زمانی و مکانی دارند و نه تنها در رشته واحدی از اعمال مربوط به خود نوسازی همکاری می کنند ، بلکه تمام این رشته به طریق منظمی پیوسته به سوی صیانت ذات و خود بازسازی تمام جسم زنده هدایت می شود . این واکنشها برای حل مسئله بقای ارگانیسم در يك سلسله شرایط محیطی به خوبی مناسباند .

«تضمن مقصود» در سازمان اجسام زنده

این خصلت جریان تأثیر متقابل موجودات زنده و ملاً پیرامونشان و مهمتر از همه ، سازگاری شگفت انگیز و مؤثر سازمان این تأثیر متقابل با وظیفه صیانت ذات و خود بازسازی سیستم تحت تأثیر يك سلسله شرایط خارجی معین است . یعنی آن چیزی را که بسیاری از مصنفان به نام «سازش شکل باوظیفه عضوی» یا «تضمن مقصود» در ساختمان چنین دستگاهی نامیده اند، چنان وضوح عینی دارد، و چنان تأثیر نیرومندی بر دیدگان بررسی کنندگان طبیعت زنده می گذارد که در اکثریت حتی گوناگونترین تعریفهای حیات که در طی قرون متمادی فرمولبندی شده و توسط متفاوتترین مکتبهای فلسفی و اندیشه های علمی مطرح شده اند ، به نحوی از انجا تجلی می کند .

وجود سازش شکل باوظیفه عضوی در همه موجودات زنده، بدون استثنا، حتی توسط ارسطو ذکر شده است، او نخستین کسی بود که توانست در نوشته‌های خود از مجموعه وسیع مطالب زیست‌شناسی موجود آن زمان نتایج کلی بگیرد. ارسطو، این خاصیت مخصوص موجودات زنده را به عنوان «علت فعلیت غایی» بنیادی حیات یا «اصلی که هدفش در درون خودش است» مشخص ساخت.

تعلیمات ارسطو درباره «علت فعلیت غایی» تأثیر خود را به شکل‌های مختلف در همه تعریف‌های حیات به جای گذاشته است. «علت فعلیت غایی» ارسطو در عقاید مختلف مذهبی و تعالیم فلسفی منعکس شده، قرن‌های متمادی دوام یافت تا اینکه در آثار راینکه Reinke و دریش (۱۸۶۷-۱۹۴۱) - Hans Adolf Eduard و دیگر پیروان معاصر ویتالیسم به قرن بیستم خودمان رسید.

اما نمایندگان اردوگاه ماتریالیسم در تحقیقات خود دراجع به حیات، طبعاً از این صفت ویژه آن غافل نمی‌توانستند شد. بسیاری از آنان، به پیروی از دکارت، پدیده‌های حیاتی گیاهان و جانوران را صرفاً به منزله واکنش‌های جوابی مکانیسمی با ساختمان جسمی ویژه‌ای، در برابر تأثیر خارجی محیط، تعریف کردند. دیگران سمت منظم متابولیسم را به مثابه خاصیت ویژه‌ای تلقی نمودند که موجودات زنده را از چیزهای غیر زنده متمایز می‌ساخت.

کلود برنار در این باره نوشت :

« L'édifice organique est le siège d'un perpétuel mouvement nutritif qui ne laisse de repos à aucune partie : chacune, sans cesse ni arrêt s'alimente dans le milieu qui l'entoure, et y rejette ses déchets et ses produits. Cette renovation moleculaire est insaisissable pour le regard; mais, comme nous en voyons le début et la fin, l'entrée et la

sortie des substances, nous en concevons les phases intermédiaires, et nous nous représentons un courant de matière qui traverse incessamment l'organisme et le renouvelle dans sa substance en le maintenant dans sa forme

L'universalité d'un tel phénomène chez la plante et chez l'animal et dans toutes leurs parties, sa constance, qui ne souffre pas d'arrêt, en font un signe général de la vie, que quelques physiologistes ont employé à sa définition»^۱

انگلس نوشت : « يك كلام هست كه بايد در مورد همه ارگانيسمها به كار برده شود و آن سازش است . » او سپس تعريف خویش را درباره حیات پیش می کشد و چنین می گوید : «حیات يك طرز وجودی مواد آلبومینی است كه اساسیترین خصیصه آن خودسازی پیوسته ترکیبات شیمیایی آن مواد به وسیله تغذیه و دفع است . »

در زمان خودمان، پرت Perret و سپس برنال J. I. Bernal

۱. ساختمان عضوی ، جایگاه يك حرکت تغذیه همیشه است كه هیچ يك از بخشهای آن را آرام نمی گذارد ؛ هر قسمت ، بی وقفه و بی درنگ ، در محیطی كه آن را احاطه می كند ، پرورش می یابد و فضله ها و ساخته هایش را به همان محیط دفع می كند. این نوسازی ملكولی محسوس نظر نیست، اما همان طور كه آغاز و پایانش، دخول و خروج موادش را می بینیم ، می توانیم مراحل واسطه را تصور كنیم و برای خود جریانی از ماده را تصویر نماییم كه بی انقطاع از ارگانيسم گذشته ، ماده اش را تجدید نموده و درعین حال شكل آن را حفظ کرده است .

عمومیت چنین پدیده ای در گیاهان و جانوران و در تمام اجزای آنها ، و نیز ثباتشان كه هرگز دچار وقفه نمی شود علامت عمومی حیات است كه بعضی از فیزیولوژیدانان آن را در تعريف خود به كار برده اند .

کوشیدند که زندگی را به عبارات زیر تعریف نمایند که شاید برای غیرمتخصصان تا اندازه‌ای پیچیده باشد :

«حیات سیستم باز و بالقوه ماندگاری از واکنشهای بهم بسته آلی است . واکنشهایی که به واسطه کاتالیزرهای مرکب و اختصاصی و ساخته خود سیستم مرحله به مرحله و تقریباً به طور ایزوترمیک^۱ کاتالیز می گردند.»

از این رو ، «تضمن مقصود» عام سازمان موجودات زنده واقعیتی بدیهی و عینی است که هیچ متفکر و محقق طبیعت نمی تواند آن را نادیده بگیرد . درستی و نادرستی تعریف حیات که به وسیله ما و نیز عده بسیار دیگری پیشنهاد شده است ، بستگی به این دارد که انسان اصطلاح «تضمن مقصود» را چگونه تفسیر کند و چه چیز را طبیعت اصلی و منشأ آن بپندارد .

ایدئالیستها این «تضمن مقصود» را به مثابه اجرا شدن نقشه از پیش مقدر «عقل کل» می دانند . از سوی دیگر ، ماتریالیستها این اصطلاح را (به علت فقدان اصطلاحی بهتر) به منزله کوتاهترین راه مشخص کردن سمت سازمان بندی تمام سیستم زنده به سوی صیانت ذات و خود بازسازی در شرایط محیطی معین به کار می برند . و نیز آن را برای توصیف تناسب ساختمان اجزای جداگانه سیستم زنده بامؤثرترین و متوازنترین نحوه های اجرای آن اعمال حیاتی و ضروری که هر جزء خاص ، انجام می دهد ، مورد استفاده قرار می دهند .

سازش فوق العاده عالی متکامل ساختمان تک تک اندامها با انجام اعمال عضویشان و «تضمن مقصود» عمومی تمام سازمان حیات

۱ . واکنشها و تغییرات و اعمال کاتالیزری ایزوترم Isotherm آنهايي هستند که در درجه حرارت ثابت صورت می گیرند . به نظر من کلمه «همدم» معادل فارسی مناسبی برای این واژه است . م .

حتی با آشنایی بسیار سطحی به موجودات زنده عالی بسیار دقیق می‌نماید. همان‌طور که قبلاً خاطر نشان کردیم، و این امر در زمان قدیم هم مورد توجه بود و در «علت فعلیت غایی» ارسطو تعبیر یافته بود و تازمانی که هنوز داروین^۱ دربارهٔ راه پیدا شدن «تضمن مقصود»

۱. Charles Robert Darwin چارلز رابرت داروین (۱۸۸۲-۱۸۰۹) طبیعی‌دان بزرگ انگلیسی، پس از تحقیقات پرمشقت و بسیار طولانی به این نتیجه رسید که گیاهان و جانوران به مراتب بیش از ظرفیت محیط تولید مثل می‌نمایند. به عنوان یک مثال بارز کافی است گفته شود که یک بوتهٔ خردل سالیانه در حدود هفتصد و سی هزار دانه می‌دهد. از باروری پرثمر طبیعت جاندار این نتیجه حاصل می‌شود که میان گیاهان و جانوران برای تحصیل غذا، آب و نور (در مورد گیاهان سبزینه‌دار) مبارزهٔ شدیدی حکم فرماست که داروین آن را تنازع بقا نامید. این مبارزه به دو صورت مبارزهٔ درون‌نوعی و مبارزهٔ میان انواع متظاهر می‌شود. داروین همچنین ملاحظه نمود که در هیچ جا نمی‌توان دو جانور یا دو گیاه هم‌نوع را یافت که عین یکدیگر باشند. همیشه تفاوت‌هایی میان افراد یک نوع دیده می‌شود. و در صورت جدا شدن بعضی از افراد یک نوع از دیگران و زندگی در شرایط محیطی متفاوت، این تفاوت‌ها بیشتر و قوی‌تر می‌شوند به طوری که یک صنف (Variety) نو یا زیرگونه (Subspecies) جدید به وجود می‌آید که ممکن است خود بر اثر تغییرات بعدی، سرانجام، نوع نوی را پدید آورد. تغییرات پدید آمده در افراد هر نوع را به سه دسته می‌توان تقسیم کرد؛ اول دستهٔ تغییرات مفید برای بقای نوع. دوم دستهٔ تغییرات مضر به حال نوع. سوم دستهٔ تغییراتی که برای بقای فنای نوع بی‌اثرند. داروین عقیده داشت که از انواع گیاهی و جانوری افرادی در مبارزه برای بقا پیروز می‌گردند و در شرایط زیست جدید به حیات خود ادامه می‌دهند که دستخوش تغییرات مفید برای بقای نوع شده باشند. و به عبارت دیگر سازش کرده باشند و توانسته باشند که تغییرات مزبور را به نسل‌های بعدی خود منتقل کنند. داروین بقای جانوران و گیاهانی را که تغییرات مفید می‌یابند

در موجودات عالی توضیحی عقلایی و مادی به کمک انتخاب طبیعی به دست نداده بود ، اساساً اسرار آمیز و فوق طبیعی تلقی می شد .
 اما «تضمن مقصود» ساختمان بدن ، تنها در موجودات دارای سازمان عالیتر متظاهر نمی شود ، بلکه تمام دنیای زنده را از سر تا پا ، درست تا ابتدایترین اشکال حیات را فرامی گیرد . این خاصیت لازمه هر جسم زنده است ، اما وقتی کالبد زنده ای در میان نباشد هیچ «تضمن مقصودی» در شرایط طبیعی وجود نخواهد داشت .
 بنابراین بیهوده است که فقط بر حسب قوانین جهان غیر آلی ، یعنی بر طبق قوانین فیزیک و شیمی برای آن توضیحی جستجو کنیم .
 «تضمن مقصود» که صفت مشخصه سازمان همه موجودات زنده است ، تنها وقتی درک تواند شد که انسان تأثیر متقابل ویژه میان ارگانسیم و محیطش را بر حسب اصل داروینی انتخاب طبیعی بداند . این قانون جدید بیولوژیک تنها بر پایه استقرار حیات می توانست پدید آید و از این رو اجسام بی حیات غیر آلی «تضمن مقصود» ندارند .
 استثنای جالب توجهی که این قانون دارد ، ماشین است .

کوششهایی برای ماشینی تلقی کردن ارگانسیم

البته ، در این مسئله نمی توان تردید کرد که هر ماشینی بر پایه این اصل ساخته می شود که ساختمان یا سازمان خارجی خود را با طرز اجرای وظیفه مخصوص و ویژه ای که کار آن است ، وفق دهد . از این لحاظ است که مقایسه ماشین با ارگانسیم ، خود را

و حذف شدن جانوران و گیاهانی را که دستخوش تغییرات مضر می گردند انتخاب طبیعی نامید . یکی از کارهای برجسته پروفیسور اپارین در زیست شناسی مدرن نمایاندن قلمرو بیوشیمیایی انتخاب طبیعی داروین ، یعنی بررسی این قانون در سطح ملکولی شیمی حیاتی ، و شیمی حیاتی تکاملی است - م .

بر انسان تحمیل می‌کند. در طی قرون متمادی، بسیاری از فلاسفه و دانشمندان در کوششهای خود برای حل مسئله طبیعت اصلی حیات، این مقایسه را به میزان وسیعی به کار برده‌اند. تنها چیزی که در این تلاشها، در دوره‌های گوناگون تکامل علم، تغییر کرده این عقیده است که کدام دسته از نکات مشترك ارگانیسم و ماشین را باید شاخصترین مشخصات حیات به‌شمار آورد. با وجود این، راه طرح مسئله و کوششی که برای توصیف ارگانیسم به‌مثابه قسمی ماشین به‌عمل می‌آمد، اساساً بی‌تغییر ماند. افکار هر عصر، بی‌شک گرایشی به این مسئله دارد که بر حسب مبانی تکنولوژیکی همان عصر بیان شود. ن. ویتر N. Wiener در کتابش (به نام: سبیرنتیک یا نظارت و ارتباط در حیوان و ماشین)^۱ بسیار به‌مورد قرن هفدهم و قسمت اول قرن هیجدهم را «عصر ساعت» و پایان قرن هیجدهم و تمام قرن نوزدهم را «عصر ماشین بخار» و زمان خودمان را «عصر ارتباط و نظارت» می‌نامد.

بشر در عصر ساعت، جهان را همچون ماشینی عظیم تصور می‌نمود که یکباره و برای همیشه کوك شده باشد. مردم معتقد بودند که حرکت مکانیکی یا جابه‌جایی اجسام در فضا طبق قوانین حرکت نیوتن صورت می‌گیرد و آن را پایه تمام هستی می‌دانستند. حیات هم از این نظر گاه، یعنی صرفاً به‌مثابه شکل ویژه حرکت مکانیکی، مورد بحث واقع می‌شد. حرکت خود به‌خود جانوران و اندامهایشان در فضا می‌تواند به‌منزله روشنترین دلیل این امر باشد. بنابراین طبق عقاید آن زمان موجود زنده چیزی نیست جز يك «ماشین بسیار پیچیده‌ای که ساختمانش با وجود اینکه تماماً قابل درك است، جنبش آن مانند حرکت چرخهای ساعت

1. *Cybernetics or control and communication in the animal and in the machine*. New York : Wiley (1949).

آبی کاملاً به ساختمانش و به فشار و تصادم ذرات ماده بستگی دارد، (دکارت) . از این رو تشریح در آن زمان ، مهمترین مقام را در بررسی حیات اشغال می کرد .

اما در مرحله بعدی تکامل علم، یعنی در عصر ماشین بخار، فیزیولوژی به میزانی وسیعتر و باز هم وسیعتری شروع به احراز این مقام نمود و نقش مکانیک در بررسی حیات جای خود را به انرژی داد .

الگوی موجود زنده دیگر ساعت نبود؛ بلکه موتور حرارتی جایگزین آن شد. تشابهی که میان تنفس و احتراق مواد سوختنی توسط لائووازیه مطرح شد، گامی به جلو بود. غذا فقط سوختی است که به کوره ارگانسیم خود می ریزیم و بنابراین، تمام ارزش

۱ . Antoine Laurent Lavoisier آنتوان لوران لائووازیه (۱۷۹۴ - ۱۷۴۳) شیمیدان بزرگ فرانسوی با آزمایش نشان داد که هوا دارای مقداری اکسیژن است ؛ و وقتی که اجسام می سوزند با این عنصر ترکیب می شوند (اکسیداسیون) . و نیز ثابت کرد که اگر در محیط بسته ای زغال بسوزد یا جانوری تنفس کند ، محتوی اکسیژن آزاد هوا از میان می رود و مقدار گازی که آب آهک را کدر می کند - CO_2 - در هوای آن محیط افزایش می یابد .

لائووازیه بعدها به اتفاق لاپلاس Laplace ثابت کرد که اگر از تنفس يك خوکچه هندی و احتراق مقداری زغال به يك اندازه CO_2 تولید شود؛ مقدار گرمای حاصل از این دو عمل تنفس و احتراق تقریباً برابر می شود . لائووازیه نتیجه گرفت که مواد کربندار در بدن موجودات زنده می سوزند و بدین جهت این نظریه را مطرح ساخت که ؛ تنفس احتراقی است بطبیعی . این نظریه سبب شد که دانشمندان در زمینه ارتباط میان CO_2 و گرمای تولید شده تحقیقات وسیعی را شروع و دنبال نمایند و ثابت کنند که قوانین فیزیک و شیمی در مورد تغییر شکل انرژی و تبادل آن در بدن موجودات زنده قابل تطبیق اند - م .

آن تنها برحسب کالری ارزیابی تواند شد. اصول راهنمای آن زمان راجع به حیات، دواصل بقا (Conservation of energy) و انحطاط انرژی (Degradation of energy) بودند. قانون اول ترمودینامیک، قانون بقای انرژی، هم در مورد موجودات زنده و هم درباره ماشینها قابلیت تطبیق عام یافت.

قانون دوم، موضوع پیچیده تری بود. قانون مزبور مبین این بود که طبیعت از لحاظ آماری به بی نظمی، هموار شدن و بدین جهت به انحطاط انرژی در دستگاههای منفرد می گراید که اصطلاحاً افزایش آنتروپی^۱ نامیده می شود. اگر قرار می شد که

۱. Entropy (مشتق از en که پیشوندی است که معنای درون یا به درون را به کلمه می دهد و کلمه یونانی Trope به معنای برگشت). این کلمه را نخستین بار کلوسیوس (Clausius) (۱۸۸۸-۱۸۲۲) فیزیکدان آلمانی در فیزیک مصطلح ساخت. در مطبوعات علمی فارسی گاهی کلمه «کهولت» را به عنوان معادل آن به کار برده اند. نسبت مقدار گرمایی که يك ماده جذب می کند، به دمای مطلق آن در موقع جذب گرما آنتروپی نامیده می شود:

$$S = \int \frac{dQ}{T}$$

در این معادله S نشانه آنتروپی و dQ اختلاف میان دو کمیت متوالی گرمای متغیر جسم و T دمای مطلق جسم در موقعی است که آنتروپی آن محاسبه می شود. به طور کلی آنتروپی فاکتوری است ریاضی که برای تسهیل محاسبات ترمودینامیک داخل محاسبات می شود و مبین مقدار انرژی غیر قابل استفاده يك سیستم ترمودینامیک است. آنتروپی يك سیستم ترمودینامیک همچنین مبین درجه اختلال آن است. تغییرات آنتروپی فقط بر اثر يك پروسه برگشت پذیر (Reversible) یا دو طرفه قابل محاسبه است. و اما تغییرات آنتروپی از پروسه های برگشت ناپذیر (Irreversible) یا يك طرفه واقعی را با فرض کردن تغییرات برگشت پذیر معادلی حساب می کنند. کل آنتروپی يك سیستم مسدود، هیچ گاه و در هیچ تغییری کاهش

چنین دستگاهی را در شرایط یکسان قرار دهند و آن را به حال خود بگذارند، آن وقت همه پدیده‌هایی که درون آن رخ می‌دادند، بسیار زود متوقف می‌شدند و عمر تمام سیستم به سر می‌رسید. و به این ترتیب دستگاه به حالت تغییر ناپذیری درمی‌آمد که در آن هیچ چیز روی نمی‌داد. فیزیکدانان این حالت را «تعادل ترمودینامیک» یا «بیشینه آنتروپی» می‌نامند.

از سوی دیگر، در موجودات زنده نه تنها آنتروپی افزایش نمی‌یابد، بلکه حتی ممکن است کاهش یابد. به این ترتیب، می‌توان گفت که قانون اساسی فیزیک گرانش به بی‌نظمی یا افزایش آنتروپی بود و حال آنکه قانون اساسی بیولوژی، برعکس، میل به افزایش سازمانبندی یا کاهش آنتروپی بود. بعضی از فلاسفه ایدئالیست، مانند ه. برگسون حیات را به مثابه «مبارزه با آنتروپی» تعریف کرده‌اند و حتی در تضاد میان فیزیک و بیولوژی در جستجوی دلیلی برای قبول ماهیت ماورای طبیعی حیات بوده‌اند.

اما اکنون می‌دانیم که این تضاد فقط ظاهری است. موجودات زنده هرگز نمی‌توانند به مثابه دستگاههای منفرد وجود داشته باشند. همچنان که در بالا گفتیم، صفت مشخصه موجودات زنده این است که به طور ثابت با محیطشان تأثیر متقابل دارند و بر اثر این امر باید دستگاههای «جاری» یا «باز» تلقی شوند. حالت ماندگار (و نه ساکنی) که آنها دارند ثابت نگه داشته می‌شود. این امر بدین علت نیست که در یک حالت «بیشینه آنتروپی» هستند؛

نمی‌یابد؛ یا باید افزایش یابد (در پروسه یک طرفه) یا اینکه ثابت بماند (در پروسه دو طرفه). اما در مورد موجودات زنده که سیستمهایی بازاند و نمی‌توان آنها را مسدود تلقی کرد، آنتروپی آنها نه تنها افزایش نمی‌یابد، بلکه گاهی هم ممکن است کاهش یابد. بدین معنی که سازمان اجسام زنده در مراحل معین حیات و شرایطی خاص انتظام بیشتری می‌یابد - م.

یا بدین جهت که انرژی آزادشان به مقدار حداقل است (همان طور که در مورد تعادل ترمودینامیک صادق است) ، بلکه به این سبب است که دستگاه باز، پیوسته مقدار انرژی آزادی که کاهش انرژی درون دستگاه را جبران می نماید ، از محیط پیرامون دریافت می کند .

وینر بر این عقیده است که قدرت عمل برضد تمایل عمومی به افزایش آنتروپی را نه تنها در موجودات زنده، بلکه آن را در ماشینها نیز که با جهان خارجشان از راههای ویژه تأثیر متقابل دارند، باید جستجو کرد . او بدین سان فکر می کند که ماشینها می توانند منطقه موضعی سازمان یافته ای در پیرامون خود بسازند .

سیبرنتیک ۱

این مفهوم از مرحله سوم یا کنونی تاریخ مسئله مورد بحث، یعنی از عصر ارتباطات و نظارت که جایگزین عصر ماشین بخار شده است، خبر می دهد.

او (وینر) می نویسد : «در مهندسی برق شکافی وجود دارد که در آلمان به شکاف میان تکنیک جریانهای قوی و تکنیک جریانهای ضعیف معروف است ؛ و ما (در ایالات متحد آمریکا و بریتانیای کبیر) آن را اختلاف میان مهندسی نیرو و ارتباطات می دانیم . این شکاف است که عصری را که به تازگی سپری شده است از عصری که فعلاً در آن زندگی می کنیم جدا می کند . مهندسی ارتباطات می تواند جریانهایی را با هر قدرتی به کاربرد و می تواند از موتورهایی بسیار عظیم استفاده کند، اما فرقی آن با مهندسی نیرو در این است که اساساً به تجدید تولید دقیق علایم علاقمند است، نه طریقه استعمال انرژی.

ممکن است نزدیک به تمام انرژی مصرف شده یک لامپ الکترونیک به هدر رود و با وجود این باز همان لامپ بتواند برای انجام یک عمل ضروری دیگر بسیار مؤثر باشد. همین طور هم بازده دستگاههای عصبیمان را نمی توان فقط از نقطه نظر استفاده عاقلانه از مقدار نسبتاً کم انرژی ای که از جریان خون به نرونها می رسد ، محاسبه نمود .

تنها توسط مجموعه اعمال متابلیک و تعادل انرژی نیست که موجودات زنده به دنیای پیرامونشان به نحو مؤثری مرتبط اند ؛ بلکه آنها به وسیله جریان ارتباطاتشان در جهت داخل و خارج و جریان تأثرات دریافت شده و اعمال انجام شده نیز به محیط مربوط می شوند. فعالیت عالی عصبی انسان و حیوانی را که بسیار خوب سازمان یافته و به نحو عالی متمایز شده باشد می توان نمونه بویژه روشن این بستگی به شمار آورد . اما وینر معتقد است که بین این فعالیت و کار ماشینهای خودکار و اتوماتونهای معاصر می توان وجوه تشابه بسیار وسیعتری یافت. عناصر فتوالکتریک و گیرنده های نوری دیگر و دستگاههای تعیین موضع اشعه ، دستگاههای ضبط پتانسیل یونهای هیدروژن ، دماسنجها ، همه اقسام میکروفون و غیره ، معادل های اعضای حسی اند و به مثابه ماشینهای گیرنده اطلاعات به کار می روند. اجزای اجرا کننده ماشین ممکن است موتورهای برق ، قرقره های مغناطیس ، وسایل گرم کننده ، و اسباب مشابه باشند . بین مکانیسمهای گیرنده و اجزای اجرا کننده ماشینهایی از قبیل ماشین سریع العمل حساب الکترونی معاصر ، گروه های عناصر واسط وجود دارند که دستگاه تنظیم کننده مرکزی را تشکیل می دهند. این دستگاه را می توان با مغز جانوران یا انسان قابل قیاس دانست.

مقصود از این دستگاه تنظیم پیغامهای دریافتی این است که واکنش مطلوب به وسیله اجزای اجرا کننده فراهم شود . این

ماشین تنظیم کننده مرکزی، علاوه بر آنچه از دنیای خارج بدان می‌رسد، اطلاعاتی را نیز از کار خود قسمتهای اجرا کننده دریافت می‌کند. این همان است که به نام «پسخور»^۱ معروف است و سبب

۱. Feedback. اگر میان نقاط ورودی و خروجی، یعنی میان نقاط به اصطلاح تغذیه و بازده یک دستگاه مسیری ارتباطی برقرار شود؛ به طوری که قسمتی از بازده یک پروسه خواه درجهت عکس و خواه همگام (همفاز) با تغییرات تغذیه یا حالت ابتدایی با انرژی تغذیه‌ای جفت شود، می‌گویند حالت پسخور برقرار شده است. تمام مسیر ارتباطی را «حلقه پسخور» می‌نامند. اطلاعاتی که از طریق این مسیر از نقطه بازده یا حالت نهایی به نقطه تغذیه یا حالت ابتدایی می‌رسد «پیام پسخور» نام دارد و قسمت برگشت دهنده آن را «مسیر پسخور» می‌گویند. تأثیر پیام پسخور آن است که اگر تفاوتی یا «اشتباهی» در بازده یا حالت نهایی باشد کار دستگاه متناسب با میزان این تفاوت طوری تنظیم می‌شود که بازده یا حالت نهایی مطلوب به دست آید. چنانکه می‌دانیم سیستم اعصاب مرکزی همه فرمانهای مربوط به اعمال حیاتی مختلف مانند انقباض و انبساط عضلات، ترشح غدد، متابولیسم، رشد، تولید مثل، تنظیم درجه حرارت، حفظ تعادل بدن به هنگام حرکت یا سکون نسبی، و واکنشهای بیوشیمی درون ارگانسیم و غیره را تحت تأثیر پیامهای پسخور اعضای مختلف بدن تنظیم و به اعضای مربوطه صادر می‌کند. مثلاً وقتی که چشمها کم شدن فاصله شیئی را به مغز اطلاع می‌دهند یا هنگامی که دستها، تحت تأثیر عوامل گوناگون، پیامی به مغز می‌فرستند، مغز فرمانهای حرکتی و اجرائی مربوط به پیام چشمها و دستها را متناسب با کیفیت و میزان شدت یا ضعف اطلاعات رسیده صادر می‌کند. بدین ترتیب سیستم اعصاب مرکزی که دستگاه ناظم اعمال حیاتی بدن است پیوسته از وضعیت فعلی یک یک اعضای بدن و نیز از نتیجه تأثیر متقابل محیط و ارگانسیم آگاهی می‌یابد و همه اعمال اعضای مختلف بدن را بر اساس پیامهای پسخورنده‌ای که از آنها بدان می‌رسند تصحیح و تنظیم می‌نماید.

می‌شود که اجرا یا عدم اجرای وظایف ماشین به وسیله خود آن گزارش شود . وینر می‌نویسد : «علاوه بر این ، اطلاعاتی که ماشین خودکار دریافت می‌کند لازم نیست که ضرورتاً یکباره به کار برده شود ؛ بلکه ممکن است به تأخیر افتد یا ذخیره گردد تا اینکه بعداً مورد استفاده واقع شود . این امر شبیه حافظه است . بالاخره تاملاتی که ماشین با خود کاری کار می‌کند ، خود قواعد عملش بر اساس معلوماتی که از گیرنده‌هایش می‌گذرند مستعد تغییراتی است ، و این تغییرات به جریان یادگیری بی‌شبهت نیست . »

بنابراین در گذر از عصر ماشین بخار به عصر ارتباط و نظارت ، الگوی موجود زنده به ماشین الکترونی حساب تبدیل می‌شود . مطالعه تغذیه جایش را به بررسی فیزیولوژی دستگاه مرکزی اعصاب می‌دهد و به عوض انرژتیک ، سیبرنتیک می‌آید که بررسی علمی دریافت و ارسال ، ذخیره کردن ، تغییر شکل دادن ، و استفاده کردن از اطلاعات توسط یک دستگاه تنظیم کننده است ؛ صرف نظر از اینکه دستگاه مزبور از فلز یا از گوشت ساخته شده باشد ، یعنی خواه ماشین باشد ، خواه ارگانسیم .

سیبرنتیک مانند هر رشته جدید علمی در حال رشد بسیار

پسخور خصیصه‌ای اساسی است که در طبیعت زنده و غیر زنده و در صنعت به طور خودکار عمل می‌کند و مفهوم آن در فیزیک و الکترونیک (اقسام مختلف دستگاههای کنترل خودکار ، حسابگر های الکترونیک ، نوسان سازها و تقویت کننده های رادیویی ، مخبرات ، موشکهای هدایت شونده و غیره) و زیست شناسی مورد استعمال دارد و به شناخت و تجزیه و تحلیل صحیح مکانسیم پیروسه های تکامل طبیعت و اجتماع و نیز به روشن شدن ساختمان وحدت مادی عالم و سیر تکامل آن کمک می‌کند . و از اینجا قلمرو وسیع کاربرد آن در علوم طبیعی ، جامعه شناسی ، علم اقتصاد و بالاخره فلسفه معلوم می‌شود - ۴ .

سریع است. از این رو در همین دوره کوتاه موجودیتش موفق شده است که هم علم و هم خصوصاً صنعت را که می‌کوشد حداکثر خودکاری را در اعمال تولیدی تأمین کند با افکار و دستاوردهای نو غنی سازد. به علاوه اکنون تازه ترین پیشرفتهای در ماشینهای خودکار و ماشینهای حساب الکترونی به حدی جلو افتاده اند که در بسیاری از موارد نتایج تجربیاتی را که به وسیله آنها طرح یا انجام شده اند برای یافتن توضیحی عقلایی راجع به پدیده‌هایی که در جریان کارکرد دستگاه عصبی و بسیاری از اعمال دیگر رخ می‌دهند، می‌توان مورد استفاده قرار داد. جذابیت قابل درک این موفقیتها و علاوه بر این استفاده وسیع (اما کمتر موجه) از اصطلاحهای نرو فیزیولوژی Neurophysiology و روانشناسی و حتی جامعه‌شناسی در سبیر نیک، وضعیتی را اکنون به وجود آورده است که بر اثر آن در مورد ماشینهایی که قادر به حل مسائل پیچیده ریاضی هستند و می‌توانند این مسائل را از زبانی به زبانی دیگر ترجمه کنند و به طور کلی وظایفی را انجام دهند که معمولاً کار مغز است، موجب شده است که بسیاری از مصنفان به فکر افتند که این ماشینها رازنده به شمار آورند. از این رو آنان به این نتیجه رسیده‌اند که سبیر نیک را راه اساساً جدید و عام شناخت خود جوهر حیات به حساب آورند. البته، این خطاست. همان طور که قبلاً خاطر نشان ساختیم از سالها پیش از این، کوشش می‌شده است که برای ماشینها، حیات قائل شوند. تنها چیزی که اکنون تغییر کرده این عقیده است که توجه را به چه جنبه‌ای باید معطوف ساخت. حرکت، انرژی، ارتباط یا خاصیت دیگری که میان ارگانیسما و ماشینها مشترک است و بر حسب قوانین فیزیک و شیمی قابل توضیح است. آن محرك اصلی که محققان را واهی دارد تا حیات را به ماشینها نسبت بدهند، همیشه یکی است و به قرار زیر است: «تضمین مقصود» یا چیزی که سازمان موجودات زنده را اصولاً از اشیای جهان غیر آلی جدا می‌کند.

غیر از موجودات زنده ، ماشینها تنها چیزهایی هستند که چنین «تضمن مقصودی» را در ساختمانشان نشان می‌دهند. علاوه بر این ، کار ماشینها تماماً برحسب قوانین فیزیک و شیمی شناخته تواند شد. از این رو این یکی دانستن موجودات زنده و ماشینها را راه منحصر به فرد نجات علم از فعلیت غایی عارفانه پیروان اصالت حیات ، و همچون پلی که فیزیک و شیمی را به زیست‌شناسی مربوط می‌کند ، دانسته اند .

البته ، می‌توانیم و باید بکوشیم که پایه فیزیکی و شیمیایی پدیده‌های گوناگون حیاتی را با ساختن و بررسی مدلهایی درک کنیم . مدلهایی که همان پدیده‌هایی را که در بدن موجودات زنده روی می‌دهند به شکل ساده‌ای تقلید می‌کنند . ولی هنگام انجام این کار باید همیشه به یاد داشته باشیم که با مدل سروکار داریم و نباید مدلهای را با موجودات زنده اشتباه کنیم . ما باید همیشه تفاوتها را هم علاوه بر همانندیهای بین مدل و شیئی واقعی به حساب آوریم . فقط بدین طریق است که می‌توانیم از ساده‌سازی زیاده از حد بسیار خطرناک و اشتباهاتی که همواره برای بشر گران تمام شده‌اند و تنها با مساعی عظیم دانش صحیح شده‌اند ، اجتناب کنیم . ماشین الکترونی حساب هر قدر که پیچیدگی و بفرنجی سازمانش زیاد باشد ، باز هم از لحاظ ماهیت نسبت به یک وجود انسانی مثلاً از ساده‌ترین باکتری دورتر است ؛ هر چند که باکتری دستگاه متباین عصبی را که ماشین با این موفقیت از آن تقلید می‌کند به دست نیاورده است .

بدبختانه ، این تفاوت معمولاً در نوشته‌های مربوط به سبیرنتیک لوث شده است. این امر هنگامی که می‌خواهیم توجه خویش را تنها به قوانین عمومی ارتباطات ، نه سیستمهای خاص ، متمرکز کنیم شاید تا حدی موجه باشد. اما اگر هدف بررسیایمان شناخت طبیعت حیات باشد ، آن وقت است که اصولاً مجاز نیستیم

فرق میان ارگانسیم و ماشین را نادیده بگیریم .

ارزیابی فرضیه‌های مکانیستی معاصر

اولین فرقی که میان ماشینها و موجودات زنده به چشم می‌خورد مواد سازنده دستگامهای مختلف و طبیعت واقعی آنهاست . کسانی که به تئوری ماشینی بودن موجودات زنده معتقدند، معمولاً میل دارند این اختلاف را در این زمینه نادیده بگیرند که کار یک ماشین ضرورتاً به ساختمانش بستگی دارد ، نه ماده‌ای که از آن ساخته شده است . یوست Jost در این باره نوشته است: «یک ماشین را می‌توانیم از فولاد یا برنج بسازیم و این امر محققاً بر دوام و دقت آن تأثیر می‌کند، نه بر ماهیت کاری که انجام می‌دهد» . انسان حتی می‌تواند ماشینی بسازد که نه از فلز بلکه از پلاستیک یا ماده آلی دیگر باشد و بدین سان می‌تواند ترکیب آن را به ترکیب شیمیایی موجود زنده نزدیک سازد .

اما چنین ملاحظاتی اساساً نادرستند . این حقیقت را که موجودات زنده بد گفته انگلس « اجسام آلبومینی » هستند و در ترکیب خود دارای پرتئینها ، اسیدهای نوکلئیک ، لیپیدها ، هیدراتهای کربن ویژه ، و دیگر ترکیبات آلی گوناگون‌اند ، - به هیچ وجه نباید وضعی تصادفی که تنها دارای اهمیت جزئی است تلقی کرد . ترکیب شیمیایی جسم زنده همان عامل تعیین کننده خصلت جریانی آن است . مخصوصاً فقط با شناخت مشخصات فوق العاده ویژه ساختمان پرتئینهاست که می‌توانیم علل بلا فصل و اساسی توالیهای معین تك تك واکنشهای متابولیسیم ، یعنی تطابق زمانی آنها را بفهمیم .

هر ماده آلی در بدن موجود زنده می‌تواند به راههای متفاوت و بسیار زیاد واکنش نشان دهد و امکانات شیمیایی بسیار عظیمی

را در برگیرد. ولی در خارج از موجود زنده موجودی فوق‌العاده «تنبل» است یا در بهره‌برداری از این امکانات کند است. اما مواد آلی در درون موجود زنده متحمل تغییرات شیمیایی فوق‌العاده سریع می‌شوند. این امر بر اثر خواص کاتالیزری پرتئینهاست. اگر قرار باشد که ماده‌ای آلی نقش واقعی خود را در متابولیسم ایفا کند، باید در ترکیب شیمیایی با یک آنزیم پرتئینی Proteine - Enzyme وارد شود و با آن ترکیبی مخصوص و بسیار فعال و واسطه تشکیل دهد. اگر چنین نکند، استعدادهای شیمیایی آنچنان از قوه به‌فعل در می‌آیند که در پروسه جریان یا بنده سریع حیات ناچیز می‌شوند.

هر آنزیم ۱، به واسطه ویژگی فوق‌العاده‌اش فقط با یک ماده

۱. Enzyme ، آنزیم به یک دسته بزرگ از مواد پرتئینی اطلاق می‌شود که در بدن موجود زنده تولید می‌شوند و در واکنشهای بیوشیمیایی درون موجودات زنده، نقش کاتالیزرهای بسیار قوی را ایفا می‌کنند. تأثیر آنزیمها اختصاصی است و هر آنزیم فقط بر یک ماده خاص به نام زیر نهاده Substrate مؤثر است. به دیگر سخن هر آنزیم گویی به کلیدی می‌ماند که فقط به یک نوع قفل می‌خورد. مکانیسم تأثیر آنزیمها هنوز به دقت کامل معلوم نشده است و در مورد تعریف آنزیم نیز اختلاف نظر وجود دارد. زیرا عده‌ای از بیوشیمیستها عقیده دارند که بعضی از آنزیمها از مواد پرتئینی نیستند.

گفته می‌شود که قسمتهای معینی از «ملکول» آنزیم به نام «مراکز فعال» با ملکول ماده زیر نهاده طوری ترکیب یا جفت می‌شوند که زیر نهاده آن بسیار سریعتر از موقعی که تحت تأثیر آنزیم نباشد، تغییر می‌کند و در عین حال خود آنزیم تغییر نیافته باقی می‌ماند. بسیاری از آنزیمها برای انجام عمل آنزیمی خود به مواد کمکی غیر پرتئینی به نام کوآنزیم (Coenzyme) احتیاج دارند. و بعضی هم در شرایط خاصی (درجه حرارت و pH معین) حداکثر

خاص (زیر نهاده آن) ۱ ترکیبات واسطرا می سازد و تنها واکنشهای خاص جداً معینی را کاتالیز می کند. بنابراین سرعت این واکنشها در داخل موجود زنده ممکن است به میزان زیادی تغییر کند و این امر در وهله اول به وجود يك سلسله آنزیم و همچنین به فعالیت کاتالیزری آنها بستگی دارد. فعالیت کاتالیزری ممکن است بر اثر اوضاع فیزیکی و شیمیایی محیط داخلی و نیز به واسطه تأثیر محیط خارجی بسیار تغییر کند. این نوع رابطه متغیر میان سرعتهای تك تك واکنشهای بیوشیمی، در حقیقت لازمه توالیها و هماهنگی معین این واکنشها در تمام شبکه بفرنج متابولیسم است. این نوع سازمان حیات را می توان به طریقی با سازمان يك اثر موسیقی، مانند يك سمفونی، مقایسه کرد که موجودیت واقعی آن به توالیها و هماهنگیهای معین تك تك صداها بستگی دارد و کافی است که این توالی برهم بخورد تا در نتیجه آن سمفونی مذکور خراب شود و ناهماهنگی و بی نظمی جای آن را بگیرد.

به همین طریق، سازمان حیات اساساً به توالی منظمی از واکنشهای متابولیک بستگی دارد و شکل و ساختمان اجسام زنده طبیعتاً جاری است. بدین دلیل موجودات زنده فقط تا زمانی می توانند زنده باقی بمانند که استحاله های شیمیایی تشکیل دهنده

تأثیر را دارا می شوند. آنزیمها را معمولاً با اضافه کردن يك پسوند (-ase) به ریشه اسم ماده زیر نهاده (مانند مالتاز Maltase یا نام عملی که انجام می دهند) مانند دهیدروژناز (Dehydrogenase) نامگذاری می کنند. البته بعضی از آنزیمها نام قدیمی خود را حفظ کرده اند و نامگذاری آنها بیقاعده است (مانند پپسین، تریپسین، پتیالین و غیره - م).

۱. Substrate، از پیشوند Sub که معنای «زیر» را به کلمه می دهد و کلمه یونانی Sternere به معنای «پاشیدن» مشتق شده است. بدین جهت کلمه «زیر نهاده» به عنوان معادل آن انتخاب شده است - م.

جوهر زندگی آنها که وقفه‌شان به گسیختگی سیستم زنده و مرگ ارگانسیم منجر می‌شود ، پیوسته صورت گیرند .

برخلاف سازمان حیات ، ساختمان اساسی ماشین ساکن است . هنگامی که ماشین کار می‌کند، منبع انرژی یا سوخت آن متحمل تغییر شیمیایی می‌شود . در صورتی که ساختمان اصلی آن ، خواه از فلز باشد و خواه از پلاستیک ، از لحاظ مواد بدون تغییر باقی می‌ماند و هر چه کمتر تغییر یابد (مثلاً بر اثر پوسیدگی) ماشین اصلی دوام بیشتری می‌یابد .

از این رو ، اصل واقعی ثبات که موجب بقای ارگانسیم و ماشین برای مدتی دراز می‌گردد در مورد هر کدامشان نسبت به دیگری فرق می‌کند . بنابراین همانندیهای آنها که در بالا بر شمرده شد ، فقط بسیار سطحی است و اگر با دقت بیشتری بررسی گردد ، معلوم می‌شود که کاملاً صوری است .

ما می‌توانیم این امر را در مورد حرکت خاص مکانیکی ارگانسیم نشان دهیم . در عضلات حیوان که این حرکت را انجام می‌دهند ، تارهای پرتئینی به طریقی مخصوص نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند . اما ، چنین ساختمانی را به هیچ وجه نمی‌توان به ساختمان ماشین مانند دانست . در یک ماشین ، عناصر ساختمانی هیچ نقشی در استحاله شیمیایی مواد انرژی‌زا ایفا نمی‌کنند . اگر قرار می‌شد که خود اجزای ترکیبی ماشین ضمن کار متحمل استحاله شیمیایی گردند ، این امر ، البته منجر به خرابی سریع تمام ماشین می‌گردید . برعکس ، عناصر ساختمانی جسم زنده که در این مورد تارهای پرتئینی هستند ، خود در واکنشهای متابلیسم مستقیماً شرکت می‌کنند و این واکنشها منبع انرژی است که به حرکت مکانیکی تغییر شکل می‌یابد . عین همین مسئله در مورد مقایسه ارگانسیمها با موتورهای حرارتی از لحاظ انرژی نیز صادق

است. ما اکنون می‌دانیم که همانندی تنفس و احتراق بسیار صوری است. در احتراق تفوق انرژی تحریک و اکنش، که برای انجام واکنشهای اکسیداسیون ضرور است، با بالا بردن قابل ملاحظه درجه حرارت صورت می‌گیرد، در صورتی که در مورد تنفس نیازی به این نیست. تنفس مبتنی بر کاهش آنزیمی انرژی تحریک و اکنش است.

اگر در ارگان‌های غیر شکل انرژی به همان طریق صورت می‌گرفت که در موتورها حرارتی رخ می‌دهد، آن وقت در درجات حرارتی که موجودات می‌توانند زنده بمانند، ضریب فعالیت مفیدشان به بر خه ناچیزی از یک درصد تنزل می‌کرد. ضریب فعالیت مفید موجودات زنده، در حقیقت، به نحو شگفتاوری بالاست و به میزان قابل ملاحظه‌ای بالاتر از آن است که در موتورها حرارتی امروز به دست می‌آید. توضیح این امر این است که اکسیداسیون قند، یا هر سوخت تنفسی دیگر، با یک کنش شیمیایی واحد صورت نمی‌گیرد، بلکه توسط یک سلسله واکنشهای جدا از هم عملی می‌گردد که نظم و ترتیب زمانی خاصی دارند. اگر اکسیداسیون مواد آلی در ارگان‌ها یکباره صورت می‌گرفت، آن وقت جسم زنده از تمام انرژی که بدین طریق آزاد می‌گردید و بویژه اگر به صورت گرما می‌شد، نمی‌توانست استفاده عاقلانه‌ای بکند. در اکسیداسیون تنها یک ملکول گرم قند (۱۸۰ گرم)، در حدود هفتصد کیلوگالری گرما آزاد می‌شود. آزاد شدن این مقدار انرژی اگر آنی صورت بگیرد با بالا رفتن سریع درجه حرارت، تقلیب پرتئینها، و انهدام جسم زنده

۱. Protein denaturation. تقلیب پرتئین عبارت از تغییراتی است که به وسیله حرارت دادن و حل کردن در اسیدها یا بازها، اشعه X، اشعه ماوراء بنفش، اشعه مرئی، به همراهی یک

همراه می‌شود. همین مقدار انرژی که در شرایط عادی درجه حرارت پایین به وسیله ارگانسیم فراهم می‌شود ، به این واقعیت بستگی دارد که قند در جریان عمل اکسیداسیون حیاتی خود نه به‌طور ناگهانی ، بلکه آهسته و مرحله به مرحله به دی‌اکسید کربن (CO_2) تبدیل شود. یک چنین پروسه‌ای نه تنها امکان غلبه بر انرژی محرکه را در درجه حرارت معمولی موجب می‌شود ، بلکه همچنین جسم زنده را قادر می‌سازد که از انرژی که به تدریج آزاد می‌شود ، عاقلانه استفاده کند . از این رو هر چه متابولیسم ، سازمان عالیتری داشته باشد ، یعنی هر چه هماهنگی میان تک‌تک واکنشهای تشکیل دهنده آن بهتر باشد ، ضریب فعالیت مفید آن بیشتر است .

اصل ارزیابی مواد غذایی تنها بر حسب محتوی کالریشان ، در کار برد عملیش به دشواریهای بسیاری منجر گردید . این اصل فقط با تحمل مشکلات زیاد ، در نتیجه مطالعات راجع به ویتامینها و اسیدهای آمینه لازم و نیز بر اثر تحقیقات علمی به دور افکنده شد. تحقیقاتی که نشان داده است که در موجودات زنده برخلاف موتورهای حرارتی نه تنها اکسیداسیون مواد انرژیزا ، بلکه همچنین استخاله ساختمانهای پرتئینی اصلی جسم زنده روی می‌دهد . ساختمانهای پرتئینی مزبور در جریان تأثیر متقابل عمومی ارگانسیم و محیط خارجیش تجزیه می‌شوند و از نو ترکیب می‌گردند .

سرانجام باید خاطر نشان ساخت که راههای « غلبه بر آنتروپی » که توسط ارگانسیمها و مکانیسمهای معاصر یا ماشینهای خودکار اتخاذ می‌شوند ، از لحاظ اصول نیز بایکدیگر فرق دارند .

فوسنتز کننده و تکان شدید در ساختمان ملکولی ماده پرتئینی ایجاد می‌شود . این تغییرات شامل انعقاد و غیر قابل حل شدن پرتئین تقلیب شده در حلال قبلی خود ، و نیز تغییر خواص شیمیایی آن نیز هست - م .

همان طور که در بالا نشان دادیم، ارگانیسرها تنها بدین علت که سیستمهای بازیاجاری اند، موفق به اجتناب از «تعادل ترمودینامیک» می شوند. مطالعات اخیر نشان داده است که ترمودینامیک این گونه سیستمها، با ترمودینامیک کلاسیک که مبتنی بر پدیدههای مشهود در دستگاههای مسدود است، اساساً فرق دارد. ترمودینامیک سیستمهای مزبور درباره اینکه چرا آنتروپی در ارگانیسرها تنها افزایش نمی یابد، بلکه حتی کاهش می یابد، توضیحی کاملاً منطقی به ما می دهد.

طبق نظریه وینر، اساس توانایی ماشینهای خودکار سیبرنتیک معاصر برای مقابله با افزایش آنتروپی، و برای ایجاد مناطق سازمان یافته در پیرامونشان، اصل متفاوت دیگری را ایجاد می کند. وینر برای توضیح این توانایی همان اندیشه ای را به کار می گیرد که ماکسول^۱ به صورت شیطانهای خود به کار گرفته بود. اما این «شیطان ماکسول» بنا بر عقاید امروزی مجبور است پیوسته «اطلاعاتی» کسب کند که بر طبق آنها درها را به روی ملکولهایی که دارای جنبش زیاد یا کم هستند باز یا بسته کند. این آرزوی یکی دانستن ارگانیسیم با ماشین، بسیاری از دانشمندان را سالها بر آن داشت که همه شواهد واقعی روزافزون را نادیده بگیرند و در پی بعضی از ساختمانهای سخت، تغییر ناپذیر و ساکن بگردند، تا بتوانند خود این ساختمانها را حاملهای ویژه حیات تلقی کنند. در پایان قرن گذشته، این عقیده به میزان وسیعی میان زیست شناسان طرفدار داشت که سازمان پرتوپلاسم مبتنی بر وجود ساختمان ماشین ماندنی است و این ساختمان از «تیرها و حایلها» جامد و تغییر ناپذیر ساخته شده است. تصور می رفت، تنها چیزی که ما را از دیدن این ساختمان باز می دارد نقص روشهای بصری ماست.

اما ، با بسط این شیوه‌ها ، جستجوی ساختمانهای ساکن «تعیین کننده حیات» ابتدا به قلمرو صور تبندیهای شیمیایی کلوئیدی و سپس به حیطه ساختمان داخل ملکولی (Intramolecular structure) معطوف شد . بدین طریق این فکر پدید آمد که حاملهای مادی حیات را در تکت تکت ملکولهای ماده ارثی باید یافت که دارای ساختمانی ساکن و تغییر ناپذیرند و بخشی از کروموزمهای هسته را تشکیل می دهند. این فکر به عقاید مورگان و پیروانش درباره طبیعت ژندار حیات مربوط می شود . طبق عقیده مولر Hermann J. Muller «ملکول زنده ژن» فقط می تواند تصادفاً تغییر یابد . اما اساساً آنچنان ساکن است که ساختمان داخلی و تعیین کننده حیات خود را در طول تمام مدت تکامل حیات بر روی زمین بی تغییر نگه داشته است . این مفهوم مورگانی پیروان اصالت ژن در کتاب معروف « حیات چیست ؟ » شرودینگر Schrodinger کاملاً انعکاس یافته است. شرودینگر عقیده داشت که کلید شناخت حیات در این واقعیت نهفته است که تنها ساختمان طبیعی و اختصاصی حیات ، یعنی ژن ، چنان پایدار و ثابت است که معجزه آمیز می نماید . این ساختمان چنان تغییر ناپذیر است که گویی منجمد است . بنابراین ، طبق نظر شرودینگر ، سازمان حیات بر پایه اصل «مکانیسم ساعت» بنا شده است که ساختمان آن در حرارت معمولی اتاق و نیز در صفر مطلق پایدار می ماند . شرودینگر در مبحث نتیجه اش می نویسد: «اکنون فکر می کنم که برای آشکار ساختن وجه تشابه مکانیسم ساعت و ارگانیسم ، چند کلمه دیگر لازم باشد . فقط و فقط ارگانیسم است که ساختمان آن نیز به ماده ای جامد لولاشده است که بلور غیر منتظمی است و ماده ارثی را تشکیل می دهد و به میزان زیادی از بی نظمی حرکت حرارتی به دور است .»

تنها چیز تازه ای که تاکنون به تئوری ژن افزوده شده است

تلاش به خاطر این است که به‌ایده قبلی و نسبتاً مبهم ملکول ژن يك واقعیت شیمیایی داده‌شود؛ بدین‌صورت که ملکول زنده ممکن است ذره‌ای از نوکلئوپروتئین هسته، یا طبق تازه‌ترین شواهد، فقط ملکول اسیددزا کسی ریبونوکلئیک (DNA) ۱ باشد. بدین-ترتیب، چنین می‌نماید که همه چیزهای دیگر درون سلول را باید فقط ملاً ملکول زنده تلقی کرد.

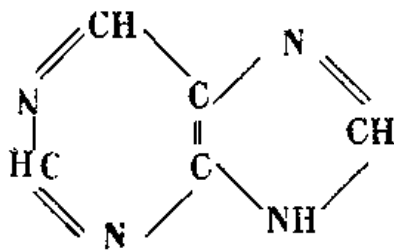
از این نظر گاه قدرت خود بازسازی که صفت ویژه موجودات زنده است تنها بر ساختمان داخلی ملکول سخت معین و ثابتی چون اسید دزا کسی ریبونوکلئیک (DNA) و به ترتیب خاصی به باقی‌مانده‌های مونونوکلئوتیدپورینی پیریمیدینی ۲ رشته پلی-

۱. Desoxyribonucleic acid یا Deoxyribonucleic acid پلی - نوکلئوتیدهایی با وزن ملکولی زیادند. ساختمان ملکولهای DNA را به نردبان طنابی مارپیچی تشبیه کرده‌اند که کناره‌های آن یعنی دو طناب مارپیچ آن از فسفات - قند است؛ و قند مزبور برای هر يك نوکلئوتید آن «۲ - داکسی - د - ریبوز» 2-Deoxy-D-Ribose است. پله‌ها از بازهای نیتروژندار پورین و پیریمیدین متصل بهم تشکیل می‌شوند. شکل صفحه ۸۶ طرحی است که کریک Crick و واتسن Watson در سال ۱۹۵۳ برای ساختمان DNA پیشنهاد کرده‌اند. در این شکل خط قائم محور فرضی است. دو رشته مارپیچ همان دو رشته فسفات- قند است و خطوط افقی درونی مبین بازهای نوکلئوتید است. DNA در هسته سلولها و نیز در ترکیب ساختمانی ویروسها وجود دارد. DNA ترکیب عمده کرموزومهاست و از احاطه وراثت در بیولوژی اهمیت خارق‌العاده‌ای یافته است - م.

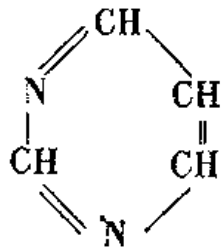
۲. Purine pyrimidine mononucleotide مونونوکلئوتید، واحدی ساختمانی یا مونومری Monomer از ملکول درشت پلی نوکلئوتیدها Polynucleotides است. نوکلئوتید نوعی از ترکیبات بسیار مهم است که در همه اجسام زنده یافته می‌شود. در سلولها به حالت آزاد و به صورت آدنوزین-تری فسفات

نوکلئوتیدی مبتنی است . این ترتیب ، به اصطلاح سیبرنتیک کدی Code را نشان می دهد که در آن تمام مجموعه مشخصات ویژه جسم زنده

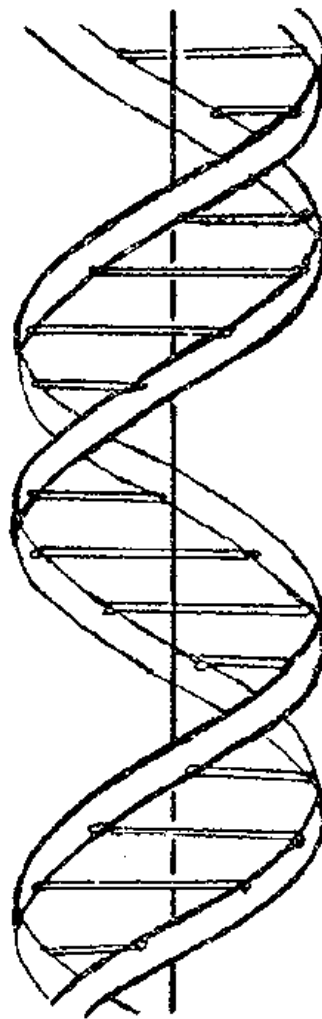
Adenosine triphosphate وجود دارد؛ و نیز قسمتی از ترکیب ساختمانی کوآنزیمها Coenzymes و جزئی از رشته پلی نوکلئوتید اسیدهای نوکلئیک را تشکیل می دهد . مونونوکلئوتید شامل یک باز نیتروژنی (که معمولاً پورین یا پیریمیدین است) ، یک قند پنتوزویک گروه اتمی فسفات است . ولی پورینها یک دسته از مواد آلی مشتق از اسید اوریک هستند که در رأسشان پورین قرار دارد ؛ به فرمول زیر :



مهمترین بازهای پورین عبارتند از آدنین Adenine و گوانین Guanine . در مورد پیریمیدینها باید گفت که یک دسته از مواد هتروسیکلیک Heterocyclic هستند که پیریمیدین سر دسته آنهاست ؛ به فرمول :



مهمترین بازهای پیریمیدین عبارتند از سیتوزین Cytosine ، تیمین Thymine و اوراسیل Uracil - م .



جمع شده است. از این قرار، انتقال «اطلاعات وراثتی» رامی توان به مثابه چیزی همچون کاریک ماشین با سمه زنی تصور کرد که در آن ملکول DNA معرف قالبی است که همیشه ساختمان متحدالشکل واحدی را تجدید تولید می کند. چنین فرضیه هایی برای بازیگران اصلی تئوری ماشینی حیات بسیار هیجان انگیزند و از این رو مورد پشتیبانی بسیار وسیع زیست شناسان و فیزیکدانان معاصر واقع می شوند. ما این مطلب را در جریان توضیحات بعدی به تفصیل بررسی خواهیم کرد. اکنون لازم است که درباره وضع کنونی مسئله اظهار نظر شود. هر چه بر رسیهای بیوشیمی درباره خود بازسازی موجودات زنده به واقعیت نزدیکتر شود، بیشتر معلوم خواهد گردید که این پروسه تنها به این یا آن ماده خاص یا ملکول منحصر به فرد محدود نیست؛ بلکه توسط تمام دستگاه سازمانی جسم زنده تعیین می شود که همان طور که دیدیم، طبیعتی جاری دارد و به هیچ وجه نباید آن را با ماشین با سمه زنی که قالبی تغییر ناپذیر دارد، مقایسه کرد. چارگاف که هنگام صحبت راجع به این موضوع، در چهارمین کنگره بین المللی شیمی، گفت: «حتی امکان دارد که بیشتر با قالبهای زمانی سروکار داشته باشیم تا مکانی» منظورش از این گفته این بود که پروسه ها با نظم و ترتیب معینی در موجود زنده رخ می دهند. به هر حال، اگر پدیده هایی را که در موجودات زنده اتفاق می افتند و آنهایی را که در ماشین رخ می دهند به طور صوری مقایسه نکنیم و بکوشیم تا بفهمیم که واقعاً این دو به چه می مانند، نه تنها همانندی، بلکه همچنین فرقی فاحش میان این دو نوع سیستم خواهیم یافت. این اختلاف تصادف صرف نیست؛ بلکه خود جوهر سازمان آنها را تشکیل می دهد.

این امر، در وهله اول مربوط به این واقعیت است که «مقصود» الهام بخش انسان به ایجاد ماشینی که برایش ضرورت دارد، با وظیفه حفظ ذات و خود بازسازی که ارگانسیم موجودات زنده را تعیین می کند، هیچ وجه مشترکی ندارد. منظور از ساختن یک ساعت، یک

لکوموتیو بخار، يك وسیله ضد حملات هوایی ، عبارت از اعلام صحیح وقت ، انتقال مردم واجناس وساقط کردن هواپیماهای دشمن است. ما بر اثر شیوه های تفکر وعادتهای تکنیکی فعلی خود که در طی قرنهای بسیار تکامل یافته است ، این راه حل را به مراتب آسانتر یافته ایم که مسائل مزبور را منطقاً با ساختن ساختمانهای ساکن فلزی یا پلاستیک جامد حل کنیم و این کاری است که در واقع امر انجام می دهیم .

بدین طریق اصول واقعی ساختمان هر ماشین موجود کنونی شخصیت سازنده آن را ، سطح شعور وصنعت وی را ، مقاصد او را ، و بالاخره روشهایش را در حل مسائلی که با آنها مواجه شده است ، منعکس می کند .

این امر همچنین در مورد «اسباب بازیهای سیرنتیک» کنونی که مقصود اصلی از ساختن آنها فقط تقلید موجودات زنده است ، کاملاً صدق می کند . بازیچه هایی نظیر «لاک پشت» گری والتر ، «موش» شانون ، «روباه» دوکروگ ، و «هومئوستات» اشبی ، ساخته هایی است که گری والتر آنها را به طنز به «ماشینهایی که به درد هیچ مقصود مفیدی نمی خورند» توصیف کرده است و ساختمان همه آنها ضرورتاً حامل تقدیری است که سازنده شان طرح کرده بود . و پ . کوساکاملا حق داشت که در کتابش به نام سیرنتیک (پاریس ، ۱۹۵۷) مطالب زیر را بنویسد:

«آنچه ذاتی موجود زنده است (سازش) ، صرفاً وسیله نیست بلکه خود مقصود است: حفظ حیات ، ابقای وجود به کمک سازش بامحیط . در هومئوستات چنین چیزی وجود ندارد . هومئوستات هیچ مقصود ذاتی غایی ندارد . اگر موجود زنده ای که تعدادش بهم خورد است ، همه وسایل ممکن را برای سازش خود با محیط جدید یکی پس از دیگری وبا استقامت می آزماید ، برای این است که می خواهد زنده بماند. ولی اگر هومئوستات تعداد ۳۹۰۶۲۵

ترکیب خود را یکی پس از دیگری می‌آزماید ، تنها بدین علت است که اشبی از آن خواسته است.

البته ماشینهای آینده را که با دقت بسیار از موجودات زنده تقلید خواهند کرد، می‌توان تصور نمود - ماشینهایی که به صورت دستگاههای جاری طرح ریزی خواهند شد و در آنها از انرژی در طی مراحل سهل و ساده استفاده خواهد شد و حتی ممکن است قادر به خودبازسازی و غیره گردند. با وجود این ، سازمان این ماشینها باز هم وظیفه خاصی را که خود سازندگانشان طرح کرده‌اند ، منعکس خواهند ساخت. ماشینهای مزبور همیشه دارای نشانه‌هایی از منشأهای خود خواهند بود .

اگر مسئله منشأ سیستمهای منفرد را مورد توجه قرار دهیم ، با وضوح خاصی معلوم می‌شود که میان ماشینها و موجودات زنده اختلاف اصولی غیر قابل رفعی وجود دارد. می‌دانیم که يك ماشین که ساختمانش از لحاظ سازمان عمومی با اجرای وظایف ویژه‌ای تطبیق داده شده است ، ابتدا به ذهن آفریننده‌اش ، اما نه به مثابه يك دستگاه فیزیکی واقعی ، می‌رسد . این فکر سپس به صورت نقشه‌ها و طرحهایی بیان می‌شود . این طرحها ، معمولاً اساس ساختمان تك تك اجزای ترکیبی را طبق مشخصات ویژه‌شان تشکیل می‌دهند . این اجزا سپس روی هم سوار می‌شوند ، و فقط در این مرحله است که ماشین به مثابه يك شیء فیزیکی ظاهر می‌شود .

بنابراین ، طریقه پدید آمدن ماشین کاملاً روشن است. اما اگر بخواهیم مسئله موجودات زنده را از روی مشابَهت آنها با همین ماشینها حل کنیم ، منطقاً ، به طور اجتناب ناپذیری به يك نتیجه ایدئالیستی خواهیم رسید.

کتاب شرو دینگر که قبلاً از آن یاد شد می‌تواند در این باره ، با عنوان مثالی خوب مورد استفاده واقع شود. مؤلف در آن از نظر-

گاه فیزیک ، یعنی بريك پایه مادی خالص به شناخت حیات پرداخته است. با وجود این در مبحث نتیجه ، مجبور شده است که حیات را چنین توصیف کند : «عالیترین شاهکاری که تا کنون بر طبق مکانیک کوانتوم الهی حاصل شده است». یعنی واضح بگوییم ، او منشاء الهی حیات را پذیرفته است .

میان این نتیجه گیری و تلاشهای دیگری که برای حل مسئله حیات بر اساس فرضیه های مکانیستی خالص در مورد طبیعت ژنتیک آن به عمل آمده است (مثلاً، فرضیه های ا. دوویلیه A. Dauvillier گ. بلوم G. Blum و ل. روکا L. Roka و دیگران) اختلاف در شکل وجود دارد نه در محتوی. اصولاً همه این تلاشها به يك توضیح می رسند. در محلول ابتدایی ولی بی حیات ماده آلی، ذرات پرتین،

۱. Quantum mechanics مکانیک کوانتوم بخشی از فیزیک است که در اوایل قرن جاری برای بررسی حرکت ذرات بسیار خرد (مانند الکترونها و ذرات هسته و اتمها) تکوین یافت و جای مکانیک کلاسیک نیوتونی را در قلمرو حرکت ذره ای گرفت. بر اساس تئوری کوانتوم اصدار یا جذب انرژی توسط اتمها یا ملکولها ، پروسه ای انفصالی است نه اتصالی ، یعنی مرحله به مرحله صورت می گیرد و هر مرحله متضمن اصدار یا جذب مقداری انرژی به نام کوانتوم Quontum انرژی است. ماکس پلانک Max Planck (۱۸۵۸ - ۱۹۴۷) فیزیکدان و تئوریسین آلمانی ، این پدیده را در سال ۱۹۰۰ کشف کرد و نخستین سنگهای بنای مکانیک کوانتوم را بنیاد نهاد. بعدها لویی دو بروی Louis de Broglie ، شرودینگر ، و هایزنبرگ Heisenberg مکانیک کوانتوم را به صورت يك علم سیستماتیک در آوردند. از مهمترین ویژگیهای اساسی مکانیک کوانتوم دوگانگی موجی-ذره ای حرکت اجسام بسیار خرد و اصل عدم تعیین هایزنبرگ (اصلی که می گویند نمی توان سرعت و موقعیت يك ذره را در آن واحد دقیقاً تعیین کرد) است - م.

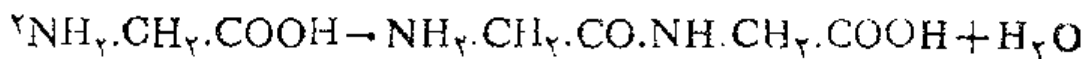
اسید نوکلئیک^۱ یا نوکلئوپروتئین به نحوی از انحاء پدید آمدند و اینها از ابتدای پدید آمدن نشان ساختمانی داخل ملکولی داشتند که با انجام عمل خود بازسازی و سایر اعمال حیاتی سازگاری بسیاری داشت. «ماده زنده ابتدایی» بدین سان پدید آمد و بعدها تکامل یافت اما ضرورت نداشت که ساختمان «متضمن مقصود» و تعیین کننده حیات از ابتدا همان بوده باشد که امروز هست. از این رو این سؤال پیش می آید که در زمینه منشأ ساختمان داخل ملکولی که به انجام اعمال ویژه ای سازگار است، چه قوانینی قرار دارند. آهن می تواند به صورت ابتدایی در حالت معدنی وجود داشته باشد، و ممکن است که در شرایطی دیگر به صورت کلوخه های بی شکلی در آید. اما، همان طور که ارسطو نوشت، حتی یک شمشیر هم نمی تواند بدون دخالت انسان پدید آید. زیرا ساختمان آن برای اجرای مقصود خاصی مناسب است. به همین طریق هم (همان طور که بعداً خواهیم دید) قوانین فیزیک و شیمی که تنها قوانین حاکم بر آب اقیانوس نخستین بودند، برای تشکیل مقدماتی پلیمرهای شبه

۱. Nucleic acids ملکولهای درشتی هستند که از رشته های نوکلئوتید تشکیل می شوند. اسیدهای نوکلئیک را از سیتوپلاسم و هسته سلولهای گیاهی و جانوری، و نیز به بهترین صورت از فرورسهای متیلور گیاهی استخراج نموده اند. اسیدهای نوکلئیک مشهور عبارتند از: اسیدهای داکسی ریبوز نوکلئیک Deoxy ribose nucleic acids با حروف اختصاری DNA، و اسیدهای ریبوز نوکلئیک Ribose nucleic acids با حروف اختصاری RNA، یا اسیدهای پنتوز نوکلئیک با حروف اختصاری PNA. وزن ملکولی RNA استخراج شده از ویروس موزائیک توتون ۳۰۰،۰۰۰ تعیین شده است. م. Polymer. ماده حاصل از پلیمر بندی را پلیمر می گویند. اصطلاح پلیمر نیز اسیون ابتدا منحصر به معنای اتصال دو یا چند ملکول آلی به هم است. یا مونومر برای تولید مولکولی درشت. و موسوم به دایمر یا پلیمر. طایقی می شد. فرمول کلی آن فرمول مونومر با ضرب تعداد مونومرها

پرتثینی دارای وزن ملکولی زیاد و پلی نوکلئوتیدهایی که ترتیب کم و بیش نامنظمی از مونوکلئوتیدها را داشتند ، کاملاً کفایت می کرد . اما ، این قوانین به تنهایی برای امکان تکامل بعضی از ساختمانهایی که با انجام اعمال عضوی ویژه ای سازش داشتند ، کاملاً نارسا بودند . طرفداران این فرضیه ها به اصطلاح « توضیح » می دهند که مناسبت ساختمانهای مواد بنیادی اولیه مفروضشان با اعمال عضوی ، بر اثر « يك تصادف میمون » یا « فقط يك تصادف صرف » است . و از این رو به دوویلیه حقی داده می شود که در وجود این تصادف « دست آفریننده ای غریب » را ببیند . این « دست » اصولاً نه با « مکانیک گوانتوم الهی » شرو دینگر فرق دارد و نه حتی با « اراده الهی » سنت اگوستین .

۱. دو کروگ در کتابش ، که چاپ انگلیسی آن فریبنده ترین عنوان ، یعنی « منشا های حیات » را دارد ادعا می کند که توضیحی عام درباره حیات و منشا های آن بر اساس تئوری « سیبرتیک » داده و قوانین تأثیر متقابل دقیق نیروها را نشان داده است ؛ قوانینی که به وسیله آنها « گروه های اتمها به مجموعه های زنده » ، یعنی موجودات زنده ، « تغییر شکل یافته اند » . اما با آشنایی بیشتر

بود ما نند پارالدئید به فرمول $(CH_3CHO)_3$ که از پلیمر بندی استالدئید CH_3CHO - به دست می آید . امروزه پلیمر بندی معنای وسیعتری دارد ؛ (۱) پلیمر بندی افزایشی ، که به گونه پلیمر بندی فوق الذکر است . (۲) پلیمر بندی تراکمی اتصال مونومر های آلی ، از طریق تراکم با حذف شدن آب است . ما نند تشکیل دی پتید گلیسیل گلیسین از تراکم دو مولکول گلیسین :



(۳) کوپلیمر بندی که عبارت از اتصال ملکولهای آلی غیر همجنس ، از طریق افزایش یا از راه تراکم است . مانند لاستیک مصنوعی و مواد پلاستیک و پروتئینها - م .

به این کتاب درمی یابیم که در تحلیل آخر ، همه چیز به این گفته منجر می شود که رشته DNA که به مثابه نقطه مبدأ تمام سلسله موجودات زنده به کار رفته و به طریق مخصوصی ساخته شده است ، باید به راه مستبعدی در محلول مواد آلی پدید آمده باشد . زیرا پیدا شدن آن « احتمالی نزدیک به صفر داشت » . این فرضیه با فرضیه های متعدد دیگری که راجع به منشأ تصادفی حیات قبلاً ذکر کردیم چه فرقی دارد ؟

فیزیکدانان ادعای می کنند که اصولاً امکان داردمیزی که روی آن می نویسیم خود به خود ، و بر اثر همسو شدن همزمان حرکت حرارتی همه ملکولهای آن در هوا بالا رود . اما بسیار بعید است که کسی به طور کلی کار تجربی یا فعالیت های علمی خود را با رعایت این امکان هدایت کند . به علاوه ، دانشمندی عملی بیشتر برای تئوری هایی ارزش قائل است که امکاناتی برای تحقیق فراهم می کنند . اما پدیده ای را که در منتهای مراتب ، ممکن بود فقط يك بار در تمام مدت موجودیت زمین رخ دهد چگونه می توان بررسی کرد ؟ از این رو اندیشه منشأ تصادفی « ملکول زنده » از نظر گاه عملی کاملاً بی ثمر است ، و همچنانکه بعداً خواهیم دید ، از لحاظ نظری نیز نادرست است .

شك نیست که تلاشهای آگاهانه یا ناآگاهانه برای مقایسه کردن منشأ موجودات زنده با اجزای بر پا شده يك ماشین نیز بر اساس بسیاری از اظهار نظر های معاصر است . اظهار نظر هایی که می گوید : در محلول ابتدایی ، مواد آلی گوناگونی تشکیل شدند که ناگهان ساختمانی مناسب یافتند و با اجرای اعمال حیاتی ویژه ای باهم سازگار شدند و سپس بر اثر ترکیب شدنشان نخستین موجود زنده به وجود آمد ؛ درست همان گونه که يك ماشین با سوار شدن اجزای مرکب جداگانه ای که ساختمانشان با انجام کار

مخصوصی جور شده است ساخته می‌شود .

برطبق این گفته‌ها، اولین چیزی که حتی پیش از پیداشدن ابتداییترین موجودزنده رخ داد، عبارت بود از تشکیل آنزیمهای پرتثینی با ساختمانهای داخل ملکولی کاملاً معین و سازش بسیار مؤثرشان با انجام واکنشهای ویژه کاتالیزری که درمقابلیم بسیار مهمند ؛ و تشکیل اسیدهای آمینه‌ای که نقش اصلی را درپروسه تولید مثل موجودات زنده ایفا می‌کنند ، و بالاخره همچنان که می‌دانیم تشکیل ترکیبهای دیگری که در اعضای بسیار کارآمد و «معقولانه ساخته شده» پرتوپلاسم زنده پیدامی‌شوند ؛ گرچه خود پرتوپلاسم فقط به‌طور ثانوی و از ترکیب ترکیبات ابتدایی پدید آمد .

چنین عقیده‌ای انسان را به یادگفته‌های فیلسوف یونان باستان امپدوکلس^۱ می‌اندازد که عقیده داشت که پیش از آنکه موجودات زنده اصلی پدید آیند، نخست تک‌تک اعضایشان مستقل از یکدیگر به‌وجود آمدند «بدین‌سان تعداد زیادی سرهای بی‌گردن رشد و

۱ . Empedocles امپدوکلس یا انبازقلس (۴۲۳-۴۸۳ ق. م.) اهل اگریگنتوم Agrigentum ، فیلسوف مادی و ایدئولوژیست دموکراسی برده‌داری یونان باستان بود . شعری فلسفی تحت‌عنوان «درباره طبیعت» دارد . او در این اثر تعلیم می‌داد که اشیا گوناگون عالم از ترکیب چهارعنصر اولیه آب ، خاک ، باد ، و آتش به‌وجود آمده‌اند . به عقیده او اشکال ترکیب و اقسام تجزیه ترکیبات این چهارعنصر و تکامل عالم حاصل تأثیر دو نیروی متضاد مهر و کین یا جاذبه و دافعه و نتیجه میزان غلبه یکی از این دو نیرو بردیگری است . نکته جالب توجه و شایان اهمیت این است که امپدوکلس عقیده داشت که تکامل موجودات زنده از راه انتخاب طبیعی ترکیباتی صورت می‌گیرد که قابلیت زیست بیشتری دارند . م .

نمومی یافتند، و بازوان برهنه بدون شانه سرگردان بودند و چشمها بدون پیشانی به این سو و آن سو می جنبیدند. بعد این اعضای حدا از هم بهم پیوستند و بدین طریق انواع مختلف جانوران و مردمان به وجود آمدند.

حیات را فقط با بررسی منشأ و تکامل آن می توان شناخت

از نظر گاه داروینسم کنونی، نه تنها نادرستی، بلکه چرند بودن يك چنین تئوریهی كاملا آشكار است. هر عضوی خاص تنها به مثابه جزئی از تكامل تدریجی تمام ارگانيسم می تواند پدید آید و كامل شود.

ساختمان خاص و پیچیده چشم و دست تنها هنگامی مناسب غایتشان می شود که از لحاظ اعمال عضوی که انجام می دهند مورد توجه واقع شوند. این امر غیر ممکن و حتی غیر قابل تصور است که تکامل اعضای منفردی همچون « چشمهای بدون پیشانی » امید و کلس را به طور جدی پذیرفت. زیرا خود اعمال تعیین کننده ساختمان آنها در چنان شرایطی بی معنی می شوند. بنابراین، انتخاب طبیعی فقط در صورتی می توانست بر آنها تأثیر کند که هر يك جزئی از کل بدن موجود زنده بوده باشد.

به همین نحو، آنزیمها، اسیدهای نوكلئيك و مانند آنها نیز فقط اجزای بدن موجود زنده اند و مانند اعضای بدن به انجام اعمال معین و از لحاظ حیاتی ضروری كمك می کنند. از این رو فعالیت کاتالیزری آنزیمها یا اعمال ویژه اسیدهای نوكلئيك برای خود مواد هیچ اهمیتی ندارد و فقط برای تمام کالبد زنده حائز اهمیتند که در آن واکنشهای متابوليك مخصوصی صورت می گیرد. بنابراین، پیش از به وجود آمدن چنین کالبدی، هنگامی که هیچ يك از اجزای آن وجود نداشت. این مواد به هیچ وجه نمی توانستند

ساختمانی «متضمن مقصود» کسب نمایند که برای انجام اعمال حیاتی‌شان مناسب باشد. کاملاً طبیعی و درست است که فرض شود که اعمال تکاملی، پی‌درپی رخ داده‌اند و از سیستم‌های ساده‌تر به‌مرکز پیش رفته‌اند. هرچند که *تک تک* اعضا، از مجموعه ارگان‌های ساده‌ترند، ولی نباید مثل امیدواری تصور کنیم که جانوران و انسانها از به‌هم پیوستن اعضای منفرد پدید آمده‌اند. داروین راه درست را نشان داد و آن عبارت بود از به‌وجود آمدن موجودات عالی از تکامل تدریجی موجودات پستی که سازمانی ساده‌تر داشتند ولی خود، دستگاه‌های کاملی را تشکیل می‌داده‌اند.

همین‌طور هم خطاست اگر تصور شود که در آب‌های اقیانوس نخستین که سرشار از مواد آلی بود، پرتئینها و اسیدهای نوکلئیک دارای ساختمان «متضمن مقصود»ی پدید آمدند که با اجرای اعمال بیولوژیک خاصی، با دقت فوق‌العاده و به‌خوبی سازش داشته و بعداً از ترکیب آنها خود موجود زنده به‌وجود آمده است.

آنچه از عمل قوانین فیزیک و شیمی، که تا آن وقت تنها قوانین حاکم بر زمین بی‌حیات بودند، برمی‌آید این است که پلیمرهای کم و بیش تصادفی ساخته شده‌ای بسا ترتیبی اتفاقی از پپتیدها و مونونوکلوئیدها تشکیل شدند و بدین ترتیب هیچ «تضمن

۱. Peptides پپتیدها - یا پرتئین‌های ساده از اتصال اسیدهای آمینه همجنس یا ناهمجنس حاصل می‌شوند. پپتیدهای مرکب از دو اسید آمینه را دی‌پپتید Dipeptide و آنهایی را که از اتصال سه اسید آمینه یا بیشتر حاصل شده‌اند پلی‌پپتید Polypeptide می‌نامند. اتصال اسیدهای آمینه در رشته پلی‌پپتید را اتصال پپتیدی می‌گویند و آن سه قسم است: باز، انشعابی (شاخه شاخه) و حلقوی. ساده‌ترین اتصال همان اتصال باز است [اتصال گروه آمینه ($-NH_2$) از یک اسید آمینه به کربوکسیل ($-COOH$) اسید آمینه دیگر]. بعضی

مقصود، یا تطابق با اجرای اعمال ویژه نداشته‌اند .

هرچند که، طبعاً این سیستمها به‌طور غیر قابل‌قیاسی ساده‌تر از موجودات زنده بودند، اما این پلیمرها توانستند به‌هم پیوندند و دستگاههای چند ملکولی کاملی را بسازند. تنها در نتیجهٔ تکامل تدریجی ممتد این سیستمهای ابتدایی و تأثیر متقابل آنها بر محیطشان و انتخاب طبیعی آنها بود که آن اشکال سازمان‌بندی خاص موجود زنده، یعنی متابولیسم و همراه با آن پرتئینها، آنزیمها، اسیدهای نوکلئیک و مواد پیچیده و «متضمن مقصود» دیگری که وجه‌مشخص ارگانسیمهای معاصرند، پدید آمدند. بدین ترتیب حتی دورترین تشابهی میان منشأ حیات و سوار کردن قطعات يك ماشین وجود ندارد .

این دو نوع سیستم را تنها اگر در حالت اختتامیشان و جدا از منشأ شان ملاحظه کنیم، شباهتی به یکدیگر از خود نشان می‌دهند. اما به محض آنکه منشأ شان را مورد رسیدگی قرار دهیم، اختلاف میان ماشین و موجود زنده نمایان می‌شود و آشکار است که این دو نوع سیستم از لحاظ کیفی با یکدیگر فرق اساسی دارند. این فکر قابل درك و حتی ساده است، زیرا منشأ حیات و منشأ ماشین در سطحهای فوق‌العاده دور از هم تکامل تدریجی قرار دارند .

ما می‌توانیم مراحل مهم زیر را در مورد این تکامل از لحظهٔ تشکیل زمین تا به امروز مورد توجه قرار دهیم. روی سیارهٔ ما، در مدت میلیاردها سال اول موجودیتش حیاتی وجود نداشت و همهٔ پروسه‌هایی که بر آن رخ می‌داد، فقط تابع قوانین فیزیک و شیمی بود . این مرحلهٔ تکاملی را می‌توان مرحلهٔ غیر آلی یا بی‌زیست از پتیدها از اتصال چند صد ملکول اسید آمینه تشکیل می‌شوند . انسولین یکی از پلی‌پتیدهای مشهور است - م .

خاسته تلقی نمود . سپس حیات روی زمین پدید آمد و مرحله جدید و حیاتی تکامل تدریجی آغاز شد ، در این مرحله قوانین جدید حیاتی بر قوانین کهن فیزیک و شیمی افزوده شدند . قوانین جدید تفوق یافتند و در پیشرفت تکامل جانداران اهمیتی روزافزون کسب نمودند . اوج توفیق این مرحله پدید آمدن انسان بود که آغاز مرحله سوم یا مرحله تکامل اجتماعی را مژده داد . در این هنگام حتی قوانین زیست شناسی از موقعیت مقدم خود رانده شدند و در پیشرفت بعدی ، قوانین تکامل جامعه بشری حائز نقش عمده شدند .

توجه بدین امر بسیار مهم است که با آغاز هر مرحله جدید تکاملی ، با پدید آمدن شکلی جدید از حرکت ماده ، میزان سرعت تکامل آن افزایش می یابد . دوره بی حیاتی عمر کره زمین چند هزار میلیون سال طول کشید ، اما برای تکمیل پیشرفت قطعی تکامل بیولوژیک فقط چند صد یا شاید چند ده میلیون سال لازم بود . تمام دوران تکامل بشر تنها یک میلیون سال طول کشید . تحولات اجتماعی در طی چند هزار سال و حتی در عرض چند قرن روی داد و ما اکنون تغییرات اساسی جامعه بشری را در مدتی که شامل چند دوره ده ساله است ، می توانیم به سادگی مشاهده کنیم .

مشکل بتوان وجود تغییر برجسته ای را از زمان ارسطو به بعد ، در نوع انسان تصور کرد . اما فقط در طی چند صد سال اخیر است که انسان اقتدار غیر قابل تصویری بر محیط خود یافته است . اومی تواند زمین را تندتر از هر گوزنی ببیند ، بهتر از هر ماهی در زیر آب شنا کند و در هوا به طرز بیمانندی تندتر و بیشتر از هر

۱ . Abiogeny یا Abiogenesis - به وجود آمدن زنده از غیر زنده یا به وجود آمدن ماده آلی از ماده غیر آلی بدون دخالت جسم زنده را بی زیست خاست می گویند - م .

پرنده‌ای پرواز نماید. اما این امر بدین علت نیست که انسان بال پرندگان یا باله و آبشش ماهی درآورده است. اقتداری که انسان کسب کرده نتیجهٔ تکامل اجتماعی است نه بیولوژیک. بویژه، ماشین که درغلبهٔ انسان بر نیروهای طبیعت نقش برجسته‌ای دارد، ثمره این تکامل است، چه انسان فقط با علم همه جانبهٔ خود به تجربیات پیشینیان که در طی قرون بسیاری گرد آمده‌اند، می‌توانست آنها را بیافریند.

بدین ترتیب ماشینها دستگاههایی نیستند که صرفاً غیرآلی باشند و طبق هیچ‌گونه قوانینی غیر از قوانین فیزیک و شیمی عمل نکنند. آنها، از لحاظ منشأ، بیولوژیک نیستند بلکه بالاتر از آنهاند. یعنی اشکال اجتماعی حرکت ساده‌اند. بنابراین، ما می‌توانیم طبیعت واقعی آنها را با بررسی منشأشان بشناسیم. اینک برای آنکه موضوع بر خواننده روشنتر شود، چند مثال دیگر را بررسی می‌کنیم.

بر کرانه‌های رودخانه‌های بزرگ که سنگهای رسوبی ضخیمی را ساییده‌اند، می‌توان سنگهایی از کلسیت *Calcite* یافت که معمولاً «انگشت شیطان» نامیده می‌شوند. زیرا شکل عجیبشان انسان را به یاد شکل انگشت می‌اندازد؛ با این تفاوت که دریک انتها به شکل مخروط تیز می‌شود. مردم از دیرباز عقیده داشتند که این سنگها بر اثر خوردن آذرخش به‌شکل تشکیل شده‌اند و حتی نام علمی آنها - بلمنیت^۱ - از این فرض راجع به منشأشان ناشی شده است. اگر این امر صحت داشت همیشه می‌بایست با سنگهای کانی جهان غیرآلی بیزیت خاسته توأم بوده باشند. اما،

۱. *Belemnite* مشتق از کلمهٔ یونانی *Belemnion* به معنای تیر یا خدنگ است. به زبان انگلیسی آن را *Thunderstone* می‌گویند که معنای لفظی آن «تندر سنگ» است - م.

در واقع امر معلوم شده است که بلمنیتهای بقایای سنگواره شده زوسترها ، یعنی اعضای درونی نرمتنانند ؛ و اینکه علامت ویژه گروهی خاص از نرمتنان پابرسر^۱ هستند که در دوره های ژوراسیک^۲ و کرتاسه^۳ می زیستند و در آغاز دوران سوم کاملاً از میان رفتند . روی سطح بعضی از بلمنیتهای حتی آثاری از رگهای خونی پرده زیر صدف یا پوشش نرم بدن نرمتن به نام جبه (Mantle) می توان یافت که زمانی بلمنیت را در بر می گرفت . بنابراین اگر بلمنیتهای مستقلا و بدون توجه به منشأشان بررسی شوند ، با وضوح کامل معلوم می شود که فاقد حیاتند . آنها از نظر ترکیب شیمیایی و نیز از لحاظ خواص فیزیکی مخصوصشان از آن جهان غیر آلی می نمایند . اما بلمنیتهای نمی توانستند در جهان غیر آلی و تنها بر اثر نیروهای ابتدایی طبیعت معدنی تشکیل شوند . بدین دلیل اگر راجع به منشأ حیاتی این اشیا ، یا تاریخ تکامل حیات در زمین آگاهی نداشته باشیم نمی توانیم طبیعت اصلی آنها را بشناسیم . در این صورت است که آنها یقیناً به صورت چیزهای معجزه آسایی همچون «انگشتهای شیطان» به نظر می رسند .

اکنون از خوانندگان تقاضا می کنم اجازه دهند که به عالم خیال بروم ، زیرا این امر مرا قادر می سازد که عقیده ام را روشنتر بیان کنم .

تصور کنیم که مردم توفیق یافته اند ماشینهای خودکار یا

۱ . Cephalopous سفالوپود یا پا برسر نام يك رده از شاخه نرمتنان است . پاهای آنها به صورت بازوهای گیرنده درآمده اند که همه شان در ناحیه سر قرار دارند . هر بازو دارای دستگاه مکنده ای است . نیز حیوان سیفونی دارد که عملش دفع آب از حفره جبه است - م .
 ۲ و ۳ . Jurassic و Cretaceous دوره های دوم و سوم دوران دوم زمین شناسی است - م .

روبوت‌هایی بسازند که نه تنها می‌توانند مقدار زیادی کار برای بشر انجام دهند، بلکه حتی می‌توانند مستقلاً شرایط انرژی لازم را برای کارخویش ایجاد نمایند؛ و فلزها را به دست آورند و آنها را برای ساختن اجزای ترکیبی خود به کار ببرند و از اینها و بوت‌هایی مانند خودشان بسازند. بعد فاجعه‌ای روی زمین رخ می‌دهد و نه تنها همه مردم، بلکه کلیه موجودات زنده سیاره‌ما را نابود می‌کند ولی بوت‌های فلزی باقی می‌مانند. آنها به ساختن بوت‌های دیگر و مانند خود ادامه می‌دهند و بدین ترتیب، گرچه ماشینهای کهنه به تدریج فرسایش می‌یابند، اما ماشینهای جدیدی به جای آنها پدید آمده «نژاد» بوت باقی می‌ماند و حتی شاید، با اعتدال افزایش یابد. همچنین تصور کنیم که همه اینها قبلاً در یکی از سیاره‌های

منظومه شمسی ما، مثلاً در مریخ، اتفاق افتاده است و ما به این سیاره فرود آمده‌ایم. مادرپهنه‌های بی‌آب و بی‌حیاتی ناگهان با بوت‌ها مواجه می‌شویم. ای‌ما آنها را ساکنان زنده سیاره تلقی خواهیم کرد؟ البته نه. بوت‌ها نشان‌دهنده حیات نخواهند بود بلکه چیز دیگری را نشان خواهند داد. ممکن است شکل بسیار پیچیده و کارآمدی از سازمان بندی و حرکت ماده باشند، اما باز هم فرق می‌کنند. آنها با بلمنیتها قابل قیاسند که قبلاً آنها را مورد توجه قرار دادیم و تنها تفاوتشان در این است که بلمنیتها در پروسه تکامل بیولوژیک پدید

۱. Robot. ماشینهای خودکاری را که بسیاری از اعمال انسان را انجام می‌دهند بوت می‌نامند. این کلمه را نخستین بار کارل چاپک (Karel Capek ۱۸۹۰-۱۹۳۸)، نمایشنامه و داستاننویس چک، در یکی از نمایشنامه‌هایش به نام «روبوت‌های جهانی رسوم» (Rossum's Universal Robots) به کار برد. در این نمایشنامه منظور از بوت آدم مصنوعی مکانیکی است که اعمال آدمیان را با کفایت و شایستگی انجام می‌دهد ولی فاقد احساس است. Robotia در زبانهای روسی و چک به معنای کار است. م.

آمدند، در صورتی که روباتها بر اساس شکل عالیترو اجتماعی حرکت ماده مبتنی بوده اند.

حیات در دریای ژوراسیک وجود داشت و روسترهای نرمتنان پابر سر نقش خاصی در آن ایفا می کردند. حیات محوشد و بلمنیتها باقی ماندند. اما اکنون آنها را اشیای بی حیات جهان غیر آلی می نامند. همین طور هم ماشینهای خودکار و بویژه، روباتهای تصویری مافقط به مثابه متفرعات جامعه بشری (یا نظیر آن)، و به منزله ثمره شکل اجتماعی سازمانبندی و حرکت ماده می توانستند تکامل یابند و نقش قابل ملاحظه ای در رشد و گسترش آن شکل سازمانبندی ایفا نمایند. اما شکل مزبور از میان رفت و نابود گردید و روباتها به تنهایی باقی ماندند، بی آنکه زیر نظارت شکل اجتماعی حرکت ماده بمانند. آنها تنها از قوانین فیزیک و شیمی کاملاً پیروی می کنند. با وجود این، همچنانکه اگر انسان هیچ دانشی از حیات نداشته باشد نمی تواند بفهمد که بلمنیت چیست، همین طور هم درک ماهیت «روبات مریخی» بدون آشنایی کافی به شکل اجتماعی حرکت ماده ای که آنرا پدید آورده ناممکن است. این امر حتی اگر کسی می توانست تک تک اجزای ترکیبی روبات را پیاده و دوباره به درستی روی هم سوار کند، صدق می کرد. حتی در آن صورت هم خصوصیات ترکیب سازمان روبات بر ما پوشیده می ماند. ترکیبی که زمانی سازندگان آن را قصداً به منظور حل مسائلی که با آنها مواجه بودند ولی کاملاً بر ما مجهولند ساخته بودند.

هنگامی که لیلیپوتها^۱ ساعتی در جیب گالیور پیدا کردند،

۱. اشاره به کتاب «مسافرتهای گالیور» (Gulliver's travels) اثر جونا تان سویفت Jonathan Swift (۱۷۴۵ - ۱۶۶۷) نویسنده هجونیویس ایرلندی است. لیلیپوت Lilliput نام یک جزیره افسانه ای است که قدمردم آن بسیار کوتاه و در حدود پانزده سانتیمتر ذکر شده است. اکنون به افراد کوتاه قد، لیلیپوت می گویند. م.

هر چند که بنا بر گفته سوئفت معلومات وسیعی راجع به ریاضیات و مکانیک داشتند، در وضعی نبودند که ماهیت آن را به درستی درک نمایند. آنها پس از تأمل ممتد به این نتیجه رسیدند که ساعت مزبور يك خدای جیبی است که گالیور هر وقت به انجام کاری مبادرت می نمود، با آن استخاره می کرد.

اگر متفکری مریخی، تصادفاً به ساعتی برخورد کند که در فضا به سویی پرواز می نماید، شاید او هم قادر باشد که آن را اوراق و دوباره جمع کند، اما باز هم مطالب غیر قابل فهم بسیاری در این باره برایش باقی خواهد ماند. و نه تنها مریخیان بلکه بسیاری از خوانندگان هم نیز شاید نتوانند توضیح بدهند که چرا با وجود اینکه شبانه روز بیست و چهار ساعت است، در صفحه ساعت‌های معمولی فقط دوازده شماره وجود دارد. این پرسش را تنها با داشتن معلومات خوبی درباره تاریخ فرهنگ بشری و بویژه راجع به تاریخ ساعتسازی می توان پاسخ داد.

همین طور هم شناخت صحیح طبیعت حیات بدون دانستن تاریخ منشأ آن ناممکن است. با این حال، معمولاً طبیعت و منشأ حیات به مثابه دو مسئله به کلی جدا از هم تلقی می شدند و اکنون نیز مجزا از هم تلقی می شوند. از این رو در پایان قرن گذشته و آغاز قرن کنونی مسئله منشأ حیات مسئله‌ای حل ناشدنی و منفور شمرده می شد که کار راجع به آن برای دانشمندان جدی صرفاً اتلاف وقت بود. کوشش می شد طبیعت حیات را که مسئله اساسی زیست‌شناسی زمان حاضر است به کلی مجزا از منشأ آن، و در درجه اول باروش متافیزیکی صرف بشناسند. به عبارت ساده تر، این امر اصولاً بدین می ماند که بخواهند اجزای بدن موجود زنده را مثل چرخ و دنده‌های ساعت پیاده و باز سوار نمایند.

حتی مفیستوفلس^۱ در اندرز خود به دانشمندان جوان این طرز

۱. Mephistopheles مفیستوفلس نام قهرمان افسانه مشهور گوته

برداشت را مسخره کرده است :

Wer will was lebendigs erkennen und beschreiben.

Sucht erst den Geist herauszutreiben,

Dann hat er die Teile in seiner Hand,

Fehlt leider! nur das geistige Band.

Encheiresin naturae nennt's Chemie

Spottet ihrer selbst, und weiss nicht wie.۱

به نام «فاوست» Faust است. مفیستوفلس در این افسانه نقش ابلیس را دارد که به اشکال و هیئتهای گوناگون ظاهر می شود و می کوشد تا فاوست دانشمند دانشپژوه انسان دوست و خداپرست را از خداپرستی بگرداند. قطعه نقل شده بالا مربوط به موقعی است که فاوست فریب مفیستوفلس را خورده و با وی پیمان بسته است و جوان دانشمندی که اشتیاق فراوان به طلب علم داشت و آرزوی کرد که علامه دهر شود، نزد فاوست می آید تا از وی دانش بیاموزد، اما مفیستوفلس به جای او و در جامه او با آن جوان به گفتگو می پردازد. م.

۱. اشعار بالا از روی ترجمه انگلیسی وان درسمیسن W.H. Van

Der Smissen به فارسی ترجمه شده است :

«هر که خواست موجود زنده ای را توصیف کند و آنرا بشناسد،

نخست بر آن می شود که جانشر را بستاند .

آنگاه اجزای آن در دستش می مانند ،

اما افسوس ! روح ربط دهنده آنها را ندارد .

اکنون کیمیاگران این را «دسترسی به طبیعت» می نامند.

آنان خود را ریشخند می کنند و نمی دانند چگونه .

در زمان قدیم علم شیمی را *Encheiresin naturae* یا

«دسترسی به طبیعت» می نامیدند . در قطعه بالا ، گوته به پیروی از

استاد شیمی خود اشپیلمن Spielmann به وسیله مفیستوفلس کیمیا-

گران را که می کوشیدند تا از راه تجزیه به ترکیب موجودات و مواد

واجسام پی ببرند ، مسخره کرده است . اشپیلمن عقیده داشت که دست

طبیعت اجزای مختلف یک موجود زنده ، یک ماده حیوانی یا نباتی

را به اشکال مختلف به وسیله روح به هم پیوند می دهد و چون همه قوانین

بینه باورنی از صفحه ۱۰۴

بینه باورنی از صفحه ۱۰۴

البته شکی نیست که تجزیه دقیق مواد و پدیده‌هایی که ویژه موجودات زنده معاصرند فوق‌العاده مهم و برای شناخت حیات مطلقاً ضروری است. ولی مسئله این است که آیا این امر به تنهایی برای چنین شناختی کافی است؟ روشن است که نه. حتی اکنون هم، ما با تمام مهارتی که در این گونه تجزیه پیدا کرده‌ایم، هنوز بسیار عاجزیم از اینکه راهی را نشان بدهیم که منجر به سنتز واقعی حیات گردد؛ هر چند که ممکن است قبول داشته باشیم که چنین سنتزی از لحاظ تئوری کاملاً امکان پذیر است.

این امر ابداً بدین علت نیست که تجزیه ما هنوز کامل نشده است و هنوز به همه جزئیات ساختمان بدن موجود زنده پی نبرده‌ایم.

ماکس پلانک نوشت: «کل همیشه با مجموع اجزای مجزا قدری فرق دارد». این کل را تنها با شناخت آن در جریان بلوغ و تکاملش، به وسیله بررسی و تولید مجدد پروسه‌های مربوط به تولید تدریجی و تکمیل سیستمهای ابتداییتری که پیشگامش بودند، می‌توان دریافت.

اکنون پیوسته آشکارتر می‌شود که علم به طبیعت اصلی حیات، فقط از راه علم به منشأ آن امکان پذیر است. همچنین حالا، این منشأ دیگر آن قدر گیج کننده نمی‌نماید که چندی پیش می‌نمود. ما اینک با تفصیل باز هم بیشتری راههایی را شرح می‌دهیم که منجر به پیدا شدن حیات در روی زمین شد. این امر تنها می‌توانست به مثابه جزء مكملی از تاریخ عمومی تکامل سیاره ما روی دهد. واقعیات موجود نشان می‌دهند که منشأ حیات پروسه‌ای تدریجی

طبیعت را نمی‌توان شناخت و با تجزیه اجزای يك موجود، روح از تنش خارج می‌شود، انسان قادر نخواهد بود که اجزای مجزای يك جسم زنده را به صورت اول خود ترکیب کند - م.

بود. پروسه‌ای که در آن مواد آلی پیوسته پیچیده تر شدند و سیستم‌های کاملی تشکیل دادند که در حالت تأثیر متقابل دائمی با ملامت پیرامون خود بودند.

بدین‌سان با دنبال نمودن مسیر جریان پدید آمدن حیات ، نه به «دست آفریننده توانا» برمی‌خوریم و نه به شیئی که در مرحله بسیار دیرتری از تکامل ماده پدید آمده است. اما ، ما بدین طریق درمی‌یابیم که سیستم‌های ویژه اصلی و موجود آن زمان چرا و چگونه در جریان تکامل تدریجی به جای آنکه به سیستم‌های فاقد حیات تغییر کنند به سیستم‌هایی دگرگونی یافتند که حیات صفت مشخصه آنها بوده و درمی‌یابیم که قوانین جدید بیولوژیک که قبلاً وجود نداشتند چگونه در همان پروسه استقرار حیات پیدا شدند. و نیز می‌فهمیم که «تضمن مقصود» که در همه موجودات زنده مشاهده می‌شود چگونه به وجود آمد.

بدین طریق ، دانش ما سبب می‌شود که سازمانبندی اصلی ابتدایی‌ترین شکل‌های حیات را واقعاً بشناسیم و بر این اساس می‌توانیم تکامل بعدی این اشکال را با به کار بستن احکام نظری تکامل تدریجی به سادگی دنبال نماییم. ما می‌توانیم رد اثر تشکیل مشخصات جدیدی را بگیریم که نشانه ویژه موجوداتی با سازمانی عالی و از جمله آنها انسان است که در اوج مرحله زیستی تکامل ماده است.

از این قرار ، ما به آن عقیده اصلی می‌رسیم که اساس این کتاب را تشکیل می‌دهد و قبلاً به وسیله هر اقلیتوس افسوسی تنظیم گردیده و در آثار ارسطو گنجانیده شده است : « انسان فقط هنگامی می‌تواند ماهیت اشیا را دریابد که منشأ و تکامل آنها را بداند».

تئوریهای کنونی راجع به منشأ عالم

ما در جهانی زندگی می‌کنیم که پیوسته و بی‌انقطاع تکامل و تحول می‌یابد. تکامل پروسهٔ برگشت ناپذیری است. از این رو غالباً به «تیرزمان» تشبیه می‌شود که فقط در یک جهت سیر می‌کند. ولی ما باید در پرتو دانش کنونی خود این تصویر را کهنه تلقی کنیم. سرعت تیر همیشه کاهش می‌یابد. برعکس، همان‌طور که در فصل پیش دیدیم، سرعت تکامل همیشه افزایش می‌یابد. از این رو بهتر است بایک موشک مقایسه شود که سرعت خود را در طی مراحل طی افزایش می‌دهد.

همین‌طور هم هنگامی که شکلی جدید از سازمان‌بندی و حرکت ماده، در جریان تکامل پدید می‌آید، آهنگ سرعت تکامل به تندی افزون‌تر می‌شود. گویی فشاری تازه و نیرومند بدان وارد می‌شود. اما در چنین صورتی، بخش هر چه محدودتری از مادهٔ تکامل‌یابنده شتاب می‌گیرد.

بدین ترتیب، با پدید آمدن حیات، بیوسفر^۱ به سرعت گسترش

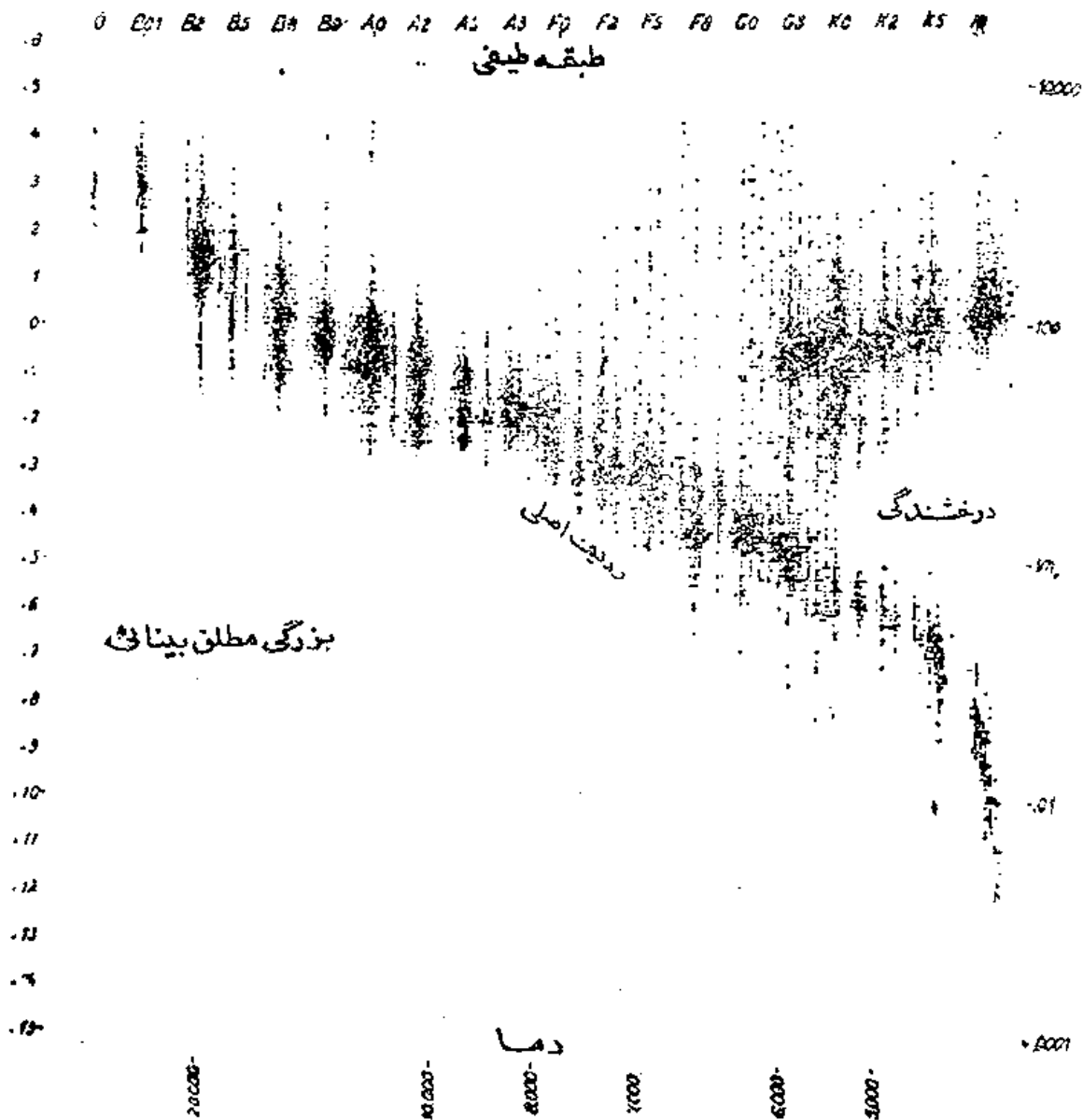
۱. Biosphere - قسمتی از کرهٔ زمین و جو-و آن را که حیات دارد بیوسفر می‌نامند. بیوسفر قسمت زیرین جو و قسمت فوقانی لیتوسفر. Lithospher (پوشش سنگی و خاکی زمین) و هیدروسفر (پوشش آبی زمین) تا عمق معینی را شامل می‌شود - م.

یافت، اما بیوسفر فقط بخش کوچکی از تمام سیاره ما را تشکیل داد. با پدید آمدن انسان آهنگ سرعت تکامل شتاب بیشتری یافت و جامعه بشری رشد نمود؛ هر چند که این يك، برخه‌ای كوچك، از تمام مجموعه موجودات زنده را تشکیل داد.

منشأ حیات جزء مکمل رشد تکامل عمومی جهان ما بود. بنابراین فقط بر اساس تکامل عمومی ماده است که بررسی آن می‌تواند مفید واقع شود. با وجود این، ما برای پرهیز از پراکنده‌گویی، در شرح بعدی خود نظرم‌ان را روی مواردی که در گذر از حالت غیر زنده به زنده نقشی مستقیم داشتند متمرکز خواهیم کرد و دایره توجه خویش را به تدریج تنگتر خواهیم ساخت.

در قرن هیجدهم، ویلیام هرشل (۱۷۳۸-۱۸۲۲) عقیده نبوغ‌آمیزی مطرح ساخت که بعداً مورد حمایت لاپلاس (۱۷۴۹-۱۸۲۷) واقع شد. این عقیده می‌گوید که اگر ستارگان و صورت‌های فلکی تغییر ناپذیر نیستند، پس در زمان‌های مختلفی پدید آمده‌اند و باز هم پدید می‌آیند و در نتیجه يك پروسه تکامل تدریجی صورت می‌گیرد که ما می‌توانیم مراحل گوناگون آن را در آسمان ببینیم. این عقیده مدتی دراز توسط ستاره‌شناسان نادیده گرفته شد و فقط در آغاز این قرن بود که با ترسیم نمودار نجومی هرتز-پروننگ - راسل Hertzsprung - Russel احیا شد. این نمودار رابطه میان نمونه‌های طیفی ستارگان (یعنی درجات حرارت سطح آنها) و روشنایی یا درخشندگی مطلق آنها را نشان می‌دهد و مبین مجموع مقدار انرژی است که در يك زمان معین توسط ستاره‌ای منتشر می‌شود. محور طول نمودار، درجه حرارت مطلق را نشان می‌دهد که از ۳۰/۰۰۰ درجه سانتیگراد در سمت چپ تا ۲۵۰۰ درجه سانتیگراد در طرف راست کاهش می‌یابد.

محور عرض، نمودار درخشندگی مطلق ستارگان است و



شکل ۱ - منحنی رشته اصلی (نمودار هرتزپرونگ - راسل)

درخشش مطلق خورشید واحد فرض می شود . نقطه هایی که بدین سان رسم شده اند نمودار همه ستارگان شناخته شده هستند و در نمودار گروهی را تشکیل می دهند که نوارهای خطوط کاملاً باریکی را اشغال می کنند . نوار اصلی آنها در طول قطر نمودار قرار گرفته و از گوشه بالا و چپ نمودار به پایین و راست آن امتداد دارد . اکثریت عمده (در حدود ۹۵ درصد) ستارگانی که رصد شده اند ، و از جمله آنها خورشید ما ، در این قطر که به نام «رشته نجومی اصلی» خوانده می شود ، با نقطه نموده می شوند . البته يك

چنین طرز توزیع ویژگیهای نجومی تصادفی نیست. یکی از مصنفان این نمودار - راسل - اهمیت تکاملی مستقیمی به آن نسبت داده است. او ابراز عقیده نمود که هر يك از ستاره‌ها در جریان تکامل فردی خود به نحوی در امتداد خط نمودار پیش رفته است. علم تکوین عالم هنوز در مورد طریقه واقعی صورت گرفتن این تکامل نجومی اتفاق نظر نیافته‌اند. به نظر می‌رسد که ستارگان مختلف به راههای متفاوت تکامل می‌یابند؛ اما عقیده فعلی مبنی بر اینکه ستارگان جدیدی تشکیل می‌شوند و پی‌درپی تکامل می‌یابند، اکنون بر اثر تعدادی از شواهد ستاره‌شناسی که اخیراً به اثبات رسیده‌اند پایه بسیار محکمی یافته است. در این باره، تحقیقات آمبارتسومیان V. Ambartsumian راجع به دسته‌های نجومی بسیار جالب است.

این دسته‌ها ناپایدارند، زیرا جاذبه متقابل ستارگان تشکیل دهنده آنها ضعیفتر از جاذبه کهکشان، بویژه بخش مرکزی آن است. بنابراین ستارگانی که این دسته‌ها را می‌سازند، به‌طوری جداگانه و در جهاتی مختلف سیر می‌کنند و بر طبق محاسبه آمبارتسومیان، چنین دسته‌هایی بیش از چند ده میلیون سال دوام نمی‌کنند. اما از آنجا که این دسته‌ها و ستارگان سازنده‌شان را اکنون می‌توانیم ببینیم، باید در زمان نسبتاً جدیدی تشکیل شده باشند. بدین ترتیب، این امر نشان می‌دهد که پروسه تشکیل ستارگان هنوز هم ادامه دارد.

علاوه بر این، منظومه‌های سیاره‌ای شبیه منظومه شمسی خودمان نیز بایستی تشکیل شده باشند و هنوز هم باید در حال تشکیل باشند. دلایل به دست آمده اخیر، بویژه مطالعات هولمبرگ H. Holmberg، نشان می‌دهد که این گونه منظومه‌ها به میزانی وسیع در عالم پخش شده‌اند و نیز ستارگان محاط در اجسام سرد

نسبتاً کوچک نیز نه تنها استثنای نادری نیستند - چنانکه در بیست سال گذشته معتقد بودند - بلکه فراوانند . اکثر ستاره‌شناسان و علمای معاصر علم تکوین عالم را جمع به این امر عقیده دارند که منظومهٔ سیاره‌ای ما نیز نتیجهٔ يك «تصادف میمون» بسیار نادری نبوده ، بلکه مانند بسیاری از منظومه‌های مشابه ، به مثابهٔ پدیده‌ای کاملاً معمولی و به منزلهٔ مرحله‌ای از تکامل متوالی ماده پدید آمده است . بیش از پیش روشن شد که انسان نمی‌تواند مسئلهٔ تکامل يك منظومهٔ سیاره‌ای را جدا از مسئلهٔ عمومی منشأ ستارگان در نظر بگیرد . چرا که این دو پدیده ، صرفاً دو مرحلهٔ متوالی در پروسهٔ واحد تکامل تدریجی اجسام کیهانی هستند .

منشأ منظومهٔ شمسی

اکنون بسیار محتمل می‌دانند که پروسهٔ تکامل ستارگان و سیاره‌ها به طریقی با تکامل مادهٔ گاز و غبار بین سیارات ارتباط داشته باشد . کهکشان (و دیگر سیستمهای مشابه) همان‌طور که اکنون به خوبی معلوم شده است ، به هیچ وجه به صورت مجموعه‌های انبوهی از ستارگان و سیاره‌ها تغلیظ نیافته است . بخش قابل ملاحظه‌ای از جرم آن به شکل غبار و گاز بسیار پراکنده ، در فضا پخش شده است . ابرهای غبار کیهانی به طور عمده در وسط کهکشان تمرکز یافته‌اند . بعضی از آنها را حتی می‌توانیم با چشم غیر مسلح در زمینهٔ روشن راه شیری ، به شکل نواحی تیرهٔ غیر منتظم ، بسیار واضح ببینیم . این بدین علت است که توده‌های غبار ، نور ستارگانی را که پشت آنها قرار دارند تیره می‌کنند .

به کمک بسیاری از رصدهای اخیر ثابت شده است که این

توده‌های غبار و گاز، به ابعاد بسیار عظیمی در حدود ۲۰۰ پارسک^۱ یا حتی بیشترند و جرم آنها ممکن است که بیش از سیصد برابر جرم خورشید باشد (ده سال پیش معلوم گردید که علاوه بر این ابرهای عظیم، ابرهای نسبتاً کوچکی از گاز و غبار کیهانی وجود دارد که چون حاجب نورند، در زمینه یک سحابی به سادگی قابل رؤیتند. آنها شکل نقاط گرد یا تقریباً گردی را به خود می‌گیرند و از این رو «گویچه» Globule نامیده می‌شوند. کوچکترین گویچه‌ای که اکنون می‌شناسیم به قطر 0.7×10^6 پارسک است و جرم آن $\frac{1}{5}$ جرم خورشید است. گویچه‌های دیگر جرم بزرگتری دارند. جرم بعضی از آنها چند برابر جرم خورشید است. از این رو چنین گویچه‌هایی ممکن است مقداری کافی ماده برای تشکیل یک یا چند ستاره باشد) تراکم فوق‌العاده زیاد گویچه‌ها دانشمندان را بر آن داشته است که امکان این طرز به وجود آمدن ستارگان را در نظر بگیرند. تراکم گویچه‌ها هزاران بار بیش از تراکم محیطی است که آنها را احاطه می‌کند.

(علمای معاصر شناخت تکوین عالم، بیشتر به این عقیده تمایل نشان می‌دهند که یک چنین گویچه‌ای، پیش‌اختری (Protostar) بوده است که منظومه سیاره‌ای ما از آن ساخته شده است. در مرحله‌ای از تکامل گویچه، جسم مرکزی بزرگی در آن تشکیل گردید و به سرعت، با جذب ذرات ماده به خود، رشد کرد. این جسم با چنین عملی متراکم گردید و حرارت درونی آن مرتباً بالا رفت. هنگامی که جسم مرکزی به جرمی قابل قیاس با جرم خورشید رسید، شرایط داخل آن برای آغاز یک دوره واکنشهای هسته‌ای، مشابه با آنچه هنگام انفجار بمب هیدروژنی روی می‌دهد، مساعد

۱. Parsec واحد طول است در ستاره شناسی که مساوی با

3.26×10^{13} یا 3.26×10^5 کیلومتر است - م.

شد. هیدروژنی که قسمت اعظم جرم مرکزی را تشکیل می‌داد، استحاله شدن به هلیوم Helium را آغاز کرد و این امر با آزاد شدن مقادیر بسیار عظیم انرژی داخل اتمی همراه بود. درجه حرارت جسم مرکزی به میلیونها درجه سانتیگراد رسید و در نتیجه این امر، جسم مزبور خود به خود ستاره‌ای درخشان گردید و در واقع خورشید ما شد. تکامل بعدی آن خط رشته اصلی نمودار هرتزپروننگ - راسل را دنبال کرد.

بقیه مواد گویچه که در تشکیل خورشید شرکت نداشت، در همان هنگام به شکل ابردیسک ماندی از گاز و غبار درآمد و موجب پدید آمدن «پیشسیاره‌ها» (Protoplanets) گردید.

در نوشته‌های امروزی راجع به شناخت تکوین (Cosmogony) عالم، تعداد زیادی فرضیه به منظور توضیح مکانیسم تشکیل سیاره‌ها می‌بینیم. اهل علم شناخت تکوین عالم به حرکت گردابی، به نیروهای جاذبه و نیروهای فیزیکی ای متوسل می‌شوند که به هنگام برخورد ذرات گاز و غبار به همدیگر افزایش می‌یابند. حرکت این ذرات در برابر سیاره‌ای ابتدایی بایستی تا اندازه‌ای پرهرج و مرج بوده باشد. ذرات به مثابه ماهواره‌هایی بسیار خرد و مستقل از یکدیگر به گرد جسم مرکزی می‌گشتند. آنها می‌توانستند در جهت‌های مختلف و سطح‌های متفاوتی حرکت کنند و با این عمل ناگزیر بایکدیگر برخورد می‌کردند. اما چون تأثیر متقابل ذره‌های سنگین یا تصادم ذره‌های غبار یا ملکولهای گاز غیر ارتجاعی بود و در نتیجه با استحاله انرژی جنبشی به اشکال دیگر آن تسوأم می‌شد، مجموع مقدار انرژی مکانیکی ابرسیاره‌ای به مرور زمان کاهش می‌یافت. تحلیل

۱. Inelastic Collision. تصادم غیر ارتجاعی به تصادمی گفته می‌شود که در آن مقداری از کل انرژی جنبشی کاسته می‌شود. در فیزیک هسته‌ای به تصادمی گفته می‌شود که در آن یک ذره وارد به هسته موجب تحریک یا خورد شدن هسته مصدوم می‌گردد - م.

ریاضی تمام این پروسه نشان می‌دهد که این گونه تکامل ابرسیاره‌ای لزوماً به پهن شدن تدریجی آن و به شکل دیسک در آمدنش منجر گردید که همه ذراتش کم و بیش در یک سطح در حرکت بوده‌اند . علاوه بر این ، چون یک پروسه تمرکز با تجمع تدریجی مواد پراکنده به طور اجتناب ناپذیری شروع شد ، بود مواد مذوبه را ابتدا به صورت اجسام نسبتاً کوچک خردسیارگان (Planetesimals) و سپس به شکل تشکیلات بزرگتری در آمدند که مراکزی برای توده مواد شدند و در تحلیل آخر ، موجب تشکیل سیارات گردیدند .

بیشتر علمای امروزی علم تکوین کیهان ، روی ساده‌ترین قوانین فیزیک و شیمی تکیه می‌کنند و می‌کوشند که با محاسبه‌های مناسب ریاضی توضیح معقولانه‌ای راجع به ویژگیهای ساختمانی منظومه شمسیمان ، یعنی نظام حرکت سیاره‌ها و ماهواره‌هایشان ، شکل مدارهایشان ، فاصله‌های میان ستاره‌ها ، ابعاد و جرم سیاره‌ها ، طرز توزیع گشتاور زاویه‌ای میان خورشید و سیاره‌ها و غیره بیابند .

مطابقت دادن نتایج محاسبات تئوریک با نتایج حاصله از مشاهدات مستقیم ، معمولاً به مثابه محک درستی فرضیه‌های مورد نظر تلقی می‌شود . به علاوه فرضیه‌های کنونی راجع به منشأ کیهان نباید با حقایق متعدد زمین‌شناسی ، ژئوفیزیک و ژئوشیمی که اکنون مسلم می‌باشند ، تناقض داشته باشند .

بدبختانه در مورد منشأ منظومه سیاره‌ای ، با اشکال می‌توان از فرضیه‌های امروزی یکی را پیدا کرد که همه این توقعات را بر آورده کند . وضع دیگری که حل مسئله ما را بسیار مشکلتر می‌سازد این است که ما فقط درباره یک منظومه شمسی - منظومه شمسی خودمان - مفروضات واقعی کم و بیش مفصلی داریم . از این رو

ناچاریم که منشأ و تکامل اشیا بی را در نظر بگیریم که فقط یک نمونه منحصر به فرد آنها برای مطالعه مستقیم ماموجود است و این برای مامشکل است مشخص نماییم که کدام جنبه‌های آن وجه مشترك و شاخص همه منظومه‌های سیاره‌ای است و کدام جنبه صرفاً اختصاصی یا تصادفی است. از این لحاظ، دانش شناخت منشأ سیارات عالم راهنوز نمی‌توان کاملاً ساخته و پرداخته دانست.

اما اگر روی تطبیق نتایج بدست آمده از دانش شناخت منشأ سیارات عالم با نتایج تحقیقات ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی تکیه کنیم، تازه امکانی خواهیم یافت که درباره ترکیب شیمیایی سطح زمین و همچنین راجع به شرایط فیزیکی متداول آن در زمانی که تازه به صورت سیاره‌ای درآمده بود و هنوز حیات روی آن پدید نیامده بود، نوعی فرضیه مطرح نماییم.

برای نیل به هدف خود طبعاً باید توجه مخصوص خود را به عناصری معطوف نماییم که بعداً وارد ترکیب موجودات زنده و ترکیبات شیمیایی آنها شدند.

تشکیل پوسته زمین

در فصل پیش نشان دادیم که ویژگیهای شیمیایی موجودات زنده برای شناخت طبیعت اصلی حیات چه اهمیت فوق العاده‌ای دارند. باید ماهیت ترکیبات شیمیایی را که زمینه مادی حیات را می‌سازند بشناسیم. اما برای چنین شناختی تنها به تحلیل فیزیکی و شیمیایی ماده بنیادی زنده به صورتی که اکنون موجود است احتیاج نداریم. ما همچنین درباره راههای تشکیل ماده بنیادی زنده در شرایط طبیعی و در جریان پروسه تکامل سیاره‌مان به هنگامی که ترکیبات اصلی فوق العاده ابتدایی به تدریج و طبق قوانین فیزیک و شیمی تغییر می‌یافتند و پیچیده تر می‌شدند و خواص بازم نوتری را

کسب می نمودند ، به معلوماتی نیازمندیم . تنها اگر بتوانیم این گونه بررسیها را انجام دهیم ، خواهیم دانست که چرا این ترکیبات ویژه اند - و نه ترکیبات دیگر - که مقام اصلی را در ساختمان ماده زنده دارند ؛ و چرا چنین است که در زندگی همه موجوداتی که می شناسیم تنها این پروسه های ویژه شیمیایی و فیزیکی اند که ادامه می یابند نه پروسه های ممکن دیگر . این امر برای شناخت طبیعت اصلی حیات در مقایسه با معلومات ساده ما درباره اینکه اکنون در موجودات زنده چه رخ می دهد و چگونه رخ می دهد ، ممکن است حائز اهمیت کمتری نباشد .

مواد آلی ، پایه ساختمانی تمامی جمع کثیر موجودات زنده معاصر را تشکیل می دهند . بدون آنها هیچ حیاتی نتواند بود ، زیرا تنها تأثیر متقابل منظم آنهاست که می تواند برای سازمان بندی دینامیک اجسام زنده به لحاظ زمانی - که اساس متابولیسم بیولوژیک است - شرایط لازم را فراهم آورد . از این رو می توانیم بفهمیم که چرا باید مطالعه مان را درباره مسئله منشأ حیات بر روی زمین ، با بررسی راههایی شروع کنیم که به وسیله آنها مواد آلی در بدو امر تحت شرایط طبیعی ساخته شدند . با وجود این ، ما در تلاش خود برای حل مسئله مان ممکن است توجه خویش را به بررسی این شرایط در وضع کنونی نشان معطوف نماییم و آن وقت است که با مشکلی بزرگ و در نخستین نگاه ناگشودنی روبه رو می شویم . مشکل ما این است : بر سطح زمین و در مرحله کنونی تکاملش ، مواد آلی ای که از لحاظ بیولوژی اهمیت دارند تنها به وسیله موجودات زنده ساخته می شوند . مواد مزبور در نتیجه پروسه حیاتی سازند و بسیار عالی تکامل یافته ای ساخته می شوند .

اکنون تقریباً همه مواد آلی از راه فتوسنتز تولید می شوند .

گیاهان سبز ، انرژی نور خورشید را به کار می برند و از هوا

دی اکسید کربن (CO_2) جذب می نمایند. آنها بدین سان، همه مواد آلی لازم برای زندگی و نمو را از این شکل غیر آلی کربن به وجود می آورند. جانوران این مواد را یا با خوردن خود گیاهان یا با تغذیه موجودات گیاهخوار یا با تغذیه اجساد یا بقایایشان، از گیاهان می گیرند. تدابیر تغذیه ای مشابهی نیز هست که به مثابه منابع غذایی غیر آلی مورد استفاده بیشتر موجودات ذره بینی بیرنگ واقع می شوند و تنها عده کمی از آنها می توانند ترکیبات آلی را خود به تنهایی و از راه شیمیوسنتز بسازند که مانند فتوسنتز، پروسه ای بیولوژیکی است.

بدین ترتیب تمام موجودات زنده زمین به حساب ترکیبات آلی زیست خاسته که در جریان پروسه های حیاتی برخی از موجودات ساخته می شوند، زندگی می کنند. نه تنها مورد مزبور چنین است، بلکه حتی مواد آلی کانی، مانند نفت و زغال، از آنجا که به طور عمده محصول تجزیه و استحاله وسیع بقایای موجودات گذشته ای هستند که در پوسته زمین مدفون شده اند، اساساً از لحاظ منشأ زیست خاسته اند.

دانشمندان اوایل این قرن، بر اساس این دلایل به این نتیجه رسیدند که مواد آلی عموماً فقط تحت شرایط طبیعی و بر اثر فعالیت موجودات زنده (از راه زیست خاست) ممکن بود ساخته شوند. این حقیقت که اکنون انسان می تواند چنین موادی را مصنوعاً بسازد با نظر این دانشمندان متناقض به نظر نرسید؛ زیرا انسان هم موجود زنده ای است. او یک رشته واکنشهایی را به وجود می آورد از قبیل همانهایی که در موجودات زنده روی می دهند ولی در جهان غیر آلی وجود ندارند (مخصوصاً به اظهارات رینکه مراجعه شود). البته به نظر می رسد که چنین فرضی، مشکلی غلبه ناپذیر در راه حل مسئله منشأ حیات می نهد. انسان ضرورتاً باید تصور کند که موجودات زنده در نتیجه تکامل تدریجی مواد آلی سازنده شان

پدید آمدند. اما اگر بپذیریم که این مواد فقط در شرایط طبیعی و در جریان فعالیتهای حیاتی موجودات زنده ساخته می‌شوند ، خواه ناخواه به دور تسلسلی می‌افتیم که هیچ راه گریزی ندارد . ولی این مشکل تنها هنگامی پیش می‌آید که تصور کنیم زمین همیشه مانند حال بوده است .

به عکس ، اگر بگوئیم که باید وسیعتری به حل مسئله نزدیک شویم و آن را با توجه به معلومات خود در باره شرایط خارج از سیاره خودمان ، در اجرام سماوی دیگر ، مورد بررسی قرار دهیم ، به نتیجه دیگری خواهیم رسید .

اکنون به خوبی می‌دانیم که ساده‌ترین ترکیبات آلی ، هیدروکربورها و نزدیکترین مشتقاتشان ، تقریباً در همه اجرام سماوی که مطالعه‌شان میسر است ، پیدامی‌شوند. مواد مزبور در بیشتر این اجرام بی‌آنکه جزئیترین ارتباطی با حیات داشته باشند و تحت شرایطی که زیست خاست (Biogenesis) را مطلقاً منتفی می‌کنند، باید به وجود آمده باشند . به ویژه ثابت شده است که در جوهای فروزان بسیاری از ستارگان و از جمله آنها خورشید و همچنین در ابرهای سرد گاز و غبار بین ستارگان فضا و بر سطح سیاره‌های بزرگتر و اقمارشان، و در جسم ستاره‌های دنباله‌دار و بالاخره ، در شهابهایی که به زمین می‌افتند ، ترکیبات کربن و هیدروژن وجود دارند . از این رو چنین پیداست که ساده‌ترین ترکیبات آلی بی‌آنکه به حیات بستگی داشته باشند (بمزیست خاسته) در اجسام بسیار متنوع عالم پدید می‌آیند . بسیار بعید است که سیاره ما نسبت به این قاعده عمومی استثنای محض باشد و مواد آلی هرگز به طور مقدماتی تشکیل نشده باشند. آیا عاقلانه‌تر نیست تصور شود که این پروسه نیز در دوران ابتدایی‌تر تاریخ زمین، در زمانی که زمین هنوز بی‌حیات بود، روی آن صورت می‌گرفته و اینکه تنها بعدها بود که سنتز زیست‌خاسته سریع‌تر و وسیع‌تری بر آن سایه افکنده است؟

شواهد کیهان‌شناسی و مخصوصاً دلایلی که مستقیماً از تحقیقات زمین‌شناسی گرفته می‌شوند، چنین فرضی را کاملاً تصدیق می‌کنند. یوری^۱ در کتاب جالبش به نام «سیاره‌ها و منشأ و تکاملشان» دربارهٔ پروسه‌هایی شیمیایی که بایستی هنگام تشکیل زمین و در مراحل ابتدایی موجودیت آن صورت گرفته باشند، تحلیلی عمیق می‌کند. طبق نظریهٔ یوری امور اساسی زیر، مرحلهٔ ابتدایی تاریخ شیمیایی زمین را مانند تاریخ سیارات دیگر معین می‌کرد:

۱. طرز انتشار عناصر در کیهان، مخصوصاً در ابر غبار و گازی که منظومهٔ شمسی از آن ساخته شد؛

۲. درجهٔ حرارت متداول در مراحل مختلف تشکیل زمین؛

۳. میدانهای جاذبهٔ سیاراتی که تشکیل شده بودند؛

۴. خواص مواد شیمیایی سازندهٔ سیارات.

با بررسی ابرهای غبار و گاز موجود کنونی می‌توان ترکیب اصلی پیش‌اختری را استنتاج کرد که منظومهٔ شمسی ما از آن ساخته شد. گاز این ابرها به‌طور عمده حاوی هیدروژن است که به‌نظر می‌رسد کلاً عنصر عمده کیهان باشد (در حدود ۹۰ درصد کل جرم آن). هلیوم و گازهای خنثای دیگری نیز در این توده‌های غبار و گاز - اما به‌مقادیر کمتر - موجودند. بقیهٔ عناصر، مانند کربن، نیتروژن، اکسیژن، آهن، کلسیم، سیلیسیم و غیره فقط چند هزارم یا چند ده هزارم درصد کل جرم توده‌های گاز و غبار و حتی کمتر از این را نیز تشکیل می‌دهند. تنها موادی که در درجهٔ حرارت بسیار پایین، نزدیک صفر مطلق، که در آن زمان معمول بود و به‌صورت گازی توانستند وجود داشته باشند عبارت بودند از هیدروژن، گازهای خنثا و ترکیبی از

1. Urey (Harold C.) *The planets, their origin and development*. New Haven, Conn. Yale University Press, 1952.

هیدروژن و کربن، یعنی متان (CH_4) که به میزانی وسیع در توده های گاز و غبار پخش شده اند. ترکیبات عناصر دیگری که در حالت جامد و به شکل ذراتی از فلزها و اکسیدهایشان ساخته شده اند نیز مانند آب (به شکل یخ یا هیدراتها)، سیلیکاتها، ترکیبات گوگرد و نیتروژن و غیره در توده های غبار و گاز وجود دارند. (بشکل ۲ در آخر کتاب مراجعه شود)

پس از آنکه خورشید خود ستاره ای نورانی گردید و ابر پیش سیاره دیسک مانندی به وجود آمد، مناطق مختلف آن درجات حرارت متفاوتی یافتند. درجات حرارت ناشی از تشعشع خورشید در فواصل مختلف آن تقریباً همان اندازه بود که اکنون هست.

از این رو، بر اثر نزدیکی نسبی زمین به خورشید، ممکن نبود که گازهای آزادی همچون هیدروژن، هلیوم، و نئون در منطقه ای بمانند که زمین در آن تشکیل شده بود. قسمت قابل ملاحظه ای از این گازها توسط زمین، در جریان تشکیل آن ضایع گردید. این امر در مورد متان نیز که در ابر گاز و غبار اصلی وجود داشت، صادق بود. بخش بسیار بیشتر این گاز بایستی از حوزه تشکیل زمین ناپدید شده و در قسمت های سردتر ابر پیش سیاره جمع شده باشد و بر سطح سیاره های بزرگی که در آنجا تشکیل می شدند، در جایی که ما در واقع مقدار هنگفتی از این هیدروکربورها را می یابیم، فرود آمده باشد. از طرف دیگر، قسمت عمده مواد غیر فرار ابر پیش سیاره ابتدایی بایستی برای ساختن خرد-سیارگانی (Planetesimals) مانده باشد که در منطقه زمین تشکیل شدند. این امر نیز این واقعیت را روشن می سازد که ترکیب زمین از لحاظ عناصر سنگین، مانند ترکیب خورشید است. برعکس، با وجود اینکه خورشید و زمین مثل همدیگر از یک قسم ماده اصلی پدید

آمدند، مقادیر هیدروژن، هلیوم و دیگر گازهای خنثای روی زمین به مراتب کمتر از مقادیر آنها در روی خورشید است .

این عقیده اکنون پیروان بسیاری دارد که سیاره مادر درجه حرارتی نسبتاً پایین بر اثر جمع شدن اجسامی جامد و سرد تشکیل شده است ؛ اجسامی که از لحاظ ترکیب باهم متفاوت بودند و دارای مقادیر مختلفی آهن و سیلیکاتها بودند ولی همه شان ترکیبات فرار و از نظر شیمیایی خنثا را فاقد بودند . به طور کلی ، ترکیب شیمیایی این اجسام بایستی به ترکیب متوسط سنگهای شهابی کنونی بسیار شبیه بوده باشد .

تفاوتهای موجود در ترکیب و چگالی مواد جامدی که زمین از آنها تشکیل یافت به علت ناهمگنی بخش درونی بود که در جریان تکامل بعدی زمین متظاهر شد . این تکامل عموماً با گرم شدن تدریجی و موضعی سطح سیاره همراه بود و به طور عمده بر اثر تجزیه عناصر رادیواکتیو در داخل زمین صورت گرفت .

وقتی که این گرم شدن چندسالی ادامه یافت و درجه حرارت بخش درونی زمین به ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد یا بیشتر رسید ، قسمتی از سنگهای جامد آن ذوب شدند . بر اثر فشار زیاد داخل زمین ، مواد درونی آن از نو توزیع شدند و مواد سنگینتر دارای آهن فراوان در جهت مرکز فرو نشستند در حالی که سیلیکاتهای سبکتر به سوی سطح بالا آمدند . بدین سان ، با «ذوب و تفکیک» ترکیباتی از طبقات سطحی زمین که آسانتر ذوب می شدند پوسته زمین یا لیتوسفر در سطح کره زمین تشکیل شد . این پروسه در طول تمام دوره های زمین شناسی ادامه داشته است و هنوز نمی توان آن را پایان یافته دانست .

امروز پوسته زمین غشایی از بازالت و گرانیت است که روی آن را پوششی از سنگهای رسوبی گرفته است . در زیر پوسته زمین ،

به اصطلاح جبهه زمین قرار دارد که از مواد اولترابازیک - Ultrabasic material پر از سیلیسیم (دونیتها Dunites) ترکیب یافته است. غشای گرانیتی در حدود نصف سطح زمین را می پوشاند و در زیر قاره ها به حد اکثر ضخامت خود می رسد در صورتی که در تهاقیانوس آرام وجود ندارد. غشای بازالتی (Basaltic envelope) که در زیر آن قرار دارد ، تمام کره زمین را می پوشاند ؛ اما این نیز در زیر اقیانوسها نازک است. ا. وینوگرادف بر اساس آزمایشهای خود درباره ذوب منطقه ای کندریتها یا سنگهای شهابی معتقد شد به اینکه دونیتهای جبهه زمین باقیمانده های «ذوب و تفکیک» مواد ابتدایی زمین هستند که از لحاظ ترکیب شبیه کندریتها بوده اند.

۱. در نخستین سمپوزیوم بین المللی اتحادیه بین المللی بیوشیمیستها راجع به منشأ حیات در روی زمین ، که در سال ۱۹۵۷ در مسکو برگزار شد ، ا. وینوگرادف A. Vinogradov دانشمند اتحاد شوروی در سخنرانی تحت عنوان «منشأ بیوسفر» به آزمایشهای خود درباره ذوب منطقه ای سنگهای شهابی یا کندریتها اشاره کرد . او خاطر نشان ساخت که توجه خود را به این واقعیت معطوف داشته بود که ترکیب شیمیایی کندریتها با ترکیب شیمیایی سنگهای اولترا بازیک درون زمین که شاخصشان دونیتها هستند اختلاف فاحش دارد و این اختلاف در این است که کندریتها حاوی مقدار زیادی عناصر شیمیایی اند که در سیلیکاتهای مذاب به سادگی به تحرك درمی آیند . او می گوید که اگر میله ای را که از مواد يك سنگ شهابی ساخته شده است در حدود درجه ذوب آن طوری گرما دهیم که فقط باریکه ای از آن ذوب شود و بعداً منبع حرارت را به تدریج در امتداد تمام طول میله نقل مکان دهیم ، و این عمل را چندین بار تکرار کنیم مشاهده خواهیم کرد که قسمت مایع آن مکرراً در طول میله سیر می کند . در نتیجه این امر ، در یک سر میله موادی جمع می شوند که درجه حرارت تبلور گدازه سیلیکات را پایین می آورد ، در صورتی که در انتهای دیگر موادی خواهیم داشت که درجه حرارت تبلور آن را بالاتر می برند.

ذوب و تفکیک سنگهای سبک بازالتی از توده جبه تحت تأثیر گرمای پرتو خاسته (Radiogenic) بایستی با آزاد شدن بخارها و گازهای مختلف همراه بوده باشد. این امر یا به علت آن بود که ترکیبات مزبور بر اثر افزایش درجه حرارت به صورت گاز در آمده بودند یا بدین جهت که پروسه های رادیواکتیویته، تشعشعی-شیمیایی یا شیمیایی که در پوششهای جامد زمین ادامه داشتند موجب تشکیل مواد مزبور شدند.

تکامل تدریجی اتمسفر و هیدروسفر

بدین ترتیب، تشکیل پوششهای آبی و گازی زمین (هیدروسفر و اتمسفر) از همان آغاز با پروسه هایی که در لیتوسفر روی می دادند، ملازمت بسیار دقیقی پیدا کرد.

مقدار آب سطح زمین در زمان مورد بحث، بایستی بسیار کمتر از مقدار کنونی آن بوده باشد. یوری تصور می کند که فقط در حدود یک دهم مقدار آبی که اکنون در دریاها و اقیانوسها موجود است، در روی زمین ابتدایی وجود داشته است. بقیه آب، بعداً پدید آمد - یا با تشکیل لیتوسفر متدرجاً از سیلیکاتهای هیدراته یا به طور کلی، از آب ترکیبی ساختمان بخش درونی زمین آزاد شد.

هر چند که زمین قسمت بیشتر هیدروژن منطقه ابرپیش سیاره خود را در جریان تشکیل از دست داد، و فور هیدروژن در مواردی که زمین در اصل از آنها تشکیل یافت، تأثیر قابل ملاحظه ای در ترکیب این سیاره، به ویژه در ترکیب اتمسفر آن داشت. حتی

وینوگراف از آزمایشهایش به این نتیجه می رسد که «دونیتهای سازنده جبه زمین باقیمانده ذوب و تفکیک مواد زمینی اند که ترکیبشان مشابه ترکیب کندریتها بود» - م.

پس از آنکه زمین مقدار زیادی از هیدروژن آزاد خود را از دست داد ، بایستی مقدار زیادی از این عنصر را به صورت ترکیبات مختلف حفظ نموده باشد . بسیاری از این ترکیبات در جریان تشکیل زمین متصاعد شدند تا اتمسفر زمین تشکیل شد و بدین سبب اتمسفر احیا کننده ای قوی گردید .

اتمسفر کنونی ما ، برعکس به وفور اکسیژن آزاد معروف است ؛ و از این رو به وضوح اکسید کننده است . اما فراوانی اکسیژن گازی ، تنها این اواخر پس از پیداشدن حیات در روی زمین ، بایستی حاصل شده باشد . اگر در مراحل ابتدایی عمر زمین اکسیژن آزادی در اتمسفر آن وجود داشته فقط مقدار بسیار کمی بوده است .

اکسیژن آزاد می تواند از راه بی زیست خاست ، در نتیجه واکنشهای تشعشعی-شیمیایی ، بویژه بر اثر تجزیه آب صورتبندیهای صخره ای به وسیله اشعه آلفا ، به وجود آید . اما اکسیژن آزاد که بر اثر قدرت فعالیت شدیدش ، در جریان عبور از توده پوسته زمین مواد مختلف اکسید نشده آن را اکسید می کرد ، ممکن بود فقط مقادیر ناچیزی از آن به سطح زمین برسد . گازی که بر اثر تجزیه تشعشعی آب موجود در صورتبندیهای صخره ای آزاد می شد اتمسفر را بیشتر با هیدروژن اشباع می ساخت تا با اکسیژن . اکسیژن آزاد می تواند در طبقات خارجی اتمسفر نیز بر اثر تجزیه فتو-شیمیایی بخار آب به وسیله اشعه ماوراء بنفش ، یعنی از راه بی زیست خاست به وجود آید . هیدروژن گازی که بدین سان تولید می گردید ، به فضای بین سیارات می رفت . زیرا نیروی جاذبه زمین نمی توانست آنرا نگه دارد . ولی چون اکسیژن آزاد در اتمسفر باقی می ماند و آب اقیانوسها آنرا جذب می کرد ، هرگز نمی توانست غلظت قابل ملاحظه ای پیدا کند . اکسیژن در آب اقیانوسها نمکهای احیا شده آهن را که آزادانه حل می شدند ، اکسید می کرد و نمکهای

اکسید شده‌ای تشکیل می‌داد که ته‌نشین می‌شدند و به تدریج رسوبهای عظیمی از سنگهای آهن بسیار قدیمی می‌ساختند .

امروزه تردیدی نمی‌توان داشت که جرم قابل ملاحظه اکسیژن آزاد اتمسفر ، همان‌طور که می‌دانیم ، از زمان پیدا شدن حیات در روی زمین به بعد خاستگاه حیاتی داشته و بافتوسنتز به وجود آمده است . با وجود این ، حتی حالا هم که اتمسفر به‌طور ثابت به وسیله گیاهان سبز از اکسیژن آزاد پر می‌شود ، تنها خارجیت‌ترین غشای پوسته زمین است که کاملاً اکسید شده است .

طبقات عمیقتر هنوز هم در یک حالت احیای شدید هستند و از این رو بسیار فوری با اکسیژن ترکیب می‌شوند . این امر را از شواهد جاری می‌توان دریافت که گدازه‌های آتشفشانی و بازالت به رنگ سیاه ، سبزی یا خاکستری‌اند ؛ و این نشان می‌دهد که مواد مزبور دارای آهنی به صورت اکسید ناقص هستند و حال آنکه سنگهای رسوبی ، مانند رس و ماسه ، سرخ‌رنگ‌اند زیرا آهن آنها کاملاً اکسید شده است .

بدین‌سان می‌توانیم با چشمان خویش ببینیم که چگونه اکسیژن اتمسفر به تدریج که سنگهای آذرین به سنگهای رسوبی تبدیل می‌شوند ، جذب می‌گردد . و نیز می‌بینیم که تنها پروسه مداوم فتوسنتز است که اکنون ادامه دارد و جا به جایی این گاز را در اتمسفر زمین تضمین می‌کند . طبق محاسبه‌های گلد شمیت V. Goldschmidt اگر اکنون همه گیاهان روی زمین ناگهان نابود گردند ، اکسیژن آزاد اتمسفر در عرض چند هزار سال از میان می‌رود که از لحاظ زمین‌شناسی زمان بسیار کوتاهی است .

اکسیژن آزاد ، در این صورت ، به وسیله مواد سنگهایی جذب خواهد شد که کاملاً اکسید شده نباشند .

گاز مهم دیگری که اکنون در اتمسفر وجود دارد ، نیتروژن

است . این گاز ابتدا بایستی به شکل احیا شده اش آمونیاک بوده باشد که ترکیبی از نیتروژن وهیدروژن است . ما برای این تصور که در ماده جامدی که زمین از آن ساخته شد ، نیتروژن به طور عمده به صورت ترکیبهای فلزی ، نیتروورهای فلزی یا به صورت ترکیبهای آمونیاکی بوده ، دلایل کافی داریم . وجود نیتروورها در پوسته زمین توسط این حقیقت تأیید شده است که زمین شناسان مواد مزبور را در آن یافته اند . این مواد همچنین در گدازه های آتشفشانی پیدا می شوند . نیتروورها در جریان تشکیل پوسته زمین بایستی با آب ساختمانی درون زمین تولید و اکسید شیمیایی نموده باشند و آمونیاکی که بدین سان درست می شد از سطح زمین به داخل اتمسفرها می گردید . زمین شناسان نمکهای آمونیاکی را نیز در لیتوسفر می یابند . در گازهای آتشفشانی و در گازهایی که از چشمه های گرم متصاعد می شوند می توان مقادیر قابل ملاحظه ای آمونیاک پیدا کرد که محققاً منشا حیاتی ندارند .

نیتروژن ملکولی آزاد اتمسفر ما بدون شك به طور ثانوی و به واسطه اکسید شدن آمونیاک پدید آمده است . ورنادسکی نیز نشان داده است که مقدار قابل ملاحظه ای از نیتروژن آزاد اتمسفر بایستی به صورت زیست خاسته ، یعنی در نتیجه فعالیت های حیاتی موجودات زنده به وجود آمده باشد .

سولفورهای فلزی پوسته زمین ، مانند نیتروورها ، منابع هیدروژن سولفور به وجود آمده که گازی است با بوی تند و از هیدروژن و گوگرد ترکیب شده است . این گاز همچنین بایستی در اتمسفر احیا کننده ابتدایی زمین موجود بوده باشد .

تشکیل هیدروکربورها و نزدیکترین مشتقاتشان هنگام به وجود آمدن زمین و آغاز موجودیت آن

برای رسیدن به مقصود ، مخصوصاً به طبیعت ترکیباتی

علاقه‌مندیم که کربن برای نخستین بار در وجود آنها روی زمین ظاهر شده زیرا این عنصر اساس همه ترکیبات آلی را، بدون استثنا تشکیل می‌دهد.

همان‌طور که قبلاً نشان دادیم، هیدروکربور ابتدایی ابر پیش‌سیاره - متان - بایستی زمین را با ترك منطقه تشکیل آن رها کرده باشد. شاید فقط جزء اندکی از آن به واسطه انضمامش به صورتبندیهای مختلف درون خود سیارگان ابقا شده باشد. اشکال پایدارتری که ممکن است کربن بدان صورتها در اجسام سخت تشکیل دهنده زمین ابقا شده باشد، ترکیبات کربن بافلزها (کربورها) و گرافیت است. اما این مواد را در ترکیب سنگهای شهابی که از لحاظ ترکیب شیمیایی با ترکیب مواد سازنده زمین مطابقت دارند، می‌یابیم. ذکر این نکته جالب است که کربورهای طبیعی در واقع امر، ابتدا در یک سنگ معدنی دارای خصوصیات سنگهای شهابی، یعنی کوهنیت Cohenite که از لحاظ شیمیایی ترکیبی از کربن، آهن، نیکل و کبالت است، کشف شدند. تنها بعدها بود که کوهنیت‌هایی از منشأ زمینی پیدا شدند. اینها بعضی از ترکیباتی هستند که از عمیقترین طبقات پوسته زمین گرفته می‌شوند. کوهنیتها بدون شك بایستی در جریان تشکیل خود بر آب درون زمین تأثیر کرده متان و هیدروکربورهای دیگر را به وجود آورده باشند. این گازها به تدریج در اتمسفر زمین انباشته شدند؛ زیرا به محض آنکه زمین تشکیل شد، در میدان جاذبه‌اش قرار گرفتند و راه‌گریز به فضای بین سیارات را نداشتند.

راههای دیگری هم برای به وجود آمدن هیدروکربورها در جریان تشکیل پوسته زمین می‌توان تصور کرد. این مواد به ویژه ممکن بود که بر اثر احیای مستقیم گرافیت به وسیله هیدروژن آزادی که از تجزیه شیمیایی - تشعشعی آب حاصل می‌شد به وجود آیند. بعضی از مصنفان به این امکان اشاره می‌کنند که متان ابتدایی

پیش‌سیاره دیسک مانند، ممکن است ابتدا به دام صخره‌ها افتاده و بعدها به بیرون رانده شده باشد .

بدین‌سان شواهد علم تکوین سیارات با نتایج بررسیهای ژئوشیمی معاصر توافق کامل دارد و ما را به این نتیجه هدایت می‌کند که روی زمین، مانند اجرام سماوی دیگر، تشکیل هیدروکربورها و نزدیکترین مشتقاتشان که ساده‌ترین مواد آلی هستند، از راه بی‌زیست‌خاست نه‌تنها امکان داشته است، بلکه باید صورت گرفته باشد . تنها مسئله‌ای که اکنون مطرح است این است که در زمان تشکیل زمین و در جریان دورهٔ بعدی موجودیت آن کدامین روش از راههای بی‌زیست‌خاست هیدروکربورها، بیش‌ازهمه شایع بود. اکنون هیچ‌گونه تردیدی نمی‌توان داشت که چنین بی‌زیست‌خاستی بایستی روی داده باشد . این امر به‌وسیلهٔ بسیاری از مشاهدات مستقیم زمین‌شناسی تأیید شده است.

همان‌طور که قبلاً نشان دادیم، تشکیل پوستهٔ زمین را که از آغاز موجودیت آن شروع شد، حتی اکنون نیز نباید پایان یافته دانست . از این رو می‌توان امیدوار بود که در عمیقترین طبقات لیتوسفر که شرایط احیاکنندگی بر آن حکمفرماست، پروسهٔ تشکیل ابتدایی بی‌زیست‌خاسته هیدروکربورها کشف شود . در حقیقت، این امیدواری به‌جاست. وجود تعدادی از سنگهای گازدار، سنگهایی که تشکیلاتشان رابطه‌ای مستقیم با مواد رسوبی ندارد، امکان بی‌زیست‌خاست هیدروکربورها را در شرایط کنونی مدلل می‌دارد. از این قبیل گازها، مثلاً هیدروکربورهای گازی هستند که در سنگهای بلورین دریاچه هورن‌کانادا، یا حوزهٔ اوختا در اتحاد جماهیر شوروی ایجاد شده‌اند . انتشارات گازی که اخیراً در کوههای خیبینی Khibiny، واقع در شبه جزیره کولا کشف گردید، از این لحاظ حائز اهمیت ویژه‌ای است. تحقیقی که به‌عمل آمده است نشان می‌دهد که گازهای مزبور حاوی متان و هیدرو-

کربورهای سنگینترند. آزمایشهایی فوق‌العاده مفصل، در باره کیفیتهای فیزیکی و شیمیایی و ژئوشیمیایی، به‌طور قطعی نشان می‌دهند که این گازها از ماگما تولید شده بودند.

تعداد مواردی که نفت در سنگهای آذرین یا دگرگونی (Metamorphic) پیدا شده، این اواخر به مراتب بیشتر شده است. اما از آنجا که این اکتشافها بسیار به ندرت اهمیت صنعتی دارند و مقدار موجودشان ناچیز است، زمین‌شناسان و نفتگران توجه بسیار کمی به آنها نموده‌اند. با این حال، این قبیل اکتشافها در بسیاری از کشورها صورت گرفته است و شماره‌شان به صدها می‌رسد. بویژه، هیدروکربورهای مایع و گازی نیز به‌صورت لکه‌ها و انتشارات ناچیزی در سوراخهای بسیار عمیق شکافها، و درون سنگهای بلورین، و دگرگونی بیخ آنها، یعنی در جاهایی که سنگهای رسوبی به سختی می‌توانستند بدانها برسند پیدا شده‌اند.

بنابراین، گرچه نفتی که از سنگهای رسوبی استخراج می‌شود آثاری واضح از منشأ حیاتی خویش نشان می‌دهد، اما بر پایه حقایقی که اکنون می‌شناسیم، به هیچ وجه دلیلی برای انکار این امر وجود ندارد که نفت هنوز هم، ولو به مقیاسی محدود، ممکن است به‌راه غیر حیاتی در حال تشکیل باشد.

پیش از پدید آمدن حیات، این اعمال تنها وسایل تولید ترکیبات آلی بوده‌اند. اما با پیدا شدن حیات، وسایل نو و بسیار مؤثرتر سنتز ترکیبات آلی، بویژه فتوسنتزی پدید آمد که نور خورشید، این منبع تمام نشدنی انرژی را مورد استفاده قرار می‌داد. در نتیجه این امر بخش قابل ملاحظه‌ای از کربن روی

۱. Magma - در زمین‌شناسی گدازه‌های خمیر شکل درون زمین را که پس از انجماد به سنگهای آذرین تبدیل می‌شوند، ماگما می‌نامند - م.

زمین به اعمال حیاتی کشانیده شد و شیوه کهن تشکیل بیز بست خاسته هیدروکر بورها اهمیت خود را از دست داد ؛ به طوری که اکنون تنها با اشکال می توان آثار ضعیفی از آن پیدا کرد. با وجود این، تشکیل بی زیست خاسته هیدروکر بورها اصولاً بازهم رخ می توانست داد؛ و این در گذشته، تنها طریق تشکیل هیدروکر بورها بود.

به این ترتیب در مورد طریقه تشکیل سیاره ما و در مورد پروسه های بعدی که بر سطح آن روی می دادند تمام شواهد موجود و نیز مشاهدات مستقیم ژئوشیمی و زمین شناسی، ما را متقاعد می سازد که از همان پیشینترین دوره های تشکیل سیاره، یعنی بسیار پیش از پیدا شدن حیات در روی آن، متان و هیدروکر بورهای مختلف دیگری به راههایی غیر حیاتی و شیمیایی صرف ساخته می شدند و بر سطح زمین، در پوسته اش، در هیدروسفرش، و اتمسفرش جمع می گشتند.

تکامل بعدی مواد آلی

امروزه شیمی آلی را شیمی هیدروکر بورها و مشتقاتشان می دانند. زیرا این ترکیبات دارای امکانات شیمیایی شگفت انگیز و بی مانندند. در طی چند هزار میلیون سالی که از تشکیل زمین تا پدید آمدن حیات در روی آن گذشت، بی تردید هیدروکر بورها در سطح زمین متحمل بسیاری از این واکنشهای ممکن گشتند. هیدروکر بورها نمی توانستند مدتی دراز تغییر ناپذیر بمانند؛ بلکه ناگزیر بودند که هم با خودشان و هم با مواد دیگر پیرامونشان در واکنشهای شیمیایی وارد شوند و یک دسته ترکیبات آلی پیچیده به کلی مغایر با مواد دنیای غیر آلی بسازند. همین امر موقعیت خاصی از لحاظ پدید آمدن حیات، بدانها داد. زندگی تنها در جریان یک پروسه افزایش منظم پیچیدگی ترکیبات آلی می توانست

پدید آید و بدون مواد آلی حیات هرگز امکان تکوین نداشت ، هر چند که از لحاظ نظری می توانیم اشکال بسیار پیچیده دیگر سازمانبندی و حرکت ماده را تصور کنیم که پیداشدن آنها مبتنی بر اساسی کاملاً متفاوت و به راههایی مغایر با اساس و راههای پدید آمدن حیات باشد . اما ، چنین فانتزیهای تهورآمیز (و معمولاً بی پایه) ای ، همان طور که در فصل اول نشان داده شد ، از حوزه علاقه ما بسیار بدورند .

رد و اثر تکامل تدریجی مواد شیمیایی را که در جریان چند هزار میلیون سالی که پیش از مسکون شدن زمین توسط موجودات زنده ادامه داشت ، چگونه می توان دنبال کرد ؟

با نظر اول ممکن است چنین بنماید که ساده ترین و امید بخشترین نحوه نزدیک شدن به حل مسئله ، راه تحقیقات شیمیایی به منظور کشف و مطالعه موارد استحاله بی زیست خاسته ترکیبات کربن باشد که در زمان حاضر تحت شرایط طبیعی ولی بدون وجود حیات ادامه می یابند . یعنی درست همان طوری که تشکیل هیدروکربورها را در جریان تشکیل پوسته زمین بررسی کردیم .

چنین بررسیهایی البته اطلاعات ارزشمندی به ما می دهند ، اما باید این حقیقت را به خاطر داشت که حیات پس از آنکه در زمانی پدید آمد ، بسیاری از شرایط حاکم بر روی زمین را از ریشه دگرگون ساخت . اکنون مشاهده مستقیم بسیاری از پدیدههایی که در گذشته معمولاً روی سطح زمین روی می دادند ناممکن است ، در حالی که از سوی دیگر ، پروسه های نوی را می توان یافت که هنگامی که زمین فاقد حیات بود وجود نداشتند .

بنابراین حق نداریم که کشفیات معاصر ژئوشیمی را به دوران دور آغازهای سیاره مان به طور مکانیکی منتقل کنیم . ما باید با استفاده وسیع از تجربه آزمایشگاهی و کوشش برای باز ساخت

مصنوعی پدیده‌هایی که زمانی بر سطح زمین رخ می‌دادند و درعین حال با بررسی استحاله‌هایی که مواد آلی در آن شرایط متحمل می‌شدند، کشفیات مزبور را به‌میزان قابل ملاحظه‌ای تصحیح بنماییم.

تنها مقدار کمی از هیدروکربورها که از راه بی‌زیست‌خاست در لیتوسفر تولید شده بودند، می‌توانستند مدت درازی در ترکیبات اولیه باقی بمانند. تمام ترکیبات فرار کربن، همان‌طور که هنوز هم در مورد گازهای سوخت طبیعی دیده می‌شود، بایستی به تدریج از پوسته زمین به داخل اتمسفرها شده باشند.

همان‌طور که قبلاً نشان دادیم، اتمسفر زمین پیش از پیداشدن حیات از این لحاظ که طبیعتاً احیاکننده بود، با اتمسفری که فعلاً هست فرق اساسی داشت. بنابراین تنها قسمت بسیار کمی از هیدروکربورهای که به اتمسفر می‌رفت می‌توانست به وسیله اکسیژن ملکولی اکسید شود و در نتیجه منواکسید کربن (CO) یا حتی اسید کربنیک (CO_2H_2) ساخته شود. اما حتی اگر اسید کربنیک هم تشکیل می‌شد، امکان نداشت که در اتمسفر اولیه زمین به مقدار قابل ملاحظه‌ای جمع شود. زیرا پس از ایجاد واکنشهایی با سیلیکاتهای لیتوسفر به شکل کربناتها در پوسته زمین بود که رسوب می‌کرد و رسوبهای این ماده می‌بایستی بسیار پیش از پیداشدن حیات پدید آمده باشند. ولی پس از پیداشدن حیات بود که تشکیل کربناتها مخصوصاً به شدت صورت گرفت و اکنون ذخایر عظیمی از سنگهای کربناتی هست که در جریان کلیه انواع پدیده‌های آتشفشانی منابع تولید مجدد دی‌اکسید کربن (CO_2) اتمسفر هستند.

قسمت بیشتر هیدروکربورهای که از لیتوسفر خارج می‌شد، در سطح زمین با بخار آب، آمونیاک، هیدروژن سولفور، و دیگر

گازهای اتمسفر احیاکننده اش واردکنش و واکنش می‌شد. این فعل و انفعالاتها به کمک تشعشع موج کوتاه ماورای بنفش خورشید بسیار تسهیل می‌گردید. زیرا در آن زمان معمولاً می‌توانست عمیقاً به داخل اتمسفر نفوذ کند. اکنون سطح زمین از تأثیر این تشعشعها به وسیله سپر به اصطلاح «تور ازن» (Ozone screen) حمایت می‌شود. در ارتفاع حدود ۳۰ کیلومتری اتمسفر کنونی لایه‌ای از ازن وجود دارد که در نتیجه تأثیر نور ماورای بنفش بر اکسیژن ملکولی پدید آمده است. این قشر تمام بخش موج کوتاه نور بنفش را جذب می‌کند. واضح است که با وجود اتمسفری احیاکننده، و نبودن اکسیژن ملکولی، تور ازن در میان نمی‌توانست بود و این امر در اتمسفر ابتدایی برای واکنشهای فتوشیمیایی که هیدروکربورها استعداد آنها را داشتند شرایط مساعدی به وجود آورد.

دومین منبع مهم انرژی برای استحالته شیمیایی آلی و بی‌زیست خاسته ممکن است تخلیه‌های الکتریکی خاموش و جرقه‌زا بوده باشد که در گذشته صورت می‌گرفت و اکنون نیز در اتمسفر ادامه دارد (بیشتر به شکل آذرخش).

در سالهای اخیر، مطبوعات علمی انجام کارهای بسیار زیادی را به اطلاع عموم رسانیده‌اند. با این آزمایشها تلاشهایی شده است تا شرایطی را که می‌بایست در اتمسفر ابتدایی حکمفرما بوده باشند و واکنشهای شیمی آلی را که در آن شرایط صورت می‌گرفتند، از نو در آزمایشگاه ایجاد کنند.

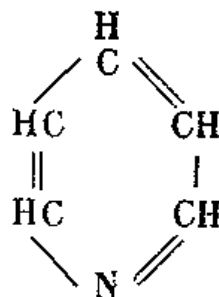
بدین طریق نشان داده شده است که تحت تأثیر نور ماورای بنفش یا تخلیه‌های خاموش، حتی گاز نسبتاً خنثایی همچون متان هم می‌تواند به مثابه منبع مصالح تشکیل ترکیبات آلی متعددی از جمله مشتقات اکسیژندار، نیتروژندار، گوگرددار و فسفردار

به کار آید که ممکن است آلیفاتیک ۱، آروماتیک ۲، یا هتروسیکلیک ۳، باشند .

۱. Aliphatic Compounds . ترکیبات الیفاتیک به آن دسته از ترکیبات آلی گفته می شود که رشته اتمهای کربن آن باز است ؛ مثل پارافینها به فرمول C_nH_{2n+2} ، اولفینها Olefins به فرمول C_nH_{2n} و استیلنها Acetylenes به فرمول C_nH_{2n-2} و مشتقات آنها . الیفاتیک از کلمه یونانی Aleiphar به معنای چربی گرفته شده است . این ترکیبات را بدین علت به این نام نامیده اند که ابتدا معلوم شد که اسیدهای آلی ، الکلها ، اترها ، و اترسلها ، رابطه نزدیکی با چربیها دارند - م .

۲. Aromatic Compounds . ترکیبات آروماتیک یا ترکیبات معطر ، نام یک دسته از مواد آلی است که ملکول آنها دارای یک یا چند حلقه شش کربنی معروف به حلقه بنزن Benzene است . این دسته مواد از بنزن مشتق می شوند و چون اکثر آنها معطر و بو دارند ، بدین نام نامیده شده اند - م .

۳. Heterocyclic Compounds - پیشوند Hetero معنای «دیگر» و «غیر» را به کلمه می افزاید . مواد هتروسیکلیک ترکیباتی هستند که ملکول آنها حلقوی است ولی حلقه یا حلقه های هر ملکول دارای پنج اتم کربن و یک اتم دیگر (Hetero-) غیر از کربن هستند . مثل پیریدین Pyridine به فرمول C_5H_5N یا ،



که طرز ترکیب آن را نمایش می دهد - م .

منشأ اسیدهای آمینه

می توانیم برای توضیح مطلب به آزمایشهای بسیار معروف میلر استناد کنیم . او توانست تخلیه‌های خاموش را از مخلوطی گازی بگذراند که محتوی متان، آمونیاک، هیدروژن و بخار آب بود و بدین سان اسیدهای آمینه‌ای به دست بیاورد که مهمترین اجزای ترکیبی ملکول پرتئین هستند . سنتزهای مشابهی از اسیدهای آمینه نیز توسط پاولوفسکایا T . E . Pavlovskaya و پاسینسکی با استفاده از اشعه موج کوتاه ماورای بنفش صورت گرفته است . این سنتزهای اخیر به مناسبت شرایط خاصی که باید دقیقتر بررسی کنیم ، اهمیت ویژه‌ای دارند . مواد آلی در مرحله معینی از جریان افزایش تدریجی پیچیدگی خود خاصیتی جدید کسب نمودند که قبلاً وجود نداشت و آن دیسیمیتری^۱ بود . مثلاً متان و ساده‌ترین مشتقهای آن، متانل، فرمالدئید و متیلامید دارای این خاصیت نیستند . این خاصیت حتی در گلیسین ، یعنی ساده‌ترین اسید آمینه نیز وجود ندارد . اما همه اسیدهای مرکبتر دارای این خاصیتند.

عدم تقارن^۲ مواد آلی

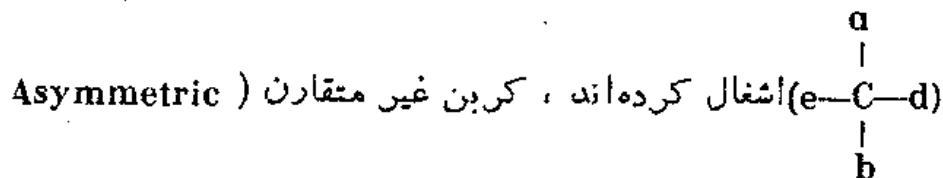
عدم تقارن مواد آلی را می توان چنین توضیح داد : همه

۱. Dissymmetry - به توضیح‌های زیر راجع به عدم تقارن و اشکال

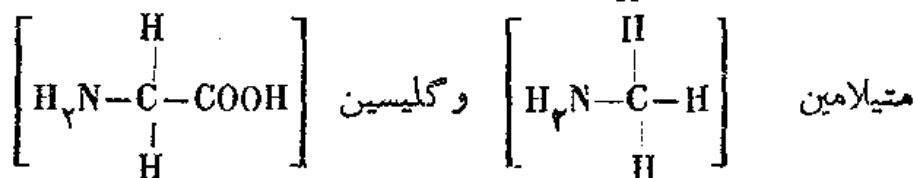
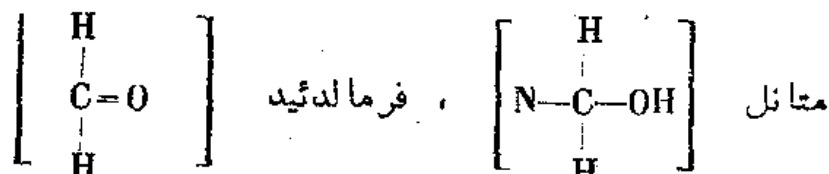
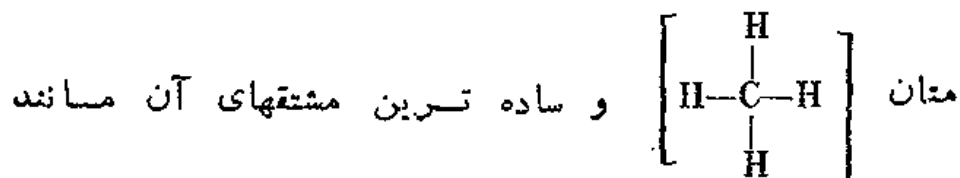
آن مراجعه شود. - ۲

۲. Asymmetry - عدم تقارن مواد آلی را به علت وجود کربن

با کربنهای غیرمتقارن در ملکولهای آنها می دانند. در شیمی آلی به هر کربنی که چهار ظرفیتش را اتمهای یا گروههای اتمی غیر همجنس

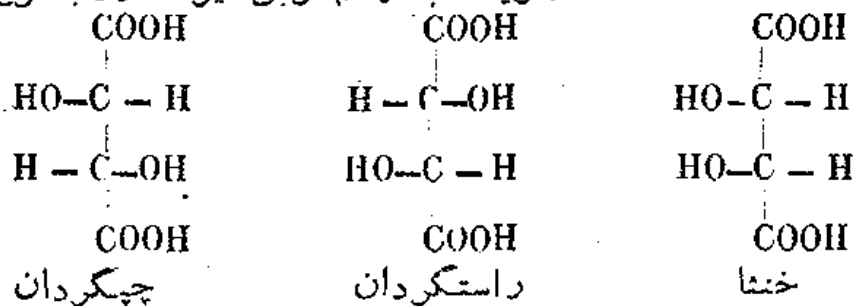


Carbon) می نامند. عدم تقارن این کربن بدین علت است که نمی توان يك صفحه فرضی تقارن از ملکول مربوط بدان گذرانید. در



کربن غیرمتقارن نیست. در مورد ایزومرهای مواد آلی دارای کربن یا کربنهای غیرمتقارن، از لحاظ پیکربندی (فرمول گسترده فضایی) و تأثیر بر نور پلاریزه سه شکل ایزومر وجود دارد؛ شکل راستگردان (Dextrorotatory یا Dextrogyrous)، شکل چپگردان (Levorotatory یا Levogyrous) و شکل خنثا یا مزو (Meso یا Inactive).

مثال اسید تارتريك، با دو اتم کربن غیرمتقارن به شرح زیر:



دو شکل چپ و راست نسبت به هم تصویر آئینه ای شمرده می شوند که تأثیرشان بر صفحه نور پلاریزه عکس یکدیگر است. مثل دو شکل

مواد آلی دیسیمیتریک به دوشکل وجود دارند که به یکدیگر شباهت بسیار دارند. ملکولهای آنها عیناً دارای اتمها و گروههای اتمی همانندند؛ ولی موقعیت فضایی این گروههای اتمها متفاوت است. اگر بنیان (Radical) خاصی در یک شکل درست‌داست قرار داشته باشد، در دیگری درست‌چپ قرار می‌گیرد و بالعکس.

دو دست ما می‌توانند به‌مثابهٔ مدل ساده‌ای از ملکولهای دیسیمیتریک مورد استفاده واقع شوند. اگر آنها را در جلو خود به‌حالتی نگهداریم که کف دستها رو به پایین قرار بگیرند، خواهیم دید که دستهای چپ و راست باهم تشابهی که به‌هم دارند از لحاظ ترتیب اجزای مختلفشان با یکدیگر فرق دارند. اگر شست دست راست در طرف چپ است، شست دست چپ در سمت راست است. از این رو گویی هر دست تصویر آئینه‌ای دست دیگر است.

در سنتزهای معمولی و مصنوعی مواد آلی در آزمایشگاه‌هایمان همیشه مخلوطی از هر دوشکل ملکول دیسیمیتریک به‌طور متساوی (موسوم به مخلوط راسمیک Racemic mixture) به دست می‌آوریم. این امر کاملاً مفهوم است؛ زیرا تشکیل یک شکل یا شکل دیگر - آنتی‌پد راست یا چپ - بستگی به این دارد که جای کدام یک از دو اتمی که درست‌راست یا چپ صفحهٔ تقارن قرار دارند با یک گروه اتمی جدید عوض می‌شود. اما خود مفهوم تقارن می‌رساند که این هر دو اتم در معرض نیروهای یکسانی هستند. بنابراین

دیسیمیتریک (Dissymmetric forms) یا ایزومرهای نوری (Optical isomers) یا انانتیومرفهای نوری، (Optic Enantiomorphs) و یا آنتی‌پدهای نوری (Optic Antipodes) وجود دوشکل ایزومر نوری چپ و راست را در شیمی آلی دیسیمیتری Dissymmetry می‌نامند - م.

احتمال تشکیل این یا آن شکل آنتی‌پد به یک اندازه است. چون قانون میانگینها در مورد واکنشهای شیمیایی صدق می‌کند پیدا شدن افزونی یک آنتی‌پد بسیار نامتحمّل است، و در واقع در شرایط طبیعت غیرزنده و در سنتزهای آزمایشگاهی هرگز به آن برخورد نمی‌کنیم. مثلاً در سنتز میلر، اسیدهای آمینه به دست آمده همیشه راسمیک بودند.

بالعکس، در موجودات زنده اسیدهای آمینه‌ای که پرتئینهای طبیعی از آنها ساخته می‌شوند، همیشه پیکربندی^۱ چپ دارند. به طور کلی اگر ارگانسمی ملکول دیسیمیتریک بسازد تقریباً همیشه فقط یک شکل آن را می‌سازد. این یارایی پرتوپلاسم به سنتز انتخابی و اندوختن تنها یک آنتی‌پد را عدم تقارن ماده زنده می‌نامند. این صفت ویژه همه موجودات زنده بدون استثناءست و در طبیعت بی‌جان وجود ندارد.

پاستور این حقیقت را چنین خاطر نشان ساخت که: «این خصلت بزرگی شاید تنها خط ممیز دقیقی باشد که فعلاً می‌توان میان شیمی طبیعت مرده و زنده کشید». از آغاز قرن بیستم نشان داده شد که سنتزهای نامتقارن در موجودات زنده فقط بر اثر این فراهم می‌شود که عدم تقارن قبلاً در آنها وجود داشته‌است. طبعاً این مسئله مطرح شد که عدم تقارن چگونه نخستین بار رخ داد و، به طور کلی، آیا پیش از پیدا شدن حیات امکان آن وجود داشته‌است یا نه. ف. ج. Jopp مقاله‌ای تحت عنوان «استرئو شیمی و ویتالیسم»^۲ منتشر ساخت که در آن هنگام، ولوله عظیمی

۱. Configuration - منظور از پیکربندی، فرمول گسترده و فضایی ملکولهای مواد آلی است - م.

۲. Stereochemistry and vitalism. استرئوشیمی یا شیمی سه بعدی بخشی از شیمی است که موقعیت اتمها یا گروههای اتمی را در ساختمان فضایی ملکولهای مواد مختلف بررسی می‌نماید - م.

به پا کرد . او در این مقاله وجود هر گونه امکان سنتز نامتقارن اولیه را بی دخالت موجودات زنده مطلقاً انکار نمود . به عقیده وی عدم تقارن نتیجه عمل «نیروی حیاتی» است و يك ماده نامتقارن فقط ممکن است از يك ماده همانند خود پدید آید ؛ همانطور که يك موجود زنده از تولید مثل موجودی دیگر به وجود می آید .

اما این عقیده بعداً از راه آزمایش رد شد . اولین سنتز نامتقارن تحت شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از واکنشهای فتوشیمیایی انجام شد و توسط نور ماورای بنفش که پلاریزاسیون دایره‌ای یافته بود، فراهم گردید . این امر نشان می‌دهد که در سنتزهایی نظیر آنچه به وسیله ت . پاولوفسکایاوا . پاسینسکی انجام شده است اگر از نور ماورای بنفش پلاریزاسیون دایره‌ای یافته استفاده شود ، می‌توان اسیدهای آمینه نامتقارن اختصاصی موجودات زنده را تولید کرد . نشان داده شده است که در واقع چنین نوری در شرایط طبیعی روی زمین به هنگام پیش از پدید آمدن حیات وجود داشته است و بنابراین پدید آمدن اسیدهای آمینه نامتقارن در آن شرایط امکان داشت .

اکنون ما از راههای دیگری آگاهی داریم که به کمک آنها مواد نامتقارن در آن زمانها می‌توانستند به طریق ابتدایی در دنیای غیر زنده پدید آیند . مثلاً ج . د . برنال اخیراً ابراز عقیده کرده است که عدم تقارن مواد آلی ممکن است پیش از پیدا شدن حیات در روی زمین به وجود آمده باشد . زیرا سنتز این مواد روی سطحهای بلورهای نامتقارن (چپگرد یا راستگرد) که در آن صورت گرفته است . این امر به وسیله ا . ترنتیف، وای . کلابونوفسکی با آزمایش تأیید شده است . از این رو اگر در آغاز این قرن به اصطلاح «عدم امکان» سنتز نامتقارن ابتدایی مواد آلی ، مانعی

برطرف نکردنی در برابر پیدا شدن حیات گذاشته بود، اکنون دیگر مانع مزبور مغلوب شده است. در طبیعت غیر آلی با عوامل بسیاری برمی خوریم که ممکن است دلیل ظهور و گسترش مواد نامتقارن و اختصاصی موجودات زنده حتی در زمان پیش از پیدا شدن حیات در سیاره ما باشند. حتی با دانستن چگونگی پدید آمدن عدم تقارن باز نمی توان به این سؤال پاسخ داد که چرا يك آنتی پد، نه آنتی پد دیگر باید چنین مقام انحصار طلبانه ای را در حیات همه موجودات زنده ساکن زمین احراز نماید. این مسئله برای شناخت طبیعت اساسی حیات مهم است اما برای محققان آینده می ماند که جواب آن را بدهند.

مواد آلی مختلفی که در اتمسفر زمین تشکیل شده بودند وقتی که پیچیده تر گشتند خصلت گازی خود را از دست دادند و به میزان هر چه بیشتری اتمسفر را به سوی هیدروسفر ابتدایی ترك گفتند. توده عظیم ترکیبات آلی بایستی در دریاها و اقیانوسهای ابتدایی جمع شده باشد که جایگاه پروسه اساسی تشکیل مواد باملکولهای بزرگ و استحاله آنها به سیستمهای چند ملکولی بود؛ سیستمهایی که حیات از آنها ناشی شد.

اکنون آبهای زمین محتوی مقدار کمی مواد آلیند که بیشتر به طور ثانوی به وجود آمده اند و محصول فعالیت های حیاتی موجودات یا پوسیدگی بدنهایشان هستند.

اما بدبختانه، آب دریاها و اقیانوسهای کنونی ما جایی نیست که بتوان پروسه افزایش تدریجی پیچیدگی مواد آلی را در شرایط طبیعی مشابه با شرایطی که زمانی به پیدا شدن حیات منجر گردید مشاهده و بررسی کرد. این امر اولاً به علت آن است که آب مزبور دارای مقدار زیادی اکسیژن آزاد است و ثانیاً به علت وجود همیشگی موجودات زنده در همه جای آن است.

طبق مطالعات اخیر هیئت اکتشافی کشتی شوروی ویتیاژ، حتی آب عمیقترین نقاط اقیانوس هم محتوی مقادیر قابل ملاحظه‌ای اکسیژن است. فقط در موارد استثنایی معدود، مثلاً در فیوردهای نروژی می‌توان شرایط احیاکننده‌ای یافت. اما در اینجا هم مانند هر جای دیگر سرشار از موجودات زنده و بویژه موجودات ذره بینی بی‌هوازی است. و ما برای بررسی راهی که به وسیله آن پروسه‌های بی‌زیست خاسته در هیدروسفر ابتدایی امکان وقوع یافتند، با بودن موجودات زنده هیچ وضع مساعدی نداریم. موجودات زنده قضیه را از این لحاظ مغشوش می‌نمایند. این موجودات، مواد بی‌زیست خاسته ویژه‌ای را که فقط در جریان اعمال متابولیک به نحو عالی سازمان یافته‌ای ساخته توانند شد، به محیط غیر آلی خارج می‌دهند. در حالی که آنها از سوی دیگر، مواد دیگری را به عنوان غذا می‌گیرند و مشمول متابولیسم خود می‌سازند و برای ساختمان بدن خود مورد استفاده قرار می‌دهند. ما اکنون می‌دانیم که داروین در نامه‌ای نوشت: «غالباً گفته می‌شود که همه شرایط برای تولید اولیه یک موجود زنده فراهم است و همیشه می‌توانست فراهم باشد. اما اگر (و آه! چه اگر بزرگی!) می‌توانستیم تصور کنیم که در تالابی کوچک و گرم با وجود همه انواع املاح آمونیاکی و فسفری، نور، گرما، برق و غیره یک ترکیب پرتئینی از لحاظ شیمیایی آمادگی یابد که متحمل تغییرات بازهم پیچیده‌تری شود، امروزه چنین ماده‌ای در دم بلعیده یا جذب می‌شود؛ در حالی که این امر در مورد زمان پیش از به وجود آمدن موجودات زنده صادق نبود.»

بدین جهت اگر گفته شود که دلیل اصلی اینکه حیات اکنون

۱. Fjord - پیشرفتگی آب دریا در فواصل بسیار تنگ میان تخته سنگهای مرتفع سواحل کوهستانی را در نروژ فیورد می‌گویند. م.

در شرایط طبیعی نمی‌تواند پدید آید، این است که قبلا پدید آمده است، این گفته آن چنان که در نظر اول ممکن است بنماید، مهمل نما (Paradox) نیست.

تکامل تدریجی مواد آلی که پیش از پدید آمدن حیات وجود داشت، تنها می‌توانست در شرایط محیط سترون، یعنی بدون وجود موجودات زنده، روی دهد. هر ماده آلی که اکنون ممکن است به طریقی در شرایط طبیعی تشکیل شود، به سرعت کامل منهدم می‌شود. زیرا به وسیله موجوداتی خورده می‌شود که در مبارزه برای حیات بسیار خوب مجهزند و در هر نقطه خشکی، هوا و آب پسر می‌برند.

بنابراین غلظت مواد آلی محلول در آب دریا اکنون بسیار کم است و مدت ممکن تکاملشان در خارج بدن موجودات زنده بسیار ناچیز است. از طرف دیگر روی زمین بی‌حیات، هیچ چیز وجود نداشت که در مدتی نامحدود از تکامل بی‌زیست خاسته مواد آلی و انباشته شدن آنها به مقادیر بسیار قابل ملاحظه‌ای در آب دریاها و اقیانوسهای ابتدایی جلوگیری کند.

اگر فقط نصف کره‌ی که اکنون بر سطح زمین هست، در آن زمان به شکل مواد آلی محلول موجود می‌بود، آن وقت غلظت آنها در آب اقیانوس ابتدایی اقل به چنددهم یک درصد می‌رسید. این محاسبه بر اساس تمام آب موجود آن وقت شده است؛ اما البته تبخیر آب در بعضی از مناطق منفرد و بعضی از حوضه‌های محصور، خورها و برکه‌های کم عمق مربوط به دریا، غلظت‌های بسیار زیادتری را موجب می‌شد. به علاوه همان طور که قبلا به اظہار نظر ج. د. برنال اشاره شد، افزایش موضعی غلظت مواد آلی بر اثر جذب سطحی^۱ آن مواد بر گل‌های رسوبی غیر آلی دیگر در قعر یا کناره

۱. Adsorption. چسبیدن و تغلیظ یافتن ملکول‌های بعضی

آب امکان پذیر بود. این رسوبها و حتی نمکهای محلول و مختلف کانی همچنین می توانستند به مثابه کاتالیزرهای بسیار مؤثری به انجام عده بسیاری از استحاله های شیمیایی مواد آلی کمک کنند.

منشأ مواد پرتئین مانند و پلیمرهای پیچیده دیگر

اخیراً اطلاعات زیادی در مطبوعات علمی راجع به بسیاری از نتایج آزمایشی گردآوری شد که نشان می دهد که پروسه های پلیمر بندی (Polymerisation) و تراکم (Condensation) تدریجی مواد آلی گوناگون، تحت شرایطی که شرح داده ایم، بایستی به میزانی وسیع روی داده باشد. اینجا بویژه باید به بررسی دانشمند ژاپنی شیرو آکابوری درباره سنتز ابتدایی وی- سنتز «پرتئینهای اولیه»^۱ و به مطالعات مشابه محققان دیگر اشاره کرد که مطالعاتشان درباره منشأ حیات در سال ۱۹۵۷ به سمپوزیم مسکو اطلاع داده شد. از این بررسی نتیجه گرفته می شود که در دوره خاصی از تاریخ زمین، بایستی پلیمرهای متعدد پرتئین مانندی از اسیدهای آمینه، پلیمرهای نوکلئوتید، پلی گلی کوزیدها Polyglycosides و دیگر ترکیبات آلی پیچیده ای با وزن ملکولی زیاد، در آبهای هیدرو- سفر آن ظاهر شده باشند.

تشکیل مواد مزبور ابتدا توسط پروسه های بود که با آنچه اکنون در سنتز حیاتی پرتئینها، اسیدهای نوکلئیک و دیگر پلیمرهای آلی در سلول زنده صورت می گیرد به کلی متفاوت بود. در پرتو- پلاسما، چنین سنتزهایی بر پایه سازمان بسیار کار آمدی مبتنی

مواد، مانند ملکولهای گازها و مواد معلق در مایعات، بر سطح یک ماده جامد را جذب سطحی می نامند - م.

۱. اشاره به گزارش Shiro Akabori استاد دانشگاه اوزاکا راجع به «منشأ پرتئینهای اولیه» است - م.

هستند که فقط در وجود حیات پیدامی شود و از آن در مورد محلول ساده‌ای از مواد آلی نمی‌توان سخنی به میان آورد .

بنابراین، مثلاً سنتز حیاتی يك پر تئین مستلزم شرکت هماهنگ

يك سلسله دستگاههای پرتوپلاسمی است :

۱- دستگاهی که انرژی مورد نیاز سنتز را فراهم می‌کند .

۲- دستگاههای آنزیمی که بر روابط میان سرعتهای تك تك

واکنشها نظارت می‌کند و ،

۳- دستگاههای تعیین کننده پیکربندی فضایی ملکول

پرتئین. در این پروسه، اسیدهای نوكلئيك با ساختمان منظمشان

نقش تعیین کننده را دارا هستند.

تنها در نتیجه تأثیرهای هماهنگ همه این عوامل است که

در سلولهای زنده نه فقط پلیمرهایی با وزن ملکولی زیاد اسیدهای

امینه، بلکه پرتئینهای کنونی نیز پدید می‌آیند که اکنون می‌توانیم

آنها را از اشیای دارای منشأ جانوری یا گیاهی جدا کنیم. این

پرتئینها هم ترتیب جداً معینی از بازمانده‌های اسیدهای امینه در

رشته‌های پلی‌پپتیدشان دارند، وهم دارای تاشدگی داخل ملکولی

کاملاً معینی از رشته هستند و این امر به تمام گویچه پرتئین، طرح

ساختمانی مشخصی می‌دهد. ویژگیهای زیست‌شناسی هر پرتئین ،

اعمال آنزیمی، هورمونی، ایمنی‌شناسی و دیگر اعمال آن در سلول

زنده، با روابط فضایی دقیق درون گویچه پرتئین ارتباط دقیقی

دارند. گاه کافی است که فقط يك تغییر بسیار كوچك در پیکربندی

گویچه یا در توالی بازمانده‌های اسیدهای امینه در رشته پلی‌پپتید رخ

دهد تا پرتئین متأثر کلیه این خواص را از دست بدهد. از این رو،

چون موجودات زنده دارای يك شکل سازمانبندی خاص خود

هستند، پرتئینهایی در آنها ساخته می‌شود که با انجام اعمال مهم

حیاتی سازگاری بسیار خوب و مؤثری دارد .

همین طور هم ، سنتز حیاتی اسیدهای نوکلئیک دارای ساختمان دقیقاً درست ، به فعالیت هماهنگ دستگاههای ویژه موجودات زنده نیازمند است که در زمره آنها بعضی حاوی آنزیمهای پرتئینی با ساختمانهای معین هستند.

پرواضح است که در محلول مواد آلی ترکیبی آب اقیانوس ابتدایی، در زمان پیش از پدید آمدن حیات، این قبیل قوانین حاکم بر پروسه‌های بیوسنتز قدرت عمل نداشتند. (به شکل ۳ و ۴ در آخر کتاب مراجعه شود)

در اینجا توالی جداً معین استحالتهای شیمیایی اختصاصی که علامت ویژه متابولیسم بیولوژیک است و در آن هر ترکیب اصلی یا واسطه‌ای از میان بسیاری از امکانهای شیمیایی میسر فقط یک راه را برمی‌گزیند و سپس به نحو ثابت آن را دنبال می‌کند، در میان نبود. یک محلول مواد آلی چیز به کلی متفاوتی است. در این محلول همه استحالتهای ممکن شیمیایی یکدیگر را مکرراً تقاطع می‌کنند و در کلاف درهمی از تأثیرات متقابل می‌پیچند. بنابراین پلیمرهایی که در چنین محلولی تشکیل می‌یافتند فاقد آن انتظام و سازش درونی با عمل خاص بیولوژیک بودند که صفت ممیز پرتئینها و اسیدهای نوکلئیک معاصر است. قوانین ترمودینامیک و سینتیک شیمیایی که جریان حوادث شیمیایی زمین بی حیات گذشته را به تنهایی تعیین می‌کردند، برای توضیح عاقلانه این امر کافی هستند که چرا بایستی در آب اقیانوس نخستین فقط گروهی از پلی‌پتیدها، پلی‌نوکلئوتیدها، و پلیمرهای دیگر دارای اتصالهای داخل ملکولی توزیع نسبتاً نامرتب پدید آیند. یعنی چرا ترکیباتی به وجود آیند که ساختمان داخلی‌شان با ساختمان پرتئینها و اسیدهای نوکلئیک معاصر قابل مقایسه نباشد. زیرا «تضمن مقصود» در ساختمان مواد اخیر توسط قوانین زیست‌شناسی برقرار شد و این

قوانین بعداً پدید آمدند .

پس آیا ممکن بود که در تمام طول عمر زمین و در میان گروههای بی پایان متغیرهای ممکن ، احتمالاً فقط يك بار يك ملكول اسیدنوكلئيك يا نوكلئوپرتهين با ساختمانى داراى قدرت توليد مثل بتواند پديد آيد ؟ چنین ملکولی در آن صورت در «آبگوشت ابتدایی» هیدروسفر شروع به «تکثیر» می نمود و زندگی آغاز می شد .

این تصور راجع به منشا حیات که حتی به سطح تك ملكولى تكامل تدریجی مواد آلی رسانیده می شود به علت سادگی ظاهری آن بسیار فریبنده است و بدین جهت در آثار علمی کنونی به میزان وسیعی پذیرفته شده است .

تصور مزبور، بویژه با گسترش بررسی ویروسهای صافی پذیرا عامه پسندتر گردید. این ویروسها در انسان، جانوران و گیاهان موجب بعضی از بیماریها می شوند و اکنون معروفند. به اینکه نسبتاً ساختمان شیمیایی بسیار ساده ای دارند. این امر بویژه در مورد ویروس موزائیک توتون صدق می کند که در سال ۱۹۵۳ به شکل متبلور توسط و . استانلی به دست آمد. بلورها از لحاظ ترکیب، ماده شیمیایی خاصی به نظر آمدند . این ماده ترکیبی است از يك اسیدنوكلئيك با يك پرتئين؛ یعنی نوكلئوپرتهينى است با ساختمانى مخصوص . اگر این ماده را داخل يك سلول زنده گیاه توتون کنند، در گیاه مزبور پروسه سنتز حیاتی بسیار سریع همان پرتئين و اسیدنوكلئيك ایجاد خواهد شد که صفت ویژه ویروس است ولی

۱. Filtrable Virus یا ویروس فیلتران Virns Filtrant به ویروسهایی اطلاق می شود که به علت خردی فوق العاده شان از سوراخهای صافی می گذرند - م .

درببر گهای اصلی و سالم توتون سالم وجود ندارد؛ به طوری که ممکن است گفته شود که اینجا «تکثیر» ملکولهای نو کلتوپرتئین ویروسی وجود دارد.

این فرضیه معمولاً مطرح می شود که صرفاً بر اثر تصادف، ملکولی مانند ملکول اسید نو کلتیک ویروس موزائیک در «آبگوشت ابتدایی» پدید آمد و در آنجا به تکثیر شروع کرد و بدینسان «نخستین ملکول زنده» تشکیل یافت و حیات بر روی زمین آغاز شد.

اما حقیقت این است که ویروسها در چنین «آبگوشتی» یا در هر محیط مصنوعی، هر چقدر هم که شماره محیطهای آزمایش فوق العاده زیاد باشد نمی توانند تکثیر یابند. افزایش عده ویروسها فقط در داخل سلول زنده روی می دهد و به نظر نمی رسد که این قضیه یک تصادف باشد، بلکه ذاتی طبیعت واقعی پروسه مورد بحث است.

سلول گیاه توتون پیش از داخل کردن ویروس، نو کلتو-پرتئینهای خود را بر پایه عمل متقابل دستگاههای انرژتیک، کاتالیزری و ساختمانی موجود در پرتوپلاسم که قبلاً یاد آور شدیم سنتز می کند. پیوند نو کلتوپرتئین ویروسی ویژه (یا حتی فقط اسید نو کلتیک آن) تغییری در روابط آنزیمی و پروسه های دیگر به وجود می آورد و حلقه ارتباطی نهایی سنتز حیاتی را طوری تغییر شکل می دهد که به عوض تولید اسید نو کلتیک خود گیاه که در متابولیسم آن نقشی ایفا می کند، به تولید نو کلتوپرتئین ویروسی منجر می شود که نسبت به گیاه بیگانه است و در آن به مقادیر زیاد جمع می شود.

از این رو، این پروسه نه «تکثیر» ویروس به مفهوم زیست

شناسی آن است، و نه «خود بازسازی» آن در محیط غذایی است. تمام جریان رخدادها عبارت از تشکیل ثابت و جدید يك نوكلئو-پرتئین خاص به كمك دستگاههای حیاتی برگه توتون است. این بدان معنی است که صورتبندی جدید فقط با وجود سازمانی که ویژه حیات است امکان پذیر است و در نتیجه نخستین موجود زنده يك ویروس نبوده است، برعکس ویروسها مانند دیگر پرتئینها و اسیدهای نوكلئیک ویژه کنونی تنها به مثابه محصول شکل بیولوژیک سازمانبندی ماده امکان ظهور داشتند.

حتی اگر در «آبگوشت ابتدایی»، ملکولی با ساختمان مخصوص يك نوكلئوپرتئین ویروسی بر اثر تصادف پدید می آمد (که خود بسیار بعید است)، آن وقت هم ممکن نبود که «تکثیر» و «خودبازسازی» یا تشکیل مجدد و پیوسته مکرر چنین ملکولی رخ دهد. زیرا به هماهنگی بسیار سازماندهی دستگاههای پیچیده ای از جمله، مخصوصاً به يك سلسله کامل آنزیمهای پرتئینی دارای ساختمان اختصاصی احتیاج پیدا می کردند و اینها به نوبت خود فقط ممکن بود در نتیجه سازمانبندی حیاتی پدید آیند.

همان طور که قبلاً نشان دادیم وجود پرتئینها برای سنتز حیاتی سازماندهی نوكلئیک لازم است؛ درحالی که پیوستن پرتئینها ضرورتاً به شرکت اسیدهای نوكلئیک نیاز دارد. از این رو ممکن است انسان این پرسش را غالباً بشنود که: «در پروسه پدید آمدن حیات کدامها اول ساخته شدند، پرتئینها یا اسیدهای نوكلئیک؟ این سؤال همان قدر اکادمیک است که مسئله قدیمی مرغ و تخم مرغ. واضح است که هر مرغ از تخم مرغی به وجود می آید و هر تخم مرغی را مرغی می گذارد. بدینسان پاسخ به این

پرشش درمورد اینکه اول مرغ آمده است یا تخم مرغ ، به کلی ناممکن می نمود. اما فقط برداشت متافیزیکی از مسئله است که با کوشش برای حل آن به صورت کاملاً مجزا از تاریخ تکامل ماده زنده موجب چنین استنتاجی می شود. اگر ما توجه خود را به این تاریخ معطوف کنیم ، خواهیم دید که هم مرغ و هم تخم آن ، در مرحله ای از مراحل تکامل تدریجی ، بر اثر افزایشهای پی در پی پیچیدگی و کارآیی موجودات زنده ابتدایتری پدید آمدند که با شرایط وجودی خود قدرت سازش کمتری داشتند.

همین طور هم بحث راجع به این امکان که ابتدا پرتئینهای ویژه یا اسیدهای نوکلئیک دارای ساختمانهای سازمند در آب اقیانوس ابتدایی به وجود آمدند، بيمورد است . در آن محیط تنها موادی که از این نوع توانستند پدید بیایند پلیمرهایی بودند با سازمانی فوق العاده ساده تر که البته کاملاً فاقد هر گونه عمل حیاتی بودند . فقط بسیار دیرتر و در سطح پروسه تکاملی بسیار عالیتر بود که هم پرتئینها و هم اسیدهای نوکلئیک تیپ کنونی امکان ظهور یافتند .

یکی از صفات ویژه حیات این است که در تمام فضا پخش نشده است بلکه به صورت دستگاههای منفرد و بسیار پیچیده ای ، یعنی به صورت موجودات زنده ای تجلی می کند که بادیای خارج حدود معینی دارند . این موجودات پیوسته با محیطشان عمل متقابل دارند و دارای ساختمانی داخلی هستند که برای تضمین بقای ممتد آنها خود نوسازی و تولید مثل مستمرشان در شرایط حکمفرمای جهان خارج ، سازگاری فوق العاده خوبی یافته است .

تشکیل کوآسرواتها

شکلی از این نوع سازمانندی و حرکت ماده فقط با جدا شدن سیستمهای چندملکولی کامل از محلول همگن (Homogenous Solution) مواد آلی که گاهی بدان «آبگوشت ابتدایی» گفته شده است، می توانست پدید آید. ابتدا ممکن است که این سیستمها بسیار ابتدایی بوده باشند. اما در آن هنگام بر اثر مرزبندی مشخصی که آنها را از محیطشان جدا می کرد قادر بودند که با آن محیط تأثیر متقابل داشته باشند. همین پروسه تأثیر متقابل و توأم با آن انتخاب یکایک سیستمهای ابتدایی موجب می شد در شرایط معین خارجی مدتی باقی بمانند، اساس سازش تدریجی سازمان داخلی این سیستمها و نیز پایه وقوع تأثیرات متقابل هر چه مؤثرتر آنها با محیط دربرگیرنده مواد و پروسهها را تشکیل داد. این امر به ظهور و تکامل متابلیسم سازمانندی منجر گردید که در اساس تشکیل پرتئینها و اسیدهای نوکلئیک و مواد دیگر قرار دارد. موادی که ساختمانشان «متضمن مقصود» است و با انجام اعمال مربوطه سازگاری دارد و صفات ویژه موجودات زنده کنونی را نشان می دهد.

البته دادن نظر قطعی در این باره دشوار است که چه چیزی پروسه تشکیل سیستمهای ابتدایی پدیدآورنده موجودات زنده را تعیین نمود. همان طور که ج. د. برنال تصور می کند، شاید

۱. Coocervate کوآسروات در اصل به معنای توده و کومه است. در اینجا به معنای قطره هایی است که از مایع پیرامونشان با حدودی مشخص متمایز می گردند و صورت سیستمهای منفردی را دارند که غلظت مواد سازنده آنها با غلظت همان مواد در مایع پیرامونشان غالباً فرق می کند - م.

بتوان بر این عقیده بود که جدا شدن لخته‌های ماده‌ی آلی بر اثر جذب سطحی آنها به ذرات خاکرس یا ذرات جامد غیر آلی دیگر بوده است. س. فاکس^۱ اخیراً امکان بسیار جالب تشکیل سیستمهای

۱. Sidney W. Fox یکی از دانشمندان ایالات متحده است که مسئله منشأ ماقبل حیاتی و شیمیایی پرتئینها را بررسی کرده است. او طرفدار طریق حرارتی پدید آمدن اولیه پرتئینهاست. فاکس معتقد است که در شرایط ابتدایی زمین، محتملاً اگر اتصالات پپتیدی اسیدهای آمینه در حرارت بالا برقرار شده باشد، درجاتی که برای تبخیر آبی که به طور فرعی تولید می‌شود، کافی بوده است. او و همکارانش در آزمایشگاه توانسته‌اند که از حرارت دادن اسید گلو تامیک با اسیدهای آمینه دیگر، پپتید خطی (Linear peptide) سنتز کنند. و در سال ۱۹۵۸ با استفاده از تکنیک حرارتی خود موفق به سنتز یک کوپلیمر (کوپلیمر ماده‌ای است که از پلیمر سازی مواد ناهمجنس حاصل می‌شود) از هیچده اسید آمینه موجود در پرتئینها گردید و کوپلیمرهایی Copolymers با وزن ملکولی ۳۰۰۰ تا ۹۰۰۰ ساخت. او در این سنتزها از حرارت ۱۶۰ تا ۲۰۰ سانتیگراد استفاده کرده است. گفته می‌شود که مواد به دست آمده شباهت زیادی به پرتئینها دارند. ولی اختلاف اساسی آنها با پرتئینهای طبیعی آن است که مواد سنتزی فاکس خاصیت یادگنی (Antigenic) ندارند و نورپلاریزه را به راسه راست یا چپ منحرف نمی‌کنند (یعنی راسمیک هستند). فاکس این مواد را پرتئینوئید Proteinoid یا «پرتئین نما» نامیده است. او بر اساس فرضیه حرارتی پدید آمدن پپتیدها فرضیه حرارتی پیداشدن میکروسفرها Microsphere و تکامل و تحول آنها به موجودات زنده را مطرح ساخته است. میکروسفرها سیستمهای کروی شکل بسیار کوچکی هستند که بر اثر تأثیر آب گرم بر پرتئین نماها به دست می‌آیند. میکروسفرهایی را که فاکس در آزمایشگاه به دست آورده است دارای خاصیت اسمزی و قابلیت نفوذ و تجزیه ATP (ادنوزین تری فسفات) هستند. و نیز

چند ملکولی پرتئین مانند را بر اثر گرما روی مخلوطی از اسیدهای آمینه در شرایطی طبیعی نشان داد. چندی پیش ر. گلداکر R. Goldacre در مورد تشکیل گویچه‌های جوف پوششهای لیپوپروتئین Lipoprotein عقیده جالب توجهی مطرح ساخت. او فکر می‌کند که ممکن است گویچه‌ها تحت تأثیر باد که موجب فروریختن قشرهای پوششی سطحهای اجسام طبیعی موجود در آب می‌گردند، به وجود آمده باشند.

می‌توان طرق بسیاری را در باره چگونگی جدا شدن دستگاههای اولیه چند ملکولی از محلول همگن ترکیبات آلی هیدروسفر مجسم نمود. اما به نظر من، به دلایلی که بعداً مورد بحث واقع می‌شود، بسیار محتمل است که این سیستمها ابتدا به صورت قطره‌های کوچک معروف به کوآسروآت پدید آمده باشند.

این قبیل قطره‌ها را تحت شرایط آزمایشگاه و به وسیله اختلاط ساده محلولهای مختلف پرتئینها و دیگر مواد با وزن ملکولی زیاد، در درجات حرارت متعارفی و در بیشتر موارد، با اسیدیته بسیار ضعیف به سادگی می‌توان به دست آورد. بدین طریق ملکولهایی که در تشکیل کوآسروآت شرکت می‌کنند و قبلاً به طور یکسان در سراسر حلال پخش بودند در نقاط خاصی با هم متحد می‌شوند تا گروه‌ها یا توده‌های ملکولی کاملی بسازند. و اینها وقتی که به اندازه معینی می‌رسند، خود را به شکل قطره‌هایی کوچک با حدودی بسیار مشخص از محلول جدا می‌کنند که در زیر میکروسکپ به حالت شناور درملاً پیرامونشان قابل رؤیتند. این ملاً که به مایع تعادل

دارای پوششی دوجداره و حفره‌هایی هوایی و ساختمانهایی دانه‌ای (مثل سلول) و شکلی شبیه سلول هستند. ولی پرواضح است که میان طبیعت اعمال و سازمان آنها تا طبیعت اعمال و سازمان اجسام زنده فاصله زیادی هست. م.

(Equilibrium liquid) معروف است در چنین صورتی عاری از آن مواد با وزن ملکولی زیاد می شود که قبلا در محلول بودند ؛ زیرا در قطره های کوآسروآت متمرکز می شوند .

این صورتبندیها را دانشمندی هلندی به نام بونگنبرگ دویونگ Bungenberg de Jong طی سالهای بسیاری مورد مطالعه قرار داد و اکنون در بسیاری از آزمایشگاههای سراسر دنیا تحت تحقیق است . مواد کلاسیک برای تشکیل کوآسروآت در تحقیقات بونگنبرگ دویونگ محلولهای ژلاتین و صمغ عربی بود . اما می توان کوآسروآتهایی به دست آورد که با اختلاط پرتئینهای مختلف ، مثلاً کازئین Caseine ، آلبومین تخم مرغ یا آلبومین سرم ، هموگلوبین ، پسود و گلوبولین ، گلیسینین ، کلپوئین و غیره بیش از دو جزء ترکیبی داشته باشند . به علاوه ، کوآسروآتها را همچنین از اسیدهای نوکلئیک ، پلی ازهای Polyoses گوناگونی از قبیل اسیدامیلو فسفریک یا اربان Araban ، لسیتین و لیپیدهای دیگر (به شکل مخلوطهای لیپوپرتئین) و مواد دیگری از این قبیل می توان ساخت . قطره های کوچک همچنین ممکن است محتوی آنزیمهای فعالی گردند که در درون قطره ها به تجلی فعالیت مخصوص کاتالیزری ادامه دهند . بونگنبرگ دویونگ معتقد است که نیروهای هیدراتاسیون و الکتریسته ساکن در تشکیل کوآسروآت نقشی اساسی دارند ؛ اما به جهت پیچیدگی فسوق العاده این پدیده نمی توان تئوری کوآسروآتبندی را کاملاً بررسی شده تلقی کرد . پروسه کوآسروآتبندی همچنین بر حسب موادی می تواند مورد بحث واقع شود که تاحدی در یکدیگر حل می شوند و با لایه ها یا قطره های کوچکی از مایع دو بخشی مجزا می گردند . اما اگر ثبات قطره های کوچک در کوآسروآت مایعهایی ساده به مقدار نیروی

کشش سطحی^۱ مابین قطره‌های کوچک و محیطی که در آن شناورند بستگی دارد ، در این صورت در مورد کوآسرواته‌های پرتئینها یا دیگر مواد با وزن ملکولی زیاد ، شرایط تثبیت قطره‌ها به مراتب پیچیده‌تر می‌گردد . این امر تا حدود قابل ملاحظه‌ای توسط عمل جذب سطحی لایه‌های روی سطح فاصل قطره‌های کوچک و ملاء تعیین می‌شود . عمل تثبیت کننده مزبور هنگامی اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند که لایه مورد بحث دارای چسبندگی^۲ ساختمانی زیاد،

1. Surface tension . ملکولهای قسمت درونی يك مایع همگن به يك اندازه و به همه جهات به وسیله ملکولهای پیرامونشان جذب می‌شوند . اما ملکولهای سطح روبرو با چنین مایعی به علت کمتر بودن نیروی جاذبه ملکولهای هوا ، بیشتر به سمت پایین و کناره‌ها کشیده می‌شوند تا به بالا . در نتیجه ، ملکولهای سطحی کمتر از ملکولهای قسمت درونی آزادی تحرك دارند و سطح مایع يك حالت کشیدگی پیدا می‌کند . این حالت موجب می‌شود که قسمت‌های مختلف سطح به جدا شدن از یکدیگر کمتر میل کنند و سطح مایع خاصیت‌های يك ورقه ارتجاعی کش یافته را پیدا کند . در مایع‌های کلوئید ، نیروی کشش بین وجهی (Interfacial tension) در سطح مشترك میان ذرات کلوئید و مایع نیز وجود دارد . به طور کلی کشش سطحی و به عبارت بهتر کشش بین وجهی در هر جا که مایعی با جدارهای ظرف خود یا سطح ذرات جامد شناور در مایع تماس پیدا کند ، به وجود می‌آید - م .

1. Viscosity . نیروی مقاومت هر مایع را در مقابل حرکت نسبی داخلیش چسبندگی گویند . واحد چسبندگی در دستگاه اندازه گیری C.G.S پوئیز نامیده می‌شود . يك پوئیز مساوی است با يك گرم بر سانتیمتر بر ثانیه . و آن مقدار چسبندگی سیالی است که نیرویی به اندازه يك دین Dyne لازم داشته باشد تا يك لایه سیال را به وسعت يك سانتیمتر مربع در مدت يك ثانیه به فاصله يك سانتیمتری لایه موازی مجاورش برساند و در عین حال این فاصله به وسیله خود سیال پر شود - م .

یا حتی قوه‌ای ارتجاعی و مقاومتی مکانیکی نسبت به تغییر شکل باشد. اگر این شرایط پیدا شوند ثبات قطره فوق‌العاده زیاد می‌گردد.

وقتی که کوآسرواته‌های پرتئینها یا مواد دیگری نظیر آنها تشکیل می‌شوند، قسمتی از ملکولهای پرتئینها و لیپیدها یا پلی-ساکاریدهای همراهشان به سطح جداکننده قطره کوچک نقل مکان می‌کنند و در آنجا ساختمان و خواص مکانیکی لایه‌های ملکولی تغییراتی اصلاحی می‌یابد. این امر به علت وجود يك سطح کاملاً مشخص با خواص مکانیکی نسبتاً استوار است که حدود قطره‌های کوچک کوآسرواته‌های مرکب را از مایعهای تعادلشان متمایز می‌کند.

قطره‌های کوچک کوآسرواته‌های پرتئین همچنین ممکن است دارای ساختمانی داخلی باشند که با آنچه در قطره‌های ساده مایع مشاهده می‌شود، کاملاً فرق داشته باشد. در این ساختمان، موقعیت ذرات کوآسروات نسبت به هم معمولاً شکل بسیار ناپایداری به خود می‌گیرد؛ اما در بعضی از موارد ممکن است بسیار پایدار باشد.

از نظر ما کوآسرواته‌های به اصطلاح مرکب چندبخشی بویژه جالبند. اینها از چند نوع جزء ترکیبی مختلف ساخته می‌شوند. مانند کوآسرواتی که از ژلاتین و صمغ عربی و نوکلئات سدیم Sodium Nucleate درست می‌شود این مخلوط می‌تواند به صورت يك کوآسروات واحد درآید و یا ممکن است دو کوآسروات غیر قابل اختلاط تشکیل دهد. در چنین صورتی قطره‌های درشت يك کوآسروات قطره‌های کوچکتر کوآسروات دیگر را دربر می‌گیرند.

کوآسرواتها توأم با ساختمان داخلی و سازمان معین سطحی

که قطره کوچک را از مایع تعادل جدا می کند ، دارای نیروی قابل ملاحظه جذب سطحی مواد گوناگون از محلول محیطی هستند . بسیاری از مواد آلی حتی هنگامی که غلظت کوآسرواتها از يك هزارم درصد بیشتر نباشد ، تقریباً به طور کامل توسط کوآسرواتهای اختصاصی از مایع تعادل جدا می شوند . این امر از این لحاظ که يك چنین جذب سطحی انتخابی است ، بسیار مهم است . ممکن است کوآسرواتها مقدار زیادی از يك ماده را جمع کنند و آن را از محلول رقیق پیرامونشان بیرون بکشند و حال آنکه ، از طرف دیگر ممکن است در مورد ماده دیگری حتی اگر به غلظتی بیشتر در مایع تعادل موجود باشد فقط مقدار بسیار کمی را جذب نمایند . اکنون می توانم بگویم که به چه دلایلی معتقد شدم که قطره های کوچک کوآسروات محتملترین شکل سازمان بندی سیستمهای چند ملکولی خاصی هستند که پایه تکامل تدریجی بعدی را تشکیل داده اند :

اولاً ، ابتدا ترکیبات آلی مختلف دارای وزن ملکولی زیاد ، به صورت پلیمرهای نامنظمی از هیدراتهای کربن ، اسیدهای امینه ، یا نوکلئوتیدها در آب اقیانوس ابتدایی تشکیل یافت . اینها از نظر گاه شیمی کلوئیدی نبایستی با آنچه امروز می یابیم فرق بسیار داشته باشند . محلولهای این مواد مانند محلولهای امروزه پرتئینها ، پلی ساکاریدها و اسیدهای نوکلئیک میل بسیار قابل ملاحظه ای به تشکیل اتصالهای بین ملکولی دارند . چون تشکیل قطره های کوچک کوآسروات به شرایط مخصوصی احتیاج ندارد و فقط هنگامی رخ می دهد که محلولهای پلیمرهای مختلف به سادگی باهم مخلوط شده باشند ، پیدا شدن کوآسرواتها بایستی نتیجه مستقیم تشکیل این پلیمرها در اقیانوس ابتدایی بوده باشد . (به شکل ۵ در آخر کتاب مراجعه شود)

ثانياً با اشکال می توان يك وسیله تغلیظ مواد پرتئین مانند و موادی دیگر با وزن ملکولی زیاد را یافت که مخصوصاً در حرارتهای متعارفی و نسبتاً پایین به اندازه کوآسرواتبندی مؤثر باشد . به خوبی می دانیم که در محلولهایی که تنها محتوی يك قسمت ژلاتین در مقابل ۱۰۰۰۰۰ قسمت آب باشند می توان کوآسروات به دست آورد . همان طور که قبلاً نشان دادیم غلظت مواد آلی در اقیانوس ابتدایی زمین بایستی اقل صد برابر این غلظت بوده باشد .

ثالثاً قطره های کوچک کوآسرواتی که از « آب گوشت ابتدایی » جدا می شدند ، کاملاً از ملاً پیرامونشان مجزا نبودند . آنها به سیستمهایی مسدود تبدیل نمی شدند بلکه امکان داشتن تأثیر متقابل باملاً خارج را که لازمه تکامل بعدی آنها بوده حفظ نمودند .

رابعاً ، و بالاخره پدیده تشکیل کوآسروات از نقطه نظر ما بویژه جالب است زیرا که ماده حامل حیات در شکل فعلی آن - پرتوپلاسم ۱ - نیز از لحاظ فیزیکیوشیمی يك کوآسروات مرکب چند بخشی است .

این امر البته بدان معنی نیست که هر قطره کوچک کوآسروات ، به هر حال زنده باشد . اختلاف عمیقی بین پرتوپلاسم و کوآسرواتهای معمولی وجود دارد که در وهله اول بر پایه این حقیقت مبتنی است که ثبات این دو سیستم ، یعنی قدرت بقایشان برای مدتهای طولانی روی اصول کاملاً متفاوت بنا شده است .

۱ . Protoplasm . ماده شفاف ، چسبنده ، و گلوئیدی است که ساختمان اساسی جسم سلول را تشکیل می دهد . پرتوپلاسم بخش هسته سلول را کاریوپلاسم Karyoplasm ، و پرتوپلاسم بقیه سلول را سیتوپلاسم Cytoplasm می نامند - م .

تغییر شکل کوآسرواتها به دستگاههای باز

کوآسرواتهايي را که مصنوعاً می‌سازیم و قطره‌های کوچکی که بر اثر جدا شدن از محلول مواد آلی آب‌اقیانوس به‌طور طبیعی پدید آمدند ، ذاتاً از نوع سیستمهای ساکن هستند. بقای طولانیتر یا کوتاهتر آنها به‌حفظ به‌موقع پایداری خواص سیستمها بستگی دارد و این امر نیز به‌حالت ثبات ترمودینامیک آنها وابسته است. يك قطره كوچك ، از نظر گاه شیمی کلوئیدی هر چه تغییرناپذیرتر باشد ، احتمال از بین رفتنش به‌عنوان يك صورتبندی واحد و در فاصله زمانی معین ، یا به‌واسطه پیوستن به قطره‌های كوچك دیگر ، یا بر اثر متلاشی شدن در محلول محیطی ، کمتر می‌شود . برعکس ، ساختمان کوآسرواتی ویژه پرتوپلاسم زنده فقط تا هنگامی می‌تواند باقی بماند که عده پرمشاری از پروسه‌های بیوشیمی را که روی هم متابلیسم را تشکیل می‌دهند ، با توالی ناگسستگی و سریع انجام دهد . اگر این پروسه‌ها متوقف شوند یا اساساً تغییر یابند ، خود سیستم پرتوپلاسمی هم خراب می‌شود . بقای ممتد آن و پایداری شکلش بایی تغییر ی یا آرامش توأم نیست ؛ بلکه با حرکت پایداری همراه است .

سیستمهایی نظیر آن در دنیای غیر آلی وجود دارد . این سیستمها به‌نام عمومی دستگاههای باز یا جاری نامیده شده‌اند ، ثبات به‌موقع خواص آنها نه با تعادل ترمودینامیک (همچنان که در مورد سیستمهای مجزا از محیطشان صادق است) ، بلکه به‌وسیله وجود حالت ماندگاری مشخص می‌شود که در آن سلسله اعمالی که به يك سو جریان دارند تا حدود معینی ثابت می‌مانند. این حالت ماندگار که در سیستمهای باز وجود دارد ، از این لحاظ همانند تعادل ترمودینامیک سیستمهای مسدود است که در هر دو مورد ،

سیستمهای مربوط ثبات خواص خود را مدتی حفظ می کنند. ولی اختلاف اساسی آنها در این است که در تعادل ترمودینامیک هیچ تغییر کلی در انرژی آزاد وجود ندارد ($df = 0$). در صورتی که در حالت ماندگار همیشه، اما به میزانی ثابت تغییر می کند.

۱. ($df = \text{const}$)

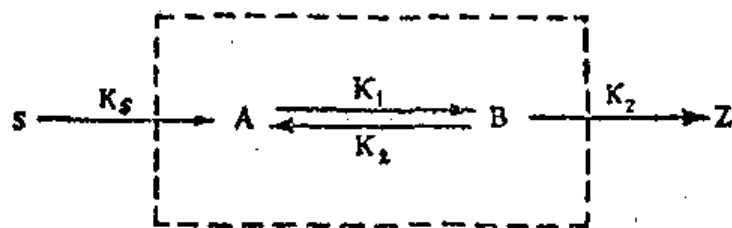
مثالهای ابتدایی زیر را برای روشن شدن موضوع می توان آورد: یک سطل معمولی آب می تواند نمونه یک سیستم مسدود و ساکن باشد که آب را بر اثر نبودن هیچ پروسه‌ای در سطح ثابتی نگه می دارد. از طرف دیگر، یک مخزن آب روان که از راه یک لوله آب به داخلش می ریزد و از راه لوله‌ای دیگر آب از آن خارج می شود، یک سیستم باز و ماندگار است. سطح آب چنین مخزنی را می توان ثابت نگه داشت؛ اما این امر فقط با برقراری رابطه‌ای ثابت میان سرعتهای جریان دخیولی و جریان خروجی امکان پذیر است. با تغییر این رابطه می توانیم سطح دیگری به دست آوریم که در این صورت حالت ماندگارش را در شرایط جدید حفظ خواهد کرد.

در این مثال بسیار ساده سیستمی را مورد ملاحظه قرار دادیم که در آن هیچ تغییری شیمیایی صورت نمی گیرد؛ اما از نظر ما سیستمهای باز و شیمیایی پیچیده تر جالبترند. در این گونه سیستمها که به نحوی از محیط خود با حدودی مشخص مجزا می شوند، ورود ثابت ماده از محیط به درون سیستم وجود دارد. اما در این مورد، مواد متحمل تغییراتی شیمیایی می شود و محصولات این تغییرات به محیط باز گردانیده می گردد. بنابراین ثبات چنین سیستمی در یک فاصله زمانی، ثبات یک حالت ماندگار است که در آن نه تنها

۱. در اینجا df مبین تغییرات انرژی آزاد و Const به معنای مقدار

ثابت است - م .

رابطه ثابتی میان سرعتهای دخول و خروج مواد وجود دارد ، بلکه همچنین رابطه ثابتی میان مزبور و سرعتهای تغییرات شیمیایی موجود است که در داخل سیستم صورت می گیرند . ساده ترین شکل چنین سیستمی را می توان با دیاگرام زیر نمایش داد .



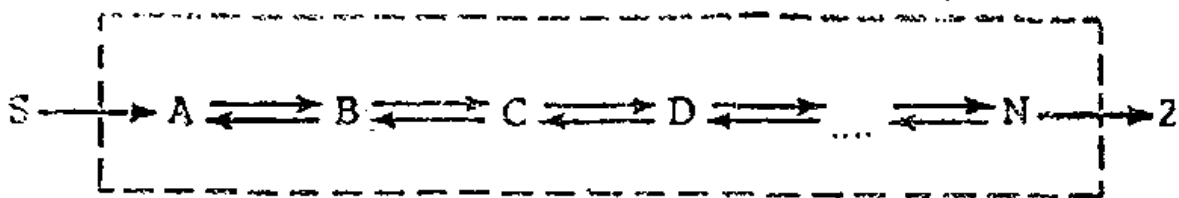
خط چین ، مرز میان سیستم و محیط را نشان می دهد . و در حالی که A و B موادی را نشان می دهند که در سیستم ، متحمل تغییر شیمیایی می شوند S و Z نمودار خود محیطند . Kz ، Ks ثابتهایی هستند که سرعت عبور مواد از مرز سیستم به طریق انتشار یا هر راه دیگر را نشان می دهند و K_1 و K_2 مقادیر ثابت سرعت واکنشهای درون سیستمند .

وقتی که سرعت انتشار و سرعت واکنشها ثابت می ماند ، سیستم به حالتی ماندگار می رسد و نسبت میان غلظت های مواد ترکیبیش در حد معینی می ماند . هر تغییر در پارامترها موجب برهم خوردن تعادل می شود . اما بعداً حالت ماندگار جدیدی برقرار می گردد . شماره این حالتها نامحدود است . از این رو اگر ما به چنین سیستمی ، کاتالیزری ضمیمه کنیم که انجام يك واکنش را تسریع کند ، در روابط میان همه اجزای ترکیبی تعدیلی صورت خواهد گرفت ؛ و چنین امری در يك سیستم مسدود به کلی ناممکن است . چون که داخل کردن يك کاتالیزر در سیستم مسدود فقط سرعت تعادلی را که سیستم بدان رسیده است تغییر می دهد نه سطح آن را .

در سلول زنده ، قضایا به نحو غیر قابل قیاسی پیچیده تر از این دیاگرام ساده شیمی است . در وهله اول نه يك واکنش منحصر به فرد ، بلکه يك رشته تمام از استحاله های شیمیایی بسیار متوافق را باید در نظر بگیریم . قندی که از خیسانده جو احاطه کننده مخمر داخل خمیر مایه مزبور می شود ، در آن به محصولات نهایی تخمیر ، یعنی الکل و دی اکسید کربن استحاله پیدامی کند . این امر ، مستقیماً ، یعنی در نتیجه يك عمل شیمیایی واحد اتفاق نمی افتد ، بلکه در نتیجه يك سلسله پیچیده از واکنشهای ویژه ای پیش می آید که باهم تمامیتی را تشکیل می دهند . این واکنشها عبارتند از : فسفریلاسیون ، ایزومر سازی (Isomerisation) . احیا و گسستن اتصالهای کربن و غیره .

این مسئله را می توان با مقایسه نمودار قبلی به ترتیب زیر

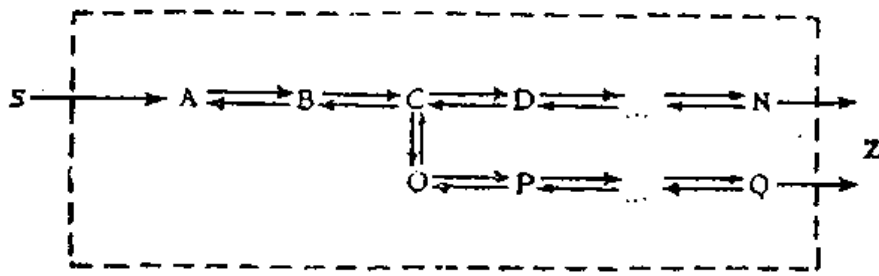
نمایش داد :



تا وجود این اگر استحاله مواد فقط شکل يك رشته واکنشهای شیمیایی ساده بی انشعاب را به خود می گرفت ، هیچ نکته بیولوژیکی نداشت . انسان می توانست بگوید که تخمیر الکل بر طبق نمودار بالا مسیر خود را دنبال می کند ، بی آنکه برای سلول مخمر فایده ای داشته باشد .

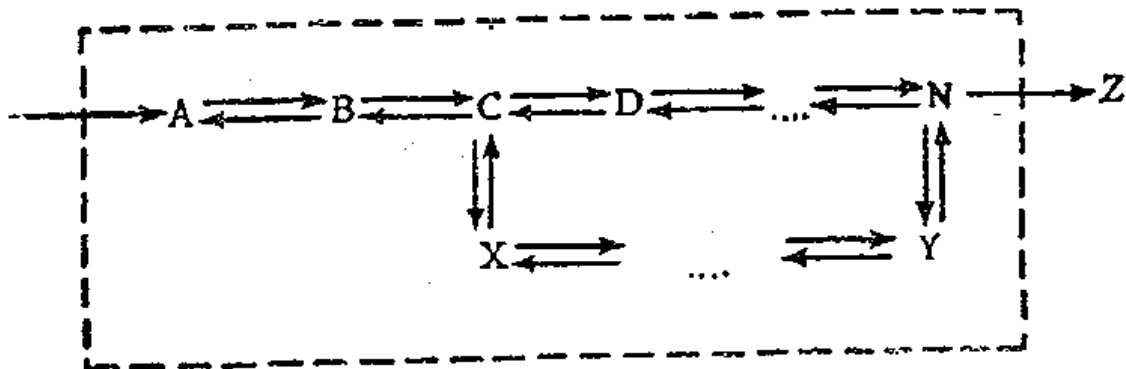
قضایا در واقعیت امر بدین صورت پیش نمی آید؛ بلکه رشته واکنشها در نقاط معینی ، انشعابهای مرتبی می یابند . در نقاطی که این انشعابها صورت می گیرد ، مواد پرانرژی لازم برای سنتز «ماده ساختمانی» به سوی مجراهای جانبی واکنشهای هماهنگ کشیده می شوند . و این واکنشها موجب تولید ترکیباتی می گردند که برای ساختمان بدن زنده با ارزشند .

از این رو می توانیم نمودار خویش را حتی پیچیده تر کنیم و آن را به صورت زیر نشان بدهیم:



محصولات این واکنشهای سنتزی، همان طور که در نمودار نشان داده شده است ممکن است به محیط خارج رانده شوند؛ یا اینکه مدتی کوتاه یا دراز در داخل سلول نگاه داشته شوند و به رشد آن کمک کنند.

بالاخره رشته های واکنشهای بیوشیمی ممکن است سیکلهای مسدودی بسازند؛ مانند:



در این سیکلها تکرار معینی از پروسه های شیمیایی وجود دارد. اما در شاخه های فرعی تر رشته واکنشها، همیشه انشعاب برگشت ناپذیری از پروسه هست؛ به طوری که متابولیسم بیولوژیک، مجموعاً، همیشه در یک جهت جریان می یابد.

در پرئوپلاسم، رشته ها و سیکلهای متابلیک پر شمارند و در یک شبکه متابلیک پر انشعاب واحد با ساختمانی منظم به یکدیگر مرتبط می شوند که هینشلوود C. Hinshelwood آن را به شبکه راه آهن به خوبی توسعه یافتدای تشبیه کرده است. شبکه ای که روی آن قطارهای بسیار، در یک زمان ولی با سرعتهایی مختلف در حرکتند.

این صفت ویژه جسم زنده است که تمام این توالی پیچیده و منظم پدیده‌ها در شرایط محیطی حکمفرمای يك زمان معین به‌طور ثابت در جهت سیانت ذات و خود بازسازی پیوسته مجموعه سیستم زنده سیر می‌کند .

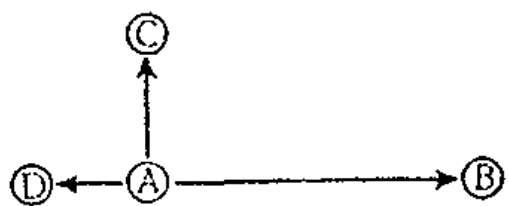
علل بلا فصل و اساسی این توالی چیست؟ از آنچه گفته شد، روشن است که رابطه میان سرعتهای واکنشهای مختلف که در بدن موجود زنده صورت می‌گیرد، نقشی اساسی دارد. از این لحاظ مواد آلی که پایه مادی پرتوپلاسم را تشکیل می‌دهد، برای ساختمان چنین شبکه‌ای که در بالا توصیف شد، فوق‌العاده مناسب است. این کیفیت یکی از ویژگیهای مواد آلی است که می‌توانند در گوناگونترین جهتها واکنش نشان دهند. و گرچه دارای امکانهای بیشمار و متنوع شیمیایی هستند ولی این امکانه را در شرایط متعارفی و در حالت جدایی از جسم زنده بسیار کند تحقق می‌بخشند. با این حال ممکن است به طریقی بر آنها تأثیر کرد که فقط یکی از واکنشهای ممکن يك ترکیب معین به‌طور انتخابی تسریع شود؛ و بدین سان ترکیب مزبور را می‌توان وادار ساخت که در واکنشهای شیمیایی سمت ویژه و جداً معینی را دنبال کند نه آنکه در طول تمام مسیرهایی که به‌رویش بازند سرگردان شود. واکنش در مسیر مزبور به سریعترین صورتی پیش می‌رود.

از این حیث، يك محلول ساده یا مخلوط یکنواخت مواد آلی، به‌مثابه میدان بسیار وسیع و کاملاً بی‌بندوبار امکانات شیمیایی جلوه می‌کند. اینجا می‌توان در هر جهتی سیر کرد؛ اما همیشه با همان اشکال برگ و بدین جهت با همان کندی. برعکس، پرتوپلاسم مسیرهای مشخصی از پروسه‌های بیوشیمی را نشان می‌دهد. مسیری کامل از «خط سیرهایی که معقولانه ساخته

شده اند»، و در امتدادشان استحاله‌های شیمیایی و توأم با آنها تغییر شکل انرژی «در مطابقت جدی با اصول و قواعد» پیوسته و با سرعتی عظیم جریان می‌یابد. هماهنگی سرعتهای $تک\ تک$ و واکنشهای متابلیکی که این رشته کامل را می‌سازند، در جسم زنده به وسیله چند عامل که مهمترینشان فعالیت کاتالیزری آنزیمهاست تنظیم می‌گردد.

آنزیمهای پرتین کنونی، بر اثر ویژگی ساختمانشان، عوامل شیمیایی فوق‌العاده مؤثر بر توپلاسم هستند. به کمک آنها، فعل و انفعالات شیمیایی لازم برای جریان سریع پروسه‌های حیاتی نه تنها تسریع می‌شوند، بلکه در امتداد مسیرهای ویژه‌ای سیر می‌کنند. این امر بدین علت پیش می‌آید که آنزیمها با کاتالیزرهای غیرآلی فرق دارند. اولاً آنها تأثیر کاتالیزری فوق‌العاده قوی دارند، ثانیاً دارای ویژگی کاتالیزری بسیار زیاد هستند، ثالثاً قابلیت انعطاف قابل ملاحظه دارند؛ به طوری که فعالیت کاتالیزریشان بر اثر تأثیرهای بسیار متنوع خارجی و عوامل داخلی دارای حدود تغییرات بسیار وسیع است.

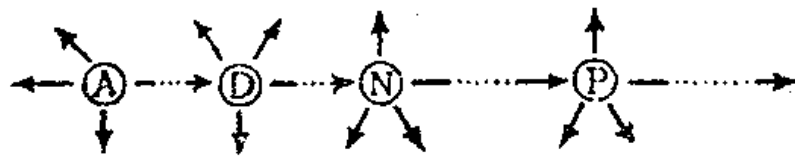
با مراجعه به طرح ساده زیر می‌توان این نکته را روشن ساخت. فرض کنیم که ماده آلی A می‌تواند به مواد D, C, B و غیره تبدیل شود. این استحاله‌ها در نمودار توسط حاملهایی نموده شده‌اند که طولهایشان با سرعت واکنشهای مربوطه مطابقت دارد. بدین سان سرعت واکنش $A \rightarrow B$ هفت برابر سرعت واکنش $A \rightarrow D$ است در حالی که واکنش اخیر فقط با نصف سرعت $A \rightarrow C$ پیش می‌آید. طبیعتاً هنگامی که زمان معینی گذشت و



تمام ماده A که ابتدا موجود بود، ازمیان رفت، مخلوط حاصل محتوی ۷۰

درصد از ماده B ، ۲۰ درصد از ماده C و ده درصد از ماده D می گردد . اگر تغییری غیر اختصاصی بدهیم که همه واکنشها را به طور برابر تسریع نماید ، تغییرات سریعتر صورت خواهند گرفت . اما نسبت مواد حاصل در پایان همچنان باقی خواهد ماند و ماده B مثل گذشته تفوق خواهد داشت . ولی اگر آنزیمی را در مخلوط اولیه داخل کنیم که واکنش $A \rightarrow D$ را میلیونها برابر تسریع کند بی آنکه بر سرعت واکنشهای دیگر تأثیر نماید ، تقریباً تمام ماده A به ماده D تبدیل می شود و سایر واکنشهای ممکن اهمیت عملی پیدا نکنند .

ماده D که بدینسان پدید می آید ، مانند هر ترکیب آلی دیگری استعدادهای شیمیایی بسیار دارد؛ اما در حضور یک آنزیم اختصاصی جدید ، فقط یک مسیر را که آنزیم مزبور برای آن هموار می کند ، دنبال خواهد نمود . از این رو زنجیری از واکنشهای متوالی و از لحاظ زمانی هم آهنگ پدید می آید .



اما ایجاد چنین زنجیری فقط در جایی امکان پذیر است که مجموعه کاملی از آنزیمهایی که هر کدامشان به حلقه مربوطه زنجیر اختصاص دارد ، وجود داشته باشد . در شیرۀ بوخنر Buchner که از مخمر قند گرفته می شود ، می توانیم مجموعه بزرگی از آنزیمهایی را بیابیم که در حالی که با همزمانی عمل می کنند ، می توانند زنجیر واکنشهای تبدیل قند به الکل و دی اکسید کربن (CO_2) را تولید کنند؛ و این کار هم البته در یک مسیر یک خطی و بدون انشعاب در زنجیر واکنشها صورت می گیرد .

وقتی که به عوض زنجیر ساده واکنشها سلسله انشعابداری را مورد بحث قرار می دهیم ، نه تنها وجود همه آنزیمهای ضروری را

بلکه رابطه میان فعالیتهای کاتالیزری را نیز باید در نظر بگیریم. در چنین موردی محصولات واسطه‌ای که در نقاط انشعاب زنجیر ایجاد می‌شوند، نه يك مسیر بلکه حداقل دو مسیر را دنبال می‌کنند. نسبت مربوط به هر مسیر به فعالیت کاتالیزری نسبی آنزیمهای ویژه‌ای بستگی دارد که در این خط‌سیرها داخل می‌شوند.

در مورد جسم زنده، با در نظر گرفتن شبکه فوق‌العاده دقیق متابلیسمش، موضوع بازهم پیچیده‌تر است. در اینجا باید هماهنگی دقیق و در عین حال بسیار همه‌جانبه‌ای از فعالیتهای کاتالیزری همه آنزیمها در زرادخانه پر ذخیره پرتوپلاسم موجود باشد. این هماهنگی به میزان زیادی مبتنی بر قابلیت انعطاف فوق‌العاده آنزیمها و تنوع زیاد فعالیت آنها تحت تأثیر بسیاری از عوامل خارجی و داخلی است.

هیچ عامل فیزیکی یا شیمیایی و هیچ ترکیب آلی یا نمک معدنی وجود ندارد که نتواند به نحوی از انحنا در خط سیر واکنشهای آنزیمی تأثیر کند. هر افزایش یا کاهش درجه حرارت، هر گونه تغییر در اسیدیته محیط، در قدرت احیا و اکسیدکنندگی آن، در نمکهای محلول در آن و یا هر گونه تغییر در فشار اسمزی اش، در رابطه بین سرعتهای واکنشهای آنزیمی تأثیر می‌کند؛ و بدین سان ارتباطهای متقابل آنها را در شبکه واکنشهای متابلیسمی تغییر می‌دهد. از این لحاظ پیداشدن و تکامل نوعی جدید از فعال‌کننده‌ها یا بازدارنده‌های اختصاصی در درون پرتوپلاسم که فعالیت يك یا دیگر آنزیم پرتوپلاسمی را به نحو انتخابی تقویت یا تضعیف می‌نمایند، بسیار مهم است.

ما همچنین باید نقش استثنایی سازمان فضایی پرتوپلاسم در متابلیسم بیولوژیک را به خاطر داشته باشیم. آنزیمها

بیشتر روی فصلهای مشترک سطوح و روی صورتبندیهای پرتوپلاسم متمرکز می‌شوند. در اینجا توگویی که آنزیمها در «خطوط تولیدی» معقولانه‌ای «سوار شده‌اند» و هر کدامشان کار بیولوژیکی خود را انجام می‌دهند. هر گونه تغییر در این خطوط نه فقط سرعت واکنشهایی را که توسط آنزیمها کاتالیز شده‌اند زیاد یا کم می‌کند، بلکه ممکن است تعادل‌ماندگار واکنشهای شیمیایی را در جهت ترکیب یا تجزیه تغییر دهند. این امر طبعاً برای ثبات تمام سیستم زنده، حتی برای بقای آن در شرایط معین محیطی، حائز اهمیت قاطعی است.

گفته‌های خود را خلاصه کنیم. مهمترین چیزی که باید مورد توجه باشد پیچیدگی فوق‌العاده و تنوع عوامل تعیین‌کننده سازمان پرتوپلاسم کنونی است. یعنی عواملی که ساختمان شبکه واکنشهای متابولیکی به آنها بستگی دارد. تمام این پدیده بر پایه خواص شیمیایی ترکیبات آلی سازنده جسم زنده مبتنی است. تنوع زیاد این ترکیبات و حدود وسیع حیطه فعل و انفعالات آنها به تنهایی به رویداد بسیاری از استحاله‌های شیمیایی و ترکیبات بیشمارشان امکان می‌دهد. حیات از میان این میدان وسیع امکانات، خط سیرهای معینی از پروسه‌های بیوشیمی را گرفته‌است. این يك صفت ویژه موجودات زنده است که دارای شبکه واکنشهای متابولیکی بسیار عالی تکامل یافته هستند. شبکه‌ای که سازمانش به وسیله ترکیب دقیقی از انواع مختلف عوامل، یعنی وجود مجموعه ویژه‌ای از آنزیمها، روابط کمی آنها، اوضاع فیزیکی و شیمیایی معمول در پرتوپلاسم، خواص کلوئیدی آن، و بالاخره به وسیله سازمانبندی ساختمانی یا فضایی ملکولها و سیستمهای چندملکولی آن معین می‌شود.

موادی که نقشهای عمده را در سازمان اجسام زنده بر عهده دارند، آنهایی نیستند که بر اثر تصادف به درونشان وارد می‌شوند؛

بلکه پرتئینها ، اسیدهای نوکلئیک و دیگر ترکیبات پیچیده و گوناگون آلی هستند که پیوسته در پرتوپلاسم ساخته می‌شوند و ساختمانی ویژه با اعمال بیولوژیکی مخصوص دارند. تولید مداوم چنین ترکیباتی و تشکیل ساختمانهایی از آنها به واسطه کارآیی سازمان شبکه‌واکنشهای متابلیک تأمین می‌گردد. از سوی دیگر، هر یک از این مواد و ساختمانها در سرعتها و جهتها و ارتباطهای متقابل واکنشهایی که در پرتوپلاسم صورت می‌گیرند و به این جهت در توالی منظمی که موجب ترکیب خاص پرتوپلاسم و ساختمانهایش می‌گردد ، نوعی تأثیر دارد .

بدین طریق ، حلقه بسیار ریز بافته‌ای از پدیده‌های درهم رفته پدید می‌آید. می‌توانیم تك تك اتصالات این حلقه را بر حسب قوانین فیزیک و شیمی بشناسیم. بدین ترتیب می‌توانیم دریابیم که چگونه بعضی از ساختمانها با ترکیبات خاصی در پرتوپلاسم ساخته می‌شوند؛ و چگونه آنها در سرعت و توالی واکنشهای بیوشیمی تمام شبکه‌متابلیسم تأثیر می‌کنند. اما به کار بستن تنها این قوانین در مطالعه فیزیکی و شیمیایی اجسام زنده به صورتی که امروزه وجود دارند . هرگز ما را به پاسخگویی این پرسش قادر نخواهد ساخت که: چرا این سلسله زنده آنچنان که هست، تا این اندازه تمامیت یافته و با صیانت ذات و خود بازسازی مداوم تمام سیستم زنده در شرایط معین موجودیتش سازگار شده است . بدین منظور مسئله را باید در زمینه تکاملی آن مورد توجه قرار دهیم. یعنی اصلاحات پی‌درپی‌ای را بررسی کنیم که موجب دگرگونی سیستمهای بی‌حیات اولیه به نخستین موجودات زنده شدند؛ موجوداتی که در آن هنگام سازمانی بسیار عالی یافته بودند. بعید است که این دگرگونی بر اثر تصادف رخ داده باشد، بلکه برعکس بایستی به پیروی از قانونی صورت گرفته باشد .

تکامل تدریجی دستگاههای کوآسروآت اصلی

قطره‌های کوچک کوآسروآتی که در آب هیدروسفر تشکیل شدند، نتیجه اجتناب ناپذیر تشکیل پلیمرهایی شبیه پرتئینها و اسیدهای نوکلئیک بودند. اما تشکیل آنها در پروسه تکامل تدریجی مواد آلی بی‌زیست خاسته همچنین مرحله بسیار مهمی بود. پیش از آنکه چنین سازمانی پیدا شود، مواد آلی «آبگوشته ابتدایی» به نحو انفکاک ناپذیری باملاً پیرامون مخلوط بودند و وجود مستقلی تشکیل نمی‌دادند. با تشکیل کوآسروآتها، ملکولهای مواد آلی در نقاط خاصی تمرکز یافتند و از محیط پیرامون به وسیله مرز کم و بیش مشخصی مجزا شدند. بدین طریق سیستمهای چند ملکولی کامل پدید آمدند که هر کدامشان فردیت معینی داشت و از این حیث، در برابر تمام جهان اطرافش قد برافراشت. سرگذشت بعدی چنین قطره کوچک کوآسروآتی می‌توانست با سرگذشت سیستم منفرد دیگری که در جنب آن بود، فرق اساسی داشته باشد. سر نوشت قطره را در آن هنگام، تنها شرایط عمومی محیط خارج تعیین نمی‌کرد، بلکه سازمان مکانی و زمانی ویژه درون خود قطره نیز نقش تعیین کننده‌ای داشت، این سازمانبندی از حیث تفصیلی که داشت، ویژه آن قطره خاص بود و هر یک از قطره‌های دیگر نیز می‌توانست دارای ترتیبات متفاوت و مخصوص به خود باشد.

چه شرایطی بقای فردی هر ذره کوآسروآتی را در آب هیدروسفر ابتدایی تعیین می‌کرد؟ کوآسروآتهای مرکبی که با اختلاط ساده محلولهای دو ترکیب کلونید مصنوعاً به دست می‌آیند، همان‌طور که دیده‌ایم، صورتبندیهایی می‌باشند که ثباتشان شکل سکونی دارد و دوران بقای طولانی‌تر یا کوتاهترشان به وسیله قابلیت‌های انحلال نسبی آنها یا به واسطه وجود یک ورقه سطحی

تعیین می شود که خواص سیستم را در طی زمان ثابت نگه می دارد. به هر حال، این آن نوع ثبات مناسب برای سیستمی نبود که در راه تکامل تدریجی ماده به سوی پیدا شدن حیات، می بایست نقش قاطع را ایفا کند. این تکامل فقط بر اساس تأثیر متقابل سیستم و ملامت پیرامونش، یعنی بر اساس صورتبندی سیستمهای باز می توانست صورت گیرد. قطره های کوآسرووات، که به نحوی از انجا در هیدروسفر ابتدایی تشکیل می شدند فقط در آب غوطه ور نبودند، بلکه محیطشان محلولی از ترکیبات گوناگون آلی و نمکهای معدنی بود.

مواد این محیط بایستی به طور انتخابی از میان قشر سطحی قطره ها گذشته، و به وسیله مواد موجود در آنها به نحو انتخابی جذب سطحی شده و سپس با آنها وارد واکنشهایی شده باشد تا محصولاتشان در قطره ابقا گردیده، یا اینکه از آن دفع شده و به داخل ملامت خارج بازگردانیده شود. البته این فعل و انفعالات بسیار آهسته روی می دادند و شبکه بهم بستهای از پروسه ها را تشکیل نمی دادند، زیرا هنوز لازمه بقای ممتد و ثبات قطره کوچک کوآسرووات نشده بودند. با وجود این، حتی در این مرحله ابتدایی از تکامل تدریجی سیستمهای اصلیمان، این فعل و انفعالات بایستی دارای دو خاصیت شده باشند که برای تکامل بعدی ماده بسیار مهم بود.

از يك سو، ویژگیهای فیزیکی شیمیایی فردی سازمان قطره های کوآسرووات خاص بر واکنشهای شیمیایی که در درونشان رخ می دادند، مهر خویش را زدند. وجود این یا آن ماده یا بنیان در قطره ای خاص، وجود یا عدم ساده ترین کاتالیزرهای معدنی مانند املاح آهن، مس، کلسیم و غیره، درجه غلظت مواد پرتئین مانند و مواد دیگر دارای وزن ملکولی زیادی که کوآسرووات را می ساختند، و ساختمان ویژه آن، همگی متضمن سرعتها و جهت های واکنشهای

مختلف شیمیایی بود که در قطره مفروض صورت می گرفتند. تمام اینها به پروسه‌هایی شیمیایی که در آن پدید آمدند، خصلت ویژه‌ای دادند. از این رو، میان ساختمان و سازمانندی قطره کوچک مفروض و استحاله‌هایی شیمیایی که در آن صورت می گرفتند، بستگی معینی وجود داشت. این استحاله‌ها در قطره‌های مختلف، بسته به ویژگیهای فردی سیستم مفروض، تطابق زمانی متفاوتی داشتند.

انتخاب دستگاههای اصلی

از سوی دیگر، بعضی از پروسه‌های شیمیایی که در هر قطره رخ می دادند، حتی اگر ناقص می بودند یا حتی از این فراتر هرگونه بستگی زنجیری چنین پروسه‌هایی همیشه ضرورتاً به یک سرنوشت دچار نمی شد. یکی از این پروسه‌ها ممکن بود که در شرایط خاص خارجی پایداری زیاد و بقایی طولانی به یک قطره کوچک خاص بدهد. از این لحاظ، پروسه مزبور سودمند می شد و دارای اهمیت مثبتی می گردید. برعکس، پروسه‌ها و بستگیهای زنجیری نوع دیگر بر اثر زیان بخشی به صورت بندی خاص مفروض، خصلتی منفی داشته‌اند. زیرا وجودشان موجب تلاشی و نابودی دستگاههایی می شد که خود در آنها پدید آمده بودند. اما چنین دستگاههای کوآسرواتی، از آنجا که عمرشان کوتاه بود و زود سپری می شد، نمی توانستند در تکامل تدریجی بعدی صورت بندیهای آلی نقش اساسی داشته باشند. سیستمهایی که در این شرایط کم و بیش دوام داشتند، فقط سیستمهایی بودند که سازمانی خاص داشتند. سازمانی که به انجام مجموعه‌ای از واکنشهای شیمیایی مفید برای بقای آنها کمک می کرد.

از این رو، حتی در این مرحله از تکامل تدریجی ماده،

انتخاب معینی از سیستمهای سازماندهی پدید آمد. دستگاههای منتخب آنهایی بودند که سازمانشان با وظیفه حفظ موجودیت ارگانیزم خاص در شرایط تأثیر متقابل استمراری باملاً پیرامونش مناسب شده بود.

البته این «انتخاب» هنوز بسیار ابتدایی بود و نمی توان آن را «انتخاب طبیعی» به مفهوم زیست شناسی و دقیق کلمه، مستقیماً و کاملاً برابر ساخت. اما تکامل تدریجی بعدی دستگاههای منفرد آلی تحت حمایت آن پیش رفت و بدین جهت سمت معینی گرفت. پیش از همه، خود طبیعت ثبات سیستمهای کلوئید بر اثر این تکامل جهتدار تغییر اساسی یافت.

پایداری قطره های کوچک کوآسرواتی که ابتدا در آب هیدروسفر ابتدایی ظاهر شدند ممکن است مثل ثبات کوآسرواتهای ژلاتین و صمغ عربی که مصنوعاً در آزمایشگاه به دست می آیند، در اصل بر اساس همان اصول سکون مبتنی بوده باشد. حالت کوآسرواتی و سازمانبندی پروسه هایی که در قطره کوچک صورت می گرفت، ممکن است که تا اندازه ای مستقل از یکدیگر بوده باشد. اما به دلایل بالا، هنگامی که تکامل تدریجی جهتی یافت این دو پروسه بایستی هرچه بیشتر در واحد منفردی سازمان یافته باشند. زیرا وجود سیستم به شبکه و اکنشهایی بستگی داشت که درون آن صورت می پذیرفتند؛ در حالی که از طرف دیگر وضع خود شبکه را تمام سازمان سیستم تعیین می نمود. وقتی که با نبودن يك چنین هماهنگی ای تأثیر متقابل سیستم و ملاً خارج به نحو ثابت موجود باشد، دستگاه باید بسیار تند از هم بپاشد و به عنوان يك صورتبندی از میان برود. اگر تأثیر متقابل دستگاه و ملاً به دلیلی گسیخته شود، دستگاه ساکن خود به خود از پروسه عمومی تکامل تدریجی خارج می شود.

مثلاً اگر پایداری قطره‌های کوچک کوآسروآت به تشکیل غشاهای سطحی محکمی بستگی می‌داشت که به خودی خود و با سرعت معینی متلاشی می‌شدند ولی در جریان فعل و انفعالات شیمیایی درون قطره کوچک از نو ساخته می‌شدند. در این صورت پایداری قطره را رابطه میان سرعتهای پروسه‌های تلاشی و بازسازی قشرهای سطحی تعیین می‌کرد. اگر سرعت تشکیل قشرهای سطحی زیاد می‌شد، آن وقت پایداری دینامیک قطره کوچک بسیار زیاد می‌گردید. در چنین موردی تسریع واکنشهای شیمیایی درون قطره مثبت و در نتیجه، «بقای» آن را در شرایط معین خارجی تأمین می‌کرد. این تأثیر به مثابه عاملی پایدار کننده در قطره تأثیر می‌نمود. اگر سرعت تشکیل قشر سطحی کمتر از سرعت انهدام آن می‌شد، قطره زود از هم می‌پاشید. بالاخره، اگر قشرهای سطحی قطره‌ها، بی‌ارتباط به واکنشهای داخل قطره کوچک، خود صلابت زیاد و پایداری فوق‌العاده‌ای کسب می‌کردند، آن وقت چنین سیستم کلوئیدی ساکنی از پروسه تکامل تدریجی حذف می‌شد. بنابراین، پایداری سیستمهای اصلی، در نتیجه تکامل تدریجی سمت یافته‌شان خصلت پیش‌ازپیش دینامیکی به خود گرفت. قطره‌های کوآسروآت به تدریج به سیستمهای باز تغییر شکل یافتند و خود بقایشان در شرایط محیطی خاص به سازمان بندی رشته‌های اعمالی بستگی داشت که در داخلشان صورت می‌گرفت. به دیگر سخن، طول عمر آنها در واقع بر اساس تأثیر متقابل دائمی آنها و ملأ خارج مبتنی بوده است. این پیدا شدن نیروی صیانت ذات می‌تواند به مثابه نخستین نتیجه تکامل تدریجی سمت یافته سیستمهای اصلیمان تلقی شود.

دومین گامی که به همان سو به پیش برداشته شد، پیدا شدن سیستمهایی بود که نه تنها قادر به صیانت خود بودند، بلکه همچنین

می توانستند نمو کنند و با صرف موادی از ملا^۱ خارج بر جرم خویش بیفزایند. حالت ماندگار دستگاههای باز در هر لحظه^۲ مغین حفظ می شود و این بدان علت نیست که انرژی آزادشان همچنانکه در يك تعادل ترمودینامیک دیده می شود، در حداقل است، بلکه بدین جهت است که این سیستمها پیوسته از انرژی آزاد ملا^۳ پیرامونشان آن مقدار دریافت می کنند که کاهش انرژی را در سیستمها جبران نماید. در مورد دستگاههای شیمیایی بازی همچون قطره های کوچک کوآسروآت هیدروسفر ابتدایی، دریافت انرژی آزاد از محیط خارج به طور عمده به وسیله^۴ داخل شدن ترکیبات آلی نسبتاً پر انرژی در قطره، و شرکت آنها در بعضی از واکنشهای شیمیایی درون آن فراهم می شود. اما هنگامی که واکنشهای شیمیایی جریان دارند، سیستمهای باز وابسته از لحاظ سینتیک^۵ باهم فرق می کنند. زیرا در اولی تعادل به وسیله^۶ برابری سرعتهای واکنش به سمت جلو و عکس آن حفظ می شود، و بنا بر این، نتیجه این می شود که افزایش در جرم آنها نمی تواند حاصل شود. از طرف دیگر، در دستگاههای باز دارای حالت ماندگار، سرعت واکنش در يك جهت منظمأ بیشتر از سرعت در جهت دیگر می شود. و از این رو برای آنها امکان دارد که آن چنان تمامیتی از واکنشها در داخل سیستمهای مزبور حاصل شود که به افزایش جرم سیستم منجر گردد. سیستمهای مزبور در پروسه^۷ تکامل تدریجی سمت یافته و امتیاز مسلمی داشتند؛ و بنا بر این، بر اثر عمل «انتخاب» در میان صورتبندیهایی که به وجود می آمدند، موقعیت ممتازی را اشغال نمودند.

۱. Cinétique یا Kinetics سینتیک در فیزیک بخشی از دینامیک (علم القوا) است که تأثیر نیروها را بر حرکت اجسام مادی بررسی می کند. اما در شیمی منظور از سینتیک علمی است که سرعت واکنشهای شیمیایی را مورد مطالعه و بررسی قرار می دهد و در بالا هم به همین مفهوم آمده است - م.

قطره‌های کوآسروات ساکن مصنوعی نمی‌توانند خود به خود تقسیم شوند. برعکس، نیروهای کشش سطحی سبب می‌شوند که قطره‌های مزبور باهم یکی گردند و تنها وجود ورقه‌ای سطحی است که تا اندازه‌ای مانع این امر است.

اما همان‌طور که می‌دانیم، حتی در این سیستم‌های ساکن نیز می‌توان به وسیله تأثیرات خارجی - مانند تکان ساده‌ای در ساختن يك شیرابه^۱ موجب تکه تکه شدن گردید. گمان می‌رود که پیشینترین کوآسرواته‌های رشد یافته به طریق مشابهی (مثلاً بر اثر برخورد امواج) تقسیم می‌شده‌اند. تقسیم قطره‌هایی که در آن هنگام دارای مشخصات سیستم مانند گار دینامیک بودند و بقایشان به رشته‌های اعمالی بستگی داشت که درون آن جریان می‌یافت، می‌توانست به وسیله علل داخلی پیش بیاید. مثلاً، این امر هنگامی بود که فشار اسمزی داخلی بر اثر هیدرولیز ترکیبات با وزن ملکولی زیاد، با چنان سرعتی بالا می‌رفت که بسیار بیش از طاقت قشر خارجی قطره می‌شد.

از این رو، در نتیجه تأثیر متقابل ثابت سیستم‌های اصلی مورد بحث در بالا با ملامت خارجی، افزایش تدریجی در شماره این سیستم‌ها حاصل شد. اما این افزایش همیشه تحت کنترل شدیدیک «انتخاب» صورت می‌گرفت و این امر فقط کارآمدترین سیستم‌ها را برای تکامل بعدی ابقا کرد؛ به طوری که کیفیت سازمان‌بندی آنها همیشه در جهتی خاص تغییر می‌کرد. دستگاہها شروع کردند به اینکه نه تنها بالقوه پایدار گردند، بلکه بالفعل دینامیک شوند. ما می‌توانیم این پدیده را به مثابه سومین گام مهم در تکامل سمت

۱. Emulsion یا شیرابه، مخلوطی است از دو مایع یکی از این دو مایع به صورت قطره‌های بسیار کوچکی به قطر کمتر از یک میکرون، و در دیگری، به حالت پخش، پراکنده است - م.

یافته به سوی منشا حیات تلقی کنیم.

در مراحل اولیه تکامل تدریجی که مورد نظر ماست، می توانیم سر نوشت هر تك قطره كوچك كو آسروات منفرد را قطع نظر از ارتباط آن با قطره های دیگر همانندش تصور کنیم. موضوع مهم در مورد بقای يك قطره كوچك خاص به صورت يك سیستم باز- سیستم باز به علت داشتن قوه صیانت ذات دريك حالت تأثیر متقابل مداوم باملاً خارج عبارت از نسبت سرعتهای پروسه هایی است که در درون قطره صورت می گیرند، نه قدر مطلق آن سرعتها.

با تبحر به آزمایشگاهی مستقیمی می توان نشان داد که هنگامی که چند دستگاه شیمیایی ماندگار و همتراز دريك محیط خارجی مشترك وجود داشته باشند، جریان بیشتر مواد از راه سیستمی صورت می گیرد که سازمان آن (مثلاً بر اثر حضور کاتالیزرهای مؤثر) استحاله شیمیایی را با سرعت بیشتر صورت می دهد. از این لحاظ، آن سیستم ماندگار شیمیایی که اعمال شیمیایی درون آن در شرایط معین به سریعترین صورت انجام می یابد، تا وقتی که افزایش سرعت اعمال مزبور تعادل ضرور برای صیانت ذات سیستم را برهم نرزد، یعنی تا زمانی که با بقای طولانی سیستم باز مربوطه سازگار بماند، بر دیگر سیستمهای ماندگار همتراز، برتری دارد.

از این رو می توان دریافت که قطره كوچك كو آسروات دینامیک و پایداری که می تواند خود را نگه دارد و رشد نماید و با داشتن تأثیر متقابل بر ملاً خارج قابلیت تبدیل سریعتر مواد را کسب کند، در حالی که بر دیگر قطره های خردی که در محلول همان ترکیبات آلی و معدنی شناورند، ولی رشته های اعمال شیمیایی ویژه خود را آهسته تر انجام می دهند، برتری قابل ملاحظه ای دارد.

این قطره‌های دینامیکتر، بخش هرچه بیشتر جرم کل کوآسروات را تشکیل خواهند داد. میان قطره‌های کوچک بر اساس سرعت نمویشان و سرعت رشته‌های آنها که در داخل آنها صورت می‌گیرد، رقابتی ایجاد می‌شود.

با این حال باید توجه داشت که نیروی سیانت ذات و حتی نمو سریع همه سیستمهای دینامیک، به معنای تغییر ناپذیری کامل سیستم نیست. برعکس، يك قطره كوچك كوآسروات ماندگار، یا هر سیستم باز دیگر می‌تواند مدتی دراز تمامیت خود را حفظ کند و در عین حال ترکیب خود و شبکه و واکنشهای داخلیشان را تا وقتی پیوسته تغییر دهد که این تغییرات، پایداری دینامیک آن را برهم نزده باشند. این گونه تغییرات در واقع بایستی در راهی رخ داده باشند که به منشأ حیات منجر گردیده است. زیرا تکامل پیشرو سیستمهای اصلی، به تغییرات مزبور بستگی داشته است. بدون این تغییرات هیچ موجود جدیدی به علت انتخاب طبیعی و تکامل بعدی سیستمها به وجود نمی‌آمد و آن سیستمها در مرحله خاصی دچار «انجماد» می‌شدند.

منشأ ارگانیسمهای نخستین

اما این امر طبعاً فوق‌العاده مهم بود که تغییرات مزبور نمی‌بایست از حدود سازگاری با پایداری دینامیک سیستم تجاوز کنند. اگر چنین می‌شد، چنان آشفتنگی شدیدی در تعادل ایجاد می‌گردید که همیشه خطر آن بود که سیستم ثبات خود را از دست بدهد و از میان برود. از این رو هنگامی که سیستمهای اصلی به سرعت و توده وار بسط می‌یافتند، تنها سیستمهایی برای تکامل بعدی انتخاب شدند که در آنها شبکه و واکنش‌های هم‌آهنگی یافته بود که به‌طور ثابت رشته‌ها و حتی سیکل‌های تکراری مسدودی از

واکنشها در آنها به وجود آمدند که واکنشهایشان همیشه مسیر يك سيكل مربوط به خود را دنبال می کردند ؛ و فقط در نقاط معینی بود که انشعاب در آنها صورت می گرفت . این امر موجب شد که مقادیر جدیدی از محصولات متابلیک ویژه به طور ثابت تولید شود .

در نتیجه این ثبات تکرار واکنشهای بهم بسته ای که در يك شبکه واحد منظم شده بودند، نیروی خود باز سازی که صفت ویژه موجودات زنده است پدید آمد. می توان از هنگام پیدا شدن این قوه به مثابه خاستگاه حیات سخن گفت . در این مرحله از تکامل ماده ، انتخاب طبیعی اهمیت بیولوژیک کامل خود را کسب نموده و بر پایه آن ، سازش ارگانیسمها با شرایط هستی شان عالیتر و باز هم عالیتر گردید و همه اجزای ساختمان درونی آنها با اعمالی که انجام می دادند مطابقت دقیقی یافت . این امر در واقع به مثابه همان تکامل « تضمن مقصود » شگفت انگیز ساختمان بدن موجودات زنده است که پیشتر درباره آن سخن گفتیم .

هر يك از گامهایی که در راه تکامل حیات برداشته شد و ما بدانها اشاره کردیم ، با اصلاح سازمان بندی متابلیسم توأم بوده است . واکنشهای منفردی که در اصل پراکنده بودند ، بهم پیوستند و به رشته واکنشهایی تبدیل شدند که بعداً درازتر و باز هم درازتر گشته و سپس منشعب شدند و به صورت سیکلهای مسدود درآمدند . و این رشته ها و سیکلهای منفرد بهم ، پیوسته و به صورت يك شبکه متابلیک باز هم کاملتر و کارآمدتر متحد شدند . در شبکه مزبور ، واکنشهای سنتزی مکرر با واکنشهای انهدامی تجزیه به دقت در آمیختند . واکنشهای انهدامی تجزیه علاوه بر تولید قطعات ملکولی که گروه کثیری از مواد ویژه را تشکیل می دادند و

ساختمانهای چند ملکولی نیز از آنها حاصل می‌شود، انرژی آزاد مورد نیاز سنتز را نیز تولید می‌کردند. این صورتبندی، خطوط استاندارد را دنبال نمود که در رشته‌های دراز و پیچیده متابولسم به وسیله پروسه انتخاب تثبیت شدند.

از این رو هماهنگی با تکامل شبکه متابولیک، سیستم تکامل یابنده، پیچیدگی و کارایی هر دو جنبه ترکیب شیمیایی و سازمانبندی فضایی رشته واکنشهای متابولیک، پیوسته افزایش می‌یافت. هر دوی اینها رشته واکنشهای متابولیک منظمتری را پدید آوردند، که درعین حال، تثبیت واقعی و اصلاح این نظم را معین کرد.

سرعت واکنشهای داخلی قطره‌های کوچک کوآسرواتی که ابتدا در هیدروسفر تشکیل شدند، نخست می‌توانست فقط به فعالیت کاتالیزری آن عده از نمکهای معدنی آهن، مس، کلسیم و غیره که درملاً پیرامونشان انتشاری وسیع داشتند و نیز به بنیانهای آلی گوناگون درون قطره کوچک وابسته باشد. این گونه نمکها و بنیانها، فعالیت کاتالیزری نسبتاً ضعیفی دارند و مهمتر اینکه فعالیت مزبور هنوز غیر اختصاصی است. هماهنگی واکنشهای مجزا در سیستمهای کوآسروات اصلی چون بر پایه چنین فعالیتهایی مبتنی بوده است، نمی‌توانست تأثیر بسیار داشته باشد.

اما همان طور که اکنون می‌دانیم، قدرت ویژگی فعالیت کاتالیزری می‌تواند بر اثر حضور ترکیبات خاصی از مواد یا گروههای آنها به میزان قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد. مثلاً اگر یک اتم آهن با پورفیرین^۱ که جزئی از ساختمان رنگدانه قرمز خون است

۱. porphyrin پورفیرین نام یک دسته از ترکیبات آلی رنگی و بسیار مهم است که ماده رنگی خون به نام هیم Heme و کلروفیلها Chlorophylls از آن جمله‌اند. چنانکه می‌دانیم هیم جزء ترکیبی مهم هموگلوبین است و در فرمول آن آهن وجود دارد و در رسانیدن

ترکیب شود، فعالیت کاتالیزری ترکیب مزبور هزار برابر بیشتر از تأثیر تنهای آهن معدنی می‌شود. تنها فعالیت کاتالیزری نیست که زیاد می‌شود، بلکه ویژگی چنین کاتالیزری نیز افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد.

در قطره‌های کوچک کوآسرواتی که با ملام پیرامونشان تأثیر متقابل دارند، ترکیبهای زیادی از مواد ممکن است حاصل شود که از لحاظ قدرت کاتالیزری و ویژگی، بعضی از آنها موفق و بقیه بی‌نتیجه می‌شوند. اما فقط دسته اول است که به وسیله انتخاب تثبیت و ایقا می‌شود، چون قطره‌های کوچک دارند آنها از حیث اصلاح بیشتر شبکه متابلیک خود امتیاز قابل ملاحظه‌ای کسب می‌کند.

در آنزیمهای کنونی که به‌مثابه مراکز بس‌سازمند فعالیت کاتالیزری در ملکولهای پرتئینی جلوه می‌کنند، تکامل تدریجی به سطح بسیار عالی کارآیی رسیده است. این ارتباط دقیق و مؤثر میان ساختمان ملکولی یک آنزیم و عمل بیولوژیک آن، طبعاً نمی‌توانست بر اثر «تصادف» پدید آید. این امر به‌جریان منظم و سمت یافته تکامل که به وسیله انتخاب تعیین می‌شد، احتیاج داشت. انتخابی که همه ترکیبات بی‌نتیجه را از میان می‌برد و فقط آن عده از سیستمهای کوآسروات را برای تکامل بعدی نگه می‌داشت که دستگاه کاتالیزری در آنها وظیفه بیولوژیکی خود را به‌معقولانه‌ترین صورتی انجام می‌داد.

اما آنزیمها فقط ساده‌ترین شکل ابتدایی سازمان پرتو-

اکسیژن به سلولها و تنفس اکسیدانیو حایز اهمیت فیزیولوژیک ویژه‌ای است. اما کلر فیلهای رنگدانه‌های سبز گیاهان سبزند که فرمول ملکولی آنها دارای منیزیم است و در فتوسنتز نقش مهمی دارند - م.

توپلاسم ، یعنی بخشهای فعال و جداگانه آن را نشان می دهند . واکنش آنزیمی منفرد به تنهایی نمی تواند برای يك پروسه حیاتی منشا اثر باشد . اهمیت بیولوژیک آن فقط هنگامی ظاهر می شود که به عنوان حلقه اتصالی لازمی در شبکه متابلیک قرار گیرد . از این رو انتخاب نه فقط به سوی تکمیل يك یا چند آنزیم هدایت شد ، بلکه به سازمان بندی منطقی خود کاتالیزرها و دیگر عوامل منظم کننده متابلیسم نیز رهنمون گردید . بر این اساس ، علاوه بر پرتئینها مواد دیگر دارای ساختمان دقیقاً معین ، از قبیل اسیدهای نوکلئیک نیز به وجود آمد .

گروه بندی همه این مواد به تشکیل ساختمانهای پرتوپلاسمی منجر گردید که مجموعه هایی با ساختمان منظم و اعمالی انرژی و سنتزی و تعیینی اند . به دلایل بالا ، فعالیت های هماهنگ و همناخت ساختمانهای پرتوپلاسمی ، در شرایط معین ملاحظه خارج ، پیوسته به سمت صیانت ذات و خودبازسازی تمام سیستم زنده هدایت می شد .

بدین سان ، اکنون دیگر مسیر تکامل را ، به ساده ترین صورت کلیش ، می توانیم تصور کنیم که از سیستمهای اصلی به ابتدا بیترین موجودات کشیده شده است . این خط سیر ، راه اصلاحاتی مترقی را در شبکه واکنشهای داخل سیستمهای کلونیدی که با محیط خارجشان تأثیر متقابل داشتند ، دنبال نمود . بر اثر تغییر پیوسته این سیستمها در چهارچوب ثبات دینامیکشان ، و به واسطه عمل مستمر انتخاب ، تنها کارآمدترین سیستمها باقی ماندند . این

۱. رشته اعمال و تغییراتی که موجب می شوند هر بخش ارگانیسم بر طبق موقعیت مربوطه و مرکز سازمانییش رشد و تکامل یابد ، پروسه های تعیینی می نامند . این پروسه ها ، ریخت ، ساختمان ، سازمان و کار مناطق عضوی مختلف ارگانیسم را معین می کنند و این عمل را در بیولوژی تعیین (Determination) می گویند - م.

سیستمها به‌قرار زیرین تجدید سازمان یافتند : در وهله اول کاتالیزرهای منفرد اصلاح شده نیروی فعالیت و ویژگی بیشتری کسب نمودند . به‌موازات این امر ، يك هماهنگی موقت در این فعالیتها و تمام رشته‌ها و سیکلهای واکنشهای آنزیمی شروع شد و پایه‌ای برای بخشهای مختلف متابولیسم گردید . اصلاح بعدی سازمان فضایی و موضعی شدن رشته‌های اعمال نیز عملی گردید و وابستگی انرژی و ساختمانی بخشهای متابولیسم به یکدیگر صورت منطقی به‌خود گرفت و تا حدود معینی بقا و خود بازسازی سیستم زنده را تأمین نمود .

انتخاب طبیعی ، از دیرباز ، همه اشکال واسطه‌ای سازمان‌بندی را که در فاصله تکوین کوآسرواتهای اصلی ، و ابتداییترین موجودات زنده صورت گرفت از پهنه زمین جارو کرد . از این رو ، ما هیچ امکانی برای بررسی آنها در شرایط طبیعی نداریم . اما تصویر ما از تکامل تدریجی منظم در راهی که منجر به منشأ حیات شده است ، فرضی صرف نیست . این تصویر بر پایه مطالعه مکانیسمهای شیمیایی که تاکنون در اجسام زنده و قطعات جدا شده از آنها کشف شده‌اند ، و نیز بر پایه ساختمان سیستمهای مصنوعی از قبیل قطره‌های کوچک ، کوآسروات مرکب محتوی پرتئینهای آنزیمی و دیگر کاتالیزرهای ساده و بفرنج ، مبتنی است . اما اینجا بررسی مقایسه‌ای متابولیسم ارگانیزمهای معاصر در مراحل تکامل تدریجی ، بسیار بیشتر به‌ما کمک می‌کند .

درست همان طور که کالبدشناس به بررسی مقایسه‌ای از تك تك اندامهای جانوران مختلف می‌پردازد و بدین‌سان نمودار تکامل آنها را می‌تواند ترسیم نماید ، بیوشیمیست هم می‌تواند متابولیسم موجودات گوناگون را مورد بررسی مقایسه‌ای قرار دهد و از این راه به‌خود سرچشمه حیات نزدیک شود و ابتداییترین

اشکال سازمانبندی آن را دریابد .

فقط از راه چنین برداشت تکاملی است که امکان می یابیم ،
نه فقط بفهمیم که در بدن موجودات زنده چه رخ می دهد و چرا رخ
می دهد ، بلکه همچنین خواهیم توانست به هفت میلیون چرایی
پاسخ بدهیم که برای شناخت واقعی جوهر حیات در برابر ماقرار
می گیرند .

Dich im Unendlichen zu finden, Musst

unterscheiden und dann verbinden.^۱

گفته

تاریخ زمین

با تحلیل ایزوتوپی سرب و دیگر برسیهای راجع به مواد رادیواکتیو، عمر زمین به عنوان یک سیاره در حدود ۵۰۰۰۰۰۰۰۰ سال تعیین شده است. این بدان معنی است که اگر قرار می‌شد که تاریخ زمین در ده جلد پانصد صفحه‌ای ضبط شود، هر صفحه آن یک دوره یک میلیون ساله را می‌گرفت. مار Marr زمین شناس انگلیسی گفته است که ما فقط می‌توانیم دهمین، یعنی آخرین جلد را مورد مطالعه مسلسل قرار دهیم. بقایای سنگواره‌ای جانوران و گیاهان که از دوره کامبرین باقی مانده‌اند، به ما امکان می‌دهند که ایده روشنی از رشته اعمال برگشت ناپذیر تکامل جهان آلی ۵۰۰۰۰۰۰۰۰ سال گذشته را داشته باشیم. توالی مراحل مهم در راه طولانی تکامل حیات با چنان دقتی در دفاتر دیرینشناسی این دوره تصویر شده است که تمام رشته اعمال مزبور می‌تواند

۱. برای آنکه خود را در لایتناهی دریایی باید از تفرقه به پیوستگی

به مثابه کر نومتر با ارزشی به کار آید؛ کر نومتری که زمین شناسان به کمک آن زمان منشا مواد رسوبی مورد مطالعه خود را تعیین می کنند .

هنگامی که برگهای این کتاب را برگ به برگ ورق می زنیم و درباره حوادث مهمی که داستان تکامل دنیای آلی را در طول ۵۰۰ میلیون سال اخیر تشکیل می دهد مطالعه زمانی به عمل می آوریم ، فوراً به افزایش مداوم سرعت این تکامل پی می بریم :

این تکامل ابتدا نسبتاً به کندی صورت می گرفت؛ به طوری که مثلاً تقریباً نصف دوره مورد بحث لازم بود تا آنکه گیاهان بتوانند به گیاهان کاملاً بری تبدیل شوند. ولی دو زیستان ساحل دریاها و مردابها به بیرون، به سوی خشکی می خزیدند؛ درحالی که هنوز وابستگی کامل خویش را به آب حفظ کرده بودند. زیرا آب برای تخم ریزی آنها و مرطوب بودن مداوم پوست بدنشان که به سادگی خشک می شد، ضرور بود .

تکامل بعدی جانوران خشکی به میزان قابل ملاحظه ای سریعتر صورت گرفت. اما، يك صد میلیون سال دیگر طول کشید تا خزندگان غالب شدند و اینها تنها در ۶۰ تا ۷۰ میلیون سال پیش بود که به اوج تکامل خود رسیدند . فقط نصف این مدت ، یعنی ۳۵ میلیون سال گذشت تا آنکه سلطه پیشین خزندگان جای خود را به سلطه پرندگان و پستانداران درنده داد و این جانوران مشحصات ساختمانی امروز خود را فقط در حدود پنج تا هفت میلیون سال پیش کسب نمودند . تمام تاریخ انسان به همان آخرین صفحه کتابمان محدود می شود .

سرعت متزاید تکامل حیات در دوره مزبور موجب تنوع شگفت انگیز گیاهان و جانوران عالی تکامل یافته دنیای پیرامونمان

شده است. اما، البته، آغاز حیات با سرآغاز دهمین جلد منطبق نبود. برعکس، حتی در همان اولین صفحه‌های آن با جلبک‌های چند یاخته‌ای و جانوران بی‌مهره متعددی از قبیل مدوزها Medusae، کرمها، خارپوستان، نرم‌تنان و تریلوبیتها Trilobites برخورد می‌کنیم و تنها موجوداتی که جایشان خالی بود، مهره‌داران بودند. اما گیاهان و جانوران مذکور، به‌طور نسبی، موجودات زنده بسیار عالی سازمان یافته‌ای هستند که فقط در نتیجه تکامل بسیار طولانی قبلی حیات در روی زمین می‌توانستند پدید آیند.

حتی نسبتاً در این اواخر به این اعتقاد رسیده‌اند که ضبط آثار دیرینشناسی در دوره کامبرین ناگهان قطع گردید و بقایای جانورانی که در بیش از ۵۰ میلیون سال پیش روی زمین به سر می‌بردند، حفظ نشده است. زیرا صورتبندیهای سنگی‌ای که با ترکیب آنها در آمیخته بود چنان متحمل تغییر و دگرگونی (Metamorphosis) عمیقی شدند که همه ساختمانهای زیست‌خاسته آنها نابود گردید. با این حال، اخیراً ثابت شده است که بسیاری از نقاط روی کره زمین، مخصوصاً در پلاتفرمهایی از قبیل روسیه، سیبری و چین، در زیر طبقات محتوی فسیلهای بسیار قدیمی کامبرین و کاملاً چسبیده بدانها، طبقاتی وجود دارد که تغییرات بسیار جزئی یافته و در بعضی جاها فوق‌العاده ضخیم است. گرچه بررسی این صورتبندیها نسبتاً به تازگی آغاز شده با این حال اکنون کشف بسیاری از فسیلهای مربوط به دوران ماقبل کامبرین امکان پذیر شده است. این درست است که هیچ گونه سنگواره حیوانی در آن طبقات وجود ندارد، اما از سلسله گیاهی

1. Platform. حد مجاورت بین قدیمترین طبقات زمین‌شناسی با طبقات رسوبی جدیدتر را پلاتفرم یا «ایوان» می‌نامند. پلاتفرمهای مشهور عبارتند از پلاتفرمهای کانادا، اسکندیناوی، روسیه، سیبری و چین - م.

جا مانده در سنگهای مزبور، آثار قطعات و توده‌هایی از انواع مختلف جلبکهای تک‌یاخته و رشته‌ای، بخصوص جلبکهای سبز و آبی و هاگهای بعضی از گیاهان ابتدایی یافته می‌شود. از این رو يك دوران حیات مربوط به زمان پیش از دوران کامبرین در برابر چشمان ما قرار می‌گیرد که اخیراً به نام دوران ریفی Riffianera نامیده شده است.

شواهد بسیاری است که نشان می‌دهد طول این عهد به اندازه مجموع اعصار پالئوزوئیک Paleozoic ، مزوزوئیک Mesozoic و سنوزوئیک Cainozoic بوده است. دوران ریفی بیش از يك هزار میلیون سال پیش شروع شد و مدتی بسیار دراز، یعنی درازتر از مدتی که از دوران پالئوزوئیک تا کنون گذشته است، طول کشید. بدین ترتیب دوران ریفی تمام جلد نهم تاریخ تکامل زمین را شامل می‌شود و شاید علاوه بر این، قسمتی از جلد هشتم را نیز دربر گیرد. متأسفانه بسیاری از صفحه‌های این کتاب به مرور زمان به میزان قابل ملاحظه‌ای آسیب دیده‌اند و بسیاری از آنها کاملاً از میان رفته‌اند، و ترتیب بقیه نیز درهم و برهم شده است. بعضی از اشخاص بدین نتیجه رسیده‌اند که در بسیاری از موارد، طبقات سنگهای ریفی محتوی قطعات گیاهی و هاگهایی هستند که منشأشان به مراتب متأخرتر از آن است که شواهد زمین‌شناسی نشان می‌دهد. مثلاً، حتی در صورتبندیهای اعصار پروتروزوئیک Proterozoic که بسیار قدیمتر از دوران سنگهای ریفی‌اند، هاگهایی یافته‌اند که مشخص گیاهان، با تکامل عالی دوره کر بنیفرند که تنها مربوط به ۲۵۰ میلیون سال پیش بود. روشن است که این هاگها بایستی به نحوی از آنها از طبقات بالاتر نقل مکان یافته باشند و به هیچ وجه نشان دهنده زندگی عصر پروتروزوئیک نیستند. بنابراین باید بویژه مراقب بود و این حقیقت را در نظر گرفت که در طبقات

ریفی یافته‌های تصادفی و غیرسیستماتیکی از قطعات منفرد گیاهان یافته می‌شود و عمر این یافته‌ها غالباً با عمر سنگهای حاملشان تطبیق نمی‌کند .

با وجود این، اکنون ویژگیهای تکامل حیات در طی عهد ریفی را به صورت کلی و تقریبی هم شده باشد، شرح می‌توانیم داد. ما در اینجا آن تنوع برجسته شکلی را که خصیصه زمان خودمان است و تنها در عصر دیرتری می‌توانست پدید آید، نمی‌یابیم . تکامل تدریجی حیات در دوران ریفی نسبت به بعد از دوره کامبرین جریان کندتری داشت . تکامل تدریجی در دوران ریفی به طور عمده به سوی تکمیل سازمان درون سلولی (Intracellular Organisation) و تکامل کیفیت پرسلولی (Multicellularity) رهنمون شد .

تکامل حیات تا تشکیل یاخته

اما حتی در آغاز دوران ریفی نیز گیاهانی وجود داشتند که گرچه بسیار ابتدایی بودند ولی قدرت فتوسنتز را داشتند. همان طور که اکنون می‌دانیم، فتوسنتز مستلزم وجود دستگاهی داخلی با افتراقی بسیار عالی است که فقط مدتی دراز پس از پیداشدن حیات و تنها در نتیجه تکامل طولانی موجودات زنده نخستین می‌توانست تشکیل شود . بدین ترتیب ما در کوشش خود برای کشف آغاز حیات به کاویدن دوران بازهم قدیمتر عمر سیاره‌مان، یعنی اعصار

۱. Differentiation . تغییرات و اصلاحاتی را که ساختمان ارگانیزم بر اساس آن تقسیم کار می‌یابد، افتراق می‌نامند . بر اثر افتراق ساختمان هر بخش ارگانیزم به علت مطابقت با وظیفه عضوی خود از بخشهای دیگر متمایز می‌شود و نسبت به ساختمان آنها فرق پیدا می‌کند - م .

پروتروزوئیک ناگزیر خواهیم شد . ولی درسنگهای متعلق به این اعصار، فقط یافته‌هایی منفرد و تصادفی از بقایای ساختمانی حیات داریم و وجود و ماهیت حیات را فقط می‌توانیم از شواهد غیر مستقیمی مانند اطلاعات ژئوشیمی و بویژه از ذخایر آهن اکسید شده ، و ذخایر بسیار قدیمی سنگ آهک و نیز گرافیت و زغال سنگهای دوران پیش از کامبرین استنباط کنیم . مثلاً الزام آور نبود که آهن اکسید شده در نتیجه تشکیل اکسیژن به وسیله فتوسنتز پدید آید؛ برعکس ممکن بود توسط اکسیداسیون کامل نمکهای فرو محلول در آب دریا به وسیله اکسیژنی پدید آید که به طریق بی‌زیست خاست و بر اثر تجزیه فتوشیمیایی آب در طبقات سطحی آتمسفر تولید می‌شد . طبعاً این تجزیه کم کم صورت می‌گرفت ، اما با وجود این می‌توانست مدت زمان بسیار درازی ادامه یابد .

همین طور هم در موارد بسیار معدود است که از انتشار ایزوتوپهای کربن می‌توان استفاده کرد تا بر ما معلوم شود که سنگ رسوبی از منشأ ابتدایی بی‌زیست خاسته است یا اینکه ثانوی (از منشأ حیاتی - م . م) است . با وجود این ، هیچ روشی وجود ندارد که بتواند به این سؤال جوابی بدهد که يك سنگ رسوبی معین آیا از «آبگوشت ابتدایی» ناشی شده یا از قطره‌های کوآسروات یا اینکه از موجسودات زنده منشأ گرفته است ؛ یعنی معلوم شود که مواد مزبور پیش یا پس از پیدا شدن حیات به وجود آمده است .

بدین ترتیب ، ما هنوز دلیل مستقیم و مستندی نداریم که ما را قادر به تعیین زمان کم و بیش مشخصی برای منشأ حیات نماید . اما حقیقتی که قبلاً چندبار از آن یاد کردیم و گفتیم که حیات هرچه پیشرفته‌تر باشد تکاملش سریعتر و بازهم سریعتر می‌گردد یا گفتیم که ابتدا اینترین مراحل تکامل آن در مقایسه با مراحل بعدی بایستی

مستلزم دوره‌های زمانی به مراتب درازتری بوده باشد، اینک ما را در این فرض محق می‌سازد که بگوییم طول نخستین دوران تکامل حیات از طول تمام دوره‌های بعدی نه تنها کمتر نبوده، بلکه احتمالاً بیشتر هم بوده است.

از آنچه گفته شد می‌توانیم (هرچند که البته به‌طور بسیار آزمایشی) سرفصلهای زیر را برای تاریخ تکامل زمین معین نماییم. قسمت بیشتر صفحات آن (در حدود شش جلد) مربوط به دوران بی‌حیات عمر سیاره ما می‌شود. در جریان این مدت پروسه‌های پرشماری روی داد که در فصل پیش شرح داده شد. این پروسه‌ها در کلاف دره‌می به هم پیچیده شده بودند و سازمان‌بندی بسیارضعیفی داشتند، از این رو فقط به آهستگی می‌توانستند تکامل یابند. ولی با این حال موجب شدند که مواد آلی به تدریج پیچیده‌تر گردند و پلیمر شوند و قطره‌های کوچک کوآسروآت صورت پذیرند و سرانجام به صورت موجودات زنده نخستین تطوریابند. فقط چهار جلد آخر است که به تمام جریان تکامل حیات مربوط می‌شود. در طی قسمت اعظم مدتی که شامل جلدهای اخیر می‌شود (احتمالاً یک نیمه کامل آن) حیات در وجود موجوداتی در روی زمین متظاهر شد که ساختمان درویشان در مقایسه با ساختمان ارگانیس‌های کنونی سازمان پستتری داشت. بین ارگانیس‌هایی که ابتدا از قطره‌های کوچک کوآسروآت پدید آمدند، و ارگانیس‌های ابتداییترین موجودات دوران ریفی، یک راه طولانی اصلاح تدریجی پروسه‌های متابلیک و ساختمانهای پر توپلاسمی قرار داشت. راهی با مراحل بسیار و نشان‌دهنده تکامل پی‌درپی کیفیتهای نوی که امروزه پایه سازمان‌بندی ماده زنده را تشکیل می‌دهند. در آن مدت که بایستی اقلایک هزار میلیون سال طول کشیده باشد چه بسا مکانیس‌های شیمیایی بسیار متنوع و چه بسا ترکیبات

واکنشهای متابلیک بین رشته‌ها و سیکل‌های آنها بود که بایستی روی داده باشد؛ وجه بسا ترکیبات و مکانیسمها بودند که می‌بایستی به وسیله انتخاب طبیعی حذف شده و از میان رفته باشند. و این امر هم بدین علت نبوده است که ترکیبات و مکانیسمهای مزبور از قوانین فیزیک و شیمی تخطی کرده بودند، بلکه بدین سبب بود که به قدر کافی «متضمن مقصود» نبودند. زیرا کمتر از ترکیبات و مکانیسمهای مشابهشان با اجرای اعمال حیاتی مورد نیاز موجود زنده در شرایط معین بقایش سازگاری داشتند.

هر گاه به تمام عظمت این تکامل تدریجی کاملاً پی ببریم درمی‌یابیم که تلاشهای نومیدانه‌ای که حتی همین اواخر به عمل آمد تا تکون خود به خود حیات را به طریق مصنوعی در آبگوشت‌های فاسد و خیسانده‌های مواد آلی از نو ایجاد کنند، چقدر مضحک و ساده لوحانه است. راهی که طبیعت از نخستین موجودات تا باکتری‌های ابتدایی یا جلبک‌ها دنبال نمود، محققاً از مسیر تکاملی آمیب تا انسان نه کوتاه‌تر بود و نه ساده‌تر. اما اکنون طبعاً هیچ کس این را وظیفه خود نمی‌داند که از توده‌های موجودات تک یاخته، یک انسان بسازد. اکنون که از سنتز حیات سخن به میان آمده است شاید لازم باشد که نه درباره ساختمان سلول‌هایی نظیر سلول‌های امروزی که قدرت تنفس و فتوسنتز دارند و معمولاً مورد بررسی ما واقع می‌شوند، بلکه راجع به باز ساخت مصنوعی سیستم‌هایی بیندیشیم که پیچیدگی ساختمانشان کمتر باشد ولی اساسی‌ترین خصوصیات موجودات زنده را دارا باشند، یعنی از عهدۀ انجام اعمال متابلیک، و لوفقط اعمال نسبتاً ابتدایی هم شده و موجب صیانت ذات و خود باز سازی سیستم‌های مزبور در شرایط محیطی ملأ پیرامون گردد، بر آیند. روشن است که ما بر اساس بررسی منشأ حیات و تکامل متعاقب آن فقط می‌توانیم با صور ممکن چنین سیستم‌هایی

مواجه گردیم. به این دلیل همان نخستین دوران تکامل حیات برای شناخت طبیعت اصلی آن حائز اهمیت ویژه‌ای است. زیرا درست در آن زمان بود که خواص اساسی مشترك بين همه موجودات زنده تثبیت می‌شدند.

اما بررسی این دوره از تاریخ تکامل تدریجی حیات را بر اساس چه شواهدی باید مبتنی کنیم؟ البته همان‌طور که قبلاً نشان دادیم، هیچ سنگواره‌ای یافته نمی‌شود که بتوان بی‌گفتگو آن را مربوط به زمان مزبور دانست و حتی اگر چنین سنگواره‌ای پیدا شود، چندان معلوماتی به ما نخواهد داد. زیرا آغاز تکامل تدریجی حیات ضرورتاً به اصلاح متابولیسم اجسام زنده و کوچکترین اجزای ساختمانی درون آنها بیشتر مربوط بود تا به تغییرات شکل خارجی موجودات ابتدایی.

ما تا کنون بحث خود را بر اساس اعتقاد به ثبات مطلق و تغییر ناپذیری قوانین فیزیک و شیمی مبتنی کرده، قدیمیترین دوره‌های تکامل ماده را که به پیش از منشأ حیات مربوط می‌شود، مورد بحث قرار داده‌ایم. هنگامی که متان، آمونیاک، هیدروژن و آب در شرایط خاصی در آزمایشگاه‌های ما برای ساختن اسیدهای آمینه وارد فعل و انفعالات شیمیایی می‌گردند، به این امر اعتقاد پیدا می‌کنیم که اگر در آن زمان شرایط متداول در اتمسفر سیاره ما به شرایطی شباهت داشته که اکنون به‌طور مصنوعی می‌سازیم. بایستی چنین ترکیباتی هم هزاران میلیون سال پیش، قبل از پیدا شدن حیات در روی زمین پدید آمده باشد. اما همین که حیات به وجود آمد، دیگر قوانین فیزیک و شیمی به‌تنهایی برای تعیین مسیر تکامل تدریجی بعدی ماده کافی نبود. شناخت این مسیر اکنون فقط بر پایه قوانین جدید زیست‌شناسی که هم‌زمان با پیدا شدن حیات پدید آمدند، امکان پذیر است.

هر حلقه لازم در زنجیر واکنشهای متابولیک می تواند ، از نظر گاه شیمی صرف ، به وسیله تعداد زیادی از پروسه های شیمیایی مربوط به یکدیگر فراهم گردد که هیچ کدامشان به هیچ وجه از قوانین فیزیک و شیمی تخطی نمی کند . با وجود این ، در جریان تکامل حیات ، انتخاب طبیعی فقط معدودی از ترکیبات خاص واکنشها را از میان این همه امکانه های شیمیایی متعدد برای تکامل بعدی حفظ کرده است . ما نمی توانیم همیشه دریابیم که چرا این امر در مورد یک ترکیب یا مکانیسم شیمیایی خاص روی داده است . زیرا شیوه برداشت شیمیایی صرف همیشه نشان می دهد که ترکیبات دیگر متساویاً معتبر بوده اند . چنین قضیه ای را یک ضرورت تاریخی ، یعنی سازش (Adaptation) بیولوژیک مخصوصی به روشنی حل می کند . با این حال ، این مهم است که استفاده بعدی از این مجموعه ها و مکانیسمهای ویژه و به طور بیولوژیک منتخب ، به عوض چیزهای دیگری که از لحاظ شیمیایی ممکن بودند ، همان قدر در تکامل بعدی دنیای زنده اجباری شد که ثبات واکنشهای شیمیایی یا اعمال فیزیکی در جهان غیر آلی بود .

ما اکنون می توانیم در رشته واکنشهای متابولیک خاص ، سلسله واکنشهایی بیابیم که در همه موجودات ، بدون استثنا ، مشترک می نمایند . از این امر این نتیجه گرفته می شود که آن ترکیباتی که در نتیجه عمل انتخاب طبیعی پدید آمدند ، به علت آنکه از میان عدّه بسیار هنگفت ترکیبات ممکن شیمیایی دیگر انتخاب شده اند ، قبلاً در زمانی وجود داشتند که «درخت حیات» هنوز شاخه های مستقل و متعدد خود را نساخته بود . از این رو اکنون این رشته های متابولیک را همان ترکیبهای رویدادهای شیمیایی عملی می سازند که صدها میلیون سال پیش موجب تحقق آنها می شدند .

همان طور که بعداً خواهیم دید ، این ثبات سازمان بیولوژیک

با عدم تغییر سکونی «مکانیسم ساعت» یا بیک «بلور غیرمنتظم» به صورتی که شرودینگر توصیف می نماید، هیچ وجه مشترکی ندارد. پایه دینامیک این ثبات و ارتباط آن با خصلت جریان یا پندۀ سازمان موجودات زنده کاملاً بدیهی است. اما اینجا باید بویژه این واقعیت را تأکید کنیم که این ثبات نمی تواند تنها به وسیله قوانین عمومی سینتیک و شیمی یا ترمودینامیک تعیین شود. این ثبات، مبین یک شکل سازمان بندی است که فقط به طور تاریخی و در جریان تکامل ماده زنده می توانست صورت پذیرد.

بدین ترتیب خصیصه اجسام زنده ای که مورد توجه قرار دادیم خصلت یک قانون ویژه بیولوژیک را به خود می گیرد. شناخت این قانون به ما امکان می دهد که از تحلیل بیوشیمی مقایسه ای متابلیسم موجودات کنونی که پیوسته مفصلتر می شود، به مثابه اساس تعقیب راههای تکاملی صدها میلیون ساله دنیای زنده استفاده کنیم. یعنی درست همان کاری را انجام دهیم که در کوشش خود برای شناخت پروسه های تکامل مواد آلی پیش از پیدا شدن حیات، قوانین عمومی فیزیک و شیمی را مورد استفاده قرار می دهیم.

البته، شکی نیست که مجموعه خاص واکنشهای شیمیایی سازنده قدیمیترین شکل متابلیسم که در سرچشمه های واقعی حیات پدید آمد، پی در پی تکمیل و اصلاح می شد و در جریان تکامل بعدیش، بخصوص همراه با تغییرات شرایط خارجی که ارگانیزم با آنها پیوسته تأثیر متقابل داشت، پیچیده تر می گشت. این تغییرات در ارگانیزمها که از یکدیگر جداً متمایز شده اند، به طرق مختلف صورت گرفته است. از این رو همان طور که تکامل تدریجی بسیار متأخر گیاهان و جانوران عالی از لحاظ ریخت شناسی پرانشعاب است تکامل تدریجی متابلیسم در امتداد خط مستقیم منحصر به فردی

پیش نرفت. این تکامل، خط سیرهای پیچ در پیچی را دنبال کرد که غالباً درهم شد و شاخه شاخه گشت تا اینکه از اقسام مختلف متابلیسم، «درخت» پر شاخ و برگی به وجود آمد. بسیاری از شاخه‌های این «درخت» مدتهای مدیدی است که خشکیده و از میان رفته است و هیچ اثری از خود به جای نگذاشته است؛ در صورتی که دیگر شاخه‌های آن به زمان خودمان رسیده است و حلقه اتصالی میان آنها نیز که زمانی وجود داشت، اکنون عملاً مفقود شده است و فقط با تجزیه و تحلیل بسیار عمیقتر و اطمینانهای موجود می‌توان آن را شناخت.

همه اینها تصویر نسبتاً پیچیده و مبهمی از نخستین مرحله تکامل حیات ترسیم می‌کند. این تصویر هنوز بسیار ناقص است. بویژه بدین جهت ناقص است که مردم فقط همین اواخر به بررسی شواهد واقعی شروع کردند و هنوز به تحقیق نمی‌دانند که تاکنون چه کارهایی در این جهت به وسیله بیوشیمی تکاملی صورت گرفته است. با وجود این، همان‌طور که از یک بررسی مقایسه‌ای پروسه‌های تشکیل بیولوژیک پرتئینها و اسیدهای نوکلئیک، مکانیسمهای شیمیایی تخمیر، تنفس، فتوسنتز و شیمیوسنتز و دیگر پدیده‌های حیاتی در موجودات ذره بینی مختلف و در گیاهان و جانوران عالیتر می‌توانیم ببینیم، رشته واکنشهای جدیدی که همیشه پدید می‌آمدند، هیچ‌گاه به‌طور کامل جای اعمال متابولیک قدیمتر را نگرفتند؛ بلکه معمولاً از آنها استفاده نموده فقط به وسیله واکنشهای نو پدید تکمیلشان می‌کردند. رشته واکنشهای نوساز را تنها می‌توان به‌مثابه روسازیهای فرعی بر مکانیسمهای شیمیایی داخلی قبلاً موجود اجسام زنده تلقی نمود. در برخی از بخشهای متابلیسم، در عده‌ای از موجودات، حتی می‌توانیم دو خط سیر موازی از استحاله‌های شیمیایی بیابیم که تازه‌ترینشان به‌میزان وسیعی در متابلیسم بکار

می رود؛ در حالی که خط سیر کهنتر گویی معمولاً به مثابه ذخیره ای عمل می کند. با این حال این مسیر دست نخورده باقی مانده است و از این رو موجودات دارنده آن، در مواقعی که تغییری شدید در شرایط هستی شان ایجاد می شود، گاهی ممکن است به شکل کهنتر متابلیسم برگردند.

بعضی از رشته ها واکنشهای متابلیک نسبتاً کم رشد، در واقع در همه موجودات معاصر همانندند. اما ترکیبهای پیچیده تر این رشته ها واکنشها ممکن است متفاوت گردند. بدین معنی که گروههای اصلی بیولوژیک تا اندازه ای بایکدیگر اختلاف داشته باشند ولی همیشه همان شالوده های عمومی را حفظ می کنند، علاوه بر این می توانیم بعضی از مکانیسمهای شیمیایی را مورد ملاحظه قرار دهیم که مختص گروههای ویژه و محدودی از موجودات زنده اند و به وسیله آنها به کار برده می شوند؛ در صورتی که گروههای دیگر آنها را ندارند. این امر ما را قادر می سازد که راه خویش را در دهلین پیچ در پیچ مسیرهای پزانشاب تکامل تدریجی بیوشیمیایی تا حدودی بیابیم و در بعضی از موارد، حتی زمان یا ترتیب منشأ حلقه های اتصال خاص یا تمام رشته ها و سیکلها را در شبکه پیچیده و عمومی واکنشهای متابلیک ثابت کنیم. اگر مثلاً دریابیم که سیستم معینی از واکنشهای بیوشیمی مختص گروه کم و بیش محدودی از موجودات است و در موجودات زنده دیگر وجود ندارد، یا اگر این سیستم فقط یک بخش کمی متابلیسم موجود مورد بحث را تشکیل دهد در حالی که پایه مکانیسم شیمیایی پدیده حیاتی را که سیستم واکنشهای مزبور در آن شرکت می کند یک رشته واکنشهای با انتشار وسیعتری تشکیل می دهد، و بالاخره اگر در بعضی از موارد، هنگامی که سیستم مزبور تحت تأثیر شرایط معینی قرار می گیرد، متوقف شود و سپس متابلیسم بی آنکه الزاماً به تلاشی موجود منجر

گرد خط سیرجدیدی را دنبال کند، در این صورت حق داریم چنین سیستمی را به مثابه سیستم نسبتاً جوانی تلقی نماییم که فقط در مرحله متأخری از تاریخ تکامل نوعی (Phylogenetic Development) پدید آمده است. از سوی دیگر، اگر در بررسی مقایسه‌ای خود درباره متابولیسم ارگانسیمهای مختلف فقط یک رشته واکنشها و مکانسیمهایی پیدا کنیم که میان همه موجودات زنده مشترک باشد، آن وقت حق خواهیم داشت که این سیستمهای واکنشها و مکانسیمها را فوق‌العاده قدیمی بدانیم که در خود ریشه‌های سازمان «درخت حیات» قرار گرفته‌اند.

نخستین موجودات زنده هتروترفهای بی‌هوازی بودند.

با کوششی که به عمل می‌آوریم تا اینکه در جمع گوناگون و پر شمار سیستمهای متابولیسم در ارگانسیمهای مختلف، آن عده از همانندیها و آن دسته از صور ویژه سازمانبندی را کشف نماییم که در موجودات زنده انتشاری وسیع دارند و بدین جهت بسیار قدیمی‌اند، در وهله اول می‌توانیم دواصل اساسی را ثابت کنیم. اولاً، هر چند که از لحاظ تئوری بسیاری از راههای متابولیک قانع‌کننده دیگری را می‌توان یافت، ولی باید قبول کرد که متابولیسم همه موجودات زنده کنونی مبتنی بر اساس سیستمهایی است که آن سیستمها برای استفاده از مواد آلی قبلاً ساخته شده‌ای به عنوان مصالح ابتدایی ساختمان بیوسنتز و منابع انرژی لازم حیات تخصیص یافته‌اند.

ثانیاً، همه ارگانسیمهای کنونی برای به دست آوردن انرژی

۱. Heterotrophs هتروترف به جانوران و گیاهانی گفته می‌شود که از مواد آلی ساخته و آماده موجودات دیگر تغذیه می‌کنند و قدرت این را ندارند که منحصراً از مواد معدنی تغذیه نمایند - م.

مواد آلی دستگاهی دارند که مبتنی بر اساس تجزیه بی‌هوازی این مواد است؛ هر چند که اکنون در واقع امر، با وجود اکسیژن آزاد اتمسفر کاملاً منطقی می‌نماید که مواد مزبور مستقیماً (به طریق هوازی-م) اکسید بشوند.

این بدیهی و مورد قبول عموم است که اکثریت قاطع انواع بیولوژیکی که اکنون در سیاره ما به سر می‌برند فقط در صورتی می‌توانند باقی بمانند که پیوسته مواد آلی ساخته آماده بدانها برسد. این امر در مورد همه جانوران، هم جانوران عالی و هم پست، به انضمام بسیاری از آغازیان^۲، و اکثریت بزرگی از باکتریها و همه قارچها صادق است. این واقعیت به تنهایی فوق‌العاده و سوسه‌انگیز است. با اشکال می‌توان تصور کرد که همه اینها به سادگی و به شیوه ساده سازه‌های باتسونی^۳، با از دست دادن کامل قوای اتوترفی^۴ که در گذشته داشته‌اند، تکامل یافته باشند. این عقیده همچنین با نتایج حاصله از مطالعات زیادی راجع به سیستمهای متابلیک این موجودات متناقض است. ما جزئیترین اثریاردی از آن ترکیبات پیچیده، یا

1. Anaerobic degradation of substances، تبدیل مرحله به مرحله مواد آلی بفرنیج و پیرانرژی به مواد ساده کم انرژی را که به شیوه بی‌هوازی صورت می‌گیرد، تجزیه یا تنزل بی‌هوازی مواد می‌گویند - م.

2. Protozoa یا Protozoaires

3. اشاره به ویلیام باتسن William Bateson (1861-1926) زیست‌شناس انگلیسی است که درباره تئوری وراثت مندل Mendel تحقیقاتی دارد و از پیروان سرسخت اوست - م.

4. Autotrophy، کیفیت سنتز مواد آلی غذایی توسط گیاهان و موجودات زنده دیگر از CO₂ و مواد معدنی و بدون استفاده از مواد آلی ساخته آماده را اتوترفی می‌نامند. ارگانیس‌هایی را که بدین طریق تغذیه می‌کنند، اتوترف می‌گویند - م.

انزیمی ویژه، یا گروه‌های واکنش‌های مورد لزوم اشکال اتوترفی زندگی را در موجودات مزبور نمی‌یابیم؛ و حال آنکه از سوی دیگر، متابلیسم اتوترفها همیشه بر اساس همان مکانیسم‌های داخلی شیمیایی ارگانیزم‌های دیگر که فقط از راه مصرف نمودن مواد آلی گذران می‌کنند (از راه هتروترفی - م . م) مبتنی است. مکانیسم‌های اتوترفی ویژه صرفاً روپناهای این زیربنایند. همانا این نوع سازمان متابلیسم است که به اتوترفها اجازه می‌دهد که تحت شرایط معینی، کاملاً به مصرف نمودن مواد آلی ساخته آماده برگردند.

این را در مورد فتواتوترف‌های با حداقل سازمان‌بندی - جلبکها - می‌توان با وضوح خاصی هم در شرایط طبیعی و هم در آزمایشگاه نشان داد. به وسیلهٔ چنین آزمایش‌هایی از مدت‌های مدید پیش نشان داده شده است که اگر مواد آلی را داخل کشت‌سترون شدهٔ جلبکها بنمایند، جلبکها این مواد را مستقیماً با عمل همانند سازی جذب خود می‌کنند. در عین حال، این عمل ممکن است به صورت فتوسنتز ادامه پیدا کند. اما فتوسنتز، در بعضی از موارد ممکن است به کلی متوقف شود و جلبک، به طریقهٔ زندگی کاملاً گنده‌رویی^۱ روی آورد.

در این شرایط رویش بسیار فراوانی از جلبک‌های سبز آبی از قبیل نوستک Nostoc ها و دیاتومه Diatom ها و نیز جلبک‌های سبزی از قبیل اسپروثریرها می‌توان به دست آورد. انواع بسیاری از جلبک‌های سبز آبی و جلبک‌های دیگر حتی در شرایط طبیعی، در آبگیرها به طور واضح ناگزیرند که مواد آلی را مستقیماً همانند سازی نمایند. این حقیقت که آنها در آب را کد و جاهای مشابه

۱. Saprophyte ساپروفیت یا گنده‌رو نام گیاهان و موجوداتی است که با استفاده از اجسام پوسیدهٔ موجودات دیگر تغذیه می‌کنند - م.

دیگری که سرشار از مواد آلی است، مخصوصاً به وفور می‌رویند، نظریهٔ بالارا به ذهن می‌آورد.

نه تنها در جلبکها، بلکه همچنین در گیاهان عالیتر که در آنها دستگاه فتوسنتز به اوج تکامل خود رسیده است می‌توان يك اساس هتروترفی برای تغذیه پیدا کرد. اما این دستگاه تنها در سلولهای حامل کلروفیل گیاهان عالیتر وجود دارد. متابلیسم همهٔ بافتهای دیگری که بی‌رنگند، مانند متابلیسم همهٔ موجودات زندهٔ دیگر بر پایهٔ استفاده از مواد آلی مبتنی است که در این مورد به وسیلهٔ اعضای فتوسنتز کننده، برای آنها تهیه می‌شود. به علاوه، حتی برگها هم هنگامی که نور نباشد به این شکل متابلیسم باز می‌گردند.

از این رو متابلیسم همهٔ گیاهان عالی کاملاً بر مکانیسم همانند سازی مواد آلی مبتنی است. اما در بافتهای سبز این مکانیسم بایک روبنای ویژهٔ تکمیلی همراه می‌شود که وظیفهٔ رسانیدن مواد آلی ساخته آماده را به تمام ارگانیزم دارد. اگر این مواد، به نحوی از انجا از خارج به گیاه برسند، آن وقت گیاه مزبور همان طور که در شرایط طبیعی معمولی، بویژه در جوانه زدن دانه‌ها مشاهده می‌شود، حتی بدون روبنای فتوسنتز کننده می‌تواند باقی بماند. این را همچنین در کشت بافتهای گیاهی یاد در رویش گیاه کاملاً بالغ چغندر قند یکساله می‌توان در تاریکی مصنوعاً نشان داد. در این موارد هم يك گیاه کامل و هم بافتهایی از آن در شرایط فقدان کامل هرگونه فعالیت دستگاه فتوسنتز کننده از راه همانند سازی مواد آلی برون‌خاسته اعاشه می‌کنند. اما، اگر انسان حتی يك

۱. Exogenous. منظور از مواد آلی برون‌خاسته، موادی است که منشأشان خارج از جسم موجود زنده است و موادی که درون جسم زنده ساخته می‌شوند درون‌خاسته Endogenous نامیده می‌شوند - م.

حلقهٔ اتصالی را در رشتهٔ متابلیسم هتروترفی (مثلاً به وسیلهٔ داخل کردن بازدارنده‌ای مخصوص) بگسلد، همهٔ فعالیت‌های حیاتی گیاه متوقف می‌شوند و در نتیجه گیاه مزبور از بین می‌رود.

از این رو کاملاً روشن است که اعمال حیاتی فتواتوتروفها بر بنیاد شکل اصلی و قدیمی متابلیسم که اساس آن استفاده از مواد آلی ساخته آماده است پایه‌گذاری شده است و قدرت فتوسنتز در موجودات مزبور بسیار دیرتر و به‌مثابهٔ فرع برمکانیسم ابتدایی‌تر متابلیسم هتروترفی پدید آمد.

این امر در مورد گروه کوچک‌تر اتوتروفها، شیمیواتوتروفها نیز صادق است؛ هرچند که در این مورد ممکن است قضایا در نظر اول پیچیده‌تر بنماید. حتی در زمان وینوگرادسکی، کاشف این موجودات، آنها را نخستین موجودات روی زمین می‌دانستند و عقیده داشتند که ابتدایی‌ترین شکل متابلیسم را دارند.

اساس این فکر از آنجا سرچشمه می‌گیرد که در آن زمان عقیدهٔ شایع این بود که مواد آلی در شرایط طبیعی، فقط از راه زیست‌خاست به وسیلهٔ ارگانیسمها پدید می‌آیند و موجوداتی که ابتدا در روی زمین ظاهر شدند بدین جهت بایستی قادر بوده باشند زندگی کنند که بتوانند در میان غذای آلی درملاً کانی خالص تغذیه کنند. شیمیواتوتروفها عیناً چنین ارگانیسمهایی هستند آنها با به‌کار بردن دی‌اکسید کربن (CO_2) به‌عنوان منبع کربن خویش و با به‌دست آوردن انرژی مورد لزومشان به وسیلهٔ اکسیداسیون مواد معدنی احیا شده مانند آمونیاک، هیدروژن سولفور، اکسید فرویا هیدروژن ملکولی، خود می‌توانند مواد آلی را بسازند.

اما اکنون می‌دانیم که مواد آلی، در طی تکامل سیارهٔ ما از

راه بیزیت خاست و مدتها پیش از پیداشدن نخستین موجودات در سطح آن به وجود آمدند و بدین جهت لازم نبود که موجودات مزبور ضرورتاً اوتوترف باشند. همچنین متابولیسم شیمیواتوتروفهای گوناگون را هرچه عمیقتر بررسی کنیم، بر ما روشنتر می گردد که این متابولیسم به هیچ وجه از متابولیسم موجودات هتروتروفی که با شیمیواتوتورها خویشاوندی نزدیک دارند ساده تر نیست، بلکه برعکس پیچیده تر از آن است. بویژه، اخیراً نشان داده شده است که متابولیسم شیمیواتوتورها نیز مانند همه موجودات زنده دیگر مبتنی بر اساس سیستم واکنشهای تجزیه و ترکیب است؛ در صورتی که پروسه های اکسیداسیون مواد معدنی فقط مکملهای فرعی این سیستم هستند. بنابراین اکثریت قاطع شیمیواتوتورها مانند فتواتوتورفهامی توانند به آسانی به همانندسازی مواد آلی بازگردند و فقط معدودی از آنها «جدا» شیمیواتوتورفند و به دلایلی که هنوز به درستی معلوم نشده است، نمی توانند مواد آلی را از محیط خارج مجزا کنند. با وجود این حتی این شیمیواتوتورفهای «جدی» از قبیل تیوباسیلوس تیواکسیدنس می توانند ذخایر داخل سلوالی پلی ساکاریدها را در جریان متابولیسم خود تجزیه کنند و همان دستگاه آنزیمی که در هتروتورها وجود دارد اساس این استحاله را تشکیل می دهد و نیز همان سلسله واکنشها که در هتروتورها هست، در آنها تعقیب می شود.

بدین ترتیب، متابولیسم همه اتوتورها مبتنی بر اساس يك دستگاه بیوشیمیایی استحاله مواد آلی است. این دستگاه ابتدا بیشترین و عمومیترین، و بدین جهت پیشینترین دستگاه است؛ در صورتی که دستگاههای فتوسنتز و شیمیوسنتز خود را به عنوان مکمل، بفرنج کننده، و ثانوی بدان ضمیمه کرده اند و بنا بر این رو بناهای متأخرتری می باشند.

همین طور هم با تحلیل شیمیایی وسیع پروسه‌هایی که در همه گروه‌های ارگانیک‌های کنونی، چه عالی و چه پست، صورت می‌گیرد، می‌توان نشان داد که طریقه بی‌هوازی متابولیسم انرژی ابتدایی است. حقیقت این است که بسیاری از این ارگانیک‌ها اکنون زندگی هوازی دارند و فقط عده بسیار محدودی از موجودات نسبتاً ابتدایی امروزی وجود دارند که به اکسیژن آزاد اصلاً نیازی ندارند و می‌توانند مدتی دراز بدون این گاز زندگی کنند که این وضعیت هم کاملاً قابل فهم است. تنفس پروسه‌ای است که به نحو غیر قابل قیاسی منطقیتر از متابولیسم بی‌هوازی است. بنابراین وقتی که اکسیژن آزاد در اتمسفر زمین پیدا شد، ارگانیک‌ها در طی تکامل تدریجی خود بایستی با طریقه هوازیست (Aeroby) سازش بسیار وسیعی یافته بوده باشند. با وجود این، متابولیسم انرژی همه موجودات زنده، بدون استثنا مبتنی بر سلسله واکنش‌هایی است که بسیار متشابهند و متضمن به کار بستن اکسیژن آزاد نیستند؛ ولی همان مجموعه پیچیده پروسه‌های آنزیمی را شامل می‌شوند که در بی‌هوازیهای Anaerobes کنونی هم رخ می‌دهند. واکنش اکسیداسیون به وسیله اکسیژن آزاد که به هوازیها اختصاص دارد، مکانیسم عمومی بی‌هوازی را فقط تکمیل می‌کند. «روبن‌های» اکسید کننده برخلاف مکانیسم بنیادی بی‌هوازی ممکن است در هر ارگانیک نسبت به ارگانیک دیگر به میزان قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشد. مثلاً آنزیم‌های اکسید کننده‌ای که خصیصه گیاهان است نه تنها در بی‌هوازیها وجود ندارد، بلکه در جانوران نیز یافته نمی‌شود. زیرا جانوران اگرچه تنفس می‌کنند ولی دارای مکانیسم هوازی مربوط به خودشان هستند.

اگر حیات در شرایطی پدید می‌آمد که اتمسفر اکسید کننده و محتوی اکسیژن می‌بود، چنین وضعیتی به کلی غیر قابل درک

می گردید. درچنین شرایطی ابتدایترین وازاین رو، عمومیتترین مکانیسمهای متابولیسم انرژی ضرورتاً مکانیسمهایی از نوع مکانیسم هوازی می شدند. در صورتی که مکانیسمهای «زندگی بی اکسیژن»، مثل تخمیر الکلی و گلیکولیز، مختص بی هوازیهایی می شد که با فقدان قهقراپی مکانیسمهای اصلی تنفسیشان، در یک مرحله دیرتر تکامل تدریجی پدید می آمدند.

در واقع، همان طور که دیدیم، اوضاع کاملاً برخلاف این است. تنه «درخت حیات» مبتنی بر اساس مجموعه ای از واکنشهای بی هوازی است، و حال آنکه مکانیسمهای تنفسی، بعداً، یعنی پس از آنکه تنه درخت پر شاخه گردید، بدان ضمیمه شدند.

نتایج حاصل از این تحلیل بیوشیمی تکاملی شاید از متقاعدکننده ترین شواهدی باشد که نشان می دهد که حیات تحت شرایطی در روی زمین پدید آمد که اتمسفر و هیدروسفر احیا کننده بود.

درست به همین طریق، شواهد مربوط به اساس هتروترفی

1. Glycolysis گلیکولیز یک رشته اعمال مهم بیوشیمیایی

در متابولیسم هیدراتهای کربن است و شامل تجزیه مرحله به مرحله گلیکوژن، گلوکز یا قندهای دیگر، و تبدیل آنها به اسیدهای پیرو- و پیک و لاکتیک است. هر چند که یک مرحله گلیکولیز با عمل دهیدروژناسیون Dehydrogenation به اکسیداسیون احتیاج دارد، ولی این امر ممکن است بی کمک اکسیژن صورت گیرد و بدین ترتیب تمام پروسه گلیکولیز به صورت بی هواری صورت گیرد. ثابت شده است که گلیکولیز برگشت پذیر است و اسید لاکتیک، اسید پیرو و پیک یا مواد واسطه ای حاصل از آن به وسیله یک رشته اعمال بیوشیمیایی معکوس اعمال گلیکولیز قابل تبدیل به گلوکز یا گلیکوژن

تغذیه که قبلاً درباره آن بحث نمودیم، ما را معتقد به این می‌سازد که منابع اصلی مصالح ساختمانی و انرژی برای نخستین موجودات زنده، مواد آلی ملاً^۴ پیرامون بودند که به راه بی‌زیست خاست پدید آمده بودند .

اگر جزئیات سازمان‌بندی شیمیایی پدیده‌های حیاتی را در نمونه‌های عالم جانوری و گیاهی ، و مخصوصاً در موجودات ذره‌بینی گوناگون عمیقتر بررسی کنیم، می‌توانیم طرح کلی تصویر منطقی قابل قبولی را از تکامل‌های پی‌درپی متابلیسم و تکمیل ساختمان داخلی اجسام زنده ، یعنی پروسه‌هایی که در سرآغاز حیات در حدود دو میلیارد سال پیش صورت می‌گرفتند ، ترسیم نماییم .

چنانکه در فصل پیش گفته شد ، بر اثر تکامل تدریجی مشروح در آن فصل بایستی سیستم‌هایی پدید آمده باشند که از مواد پرتئین مانند و دیگر مواد آلی با وزن ملکولی زیاد تشکیل یافته بودند . سیستم‌های مزبور در « آبگوشت مغزی » بی‌زیست خاسته‌ای غوطه‌ور بودند و از این ملاً^۴ خارج به وسیله نوعی سطح مشترک مجزا گشته بودند، به طوری که با وجود پروسه‌های مداوم تجزیه می‌توانستند قدرت سیانت ذات و خود باز سازی را به طور ثابت حفظ نمایند.

برای احتراز از اشتباهاتی که تا اندازه‌ای در نوشته‌های علمی عمومیت دارند باید دو واقعیت مهم را تأکید نماییم :

اولاً، سلسله واکنش‌های سنتزی بی‌زیست خاسته‌ای که در ملاً^۴ خارج یا « آبگوشت مغزی ابتدایی » صورت می‌گرفتند غالباً بسیار مشابه همان سلسله واکنش‌هایی تصویر می‌شود که در بیوسنتز داخل اجسام زنده معاصر رخ می‌دهند . این فکر از اساس غلط است . سلسله واکنش‌های بیوسنتز بر اثر سازمان ویژه اجسام زنده به سمت

هدف خاصی متوجه است و در امتداد خط سیر توالی جدأ معینی از واکنشها پیش می‌رود. از این رو ممکن است به تولید ثابت مواد بسیار پیچیده و اختصاصی منجر شود و این مواد بدین سان می‌توانند در سلول جمع شوند و به غلظت قابل ملاحظه‌ای برسند. همان‌طور که از راه مقایسه بیوسنتز اسیدهای آمینه با سنتز میلر و مقایسه تشکیل پرتئینها با سنتز کابوری می‌توانیم مستقیماً نشان دهیم، سنتز مواد آلی در «آبگوشته ابتدایی» نیز به طریق کاملاً متفاوتی صورت گرفت. سنتز مواد آلی در «آبگوشته ابتدایی» خط سیرهای معینی از واکنشهای بسیار هماهنگ را دنبال نکرد، بلکه در سراسر میدان وسیع امکانات شیمیایی که واکنشهای منفرد همدیگر را به طریق کاملاً تصادفی تقاطع می‌کردند، درهمه جهات پراکنده شد. از این رو مجموعه متنوع بسیار بزرگی از همه اشکال ممکن ترکیبات و پلیمرهای آلی می‌توانست پدید آید. ولی هر ماده مخصوص هر چه پیچیده‌تر و ویژه‌تر می‌شد، عده واکنشهایی که می‌بایست در تشکیل آن شرکت کنند بیشتر می‌گردید، و بدین جهت احتمال وقوع این امر کمتر می‌شد و غلظت این ماده خاص در «آبگوشته ابتدایی» به همان نسبت کمتر می‌گردید. بنابراین می‌توان تصور کرد که تشکیل بی‌زیست خاسته قندها، اسیدهای آمینه، بازهای پورینی و پلیمرهای غیر اختصاصی این مواد، یعنی پلی‌پپتیدها و پلی‌نوکلئوتیدها به میزان وسیعی صورت می‌گرفت. ولی همان‌طور که در بالا نشان دادیم، بعید می‌نماید که تشکیل بی‌زیست خاسته پرتئینها و اسیدهای نوکلئیک با ترتیب بازمانده‌های اسید آمینه و مونونوکلئوتید سخت بهم بسته موجود بوده باشد. تکامل مواد با پیچیدگی کمتر ولی در عین حال با ساختمان اختصاصی که صفت ویژه پرتوپلاسم کنونی است، در «آبگوشته ابتدایی» محتمل‌تر می‌باشد؛ اما غلظتشان در آن ممکن است جزئی بوده باشد.

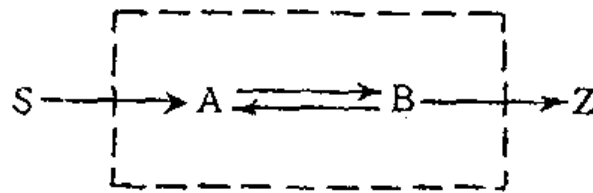
دومین اشتباهی که در آثار علمی عمومیت بسیار دارد نظری است که بسیاری از دانشمندان بدان معتقدند و در فصل اول درباره اش بحث نمودیم و آن این است که منشأ نخستین ارگانسیم تا اندازه ای مانند ترکیب یک ماشین از اجزای پیش ساخته شده ای تشکیل یافته بود. از این رو محیط خارج به مثابه انبار ذخیره اجزای مزبور تلقی می شود به طوری که تنها چیزی که در تشکیل ارگانسیم در محیط اصلی می توانست رخ دهد، انتخاب اجزا بر طبق تنها و تنها طرح درست ساختمانی هر موجود زنده خاص بود. البته هرگز یک چنین طرحی در میان نبوده و نمی توانست باشد. نخستین موجودات از لحاظ ترکیب شیمیایی باملاً پیرامون نشان شباهت داشتند و این بدین علت نبود که ملاً پیرامون نشان بسیار پیچیده و اختصاصی بوده است (همچنانکه بسیاری از دانشمندان معتقدند)، بلکه برعکس، بدین جهت بود که ترکیب و ساختمان موجودات زنده ای که تکامل بیولوژیک از آنها شروع شد از ساختمان و ترکیب موجودات زنده ای که ما در طبیعت پیرامون خود می بینیم به نحو بی نظیری ساده تر بود.

ترکیب و ساختمان ابتدایی ارگانسیمهای ابتدایی بایستی به دفعات بی شمار تغییر یافته باشد و عده بی شماری از انواع به وجود آمده بایستی مردود شده و به نحو برگشت ناپذیر نابود گشته باشند.

فقط به تدریج، به واسطه یک پروسه انتخاب طبیعی بود که آن مشخصات ترکیب و سازمانی که در همه ارگانسیمهای کنونی می یابیم، تثبیت شدند. اما دانش ما در سطحی است که هنوز بسیار عاجزیم از اینکه با تأکید بگوییم که درست این تفصیلات خاص سازمانی و نه تفصیلهای دیگر برای بقای هر موجود زنده قابل تصویری مطلقاً ضروری است. برعکس، همان طور که در بالا نشان

داده شد، اگر شیوه فیزیکی یا شیمیایی صرف می بود، در دادن یک پاسخ منفی هیچ درنگ نمی کردیم. اما اشکال خاص سازمانی، از لحاظ تاریخی، در مرحله آغاز تکامل حیات تکمیل شدند و بر طبق قوانین زیست شناسی، میان همه موجودات زنده عمومیت یافتند. بنابراین برای شناخت آنها باید به پروسه استقرارشان پی ببریم.

ساده ترین نمودار سیستمهایی که حیات از آنها منشأ گرفت قبلاً به صورت زیر نموده شده است.



مهمترین عنصر ساختمانی چنین سیستمی سطحی است که آن را از ملاء پیرامونش مجزا می کند. این سطح می تواند سطح مشترک ساده میان یک قطره کوچک کوآسروات و مایع تعادل آن باشد. این عنصر ساختمانی همچنین می تواند تشکیلاتی باشد با ساختمانی بسیار پیچیده تر. مثلاً ممکن است یک جدار پرتئینی-لیپیدی مشابه با صورتبندیهای ساندویچی شکل میسلی باشد که بونگنبرگ دویونگ آنها را روی سطحهای کوآسرواتی یافت که خود از ژلاتین و آلثا پتاسیم (Potassium oleate) ساخته

۱. Micellar Formations. میسل Micelle نام دانه -

هایی است متشکل از گروههای ملکولی زنجیرمانند که حالت کلوئیدی جسم زنده را تعیین می کنند. میسلها را میتوان متبلور ساخت و بدون تغییر شیمیایی تغییر شکل داد. میسلها تحت تأثیر عوامل فیزیکی یا شیمیایی به صورت گلوله گلوله، به هم می چسبند و رسوب می کنند و در نتیجه حالت کلوئیدی جسم زنده را از بین می برند.

بود . در این ورقه‌ها يك لایه از ملکولهای سمت یافته اسیدالئیک میان دو لایه يك ملکولی (Unimolecular layer) پرتئین قرار داشت . توجه به این نکته اهمیت دارد که يك غشای دارای لایه‌های دو ملکولی (Bimolecular layer) لیپیدها که به پرتئین طرف آبدار غشای مجزاکننده اتصال کم و بیش محکمی دارد ، عمومیترین عنصر ساختمانی همه اجسام زنده است و این نشان می‌دهد که در جریان تکامل حیات ، از ابتدای امر پیدا شده است .

خواص جذب سطحی و نفوذپذیری غشاها بر حسب ترکیب و ساختمان و بار الکتریکی تغییر می‌کند و حتی در ساده‌ترین کوآسرواتیپایی که مصنوعاً به دست آمده‌اند ، خصلتی انتخابی دارد . بدین جهت بعضی از مواد به زحمت از محلول پیرامون به داخل قطره‌های کوچک راه می‌یابند ؛ در حالی که مواد دیگر با غلظتی بیش از غلظت ملاً خارج در درون آنها جمع می‌شوند . اگر موادی که داخل قطره کوچک می‌شوند ، در آن متحمل تغییر شیمیایی نشوند ، دیر یا زود تعادل ترمودینامیک استواری میان قطره کوچک و ملاً خارج برقرار می‌شود .

برای آنکه قطره کوچک خصلت سیستم بازی داشته باشد باید يك جریان مستمر انرژی از محیط خارج به داخل آن صورت گیرد ؛ به طوری که مقدار تغییرات نیرو ثابت ($dF = \text{Const}$) باشد . در مورد سیستمی که در يك محلول مواد آلی شناور است و این مواد می‌توانند به درون آن نفوذ کنند ، آسانترین راه به دست آوردن انرژی از ملاً خارج به وسیله پروسه‌ای انجام می‌شود که ممکن است آن را به شکل نموداری به صورت واکنش $A \rightleftharpoons B$ نمایش داد .

ماده A که پیوسته از ملاً خارج به درون سیستم وارد می‌شود ،

با آزاد کردن مقدار معینی انرژی (به طور اکزوارگیک^۱) به ماده B تبدیل می شود. سپس ماده B به داخل ملاً خارج رانده می شود. این امر جریانی ثابت و یک جهتی از انرژی در سیستم برقرار می کند. می توان عده نامحدودی از چنین واکنشها را تصور کرد که به آزاد کردن انرژی آزاد منجر می شدند و در «آبگوشه ابتدایی» رخ می دادند.

ولی مؤثرترین واکنشها با بودن هیدروسفر احیا کننده بایستی بدون شک، واکنشهای اکسیدی-احیایی (Oxidoreductive reactions)، یعنی پروسه های متضمن جابه جا شدن هیدروژن یا الکترون بوده باشند.

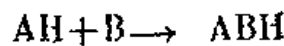
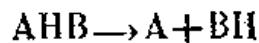
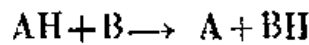
اشکال گوناگون متابولیسم

روشن است که فقط این گونه واکنشها در متابولیسم تکامل، نخستین پروسه های متابلیک را تشکیل داده بودند. این نتیجه از ملاحظات صرفاً فیزیکوشیمیایی بحث شده بالا نیز از بررسیهای بیوشیمی مقایسه ای گرفته می شود و نشان می دهد که این پروسه ها در مورد همه موجودات زنده، بدون استثنا اجباری اند.

۱. واکنشهایی را که بر اثر آنها انرژی آزاد یک سیستم کاهش می یابد، یعنی یک جریان انرژی از سیستم به بیرون صورت می گیرد، واکنشهای اکزوارگیک (Exoergic reactions) یا واکنشهای اکزرگونیک (Exergonic reactions) می نامند. در مثال بالا که سیستم باز است، کاهش انرژی سیستم بر اثر جریان انرژی از راه ورود ماده A به داخل سیستم جبران می شود. بدین جهت تا وقتی که غلظت مواد سیستم و ملاً خارج آن و سرعت واکنشهای درون سیستم تغییر نکنند در جریان انرژی هیچ تغییری رخ نمی دهد - م.

۱- کلویور A. Kluyver بر اساس مجموعه‌ای از شواهد بسیار متعدد مربوط به موضوع مورد بحث ، چنین نوشته است :
 « بدین سان ما به این نتیجه می‌رسیم که اصلیت‌ترین صفت ویژه حالت زنده ، وجود حرکت پیوسته الکترونها به یک سمت در اجزای یاخته است » .

واکنشهای اکسیدی احیایی ، بویژه واکنشهایی که متضمن جابه‌جا شدن هیدروژن هستند ، ممکن است دو تکه شدن ملکولها ، یا برعکس ، تراکم (Condensation) آنها را شامل شوند. این را می‌توان با طرح زیر نمایش داد :



در نتیجه این واکنشها ، غلظت موادی که داخل سیستم می‌شوند و آنها که در طرف چپ نشان داده شده‌اند پیوسته کاهش می‌یابد ؛ حال آنکه غلظت محصولات واکنشها (که درست‌راست نشان داده شده‌اند) بالامی‌رود . این امر لازمه حرکت یک‌جهتی مواد در داخل سیستم است . در واقع چنین حرکتی فقط هنگامی صورت می‌گیرد که سرعت جریان واکنش در داخل سیستم ، بیش از سرعتی باشد که در ملا^{*} خارج روی می‌دهد . برای این کار ، وجود یک نوع کاتالیزور در درون سیستم (خواه در آن پدید آید یا جمع شود) لازم است که بتواند ولو فقط به مقدار جزئی واکنش مربوط را تسریع نماید . اگر ما از نظر گاه فیزیکی شیمیایی صرف به موضوع نزدیک شویم ، می‌توانیم شماره هنگفتی از گروههای اتمها ، بنیانها ، یا ترکیبات آلی یا معدنی را تصور کنیم که می‌توانند این احتیاج را برآورده کنند .

ولی موضوع بسیار مهم این است که طبیعت زنده از میان این امکانات پر شمار ، فقط یک ترکیب ویژه را انتخاب کرده است

که اکنون حامل عمومی هیدروژن برای مطلقاً تمام دنیای زنده است. این ماده‌ی فسفوپیریدین نوکلئوتید (DPN) ۱ و ماده‌ای

۱. پیریدین نوکلئوتید Pyridine nucleotide اسم شیمیایی مشترک کوآنزیم I (معروف به DPN) و کوآنزیم II (معروف به TPN) بود. DPN مختصر Diphosphopyridine nucleotide و TPN مختصر Triphosphopyridine nucleotide است. در مطبوعات علمی دنیا اصطلاحهای مزبور تاچندی پیش بسیار به کار برده می‌شدند و هنوز هم گاه‌گاه به کار برده می‌شوند. ولی بر اثر تحقیقاتی که به عمل آمد معلوم شد که نامهای شیمیایی دی‌فسفوپیریدین نوکلئوتید و تری‌فسفوپیریدین نوکلئوتید با ساختمان شیمیایی کوآنزیم I و کوآنزیم II مطابقت ندارند و بدین جهت غلطند. غلط بودن این نامگذاری بدین دلایل ثابت شده است که اولاً این دو ماده در واقع دی‌نوکلئوتید Dinucleotide هستند در صورتی که نامهای DPN و TPN این واقعیت را به هیچ وجه نمی‌رسانند. ثانیاً چون هر نوکلئوتید خود دارای گروه اتمی فسفات است نامهای DPN و TPN گروههای فسفات را بیش از آنچه واقعاً هست، نشان می‌دهند. از این رو کمیسیون آنزیم اتحادیه بین‌المللی بیوشیمیستها سرانجام توصیه نمود که به جای دی‌فسفوپیریدین نوکلئوتید (DPN) اصطلاح شیمیایی نیکوتینامید ادنین دی‌نوکلئوتید Nicotinamide adenine dinucleotide - با حرفهای اختصاری NAD و به جای تری‌فسفوپیریدین نوکلئوتید نیکوتینامید ادنین دی‌نوکلئوتید فسفات Nicotinamide adenine dinucleotide phosphate - با حرفهای اختصاری NADP به کار برده شوند. کمیسیون نامگذاری شیمی بیولوژیک وابسته به اتحادیه بین‌المللی شیمی خالص و عملی نیز همین توصیه را کرده است. خود پرفسور اپارین در اثر بعدیش به نام « منشأ شیمیایی حیات » این توصیه را به کار بسته است. چون نامهای پیریدین نوکلئوتید، DPN و TPN در کتاب حاضر بدون اصلاح و تغییر به کار رفته‌اند از خوانندگان تقاضا می‌شود که در برخورد با آنها نامهای صحیحشان را به یاد داشته باشند - م.

است که در آن دو ملکول مونونوکلئوتید، به وسیلهٔ اتصالات پیروفسفات بهم متصل شده اند . و باز یکی از مونونوکلئوتیدها ادنین است . در صورتی که باز آن دیگری نیکوتینامید است . پیریدین-نوکلئوتید یکی از مهمترین مکانیسمهای بیوشیمی است که در میکربها و گیاهان و جانوران عالیتر و در هر دو طرفها و اتو طرفها ، در ارگانیسْمهایی که قندهای مختلف را در تنفس خود تولید و اکسید می کنند ، و نیز در ارگانیسْمهایی که منابع کربن آنها فنل و دیگر مشتقات هیدروکربورهای مربوطه هستند، یافته می شود . پیریدین نوکلئوتید بدون تردید حتی در آن زمانهای دور که درخت حیات هنوز بی شاخه بود ، اقل تا آنجا که به آن قسمت از درخت مزبور مربوط می شود که تمام دنیای زنده کنونی را پدید آورد، در واکنشهای اکسیدی احیایی به مثابهٔ حامل هیدروژن عمل کرده است . با وجود این بعید می نماید که مادهٔ پیچیده ای همچون پیریدین نوکلئوتید بتواند نخستین حامل هیدروژن بوده باشد . احتمال کلی می رود که نخستین ارگانیسْمها در جریان تکامل خود بسیاری از دیگر ترکیبات بسیار ساده تر و مشتق از ملاخارج را به عنوان حاملهای هیدروژن به کار برده باشند .

از این مبنای بسیار ابتدایی بود که نخستین اصلاحات در موجودات زنده صورت گرفت . تنها بعداً هنگامی که به وسایلی که در زیر بحث خواهد شد ، شرایط لازم برای تکرار ثابت سنتز پیریدین نوکلئوتید تأمین گردید و این ترکیب موقعیتی انحصاری در متابولیسم بیولوژیک پیدا کرد و مکانیسمهای دیگری که کارآیی کمتری داشتند ، بر اثر انتخاب طبیعی : به طور برگشت ناپذیری حذف شدند . ما آنها را در ارگانیسْمهای معاصر نمی یابیم و بنا بر این گلولهٔ سر بی ژرفایمای بیوشیمی مقایسه ای ماهنوز اعماق روزگاران مربوط به آغازهای بسیار ابتدایی حیات را نپیموده است؛ ولی با

وجود این به سرچشمه حیات بسیار نزدیک شده ایم .
 - در ساده ترین موردی که سیستم جاری ماست ، انرژی آزاد شده در جریان واکنش اکسیدی احیایی به صورت گرما انتشار می یافت ؛ در حالی که غشای احاطه کننده سیستم بدون تغییر یا ساکن باقی می ماند. در چنین سیستمی واکنش و ساختمان گویی مستقل از یکدیگر بودند اما در پروسه پیداشدن حیات این دو جنبه سازمان بندی بسایستی بهم مربوط شده باشند . ف . شیمیت F. Schmitt در بررسی مفصل خود راجع به سیستمهای لیفی و غشایی اجسام زنده مختلف به این نتیجه رسید که هر چند که خواص این سیستمها را ساختمان داخلی ملکولهای درشت و استعداد ملکولهای مزبور برای تجمع مشخص می کند ، ولی همه آنها (به انضمام غشای سطحی محیطی پرتوپلاسم) تا وقتی که انرژی از بیرون داخل آنها نشده است به شکل صورت بندیهای بی حیات باقی می ماندند . در مورد سیستم اصلی که در بالا مورد بحث واقع شد ، انرژی برای واکنشهای اکسیدی احیایی که در درون سیستم ادامه می یافتند فقط از خارج می توانست بدان برسد ، بنابراین ، از نظرگاه زیست شناسی نه تنها امکان آزاد شدن بالفعل انرژی در سیستم است که اهمیت دارد ، بلکه لگامزدن به انرژی آزاد شده و استفاده از آن هم حائز اهمیت است . اما این امر به مکانیسمهای لگامزن ، فرعی نیازمند است که بدون آنها حیات ناممکن است . م . دیکسن M. Dixon در این باره می نویسد : «اساسیترین نیازمندی ماده زنده برای بقا ، اگر اصلا بنا باشد که باقی بماند ، دارا بودن مکانیسمی است که بدان وسیله انرژی آزاد ناشی از واکنشهایی نظیر اکسیداسیون مواد غذایی ، به عوض آنکه به صورت گرما اتلاف شود به مصرف انجام واکنشها و پروسههایی برسد که به انرژی احتیاج دارند.» ایده کلی که در پس همه مکانیسمهای مزبور

قرار دارد این است که در نتیجه يك سلسله استحالتهای ماده‌ای که منبع اصلی انرژی است ، ترکیباتی با اتصالهای پر انرژی تولید می‌شوند . این اتصالها بر اثر هیدرولیز يك سلکول گرم در حدود ۱۰،۰۰۰ کالری انرژی آزاد می‌کنند ؛ در صورتی که از هیدرولیز معمولی هیدراتهای کربن ، چربیها یا پرتئینهایش از دو تا چهار هزار کالری بر مملکول گرم انرژی حاصل نمی‌شود . گروه متنوع بزرگی از ترکیبات آلی می‌توانند چنین اتصالها یا انرژی زیادی را دارا باشند . در طبیعت زنده از این گونه مواد بسیار وجود دارد که اتصالهای انیدریداسیدی (اسیلفسفاتی- Acyl phosphatic یا پیروفسفاتی Pyrophosphatic) ، فسفوآمید یا تیواستر دارند . اما از حیث مبادله انرژی در موجودات زنده ، ادنوزین تری فسفات (ATP) حائز موقعیت مطلقاً برجسته‌ای است . این ماده مانند پیریدین نوکلئوتید ، در همه موجودات زنده ، بدون استثنا یافته می‌شود . ادنوزین تری فسفات شامل مونونو - کلوئید ادنیلک است که به وسیله اتصالهای پیروفسفات به دو مملکول اسید فسفریک متصل شده است . این اتصالها پر انرژی اند . بنابراین ، اگر يك مملکول اسید فسفریک از ATP جدا شود ، ادنوزین دی فسفات (ADP) به دست می‌آید و در حدود ۱۲۰۰۰ کالری بر مملکول گرم انرژی آزاد می‌گردد .

انرژی مساوی مقدار بالا را که به سبب استحاله مواد غذایی اصلی آزاد می‌شود ، می‌توان برای سنتز ATP از ADP به کار برد و به صورت يك اتصال واحد پیروفسفات ذخیره کرد .

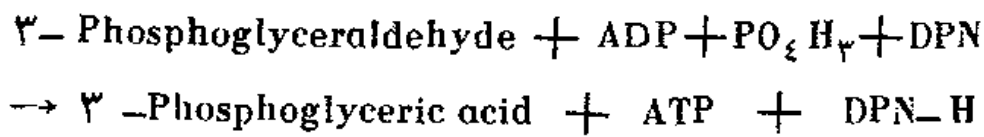
ارگانسیمهای کنونی که می‌توانند تنفس کنند ، قسمت بیشتر ATP خود را به وسیله انرژی به دست آمده از اکسیداسیون هیدروژن پیریدین نوکلئوتید که توسط اکسیژن هوا عملی می‌شود ، سنتز می‌کنند . اما این واکنش فقط می‌تواند در حضور مکانسیمهای

شیمیایی ویژه‌ای صورت گیرد که تنها از گانیمهای قادر به تنفس دارا هستند نه بی‌هوازیها. نتیجه این است که این واکنش را نمی‌توان يك خط سیر ابتدایی متابولیسیم تلقی کرد (بعداً بیشتر بحث خواهد شد).

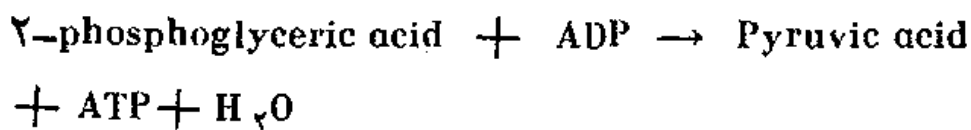
اما در جنب این روش تشکیل ATP، روشهای دیگری هستند که برای تمام دنیای زنده عمومیت دارند و پایه متابولیسیم هوازی و بی‌هوازی را می‌سازند.

در تمام طبیعت زنده، فسفریلاسیون ADP به یکی از سه طریق زیر صورت می‌گیرد:

۱) اکسیداسیون بی‌هوازی ۳-الدئید فسفوگلیسرک به اسید ۳-فسفوگلیسرک:



۲) تبدیل اسید ۲-فسفوگلیسرک به اسید پیروویک:



۳) دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو اسیدهای آلفاستو ۲

۱. Oxidative decarboxylation دکربوکسیلاسیون

اکسیداتیو یعنی گرفتن گروه اتمی کربوکسیل (COOH-) از يك اسید آلی و نشان دادن اکسیژن به جای آن است - م.

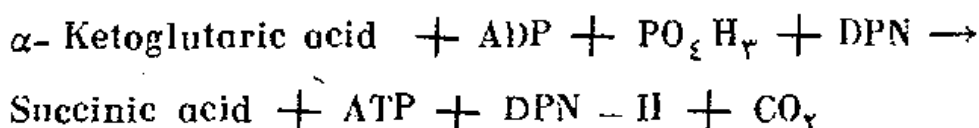
۲. کتواسید (Keto acid) یا اسیدستو (Ceto) نام اسیدهایی

است که ملکول آنها دارای يك گروه اتمی کربوکسیل (COOH-) و يك گروه اتمی ستون R.CO.R است. در نتیجه فرمول کلی آن $\text{R.CO} \cdot (\text{CH}_2)_n \cdot \text{COOH}$ می‌شود معمولاً کربن کربوکسیل را در رشته کربنی ملکول کتواسید به نام کربن آلفا (α) و کربنهای

بعدی متعلق به R' تا C- را به ترتیب (اگر وجود داشته باشند) بتا (β)، گاما (γ) و غیره می‌نامند. بنابراین فرمول عمومی

بنیاد پارسی در صفحه بعد

(α -Keto) که ممکن است با حضور اکسیژن یا از راه بی‌هوازی صورت گیرد :



(پیریدین نوکلئوتید = DPN)

پیریدین نوکلئوتید احیاشده = DPN - H)

هیچ يك از این سه واکنش (آنطور که برای سادگی در معادلات بالا نشان داده شده است) يك عمل واحد شیمیایی نیست، بلکه تا اندازه‌ای مجموعه بسیار بفرنج اعمالی است که به دنبال هم می‌آیند. اما می‌توان تصور کرد که این مجموعه واکنشها نسبتاً

اسیدهای آلفاستو $\text{R} \cdot \text{CO} \cdot \text{COOH}$ است ، مانند اسید پیروراسمیک Pyroracemic acid به فرمول $\text{CH}_3 \cdot \text{CO} \cdot \text{COOH}$ و اسید آلفاستو-گلو تاریک به فرمول $\text{COOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{COOH} - \text{M}$.

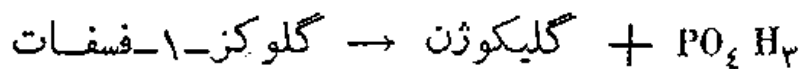
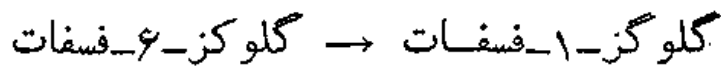
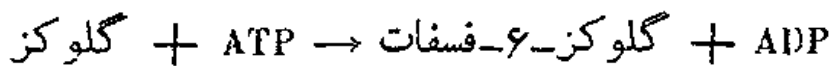
۱. ممکن است رشته حوادث شیمیایی زیر را که زمینه طرح اول را تشکیل می‌دهند ، به‌عنوان مثال بیارویم . مرحله اول تشکیل ترکیبی است بین گروه الدئیدی ماده اصلی (۳-فسفو گلیسرالدئید) و گروه سولفیدریل Sulphydryl از جنس گائوتاتیون - آنزیم - پرتمین . این ترکیب به پیریدین نوکلئوتید هیدروژن می‌دهد . این امر منجر به تشکیل يك اسیل مرکاپتان Acyl mercaptan می‌شود که ماده ای است با اتصال پیرانرژی . سپس فسفرلیز Phosphorolysis اسیل مرکاپتان صورت می‌گیرد و بنیان اسید (همان بنیان اسید $\text{R} \cdot \text{CO}$ است که برخلاف گروه هیدروکسیل (OH-) در تولید مشتقات اسیدها بدون تغییر می‌ماند - M) از اتم گوگرد آن به يك گروه فسفات منتقل می‌شود . اسید ۱-۳ دی فسفو گلیسریک (1-3 diphosphoglyceric acid) ساخته می‌شود و این اسید دارای يك گروه‌هندی پیرانرژی کربوکسیل فسفات Carboxyl phosphate است . بالاخره گروه فسفات از گروه کربوکسیل به ADP منتقل می‌گردد و ATP ساخته می‌شود .

به زودی بعد از پیداشدن حیات تکمیل شدند . زیرا آنها را به طور مطلق در همه سیستمهای متابلیکی که اکنون می شناسیم ، به مثابه حلقه های اتصالی مشخصی می یابیم .

ATP که به راههای مزبور ساخته می شود برای متنوعترین پدیده های حیاتی که به انرژی آزاد احتیاج دارند ، مثلاً از قبیل کار اسمزی مربوط به جذب و دفع ، کار مکانیکی در حرکت و غیره ، منبع انرژی بسیار وسیع الانتشاری است . ما بعداً به این پدیده باز خواهیم گشت؛ اما اینجا باید توجه خویش را به اهمیت ATP در مورد آن عده از اعمال سنتزی معطوف نماییم که ارگانسیم بدون آنها نمی توانست خود باز سازی مستمرش را در برابر تجزیه ای که همیشه ادامه دارد ، انجام دهد .

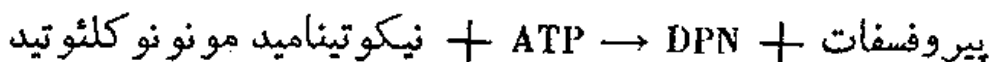
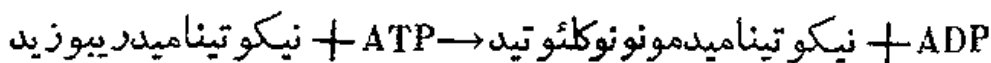
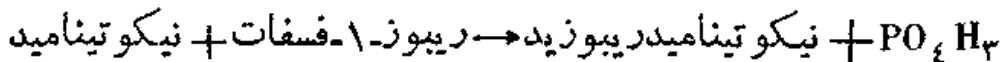
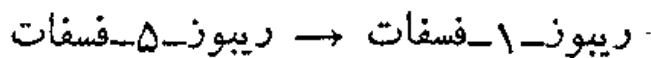
اعمالی که از این حیث به کاملترین صورت بررسی شده اند ، اعمال مربوط به پلیمریزاسیونند که هنگام تولید نشاسته یا گلیکوژن از گلوکز رخ می دهند .

این اعمال را می توان به صورت یک طرح کلی با سه واکنش پی در پی زیر نشان داد :



به طریق مشابهی می توان شرکت ATP در سنتز پیریدین نو-

کلئوتید (DPN) را به وسیله سلسله واکنشهای زیر نشان داد :



طبق مطالعات اخیر س. اوچوا S. Ochoa و م. گرونبرگ. ماناگو و ا. کرنبرگ و دیگران پروسه تشکیل اسیدهای نوکلئیک مانند پروسه تشکیل پلی ساکاریدها ممکن است يك فسفرلیز معکوس باشد؛ گرچه در این مورد نقش عمده بیشتر برعهده ADP و دی فسفومونونوکلئوتیدهای دیگر است تا ATP. محققاً ATP در بیوسنتز پروتئینها نقشی ایفای کند، اما به هر حال هنوز مکانیسم این پروسه روشن نیست.

اکنون می توانیم به مثالهای متعدد دیگری اشاره کنیم که نشان می دهند که ATP منبع اساسی انرژی است و موجب بسیاری از بیوسنتزها می شود. اما در بسیاری از موارد ATP به تنهایی کافی نیست. همچنین هیدروژنی که پیریدین نوکلئوتید حامل آن است غالباً به منظور احیا لازم می آید. به علاوه در همه بیوسنتزهای متضمن تشکیل يك اتصال مستقیم بین دو اتم کربن، ماده ثالثی ضرور است که مانند ATP و ADP در همه جا پادرمیانی کند. این ماده همان به اصطلاح کوآنزیم A (CoA) است.

همان طور که تحقیقات ف. لیپمن، و ت. لینن T. lynn نشان داده است کوآنزیم A ترکیب پیچیده ای است و ملکول آن حاوی ادنیل مونونوکلئوتید، اسید فسفریک، اسید پانتوتنیک و تیواتانولامین Thioethanolamine است. بنابراین CoA مانند ATP و DPN يك مشتق مونونوکلئوتید است. اهمیت آن ابتدا در فعال ساختن اسید استیک به اثبات رسید که در متابولیسم بیولوژیک موقعیت بسیار مهمی دارد؛ زیرا حلقه رابطه میان هیدراتهای کربن و پروتئینها و چربیهاست. اما اسید استیک به تنهایی از

1. Phosphorolysis. فعل و انفعال دو طرفه ترکیب و ازهم

جدا شدن قند و اسید فسفریک را در متابولیسم هیدراتهای کربن فسفرلیز می نامند - م.

لیحاظ متابولیسم بی اثر است. بنابراین پیش از آنکه بتواند دریک واکنش استیلاسیون^۱ یا تراکم دخالت کند باید به طریقی فعال گردد. این کار با تشکیل استیل کوآنزیم A انجام می شود که تیواستر^۲ اسید استیک و کوآنزیم A است. اتصال تیواستری که بدین سان تشکیل می شود پرانرژی است (از هر ملکول گرم آن بر اثر هیدرولیز ۸۲۰۰ کالری آزاد می شود) بنابراین انرژی آزاد برای سنتز آن لازم است. این انرژی لازم شاید بر طبق معادلات زیر به وسیله ATP فراهم شود:

پیروفسفات + ATP → Acetyl AMP + استات

AMP + استیل کوآنزیم A → CoA + استیل AMP
(AMP = Adenosine monophosphoric acid یا Adenyl mononucleotide.)

ذخیره استیل که بدین سان به وسیله CoA فعال می شود می تواند در متنوعترین واکنشها شرکت کند. مثلاً همان طور که در موقع سنتز اسیدهای چرب سنگینتر پیش می آید، در واکنشهای تراکم هم منجر به تشکیل اتصالهای جدید کربن به کربن و دراز شدن زنجیر کربنی می شود. اسیدهای دیگر از هر دو سلسله الیفاتیک Aliphatic و ارماتیک Aromatic می توانند در واکنشهای تراکم به همان نحوه اسید استیک دخالت کنند.

بنابراین، اهمیت بیولوژیک عظیم کوآنزیم A در این حقیقت نهفته است که اتحاد ملکولهای کوچک آلی به وسیله اتصالهای کربن، کربن را وساطت می کند تا ترکیبات پیچیده ای با وزن ملکولی زیاد بسازد؛ یعنی در سنتز اسکلت کربنی اجزای ترکیبی پرتوپلاسم واسطه یکی از پروسه های اساسی است. چنین پروسه ای

۱. Acetylation. جانشین شدن بنیان استیل (CH₃ CO-) را در ترکیبات آلی استیلاسیون می نامند - م.

۲. Thioester به فرمول R.S.R - م.

بایستی در مرحله‌ای بسیار ابتدایی از تکامل تدریجی بیولوژیک پدید آمده باشد و بنابراین مکانیسم عهده‌دار انجام آن (CoA) باید در سراسر جهان موجودات زنده یافته شود .

توجه به این امر که وجود کوآ نریم A همچنین امکان می‌دهد که دی اکسید کربن با مواد آلی اجسام زنده ترکیب شود برای بحث بعدی حائز اهمیت است . این تثبیت به اصطلاح هتروترفیک CO_2 در همه موجودات زنده بدون استثنا رخ می‌دهد . اما در ارگانیسمهای نخستین ، این امر فقط مکمل پروسه‌های مهم سنتز بود و نقش قابل توجهی در متابولیسم ایفا نمی‌کرد . زیرا در چنین تثبیتی انرژی آزاد ترکیبات آلی هیچ افزایش نمی‌یافت بلکه به عکس ، از آن کاسته می‌شد . با وجود این همان‌طور که خواهیم دید ، این واکنش بعداً جزء مهمی از متابولیسم اتوتترفیک گردید که بسیار دیرتر پدید آمد .

بدین ترتیب ، سه مکانیسم شیمیایی (DPN ، ATP و CoA) که شرح داده شد و عده معدود واکنشهایی که در چنان مرحله فوق‌العاده ابتدایی تکامل تدریجی بر اثر آنها صورت گرفتند ، پایه تبدیل صورتبندیهای کلوئید اصلی به چنان سیستمهای بازی گردیدند که خود بقایشان وابسته به انجام ثابت اعمال تجزیه و ترکیب در درون آنها شد ؛ به طوری که سیستمهای مزبور ، تحت شرایط تأثیر متقابل مداوم بر ملامت خارج ، استعداد صیانت ذات و حتی نمو را دارا شدند .

البته همان‌طور که قبلاً خاطر نشان کردیم ، سیستمهای دارنده این مکانیسمها را با اشکال می‌توان ابتداییترین موجودات زنده تلقی کرد . در سیستمهای مزبور نقشهای DPN ، ATP ، CoA ، بایستی توسط ترکیباتی با پیچیدگی کمتر ایفا شده باشد و رشته واکنشهای مختلف تجزیه و ترکیب بایستی حتی از آنچه در بالا

نشان دادیم ساده تر بوده باشد . اما با معلوماتی که اکنون داریم نمی توانیم به دورهٔ یازهم قدیمتر تکامل حیات که بلافاصله پس از پیداشدن آن پیش آمد ، دست یابیم ؛ بلکه فقط مجبوریم بکشیم که تاریخ تکامل مزبور را با شروع سیستمهایی متصور سازیم که متضمن رشته واکنشها و مکانیسمهای مشروح بالا بودند .

دو اصل ، اساس تمام جریان بعدی تکامل تدریجی را تشکیل داد که اولی جنبهٔ انرژی دارد . ای . پریگوجین I. Prigogine بر پایهٔ مطالعات ترمودینامیک خود دربارهٔ سیستمهای باز به این نتیجه رسیده است که پیشرفته ترین سیستم آن است که حداقل افزایش آنتروپی را دارا باشد . از این رو او عقیده دارد که با پیچیده تر شدن و پیشرفته تر گشتن سیستمهای بیولوژیک در جریان تکامل تدریجی ، آنتروپی آنها بایستی به تدریج کاهش یافته باشد . اخیراً ت . ماتسونویا T. Matsunoya معادلهٔ جالبی مطرح کرده است که در آن انتشار انرژی در سیستمهای بیولوژیک ، محک درجهٔ پیشرفته بودن سازمان متابلیک آنها شمرده می شود . این محک در موارد خاص نتایجی می دهد که با نتایج حاصل از ارزیابی پیشرفته بودن سازمان انرژی سیستم بر اساس ضریب مخصوص فعالیت مفید آن تطبیق می کند ؛ ولی چنین می نماید که محک قبلی به میزان قابل ملاحظه ای قابلیت کار برد عمومیتری داشته باشد .

ماتسونویا نشان داده است که طبق محکی که انتخاب کرده است ، تکامل تدریجی مترقی متابلیسم همیشه اجباراً به افزایش پیچیدگی دوره های واکنشها و افزایش شماره حلقه های ارتباطی در سلسله های واکنشها می گراید .

این اصل همچنین با اصل دوم که به تکامل تدریجی سازمان پروسه های سنتز مربوط می شود ، هماهنگی دارد . عاملی که در مورد تکامل تدریجی مترقی سیستمهای اصلی اهمیت بیشتری داشت

اكتساب تصادفی ترکیب ویژه‌ای از ملا^۴ خارج نبوده ، بلکه پیدا شدن واکنشهای هماهنگ درسیستم بود که بر اثر تأثیر متقابل بی‌وقفه سیستم بر ملا^۴ خارج ، موجب سنتز ترکیب مزبور می‌گردید .

شبهت زیاد میان ترکیب ارگانوسمهای نخستین و ترکیب ملا^۴ (همان‌طور که قبلاً دیدیم) بر اثر پیچیدگی و ویژگی ملا^۴ نبوده ، برعکس بر اثر سادگی سازمان موجود زنده ابتدایی بوده است. درسیستمهای بیولوژیک اصلی، هر قدر پیچیدگی و ویژگی اجزای ترکیبی کمتر و هر قدر شبهت ماهیت شیمیایی آنها به طبیعت ترکیبات فراوان «آبگوشت مغزی ابتدایی» بیشتر بود، همان قدر هم تعداد حلقه‌های ارتباطی لازم در زنجیرهای سنتز کننده اجزای اختصاصی مزبور محدودتر و سازمان سیستم ابتداییتر، اما وابستگی به محیط خارج بیشتر بود . طبعاً انتخاب طبیعی ارگانوسمهای ابتدایی به سمت نابود کردن این وابستگی که همیشه ارگانوسم را به نابودی تهدید می‌کرد ، و نیز به سوی يك شکل سازمان متوجه بود. این سازمان از مواد غیر اختصاصی ملا^۴ پیرامون ایجاد موادی را تضمین می‌کرد که پیوسته پیچیده‌تر گشته و با انجام اعمال بیولوژیک ویژه سازگارتر می‌شدند. بدین منظور لازم بود که از مواد ملا^۴ «سلب شخصیت» شود . یعنی این مواد به قطعات نسبتاً کوچک و متحدالشکلی تبدیل گردند که از آنهاريك از اجزای ترکیبی و مخصوص سیستم به وسیله روشهای استاندارد ساخته شود ؛ هر چند که روشهای مزبور ممکن بود متضمن سلسله واکنشهای دارای حلقه‌های ارتباطی بسیار باشند .

در ارگانوسمهای کنونی که راه درازی از مسیر تکامل را

پیموده‌اند، در واقع يك چنین شکل سازمان متابولیسم ساختمانی^۱ را می‌توان یافت. در همه موجودات مزبور، اجزای ترکیبی پیچیده پرتوپلاسم از مواد ابتدایی بسیار ساده باوزن ملکولی کم مانند امونیاك، اسیداستيك، گلیسین، اسیدسوکسینيك، ستواسیدها و غیره ساخته می‌شوند. منشأ این ترکیبات، قطعات حاصل از منابع آلی تغذیه است که از محیط خارج گرفته می‌شوند و بر- اثر متابولیسم انهدامی^۲ تجزیه می‌گردند. بنابراین، در متابولیسم معاصر دوجانب ساختمانی و انهدامی متابولیسم سخت به هم بسته شده‌اند و فقط دوجنبه يك پروسه واحد را تشکیل می‌دهند.

اما بقای چنین سیستم متابلیکی نیازمند شبکه بسیار بزرگ و پراکنش و واکنشهایی است که در آن عده پرشماری از حوادث شیمیایی از لحاظ زمانی، هماهنگی دقیق و ثابتی دارند. تکامل تدریجی مترقی ارگانیسمهای ابتدایی در واقع به سوی بسط و تکامل يك چنین شبکه پراکنشی سیر کرده است.

۱. Constructive metabolism. مجموعه اعمال شیمیایی و

فیزیکی را که در موجود زنده در جهت ساخته شدن ماده پیچیده زنده از مواد ساده غیرزنده است و جسم زنده برای تحقق آن علاوه بر مواد آلی ساختمانی به انرژی نیز احتیاج دارد، به نامهای متابولیسم ساختمانی (Constructive metabolism) و متابولیسم جسمی (Substance metabolism) و آنابولیسم (Anabolism) نامیده‌اند - م.

۲. Destructive metabolism مجموعه اعمال شیمیایی و

فیزیکی را که در موجود زنده در جهت تجزیه ماده زنده و تبدیل آن به مواد ساده‌تر است، و با آزاد شدن مقداری انرژی برای انجام اعمال متابولیسم ساختمانی و اعمال حیاتی دیگر همراه است به نامهای متابولیسم انهدامی (Destructive met.)، متابولیسم انرژی (Energy met.) و کاتابولیسم (Catabolism) یا متابولیسم قهقرایی (Retrograde met.) نامیده شده است - م.

رشته واکنشهایی که برای همه موجودات زنده ضرور است و در بالا بدان اشاره شد در موجودات ابتدایی وجود داشت. این رشته در حالی که در جریان تکامل تدریجی مکانیسم شیمیایی آنها بود، در جهات بسیار تکمیل شد و همواره مکانیسمهای نو را به وجود می آورد.

بدین جهت ما در ارگانیکهای امروزی مکانیسمهای مزبور را، هر چند که بسیار مهمند، فقط به مثابه عناصری از ترکیب شبکه عمومی متابولیسم، یعنی فقط به منزله حلقه‌های اتصالی خاصی در سیکلها و سلسله‌های دراز واکنشهای ما بیم. بررسی مقایسه‌ای سازمان این سلسله‌ها و سیکلها در مظاهر گوناگون جهان زنده برای شناخت حیات در یک دوره هستی آن که نسبت به حالا بسیار دور است، بسیار سودمند است.

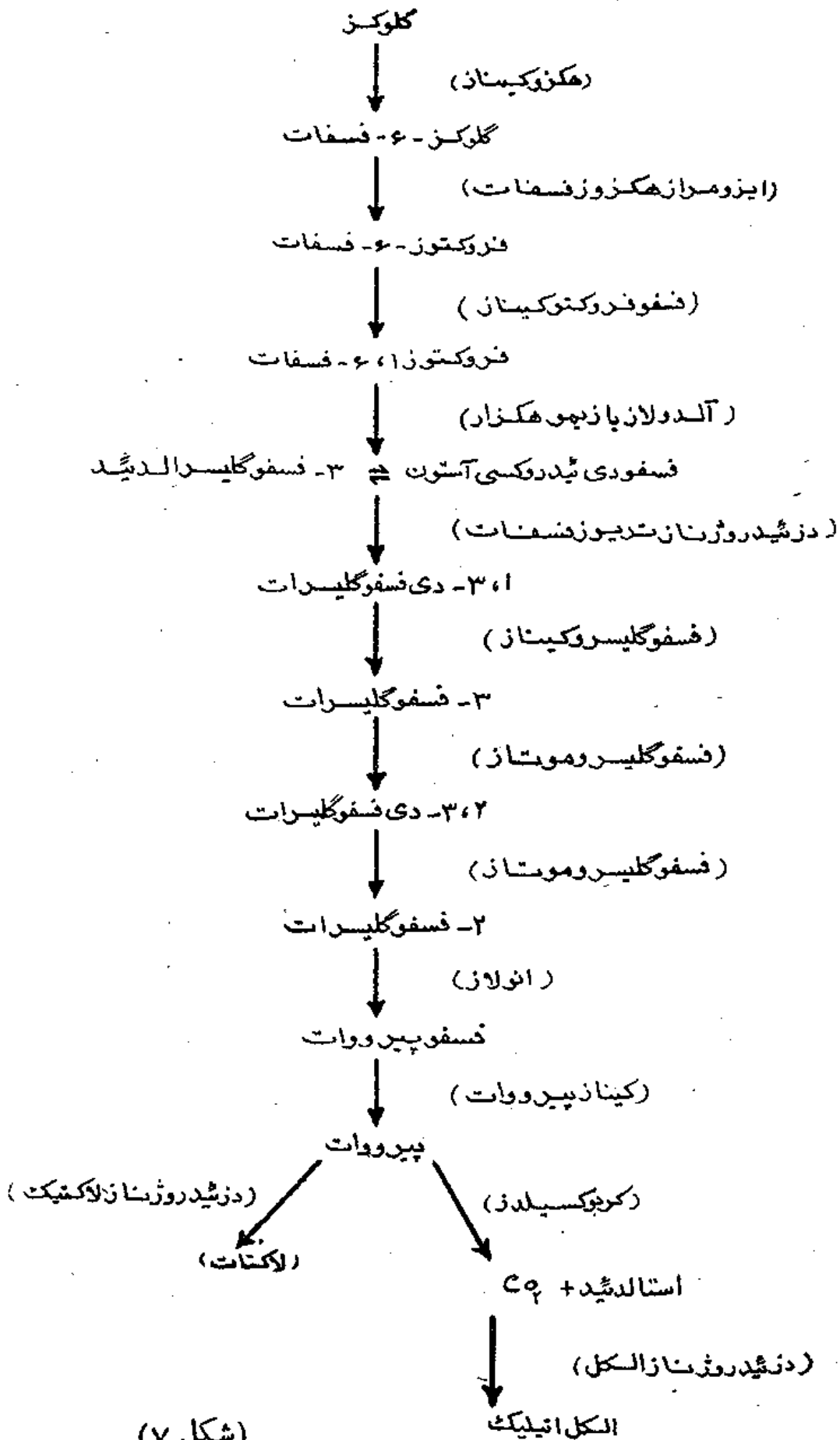
بعضی از اقسام هیدراتهای کربن منبع اصلی کربن و اساس متابولیسم انرژی در اکثریت عظیم ارگانیکهای امروزی اند. ممکن است که مواد مزبور یا از محیط به ارگانیکسم داخل شوند یا به وسیله آن سنتز گردند. با اشکال می توان گفت که این شکل متابولیسم آیا «تنه» واقعی «درخت حیات» پیش از شاخه دادش بوده، یا اینکه فقط یک شاخه ابتدایی و مهم آن بوده است.

مطالعات راجع به متابولیسم چند موجود ذره بینی به دست آمده از خاک مناطق نفتی، در اینکه هیدراتهای کربن منبع منحصر به فرد تغذیه ارگانیکهای نخستین بوده اند، ایجاد تردید نموده است. این موجودات نمی توانند قند را همانند سازی کنند و تنها منبع کربن و انرژی آنها هیدروکربورهای نفت و نزدیکترین مشتقاتشان مثل پارافینها، فنلها، تولوئن، اسیدسالیسیلیکها و غیره هستند. متأسفانه هیچ شاهد بی‌عیبی وجود ندارد که ماراقادر سازد به یقین بگوییم که این ارگانیکها مستقیماً از تنه اصلی «درخت حیات» زاده شدند یا اینکه شکل خاص متابولیسم آنها ثانوی

است. در هر صورت این شکل متابلیسم دلالت بسیار به این دارد که نقل مکان هیدروژن- که برای واکنشهای اکسیدی احیایی ضرور است و در تمام دنیای زنده عمومیت دارد - و مکانیسمهای لگامزن انرژی در این موجودات هم دیده می شود. به هر صورت که باشد، باید فرض نمود که شاخه اصلی «درخت حیات» که موقعیتی تقریباً انحصاری در پروسه تکامل کسب کرده است، شاخه هیدرات کربن متابلیسم بود. روشن است که حتی در خود قاعده این شاخه بایستی سلسله خاص و بسیار بفرنج واکنشها، همان سلسله پرحلقه استحاله های شیمیایی که اکنون در متفرعات نزدیک آن به مثابه خصیصه ای متابلیک تقریباً در همه موجودات زنده امروزی دیده می شود، تشکیل یافته باشد.

نموداری از این سلسله واکنشها که اساس تخمیر الکلی و لاکتیک در میکروبیها، گلیکولیز در جانوران و به اصطلاح «تنفس داخل ملکولی» در گیاهان عالیتر را تشکیل می دهد، در شکل (۷) نموده شده است.

این نمودار شامل ۱۲ واکنش پی در پی است به طوری که توالی واکنشها در سراسر این سلسله دراز برای همه پروسه های فوق الذکر یکی است و فقط در پایان آن است که هنگام تشکیل اسید پیروویک، با تشکیل اسید لاکتیک در تخمیر لاکتیک و الکل اتیلیک و دی اکسید کربن در تخمیر الکلی، انشعاب می یابد. در میان واکنشهای این سلسله، واکنشهایی می شناسیم از قبیل تبدیل ۳-فسفو گلیسرالدئید به اسید ۳-فسفو گلیسرک و ۲-فسفو گلیسرات به پیرووات. مکانیسمهای اصلی انتقال هیدروژن و «جمع شدن» انرژی که در اینجا تأثیر دارند DPN و ATP هستند و تنها چیزی که باید افزوده شود تیامین پیروفسفات Thiaminepyrophosphate (TPP) است که در دکربو کسیلاسیون اسید پیروویک شرکت می کند.



(شکل ۷)

پیچیدگی ذاتی این سلسله واکنشها درمقایسه با رشته‌های واکنشهای نسبتاً ساده‌ای که در بالا راجع به آنها بحث کردیم ، به نقطه شروع آن ، یعنی به آماده کردن ماده اصلی (قند) برای واکنشهای اکسیدی احیایی که منبع عمده انرژی است ، مربوط است . این عمل از یک سوشامل بالا بردن سطح انرژی ملکول قند به واسطه فسفریلاسیون آن به کمک ATP ، و ازسوی دیگر متضمن این است که ملکول هگزوزدی فسفات‌ی که بدین سان تولید می‌شود به دو ملکول تریوز فسفات شکسته شود .

اگر با مشاهده این افزایش پیچیدگی ، محک درجه پیشرفته بودن سازمانبندی متابولسم را به یاد بیاوریم ، باید بی‌درنگ بپذیریم که در مقایسه با شکل اصلی سازمانبندی گامی به جلو است .

این توالی خاص و مؤثر استحاله‌های شیمیایی در سلسله بسیار بفرنج و واکنشهای تخمیری بر اثر موضع گیری مکانی پروسه‌ها حاصل نشده ، بلکه به‌طور عمده به وسیله سازمانبندی زمانی ، با استقرار یک رابطه جدأ هماهنگ بین سرعتهای تك تك واکنشهای سازنده حلقه‌های ارتباطی سلسله واکنشها تأمین شده است . بدین سان ساختمان اجسام زنده در سازمانبندی سلسله واکنشهای تخمیری مستقلاً آن نقش فوق‌العاده مهم را نداشت که اکنون در ایجاد شکل سازمان متابولیک پیچیده‌تر اما بارشد به مراتب متأخر تر بر عهده دارد . سلسله واکنشهای واسطه‌ای وعهده‌دار تخمیرهای الکلی را حتی در یک محلول همگن می‌توان عملی ساخت که اولین مثال آن شیرۀ مخمر بوخنر^۱ است .

۱. Eduard Buchner (۱۹۱۷-۱۸۶۰) بیوشیمیست

آلمانی است . از سال ۱۸۸۵ به کار تحقیق در پروسه‌های تخمیر پرداخت . تا زمان بوخنر تصور می‌رفت که عمل تخمیر فقط به کمک

اما کاملاً بدیهی است که در این شکل سازمان هر چه سلسله متابلیک و واکنشهای شیمیایی درازتر باشد سرعتهای آنها دقیقتر هماهنگ می گردد؛ و مکانیسم کارآمدتری برای اجرای آنها لازم می آید. کاتالیزرهای نسبتاً ساده و غیر اختصاصی که اشکال ابتدایی موجودات زنده دارای آن بودند، حتی برای هماهنگ ساختن دقیق سرعت ۱۲ واکنش اصلی تخمیر الکلی تقریباً کافی نبودند.

این به اصطلاح کوآنزیمها (DPN, ATP, CoA و غیره) در جریان رشد تکاملی ناگزیر به وسیله موادی پرتئینی که از لحاظ فعالیت کاتالیزری قویتر و اختصاصیتر بودند، یعنی به وسیله آنزیمها، تکمیل شدند.

در سلول مخمر قند و بدین جهت همچنین در شیرۀ بوختر زرادخانه ای کامل از این کاتالیزرها می توان یافت که هر کدامشان تنها سرعت یک حلقه زنجیر واکنشها را در تخمیر میلیونها و حتی هزاران میلیون بار اختصاصاً افزایش می دهد. این کاتالیزرها وضعی را به وجود می آورند که در آن هر محصول بینابین از لحاظ عملی فقط در یک جهت جداً معین تغییر می کند و بنابراین مسیر کاملاً معینی را دنبال می نماید. در نمودار تخمیری که در بالا نموده شد،

سلولهای مخمر سالم و دست نخورده امکان پذیر است. اما بوختر ثابت کرد (۱۸۹۶) که به کمک عصاره سلولهای مخمر نیز می توان تخمیر را صورت داد - م.

۱. مخمر قند به یک دسته از میکربهای قارچی گفته می شود که عمل آنها تخمیر الکلی مواد قندی است. در میکروبیولوژی آنها را ساکارومیسه *Saccharomyce* می نامند. این مخمرها در طبیعت فراوانند و در تهیه نان (مخمر نان)، شراب (مخمر شراب) و آبجو (مخمر آبجو) استفاده بسیار وسیعی از آنها به عمل می آید - م.

نام آنزیمهای شرکت کننده در کنار پیکانها داخل پرانتز نوشته شده است و پیکانها سمت واکنشهایی را که آنزیمها از مزبور کاتالیز می کنند ، نشان می دهند .

اختصاصی بودن عمل کاتالیزری آنزیمها مبتنی بر يك تطابق جالب وضع فضایی دویاچند گروه اتمی فعال است. این ترتیب هم به وسیله توالی جدا معین بازمانده های اسید آمینه در رشته پلی پپتید و هم توسط توالی منظم فضایی و ساختمانی چین خوردگی آن در تشکیل گویچه پرتئینی فراهم می شود .

این گونه توالیها و ساختمانها البته نمی توانستند مستقلا پدید آیند و بنا بر این بعید می نماید که پلیمرهای شبه پرتئینی که اساس صورت بندی قطره های کوچک کوآسروا را تشکیل می دادند، خواص اختصاصی آنزیمهای امروزی را دارا بوده باشند .

تطابق شگفت انگیز ساختمان داخل ملکولی آنزیمهای کنونی با اعمال بیولوژیک آنها فقط بر اثر انتخاب طبیعی می توانست پدید آید .

ماهنوز بسیار دور از آنیم که بتوانیم کاملا به جریان پیوستن آنزیمهای پرتئینی پی ببریم . اما همان طور که در فصل پیش بیان شد ، می دانیم که اقلاسه مقوله مختلف از مکانیسمهای پرتوپلاسمی باید در تشکیل آنها شرکت کنند . این سه مقوله عبارتند از:

- ۱ - دستگاههایی که انرژی برای سنتز تهیه می کنند.
- ۲ - دستگاههایی که شرایط سینتیک لازم برای آن یعنی روابط خاص بین سرعتهای واکنشهای مختلف را ایجاد می کنند و بالاخره ،

۳ - دستگاههایی که سازمان فضایی گویچه پرتئینی تشکیل شده را ایجاد می نمایند .

می توان فرض نمود که دو مقوله اول، قبلا ، گرچه به صورت

بسیار ابتدایی ، حتی در وجود اشیا یی که تمام عالم زنده را به وجود آوردند، وجود داشتند. اما آنها نمی توانستند ترتیب بسیار دقیق گروه های فعال را که در گویچه پرتئینی برای فعالیت آنزیمی لازم بود ، به تنهایی تأمین کنند . تکامل تدریجی و اصلاح هر دو ساختمان داخل ملکولی و پرملکولی برای این امر ضرورت داشت . (به شکل ۸ و ۹ در آخر کتاب مراجعه شود)

یکی از مهمترین عناصر ساختمانی در سیتوپلاسم سلولی ارگانیزم های کنونی ، تورینه درون پلاسمی (Endoplasmic reticulum) است ؛ و آن دستگاه کاملی است از غشاهای لیپو-پرتئینی که تور بسیار ظریفی در سراسر سیتوپلاسم می گسترد و گاهی به نام ماده بن لادی سیتوپلاسم (Cytoplasmic matrix) (شکل ۸) خوانده می شود . روی این غشاها (که در حدود ۷۰ تا ۱۵۰ کلفتی دارند) دانه های ریونوکلئوپرتئین به قطر ۱۵۰ تا ۲۰۰ وجود دارند. این دانه ها ممکن است در جسم سیتوپلاسم نیز آزادانه شناور باشند . بسیاری از مصنفان چیزهای دیگری را از سیتوپلاسم سلولهای کبدی نیز با استفاده از نیروی گریز از مرکز با موفقیت جدا کرده اند اینها که میکروسومهایی هستند با صورت بندیهایی به قطر ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ ، بر طبق آگاهیهای مطبوعات علمی ، هنگامی که اسیدهای امینه فعال شده به آنها رسانیده شوند ، کانون سنتز پرتئینها (بخصوص پرتئینهای آنزیمی) می گردند (شکل ۹).

۱. واحد آنگسترم (Angstrom unit) که با علامت (Å)

نشان داده می شود ، يك واحد طول است به طول $\frac{1}{1000000}$ میکرون یا

$\frac{1}{10000000000}$ سانتیمتر . آنگسترم نام فیزیکدان معروف سوئدی

(۱۸۷۴-۱۸۱۴) است .

با وجود این همین اواخر گ. پالاد G. palade نشان داد که میکروسومها به احتمال زیاد چیزهای ساختگی (بر اثر مرگ سلول یا تأثیر معرفها و مواد آزمایشی شیمیایی - ۰.۴) حباب مانندند. این حبابها را غشایی از جنس لیپوپروتئین می پوشاند که بر اثر تخریب تورینه دورن پلاسمی تولید می شود و حامل دانه های ریبونوکلئوپروتئین است. پالاد عقیده دارد که غشاهای درون پلاسمی تورینه را باید روسازیهای دانست که فقط هنگامی پدید آمدند که اجسام زنده به سطح بسیار عالی تکاملی رسیده بودند. آنها نباید در سیتوپلاسم باکتریها یافته شوند و ظاهراً برای سازمان بندی و انجام اعمال انواع ساده تر سلولها ضرور نیستند. پالاد پدید آمدن آنها را در ارگانسمهای نالیتر به حجم بیشتر سلولهایشان، و به سطح کوچکتر شده قابل استفاده برای عبور مواد به داخل سلولهای مزبور، و نیز به افزایش دشواری انتشار که از این عوامل ناشی می شود، نسبت می دهد. در سطح عالی سازمان عالی بیولوژیک، این دشواریها از راه چین خوردن غشای خارجی که در این صورت تورینه رامی سازد، برطرف می شوند.

بدین سان به نظر می رسد که ابتدایترین عناصر ساختمانی داخل سیتوپلاسمی، دانه های ریبونوکلئوپروتئین باشند که اندازه آنها نمی تواند به بیش از ۱۴ میکول پروتئین با وزن متوسط ملکولی ۳۵۰۰۰ برسد. این قبیل دانه ها را از باکتریها هم مجزا کرده اند، اما خود دانه ها به تنهایی نمی توانند پروتئین سنتز کنند. این امر شاید بدین علت باشد که دانه های مزبور باید به غشای لیپوپروتئین متصل باشند.

ماقبلاً تذکر دادیم که یک چنین پوششی می بایست نخستین شرط لازم برای تشکیل هر سیستم بازی بوده باشد که توانست نقطه

شروعی برای تکامل تدریجی بیولوژیک گردد . اگر به عنوان تنها دلیل ، گفته مناسب والد G.Wald را به یاد بیاوریم که «تشکیل اقسام گوناگون ترکیبهای پیچیده بین ملکولی موجب ایجاد امکان قابل ملاحظه‌ای برای تجزیه و واکنشی داخل ملکولی می‌شود» ، شرایط برای تشکیل پلیمرهای مختلف در قطره‌های کوآسرواتی که دارای چنین غشایی بودند ، به مراتب مساعدتر بود تا در محیط خارج .

در سیستمهای باز با سازمان عالیتز موجودات اصلی بسیار ابتدایی فوق‌الذکر که در آنها پروسه‌های اکسیدی احیایی پیوسته صورت می‌گرفت و منابع انرژی (ATP) برای استفاده آنها میسر بود ، امکانات توسعه سنتز پلیمرهای پرتئین مانند و اسید نوکلئیک مانند به میزان بسیار زیادی افزایش یافت . این امر طبعاً موجب شد که کمپلکسهای چنین پلیمرهایی به شکل صورتبندیهای غیر-محلولی ازتوده عمومی مواد جدا شوند و به نوبه خود مانع برقراری تعادل میان تجزیه و ترکیب پلیمرها گردند و بدین جهت پروسه‌های سنتز را تقویت نمایند .

به سادگی می‌توان تصور کرد که این امر در مرحله بسیار متقدمی از تکامل حیات ، اساس تشکیل دانه‌های شبه نوکلئوپروتئینی در اجسام زنده ابتدایی بوده است . این دانه‌ها شاید به اتفاق غشاهای سطحی لیپوپروتئینی که از پیش وجود داشتند - همان‌طور که نشان دادیم - نمونه‌های اولیه سیستمهایی بوده باشند که اکنون موجب سنتز ذرات پرتئین دارای ترتیب سه‌بعدی و توالی معینی از اسیدهای آمینه می‌گردند . در این باره نقش مهم توسط سازمان چند ملکولی ساختمان دانه و نیز به وسیله نظم درون ملکولی اسیدریبونوکلئیک که در ترکیب دانه داخل می‌شود ، ایفا شده است . اما نباید تصور کرد که ناگهان در سیستمهای ابتدایی ،

ملکولی از جنس اسیدریبونوکلئیک پدید آمد و این ملکول آن وقت دارای ساختمانی چنان متکامل بود که به تنهایی و در زمینه عمومی پروسه‌های سنتز که در داخل سیستم ادامه داشتند، می‌توانست منشأ پرتئینی باشد با ساختمانی مخصوص که از لحاظ گروهبندی اتمی چنان ترتیبی دارد که مثلاً صفت ویژه آلدولاز مخمر قندیها هر آنزیم مخصوص دیگر است. ساختمان خود ابتداییترین دانه‌ها و ملکولهای سازنده آنها بسیار غیر اختصاصی و بسیار متغیر بود و با انجام اعمال بیولوژیک تطابق ضعیفی داشت. یکی دانستن طرز توزیع گروهبندیهای اتمی در ماده پرتئین مانندی که در ابتدای امر کاتالیزر هگزوزدی فسفات بود، با ترتیب بسیار دقیق مراکز فعال درون آلدولاز کنونی همان قدر مشکل است که مثلاً باله‌های کوسه را که ساختمانشان فقط برای یک شکل ابتدایی حرکت مناسب است با بازوان متکامل انسان همسان نمایند.

بعید است که سازمان متابولیسم ارگانیسیمهای اولیه با سازمان متابولیسم کنونی یکی بوده باشد. واکنشهای متابولیک آن زمان نسبت به حالا به میزان غیر قابل قیاسی کندتر صورت می‌گرفتند و هماهنگی میان تک تک آنها بسیار کم بود. در کنار خط اصلی پروسه‌های حیاتی واکنشهای جنبی بسیاری وجود داشت؛ به طوری که مقدار زیادی از مواد غذایی به هدر می‌رفت و درصد زیادی از انرژی آن به صورت گرما رها می‌شد. اما در پروسه تأثیر متقابل ارگانیسیم و محیط آن، و بر اثر عمل مداوم انتخاب طبیعی در صدها میلیون سال، هم خود سیستم زنده و هم تک تک مکانیسیمهای آن به حالت عالیتری از کمال رسیدند. بویژه پرتئینهای آنزیمی و پروسه‌هایی که در سنتز آنها دخالت داشتند کارآمدتر شدند و با اعمال بیولوژیک تطابق بهتر و بازهم بهتری پیدا کردند.

باید با اطمینان خاطر به یاد داشت که در طی دوره تکامل تدریجی از کاتالیزرهای پرتئین مانند ابتدایی تا آنزیمهای دارای ساختمان فوق العاده دقیق، آن عده از انواع سازمانبندی که آزمایش شدند و حذف گردیدند مسلماً هیچ کمتر از آنهایی نبودند که در جریان پیداشدن و تکامل دست انسان صورت گرفتند و شاید هم بیشتر بوده باشند .

اکثریت این انواع سازمانبندی به طور نا بر گشتنی از میان رفتند. زیرا بسیار پیش از آنکه سازمان درونی حتی ابتداییترین موجودات زنده معاصر به وجود آیند، تکامل آنها به طور عمده خاتمه یافته بود. بنابراین، مافقط می توانیم آنزیمهای دارای ساختمان بسیار متکامل را ازارگانسمهای معاصر مجزا کنیم. اما، پرتئینهایی که عیناً یک جور عمل آنزیمی در افراد مختلف طبیعت زنده امروزی انجام می دهند، از لحاظ ماهیت شیمیایی به میزان وسیعی با هم فرق دارند. امیلاز با کتریها همانند امیلاز گیاهان عالی نیست و فسفو-استراز گویچه های سفیدخون پروتئینی است که با فسفاستر از مخمر قند کاملاً فرق دارد. می توان امیدوار شد که با بررسی عمیقتر این جنبه امور خواهیم توانست پدیده اصلاح آنزیمها را در طی تکامل تدریجی، هر چند که مربوط به مراحل بعدی تکامل می شود، تحقیق نماییم .

اکنون فقط می توانیم به این واقعیت بسیار مهم توجه کنیم که شماره کاتالیزرهای اصلی و ابتدایی اجسام زنده - کو آنزیمها - در مقایسه با عده مکانیسمها (آنزیمها)ی که در مرحله عالیتر تکامل ماده زنده تکمیلشان کرده اند، کاملاً ناچیز بود. تنها پیداشدن و تکامل بعدی این آنزیمهاست که تثبیت سلسله های دراز و واکنشهای متابولیک بسیار هماهنگ را امکان پذیر ساخت. واضح است که سیستم واکنشهایی که مجموعاً، پایه بیوشیمی تخمیر الکلی و لاکتیک را

تشکیل می‌دهند ، در مرحله نسبتاً ابتدایی تکامل تدریجی اجسام زنده به وجود آمد. دلیل این انتشار فوق‌العاده واکنشهای مزبور این واقعیت است که آنها جزء لازم متابولیسم مظاهر بسیار متنوع جهان زنده را تشکیل می‌دهند . روشن است که این سیستم باید از لحاظ زیست‌شناسی بسیار مؤثر باشد؛ زیرا بیش از يك میلیارد سال پیش درارگانيسمهای نسبتاً ابتدایی برقرار شد و در تمام طول دوران تکامل ماده زنده پابرجا ماند و حتی در متابولیسم گیاهان و جانوران عالی امروزی ابقاشد. بخش بسیار منتشر شده این سلسله ، قسمت ابتداییتر آن است که در سراسر جهان زنده عیناً یکی است. فقط در آخرین مرحله است که انشعاب پیش می‌آید و به تشکیل الکل و دی اکسید کربن در گیاهان و اسید لاکتیک در جانوران منجر می‌شود .

این دو قسم تجزیه‌بی‌هوازی هیدراتهای کربن راههای اساسی رشد تکاملی متابولیسم انهدامی رادر شاخه‌های اصلی «درخت حیات» تشکیل دادند . البته ، بسیاری از انواع کم و بیش کارآمد بایستی در جریان تکامل آنها پدید آمده باشند . بسیاری از اینها بایستی تماماً بر اثر انتخاب طبیعی ریشه کن شده به‌طور نابرگشتنی از میان رفته باشند و بقیه به‌عکس محفوظ مانده‌اند . اما اینها فقط شاخه‌های فرعی نازکی هستند که از شاخه‌های اصلی «درخت حیات» منشأ گرفته و به‌ما رسیده‌اند. بنابراین ، اکنون می‌توانیم تعداد زیادی از اقسام مختلف تخمیر بی‌هوازی را بیابیم . اما یکایک آنها به‌گروه نسبتاً محدودی از ارگانيسمهای پست منحصر می‌شوند. حتی اینجا هم ، در اکثریت بزرگ موارد ، نخستین حلقه‌های اتصالی سلسله واکنشها عیناً همانهایی هستند که در تخمیر الکلی یا لاکتیک می‌یابیم و تنها پس از تشکیل اسید پیروویک است که راهها منشعب می‌شوند. این امر مسلماً دلیل بر این است که همه این تخمیرها

منشأ مشترکی داشته‌اند و روی تنهٔ مشترك واحدی رویده‌اند .
 شکل (۱۰) نمودار تباعد خط سیر واکنشها را به اشکال
 مختلف تخمیری هوازی نشان می‌دهد که از اسید پیروویک شروع
 می‌شود. این ماده توسط رشته واکنشهایی تشکیل می‌شود که در شکل
 (۷) راجع به تخمیر الکلی شرح داده شد .

بررسی این نمودار نشان می‌دهد که بر طبق نوع تخمیری
 که صورت می‌گیرد ، ممکن است محصولاتی غیر از الکل اتیلک ،
 دی اکسید کربن و اسید لاکتیک ، مخصوصاً محصولاتی مانند اسید
 فرمیک ، اسید استیک ، اسید پروپیونیک ، اسید سوکسینیک ، اسید
 بوتیریک و دیگر اسیدهای چرب سنگینتر و الکل‌های پروپیل و
 بوتیل و دی متیل کرینول ، استن ، هیدروژن گازی و غیره تولید
 شوند. ویژگی این گروه متنوع تخمیرها در این است که باضمیمه
 شدن واکنشهای «مکمل» بسیار معدود و همیشه به کمک مکانیسمهای
 کاتالیزری که به هم دیگر شباهت بسیار دارند ، تحقق می‌یابند .
 تمام قضایا فقط به تنوع ترکیب همان رشته رویدادهای شیمیایی
 منجر می‌گردد .

البته ، نه تخمیر الکلی ، نه تخمیر لاکتیک و نه هیچ یک از
 تخمیرهای بی‌هوازی دیگر را که قبلاً ذکر شدند ، نباید به مثابهٔ
 اقسام پروسه‌های انهدامی مجزا تلقی کرد . همهٔ پروسه‌های مزبور
 با واکنشهای ترکیبی متابولسم ساختمانی اتحاد محکمی دارند و
 انرژی و مواد ساختمانی مربوطه را برای آنها فراهم می‌کنند.
 مثلاً اسید پیروویک که در همهٔ اقسام تخمیر موقعیت کلیدی دارد ،
 با آمونیاک و هیدروژنی که پیریدین نوکلئوتید حامل آن است به
 آسانی می‌تواند ترکیب شود و یکی از مهمترین اسیدهای آمینه ،
 یعنی الانین را تولید نماید .

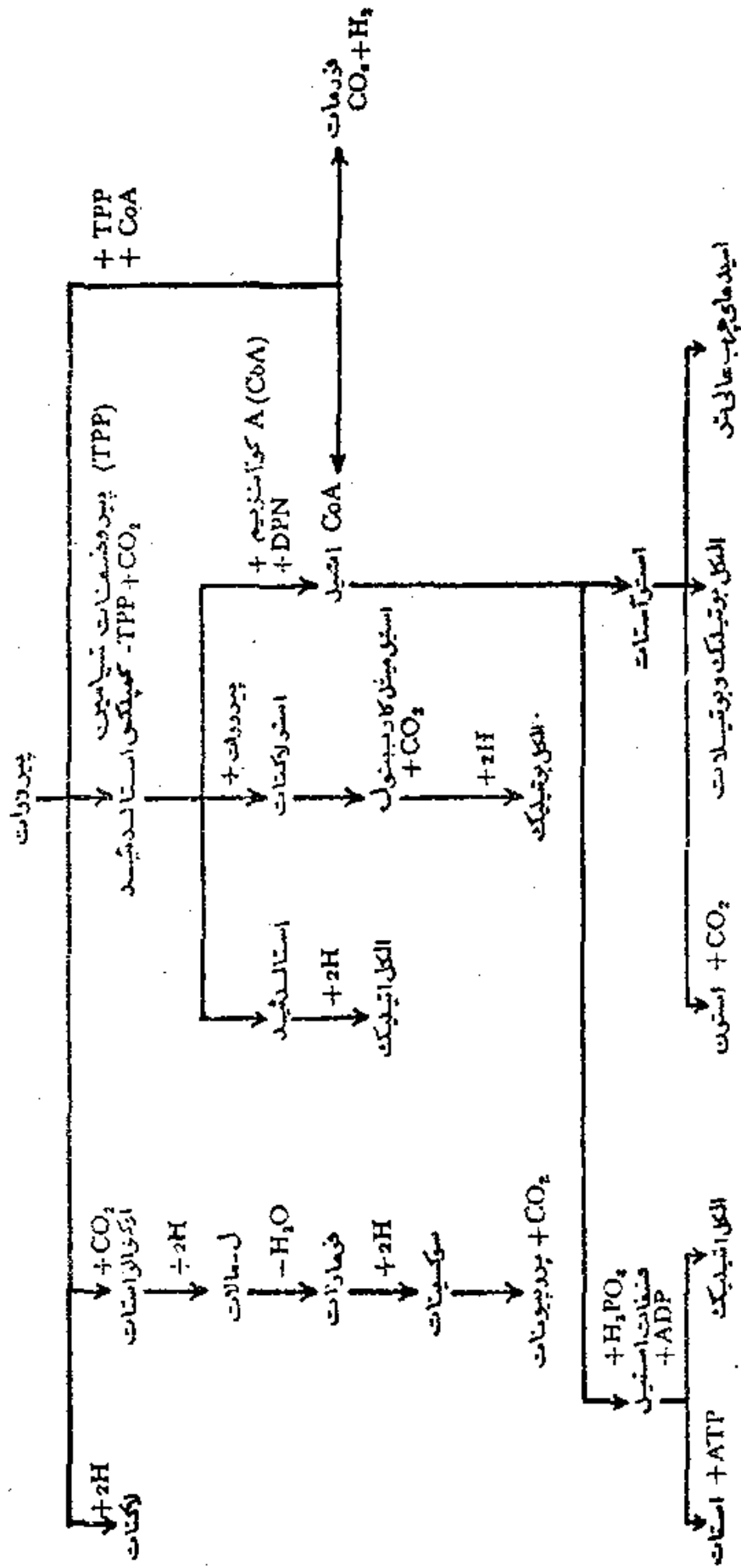
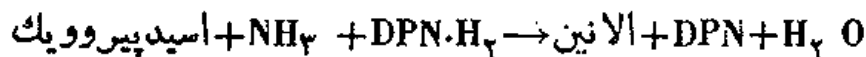


FIGURE 10

(شکل ۱۰)

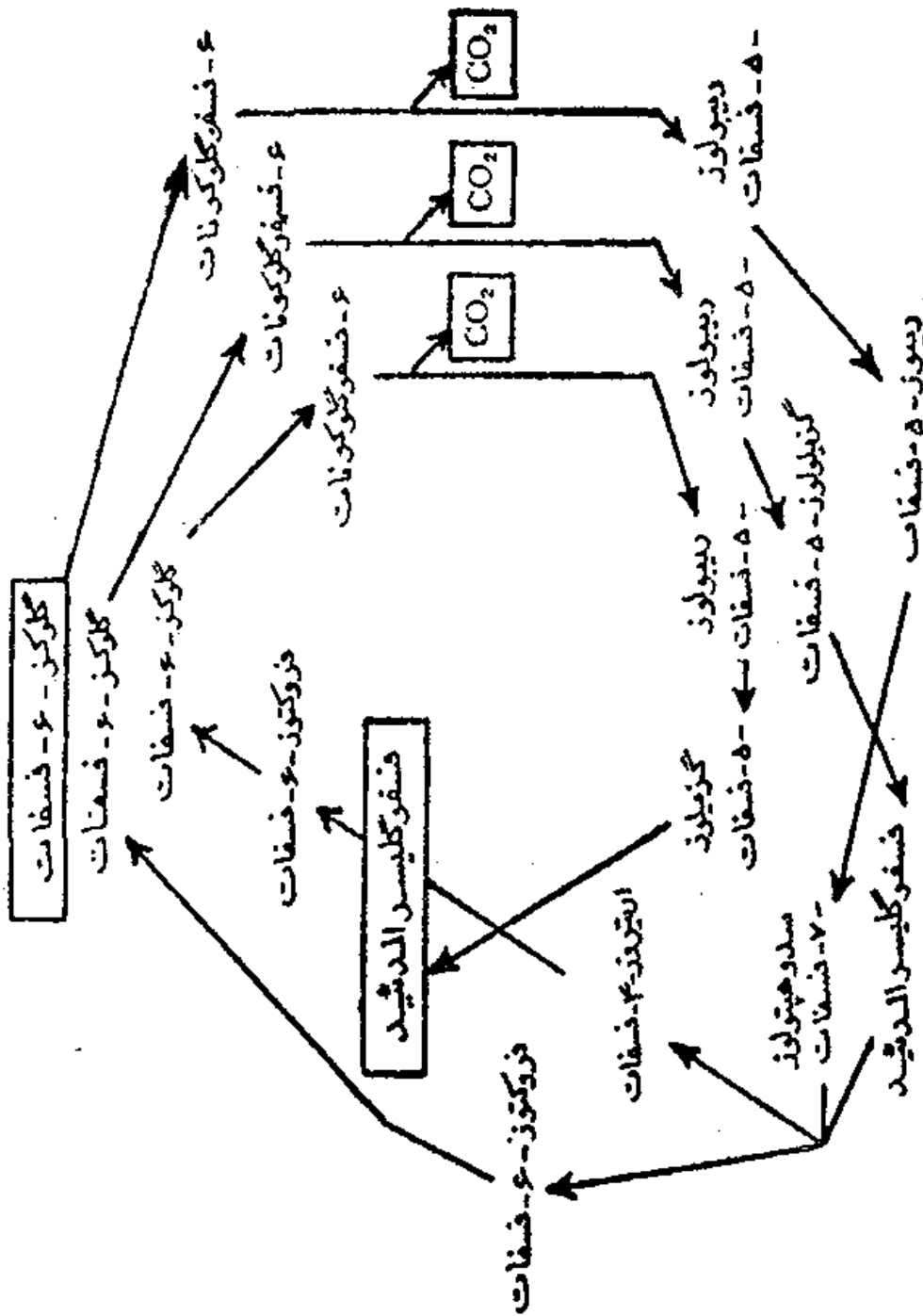


اسیدهای ستود دیگر به همین طریق تأثیر می کنند. قطعات ملکولهایی که به صورت محصولات بینابین تخمیر پدید می آیند ، می توانند روی هم جمع شوند و به کمک CoA و نظایر آن رشته های باز دراز و ملکولهای حلقوی (Aromatic) یا هتروسیکلیک مسدودی را بسازند .

هرچه هماهنگی زمانی و اکنشها در یک قسم معین متابولیسم بهتر باشد ، انرژی در آن کمتر به هدر می رود و نسبت مواد غذایی که برای ساختمان اجزای ترکیبی سیستم به کار رفته اند بیشتر می شود ، و در تحلیل آخر ، از لحاظ بیولوژیک کارآمدتر و از نظر گاه تکامل مترقی تر می گردد .

اما راههای متابلیک بسیار به هم بسته ای که قبلاً مورد بحث واقع شد ، البته تنها خط سیرهایی نیستند که در شرایط وجودی اتمسفر احیا کننده و هیدروسفر دوران مورد بررسی ما از تکامل بر روی زمین امکان پذیر بوده باشند. در ارگانوسمهای معاصر شق دیگری از اسباب استحاله مواد را می توانیم بیابیم . ه . کربس H. Krebs و ه . کرنبرگ H. kornberg عقیده دارند که سیکل پنتوز فسفات یک چنین وسیله ای است . شکل (۱۱) نمودار این استحاله است که از کتاب آنان گرفته شده است .

در این سیکل برخلاف اشکال تخمیری که قبلاً مورد بحث واقع شدند ، ملکولهای قند که متحمل فسفریلاسیون می شوند ، هیچ گاه به دو ملکول فسفات تریوز تجزیه نمی شوند. اما گلوکز ۶- فسفات بلافاصله پس از تشکیل، متحمل اکسیداسیون بی هوازی می گردد و CO₂ از اسید فسفو گلو کونیک جدا شده به تشکیل یک مشتق فسفو ، از یک پنتوز، منجر می شود. مخصوصاً این راه در ساختن نوکلئوتیدها و ریبوز مربوط به اسید نوکلئیک بسیار



(شکل ۱۱)

مهم است .

سیکل پنتوز فسفات يك شكل متابلیسم هیدرات کربن است با انتشاری به مراتب محدودتر از تخمیر الکلی یا لاکتیک . فقط در عده معدودی از موجودات ذره بینی است که این سیکل روش اصلی تجزیه هیدراتهای کربن را تشکیل می دهد . این روش در اکثریت ارگانیسماهای مزبور اشکال معمولی تخمیر را فقط تکمیل می کند . همان طور که به وسیله آزمایشهایی که با گلوکز نشاندار رادیواکتیو نشان داده شده است ، تنها قسمت کوچکی از ملکول قند است که بر اثر سیکل پنتوز فسفات جدا می شود و روشن است که اهمیت عمده آن در تشکیل ریبوز نهفته است .

می توان تصور کرد سیکل پنتوز فسفات حتی دیرتر از اقسام اصلی تخمیر به وجود آمده است . کربس و کربنرگک می نویسند : « بسیار محتمل است که قدیمترین ارگانیسماها ، از آن بی نیاز بوده باشند ... » واقعیتی که دلالت بر متأخرتر بودن منشا سیکل مزبور می کند ، آن است که این سیکل شامل واکنشهای اساسی تخمیر در جنب بعضی از واکنشهای نوپیدا است . علاوه بر این ، به موجب مطالبی که بعداً گفته خواهد شد ، این تذکره مهم است که واکنشهایی که در سیکل پنتوز فسفات رخ می دهد ، در پروسه فتوسنتز حائز اهمیت برجسته ای است ^۱ .

بسیاری از اشکال متابلیسم که درباره آنها بحث کرده ایم گروه گوناگون مسیرهایی را نشان می دهند که تکامل تدریجی ارگانیسماها حتی در شرایط عدم وجود اکسیژن آزاد در محیط

۱ . بعضی از مصنفان برخلاف کربس و کربنرگک حتی عقیده

دارند که سیکل پنتوز فسفات ممکن است فقط در همان زمان پیدا شدن فتوسنتز و شاید حتی دیرتر پدید آمده باشد .

خارج ، اما با بودن مواد آلی ساخته آماده ، یعنی در شرایط هتروترفی بی‌هوازی دنبال کرده است .

ذخایر مواد آلی «آبگوشت غذایی زمین» همواره به‌وسیلهٔ واکنشهای سنتز بی‌زیست خاسته تجدید می‌گردید، اما این پروسه کند بود و با پیدا شدن و تکامل حیات برای برآورده کردن نیازمندیهای غذایی موجودات زندهٔ ابتدایی، بیش از پیش غیر-کافی شد . در نتیجهٔ این امر ، انبارهای ذخایر می‌بایست تهی می‌گردیدند و اگر حیات فقط در امتداد خطوطی تکامل می‌یافت که مورد بحث قرار دادیم ، ذخایر مواد آلی دیر یا زود تماماً از بین می‌رفت .

بعضی از مصنفان معاصر عقیده دارند که این امر در جریان چند هزار سال با سرعت بسیار ، پیش آمده است . ولی محاسبه‌های آنها بر اساس سوء فهم آشکاری مبتنی است . البته اگر می‌شد که «آبگوشت زمین» به‌طریقی باتخم موجودات ذره‌بینی معاصر کشت شود که در آن بتوانند بی‌مانع و به‌میزانی نامحدود تکثیر یابند ، آن وقت با اجازهٔ شما ، برای انهدام کامل ذخایر مواد آلی چند هزار سال بسیار زیاد می‌بود . اما نباید فراموش کرد که سرعت شکست‌انگیز اعمال حیاتی در ارگانیسمهای معاصر نتیجهٔ اصلاح متابولیسم است که مدت دو میلیارد سال طول کشیده است . ولی واکنشهای مزبور در موجودات اولیه میلیونها بار کندتر از استحاله‌های آنزیمی معلوم کنونی صورت می‌گرفتند . تا وقتی که ارگانیسمها از راه تکامل تدریجی به‌سطح قابل ملاحظه‌ای از کار آیی نرسیده بودند، با هیچ تهدید واقعی کمبود مواد آلی مزبور که تنها منابع قابل استفاده تغذیهٔ آنها بود مواجه نشدند .

این امر موجب تشدید فوق‌العادهٔ مبارزه به‌خاطر بقا گشت و در تکامل تدریجی بعدی موجودات زندهٔ ابتدایی عاملی نیرومند

شد. ارگانوسمهای مزبور در جریان تکامل خود به برقراری سیستمهای تازه به تازهای مبادرت کردند که آنها را قادر می ساخت که نه فقط از مواد آلی برون خاسته عاقلانه استفاده کنند ، بلکه علاوه بر استفاده از منابع انرژی آزادی که به میزانی وسیع در ملا^۱ خارج فراهم می شد ، از ترکیبات کربنی دیگر و ساده تر نیز تغذیه نمایند .

واکنشهای فتوشیمیایی

تشعشع خورشید پر توانترین و فرسایش ناپذیرترین منبع انرژی سطح زمین است . همان طور که قبلا دیدیم ، پیش از پیدا شدن حیات ، عمده فعالیت های فتوشیمیایی روی زمین به وسیله اشعه موج کوتاه ماورای بنفش فراهم می شد . اما تکامل حیات با استفاده از اشعه موج بلند پیشرفت نمود و آشکار است که این اشعه برای موجودات زنده قابل استفاده تر است .

از مدتها پیش ثابت شده است که انرژی نور مرئی بر اثر وجود رنگدانه هایی آلی که قابلیت جذب نور دارند می تواند در عملی شدن پروسه های اکسیدی احیایی مورد استفاده واقع شود . بر طبق نظر A. Terenin هنگامی که یک ملکول رنگدانه نور را جذب می کند یک حالت دو بنیانی (Biradical) به خود می گیرد و نیروی واکنشی زیاد کسب می نماید که بنیانها را قادر می سازد که یک الکترون یا یک یون هیدروژن جذب کنند یا از دست بدهند و بدین ترتیب پروسه های اکسیدی احیایی را به انجام برسانند که در تاریکی به خودی خود و بدون افزوده شدن انرژی به شکل نور صورت نمی گیرند .

پرفیرینها توانستند نقش رنگدانه های مزبور را در ارگانوسمها ایفا نمایند . ظهور این ترکیبات در میان اجزای ترکیبی اجسام

زنده بایستی در یک مرحله نسبتاً ابتدایی تکامل آنها صورت گرفته باشد. از این حیث، شاید مواد مزبور با کوآنزیمهای پیریدین نوکلئوتید و تیامین پیروفسفات که قبلاً درباره شان بحث شد، قابل مقایسه باشند. ترکیبات پرفیرینها با آهن در جهان زنده امروز انتشاری بسیار وسیع دارند که مثال پرآوازه آن رنگدانه قرمز خون مابه نام همین Haemin است.

در جانورانی که تنفس می کنند، ترکیبات آهن با پرفیرینها در واکنشهای اکسیدکننده ای که اکسیژن آزاد در آنها شرکت می کند نقشی بسیار مهم برعهده دارند. اما بسیار پیش از آنکه مقادیر زیادی از اکسیژن آزاد در اتمسفر زمین پیدا شود، این ترکیبات در اجسام زنده پدید آمده بودند. بدین جهت حتی در بی هوازیهای نمونه ای همچون *Desulfovibrio Desulfuricans* (ممکن است یافته شوند).

همه این پروسه ها ممکن است در تاریکی به نحو رضایت بخشی صورت گیرند؛ زیرا هنوز از یک خاصیت مهم پرفیرینها که به رنگ آنها، یعنی به قدرت جذب نور مر بوط است هیچ استفاده ای نمی شود. اما برخلاف ترکیبات آهن و پرفیرین، پرفیرینهای آزاد و مخصوصاً، ترکیبات پیچیده پرفیرینهای بامنیزیم که در تاریکی هیچ قدرت کاتالیزری معمولی ندارند، می توانند تأثیرات فتو-کالیزری داشته باشند (یعنی بر اثر تابش نور قدرت عمل کاتالیزری پیدا کنند). مکانیسمی که ترکیبات آهن-پرفیرین را در پروسه های کاتالیزری بیولوژیک مهم شرکت می دهد مبتنی بر اساس اکسیداسیون احیای قابل برگشت اتم آهن مرکزی است که در تاریکی صورت می گیرد. تحقیقات A. Krasnovski، کراسنوسکی و همکارانش نشان داده است که ترکیبات پرفیرینها بامنیزیم، یعنی باکتریوکلروفیل و کلروفیل گیاهان عالی، علاوه بر پرفیرینهای

بدون فلزی از قبیل همتوپرفیرین ، فقط موقعی که به قدر کافی کوانتوم نور جذب می کنند ممکن است (با گرفتن يك الكترون یا هیدروژن) به نحو برگشت پذیر احیا شوند . در این صورت انتقال فتوکاتالیزری يك الكترون یا هیدروژن پیش می آید که باید آنرا از بعضی از اعمال کاتالیزری از قبیل آنچه ممکن است در تاریکی اتفاق بیفتد ، تمیز داد . این امر منجر به ارتقای سطح انرژی محصولات و اکس نوری Photoreaction می شود . قسمتی از انرژی جذب شده گویی به شکل پرتحرکی که به آسانی می توان آنرا به کار برد ، «ذخیره» می گردد .

در آغاز عمر حیات ، هنگامی که ترکیبات ابتدایی آلی در محیط فراوان بود ، نورا همیت قاطعی به عنوان يك منبع انرژی نمی توانست داشت . اما زمانی که زوال مواد آلی ساخته آماده شروع شد ، وهنگامی که کاهش مواد مزبور در محلول پیرامون روزافزون گردید ، ارگانیسماهایی که وضعیتشان طوری بود که می توانستند از پرفیرینهای خود نه تنها برای کاتالیز کردن واکنشهایی که در تاریکی صورت می گیرند ، بلکه همچنین به عنوان فتوکاتالیزر استفاده نمایند ، در مبارزه به خاطر حیات ازامتیازات بیشتر و بازهم بیشتری برخوردار شدند . بدین ترتیب آنها توانایی استفاده از نور را به عنوان يك منبع تکمیلی انرژی کسب نمودند . اولین تأثیری که این امر داشت این بود که نخستین موجودات رنگین قادر به موازنه اساسی و حسابی متابلیسم هتروترفیک خود و به کار بردن بسیار مؤثرتر مواد آلی برون خاسته در متابلیسم مزبور شدند ؛ بی آنکه متحمل طرحبندی مجدد مهمی در سازمان قبلیشان گردند .

هتروترفهای معمولی مجبور بودند که نسبت درصد بزرگی از مواد آلی را که از ملاً خارج به دست می آورند ، به محصولات زایدی همچون الکل و اسیدهای آلی و غیره

تبدیل کنند که دیگر برایشان قابل استفاده نبودند. برعکس آنها، نخستین موجودات رنگین انرژی «مفت» نور را برای مصرف کردن مواد مزبور در متابولیسم به کار بردند و این امر آنها را از اتلاف غیر منطقی مواد آلی برون خاسته بی نیاز ساخت. واکنشهای فتوشیمیایی در اصل به خاطر این بود نه برای سنتز مقدماتی مواد آلی.

مامی توانیم با بررسی متابولیسم باکتریهای رنگدانه دار معاصر بویژه آتیوروداسه *Athiorhodaceae* به این مطلب پی ببریم. از لحاظ عینی، وقتی انسان موازنه همه جانبه را ملحوظ می دارد، متابولیسم این باکتریها از نوع هتروترف معمولی است. آنها در روشنایی و تحت شرایط بی هوازیست می توانند آزادانه روی محلولهایی رشد نمایند که باید محتوی مواد آلی (مانند اسید بوتیریک یا ترکیبات مشابه دیگر) باشند. همان قدر که جرم کشت باکتری افزایش می یابد، به همان نسبت هم مقدار مواد آلی برون خاسته ملأ پیرامون کاهش می یابد، درعین حال، باکتریها مقدار کمی دی اکسید کربن به داخل اتمسفر دفع می نمایند. (به شکل ۱۲ در آخر کتاب مراجعه شود)

با وجود این، مکانیسمهای بیوشیمیایی درونی آنها بسیار پیچیده تر است. آنها مانند ارگانوسمهای دیگری که CO_2 دارند، می توانند دی اکسید کربن اتمسفر را تثبیت کنند. اما باکتریهای آتیوروداسه پس از آنکه رنگدانه ها نور را جذب کردند، با استفاده از انرژی افزایش یافته، یک نقل مکان فتوکاتالیزری هیدروژن ایجاد کرده و دی اکسید کربن را احیا و مواد آلی برون خاسته را اکسید می کنند. بنابراین باکتریهای مزبور مجبور نیستند که مانند هتروترفهای دیگر موادزاید غیر قابل استفاده ای تولید کنند. آتیوروداسه ها برای ساختن جسم خود نزدیک به تمام مواد آلی مصرفی (۹۰ درصد یا بیشتر) را مورد استفاده قرار

می دهند ؛ در صورتی که در هئروترفهای معمولی (آنها که از نور استفاده نمی کنند) ماده زاید غیر قابل استفاده، قسمت عمده ماده غذایی را تشکیل می دهد .

باکتریهای رنگدانه دار دیگر ، متابلیسم خود را به همان شیوه آتیوروداسهها صورت می دهند . ولی در آنها منبع (دهنده) هیدروژن برای احیای دی اکسید کربن ماده آلی نیست ، بلکه هیدروژن سولفورده است . این امر را مطالعات بسیار جالب وان نیل C. Van Niel راجع به باکتریهای گوگردی سبز و ارغوانی (تیوروداسه) نشان داده است . این باکتریها در خورهای کم عمق و جاهای مردابی نزدیک کرانه دریا که سرشار از هیدروژن است و بانور آفتاب به خوبی روشن می گردد ، زندگی می کنند . همه این ارگانیسیمهای ابتدایی رنگدانه دار دارای يك نوع مکانیسیمهایی اند که آنها را قادر می سازد که با مصرف کردن نور جذب شده ، انتقال فتوشیمیایی و قابل برگشت يك الکترون یا هیدروژن را عملی سازند . اما آنها فقط می توانند میسرترین مواد احیا کننده ، از قبیل ترکیبات آلی ، هیدروژن سولفورده ، هیدروژن ملکولی و غیره را به عنوان منابع اصلی هیدروژن خویش مورد استفاده قرار دهند .

پروسه تکامل مترقی ارگانیسیمهای فتوسنتز کننده در جهت قادر ساختن آنها به استفاده از گروه بهمراتب وسیعتری از مواد دهنده هیدروژن پیش رفت .

این خط سیر تکاملی ناگزیر منجر به واکنشهای سنتزی گردید که در آنها «دشوارترین» و همچنین «پادرمیانترین» ماده دهنده هیدروژن ، یعنی آب ، شرکت داشت . آن وقت بود که اکسیژن آب به صورت ملکولی آزاد شد .

بعضی از ارگانیسیمهای کنونی از این لحاظ جالبند که مشخصات متابلیک يك سازمان ابتداییتر اعمال فتوسنتز را حفظ

کرده‌اند، ولی قابلیت رها نمودن اکسیژن ملکولی حتی آنها را هم معمولاً مشخص می‌سازد. چنین می‌نماید که آنها حلقه‌های بینابین موجودات ابتدایی دارای قدرت فتوسنتز و فتواتوتروفهای بسیار سازمند کنونی‌اند.

يك چنین ارگانيسم خاصی، جلبك سبز سندسموس - Scendesmus است که متابلیسم آن را از این حیث گافرون H.Gaffron به تفصیل بررسی کرده است.

فتوسنتز

با این حال می‌توان هیچ شك نداشت که فتوسنتز به صورتی که اکنون در گیاهان عالی می‌بینیم، گذرگاه اصلی تکامل اتوتروفی بود. استفاده از آب، به عنوان يك هیدروژن دهنده، به وسیله موجودات فتوسنتز کننده گام بزرگی به جلو در راه تکامل سیستمهای بیوشیمیایی بود. سیستمهای مزبور مرحله نوری پروسه فتوسنتز را به سیکل‌های واکنشهایی متصل ساختند که به احیای مرحله به مرحله دی‌اکسید کربن و تولید اکسیژن ملکولی منجر گردید.

اما این امر به تکامل تدریجی ممتد موجوداتی نیاز داشت که قبلاً رشد کاملاً عالی یافته و دارای زرادخانه‌ای بزرگ از مکانیسمهای متابلیک شده بودند. علم به دستگاه فتوسنتز گیاهان کنونی ما را متقاعد می‌سازد که این امر می‌بایست بدین صورت بوده باشد. دستگاه مزبور فوق‌العاده بفرنج‌است و بر رغم مطالعات بسیار، هنوز به هیچ وجه کاملاً بررسی نشده است.

برای روشنتر کردن موضوع به مقایسه‌ای متوسل می‌شویم که البته طبق معمول همیشگی بسیار تقریبی است. اجازه دهید به عنوان مثال خویش موتور بفرنجی را انتخاب کنیم که کار معینی را انجام می‌دهد مثلاً موتور يك اتومبیل را. کار این موتور

نه فقط به جزء اساسی ترکیبی آن ، بلوک سیلندر ، بلکه همچنین به يك عده مکانیسمهای کمکی بستگی دارد که بعضی از آنها شامل دستگاههای کاملی هستند که هر کدام وظیفه مخصوص به خودی دارند ؛ مانند تهیه و تحویل مخلوط احتراقی ، تولید جریانی با ولتاژ زیاد برای آتش زدن مخلوط ، خنک کردن ، روغنکاری ، انتقال حرکت ، تنظیم سرعت و غیره .

برای آنکه موتور نرم و روان کار کند ، نه فقط باید هر يك از این سیستمها به درستی کار کنند ، بلکه حتی مهمتر اینکه باید از لحاظ زمانی و مکانی باهم هماهنگی داشته باشند . جرقه شمع باید موقعی زده شود که پیستون در سیلندر موقعیت خاصی داشته باشد ، و مخلوط باید در لحظه معینی داخل شده باشد و غیره .

همین طور هم دستگاه فتوسنتز گیاهان فقط شامل يك سلسله ساده استحالتهای شیمیایی نیست ، بلکه متضمن تعدادی سیکلهای واکنشهای بیوشیمیایی ، یعنی مجموعههای کاملی از سیستمهای کاتالیزری و فتوشیمیایی است . تنها زمانی نتیجه مطلوب از کار سیستمهای مزبور حاصل می شود که با یکدیگر هماهنگی بسیار خوب و برهمدیگر تأثیر متقابل مستمر داشته باشند. این منظور نه فقط به وسیله يك سلسله واکنشهای خاص که از لحاظ زمانی هماهنگ شده اند ، بلکه همچنین توسط وضعیت فضایی آنها ، یعنی وجود ساختمانهای ویژه ای در دستگاه فتوسنتز تأمین می شود .

با استفاده از آب به عنوان يك ماده دهنده هیدروژن ، و با آزاد شدن اکسیژن که در نتیجه آن حاصل می شد ، نیاز به يك چنین سازمان فضایی ، حدت خاصی پیدا کرد . در يك چنین پروسه ای تنها به وسیله پراکنده شدن محصولات ناپایدار اصلی فتوسنتز به داخل ساختمانهایی ناهمگن است که واکنشها را از

دنبال نمودن مسیر معکوسی که از لحاظ ترمودینامیک محتملتر است، می‌توان بازداشت. در باکتریهای رنگدانه داری که در شرایط بی‌هوازیست، بدون تشکیل اکسیژن آزاد فتوسنتز می‌کنند، رنگدانه‌ها در سرتاسر پرتوپلاسم به نحو پراکنده‌ای بخش شده‌اند. از طرف دیگر، شکل عالیتر فتوسنتز تنها موقعی امکان پذیر شد که پروسه تکامل تدریجی ارگانیسرها به تشکیل دستگاههای ساختمانی بفرنج منجر گردیده بود.

در گیاهان عالی، کلروپلاستها مثل یک چنین دستگاهی عمل می‌کنند. هیچ کس در هیچ مخلوط همگن فاقد کلروپلاست، برخلاف تخمیر الکلی، هنوز موفق نشده‌است که پروسه فتوسنتز را به طور کامل بازسازی کند. این خود دلالت بر اهمیت نقشی می‌کند که در فتوسنتز به وسیله سازمان فضایی ایفا شده است.

مطالعه این پلاستیدها با میکروسکوپیهای الکترونی نشان داده است که دارای ساختمانهای پیچیده‌ای هستند و مرکبند از زمینه بی‌رنگی که روی آن دانه‌های کلروفیلدار به شکل استوانه‌های متحدالشکلی پراکنده شده‌اند (شکل ۱۲). این دانه‌ها محتوی دیسکهای از جنس پرتئین‌اند که با یک لایه لیپید کلروفیلدار ترکیب شده است. بدین ترتیب ما در دانه کلروفیل همان قسم ساختمان «ساندویچی» را می‌یابیم که درغشای سطحی همه اجسام زنده، یادرتورینه درون پلاسمی موجودات زنده با سازمان عالیتر یافته‌ایم. اما در کلروپلاستها این ساختمان به گروه‌های تبدیل شده است که برای انجام اعمال فتوسنتز تخصص بسیار عالی یافته است.

۱. پلاستید Plastid. هر یک از اجسام سیتوپلاسم سلول را (به ویژه سلول گیاهی و پروتوزوئرها را) که برای انجام عمل یا اعمال ویژه‌ای تخصص یافته‌اند، پلاستید می‌گویند. پلاستیدهای محتوی کلروفیل را کلروپلاست می‌نامند - م.

فقط درچنین ساختمان لیپوپرتئین است که نخستین حادثه شیمیایی درفتوسنتز، یعنی تجزیه آب، می تواند صورت بگیرد. اما برای آنکه فتوسنتز صورت بگیرد، این حادثه باید باهماهنگی به سلسله تام و تمامی ازپروسه های دیگر متصل گردد که هر يك از آنها توسط مکانیسم آنزیمی ویژه خود که روی سیستمها یا گروه های کاملی «سوار» شده اند، صورت می گیرد.

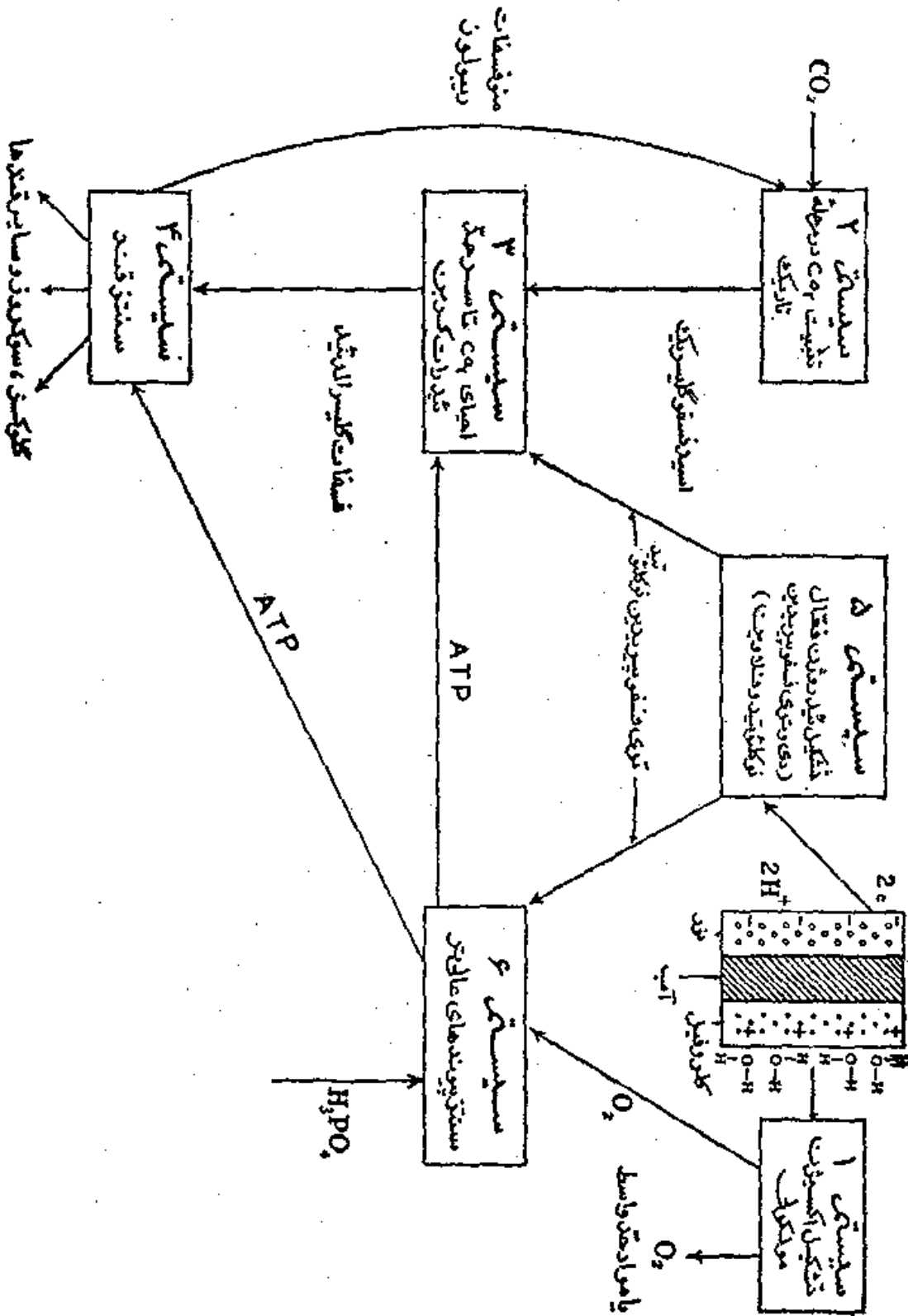
مالینک از قسمت عمده نتایجی که M. Calvin کالوین گرفته است استفاده می کنیم، و نمودار فوق العاده ساده شده ای از کار این گروه ها را ارائه می دهیم. هر يك از آنها را می توان به وسیله اعمالی مشخص نمود که درپروسه عمومی فتوسنتز انجام می دهد:

- ۱ - تشکیل اکسیژن ملکولی، ۲ - تثبیت CO_2 در تاریکی،
- ۳ - احیای CO_2 تا سطح يك هیدرات کربن، ۴ - سنتز قندها از فسفوتریوزها، ۵ - تولید هیدروژن فعال به شکل پیریدین و نوکلئوتید احیا شده (DPN-H یا TPN-H) (TPN یاتری- فسفوپیریدین نوکلئوتید ماده ای است با ساختمانی همانند ساختمان DPN اما در هر ملکول آن به جای دو گروه فسفات، سه گروه فسفات وجود دارد)، ۶ - تشکیل اتصالاتی پرانرژی (ATP) (به شکل ۱۳ مراجعه کنید.)

بر طبق گفته مجازی کالوین، نوری که به لایه کلروفیلدار گروه لیپوپرتئین می تابد الکترونها را ازجا کننده از آن بیرون می کند، و اینها بلافاصله در ساختمان مزبور از «سوراخهای» مثبت کوچکی که پشت سر می گذارند، مجزا می شوند (مثبت بدین دلیل که الکترونها دارای بار منفی الکتریکی هستند و وقتی که ازجا کننده می شوند به همان مقدار بار منفی از دست رفته اضافه بار مثبت در جای آنها ایجاد می شود). الکترونها به احیای پیریدین نوکلئوتید می پردازند (در دستگاه شماره ۵) (در حالی که بارهای

مثبت بر آب تأثیر می کنند و موجب اکسید شدن آن می گردند .
 (دستگاه شماره (۱)) . این واکنش محصولاتی واسطه‌ای پدید
 می آورد به شکل پراکسید هیدروژن (H_2O_2) یا پراکسیدهای
 آلی که با تشکیل اکسیژن ملکولی تجزیه می شوند . قسمت بیشتر
 اکسیژن به اتمسفر داده می شود؛ اما مقداری از آن در دستگاه شماره
 (۶) برای پروسه‌های اکسیدی فسفریلاسیون به کار برده می شود .
 از طرف دیگر (در دستگاه شماره (۲)) تثبیت CO_2 در
 تاریکی وجود دارد که اصلاً به همان طریق و به وسیله همان مکانیسمها
 (مثل CoA) انجام می شود که در سایر موجودات زنده هست .
 اسید فسفوگلیسرک به وسیله پروسه‌هایی تولید می شود که در دستگاه
 شماره (۲) رخ می دهند و بعداً در دستگاههای (۳) و (۴) به قندهای
 مختلف تبدیل می شود . در دستگاه شماره (۳) اسید فسفوگلیسرک
 به تریوزفسفات (گلیسرالدئید) احیا می گردد . اما این امر در
 مرحله اول به «هیدروژن فعال» نیازمند است که از دستگاه شماره (۵)
 به شکل پیریدین نوکلئوتید احیا شده (TPN-H) رسانیده می شود
 و در وهله دوم به منبع انرژی سهل الحصولی (ATP) احتیاج
 دارد که در دستگاه شماره (۶) ساخته می شود .

تولید دیگر تریوزفسفات در دستگاه شماره (۴) ادامه
 می یابد . این پروسه یا به تراکم ساده آنها ختم می شود که اول
 هگزوزدی فسفاتها و سپس گلوکز تشکیل می شود ، یا اینکه
 به استحالتهای پیچیده تری منجر می شود که موجب پیدا شدن
 اترسلهای فسفریک همه منوسا کاریده‌های خاص سلسله گیاهان ، با
 چهار، پنج ، شش ، هفت ، یاده‌اتم کربن می گردد . ماده‌ای که با
 اهمیت ویژه‌ای در اینجا تولید می شود اترسل فسفریک پنتوز ریبولوز
 است . این ماده همان طور که قبلاً دیدیم ، محصول واسطه‌ای ویژه
 سیکل فسفات پنتوز تخمیر است . ریبولوز منوفسفات نقش بسیار



(شکل ۱۴)

مهمی در فتوسنتز ایفا می کند؛ چه پس از فسفریلاسیون بعدی با مصرف شدن ATP داخل دستگاه شماره (۲) می شود و در آنجا به عنوان یک پذیرنده مقدماتی CO_2 در پروسه تثبیت آن در تاریکی عمل می کند .

شناخت جزئیات دستگاه فتوسنتز گیاهان سبز نشان می دهد که همه این مکانیسمهای کاتالیزری، وحتى تمام گروههای آنها اصولاً به هیچ وجه نو نیستند. در بیشتر موارد، عین یا شبیه مکانیسمهای مزبور را در ارگانیسمهای بیرنگ یادریهای فتوسنتز کننده می یابیم .

بدین ترتیب این مکانیسمهای شیمیایی حتی پیش از پیداشدن گیاهان سبز در روی زمین و پیش از تکامل اشکال کنونی فتوسنتز وجود داشتند؛ اما پراکنده بودند و برای تشکیل سیستم بفرنج واحدی کاملاً ترکیب نشده بودند. در حقیقت این اتحاد مکانیسمهای سابقاً موجود بود که موجب ایجاد دستگاه فتوسنتز شد. اتحاد مزبور نیز تنها در جریان تکامل تدریجی ارگانیسما، بر اساس سیستم و گروه پروسه های موجود قبلی می توانست صورت بگیرد. اگر بخواهیم مقایسه بین دستگاه فتوسنتز گیاهان با موتور اتومبیل را دنبال کنیم، می توانیم بگوییم که همچنان که تاریخ تکنولوژی نشان می دهد، موتور اتومبیل هم فقط بر پایه اسباب قبلاً موجودی می توانست پدید آید. پیش از اختراع پیستون بخار و سیلندر یا دینامو و غیره هر قدر هم که یک نسابغه بزرگ تلاش می کرد، امکان نداشت که یک چنین موتوری ساخته شود .

پیداشدن فتوسنتز نشانه مرحله فوق العاده مهمی در پروسه تکامل تدریجی جهان آلی سیاره ما بود. این امر تغییری بنیادی در همه روابط موجود قبلی ایجاد کرد .
با پیداشدن اکسیژن آزاد، حتی موجودات بیرنگ و موجود

قبلی نیز برای تنظیم جسدی و منطقی متابولیسم ، امکانات اصولاً جدیدی کسب نمودند . امکاناتی که متضمن هیچ گونه تغییر اساسی در مکانیسمهای کهن آنها نبود . مثلاً استحاله بی‌هوازیهای اجباری به‌هوازیهای اختیاری را می‌توان به آسانی تصور کرد که فقط با تغییر يك حلقه اتصالى در متابولیسم آنها ، یعنی تبدیل دکر بوکسیلاسیون بی‌هوازی به دکر بوکسیلاسیون اکسیدی پیروویک پیش آمده است .

۱. زیست اجباری (Obligate biosis) در زیست‌شناسی

به معنای اجبار موجودات زنده به‌زندگی است در شرایط زیستی واحد و ادامه يك طرز زندگی منحصر به فرد . باکتریهایی که مجبورند فقط در محیطی که دارای اکسیژن آزاد است زندگی کنند ، هوازیهای اجباری (Obligate aerobes) نامیده می‌شوند و این طرز زندگی آنها را هوازیست اجباری (Obligate aerobiosis) می‌نامند . از طرف دیگر باکتریهایی را که فقط می‌توانند در محیط فاقد اکسیژن آزاد به‌سربرند ، بی‌هوازیهای اجباری (Obligate Anaerobes) می‌گویند ، و این طرز زندگی بی‌هوازیست اجباری (Obligate anaerobiosis) نامیده می‌شود . باکتریهای دیگری هم هستند که در این طبقه بندی ، بینابین دودسته بالا قرار دارند . آنها زیست اختیاری (Facultative biosis) دارند ، یعنی در هر دو نوع محیط فوق‌الذکر می‌توانند به حیات خود ادامه دهند . از میان این باکتریها آنهایی که معمولاً محیط فاقد اکسیژن آزاد را برای زندگی خود ترجیح می‌دهند ولی در محیط دارای مقدار کمی اکسیژن آزاد هم می‌توانند زندگی کنند ، بی‌هوازی اختیاری (Facultative anaerobes) نامیده می‌شوند . در مقابل بی‌هوازیهای اختیاری دسته‌هوازیهای اختیاری هستند که محیط دارای مقدار کمی اکسیژن آزاد را برای زندگی خود ترجیح می‌دهند؛ هر چند که در محیط فاقد اکسیژن نیز می‌توانند به‌زندگی خود ادامه دهند . طرز زندگی دسته اول بی‌هوازیست اختیاری (F.Anaerobiosis) و نوع زندگی دسته دوم هوازیست اختیاری (F.Aerobiosis) نامیده می‌شود . م .

بی‌هوازیهای اختیاری همچون اشریکیا کولی *Escherichia coli* و استرپتوکوکوس فکالیس *Streptococcus faecalis* با انجام این کار در شرایط بی‌هوازیست نه فقط می‌توانند قند را تا حد اسید لاکتیک تجزیه کنند، بلکه همچنین می‌توانند آن را اکسید کرده به اسید استیک تبدیل نمایند که از لحاظ انرژی به میزان قابل ملاحظه‌ای مرغوبتر است. تشکیل اسید استیک در نبودن اکسیژن آزاد حتماً باید با تشکیل محصول احیا شده‌ای مانند الکل اتیلیک همراه شود که در چنین شرایطی برای ارگانسیمهای مزبور ماده‌ای غیر قابل استفاده و زاید است. از طرف دیگر، باکتریهای استیک که بی‌هوازیهای مسلمتری می‌باشند نه فقط قند را به اسید استیک تبدیل می‌کنند، بلکه الکل اتیلیک را هم به اسید استیک تبدیل می‌نمایند و بدین سان آن را در متابولیسم انرژی داخل کرده از انرژی این محصول زاید تخمیر که پیشتر توسط هتروترفها کاملاً غیر قابل استفاده می‌ماند، بهره‌برداری می‌کنند. این خط تکاملی که بدین طریق پدید آمده، بسیاری از هوازیهای اختیاری مختلف را که تخمیرهای به اصطلاح اکسیدی را انجام می‌دهند به وجود آورده است.

به عقیده من در این عصر انتقالی بود که متابولیسم گروههای ویژه موجودات زنده‌ای همچون شیمیواتوتروفها نیز پدید آمد. درست در خط فاصل بین شرایط احیا کننده و اکسید کننده بود که برای اکسیداسیون ترکیبات احیا شده قشر زمین امکانات بسیار وسیع و اساساً متفاوت استفاده از اکسیژن ملکولی به وجود آمد.

در دوره مورد بحث ما، یعنی هنگام آغاز تشکیل اکسیژن آزاد، واکنشهای اکسید کننده مزبور بایستی بی‌مباله در نقطه به نقطه زمین و هر نقطه زمین ادامه یافته باشند. زیرا مواد قابل

اکسید شدن در همه جای روی زمین وجود داشت . اما این واکنشها بی زیست خاسته بودند و نسبتاً به آهستگی صورت می گرفتند و انرژی ای که بدین وسیله آزاد می گردید به شکل حرارت منتشر می گردید .

در شرایط کمبود مبرم ترکیبات آلی بی زیست خاسته ، موجوداتی که می توانستند این واکنشهای اکسیداسیون مواد غیر آلی را در رشد تکاملی خود داخل نمایند و مکانیسمهای کاتالیزری را برای تسریع این اعمال، و بسپج انرژی آنها برای مقاصد سنتزی در بدن خود بسازند، طبعاً در مبارزه به خاطر بقا از امتیازی بزرگ برخوردار بودند و بنابراین به وسیله انتخاب طبیعی تقویت شدند و سپس انتشاری وسیع یافتند .

چنانکه انتظار می رود، در شرایط طبیعی، اقسام ارگانوسمهای اتوترف امروزی در همان نقاطی زیست می کنند که مواد احیا شده اعماق زمین به سطح آمده در معرض نور روز قرار گرفته و با اکسیژن ملکولی اتمسفر مواجه می شوند .

بنابر این نقش کنونی شیمیواتوتروفها در گردش مواد بسیار مهم است . عملاً همه پروسه های اکسیداسیون ترکیبات احیا شده فیتروژن و گوگرد و نیز هیدروژن و متان و ، تا اندازه ای آهن که به طور طبیعی رخ می دهند به فعالیت های حیاتی موجودات ذره-بینی مناسبی بستگی دارد .

تنوع عظیم گروه های شیمیواتوتروفها و نزدیکی بعضی از آنها به هتروتروفهایی که از لحاظ متابولیسم ابتدایی ترند و به وسیله اشکال رابط ، به بعضی از ارگانوسمها می پیوندند ، انسان را متقاعد می سازد که شیمیواتوتروفی فقط یک بار پدید نیامده بلکه آغاز گسترش وافر آن بایستی مربوط به زمانی باشد که گروه متنوع بزرگی از اشکال مواد آلی قبلا وجود داشته است .

شرایط ویژه دوره مورد بحث که این تکامل را ارتقا بخشید، در وهله اول عبارت بود از کمبود مواد آلی غذایی دارای ذخایر بزرگ منابع غیر آلی انرژی. اما هنگامی که شرایط سطح زمین اکسید کننده شد، این ذخیره به سرعت از میان رفت و فقط نسبتاً به کندی از طبقات عمیقتر پوسته زمین از نو تأمین گردید. برعکس، بر اثر پیداشدن و رشد سریع فتواتوتروفها موازنه مواد آلی در بیوسفر هرچه بیشتر مطلوب می شد.

این امر موجب شد که در تکامل بعدی موجوداتی که با همانند سازی مواد آلی سازگار شده بودند، جریان عمده تکامل بعدی به مسیر قدیم خود باز گردد. دوزه کمبود حاد این مواد روبه پایان رفت و تنها گروهی کوچک از موجودات اتوتروف دارای قدرت شیمیوسنتز به عنوان یک یادگار بیولوژیک باقی ماند. اینها فقط شاخه‌ای فرعی از رودخانه اصلی تکامل تدریجی را تشکیل دادند. این مجرای اصلی، اکنون شامل گیاهان سبز - فتواتوتروفها - و موجودات بیرنگ، به ویژه جانوران می شود که استعداد قبلی و قدیمتر خود را در مورد تغذیه هتروتروفی حفظ نموده اند. اما پس از پدید آمدن فتوسنتز، حتی تکامل تدریجی موجوداتی که مواد آلی ساخته آماده را در پروسه‌های حیاتیشان به کار می بردند، حائز یک شکل بیوشیمیک دیگری شد که با آنچه پیش از این حادثه داشت، کاملاً متفاوت بود.

منشأ تنفس

عامل قطعی، از این لحاظ، اکسیژن اتمسفر بود که وجود آن به تنظیم معقولانه و تشدید پروسه بسیج انرژی مواد آلی امکان داد. این تنظیم معقولانه البته بر پایه همان مکانیسمهای بی‌هوازی

مبتنی بود که اساس متابولیسم انرژی هتروترفهای آغازی را تشکیل دادند .

اما ارگانوسمهایی که محفوظ ماندند و در جریان تکامل تدریجی ، در شرایط جدید هوازیست به وسیله انتخاب طبیعی تقویت شدند ، آنهایی بودند که ترکیبهای آنزیمی کمکی و سیستمهای واکنشهایی را به وجود آورده بودند که موجب شدند موجودات مزبور بتوانند با استفاده از مواد آلی برون خاسته از راه اکسیده کردن کامل آنها به وسیله اکسیژن ، اتصالهایی پر انرژیتر از گذشته به دست آورند .

برای اجرای این وظیفه دوسیستم جدید ضرورت داشت :
اولا ، سیستمی برای بسیج هیدروژن که در شرایط بی هوازیست ضایع می گردید؛ زیرا به صورت ترکیبات کم و بیش بیفایده (از قبیل اسیدها والکلها و غیره) یا حتی به شکل هیدروژن گازی به وسیله موجود زنده دفع می شد ، ثانیاً دستگاهی برای فعال کردن اکسیژن که به وسیله آن هیدروژن اکسید گردد و آب حاصل شود . مکانیسمهای خاص سیستم اول بسیار قدیمی اند . آنها در اصل حتی در موجودات بی هوازی هم وجود داشتند . مکانیسمهای مزبور عبارتند از CoA , ATP , DPN و غیره که اکنون دیگر آنها را به خوبی می شناسیم . تأثیر آنها فقط در شرایط هوازیست است و در این شرایط تعدادی محصول جدید تولید می شود که در زنجیر واکنشهای تخمیر الکلی یا لاکتیک وجود ندارند . خود این زنجیر استحاله ابتدایی هیدرات کربن حتی در هوازیها هم بدون تغییر مانده است . اما در این موجودات سلسله واکنشهای جدید در نقاط خاصی به زنجیر مزبور متصل شده اند . واکنشهای خاصی از این سلسله ها و سیکلها هیدروژن را به پیریدین نوکلئوتید یا پذیرنده های مشابه دیگر (مثلا مشتقات فلاوین)

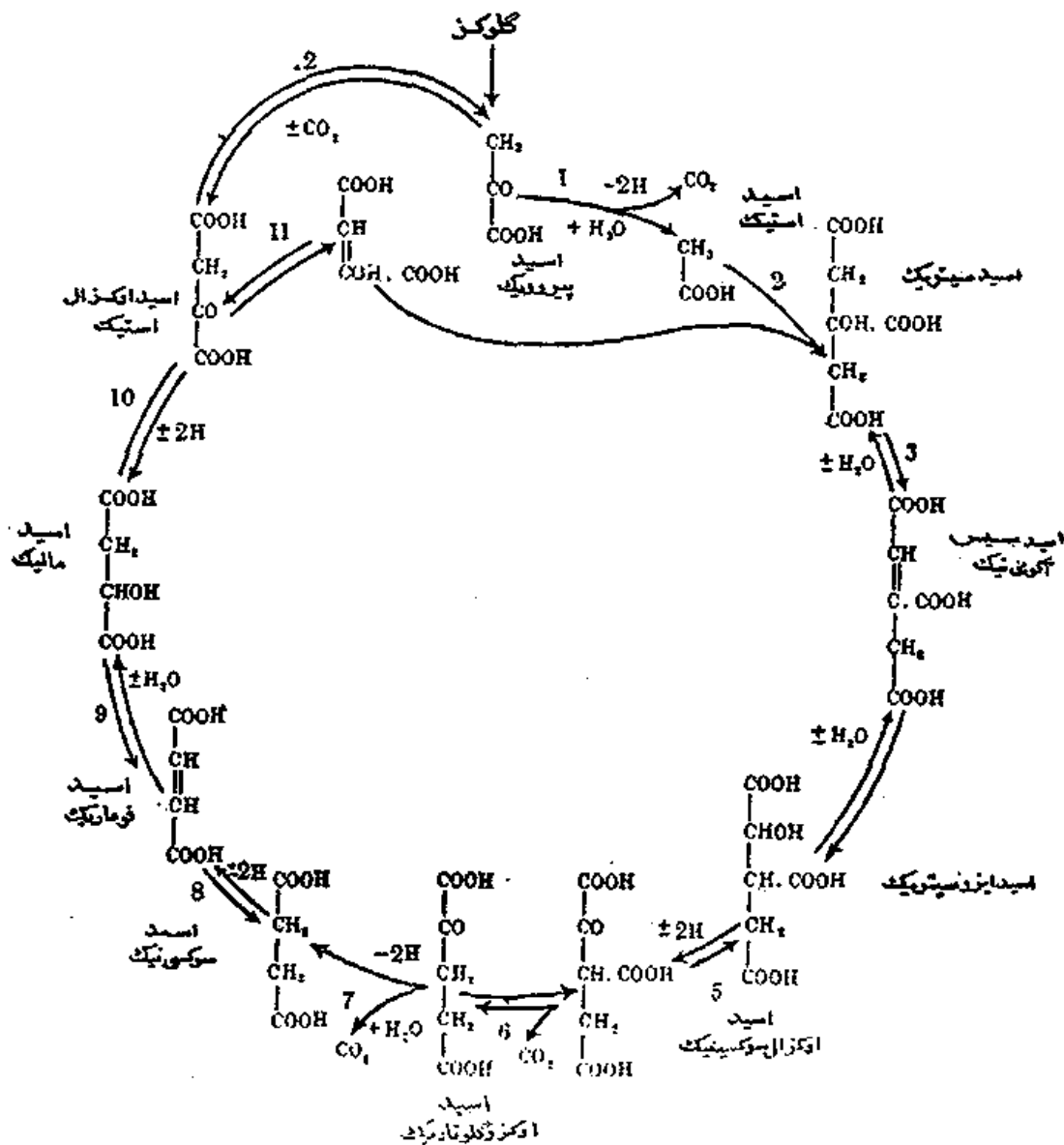
انتقال می‌دهند .

نقاط اتصال این سیکلها به یکدیگر حتی در بی‌هوازیهای اختیاری کاملاً ابتدایی هم دقیقاً معین شده‌اند. مهمترین موقعیت را اسید پیروویک دارد که نقطه‌ای مواصلاتی است و راههای مربوط به اشکال گوناگون تخمیر بی‌هوازی از آن به جهات مختلف منشعب می‌شوند . همان‌طور که قبلاً در مورد استرپتوکوکوس فکالیس نشان دادیم، اسید پیروویک ممکن است به وسیلهٔ دکربوکسیلاسیون اکسیدی به اسید استیک تبدیل شود. در باکتریهای عهده‌دار تخمیر پرپیونی، پروسهٔ معکوس آن روی می‌دهد و اسید پیروویک با CO_2 ترکیب می‌شود و اسید اگسالواستیک Oxaloacetic acid می‌سازد . در ارگانیسماهای عالی که قدرت تنفس دارند هر دو پروسهٔ استحالهٔ مزبور روی اسید پیروویک که به طریق معمولی تولید می‌شود، صورت می‌گیرد . اما، این پایان کار نیست . سلسلهٔ مسدودی از استحاله‌های دارای اتصالهای بسیار پدید آمده به نام سیکل کربس یا سیکل دووسه کربوکسیلی نامیده شده است. نمودار سیکل مزبور در شکل ۱۴ ارائه شده است .

در این نمودار، جریان استحالهٔ بی‌هوازی گلوکز به اسید پیروویک که مشترک بین همهٔ ارگانیسماست برای ساده کردن موضوع حذف شده است.

ما همهٔ حلقه‌های اتصالی این سیکل پیچیده را به تفصیل بررسی نخواهیم کرد . در این سیکل مکانیسمهای بسیاری مانند CoA که قبلاً ذکر شده، به وظیفهٔ خود عمل می‌کنند ولی ما نکات زیر را باید یادآور شویم :

در جریان این سیکل هر سه اتم کربن اسید پیروویک به حساب اکسیژن آب اکسید می‌شوند و به CO_2 تبدیل می‌گردند؛ در حالی که آب در همان زمان به کمک نوکلئوتید پیریدینها و



(شکل ۱۴)

آنزیمهای مربوطه ، به نام دهیدروژناز ، به داخل سیکل کشیده می شود . تجزیه مستقیم CO_2 توسط کربو کسبلازها که آنزیمهای حاوی تیامین پیروفسفات (TPP) هستند ، تأمین می شود . بدین سان می بینیم که همان مقوله های مکانیسمهای آنزیمی ، در اینجا مثل متابولیسم بی هوازی عمل می کنند ؛ اما توالی واکنشها تغییر اساسی یافته است . اختلاف عمده در این است که دهیدروژن آزاد شده تلف نگشته ، بلکه به واسطه اکسید شدن آن با اکسیژن هوا برای تحصیل مقدار اضافی و مهمی انرژی به کار برده می شود .

محصولات بینابینی که در طی این سیکل پدید می‌آیند، آن را به دیگر سیستمهای متابلیک متصل می‌کنند و این امر به برقراری يك اتصال مستقیم و وابستگی متقابل بین متابولیسم هیدراتهای کربن، چربیها، اسیدهای آلی و پرتئینها منجر می‌شود. مثال خاصی بیاوریم: اسیدهای ستو که در طی سیکل به وجود می‌آیند، هم با ترکیب با آمونیاک می‌توانند مستقیماً آمینه بشوند و هم به وسیله ترانس آمیناسیون می‌توانند به الانین یا اسید کلوتامیک یا اسید اسپارتیک تبدیل شوند و این مواد برای تشکیل اسیدهای آمینه دیگری که در سنتز پرتئینها، هورمونها، آنزیمها و غیره شرکت می‌کنند، می‌توانند مورد استفاده واقع شوند.

اتصال استحاله‌های فرعی تنفسی به سلسله واکنشهای تخمیری نه فقط از طریق اسید پیروویک در آخر سلسله، بلکه از راه اولین حلقه آن نیز انجام می‌شود. در این مورد تنفس به سیکل پنتوز فسفات مربوط می‌شود که در بیشتر موجودات زنده کنونی شکل هوازی به خود می‌گیرد.

جدا شدن هیدروژن از محصولات واسطه‌ای سیکل کربس به وسیله نوکلئوتید پیریدین با دفع مقدار قابل ملاحظه‌ای انرژی همراه نیست. انرژی آزاد اکسیداسیون نه بر اثر اکسیداسیون ماده زیر نهاده، بلکه به دلیل اکسیداسیون بعدی شکل احیا شده پیریدین نوکلئوتید به وسیله اکسیژن هوا حاصل می‌شود. اما این به صورت يك حادثه واحد صورت نمی‌گیرد، بلکه به وسیله انتقال پرتونها و الکترونها در امتداد زنجیر يك سلسله آنزیمهای اکسید کننده مخصوص رخ می‌دهد. در نتیجه این انتقال هر يك از حاملهای واسطه که فقط به مقادیر بسیار کمی وجود دارند، با مصرف شدن زیر نهاده احیا می‌شود و به وسیله اکسیژن هوا اکسید می‌گردد. این نوع اکسیداسیون با فسفریلاسیون توأم است و به طور کلی

به فسفر یا لاسیون اکسیداتیو معروف است . این نوع اکسیداسیون گذشته از آنکه برای موجودات زنده هوازی يك منبع لازم انرژی آزاد است ، منبع قابل ملاحظه‌ای هم است . در واقع ، اخیراً نشان داده‌اند که تنها يك ملکول پیریدین نوکلئوتید احیا شده سه اتصال فسفاتی ایجاد می‌کند ، و حال آنکه تخمیر تمام ملکول قند فقط موجب سنتز دو اتصال از چنین اتصالهای پیرانرژی می‌شود .

در ارگانسمهای مختلف گروه کاملاً متنوعی از مواد (مواد بینابین) می‌توانند به عنوان حلقه‌های واسطه در سلسله واکنشهای اکسیدکننده به کار آیند، اما اینجا فلاوپروتئینها Flavoproteines خائز مقامی شامخ هستند . همان‌طور که گ . ماهر G. Mahler اخیراً نشان داده است گروه متنوع بزرگی از این گونه ترکیبات در افراد مختلف جهان زنده می‌توان یافت . در بعضی از این ترکیبات ممکن است گروه فلاوین به نوکلئوتیدها و مواد باقی مانده دیگر ، و نیز به فلزهایی از قبیل آهن ، مولیبدن یا مس متصل شوند .

در موارد خاص ، آنزیمهای فلاوپروتئین هیدروژن را از پیریدین نوکلئوتید احیا شده می‌گیرند و سپس آن را به پرفیرینها که اجزای ترکیبی دستگاه سیتوکرم^۱ هستند، رد می‌کنند ؛ و

۱ . Cytochrome . سیتوکرم ماده‌ای است رنگی و تنفسی

که در موجودات هوازی به میزان وسیعی وجود دارد . ساختمان شیمیایی آن از ترکیب پرتئینها با گروههای غیر پرتئینی (پروستزی) نظیر گروه همین Hemin ملکول هموگلوبین تشکیل می‌شود . اکسیداسیون سیتوکرم به وسیله اکسیژن ملکولی و احیای متعاقب آن راه اصلی دخالت اکسیژن اتمسفر در متابولیسم سلولسی است . هموگلوبین یکی از انواع سیتوکرمهاست - م .

نیز ممکن است آن را به دیگر مکانیسمهای اکسید کننده بینابین که می توانند موجب اکسیداسیون نهایی هیدروژن به وسیله اکسیژن هوا گردند، برسانند. موارد دیگر متضمن شرکت فلاوپر تئینهاست که می توانند هیدروژن را مستقیماً از ماده زیر نهاده تهیه نمایند و آن را به دستگاه سیتوکرم منتقل کنند. بالاخره فلاوپر تئینهایی هم وجود دارند که می توانند هیدروژنی را که به دست آورده اند مستقیماً به اکسیژن ملکولی منتقل نمایند. تنوع زیاد توالی واکنشهای اکسیداسیون در نمونه های مختلف سلسله های گیاهان و جانوران خود دلیل جوانی نسبی این سیستم است. زیرا در جریان تکامل تدریجی در همان مرحله از تکامل دنیای زنده که افتراقی عمیق بین بخشهای مجزای آن رخ داد، این سیستم در موجودات مختلف به طور متوازی گسترش یافت.

شناخت آنزیمهای گوناگونی که در استحالتهای اکسیداسیون در بدن موجودات مختلف شرکت می کنند باید همین نتیجه را نیز بدهد. این امر مخصوصاً در مورد «گروه نهایی» کاتالیزرهایی که اکسیژن ملکولی را مستقیماً فعال می کنند، صادق است. در ارگانیسمهایی که از لحاظ سیستماتیک از هم بسیار دورند این تأثیر غالباً توسط مکانیسمهای کاتالیزری بسیار متفاوت تأمین می شود.

با ظهور اکسیژن ملکولی در اتمسفر زمین، نمونه های بسیار متفاوت دنیای زنده به سادگی توانستند که در تنفس، سیتوکرمهای خود را از راه سازگار ساختن آنها با فعال شدن اکسیژن به صورت مکانیسمهای اکسید کننده به کار ببرند.

از این لحاظ چنین می نماید که سیتوکرمها و آنزیمهای همراهشان، اکسیدازهای سیتوکرم، مجموعه های تنفسی بسیار

شایعی باشند . ما آنها را در موجودات مربوط به رده های بسیار متفاوت می یابیم ، اما اهمیتشان بویژه در پروسه تنفسی بسیاری از موجودات ذره بینی ، و نیز در سلول جانوری زیاد است . در گیاهان عالیتر سیستم فنل اکسیداز از این حیث نقش عمده را ایفا می کند . در این سیستم ، آنزیمها عبارت از کوپروپرتئینها و حاملهای هیدروژن ، یعنی «کرموژنهای تنفسی» پالادین هستند . این مکانیسمها اختصاص بسیاری به گیاهان دارند . روشن است که اینها قبلاً در جریان فیلوژنز هنگامی تکمیل شدند که ارگانیسما به سلسله های جانوری و گیاهی تجزیه شدند .

پراکسیداز ، در تنفس گیاهان از لحاظ فعال کردن اکسیژن پراکسید هیدروژن بسیار مهم است ، در صورتی که در یاخته جانوری نقش نسبتاً کوچکی دارد .

اکسیداسیون نهایی به وسیله اکسیژن هوا ، ممکن است توسط آسکوریک اکسیداز ، لیپو اکسیداز ، و همچنین به وسیله یک عدده از مکانیسمهای دیگر مانند سیتو گرم اکسیداز ، فنل اکسیداز ، پراکسیداز و مشتقات فلاوین کاتالیز شود .

در اقسام متفاوت موجودات زنده و در مراحل مختلف دورانهای زندگی آنها نقشهایی که توسط این مکانیسمها ایفا می شود ممکن است به میزان بسیار وسیعی تغییر نماید . تمام اینها دلالت بر این می کند که پروسه تنفس ، از لحاظ فیلوژنز بسیار متأخر است و بسیار دیرتر از طریق بی هوازی متابولیسم انرژی به وجود آمده است .

تکامل تدریجی ساختمان یاخته

از پیچیدگی زیاد سازمان فضایی پرتوپلازم که برای انجام

1. Phylogenesis - تاریخ رشد و تکامل انواع رافیلوژنز

می گویند - م .

عمل تنفس ضرور است ، باید نتیجه مشابهی گرفت . در حالی که تخمیر و فسفریلاسیون بی‌هوازی توأم با آن در محلولهای همگن قابل اجرا است ، مکانیسمهای تنفس و فسفریلاسیون اکسیداتیو با ساختمانهای ویژه اجسام زنده ملازمت محکم دارند . کوششهایی که به عمل آمده است تا این اعمال فقط در محلولی از آنزیمها و واسطه‌های خاص انجام پذیرند ، همیشه به ناکامی منجر شده است . روشن است که پرتونها و الکترونها فقط هنگامی می‌توانند در امتداد سلسله سیستمهای اکسید کننده عبور داده شوند که نسبت به همدیگر موضع گیری صحیحی یافته باشند ؛ در غیر این صورت ، سلسله مزبور در همان نقطه پاره می‌شود . از این حیث حلقه اتصالی بین اکسیداسیون واقعی و فسفریلاسیون بسیار آسیب پذیر است . مثلاً اگر غلظتهای مخصوص اجزای ترکیبی ویژه تغییر داده شوند تنفس به مفهوم اخص آن ممکن است ادامه یابد ؛ اما از « جفت خود » فسفریلاسیون به نحو چاره ناپذیر « جدا » می‌شود .

احتیاج به يك سازمان فضایی مخصوص برای انجام تنفس حتی در باکتریهای تجلی می‌کند که قابلیت هوازی بودن دارند؛ هر چند که ساختمان پروتوپلاسم آنها بسیار ساده‌تر از ساختمان ارگانیسیمهای عالیتر است . همان‌طور که قبلاً نشان دادیم ، عناصر اصلی عبارتند از غشای سلولی لیپوپروتئینی (غشای سیتوپلاسمی) و دانه‌های ریبونوکلئوپروتئین به قطر ۱۵۰ تا ۲۰۰ Å . این عناصر در باکتریهای آسیب‌نندیده طوری باهم متحد می‌شوند که در نتیجه سیستم واحدی ساخته می‌شود . اگر باکتریها را زیر فشار زیاد اسمزی ملاً خارج قرار داده و به وسیله لیزوزیم موجب انحلال آنها گردیم ، آن

بنیاد پارتنی در صفحه ۲۶۷

۱. Lysozyme - لیزوزیم آنزیمی است که در سال ۱۹۲۲

توسط الکساندر فلمینگ A.Fleminge کشف شد . او موقعی که دچار

وقت می توانیم به اصطلاح پرتوپلاستها را بی آنکه سازمان فضایشان از بین برود ، به دست آوریم . از این رو پرتوپلاستهای مزبور می توانند به تنفس ، فسفریلاسیون و سنتز پرئینها ، و مخصوصاً آنزیمها ، ادامه دهند . اما اگر فشار اسمزی محیط پیرامون

زکام حاد شده بود ترشحات مخاط بینی خود را روی یک سوسپانسیون باکتریال می ریزد و متوجه می شود که سوسپانسیون کدورتش را از دست می دهد و به سرعت شفاف می گردد . تحقیقات بعدی وی ثابت کرد که ترشحات مخاطیش حاوی آنزیمی بود و همان آنزیم موجب تجزیه یا انحلال (Lysis) باکتریها شده بود . فلمینگ این آنزیم را لیزوزیم نامید . باید دانست که در سلولهای جانوری و گیاهی اندامکهای (Organelles) هست به نام لیزوزوم Lysosome که حاوی آنزیمهای هیدرولیزکننده گوناگون و اسید فسفاتاز هستند . یکی از آنزیمهای مشهور لیزوزومهای سلولهای بعضی از بافتهای جانوری و موجودات ذره بینی همین آنزیم مورد بحث - لیزوزیم - است که موجب انحلال غشای سیتوپلاسمی باکتریها (Bacteriolysis) و سلولهای مرده مخاطی (Mucolysis) می شود . لیزوزیم اولین آنزیمی است که ساختمان شیمیایی آن کاملاً روشن شده است . گروه تحقیقاتی دکتر نارث DR A.C. North و همکارانش در سال ۱۹۶۵ ثابت کردند که زنجیر ملکول پرئینی آن مرکب از ۱۲۹ اسید آمینه است ، و هرچند که ساختمان مناطق فعال ملکولی در کلیه لیزوزیمهای موجودات مختلف یکی است ، اما ترکیب کلی اسیدهای آمینه لیزوزیم در انواع گوناگون موجودات زنده متفاوت است .

۱. Protoplast . واحد پرتوپلاسمی سلول زنده را پرتوپلاست می گویند ؛ پرتوپلاست تمام جسم داخلی سلول زنده است که غشای سلول آن را می پوشاند . معمولاً پرتوپلاسم بدان می گویند و گاهی هم آن را انرژید Energid می نامند .

به تدریج پایین برده شود، انحلال تأملتر بر توپلاستها را می توان موجب شد و دانه‌ها را از غشاهای سیتوپلاسمی جدا کرد که گاهی به نام «شبح» نامیده شده‌اند. با انحلال بر توپلاستها، عناصر مجزا شده ساختمانی، مقدار قابل ملاحظه‌ای از فعالیت آنزیمی خود را حفظ می کنند و حتی می توانند قسمتهای خاصی از اعمال تنفس را، مانند فسفریلاسیون اکسیداتیو (اما با ضریب کارایی بسیار کم)، یا قسمتهای جدا گانه‌ای از سیکل کربس را انجام دهند. ولی به نظر می رسد که روی هم رفته پروسه تنفس، و سنتزهای توأم با آن از بین بروند و حتی اگر سیستمهایی را که بدین سان مجزا شده اند بار دیگر مجتمع نمایند و بدانها امکان عملی هماهنگ بدهند، باز نمی توان اعمال مزبور را از نو عملی ساخت.

درارگانسیمهای عالیتر، سازمان فضایی تنفس به پیچیدگی و کارایی بازهم بیشتری رسیده است. اینجا، در جریان تکامل تدریجی، ساختمانهایی پدید آمده اند که مخصوصاً برای این منظور سازش یافته اند؛ مانند میتو کندریها که به نظر می رسد در باکتریها وجود ندارند (شکل ۱۵). میتو کندریها اجسامی بسیار کوچک، دراز و پهن اند که با میکروسکپ نوری به زحمت دیده می شوند؛ و در چند مورد، بی آنکه ساختمان یا اعمال بیوشیمیاییشان از بین برود، آنها را از سلولها مجزا کرده اند. با انجام این کار، هم تشخیص تک تک آنزیمهای اساسی اکسیدی احیایی، وهم شناخت مجدد سیستمهای کامل آنزیمهای لازم برای انجام سیکل کربس و تثبیت و تغییر شکل انرژی امکان پذیر شده است.

علاوه بر این، نشانه‌هایی هست که نشان می دهد فعال ساختن زیر نهاده‌ها برای رشته‌های اعمال سنتز حیاتی، مخصوصاً فعال کردن اسیدهای آمینه در میتو کندریها روی می دهد. به کمک میکروسکپ الکترونی، مخصوصاً با استفاده از برشهای

فوق العاده نازک ، معلوم شده است که حدود تغییرات وسیع فعالیت بیوشیمیایی میتو کندریها با پیچیدگی زیاد ساختمان داخلی آنها همراه است. ساختمان داخلی میتو کندریها دستگاه ساختمانی غشای لیپوپروتئینی بسیار متکاملی را نشان می دهد که به نظر می رسد ساختمانهای غشایی مزبور جالبترین و عمومیترین اشکال سازمانبندی فضایی در اجسام زنده باشند. غشاهای لیپوپروتئین پوششی خارجی تشکیل می دهد که تمام میتو کندری و مجموعه ای از بخشهای داخلی را که شماره و ترتیب آنها بسیار متغیر است در بر می گیرند. این غشاهای داخلی در ماده ای بنیادی غوطه ورنند که به نظر می رسد دارای دانه های ظریفی است و نیز در آنها غالباً می توان اجزای تخصص یافته ای دید. غشاها در بیشتر سلولهای پستانداران موازی همدیگر و عمود بر محورهای طولی میتو کندریها مرتب شده اند. اینها تا اندازه ای تنگ هم دسته می شوند. بر اثر ترتیب جدأ معین ترکیبهای آنزیمی در ساختمان فوق العاده نازک میتو کندریها تمام این دستگاه به سطح بسیار عالی کارآیی عملی رسیده است. مثال ویژه ای که در این مورد می توان آورد، کارآیی زیاد انتقال الکترونها در سیستم آنزیمهای فلاوپروتئین و هم Haem درون میتو کندریهاست. د. گرین D. Green این امر را به تماسی نسبت می دهد که به وسیله غشاهای لیپوپروتئینی بین گروههای آنزیمی ایجاد می شود.

بنابراین، میتو کندریهای ارگانیزمهای عالی معاصر، مانند کلروپلاستهای گیاهان، ساختمانهای بسیار بفرنج و بسیار متکاملی می باشند که به انجام اعمال ویژه بیولوژیکی سازش یافته اند.

روشن است که تنها در جریان تکامل طولانی موجودات زنده، با افزایش کارآیی متابولسم هوازی آنها، و بسیار پس از آنکه اکسیژن به میزان زیاد در اتمسفر زمین پیدا شود، چنین دستگاهی می توانست پدید آید. دلیل این امر این واقعیت است که ساختمان

میتوانند در آنها فقط زمانی می‌تواند باقی بماند که فشار جزئی ۱ اکسیژن نسبتاً زیاد باشد. همان‌طور که پ. گوودان P. Govodan و همکارانش نشان دادند، اگر اکسیژن ملاً پیرامون به کمتر از ۳۰ درصد میزان معمولی آن قنزل نماید، میتوکندریها حفره دار شده از بین می‌روند. (به شکل ۱۵ - در آخر کتاب مراجعه شود).

متأسفانه هنوز مدارك كافی به دست نیاورده‌ایم که به کمک آنها بتوانیم راه تشکیل میتوکندریها از ساختمانهای پرتوپلاسمی ابتداییتر را که در جریان رشد تکاملی ارگانیسمها صورت گرفته است، تجدید ساختمان کنیم.

این امر در مورد ساختمان داخل سلولی مهم دیگر، یعنی هسته، حتی بیشتر صدق می‌کند. مدارکی که درباره تشکیل این ساختمان در جریان تکامل تدریجی ماده زنده، در آثار علمی، پیدا می‌شود، فوق‌العاده ناچیز است. از این روانسان در این زمینه به پیشداوریهایی بر می‌خورد که علاوه بر اینکه به هیچ وجه اصولی متعارف نیستند، بلکه جداً هیچ اساس علمی ندارند. به نظر من این عقیده که اسید دزو کسی ریپونوکلئیک - که یکی از مهمترین اجزای ترکیبی هسته است - همزمان با پیدا شدن حیات به وجود آمده و در واقع، «نخستین ملکول زنده» بوده است، یکی از این گونه پیشداوریهاست.

۱. اشاره به قانون فشار جزئی دالتون است. طبق این قانون فشار کلی يك مخلوط گازی (مخلوط دویا چندگازیا بخار) مساوی است با حاصل جمع فشارهای يك يك گازهای مخلوط در حالتی که هر کدام همان حجم تمام مخلوط را به تنهایی اشغال نماید. فشاری را که مخلوط گازی کلابه ظرف خود وارد می‌سازد، فشار کلی و فشاری را که هر يك از گازهای مخلوط به تنهایی و با اشغال تمام حجم مخلوط به ظرف وارد می‌کند، فشار جزئی می‌نامند.

این عقیده، طرفداران بسیار دارد و می توان گفت که در آثار زیست شناسی رایج است. این عقیده بدون هیچ تغییر اساسی از نوشته ای برای دیگر نوشته ها، و از کتابی برای دیگر کتابها رو نویسی می شود. اما تنها واقعیتی که بیان کنندگان این فکر برای توجیه عقیده شان پیش می کشند وجود تغییر ناپذیر آن در همه موجودات زنده است.

همان طور که قبلا دیدیم، این عمومیت منحصر به DNA نیست، این انتشار همه جایی، همچنین در مورد بسیاری از ترکیبات دیگر، بویژه کو آنزیمهای DPN، ATP، CoA و غیره، و نیز در مورد بعضی از ترکیبهای کامل ملکولها، مانند غشاهای سطحی لیپوپروتئینی صادق است. علاوه بر این حتی سلسله بفرنج و واکنشهای تخمیر الکی یا لاکتیک، بخصوص حلقه های اتصالی قدیمیتر آن نیز خصیصه تغییر ناپذیر کلیه ارگانیسمهای کنونی را تشکیل می دهند. با وجود این، ما نمی توانیم فرض کنیم که این ترکیب پیچیده و واکنشهای بسیار هماهنگ از همان مبدأ حیات ظاهر شده و برای تشکیل آن نیازی به تکامل تدریجی طولانی موجودات زنده ابتدایی نبوده است.

همان طور که قبلا دیدیم، از بعضی از دلایلی که زیاد مورد بحث قرار دادیم بر می آید که نخستین چیزی که این سیستمها لازم داشتند، پوششی بود که سیستم را از ملاء خارج جدا نماید و پس از آن نیز به مکانیسمهایی احتیاج داشتند که به کمکشان بتوانند واکنشهای اکسیدی احیایی را انجام دهند و انرژی را که بدین سان برای مقاصد سنتزی به دست می آوردند، بسیج کنند. این امر شالوده رشد قوای صیانت ذات و خود بساز سازی گردید که گرچه هنوز بسیار ابتدایی بود، اما بر اساس تکرار مداوم رشته خاصی از واکنشها مبتنی بود.

ولی صرف نظر از اولیه‌ترین مکانیسمهای متابولیک، حتی مکانیسمهای دیرتر و با تکامل عالیتری همچون DPN، ATP، CoA از لحاظ شیمیایی قرابت زیادی به DNA نداشتند. هیچ یک از این مواد، شکل احیاشده ریبوز را که جزء ترکیبی ویژه DNA است، دارا نبود.

هنگامی که پیچیدگی و کارآیی روزافزون مکانیسمهای متابولیک مستلزم هماهنگی زمانی بسیار دقیق عده زیادی از واکنشهای تخمیر و سنتز گردید، آنزیمهای پرتئینی به وجود آمدند. برای فعالیت مؤثر آنزیمهای پرتئینی نظم و ترتیب بسیار دقیق گروههای فعال اتمی، یعنی ساختمان مخصوص داخل ملکولی گویچه پرتئین لازم بود. از این حیث مکانیسمهایی مورد احتیاج بودند که سازمان نهایی پلیمرهای غیر اختصاصی اسیدهای آمینه سنتز شده درون سیستم را بتوانند تنظیم نمایند و بدین ترتیب موجب پیدا شدن پرتئینهایی گردند که حتی در این مرحله نیز با فعالیت آنزیمشان سازگار بودند.

با وجود این، همچنان که برای هر کس که بادانه‌های ریبونوکلیک باکتریال آشنایی دارد، و به وسیله آزمایشهای مربوط به داخل کردن اسید ریبونوکلیک ویروسی به درون یاخته زنده بوته توتون نشان داده شده است، روشن خواهد شد که نقش عمده اجرای این وظیفه باز هم بر عهده DNA نیفتاده، بلکه بر عهده RNA است. این ترکیب، مسیر سنتز پرتئینها و اسیدهای نوکلیک را که معمولاً در گیاه پیش می‌آید، تغییر می‌دهد و با تنظیم پیکربندی نهایی مواد حاصل، موجب تکرار مداوم تولید پلیمرهای جدأ معینی می‌شود که باز مینه مربوط به اعمال سنتزی خود گیاه بیگانه‌اند.

فقط میلیونها سال پس از پیدا شدن حیات، یعنی هنگامی

که پیچیدگی سازمان اجسام زنده به میزان زیادی افزایش یافته بود ، و بدین جهت با انجام واکنشی واحد در داخل يك سیستم ، حل رضایت بخش مسئله خودبازسازی کم و بیش دقیق سازمان مزبور امکان پذیر نبود ، ضرورت ایجاد مکانیسم جدیدی برای تضمین محافظه کاری ذاتی ماده زنده به وجود آمد . DNA با اینرسی^۱ زیاد متابلیک خودیک چنین مکانیسمی بود . بدین ترتیب می توان تصور نمود که پیدا شدن DNA فقط هنگامی ضرورت یافت که تکامل اجسام زنده ، تازه به يك سطح نسبتاً عالی رسیده بود .

این عقیده را لیندگرن Lindegren بارنگ آمیزی زیاد به شکل مقایسه زیر مطرح ساخت : او می نویسد که ارتباطات الکتریکی البته برای شهری بزرگ مانند شیکاگو مطلقاً ضرور است ؛ اما این بدین معنی نیست که پیش از این هیچ شهری بدون چنین ارتباطی نمی توانست وجود داشته باشد یا توسعه یابد . به همین ترتیب DNA برای موجودات زنده با تکامل فوق العاده عالی که اکنون وجود دارند ، لازم است . اما این ضرورت ، از پیچیدگی زیاد سازمان آنها ناشی شده است . همان طور که قبلاً دیدیم ، موجودات ابتدایی تر می توانستند رشد کنند و با استفاده از مکانیسمهای فاقد DNA تا پایان دوران کامل حیات خود به زندگی ادامه دهند . ضرورت این ترکیب فقط ناشی از دشواریها و تناقضهایی است که تکمیل شکل بسیار متغیر سازمان اجسام زنده پدید آورده بود . بنابراین ، منشا DNA را نباید به مثابه تصادفی تصور نمود که همزمان با پیدا شدن حیات بر روی زمین رخ داده باشد ؛ بلکه باید آن را در مرحله ای کاملاً عالی از تکامل ماده

۱ . Inertia . اینرسی عبارت است از تمایل اجسام به حفظ

حالت سکون (اگر در حالت سکون نسبی باشند) یا حرکت يك نواخت خود در امتداد يك خط مستقیم .

زنده، یعنی در قاعده شاخه تکاملی «درخت حیات» که موجودات با سازمان عالی از آن برخاسته و به زمان ما رسیده‌اند، جستجو کرد.

می‌دانم که شرح این گونه عقاید ممکن است به گمان بسیاری از علمای ارتدکس علم وراثت، بدعت گذاران بنماید و بدین جهت مرا تکفیر کنند. اما تحلیل بی‌تعصب از کلیه مطالبی که در این فصل راجع به نخستین دوران تکامل حیات گفته‌ام مرا معتقد ساخته است به اینکه نتایجی که گرفته‌ام گریز ناپذیرند. البته ساختمان داخل ملکولی DNA مانند ساختمان پر تئینها و RNA بایستی در طی مدتی دراز تکامل یافته باشد و باز هم بهتر با وظیفه عملی خود یعنی انتقال خصوصیات وراثتی، سازگار شده باشد. اما ساختمانهای چند ملکولی‌ای که از DNA ساخته شده‌اند بایستی از این لحاظ نقش مهمی بازی کرده باشند. این امر برای توزیع متساوی DNA در تقسیم سلول اهمیت ویژه‌ای داشت. ما این سازمانبندی فضایی را در يك سطح نسبتاً پست تکاملی، در باکتریها و جلبکهای آبی سبز می‌یابیم. در آنها برخلاف سلولهای با سازمان عالیتر، مواد هسته فقط در مرکز پرتوپلاست به شکل اجسامی کروی یا پیچ خورده مرکب از DNA و دارای خواص شیمیایی خاص خود هسته، مرتب شده‌اند. اما این اجسام از لحاظ ساختمانی بدین سبب با هسته شاخص سلول ارگانیزمهای عالی مطابقت ندارند که فاقد افتراق ساختمانی داخلی خاص دسته اخیر الذکرند (یعنی ساختمانهای متفاوتی که دارای وظایف عضوی مختلفی باشند در آنها وجود ندارد - م.) و از سیتوپلاسم پیرامونشان به وسیله يك غشای قابل رؤیت مجزا نمی‌شوند. هنگامی که یاخته‌های باکتریها و جلبکهای آبی سبز تقسیم می‌شوند، احتمالاً يك تقسیم ساده مواد هسته برای تولید دوسلول

نوزاد پیش می آید .

نقشی که توسط ساختمان داخلی هسته ایفاشد با پدید آمدن جفتگیری تک یا ختگان - بخصوص از لحاظ پروسه جنسی - اهمیت بیشتری کسب کرد . با ظهور این پروسه ، مسئله توزیع درست مواد هسته به نحو بی مانندی پیچیده تر گردید . این امر به تشکیل سازمان نو و به طور حیرت انگیز ظریف و دقیق هسته منجر گردید که اکنون قادر به تقسیم غیر مستقیم (میتوز) است . این سازمان طبعاً فقط در جریان تکامل تدریجی و ممتد بعدی موجوداتی می توانست تکمیل شود که قبلاً به يك مرحله کاملاً عالی تکامل رسیده بودند .

بنابراین در پایان این فصل به این نتیجه می رسیم که برای پیداشدن یاخته به صورت کنونی آن که معمولاً آن را عنصر بسیار ابتدایی و حتمی حیات می دانیم ، اقل مدت زمانی برابر نصف عمر حیات در روی زمین لازم بود .

Nunc ea quae sentire videmus cumque necessest
Ex insensibilis tamen omnia confiteare
Principiū constare

Lucretius - De rerum natura ۱

جهت‌های گرایش عمومی تکامل تدریجی بعدی حیات

ما تا کنون ساختمانهای داخلی دارای جزئیات زیاد و سیستمهای بفرنج متابلیک اجسام زنده، یعنی راههای سازمانبندی زمانی و مکانی آنها را که در نیمه اول عمر حیات رشد یافتند، بررسی کرده‌ایم. ساختمانها و سیستمهای مزبور در طی تکامل تدریجی بعدی چنان خود را مناسب نشان دادند که در تمام نیمه دوم تکامل حیات هیچ تغییر اساسی نیافتند. بهرغم این حقیقت که جهان موجودات زنده با سرعت فوق‌العاده زیادی تکامل یافته و گروه بی‌نهایت متنوعی از میکروبها، گیاهان و جانوران را پدید آورده‌است، ساختمانها و سیستمهای مزبور به‌طریق گوناگون، فقط تکمیل شدند و تا زمان خودمان به مثابه شکل عام و حتمی سازمانبندی همه موجودات زنده باقی ماندند.

۱. اکنون باید بپذیری که هرچه حساس می‌نماید، مرکب از اتمهایی است که با وجود این غیر حساس هستند. لوکریوس - درباره طبیعت اشیا.

خواص ویژه‌ای در کلیه موجودات زنده یافته می‌شود که به اشکال سازمان‌بندی مزبور بستگی دارد و نتیجه مستقیم آنهاست. نخست ، قابلیت جذب انتخابی مواد از ملاء پیرامون و دفع محصولات متابولیسم بدان محیط است. سپس نیروی نمو، تکثیر، خود بازسازی ، انتشار و جا به جایی ، و سرانجام واکنش‌جویی ارگانیسمها به تأثیرات خارج ، یعنی قابلیت تحریکی آنهاست که صفت مشخصه هر موجود زنده است .

همه خصیصه‌های مزبور به درجات مختلف در هر موجود زنده‌ای که امروز می‌شناسیم ، دیده می‌شوند و روی هم رفته موجودات زنده را از لحاظ کیفی از اشیای جهان غیر آلی متمایز می‌کنند . بنابراین باید دریافت که آشنایی به جزئیات این خواص برای شناخت طبیعت اصلی حیات ضرور است. اما آشنایی ما با آنها هنوز به قدر کافی کامل نیست که بتوانیم این طبیعت اصلی را کاملاً بشناسیم .

نخستین دوران تکامل تدریجی بیولوژیک ، که قبلاً آن را بررسی کردیم فقط قسمتی از «خط حیات» است که در فصل اول این کتاب از آن سخن به میان آمد. مسلماً تکامل حیات در پایان دوران مزبور تمام نشد ، بلکه به عکس با سرعت بیشتری ادامه یافت و در مراحل بعدی هم در مجرای واحدی جریان پیدا نکرد ، بلکه در امتداد مسیرهای پراشعایی گسترش یافت . در امتداد این خط سیرهای تکامل تدریجی ، کیفیتهایی نو پدید آمدند که در نخستین دوران تکامل حیات نبودند و حالا در تمام جهان زنده وجود دارند. اما اگر بخواهیم که تصویری واقعی و کامل از حیات ترسیم کنیم ، نمی‌توانیم آنها را ندیده بگیریم . واضح است که بر عهده گرفتن یک تحقیق کامل و مفصل راجع به همه این کیفیتها در این کتاب به کلی ناممکن است . حتی

ضرورت ندارد که این کار انجام شود؛ زیرا يك چنین تحقیقی قبلا در عده‌ای از کتابهای تخصصی شده است. در اینجا ما فقط در جهت‌های تمایل عمومی تکامل تدریجی و بعدی حیات تأمل می‌کنیم و توالی و طرز تکامل ذاتی این کیفیتها را مورد توجه قرار می‌دهیم.

استحکام روزافزون وحدت ارگانسیم و محیط

در فصل اول این کتاب ما توجه خویش را به تأثیر متقابل ویژه و به روشنی قابل مشاهده ارگانسیم و محیط آن معطوف ساختیم که می‌تواند به مثابه وحدت منطقی آنها توصیف شود؛ و همچون رشته سرخی نیز در طول تمام دوران تکامل حیات بر روی زمین کشیده می‌شود. استحکام این وحدت و برقرار شدن حلقه‌های ارتباط جدید بین ارگانسیم و مناطق هرچه دورتر جهان خارج، و به موازات این امر ایجاد وضعیتی که ارگانسیم به واسطه آن می‌توانست در حدود گسترش یا بنده تغییرات شرایط محیط باقی بماند، نشان‌دهنده سمت‌گرایش اساسی تکامل بیولوژیکی هم در نخستین دوران تکامل حیات - که قبلا بررسی شد - و هم تمام دورانهای بعدی بوده و هست.

ولی استحکام و گسترش روزافزون این حلقه‌های ارتباطی بین ارگانسیم و محیط آن فقط با خصوصیت یافتن و افتراق آنها عملی می‌توانست شد.

البته این درست است که هرچیز ابتدایی جهان غیر آلی، مثل يك دانه ریگ، به تمامی دنیای پیرامونش مرتبط است. این دانه ریگ، بر اثر نیروی جاذبه، نه فقط به سوی ریگهای مجاورش، بلکه به طرف سیارات، خورشید، و ستارگان دورتر، و اجسام کیهانی جذب می‌شود. اما این ارتباط عام است و خاص

نیست و این موجب می شود که خصوصیت کمتری پیدا کند . افتراق بسیار عالیتر و بدین جهت تکامل یافته تر آن ، افتراقی است که بین يك میکرب و آبگوشت غذایی پیرامونش وجود دارد و مواد مورد احتیاج خود را از محیط مزبور به طور انتخابی می گیرد و محصولات متابولسم خویش را از آن می سازد . اما حتی این حلقه های ارتباطی که بسیار عالیتر از حلقه های ارتباطی جهان غیر آلی افتراق یافته اند نیز ذاتاً منحصر به منطقه بسیار محدودی از فضا است که با میکرب تماس بلا فصل دارد .

با پیشرفت تکامل حیات ارتباطات بین ارگانسم و دنیای خارج نیز مستحکم شد و گسترش یافت تا آنجا که بر اساس يك افتراق وسیع به آن درجه بسیار عالی سازمان بندی رسید که فقط در موجودات زنده با تکامل بسیار عالی دیده می شود .

فیزیکدان مشهور روسی ، ن. اوموف N. Umov در آغاز این قرن نوشت : «پیش خود تصور کنید که پنج میلیارد دانه تسبیح روی سطح زمین پراکنده شده باشند . آنها نسبت به زمین همان قدر کوچکند که دانه های ریگ نسبت به بیابان . فرض کنید روی هر يك از این دانه های تسبیح ، نقشه مینیاتوری این آسمان ، همراه با میلیونها ستاره ای که آن را روشن می کنند رسم شده باشد . باز فرض کنید که هر دانه تسبیح نه فقط به يك صورت فلکی این نقشه مربوط می گردد ، بلکه مخور خود را اول به يك نقطه ، و بعد به نقطه ای دیگر از آسمان می گرداند . این گوی کوچک اشیا را از فاصله بسیار زیاد تشخیص می دهد . این يك فانتزی یا يك افسانه پریان شرقی نیست . این دانه های تسبیح چشمان انسانها هستند که بر روی زمین پراکنده اند .»

بدین سان هیچ شك نیست که گرایش عمومی تکامل ، پیشروی در جهت استحکام ارتباطات بین ارگانسم و دنیای خارج است ؛

و به صورت ویژگی یافتن و افتراق روزافزون این ارتباطات
تظاهر می‌کند. اما، این افتراق فقط در صورتی حاصل می‌شود
که افزایش مداوم پیچیدگی ساختمان سیستمهای زنده در میان
باشد. در واقع اگر تاریخ تکامل حیات را با تعقیب راه گذر از
اشکال پستتر به عالیتر مطالعه کنیم، زود متقاعد خواهیم شد
به اینکه پیشرفت مادی حیات عبارت از افزایش پیوسته پیچیدگی
اجسام زنده است. و این افزایش پیچیدگی با افتراق اجزای
ارگانیسم و تخصص یافتن آنها همراه است که موجب می‌شود
تمامی سیستم زنده اعمال عضوی خاصی انجام دهد و ارتباطات
بیشتری با محیط برقرار نماید.

ما تا کنون حتی در ارگانیسمهای تک یاخته نیز با چنین
افتراقی مواجه شده‌ایم. بدین ترتیب که تک یاخته نخست صورت
اندامکهای ابتدایی را به خود می‌گیرد و سپس به صورت اندامکهای
با تکامل عالیتر و پیچیده تر متظاهر می‌شود. این افتراق در حیطه
يك تك یاخته از خیره Infusoria ها به عالیترین مرحله تکامل
می‌رسد. زیرا در آن علاوه بر هسته و اندامکهای معمولی،
واکئولهای (Vacuoles) تغذیه‌ای و دفعی مخصوص مژکهای حرکتی
(Locomotor cilia) و غیره می‌توان یافت.

افتراق و سازمان بندی

اما امکانها برای توسعه این نوع افتراق در موجودات تک
یاخته بسیار محدود بود. این افتراق تنها هنگامی توانست توسعه
اساسی یابد که پروسه تخصص یافتن به جای آنکه فقط شامل قسمتهای
جداگانه پرتوپلاسميك سلول گردد، سلولهای کاملی را در بر گرفت
که برای تشکیل يك دستگاه متحد شدند. نمونه ابتدایی چنین
دستگاه زنده‌ای را در سطح سلولی سازمان بندی اسفنجها به وجود

آورده‌اند. برخلاف خیسه‌ها و پرتوزوئرهاى دیگر که در آنهاىک سلول واحد همهٔ اعمال حیاتی را انجام می‌دهد ، ما اکنون در اسفنجها بین سلولهای ویژه‌ای که برای انجام اعمال خاصی مثل تغذیه و حفاظت و تکثیر تخصص یافته‌اند ، تقسیم کار می‌یابیم . بدین ترتیب، در اسفنجها افتراق سلولی هست اما هنوز هیچ یا تقریباً هیچ هماهنگی سلولی وجود ندارد که به تشکیل بافت منجر شود . ما چنین هماهنگی را در موجودات زنده‌ای می‌یابیم که به سطح عالیتر سازمانبندی بافتی رسیده‌اند و ساده‌ترین نمونه‌اش هماهنگی مربوط به کیسه تنان (Coelenterates یا کاواکان)^۱ است ، هر چند که در این مورد بازیک تقسیم معین کارمیان سلولها وجود دارد. این یاخته‌ها مرتب شده و به شکل بافتهای کم و بیش متحدالشکلی ترکیب یافته‌اند که واقعاً عهده دار اجرای اعمال عضوی ویژه‌ای هستند.

مرحلهٔ بعدی تکامل عبارت از سطح عضوی سازمانبندی است که نمونهٔ آن ، موجودات زنده‌ای هستند که اندامهای متمایز ، یعنی واحدهای عملی مرکب از دو یا چند نوع بافت مختلف دارند. گرمهای پهن را می‌توان ساده‌ترین مثال موجوداتی از این گونه شمرد. در سطح بازهم عالیتر سازمانبندی ، به اصطلاح دستگاهی ترکیبی از چند اندام را می‌یابیم که با یکدیگر همکاری می‌کنند تا دستگاههای عملی جداگانه را تشکیل دهند . در تحلیل آخر این راهی است که کارآیی و میزان هر چه بیشتر هماهنگی همهٔ دستگاههای عملی يك ارگانيسم پریاخته منفرد به کمک آن تأمین شده است . با انتقال به هر مرحلهٔ عالیتر سازمانبندی ، اتحاد ارگانيسم با محیطش بیشتر می‌گردد؛ ولی در عین حال دشواریهایی به وجود

۱ . به زیر نویس صفحهٔ ۳۳۲ مراجعه شود.

می آید که فقط با افزایش بیشتر پیچیدگی سیستم زنده بر طرف می شود. ما این امر را قبلاً در بررسی خود راجع به نخستین گامهای رشد تکاملی ابتداییترین موجوداتی که هنوز در حال تشکیل يك سازمان داخل سلولی بودند، دیده ایم. مثلاً، افزایش شماره اتصالاتی رشته متابلیسم، در حالی که از اتلاف انرژی توسط سیستمهای زنده می کاست دشواریهای بزرگتری در راه هماهنگی دقیق واکنشها نیز ایجاد می کرد. این چنین هماهنگی فقط می توانست با پیدا شدن کاتالیزرهای اصلاح شده پرتئینی، یعنی آنزیمهایی با ویژگی زیادشان تأمین شود. افزایش اجتناب ناپذیر حجم و همراه با آن ازدیاد پیچیدگی ساختمان ارگانسیمهای زنده، رابطه بین حجم مزبور و سطحی را که ارگانسیم به وسیله آن می توانست بر ملاء پیرامون تأثیر متقابل داشته باشد، بر هم زد. این امر سیستم زنده را از دسترسی به مواد و نیز دفع آنها باز می داشت، برای غلبه بر این دشواری چین خوردن غشای سطحی و تشکیل يك تورینه درون پلاسمی لازم آمد. پروسههایی مانند فتوسنتز و تنفس به تنظیم فضایی دقیق حلقه های اتصالی منفرد خود احتیاج داشتند و این نیاز در جریان تکامل تدریجی با تشکیل پلاستیدها و میتو کندریها برآورده شد.

نیاز به حل مسئله خود بازسازی دقیق دستگاههای زنده در شرایط پیچیده شدن روز افزون سازمان متغیرشان موجب شد که مکانسیمهای ثابت نگهدارنده جدید هسته سلول به وجود آیند و رشد یابند.

این امر در مورد تکمیل بعدی سیستمهای پریاخته حتی شدیدتر صدق می کند. از موقعی که تك تك سلولهای چنین سیستمی برای مقاصد اختصاصی باهم فرق پیدا کردند، احتیاج مبرمی به نقل مواد بین سلولها پیش آمد. این مسئله با پیدا شدن يك ملاء

بین سلولی، و بعداً با تشکیل مکانیسمهای نقلیه ویژه حل گردید. مکانیسمهای مزبور موجب شدند که مواد بسیار سریعتر از زمانی که سلول به سلول نقل مکان می‌یافتند، در امتداد آنها منتقل شوند. بدین ترتیب هرچه اندازه موجود زنده بزرگتر و پیچیدگی ساختمانی آن بیشتر می‌گردد، احتیاجش به چنین وسیله‌ای بیشتر می‌شد.

این امر برای تشکیل راههای انتقال مواد در گیاهان عالی، آوند آبکش (Xylem) و آوند چوبی (Phloem)، و در جانوران مبنای تشکیل دستگاههای گردش خون و لنف گردید. جریان خون و لنف که سلولها در آنها شناورند محیط داخلی بدن را می‌سازد و مواد غذایی دنیای خارج به‌طور غیر مستقیم، یعنی پس از آنکه در يك دستگاه مخصوص گوارش متحمل اعمال تدارك مقدماتی شدند، داخل آن می‌گردند. به‌علاوه اکسیژن از ریه‌ها به این محیط داخلی رسانیده می‌شود و محصولات نهایی تجزیه مواد به وسیله دستگاههای دفعی مخصوص دفع می‌گردند.

البته پروسه گوارش حتی به وسیله موجودات تك یاخته، مانند خیسه‌ها در حفره‌های گوارشی آنها عملی می‌شود. اما فقط تکامل تمام دستگاه گوارش جانوران پریاخته، به انضمام عده‌ای از غدد تولید کننده آنزیمها و اندامهای پیچیده دیگر بود که پروسه هضم مواد غذایی را امکان پذیر ساخت. پروسه‌ای که برای جذب افتراقی مواد غذایی ضرور است و موجب می‌شود که موجودات عالی بتوانند در برابر تغییرات شرایط خارجی مافوق طاقت تك یاختگان تاب بیاورند و زنده بمانند.

گام دیگر این نوع رهایی از گانیم از بندهای شرایط خارجی، پیدا شدن ثبات دقیقاً نظارت شده محیط داخلی بود که ما در جانوران خونگرم می‌یابیم. در محیط داخلی این جانوران

نه تنها درجه حرارت بدون توجه به شرایط خارجی و در سطحی ثابت نگهداشته می شود، بلکه همچنین سطح اسیدیته، غلظت اکسیژن و دی اکسید کربن، و محتوی قند و اسید آمینه، نسبت بین فسفات و کلیسم و غیره جداً استاندارد می گردد. این امر جانوران خونگرم را قادر می سازد که در حدود بسیار وسیع تغییرات شرایط خارجی زنده بمانند. با این حال، این امر به ایجاد سیستمهای تنظیم کننده جدید و فوق العاده پیچیده ای احتیاج دارد که در آنها نقش عمده را دستگاه عصبی و غدد ترشحی داخلی ایفا می کنند. در این دستگاهها مکانیسمهای گیرنده مخصوص، هر انحراف از حالت عادی را ثبت می کنند و علامت مناسب را به وسیله راهی بسیار پیچیده به عضوی می رسانند که تعادل برهم خورده را به حالت اول بازمی گرداند

چندان ضرورت گفتن ندارد که این راه دور و دراز تکمیل دستگاههای زنده موجب رشد خواص کیفی جدیدی شد که در موجودات جلوتر و ابتداییتر وجود نداشت.

اما وقتی کلمه ای را به کار می بریم که خواص و پدیده های مختلف را شامل می شود، غالباً متمایل به نادیده گرفتن تفاوتها می شویم؛ و این امر مشکل بتواند به فهم موضوعهای تحت مطالعه ما کمک کند. مثلاً، ما اصطلاح منحصر به فرد «تکثیر (Multipli-cation)» را به معنای ازدیاد شماره نوترونها در یک واکنش هسته ای، و به معنای ازدیاد باکتریها از راه تقسیم ساده، و نیز به معنای افزایش شماره جمعیت بشر از راه توالد به کار می بریم. اما بین این پدیده ها از لحاظ اصول، فرقی کیفی هست. البته تقسیم سلولهای باکتریال، برخلاف واکنش ساده اتمی، یک کنش تجزیه ای مقدماتی نیست. این امر شامل یک سلسله رویداد است که ابتدا منجر به رشد سیستم زنده می شود و سپس به طریقی که

بخشهای جداگانه سازمان متابلیک و ساختمانی قبلی خود را حفظ می کنند، موجب تقسیم آن می گردد.

همین طور هم تکثیر انسانها با تکثیر باکتریها فرق دارد. به استثنای منشا حوا که دنده آدم بود. چنانکه در تورات شرح آن آمده است - هیچ موردی نمی شناسیم که در آن کسی به صورت یک ارگانسیم بالغ از راه تقسیم ساده یا جوانه زدن تولید مثل نموده باشد .

برای تولید یک انسان پروسه ای جنسی ، آمیزش گامتها برای تشکیل یک زیگوت Zygote ، یعنی گشوده شدن یک تخم ضرور است . به دنبال پروسه جنسی مزبور، پروسه بغرنج رشد انتوزتیک ۱ تخم پیش می آید . در مراحل خاصی از این رشد ، تغییرات کیفی در متابولیسم صورت می گیرد و این تغییرات در سلولهای مختلفی که از راه تقسیم پدید می آیند، به اقسام مختلف است. این تغییرات موجب افتراق دائماً متزاید سلولها ، بافتها و اندامها و شبیه تغییراتی است که با افزایش تدریجی پیچیدگی ارگانیسما در جریان رشد فیلوژنتیک ۲ رخ می داده است. کاملاً روشن است که

۱ و ۲ . Ontogenesis یا Ontogeny یا Ontogenetic

development رشد فردی موجودات زنده را که از گشوده شدن تخم تا به وجود آمدن یک موجود کامل است ، انتوزنی یا انتوزنز می نامند . هر موجود زنده در جریان نمو جنینی خود و گذر از حالت تک یاختگی به پریاختگی ساده و پست و سپس به حالت های عالیتر و باز هم عالیتر ، صورت های کلی ساختمانی مراحل تکامل گذشتگان خویش را در محیط رویانی خود با سرعت دائماً متزایدی طی می کند. مجموعه این مراحل نمو رشد فردی موجودات زنده است که بدان انتوزنزی یا انتوزنی می گویند. در مقابل انتوزنز اصطلاح فیلوژنی (Phylogeny) یا فیلوژنز (Phylogenesis) است که به جریان تاریخی پیداشدن

در باکتریها چنین پروسه‌ای نیست و نمی‌تواند باشد؛ زیرا تمامی این تکامل حاصل تکمیل تدریجی و بعدی ساختمان موجودات پر یاخته است.

اما عیناً همان‌طور که خصوصیات اساسی همه موجودات زنده که در بالا آنها را بر شمردیم - مستقیماً از متابولیسم و ساختمان اصلیشان مشتق شده‌اند، خصوصیات جدید هم که در جریان تکامل تدریجی پدید می‌آیند، می‌توانند متفرع از خصوصیات اساسی مزبور باشند. بنابراین به نظر ما بسیار منطقی می‌نماید که پروسه بعدی تکامل تدریجی دنیای زنده را بر طبق طرح زیر - هر چند که يك طرح موقتی است - مورد مذاقه قرار دهیم.

اکنون باید به بررسی يك خصوصیات اساسی موجودات زنده بر حسب فهرستی که در بالا آمده است، پردازیم. سپس سعی می‌کنیم خصوصیات کیفیتهایی را که در جریان تکامل تدریجی از آنها ناشی شدند و فقط در موجودات مرحله عالیتر تکامل وجود دارند، مشخص نماییم.

جذب و دفع

اجازه دهید که ابتدا قدرت اجسام زنده در جذب انتخابی مواد از محیط و دفع مواد حاصل از متابولیسم آنها بدان محیط را بررسی نماییم. این قدرت که شالوده تأثیر متقابل موجود زنده و محیط آن است، و بنابراین برای شناخت حیات حداعلاهی اهمیت را

انواع مربوط می‌شود. بدین ترتیب، فیلوژنز هر نوع جانوری یا گیاهی تاریخی است بسیار طولانی که از ظهور ارگانیسمهای ساده اولیه شروع می‌شود و بر اثر تطور و افتراق انواع موجودات بعدی در طی يك تکامل تدریجی ممتد به پیداشدن نوع مفروض منجر می‌شود.

دارد، قریب یک صد سال است که تحت بررسی جدی است. ممکن است تصور شود که این خاصیت اجسام زنده که در نظر اول نسبتاً بسیار ساده می نماید، اکنون به حد کمال بررسی شده است. اما چنین نیست. مسئله به اصطلاح «قابلیت نفوذ سلول» هنوز هم حل نشده باقی مانده است. عقاید متضادی درباره آن بیان شده و مشاجرات تلخی راجع به آن جریان دارد.

یکی از دلایل اساسی این وضع، به نظر من این واقعیت است که در حال حاضر به جنبه تکاملی این مسئله که برای حل درست آن ضرورت مطلق دارد، بسیار کم توجه می شود. غالباً فراموش می شود که ما، در تحقیقاتمان نه با سلول زنده به صورت عام آن، بلکه با موجودات بیولوژیک خاص در سطحهای مختلف رشد تکاملی سروکار داریم. آشکار است که غفلت از اصل تکامل باید به درک نادرست مسئله و تناقضهایی چند منجر شود.

مردم عادت کرده بودند که بکوشند - و هنوز هم گاهی سعی می کنند که قابلیت جذب و دفع انتخابی مواد را بر حسب قوانین معمول فیزیکیوشیمی انتشار، واسمز، و بر پایه انواع مدل های شیمی معدنی توضیح دهند. یک چنین شیوه حل مسئله ای را در مورد کار روی سیستم های خاص کلونیدی که پیش از پیدا شدن حیات وجود داشتند و حیات از آنها ناشی شد، می توان تا حدودی به مورد دانست. اما حتی هنگام بررسی ابتدایی ترین موجودات نیز باید با احتیاط بسیار زیاد پیش رفت. زیرا با پیدا شدن حیات، قوانین جدیدی که مربوط به متابولیسم و ساختمان بیولوژیک بودند پدید آمدند؛ و همان قوانین بعداً تمام پروسه اصلاح متابولیسم و اعمال اجسام زنده ابتدایی، مخصوصاً جذب انتخابی مواد از محیط پیرامون را تعیین نمودند.

هنگام بررسی سلول های بسیار افتراق یافته گیاهان، یا

سلولهای عضلانی و عصبی جانوران، و یا چیزهای بیولوژیک مشابه دیگری که پس از طی مسیر طولانی رشد تکاملی به ما رسیده‌اند، به یاد داشتن این عامل اهمیت بازهم بیشتری دارد. در جریان تکامل مزبور آن اشکال سازمان‌بندی و متابولیسم که صفات مشخصه نخستین موجودات زنده را تشکیل می‌دادند، به میزان قابل ملاحظه‌ای بفرنجتر گردیدند و در بسیاری از موارد دستخوش تغییر کیفی شدند. از این رو به موفقیت هر تلاشی که برای ساده کردن مکانیکی همه این پدیده‌ها تا حد به دست آمدن مخرج مشترک پروسه‌های مقدماتی فیزیکی و شیمیایی به عمل می‌آید، با اشکال می‌توان امید بست.

چنین تلاشی در دهه شصت قرن گذشته نیز صورت گرفت. این امر در اصل کوششی بود برای آنکه قابلیت جذب و دفع انتخابی مواد توسط موجودات زنده صرفاً بر پایه خواص ساختمانی کم و بیش ثابت غشای سطحی یاخته که پر توپلاسم را در بر می‌گیرد، توضیح داده شود؛ و بدین ترتیب اساس آن مرز جدا کننده جسم زنده از محیط باشد. تئوری مبتنی بر این اساس را تئوری غشایی قابلیت نفوذ سلولی نامیدند. این نظریه هر چند که از لحظه آغازش دستخوش تغییرات اساسی بسیاری شده است، موقعیت مسلط خود را تاکنون در آثار علمی حفظ کرده است. تئوری غشایی را به صورت اصلیش می‌توان به اختصار به قرار زیر فرمول‌بندی کرد:

اگر سلولی در محلولی غوطه‌ور باشد که ماده محلول آن در سلول مزبور موجود نباشد، و یا اگر باشد غلظتش در داخل سلول کمتر از غلظت آن در محیط پیرامون سلول باشد، آن وقت این ماده بر اثر شیب غلظت به داخل سلول منتشر می‌شود. غشای سطحی سلول در مسیر انتشار قرار می‌گیرد و بر طبق ساختمان داخلی یا ممکن است این انتشار را به تأخیر بیندازد، یا کاملاً راه را سد

کند و بدین سان جریان انتخابی مواد را به درون و بیرون آن جلو
بیندازد .

يك ورقة فروسیانورمس که وسیله م ، تراب ۱ به دست آمده
است اولین نمونه چنین غشای نیمه تراوا بود . این ورقة فقط
به آب امکان عبور داد ولی مانع عبور همه مواد محلول در آن گردید
از این رو پففر W. Pfeffer آن را برای ساختن اسمز سنج

۱ . اشاره به «سلول» مصنوعی تراب M. Traube است . تراب
يك بلور سولفات مس را در محلول آبی فروسیانورپتاسیم گذاشت .
بر اثر این عمل در سطح مجاورت بلور با محلول يك غشای
فروسیانورمس تشکیل می شود که در آب نامحلول است . این کیسه
يك غشای نیمه تراوا (Semipermeable membrane)
است ، یعنی فقط آب می تواند از آن عبور کند . با تشکیل این غشا
آب محتوی محلول فروسیانورپتاسیم به درون کیسه دور بلور سولفات
مس داخل می شود . پس از مدتی قدری آب در داخل کیسه جمع
می شود و قسمتی از بلور سولفات مس را حل می کند و بر کیسه
فشار می آورد . اما چون کیسه مزبور قابلیت ارتجاعی ندارد ،
پاره می شود و در نتیجه این امر محلول مس درون آن به بیرون راه
می یابد . ولی به محض آنکه محلول سولفات مس در مجاورت
فروسیانورپتاسیم قرار گرفت باز با آن ترکیب می شود و حاصل این
ترکیب غشای جدیدی از فروسیانورمس است که محل پارگی کیسه
را می بندد . در نتیجه ، کیسه بزرگتر می شود و حجم آن بیشتر
می گردد . بدین ترتیب بر اثر تکرار این اعمال ، کیسه پیوسته
بزرگتر شده عمومی کند و شکل و اندازه معینی به خود می گیرد .
تراب تصور می کرد که این کیسه که «سلول» مصنوعی نامیده شد ،
نموسلول زنده واقعی را تقلید می کند و از این رو بررسی مدل مزبور
امکان می دهد که به علل فیزیکی و شیمیایی نمو بی ببریم - م .

Osmometer خویش به کاربرد و به کمک آن کوشید تا مسائل جذب آب و تغذیه گیاهان را از راه ریشه‌هایشان حل کند. اما نتایجی که بدین طریق به دست آمدند برای اثبات قوانین عمومی فیزیکی-شیمی انتشار مواد محلول که توسط وانت هوف Van't Hoff فرمولبندی شده بودند؛ ارزش بیشتری داشتند تا برای حل مسائل زیست شناسی.

البته این يك تصور قبلی (a priori) واضحی بود که علاوه بر آب مواد دیگری نیز باید از محیط به سلول داخل شوند. بدین جهت، در مطالعات زیست شناسی از غشاهای تراوا به اصطلاح «انتخابی» که به مواد مورد لزوم سلول در صورت حل شدن در آب امکان عبور داده‌اند. استفاده وسیعتری به عمل آمده است. بویژه سلوفان Cellophane، کیسه‌های کلودیون Collodion و ورقه‌های مشابه دیگری در بسیاری از آزمایشهای نمونه، به مثابه چنین غشاهایی مورد استفاده واقع شدند. قابلیت نفوذ آنها به اندازه مسامات داخل آنها بستگی داشت. بدین ترتیب غشاهای مزبور مثل الك عمل می‌کردند و به مواد دارای وزن ملکولی کم راه می‌دادند؛ ولی از عبور ملکولهای بزرگی که نمی‌توانستند از میان مسامات مزبور بگذرند، جلوگیری می‌کردند.

ملاحظات مشابه دیگری که در مورد قابلیت نفوذ ورقه‌های طبیعی، از قبیل جدار روده و ورقه‌های پیاز، و غیره به عمل آمد نادرستی يك چنین قیاسی را به زودی معلوم کرد و همچنین نشان داد که در بعضی از موارد، اندازه ملکول در تعیین این امر که آیا ملکول مزبور می‌توانست به داخل سلول نفوذ کند یا نه، آن قدر اهمیت نداشت که مقدار به اصطلاح ضریب پخش، یعنی نسبت قابلیت انحلال ماده مخصوص در چربی به قابلیت انحلال همان ماده در آب اهمیت داشت. هر چه قابلیت انحلال ماده مورد بحث در لیپیدها

بیشتر می‌شد، آن ماده آسانتر به داخل سلول راه می‌یافت ؛
این امر طبعاً به‌تضمن لیپیدها در ساختمان غشای سلول ارتباط
داشت. این غشا همان‌طور که قبلاً دیدیم به‌ساندویچی می‌مانست که
از لایه‌های پرتئین و لیپید درست‌شده‌باشد. اما برای توضیح سهولت
ورود آب و بعضی از مواد محلول در آن به‌داخل سلول لازم آمد که
بافرض يك ساختمان موزائیک مانند برای غشای سلول، پیچیدگی
بیشتری برای آن اندیشیده شود. گمان می‌رفت که موادهیدروفوب
Hydrophobe باحل شدن در غشای لیپیدی سلول به‌درون آن راه
می‌یافتند ؛ درحالی که ترکیبات محلول در آب از راه منفذهای
هیدروفیلی که در غشا رسوخ کرده بودند ، داخل سلول می‌شدند.
باوجود این حتی همین تئوری غشایی دربارۀ بسیاری از
پدیده‌هایی که مشاهده می‌شدند نمی‌توانست توضیح مناسبی بدهد
و از این رو بسیاری از مصنفان معاصر (مانند د. ساپینین D. Sapinin
د. ناسونوف A. D. Nosonov ، تروشین A. Troshin و دیگران)
این را انکار کرده‌اند که خود ساختمان غشای سلول عامل قاطعی
است و در مورد قابلیت جذب و دفع هر ماده مخصوص توسط اجسام
زنده تأثیر می‌کند. آنان عقیده دارند که این قدرت ظاهری خواص
فازی^۱ تمام پرتوپلاسم است و فقط با توجه به طبیعت کوآسرواتی
پرتوپلاسم می‌توان آن را شناخت .

بنابراین آنان در بررسی مسئلهٔ دخول مواد به سلول، تکیهٔ
عمده را بر قدرت غشای سلول در عبور دادن هر مادهٔ مخصوص از راه
خود غشا نمی‌نهند ، بلکه بیشتر روی قابلیت پرتوپلاسم در جذب

۱. در شیمی ، به‌جزئی از اجزای يك مخلوط ناهمگن (یا
نامتجانس) فاز Phase گفته می‌شود ، مثلاً مخلوط آب و یخ را يك
سیستم دو فازی می‌نامند در صورتی که آب نمک يك سیستم يك فازی
است .

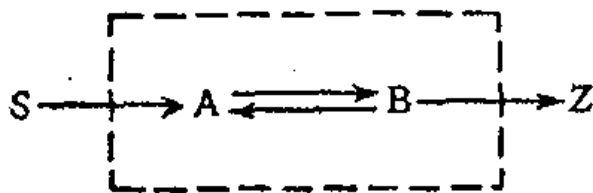
این مواد از ملاً پیرامون، یعنی روی خواص جذبی آن تأکید می کنند که ممکن است به عنوان ضریب تسهیم بین پرتوپلاسم و ملااً پیرامون بیان شود .

تروشین منحنیهایی برای پخش مواد مختلف بین قطره های کوآسروات مصنوعی و مخلوطهای تعادلشان به دست آورده و نشان داده است که این منحنیهایی پخش مواد مزبورین پرتوپلاسم زنده و محلول پیرامون شباهت بسیار دارند .

بنا بر این حتی قطره های کوچک و ساده کوآسروات ابتدایی که قبلاً آنها را به عنوان پیش گامهای اجسام زنده پذیرفتیم، بایستی تا اندازه ای مانند پرتوپلاسم کنونی دارای قدرت جذب انتخابی مواد از ملااً پیرامون بوده باشند. البته چنین تشابهی حتی هنگامی که این قطره ها مانند قطره های بونگنبرگ دویونگ دارای غشاهای لیپوپروتئین شدند، به قوت خود باقی ماند. اما بین این اشیا که پیش از پیدا شدن حیات بودند و ارگانیسیمهای نخستین، تفاوتی قهری و اساسی وجود داشت. چه قبلیها «سیستمهای ساکن (Static systems) ولی بعدیها «سیستمهای ماندگار» (Stationary systems) بودند. در آزمایشهایی که راجع به دخول مواد در قطره های کوچک کوآسروات مصنوعی به طریق معمولی انجام شده اند همیشه يك تعادل انتشار معین بین قطره ها و محلول پیرامون به سرعت برقرار گشته است .

جسم زنده برعکس، هرگز نمی تواند به چنین تعادلی برسد. سلولی که در تعادل کامل با مواد محلول در ملااً خود باشد، سلول مرده ای است، بنا بر این به هر پرسش راجع به اجسام زنده، به ویژه به هر سؤال که به توانایی سلولها از حیث جذب و دفع انتخابی مواد مربوط می شود، فقط در پرتو شناخت متابلیسمی که در داخل آنها جریان دارد می توان پاسخ داد .

ما قبلاً نشان دادیم که نخستین گام در راه تشکیل سیستمهای زنده پیداشدن واکنشهایی بر طبق طرح زیر بوده است :



در این مورد مقدار ماده A که در سیستم موجود است و از ملا^۱ خارج گرفته می شود، نه فقط به سرعت دخول آن به درون سیستم بلکه همچنین به سرعت تبدیل آن به ماده B بستگی دارد . غلظت ماده A در داخل سیستم ، نه به علت اینکه این ماده به کندی از ملا^۱ خارج می شود، بلکه بدین جهت که در واکنش $A \rightarrow B$ سریعتر از بین می رود، ممکن است فوق العاده کم باشد.

بنابر این یک چنین سیستمی، موادی را که در محیط خارج به مقادیر ناچیزی وجود دارند می تواند استخراج کند. البته به شرط اینکه مواد مزبور در یکی از واکنشهای ویژه سیستم داخل شوند. ولی از طرف دیگر حتی اگر غلظت یک ماده در محیط بیرون زیاد باشد، و اگر در استحاله های شیمیایی ای که در درون سیستم جریان دارند شرکت نکند، فقط به مقادیر بسیار کم از آن داخل سیستم می شود .

همین طور هم سرعت تشکیل ماده B نقش تعیین کننده ای در تعیین دوره دفع آن ایفا می کند.

از این رو در همان ابتدایترین مراحل تکامل متابولیسم ، تأثیرات آن موجب تغییری اساسی در طبیعت پروسه های جذب و دفع شده و آنها را از پروسه هایی متمایز ساخت که در قطره های کوآسروآت ساکن یا ورقه های سطحی آنها رخ می دادند .

این امر حتی در صورتی که فقط پروسه هایی را در نظر بگیریم

که در مطابقت شدید با شیب غلظت روی می دهند ، یعنی موقعی که ماده ای فقط هنگامی داخل يك سیستم زنده می شود که غلظت آن در ملا پیرامون بیش از داخل سیستم باشد و بالعکس ، باز هم صدق می کند .

انتقال فعال

اما این صفت ویژه موجودات زنده است که حرکت بسیار سریع مواد در آنها نه تنها در جهت شیب غلظت ، بلکه به طور عمده در جهت عکس آن نیز صورت می گیرد . مثلاً پتاسیم معمولاً در سلولهای گیاهان و جانوران به حدی غلظت می یابد که غلظت آن در سلولهای مزبور به مراتب بیش از غلظتش در ملا پیرامون می گردد . بدیهی است که چنین غلظتی نمی تواند يك پروسه ساده انتشار باشد و در آن نقش پرتوپلاسم با غشای سطحی اش از حدود ایجاد مانعی نسبتاً بزرگ یا کوچک در برابر این انتشار تجاوز نکند .

وقتی که مواد در جهت عکس شیب غلظت حرکت می کنند ، عامل انتشار قوه محرك آنها نیست . خود سلول در این پروسه فعالانه شرکت کرده و مقداری کار انجام می دهد و بنابراین مقداری انرژی نیز به کار می برد که فقط با متابولیسم بیولوژیک فراهم تواند شد .

در واقع با به کار بردن رنگهایی حیاتی^۱ مثل رنگهای فنلی ، در بسیاری از موارد می توانیم به آسانی مشاهده کنیم که سلول ،

۱. رنگ حیاتی از لحاظ بیولوژی رنگی است که برای رنگ آمیزی سلولها و موجودات ذره بینی و مشاهده و بررسی فعالیت های حیاتی آنها به کار برده می شود . در سالهای اخیر ثابت شده است که محل تمرکز این رنگها لیزوسومهای سلول است .

رنگ را از ملاخ خارج - بر خلاف جهت شیب غلظت - فعالانه جذب می کند . اما این امر وقتی صورت می گیرد که سلول فعالیت های عادی حیاتی خود را انجام دهد . اگر متابولیسم به نحوی مختل شود یا عمیق بماند ، آن وقت دخول فعالانه ماده رنگی نیز فوراً متوقف می شود . به علاوه اگر سلول پس از جمع کردن ماده رنگی به وسیله سمی آسیب ببیند ، ماده مزبور در این صورت در جهت شیب غلظت به ملاخ خارج برگردانده می شود ؛ زیرا یاخته مرده فقط تابع قانون معمولی انتشار است .

روشن است که توضیح کلیه پدیده های ویژه اجسام زنده بر حسب این قانون کاملاً ناممکن است . ما این کار را فقط با مطالعه مراحل صورت بندی متابولیسم می توانیم انجام دهیم ، ممکن است چنین به نظر برسد که قدرت جذب فعالانه مواد (در جهت عکس شیب غلظت) از ملاخ خارج و دفع آنها بدان ، در یک مرحله نسبتاً ابتدایی تشکیل سیستم های زنده پدید آمده باشد ، در مرحله ای که سیستم های زنده ، مکانیسم های هماهنگ کننده ای را پدید آورده اند ، و به کمک آنها انرژی آزاد واکنش های شیمیایی به صورت حرارت تلف نگردیده ، بلکه برعکس برای انجام پروسه هایی که به انرژی احتیاج داشتند ، قابل استفاده شده و به ویژه در ATP و سایر ترکیبات با اتصالاتی پر انرژی ذخیره گردیده است .

هنوز هیچ مدرک موثقی نداریم که به ما بفهماند چگونه این جریان انرژی که در طی متابولیسم بیولوژیک پدید آمد ، سرعت و جهت جذب یا دفع فعال مواد را ، مخصوصاً در مرحله نسبتاً ابتدایی تکامل حیات که درباره اش بحث کرده ایم ، تحت تأثیر خود قرار داده است . ما فقط می توانیم تصور کنیم که تحصیل انرژی به شکل قابل استفاده اش برای غشای سلول می بایست خصلت سکونی (و در واقع تمام جسم زنده) را عمیقاً بر هم زده باشد . هم در ساختمان داخلی

ملکولهای درشت سازنده غشا ، و هم درمورد راههای تجمع آن ملکولها ، تغییراتی ثابت وغالباً بانظم تکراری شروع شد. این امر موجب شد که در جذب مواد از ملاء خارج به وسیله رویه جسم زنده و گردش آنها در داخل جسم مزبور ریتم معینی برقرار شود .

بنابراین چنین می نماید که آنچه به عنوان قدرت انتقال فعالانه مواد معروف شده است خود شالوده سازمان بندی همه اجسام زنده را تشکیل می دهد . این قوه صفت مشخصه کلیه موجودات زنده معاصر است. در این باره خوب است یاد آور شویم که حتی در ارگانسیمهای عالی معاصر که قدرت تنفس هوازی دارند ، آسیب زدن به چنین تنفسی یا جلوگیری از آن همیشه پروسه انتقال فعال را متوقف نمی کند. می توان فرض کرد که در چنین مواردی انرژی لازم برای انتقال ، به وسیله متابولیسم بی هوازی رسانیده می شود که همان طور که در فصل پیش دیدیم در یک مرحله نسبتاً ابتدایی تکامل حیات پدید آمد . از آنچه گفته شد ، روشن می گردد که شناخت درست پروسه جذب و دفع فعال با شناخت عمیق راه به وجود آمدن پروسه مزبور در جریان تکامل تدریجی میسر می گردد .

متأسفانه طرجهایی که اکنون درباره مکانسیمهای بیولوژیک انتقال فعال مواد در نوشته های علمی مطرح می شوند ، از لحاظ اهمیت بسیار تخیلی اند و هیچ کدام آنها مقبولیت عمومی و کامل نیافته است و این تنها بدین علت است که در طرجهای مزبور متابولیسم بسیار کم مورد توجه واقع می شود و در هیچ کدامشان رشد تکاملی اصلاً در نظر گرفته نمی شود.

به عنوان مثال ، ممکن است فقط یکی از این گونه طرجهای را راجع به کارغشای سلول ذکر کنیم که اخیراً به وسیله د. میلر در تئوری تلمبه اسمزی وی اعلام شد . بر طبق نظر میلر پرتئینهای

ژل که غشا از آنها ساخته می شود، خاصیت آبدوستی (Hydrophilic) خود را تحت تأثیر آنزیمها ، منظمأ کم و زیاد می کنند . وقتی که مواد مزبور این کار را می کنند آب جذب شده را یا به خود می گیرند و یا آن را پس می دهند. این امر به حرکت آب و مواد محلول در آن در امتداد مجراهایی که از میان غشا می گذرند، منجر می شود. در این تلمبه اسمزی گروههای ملکولی ژل نقش سوپاپ را دارند که می توانند مواد محلول را جذب سطحی کنند . اگر قدرت نگه داشتن مواد هم در طی آبگیری (Hydration) وهم در جریان آبدهی (Dehydration) ژل بدون تغییر باقی بماند، پروسه مزبور غیرفعال خواهد شد و جریان مواد در جهت شیب غلظت صورت خواهد گرفت. اگر مواد محلول را فقط هنگامی که ژل در حالت ویژه ای است بتوان به وسیله گروههای جذب سطحی کننده نگه داشت، آن وقت انتقال فعالی برقرار خواهد شد و جریان ممکن است بر خلاف جهت شیب غلظت صورت گیرد. این طرح به رغم استادی و هوشمندی فوق العاده ای که در تهیه آن به کار رفته است ، و با وجود ریزه کاریهای قابل ملاحظه اش، هنوز مهمترین نکته را فاقد است . زیرا نشان نمی دهد که از چه راهی کار کلیه مکانیسمهای مفروض به متابلیسم مرتبط می شود . اشاره به بعضی از آنزیمهای غشا در این مورد به ما چندان کمک نمی کند، برای شناخت صحیح مکانیسمهای انتقال فعال مواد، معرفت دقیقی لازم است که بدانیم به هر پدیده ای که در انتقال فعال نقشی برعهده دارد کدامیک از

۱. Gel ژل محلولی کلوئیدی است که به حالت زله در آمده باشد . چسبندگی (Viscosity) آن به قدری زیاد می شود که محلول خاصیت ارتجاعی يك جامد را پیدا می کند . این حالت را به ساختمان توری شکل ماده کلوئید و ملأ انتشاری (Dispersion - medium) که در آن جریان پیدا می کند ، نسبت می دهند - م .

حلقه‌های زنجیری متابولیسم مربوط می‌شود و این ارتباط به نوبت خود چگونه وضعیت تمام شبکه و اکنشه‌های متابلیک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ما اینجا نه با متابولیسم به صورت عام آن، بلکه با صورت فعلی متابولیسم سر و کار داریم که خصیصه موضوع تحت مطالعه است. زیرا با متکاملتر شدن متابولیسم و بغرنجتر شدن ساختمان سلول، قوه انتقال فعال مواد نیز حتماً بایستی تغییر کرده باشد و از لحاظ کیفی ویژگیهای سازمانی جدیدی کسب کرده باشد.

متأسفانه هنوز معلومات ما درباره این تکامل بسیار ناچیزتر از آن است که بتوانیم مسیر آن را به طور سیستماتیک مشخص کنیم و دیگر گونیهای کیفی سازمان انتقال فعالانه مواد را که در مراحل خاصی از تکامل دنیای زنده رخ داده‌اند، مورد توجه قرار دهیم. ما اینجا لازم می‌دانیم که فقط خاطر نشان کنیم که رویداد پریاخته شدن، موجب شد که پیچیدگی وظیفه انتقال فعالانه مواد، فوق‌العاده افزایش یابد. این امر ضرورت برقراری جریان مواد را درست در لابلای سلولها - و نه در داخل یک سلول منفرد - پیش آورد. جریانی که انتقال سریع و مؤثرتر ترکیبات گوناگون را از سلولی به دیگر سلول و حتی از راه یک دستگاه کامل سلولی و راههای بین سلولی بسیار دراز تأمین کرد. ممکن است به عنوان یک مثال سطحی بسیار ساده از انتقال مواد میان سلولها، پدیده‌ای را انتخاب کنیم که در لوله‌های کوچک جنینی کلیوی جدا شده از جنین جوجه رخ می‌دهد. این لوله‌های کوچک در حالت آزاد شکل گویچه‌های مجوفی را به خود می‌گیرند که حفره داخلیشان به وسیله یک طبقه یک نواخت سلولی از ملامت خارج جدا می‌شود. اما موادی که از ملامت خارج (مانند رنگها) گاهی می‌توانند به غلظتهایی به مراتب بیش از غلظتهای داخل محیط خارج، در حفره جمع

شوند. این مواد از میان طبقه سلولهای احاطه کننده حفره به داخل آن منتقل می شوند و خود سلولهای مزبور مقدار قابل توجهی از ماده رنگی را نگه نمی دارند.

همه تلاشهایی که به عمل می آید تا این پدیده به ظاهر بسیار ساده را به وسایل مختلف و گاه با مکانیسمها و طرحهای کاملاً پیچیده فیزیکی و شیمیایی توضیح بدهند، فوق العاده ساده لوحانه و غیر قانع کننده است. این امر کاملاً قابل درک است؛ زیرا ممکن نیست این مسئله را با تطبیق مستقیم آن بر قوانین طبیعت غیر آلی و بدین سان با تجاهل از مسیر تکاملی رشد ماده زنده حل کرد. در واقع، پدیده انتقال مواد از روی سلول فقط در نتیجه یک تکامل با نظم و ترتیب پروسه انتقال فعالی پدید آمد که از لحاظ تاریخی جلوتر است و به نوبت خود بر اساس تکامل متابلیسم رشد یافت که مشترک بین همه موجودات زنده است.

عبور مواد از سلولها در تکامل تدریجی بعدی موجودات زنده خصلت بیش از پیش پیچیده تری کسب نمود که عوامل بیولوژیکی موجود آن است. طبعاً سیستمها و پدیدههایی که بدین طریق پدید آمدند کمتر و باز هم کمتر بر حسب پروسه های ابتدایی طبیعت غیر آلی قابل توضیح مستقیم مکانیکی شدند. ما اینجا می توانیم عبور آب و مواد محلول در آن را به کمک فشار ریشه در امتداد آوندهای گیاهان عالی، به اصطلاح پدیده نوشش^۱ در جانوران را به عنوان

۱. Imbibition امبی بیسیون در بیولوژی گیاهی و جانوری

مفهومی است به معنای جذب شدن مایعات به داخل ارگانسیم. این کلمه از ریشه لاتینی Imbibere مرکب از Im به درون و Bibere یعنی نوشیدن است. مناسبترین معادل آن با توجه به ریشه لغوی و مفهوم علمیش - به نظر مترجم - اسم مصدر « نوشش » است - م.

مثال انتخاب کنیم. این لغت اخیر به‌طور کلی به معنای پروسه‌ای به کار می‌رود که به وسیله آن مواد مختلف از میان يك لایه سلولی به داخل خون می‌روند. مهمترین مورد مثال فیزیولوژیک نوشش آن است که در روده کوچک به کمک تشکیلاتی با سازمانی اختصاصی به نام پرز (Villus) رخ می‌دهد. در پرزها انتقال فعال موادی که بر اثر اعمال گوارش حاصل می‌شوند به وسیله عده زیادی از پدیده‌های فرعی، به ویژه انقباضهای مکرر و منظم پرزها، و نیز به وسیله نظم دقیق مجموعه پروسه بفرنج می‌گردد.

حتی در موجودات تک‌یاخته هم تفاوت‌های اساسی در قابلیت جذب و دفع مواد تحت تأثیر محرک‌های گوناگون می‌توان دید؛ به طوری که سلولها در حالت تحریک شده و استراحت از لحاظ قدرت انتقال فعالانه مواد فرق قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کنند.

این خصیصه در ارگان‌های پریاخته از لحاظ نظم جذب، دفع، و انتقال مواد در بافتها و اندام‌های مختلف حائز اهمیت هر چه بیشتری می‌گردد.

پروسه نوشش در پرزهای روده کوچک نه فقط به وسیله تأثیرات ترکیب‌های شیمیایی مختلف، بلکه همچنین با کار دستگاه اعصاب تنظیم می‌شود. نشان داده شده است که در موجودات عالیتر سلسله جانوری قشر مخ نقش تنظیم‌کننده پروسه مزبور را ایفا می‌کند. بویژه ثابت شده است که عمل نوشش از پرزهای روده کوچک به داخل خون، گویی به سان انعکاسی شرطی انجام می‌شود.

معلوم شده است که پروسه‌های ترشح به همین طریق صورت می‌گیرند. مثلاً میزان تراوش آنزیم‌های روده که به وسیله غده‌های اختصاصی دستگاه معده‌ای روده‌ای ترشح می‌شوند، به واسطه بسیاری از انعکاس‌های مشروط و غیر مشروط تنظیم می‌گردد.

تغذیه

سلسله اعمال گوارش و نوشش و بسیاری از پروسه‌های متحد - شان روی هم پروسه تغذیه را در جانوران عالی و انسان تشکیل می‌دهند. واضح است که این پروسه نه فقط کاملاً برخلاف دخول ساده مواد به هر سیستم منفرد غیر آلی است، بلکه همچنین با همانندسازی مواد به وسیله میکروبهای شناور در آبگوشت غذایی فرق اساسی دارد. این فقط باقید و شرطهای بسیار است که ما يك کلمه را برای «تغذیه» میکروها و «تغذیه» انسانها به کار می‌بریم. اما اینجا اصولاً دو پدیده داریم که از لحاظ کیفی در سطحهای تکاملی متفاوت قرار دارند.

بدین سان می‌توانیم يك گروه پدیده را تصویر کنیم که در جریان تکامل تدریجی حیات یکی پس از دیگری بفرنجتر می‌شوند :

۱. جذب ابتدایی مواد از ملاء خارج به وسیله سیستمهای زنده که با وجود این با متابولیسم اولیه همراه است. ۲. انتقال فعال مواد (همراه با صرف انرژی) که تابع جذب و دفع مواد توسط سلولهاست ، ۳. انتقال فعال مواد از راه يك گروه سلولی در موجودات پریاخته، ۴. نوشش به داخل خون جانوران و بالاخره، ۵. پدیده بفرنج تغذیه در جانوران عالی .

اولین عضو این گروه پدیده‌ها مستقیماً از آغازهای متابولیسم سرچشمه می‌گیرد. اما هر يك از مراحل بعدی را باید نتیجه افزایش پیچیدگی سازمان قبلی تلقی کرد و به عنوان يك مرحله تکاملی ویژه در رشد ماده زنده مطالعه نمود. همان طور که تاریخ به ما نشان می‌دهد، تلاشهایی که برای پریدن از روی همه این مراحل به عمل می‌آید، هرگز سودی نبخشیده است.

ما بررسی این اولین خصوصیت ماده زنده و تکامل بعدی آن را عمده‌اً قدری به تفصیل مورد بحث قرار دادیم . زیرا توضیح سایر خواص اساسی همه موجودات زنده ، مانند قوای نمو ، تکثیر ، خودباز سازی ، حرکت ، انتشار و بالاخره تحریک پذیری که قبلاً آنها را بر شمردیم به بسط نتایج حاصل از این بررسی مربوط می شود . همه اینها در ابتدایترین شکل خود می توانند از متابولیسم مشتق شوند . این خصیصه‌ها با آراسته تر شدن و کارآمدتر شدن متابولیسم به وجود می آیند و رشد می یابند : اما در تکامل تدریجی بعدی موجودات زنده هر یک از این خصیصه‌ها پایه ایجاد یک سلسله پدیده‌های از لحاظ کیفی جدید را می سازند ؛ پدیده‌هایی که فقط در اشکال بازهم عالیتر حیات پیدا می شوند . از این رو هر یک از این پدیده‌ها را فقط در پرتو شناخت اشتقاق آنها از اشکال سازمانبندی ساده تر ماده زنده ماقبلشان می توان شناخت .

نمو و رشد

دومین خصوصیت موجودات زنده از میان خصایصی که قبلاً بر شمردیم - قوه نمو آنها - یعنی افزایش برگشت ناپذیر جرم ، همراه با انجام فعالیت‌های حیاتی‌شان که با صرف مواد موجود در محیط حاصل می شود ، در ابتدایترین صورت خود ، مستقیماً زائیده این امر است که موجودات زنده سیستم‌هایی بازند . در سیستم‌های مسدود ، تعادل به وسیله تساوی سرعت‌های واکنشها در دو جهت مختلف حفظ می شود ؛ به طوری که در آنها قطعاً هیچ افزایش وزنی حاصل نمی شود . در سیستم‌های باز ، برعکس ، سرعت واکنش در یک سو منظم‌اً بیش از سرعت واکنش در جهت دیگر است .

با وجود این ، در پروسه انتخاب سیستم کلوئیدی منفرد

ابتدایی در آبهای اقیانوس اولیه ، تنها سیستمهایی برای تکامل بعدی محفوظ ماندند که در آنها هماهنگی واکنشهای تشکیل دهنده متابلیسم، همیشه به طریقی سوق داده می شد که در آن ترکیب بر تجزیه غالب بود و این امر ضرورتاً می بایست به افزایش جرم منجر می گردید .

بنابراین ، قوه نمو بایستی حتی ذاتی سیستمهایی بوده باشد که حیات از آنها منشا گرفت. هنگامی که حیات با پیداشدن ارگانسیمهای نخستین به وجود آمد، این نیرو پابرجا ماند و فقط خصیصه ای مرتبتر و بدین جهت پایدارتر گردید . در موجودات زنده ، سیکلها و سلسله های واکنشهایی که از ترکیبشان شبکه متابلیک حاصل می شود ، به طور ثابت و به موقوع تکرار می گردند و به تشکیل پیوسته محصولات سنتزی منجر می شوند و بدین جهت موجب ثباتی معین در ترکیب و ساختمان سیستمهایی می گردند که با وجود جریان ثابت موادی که همیشه در حال تغییرند و از میان آنها می گذرند ، از داخل بزرگتر می شوند . اما این ثبات فقط نسبی است. خاصیت اصلی موجودات زنده - قوه نمو آنها - در جریان آراستگی تکاملیشان ، با تغییرات کیفی در متابلیسم همراه بود و این امر پایه رشد انتوژنتیک موجودات زنده را تشکیل داد. با ادامه این جریان، هر چه ارگانسیم در نردبان تکامل تدریجی به پله ای بالاتر صعود کرد انتوژنز آن که بستگی شدیدی به نمو آن دارد ، پیچیده تر گردید . اگر نمو فقط به افزایش کمی در اندازه سیستم زنده منجر می شود، رشد عبارت از افتراق عمیقتر کیفی اجزای آن است که در مراحل خاصی از عمر فردی سیستم معین پدید می آیند .

متابلیسم که شبکه پروسه هایی است که از لحاظ زمانی به شدت هماهنگی دارند ، البته هرگز نمی تواند کاملاً بدون تغییر باقی

بماند . چون متابولیسم با شرایط عمل خود پیوند دقیق دارد جبراً باید دستخوش تغییر گردد . این تنها شالوده‌ای است که تکامل تدریجی سیستمهای زنده می‌توانست بر پایه آن صورت بگیرد .

حتی اگر در طول حیات فردی ابتداییترین موجودات زنده شرایط خارج بدون تغییر می‌ماند ، می‌بایست در متابولیسم آنها تغییراتی حاصل می‌شد . زیرا خود نمو از گانیمهای مزبور نسبت حجم به سطح آنها را خود به خود برهم می‌زد . تنها تقسیم شدن سیستم ، تقسیمی که بانمو خود سیستم تناسب مستقیم داشت ، می‌توانست تعادل ازدست رفته را بازگرداند . ابتدا چنین تقسیمی در سیستمهای اولیه تحت تأثیر عوامل خارج صورت می‌گرفت . اما با پیدا شدن حیات ، مکانیسمهای داخلی تقسیم پدید آمدند و اینها موجب تقسیم ثابت و فعال سیستمهای زنده شدند .

اینجا لازم است فقط تأکید کنیم که نمو ثابت ابتداییترین سیستمهای زنده ، تنها در صورتی می‌توانست رخ دهد که همیشه با تقسیم شدن آنها همراه می‌گردید . چند تجربه که در سالهای اخیر انجام شده نشان داده است که بعضی از موجودات ذره بینی معاصر ، هنگامی که پی در پی کشت می‌شوند می‌توانند در عمل ، متابولیسم خود را حفظ کنند و قدرت زنده ماندن خویش را طی هزاران تغییر کشت نگه دارند . ولی این امر فقط در صورتی امکان پذیر است که موجودات مزبور در شرایط مساعد ثابت و سترونی (Sterilization) جدی کشت شوند . اما در شرایط طبیعی ، آنجا که شرایط خارجی نمی‌تواند ثابت بماند همیشه در جریان رشد فردی ارگانیمهای معاصر که اکنون افتراق داخل سلولی دارند ، می‌توان تغییرات منظم را مشاهده کرد . اگر یاخته‌های چنین موجوداتی به علتی تقسیم نشوند ، توالی واکنشهای بیولوژیک در آنها به تدریج مختل

(به اصطلاح پیری سلولها) می شود .

سرانجام ، این امر به نارسایی کامل و برگشت ناپذیر متابولیسم منجر می شود . تفوق قاطع پروسه های تجزیه (مخصوصاً هیدرولیز پرتئینها) بر پروسه های ترکیب آغاز می شود. این امر به کسبختگی مکانیسمها و ساختمان سلولی ، یعنی به مرگ طبیعی سلول منتهی می شود .

بنابراین حتی در مراحل ابتدایی تکامل حیات و مخصوصاً پس از پیش آمد افتراق روزافزون موجودات ، مرگ همیشه نقطه اوج طبیعی و جبری آن عده از تغییرات کیفی متابولیسم بوده و هست که در طی رشد فردی هر ارگانیزم صورت می گیرند .

بدین جهت از همان آغاز فقط دوره ممکن برای هر سیستم منفرد وجود داشت . یک سیستم زنده یا رشد می کرد و تقسیم می شد یا پیر می گردید و میمرد . بعداً این امکانات تا حدودی توسعه یافتند . در وهله اول موجودات تک یاخته در جریان تکامل خود قابلیت تشکیل هاگ (Spore) یا کیسه (Cyst) را کسب نمودند . با تشکیل هاگ یا کیسه ، سلول به یک حالت حیات مسدود یا آنابیوزا پا می نهد که از لحاظ حفظ ارگانیزم و قادر ساختن آن به زنده ماندن در شرایط نامطلوب خارج ، از قبیل درجات حرارت فوق العاده زیاد یا کم ، کاهش رطوبت و غیره ، حائز اهمیت زیست شناسی بزرگی است . حالت آنابیوز در طبیعت زنده شیوع

۱. Anabiosis یا Anabiose مشتق از ریشه یونانی است . An پیشوند است و معنای «دوباره» یا «مجدد» به کلمه می دهد و معادل پیشوند فارسی «باز» است و biosis به معنای «حیات» است . آنابیوز یعنی زندگی دوباره پس از یک حالت حیات نهفته ای که ظاهراً شبیه مرگ است . شاید بتوان واژه «باز زیست» را به عنوان معادل آنابیوز در فارسی به کاربرد - م .

وسپعی دارد. حالت مزبور این اختلاف اساسی را با مرگ دارد که هنگامی که ارگانسیم کشته می شود - گرچه هماهنگی و اکنشهای متابلیک از بین می رود - اما بسیاری از آنها با همان سرعت سابق و حتی گاهی با سرعتی بیشتر ادامه می یابند .

برعکس در آنابیوز هنگامی که سلولها خشک یا به شدت منجمد می شوند، هماهنگی و اکنشهای متابلیک حفظ می شود؛ اما سرعت آنها به تدریج و متساویاً کاهش می یابد و عملاً به هیچ می رسند. از این رو هنگامی که این سلولهای آنابیوتیک به دقت مرطوب یا گرم شوند ، به هنگام رویش (Germination) ها گها امکان بازگردانیدن آنها به زندگی فعال وجود دارد. ولی این امر فقط در صورتی امکان پذیر است که ترتیب منظم متابولیسم در این پروسه تغییر کیفی نیافته باشد .

عامل دیگری که فرصتهای مغتنم را برای موجودات اولیه در مرحله ای از تکاملشان توسعه داد، آمیزش (Conjugation)، یعنی اتحاد دوسپستم زنده منفرد با سازمان همانند بود. با این حال دو سیستم متحد باهمه تشابهشان نمی توانستند از لحاظ متابولیسم مطلقاً یکسان باشند . وقتی چند شبکه متابلیک مختلف در داخل سیستم زنده یکی شد ، بر یکدیگر تأثیر متقابل می کند و پروسه های حیاتی سیستم اساساً به طریقی که هنوز هم معلوم نیست ، تحریک می شوند. این امر را در کشتهای بسیاری از موجودات ذره بینی می توان مشاهده کرد. هنگامی که موجودات ذره بینی مزبور مدتی دراز پیوسته تکثیر می یابند، به تدریج پیر می شوند و روبه انحطاط می روند. اما اگر آمیزش در داخل کشت پیش بیاید، چنان می شود که گویی ارگانسیمها از نو جوان می شوند و نیروی حیاتی خود را باز می یابند و باز قدرت ادامه تکثیر را برای مدتی دراز کسب می کنند .

آمیزش از موقعی که در جریان تکامل پروسه‌ای جنسی شد و در آن سیستم‌های جفت شده (گامت‌ها یا سلول‌های جنسی نروماده) از لحاظ متابولیسم و خصوصیات ارثی با یکدیگر متفاوت شدند، اهمیت حیاتی ویژه‌ای کسب نمود. با جفت شدن سلول‌های جنسی برای تشکیل زیگوت (تخم‌گشوده) اشکال جدید متابولیسم پدید می‌آیند و این امر تأثیر بسیار مهمی روی تمام رشد بعدی موجود زنده دارد. همانا بدین دلیل است که حیات جنسی مقامی انحصاری در تولید مثل اکثریت عظیم ارگانیزم‌های عالی کسب کرده است. درباره افزایش پیچیدگی کیفی پروسه نمو، این حقیقت که نمو سیستم‌های زنده همیشه با رشد آنها ملازمت زیاد دارد، حائز اهمیت قاطعی است. گرچه این رشد ابتدا طبیعتاً نسبتاً ساده‌ای داشت، ولی به مرور زمان با هر ارتقای جدید از گانیسم به پخته‌تر نردبان تکامل تدریجی پیچیده‌تر و بازهم پیچیده‌تر گردید. تمام تلاشهایی که به میزان وسیعی در آمار علمی گزارش شده‌اند و بدین منظور به عمل آمده‌اند که نمو ارگانیزم‌های عالی از آغاز تا پایانش بر حسب يك فرمول یا منحنی، مانند منحنی سیر پروسه‌های فیزیکی یا شیمیایی توصیف گردند، همواره به عدم موفقیت منجر شده‌اند.

جوهر رشد بیولوژیک عبارت از این حقیقت است که تغییرات کوچک متابولیسم که در جریان نمو ارگانیزم صورت می‌گیرند، همیشه سرانجام به نوعی انفصال کیفی، به تجدید مدل قابل ملاحظه بخش‌های مختلف شبکه عمومی متابولیسم منجر می‌شوند. این تجدید مدل همچنین استعدادی را به وجود آورد و آن «آمادگی» موجودات زنده (در شرایط اجباری خارجی) برای اجرای پروسه‌های فیزیولوژیک یا مورفوژنتیک بود که قبلاً جزء خصایص سلول‌های سلف موجودات مزبور نبود.

مامی توانیم این پدیده را به ساده ترین صورتش در موجودات ذره بینی مشاهده کنیم . مثلاً بعضی از قارچها که آنتی بیوتیکها را تولید می کنند این کار را فقط در مرحله دوم رشد میسلیم انجام می دهند و بنا بر این تولید آنتی بیوتیک با تجدید سازمان متابولیسیم همراه است . تجدید ساختمان مشابهی باید مطمئناً پیش از تقسیم سلول میکروبی و حتی گذشته از این پیش از افتراق آن در موقع تشکیل هاگ صورت گیرد .

اما این قبیل تغییرات متابولیک در ارگانیسیمهای پریاخته ، اشکال بویژه پیچیده ای به خود گرفتند و اهمیت حیاتی فوق العاده ای یافتند . همان طور که قبلاً دیدیم ، حتی در ابتدایترین این موجودات (مثلاً در اسفنجها) افتراق معینی در سلولهای اجرا کننده اعمال فیزیولوژیک خاص وجود دارد . اما چنین افتراقی فقط وقتی امکان پذیر است که تغییرات متابولیک منظم به نحوی از انحاء در سلولهای اصلی متحدالشکل صورت بگیرند ؛ به طوری که سلولهای مزبور در موقع تغییر ناگزیر شوند که خط سیرهای متفاوتی را دنبال کنند . این پدیده حتی در ابتدایترین صورت ساده اش ، اساساً مطالعه نشده باقی مانده است . واضح است که بر تغییرات متابولیکی که در رشد فردی ارگانیسیمهای پله عالیتر نردبان تکامل تدریجی رخ می دهند ، باید قوانین بسیار پیچیده تری حکمفرما باشد .

هر گیاه امروزی در طی رشدش باید از مراحل معینی بگذرد که برای اتوژن آن الزام آورند و باتوالی بسیار منظمی در پی هم می آیند و هر کدام برای آنکه انجام شود به سلسله شرایط محیطی

۱ . Mycelium يك صورتبندی مشبك متشكل از تارهای سلولی ساختمانهای رویشی قارچهاست . میسلیم را با میسل Micelle که در فصل پیش تحت عنوان صورتبندی میسلی (Micellar Formation) توضیح داده شد نباید اشتباه کرد - م .

خاص خویش نیازمند است. طبق نظریهٔ ت. لیسنکو T. Lysenko این مراحل از لحاظ ماهیت، تغییرات کیفی انفصالی در متابولیسم است و شالودهٔ «آمادگی» گیاهان را (در شرایط محیطی مناسب) برای وقوع مراحل محسوس مرفوژن (تغییرات شکلی مربوط به جوانه زدن، گل کردن، وغیره) تشکیل می‌دهد.

همین‌طور هم منطقی است معتقد گردیم به اینکه در رشد جنینی جانوران قبل از افتراق قابل رؤیت سلولهای اصلی متحدالشکلی که از تقسیم تخم به وجود می‌آیند، باید تغییرات وسیعی در متابولیسم آنها حاصل شود که همگان آنها را جمعاً به نام تعیین Determination می‌شناسند.

متأسفانه معلومات فعلی ما فقط امکان می‌دهد که پوستهٔ این پدیده‌ها را خراش بدهیم؛ یعنی تنها توالی تشکیل ساختمانهایی را ثابت نماییم که در جریان تشکیل و رشد جنین به وجود می‌آیند. خصیصهٔ جالب توالی مزبور این است که گویی تا اندازه‌ای تکرار اشکال تکاملی ارگانیسماست که در جریان تکامل تدریجی فیلو-ژنتیک داشته‌اند.

همان‌طور که زمانی بر حسب رسم گفته می‌شد: موجودات زندهٔ عالی از گذشتهٔ دور خود گویی «خاطره‌ای نگه می‌دارند» و بدین جهت آنرا هنگام رشد فردی خویش تجدید می‌کنند، اینک باید گفت که چنین گفته‌ای مبین یک روش پر نقش و نگار بیان مطالب است و مسلماً هیچ چیز را به درستی توضیح نمی‌دهد. به علاوه اگر شیوهٔ آشنایی ما به «علم مکانیک رشد جنین» فیزیکی صرف باشد، این موضوع غیر قابل درک می‌ماند که چرا یک موجود عالی باید تقریباً همان خط سیر را در رشد خود دنبال کند که اجدادش تعقیب می‌نمودند؛ در حالی که این امر از نظر گاه قوانین عمومی مکانیک به هیچ وجه ضرورت ندارد.

به گمان من اگر کوشش کنیم قوانین بیولوژیک را که در آغاز فصل پیش یادآور شدیم به کار بندیم، آن وقت به حل این قضیه قدری نزدیک خواهیم شد .

در جانوران عالی و انسان ، هر بخش خاص متابلیسم ، مانند تنزل گلیکولیتیک ، با تعقیب توالی جداً معین واکنشهای سازنده بخش مزبور انجام می شود . این امر بدین جهت اتفاق نمی افتد که موجود زنده عالی پدیده ای را که در یک میلیارد سال پیش خصیصه میکربهای ابتدایی بوده است « تکرار » می کند ، بلکه به سبب ضرورتی رخ می دهد که به طور تاریخی به وجود آمده است . حال به سبب این حقیقت که برای اشکال سازمانی بیولوژیک هیچ گونه توالی دیگری غیر از حوادث مفروض در بخش متابلیسم وجود ندارد و نمی تواند وجود داشته باشد ، از نظر گاه قوانین معمولی شیمی می توان بسیاری از واکنشهای شیمیایی دیگر را که به همان نتیجه منجر می شوند تصور کرد .

طبعاً وقتی که از پدیده رشد جنینی در ارگانیزمهای عالی سخن می گوئیم ، منظور ما توالی ساده و واکنشهای در یک شبکه متابلیک خاص نیست ، بلکه منظور توالی تغییرات حاصل در آن توالی است ؛ یعنی اگر بتوان گفت یک توالی از نوع درجه دوم ، یک توالی بسیار ثابت تغییرات اجباری در متابلیسم هنگام رشد جنین از تخم است که در ریشه افتراق سلولهای جنین قرار دارد . با این حال ممکن است که موجودات عالی ، حتی در این سطح بسیار عالی سازمانبندی حیات ، همان پدیده هایی را که اجسادشان ایجاد می کردند فقط بدین علت فراهم کنند که به هیچ ترتیب دیگری امکان پذیر نباشد ؛ اگر چه از نظر گاه فیزیک یا مکانیک صرف ، البته عده بی شماری خط سیر رشد را شاید بتوان تصور کرد .

هر ارگانیزم پریاخته با تکامل عالی پس از طی دوره جنینی ،

رشد فردی خود منظم از دوره به اصطلاح نمومی گذرد، و سپس دوره بلوغ را به همراهی تناسل و سرانجام دوره پیری را توأم با اختلال تدریجی متابولیسم می گذرانند که همواره به نارسایی کامل آن و مرگ ارگانیک منجر می شود.

موجودات زنده عالی در طی همه این دوره ها کارآیی قابل توجهی از حیث هماهنگی در نمو و رشد تمام بدن و نیز اندامها، بافتها و یاخته های مختلف متظاهر می کنند. این هماهنگی به وسیله گروهی از مکانیسمهای بسیار پیچیده تنظیم می شود که در گیاهان به طور عمده خلطی (Humoral) است ولی در جانوران ارتباط زیادی به فعالیت دستگاه عصبی دارد.

ما می توانیم اهمیت این مکانیسمها را به وسیله جدا کردن مصنوعی سلولها از محیط تأثیر آنها و کشت دادن سلولهای مزبور در محیطهای کشت به اصطلاح بافتی، تا حدودی ارزیابی کنیم. اگر تمام نیازمندیهای آنها بر آورده شود (غذا رسانیده شود و فضولات بر طرف گردد و غیره) چنین سلولهایی نمو و تقسیم نامحدودی را از خود نشان می دهند. ولی رابطه طبیعی بین نمو و افتراق سلولها، در چنین مواردی معمولاً آسیب می بیند؛ اگرچه این امر به هیچ وجه به نحو یکسان صورت نمی گیرد.

تکثیر بی بند و بار سلولهای افتراق نیافته ممکن است همچنين در داخل يك ارگانيسم كامل و دست نخورده صورت گیرد. بدین طریق است که تومورها Tumours بخصوص تومورهای سرطانی پدید می آیند. در این باره چنین ابراز عقیده شده است که اگر باید دریابیم که چگونه از سرطان پیشگیری کنیم و آن را درمان نماییم، پس باید طبیعت اساسی نمو سلولها و قوانین حاکم بر آن و نیز مکانیسمی را که جسم زنده به وسیله آن کنترل خویش را بر نمو و رشد سلولها اعمال می کند، کشف نماییم.

بدین ترتیب می‌بینیم که قدرت نمو و رشد موجودات زنده مانند نیروهای همانند سازی و دفع، از اصل و ابتدای امر، مستقیماً از متابولیسم منظم ناشی می‌شود. اما این قدرت نیز در طی تکامل تدریجی بعدی از یک عده اشکال سازمانی گذشته است که پیچیدگی آنها پیوسته افزون‌تر می‌شد و این پیچیدگی دائم التزاید را نمی‌توان تنها با مراجعه به قوانین حاکم بر طبیعت غیر آلی مستقیماً شناخت.

نمو و رشد مستقیماً به سومین خصیصه اساسی ارگانیسمها یعنی نیروی تکثیر که قبلاً از آن یاد کردیم، مربوط می‌شود. جنبه بیولوژیک مفهوم «تکثیر» که آن را بررسی خواهیم کرد، نباید متضمن افزایش عده سیستمهای مورد بحث باشد. مامخصوصاً این را منطقی نمی‌دانیم که این کلمه به معنای افزایش شمارهٔ ملکولها در جریان یک پروسه شیمیایی به کار برده شود. خواه پروسه مزبور یک واکنش واحد شیمیایی باشد که در یک گاز یا یک محلول صورت می‌گیرد و خواه یک سلسلهٔ کامل از واکنشهای بهم بستهٔ یک سیستم بفرنج، مانند تشکیل اسیدلاکتیک در پروسهٔ گلیکولیز. بدیهی است که اینجا آنچه داریم تکثیر نیست، بلکه تشکیل پیوستهٔ ملکولهای اسیدلاکتیک است. از آنجا که در این باره با بسیاری از مصنفان معاصر اختلاف داریم، در این تردید بسیار داریم که استعمال اصطلاح «تکثیر» به مفهوم بیولوژی آن در مورد پدیدهٔ تشکیل پیوسته نوکلئوپروتئین و پروسی جدید در جریان واکنشهای متابولیک هماهنگ سلولهای زنده بر گهای توتون صحیح باشد. این پدیده از این لحاظ به «تکثیر» شباهت بسیار دارد که برای وقوعش ملکولهای اسید نوکلئیک ساخته آماده باید قبلاً موجود باشند. اما در این مورد پروسهٔ متابلیکی که شالودهٔ هر تکثیر بیولوژیک است به ویروس تعلق نداشته، بلکه از آن سیستم زنده

پرمالکولی برگ توتون است . ویروس فقط طبیعت متابلیسم را قدری تغییر می دهد .

با توجه به مسیر تکاملی که به پیداشدن حیات منجر گردید ، روش عاقلانه این است که يك پروسه تقسیم فرعی مکانیکی سیستمهای پرمالکولی شبیه پروسه تشکیل قطراتی که به هنگام تکان دادن يك امولسیون پیش می آید ، به عنوان الگوی غیرآلی « تکثیر » بیولوژیک فرض شود . قطره های ابتداییترین کوآسرواتها نیز حتی پیش از آنکه به موجودات زنده تکامل یابند ، ممکن بود به طریق مشابهی به وسیله امواج متلاطم ساحلی یا غیرساحلی خرد گردند . اما با پیدا شدن حیات ، این پروسه انفعالی انتشار سیستمهای اولیه بایستی در نخستین ارگانیسماها به تقسیم فعال اجسام زنده تبدیل شده باشد .

این امر رخ نداد مگر وقتی که نوعی متابلیسم ، شاید ابتداییترین نوع آن ، در سیستمهای زنده تشکیل یافت . می توان این پروسه تقسیم فعال را با طرحی به قرار زیر تصویر نمود . در نتیجه پروسه های سنتزی و با مصرف شدن مواد ملاء خارج ، پلیمرهایی مانند پروتئینها یا حتی نشاسته ساده در داخل جسم زنده جمع شدند . بعداً تغییرات منظم متابلیسم در درون سیستم صورت گرفت و پروسه های هیدرولیز را در آن تقویت نمود . در نتیجه ، پلیمر خرد می گردید و تشکیل سریع يك ماده فعال اسمزی (مثل قند) در سیستم حاصل می شد . اگر سرعت تشکیل این ماده بر سرعت انتشار آن در محیط خارج می چربید ، فشار اسمزی زیادی در داخل سیستم ایجاد می شد و این امر سرانجام ، سیستم را قطعه قطعه می کرد . هنگامی که متابلیسم به حالت اول برمی گشت ، این اجزا بازهم نمومی کردند و يك بار دیگر پلیمرهایی جمع می کردند و سپس باز تکه تکه می شدند ؛ الی آخر .

با تشکیل غشاهای سطحی و پس از پیداشدن مکانیسمهای لگامزدن انرژی، پدیده تقسیم فعال اجسام زنده بایستی اشکال پیچیده تری به خود گرفته باشد. و این اشکال تقسیم به واسطه تأثیر متقابل پروتئینهای غشاء بر ATP بود که با تغییرات متناوب در ساختمانهای مزبور همراه گشت.

توانسته اند نشان بدهند که در اجسام زنده معاصر این نوع تأثیر متقابل متضمن دفسفریلاسیون ATP است و از انرژی آزاد شده در پروسه تقسیم فعال سلول استفاده می شود که به نحو بارزی اندوترمیک است.

ساختمان داخلی يك قطره کوآسروات، کم و بیش متحدالشکل است و بنابراین قطعات حاصل تقسیم آن اساساً همانندند. اما به محض به وجود آمدن حیات، افتراق داخلی سیستمهای زنده بیشتر و بازم بیشتر گردید و از این رو دشواری عمده در تکثیر، عبارت از این ضرورت بود که هر يك از سیستمهای نوزاد، ترکیب و ساختمان اصلی خود را حفظ کند. یعنی تقسیم به نحوی صورت گیرد که اجزای تشکیل یافته فقط از حیث اندازه و حجم با سیستم اصلی اختلاف داشته باشند نه از لحاظ سازمان. هر چه اندامکهای پروتوپلاسمی افتراق بیشتری می یافتند، حل این مسئله پیچیده تر می گردید و این امر فقط با ایجاد تکامل مکانیسمهای کیفی جدیدی که در سیستمهای زنده وجود نداشتند، میسر شد. (به شکل ۱۶ در آخر کتاب مراجعه شود)

پیچیدگی و کارآیی فوق العاده این مکانیسمها در ارتباط با تشکیل هسته سلول توسعه یافت. همان طور که قبلاً دیدیم، هنوز هیچ هسته افتراق یافته ای در جلبکهای سبز آبی دریا بعضی از انواع باکتریها وجود ندارد. مواد هسته در این ارگانیسمها به سادگی در مرکز پروتوپلاست به صورت اجسام شکل یافته

مفرد از جنس DNA پراکنده شده اند. اما حتی اینجاهم می توانیم تغییرات اختصاصی اجسام مزبور در موقع آماده شدن پرتوپلاست برای تقسیم رابه همراه توزیع مجدد مواد هسته مشاهده کنیم. در سطح عالیتر رشد تکاملی، پروسه منظم تقسیم هسته مقدم بر تقسیم همه جانبه سلول صورت می گیرد. این پروسه در تقسیم غیرمستقیم به عالیترین درجه کمال خود می رسد که بوسیله آن مواد هسته سلول مادر با دقتی شگفت آور بین سلولهای دختر تسهیم به نسبت می شود.

با شروع تقسیم غیرمستقیم، تغییر عمیقی در مواد هسته پیش می آید، یعنی به پیداشدن کروموسومهای قابل رؤیتی منجر می شود که محتوی DNA هست. سپس این کروموسومها خود را در سطح استوایی سلول مرتب می کنند و هر يك از درازا به دو نیم تقسیم می شود. کروموسومهای حاصل که بدین ترتیب تشکیل می شوند از یکدیگر جدا می گردند و هر دسته در يك قطب سلول، در جاهایی گرد می آیند که هسته های جدید تشکیل شده اند، و سیتوپلاسم نیز تقسیم می شود (شکل ۱۶).

بارشد پروسه جنسی که قاعدتاً فقط هنگامی می تواند در رخ دهد که میان اجزای ترکیبی گامت های درهم آمیخته تطابق دقیقی موجود باشد توزیع دقیق مواد هسته حائز اهمیت ویژه ای شد. بنابراین مقدم بر تشکیل گامتها همیشه تقسیم به اصطلاح کاهشی صورت می گیرد که در آن هر سلول جنسی فقط نصف جمع کروموسومها را به دست می آورد؛ به طوری که تمامی تعداد کروموسومهایی که نشانه ویژه انواع مورد بحث است، هنگامی مجدداً تامین می شود که گامتها برای تشکیل زیگوت درهم می آمیزند. از این امر چنین نتیجه گرفته می شود که تکامل تقسیم غیر مستقیم را باید شرط اصلی پیداشدن تکثیر جنسی تلقی نمود.

توصیف درست میتوز را در هر کتاب درسی پساخنده‌شناسی می‌توان یافت ، مراحل پی در پی آن از لحاظ ریخت‌شناسی Morphology به مفصلترین صورت بررسی شده‌اند . اما طبیعت عواملی که بر این پروسه و مکانیسمهای اساسیش تأثیر می‌کنند ، هنوز بر ما پوشیده مانده است ، روشن است که این شکل تکثیر که در بسیاری از سلولهای معاصر رخ می‌دهد اکنون دیگر درجه بسیار عالی پیچیدگی سازمانی را نشان می‌دهد . از این رو نمی‌توان آن را به سادگی بر حسب قوانین معمولی فیزیک و شیمی مورد بحث قرار داد و از هر گونه مطالعه منشأ تکاملی آن بسائی که بسیاری از مصنفان معاصر در تلاش آنند ، طفره رفت .

این امر در مورد تکثیر از گانیمهای پریاخته که پیچیده‌تر از تقسیم ساده سلول است و با آن فرق دارد ، باز هم بیشتر تطبیق می‌کند . این پروسه نه فقط بر اساس پروسه‌های نمو ، تقسیم و افتراق سلولها ، بلکه بر پایه پروسه‌های رشد انتوژنتیک تمام ارگانسیم به عنوان یک سیستم واحد کامل مبتنی است .

این نه ممکن است و نه ضرورت دارد که گروه‌گوناگون و شگفت‌انگیز اشکال تولید مثل رویشی (Vegetative) و جنسی (Sexual) که در عالم گیاهی و جانوری هست ، در اینجا شرح داده شود . چنین شرحهایی را به سادگی می‌توان در کتابهای درسی جانورشناسی و گیاه‌شناسی پیدا کرد . ما در اینجا فقط لازم می‌دانیم که اختلافهای اصولی بین تکثیر موجودات تک‌یاخته و تکثیر جانوران و گیاهان عالیتر در نظر گرفته شود . در تقسیم ساده ارگانیمهای تک‌یاخته ، تولید مثل آنها مستقیماً صورت می‌گیرد و آنچه هم حاصل می‌شود مثل خودشان است . اما برعکس وقتی ارگانیمهای پریاخته تکثیر می‌یابند ، آنچه «مانند خودشان» می‌گردد ، بنا بر تعبیر مجازی لیسنکو فقط «بواسطه سلسله طولانی

استحاله های چیزی که مانند خود آن (یعنی خود ارگانسیم نوزاد - م .) نیست، در نسل آنها تجدید تولید می شود . یعنی ارگانسیم در نتیجه گذر از یک مسیر طولانی رشد دستخوش تغییرات عمیق کیفی می شود و بدین جهت دیگر آن نخواهد شد که قبلاً بود . قوانینی که در این پدیده حیاتی فوق العاده مهم حکمفرمایند ، هنوز هم نیازمند بررسی و اثبات هستند .

نیروی خودبازسازی، با قوای نمو و تکثیر موجودات زنده ملازمتی دقیق داشت . و همان طور که قبلاً دیده ایم ، به صورت ابتدایی خود مستقیماً از متابولیسم ناشی شده است . پدیده خود باز سازی بر این حقیقت مبتنی است که ارگانسیم ترکیباتی را که از لحاظ ماهیت شیمیایی نسبت بدان بیگانه اندازملاً خارج می گیرد و آنها را به موادی تبدیل می کند که با مواد همان وقت خودش همانندند . حتی در همین اواخر این نظریه به میزانی وسیع در آثار علمی پشتیبانی می شد که تشکیل پیوسته مواد خاص در درون ارگانسیم تماماً به علت وجود نمونه های ساخته آماده این مواد در ماده ژنهای ارگانسیم مزبور صورت می گیرد . گمان می رفت که این مولکولهای نمونه ، تکثیر می شوند و بدین سان ثبات ساختمان و ترکیب موجود را تأمین می کنند . به خاطر می آورم که چگونه تمامی یک شعبه از یک مؤسسه بسیار معتبر تحقیقات علمی مدت زمان درازی بیهوده کار می کرد و در آن کوشش می شد تا اثری از نیکوتین در دانه های توتون بیابند . زیرا اگر پیدا نمی شد توضیح وجود نیکوتین در گیاه رشد یافته ناممکن می گردید . اما شواهد شیمی حیاتی معاصر ، این عقیده را به نحو قاطعی رد کرده و برای ثبات سنتزهای بیوشیمی مکانیسم های کاملاً مغایری کشف نموده است ؛ مکانیسم هایی که بر اساس ثبات توالیهای خاص واکنشهای بیوشیمی مبتنی هستند . ما می بینیم که تشکیل

اسیدهای لاکتیک و بوتیریک در بعضی از انواع باکتریها، تشکیل کلروفیل و آنتوسیانینها و آلکالوئیدها در گیاهان عالی، تولید ویتامینها در سلولهای مخمر قندواسترپتومایسین ۲ در اکتینومیسیتها بدین علت نیست که نمونه‌های ساخته آماده این مواد قبلاً در آنها وجود داشته‌اند بلکه بدین جهت است که واکنشهای شیمیایی خاص با توالی جداً معین و کاملی در مرحله معینی از دوران زندگی آنها رخ می‌دهد. بویژه نیکوتین در ریشه‌های توتون فقط هنگامی از نوظاهر می‌شود که افتراق سلولهای مخصوص در آنها به ایجاد توالی متابلیک لازم برای بیوسنتز آن منجر گردد.

ثبات تشکیل موادی که خصیصه جسم زنده خاصی است فقط انعکاس نظامی است که در آن واکنش در پی واکنش دیگر در جسم مزبور رخ می‌دهد. این امر «خود بازسازی» ملکولها به معنای واقعی کلمه نیست، بلکه فقط تشکیل مجدد و کاملاً ثابت آنهاست. توالی واکنشهایی که اساس این تشکیل مجدد است به یک عامل بستگی ندارد، بلکه خود مبین تمام سازمان پرتوپلاسم ارگانیسم مورد بحث در جریان تأثیر متقابل آن بر محیط خارجش است. همان‌طور که قبلاً نشان داده‌ایم، حتی در ابتدایترین مراحل به وجود آمدن حیات، بایستی ثباتی در توالی واکنشهای متابلیک ایجاد شده باشد، زیرا سیستمهایی که به آسانی تغییر می‌کردند و به شدت ناپایدار بودند، پیوسته در معرض خطر از

۱. Antocyanins آنتوسیانین نام یک دسته از رنگدانه‌های

آلی سرخ یا بنفش رنگ گلها، برگها، میوه‌ها و ساقه‌هاست. این مواد از دسته گلوکوزیدها هستند.

۲. استرپتومایسین Streptomycin رایک نوع اکتینومیسیت

Actinomycete خاکی از جنس استرپتومیسس Streptomyces به نام

استرپتومیسس گریزئوس Str. Griseus تولید می‌کند - م.

دست دادن ثبات دینامیک خود بودند و این به معنای نابودی آنها بود. بنابراین پروسه انتخاب که در جریان تکامل تدریجی بعدی آنها صورت گرفت ، فقط آن عده از سیستمهای اصلی را نگه داشت که در آنها واکنشهای شبکه متابلیک برای تشکیل سیکلها و سلسلههای ماندگار و به طور ثابت تکرار شونده بسا هم متوجه شدند .

از گانیمهای اولیه بر اساس این پایه ابتدایی نیز توانستند قدرت سنتز مداوم ترکیبات نسبتاً پیچیده و مورد نیاز خود، نظیر کوآنزیمها یا ATP را کسب نمایند. در جنب این پدیده، تثبیت تدریجی توالی اسید آمینه در ساختمان پلیمرهای شبه پسر تئینی صورت گرفت .

اهمیت عامل اخیر هنگامی به نحو بارز بیشتر گردید که افزایشهای طول و پیچیدگی سلسله واکنشهای متابلیک موجب شد که بین سرعتهای واکنشهایی که حلقههای اتصال متعدد سلسلههای مزبور را تشکیل می دهند برقراری هماهنگی بسیار دقیقی الزام آور گردد . نیل بدین مقصود فقط پس از پیدا شدن آنزیمها، یعنی پسر تئینهایی که در داخل ملکولهایشان بین بعضی از گروههای اتمی ارتباط متقابل جداً معینی وجود داشت ، امکان پذیر گشت . همان طور که می دانیم این امر صرفاً به واسطه وجود نظامی معین در توزیع ذخیره اسید آمینه زنجیر پلی پپتید به دست نمی آید، بلکه بر اثر طرز تاشدگی زنجیر مزبور در گویچه پسر تئین حاصل می شود. به نظر می رسد که توالی واکنشهای متابلیک ، یعنی سازمانبندی زمانی اجسام زنده که اساس قدرت ابتدایی تولید مثل آنها را تشکیل می داد به تنهایی برای این منظور کافی نبوده باشد. در یک مرحله عالیتر و خاصی از مراحل رشد تکاملی حیات، سازمانبندی فضایی یا پیکربندی Configuration ملکولهای درشت RNA و

دانه‌های ریبونوکلئیکی که توسط RNA به وجود آمد ، از لحاظ تولید مثل حائز اهمیت بسیار شد .

بسیاری از واقعیاتی که اخیراً کشف شده‌اند ، مؤید نقش مهم RNA در سنتز پرتئینهای دارای ساختمان اختصاصی ، بویژه آنزیمها ، هستند. اما همان‌طور که بامثال سنتز ویروس نشان داده شد و قبلاً چند بار بدان اشاره کردیم ، این نقش فقط روی زمینۀ يك شبکهٔ متابلیک خاص ممکن است اجرا شود . از این رو RNA عامل مستقل و منحصر به فردی نیست که قدرت تولید مثل موجودات زنده کاملاً معلول آن باشد . این قدرت در وهلهٔ اول به سازمان متابلیسم بستگی دارد که در مرحلهٔ جلوتری از پروسهٔ رشد تکاملی پدید آمد و هر چند که RNA يك مکانیسم تکمیلی و رو بنایی با منشأ متأخر است ، اما مکانیسم مهمی است و سازمان متابلیسم را به سطحی جدید و عالیتر ارتقا داد .

گام بعدی که به همان سمت برداشته شد پیداشدن DNA بود که مستقیماً برای سنتز یکنواخت پرتئینها لازم نیست . این امر را در مورد يك قطعهٔ بدون هستهٔ جلبک استابولاریا *Acetabularia* می‌توان دید که ماهها قدرت سنتز پرتئینها و RNA را حفظ می‌کند بی‌آنکه هسته‌ای داشته باشد (به شکل ۱۷ در آخر کتاب مراجعه شود) .

اما DNA ، بر اثر اینرسی زیاد متابلیکش ، عامل پایدار کنندهٔ مهمی است . احتیاج به چنین پایدار کننده‌ای مخصوصاً هنگامی به سرعت بیشتر شد که پیچیدگی روز افزون شبکهٔ متابلیک بسیار متغییر وضعی به وجود آورد که در آن يك ثبات دینامیک واحد به تنهایی برای خود بازسازی دقیق سیستم زنده در جریان تقسیمش نارسا گردید .

در این مسئله نمی‌توانیم تردید کنیم که قاعدتاً ، DNA سنتز

شده در موجودات زنده معاصر درست ساختمان آن چیزی را از نو می‌سازد که قبلاً در هسته سلول وجود داشته است. ما می‌توانیم توضیح این امر را در سنتز آنزیمی پلی‌نوکلئوتیدها بیابیم که اخیراً به وسیلهٔ س. اچوا، م. گرونبرگ ماناگو، ا. کرونبرگ و دیگران انجام شد. این سنتزها فقط در حضور نمونه‌های پلی‌نوکلئوتیدی که قبلاً سنتز شده‌اند، قرین موفقیت می‌گردند. از این رو می‌توان فرض کرد که آنزیمهای پرتوپلاسمی در سلول زنده، ملکولهای جدید DNA را با همان ساختمان ویژه‌ای سنتز می‌کنند که ملکولهای DNA ترکیب هسته سلول قبلاً دارای آن بودند.

مطالعات بیوشیمیایی معاصر نشان می‌دهد که DNA در متابولیسم فوق‌العاده انفعالی است. DNA در هر سلول در حال نمو جمع می‌شود و گویی که از متابولیسم اخراج می‌گردد، به طوری که هنگامی که بعداً سلول تقسیم می‌شود، این ماده به صورتی که قبلاً در سلول مادر سنتز می‌شد، بدون تغییر به سلولهای دختر منتقل می‌شود. این امر بدون شك عامل بسیار مهم خودبازسازی ارگانیسما در نسلهای آنهاست. اما آن طریقه واقعی که موجب می‌شود، به واسطه ثبات ساختمانی DNA، پیوسته همان توالیهای واکنشهای متابولیک مربوط به سلول مادر در سلول دختر نیز رخ دهد، هنوز بر ما کاملاً تاریک مانده است. ولی این نکته در مرحله کنونی تکامل تدریجی که می‌توانیم آن را مورد ملاحظه قرار دهیم، نکته پوشیده مسئله خود بازسازی موجودات زنده است.

غقیدهٔ عموم بر این است که DNA ی موجود در سلول، به طریقی که عملاً نامعلوم است، سنتز پرتئینهای اختصاصی و مخصوصاً آنزیمها را تعیین می‌کند. تصور می‌کنند که DNA یا به طور مستقیم به مثابه ماده‌ای بنیادی برای سنتز به کار می‌آید؛ یا اینکه «اطلاعات» ضروری را برای این سنتز که در

«کد»^۱ ساختمان بالفعل DNA هست از راه RNA منتقل می‌کند. از این رو این ساختمان در تشکیل گروه ثابتی از آنزیمها، و بدین سبب در تشکیل توالی مخصوص و پایداری از واکنشهای شبکه متابولیسم نقشی تعیین کننده دارد.

اما فعلاً چنین فرضی تنها بر پایه قیاسهای کم و بیش ساده - لوحانه، و شواهد بسیار غیرمستقیم مبتنی است. هیچ بررسی بیوشیمیایی به عمل نیامده است که براساس آن پدیده‌هایی که مسلم فرض شده‌اند مجدداً تولید شده باشند. برعکس مدارک چندی هست که بیشتر به نقض این فرضیه گرایش دارند تا به تصدیق آن. مثلاً اخیراً نشان داده شده است که اگر در باکتری‌هایی که از لحاظ اسیدهای نوکلئیک ساخته آماده بسیار غنی هستند، میکروبهای مورد مطالعه، موادی را که برای سنتز پرتئینها لازم نیستند ولی برای تشکیل اسیدهای نوکلئیک ضرورند دریافت نکنند، سنتز پرتئینها به نحو بارزی عقب می‌افتد و یا به کلی متوقف می‌گردد. این امر این استنباط را به وجود می‌آورد که علت تعیین کننده ویژگی سنتز پرتئین وجود ذرات ساخته آماده اسید نوکلئیک که کد خاصی دارند نبود، بلکه باز ساخت ذرات مزبور در جریان متابولیسم طبیعی است.

برای آنکه نشان دهم که غیر از فرضیه‌های پیش گفته شده راجع به نقش DNA در خودبازسازی سیستمهای زنده، فرضیه‌های دیگری نیز می‌تواند وجود داشته باشد، به خود (با استفاده از حق خویش به عنوان یک مؤلف) اجازه می‌دهم مشاهدات منتشر شده اخیر کمونر Commoner را به اختصار مطرح نمایم. به هنگام نموسلول، تشکیل مداوم DNA در زمینه متابولیسم

۱. Code «کد» در اینجا به معنای مجازی دفترچه یا کتاب

علائم رمز به کار رفته است - م.

عمومی ادامه می‌یابد . ترکیب و ساختمان این DNA با ترکیب و ساختمان DNA قبلی هسته که در اینجا نقش اول را بازی می‌کند ، مطابقت دقیق دارد . ملکولهای DNA ، در جریان تشکیلشان مونو، دی و پلی نوکلئوتیدهای گوناگون را از ترکیبات متابلیسم عمومی استخراج می‌کنند و اینها در آنجا به مقادیری معین و به نسبتهایی معین پیوسته سنتز می‌شوند و نقش بسیار مهمی را به عنوان کوآنزیمها، واسطها ، و غیره در متابلیسم ایفا می‌نمایند . بر کنار شدن این مواد فعال از متابلیسم عمومی در سنتز اسید نوکلئیک با نظمی که جداً مخصوص DNA مورد بحث است و نیز به نسبتهای کمی جداً معین صورت می‌گیرد. از این رو این ملکول اختتامی DNA نیست که در متابلیسم تأثیر ویژه می‌کند ، بلکه پروسه واقعی تشکیل آن است. DNA پس از ساخته شدن از متابلیسم اخراج می‌شود و اگر بتوان چنین چیزی گفت ، در «سردخانه» ذخیره شده و در آنجا بدون تغییر حفظ می‌گردد و بدین سان به سلول جدیدی منتقل می‌شود و در سلول جدید يك بار دیگر نقش اول را در سنتز مقادیر جدید DNA ایفا می‌کند و بدین ترتیب درست همان طور که در سلول مادر رفتار می‌کرد ، متابلیسم سلول دختر را هم تنظیم می‌کند.

به همان طریق که DNA خودی می‌باید نقش اول را بازی کند، DNA بیگانه نیز اگر بدون تغییری امکان دخول به سلول پیدا کند، این نقش را ایفا خواهد کرد . شاید این همان باشد که در آزمایشهای مربوط به مجزا کردن DNA از يك صنف باکتری و داخل کردن آن در صنف دیگر صورت می‌گیرد و بر اثر آن باکتریهای صنف اخیر به صنف اول تبدیل می‌گردند .

از نظر گاه فرضیه‌ای که هم اکنون مطرح گردید ، مجموعه ترکیب بفرنج متابلیسم ، یعنی تمامی سیستم زنده است که دارای

قدرت خود بازسازی است. این نیرو در همان آغاز برقراری متابولیسم و بسیار پیش از پیداشدن DNA پدید آمد و بدان ارتباطی نداشت. با این حال پیداشدن DNA در تکامل تدریجی خصیصه مورد بحث موجودات زنده مرحله بسیار مهمی بود. پیداشدن DNA نیروی خودبازسازی را به سطح بسیار عالی سازمانبندی بالا برد و محافظه کاری (Conservatism) مخصوصی، یعنی ثبات پایدار ترکیب ساختمان و متابولیسم را در جریان تقسیم موجودات زنده که پیوسته پیچیده تر می گشتند، تأمین نمود. اما این امر، البته به هیچ وجه بدان معنی نیست که تمام پدیده خود بازسازی بیولوژیک را درست به «سطح تکثیر» ملکولهای DNA تنزل بدهیم.

نیروی خود بازسازی در شالوده پدیده توارث قرار دارد و ولی مفهوم اخیر بسیار وسیعتر از مفهوم قبلی است. توارث تجربیات همه نسلهای پیشین را استحکام می بخشد.

بنابراین هر چه طریق تکاملی رشد فیلوژنتیکی که یک ارگانیسم پیموده است، درازتر باشد و هر چه موجود زنده در پله عالیتری از نردبان تکامل قرار داشته باشد، وراثت آن اشکال پیچیده تری به خود می گیرد.

وراثت در ابتدایترین موجودات تک یاخته ضرورتاً شامل حفظ توالی متابلیک ویژه آنها در جریان نمو و تکثیر لاینقطعشان می شود. بنابراین در این مرحله از تکامل تدریجی، پدیده خود بازسازی نقش مسلطی در توارث دارد.

اما با بفرنجتر شدن سازمان موجودات زنده، پروسه رشد به واسطه تغییراتی اساسی که در متابولیسم پدید می آورد، مسئله توارث اهمیت بیشتری کسب می کند. در دوره رشد ارگانیسمهای پریاخته، یک رشته تغییرات معین در توالی واکنشهای متابلیک پیش می آید که ما قبلاً بدانها به عنوان توالی درجه دوم اشاره

کردیم . این يك جنبه اصلی توارث موجودات با تکامل عالی است که فقط به حفظ توالی واکنشهای متابولیک مربوط نمی گردد، بلکه با گذر از گانيسم از مراحل رشد فردی، به طور عمده به سوی بقای تغییر ناپذیری يك توالی تغییرات منظم در متابوليسم متوجه می شود. همان طور که قبلاً دیدیم ، اساس این توالی به همان شکل ابقا می شود که در جریان رشد فیلوژنتیک باطی سلسله دراز نسلهای قبلی تکمیل شده است . این امر نمی تواند به هیچ عامل منفردی بستگی داشته باشد ، اما سازمان موجود زنده را آنچنان که در طول تاریخ تکمیل گشته است ، منعکس می کند.

بنابراین هر گونه تغییری که در مواد هسته یا DNA ایجاد کنیم هرگز موفق نمی شویم که به عبارت ساده ، فیلو را به مگسی یا برعکس مگسی را به فیلو تبدیل نماییم . در تغییراتی که می توانیم ضمن تحقیقاتمان راجع به وراثت مستقیماً مشاهده کنیم ، فقط با روینها و اصلاحاتی سروکار داریم که بر قله توالی اساسی تکامل قرار دارند و آن را تکمیل می نمایند . ما در اینجا گویی با توالی درجه سومی سروکار داریم . البته آنچه گفته ایم هنوز از توصیف قانع کننده تمام پدیده وراثت بسیار دور است . اما اقل دلالیت بر این می کند که خصیصه مزبور در موجودات با تکامل عالیتر ، پیچیده تر از نیروی تولید مثل است که در ابتدای امر یعنی همزمان با به وجود آمدن اولیه حیات پدید آمد. ما همچنین باید به خاطر داشته باشیم که از میان همه امکاناتی که ذاتی اساس توارث ارگانيسم هستند ، تنها آنهایی تحقق می یابند که شرایط ضروری و مناسبی برای تحققشان در محیط وجود داشته باشد. بنابراین وراثت فقط می تواند بر اساس وحدت ارگانيسم و محیطش در مرحله ای معین از تکامل تدریجی ماده زنده پدید آید.

همان طور که قبلاً دیدیم ، انرژی حاصل از واکنشهای

اکزوارگیک Exoergic reactions در اجسام زنده برای یک عده مقاصد مختلف - برای استخراج فعالانه مواد از ملامت خارج، سنتز اجزای ترکیبی پرتوپلاسم، نمو و تکثیر ارگانیسرها، و نیز برای اعمال اسمزی، الکتریکی، و حتی اعمالی نوری که در آنها رخ می دهند - مصرف می شود. اما مورد مصرف بویژه روشن انرژی مزبور تغییر شکل انرژی شیمیایی به صورتی دیگر، یعنی به صورت حرکت مکانیکی یا قدرت جابه جاشدن ارگانسیم است.

حرکت

این نیرو در همان آغاز عمر حیات پدید آمد و بدین جهت می تواند بمثابه یکی از خصیصه های اساسی همه موجودات زنده تلقی شود. این درست است که بسیاری از موجودات زنده معاصر قدرت حرکت قابل رؤیت را ندارند، اما حتی در این موارد نیز پرتوپلاسم در سلولهای آنها با فعالیت کاملی حرکت می کند و می گردد. به علاوه، موجودات زنده در هنگام نمو و تکثیر خود، پیوسته به آهستگی حرکت می کنند.

جابه جایی موجودات زنده نسبت به محیطشان ممکن است به یکی از چهار روش آمیبی، مژه ای (Ciliary)، تاژکی (Flagellar) و عضلانی، (Muscular) انجام شود. آخرین نوع جابه جایی که به انقباض عضلانی بستگی دارد جدیدترین شکل حرکت است و صفت ویژه موجوداتی با تکامل عالی است که بافتهای آنها افتراقی عالی یافته اند و به انجام وظیفه عضوی خاصی سازگار شده اند. البته اینجا پدیده مزبور به پیچیده ترین صورت خود تجلی می کند. اما این حقیقت که این شکل بیولوژیک حرکت از قدیمیترین زمانها، به شدیدترین وجه بررسی شده در صورتی که اشکال ابتداییتر آن به قدرت مورد مطالعه جدی واقع شده اند، قضایا را در تاریخ علم

پیچیده تر کرده است .

تنها این اواخر است که این نقص برطرف گردید. اما حتی در انجام این امر نیز بعضی از اشخاص غالباً شواهد به دست آمده از سیستمهایی را به کار برده اند که اگر هم بهتر بررسی شوند محققاً بسیار بفرنجتر از آنند که بتوان به کمکشان اشکال ابتدایتر حرکت را ارزیابی کرد .

آشکار است که تغییر برگشت پذیر شکل، و نیروی نگهداری آب ، و خواص دیگر ذرات پرتئین ، و بالاخره حتی ترتیب این ذرات نسبت به یکدیگر در گروههای پرتئینی ، نشان دهنده يك رویداد ابتدایی در حرکت بیولوژیک است . همه این پدیدهها پیوستگی مستقیمی با تأثیر متقابل بین پرتئینها و ATP دارند که دفسفریلاسیون می یابد و به عنوان منبع انرژی برای حرکت مکانیکی به کار می آید .

این نوع تغییر مستقیم شکل انرژی شیمیایی به انرژی مکانیکی حتی در سیستمهای پرتئینی باز و اولیه امکان وقوع یافته و آن هنگامی بوده است که انرژی آزاد شده درون سیستمهای مزبور بر اثر نقل مکان هیدروژن ، دیگر فقط به صورت گرما پراکنده نگردیده بلکه به تجمع در اتصالاتی پرتئینی ATP پرداخته است . اصلاح تکاملی بعدی این پروسه عبارت بود از - دروهله اول - تسریع واکنشهای همراه با ذخیره شدن و انتقال انرژی و - دروهله دوم - نظم و ترتیب ساختمانی موقعیتهای نسبی میسلهای پرتئینی در گروههای آنها .

در ساده ترین حالت ، انرژی ای که در جریان تنزل ATP آزاد می گردد در تبدیل پرتئین پرتوپلاسم (مخصوصاً طبقه سطحی آن) به حالت ژل مورد استفاده واقع می شود. شواهد معتبر کنونی مدلل می دارند که طبقه سطحی پرتوپلاسم حاوی پرتئینهایی است

که می‌توانند با ATP وارد فعل و انفعال شیمیایی شوند. انرژی‌ای که بدینسان آزاد می‌گردد برای حفظ کشیدگی طبقه قشری به کار برده می‌شود که شکل و تنوس سلول وابسته بدان است. يك تغییر در این نیروی کششی می‌تواند به حرکت منجر شود. واضح است که چنین پدیده‌هایی اساس حرکت را بخصوص در مورد بعضی از گیاهان، تشکیل می‌دهد.

دلایلی هست که تصور کنیم که تغییر پروتئینهای پر توپلاسمی از ژل به سل ۲ و باز برعکس علت حرکت به اصطلاح آمیبی است که صفت مشخصه پلاسمودیمهای ۳ قارچهای لزج یا میکسومیستها، آمیبها و موجودات مشابه دیگر می‌باشد. در حرکت آمیبی برجستگی‌های پر توپلاسمی بزرگ و کوچکی (پاواره‌ها = Pseudopodium) به وجود می‌آیند که در جهت حرکت آمیب کشیده می‌شوند. سپس بقیه توده زنده به داخل این برجستگیها جاری می‌شود و بدینسان نسبت به زمینه خود جا به جا می‌شود. نشان داده شده است که پلاسمودیم قارچها محتوی پرتئین ویژه‌ای معروف به میکومیوزین

۱. Tonus. در فیزیولوژی و بیولوژی کشش طبیعی پر توپلاسم را در حالت استراحت تنوس یا تونیسیته Tonicite می‌گویند. حالت نیمه انقباضی که در عضلات، در موقع استراحت مشاهده می‌شود، ناشی از تنوس سلولهای عضلانی است که بدان تنوس عضلانی گفته می‌شود.

۲. Sol یا محلول کلوئیدی (Colloidal solution) محلولی است که در آن ماده حل شده، یا Solute در حالت کلوئیدی باشد؛ مثال، محلولهای نشاسته، آلبومین و فلزهای کلوئید - م.

۳. Plasmodium. منظور از پلاسمودیم گروه سلولهایی است که جدار سلولی ندارند و بدین جهت سیتوپلاسم مشترك و واحدی را تشکیل می‌دهند اما هسته‌ها از هم مجزا هستند - م.

Myocomyosin است که می تواند با ATP واکنش نشان دهد . وقتی که این واکنش صورت می گیرد، ژل پرتوپلاسمی در انتهای متحرك بدن حالت مایع به خود می گیرد ؛ درحالی که در ناحیه دم، ژل قشری منقبض می گردد . این عمل موجب رانده شدن پرتوپلاسم مایع به داخل پاواره می گردد .

بدین جهت آنجا که حرکت آمیبی هست ، هنوز بخشهای افتراق یافته ای در جسم زنده وجود ندارند که عمل جا به جا شدن ارگانسیم را اختصاصاً انجام دهند . آنجا که حرکت مژه ای یا تاژکی هست چنین افتراقی دیگر صورت گرفته است . مژکها که زائده های متحرك و متعدد سلولند در میان موجودات بسیار گوناگون جهان زنده ، هم در ارگانسیمهای تک یاخته و هم در موجودات پریاخته بسیار شایع اند . تاژکها اندامکهای سلولی ویژه ای هستند که آنها را در عده معدودی از ارگانسیمهای تک یاخته، در اسپرما توزوئیدهای بسیاری از جانوران، در گیاهان پست، در زوسپرها و جلبکها و غیره می توان یافت .

با وجود اینکه این دو قسم صورت بندی در بسیاری از جهات به یکدیگر شباهت دارند، باز حرکت تاژکها به نحو عالیتری سازمان یافته و پیچیده تر شده است . بویژه تاژکها نه تنها مانند پارو (که خصیصه مژکهاست)، بلکه شبیه ملخ هواپیما نیز حرکت می کنند . بهرغم شواهد تجربی و توصیفی بسیاری که وجود دارد ، هنوز حرکت مژکها و تاژکها روشن نیست . تنها چیزی که به یقین می توان گفت این است که اینجا هم منبع انرژی برای حرکت

۱ . Zoospores . هاگهای غیرجنسی (Asexual) جنینده

رازوسپر می نامند . زوسپرها پرتوپلاستهای عریان ، یعنی فاقد غشای سلولی هستند و حرکت آنها بسته به اینکه دارای مژه یا تاژک باشند مژه ای یا تاژکی است - م .

مکانیکی دفسفریلاسیون ATP است که توسط پرتئینهای ویژه در پرتوپلاسم صورت می گیرد. مؤکها و تاژکها به مثابه اجراکننده‌هایی مستقل عمل می کنند، ولی در جریان تکامل تدریجی ارگانسیم بیشتر از هر چیز تحت نظارت دستگاه عصبی قرار گرفته اند؛ از این رو حرکت مؤه ای و تاژکی، هم از نقطه نظر وجود اندامکهای افتراق یافته مخصوص، وهم از لحاظ پیدا شدن نوعی تنظیم درمقایسه با حرکت آمیبی، نشان دهنده گامهای بس بلندی به جلو است. اما نیروی جابه‌جایی ارگانسیم، به واسطه انقباض عضلانی فوق‌العاده کارآمد شده است. این شکل حرکت نسبت به سایر اشکال حرکت هم از لحاظ سرعت وهم از نظر نیرو آن قدر برتری دارد که کاملاً حق داریم آن را به عنوان خاصیتی جدید تلقی کنیم که فقط در مرحله‌ای نسبتاً عالی از رشد تکاملی سلسله جانوری پدید آمده است. با پیدا شدن حرکت عضلانی نیروی انقباضی ذاتی پرتوپلاسم وظیفه اصلی سلولها یا کمپلکسهایی چند هسته‌ای - رشته‌های عضلانی - گردید که افتراقی عالی یافته‌اند و ساختمانی بسیار پیچیده و مخصوص دارند. رشته‌های عضلانی، این ساختمان راناکهانی کسب نکردند، بلکه به کمک تشریح مقایسه‌ای و بافت‌شناسی می‌توانیم معتقد به این گردیم که عناصر ساختمانی رشته‌های عضلانی در جریان تکامل تدریجی تغییر یافتند و به تدریج با انجام وظایف عضوی خود هر چه بهتر سازگار شدند.

عضلات احشایی، ساختمانی نسبتاً ساده دارند. این عضلات شامل سلولهای کوچک و کشیده دوکی شکل که هر کدام دارای یک هسته است می‌باشد. آنها به طور مشخص انقباضهای مکرر و منظمی می‌یابند که ممکن است کاملاً مستقل از دستگاه عصبی صورت گیرد؛ گرچه در ارگانسیمهای عالی، دستگاه اعصاب خود کار بر آنها نظارت می‌کند.

در بی‌مهرگان (Invertebrates) پست، مانند کیسه‌تنان^۱ عضلات بدن نسبتاً شبیه عضلات احشایی‌اند و همان نبض منظم و مشخص را دارند. با صعود از پلکان تکامل تدریجی این ساختمان پیچیده‌تر می‌شود؛ اما حتی در کرمها و نرم‌تنان پستتر نیز هنوز نسبتاً ساده است. فقط در بی‌مهرگان عالیتر مانند نرم‌تنان پا بر سر یا حشرات است که پیچیدگی آن به پیچیدگی عضلات تنه و استخوانبندی مهره‌داران می‌رسد. افتراق ساختمانی این عضلات به اصطلاح مخطط، بسیار عالی است و خاصیت انقباضی آنها بویژه از لحاظ سرعت و قدرت انقباض به پایه شگفت‌انگیز بلندی رسیده است.

دلایلی هست که معتقد شویم به اینکه چنین برتری عملی فقط در نتیجه تغییرات منفردی که در سطح پرملکولی صورت می‌گرفت، نمی‌توانست حاصل شود. هیچ شك نمی‌توان داشت که در کار عضلانی، حرکات گروه‌های پرتئینها نسبت به یکدیگر در ساختمان رشته عضلانی اهمیت بسیار دارند.

مهمترین این پرتئینها اکتین و میوزین هستند. بنابر عقیده

و. انگل‌گارت V. Engel' gardt و م. لیوبیموا M. Lyubimova

میوزین آنزیمی است که ATP را دفسفریله می‌کند. این دو باهم ترکیبی می‌سازند به نام اکتومیوزین که ملکولهای ترکیبی آن سمتگیری فضایی معینی دارند. تلاشهای زیادی شده است. که کار عضله را بامدلهایی دوباره عملی کنند که اختصاصاً از اکتومیوزین ساخته شده باشند. اگر ATP به تارهای اکتومیوزین افزوده شود، تارهای مزبور منقبض می‌گردند و کار انجام می‌دهند و در همان

۱. Coelenterates. کیسه تنان شاخه‌ای از جانوران

بی‌مهره را تشکیل می‌دهند. مرجانها، شقایق دریایی از جمله کیسه‌تنان به‌شمار می‌روند - م.

وقت ATP مورد استفاده واقع می‌شود. سپس تاراکتومیوزین شل می‌شود و دوباره می‌توان با افزودن ATP آن را منقبض کرد. بدین سان، در اینجا اکتومیوزین نقش يك اکتومیوزین تریفسفاتاز Adenosine triphosphatase را ایفا می‌کند و انرژی ATP را آزاد می‌سازد و بدین ترتیب موجب انقباض تار می‌گردد.

با وجود این حتی بهترین نمونه‌های اکتومیوزینی که تاکنون ساخته شده‌اند، نمی‌توانند شباهت تامی به رشته عضلانی پیدا کنند. روشن است که ساختمان رشته عضلانی بسیار عالیتر سازمان یافته است و انقباض آن با حرکت مرتب ملکولهای میوزین و اکتین یا ترکیبهای آنها همراه است. تنظیم انقباض عضلات اسکلتی نیز فوق‌العاده بفرنج و به نحوی عالی سازمان یافته است و به وسیله دستگاه اعصاب انجام می‌شود.

تحريك پذیری و فعالیت عصبی

در بسیاری از موارد، حرکت مکانیکی بارزترین نشانه تحريك پذیری (Irritability) است که خصیصه عمومی همه موجودات زنده است. تحريك پذیری را معمولاً به معنای قدرت جواب دادن ارگانسیم به محرکی (Stimulus) محیطی به وسیله واکنشی می‌دانند که از لحاظ نیرو، مکان و خصلت بانبرو، مکان و خصلت خود محرك، مطابقت ندارد. این واکنش ارگانسیم به دلیل برگشت پذیر بودنش با پدیده‌های مشابه آن در طبیعت غیر زنده اختلاف اساسی دارد. تخلیه انرژی در يك سیستم معدنی (مثلاً انفجار باروت) برگشت خود به خودی به حالت اولیه سیستم را به دنبال ندارد. در موجودات زنده، برعکس این برگشت رخ می‌دهد؛ به طوری که يك تحريك قاعداً می‌تواند بارها تکرار شود.

با اشکال می توان گفت که تلاشهای مصنفان متعدد معاصر برای آنکه پدیده های مشابه تحریک پذیری بیولوژیک را حتی در سطح یک ملکولی رشد تکاملی ماده کشف نمایند تا چه اندازه به مورد است . اما می توان تصور نمود که سیستمهای پرملکولی بازی که آنها را شالوده منشا حیات فرض کردیم ، به مجرد اکتساب نوعی متابولیزم ، هر قدر هم که ابتدایی بوده باشد ، دارای نیروی واکنشی ویژه ای در برابر تأثیرملاً خارجی پیرامونشان شدند . با پیدا شدن پروسه هایی که موجب ذخیره شدن انرژی (مثلاً به شکل ATP) می شدند سیستمهای مزبور امکان یافتند که این انرژی را در پاسخ محرک خارجی تخلیه نمایند . این امر می بایست به تغییرات کلوئیدی شیمیایی در سیستمهای کوآسروات ، و مخصوصاً به تغییراتی در درجه انتشار ترکیبات شبه پر تئینی موجود در آنها ، و همچنین به تغییرات چسبندگی و نیروهای جذب سطحی ، یعنی به همه پدیده هایی که حالا هم به هنگام تحریک پرتوپلاسم سلول صورت می گیرد ، منجر شده باشد . اما در سیستمهای اصلی همان طور که در پرتوپلاسم معاصر صورت می گیرد ، انرژی مجدداً اندوخته می گردید . بر اثر واکنشهای لاینقطع متابلیکی که در آنها رخ می داد ، انباشته شدن مجدد انرژی صورت می گرفت و در نتیجه آن سیستم به حالت اصلی خود باز می گشت .

اگر چنین نمی شد ، سیستمهای اولیه پیوسته در معرض خطر نابودی قرار می گرفتند . بدین سان عامل انتخاب طبیعی در این باره به وضوح خاصی تجلی کرد . تکامل تدریجی بعدی تحریک پذیری ، به عنوان یک خصیصه اصلی و اولیه هر جسم زنده ، در نتیجه تأثیر عامل مزبور سمت کاملاً معینی پیدا کرد و بر اساس این خصیصه جدید ، و مخصوصاً بر اساس ارگانیسیمهای ابتدایی مزبور ، قابلیت

تهییج^۱ در آنها به وجود آمد که در آن هنگام خصلت سازش بارزی داشت و موجودات را قادر می ساخت که اعمال خاصی را در جواب تأثیر دنیای خارج انجام دهند .

قابلیت دخول موجودات زنده در يك حالت تهییج شده ، تحت تأثیر محرکهای بیرونی یا درونی ، پیش از هر چیز در برگشت فعال توالی و شدت واکنشهای متابولیک (که با مصرف شدن ذخیره های داخلی انرژی صورت می گیرد) تجلی می کند . با این حال ، این تغییرات با عده ای از تغییرات ساختمانی ، فیزیکی ، و فیزیکی شیمیایی اختصاصی تهییج پرتوپلاسم به هم پیوستگی محکمی دارند . از این میان باید به پدیده های بیوالکتریک^۲ (پتانسیلهای بیوالکتریک و جریانهای الکتریک کار)^۳ توجهی

۱. Excitability. قابلیت تهییج از لحاظ فیزیولوژی و بیولوژی به مفهوم قدرت واکنش اختصاصی ارگانیسمهای تک یاخته و بافتهای موجودات عالیتر به محرکهای مربوطه است . چنانکه می دانیم هر بافت بر اثر افتراق ساختمانی شکلی و عملیش در برابر محرکهای خارج ، واکنش مخصوص خویش را بروز می دهد (عضله منقبض می شود ، غده مترشح مایع خود را ترشح می کند و غیره) . در کتاب حاضر برای قابلیت تحریک یا تحریک پذیری مفهوم عام قدرت واکنش جوابی پرتوپلاسم زنده به محرکهای محیطی منظور نظر است ؛ در صورتی که قابلیت تهییج یا تهییج پذیری بدین معنی آمده است که پرتوپلاسم زنده در پاسخ محرکهای معین اعمال خاصی را در کادر موجودات تک یاخته یا پریاخته انجام می دهد .

۲. Bioelectric phenomena . پدیده های الکتریکی را که در سلولهای زنده روی می دهد ، پدیده های بیوالکتریک می نامند - م .

۳. Action current . جریان الکتریکی را که در ضمن کار عضلات در آنها به وجود می آید ، جریان کار می نامند - م .

مخصوص بکنیم ، سابقاً تصور می رفت که جریانهای کار فقط در بافتهای عصبی و عضلانی رخ می دهد و در انجام وظیفه عضوی این سیستمهای دارای افتراق عالی ، نقش عمده را دارند ، اما اکنون نشان داده شده است که پتانسیلهای بیوالکتریک در هر پر توپلاسم افتراق نیافته هم مانند پر توپلاسم میکسومیستها ، آمیبها ، جلبکها و غیره وجود دارد .

این صفت ویژه ابتداییترین ارگانیسیمهای تک یاخته است که حالت تهییج در آنها فقط در جواب تأثیر مستقیم و بلافصل محیط پدید می آید . منطقه تهییج با منطقه تحریک شده محرك مطابقت دارد ؛ در حالی که خود تهییج فقط بسیار آهسته ظاهر می شود و میل قابل ملاحظه ای به انتشار ندارد .

اما سیر تکامل تدریجی موجودات زنده در جهت ظهور و اصلاح پروسه توسعه تهییج رهنمون شد و این امر موجب تقویت وحدت ارگانسیم و محیطش گردید . از هنگامی که ارگانیسیمهای پریاخته پایه عرصه وجود نهادند ، توسعه تهییج حائز اهمیت بویژه بزرگی شد . شواهد فیزیولوژی مقایسه ای نشان می دهد که پدیده مزبور در جریان تکامل تدریجی حیات از چه راهی به تدریج اصلاح گردید . در ارگانیسیمهایی که دستگاه اعصاب ندارند مانند گیاهان ، انتشار قابلیت تهییج ضرورتاً سلول به سلول ، و مخصوصاً به واسطه جابه جاشدن محصولات متابلیک مخصوصی توسعه می یابد که بر اثر تحریک تولید می شوند . این است راه تهییج نقاط دور از محل تحریک در ارگانیسیمهای این مرحله از تکامل تدریجی .

این قسم انتقال تهییج با این صورت ابتدایی که دارد ، از آنجا که نسبتاً به آهستگی صورت می گیرد ، هنوز بسیار ناقص است . حتی بر این اساس هم ممکن بود افزایشهای قابل ملاحظه ای در سرعت انتقال تهییج در جریان تکامل تدریجی حاصل شود . اما در

این مورد پیشرفت اصلی فقط بر اثر پیداشدن و تکامل دستگاه اعصاب با اعمال اختصاصی اش، یعنی با دریافت محرکها و انتقال تحریکات صورت گرفت، این امر در تکامل تدریجی حیات، حادثه فوق العاده مهمی بود. این رویداد سر نوشت تمام تکامل بعدی سلسله جانوری رامعین نمود که در آن دستگاه اعصاب در ایجاد تمامیتی متشکل از ارگانسیم و محیط پیرامونش نقش درجه اول را بازی کرده است. همان طور که قبلاً نشان دادیم، در ارگانسیمهای ابتدایی قابلیت تحریک و قابلیت تهییج ناشی از آن هنوز از هم افتراق نیافته و موضعی نشده اند و در همه نقاط بدن به میزان کم و بیش برابری وجود دارند. موجودات مزبور در برابر محرك خارجی فقط از راه تماس مستقیم با منبع آن محرك می توانند واکنش نشان بدهند. سیستمهای عصبی که از لحاظ ریخت شناسی و فیزیولوژی افتراق یافته اند، امکانات واکنش از دور را به نحو بیمانندی بیشتر کرده اند. بر اساس چنین سیستمهایی بود که ارگانسیم استعداد خودیابی را در مکان و زمان یافت؛ و این امر به بسط بی اندازه مجالهای مناسب حاش، یعنی حوزه ای که در آن می توانست زیست، منجر شد. فیزیولوژی مقایسه ای به ما می آموزد که دستگاه اعصاب چگونه به سرعت و به طور مترقی در جریان تکامل تدریجی سلسله جانوران رشد یافت. حتی در مرحله ای نسبتاً ابتدایی هم تأثیر متقابل ارگانسیم و محیط در وهله اول، به انتشار معین حساسیت ابتدایی و عمومی اجسام زنده، و به پیدایش صور تبندیهای تخصص یافته در قسمتهای خاص بدن منجر گردید. منشأ این به اصطلاح گیرنده ها (یا اعضای حسی)، در جریان تکامل تدریجی حیات از یک سو با تشکیل راههای عصبی اختصاصی که تهییج در امتداد آنها انتقال می یافت، و از سوی دیگر با استقرار گروههای سلولهای عصبی در داخل ارگانسیم که راههای عصبی به سمت آنها متوجه می شد ملازمت

دقیقی یافت. این گروه‌ها مبادی دستگاه اعصاب مرکزی را تشکیل دادند. اهمیت عملی این دستگاه در ارتباطات دوجانبه‌ش نهفته است. این دستگاه به وسیلهٔ اعصاب آورنده^۱ به گیرنده‌ها و بدین جهت، به محرک‌هایی مربوط می‌شود که گیرنده‌ها از محیط بیرونی و درونی دریافت می‌کنند. از طرف دیگر، دستگاه اعصاب مرکزی به وسیلهٔ اعصاب برنده^۲ بر اندامهای متعدد کارگر یا اجراکننده‌های جسم زنده مانند عضلات، انواع مختلف غدد و غیره تأثیر می‌کند. بدین ترتیب فعالیت این اجراکننده‌ها تحت نظارت دستگاه اعصاب مرکزی است و به وسیلهٔ آن تنظیم می‌شود.

این نوع سازمان دستگاه اعصاب موجبات پیدا شدن طریق کیفی جدیدی را فراهم ساخت که ارگانسیم به کمک آن توانست در برابر محرک خارجی از خود دفاع نماید. برخلاف زمانی که موجودات زندهٔ دوران ماقبل عصبی در برابر محرک‌ها، واکنشهای بی‌نظمی داشتند، با تکامل دستگاه اعصاب، در دریافت تحریکات محیط به وسیلهٔ گیرنده‌های اختصاصی (اندامهای شنوایی، بینایی، لامسه و غیره) افتراق حاصل شد؛ و انتقال تهییج به کمک مرکز عصبی صورت گرفت و واکنش جوابی موجود زنده در پاسخ از علائم رسیده از مرکز، از راههای هدایت رشته‌های اعصاب برنده به وسیلهٔ اعضای اجرا کنندهٔ تخصص یافته انجام شد. این پروسه که در فیزیولوژی جانوران بسیار مهم است به نام انعکاس خوانده می‌شود. يك انعكاس در ابتداييترين صورت خود، شامل جوابي غير

۱. Afferent، آورنده به آن دسته از رشته‌های عصبی گفته

می‌شود که تحریکات را به مراکز مربوط دماغی می‌رسانند - م.

۲. Efferent، برنده نام آن دسته از رشته‌های عصبی است

که فرمانهای دستگاه مرکزی اعصاب را به اندامهای اجرا کننده می‌رسانند - م.

شرطی و ثابت از ارگانسیم است به تحریک خارج . زیرا تحریک به طور خودکار از راه مرکز عصبی به اعضای ویژه منتقل می شود . با این حال ، در جریان تکامل تدریجی جانوران نه تنها گیرنده ها و اجراکننده ها با دریافت افتراقی محرکهای خارجی و داخلی و با اجرای اعمال جوابی مقتضی سازش یافتند ، بلکه همچنین طریقه تجدید سازمان اشکال متعدد و متنوع تحریک در مناطق مرکزی سیستم اعصاب اصلاحات زیادی یافت ؛ به طوری که علائم رسیده از آن مراکز به اعضای اجراکننده ، از لحاظ ماهیت ، دارای خصلت اختصاصی عالی شدند . این امر به قدرت تحلیل و ترکیب مفصل تظاهرات مختلف دنیای خارج و شرایط همیشه متغیر درون خود ارگانسیم بستگی داشت .

در چنین وضعی ، تکامل دستگاه مرکزی اعصاب (مغز و نخاع شوکی) از لحاظ اصلاح ارتباطات اختصاصی بین ارگانسیم و محیط آن اهمیت بویژه زیادی کسب نمود . این امر بود که پایه فعالیت عصبی حیوان و انسان را تشکیل داد .

طبق آموزشهای ایوان پتروویچ پاولوف Ivan Petrovitch

Pavlov فعالیت عالی عصبی جانوران دارای سازمان بدنی عالی ، بر اساس انعکاسهای شرطی ، یعنی بر پایه انعکاسهایی از طرازی عالی و از نوعی با کیفیتی ویژه مبتنی است . این انعکاسها در طی حیات فردی به وجود می آیند و روی شالوده انعکاسهای غیر شرطی مادرزادی بنامی شوند . برخلاف انعکاسهای غیر شرطی ، انعکاسهای شرطی بی دوامند . انعکاسهای شرطی نسبت به همه انواع تغییرات محیط داخلی و خارجی ارگانسیم حساسند و روی هم رفته بدانها وابسته هستند . بر اثر این صفت مشخصه است که انعکاسهای شرطی وسایل بسیار انعطاف پذیر و حساس و دقیق سازش دادن ارگانسیم با محیط همیشه متغیر است . همان طور که ای . پ . پاولوف نوشت :

«جانور به عنوان يك سيستم ، فقط از راه حفظ تعادل پيوسته خود با محیطش می تواند باقی بماند ؛ یعنی به واسطه واکنشهای خاص سیستم زنده به محرکهای رسیده از خارج که در جانوران عالی به نحو بارز به كمك دستگاه اعصاب به شکل انعكاس اجرا می شوند.» اوسپس می نویسد «... اگر ارتباط بین يك عادل خارجی و جواب موجود زنده بدان ثابت باشد عاقلانه است که آن را انعكاسی غیر مشروط بخوانیم ؛ ولی اگر این ارتباط فقط موقت باشد آن را انعكاسی شرطی می نامیم.» پاولوف عقیده داشت که سازش ارگانسیم با محیطش به كمك انعكاسهای غیر شرطی، فقط در صورتی مؤثر واقع می شود که محیط خارج مطلقاً ثابت بماند. «اما چون محیط خارج فوق العاده متغیر است و به علاوه مدام در نوسان است ، ارتباطات غیر شرطی به علت ثابت بودنشان کافی نیستند و احتیاج به این دارند که به وسیله انعكاسهای موقت شرطی تکمیل شوند.»

در طی تکامل تساریخی جانوران ، رابطه بین انعكاسهای غیر شرطی و شرطی همواره به سود دسته اخیر در تغییر بوده است . در مورد رفتار بی مهرگان و مهره داران پست ، اعمال مادرزادی بر انعكاسهای شرطی غلبه داشتند . در جانوران عالی غلبه با انعكاسهای شرطی است که همیشه بفرنجتر و مؤثرتر می گردند . فعالیت عالی عصبی جانوران عبارت از يك سلسله انعكاسهای شرطی به اقسام متعدد و گوناگون است که در جریان رشد فردی به وجود می آیند . پاولوف طریقه ای را که مردم به وسیله آن محیط خویش را احساس می کنند ، می بینند ، و می فهمند ، بویژه به عمل انعكاسهای شرطی نسبت می دهد . بدین ترتیب فعالیت انعكاسی شرطی یا دستگاه ابتدایی اخبار ، (Primary signalling system) واقعیت ، خصیصه مشترك بین حیوان و انسان است .

اما با تکامل فعالیت عملی و حیات اجتماعی انسان علائم

درجهٔ دومی به وجود آمدند و رشد کردند و فوق‌العاده مؤثر شدند. آنها علائم این علائم ابتدایی هستند که به صورت کلمات تلفظ شنیده و دیده می‌شوند. این دستگاه ثانوی اخبار (Secondary signaling) که از لحاظ کیفی جدید است، در واقع فقط در انسان است. طبق نظریهٔ پاولوف این علائم علائم، گویی عبارت از تعمیمات و تجریدهات (Abstraction) واقعیتند. «آنها مجردات واقعیتند و به ما امکان تعمیمهایی را می‌دهند که اندیشهٔ عالی، فوق‌العاده، و خاص انسان را ساخته، و ابتدا عقل سلیم را به وجود آورده و سرانجام علم را. یعنی وسیله‌ای را پدید آورده که انسان از لحاظ شناخت عالیتر موقعیت خود در عالم خارج مدیون آن است.»

اما در اینجا حوزهٔ تکامل بیولوژیک ماده جای خود را به شکل جدید آن، یعنی به شکل زندگی اجتماعی مردم می‌دهد.

از کلیه مطالبی که بررسی شد چه نتایجی می‌توان گرفت ؟
 حیات يك شکل مخصوص و بسیار بفرنج حرکت ماده است.
 با پیدا شدن حیات ، ماده دارای خصیصه‌ای نو شد که قبلاً
 نداشت و این امر فقط در دوره‌ای خاص از عمر سیاره ما رخ داد
 و از تکامل منظم آن حاصل شد .

حیات بر روی زمین توسط عده بسیار کثیر سیستمهای منفرد
 مجزا از هم به نام ارگانسیم متظاهر می‌شود. حیات فقط در وجود
 این ارگانسیمها وجود دارد و در هیچ يك از اشیای دیگر دنیای
 خاکی ما یافته نمی‌شود . از این رو انسان نباید خارج از این
 ارگانسیمها درباره حیات به صورت مجرد و مستقل از اجسام
 زنده بیندیشد .

بسیار محتمل است که حیات در اکثریت اجرام سماوی وجود
 نداشته باشد، ولی با این همه ، حتی زمین ماهم در دوران درازی
 از عمرش فاقد حیات بود . می‌توان تصور کرد که در فضاهای
 نامحدود عالم اشکال عالی و فوق العاده عالی تکامل یافته و بفرنج
 حرکت ماده وجود دارند که اکنون هیچ تصویری درباره آنها
 نداریم . با این حال باز به هیچ وجه لازم نیست که همه این اشکال
 عالی تکامل ماده را با حیات همانند بدانیم. زیرا، البته، پروسه‌های
 واقعی تکامل در همه اجرام سماوی به میزانی وسیع متفاوت

بوده هستند. اما در میان جمع بی شمار این قبیل اجرام، عده‌ای اگرچه ممکن است محدود باشند، ولی تقریباً همان خط‌سیرهای تکاملی زمین را دنبال نموده‌اند. بنابراین حق نداریم که زمین را تنها مسکن حیات بدانیم. اشکال مشابهی از حرکت ماده در سیاره‌های دیگر نیز - خواه به‌ما نزدیک و خواه از ما دور باشند - باید وجود داشته باشند. اما فقط پروازها و مسافرت‌های کیهانی می‌توانند جوابی مستقیم به این مسئله بدهند. ما نمی‌توانیم حیات را فقط و فقط با مطالعه خصوصیات ارگانیکها، آنچنان که اکنون هستند، یعنی بدون مراجعه به تاریخ گذشته‌شان، بشناسیم. بویژه، حتی تحلیل جامع پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی‌ای که در اجسام زنده جریان دارند برای چنین شناختی کافی نیست. شناخت درست طبیعت اصلی حیات فقط در پرتو معرفت به منشأ و تکامل آن امکان پذیر است.

بررسی این مسئله نشان می‌دهد که در طی ابتدایترین دوران عمر سیاره ما تنها قوانین فیزیک و شیمی بر پروسه‌های رشد تکاملی آن کاملاً حکمفرما بودند. افزایش تدریجی پیچیدگی ترکیبات آلی ابتدایی که تحت این شرایط رخ داد، حالتی پدید آورد که در آن آب دریاها و اقیانوسهای آن وقت تبدیل به محلولی شد که تحت عنوان «آبگوشت غذایی» بدان اشاره شد و از ترکیبات شبه پرتهینی و دیگر ترکیبات مشابه دارای وزن ملکولی زیاد تشکیل یافته بود.

اما هنگامی که این ترکیبات به شکل سیستمهای کاتیونی (مثلاً قطره‌های کوآسروات) از محلول عمومی جدا شدند و محدود مشخصی نسبت بدان یافتند. شرایط لازم برای تأثیر متقابل این سیستمها و محیط به وجود آمد. بدینسان تکامل بعدی این سیستمهای آلی منفرد تحت کنترل انتخاب طبیعی درآمد که قانونی

نو بود و قبلاً در طبیعت وجود نداشت . این قانون در جسیریان واقعی استقرار حیات به وجود آمد و بنابراین طبیعت بیولوژیک داشت .

به واسطه تأثیر انتخاب طبیعی ، تنها سیستمهایی برای بقا و تکامل بعدی حفظ شدند که به وجه نیکویی با سازمان داخلی تحت شرایط متداول محیط و اعمال صیانت ذات و خودبازسازی، سازش یافته بودند. بدین ترتیب به سبب تأثیر متقابل بین اجسام زنده و جهان پیرامونشان که به وضوح توصیف شد، و نیز بر اثر سازش یا «تضمن مقصود» ، ساختمانی پدید آمد که صفت بسیار ویژه همه موجودات زنده بدون استثناست و همچون تار قرمز در تمام بود حیات ، از همان آغازهای آن تا به امروز می دود .

خط سیرهای تکامل تدریجی بعدی حیات را نمی توان تنها بر پایه قوانین فیزیک و شیمی شناخت . چنه حیات از میدان فوق العاده وسیعی از امکانات گذر می کرد که توسط این قوانین بهرویش باز شده بود. و فقط آن جهاتی را انتخاب و دنبال می کرد که ضرورت تاریخی معینی آنها را به آن تحمیل کرده بود . بدین دلیل سازمانبندی زمانی و مکانی ویژه هر موجود زنده معاصر ، یعنی شالوده متابلیسم بیولوژیک و ساختمان سلولی را فقط با مطالعه تاریخ تکامل تدریجی حیات و تاریخ استقرار قوانین بیولوژیک می توان شناخت که اختصاصاً بر این تکامل حکمفرمایند .

بنای این شالوده ها به صدها میلیون سال پروسه تکامل حیات ، و شاید به نصف مدت عمر حیات بر روی زمین احتیاج داشت . بنابراین هر تلاشی که برای تجدید تولید مصنوعی ، یا سنتز حتی ساده ترین موجودات زنده صورت می گیرد ، باز باید بسیار ساده لوحانه تلقی شود . آشکار است که سنتز حیات باید از

سیستمهایی شروع شود که نقطه آغاز پیدا شدن حیات بر روی زمین را تشکیل می‌دادند .

تعدادی از ویژگیهای کلیه موجودات زنده‌ای که اکنون می‌شناسیم مستقیماً از متابولیسم آنها و از ساختمان فوق‌العاده ظریف ویژه‌شان ناشی شده‌اند. این خصوصیات روی هم موجود زنده را از لحاظ کیفی از اشیای دنیای غیر آلی متمایز می‌سازند . از جمله ویژگیهای مزبور، قدرت موجود زنده در جذب فعالانه و انتخابی مواد از محیطهایشان و دفع محصولات متابولیسمشان به همان محیطها، و همچنین نیروهای رشد، تکثیر، خودبازسازی، نیروی حرکت ، و بالاخره آن خصوصیتی که ویژه هر موجود زنده است ، یعنی واکنش جوابی از گانیمها به تأثیرات محیط خارج یا تحریک پذیری آنهاست .

در جریان تکامل بعدی از گانیمها، هر یک از این خصوصیات نه تنها پیوسته بفرنجتر شد ، بلکه به اشکال کیفی جدید مظاهر حیات دیگر گونی یافت . از آنجا که تکامل تدریجی حیات مسیر واحدی را دنبال نکرده ، بلکه در امتداد خطوط انشعابی زیادی گسترش یافته است ، تظاهرات جدیدی که پدید می‌آیند در تمام دنیای زنده وجود ندارند و فقط در یک یا دیگر بخش آنها هستند . با این حال، اگر بخواهیم تصویری جامع از حیات ترسیم نماییم نباید آنها را نادیده بگیریم .

هر چه تکامل تدریجی موجودات زنده پیشتر رفت، مظاهر جدید حیات خصلتی بفرنجتر و از لحاظ بیولوژی ، مشخصتر کسب نمودند. بنابراین نمی‌توان آنها را با پروسه‌های مقدماتی طبیعت غیر آلی به طور مکانیکی مقایسه نمود و سیر تکامل تدریجی ماده زنده را نادیده گرفت . ما فقط در صورتی می‌توانیم آنها را واقعاً بشناسیم که تاریخ تکاملشان را از اشکال ابتدایتر سازمانبندی

بیولوژیک مطالعه کنیم .

متأسفانه باید بپذیریم که پیشرفت ما در شناخت حیات هنوز بسیار جزئی است . این امر بیشتر بدین علت است که حتی اکنون نیز بسیاری از دانشمندان شیوه‌ای متافیزیکی برای حل این مسئله اتخاذ می‌کنند و طریق تکاملی حل آن را در نظر نمی‌گیرند .

این صفت ویژه رشد تکاملی ماده است که پیوسته سریعتر می‌شود و گویی منحنی صعودی با شیب تندتری را طی می‌کند. انجام تکامل بی‌زیست خاسته مواد آلی به چند هزار میلیون سال احتیاج داشت. هنگامی که حیات پدید آمد، تکامل با سرعت بسیار بیشتری ادامه یافت . تغییرات اساسی در جریان تکامل تدریجی حیات در عرض صدها یا دهها میلیون سال رخ داد . ظهور و تکامل انسان روی هم یک میلیون سال طول کشیده است . تجدید نظام‌های اجتماعی در طی چند هزار سال یا چند قرن رخ می‌دهند و ما اکنون می‌توانیم مشاهده کنیم که رویدادها و پیشامدهای عظیمی در زندگی انسان حتی در عرض دوره‌های ده‌ساله روی داده‌اند .

ما باید این قانون تکامل را همیشه در تحلیل حوادث گذشته دور ، و نیز در پیش‌بینی‌های خود درباره آینده به یاد داشته باشیم .

هنگامی که شکل نوی از حرکت ماده به وجود بیاید ، اشکال کهن طبعاً به موجودیت خود ادامه می‌دهند؛ اما آنها فقط نقش ناچیزی در پیشرفت بعدی دارند. زیرا با سرعتی رشد می‌کنند که از سرعت رشد شکل جدیدتر بسیار آهسته‌تر است . ما این امر را در مورد منشأ حیات، هنگامی که روشهای کهن و بی‌زیست خاسته سنتز ترکیبات آلی به عقب رانده شدند ، ملاحظه کردیم. می‌توان انتظار داشت که این امر بر سر سنتزهای سریع بیولوژیک نیز ، به هنگام گذر از شکل بیولوژیک به شکل اجتماعی حرکت

ماده پیش آمده باشد .

انسان در طی هزاران سال تقریباً هیچ تغییر بیولوژیکی
نکرده است ؛ ولی در طول این مدت قدرت تسلط بی حسابی بر
جهان پیرامونش یافته و این قدرت نتیجهٔ يك تكامل اجتماعی
عمومی است نه يك تكامل بیولوژیک انفرادی .

اکنون راه بزرگ و اصلی پیشرفت انسان تكامل بیولوژیک
افراد بشر نیست، بلکه اصلاح زندگی مشترك آنان، یعنی پیشرفت
شکل اجتماعی حرکت ماده است .

منابع کتاب

- Bernal, J. D. *The Physical Basis of Life.* London, Routledge, 1951.
- Blum, H. F. *Time's Arrow and Evolution.* Princeton, N. J., Princeton University Press, 1955.
- Brachet, J. *Biochemical Cytology.* New York, Academic Press, 1957.
- Bungenberg de Jong, H. G. *La coacervation, les coacervats et leur importance en biologie.* (Actualités sci. industr, no. 398). Paris, Hermann, 1936.
- Calvin, M. *Science*, 130, 1170 (1959).
- Darwin, F. *Life and Letters of Charles Darwin.* London, Murray, 1887
- جلد سوم، صفحه ۱۸، زیر نویس صفحه
و نیز آثار دیگر چارلز داروین .
- Dixon, M. and Webb, E. C. *Enzymes.* London, Longmans, 1958.
- Engels, F. *Dialectics of Nature* (trans . C. Dutt). Moscow, Foreign

- Languages Publishing - House,
1954 .
- Florkin, M. *Biochemical Evolution* (trans. S.
Morgulis). New York, Academic
Press, 1949.
- Frey - Wissling, A. *Macromolecules in Cell Structure*.
Cambridge , Mass . , Harvard
University Press, 1957.
- Giese, A. C. *Cell Physiology* . Philadelphia ,
Saunders, 1957 .
- Kluyver , A. J. and van Niel , C. B. *The Microbe's
Contribution to Biology*. Cambr-
idge, Mass., Harvard University
Press, 1956.
- Koshtoyants, Kh. Osnovy, S. *Sravnitel'noy fiziologii* .
Moscow, Izd. AN SSSR, 1957 .
- Krebs, H. A. and Kornberg, H.L. *Energy Transform-
ations in Living Matter*. Berlin ,
Springer, 1957.
- Lehninger, A. L. *Revs. mod. Phys.* 31,136 (1959).
- Lysenko, T. D. *Agrobiologiya* . Moscow, Sel' -
khozgiz, 1948.
- Miller, S. L. *J. Amer. Chem. Soc.* .77, 2351
(1955) .
- Oparin, A. I. *The Origin of Life on the Earth*
(trans. A. Synge) . Edinburgh,
Oliver & Boyd, 1957.
- Oparin , A. I. et al . (ed) - *Proceedings of the First*

- International Symposium on the Origin of Life on the Earth* (English-French-Getman edition). London . Pergamon, 1959 .
- Palade, G. E. *Microsomal Particles and Protein Synthesis* (ed. R. B. Roberts) , London, Pergamon, 1958.
- Pavlov, I. P. *Sobranie sochinenii* . Moscow , Izd. AN SSSR. 1951-2.
- Prigogine, I. *Introduction to the Thermodynamics of Irreversible Processes* . Springfield. Ill., Thomas, 1955 .
- Schmidt, O. Yu. *Chetyre lektsii o teorii proiskhozhdeniya zemli*. Moscow. Izd. AN SSSR, 1950 .
- Schroedinger, E. *What is Life ?* Cambridge, University Press, 1945.
- Sechenov, I. M. *Izbrannye Proizvedeniya*. Moscow, Uchpedgiz, 1958.
- Sisakyan, N. M. *Biokhimiya obmena veshchestv* . Moscow, Izd. AN SSSR, 1954.
- Urey, H. C. *The Planets , their Origin and Development* New Haven, Conn., Yale University Press, 1952.
- Wiener, N. *Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and*

the Machine. New York, Wiley,
1949 .

Wiener, N.

*The Human Use of Human Beings:
Cybernetics and Society* . Boston,
Mass., Houghton Mifflin, 1950.

فهرست ماخذ پیشگفتار و زیر نویسهای مترجم

الف) منابع فارسی :

- ۱- کتاب مقدس ، عهد عتیق .
- ۲- شناخت حیات ، ترجمه دکتر محمود بهزاد .
- ۳- حیات و علت غایی ، تألیف روویر ، ترجمه منتشر نشده دکتر عباس شیبانی .
- ۴- سیر حکمت در اروپا ، تألیف محمد علی فروغی .
- ۵- فاوست ، اثر گوته ، ترجمه دکتر اسدالله مبشری .
- ۶- لیزوسوم (Lysosome) ، به قلم دکتر الیسون (Dr. A. Allison) ، ترجمه مترجم کتاب حاضر از مجله 'Discovery' شماره ژوئیه ۱۹۶۵ ، مندرج در ماهنامه داروپزشکی ، شماره ۳۶ .

ب) منابع انگلیسی :

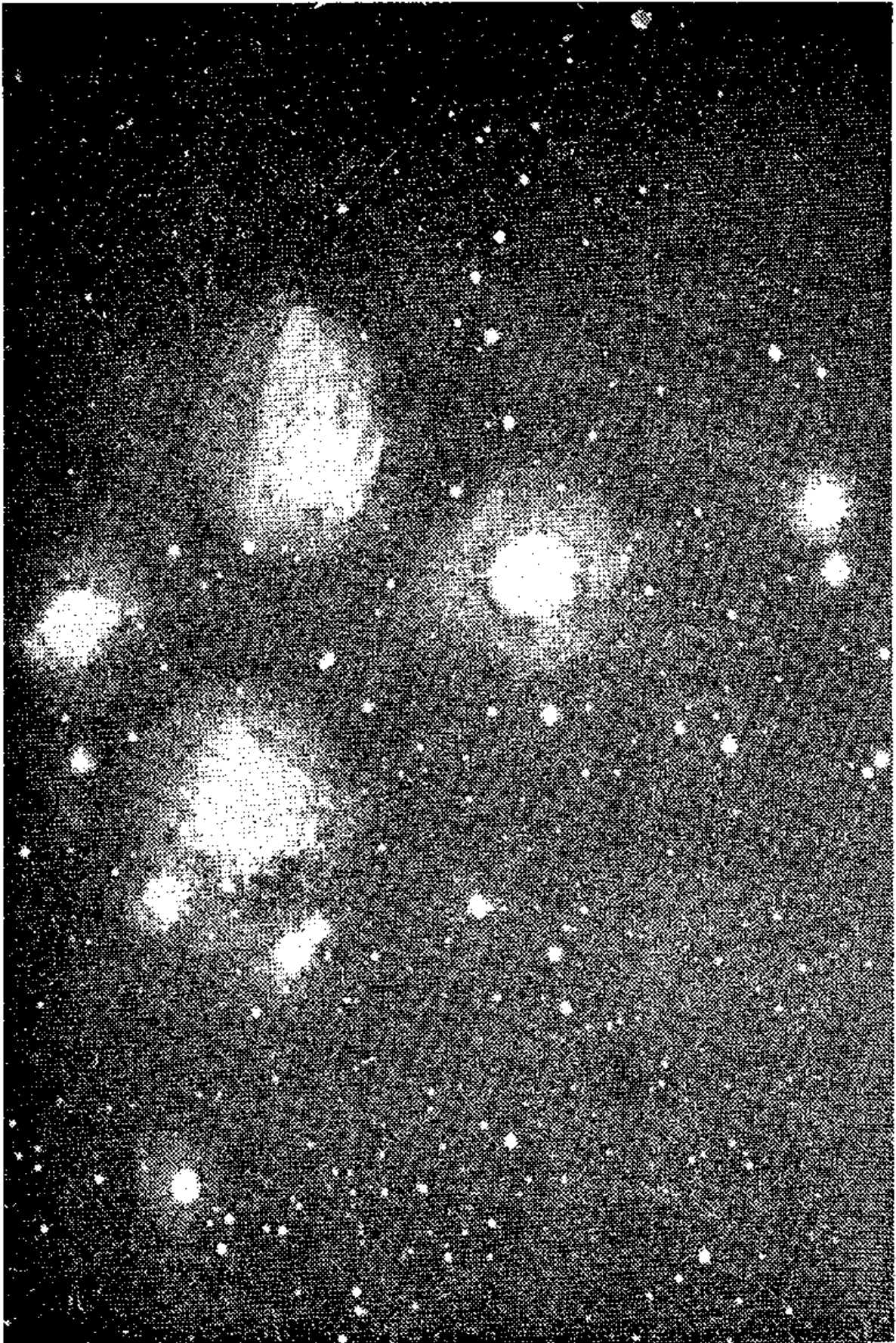
- 1- J. D. Bernal, *The Origin of Life* (1967).
- 2- K. L. Burdon, R. P. Williams, *Microbiology* (1964).
- 3- K. M. Bykov et al, *Text-Book of Physiology* (1958).
- 4- J. B. S. Haldane, *The Origin of Life* (1929)
(ضمیمه کتاب «منشأ حیات» تألیف پرفسور برنال)

- 5- I.F. Henderson, J.H. Kenneth, *A Dictionary of Biological Terms* (1963) .
- 6- N.H. Horowitz. S.L. Miller, *Current Theories on the Origin of Life* (1961) .
- 7- J. Keosian, *The Origin of Life* (1964).
- 8- G. Mueller , *Carbonaceous Meteorites and the Origin of Life*, (1967) .
- . (ضمیمہ کتاب «منشا حیات» تالیف پرفسور برنال)
- 9 - J. R. Newman et al , *The International Encyclopedia of Science* (1965).
- 10- A. C. T. North, *The Structure of Lysozyme* (*Science Journal*, Nov. 1966).
- 11 - V. Obruchev , *Fundamentals of Geology* (1959) .
- 12- A. I. Oparin, *the Origin of Life*, 1924
(ضمیمہ کتاب «منشا حیات» تالیف پرفسور برنال)
- 13 - A. I. Oparin, *the Origin of Life*, 1936
- 14 - A. I. Oparin et al , *Proceedings of the First International Symposium on the Origin of Life on the Earth* (1959) .
- 15- A. I. Oparin, *Life : Its Nature, Origin and Development* (1960) .
- 16- A. I. Oparin, *the Chemical Origin of Life* (1964) :
- 17- M. G. Rutten, *the Geological Aspects of the Origin of Life on Earth* (1962) .
- 18- E. B. Uvarov, D.R. Chapman & A. Isaacs,

A Dictionary of Science (1964)

19- R. J. Weber, W. T. Taylor, *General Biology*
(1961).

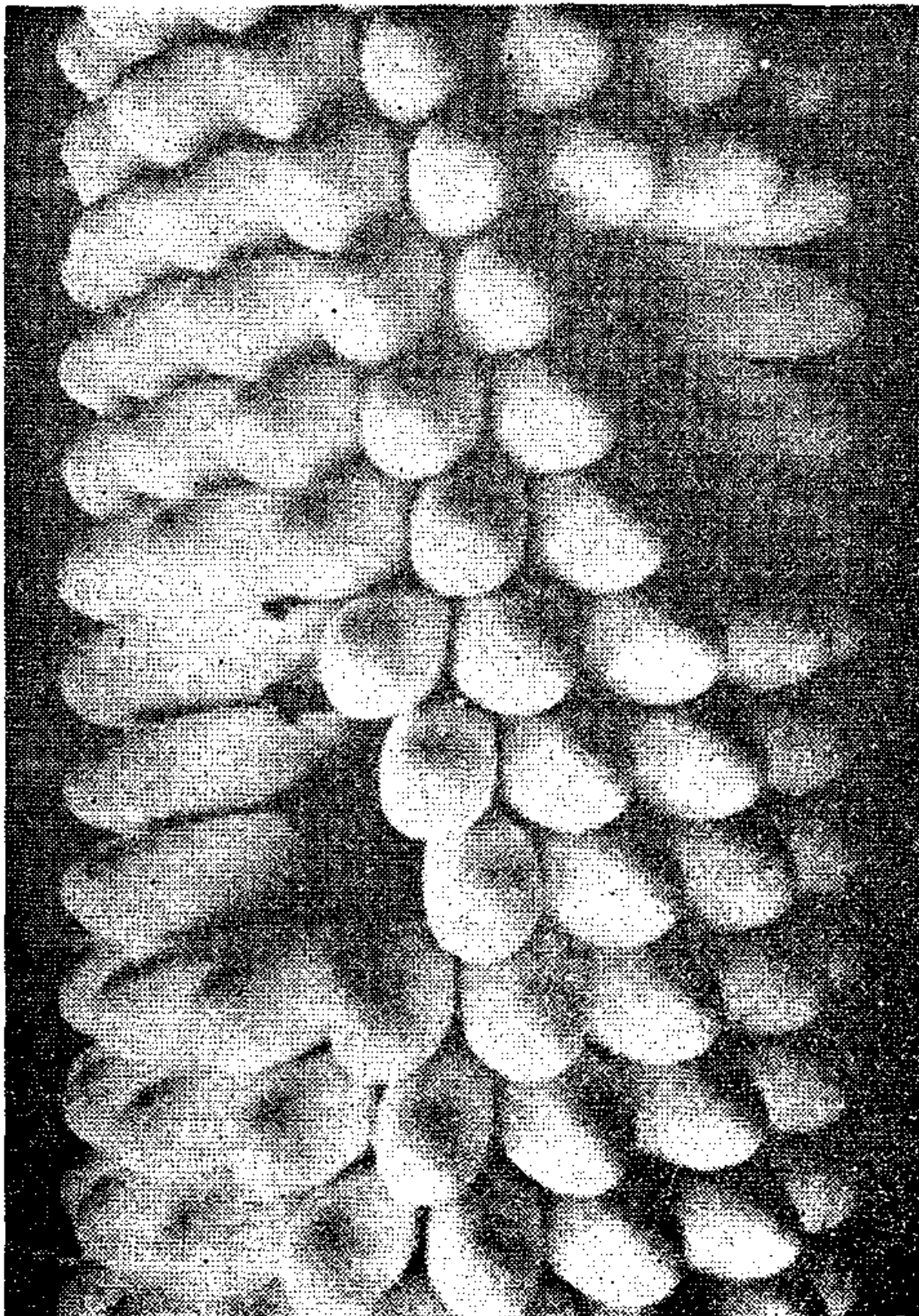
20 - E. West, W. R. Todd, *Text-Book of
Biochemistry* (1963).



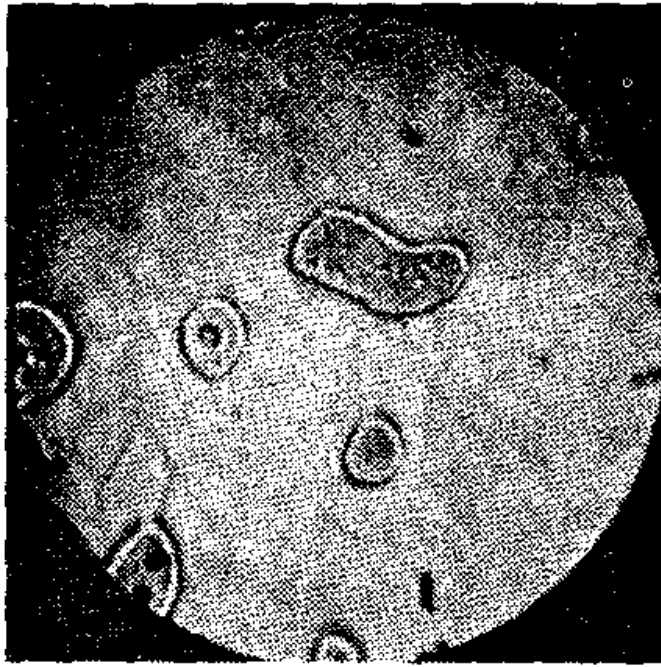
شکل ۲- ستارگان خوشه پروین در محاصره ابرغبار



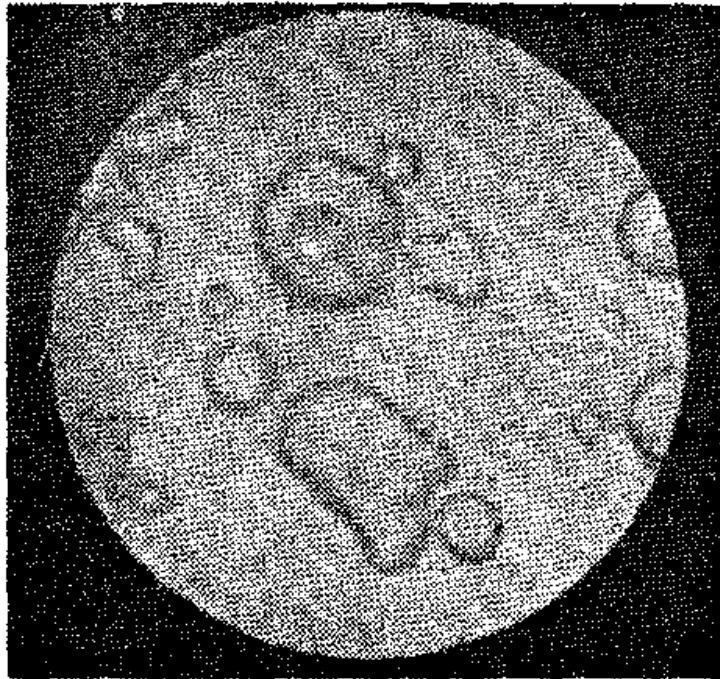
شکل ۳- ذرات ویروسی که پرتئین در بعضی از نقاط آنها برداشته شده است.
(از هارت « Hart »)



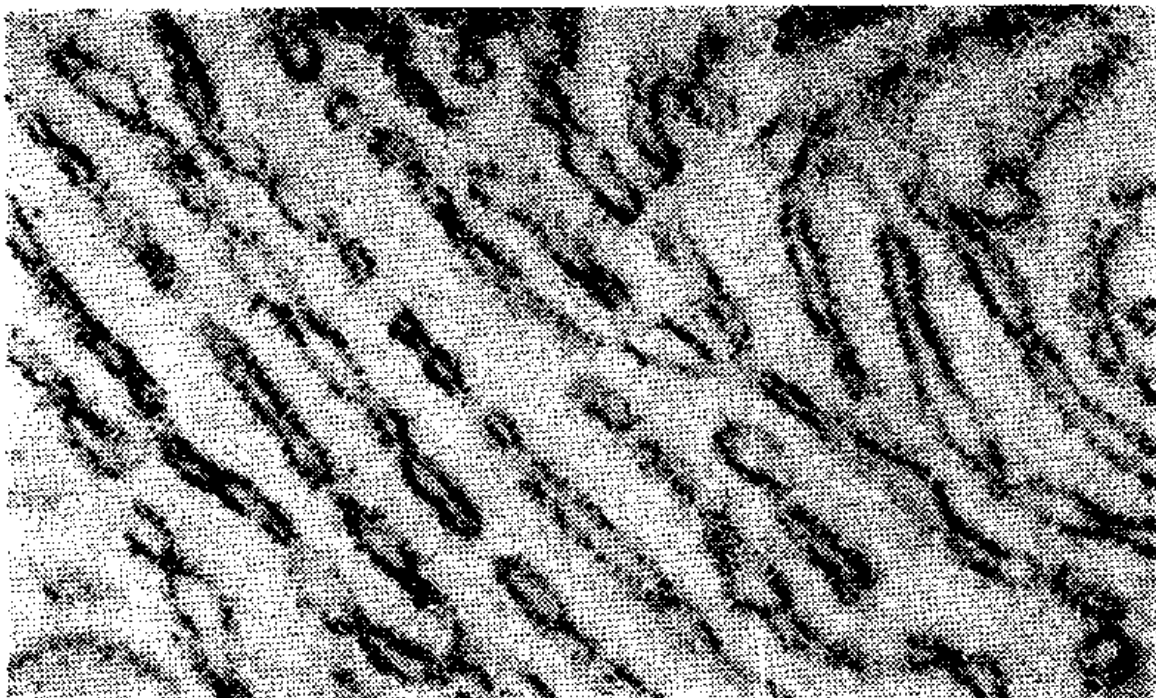
شکل ۴ - مدل ساختمان پولکی یک ذره ویروس موزائیک توتون .
بعضی از واحدهای فرعی پرتئین برای نشان دادن رشته یک لایه RNA
در داخل ویروس از مدل حذف شده‌اند. ساختمان سیاه‌رنگ معرف RNA
و ساختمان سفید نمودار پرتئین است.



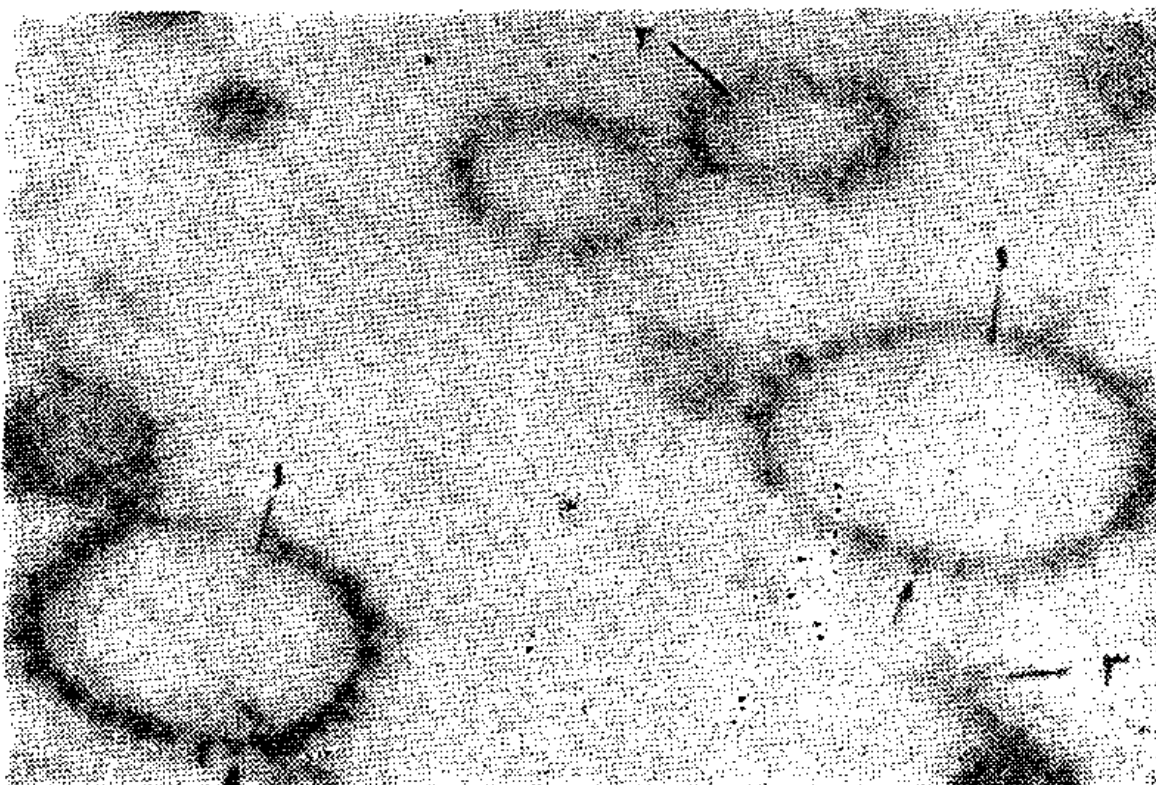
شکل ۵ - کوآسرواتهای سرم آلبومین و
صمغ عربی



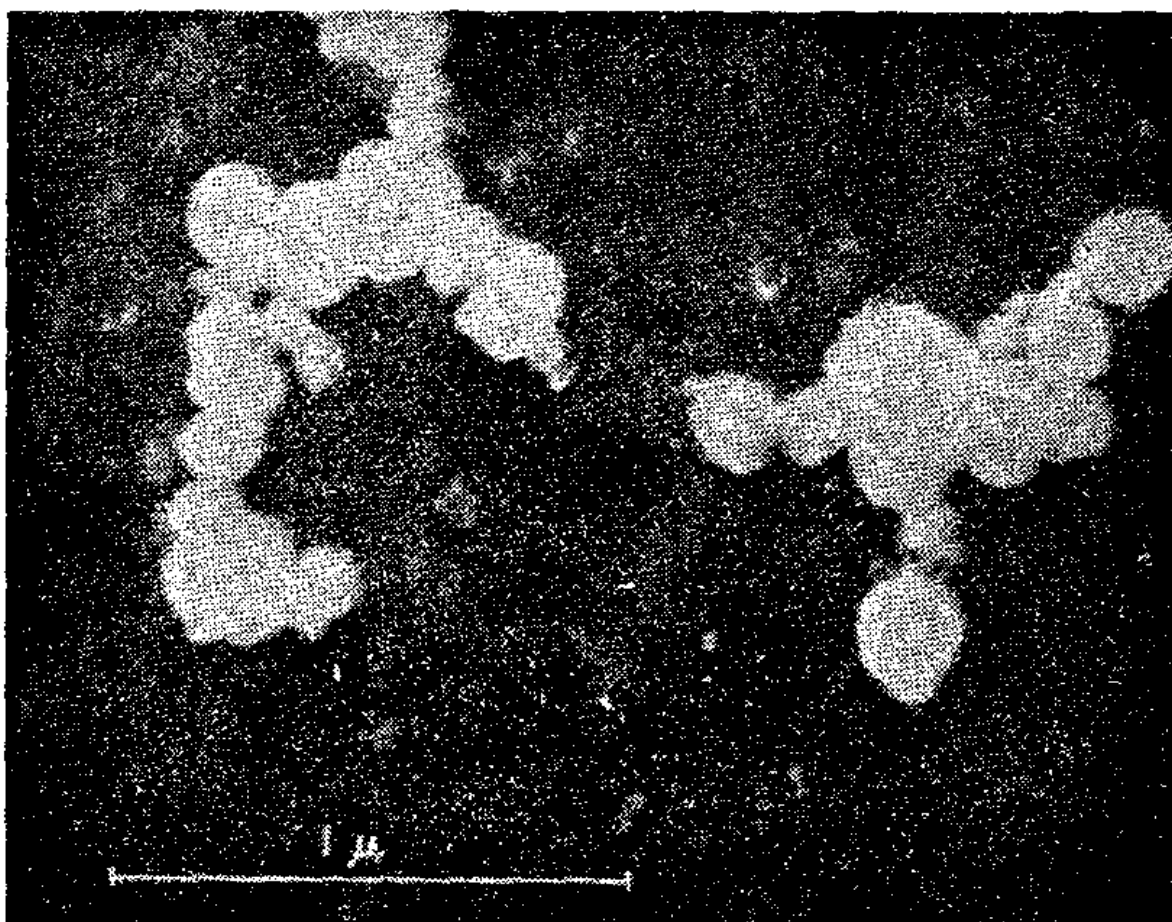
شکل ۶ - کوآسروات مرکب از سه جزء
ترکیبی ژلاتین، صمغ عربی و RNA



شکل ۸- تورینه درون پلازما با بزرگ‌نمایی $\times 45000$ (از پالاد)



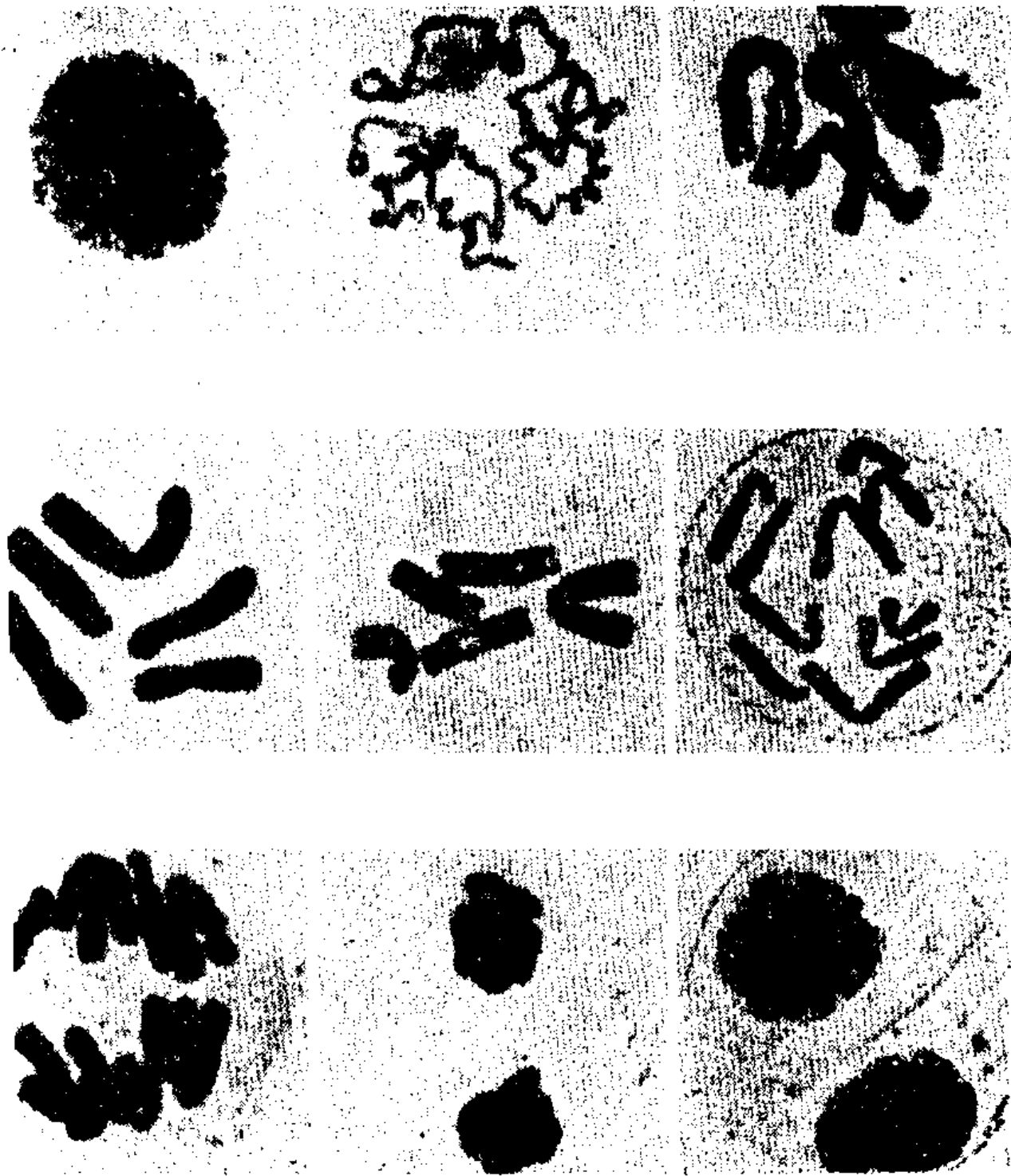
شکل ۹- میکروسومها با بزرگ‌نمایی $\times 150000$ (از پالاد)
 ۱- مقطع میانی، ۲- مقطع نزدیک میانی، ۳- مقطع جانبی.
 پیکانها دانه‌هایی را به قطرهایی در حدود ۱۵۰ آنکستر نشان می‌دهند.



شکل ۱۲ - دانه‌های حاصل از کلر و پلاستها



شکل ۱۵ - میتوکندریها - با بزرگنمایی $\times 31000$



شکل ۱۶ - مراحل میتوز در گیاهی به نام تریلیم (Trillium)،
 گیاهی است از جنس زنبق دره. - م.



بها: ۱۲۰ ریال