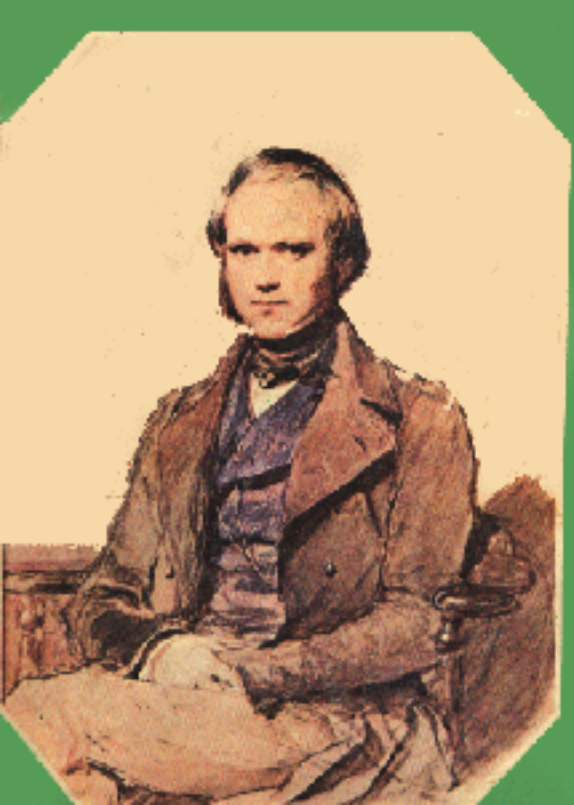
هدهد

ماهنامه علمی و فرهنگی

ویژه نامه تکامل

سال سوم - شماره سوم و چهارم



این شماره، همچنان که وعده کرده‌بودیم، به‌بحث در تکامل اختصاص یافت. تلاش ما برای این که بتوانیم شناخت نسبتاً کارآمدی از مفهوم تکامل عرضه کنیم، مجبورمان ساخت به‌جنبه‌های گوناگون آن توجه داشته باشیم و در نتیجه لازم آمد صفحات بیش‌تری را بدان اختصاص دهیم. با این همه، چندین مقالهٔ اساسی چاپ نشده ماند و انتشارشان به‌شماره‌های آینده موکول شد.

همچنین، مقاله‌های زیادی از دوستان هدهد رسیده و تاکنون موفق به‌نشرشان نشده‌ایم، ولی نوبتشان محفوظ است.

در پایان برخی مقالات، برای تکمیل اطلاعات عرضه شده در مقاله فهرستی از کتاب‌های خواندنی اضافه کرده‌ایم و امیدواریم خوانندگان هدهد بتوانند از این راه ایجاز و اختصار مطالب عرضه شده را جبران کنند.

***

بگذارید در این‌جا بار دیگر نگرانی خود را از ادامهٔ تعطیل دانشگاه‌ها و کندی و کسادی پژوهش‌های علمی تکرار کنم و بار دیگر بگویم که این پافشاری در ادامهٔ اشتباه زیان‌بارتر ودردناک‌تر است.

همچنین، نمی‌توانم اندوه و نگرانی خود را از این موج تعقیب و مجازات‌های شدید جوانان کم سال و ناآگاه اظهار نکنم. اگر این پی‌گیری در افشای عوامل‌ساواک و نظام طاغوت و تعقیب سران گروهک‌های ضد انقلابی و تصفیهٔ نهادهای انقلابی به کار رفته بود، شاید بسیاری از این لطمه‌ها و ضربه‌ها بر پیکر انقلاب فرود نمی‌آمد.

آقایان، به‌جای تنگ‌کردن عرصه بر دگراندیشان، حمله‌را متوجه دشمنان‌مشترک انقلاب سازید.

با راندن کسانی کـــه مانند شما نمی‌اندیشند، اما به‌اندازهٔ شما به‌انقلاب، به‌آمال انقلاب و به‌مردم عشق می‌ورزند، دشمن‌تراشی نکنیدو انقلاب را از توش و تـــوان نیندازید.

مطبوعات، رادیو و تلویزیون، این اهرم‌های نیرومند و کارآمد را، برخلاف همه‌جای جهان به‌آلات معطله و ابزارهای بی‌فایده بدل نسازید؛ این‌ها به‌ترین وسیله‌های آموزش، پرورش، سرگرمی و تهییج توده‌هایند. متأسفم از این‌که مجبورم بگویم بر اساس آگاهی‌های دقیق بیش از هشتاد درصد ساکنان استان‌های مرزی کشور ما از برنامه‌های رادیوها و تلویزیون‌های خارجی‌استفاده‌می‌کنند.

در همین تهران، براساس یك‌نظرخواهی ۸۰ درصد از پرسش شوندگان گفته‌اند که جز به‌اخبار، بیانات امام و خطبه‌های نماز جمعه گوش نمی‌دهند. این مناسب‌ترین فرصت برای امپریالیست‌هاست تا ساعات و تنوع برنامه‌های فارسی رادیوهایشان را بیش‌تر کنند.

غلام‌حسین صدری افشار

ارنست مایر[1]

تکامل[2]

در این مقاله تاریخچهٔ حیات بر روی زمین، براساس نظریهٔ «ترکیبی»[3] تکامل از طریق انتخاب طبیعی که استخوان بندی زیست‌شناسی کنونی را تشکیل‌می‌دهد، مورد بررسی قرار گرفته است.

پراهمیت‌ترین تغییر در دیدگاه انسان نسبت به‌جهان، طبیعت زنده و خودش این بود که طی یك دورهٔ صدساله، که در قرن هجدهم آغاز شد، با مفهوم تغییر، تغییر در طول زمان‌های مدید و به‌طور خلاصه با مفهوم تکامل آشنا گردید. جهان بینی‌انسان امروز عمدتاً متکی به‌این برداشت علمی است که پیدایش کاینات، ستارگان، زمین و همهٔ جانداران تاریخچه‌ای طولانی دارد و این پیدایش به‌هیچ‌روی از پیش تعیین شده و برنامه‌ریزی شده نبود داست، بلکه سرگذشت تغییر پیوسته و تدریجی است که کم و بیش توسط فرایندهای طبیعی جهتمند و سازگار با قوانین فیزیك، صورت گرفته است. از این لحاظ وجوه مشترك فراوانی میان تکامل کاینات و تکامل زیستی وجود دارد.

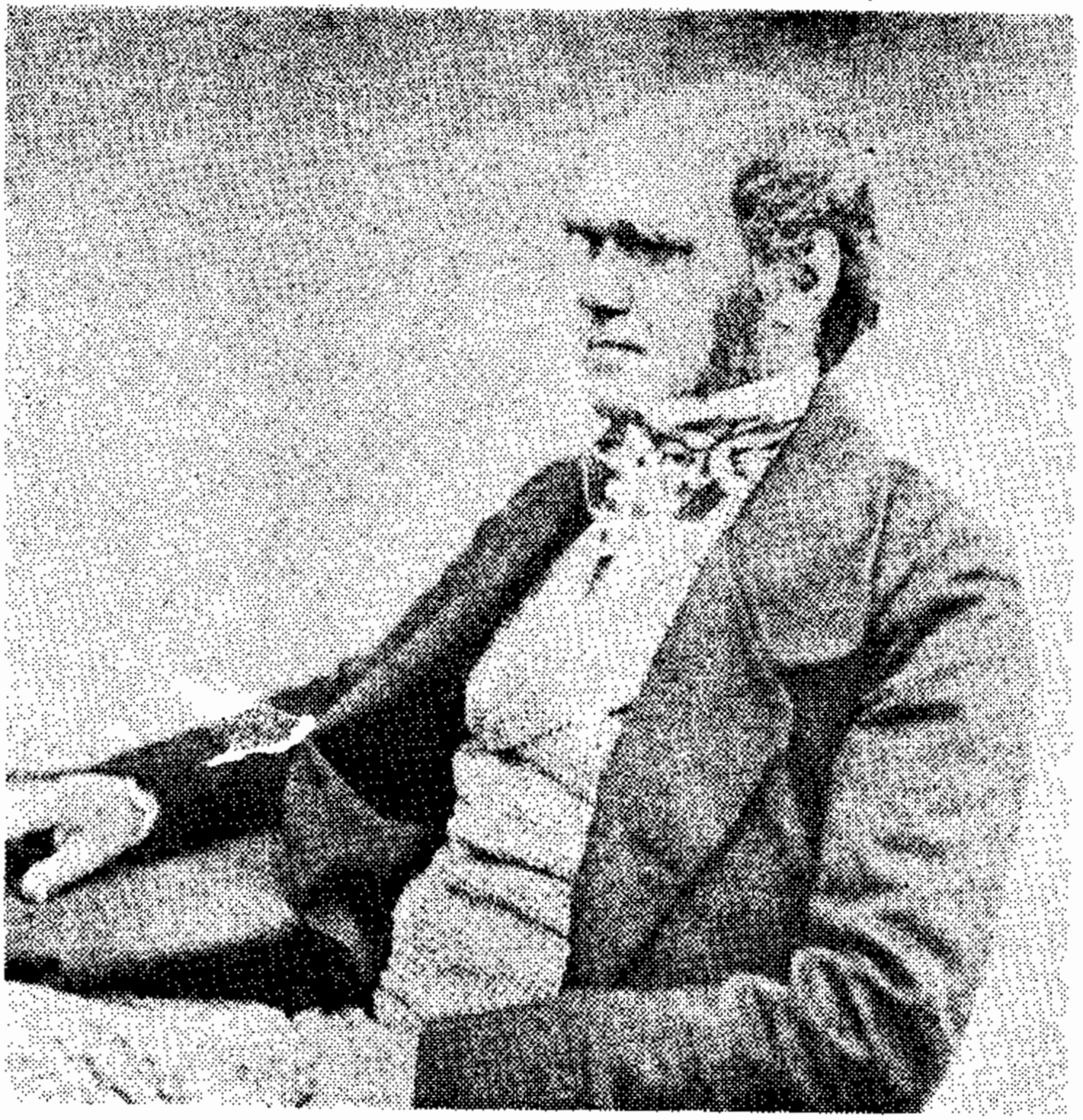
اما تکامل زیستی از بسیاری جهات نیز با تکامل کاینات تفاوت بنیادی دارد. مثلا این که تکامل زیستی پیچیده‌تر از تکامل گیتی است وسیستم‌های زنده‌ای که محصول تکامل زیستی هستند به‌مراتب از هر سیستم غیر زنده پیچیده‌ترند. در مورد سایر تفاوت‌ها نیز در همین مقاله بحث خواهیم کرد. نظریهٔ تکامل از طریق انتخاب طبیعی، که بیش از صد سال پیش توسط چارلز داروین مطرح شد و تاکنون به‌کمك علم ژنتیك اصلاح و توجیه شده است، در حال حاضر در حکم اصل سازمان دهندهٔ زیست‌شناسی به‌شمار می‌آید و در نظریهٔ عمومی حیات برای توضیح منشاء، سرگذشت و روابط متقابل سیستم‌های زنده به‌کار گرفته می‌شود.

اساطیر اقوام بدوی و بسیاری از پندارگرایان دربارهٔ آفرینش، در یك مفهوم اساساً ایستا مشترك بود: جهانی که از هنگام آفریده شدن تاکنون تغییری نکرده است

۱ــ Ernest Mayr استاد بازنشستهٔ جانورشناسی دانشگاه هاروارد.

۲ــ واژهٔ تکامل در این‌جا به ازای کلمهٔ **Evolution** آمده است. باید توجه داشت که‌برای کلمهٔ **Development** هم گهگاه در فارسی واژهٔ تکامل آورده می‌شود. برای تمایز بین این‌دو مورد به‌طور خلاصه می‌توان گفت که: تکامل (Evolution) عبارت است از سیر تکوین حیات از ابتدایی ترین شکل تا عالی‌ترین شکل آن. در این روند گرایش مسلط، سیر تکاملی یا تکامل (به‌ازای Development)) است. در سیر تکوین حیات مراحلی هم وجود داشته است که شاخهٔ بن بست تکامل بوده‌اند و مفهوم **Development** به‌آن‌ها تعلق نمی‌گیرد.

۳ــ **Synthetic**



داروین در سال ۱۸۵۴، هنگامی که پس از هشت‌سال کار رساله‌ای درباب صدف‌های بارناکل منتشر کرده بود. او دراین هنگام به‌کار برروی کتابی ادامه می‌دادکه آن‌را «کتاب انواع» می‌نامید: می‌خواند مقابله‌می‌کرد، گرد می‌آورد، می‌آزمود ویادداشت‌هایی برای اثر بزرگش فراهم می‌ساخت،ولی نوشتن‌آن‌را تاسال ۱۸۵۶ به تاخیر انداخت. دوسال بعد، هنگامی که‌آلفرد راسل‌والاس مستقلا مفهوم انتخاب طبیعی را ابداع کرد، موجب شد تا داروین هم «منتخب» یادداشت‌های خود را تحت عنوان «درباب بنیاد انواع» منتشر کند.

و در واقع از آفرینش آن زمان درازی نمی‌گذرد. محاسبات اسقف اوشر[۴] در قرن هفدهم تاریخ آفرینش جهان را سال ۴۰۰۴ پیش از میلاد اعلام می‌کرد، و در آن دورانی که علم تاریخ به‌علت محدودیت دست‌یابی به‌متون و آثار مکتوب قلمرو گسترده‌ای نداشت این صراحت نابه‌جا جالب بود. بنابراین وظیفهٔ فوق به‌عهدهٔ طبیعت شناسان و فیلسوفان قرن هجدهم (عصر روشنگری) و زمین‌شناسان و زیست‌شناسان قرن نوزدهم

۴ــ James Ussher (۱۵۸۱ ــ ۱۶۵۶) اهل ایرلند.

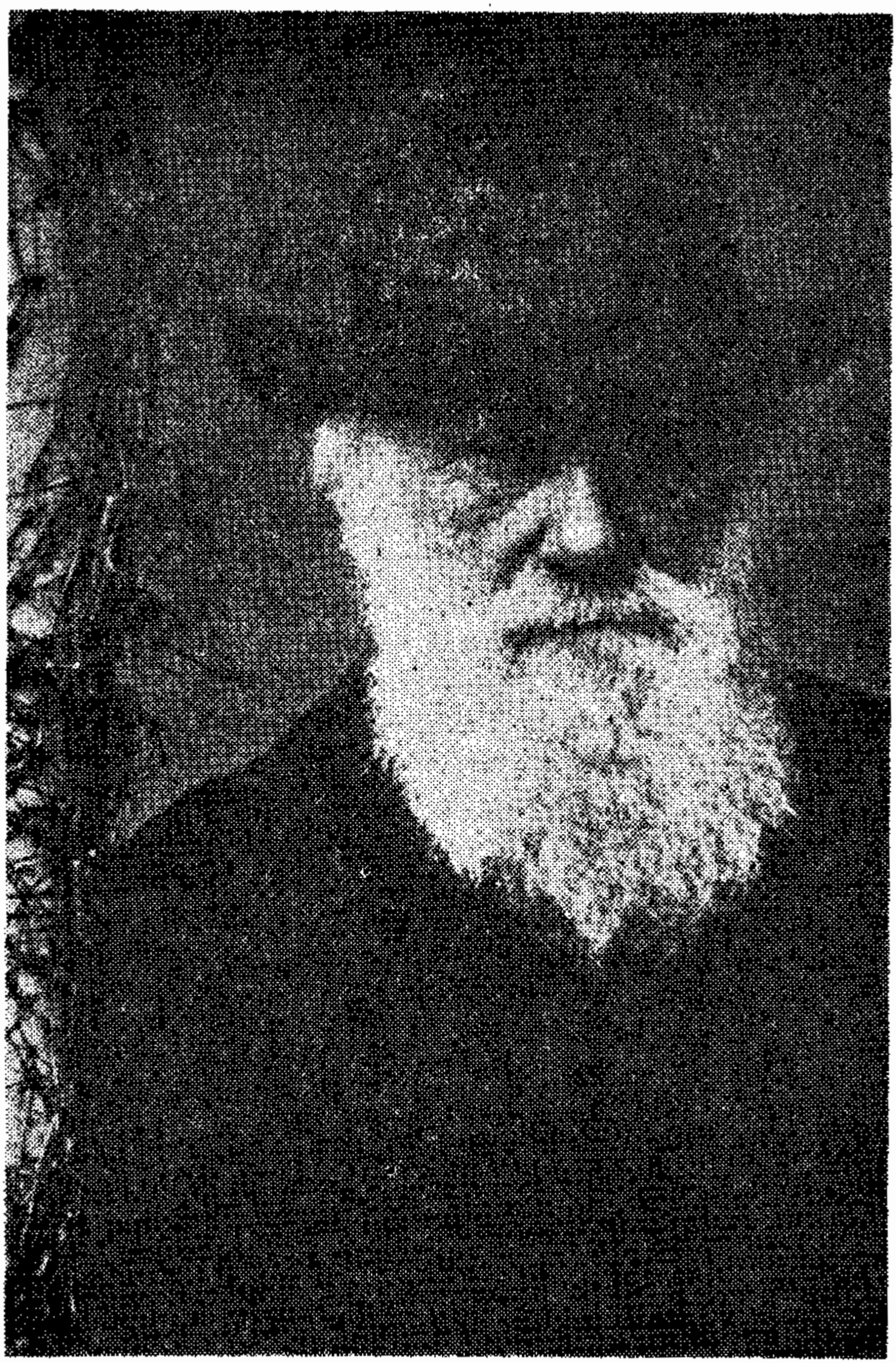
قرار گرفت تا گسترش ابعاد زمان را آغاز کنند. در سال ۱۷۴۹، کنت دوبوفون[۵] طبیعی‌دان فرانسوی برا ی‌نخستین‌بار اقدام به‌محاسبهٔ عمر زمین کرد. بنابه‌محاسبات او عمر زمین حداقل ۷۰۰۰۰ سال درآمد (و در یادداشت‌های منتشر نشدهٔ وی میزان ۵۰۰۰۰۰ سال برای عمر زمین عنوان شده است). امانوئل کانت در کتاب «پیدایش جهان»[۶] خود (سال ۱۷۵۵) شهامت بیش‌تری ابراز کرده و از میلیون‌ها وحتی‌صدها میلیون سال سخن گفته است. پیداست که منظور بوفون و کانت جهان فیزیکی بودکه تکوین یافته است.

«تکامل» به‌مفهوم تغییر پیوسته‌ای است که عموماً یك مؤلفهٔ جهتمند نیز در خود دارد. به‌ترین تعریف تکامل زیستی، تغییر در تنوع و سازگاری[۷] گروه‌های جانداران است. نخستین نظریهٔ سازگار در مورد تکامل در سال ۱۸۰۹ توسط ژان‌باتیست دولامارك[۸] طبیعی‌دان فرانسوی عرضه گردید. وی بیش‌از هر چیز به‌فرایند تغییر در طول زمان توجه کرد که از دید او سیر پیشرفت در طبیعت از ریزترین جانورانی که به‌چشم می‌آیند به پیچیده‌ترین و تقریباً کامل‌ترین گیاهان و حیوانات و سپس به انسان، بود.

لامارك برای توضیح روند ویژهٔ تکامل چهار اصل را اساس کار قرار داد: وجود یك انگیزه به‌سوی کمال در درون جانداران، قابلیت انطباق با شرایط محیطی در جانداران، وقوع مکرر تولید خود به‌خودی (خلق‌الساعه) و توارث خصلت‌ها وممیزات اکتسابی. اعتماد به‌توارث خصلت‌ها و ممیزات اکتسابی. که اشتباه آشکار و معروف لامارك است، پیش از او نیب زوجود داشت. این اعتقاد مورد قبول همگان بود و ریشه در دانش عوام داشت (مثلا در داستان حضرت یعقوب در تورات در مورد جدا کردن چارپایانی که نقش راه راه یا خال خال بر پوست‌داشتند). این طرز تفکر دیرزمانی تداوم یافت. مثلا داروین می‌پذیرفت که مصرف یا عدم مصرف یك ترکیب توسط یك نسل، در نسل بعدی منعکس می‌شود، بسیاری از معتقدان به‌تکامل نیز بر همین عقیده بودند تا آن‌که در اواخر قرن نوزدهم، اوگوست ویسمان[۹] زیست‌شناس آلمانی امکان ناپذیری یا دست‌کم احتمال ناپذیری توارث‌خصلت های اکتسابی را نشان داد. فرض‌های لامارك در مورد وجود محرکی به‌سوی کمال و زایش‌های خود به‌خودی مکرر نیز بعدها تأیید نشد. اما در مورد این که تکامل تا حد زیادی به‌آنچه امروز انطباق نامیده می‌شود وابسته است، حق با لامارك بود. وی همچنین دریافت که تنوع عظیم موجودات زنده را می‌توان با پذیرفتن عمرطولانی برای زمین توضیح داد و نیز این‌که تکامل یك فرایند تدریجی است.

توجه‌عمدهٔ لامارك به‌سوی تکامل در بعد زمانی،یابه‌عبارت دیگر «تکامل عمودی»

۵ـ Comte de Buffon (۱۷۰۷ ـ ۱۷۸۸)
۶ـ Cosmogony
۷ـ diversity and adaptation
۸ـ Jean Baptiste de Lamarck (۱۷۴۴ ـ ۱۸۲۹)
۹ـ August Weismann (۱۸۳۴ ـ ۱۹۱۴)



داروین در حوالی سال ۱۸۸۵ این عکس رادر داون‌هاوس واقع درکنت برداشته است. اوازسال ۱۸۴۲ در آنجا می‌زیست ودر ۱۸۸۲ در سن ۷۳ سالگی درآنجا درگذشت‌و درصومعهٔ وست‌می‌نیستر به‌خاك سپرده شد.

بود داروین ــ به‌عکس ــ از آغاز مجذوب مسئلهٔ منشاء تنوع وبه‌ویژه منشاء انواع از روزنهٔ تنوع پذیری در ابعاد جغرافیایی (تکامل افقی) گردید. اشتیاق داروین بـه موضوع تنوع و گسترش انواع، طی سفر پنج‌ساله‌اش (از سال ۱۸۳۱) که به‌عنوان یك طبیعی‌دان در کشتی سلطنتی «بیگل»[۱۰] صورت گرفت، بیدار شد. مثلا در جزایر گالاپاگوس[۱۱] داروین دریافت که هر جزیره نوع لاك‌پشت، مرغ مقلدو سهرهٔ مخصوص به‌خود را دارد که این انواع در عین ارتباط نزدیك باهم، از یکدیگر مشخصاً متمایزند. پس از بازگشت به‌انگلستان، ضمن بررسی مشاهداتش به‌این نتیجه رسید که گـروه جانوران هر جزیره نوع تازه‌ای است و از آن‌جا به‌مفهوم تبدیل یا تکوین انواع‌قایل گردید. در سال ۱۸۳۸ اندیشهٔ سازوکاری (مکانیسمی) را که بتواند تکامل را تبیین کند در سر پروراند، این سازوکار انتخاب طبیعی بود. پس از سال‌ها مشاهده و تجربه و کسب اطلاع از طریق مطالعه در رشته‌های زمین‌شناسی، جانورشناسی و سایررشته‌ها، در سال ۱۸۵۸ بیان اولیه‌ای از نظریهٔ تکامل داروین از طریق انتخاب طبیعی، در گزارشی به‌جامعهٔ لینه[۱۲] لندن ارائه گردید. یك طبیعی‌دان دیگر نیز که جوانی بود انگلیسی به‌نام آلفرد راسل والاس[۱۳] و در هندشرقی به‌بررسی تجربی اشتغال داشت، مستقلا به‌مفهوم انتخاب طبیعی رسید و نظرات خود را دردست نوشته‌ای برای داروین فرستاد. گزارش او به‌همراه گزارش داروین در جلسه خوانده شد.

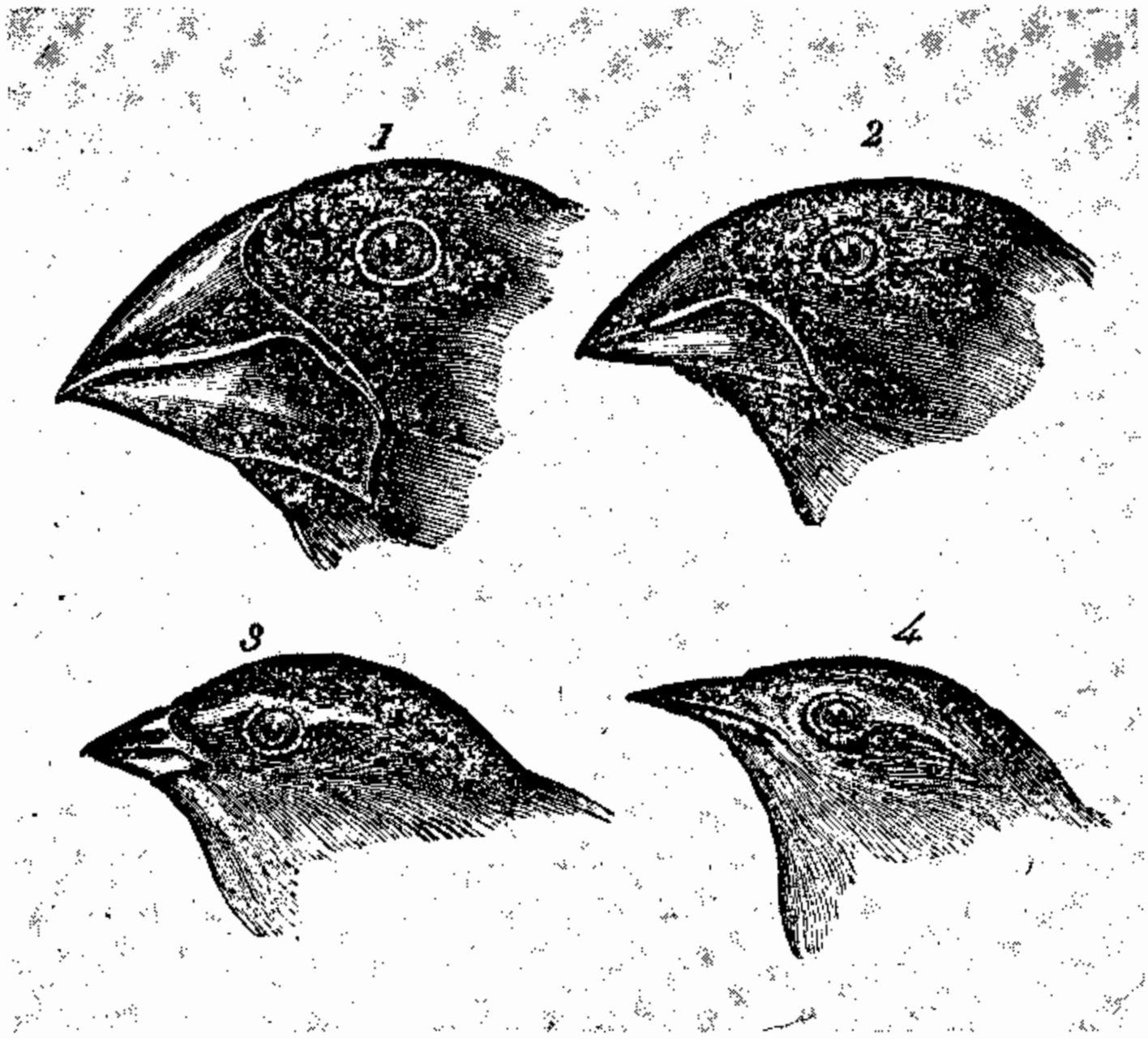
نظریهٔ داروین که به‌شکل کامل و متکی به‌مشاهدات شخصی بی‌شماربود و به‌دقت مورد بحث قرار گرفته بود در بیست و چهارم نوامبر ۱۸۵۹ تحت عنوان «دربارهٔ منشاء انواع» انتشار یافت. طرح تشریحی گستردهٔ او مشتمل بود بر تعدادی نظریهٔ فرعی یا فرض‌هایی که در این‌جا به‌چهار فرض اساسی از آن میان اشاره می‌کنیم. دوتا از این فرض‌ها با اندیشه‌های لامارك سازگار بود. فرض اول این بود که جهان ایستا نیست بلکه در حال تکامل است. انواع به‌طور پیوسته تغییر می‌کنند، انواع نو پدیدمی‌آیند و انواع دیگر از بین می‌روند. به‌طوری که از بررسی سنگواره‌ها برمی‌آید، مجموعهٔ گیاهان و جانوران هر منطقه در طول زمین دستخوش تغییر می‌شودوهرچه سنگواره‌ای قدیمی‌تر باشد با موجود زندهٔ امروزی تفاوت بیش‌تری دارد. در مشاهدهٔ طبیعت‌زنده، به‌پدیده‌هایی برمی‌خوریم که جز در چارچوب تکامل قابل تفسیر نیست. فرض دیگر داروین، که با اندیشه‌های لامارك همخوان بود، پیوسته و تدریجی بودن تکامل بود.

۱۰ــ Beagle

۱۱ــ Galápagos مجمع‌الجزایری که یکی از استان‌های اکوادور را تشکیل می‌دهد، در اقتباس آرام واقع است، فاصله‌اش از خشکی ۱۰۰۰ کیلومتر، مساحتش حدود ۷۵۰۰ کیلومتر مربع و جمعیتش ۲۴۰۰ نفر است.

۱۲ــ Linnea یا Linnaeus گیاه شناس سوئدی (۱۷۰۷ ــ ۱۷۷۸) بنیان‌گذار دسته‌بندی علمی جانداران.

۱۳ــ Alfred Russel Wallace (۱۸۲۳ــ۱۹۱۳) اوبعدها معتقد شدکه انتخاب‌طبیعی به‌تنهایی نمی‌تواند مبین ظرفیت‌های متعالی بشری باشد.



سهره‌هایی که داروین در جزایر گالاپاگوس مشاهده کرد وتصویر برخی رادر سفرنامهٔ چاپی او می‌بینیم . او نوشت «مشاهدهٔ اندازه‌ها واشکال مختلف منقاردریك گروه کوچك‌پرندگان دارای ارتباط نزدیك، انسان را ممکن است واقعاً به‌این فکر بیندازد که یك نوع درجهات گوناگون تعدیل شده‌است.»

داروین معتقد بود که در این روند هیچ‌گونه جهش یا تغییر ناگهانی پیش نمی‌آید.

دوفرض دیگر داروین اساساً مفاهیمی نو بودند. یکی از این‌دو، فرض نسل مشترك بود. بنا به‌عقیدهٔ لامارك هر موجود زنده یا هر گروه جانوران تجلی یك خط تکاملی مستقل است که با یك زایش خود به‌خودی آغاز شده و مدام به‌سوی کمال پیش رفته است. اما داروین برآن بود که جانوران مشابه با یکدیگر مرتبطند و دارای جد مشترکی هستند. او می‌گفت که همهٔ پستانداران نسبشان به‌نوع واحدی می‌رسد که جد مشترك همهٔ آن‌هاست، همهٔ حشرات جد مشترکی دارند و به‌همین ترتیب همهٔ جانوران در گروه‌های دیگر همین کیفیت را دارند. در واقع او معتقد بود که اصل و نسب همهٔ موجودات زنده به‌یك منشاء مشترك حیات برمی‌گردد.

ادعای داروین مبنی براین که انسان نیز جزو نسل مشترك پستانداران است، از نظر بسیاری کسان توهین نابخشودنی به‌نژاد انسان به‌شمار آمد و توفانی از اعتراض

برانگیخت. با این حال اندیشهٔ نسل مشترك از آن‌چنان قدرت توضیحی عظیمی‌برخوردار بود که اغلب زیست‌شناسان بلافاصله آن را پذیرفتند. این فرض، سلسله‌مراتب مقولات دسته‌بندی علمی جانداران را که توسط لینه بیان شده بود و همچنین کشفیات اندام شناسانی را که از روش مقایسه‌ای نتیجه گرفته بودند، همهٔ موجودات زنده را می‌توان در تعداد محدودی از گونه های شکلی دسته‌بندی کرد، توضیح می‌داد.

چهارمین نظریهٔ فرعی داروین انتخاب طبیعی بود که کلید طرح گستردهٔ وی به‌شمار می‌آمد. به‌گفتهٔ داروین، تغییر تکاملی برخلاف نظر لامارك حاصل هیچ‌نیروی محرکهٔ مرموزی نیست و از سوی دیگر صرفاً منوط به‌تصادف نمی‌باشد، بلکه عامل‌آن «انتخاب» است. انتخاب، یك‌فرایند دومرحله‌ای است. مرحلهٔ اول تولیدگونه‌های متفاوت است. بنابه‌نظر داروین، در هر نسل تعداد زیادی از گونه‌های متفاوت تولید می‌شود. داروین منشاء این دگرگونی‌ها را که تنها پس از پیدایش علم ژنتیك قابل درك بود، نمی‌شناخت. او تنها متکی به‌دانش تجربی خود بود که حاکی از ذخیرهٔ ظاهراً بی‌پایانی از تغییرات کوچك و بزرگ در داخل انواع بود.

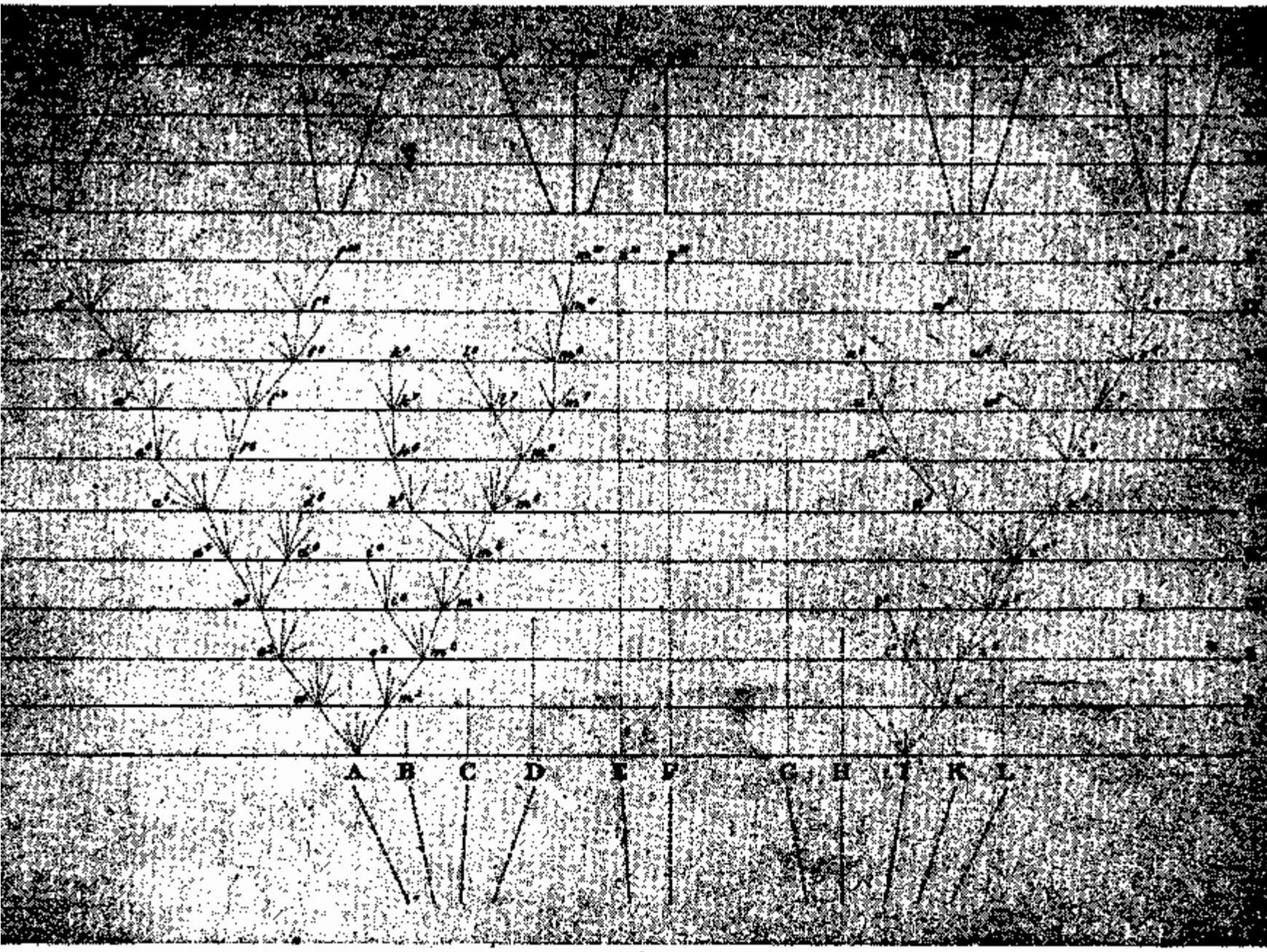
مرحلهٔ دوم انتخاب از طریق زنده‌ماندن در تنازع بقا بود. در اغلب انواع حیوانات و گیاهان هر زوج هزاران (اگر نگوییم میلیون‌ها) موجود از نوع خود تولید می‌کنند. داروین براساس آشنایی با نظرات توماس مالتوس[۱۴] دریافت که تعداد بسیار اندکی از این نوزادان می‌توانند زنده بمانند. ازاین‌میان کدام یك‌شانس‌بیش‌تری برای زنده ماندن دارند؟ این نوزادان آن‌هایی هستند که درمجموع‌مناسب‌ترین‌مشخصه‌ها را برای ایستادگی در برابر محیط از جمله آب و هوا، رقیب‌ها و دشمنان، دارا باشند. این جانداران بیش‌ترین شانس را برای تداوم حیات، تولید مثل وباقی‌گذاردن‌فرزند دارند و مشخصه‌های آن‌ها در دور بعدی انتخاب ظاهر خواهد شد.

مفهوم جهان درحال‌تکامل‌به‌جای جهان ایستا، تقریباً از سوی همهٔ دانشمندان ژرف‌اندیش ــ حتی تا پیش از مرگ داروین در سال ۱۸۸۲ ــ پذیرفته شد و کسانی که تکامل را پذیرفتند مفهوم نسل مشترك را نیز قبول کردند (اگرچه کسانی هنوز پافشاری می‌کردند که انسان را از این دودمان مشترك کنار بگذارند). اما در مورد دو فرض دیگر داروین اوضاع به‌قرار دیگری بود و هر دو اصل با مقاومت شدید بسیاری از متفکران و کارشناسان ۵۰ تا ۸۰ سال پس از وی روبرو شد.

یکی از این دو اصل، «تدریجی» بودن تکامل بود. حتی ت. ه. هاکسلی[۱۵] که از پیروان جدی داروین بود واز اغلب جنبه‌های نظریهٔ نوین سرسختانه دفاع می‌کرد نتوانست تدریجی بودن پیدایش گونه‌های بالاتر و انواع جدید را بپذیرد. وی در مقابل، فرض پیدایش جهش وار انواع را مطرح ساخت. فرض متکی به‌جهش‌ضمنا برای

۱۴ــ Thomas Malthus (۱۷۶۶ ــ ۱۸۳۴) اقتصاد دان انگلیسی.

۱۵ــ T. H. Huxley (۱۸۲۵ ــ ۱۸۹۵) زیست شناس انگلیسی، پدر بزرگ آلدوس هاکسلی نویسنده.



نمودار پیدایش انواع جدید از طریق جدا شدن مشخصات و انتخاب طبیعی که در کتاب منشاء انواع آمده است. حروف انگلیسی بزرگ که در پایین نمودار دیده می‌شود نشانهٔ انواع یك جنس است. خطوط افقی که با اعداد رومی مشخص شده (در سمت راست) نشانهٔ فواصل ۱۰۰۰ نسلی (به‌عنوان مثال) می‌باشد. نقطه‌چین‌های شاخه مانند، نشانهٔ نسل های مختلف و نمونه‌هایی است که «مناسب»هستند و از طریق انتخاب طبیعی ابقا شده‌اند. برخی از انواع (C ، B و غیره) منقرض می‌شوند و برخی دیگر (F ، E) تغییر اساسی نمی‌کنند تعدادی دیگر (I ، A) دستخوش انشعابات فراوانی می‌شوند و پس از گذشت نسل‌های پرشمار، انواع جدیدی از آن‌ها پدید می‌آید (a^{10}،m^{10}،z^{10}) که آن‌ها نیز به‌نوبهٔ خود انواع گوناگون جدیدی پدید می‌آورند(a^{14}،q^{14}،p^{14} و غیره) که پس از گذشت زمان های طولانی ممکن است منجر به‌تولید جنس‌های نوین یا مقولات بالاتر بشوند.

زیست‌شناسانی چون هوگودووری[۱۶]، که مستقلا قوانین وراثت گرگورمندل[۱۷] راکشف کرد، آشنا بود. او در سال ۱۹۰۱ نظریه‌ای عنوان کرد که براساس آن انواع جدید از طریق جهش پدید می‌آیند. بالاخره در سال ۱۹۵۰ یك دانشمند ژنتیك به‌نام گلدشمیت[۱۸]

۱۶ــ Hugo de Vries (۱۸۴۵ ــ ۱۹۳۸) گیاه‌شناس هلندی که نظریهٔ جهش را در تکامل تکوین بخشید.

۱۷ــ Gregor Mendel (۱۸۲۲ ــ ۱۸۸۴) راهب اطریشی، بنیان‌گذار علم ژنتیك.

۱۸ــ R. B. Goldschmidt (۱۸۷۸ــ۱۹۵۸) جانورشناس و ژنتیك‌دان امریکایی متولد آلمان.

به‌دفاع از نظریهٔ «جهش‌های سیستمی» به‌عنوان منشاء گونه‌های بالاتر پرداخت.

سرانجام سه پیشرفت موجب شد که این‌گونه نظریه‌های مبتنی بر جهش کنار گذاشته شود. یك پیشرفت، قبول تدریجی تلقی نوینی از جهان فیزیکی و دگرگونی آن بود. از زمان افلاطون نگرش غالب که کارل‌پوپر[۱۹] آن را «جوهرگرایی»[۲۰] می‌نامد براین بوده است که جهان از تعداد محدودی جوهر (مثل افلاطونی)[۲۱] تشکیل یافته است که تجلیات متغیر جهان محسوس تنها بازتاب‌های ناقص و تقریبی آن‌هاست. از چنین دیدگاهی تغییر حقیقی تنها می‌تواند به‌صورت پیدایش یك جوهر جدید ازطریق آفرینش یا جهش خودبه‌خودی (موتاسیون) صورت بگیرد. دسته‌های اشیای فیزیکی از جوهرهای یگانه‌ای تشکیل یافته است و ثابت های فیزیکی در شرایط یکسان بلاتغییر می‌مانند. بنابراین در قرن نوزدهم هیچ‌گونه درگیری میان ریاضیات یا علوم فیزیکی و فلسفهٔ جوهرگرایی وجود نداشت.

اما زیست‌شناسی فلسفهٔ دیگری را طلب می‌کرد. موجودات‌زنده‌براساس‌مشخصه‌های فردی ازیکدیگر متمایزند. هر جمعی از جانوران از افرادی تشکیل می‌شود که فرد فرد آن‌ها از یکدیگر قابل تمایز هستند. در «بررسی جمعی» مقادیر متوسط به‌مرحلهٔ انتزاع وارد می‌شوند و افراد تنها در تنوعشان واقعیت می‌پذیرند. اهمیت جمع در این است که در حکم مخزنی از دگرگونی‌هاست (که در ژنتیك اصطلاحاً به‌آن استخرژنی[۲۲] می‌گویند). با تکیه بر بررسی جمعی، تکامل تدریجی را می‌توان پذیرفت و در حال حاضر این نکته در همهٔ وجوه نظریهٔ تکاملی پذیرفته شده است.

پیشرفت دیگری که منجر به‌رد فرض جهشی گردید، کشف تنوع‌پذیری پرشمار توده‌های طبیعی و درك این نکته بود که تنوع پرشمار عوامل ژنتیکی ناپیوسته هرگاه به‌تعداد کافی موجود باشد و چنان‌چه فواصل بین آن‌ها به‌میزان کافی اندك باشد، می‌تواند به‌صورت تنوع پیوستهٔ موجودات زنده متجلی شود. سومین پیشرفت اثبات این نکته از سوی طبیعی‌دانان بود که فرایندهای تکامل تدریجی کاملا قادر به‌توضیح منشاء ناپیوستگی‌هایی از قبیل انواع جدید و گونه‌های جدید و نیز نوآوری‌های‌تکاملی همچون بال‌های پرندگان و شش‌های مهره‌داران می‌باشند.

یکی دیگر از مفاهیم ارائه شده توسط داروین، که تادیرزمانی با مقاومت زیست شناسان و فیلسوفان مواجه شد، انتخاب طبیعی بود. در آغاز بسیاری کسان به‌این‌علت به‌مخالفت با آن برخاستند که مفهوم مذکور با اعتقادات جبری سازگار نبود و قابلیت پیش‌بینی در آن مطرح نمی‌شد، در حالی که محیط علمی قرن نوزدهم این کیفیات را ضروری می‌دانست. آن‌ها می‌گفتند چگونه ممکن است یك «قانون طبیعی» همچون انتخاب طبیعی تماماً وابسته به‌تصادف باشد؟ برخی دیگر به«ماده‌گرایی تمام عیار»ی که در آن مستتر بود، حمله می‌کردند. در قرن نوزدهم، انتخاب هماهنگی موجود در جهان زنده به‌کار کردهای تصادفی انتخاب طبیعی با اندیشهٔ کسانی که وجود راعرصهٔ

۱۹ـ Karl Popper (۱۹۰۲ ـ) فیلسوف انگلیسی متولد اطریش.
۲۰ـ Essentialism ۲۱ـ Plato's ideas ۲۲ـ gene pool

تجلی آفریننده می‌دانستند، در تعارض قرار گرفت. افرادی که از مواضع مذهبی یا فلسفی یا صرفاً به‌خاطر این‌که انتخاب طبیعی را تصادفی تر از آن می‌یافتند که قادر به توضیح تکامل باشد، انتخاب طبیعی را رد می‌کردند، سازهای متمادی به عرضهٔ طرح‌های گوناگونی در مقابل انتخاب طبیعی پرداختند، که هریك از آن‌ها متکی به‌یك گرایش یا انگیزهٔ درونی برای سیر به‌سوی کمال یا ترقی بود. از آن جمله می‌توان از طرح‌های اورتوژنیز[۲۳]، نوموژنیز[۲۴] و اریستوژنیز[۲۵] یا «اصل امگا» که توسط تیار دوشاردن[۲۶] عنوان گردید، نام برد. در همهٔ این نظریه‌ها نوعی غایت‌گرایی[۲۷] به‌کارگرفته شده بود.

طرفداران نظریه‌های فوق، علی‌رغم همهٔ کوشش‌هایشان، نمی‌توانستند دعاوی‌خود را در چارچوب نیروهای طبیعی توجیه کنند. کشفیات زیست‌شناسی مولکولی امکان صحت این‌گونه نظریه‌ها را منتفی ساخته است.

اخیراً ژاك‌مونو[۲۸] این نکته را ثابت کرده است که عامل ژنتیك پایدار است و تنها از طریق جهش تغییر می‌پذیرد. جرج گیلورد سیمپسون[۲۹] نیز با استفاده از شواهد دیرین‌شناسی حیات، نظریه‌های غایت‌گرایان را رد کرده است. هنگامی که یك گرایش تکاملی از هرمشخصه ــ مثلا گرایش به بزرگ‌ترشدن جثه یا بلندتر شدن دندان ــ مورد بررسی قرار می‌گیرد، معلوم می‌شود که گرایش مذکور ثابت نیست، بلکه مکرراً تغییر جهت می‌دهد و حتی گهگاه جهت خلاف در پیش می‌گیرد. وجود موارد متعدد انقراض در هر دوران زمین‌شناسی دلیل محکم دیگری بر نادرستی اعتقادات غایت‌گرایانه در مورد سیر به‌سوی کمال است.

پاسخ دادن به‌ایرادی که به‌جنبهٔ تصادفی انتخاب طبیعی مطرح می‌کنند کاردشواری نیست. فرایند مذکور به‌هیچ روی متکی به‌تصادف محض نیست. اگرچه گونه‌های‌متنوع از طریق فرایند تصادفی ظاهر می‌شوند، ولی در مرحلهٔ دوم فرایند، یعنی در جریان انتخاب براساس بقا، «غربال» می‌شوند که عامل اخیر تا حد بسیار زیادی غیرتصادفی است. در مورد نقشی هم که تصادف کم یا بیش در تکامل دارد باید توجه داشت که فرایندهای فیزیکی بسیار بیش از آنچه در ۱۰۰ سال پیش تصور می‌شد، مولفهٔ احتمالی

۲۳ــ Orthogenesis نظریه‌ای که تکامل را جبری می‌داند و براساس آن، سیر تکامل در ترکیب نطفه معین شده است و عوامل خارجی اثری برآن ندارد.

۲۴ــ Nomogenesis

۲۵ــ Aristogenesis نظریه‌ای که منشاء ویژگی‌های تازه را در جانداران ناشی از سازگاریشان با محیط می‌داند.

۲۶ــ Teilhard de Chardin (۱۸۸۱ ــ ۱۹۵۵) کشیش یسوعی فرانسوی، دیرین شناس، فیلسوف.

۲۷ــ Finalism

۲۸ــ Jacque Monod (۱۹۱۰ ــ)شیمی‌دان فرانسوی برندهٔ جایزهٔ نوبل پزشکی ۱۹۶۵.

۲۹ــ George Gaylord Simpson (۱۹۰۶ ــ) طبیعی‌دان و دیرین‌شناس امریکایی.

ژان باتیست دولامارك طبیعی دان و فیلسوف فرانسوی نخستین تکامل‌گرای برجسته بود ودریافت که زمین‌دارای عمر زیادی است، تکامل تدریجی است و جانداران تکوین یافته‌اند.در عین حال لامارك به‌موروثی بودن صفات اکتسابی عقیده داشت.

دارند.

به‌هرحال باید دید که آیا انتخاب طبیعی می‌تواند سیر طولانی تکامل را، کـه از منشاء حیات در حدود سه الی چهار میلیارد سال پیش تا عالی‌ترین گیاهان وحیوانات از جمله انسان تداوم داشته است، توضیح دهد؟

انتخاب طبیعی چگونه می‌تواند علاوه برتغییرات جزئی مرتبط با بقا و سازگاری در داخل یك‌نوع، پیدایش انواع جدید را که به‌صورتی دیگر با محیط انطباق می‌یابند، توجیه کند؟ این‌بار هم پاسخ درست از سوی داروین ارائه شد.

هرجانور نه‌تنها با سایر جانوران هم‌نوع خود، بلکه همچنین با جانوران انواع دیگر نیز رقابت می‌کند. هرسازگاری یا اصلاح جسمانی جدید، جانور مربوطه و اعقاب او را در پهنهٔ رقابت بین انواع قوی‌تر می‌کند و این امر به‌نوبه خود به‌مشخص‌تر شدن

مرز و تمایز بین انواع کمك می‌رساند. این روند کسب خصوصیات ویژه ممکن است راه بن‌بستی باشد، مثلا در مورد انطباق با شرایط زندگی در غارها یا چشمه‌های آب‌گرم چنین حالتی وجود دارد. بسیاری از این روندهای تخصصی شدن، به‌خصوص آن دسته که در اوایل تاریخ تکامل پدیدار شدند، راه‌گشای سطوح کاملا نوینی در پهنهٔ‌سازگاری بودند. این روندها طیف گسترده‌ای ــ از پیدایش غشاها و هستهٔ سلولی سازمان یافته و انبوههٔ سلول‌هایی که یك موجود پریاخته را می‌سازند، تا ظهور دستگاه اعصاب مرکزی که بسیار پیشرفته است و پیدایش مراقبت‌های درازمدت والدین از فرزندان ــ را دربرمی‌گیرد.

بنابه‌گفتهٔ سیمپسون، تکامل دارای ویژگی موقعیت‌سنجی آشکاری است، بدین معنی که هرتغییری را که یك جانور را در پهنهٔ رقابت با هم‌نوعان خود یا با افـراد انواع دیگر ممتاز سازد، برجسته می‌کند. این فرایند طی میلیاردها سال عامل خودبه‌خودی پیشرفت تکاملی بوده است. این پیشرفت تابع هیچ برنامه‌ریزی حساب شده‌ای نیست و تنها عامل آن تصمیمات فی‌البداههٔ انتخاب طبیعی بوده است.

کافی نبودن اطلاعات داروین از منشأ تغییرپذیری‌های ژنتیکی که مصالح اولیهٔ انتخاب طبیعی را فراهم می‌آورد نقص عمده‌ای در بیان وی باقی نهاده بود. این نقص توسط علم ژنتیك برطرف گردید. مندل در سال ۱۸۶۵ کشف کرد که عوامل انتقال اطلاعات توارثی، واحدهای گسسته‌ای است که از والدین به‌فرزندان منتقل می‌شود و در هرنسل دست‌نخورده و منظم محفوظ می‌ماند. داروین به‌هیچ‌روی ازکشفیات مندل که تا کشف مجدد در سال ۱۹۰۰، به‌دست فراموشی سپرده شده بود، آگاهی نداشت.

اکنون می‌دانیم که DNA[۳۳] در هستهٔ یاخته به‌صورت ژن‌های متعدد تکثیرپذیر (واحدهای توارثی مندل) سازمان می‌یابد. این ژن‌ها می‌توانند به‌حالات یا اشکال دیگر جهش کنند. دسته‌ای از ژن‌ها که ساختاری هستند، حاوی اطلاعات مربوط به‌ساختن نوعی پروتئین می‌باشند و دسته‌ای دیگر که ژن‌های تنظیم‌کننده‌اند، نقششان تغییرحالت دادن به‌ژن‌های ساختاری است. یك ژن ساختاری جهش‌یافته می‌تواند به‌یك‌نوع پروتئین دیگر مربوط باشد که دارای مشخصهٔ متفاوتی است. ژن‌ها بر روی کروموزوم‌ها به‌دنبال یکدیگر ردیف می‌شوند و در تقسیم میوز[۳۴] ــ فرایند سلولی کـه پیش از تشکیل سلول‌های نطفه در انواعی که هم‌جنس خود را تولید می‌کنند، صورت می‌گیرد ــ می‌توانند با یکدیگر ترکیب شوند. انواع گوناگون ژنوتیپ‌ها (مجموعه‌های کامل از ژن‌ها) که می‌تواند در تقسیم میوز تولید شود، به‌میزان غیرقابل تصوری پرشمار است و تعداد کثیری از این انواع علی‌رغم انتخاب طبیعی، محفوظ باقی می‌ماند.[۳۵]

جـای شگفتی است که پیروان اولیهٔ نظرات مندل، نظـریهٔ انتخاب طبیعی را نپذیرفتند. اینان جوهرگرا و معتقد به‌تغییرات جهشی بودند و جهش را نیروی محرکهٔ

۳۳ــ علامت اختصاری اسید دیوکسی ریبونو کلئیك ۳۴ــ meiosis

۳۵ــ نگاه کنید به‌مقالهٔ «سازوکارهای تکامل» در همین شمارهٔ هدهد.

احتمالی تکامل دانستند. باظهور ژنتیك جمعی در دههٔ ۱۹۲۰ اوضاع تغییر کرد. سرانجام در دهه‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ جمع‌بندی نتایج حاصله در آثار تئودوسیوس دوبژانسکی[۳۶]، جولیان‌هاکسلی[۳۷]، برنارد رنش[۳۸]، سیمپسون، گ. لدیارداستبینس[۳۹] و ارنست مایر (نویسندهٔ مقالهٔ حاضر) مطرح و پرورده گردید. پیدایش نظریهٔ ترکیبی تکامل، نظریهٔ داروین را به‌کمك نظریهٔ کروموزومی توارث، ژنتیك جمعی، مفهوم انواع در زیست ـ شناسی وبسیاری دیگر از مفاهیم زیست‌شناسی و دیرین‌شناسی، غنی‌ترساخت. وجوه عمدهٔ نظریهٔ ترکیبی جدید عبارت بود از رد کامل توارث خصلت‌های اکتسابی، تأکید بر تدریجی بودن تکامل، درك این مطلب که پدیده‌های تکاملی پدیده‌هایی جمعی هستند و تأیید مجددی براهمیت تردیدناپذیر انتخاب طبیعی.

درك فرایند تکامل براساس نظریهٔ ترکیبی فوق، تأثیر عمیقی برتمامی علـم زیست‌شناسی گذاشته است. برساس نظریهٔ مزبور هرنکتهٔ زیست‌شناسی به‌حق یك سؤال تکاملی را مطرح می‌سازد. یعنی در مورد هرساختار، کارکرد، یا فرایند، به‌حق‌می‌توان پرسید که چرا چنین است؟ کدام برتری انتخابی موجب اکتساب آن بوده‌است؟ این‌گونه سؤالات تأثیر عظیمی در همهٔ حوزه‌های زیست‌شناسی به‌ویژه زیست‌شناسی مولکولی، مطالعات رفتاری وبوم‌شناسی[۴۰] داشته است.

آثار فیلسوفان و فیزیك‌دانان دشواری‌هایی در درك نظریهٔ جدید تکامل حیاتی از طریق انتخاب طبیعی برای مردم ایجاد می‌کند. بدنیست که در این‌جا وجوه خاص این نظریه را مورد توجه قرار دهیم و به‌خصوص تفاوت میان تکامل حیاتی و تکامل کیهانی وسایر فرایندهایی را که به‌فیزیك‌دانان مربوط می‌شود، بررسی کنیم.

همچنان که گفته شد، تکامل از طریق انتخاب طبیعی یك فرایند دومرحله‌ای‌است. مرحلهٔ نخست عبارت است از ایجاد تنوع ژنی از طریق ترکیب، جهش و حوادث‌اتفاقی در ژن‌ها. مرحلهٔ دوم نظم دادن به‌این تنوع به‌وسیلهٔ انتخاب است. اغلب مواردگوناگونی که در مرحلهٔ اول ایجاد می‌شود تصادفی است، بدین معنی که معلول نیازهای جاری آن جانداریاوضعیت محیط وی نیست وارتباطی هم با آن‌ها ندارد.

در این‌جـا انتخاب طبیعی می‌تواند پیروزمندانه وارد عمل شود، زیرا ذخیرهٔ بی‌پایانی از گوناگونی‌ها که ناشی از بالا بودن درجهٔ فردیت سیستم‌های زیستی است، در برابرش قراردارد. هیچ دوباخته‌ای در یك جاندار کاملا همانند یکدیگرنیستند، هر

۳۶ـ Theodosius Dobzhansky (۱۹۰۰ ـ) طبیعی‌دان امریکایی متوند اوکرائین.

۳۷ـ Julian Huxley (۱۸۸۷ ـ) زیست‌شناس و نویسنده، برادر آلـدوس هاکسلی نویسنده.

۳۸ـ Bernhard Rensch

۳۹ـ G. Ledyard Stebbins (۱۹۰۶ ـ) گیاه شناس امریکایی.

۴۰ـ Ecology علمی که ارتباطات میان جانداران و محیط زندگی آن‌ها را بررسی می‌کند، نام دیگر آن بیونومیك است.

آلفرد راسل والاس هنگامی که طبیعی‌دان جوانی بود و در اندونزی کار می‌کرد، مستقلا نظریهٔ انتخاب طبیعی را تنظیم کرد ومقاله‌اش همراه با مقالهٔ داروین درسال ۱۸۵۸ خوانده شد. اوبعدها در مورد سازوکار تکامل انسان با داروین اختلاف پیدا کرد ومعتقد شد تنها انتخاب طبیعی قادر نیست استعدادهای عالی‌تر انسان را توجیه کند.

فرد دارای وجوه اختصاصی است و به‌همین ترتیب هرنوع و هراکوسیستم[۴۲] منحصر به‌فرد است. بسیاری ازکسانی که با زیست‌شناسی آشنایی نزدیك ندارند قادر به‌درك میزان تنوع حیاتی نیستند. این موضوع کلا با نحوهٔ تفکر سنتی متکی به‌جوهرگرایی ناسازگار است و چارچوب مفهومی دیگری می‌طلبد که عبارت است از شیوهٔ بررسی جمعی. (یگانه بودن سیستم‌های زیستی و این حقیقت که تقریباً برای هرمسئلهٔ محیطی چندین راه حل وجود دارد، روی‌هم‌رفته تکامل حیاتی را تکرارناپذیر می‌سازد. ستاره شناسانی کـه گرایش به‌تفکر جبری داشته‌اند، براساس استدلال آماری به‌این نتیجه رسیده‌اند که آن‌چه روی‌زمین اتفاق افتاده است باید روی سیاره‌های ستارگان دیگری غیر از خورشید نیز رخ داده باشد. زیست‌شناسان با توجه به‌این‌که تکرار یکایك‌مراحل

۴۲ـ Ecosystem یك مجموعهٔ اکولوژیکی که به‌همراه محیطش به‌صورت یك واحد در نظر گرفته می‌شود.

تکاملی را که به پیدایش انسان منجر شد احتمال‌ناپذیر می‌دانند، گفتهٔ سیمپسون را در مورد «عالم‌گیر شدن انسان‌واره‌ها» کاملا نا محتمل می‌شمارند.)

افراد یگانهٔ گوناگون درون‌تودهٔ خود زاد و ولد می‌کنند[۴۲] و در انواع‌دسته‌بندی می‌شوند. همهٔ این اعضا، اجزای نوع خود هستند زیرا از یك استخر ژنی حاصل‌شده‌اند و خود در تشکیل آن سهیمند. توده یا نوع کلا در حکم یك فرد دستخوش تکامل می‌گردد واجزای آن مستقل از یکدیگر تکامل نمی‌یابند.

از لحاظ زیست‌شناسی هرفرد دارای سرشت دوگانهٔ خاصی است. این سرشت‌تشکیل می‌شود از ژنوتیپ (مجموعهٔ کامل ژن‌ها که ممکن است برخی از آن‌ها ظاهر نشوند) و فنوتیپ (سازوکاری که از انتقال ژن‌ها در ژنوتیپ حاصل می‌شود). ژنوتیپ جزئی از استخر ژنی جمع مربوطه است، فنوتیپ برای پیروزی در تولیدهمانند خود با سایر فنوتیپ‌ها رقابت می‌کند. این پیروزی (که معرف «مناسب بودن» فرد است) به‌طور ذاتی معین نمی‌شود، بلکه حاصل اندرکنش‌های گوناگون با دشمنان، رقیبان، عوامل بیماری‌زا و سایر عوامل مؤثر در انتخاب است. شدت و کیفیت حضور هریك ازاین عوامل بستگی به‌فصول سال و موقعیت جغرافیایی دارد.

دومین مرحلهٔ انتخاب طبیعی، که مرحلهٔ انتخاب است، در واقع یك اصل تنظیم کنندهٔ خارجی است. در جمعی که هزاران یا میلیون‌ها فرد یگانه را دربرمی‌گیرد، برخی افراد مجموعه‌های ژنیشان طوری است که با مجموعهٔ عوامل اکولوژیکی غالب به‌تر جور درمی‌آید. این افراد در مقایسه با سایر اعضای توده از نظر آماری احتمال‌بیش‌تری برای زنده ماندن و تولید مثل دارند. دومین مرحلهٔ انتخاب طبیعی، سمت تکاملی را تعیین می‌کند؛ ژن‌ها و مجموعه‌های ژنی را که در زمان و مکان مورد نظر خاصیت انطباقی دارند افزایش می‌دهد؛ هماهنگی با محیط را زیاد می‌کند؛ موجب افزایش وجوه تخصصی می‌شود و موجب تعیین مسیر تغییرات انطباقی، یا به‌عبارت دیگر سبب پیشرفت تکاملی می‌گردد.

تکامل انتخابی نه پدیدهٔ تصادفی است و نه جبری، بلکه فرایندی دومرحله‌ای است که از مزایای هردو برخوردار است. بنا به‌گفتهٔ سوال‌رایت[۴۵] که از پیشتازان ژنتیك جمعی است: «فرایند تأثیر متقابل یك فرایند تصادفی و یك فرایند انتخابی، که توسط داروین بیان شده، حالت واسطه‌ای میان تصادف محض و جبر محض نیست؛ بلکه نقش کیفی آن کاملا مغایر با هردو است. کسانی که نظرات داروین را قبول دارند، تناقضی میان فرایندهای تکامل حیاتی و قوانین علوم تجربی نمی‌بینند، اما این به‌هیچ وجه بدان معنی نیست که تکامل حیاتی تا حد قوانین فیزیکی تنزل یافته است. تکامل حیاتی نتیجهٔ فرایندهای خاصی است که در سیستم‌های خاصی روی می‌دهد و توضیح آن تنها در سطح پیچیدگی همان فرایندها و همان سیستم‌ها معنی‌دار است. نظریهٔ کلاسیك

۴۳ــ Interbreeding populations

۴۵ــ Sewall Wright (۱۸۸۹ــ)ژنتیك شناس امریکایی، از بنیانگذاران نظریهٔ وراثت جمعی.

تکامل را نمی‌توان در حد نظریهٔ مولکولی تکامل خلاصه کرد، هرچند در برخی تعاریف ساده‌انگارانه، تکامل به‌عنوان «تغییری در بسامدهای ژنی توده‌های طبیعی» تعبیر شده است. چنین تعریفی جنبه‌های مهم تکامل ــ تغییرات در تنوع و انطباق ــ را نادیده می‌گیرد.

پس از آنکه نظریهٔ ترکیبی جدید در دو دههٔ ۱۹۳۰ و ۱۹۴۰ به‌دست آمد، برخی از مخالفان نظریهٔ تکامل این سؤال را پیش کشیدند که آیا نظریهٔ مزبور نقطهٔ پایانی برتحقیقات در زمینهٔ تکامل نیست؟ وآیا بدین ترتیب پاسخ همهٔ سؤالات داده نشده‌است؟ افزایش تصاعدی تعداد آثاری که در زیست‌شناسی تکاملی منتشر می‌شد، نشان داد که پاسخ هردو سؤال فوق منفی است. در این‌جا اشاره‌ای می‌کنیم به‌مسایلی که در حال حاضر کارورزان در این رشته را به‌خود مشغول داشته است.

یك موضوع عمدهٔ مورد سؤال نقش تصادف است. در سال ۱۸۷۱ این نظریه مطرح شد که شاید تنها برخی از تغییرات تکاملی نتیجهٔ انتخاب است و تعداد بیش‌تر یا حتی اغلب تغییرات، حاصل دگرگونی‌های اتفاقی یا آن‌چیزی‌است که امروزه «جهش خنثی» نامیده می‌شود. بعداً نیز چندین‌بار همین نظریه پیش کشیده شد. پس از آن‌که روش الکتروفورز[۴۶] بررسی تفاوت‌های جزئی میان ترکیبات یك آنزیم معین را درنمونه‌های تصادفی متعدد ممکن ساخت و معلوم شد که مجموعهٔ جهش‌های ممکن برای هر ژن بسیار پرشمار است، ابعاد جدیدی در بررسی این قضیه پدیدار شد. چه بخشی از این‌تنوع صرفاً مزاحم روند تکامل است و کدام‌بخش به‌انتخاب مربوط می‌گردد؟ چگونه می‌توان این تنوع را به‌دودسته ــ مجموعهٔ جهش‌های ممکنهٔ ژنی که خنثی یا نسبتاً مهم هستند ــ تقسیم کرد؟

این کشف زیست‌شناسی مولکولی که علاوه بر ژن‌های ساختاری، ژن‌های تنظیم کننده نیز وجود دارند، سؤالات تکاملی نوینی را مطرح ساخت. آیا آهنگ تکامل دونوع ژن یکسان است؟ آیا هردو به‌یك میزان قابلیت انتخاب طبیعی دارند؟ آیا یك نوع ژن در پیدایش انواع یا سایرگروه‌های رده‌بندی جانوران مهم‌تر از ژن دیگر است؟ (مثلا ژن‌های ساختاری شمپانزه و انسان ظاهراً بسیار شبیه به‌هم است. آیا ژن‌های تنظیم‌کننده‌اند که قسمت عمدهٔ تفاوت میان ما و آنان را پدید می‌آورند؟) آیا انواع دیگری از ژن نیز وجود دارد؟

مسئلهٔ مورد علاقهٔ داروین، یعنی موضوع گوناگونی انواع، بار دیگر مورد توجه محققان قرار گرفته است. درگروه‌هایی از جانوران مثل پرندگان، انواع جدید ظاهراً فقط در اثر عامل جغرافیایی به‌وجود می‌آیند، بدین ترتیب که با جدا کردن توده‌ای از یك نوع مثلا در یك جزیره، بازسازی ژنی درآن‌ها صورت می‌گیرد. در گیاهان و در بعضی از گروه‌های جانوران، پیدایش انواع جدید تحت تأثیر وجود بیش از دوبرابر

۴۶ــ Electrophoresis حرکت ذرات باردار در یك محلول تحت تأثیر میدان الکتریکی که توسط دو الکترود ایجاد می‌شود.

توماس هاکسلی به خاطر آثار برجسته‌اش در بسیاری زمینه‌های زیست‌شناسی شهرت‌یافت. اوبا معرفی و دفاع از بنیاد انواع در مقالهٔ معرفی کتاب تایمز لندن و در بسیاری مقالات و سخنرانی‌ها حکم سخنگو و «سگ‌نگهبان» داروین را پیدا کرد.

تعداد معمولی کروموزوم[۴۷] صورت می‌گیرد. در این موارد فرزند مستقیماً از نظر خصوصیات با والدینش تفاوت خواهد داشت. گونهٔ دیگری از پیدایش انواع، گونهٔ «همجواری»[۴۸] در انگل‌ها یا حشراتی است که با زندگی برروی یك گیاه میزبان سازگاری یافته‌اند. گاه پیش می‌آید که گیاه میزبان از نوع جدیدی است و نوزادان انگل یا حشرهٔ مهاجر ــ شاید با یاری ژن‌های مناسب ــ زیستگاه مساعدی بدست می‌آورند. در این مورد انتخاب ژنی شدیدی در مورد تولید مثل باسایر افرادی که روی گیاه از نوع جدید زندگی می‌کنند صورت می‌گیرد و شرایط مستعدی برای پیدایش نوع جدیدی که با میزبان جدیدانطباق داشته باشد فراهم می‌آید که با خصوصیات‌نوعی میزبان جدید منطبق است. هنوز دقیقاً مشخص نیست که میزان وقوع این تحول نوعی

۴۷ــ Poly ploidy ۴۸ــ Sympatric

چقدر است. همچنین نقش متقابل ژن‌ها و کروموزوم‌ها در پیدایش انواع جدید ازمسایل مورد بحث است. در کم‌تر زمینه‌ای از زیست‌شناسی، اندیشهٔ تکاملی به‌اندازهٔ زمینهٔ زیست‌شناسی رفتاری ثمربخش بوده است.

دانشمندان رفتارشناسی حیوانات ثابت کرده‌اند که الگوهای رفتاری، از قبیل اظهار عشق می‌تواند همانند مشخصه‌های ساختاری در رده‌بندی حیوانات، راهنما واقع گردد. دسته‌بندی‌هایی که براساس رفتار تنظیم شده است به‌نحو چشمگیری با نظام‌های متکی به‌الگوهای ساختاری تطبیق می‌کند و گهگاه اطلاعات رفتاری، در مواردی که شواهد مربوط به‌شکل‌شناسی مبهم بوده، سرنخ تعیین‌کننده‌ای به‌دست داده است. نکتهٔ مهم‌تر اثبات این مطلب بوده است که رفتار غالباً ــ یا شاید همیشه ــ مشخص‌کنندهٔ گام‌های تکاملی است. یك تغییر در رفتار، مثلا انتخاب مسکن یا منبع غذایی جدید، عوامل انتخابی نوینی را مطرح می‌سازد و ممکن است منجر به‌تغییرات سازگاری مهمی شود. به‌جرئت می‌توان گفت که اغلب حوادث مهم در تاریخ حیات، مثل تسخیر زمین یا هوا، با دگرگونی‌های رفتاری آغاز شد. عوامل مؤثر در انتخاب، که نیروی محرکهٔ این پیشرفت‌های تکاملی هستند، در حال حاضر مورد توجه خاص دانشمندان قرار دارند.

پذیرفتن این مطلب که جهان ایستا نیست، بلکه در حال تغییر دایمی است و این که نوع بشر در اثرتکامل پدید آمده است، بی‌شك تأثیر بنیادی در اندیشهٔ بشر داشته است. اکنون می‌دانیم که سیرتکاملی که ما بدان تعلق داریم از اجداد میمون‌نمای ما آغاز شد و در طول میلیون‌ها سال گام‌های مشخصی در آن برداشته شد. همچنین می‌دانیم که انتخاب طبیعی عامل این تعالی بوده است. حوادث گذشته چه‌کمکی در پیش‌بینی آیندهٔ بشرمی‌کند؟ از آنجا که در تکامل حیاتی هیچ عنصر غایت‌گرایانه مطرح نیست وتوارث خصلت‌های اکتسابی نیز رد شده است، انتخاب تنها سازوکاری است که می‌تواند عملا برتکامل حیاتی بشر تأثیر بگذارد.

این نتیجه‌گیری مشکل تازه‌ای به‌میان می‌کشد. اصلاح نژاد یا انتخاب مصنوعی با ارزش‌های پذیرفته شدهٔ انسانی مغایرت دارد. حتی اگر هیچ مانع اخلاقی در کار نبود، اطلاعات لازم برای چنین انتخابی هنوز در دست نیست.اطلاعات ما در مورد مؤلفه‌های ژنتیکی خصوصیات غیرجسمانی بشر به‌تازگی از صفر شروع شده است. انواع بسیار گوناگون و پرشماری ازانسان‌های «خوب»، «سودمند» و سازگاری‌یافته وجود دارد. حتی اگر می‌توانستیم مجموعه‌ای از خصوصیات را که در شرایط فعلی مطلوب هستند انتخاب کنیم، تغییرات حاصل از پیشرفت‌های تکنولوژی در جامعه‌آن‌قدر سریع رخ می‌دهد که هیچ‌کس نمی‌تواند پیش‌بینی کند چه مجموعهٔ مشخصی از قریحه‌های بشری می‌تواند هماهنگ‌ترین نوع جامعهٔ بشری را در آینده به‌وجود آورد. دوبژانسکی گفته است که: «نوع‌بشر در حال تکامل است» ولی ما نمی‌دانیم که این تکامل در کدام نقطه از پهنهٔ زیست‌شناسی صورت می‌گیرد.

نوع دیگری از تکامل نیز وجود دارد که تکامل فرهنگی خوانده می‌شود. این

تکامل یك فرایند مختص به‌انسان است که بشر ازطریق آن تا حدی به‌محیط شکل می‌دهد وبا محیط انطباق می‌پذیرد. (در حالی که پرندگان، خفاشان و حشرات از طریق تکامل ژنتیکی میلیون‌ها ساله به‌پرواز درآمدند، انسان ــ به‌گفتهٔ دوبژانسکی ــ «با ساختن ماشین‌های پرنده و نه از طریق تغییر در ساختار ژنوتیپ خود به‌صورت قدرتمندترین پرنده درآمده است».) تکامل فرهنگی فرایندی است که بسیار سریع‌تر از تکامل زیستی صورت می‌گیرد. یکی از جنبه‌های این تکامل قابلیت اساسی ودقیقاً لامارکی انسان در تکوین فرهنگی‌ازطریق انتقال اطلاعات کسب شده، از جمله ارزش‌های اخلاقی ــ و غیراخلاقی ــ از نسلی به‌نسل دیگر است. شك نیست که با توجه به پایین بودن سطح ارزش‌های اخلاقی در انسان امروز[۵۱]، هنوز جا برای پیشرفت‌های عظیمی در این زمینه وجود دارد. با آن‌که انسان به‌هیچ‌وجه نمی‌تواند بر روند تکامل زیستی خود تأثیر بگذارد، بی‌شك امکان تأثیرگذاری برتکامل فرهنگی و اخلاقی بشر وجود دارد. انجام این کار در جهت سازگاری برای تمامی نوع‌بشر می‌تواند هدف تکاملی واقع‌گرایانه‌ای باشد، اما پای این واقعیت همچنان درمیان است که تکامل فرهنگی و اخلاقی بشر در حالی که نوع انسان از لحاظ ژنتیکی قابل کنترل نیست، با محدودیت‌هایی مواجه خواهد بود.

ترجمهٔ محمد باقری

۵۱ــ جای شگفتی نیست اگر دانشمندی که در جامعهٔ سرمایه‌داری به‌سرمی‌برد این‌چنین‌بدبینانه از ارزش‌های اخلاقی یاد کند، چرا که نقش جامعهٔ خویش را درآب می‌بیند.

... اتفاقاً این پرسش به‌ذهنم راه یافت: چرا بعضی می‌میرند و بعضی زنده می‌مانند؟ پاسخ روشن بود، برروی هم آن‌هاکه شایسته‌ترند زنده‌می‌مانند. تندرست‌ترین افراد از آثار بیماری مصون می‌مانند؛ قوی‌ترین و چابك‌ترین و حیله‌گرترین افراد از دست دشمنان در امان می‌مانند و آن‌ها که به‌تر شکار می‌کنند، یا هاضمهٔ به‌تر دارند، از قحطی جان به‌در می‌برند؛ و جز این‌ها. سپس این نکته فوراً به‌نظرم آمد که قابلیت تغییری که پیوسته در همهٔ جانداران وجود دارد زمینه را آماده می‌سازد تا جاندارانی که به‌با شرایط موجود محیط کم‌تر سازگاری دارند از میان بروند و آن‌ها که انسبند، مسابقه را ادامه می‌دهند.

در این‌جا بود که نظریهٔ بقای انسب ناگهان به‌ذهنم راه یافت.

هرچه بیش‌تر در این‌باره فکر می‌کردم، بیش‌تر متقاعد می‌شدم که سرانجام به‌آن قانون طبیعی که ملت‌ها در جستجویش بوده‌ام، و مسئلهٔ اصل انواع را حل می‌کرد، دست یافته‌ام.... با دلواپسی منتظر پایان بیماری‌ام بودم تا فوراً در بارهٔ موضوع مطالبی بنویسم. همان‌شب آن را به‌خوبی نوشتم و در دو شب بعد آن را با دقت تمام روی کاغذ آوردم تا با پست بعدی، که یکی دو روز دیگر از اینجا می‌رفت، برای داروین بفرستم.

«ا زیادداشت‌های والاس»*
نقل از عروج انسان، بخش ۱۲

* در بارهٔ والاس مقالهٔ تکامل را ببینید.

دکتر عیسی یاوری

تکامل شیمیایی

ازدیدگاه علوم فیزیکی، سلول را می‌توان مجموعه‌ای پیچیده از مولکول‌های آلی دانست وبرای کسانی که بچگونگی آغاز وتکامل حیات برروی کرهٔ زمین علاقه‌دارند، خاستگاه این مولکول‌های بیولوژیکی (زیست‌شناختی) یکی از جالب‌ترین مسایل‌است.

راستی در کجا، کی وچگونه مولکول‌های شگرفی مانند پروتئین‌ها،اسیدهای‌هسته‌ای وپلی ساکاریدها، که سنگ‌بنای سلول هستند، سنتز شده‌اند ؟

زمین در تاریخ عمر خود که به ۴۸۰۰ میلیون سال تخمین زده می‌شود[۱]، ابتدا باید دورانی در حدود ۱۵۰۰ میلیون سال را پشت‌سر گذاشته باشد که درآن‌حیات وجود نداشته است. درآن دوران که از آن به‌نام **دوران تکامل شیمیایی** یاد می‌کنیم، اجزای عمدهٔ تشکیل دهندهٔ جو زمین («هوا»یی که زمین را فراگرفته) با امروز تفاوت بسیار داشته وبدعلت دارا بودن مقادیر قابل توجهی از گازهای متان، آمونیاك وآب (ونداشتن اکسیژن آزاد) خاصیت احیا کنندگی[۲] فراوان داشته است. اکسیژن آزادو اکسیدهای کربن در مراحل بعدی تکامل شیمیایی در اثر انجام واکنش‌های فوتوشیمیایی به‌وجود آمدند. لایهٔ ازن Ozone هم کـــه امروزه به‌صورت پوششی زمین را از اشعهٔ فرابنفش خورشید حفظ می‌کند، در روزگاران گذشته (دوران تکامل شیمیایی)، بسیار نازك‌تر بوده و مقادیر بیش‌تری از اشعهٔ یاد شده را از خود عبور می‌داده است. مولکول‌های‌سادهٔ آلی مانند اسید سیانیدریك HCNوفرمالدئیدH_2CO ابتدا در اثر واکنش بین اجزای ساده‌تری که در آتمسفر زمین موجود بودند، تشکیل شدند وکارمایهٔ (انرژی) ایـــن فرایندها، نور فرابنفش، گرما، تخلیهٔ الکتریکی (رعد و برق) و سایر شکل‌های انرژی بوده‌است. اگر ازمتانCH_4آمونیاكNH_3وآب آغاز کنیم، فرایند فوتوشیمیایی به‌وجود

---

۱ ــ حدود یك‌سوم عمر ۴۸۰۰میلیون‌سالهٔ زمین صرف تکامل شیمیایی گردیده و پس‌ازآن‌نیز صدها میلیون سال دیگر در تکامل زیستی گذشته است. انسان‌نماهای اولیه تنها چندمیلیون‌سال پیش برروی‌خاك ظاهر شده‌اند. اگر عمر زمین را یك شبانه‌روز (۲۴ ساعت) فرض کنیم، فقط سی‌ثانیه‌از ورود انسان به‌عرصهٔ گیتی می‌گذرد.

۲ ــ اگر برتعداد اکسیژن‌ها در یك مادهٔ شیمیایی افزوده شود، می‌گوییم این ترکیب اکسیده شده واگر از تعداد اکسیژن‌هایش کاسته شود (ویابرتعداد هیدروژن‌هایش اضافه گردد) می‌گوییم احیا شده است. مثلاً، در تبدیل متان CH_4 به فرمالدئید H_2CO وبه‌دی اکسیدکربن CO_2 با پدیدهٔ اکسیداسیون ودرتبدیل فرمالدئید به‌متانول CH_3ON باپدیدهٔ احیاروبه‌رو هستیم. درمحیطی آکنده از مولکول‌های هیدروژن‌دار ، مانند متان، آمونیاك وآب، پدیدهٔ احیا آسان‌تر انجام خواهد گرفت وچنین محیطی رااحیا کننده می‌نامیم.

آمدن اسید سیانیدریك وفرمالدئید را می‌توان به‌صورت زیر نوشت:

$$CH_4 + NH_3 \xrightarrow{\text{نور}} HCN + 3H_2$$

$$CH_4 + H_2O \xrightarrow{\text{نور}} H_2CO + 2H_2$$

اسید سیانیدریك وفرمالدئید مواد اولیهٔ مناسبی برای سنتز اسیدهای آمینه(واحد های تشکیل‌دهندهٔ پپتیدها و پروتئین‌ها) در دوران تکامل شیمیایی زمین‌بوده‌اند. برای روشن شدن مسئله، چگونگی تشکیل اسید آمینهٔ گلای‌سین Glycine را ازآمونیاك واسید سیانیدریك، که ابتدا منجربه تشکیل آمینواتان نیتریل می‌شود، به‌صورت زیر نشان می‌دهیم:

$$H_2CO \xrightarrow[-H_2O]{NH_3} H_2CNH \xrightarrow{HCN} H_2C\begin{matrix}NH_2\\CN\end{matrix} \xrightarrow[-NH_3]{H_2O} H_2C\begin{matrix}NH_2\\COOH\end{matrix}$$

گلای‌سین — آمینواتان نیتریل

در سال ۱۹۵۳ دانشمندی‌به‌نام میلر S .Miller برای اثبات این فرضیه کـه: «**در دوران پیش از آغاز حیات، مولکول‌های ساده‌ای نظیرمتان (یااتان) ، آمونیاك و آب وجود داشته‌اند ودر اثر نور خورشید، رعدوبرق وگرما به‌مولکول‌های‌پیچیده‌تری تبدیل شده‌اند**»، اقدام به‌ایجاد شرایط مصنوعی کرهٔ زمین در آغاز دوران تکامل‌شیمیایی نمود. میلر مخلوطی از گازهای یاد شده را در ظرف شیشه‌ای ریخت و آن‌را مسدود ساخت و به‌طور مستمر برای مدتی نسبتا طولانی در معرض نور فرابنفش، تخلیهٔ‌الکتریکی وگرما قرار داد ودر پایان مشاهده کرد که مواد سادهٔ اولیه به‌ترکیبات پیچیده‌تر و متکامل‌تری از جمله مخلوط راسمیك[۳] اسیدهای آمینه تبدیل شده‌اند.

پلی ساکاریدها یا کربوهیدرات‌ها $(H_2CO)_n$ مولکول‌های حیاتی بسیار با اهمیتی هستند که در تکامل شیمیایی نقش ویژه‌ای داشته‌اند و برای ظاهر شدن آنها بر روی زمین سازوکار(مکانیسم) ساده‌ای پیشنهاد شده‌است. فرمول بستهٔ این‌ترکیبات نشان‌می‌دهد که ظاهراً از پلی‌مر (بس‌پار) شدن فرمالدئید به‌وجود آمده‌اند. ما امروزه می‌دانیم که فرمالدئید در مجاورت بازها واکنش‌ها ی‌افزایشی شبه آلدول انجام داده ومولکول‌هایی به‌نام فورموز Formose که شبیه به‌کربوهیدرات‌ها هستند، به‌وجود می‌آورد.

تبیین چگونگی پیدایش اسیدهای هسته‌ای در دوران پیش از آغاز حیات تاحدودی

۳ـ مخلوط راسمیك Racemic mixture مخلوطی به‌مقدار مساوی ازدو ایزومر نوری یك ماده است که یکی از آن‌ها نور قطبیده را به سمت راست و دیگری (به‌همان اندازه) آن را به‌سمت چپ می‌چرخاند. اگر مقدار دوایزومر نوری در مخلوط مساوی باشد، آن‌وقت برنور قطبیده اثر نخواهدداشت. یکی‌ازدلایل‌فعالیت نوری‌مولکول‌هاوجودکربن‌نامتقارن‌درآن‌هاست. کربن‌نامتقارن Asymmetric carbon کربنی است که چهارگروه متفاوت به‌آن‌وصل شده‌باشد وچنین کربنی برتصویر آینه‌ای خود انطباق ندارد؛ همان‌طور که دست راست ودست چپ را نمی‌توان برهم منطبق کردویاکفش‌ها رانمی‌توان‌پابه‌پا پوشید.

دشوار است. به‌هرحال یکی ازاین اسیدهای هسته‌ای مثلا ادنین Adenine رادر نظر می‌گیریم. فرمول بستهٔ ادنین به‌صورت $H_5C_5N_5$ می‌باشد واین خود یادآور این نکته می‌باشد که ظاهراً ادنین از تجمع پنج‌ملکول اسیدسیانیدریك HCN به‌وجود آمده‌است. البته با نوشتن یك رشته معادلات منطقی شیمی می‌توان ازاسید سیانیدریك بادنین‌رسید.

پس ازبررسی چگونگی تبدیل مولکول‌های بسیار ساده به ملکول‌های‌نسبتاً پیچیده‌تر ومتکامل‌تر، مانند اسیدهای آمینه، اسیدهای هسته‌ای وپلی ساکاریدها، اکنون در مقابل این پرسش قرار گرفته‌ایم که این مولکول‌های آلی، که دردوران‌پیش از آغاز حیات برروی زمین به‌وجود آمدند، چگونه توانستند به‌مواد پلی‌مری وپیچیده‌ای نظیر پپتیدها، DNA، RNA وغیره تبدیل شوند؟ در تشکیل پپتیدها ا زاسیدهای آمینه،در هر مرحله از واکنش، یك پیوند پپتیدی جدید به‌وجود می‌آیدوانجام‌این فرایند، ظاهراً متضمن حذف یك ملکول آب می‌باشد. ازطرف دیگر، امروزه تقریباًمطمئن‌هستیم که‌محیط انجام این واکنش‌ها آبی (مائی) بوده است و از نظر قوانین ترمودینامیکی انجام واکنش‌هایی که آب به‌وجود می‌آورند، در محیط آبی معقول نمی‌باشد.

برای روشن شدن این ابهام، فرضیهٔ جدیدی پیشنهاد گردید که براساس آن‌پلی پپتیدهای اولید از طریق پلی‌مریزاسیون ترکیباتی مانند آمینواتان‌نیتریل‌ها (که خود محصول افزایش اسید سیانیدریك، آمونیاك وفرمالدئید بوده‌اند) به‌وجود آمده‌اند و ایمینوپلی‌مرهای حاصل نیز در محیط آبی‌به‌سهولت به‌پپتیدهای مربوطه‌هیدرولیزشده‌اند.

هنوز پرسش‌های فراوانی دربارهٔ خاستگاه زندگی وچگونگی تکامل حیات‌برروی زمین وجود دارد که دانش امروزین ماتنها به‌طور نسبی می‌تواند پاسخگوی آن‌هاباشد و در بسیاری مواردهم هنوز پاسخی استوار در اختیار ندارد. برای علم، هنوز ناشناخته های فراوانی وجود دارد که شناخت آن‌ها می‌تواند چگونگی تشکیل سیستم‌های شگرف وپیچیده‌ای مانند سلول حیاتی را روشن سازد وبه‌ما بگوید که باکتریوم‌های ساده‌ای که کارمایهٔ خود را از نور خورشید می‌گیرند، چگونه می‌توانند مولکول‌ها وسیستم‌های متکامل‌تر وعالی‌تری را بدوجود آورند. گسترش افق‌های دانش‌بشری می‌تواندرآینده برای بسیاری از ابهامات امروزی ماگره‌گشا باشد.

اگر انسان بتواند ضمن جستجوهای کیهانی خود به‌نوعی‌ابتدایی‌تر از حیات،درسایر نقاط منظومهٔ شمسی، دست‌رسی پیداکند، آن‌وقت خواهد توانست برای پرسش‌های بی‌شمار امروزی خود دربارهٔ نکات استفهام‌آمیز ونادوشن تکامل، پاسخ‌های روشن‌تر وسریع‌تری بیابد.[۵]

۵ـ برای مطالعهٔ بیش‌تر در زمینهٔ تکامل شیمیایی وزیستی نگاه کنیدبه‌کتاب‌اوپارین به‌نام حیات، طبیعت، منشأ وتکامل آن ترجمهٔ آقای هاشم‌بنی‌طرفی، انتشارات کتاب‌های جیبی.
ترجمهٔ دیگری ازاین کتاب به‌نام منشأ حیات وتکامل‌توسط آقای دکتر نورالدین فرهیخته انجام گرفته است (انتشارات دهخدا).

پرویز شهریاری

از ریاضیات بیاموزیم

مفهوم تکامل در ریاضیات

شناخت عبارت است از بازتاب طبیعت به‌وسیلهٔ انسان. ولی، این بازتاب ساده، مستقیم و تمام و کمال نیست، بلکه جریانی است که از یك رشته تجرید، تنظیم وتشکیل مفهوم‌ها وقانون‌ها به‌وجود آمده‌است.

لنین. دفترهای فلسفی

ورود به مطلب

بحث دربارهٔ دیالکتیك، به‌صورت بحثی داغ درآمده است. ظاهراً باید دوباره به بدیهیات پرداخت و ساده‌ترین مساله‌های مشهود و روشن را باز گفت. و این، تا حد زیادی دردآور است. در روزگاری که از یك طرف، انسان رنج‌دیده و زخم خورده، پشت خود را از زیر بار ظلم وبیداد سده‌ها راست می‌کند و پرتو انسانیت را در اعماق ظلمت ستم می‌تاباند و از طرف دیگر، دشمنان غدار حقوق انسانی، از آخرین تیرهای زهرآگین‌خودبرای درهم کوفتن سپاه پرتوان و روزافزون انسانی استفاده می‌کنند، ما در این‌جا می‌نشینیم و دربارهٔ بدیهی‌ترین موضوع‌ها، یعنی حقانیت یا عدم حقانیت دانش، بر سر و روی یکدیگر زخم می‌زنیم. و این، دردآورتر می‌شود، وقتی که بدانیم هردوطرف این بحث در یك جبهه و با دشمنان انسانیت می‌جنگند و آن وقت، به‌جای گرفتن بازوی یکدیگر، به‌نحوی دشمن‌شادکن، پنجه در پنجه یکدیگر انداخته‌اند و هزار افسون به‌کار می‌برند تا به‌هر نحوی شده، پشت طرف دیگر را به‌خاك برسانند.

ولی به‌هرحال این بحث آغاز شده و بازتاب آن اثر جدی خود را برجامعه گذاشته است و نمی‌توان خود را از آن کنار کشید.

روی سخن ما با دوست است، که اگر با دشمن بود، سخنی نداشتیم. با دوستان انقلاب، انقلاب بزرگی که لرزه بر بنیان صاحبان زر و زور افکند و نه‌تنهامردم سرزمین ایران را از نظام ستم هزاران ساله نجات داد، بلکه در روند انقلاب جهانی، به‌صورت نیرویی پرتوان و پویا، کفهٔ انقلاب را سنگین‌تر کرد، و امید که همچنان به‌پیش برود و، همان‌طور که تاکنون، در مجموع چنین بوده، روز به‌روز در جهت خواست‌های خود، عمیق‌تر شود.

●

پیش‌از آن که به‌اصل موضوع، یعنی مفهوم تکامل در ریاضیات و از نظر

ریاضیات، بپردازیم، یادآوری چند نکتهٔ مقدماتی را، ضرور می‌دانیم.

۱. انسان چگونه داوری می‌کند؟ آیا می‌توان داوری و استدلال را از «هیچ» آغاز کرد و از همان کلام نخست «استدلالی» صحبت کـرد؟ آیا می‌توان در بحث با کسی که هیچ چیز را نمی‌پذیرد و به‌عنوان «برهانی» بودن بحث، حتی بدیهی‌ترین حکم‌ها را منکر می‌شود واز طرف مقابل‌می‌خواهد تا «برهان»، «استدلال» و«داوری» خود را از صفر آغاز کند، به‌تفاهم رسید؟

بگذارید از خاطره‌ای یادکنم. در سال های اول دبیرستان، یك روحانی‌پرهیزکار و در عین حال فاضل، دبیر هندسهٔ ما بود. او مردی بود فوق‌العاده زحمت‌کش و دلسوز، ومن باید اعتراف کنم که دست‌کم قسمت عمدهٔ علاقه‌ای را که به ریاضیات پیدا کردم، مدیون او هستم. او در نخستین جلسهٔ درس، با تعریف ساده‌ای، استدلالی بودن هندسه را به‌ما تلقین کـرد. او گفت: بچه‌ها، هندسه یعنی علم «چرا». در این‌جا، هرکس ادعایی کرد، شما باید بپرسید «چرا؟» و تا وقتی که قانع نشده‌اید نباید از گفتن«چرا» دست بردارید. به‌همین دلیل، وقتی که می‌خواست قضیه‌ای را ثابت و یا مساله‌ای را حل کند، یکی از ما را به‌پای تخته سیاه می‌برد و از او می‌خواست تا در برابر آن‌چه می‌گوید و هرجا که احساس می‌کند، چیزی مبهم و نامفهوم باقی مانده است، بگوید «چرا؟». ولی اغلب پیش می‌آمد که «مامور چرا»، حواسش پرت می‌شد و اغلب بی‌جا و بدون مناسبت میان سخن معلم می‌پرید و می‌گفت «چرا؟». معلم روحانی ما، بـا شکیبایی، تمام تلاش خود را به‌کار می‌برد تا او را قانع کند، ولی غالباً بازهم بارگبار «چراهای» شاگرد مواجه می‌شد و... این‌جا بود که با همهٔ حلم خود، از جادرمی‌رفت، لرزشی لب‌هایش را فرا می‌گرفت و با خشمی ناپیدا، صدایش را بلند می‌کرد که: پسرم دیگر آن‌چه را که می‌بینی و با تمام وجودت احساس می‌کنی منکر نشو... ویك‌روز تمام ساعت درس را در این باره با ما صحبت کرد: گفتگو می‌تواند و باید بر مفاهیم مورد قبول دوطرف آغاز گردد. اگر قرار باشد که یکی از دو طرف هیچ تفاهمی در قبول بدیهی‌ترین موضوع‌ها نداشته باشد، از طرف دیگر، هیچ‌کاری ساخته نیست.

بنابراین، داوری امری نسبی است، زیرا براساس موضوع‌های پذیرفته شده انجام می‌گیرد و هرگز نمی‌توان داوری یا استدلال را از «هیچ» و «صفر» آغاز کرد. یعنی موضوع‌های پذیرفته شده، براساس تجربه‌ها و نتیجه‌گیری‌های شخصی، که همیشه تجربه‌ها و نتیجه‌گیری‌های گذشته و حال هم به‌آن ها شکل می‌دهند، به‌وجود می‌آید؛ و بنابراین، طبیعی است که خود شیوهٔ داوری و نحوهٔ استدلال هم، تکامل پذیرد و از مرحله‌های ساده‌تر وبدوی‌تر، به‌مرحله‌های بغرنج‌ترومتنوع‌تر برسد.

این موضوع قبول مفهوم‌های بدیهی را در دیگر عرصه‌های اندیشهٔ‌بشر هم‌می‌بینیم. که یکی از آن‌ها عرصهٔ تعریف است.

در هر مقوله‌ای ناچاریم ساده‌ترین مفهوم‌ها را، بدون تعریف بپذیریم، تا بتوانیم بر اساس این پذیرش برای تعریف‌های پیچیده‌تر بنیانی داشته باشیم.

مثلا شما نمی‌توانید برای عمل جمع، تعریفی ارائه دهید. هر تعریفی از آن منجر

به‌بازی با واژه‌ها می‌شود: «جمع، یعنی افزودن واحدهای یك عدد بر واحدهای عدد دیگر»، «جمع، یعنی روی هم ریختن دو یا چند عدد»، ... در این موارد، تنها کاری که شده است، این است که «جمع» را با واژه‌های «افزودن» یا «روی‌هم ریختن» توضیح داده‌ایم، یعنی واژه‌ای را به‌جای واژهٔ دیگر نشانده‌ایم.

البته، اگر عمل جمع را بدون تعریف، و به‌همان صورت شهودی مورد قبول بپذیریم، آن وقت به‌سادگی می‌توانیم. برای تفریق یا ضرب، که عمل‌های بغرنج‌تری هستند، تعریف‌های روشن و قانع‌کننده‌ای پیدا کنیم:

ـ وقتی می‌گوییم: $a-b=c$ ، یعنی $b+c=a$

ـ وقتی می‌گوییم: $a \times b$ ، یعنی جمع متوالی b با خودش، به شرطی که تکرار مرتبه‌ها برابر a باشد.

روشن است که می‌شد، مثلا، مفهوم تفریق را به‌عنوان مفهوم بنیانی، بدون‌تعریف پذیرفت و بعد با قبول آن راهی برای تعریف جمع بازکرد.

سرتاسر ریاضیات پر است از چنین مفهوم‌های نخستین و غیر قابل تعریف. حتی مفهومی مثل «مجموعه»، که به‌صورت گسترده‌ای بر تمامی ریاضیات سایه افکنده‌است. به‌خودی‌خود قابل تعریف نیست. باید مفهوم «مجموعه» را به‌همان صورتی که احساس می‌کنیم بپذیریم و سپس وارد بحث‌های دیگر آن بشویم.

آیا تعریف‌ها قابل تغییرند؟ بلی، تعریف براساس شناخت ما از واقعیت‌های عینی، تنظیم می‌شود و بنابراین، باتوجه به‌روند تکاملی شناخت، به‌هیچ تعریفی نمی‌توان خصلت جاودانگی داد. مثلا، می‌توانید تعریف خط، تعریف بعد و یا تعریف تابع را در تاریخ ریاضی دنبال کنید. برای این که در این‌جا وارد در بحث‌های خاص ریاضی نشویم، از این سیر تاریخی می‌گذریم، ولی خواننده‌ای که علاقه‌مند باشد، می‌تواند مثلا به‌کتاب «داستان مجموعه‌ها»مراجعه کند. در آن‌جا می‌بیند که این تعریف‌ها، چگونه، ضمن بغرنج‌تر شدن شناخت آدمی، و در نتیجه بغرنج‌تر شدن مفهوم‌های‌ریاضی، از مرحله‌ای به‌مرحلهٔ بعد تکامل یافته‌اند. در راه تکامل این تعریف‌ها، چه دشواری‌ها، و حتی کج‌راهی‌ها ظاهر شده است، چه بسیار کسان ــ وحتی ریاضی‌دانان ــ خود را مواجه با بن‌بست دیده‌اند و در سرپیچ‌ها، حتی اعتماد خود را نسبت به‌دانش و شناخت از دست داده‌اند؛ ولی ریاضیات، سرفراز و زنده، گاهی به‌سادگی و گاهی‌به‌دشواری،همهٔ پیچ‌ها را پشت سر گذاشته است‌وبعد از این‌هم خواهد گذاشت. به‌قول روزا پتر ــ ریاضی‌دان مجارستانی ــ در کتاب زیبای خود «بازی با بی‌نهایت»:

«...ریاضیات، پدیده‌ای ساکن و بسته نیست؛ ریاضیات، دانشی زنده و پر تحرك است که دایم راه خود را به‌طرف جلو می‌گشاید. هروقتی که خواسته‌اند ریاضیات را درون محدودهٔ بسته‌ای محبوس کنند، دیر یا زود توانسته است راهی به سوی آزادی بجوید و قابلیت زنده بودن خود را نشان دهد».

۲. از همین بحث کوتاهی که دربارهٔ «داوری»، «استدلال»، «تعریف» و... داشتیم، روشن می‌شود که در **علم، حکم مطلق و جاوید وجود ندارد. هرگونه مطلق**

سازی در علم، و از جمله در ریاضیات، می‌تواند به‌مانعی، ولو گذرا، در برابرپیشرفت علم تبدیل شود. اگر کسی بپرسد که آیا حکم «مجموع سه زاویهٔ مثلث دوقائمه است» درست است، پاسخ می‌دهیم: هم بله و هم نه. اگر با هندسهٔ اقلیدسی سر و کار داشته باشیم، حکم درستی است و اگر در یکی از هندسه‌های نااقلیدسی کار می‌کنیم، حکمی نادرست است. می‌پرسند: حقیقت کدام است، این یا آن؟ باز پاسخ می‌دهیم: هم این و هم آن. وقتی که با فاصله‌های محدود، و مثلا در حدود فاصله‌های منظومهٔ شمسی سرو کار داشته باشید، حکم اقلیدسی درست است، ولی اگر مثلا مثلثی را در نظر بگیرید که راس‌های آن در کهکشان‌های مختلف باشد، دیگر این حکم نادرست است. بنابراین این منطق، که اگر حکمی را پذیرفتیم، به‌معنای این است که نقض آن را، قطعاً و مطلقاً نفی کرده‌ایم، از نظر قانون‌های علمی درست نیست. در حکم‌های علمی، مگر به‌صورت انتزاعی، نمی‌توان گفت «یا این یا آن»، بلکه باید گفت «با شرط هایی این، و باشرط‌های دیگری آن». شما می‌خواهید طول پاره خط راستی را پیدا کنید که حد فاصل بین دو نقطهٔ مفروض است. اگر این دو نقطه، مثلا در دو انتهای یك خیابان مستقیم، و مثلا در شهر تهران باشد، می‌توانید با اطمینان خاطر، طول خیابان رااندازه بگیرید. ولی، اگر این دو نقطه، یکی در تهران و دیگری در پاریس‌باشد،دیگرنمی‌توان طول پاره‌خط بین دو نقطه را از روی زمین اندازه گرفت. در این جا، باید طول وتر دایرهٔ عظیمه‌ای از کرهٔ زمین را اندازه گرفت که از دو نقطهٔ مفروض ما می‌گذرد. در حالت اول، هیچ ضرورتی نداشت، کروی بودن زمین را در نظر بگیریم، درحالی که در مورد دوم، توجه به‌این امر لازم است.

سفسطه‌گران، در این مورد ، به‌بازی با واژه‌ها می‌پردازند و می‌پرسند: آیا خود این حکم که «هیچ حکمی مطلق نیست»، حکمی مطلق است یا نسبی. وبعد فریاد برمی‌آورند که «دست‌کم یك حکم پیدا کردیم که مطلق بودن آن حتمی است». این بازی با واژه‌ها، یا به‌تر بگوییم یك‌بازی ذهنی است که ارزشی ندارد. اصولا در مورد همهٔ حکم‌های کلی درست، می‌توان به‌همین ترتیب سفسطه کرد. با این تعبیر، مثلا حکم «غیرممکن است» حکمی متناقض می‌شود و یا مثلا همین نوع بحث را از مترلینگ شنیده‌اید که می‌گفت: «ما می‌پذیریم که خداوند قادر متعال است، یعنی به‌هرکاری قادر است. حالا می‌پرسیم: آیا خداوند قادر است چنان سنگی را بسازد که خود قادر به‌برداشتن آن نباشد؟ هر پاسخی، حکم اصلی را نقض می‌کند؟». ولی، این بازی‌های ذهنی با واژه‌ها، چیزی جز سفسطه نیست. برای تعیین میزان درستی یك حکم، باید به تجربه وپراتیك مراجعه کرد، نه به‌ذهن و به‌صغرا و کبرای ساختهٔ ذهن.

داستان گالیله را به‌خاطر دارید که وقتی جمع «دانشمندان» رسمی زمان خود را فرا خواند تا با دوربین نجومی او آسمان را بنگرند و با چشم خود ببینند که فلك‌های بطلیموسی، چیزی جز اوهام نیست، هیچ‌کس حاضر نشد به‌این پیشنهاد ساده و قانع‌کنندهٔ او گوش دهد: «ریاضی‌دان» به‌محاسبه پرداخت که آیا این ادعای گالیله با «قانون»های ریاضی سازگاری دارد یا نه، هوادار «منطق» به‌سراغ صغری و کبری

رفت تا ببیند تناقضی در حرف‌های گالیله پیدا نمی‌شود، «فیلسوف» ایـن پرسش «اصولی» را مطرح کرد که: آیا اصولا طرح چنین ادعایی می‌تواند درست باشد و... وبیچاره گالیلهٔ دانشمند، شگفت‌زده و سرگردان مانده بود چطور به‌این «آقایان فضلا» بفهماند به‌جای همهٔ این‌ها، می‌توانید چشم خود را باز کنید و برای چند لحظه، آن‌چه را که من می‌گویم، بادیدگان خود ببینید... و سرانجام هم، گالیله، باهمین «استدلال» ها، ویا بدتر بگوییم، سفسطه‌ها، محکوم ومجرم شناخته شد.

می‌پرسند: اگر حتی به‌حکم های ریاضی هم نمی‌توان اعتماد یقین داشت، چه‌تضمینی در همان درستی نسبی آن‌ها وجود دارد و بالاخره، تکلیف آدمی در این وادی بی‌انتها، که هر مسیری از آن «هم درست است و هم نادرست» چیست، و چگونه می‌تواند راه به‌سرمنزل مقصود ببرد؟

می‌گوییم، معیار اصلی عمل است. این درست نیست که هر مسیری هم درست است و هم نادرست؛ دقیق‌تر این است که هر حکمی و هر روشی که در عمل و پراتیك به‌کار بخورد، و تا حدی که به‌کار می‌خورد، درست است.

مشاهده، تجربه و نیاز، سرچشمهٔ اصلی پیدایش همهٔ دانش‌ها، و از جمله ریاضیات است. ولی کار به‌همین‌جا تمام نمی‌شود. مثلا در ریاضیات، از یك طرف، منطق درونی موجود و روبه‌تکامل آن، و از طرف دیگر، نیاز سایر دانش‌ها، آن را به‌جلو می‌برد. در واقع، در هر مرحله‌ای از پیشرفت، ریاضیات می‌تواند بازگوکنندهٔ محدودهٔ معینی از قانون‌های طبیعت باشد. هرچه ریاضیات جلوتر برود، این محدوده، بازتر می‌شود و گسترهٔ وسیع‌تری از طبیعت، طبیعت به‌معنای عام خود، را دربر می‌گیرد، و درهر حال، میزان درستی یا نادرستی قانون‌های آن، دوباره و با توجه به‌محك عمل، معین می‌شود.

این در واقع، چیزی جز همان قانون «نفی در نفی» نیست: ریاضیات، در یك مرحله، با جدا شدن از واقعیت عینی خارج، که به‌کمك انتزاع های پیاپی مفهوم‌ها انجام می‌گیرد، نخستین نفی را انجام می‌دهد (نفی سرچشمهٔ خود، یعنی عمل و زندگی و فرورفتن در تجربه‌ها)، و **بعد دوباره، از میان انبوه مفهوم‌های انتزاعی، به‌عمل** رومی‌آورد و خود را به‌محك آن می‌زند و این نفی دوم است (نفی تجریدی بودن ریاضیات و رو آوردن به‌سرچشمهٔ اصلی خود، یعنی پراتیك)، منتهی، این بار درمرحلهٔ بالاتری از پراتیك قرار داریم، مرحله‌ای که با پراتیك قبلی، تا حد زیادی از لحاظ کیفی، فرق دارد. به‌طور خلاصه، ریاضیات، دایم با قانون «نفی در نفی»، رشدمی‌کند و تکامل می‌یابد.

بنابراین، ریاضیات، در هر مرحله‌ای از تکامل خود، پاسخ‌گوی محدوده‌ای از نیازهای عملی است، و نسبی‌بودن درستی حکم های آن، به‌هیچ‌وجه، به‌معنای بی‌اعتباری آن‌ها نیست.

زمانی بود که در سرزمین قدیمی بابل و یا در مصر باستان، دهقانان کرانـه رودخانه‌های دجله و فرات و یا رودخانهٔ نیل، نیاز خود را برای تقسیم زمین ومرزـ

بندی قطعه‌ها، که بعد از هر طغیان رود لازم بود، به‌نحوی برمی‌آوردند. آن‌ها، مثلا برای محاسبهٔ مساحت یك چهار ضلعی، از این قاعده استفاده می‌کردند: مساحت یك چهار ضلعی برابر است با نصف مجموع دو ضلع رو به‌روی آن، ضرب در نصف مجموع دو ضلع دیگر روبرو.

شما می‌دانید که این قاعده، تنها برای حالتی که چهار ضلعی مفروض، مستطیل شکل باشد، درست است. ولی از آن‌جا که قطعه زمین‌های مورد تقسیم، کم و بیش، به‌مستطیل نزدیك بودند، و باز از آن‌جا که اشتباه ناشی از «عدم دقت» قاعده، ناچیز بود، هیچ اشکالی در عمل پیش نمی‌آمد.

چند سال قبل، همراه با یکی از هم‌کاران به‌علیشاه‌عوض‌رفته‌بودم. کسی‌می‌خواست باغی بخرد که البته کاملا مستطیلی نبود. از من خواستند مساحت آن را با دقت محاسبه کنم. من ابتدا از روش قدیمی مصری و بابلی استفاده کردم و نتیجه را به‌آن‌ها گفتم. معامله هم روی همان محاسبه انجام گرفت. ولی بعد، و در منزل، به‌محاسبهٔ دقیق‌تر پرداختم. شکل زمین را با مقیاس کوچك‌تری رسم کردم وسعی کردم با قاعده‌های رسمی امروزی، مساحت را به‌دست آورم. اختلاف این محاسبه، با محاسبهٔ قبلی، برای زمینی که بیش از ۱۵۰۰ متر مربع بود، در حدود ۰/۹ متر مربع شد. یعنی، من در محاسبهٔ تقریبی، زمین را کمی کم‌تر ازیك متر مربع کم‌تر ارزیابی کرده بودم: خطایی کم‌تر از یك هزاروپانصدم، یعنی کم‌تر از ۰٫۰۷ درصد (یا ۷ درده‌هزار).

ولی انسان، در نوع زندگی هزاران سال پیش خود، متوقف نماند، نیازهای او به هندسه، از تقسیم زمین‌های زراعی، فراتر رفت، و در نتیجه، همراه با آن، و یاگاهی کمی جلوتر یا کمی عقب‌تر از آن، قاعده‌های مربوط به‌محاسبهٔ مساحت و حجم‌هم، دقیق‌تر شد، تا جایی که در زمان لایب‌نیتس، با مفهوم محاسبهٔ انتگرالی پیوند خورد.

در واقع، ریشهٔ اصلی دشواری، در این‌جاست که بشر «قانون‌ساز» نیست، بلکه «کشف‌کنندهٔ قانون» های موجود است. کار بشر این است که بستگی‌های موجود بین اشیا و پدیده‌های طبیعت واجتماع را کشف‌کند، نه‌این که قانون ساختهٔ ذهن خود را بر آن ها تحمیل کند. ما معتقدیم که جهان خارج از ذهن و قانون‌های حاکم برآن، قابل شناخت است، ولی شناسایی این قانون‌ها، یکباره و با «تفکر خالص» ممکن‌نیست. احساس، مشاهده و تجربهٔ طولانی نسل‌ها، همراه با تجرید ذهنی و اندیشهٔ آدمی لازم است تا در هر مرحله، نسبت به‌مرحلهٔ قبلی، بیش‌تر به‌واقعیت عینی و به‌بستگی‌های‌موجود بین آن‌ها، پی‌ببریم. همین آگاهی نسبی بر واقعیت خارجی و همین درك نسبی‌بستگی‌ها و قانون‌های موجود در طبیعت و اجتماع است، که دانش نام دارد.

جادوگری که در ذهن خود، بستگی‌هایی ساختگی، بین اشیا و پدیده‌ها، تصور می‌کند، فال‌بینی که بین خط‌ها و شیارهای دست آدمی و یا فنجان قهوه، با پدیده‌های به‌کلی دور از آن‌ها، مثل سرنوشت آدمی، رابطه‌ای جست و جو می‌کند، به‌دانش دست نمی‌یابد، زیرا آن‌چه را که او «بستگی» می‌یابد، ساختهٔ اوهام و خیالات او و یاهم فکران اوست، نه‌چیزی که در واقعیت عینی خارج از ذهن خیال‌پرداز او وجود داشته

باشد.

درست است که همهٔ اشیا و پدیده‌های طبیعت و اجتماع، در ارتباط متقابل با یکدیگر، عمل می‌کنند، ولی برای پیدا کردن نوع این رابطه‌های متقابل و نوع عمل کرد آن‌ها ومصداقی که دراین‌جا ویا آن‌جا پیدا می‌کنند، باید به‌علم و روش‌های علمی مراجعه کرد، نه به‌خیال بافی و ایده‌آل‌سازی.

این چند جمله را از آ.ن. کولموگوروف بیاوریم تا نظر خود را روشن‌تر بیان کرده باشیم. او در مقالهٔ خود «نظریهٔ احتمال»، در کتاب فوق‌العاده جالب «ریاضیات (محتوی، روش و اهمیت‌آن)» می‌نویسد: «... پیشرفت، درك و معرفت آدمی، تنها مربوط به‌برقرار کردن بستگی‌های حقیقی بین پدیده‌ها نیست، بلکه به‌این هم مربوط است که بتواند بستگی‌های خیالی را رد کند، یعنی بتواند استقلال دو گروه پدیده را، در قضیه‌هایی که مطرح است، ثابت کند. افشا کردن تلاش‌های بی‌معنی فال‌بین‌ها و هواداران تنجیم، که می‌خواهند بین دو گروه پدیده‌ای که هیچ ارتباطی به‌هم ندارند، رابطه‌ای برقرارکنند، یکی از این موارد است.

طبیعی است که دربارهٔ عدم وابستگی‌هایی از این قبیل، نباید به‌طور مجرد و مطلق فکر کرد. مثلا، بنابر قانون جاذبهٔ عمومی، تردیدی نیست که حرکت انتقالی قمرهای مشتری، بر پرواز گلولهٔ توپ اثر می‌گذارد. ولی ضمناً روشن است که در عمل‌می‌توانیم از این‌گونه تاثیرها، صرف‌نظر کنیم. از نظر فلسفی، شاید به‌تر باشد که به‌جای استقلال، از بستگی غیر اساسی در موقعیت مشخص مفروض، صحبت شود. ولی، هر طور که باشد، استقلال حادثه‌ها، به‌مفهومی که توضیح دادیم، و بنابه‌درکی که از این اصطلاح داریم، به‌هیچ‌وجه، اصل کلی ارتباط پدیده‌ها را نقض نمی‌کند، بلکه تنها به‌عنوان تکملهٔ ضروری آن به‌شمار می‌رود.

برآورد احتمال به‌وسیلهٔ فرمول و با فرض مستقل بودن حادثه‌ها، برای حالتی هم که حادثه‌ها در ابتدا مستقلند، ولی جریان خود پدیده‌ها، آن‌ها را بعداً به‌هم‌مربوط می‌کند، فایدهٔ عملی دارد. مثلا، می‌توان احتمال برخورد ذره‌های تشعشع کیهانی را با ذره‌های محیطی که در آن نفوذ کرده است، با این فرض محاسبه کرد که، حرکت ذره‌های محیط تا قبل از ورود ذره‌های سریع تشعشع کیهانی در آن، ارتباطی به‌جا به‌جایی خود این ذره‌ها ندارد. می‌توان احتمال برخورد گلولهٔ دشمن را با پرهٔ ملخ هواپیما، با این فرض محاسبه کرد که موقعیت این پره نسبت به‌محور آن، بستگی به مسیر گلوله ندارد و غیره. از این‌گونه مثال‌ها، هرقدر که بخواهید، می‌توان پیدا کرد.

حتی می‌توان گفت، در هرجایی که قانونمندی‌های احتمالی، به‌روشنی ظاهر می‌شود، بازهم با تعداد بسیار زیادی عامل سروکار داریم، که اگر به‌کلی مستقل از یکدیگر نباشند، بستگی‌های ضعیفی با یکدیگر دارند.

این موضوع، مطلقاً به‌این معنا نیست که همه‌جا می‌توانیم، بدون بحث انتقادی، به‌فرض استقلال و عدم وابستگی پدیده‌ها، متوسل شویم. برعکس، این موضوع ما را وامی‌دارد که اولا با دقت تمام، محکی برای تحقیق در فرضیهٔ عدم وابستگی ها به‌دست

آوریم، ثانیاً و بازهم بادقت تمام، حالت‌های مرزی را ــ که در آن‌جا دیگر لازم است بستگی بین عامل‌ها را به‌حساب آوریم ــ بررسی کنیم، منتها این بستگی چنان است که قانونمندی‌های احتمالی، هنوز می‌توانند، به‌صورت متغیر و پیچیده‌ای، ظاهر شوند.» [ترجمهٔ فارسی ــ جلد دوم، صفحه‌های ۴۵۵ تا ۴۵۷.]

«تفکر خالص»، که گاهی هم نام «عقل سلیم» را به‌آن داده‌اند، در بسیاری موارد، در تاریخ دانش، فاجعه آمیز بوده است. بشر هر روز می‌دید که خورشید از مشرق «طلوع» و در مغرب «غروب» می‌کند و «عقل سلیم» به‌او حکم می‌کرد که زمین ثابت است و خورشید در هر بیست و چهار ساعت یك‌بار، به‌دور آن می‌چرخد. آن‌وقت، انگشت حیرت به‌دهان برده بود که خورشید، این فاصلهٔ عظیم را در این‌مدت کوتاه چگونه طی می‌کند. تازه، وقتی هم که در اثر مشاهده‌های نجومی (که ضمن پیشرفت تکنیك مشاهده، میسر شده بود) و دقت در بستگی‌های موجود و کشف قانون هایی از این بستگی‌ها، دانشمندانی پیدا شدند و پیشنهاد کردند که ای مردم، دست از حیرت خود بردارید، هیچ‌چیز شگفتی وجود ندارد، شگفتی تنها در «عقل سلیم» شماست، کافی است که جای زمین و خورشید را عوض کنید و بپذیرید که زمین به‌دور خورشید می‌چرخد و نه برعکس، فریادها برآمد که: به‌ساحت مقدس «عقل»انسانی توهین شده است، می‌خواهند استادان بزرگی، همچون بطلیموس و ارسطو را، بی‌اعتبار کنند و تازه، علیه سنت‌های کلیسا هم برخاسته‌اند و آن‌وقت... آن پیش‌آمد که همه می‌دانیم. دستگاه‌های تفتیش عقاید به‌کار افتاد، جیوردانوبرونو به‌آتش افکنده شد، گالیله ناچار شد ادعای «نادرست» خود را، مبنی بر حرکت زمین به دور خورشید، پس بگیرد و از «گناهی» که مرتکب شده بود توبه کند و...

تفکر علمی با «تفکر خالص» و «عقل‌سلیم» ــ یا به‌تربگوییم با «خیال‌بافی» و فرو رفتن در «قانون»های من‌درآوردی ــ فرق دارد. تفکر علمی، از مشاهده وتجربه آغاز می‌شود و به‌تجرید و تعمیم و نتیجه‌گیری می‌انجامد، و سپس‌دوباره‌این‌نتیجه‌گیری، درصحنه عمل و پراتیك، به‌محك آزمایش می‌خورد و با کشف نارسایی‌های آن، منجر به‌دقیق‌تر شدن تجربه‌ها وتعمیم‌ها وبنابراین، نتیجه‌گیری‌ها، می‌شود و در این راه، اسلوب مشاهده و آزمایش هم مجهزتر و مجهزتر می‌شود و به‌نوبهٔ خود بر به‌ترشدن نسبی نتیجه‌گیری‌ها، اثر می‌گذارد و این «نفی در نفی» همچنان ادامه می‌یابد و همه چیز در مرحلهٔ کامل‌تر و پیشرفته‌تر از مرحلهٔ پیش، در برابر آدمی قرار می‌گیرد. به‌قول آ. و. آلکساندروف «... نیازهای جامعه، به‌عنوان نیروی محرکه‌ای، پیشرفت حساب را تامین می‌کرد. در این روند پیشرفت، عمل با تفکر انتزاعی، که آزمایش‌های عملی را تعمیم می‌داد، در تاثیر متقابل دایمی بود. مفهوم‌های انتزاعی، که برمبنای عمل به‌وجود می‌آید، به‌سلاح نیرومند عمل تبدیل می‌شود و، در عین حال، در جریان استفادهٔ عملی، پیش می‌رود. انتزاع از مساله‌های غیر اساسی، به‌کشف حقیقت امرکمك می‌کند و در مواردی که ویژگی‌ها و بستگی‌های کلی تجرید شده، نقش تعیین کننده را بازی می‌کند، به‌پیدا کردن روش کلی راه، یاری می‌کند.

علاوه بر آن، گاهی تفکر، بیش از اندازه‌ای که مستقیماً مورد نیاز مساله‌های عملی است، جلو می‌رود؛ مثلا، مفهوم عددهای بزرگی مانند میلیون ومیلیارد، برمبنای دستگاه شمار، و پیش ازآن‌که مورد استفادهٔ عملی آن‌ها مطرح شود، به‌وجود آمد.ازاین گونه نمونه‌ها، در تاریخ دانش کم نیست. کافی است عددهای موهومی را، به‌یادبیاوریم. این‌ها همه تنها حالت ویژه‌ای از شناخت رابطهٔ متقابل عمل و تفکر انتزاعی، عمل و نظریه را، نشان می‌دهد». [ریاضیات (محتوی، روش و اهمیت آن)، ترجمهٔ فارسی، جلد اول، صفحه‌های ۳۸ و ۳۹.] و یا «...مفهوم های تازه، تنها بر پایهٔ مساله‌هایی که به‌وسیلهٔ این مفهوم‌ها حل می‌شوند، و تنها بر پایهٔ قضیه‌هایی که از این مفهوم‌ها استفاده می‌کنند، به‌وجود می‌آید، تکامل می‌یابد، دقیق می‌شود و تعمیم می‌یابد. مفهوم های متغیر و تابع، به‌صورت آماده و یکباره، برای گالیله، دکارت، نیوتون و باهر کس دیگری به‌وجود نیامد، بلکه برای عدهٔ زیادی از ریاضی‌دانان مطرح بود (و مثلا برای نپر در ارتباط با لگاریتم)، سپس نیوتون ولایب‌نیتس، شکل کم و بیش روشنی به‌آن دادند، ولی این شکل هنوز قطعی نبود و بعدها با پیشرفت آنالیز، تعمیم یافت و دقیق‌تر شد. تعریف کنونی این مفهوم‌ها، تنها در سدهٔ نوزدهم داده شد، ولی این تعریف هم، «مطلقاً دقیق» نیست، پیشرفت مفهوم تابع در زمان ماهم ادامه دارد». [همان منبع، صفحهٔ ۸۱].

به‌این ترتیب، دانش ریاضی هم، بر خلاف آن‌چه کم و بیش شهرت پیدا کرده است، دانشی جزمی و کاملا یقینی و به‌اصطلاح «دودوتا چهارتا» نیست. در ریاضیات هم، همچون همهٔ دانش‌های دیگر، هیچ حکمی مطلق نیست؛ ریاضیات هم ، همچون رودخانهٔ خروشانی است که پیوسته به‌پیش می‌رود و در این پیشرفت خود، هم از لحاظ کمی و هم از لحاظ کیفی در تغییری دایمی است.

۳.رابطهٔ ریاضیات با نظام اجتماعی و روابط تولیدی، رابطه‌ای پیچیده وباواسطه است. «... پیشرفت ریاضیات را، بیش از همه باید نتیجهٔ تاثیر متقابل سه عامل‌دانست: نخست منطق موضوع ریاضیات (که در منطق درونی ریاضیات منعکس شده است)؛ دوم، تاثیر تولید در ریاضیات؛ و سوم، رابطهٔ ریاضیات با دانش‌های طبیعی. و این پیشرفت، از راه پرپیچ وخم مبارزهٔ تضادها عبور می‌کند وباعث تغییرات اساسی، هم در مضمون ریاضیات و هم در شکل‌های اساسی آن، می‌شود. پیشرفت ریاضیات بسته به‌مفهومی است که در موضوع آن وجود دارد. در تحلیل آخر، محرك اصلی این پیشرفت، نیازهای تولیدی است... البته... ساده‌لوحی است اگر بخواهیم به‌وجود آمدن هر نظریهٔ ریاضی معینی را، مستقیماً و از «قانون تولید» نتیجه بگیریم. ریاضیات هم، مثل همهٔ دانش‌ها، دارای استقلال و منطق داخلی مربوط به‌خودش...، یعنی‌قانونی که مربوط بموضوع آن است، می‌باشد» [همان منبع، صفحه‌های ۱۳۵ و ۳۱۱].

نظام اجتماعی و تولیدی و ایدئولوژی حاکم برآن، همیشه اثر خود را بردانش، و ازآن جمله ریاضیات و روش‌ها و آموزش آن، ولو غیر مستقیم، باقی می‌گذارد. این موضوع را می‌توان در تمامی طول تاریخ ریاضیات و در بین تمام ملت‌ها، دنبال

کرد. در این‌جا، برای پرهیز از تفصیل، از میان انبوه نمونه‌ها، به‌چند مورداکتفا می‌کنیم:

ــ جامعهٔ یونان باستان، در دوران به‌اصطلاح طلایی خود، آمیزه‌ای از انواع تضادهای دوران بردگی را، به‌صورت خاصی، نشان می‌دهد: آزادی نسبی، یا «دموکراسی» یونانی، تنها برای «آزادها»، یعنی برده‌داران کوچك و بزرگ بود و برای «برده‌ها»، چیزی جز بندگی کامل وجود نداشت. تمامی کارهای عملی وتولیدی خاص برده‌ها بود و «آزادها»، کار را درشان و مقام «انسانی» خود نمی‌دانستند. کار، ننگ و عار شمرده می‌شد و مردم «آزاد» حق نداشتند، مقام اجتماعی خود را در حد کارهایی که خاص برده‌ها و حیوانات بود، تنزل دهند. چنین بودکه می‌بایست برده‌ها کار کنند تا فرصت برای «انسان آزاد» باقی باشد که بتواند در چون و چرای طبیعت وخلقت بیندیشد، کار یدی مخصوص برده‌ها و کار فکری مخصوص«آزادها»بود.طبیعی است که در چنین نظامی، دانش‌هم، تعبیر خاص خودش را داشته باشد: به‌دانش، نه به‌عنوان دستیار عمل، بلکه به‌صورت لذت فکری و کشف «حقایق مخفی» می‌نگریستند و به‌همین دلیل، بیش از هر چیز به‌فلسفه و ریاضیات ارج می‌نهادند. اگر از نمونه‌های بسیار نادری مثل ارشمیدس (که خود برده‌ای آزاد شده بود) بگذریم، در یونان‌باستان، هیچ تلاشی جدی در زمینهٔ دانش‌های تجربی و عملی، انجام نگرفت. در زمینهٔ ریاضیات هم، بیش‌تر به‌جنبه‌های انتزاعی آن توجه داشتند و شما می‌دانید که ریاضیات یونان باستان، در حالی که مثلا در زمینهٔ هندسه (که یونانیان آن را کاملا مجرد و منزه از کاربرد عملی می‌پنداشتند)، تا مرز هندسهٔ عالی پیش رفت و به‌عنصرهایی از هندسهٔ عالی هم دست یافت، بر عکس در زمینهٔ حساب و جبر (که کاربرد عملی آن ها نمایان بود) نتوانست حتی گام‌های نخستین را بردارد. یونانی‌ها، حتی نتوانستند، در عدد نویسی هم، به‌دستگاه منظم و شایسته‌ای برسند.

ــ برعکس یونان، در بیش‌تر کشورهای باستانی دیگر، روح تعبد و زور، برتمامی جامعه حاکم بود. شاه، حاکم مطلق بود و دستورهای او، می‌بایست بی‌چون و چرا اجرا شود. درگوشه و کنار کشورهم، شاهان کوچك‌تری حکومت می‌کردند که گاهی هم ردای مذهب برخود داشتند و احکام آن‌ها، بی‌هیچ مخالفتی بر قلمرو فرمانروایی آن‌ها، نافذ بود. هیچ کس حق نداشت، دربارهٔ درستی یا نادرستی این احکام، حتی در ذهن خود تصوری داشته باشد. و می‌بینیم که این وضع، تاثیر خود را بر آموزش ریاضی هم‌باقی گذاشته است. در رساله‌هایی که از مصر، بابل و امثال آن باقی مانده است،هیچ‌استدلالی دیده نمی‌شود و هیچ کوششی در راه قانع کردن خوانندهٔ خود به‌کار نمی‌رود. همه‌جا راه حل‌ها، با جمله‌هایی شبیه «این عمل را انجام بده، به‌نتیجه می‌رسی» ارائه شده است. روحیهٔ تعبد و زورگویی چنان بر جامعه حاکم بوده است که حتی یك ریاضی‌دان هم، در این فکر نبوده است که برای راه‌حل‌های مورد نظر خود، نیاز به‌استدلال دارد: هرچه از بالا گفته می‌شود باید پذیرفت، وگرنه تمرد و عصیان به‌حساب می‌آید. نه‌قانع کردن لازم است و نه قانع‌شدن: مطلب همین است و بس.

می‌دانید که ریاضیات در سرزمین قدیمی بین‌النهرین، حتی هزاران سال پیش، و خیلی پیش از یونانی‌ها، پیشرفت زیادی کرده بود. آن‌ها صدها سال پیش از تولد فیثاغورس، از قضیهٔ فیثاغورس اطلاع داشتند، تصاعدهای عددی و هندسی‌رامی‌شناختند، مساله‌هایی را حل می‌کردند که تا مرز معادله‌های درجه سوم امروزی پیش رفته بود، جذر و کعب را می‌شناختند و برای آن‌ها، جدول‌هایی تنظیم کرده بودند، هم ازدستگاه عددنویسی ده دهی و هم از دستگاه شصت شصتی، آن‌هم تقریباً به‌همان صورت امروزی آن، یعنی به‌صورت موضعی، استفاده می‌کردند. نخستین ملتی بودند که صفر را برای مرتبه‌های خالی به‌کار می‌بردند. تقسیم‌های امروزی محیط دایره و هم نوع تقسیم‌بندی زمان، از یادگارهای آن‌هاست که برای ما باقی مانده است و... «کلدانی‌ها، به‌جز اخترشناسی و ریاضیات، در رشته‌های شیمی، صنایع ساختمانی‌وپزشکی هم به‌موفقیت‌هایی رسیده بودند. ولی همهٔ این دانش‌ها زیر نفوذ مذهب بود. انواع دستورهای مذهبی، زندگی کلدانی‌ها را به‌هم پیچیده بود. کشف‌های اخترشناسی، بیش‌تر به‌منظور اختر شماری و طالع‌بینی مورد استفاده قرار می‌گرفت، دانش دروغینی که معتقد بود گویا از روی وضع ستاره‌های آسمان، می‌توان به‌ارادهٔ خدایان پی برد و آینده را پیش‌بینی کرد.

ریاضیات هم، نظیر اخترشناسی، می‌بایست اساساً به‌هدف‌های خرافاتی کمك کند. مردم، خدایان و ارواح مختلف زیادی را می‌پرستیدند. ... عددهای ۷، ۳، ۶، ۱۲، ۶۰ و غیره را مقدس می‌دانستند. از جدولی که در کتابخانهٔ نینوا پیدا شده است، مفهوم می‌شود که آن‌ها، مثلا عدد ۲۰ را متعلق به «بعل»، عدد ۱۱ را متعلق به «مردوخ»، عدد ۳۰ را متعلق به‌ماه (سینا) و غیره می‌دانستند عددهای کسری را به‌ارواح‌پایین‌تر منسوب می‌کردند... و درکلده، به‌خاطر همین گمان‌های واهی که دربارهٔ عدد داشتند، یك نوع عرفان عددی و اعتقاد به‌عدد، به‌سرعت پیشرفت کرد. کلدانی‌ها، با ترکیب عددهای مقدس، و باروش‌های پیچیده‌ای، تلاش می‌کردند تا به‌رازهای طبیعت و خدایان پی‌ببرند...» [ای. چیستیاکوف. مقالهٔ «عدد در بند خرافات»، به‌نقل از کتاب «پویائی ریاضیات»، ترجمهٔ فارسی، صفحه‌های ۲۵ و ۲۶].

این چند جملهٔ آموزنده را هم از آلکساندروف بشنویم: «ریاضیات،نه‌تنهاهمیشه تحت تأثیر جدی تولید اجتماع است، بلکه در عین حال، از مجموعهٔ شرایط اجتماعی متاثر می‌شود. پیشرفت درخشان ریاضیات، در دورهٔ اوج یونان باستان، موفقیت‌های جبر در دورهٔ رنسانس در ایتالیا، پیشرفت آنالیز در دورهٔ پس از انقلاب انگلستان، موفقیت‌های ریاضیات در فرانسه، در دورانی که از انقلاب فرانسه آغاز می‌شود، همهٔ این‌ها به‌طور قانع کننده‌ای، بستگی جدانشدنی پیشرفت ریاضیات را، به‌پیشرفت عمومی اجتماع در زمینهٔ صنعت، فرهنگ و سیاست نشان می‌دهد...

تأثیر پیشرفت اجتماع در دورهٔ بعد از انقلاب اکتبر در شوروی، ازاین‌هم بیش‌تر متقاعدکننده است. زیرا دراین دوره است که بررسی‌های پراهمیت و عمیق با سرعتی شگفت‌آور، یکی پس از دیگری و در تمام جهت‌ها، در نظریهٔ مجموعه‌ها، مکان‌شناسی

(توپولوژی)، نظریهٔ عددها، نظریهٔ احتمال، نظریهٔ معادله‌های دیفرانسیلی، آنالیز تابعی، جبر و هندسه، انجام گرفت». [« ریاضیات (محتوی، روش و اهمیت‌آن) »، ترجمهٔ فارسی، جلد اول، صفحهٔ ۱۳۱].

ولی همان‌گونه که گفتیم، رابطهٔ ریاضیات با نظام اجتماعی و تولیدی، رابطه‌ای غیر مستقیم است و نمی‌توان «ساده‌لوحانه»، مثلا ریاضیات فئودالی را در برابر ریاضیات سرمایه‌داری گذاشت. زیرا دراین صورت «طبیعتاً این سؤال پیش می‌آید که اختلاف ریاضیات دوران بردگی و جامعهٔ فئودالی در چیست؟ و یا چه مرزی ریاضیات رژیم سرمایه‌داری را از ریاضیات جامعهٔ سوسیالیستی جدا می‌کند؟ به‌خصوص سؤال اخیر اهمیت زیادی دارد، زیرا هردوشکل مختلف اجتماعی، سال‌های زیادی است که درکنار هم وجود دارند. هرگونه مطالعهٔ دقیقی نمی‌تواند در خصوصیت اکتشافات ریاضی‌مورد مطالعهٔ دانشمندان اتحاد شوروی و مثلا فرانسه یا آلمان، اختلاف اصولی پیدا کند. ازاین گذشته، ریاضی دانان اتحاد شوروی، به‌طور وسیعی از نتیجهٔ جست و جوهای دانشمندان امریکایی و اروپای غربی در کارهای خود استفاده می‌کنند، همان‌طورکه دانشمندان دنیای سرمایه‌داری هم، اغلب به‌کشفیات دانشمندان شوروی تکیه و مسیرهای فکری آن‌ها را دنبال می‌کنند.

این روش‌های تقسیم مراحل ریاضی، ازاین جهت رضایت‌بخش نیست که براساس جنبه‌های خاص و غیر اساسی تکامل علوم قرار گرفته‌اند و یا، از خصوصیات درونی ریاضیات، که بسیار اساسی است، منحرف شده‌اند. وقتی که ما از ریاضیات و مراحل آن صحبت می‌کنیم، در نظر اول باید به‌شرایط اساسی مربوط به‌تکامل خود ریاضیات بپردازیم و ارتباط این شرایط و علل وتاثیر آن‌ها را در کیفیت‌هایی از نوع شرایط اقتصادی، روابط اجتماعی، تکامل صنعت و علوم تجربی، دیدگاه‌های فلسفی‌مختلف و غیره، مورد مطالعه قرار دهیم». [ك. و. گنه‌دنکو مقالهٔ «دربارهٔ تاریخ ریاضیات» ازکتاب «ریاضیات در شرق»، ترجمهٔ فارسی، صفحه‌های ۱۹ و ۲۵].

۴. در استدلال‌های علمی، باید بین تمثیل واستقرا فرق گذاشت. تمثیل دشمن علم است، در حالی که استقرا ــ اگر به‌درستی انجام گیرد ــ روشی علمی است و می‌تواند دست‌کم گرایش‌های مسلط را برما آشکار کند. استناد به تمثیل، نوع‌کودکانهٔ استدلال است و نباید در شیوه‌های علمی راه یابد، به‌خصوص اگر خود همین شیوهٔ غیر علمی هم بر پایهٔ افسانه‌های مشکوك بنا شده باشد. استناد به داستان‌های دروغی از نوع «نیوتون افتادن سیب را از درخت دید و به‌قانون جاذبه پی برد» یا «ارشمیدس در حمام داخل آب رفت و یکباره قانون مربوط به‌جسم شناور در داخل آب را کشف‌کرد»، مسخره کردن علم است. ولی، کسانی که از این افسانه‌های دروغین استفاده می‌کنند، قصدی موذیانه و ضد علمی را دنبال می‌کنند. آن‌ها می‌خواهند «ثابت کنند» که همه چیز تصادفی است و بستگی به‌وجود این یا آن شخصیت، این یا آن حادثه دارد. آن‌ها می‌خواهند تلقین کنند که نباید بیهوده به‌دنبال قانون و حرکت تکاملی رفت. پیشرفت و تکاملی وجود ندارد، گاهی و در بعضی موارد به‌وسیلهٔ بعضی اشخاص کشف هایی

می‌شود، ولی جریانی برای پیشرفت وجود ندارد. یا طبیعت و اجتماع قانونمند نیست و یا بشر قادر به‌کشف این قانونمندی‌ها نمی‌باشد و طبیعی است که ریشهٔ‌بحث‌و«استدلال» آن‌ها در این‌جاست که به‌خصوص قانونمندی تکامل جامعه را منکر شوند: بشرهمیشه‌به پیش نمی‌رود، گاهی جلو می‌رود و گاهـــی به‌عقب می‌رود. قانونی وجـــود ندارد، تنها حادثه‌هایی در این جا و آن‌جا، و به‌تصادف، رخ می‌دهد و تازه، هر انقلابی و هرتحولی درجامعهٔ بشری، به‌معنای تکامل جامعه نیست، چرا که (بازهم تمثیل‌را‌به‌کمک‌می‌گیرند) بعد ازانقلاب فرانسه، دیکتاتوری ناپلئون آمد، انقلاب مشروطیت ایران، منجر بـــه دیکتاتوری رضاخان شد و...

نامی از «گرایش مسلط» بردیم. گرایش مسلط یعنی چه؟ گرایش مسلط، یعنی قانون اساسی یك پدیده در جریان حرکت پیشرونده و تکاملی آن، نه این که در جزء جزء عنصرهای آن پدیده صدق کند. وقتی که می‌گوییم رودخانهٔ کرج در حرکت است و به‌طرف سد کرج می‌رود، به‌این معنا نیست که تمامی قطره‌های آب این رودخانه، به‌سد می‌رسند: بعضی در زمین فرو می‌روند، بعضی بخار می‌شوند، بعضی به‌مصرف‌آبیاری می‌رسند، در بعضی جاها، حرکت‌های دورانی و گردابی ایجاد می‌شود و حتی در بعضی جاها حرکت به‌عقب وجود دارد، ولی، قانون اساسی رودخانه این است که به‌طرف سد حرکت می‌کند. این گرایش مسلط است.

اگر تنها به اجزای آب رودخانه توجه کنیم، به‌جز حالت‌های‌تصادفی‌به‌چیزدیگری برخورد نمی‌کنیم. ولی در واقع، قانون کلی، یا قانون اساسی، از میان همین تصادف‌ها، راه خود را می‌گشاید. «به‌عنوان مثال، انتقال شن را، ضمن جریان آب رودخانه... در نظر می‌گیریم. این انتقال معمولا به‌این ترتیب پیش می‌آید: سنگ‌ریزه‌های بسیاری در کف به‌آرامی قرار گرفته‌اند و تنها گاه به‌گاه، چرخش‌های نیرومندی در نزدیکی کف، شن‌های جداگانه‌ای را دربرمی‌گیرد و ناگهان آن‌ها را تا فاصلهٔ نسبتاً قابل توجهی جا به‌جا می‌کند، تا این که دوباره در جای تازه‌ای، به‌طور ناگهانی‌متوقف شوند. حرکت هرکدام از این شن‌ها را می‌توان به‌صورت خالص نظری، بنا بر قانون هیدرومکانیك محاسبه کرد. ولی برای این منظور، باید از حالت اولیهٔ کف و جریان در تمامی‌قسمت‌ها آگاهی داشته باشیم و آن را گام به‌گام به‌حساب آوریم، به‌لحظه‌هایی توجه کنیم که‌فشار بر سنگ‌ریزهٔ آرام، برای به‌حرکت درآوردن آن کافی است، همچنین مراقب جابه‌جایی و حرکت سنگ‌ریزه‌ها تا لحظهٔ توقف آن‌ها باشیم. مهمل بودن چنین مساله‌ای، برای یك بررسی علمی واقعی، روشن است. ولی با این‌همه، به‌بررسی حرکت متوسط، و یا به‌اصطلاح قانونمندی آماری آبرفت‌های زمینه‌ای جریان‌های آبی، کاملا نیازمندیم.

از این نوع مثال‌ها، که به‌خاطر عمل تعداد زیادی عامل‌های تصادفی در آن‌ها، استناد به‌قانونمندی آماری روشن به‌نظر می‌رسد، کم نیست. یکی ازجالب‌ترین نمونه‌ها از این قبیل، نظریهٔ سینتیك گازهاست که نشان می‌دهد، چگونه عمل مشترك مجموعهٔ برخوردهای تصادفی مولکول‌ها، قانون دقیقی به‌وجود می‌آورد، که فشار گاز را، به عنوان یك مجموعهٔ واحدی بر دیواره، و انتشار یك گاز را در دیگری و غیر آن،

معین می‌کند» [آ. ن. کولموگوروف. «نظریهٔ احتمال»، در کتاب «ریاضیات (محتوی، روش و اهمیت آن)، ترجمهٔ فارسی، صفحهٔ ۴۷۰].

در این‌جا، دو مطلب متفاوت دیگر هم، از طرف معترضین خلط می‌شود: وقتی که می‌گوییم رودخانه، دیگر منظور ما، قطره‌های آب رودخانه به‌طور جداگانه نیست. رودخانه، در عین حال که از قطره‌های آب درست شده است، خود یك مفهوم جداگانهٔ عینی است. شما می‌گویید: سال‌هاست که رودخانهٔ کرج در جریان است. این حکمی درست است، ولی طبعاً به‌معنای آن نیست که هر قطره آب‌آن، سال‌هاست که جریان خود را ادامه می‌دهد. رودخانه ویژگی‌هایی دارد که بسیار پیچیده‌تر ازویژگی‌های یك قطره آب است، همچنان که ویژگی‌های جامعه با فرد و ، به‌طور کلی، ویژگی‌های هر کل با عنصرهای تشکیل دهندهٔ خود متفاوت است. عنوان این مطلب که: بالاخره کل، از همان اجزای خود تشکیل شده است، به‌معنای نفی ساده‌ترین و بدیهی‌ترین قانون‌های علمی و شناخت آدمی است. هیدرژن می‌سوزد، اکسیژن‌موجب‌سوختن‌می‌شود، و آن وقب آب، که ترکیبی از همین اجزاست، نه می‌سوزد ونه می‌سوزاند، بلکه آتش را خاموش می‌کند.

مفهوم تکامل در ریاضیات

«می‌توان گفت که ریاضیات، رابطه‌های کمی را با توجه به‌آن‌چه در تعریف های آن ها وجود دارد، بررسی می‌کند. به‌این ترتیب، نتیجه‌گیری‌های ریاضی را، از روش استدلالی که از تعریف سرچشمه می‌گیرد، به‌دست می‌آورند. البته این مطلب را نباید به‌طور سطحی فهمید و گمان کرد که بیش از به‌وجود آمدن نظریهٔ مربوطه ریاضی، تعریف‌های کاملا دقیق و منظمی از مفهوم‌های آن نظریه وجود دارد. در حقیقت، خود مفهوم ها، همراه با پیشرفت نظریه، و در نتیجهٔ پیشرفت این نظریه، دقیق‌تر می‌شود. تحلیل عمیق مفهوم عدد درست، همچنین تنظیم دقیق اصل‌های هندسی، در آخرهای سدهٔ نوزدهم داده شد، نه در دوران کهن. اصولا اشتباه است اگر گمان کنیم که گویا مفهوم معین و کاملا دقیقی در ریاضیات وجود دارد. هر مفهومی، اگرچه از نظر تعریف، کاملا دقیق به‌نظر برسد، بازهم تغییر می‌کند و همراه با پیشرفت دانش، تکامل می‌یابد و دقیق‌تر می‌شود. پیشرفت ریاضیات، نه‌تنها در این مورد، بلکه دربارهٔ تمام مفهوم‌های ریاضیات مؤید این نظر است و به این ترتیب، یك‌بار دیگر، این اصل اساسی دیالکتیك ثابت می‌شود که در جهان هیچ‌چیز بدون حرکت و بدون روند پیشرفت، وجود ندارد...»

آلکساندروف. نظری کلی به‌ریاضیات

ریاضیات، دانشی انتزاعی است، یعنی با جدا کردن ویژگی‌های خاصی از ماده ــ کمیت و شکل فضایی ــ جنبه‌هایی از خواص ماده را، به‌صورتی کاملا تجریدی، کشف می‌کند. وقتی که از قانون تکامل صحبت می‌کنیم، می‌توان به‌یکی از دو جنبهٔ روندهای تکاملی نظر داشت: جنبهٔ اول بررسی تکامل خود ماده را دربر می‌گیرد که به‌ترتیب کار کیهان شناسی، فیزیك، شیمی، زیست شناسی و بالاخره جامعه‌شناسی است، جنبهٔ دوم، به بررسی تکامل شناخت، و در نتیجه پیشرفت قانون‌های علمی ــ که البته انعکاسی از

قانون‌های طبیعت عینی، یعنی میدان قلمرو ماده، در ذهن بشر است ــ مربوط می‌شود. به‌این ترتیب، در ریاضیات، صحبتی از یك قانون تکامل ماده نیست. این‌جا، یکی از عرصه‌های شناخت آدمی است، آن هم به‌انتزاعی‌ترین صورت ممکن؛ و طبیعی است که هرچه شناخت آدمی از جهان خارج به‌مفهوم عام خود، روشن‌تر و دقیق‌تر بشود، به همراه آن، شناخت ریاضی اوهم بغرنج‌تر و متنوع‌تر می‌شود.

بر ریاضیات، همچون هر دستگاه دیگری، دو نیروی اساسی، اثر می‌گذارد و موجب پیشرفت آن می‌شود: یکی از درون، که همان منطق داخلی ریاضیات است و دیگری از بیرون. عامل بیرونی تکامل ریاضیات را باید در نیازهای بشر، پیشرفت دیگر دانش‌ها و نیازی که به‌ریاضی پیدا می‌کنند، در روابط اجتماعی و اقتصادی و غیر آن جست و جو کرد.

همان‌طور که قبلا هم دیدیم، مفهوم تکامل در ریاضیات را باید در تکامل مفهوم‌ها، تعریف‌ها، پیدایش شاخه‌های جدید، به‌هم پیوستن دوبارهٔ آن‌ها، گسترش کاربرد ریاضیات و... دانست.

ریاضیات‌هم، مثل هر دانش دیگری، بازتابی از قانون‌های موجود در طبیعت، و به‌تعبیری کلی‌ترین آن‌هاست. بنابراین، از جهتی می‌توان گفت که ریاضیات هم، روشی برای کشف قانون‌های طبیعت است و با تکامل خود، به وسیله‌ای روز به‌روز مجهزتر برای درك کلی‌ترین این قانون‌ها تبدیل می‌شود. هرچه زندگی عملی جامعه پیچیده‌تر و هرچه دامنهٔ نفوذ دانش‌ها در طبیعت گسترده‌تر شود، باز ناچار بیان ریاضی آن‌ها هم پیچیده‌تر و گسترده‌تر می‌شود. و تکامل یعنی همین‌حرکت‌به‌سمت‌پیچیدگی و گستردگی.

پیشرفت ریاضیات به‌پیشرفت صنعت و دیگر دانش‌ها کمك می‌کند و آن وقت همین پیشرفت دانش و صنعت، دوباره موجب و محرکی برای پیشرفت بعدی ریاضیات می‌شود.

«تاریخ ریاضیات را به چهار دورهٔ مختلف می‌توان تقسیم کرد:

۱. دورهٔ زایش ریاضیات؛

۲. دورهٔ ریاضیات مقدماتی؛

۳. دورهٔ ریاضیات با کمیت‌های متغیر؛

۴. و بالاخره، دورهٔ ریاضیات امروزی.

شروع دورهٔ اول در ژرفای سده‌های گذشته گم می‌شود. تردیدی نیست که‌مفهوم های اصلی ریاضیات‌با طلوع انسانیت همراه است: تصور بیش‌تر و کم‌تر، تساوی و فاصلهٔ کوتاه‌تر، حتی در مرحله‌های ابتدایی انسان نخستین، به‌صورت ناآگاهانه وجود داشته است. نیازهای زندگی اقتصادی وادار می‌کرد که هنر محاسبهٔ اندازه‌گیری طول، سطح و حجم تکمیل شود. ذخیرهٔ آگاهی‌هایی که روی هم انباشته می‌شد، مرتباً زیاد می‌شد، ولی این هنوز حکم یك مجموعهٔ پراکنده را داشت و به‌عنوان عنصرهای رشتهٔ مستقلی از دانش، که موضوع خاص و روش خاصی برای بررسی داشته باشد، احساس نمی‌شد. می‌توان پایان دورهٔ تولد ریاضیات را تا ۵ یا ۶ سده قبل از میلاد دانست. ولی

این یك تاریخ مشروط است، زیرا بسیاری از ملت‌ها خیلی دیرتر در ادراکات ریاضی خود، در این مرحلهٔ اول تکامل قرار گرفته‌اند (و یا هنوز قرار می‌گیرند)... در این دوره، پی ریزی ریاضیات مقدماتی انجام گرفته است، انسان‌های ناشناخته‌ای با کار خلاقهٔ خود و براساس تجربه‌های بسیار، مساله‌هایی را طرح کردند و به‌گنجینهٔ دانش بشری افزودند. این آفریننده‌های بی‌نام دانش بشری، تحت تاثیر زندگی اقتصادی به کشفیات خود جهت دادند، به‌تدریج قابلیت انجام عمل‌های حساب را روی عددهای درست به‌دست آوردند، سپس به‌مطالعهٔ عددهای کسری راهنمایی شدند و آغاز به‌محاسبهٔ صحیح حجم جسم‌هایی کردند که کم و بیش بغرنج بود. در همین دوره، وسیله‌های کمکی برای ساده‌کردن محاسبه‌ها (برای اشیا و یا حساب متقابل فعالیت‌های تجارتی) اختراع شد. اگرچه اختراع‌ها از نظر ما خیلی ساده است و اگرچه دانش بشری دراین دوره خیلی ابتدایی است، ولی همین قدم‌های اولیه، پایه‌های اساسی پیشرفت فرهنگ انسانی را ریخت. اگر بشر امروز دارای قدرت و دانش فوق‌العاده‌ای است، تنها به‌این مناسبت است‌که نسل‌های متوالی، با تکیه به‌تشربه‌ها وکشف‌های نسل‌های قبلی، توانستند سطح دانش خود را مرتباً بالا ببرند.

روشن است که برای دانش ریاضی در این دورهٔ باستانی، بیش از همه، مطالعهٔ یادداشت‌ها و صورت حساب‌های مربوط به‌زندگی اقتصادی آن زمان، اهمیت دارد.

دورهٔ دوم، همان‌طور که گفتیم، به‌طور طبیعی، دورهٔ ریاضیات مقدماتی نامیده می‌شود. آن‌چه را که ما امروز به‌طور کلی، در دبیرستان یاد می‌گیریم، در این دوره شکل گرفته است. ولی آن‌چه، به‌طور اساسی، ریاضیات این دوره را از گذشته متمایز می‌کند، این است که مفهوم‌های ریاضی، به‌صورت علمی درآمدند. به‌خصوص، سده‌های ششم تا پنجم پیش از میلاد را می‌توان آغاز تنظیم ریاضیات، به‌عنوان دانشی که‌موضوع مخصوص به‌خود و روش بررسی خاص خود دارد، به‌حساب آورد. ریاضیات ازمجموعهٔ پراکندهٔ «نسخه‌هایی» که برای زندگی معیشتی مورد استفاده قرار می‌گرفت، به‌دستگاه معرفت علمی تبدیل شد. در این دوره، هندسه، اساس نظریهٔ عددها، جبر، مثلثات مسطحه و کروی، به‌نظم درآمد. حقایق ریاضی، به‌سختی و به‌تدریج، خود را از قید تجربه آزاد می‌کردند و صحت آن‌ها، نه در مشاهده و تحقیق روی نمونه‌های خاص، بلکه با روش‌های منطقی اثبات، و در مورد همهٔ حالت‌های ممکن، تایید می‌شد.

پایان دورهٔ دوم را باید آغاز سدهٔ هفدهم دانست، زمانی که دیگر به‌خاطر نیاز به‌مطالعهٔ حرکت و تغییر از نظر ریاضی، اندیشه‌ها و مفهوم های تازه‌ای در ریاضیات به‌وجود آمد. بدون شك، بررسی مفهوم های تازه، به‌مساله‌هایی نزدیك بود که دربرابر جامعهٔ بشری طرح شده بود. اگر به‌خاطر بیاوریم که این دوره، زمان کشف‌های بزرگ جغرافیایی و تکامل فوق‌العادهٔ دریانوردی و توجه بیش از حد به‌آگاهی‌های نجومی است، اگر به‌خاطر بیاوریم که همین دوره، زمان رشد سریع تولید کارگاهی وپیشرفت بی‌اندازهٔ توپخانه است، به‌سادگی متقاعد می‌شویم که همهٔ مساله‌هایی که به‌این مناسبت طرح می‌شد، نمی‌توانست براساس جبر و هندسهٔ مقدماتی حل‌شود، به‌اندیشه‌هاومفهوم‌های

تازه‌ای نیاز بود که در واقع، به‌وجود هم آمدند. این اندیشه‌ها در نقطه‌های مختلفی از قارهٔ اروپا، و به‌خصوص در کشورهایی که صنعت و تجارت رونق بیش‌تری گرفته بود، پیدا شد. به‌این ترتیب بود که شرایط ظهور دورهٔ سوم ریاضیات فراهم شد.

دورهٔ ریاضیات با کمیت‌های متغیر، به‌این ترتیب مشخص می‌شود که، ریاضیات به‌مطالعهٔ روندها می‌پردازد. در نظر اول، ریاضیات این دوره، مربوط به تحقیق و بررسی کمیت‌های متغیر یك تابع است. به‌رشته‌های ریاضی، که در سابق وجود داشت، هندسهٔ تحلیلی و آنالیز ریاضی هم اضافه شد. آموزش تابع، و بنابراین به‌حساب آخر، مطالعهٔ کمیت‌های متغیر، در سرفصل ریاضیات قرار گرفت. بررسی شکل‌های فضایی هم به‌کمك آنالیز ریاضی شروع شد. ولی در هرحال، ریاضیات از حدود فضای واقعی سه‌بعدی خارج نشد. همچنین، قانون های کمی تنها به‌وسیلهٔ کمیت‌هایی بیان می‌شد که مقادیر عددی را قبول می‌کردند. چه مقادیر متغیرها و چه مقادیر تابع‌ها، تنهامی‌توانستند مقادیر عددی را قبول کنند.

روشن است که دورهٔ سوم، نه‌تنها برای خود ریاضیات مرحلهٔ تکاملی بزرگی بود، بلکه برای تعبیر ریاضی پدیده‌های طبیعت وهم برای پیشرفت صنعت، خیلی بارور و سازنده بود.

با تکیه بر پیشرفت آنالیز ریاضی، موفق شدند قانون های اساسی فیزیك را به صورت ریاضی بیان کنند، از راه محاسبه به‌کشف‌های تازه‌ای در مورد پدیده‌های فیزیکی رسیدند، که تا آن زمان به‌طریق تجربی مشاهده نشده بود. یکی از نمونه‌های درخشان قدرت آنالیز ریاضی در شناخت پدیده‌های طبیعت، کشف سیارهٔ جدید منظومهٔ شمسی است که تقریباً در یك زمان به‌وسیلهٔ دو اخترشناس ــ آدامس ولوریه ــ انجام شد. بعدها درسال ۱۸۳۰، از همین راه، پلوتون سیارهٔ نهم منظومهٔ شمسی هم کشف شد که مدار آن قبلا در سال ۱۸۱۵ و به‌وسیله لیوول، اخترشناس امریکایی، محاسبه شده بود.

ولی سدهٔ نوزدهم، تنها سدهٔ پیشرفت کمیتی ریاضیات نبود، تنها امکان های جدید مطالعهٔ پدیده‌ه ای طبیعت را از نقطه‌نظر ریاضی به‌همراه نداشت، بلکه تاثیر جدی و متقابل علوم تجربی و ریاضیات در یکدیگر، منجر به‌تغییر کیفی خود ریاضیات شد. به‌مناسبت این تغییرها، در نیمهٔ دوم سدهٔ گذشته، ریاضیات چهرهٔ خود را، چنان به‌طور اساسی و جدی تغییر داد که دیگر به‌آستانهٔ مرحلهٔ جدید چهارم خود رسیده بود.

چه جنبه‌هایی، این مرحلهٔ چهارم را از سه مرحلهٔ قبل جدا می‌کند؟ قبل از همه، موضوع مورد مطالعهٔ ریاضیات، بی‌اندازه وسعت گرفته است. ریاضیات، علاوه برکمیت های عددی، کمیت‌های دیگری از نوع بردارها، تانسورها و اسپینورها راهم مورد استفاده قرار می‌دهد. همراه با فضای سه‌بعدی اقلیدسی، به‌مطالعهٔ فضاها و مساله‌هایی می‌پردازد که طبیعتی به‌کلی متفاوت دارند. درستی منطقی هندسه‌های نااقلیدسی، مثل هندسهٔ اقلیدسی به‌ثبوت رسیده است. فضاهای چند بعدی‌وسپس فضای n بعدی مورد مطالعه قرار می‌گیرد که تاحد زیادی، به‌وسیلهٔ فیزیك در برابر ریاضیات قرارگرفته

است. محتوی جبر به‌طور کاملا اساسی تغییر کرده است. جبر، از علمی که به‌مطالعهٔ روش حل معادله‌های‌جبری می‌پرداخت، به‌علمی تبدیل شده است که دستگاه‌هایی از اشیا با ضلع‌های مختلف را مورد مطالعه قرار می‌دهد و در مورد این اشیا عمل‌هایی را انجام می‌دهد، که از لحاظ خصوصیت، بی‌شباهت به‌عمل‌های جمع و ضرب نیست.

تمامی سبك و شیوهٔ اندیشهٔ ریاضی دگرگون شده است و ریاضی دانان بازهم مطالبی دربارهٔ لزوم گسترش دایرهٔ این مفهوم‌ها طرح می‌کنند. اگر قبلا صدها سال طول می‌کشید تا عددهای منفی یا مختلط به‌رسمیت شناخته شوند، امروز به‌هراندازه که لازم باشد، دستگاه های‌جبری‌با کیفیت‌های مختلف، ساخته می‌شود. در نمونهٔ هندسهٔ لباچوسکی، امکان‌های به‌وجودآوردن نظریه‌های ریاضی جدیدی به‌طریق کاملا انتزاعی مطرح است. باوجود این، با قاطعیت روشن شده است که نظریهٔ ریاضی، که به‌این‌ترتیب ساخته می‌شود، قابلیت انعطاف فوق‌العاده‌ای برای توصیف پدیده‌های طبیعت دارد. روشن شده است، به‌همان اندازه که ریاضیات به‌سمت تجرد می‌رود، به‌همان اندازه که ظاهراً از مشاهدهٔ مستقیم پدیده‌های یگانهٔ طبیعت دور می‌شود،به‌همان‌اندازه‌هم‌نیرومندتر می‌شود و امکان بیش‌تری برای مطالعهٔ مجموعهٔ ویژگی‌های طبیعت به‌دست‌می‌آورد.

به‌این‌ترتیب، در عین حال که محتوی ریاضیات توسعه یافته و در جهت مفهوم‌های جدیدی تکامل پیدا کرده است، به‌طور فوق‌العاده‌ای عمیق‌تر شده است و ارتباط همه جانبه و بی‌نظیری با علوم تجربی و موارد عملی پیدا کرده است. به‌عنوان مثال‌می‌توان از خودکار کردن ادارهٔ موسسه‌های تولیدی نام برد که با استفادهٔ وسیع از ماشین‌های حساب الکترونی (که براساس توضیح ریاضی و منطقی روند صنعت ساخته شده‌اند) پیشرفت فوق‌العاده‌ای کرده است» [گ. و. گنه‌دنکو. «دربارهٔ تاریخ ریاضیات»، ترجمهٔ فارسی در کتاب «ریاضیات در شرق»، صفحه‌های ۲۰ تا ۲۴].

در موردِ تکامل مفهوم‌هایی که درون ریاضیات وجود دارد، می‌توان به‌تعدادابن مفهوم‌ها مثال زد (و در همین مقاله، قبلاهم به‌برخی از آن‌ها اشاره کردیم)، و ما به عنوان نمونه، دراین‌جا، با اختصار کامل، تنها به‌تکامل مفهوم عدد می‌پردازیم.

امروز هر بچهٔ چهار یا پنج‌ساله‌ای، و حتی پیش از آن که آموزش رسمی دیده باشد، می‌تواند مجموعه‌های کوچك را باهم مقایسه کند و عضوهای یك مجموعهٔ‌محدود و کوچك را بشمارد. ولی اگر به‌تاریخ ریاضیات مراجعه کنیم، متوجه می‌شویم که تصور انتزاعی مفهوم عدد، یکی از دشوارترین مرحله‌ها در درك و شناخت آدمی بوده است. انسان، در مرحله‌ای از تکامل خود می‌توانسته است، مثلا حساب اسب‌ها و یا سگ‌های خود را نگه‌دارد، ولی این هنوز درك مفهوم انتزاعی عدد نیست «۵ اسب» یا «۵ سگ» یا «۵ درخت» فرق داشت و قدرت اندیشهٔ فوق‌العاده‌ای لازم بود تا انسان بتواند مفهوم انتزاعی «پنج» را، به‌عنوان ویژگی مشترك همهٔ این‌ها، بیرون بکشد و از «پنج»، به‌معنای مطلق آن، صحبت کند. تکامل در مفهوم‌های ریاضی، یعنی توانایی بیش‌تر و بیش‌تر در ایجاد انتزاع‌های پیاپی، که نتیجهٔ آن، از یك طرف منجر بـه پیچیدگی بیش‌تر و از طرف دیگر گسترش بیش‌تر کاربرد آن می‌شود.

نخستین انتزاع، در مسیر تکاملی مفهوم عدد، انتزاع آن از چیزهایی که وابسته به‌آن است، انجام گرفت و به‌دنبال آن، نشانه‌هایی برای بیان این مفهوم انتزاعی شکل گرفت. توجه به‌این نکته لازم است که بشر نمی‌تواند، هیچ مفهوم انتزاعی را، بدون نوعی تجسم مادی، تصور کند. اگر شما با کسی سروکار داشته باشید که از عددنویسی، هیچ اطلاعی نداشته باشد، وقتی که بگویید «پنج»، بدون شك، بسته به‌نوع زندگی و حرفه‌ای که دارد، «پنج‌چیز» را در نظر مجسم می‌کند: اگر باغبان است، پنج‌درخت و اگر تخم مرغ‌فروش است، پنج تخم مرغ. ولی برای شما که با عددنویسی آشناهستید وبه‌آن کاملا عادت کرده‌اید، با گفتن واژهٔ «پنج» نماد «۵» درجلوتان مجسم می‌شود. در این‌جا نماد «۵»، نقش همان «تجسم مادی» مفهوم «پنج» را به‌عهده‌دارد. به‌همین مناسبت، وقتی که از عدد بزرگی مثل «دوهزار و سیصد و پنجاه و هفت» سخن به‌میان آید، برای باغبان بی‌سوادی که عددنویسی را نمی‌داند، مجموعه‌ای مبهم و درهم از انبوهی درخت مجسم می‌شود، در حالی‌که برای شما، نماد «۲۳۵۷» به‌سرعت از ذهنتان عبور می‌کند. این، به‌معنای آن نیست که شما توانسته‌اید مقدار ۲۳۵۷ را به‌خوبی‌درك کنید، کما این‌که اگر از شما بپرسند. ۲۳۵۷ تخم مرغ در چه نوع صندوق و با چه اندازه‌هایی جا می‌گیرد، به‌احتمال قوی نمی‌توانید پاسخ درستی بدهید. در این‌جا، ذهن تنها دستگیره‌ای پیدا کرده است (نشانه‌های عددنویسی)، تا به‌کمك آن بتواند برای بیان یك عدد، نوعی تجسم مادی برای آن داشته باشد.

انتزاع مفهوم عدد، در همین‌جا متوقف نشد. در مرحلهٔ بعدی «مفهوم کلی عدد» از «مفهوم خاص هر عدد جداگانه» بیرون آمد. نماد a یا x به‌کار گرفته شد که می‌شود به‌جای آن هر عدد دلخواه را قرار داد. از درون این مفهوم (که درمرحلهٔ بالاتری از انتزاع قرار داشت)، عبارت‌هایی از نوع a^2+30 و $2a^4-5$ و غیر آن به‌وجود آمد (که به‌معنای حرکت و عمل درون این مفهوم بود) و این خود، زمینه‌را برای مرحلهٔ بعدی انتزاع فراهم کرد. در مرحلهٔ بعدی، دیگر نه با a یا x، بلکه با $F(a)$ یا $\varphi(x)$ سروکار داریم و...

ولی این، تنها یك سمت ازتکامل مفهوم عدد را نشان می‌دهد. مفهوم عدد، در سمت‌های دیگری هم پیش رفته است‌که از عدد محدود صحیح ومثبت (مثل ۵ یا ۱۴) آغاز و به عددهای مختلط (دوبعدی) و عددهای n بعدی وبی‌نهایت بعدی رسیده است. مسیری را که مفهوم عدد، در این روند تکاملی خود پیموده است، بسیار بغرنج ودارای مرحله‌های بسیارزیادی‌است:واردشدن عددهای کسری و اعشاری و در نتیجه پدیدار شدن مفهوم عدد گویا، رسیدن به مفهوم عدد گنگ (به‌عنوان عددی که نمی‌تواند برابر با نسبت دو عدد درست باشد) و در نتیجه شکل گرفتن مفهوم عدد حقیقی. از طرف دیگر، ورود عددهای منفی و بعد عددهای موهومی و مختلط که منجر به تشکیل‌مفهوم عددهای جبری و بعد ترانساندانت (غیر جبری) شد.

عدد، به‌عنوان محتوی اصلی شناخت کمیت، به‌حساب می‌آمد. ولی در این راه هم، مفهوم عدد (یا دقیق‌تر، مفهوم کمیت) تکامل پیدا کرد و به‌مفهوم‌های بردار و

تانسور و غیر آن رسید.

وقتی که به‌تکامل مفهوم عدد توجه می‌کنیم، یك نکته برای ما روشن می‌شود.

وقتی عدد از مرحله‌ای به‌مرحلهٔ بعدی تکامل می‌یابد، به‌این معنی نیست که شکل قبلی آن از بین می‌رود و به‌طور مطلق‌جای خود را به‌شکل بعدی خود می‌دهد. در عین حال که در نتیجهٔ جمع شدن شرایط لازم، مفهوم عدد، خود را از چارچوب تنگ قبلی رها می‌کند و به‌مفهومی انتزاعی‌تر و یا گسترده‌تر می‌رسد، شکل قبلی آن هم باقی می‌ماند و هر دو شکل در کنار هم، به‌زندگی خود ادامه می‌دهند. امروز هم، در ریاضیات بغرنج زمان ما، به‌همان ترتیب کـه از انتزاعی‌ترین مفهوم‌ها استفاده می‌شود، مفهوم عدد مثبت صحیح هم اهمیت خود را از دست نداده است. تکامل، نه به‌معنای تبدیل کامل یك نوع به‌نوع دیگر (و در نتیجه محو نوع قبلی) و نه حتی به معنای جانشینی نوع دوم (به‌معنای درست‌تر بودن آن) است. تکامل را باید به‌این‌معنا گرفت که «نوع‌ها» مرتباً بغرنج‌تر و متنوع‌تر می‌شوند و به‌این مفهوم (یعنی به‌سمت بغرنجی بیش‌تر و تنوع بیش‌تر رفتن)، هیچ مفهومی در ریاضیات وجود ندارد که از همان ابتدای پیدایش خود در مسیر تکاملی نباشد.

بحث تفصیلی دربارهٔ تکامل مفهوم عدد را (که خود یکی از بسیار مفهوم‌های موجود در ریاضیات است)، نمی‌توان در چند صفحه انجام داد. به‌همین‌مناسبت،خوانندهٔ علاقه‌مند را به‌مطالعهٔ منبع‌هایی که در پایان‌مقاله آمده است،راهنمایی‌می‌کنیم.به‌خصوص در مورد تکامل مفهوم عدد می‌توانید به‌صفحه‌های ۲۱ تا ۳۹ جلد اول کتاب «ریاضیات، محتوی، روش واهمیت آن»، صفحه‌های ۴۹ تا ۸۶ کتاب «پویائی ریاضیات»، صفحه های ۲۷ تا ۴۰ کتاب «ریاضیات در شرق» و سرمقالهٔ شمارهٔ ۶ سال دوم مجلهٔ«آشتی با ریاضیات» مراجعه کنید.

کتاب‌های خواندنی برای درك دیالکتیکی بودن ریاضیات

۱. ریاضیات (محتوی، روش و اهمیت آن) در دو جلد
۲. بازی با بی‌نهایت
۳. ریاضیات در شرق
۴. پویائی ریاضیات
۵. داستان مجموعه‌ها
۶. نظریهٔ مجموعه‌ها (تالیف سرپینسکی)
۷. دورهٔ پنج‌سالهٔ آشتی با ریاضیات
۸. لباچوسکی و هندسهٔ نااقلیدسی
۹. سرگرمی‌های جبر
۱۰. سرگرمی‌های هندسه
۱۱. تاریخ ریاضیات (تألیف اسمیت)
۱۲. مطالعهٔ تاریخ ریاضیات و تاریخ علم (جورج سارتون)
۱۳. ریاضیات چیست
۱۴. عروج انسان

نامه به خودم

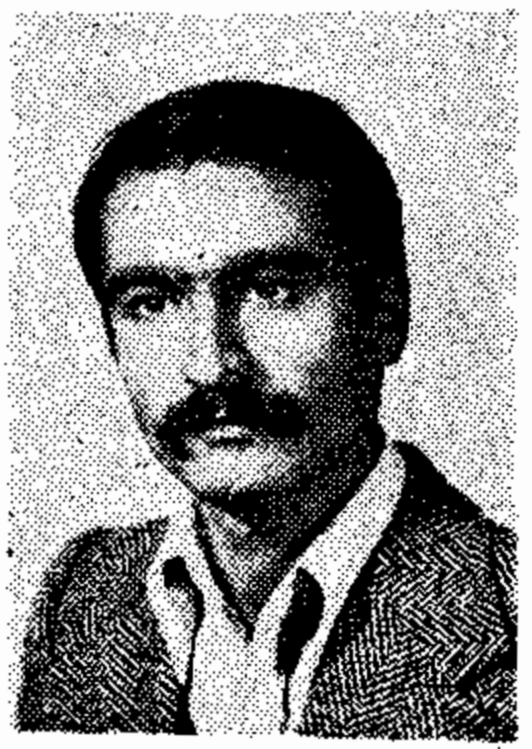
آقای صدری افشار

در صفحهٔ ۱۵۶ (شمارهٔ دوم) سال سوم هدهد به‌مطلب عجیبی برخوردم: «سال ۱۴۵۱ هجری قمری مصادف با هزارمین سالروز تولد نظام‌الملك طوسی...» تو این مطلب را از کجا اختراع کرده‌ای؟ اگر حتی این اندك توجه را داشتی که به‌کتاب ترجمهٔ خودت مراجعه کنی (مقدمه بر تاریخ علم، جلد اول، صفحهٔ ۸۹۴) می‌دیدی که و در سال ۱۰۱۸ متولد شده کـه برابر است بـا سال ۳۹۷ هجری شمسی و ۴۰۶ هجری قمری. حال چگونه به‌خودت اجازه داده‌ای که این‌طور بی‌خیال بنویسی و پی این کار را بگیری و بعدهم بخواهی به‌دیگران درس دقت در تحقیق بدهـی؟ کسی هفت‌تیر پشت گردن تو نگذاشته که حتماً بیایی و مجله چاپ کنی. پس حق نداری‌زیادی کار و دل مشغولی و نگرانی را بهانهٔ بی‌مبالاتی قراردهی. این شتابزدگی، هیجان و نابردباری هیچ سازشی با علم ندارد و به‌کار علم نمی‌آید. یا ترك این عیب‌ها کن، یا ترك این کار.

اگر این اخطار در تو حسن اثر نداشته باشد، بدان از تو با مردم چیزهایی‌می‌گویم که پاك روسیاه وآبروباخته شوی.

غلام‌حسین صدری افشار

یاد شهید



حسین میراحمدی در سال ۱۳۳۱ دیده به‌جهان‌گشود. پس از اتمام دبیرستان دارالفنون، وارد دانشگاه صنعتی شریف شد. او پس از اخذ لیسانس در رشتهٔ مهندسی شیمی، خدمت وظیفه را در زاهدان سپری کرد و پس از آن، یك چند در شهر صنعتی قزوین به کار پرداخت و سپس کار خود را در کارخـانهٔ ایرانیت شهر ری آغاز کرد.

حسین که منقضی خدمت سال ۵۶ بود، با شروع جنگ تحمیلی عراق علیه ایران، همـچون بسیاری دیگر از جوانان صادق و انقلابی در عین عشق به زندگی، به‌خاطر دفاع از میهن و انقلاب، بی‌هراس از مرگ عازم جبهه شد و سرانجام در آذرماه ۱۳۵۹ به‌جمع جاودانگان پیوست.

ماهنامهٔ هدهد یاد این شهید را گرامی می‌دارد و شکیبایی بازماندگانش را آرزو می‌کند.

ماکسول کووان

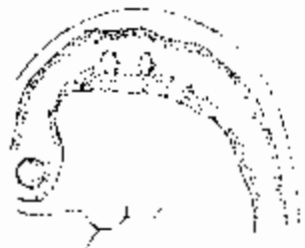
تکامل مغز

در حدود یك‌قرن است آن تغییرات کلی که در مدت تحول جنینی مغز روی می‌دهد معلوم شده ولیکن دربارهٔ رویدادهای سلولی که موجب پدید آمدن قسمت‌های خاص مغز و روابط متقابل آن قسمت‌هـا با یکدیگر می‌شود، چندان اطلاعی در دست نبوده است. دراین مورد هیچ شك نیست‌که دستگاه عصبی به‌صورت یك صفحهٔ پهن سلولی برسطح پشت جنین روبه‌رشد پدید می‌آید (صفحهٔ عصبی) واین بافت ازآن‌پس در ساختار مجوف میان‌تهی (لولـهٔ عصبی) جمع می‌شود، و از انتهای این لولـه سه برآمدگی برجسته سردرمی‌آورند که پیشاهنگ سه‌قسمت عمدهٔ مغز (مغز پیشین، مغز میانه و مغز پسین) هستند.

ولیکن تغییرات شکل برونی مغز مسئله‌ای نیست. علاقه بیش‌تری هست که معلوم شود قسمت‌های سازای اجزای عمدهٔ دستگاه عصبی چگونه پدید می‌آیند؟ این قسمت‌ها چگونه درآن نقاط قرار می‌گیرند که باید قرارگیرند؟ نورون‌ها و سلول‌های گلیایی چگونه ازهم متمایز می‌شوند؟ وتازه خود نورون‌ها در قسمت‌های مختلف مغز چگونه باهم ارتباط برقرار می‌کنند؟ با همهٔ پژوهش‌ها که تاکنون انجام پذیرفته است، هنوز نمی‌توان دربارهٔ تحول وتکامل هرقسمت ازمغز سخن به‌دقت گفت، تا چه رسد به‌تمامی مغز. ولیکن می‌توان رویدادهای عمده را در تحول عصبی برشمرد وازاین راه اندکی به‌حل مسئله نزدیك‌تر شد.

در تحول تکاملی هربخش از مغز هشت مرحلهٔ عمده را می‌توان تمیزداد. این مرحله‌ها به‌ترتیب پدید آمدن ازاین قرارند: ۱ــ بنیادگذاری صفحهٔ عصبی؛ ۲ــ افزایش جای به‌جای سلول‌ها در ناحیه‌های مختلف؛ ۳ــ کوچ‌کردن سلول‌ها از ناحیه‌ای که درآن پدید آمده‌اند به‌جاهایی که در نهایت مقیم می‌شوند؛۴ــ جمع‌آمدن سلول‌ها برای تشکیل بخش‌های قابل شناسایی مغز؛ ۵ــ تفکیك نورون‌های نارس؛ ۶ــ تشکیل‌ارتباطات با نورون‌های دیگر؛ ۷ــ مرگ انتخابی برخی سلول‌ها؛ ۸ــ حذف برخی ارتباطات‌که دربدوامر تشکیل یافته بودند وپایدار شدن سلول‌های دیگر.

آن فرایند که به‌وسیلهٔ آن برخی سلول‌ها در لایهٔ برونی جنین روبه‌رشد به‌نسج تخصیصی تغییر شکل می‌دهنـد که مغز ونخاع ازآن پدید می‌آیـد بنیادگذاری‌عصبی Neural Induction نام دارد. رویداد بسیار مهم در بنیادگذاری عصبی عمل‌متقابل اکتودرم و جزئی از لایهٔ زیرین نسجی به‌نام مزودرم mesoderm است. ماهیت این عمل متقابل هنوز روشن نیست، ولیکن می‌توان چنین انگاشت که انتقال خاص



۳۵ رو

۳۵ روزه

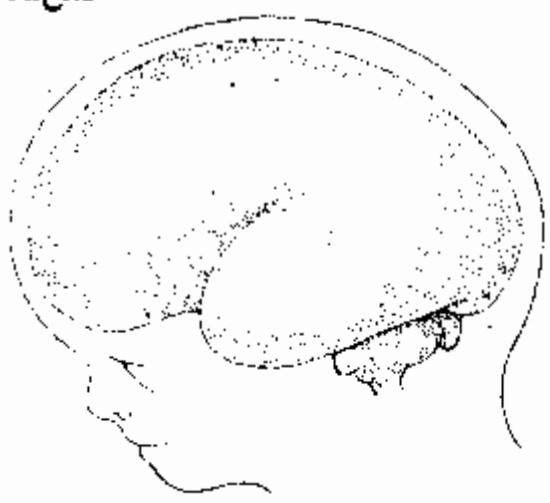
۴۰ روزه

۵۰ روزه

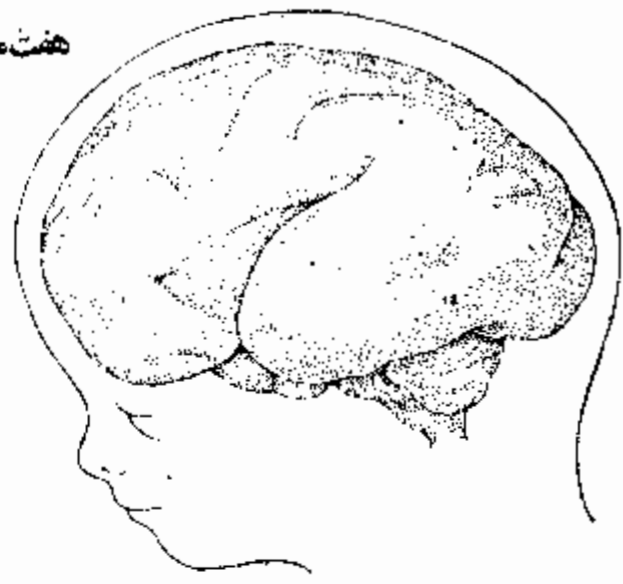
۱۰۰ روزه

پنج ماهه

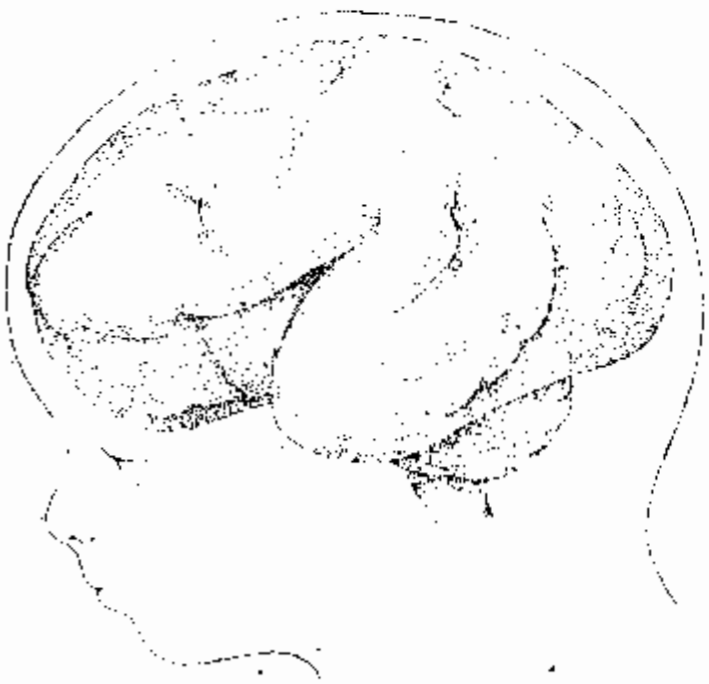
ششماهه



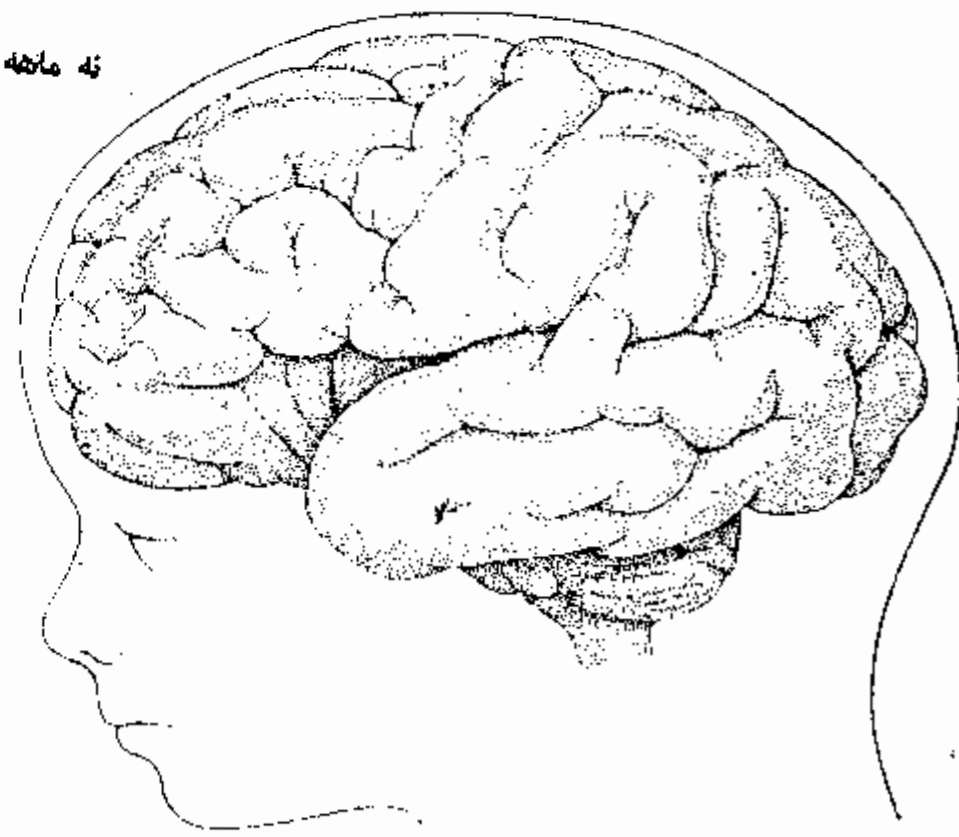
هفت‌ماهه



هشت ماهه



نه ماهه



مغز روبه‌رشد انسان در این تصویرها به‌ترتیب از پهلو نشان داده شده ودرآن مراحل‌رویانی‌و جنینی دیده می‌شود. تصویرهای دو ردیف پایین صفحه به‌میزان چهار پنجم اندازهٔ طبیعی ترسیم شده. تصویرهای بالایی برای نشان دادن جزییات به‌طور دلخواه بزرگ‌تر از اندازهٔ طبیعی ترسیم شده است. سه بخش اصلی مغز (یعنی مغز پیشین، مغز میانی و مغز پسین) به‌صورت آماس‌های بارزی در انتهای فوقانی لولهٔ عصبی پدیدار می‌شود. درانسان دونیمکرهٔ مغز سرانجام به‌صورت مغز میانی ومغز پسین رشد می‌کنند وبخشی از مخچه را می‌پوشانند. چین خوردگی‌های قشر مغز تا اواسط حاملگی تقریباً پدیدار نمی‌شود، با فرض این‌که مغز رشد یافتهٔ انسان دارای ۱۰۰ میلیارد نورون است وپس ازتولد هیچ‌نورونی بدان اضافه نمی‌شود. می‌توان دریافت‌که درمغز درحال تکوین به‌طور متوسط در هر دقیقه ۲۵۰.۰۰۰ نورون ایجاد می‌شود.

موادی از مزودرم به‌اکتودرم درکاراست، و در نتیجهٔ این انتقال، نسج کلی اکتودرم به‌طور قطع خاص تشکیل نسج عصبی می‌گردد. همچنین معلوم شده است که عمل متقابل بعدی بخش‌های مختلف آکتودرم ومزودرم منجر به معین شدن قسمت‌های عمدهٔ مغز و نخاع آینده در ناحیه‌های خاص می‌شود. نخستین قسمت مزودرم که با اکتودرم در می‌آمیزد، به‌طور خاص ساختارهای مغز پیشین را بنیاد می‌گذارد؛ وآخرین قسمت که زیر اکتودرم نمو می‌کند، جوابگوی تشکیل بعدی نخاع است.

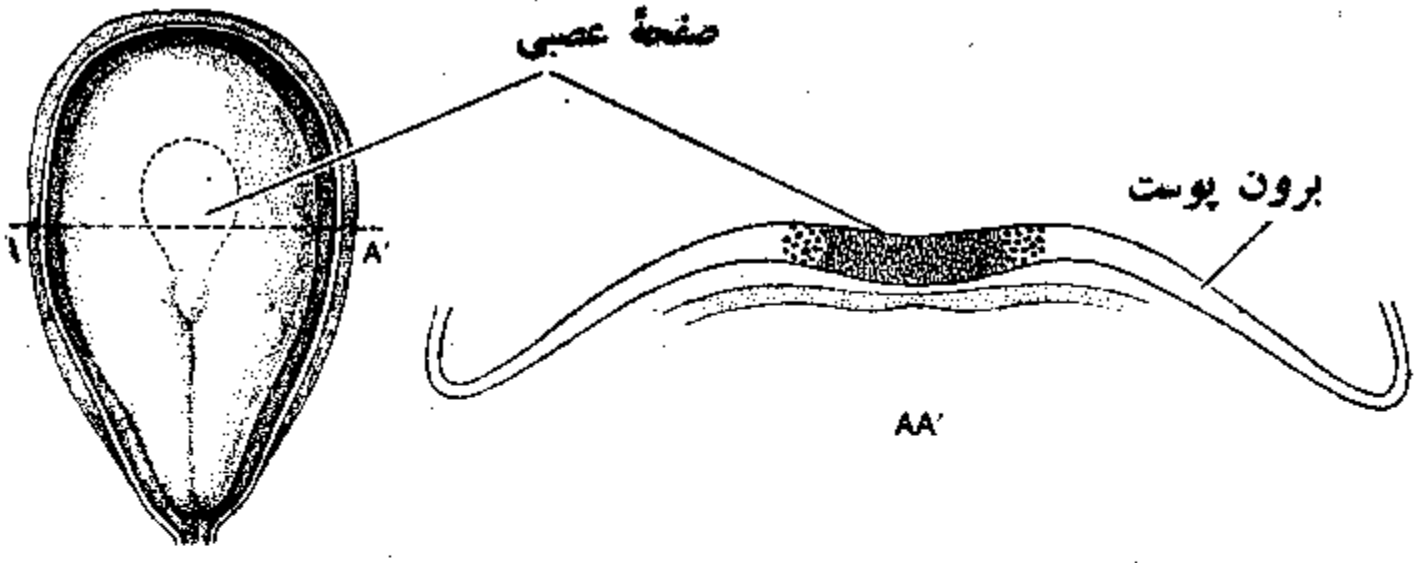
هنوز هم درست شناخته نیست که این تعینات ناحیه‌ای چگونه قطعیت می‌یابند. تجربه‌هایی با سلول‌های اکتودرمی ومزودرمی ازجمع جدا شده در جنین‌هایی با سنین مختلف مناسب انجام پذیرفته است وازآن‌ها چنین برمی‌آید که عنصر بسیار مهم دراین امر ممکن است تمرکز نسبی دوعامل باشد که گمان می‌رود پروتئین‌هایی با وزن مولکولی پایین باشند. یکی ازاین‌دو، که عامل عصب‌ساز باشد، به‌ظاهراکتودرم را به‌راه می‌اندازد ونهاد عصبی آیندهٔ آن را مسلم می‌سازد، وآن عامل مزودرمی در مجتمع‌های مختلف پدیدار می‌شود واختلاف‌های ناحیه‌ای را درداخل‌اکتودرم معین می‌کند.

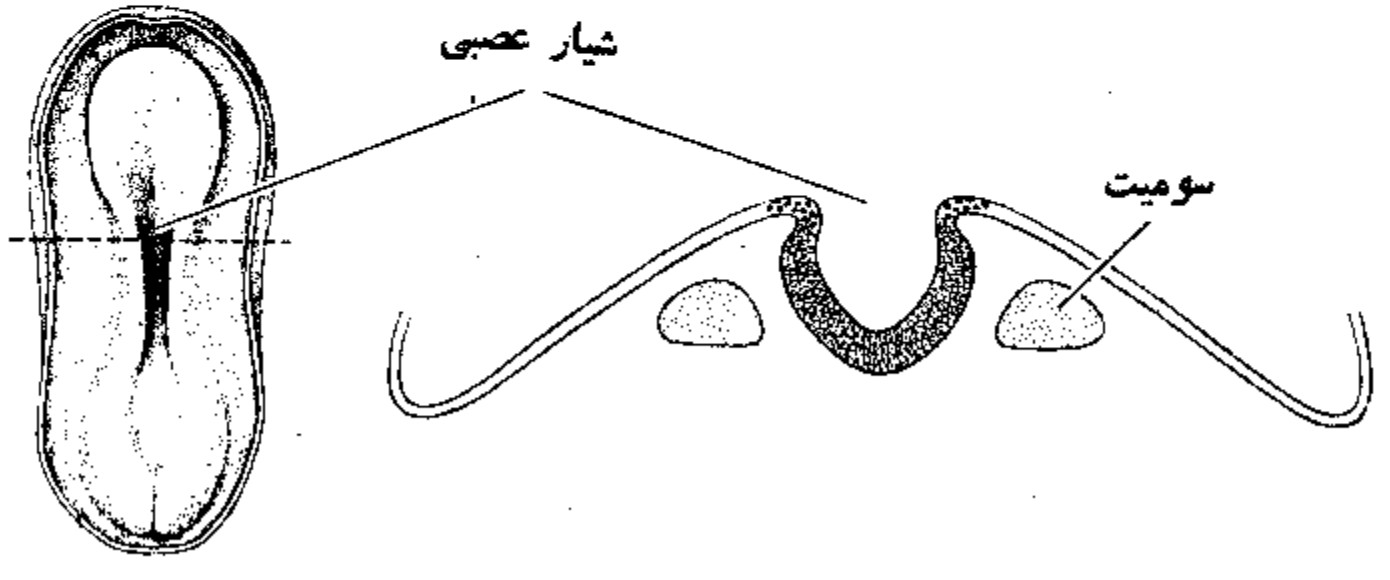
همین‌که ناحیه‌های عمدهٔ دستگاه عصبی روبه‌رشد معلوم شدند، به‌تدریج که تحول تکاملی پیشرفت می‌کند امکانات بالقوهٔ این ناحیه‌ها لحظه به‌لحظه محدودتر می‌شود. فی‌المثل، تمامی سر صفحهٔ عصبی در ابتدا میدان مغز پیشین وچشم را می‌سازد که مغز پیشین و قسمت عصبی چشم هردو ازآن پدید می‌آیند. اگر اندك پاره‌ای از نسج اکتودرمی را در این مرحله بردارند، جای آن‌را تکثیر سلول‌های مجاور بشتاب پرمی‌کنند وتکامل مغز پیشین وچشم به‌طور عادی پیشرفت می‌کند. اگر همین عمل‌را اندکی دیرتر انجام دهند نقص دایم در مغز پیشین یا در چشم راه خواهد یافت که بستگی به‌ناحیه‌ای دارد که نسج را ازآنجا برداشته‌اند. پس دراین مرحلهٔ پسین می‌توان میدان مغز پیشین را شناسایی کرد، که موجب پدید آمدن ساختارهای مغز پیشین می‌شود؛ و میدان چشمی را بازمی‌توان شناخت که فقط قسمت عصبی چشم را خواهد ساخت.

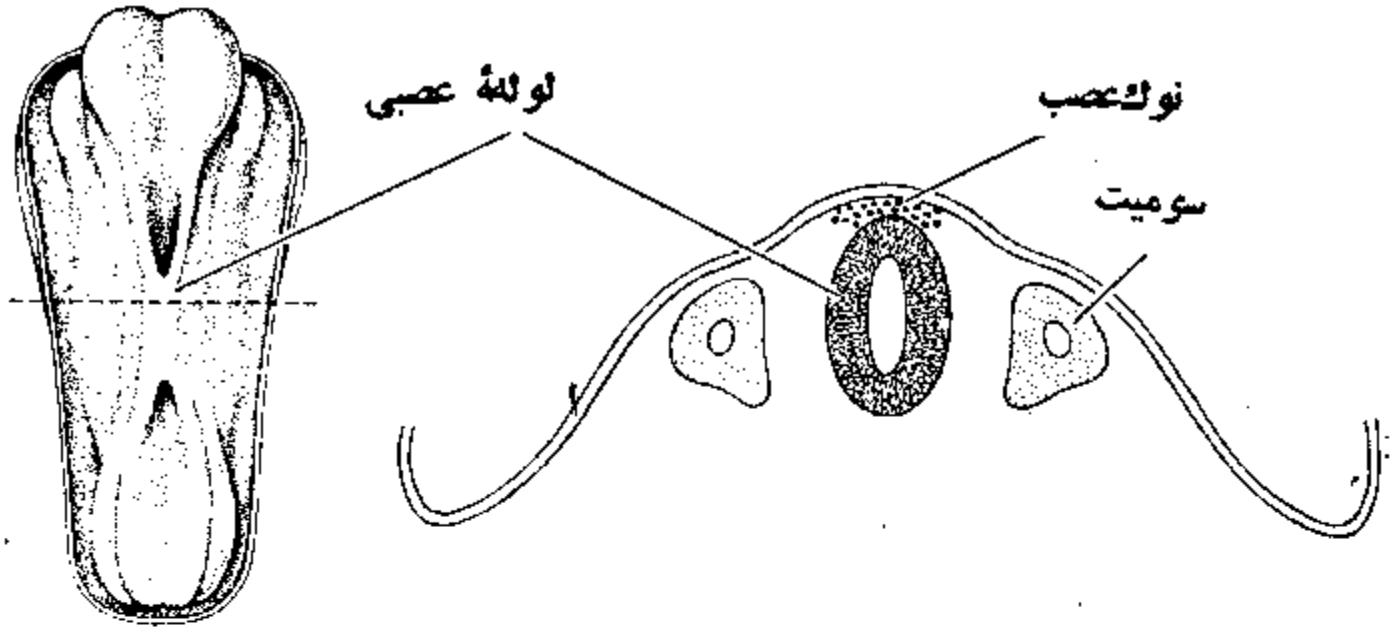
در مرحله‌های بعدی ناحیه‌های خاص مغز پیشین در داخل میدان کلی مغز پیشین تجدید حد می‌شوند. به‌یاری انواع نشانه‌زن‌های سلول توانسته‌اند «نقشه‌های سرنوشت» بسازند که تا حدی به‌دقت وضع‌جا بجا شدن سلول‌ها را در مرحلهٔ آخرین در هر قسمت ازمیزان مغز پیشین معلوم می‌کند. اما عوامل این تقسیم و تعیین هنوز

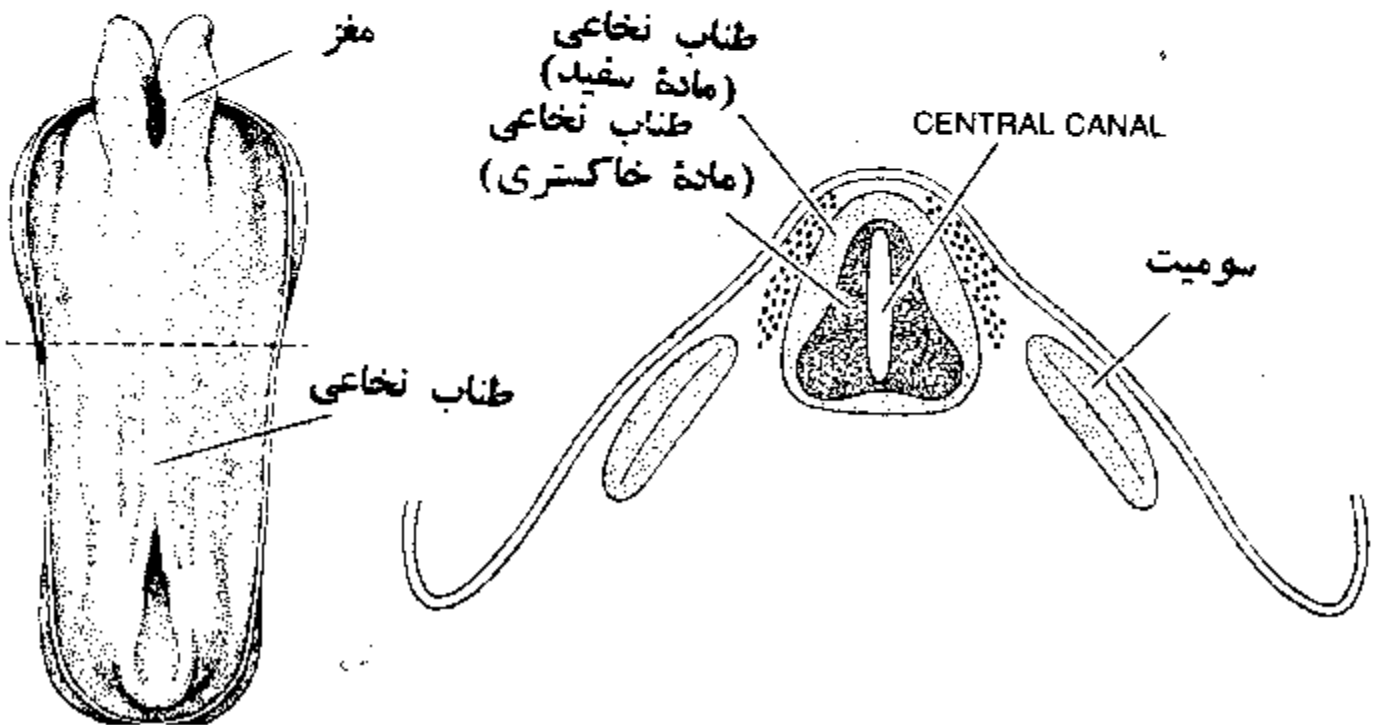
←

تکوین دستگاه عصبی از برون پوست، یاازلایهٔ سلول خارجی جنین انسان درطی هفته‌های‌سوم و چهارم پس از تشکیل آن، دراین چهار جفت تصویر نمایش داده‌شده،ودر آن‌هم منظرهٔ بیرونی‌جنین در حال رشد (چپ) و منظرهٔ برش عرضی در حوالی وسط طناب نخاعی آینده (راست) نشان داده‌می‌شود. دستگاه اعصاب مرکزی مانند صفحه عصبی به‌صورت ورقهٔ مسطحی از سلول‌های برون پوست در سطح پشتی جنین آغاز می‌شود. سپس صفحه به‌صورت لوله‌ای توخالی به‌نام لولهٔ عصبی درمی‌آید. انتهای بالایی مجرای مرکزی پهن می‌شود و بطن‌ها یا حفره‌های مغز را تشکیل می‌دهد. دستگاه اعصاب محیطی بیش‌تر از یاخته‌های تولك اعصاب و از نسج‌های عصبی محرکی مشتق شده است که بخش زیرین مغز را در هر نقطه از طناب نخاعی بعدی ترك می‌گویند.


صفحهٔ عصبی
برون پوست
A
A′
AA′


شیار عصبی
سومیت


لولهٔ عصبی
نوک عصب
سومیت


مغز
طناب نخاعی
طناب نخاعی
(مادهٔ سفید)
طناب نخاعی
(مادهٔ خاکستری)
CENTRAL CANAL
سومیت

شناخته نیستند.

از مطالعات جنین‌های جانوران دوزیستی معلوم شده است که تعداد سلول‌های موجود در صفحهٔ عصبی به‌طور نسبی اندك است (درحدود ۱۲۵،۰۰۰)، و در دورهٔ تشکیل لولهٔ عصبی این تعداد تغییر نمی‌کند. ولیکن، همین که لولهٔ عصبی‌بسته‌شد، تکثیر سلول‌ها به‌شتاب انجام می‌پذیرد ودر اندك زمانی لایهٔ سادهٔ سلول‌های غشای مخاطی، که صفحهٔ عصبی را تشکیل می‌داد، به‌لایهٔ نسبتاً ضخیم غشایی تغییر شکل می‌دهدکه هسته‌های سلول درچند سطح درآن‌جای می‌گیرند. آزمایش‌های میکروسکوپی که گاه به‌کمك تیمیدین Thymidine انجام یافته معلوم کرده است‌که تمامی سلول‌ها دردیوارهٔ لولهٔ عصبی قادر به‌تکثیرند و ظاهر شبه مطبق غشای مخاطی ناشی از آن است‌که‌هسته‌های سلول‌ها در سطح‌های مختلف جای دارند. این هسته‌ها همچنان که دراعماق غشای‌مخاطی قرار دارند د. ان. آ. ترکیب می‌کنند، وسپس به‌جانب سطح بطنی کوچ می‌کنند ودرست پیش از دوباره شدن سرك‌های* محیطی خود را بند می‌آورند. پس از انجام پذیرفتن میتوز (دو پاره شدن سلول) سلول‌های تازه سرك‌های محیطی خود را از نو تشکیل می‌دهند، و هسته‌های آن‌ها به‌قسمت عمیق‌تر غشای مخاطی بازمی‌گردند، تا باز به‌حلقهٔ تقسیم داخل شوند. کوچ هسته‌های نورون‌های تکثیر کن خاص سلول‌های غشای‌مخاطی ازاین نوع است.

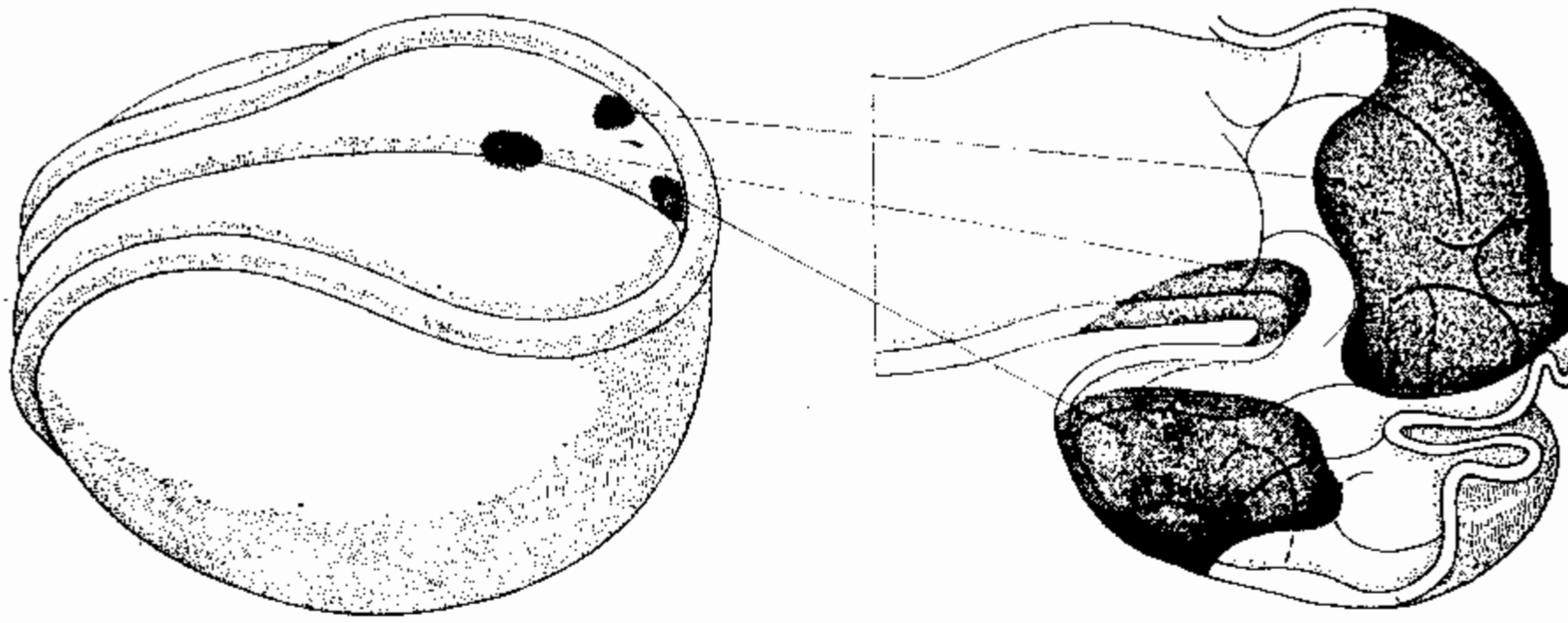
پس ازآن‌که سلول‌ها ازچند حلقه ازاین‌گونه گذشتند به‌ظاهر توانایی ترکیب د. ان.آ از ایشان سلب می‌شود وخود از غشای مخاطی کوچ می‌کنند تا لایهٔ سلولی دوم را در مجاورت منطقهٔ بطن تشکیل دهند. آن سلول‌ها که این لایهٔ میانی را می‌سازند نورون‌های جوانند که دیگر به‌هیچ روی دوپاره نمی‌شوند، وپیشاهنگان سلول‌های گلیایی که توانایی تکثیر را در همهٔ عمل حفظ می‌کنند.

هنوز معلوم نیست چه‌چیزی سازوکار تکثیر را در هرناحیهٔ دستگاه عصبی روشن وخاموش می‌کند، ولیکن معلوم است که دفعات نسبی که جمعیت‌های مختلف سلول از دوپاره شدن باز می‌ایستند، بی‌کم و زیاد تعیین شده است، و به‌دلایلی نیك می‌دانیم که این مرحله در زندگی همهٔ نورون‌ها اهمیت بسیار دارد. باز پس نشستن سلول از حلقهٔ دوپاره شدن پیاپی، هم کوچ اورا به‌داخل لایه میانی عملی می‌کند، هم به‌ظاهر یك «نشانی» ثابت حاصل می‌کند، بدین‌معنی که اگر تاریخ زاده شدن سلول (برحسب زمانی که سلول توانایی ترکیب د. ان. آ. را از دست می‌دهد) معلوم باشد می‌توان جایی را که در مرحلهٔ آخر درآن مقیم خواهد شد پیش‌بینی کرد. نیز چنین می‌نماید که نحوهٔ ارتباطاتی که نورون بالمآل برقرار خواهد کرد در همین زمان معین می‌شود.

با استفاده از آزمایش‌هایی که باکمك تزریق تیمیدین به‌جنین یا مادر انجام پذیرفته ازهم‌اکنون می‌دانیم که نورون‌های بزرگ معمولاً زودتر از نورون‌های کوچك تولید می‌شوند. دیگر آن‌که ترتیب تکثیر سلول‌ها در هر ناحیهٔ مغز مخصوص بدان

---

* Process دنباله گفته‌اند و نیز زایده. بنده «سرك» گفته است.



اشتقاق هر ناحیهٔ عمده ازمغز را می‌توان با مشخص کردن مناطق مختلف صفحهٔ عصبی یك جانور آزمایشگاهی در نخستین مرحلهٔ رویانی به‌کمك روش‌های نشانه‌زنی سلول معلوم ساخت. دراین نمایش چگونگی سه ناحیهٔ عمدهٔ مغز، و جای‌آن‌هارا برروی‌صفحهٔ عصبی رویان نوعی سمندر مشخص کرده‌اند. موقعیت نهایی سلول ها رادر مناطق علامت‌گذاری شده می‌توان در برش سهمی مغز در مراحل بعدی رشد جنین ملاحظه کرد (راست)، تصویر از کتاب یاکوبسون از دانشگاه اوپسالا برداشته شده است.

است. فی‌المثل، در کورتکس مغز سلول‌های نخستین که از حلقهٔ تکثیر باز می‌مانند با گذشت زمان در عمیق‌ترین نقاط کورتکس جای می‌گیرند، وآن‌ها که دیرتر تولید می‌شوند به‌تدریج لایه‌های سطحی‌تر کورتکس را می‌گیرند.

اما در اعصاب شبکیه عکس این حالت روی می‌دهد. نخستین گروه سلول‌ها که تولید می‌شوند (سلول‌های گانگلیون) بسطحی‌ترین‌لایهٔ شبکیه‌کوچ‌می‌کند،وگروه‌های بعدی سلول‌ها ازپس هم به‌لایه‌های ژرف‌تر می‌روند. در ناحیه‌های دیگر مغز توالی‌ها بغرنج‌ترند، ولیکن یك نکته حتم است. سلول‌هایی که دریك لایه قرار دارند همزمان پدید آمده‌اند؛ وبالعکس: سلول‌هایی که در وقت‌های مختلف پدید آمده‌اند درلایه‌های مختلف جای می‌گیرند. یك حکم دیگر این است که در بیش‌تر قسمت‌های مغز نخستین سلول‌های پشتیبان که باید ساخته شوند درهمان زمان نورون‌های نخستین پدید می‌آیند. ولیکن تکثیر سلول‌های گلیایی تا مدت‌ها ادامه دارد.

سه عامل دست‌اندرکار تعیین تعداد نورون‌هایی هستند که در ابتدا در هرناحیه تشکیل می‌شود. عامل نخست طول دوران تکثیر است به‌طور کلی وآنچه تاکنون معلوم شده این دوران از چندروز تا چند هفته به‌طول می‌انجامد. عامل دوم دورهٔ حلقهٔ سلولی است، در جنین‌های کم عمر طول آن چند ساعت است، اما همراه با تحول جنین طو لآن به‌چهار یا پنج‌روز می‌رسد. عامل سوم تعداد سلول‌های پیش‌رس است که جمعیت نورونی ازآن‌ها مشتق می‌شود.

برای تعیین طول مدت دورهٔ تکثیر وطول حلقهٔ سلولی چند روش موجود است، اما برآورد اندازهٔ مجموعهٔ پیش‌رس سلول‌ها بدان آسانی نیست. یك سبب این‌دشواری

آن است‌که در حال حاضر نمی‌توان سرنوشت هر سلول منفرد را در مغز پستانداران دنبال کرد. این‌کار را با بی‌مهرگان آسان می‌توان انجام داد. دراین جانداران جنین غالباً شفاف است و سلول‌های منفرد را می‌توان در طول چنددوپارگی به‌تماشاگرفت. در این جانداران جنین و نیز سلول‌های پیش‌رس چندان بزرگند که به‌سهولت می‌توان با تزریق مولکول‌های نشانه‌زن نشاندارشان کرد و تا عمر چند نسل سلول را مواظب بود.

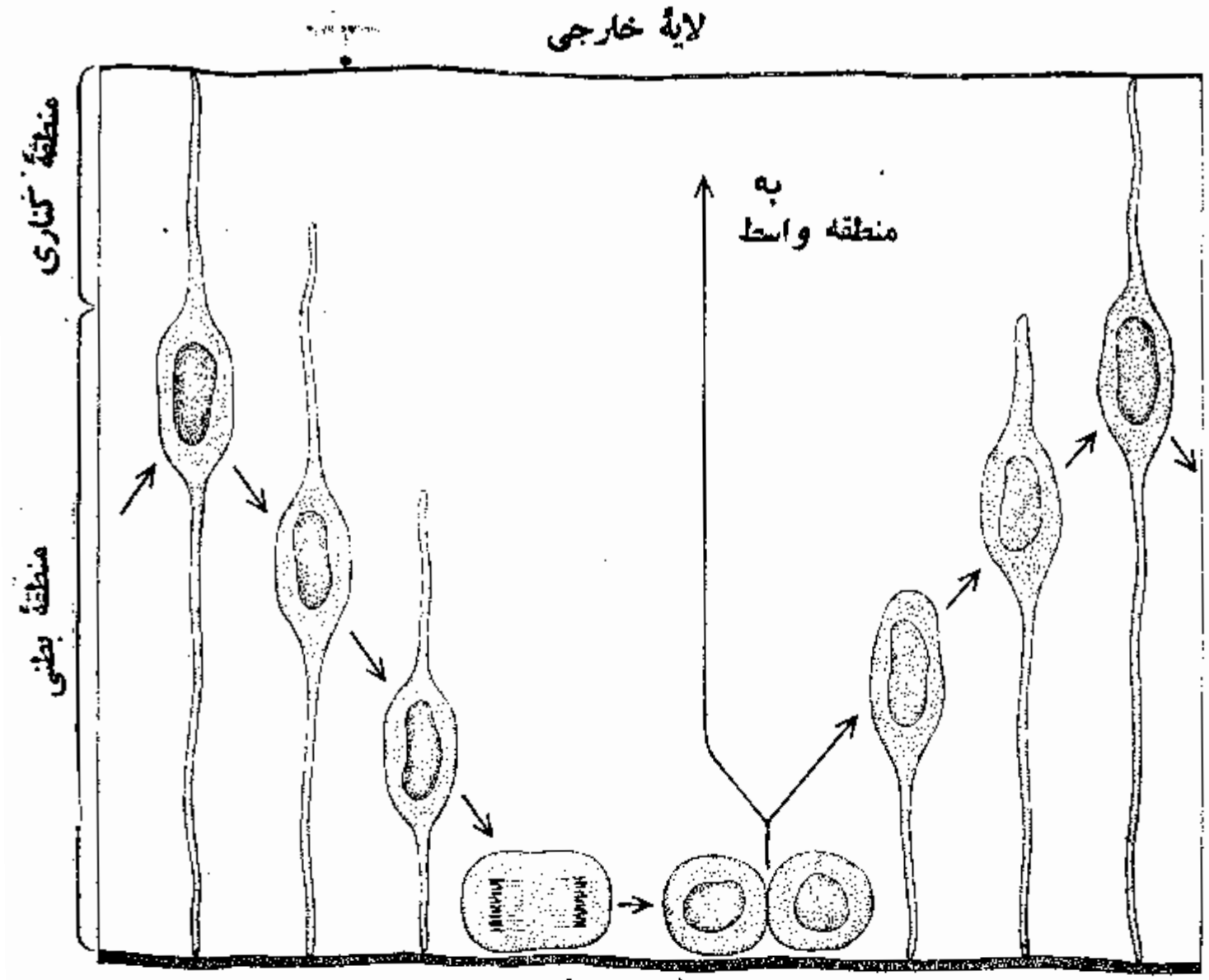
بیش‌تر نورون‌ها در داخل استربطنی لولهٔ عصبی یا نزدیك بدان تولید می‌شوند، و درنهایت در فاصله‌ای از لایه جای می‌گیرند. ازاین‌روی پس از واپس‌کشیدن از حلقهٔ تکثیر ناگزیر باید دست کم از یك مرحلهٔ کوچ بگذرند. چند موردی هست‌که سلول‌ها ازمنطقهٔ بطنی دور می‌شوند ولیکن همچنان تکثیر می‌کنند. این‌حال را بـه خصوص در ناحیه‌ای میان ناحیهٔ بطنی ومنطقهٔ زیر بطن مشاهده کرده‌اند. این لایه که به‌خصوص در مغز پیشین برجسته است موجب پیدایی بسیاری از نورون‌های کوچك‌تر در برخی ازساختارهای عمیق نیم‌کرهٔ مغز، وبرخی نورون‌های کورتکس و بسیاری‌از سلول‌های گلیال در کورتکس مغز ومادهٔ سفید زیرآن می‌گردند. در مغز پسین برخی از سلول‌ها در ناحیهٔ زیر بطن معادل مغز پیشین در زیر سطح مخ روبه‌رشد بار دوم کوچ می‌کنند، ومنطقهٔ مخصوص تکثیر علم می‌کنند که به لایهٔ برونی دانه‌ای معروف است. در مغز انسان، تکثیر دراین لایه تا چند هفته ادامه دارد و موجب پیدایی بیش‌تر نورون‌های میانی در کورتکس مخ وازجمله میلیاردها سلول دانه‌ای می‌شود که از جنبه‌های مشخص مخ است. ازاین استثناها که بگذریم، بیش‌تر کوچ‌های نورون‌ها شامل حرکت سلول‌های پس از دوپارگی است.

فرایند کوچ نورونی در بیش‌تر موارد آسیبی است. سلول‌های کوچنده سرك پیشروی را دراز می‌کنند که خود را به‌لایهٔ زیرین مناسبی بند می‌کند؛ هسته به‌درون کشیده می‌شود یا خود درآن جاری می‌شود، و آن‌گاه سرك دنباله‌روپشت‌هسته* واپس می‌کشد. این جریان بسیار کند انجام می‌پذیرد. میانگین پیشرفت کوچ درحدود یك‌دهم میلی‌متر در هرروز است. درچند مورد سلول به‌طور کامل کوچ نمی‌کند. در عوض برخی ازسرك‌های خودرا درمرحلهٔ‌بدوی تحول‌خودتشکیل‌می‌دهد و بعداً بدن‌سلول‌به‌طور تدریجی ازسرك‌های‌نخستین که‌همان‌جا که‌آغازکردند ماندگار می‌شوند، دور می‌شود.

نورون‌ها فاصله‌های نسبتاً زیادی کوچ می‌کنند. خوب‌است بدانیم به‌چه انواع اشارات راهنمایی جواب می‌دهند. به‌خصوص بدانیم ازکجا وچگونه می‌دانند چـه هنگام ازکوچ بازایستند وبانورون‌های هم قسم گردهم آیند؟ از مدت‌ها پیش معلوم بوده است‌که سلول‌های گلیایی تخصصی در داخل مغزروبه تحول موجودند که بدنهٔ سلولی آن‌ها در داخل منطقهٔ بطنی قرار دارد وسرك‌های آن‌ها به‌طور شعاعی به‌طرف سطح دراز شده است. ازآن‌جا که این سلول‌ها در مرحلهٔ بدوی تحول پدید می‌آیندوتا

---

* Leading & Trailing Process سرك پیشرو و دنباله رو گفته‌ام.



مهاجرت هسته‌های سلول‌های عصبی در لایهٔ بافت پوششی صورت می‌گیرد. این‌لایه، همچنان‌که در این تصویر نموداری چندین مرحله‌ای نمایش داده‌شده، دیوارهٔ لولهٔ عصبی را در جنین در حال رشد می‌سازد. هنگامی که سلول‌های این لایه، به‌نام منطقهٔ بطنی، به‌د. ان. آی خود پاسخ متقابل‌می‌دهند، هسته‌هایشان به‌سوی سطح داخلی بافت پوششی کوچ می‌کنند، وسرئهای محیطیشان از خارجی‌ترین‌لایه جدا می‌شود وپاخته‌ها پیش از تقسیم شدن گرد می‌شوند. پس از تقسیم سلول،سلول‌های نوزاد، سرئ تازه‌ای در می‌آورند تا هسته‌هایشان بتوانند به‌لایهٔ میانی بافت پوششی کوچ کنند یا (اگر سلول‌هادیگر تقسیم نشوند) به‌خارج از بافت کوچ‌می‌کنند تا بخشی از منطقهٔ واسط را در جدار مغز ایجاد کنند.

مدتی پس از خاتمهٔ کوچ نورون‌ها باقی هستند، گفته شده است که ممکن است این سلول‌های گلیایی تخته بندهایی فراهم می‌آورندکه‌نورون‌های کوچنده در کنار آن‌ها حرکت می‌کنند. می‌دانیم که در میکروگراف‌های الکترونی قسمت‌های مختلف مغز روبه‌تحول سلول‌های کوچنده را تقریباً بدون استثنا در نزدیکی سرئ‌های گلیایی‌مجاور می‌یابیم. پاسکو راکیچ Pasko Rakic از دانشکدهٔ پزشکی دانشگاه‌هاروارد برآن‌است که سلول‌های کوچنده به‌وسیلهٔ همان سرئ‌های گلیایی به‌مکان‌های قطعی خود هدایت می‌شوند. درضمن معلوم شده است‌که دریکی از شگفتی‌آورترین جهش‌های ژنتیـــک در مخ موش سرئ‌هـــای گلیایی شعاعی در مرحلهٔ نسبتاً بدوی می‌افسرند و براثر این وافسردن کوچ غالب سلول‌های دانه‌ای به‌شدت بند می‌آید.

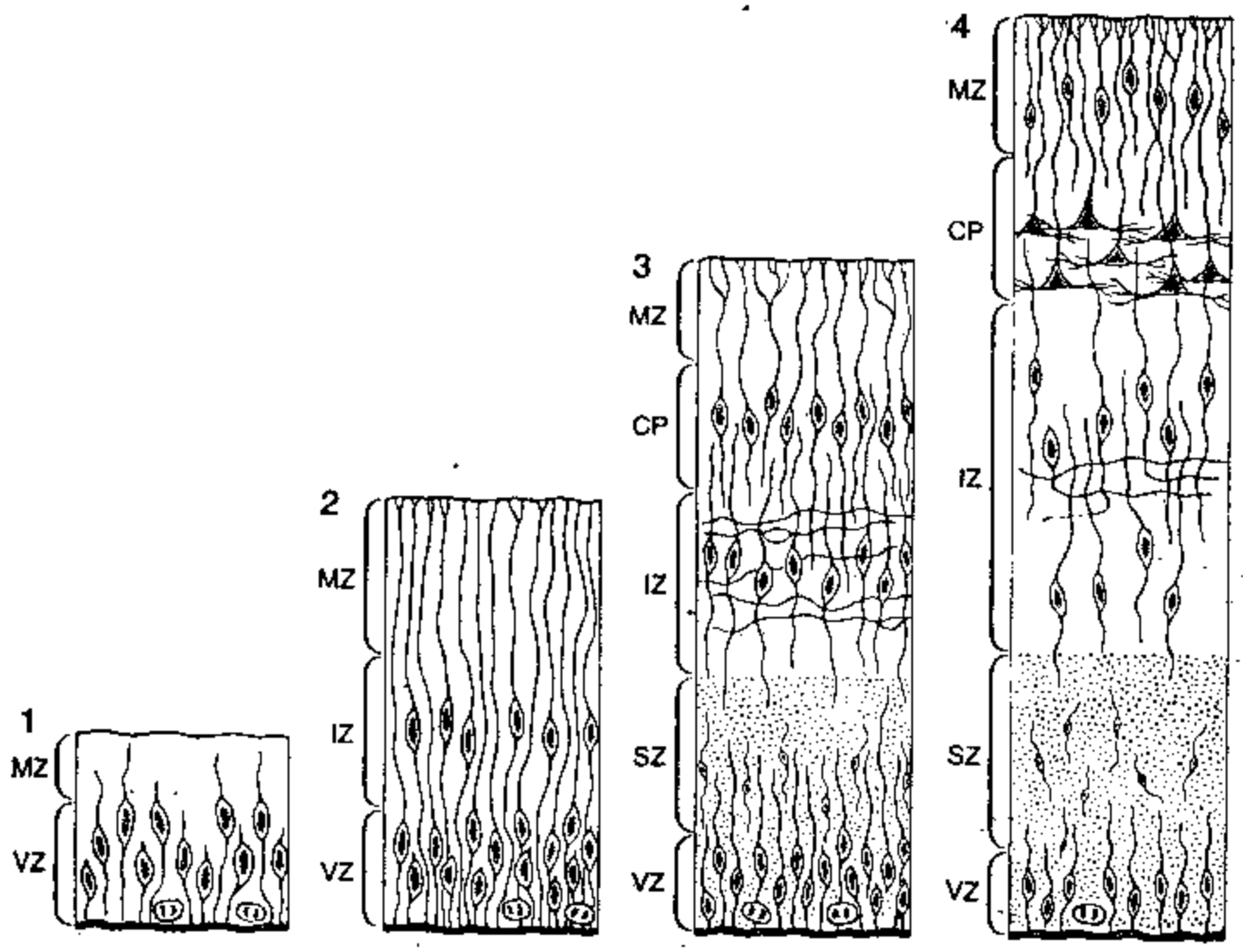
با درنظر گرفتن مسافت‌هایی که بسیاری از نورون‌ها در مدت تحول حرکت

می‌کنند، جای شگفتی نیست که برخی از سلول‌ها به‌راه عوضی می‌روند وجایی سر در می‌آورند که خاص آن‌ها نیست. برخی از این عوضی جای گرفتن‌ها **Ectopia** را آسیب شناسان از مدت‌ها پیش به‌عنوان ملازم اغتشاشات رشد مغز شناخته بوده‌اند. اما در احوال غیر اغتشاشی نیز چنین راه گم کردگی‌هایی را می‌توان بازشناخت. پیشرفت‌های فنی اخیر امکانی داده است که سلول‌هایی ازاین قبیل در موضع‌های‌متعدد شناسایی شوند، ونکتهٔ جالب آن است‌که اکثریت این نورون‌های عوضی رفته درمراحل بعدی تکامل ظاهراً ازمیان می‌روند. یك تودهٔ نورون‌ها را به‌خصوص از این لحاظ به‌دقت مورد مطالعه قرار دادند. معلوم شد سه‌درصد از سلول‌ها به‌محل‌های غیر معمول کوچ کرده‌اند و به‌استثنای عدهٔ قلیلی از این راه‌گم‌کردگان بقیه در طول مرحلهٔ بعدی مرگ سلول‌ها که به‌طور طبیعی روی می‌دهد وافسرده‌اند.

چون نورون‌های کوچنده به‌مکان‌های قطعی خود می‌رسند به‌طور معمول بـا سلول‌های دیگر که از یك‌قسمند جمع می‌آیند تا لایه‌های کورتکس یا توده‌های‌هسته‌ای را تشکیل دهند. پنجاه سال پیش کشش سلول‌های روبه‌رشد ازیك‌مبدأجنینی‌به‌جمع‌آمدن انتخابی با یکدیگر معلوم شد، اما تنها ده‌سالی است که این پدیده آن‌طور که باید مورد توجه متخصصان اعصاب جنین قرار گرفته است. انگیزهٔ بدوی کارهای اخیر از جستجوی سازوکارهای مولکولی در زیربنای تشکل ارتباط‌های خاص میان گروه‌های مرتبط نورون‌ها ناشی شده است. آن مسئله قابل دنبال‌کردن نبوده است، اما در عوض مسئلهٔ مهم جمع‌آمدن نورون‌ها در مغز روبه‌رشد آشناتر شده است.

شاید مهم‌ترین نتیجهٔ این کاوش‌ها آن بوده است‌که چون سلول‌های دو یاسه‌ناحیهٔ دستگاه عصبی‌روبه‌رشد با وسیلهٔ مکانیکی یا شیمیایی ازهم جدا می‌شوند، باهم آمیخته می‌شوند وبعد دریك واسطهٔ مناسب ازنو جمع می‌آیند، کششی دارند که خود را دسته دسته‌کنند وبا سلول‌های همان ناحیهٔ خود جمع‌آیند. چنان می‌نماید که این به‌هم‌گرویدن انتخابی از مختصات عمومی همهٔ سلول‌های زنده باشد وشاید نتیجهٔ پدیدار شدن طبقات خاص مولکول‌های بزرگ‌تر در سطح آن‌ها باشد که هم به‌کار «شناسایی» سلول‌های هم‌قسم می‌شود هم سلول‌ها را به‌یکدیگر می‌پیوندد. این مولکول‌ها که عمل بازشناسی میان سلول‌ها را انجام می‌دهند، درمورد هر دستهٔ عمدهٔ سلول‌ها خیلی اختصاصی هستند. درطی پیشرفت تکامل تعداد یا توزیع آن‌ها عوض می‌شود. در حال حاضر درآزمایشگاه های متعدد کوشش می‌کنند که این نشانه‌های بازشناسی را جدا و شناسایی کنند و صفات آن‌ها را بازشناسند. شاید این نخستین مسئلهٔ عمده در تکامل عصبی باشد که در سطح مولکولی موفقانه تجزیه وتحلیل می‌شود.

یکی از چهره‌های خاص جمع‌آمدن سلول‌ها در دستگاه عصبی روبه‌رشد آن‌است که در غالب ناحیه‌های مغز سلول‌ها هم به‌یکدیگر می‌چسبند هم نوعی جهت‌یابی‌ترجیحی اتخاذ می‌کنند. مثلاً در کورتکس مغز اکثر نورون‌های بزرگ هرم شکل به‌طورپیوسته در حالی به‌هم متصل می‌شوند که رئوس شجری برجستهٔ آن‌ها به‌طرف سطح متوجـه است و قواعد آن‌ها متوجه مادهٔ سفید زیرین. معلوم نیست که سلول‌ها چگونه‌بدین‌طریق



ضخیم شدن پیش روندهٔ جدار مغز در حال رشد نشان داده شده است. در نخستین مرحله (۱) جداره تنها عبارت است از یك بافت پوشش سنگفرشی «شبه‌لایه‌دار» که درآن منطقهٔ بطنی(VZ)حاوی اجسام سلولی ومنطقهٔ کناری(MZ) تنها حاوی سرشهای خارجی سلول‌هاست. وقتی برخی سلول‌هاقدرت د. ان. آ. سازی خود را از دست می‌دهند و از حلقهٔ تقسیم (۲) رانده می‌شوند، لایهٔ تازه‌ای‌می‌سازند، که منطقهٔ واسط (IZ) است. در مغز پیشین، سلول‌هایی که از منطقه می‌گذرند، انباشته می‌شوند و صفحهٔ کورتکس رامی‌سازند (CP) ناحیه‌ای که‌درآن لایه‌های مختلف قشرمغزرشدمی‌کنند(۳). درآخرین مرحله (۴) منطقهٔ بطنی اصلی به‌صورت آستر آپاندیم (غشای بطن مخ) باقی می‌ماند، منطقهٔ نسبتا خالی از سلول میان این آستر و کورتکس به‌صورت مادهٔ سفید زیرکورتکس‌درمی‌آید، و نسج‌های‌عصبی‌ازراه‌آن به‌کورتکس وارد وخارج می‌شوند. منطقهٔ زیر بطنی (SZ) یك ناحیهٔ تکثیر شونده‌است‌که درآن‌بسیاری از سلول‌های گلیایی وبرخی نورون‌های مغز پیشین به‌وجود می‌آیند.

ردیف می‌شوند ولیکن احتمال می‌رود که بتوان این امر را به‌وجود طبقات مختلف مولکول‌های سطح سلول نسبت داد که به‌طور خاص با راهنمایی سلول به‌سلول کاردارند یا به‌تجدید توزیع انتخابی سلول‌های سطح، که مسئول جمع‌آمدن بدوی سلول می‌باشند.

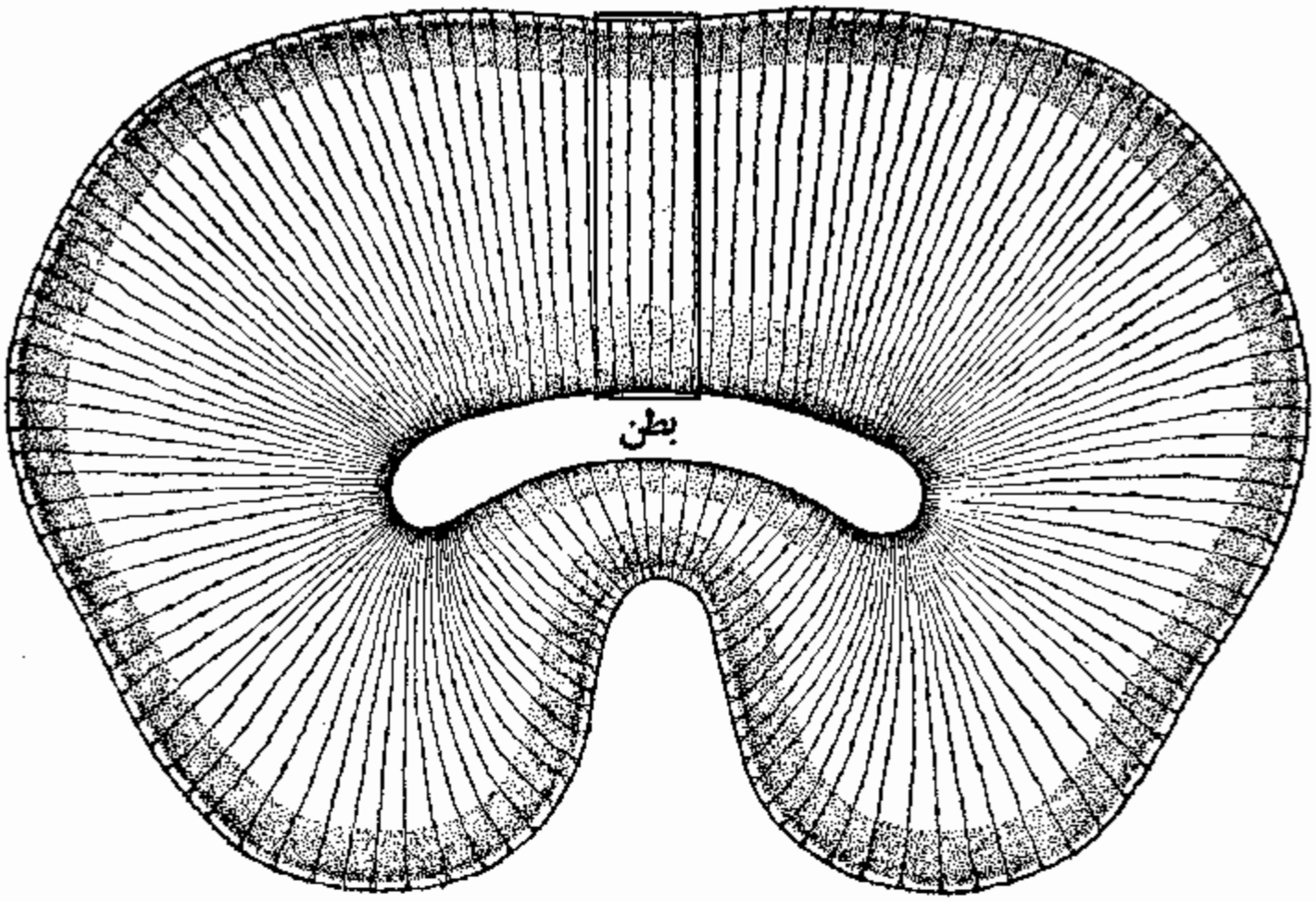
یك جنبهٔ‌شگفت تحول‌نورون‌ها کوشش به‌دشواری آمیختهٔ‌تدریجی آنهاست. اتخاذ نحوهٔ به‌خصوصی برای ارسال خبر یا انتقال تأثیر نیز به‌همین اندازه اهمیت دارد. همچنین است انتخاب یکی از دو نحوهٔ عمل متقابل با سلول‌های دیگر (یا با تشکیل واسطه‌های شکاف‌ها برای تأمین عمل متقابل الکتریکی سلول‌ها). نوروبیولوژیست‌ها تازه دارند چیزی دربارهٔ این جنبه‌های پوشیده‌تر افتراق نورونی درك می‌کنند واین نکته دارد آشکار می‌شود که نورون‌ها ممکن است ازآنچه تصور می‌شد بغرنج‌تر باشد.

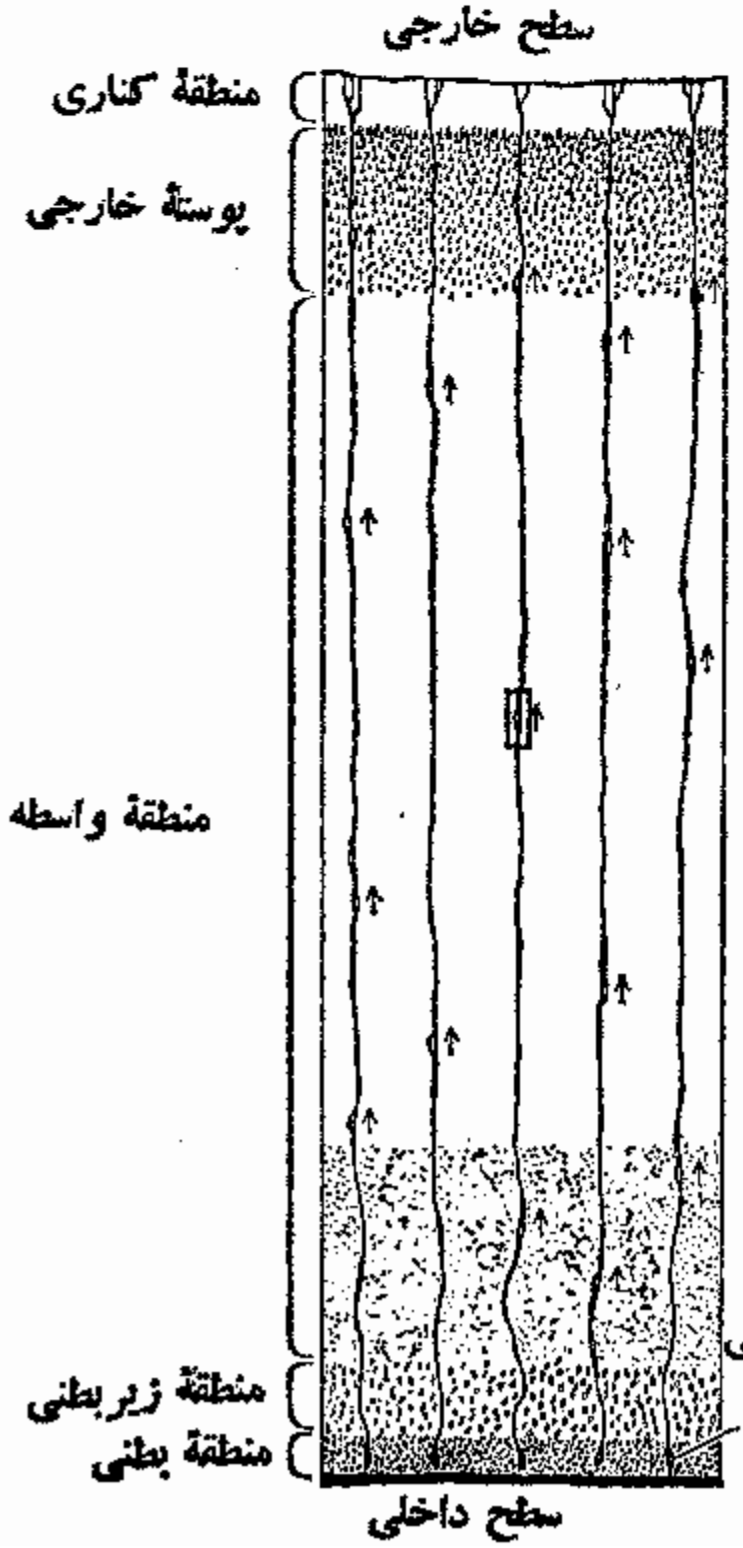
فی‌المثل، اخیراً معلوم شده است که برخی نورون‌ها می‌توانند ازیك فرستندهٔ شیمیایی به‌فرستندهٔ شیمیایی دیگر دست بزنند (این کارتحت تأثیر عامل خارجی است وآن دو فرستنده عبارتند از Norepinephrine و Acetylocholine). نورون‌های دیگر در یو ن‌عمده‌ای که برای پخش تکانه‌های عصب در مراحل مختلف تکامل به‌کار می‌برند تغییر نشان می‌دهند (مثلا ازیون کلسیم به‌یون سودیوم).

در بارهٔ سرك‌های نورونی اطلاعات بیش‌تری در دست است. بیش‌تر نورون‌های موجود در مغز پستانداران چند قطبی هستند وچند رأس نوك تیز دارند که معمولا به‌صورت سرك‌های گیرندهٔ تأثرات عصبی عمل می‌کنند، ونیز یك زایدهٔ عصبی دارند که عمل فرستنده را انجام می‌دهد. برخی سلول‌هادیده‌شده‌اندکه‌پیش‌از آغاز کوچ سرك تشکیل می‌دهند، ولیکن بیش‌ترشان بعد از رسیدن به‌موقع نهایی شروع به‌تشکیل سرك می‌کنند. این‌که چه‌چیزی تشکل سرك را برمی‌انگیزد درست معلوم نیست. مطالعاتی انجام پذیرفته است که درآن‌ها نورون‌های نارس را جدا کرده در مادهٔ پرورندهٔ نسج نگاه‌داشته‌اند. دراین مطالعات معلوم شده است که سرك‌ها فقط وقتی تشکیل می‌شوند که سلول‌ها بتوانند به‌زیر طبقهٔ مناسبی بچسبند وفقط در چنین اوضاع واحوالی است‌که سلول‌ها غالباً می‌توانند مکمل رأس‌ها وزایده‌ها را به‌طور عادی تشکیل دهند. دربرخی موارد، باوجود اوضاع و احوال بسیار ساختگی که نورون‌ها در آن نمو می‌کنند، ظاهر کلی زواید شجری که تشکیل می‌شوند به‌آنچه در مغز دست نخورده دیده می‌شود شباهت بسیار دارند، در حالی که این سلول‌ها ازتماس با سایر نورون‌ها وحتی با سلول‌های گلیایی محروم مانده‌اند. مشاهداتی از این‌دست حاکی ازاین است که اطلاعات‌لازم‌برای آن‌که نورون شاخه کـردن شجری مشخص خود را ایجاد کند به‌وسیلهٔ ژن معلوم می‌شود.

با این‌همه این نکته نیز آشکار شده است که درمدت تحول عادی مغز بیشتر نورون‌ها دستخوش انواع تأثیرات مکانیکی موضعی واقع می‌شوند که ممکن است در شکل آن‌ها اثر بگذارد. یقین است که تعداد وتوزیع تأثیرات که سلول‌ها دریافت‌می‌کنند ممکن است به‌نحو شدیدی در شکل نهایی آن‌ها اثر بگذارد. یك نمونهٔ جالب این امردر مخ دیده می‌شود. سلول‌های پورکینژ Purkinje دارای زواید شجری مشخصی هستند که به‌طور عادی دویك سطح ترتیب یافته‌اند وبا زاویهٔ قایمه متوجه زایدهٔ عصبی سلول‌های دانه‌ای می‌باشند که تأثیرات عصبی خود را ازآن‌ها می‌گیرند. حال اگر به‌دلیلی ترتیب معمول زایده‌های عصبی سلول‌های دانه‌ای درهم شود، توزیع هم‌سطح زواید شجری سلول‌های پورکینژ به‌همان‌ترتیب تغییر می‌پذیرد.

سازوکار عملی که به‌وسیلهٔ آن سرك‌های نورون طویل می‌شود، اکنون کاملا شناخته شده است. بیش‌تر سرك‌ها ساختارهای مشخصی دارند که در انتهای آن‌ها قرار دارد وبه‌مخروط رشد کننده موسوم است. این ساختارها شدیداً متحرکند و چون زنده باشند چنین می‌نمایند که پیوسته محیط بلافصل خود را می‌کاوند. این ساختارها محل


بطن


سطح خارجی
منطقهٔ کناری
پوستهٔ خارجی
منطقهٔ واسطه
منطقهٔ زیربطنی
منطقهٔ بطنی
سطح داخلی
سلول نوروگلی شعاعی

زایندهٔ قدامی نورون
نورون مهاجر
هسته
زایندهٔ سلول نوروگلی شعاعی
زایندهٔ خلفی نورون

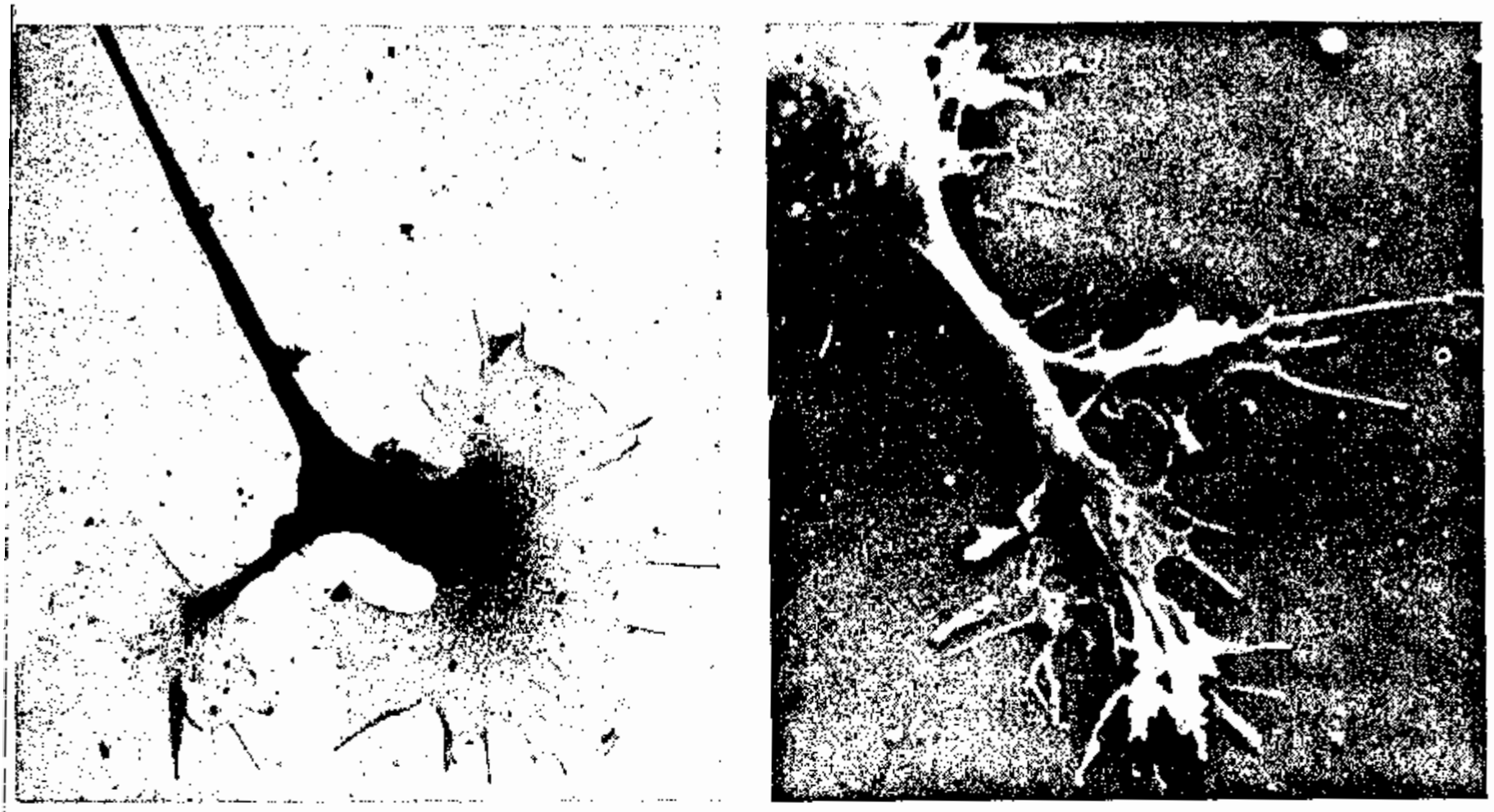
افزایش مواد جدید به‌سرك‌های روبه‌رشد می‌باشند. وقتی سرك شاخه می‌کند همواره این‌کار را با تشکیل یك مخروط رشد کنندهٔ جدید انجام می‌دهد. باید دانست که دلیل این برداشت تا حد زیادی غیر مستقیم است ولیکن دلایلی دردست است که مخروط‌رشد در داخل یا بر روی خود جنبه‌های مولکولی لازم را ثبت کرده است که به‌وسیلهٔ آن می‌تواند طبقه‌های زیرین مناسب را که باید در کنار آن‌ها رشد کند کشف کند ونیز هدف‌های مناسب را شناسایی کند. برحسب تجربه‌هایی که در آن‌ها نورون‌ها برطبقه‌های زیرین ساختگی رشد کرده‌اند، چنین برمی‌آید که بیش‌تر سرك‌ها به‌طرز ترجیحی‌کنار سطح‌هایی رشد می‌کنند که چسبندگی زیاد دارند.

دراین مورد که زایده‌های عصبی چگونه می‌توانند راه خود را بیابند، اطلاعات چندان زیادی در دست نیست. درك این نکته به‌خصوص دشوار است که این‌زواید عصبی ممکن است مسافت زیادی را در مغز بپیمایند ودرهرنقطه از راه خود به‌چپ یا راست منحرف شوند و حتی به‌طرف مقابل مقصد حرکت کنند تا در خاتمه به‌مقصدی که از پیش برای آن‌ها تعیین شده است برسند ومی‌رسند. در برخی دستگاه‌ها چنین می‌نماید که زایده‌های عصبی تحت تأثیر برخی راه‌های شیب‌دار رشد می‌کنند که در طول محور های اصلی مغز ونخاع عمل می‌کنند. در دستگاه‌های دیگر چنین می‌نماید که زایده‌های عصبی را رابطهٔ با نزدیك‌ترین مجاور راهنمائی می‌کند. ولیکن در بسیاری موارد چنین می‌نماید که زایدهٔ عصبی در حال رشد یك سازوکار پیچیدهٔ مولکولی را در خود بـه صورت رمز ثبت کرده است که با بودن آن می‌تواند به‌اشارات‌ساختاری یا شیمیایی که در مسیر خود دریافت می‌کند به‌طور صحیح پاسخ بدهد.

ریتا لوی ــ مونتالچینی Rita Levi-Montalcini در آزمایشگاه بیولوژی‌سلول در شورای ملی پژوهش در رم این رشد را که با هدایت انجام‌می‌شود نشان داده است. این بانو باهمکاران خود پروتئین معروف به‌رشد عصب را به‌مغز موش‌های جوان تزریـق کردند، به‌دنبال آن‌رشد غیر عادی زایده‌های عصبی از سلول‌های گانگلیون سمپاتیك (نورون‌هایی که در طول ستون فقرات قرار دارند و نسبت به‌رشد عصب‌حساسند) درون نخاع و به‌طرف مغز (ظاهراً در مسیر پخش عامل رشد عصب تزریقی آغاز شد. دراین مورد عامل رشد عصب به‌صورت مادهٔ مغذی یا پیش دهندهٔ رشد (که عمل معمول آن است) عمل نمی‌کرد، بل‌به‌صورت مادهٔ تعیین کنندهٔ جهت عمل می‌کرد و زایده‌های عصبی

←

سلول‌های حمایتی تخصص یافته، یعنی سلول‌های نوروگلی شعاعی، در مراحل اولیهٔ تکوین دستگاه عصبی پدید می‌آیند. این سلول‌ها با زایده‌های بسیار طولانیشان مشخص می‌شوند، که سراسر جدار لولهٔ عصبی وشاخه‌های آن را می‌پوشانند. شکل بالا چگونگی سلول‌های نوروگلی شعاعی را در مقطع عرضی جدارهٔ نیکرهٔ مغز یك میمون نشان می‌دهد. تنهٔ سلول‌ها در منطقهٔ بطن قرار گرفته و زایده‌هایشان به‌اطراف دویده‌اند وبه‌نظر می‌رسد در آنجاها بندهای پایانهٔ گسترده‌ای به‌وجود آورده‌اند. منظرهٔ بزرگی از یك قطعهٔ این برش عرضی در سمت چپ (پایین) تصویر نشان داده شده. قطعهٔ کوچکی از بافت که در داخل مستطیل قرار دارد، در تصویر سمت راست به‌صورت خیلی بزرگ‌تری نمایش داده شده است. این تصویر رابطهٔ نزدیك میان زایده‌های سلولهای نوروگلی و نورونهای مهاجر را نشان می‌دهـد رابطه‌ای که درتکوین بسیاری از بخشهای مغز مشاهده شده است.



مخروطهای رشد (ساخت‌های گسترش یافته و بسیار حساس انتهای سرکهای روبه‌رشد نورون‌ها)
دراین دوتصویر، که با دوربین الکترونی گرفته شده است، دیده می‌شوند. انتقال دوربین‌الکترونی در سمت چپ یك جفت از مخروطهای رشدرا درانتهای یك سرك آکسون مانند سلول گانگلیون سیناپسی یك موش نشان می‌دهد. این سلول مجزا ودرکشت بافت پرورش داده شده، وسرکی که دراین‌جا دیده می‌شود، درست چند دقیقه پیش از تثبیت وآماده‌کردن سلول برای عکس برداری (بدون برش دادن) منشعب شده است. استطاله‌های نازك انگشت مانند ورقه‌های تورمانندی هستند، تصویر سمت راست دانديت روبه‌رشد یك نورون را نشان می‌دهد که از مغز جنین یك‌موش برداشته شده است. مخروطهای رشد دراین تصویر پس از جداکردن نورون تشکیل شده‌اند وتنها در مدت دوساعت درکشت بافت رشد کرده‌اند. هردو تصویر در مدرسهٔ پزشکی دانشگاه واشینگتن برداشته شده‌اند.

به‌حکم اثر شیمیایی به‌جهتی به‌حضور آن پاسخ می‌دادند.

سرك‌های اعصاب دو جنبهٔ رشد دیگر هم دارند که باید ذکری ازآن‌ها کرد. نخست آن‌که بیش‌تر نورون‌ها ظاهراً تعداد زیادتری سرك ازآن‌چه مورد نیاز است یامی‌توانند بعدا آن‌ها را نگاهداری کنند تولید می‌کنند. ازاینجاست که نورون‌های کم عمر تعداد زیادی سرك‌های شجری شکل کوتاه دارند، که فقط چندتایی ازآن‌ها همراه کامل شدن سلول‌ها دیده می‌شوند. به‌همین‌ترتیب چنان‌می‌نمایدکه‌زایده‌های عصبی‌روبه‌رشدارتباط‌های زیادی برقرار می‌کنند که بیش ازحدی است که در حالت کاملی لازم‌است، وبه طور معمول یك مرحلهٔ حذف سرك‌هست که درطی آن‌بسیاری از(و دربرخی‌مواردبه‌جز یکی، همه) گروه نخستین واپس‌کشیده می‌شوند. و جنبهٔ دوم آن‌است که زایده‌های عصبی کشش‌شدیدی‌دارندکه‌دررابطهٔ‌نزدیك‌بامجاوران‌خودرشدکنند(به‌فرنگی Fasciculation).

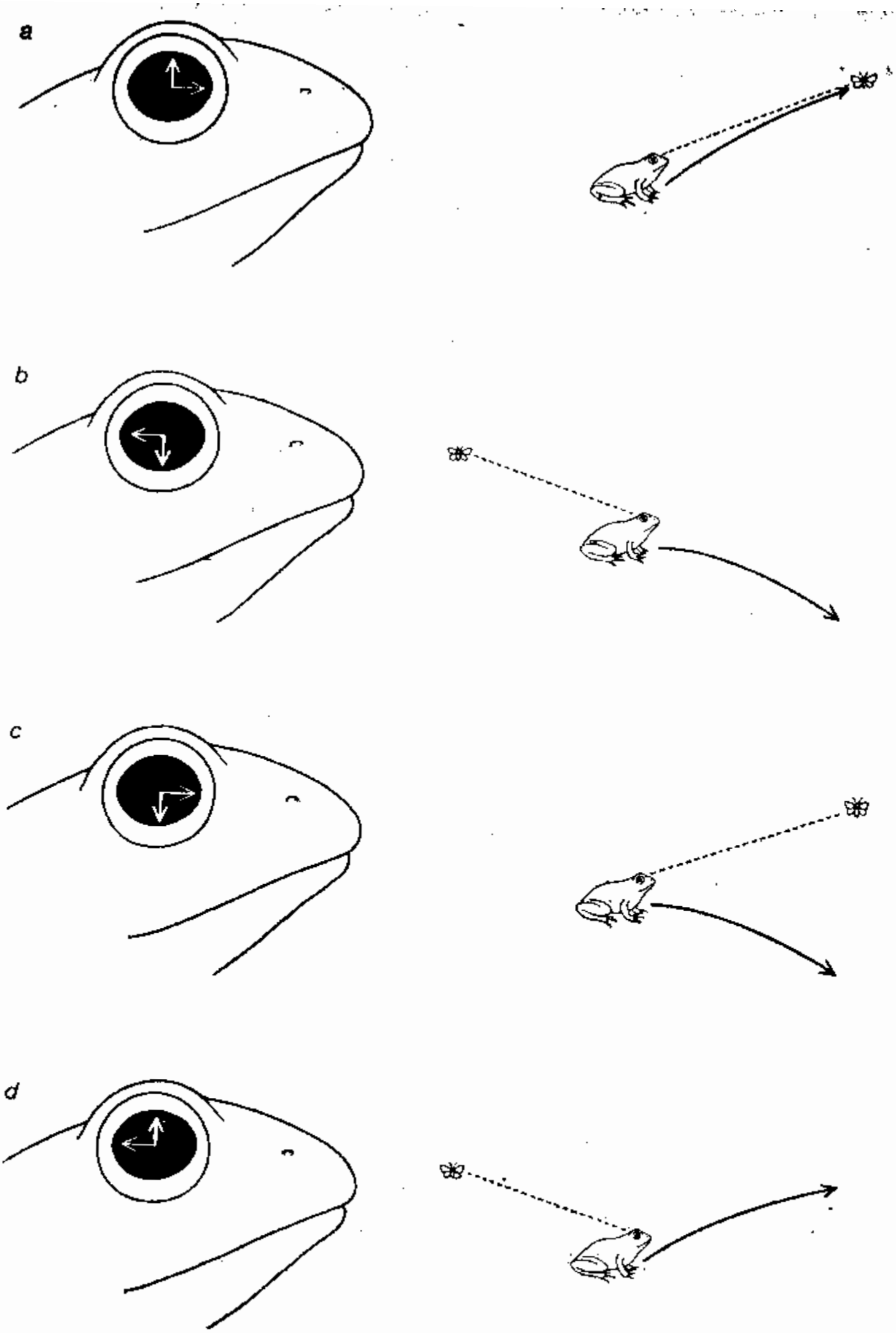
به‌حکم پژوهش های اخیر کشش به‌حفظ رابطهٔ نزدیك بامجاوران ممکن است با ظهور چسبك‌هایی در سطح بیش‌تر زایده‌های عصبی ملازم باشدکه به‌زایده‌های عصبی توانایی

می‌دهد به‌زایده‌های عصبی هم قسم بپیوندند وباآن‌ها رشدکنند. دست‌کم در یك مورد چنان می‌نماید که به‌علت این ملازمت جنبی فقط زایدهٔ عصبی نخستین در گروه محتاج پدید آوردن مخروط رشد قراردادی است؛ زایده های عصبی دیگر صرفا دنبال همان پیشاهنگ می‌روند.

شك نیست که مهم‌ترین موضوع حل نشده در تکامل مغز عبارت است ازاین‌مسئله که نورون‌ها چگونه نقش‌های خاص ارتباط را می‌سازند. قبلاچنین تصورمی‌شد که‌بیش‌تر مرتبط بودن مغز ازیك دسته ارتباطات که برحسب تصادف به‌وجود آمده‌اند برحسب وظیفهٔ اجزا انتخاب شده‌اند. امااین تصوراکنون قوتی ندارد. چنان می‌نماید که بیش‌تر ارتباطات به‌طور دقیق در یك مرحلهٔ بدوی تحول برقرار شده‌اند، ودلیل بسیار هست ارتباطاتی که تشکیل شده‌اند ، هم برای ناحیه‌های به‌خصوص مغز اختصاص دارند، هم برای نورون‌های خاص (ودر برخی موارد برای اجزا به‌خصوص نورون‌ها) درداخل این ناحیه‌ها.

چند فرض برای توضیح چگونگی پدید آمدن‌این دقت اعجاب‌انگیز عنوان شده است. برخی چنین گفته‌اند که این‌پدیده را می‌توان به‌سهولت براین‌اساس توضیح‌کرد که زایده‌های عصبی در مراحل رشد همان رابطهٔ محدودی رابایکدیگردارندکه‌سلول‌های مولد ایشان داشته‌اند. برخی دیگر گفته‌اند زمان حدوث رویدادها (به‌خصوص زمانی که گروه‌های مختلف نسج‌ها به‌هدف خود می‌رسند) واجد اهمیت به‌سزایی است. ولیکن آن یك توضیح که ظاهراً برتمامی پدیده‌های مورد مشاهده صادق‌است همان‌فرض وابستگی شیمیایی است‌که نخست راجر اسپری R. Sperry از مؤسسهٔ تکنولوژی‌کالیفرنیا آن‌را مطرح ساخت. بنابراین نظر، بیش‌تر نورون‌ها (یا به‌احتمال بیش‌تر، غالب‌توده‌های کوچك نورون) در یك مرحلهٔ بدوی تحول خود بسته به‌موضعی‌که دارنـد از لحاظ شیمیایی فرق پیدا می‌کنند، واین جنبهٔ افتراق آن‌ها به‌صورت نشان‌های مشخصی عیان می‌شود که به‌زایده‌های عصبی نورون‌ها امکان می‌دهد یانشان همسانی برسطح نورون‌های هدف خود بیابند، یا نشان مکمل خود.

این مسئله جنبهٔ عام دارد وشامل تمامی قسمت‌های دستگاه عصبی می‌شود، ولیکن در دو دستگاه با ژرفای بیش‌تر مورد مطالعه قرار گرفته است: به‌تحریك‌درآوردن‌عضلات اندام‌ها به‌وسیلهٔ نورون‌های محرك مربوط در نخاع وپیش‌راندن سلول‌های گانگلیا در شبکهٔ چشم تا انتهای اصلی آن‌ها در مغز مهره‌داران پست. مطالعهٔ به‌تحریك درآوردن عضلات حاکی از آن‌است‌که در اوضاع واحوال عادی توده‌های کوچك نورون‌های‌محرك یا مجمع‌های نورون محرك، در یك مرحله بدوی تحول جدامی‌شوند وهر مجمع‌نورون محرك برحسب ترجیح یك عضلهٔ‌اندام به‌خصوصی را به‌تحریك درمی‌آورد، ودراین‌جریان تعداد اشتباهات اندك است. این اختصاصی بودن نقش به‌تحریك درآوردن به‌طورمعمول دقیق است، اما مطلق‌نیست. این‌است که‌اگر یك‌اندام‌خلفی‌اضافه‌برشمارجنین‌جوجهٔ‌دهنده‌ای در کنار اندام خلفی معمولی یك جنین گیرندهٔ معمولی نقل وکشت شود، عضلات اندام اضافی بدون اشتباه به‌وسیلهٔ آن مجموع نورون‌های محرك به‌تحریك در می‌آیند کـه



یك برخورد تجربی در زمینهٔ مطالعهٔ چگونگی تخصیص یافتگی نورون‌ها در موقع رشد مغز. دراین مطالعه که توسط راجر اسپری از انستیتوی تکنولوژی کالیفرنیا صورت گرفته، چشمان قورباغهٔ بالغ (یا بچه‌قورباغه‌ها در مراحل مختلف رشد) چرخانده یا پیوند زده شده‌اند. سپس، وقتی عصب بینایی ترمیم شده (یا وقتی بچه‌قورباغه‌ها) بزرگ شده‌اند وآکسون‌های یاخته‌های گانگلیایی شبکیه، که شامل عصب بینایی است، با ساختمان بینایی ارتباط یافته‌اند، مشاهدهٔ نتیجهٔ عمل، در رفتار بینایی قورباغه‌ها امکان‌پذیر شده است، همچنین توانسته‌اند تصویر شبکیه را ازطریق الکتروفیزیولوژیکی به‌دست آورند. این تصویرها ابتدا رفتار قورباغه را با چشمان طبیعی نشان می‌دهد. درآزمایش (b) چشم راست ۱۸۰ درجه چرخانده شد. وقتی مدتی پس از ترمیم عصب بینایی، قورباغه سعی کرد شکاری را که درست بالای میدان دیدش قرار داشت بگیرد، درست ۱۸۰ درجه خطاکرد. در آزمایش (c) تنها جای چشم‌چپ و راست تغییر داده شد و این باعث تغییر محور خلفی قدامی گردید. در نتیجه قورباغه به‌جای حمله به‌طرف بالا متوجه پایین گردید، در آزمایش (d) بازهم تجربهٔ مشابهی صورت گرفت، ولی این‌بارچشم‌ها درجهت معکوس قرارداده شد، دراین حال‌قورباغه حس کرد شکار دربالای میدان دید اوست، ولی این‌بار به‌جای این‌که به‌سوی عقب بپرد، به‌جلو پرید.

به‌طور عادی قسمت‌هایی از تن یا عضلات میان جوجه را به‌تحریك درمی‌آورند. نقش به‌تحریك در آوردن به‌نحو آشکاری کج‌رو است، ولیکن این نکته که عضلات انـدام جابه‌جا شده همواره به‌وسیلهٔ همان تودهٔ سلول‌ها به‌تحریك درمی‌آید قویاً حاکی ازآن است که حتی دراین اوضاع واحوال غیر معمول زایده‌های عصبی نورون‌ها ازیك دسته قواعد (که هنوز شناسایی نشده‌اند) اطاعت می‌کنند.

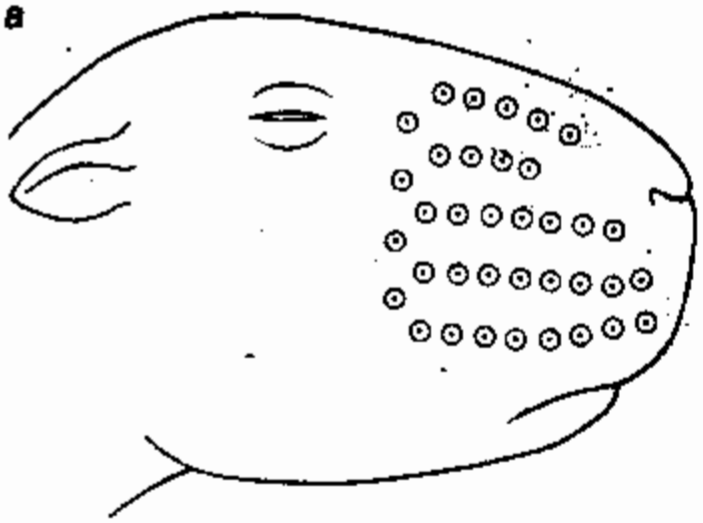
و اماآن‌دستگاه شبکیهٔ باصره به‌خصوص برای تجزیه و تحلیل این مسئله مفید درآمد. در جانوران دوزیستی امکان آن هست که در مرحلهٔ جنینی ودر مرحلهٔ کرمی دستکاری‌های تجربی مختلف انجام داده شود، از قبیل چرخاندن چشم گردمحورآن، و ساختن چشم‌های مرکب باتکه‌های نسج که از پاره‌های مختلف‌دوبا چند شبکیه به‌دست آمده وچرخاندن پاره‌ای باصره. بعدا، وقتی دستگاه به‌طور کامل تکامل یافت‌به‌سهولت می‌توان ارتباطات پدیدآمده به‌وسیلهٔ سلول‌های گانگلیای شبکیه را از طریق تشریحی و الکتروفیزیولوژیك ورفتار تعیین کرد. ونیز در ماهی‌ها وجانوران‌دو زیستی عصب‌باصره (که به‌وسیلهٔ زایده‌های عصبی سلول‌های گانگلیای شبکیه تشکیل می‌شوند) پس ازآن‌که الیاف آن گسسته شوند می‌تواند از نو تولید شود،وازاین‌روی می‌توان بسیاری ازآن تجربه‌های دستکاری‌ها را با جانوران نوسال انجام داد.

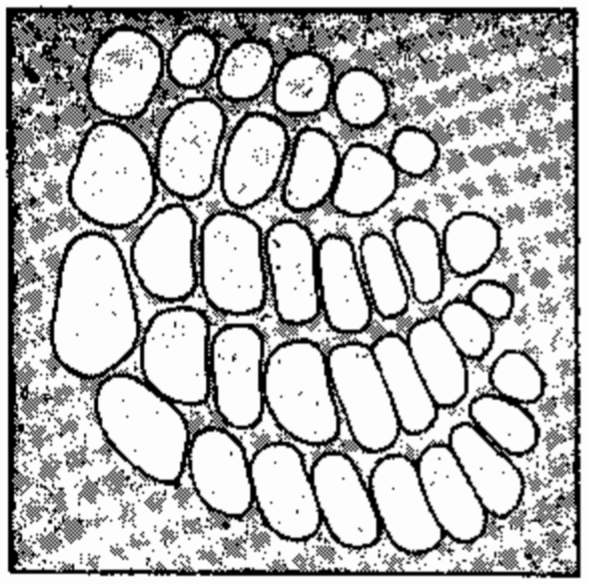
شاید مهم‌ترین نتایج این تجربه‌ها حاصل دو گروه تجربه باشد. در گروه نخستین عصب باصرهٔ قورباغه‌ها و سمندرها را قطع کردند و چشم را ۱۸۰ درجه چرخاندند در تجربه‌های دیگر قسمت‌هایی از عصب باصرهٔ ماهی‌های طلایی وقورباغه‌ها را قطع کردندو قسمت‌های قطع شده را چرخاندندیا به قسمت دیگری از باصره منتقل کردند. در هردو گروه تجربه‌ها الیاف ترمیم‌کنندهٔ عصب باصره را خواه با روش الکتروفیزیولوژیك، خواه با استفاده از رفتار می‌توان نشان داد و دید که همان قسمت‌های باصره‌رشدکرده‌اند که در اصل آن‌ها را به‌تحریك در می‌آوردند. ساده‌ترین توضیح برای این نتیجه آن‌است که زایده‌های عصبی سلول‌های گانگلیا ونورون‌های هدف آن‌ها در عصب باصره به‌نحوی نشان دارند و زایده‌های عصبی ترمیم یافته آن‌قدر رشد می‌کنند تا نشان‌های مناسب را روی نورون‌های قسمت مربوط عصب باصره «بازشناسند».

رداین استدلال دشوار است که درچنان اواع‌واحوالی الیاف قسمت‌های مختلف شبکیه پیش‌تر خود رابرروی گروه‌های مربوط سلول‌های بصری «نقش» کرده بودند وزایده‌های عصبی یا نورون‌های بصری صرفا موضع قبلی خود را «به‌یادداشتند». ولیکن اگر چشم روبه‌رشد قورباغه پیش از یك مرحلهٔ مهم، به‌خصوص در حین تکامل‌چرخانده شود، پیشروی حاصل شبکیه درخانهٔ چشم معمولا عادی‌است. اگرچرخاندن‌پس از موقع مهم انجام پذیرد پیشروی شبکیه به‌همان میزان چرخ می‌خورد. به‌همین طریق،اگرتمامی چشمخانهٔ جنین ۱۸۰ درجه در فاصلهٔ سرتادم (به‌انضمام قسمتی از مغز پیشین که درست جلو آن قرار دارد) چرخیده شود، پیشروی شبکیه که تشکیل می‌شود باز هم معکوس است.

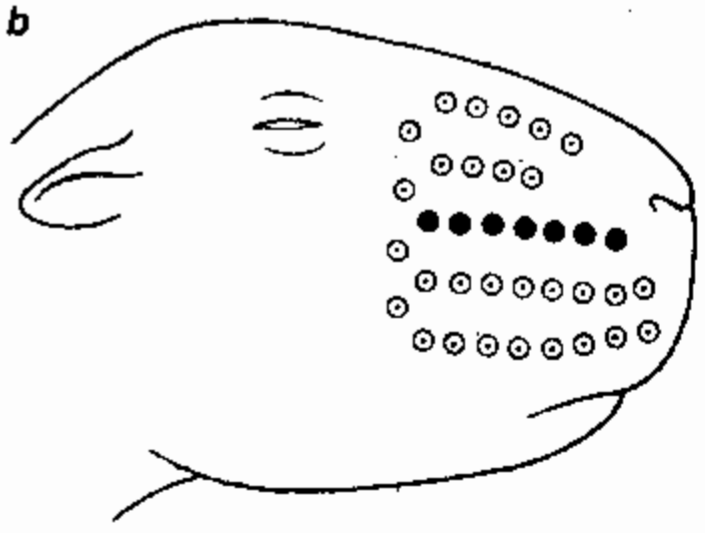
ازاین تجربه‌ها چنین برمی‌آید که در تحول غالب مراکز عصبی مرحلهٔ خاصی‌هست

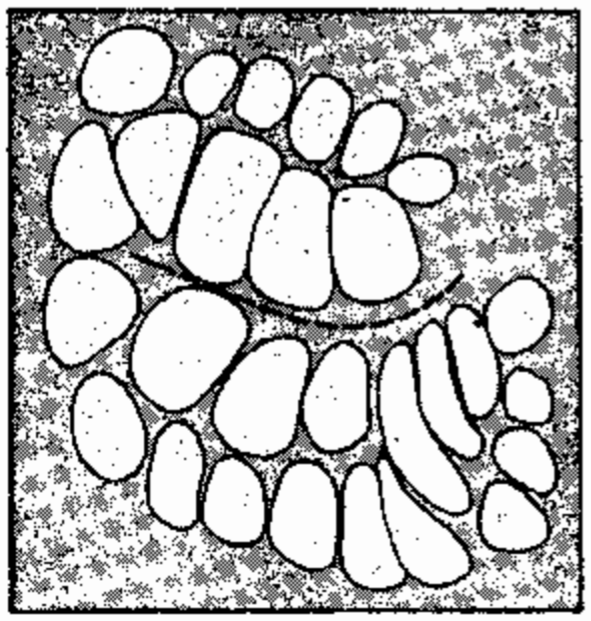
a



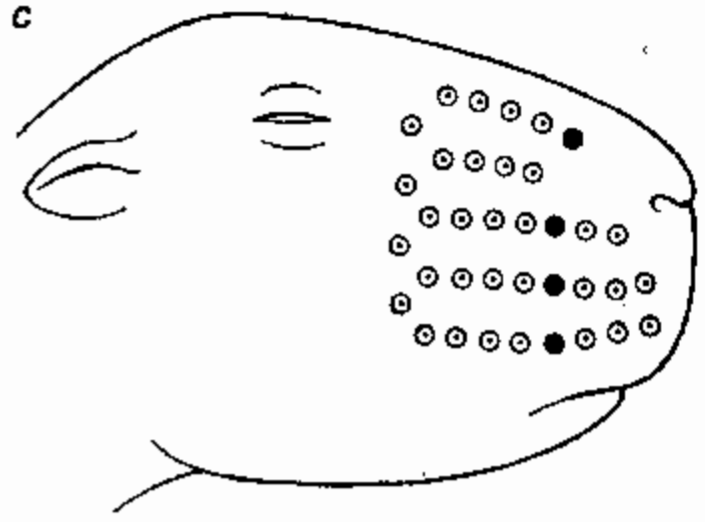


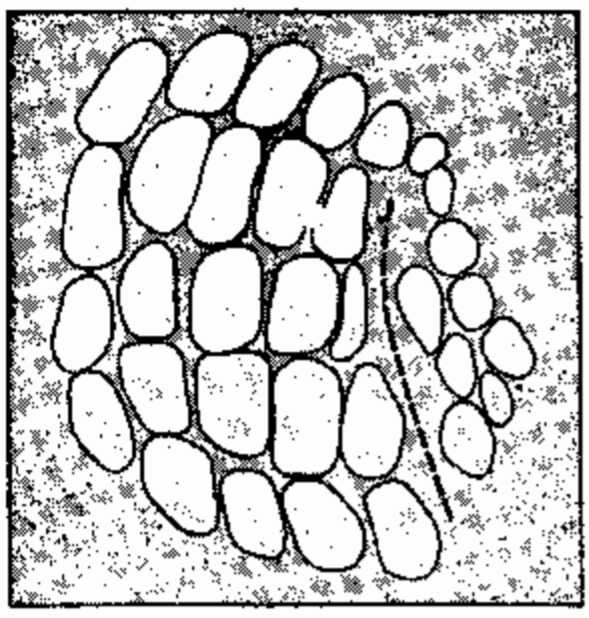
b



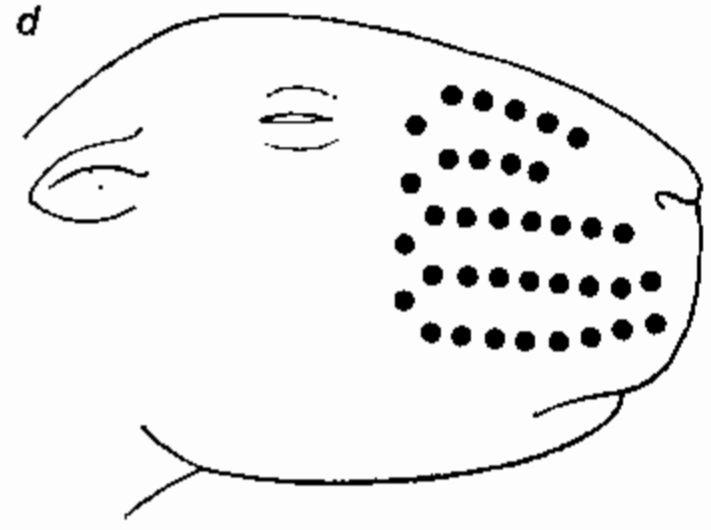


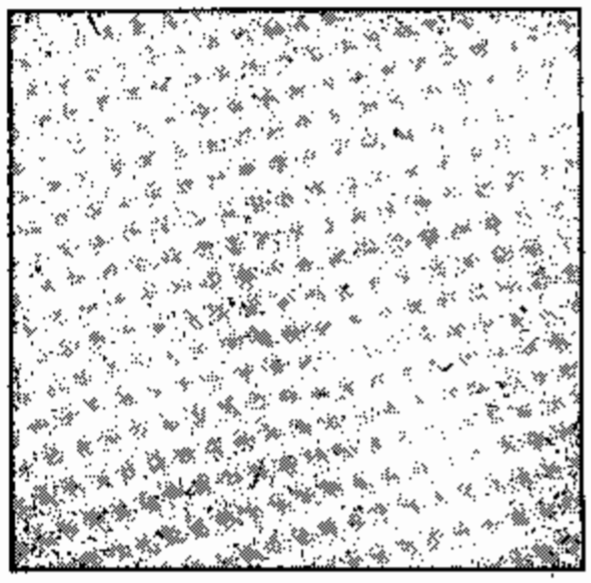
c





d





که طی آن این مراکز از لحاظ موقع وموضع چنان قطبیده می‌شوند که نورون‌های سازای آن‌ها خصیصهٔ تعیین کننده‌ای حاصل می‌کنند وسازمان فضایی پیشروی را به‌طور مجموع برقرار می‌سازند. مارکوس جیکوبسن M. Jacobson از دانشکدهٔ پزشکی دانشگاه میامی چند سال پیش نشان داد که در قورباغهٔ چنگالدار Xenopus Laevis شبکیه در حدودهمان زمان که مادهٔ خاکستری از حلقهٔ تقسیم‌یافتهٔ جنسی پـا پس می‌کشد به‌همین طریق قطبیده می‌شود. دراین مرحله فقط در حدود یك درصدازسلول‌های گانگلیا موجودند ولی باوجود این تمامی نقش پذیری آیندهٔ پیشروی شبکیه‌برچشمخانه ظاهراً در همین وقت برقرار می‌شود. هیچ معلوم نیست که نورون‌ها چگونه اطلاعات موضعی ازاین دست را حاصل می‌کنند یا چگونه این اطلاعات در رشد اضافی‌سرك‌های آن‌ها تبیین می‌شود. ولیکن چنین می‌نماید که سازوکارهای تعیین کنندهٔ قطبیدن‌خاص دستگاه عصبی نیستند، که در تمامی جاندار عمل می‌کنند. معلوم شده است که اگر یك چشم روبه‌رشد قبل از دورهٔ تخصیص زایده‌های عصبی درجناح یك کرم قورباغه جای داده شود وبگذارند در سراسر دورهٔ مهم تحول به‌همین وضع غیر عادی بسر برد، بعد هنگامی که در چشمخانه جای داده شود سلول‌های گانگلیا در داخل عصب‌بصری‌ارتباطاتی برقرار می‌کنند که جهت‌گیری چشم رادرمدتی که در جناح بوده است منعکس می‌سازد و نه‌وضع آن‌را پس از آن‌که در چشمخانه جای داده شده‌است.

هنگامی که‌یك زایدهٔ عصبی روبه‌رشد به‌هدف مناسب خود برسد، اعم ازاین که‌آن هدف گروه نورون‌های دیگر باشد یا نسج فرستنده مانند مجموعهٔ سلول‌های عضله پـا غده، آن زایدهٔ عصبی تماس‌های اختصاصی کار کرد یارد و بدل اطلاعات بااین‌سلول‌ها برقرار می‌سازد. دراین‌گونه مکان‌هاست که اطلاعات ازیك سلول به‌سلول دیگر فرستاده می‌شود، واین معمولاً از طریق رهاکردن مقادیر جزوی از فرستنده متناسب است. مقدار زیادی دلایل پدیده شناختی موجود است که به‌حکم‌آن‌هادر وقت ردوبدل‌کردن اطلاعات انتقال دو جانبهٔ مهم مواد ضرور برای بقا و کارکرد عادی سلول‌ها پیش‌وپس از تبادل سلول موجود است. این مواد غالباً مفروضند، تنها یکی ازآن‌ها (عامل رشد عصب) شناسایی واز لحاظ شیمیایی مشخص شده است. این ماده پروتئینی است که در حال عادی به‌صورت یك زوج زنجیر اسید امینه متحد موجود است، ووزن مولکولی هریك ازاین دواندکی از۱۳۰۰۰ دالتون بیش‌تر است.

→

سبیل‌ها وبشکه‌ها دریك موش جوان یکی از دستگاه‌های متعددی است که وابستگی شدید دستگاه عصبی رو به‌رشد او را به‌اطلاعات ورودی نشان می‌دهد. در این مورد موهای حساس پوزهٔ موش‌این‌کار را می‌کنند: بشکه‌ها برای انباشتن نورون‌ها در چهارمین لایهٔ قشر مغز موش اختصاص یافته‌اند. هربشکه اطلاعات ورودی خود را ازیك موی معین درطرف مقابل پوزهٔ موش دریافت می‌کند (a) اگر یك ردیف از سبیل‌ها اندکی پس از تولد از بین برود، ردیف بشکه‌های مقابل آن در کورتکس ناپدید می‌شود و بشکه‌های مجاور گسترش می‌یابد (bوc) اگر همهٔ سبیل‌ها ازمیان بروند، همه بشکه‌ها ناپدید می‌شوند (d) کورتکس در حال رشد باید دارای قابلیت شکل‌گیری خیلی زیادی باشد، چون نسج‌هایی که سبیل‌ها را تحریك می‌کنند مستقیماً به‌کورتکس متصل نیستند، بلکه دست‌کم ازطریق دو تقویت‌کنندهٔ سیناپسی باآن ارتباط دارند. تصویر از کتاب تامس وولسی از مدرسهٔ پزشکی دانشگاه‌واشینگتن است.

روش عمل عامل رشد عصب هنوز معین نشده است، ولیکن معلوم شده‌است که‌برای رشد و بقای سلول‌های غده‌ای سمپاتیك لازم است و در مدت تحول به‌طورخاص‌بیرون زدن سرك‌ها راازاین سلول‌ها ونیز از سلول‌های غده‌ای نخاع به‌پیش می‌دهد. ونیزدربرخی موارد ممکن است بر بیرون زدن هدایت شدهٔ نسج‌های عصب سمپاتیك اثر بگـذارد. و بالعکس اگر یك پادتن عامل رشد عصب به‌نوزاد موش داده شود، موجب انهدام تمامی دستگاه عصبی سمپاتیك خواهد شد. عامل رشد عصب حتی درجانوران بزرگ‌سال ظاهراً به‌طور پیوسته به‌وسیلهٔ نسج‌های هدف آن‌ها به‌نورون‌های سمپاتیك‌داده می‌شود، وپروتئین به‌وسیله قسمت‌های انتهایی زایده‌های عصبی بازگرفته و به‌تنهٔ سلول‌بازداده می‌شود. اگر تامین این عامل به‌وسیلهٔ قطع زایده‌های عصبی نورون‌های سمپاتیك بند بیاید تمامیت کار کردآن‌ها به‌شدت برهم می‌خورد وتولید سلول جدید که برسلول‌ها خاتمه می‌یابد به‌فوریت واپس زده می‌شود. احتمال می‌رود که ظرف چند سال آینده چند مادهٔ دیگراز این نوع جدا کرده شود، ونیز ممکن است به‌خوبی معلوم شود که غالب طبقات نورون‌ها برای بقای خود وبرای رشد هدا یت شدهٔ سرك‌های خود به‌عامل به‌خصوصی متکی‌هستند.

***

درسال‌های‌اخیر معلوم‌شده‌است که تحول‌بسیاری ساختارهاو نسج‌ها به‌وسیلهٔ مراحل دقیقاً برنامه‌ریزی شدهٔ مرگ سلول به‌خط افتاده‌است. این نکته درمورد مغزروبه‌تکامل نیز صادق است. در بسیاری از ناحیه‌های مغز تعداد نورون‌هایی که در اصل تولید شده‌اند از تعداد نورون‌هایی که پس از دوران تکامل باقی می‌مانند بیش‌تراست. در مورد هر ناحیه که اطلاعات کمی موجود است معلوم شده است که تعداد نورون‌ها در طی دورهٔ مرگ انتخابی سلول که همواره یك دورهٔ قابل پیش‌بینی رادربرمی‌گیرد (معمولا در حدود زمانی که جمعیت نورون‌ها به‌طور مجموع ارتباطات تبادل اطلاعات با نسج هدف خود تشکیل می‌دهند) تعدیل می‌شود. هنوز معلوم نیست که‌این در همهٔ قسمت‌های مغز عمل می‌کند یانه (قسمت عمدهٔ مطالعات درگروه‌های کوچك سلول‌ها انجام یافته است) ولیکن در آن قسمتها که مطالعات انجام پذیرفته این تعدیل مشتمل بر ۱۵ تا ۸۵ درصد جمعیت بدوی نورون‌ها بوده است.

بنابراین چنین می‌نماید که‌در بسیاری ازقسمت‌های مغز اندازه‌نهایی‌جمعیت‌نورون‌ها دردومرحله برقرار می‌شود: یك مرحلهٔ بدوی‌که درآن نسبتاً تعداد زیادی سلول تولید می‌شوند، و یك مرحلهٔ بعدی که تعداد نورون‌ها درآن تعدیل می‌شود تا بامیدان عمل‌آن‌ها تطابق داشته‌باشد. معمولا چنین فرض می‌شود که‌عامل محدود کننده‌ای که تعدادنهایی سلول‌ها را تعیین می‌کند عبارتست از تعداد تماس‌های مربوط به‌کار کرد که دردسترس آکسون‌های نورون‌های روبه‌رشد است. اگر کسی به عنوان تجربه اندازهٔ میدان‌پیشروی را تقلیل دهد، دامنهٔ میزان مرگ‌سلول‌ها که به‌طور طبیعی روی‌می‌دهد به‌نسبت‌متعادلی تخفیف خواهدیافت. در مورد نورون‌های محرك نخاع که عضلات اندام‌های پسین را به‌تحریك در می‌آورند این‌امکان پدید آمده‌است که مقدار مرگ سلول رادر جنین‌های جوجه به‌وسیلهٔ افزودن یك اندام اضافه برشمار به‌طور تجربی تقلیل‌دهند. تجربیات‌اخیر

معلوم کرده است که آنچه اهمیت حیاتی دارد احتمالا تشکیل ارتباطات نیست: مقدار مواد مغذی موجود برای تغذیهٔ سلول‌ها شاید واجد اهمیت بیش‌تری باشد.

در مرحلهٔ بازهم بعدتری در تکامل مغز تعدیل دوم انجام می‌پذیرد؛ این تعدیل‌در اندازهٔ جمعیت نورون‌ها به‌طور مجموع نیست: درتعداد سرك‌هایی است که سلول‌های مغز واجد آنند. پدیدهٔ حذف شدن سرك (وتماس نورون‌ها) نخست در به‌تحریك درآمدن عضلات اندام‌های بچه موش مشاهده شد. در موش‌های بزرگ‌سال بیشتر سلول‌های‌عضلات به‌وسیلهٔ یك آکسون واحد انجام می‌شود، در حالی‌که‌در بچه موش‌هایی که‌بیش ازیك هفته از عمرشان نمی‌گذرد پنج یا شش آکسون جدا رامی‌توان‌نشان‌دادکه باهرنسج‌ماهیچه تماس برقرار می‌کنند. در طی دویا سه هفته بعد آکسون‌های اضافی متوالیاً حذف‌می‌شوند، تا وقتی که فقط یك آکسون باقی می‌ماند. یك مرحلهٔ حذف سرك‌ها که قابل مقایسه با حذف آکسون‌هاست در برخی تماس‌های نورون به‌نورون دیده‌شده است، چه‌در دستگاه عصبی محیطی، چه در مغز. در مخچهٔ حیوانات بزرگ‌سال هر سلول‌پورکینژ فقط یك نسج عصبی وارد شونده رادریافت می‌کند که از طبقهٔ موسوم به‌نسج‌های بالاخیز است، ولکن در دورهٔ بلافاصله پس از زایش چند بافت از نوع فوق ممکن است با هر سلول پورکینژ تماس داشته باشد. همهٔ این نسج‌ها به‌جزیکی حذف می‌شوند، مگر دربرخی جهش‌های مربوط به‌ژن که بر مخچه اثر بگذارند.

این کشف که تعداد زیادی از سرك‌ها که درابتدا موجودند بعداً ازمیان می‌روند مسئله جالبی را طرح می‌کند: چه چیزی سرنوشت سرك‌ها را محتوم می‌کند؟کدام‌سرك‌ها باید بمانند وکدام سرك‌ها باید بروند؟ در حال حاضر درجواب این پرسش فقط می‌توانیم حدس بزنیم که در دورهٔ تکامل، نسج‌ها به‌نحوی میان‌خود تنازع‌دارند. دلیلی دردست است که به‌حکم آن یك عامل که به‌برخی از نسج‌ها در برابر نسج‌های دیگر برتری می‌بخشد همانا فعالیت کارکرد آن‌بافت‌هاست. در نظام‌های متعددی شکل‌نهایی توده‌های نورونی مربوط، به‌تدریج از ساختار نسبتا غیرکاملی سربرمی‌آورد، و چه‌بسا می‌تـوان تظاهر نهایی ساختار و تماس‌های آن را با دستکاری در کارکرد آن دربرخی ادوار مهم تحول آن به‌نحو شاخصی برهم زد.

در میمون ماکاك Macaque اطلاعات ارسالی از شبکیه از طریق ساختاری به‌نام هسته زانویی جنبی به‌لایهٔ چهارم کورتکس بصری می‌رسد. دراین سطح کورتکس اخبار ارسالی از دو چشم به‌کلی جدا هستند. این واقعیت به‌طور مستقیم در آزمایشگاه به‌ثبوت رسیده است: باتزریق مقدار زیادی اسید آمینه که رادیو آکتیودار شده در یك چشم. سلول‌های گانگلیون شبکیه اسید آمینهٔ رادیو آکتیو دار را برمی‌گیرند، آن‌را در پروتئین می‌گنجانند و به‌هستهٔ زانویی‌جنبی حمل‌می‌کنند. دراین‌جا جزوی ازمادهٔ رادیو آکتیو دار رها می‌شود و آمادهٔ جای گرفتن درون سلول‌های زانویی می‌شود، که‌درآن صورت آن‌را باآکسون‌های خودبه کورتکس‌بصری حمل می‌کنند.دراوتورادیوگرافـهای آماده (که مقدار نسج‌های رادیو آکتیودار که به‌کورتکس می‌رسد قابل رویت‌است) معلوم می‌شودکه مساحت بصری نخستین به‌دوخط متناوب سلطهٔ یك چشم وسپس چشم دیگر

مرتب شده است، وهر خط به‌عرض قریب ۴۰۰ میکرومتر است، واین دوخط اطلاعات خودرا یا از چشم راست می‌گیرند یااز چشم چپ، معلوم شده‌است که‌اگرپلك‌های‌یك‌چشم جانوری را در آزمایشگاه تقریبا بلافاصله پس‌از زایش بخیه بزنند، به‌گونه‌ای‌که شبکیه چشم به‌هیچ وجه به‌نور نیفتد، خطهای سلطهٔ چشم که به‌چشم نور ندیده‌ربط‌دارندنازکتر از خطهای عادی هستند. و درهمین مورد خطهای مرتبط باچشم نوردیده به‌همان‌نسبت پهن‌ترند (مجموع عرض دو خط مجاور ثابت می‌ماند).

ظاهراً نتیجه‌ای که به‌دست آمده است تاحدی حاصل جمع‌آمدن خطهای سلطهٔ چشم مرتبط با چشم نورندیده است، همراه با وسیع شدن بار دوم آن خطها که ملازم چشم عادی نوردیده‌اند، و تا حدی حاصل توزیع قبلی و وسیع‌تر نسج‌های چشم نوردیده است. اگر اطلاعات رسیده به‌دوچشم در مرحله‌های مختلف تکامل بررسی شوند می‌توان ثابت کرد که وقتی نسج‌های هستهٔ زانویی جنبی نخست به‌کورتکس بصری می‌رسند اطلاعات واصل به‌یك چشم به‌میزان زیادی برابر بااطلاعات واصل به‌چشم‌دیگرند. بعداز یك‌ماهگی نوزاد، خطهای سلطهٔ چشم‌به‌طور آشکار مشخص می‌شوند. در پرتو این کشف (ونیز نتایج تجزیباتی که با گشودن بخیه چشم نور نادیده وبخیه زدن چشم نوردیده‌انجام پذیرفته است) احتمال می‌توان دادکه اثر محروم‌ماندن بصری گرفتاری نسبی سلول‌های زانویی کورتکس است که باچشم نورندیده تماس دارند، به‌نحوی که این سلول‌ها در تنازع به‌خاطر جای‌های تماس‌بانورون‌ها برسلول‌های هدف لایهٔ چهارم کورتکس کم‌تر تقلا می‌کنند.

در لایهٔ معادل در کورتکس حساسهٔ موش سلول‌ها درتعدادی‌دسته‌بندی‌مشخص‌مرتب شده‌اند که بشکه نامیده می‌شوند. مطالعات فیزیولوژیك ثابت کرده‌اندکه هر بشکه‌اطلاعات واصل را ازیك موی سبیل درطرف مقابل پوزهٔ موش می‌گیرد؛ بایددانست که‌موی‌های سبیل‌موش ازمهم‌ترین اندام‌های‌حساسهٔ این‌جانورند. تامس‌وولسی Thomas A. Woolsey از دانشگاه واشینگتن که نخستین‌بار اهمیت بشکه‌ها را تشخیص‌داد، بعداً معلوم‌کرد که اگر دستهٔ کوچکی از موی‌های سبیل بچه‌موش چند روزه چیده‌شود دستهٔ مقابل بشکه‌ها در کورتکس از رشد باز می‌ماند. این کشف بسیار جالبی است چون دست‌کم دو گروه نورون بین نورون‌های حساسه که موی‌های‌سبیل رابه‌تحریك‌درمی‌آورند و نورون‌هایی که بشکه‌های کورتکس را می‌سازند واقع شده‌اند.

این مشاهدات و ملاحظاتی جز از این‌ها نشان می‌دهد که مقرر و به‌رشد ساختاری بی‌نهایت قالبی است. برخی ناحیه‌های آن ممکن است به‌هم بسته باشد، امانا‌حیه‌های‌دیگری آمادهٔ پذیرفتن انواع تاثیرات چه از داخل چه از محیط می‌باشند. توانایی‌مغز به‌بازسازی خود در جواب به تاثیرات خارجی یابه صدمهٔ موضعی درحال‌حاضر یکی ازپرحرکت‌ترین میدان‌های پژوهش نوروبیولوژیك است، واین هم‌به خاطر ارتباط آشکار این موضع بایادگیری و حافظه وتاثیر آن در قدرت مغز به‌بهبود یافتن ازپس لطمه دیدن است، هم به خاطر آنچه درباره تحول مغز عادی کشف خواهد شد.

در مرحلهٔ آخر ذکر این نکته شاید بیرزد که تحول تکاملی مغز، مانند تحولات

تکاملی دیگر ساختارهای بیولوژیك عاری از خطانیست. پیش ازاین ذکرشد که درطول کوچ نورون‌ها خطاهایی رو ی‌می‌دهد. موارد بازشناخته‌ای نیز هستند که طی تشکیل ارتباطات خطاهایی پدید می‌آید. در دستگاه باصره طبق مشاهدات عده‌ای از کارکنان آزمایشگاه‌ها برخی از نسج‌های عصب بصره که باید از خط میانهٔ چلیپای بصری‌بگذرند، به‌خطا به‌همان طرف مغز باز می‌گردند. در برخی از موارد اگر یك چشم از سرجانور آزمایشگاهی در همان مراحل بدون تحول برداشته شود. تعداد نسج‌های خطا رو به نحو بارزی افزایش می‌یابند. از آنجا که این‌گونه نسج‌های خطارو در مغز به‌کمال رسیده غالبا دیده نمی‌شوند، چنان می‌نماید که آکسون‌های به‌خطا رفته (وهرگونه ارتباطات نامناسب که تشکیل می‌دهند) در مراحل بعدی تحول تکاملی حذف‌می‌شوند. این‌که چگونه به‌عنوان خطا کار شناخته می‌شوند و این که چگونه بعداً از میان‌می‌روند یابرده می‌شوند هنوز از حالت معما بیرون نیامده است. با در نظرگرفتن پیچیدگی سازوکارهای تحول بروز خطاها نباید موجب شگفتی شود. آنچه‌جای شگفتی دارد آن است که خطاها این چنین معدودند. و غالباً هم به‌طور قطع ازمیان می‌روند.

ترجمهٔ پرویز داریوش

انتخاب طبیعی

پنج نکتهٔ مهم انتخاب طبیعی داروین به‌ترتیب عبارتند از:

۱) تغییر
۲) افزایش جمعیت
۳) تنازع بقا
۴) بقای انسب
۵) ایجاد نوع جدید

بقای انسب این است که، در یك نوع موجود، سازگار یافته‌ترین تغییر باقی می‌ماند و آن‌که سازگاری ندارد یا سازگاری کم‌تری دارد، از میان می‌رود، بنابراین، در نسل‌های یك نوع موجود ممکن است نخست تغییری به‌وجود آید و بعد به‌پیدایش نوعی جدید منتهی شود. این تغییرات نه در زمانی کوتاه، بلکه طی نسل‌ها و بسیار تدریجی صورت می‌پذیرد. سازگاری از روی میزان بقای موجود در شرایط محیطش معین می‌شود. ولی محیط دگرگونی را نمی‌آفریند، بلکه در میان دگرگونی‌ها یکی را انتخاب می‌کند. می‌توان انتخاب طبیعی را با انتخابی که انسان عملا در مورد گیاه و حیوان به‌عمل می‌آورد و به‌تکثیر آن‌ها می‌پردازد مقایسه کرد.

عروج انسان. بخش ۱۲، صفحهٔ ۴۱

* مقالهٔ سازوکارهای تکامل را در همین شماره ببینید.

جمشید آزادگان

تکامل جامعه

نخست به‌بیان معنی ومفهوم «تکامل» به‌طور کلی می‌پردازیم. سپس خواهیم دید تعریف «جامعه» چیست. آن‌گاه بشرح مفهوم وسیعی که از ترکیب آن دو حاصل می‌شود، یعنی «تکامل جامعه» وارد می‌شویم.

تکامل عمومی

به‌گواهی علوم، هستی دایم‌التغییر است. این‌تغییر درتمام حوزه‌های هستی، واز آن میان، درجامعهٔ انسانی مشهود است. تنوع وفراوانی این تغییر به‌قدری است که انسان غیر مسلح به‌سلاح علم تجربی ومنطق علمی، دربرابر آن سرگشته و درمانده می‌شود، وآن را بی‌نظم وناشناختنی می‌پندارد. اما چنان نیست. تغییرات هستی‌بی‌حساب وناشناختی نیستند، بلکه علل و ویژگی‌هایی قابل شناخت واندازه‌گیری‌دارند. کشف آن ویژگی‌ها ما را به‌روندی قانونمند در ذات هستی می‌رساند. که فیلسوفان‌ودانشمندان آن را «تکامل» نامیده‌اند. پس تکامل مغوله‌ای است فلسفی وعلمی که بیان صفات ویژهٔ تغییرات وتطوراتی را که در جهان (اعم از طبیعت یا جامعه) روی می‌دهند، بیان می‌کند.

قانون

چون سخن از قانونمندی هستی رفت، جا دارد که مفهوم قانون را مختصراً بیان کنیم:

قانون ، رابطهٔ نسبتاً کلی و ثابتی است که بین پدیده‌های عالم، از ذرات ریـز میکروسکوپی تا اجرام درشت تلسکوپی برقرار است. انسان قانون را کشف می‌کند وبرای زندگی خود ازآن سود می‌جوید. نمونه‌های آن عبارتند از قانون جاذبه، قانون بقای ماد ه‌وانرژی، قانون تکامل جانداران وقوانین فراوان دیگر که هر یك ازعلوم در حوزهٔ تخصصی خود کشف کرده‌اند ودر کتب فیزیك، شیمی، نجوم، ریاضی، زیست شناسی وجز این‌ها انعکاس یافته است.

جامعه

تعریفی از جامعه، که اکثر جامعه شناسان درآن متفق‌القولند، چنین است:جامعهٔ انسانی، گروه نسبتاً بزرگی ازانسان‌هاست که معمولاً دیر زمانی در سرزمینی زندگی می‌کنند واز راه نهادها وسازمان‌های اقتصادی واجتماعی‌وغیره روابط متقابل ومنافع مشترك می‌یابند وبا گروه‌های مشابه ارتباط برقرار می‌کنند.

برای آن‌که در پرتو دستاوردهای علمی به‌اثبات مدعای خود، یعنی تکامل‌جامعه بپردازیم و با تعهد علمی بدان برخورد کنیم، باید به‌یاد آوریم که اکثرصاحب نظران علوم انسانی واجتماعی وحتی منکران تکامل اجتماعی برآنند که جامعه ها هیچ‌گاه، درهیچ زمینه‌ای بلاتغییر، ثابت ومتوقف نمانده‌اند، بلکه دوران‌های دیرینه سنگی و نوسنگی را گذرانیده و از عصرهای مس و مفرغ به‌عصر آهن رسیده‌اند. به موازات تحولات مادی، ازلحاظ معنوی نیز همهٔ حوزه‌های جامعه همواره‌راه دگرگـونی سپرده‌اند. همهٔ اساطیر، مراسم، آیین‌ها، قوانین، اخلاقیات، الهیات، علوم، فنون، فلسفه‌ها، هنرها وسایر شناخت‌هایی که انسان از روحیات، نفسانیات وروان خودبه‌دست آورده است، دلیل این مدعاست.

در بادی امر ممکن است به‌سبب کثرت، تنوع وپیچیدگی تغییرات اجتماعی هزاران سالهٔ انسان، آن تغییرات را فاقد جهت تکاملی تلقی کنیم. اما تأمل بیش‌تر، روند تکامل را، که از لابه‌لای توده‌های به‌ظاهرپریشان پدیده‌های اجتماعی می‌گذرد، به‌ما عرضه می‌دارد. دریافت این‌تکامل، مستلزم اتکا به‌اسلوب دیالکتیك ومنطق علمی‌است. جامعه شناسان بزرگ‌جهان با این اسلوب ومنطق، به‌خوبی توانسته‌اند از عهدهٔ تبیین تکامل جامعه که خود از مصادیق بارز تکامل عمومی هستی است برآیند وراه شناخت جامعهٔ تکامل پذیر را به‌روی ما بگشایند.

تبیین تکامل عمومی

بنابراین، به حکم نظام دیالك‌تیك، که برهمهٔ حرکات مسلط است، هر حرکتی (البته در شرایط مساعد ودر غیاب عوامل مزاحم) اصالتاً به‌صورت حرکت تکاملی تظاهر می‌کند.

حرکت تکاملی نمودی است که در جریان زمانی‌کوتاه یا دراز، ساختی پیچیده‌تر می‌یابد و درپرتوآن دارای خواصی جدید می‌شود وکارکرد خود را ـ هرچه باشد ـ با سهولت و قوت بیش‌تری به‌انجام می‌رساند. نمود تکامل یافته، مخصوصاً در سطح جانداران، برای بقای خود در میان نمودهای دیگر توانایی بیش‌تری دارد ـ چنان‌که علوم زیستی به‌خوبی نشان می‌دهند.

تکامل عمومی است، زیرا حرکت عمومی است. ولی برای تکامل هرنمود باید شرایط مساعد موجود باشند وموانع در میان نباشند. امابراثر برخورد نمودهـا، در مواردی نه‌تنها شرایط مساعد تحقق نمی‌یابند، بلکه موانعی نیز پیش می‌آیند. پس دربسا موارد حرکت نمود به‌آسانی‌یا در زمان کوتاه به‌تکامل آن نمی‌انجامد یا حتی بسیاری از نمودها سیر قهقرایی می‌کنند یا اساساً متلاشی می‌شوند. ازینرو، همهٔ حرکات ظاهراً از مقولهٔ حرکت تکاملی نیستند. حرکت انحطاطی وحرکت دوری وسکون نسبی نیز وجود دارند.

با این همه، تکامل اصل است وذاتی نمودهاست وتوقف نسبی وسیر قهقرایی‌و تلاشی، فرعی وعرضی است. بدین‌سبب نمودهای گوناگون هستی ـ آن‌چه درپیرامون

ما روی می‌دهند ــ نمودار اقسام حرکت تکاملی هستند ــ ازتبدیل انرژی و تشکیل منظومهٔ اتومی از ذرات درون اتوم و تکون مولکول‌ها و ذرات بنیادی و پدیداری کرات ازتوده‌های گاز تا نمو ریشه وساقه وگل ومیوه، رشد انواع گیاهی وحیوانی و تکامل طبیعی نوع انسان وتکامل مادی ومعنوی جامعهٔ انسانی.

چون ذات هرچیز حرکت است، هرنمود هستی ــ هرچقدر خرد باشد ــ برای خود کل یا منظومه‌ای است و اجزای فراوانی را در برمی‌گیرد. بنابراین، هر نمود هستی درعین حال که برای خود کل یا منظومه‌ای است وتکاملی دیالك‌تیکی دارد، می‌تواند به‌عنوان یك جزء ازیك کل یا منظومهٔ گسترده‌ترمحسوب گردد و درحرکت تکاملی آن شریك شود. در این صورت، هر جزء هستی اگر به‌عنوان کل یك منظومه دچار توقف نسبی یا سیر قهقرایی یا تلاشی شود، باز از گسترهٔتکامل بیرون نمی‌رود و می‌تواند به‌عنوان یك جزء به‌منظومه‌ها ی‌دیگر راه یابد وبه‌تکامل آن کمك کند. مثلا اختری که براثر نیروها ی‌عنصری کاینات‌منفجرمی‌شود، رودی که براثر کم‌آبی رفته‌رفته خشك می‌شود، یا جانوری که در نتیجهٔ بیماری از رشد باز می‌ماند وراه مرگ می‌سپارد، یك سره ازجریان داد وستد انرژی بیرون نمی‌رود، بلکه به‌طور مثبت ومنفی در تعادل یا بی‌تعادلی نمودها ــ که شرط تکامل اختران و کرهٔ زمین وانواع حیوانی است مؤثر می‌افتند.

تکامل جامعه

تکامل در جامعهٔ انسانی با هزاران جلوه به‌چشم می‌خورد. انسان همواره در پی عمر دراز وسلامت تن وروان وآسایش مادی واعتلای معنوی بوده است.

به‌برکت تسلط روزافزون انسان برطبیعت وتکامل تولید اقتصادی، نیل به‌این‌هدف‌ها تسهیل وتسریع شده است. آمارهای مربوط به‌افزایش طول عمر و غلبه بر امراض وتدارك کالاهای مطلوب وبسط علم وهنر وفلسفه و معنویت ومبارزه با جهل و ظلم‌و انقلاب برای تعالی بشریت، صدق این مدعا را تایید می‌کنند.

در تبیین تکامل اجتماعی به‌طور بسیار خلاصه می‌توان گفت: حرکت تاریخ، جز درموارد استثنایی، نشان داده است که جامعه وظیفه یا کارکردی اساسی دارد وآن تأمین رفاه و آسایش همگانی است. اما برای آن‌که جامعه بتواند این‌وظیفه با کارکرد را تحقق بخشد دوشرط اساسی لازم دارد ــ اول زنده ماندن انسان‌ها ودوم رفع‌نیازهای آنان. راه صحیح و عملی برای تحقق این دوشرط روشن است: تسخیر روزافزون طبیعت ازراه شناخت هرچه بیش‌تر قوانین حاکم برآن وبهره‌برداری ازآن شناخت‌برای بهبود جامعه. این بهبود وآن شناخت هرچندگاه جبراً موجب برهم‌خوردن نظم‌اجتماعی دیرین وبرقرار شدن نظامی جدید می‌گردد. پس ادامهٔ زندگی‌جامعه‌مستلزم برهم‌خوردن نظم کهنه وبرقرار شدن نظم نو است ودر جریان این تحول در اندرون‌جامعه عناصری نوتر، حیاتی‌تر، آسایش‌آفرین‌تر، ورفاه‌بخش‌تر به‌بار می‌آیند وبه‌این شیوه تضاد

دیالکتیکی بین دوگروه گرایش ــ گرایش‌های غالب وبالنده از یك‌سو و گرایش‌های مغلوب وغیربالنده از سوی دیگر ــ حل می‌شود.

قانونمند بودن تکامل جامعه در همه‌جا ودر سراسر تاریخ به‌چشم می‌خورد: جامعه‌های همبود نخستین (کمون‌های اولیه) در روزگار جنگل‌نشینی وغارنشینی و گذران ازراه شکار؛ سپس استقرار در دره‌ها و کنارهٔ رودها وکشاورزی از یك‌طرف، وگله‌داری وشکار وزندگی متحرك چادرنشینی ازطرف دیگر رشد می‌کند. زندگی کشاورزی اسکان یافته شاخهٔ بالندهٔ این تکامل است که به‌تکمیل ابزارهای تولید، ودر نتیجه بالا بردن سطح تولید مازاد برمصرف شخصی منجر می‌شود واز بطن آن‌شهرنشینی، برده‌برداری وسپس فئودالیسم پدید می‌آید. ولی، شاخهٔ دوم رشدی کند، ناقص و ناهماهنگ دارد، ودرنقاط مختلف پس از گذراندن عمری طولانی، سرانجام به‌مراحل مختلف جوامع اسکان یافته تبدیل می‌شود.

بردگی نیز ــ به‌عنوان شکلی از روابط تولیدی ونظام اجتماعی ــ تنها درمناطقی رشد می‌کند که انباشتگی ابزار تولید ومواد خام وگستردگی روابط تولیدی موجود باشد (مانند زمین‌های کشاورزی پهناور، پرآب وبارور، معادن سودآور و دربارهای بزرگ ثروتمند.) درغیراین صورت، تنها شکلی ازمناسبات اجتماعی را (ازقبیل‌کنیزو غلام) تشکیل می‌دهد.

در همه‌جا، تکامل ابزار تولید موجب دگرگونی در روابط تولیدی می‌شود ونظام اقتصادی جامعه را دچار تحول می‌سازد. این تحول گاه تدریجی وبه‌صورت مرحله‌ای است وگاه سریع وانقلابی؛ اما به‌هرحال، همیشه این تحول به‌نفع صاحبان ابزارهای تولید پیشرفته صورت می‌گیرد ونظامی را مستقر می‌سازد که حافظ منافع آنان باشد.

براثر فزونی تجارب نسل‌ها وانباشتگی دایم فرهنگ، پیوسته ابزارسازی‌آسان‌تر ونتیجه‌بخش‌تر می‌شود وبه‌برکت آن، نیروهای تولید جامعه گسترش می‌یابد ولزوماً با روابط تولید جامعه ناسازگار می‌شود. آن‌گاه انقلاب اجتماعی در می‌گیرد وبراثر آن، ساخت اقتصادی نوی فرا می‌آید وروساخت نوی با خود می‌آورد. پس نظام ناسازگار فرسوده ازمیانه برمی‌خیزد ونظامی نوسازگار Readjusted که به مراتب کارآمدتر از نظام پیشین است، به‌بار می‌آید ودرنتیجهٔ آن، جامعه برای تعهد وظیفه یا کارکرد خود که همانا ایمن کردن زندگی وخرسند گردانیدن‌خواست‌های انسانی است، تواناتر وآماده‌تر می‌شود.

باید گفت که محققان علوم دیرینه‌شناسی با استفاده ازوسایل وتجهیزات دقیق علمی، عمر انسان را بین نیم تا یك‌میلیون سال برآورد کرده‌اند. حتی اگر کم‌ترین رقم عمر انسان، یعنی نیم میلیون سال را بپذیریم، باز می‌توانیم تکامل اجتماعی ومراحل پیاپی آن را به‌وضوح نشان دهیم: در حدود پانصد هزارسال پیش عصر دیرینه سنگی شروع شد. در حدود ده هزار سال پیش عصر نوسنگی آغاز گردید. سپس عصر فلز فرا رسید: نزدیك شش هزارسال پیش، مس وچهارهزارودویست سال پیش مفرغ،

وسه‌هزار ودویست سال پیش آهن، کشف شد.

انسان جـدید درظرف‌دوقرن نـا کشف نیروی بخار، الکتریك، الکترونیك، هوانوردی، فضا نوردی، وسایر اکتشافات واختراعات باچنان سرعتی دگرگون شدکه عصر جدید ازلحاظ غنای فرهنگ مادی وغیر مادی، با صدهاهزار سال گذشته به‌هیچ‌رو قابل قیاس نیست.

محققی خوش ذوق ، پانصد هزارسال عمرانسان را به‌آدمی صدساله‌مانند کرده‌که هشتاد و پنج سال در کودکستان (دیرینه سنگی) مانده، ده سال دبستان (نوسنگی) را گذرانده و پنج سال دبیرستان و دانشگاه (عصر فلز) را به‌طور جهشی طی کرده است. براین مثال می‌توان افزود وگفت که انسان، عصر کشف برق، اتم، هوا، وفضا را که انقلابی دراوج‌گیری تکامل جامعه پدید آورد، در طرفةالعینی گذرانده است. واقعاً این پیشرفت در رهایی انسان از قیدهای طبیعت قهار ونظام‌های کهنهٔ اجتماعی، آن‌هم در زمانی چنین ناچیز (کم‌تر از دوقرن) جز اعجاز تکامل جهانی جامعه‌ها چـه می‌تواند باشد؟

با این همه، اگر کسانی منکر واقعیت تکامل جامعه شوند، ازدوحال خارج نیست: یا به‌درستی نمی‌دانند، یا آن‌که آگاهی دارند ولی آن را مخل منافع خود می‌یابند وانکارش می‌کنند. روند قانونمند تکامل جامعه در جهت بهروزی وپیروزی انسان‌های تحت سلطه حرکت می‌کند وانحطاط و زوال روزافزون بهره‌کشی،استعمار گری، زورگویی، واستیلاجویی را نوید می‌دهد. ازینرو وابستگان استثمار واستعمار با توسل به‌استدلال‌های غیر علمی ولی علمی نمایانه وعوام‌فریبانه، حرکت تکاملی تاریخ وگرایش‌های مسلط رشد یابنده را که به‌شکست حتمی نظام‌سرمایه‌داری‌وبهره‌کشی می‌انجامد، وارونه جلوه می‌دهند وآن را تکرار تاریخ یا حتی سیر قهقرایی جامعه می‌نامند.

راه تکامل جامعه مستدام است

باآن‌که به‌برکت تکامل مداوم جوامع بشری، غنای فرهنگ وتمدن روز افزون است، هنوز راه بسیار درازی برای وصول به‌خواسته‌های برحق انسان درسطح جهانی ـ آسایش، آرامش، رفاه، رهایی ازاسارت‌طبیعت، رهایی ازاسارت‌امپریالیسم‌جهانی،رهایی ازبیماری‌ها، رهایی ازجنگ، اعتلای ایدئولوژی، کمال هنری، اوج معنوی، وو... ـ درپیش داریم. هنوز در برخی از نقاط جهان، انسان از ابتدایی‌ترین حقوق حیات خو دمحروم است: مطابق آمارهای سازمان ملل متحد، سالی پنجاه میلیون انسان‌که پانزده میلیون آنان شیرخواره هستند درکشورهای تحت سلطهٔ امپریالیسم ازگرسنگی می‌میرند. هنوز جهل وتعصب قومی وبی‌سوادی بیداد می‌کند، هنوز امپریالیسم وجود دارد واستقلال طلبان، آزادی‌خواهان، و انقلابیون را به‌طور جمعی کشتار می‌کنند. وجود این همه فجایع ومفاسد، انسان‌آگاه، انقلابی،وتکامل گرای‌جدیدرا بمسئولیت‌ها وتعهدات انسانی خطیری می‌کشاند. مسلماً اگر جامعه‌ها، با شور وآگاهی انسان‌ها،

راه تکامل را بپیمایند، سریع‌تر وسهل‌تر، وبا تلفات خیلی‌کم‌تر، به‌هدف‌های خود خواهند رسید.

امپریالیسم: سد راه تکامل جامعه

راه تکامل جامعهٔ جهانی، راهی حتمی وناگزیر است. دراین نیم قرن اخیر،قوانین آن به‌روشنی شناخته شده‌اند ومورد استفادهٔ انسان‌ها قرار گرفته‌اند. ازینرو امکان تحقق تکامل جامعه، برخلاف خواست منکران ومانع تراشان آن، فزونی یافته‌است . اما جهان امپریالیسم خطر صددرصد جدی روند تکامل جامعه را برای ادامهٔ حیات خود درك کرده ومذبوحانه به‌تلاش برخاسته است. چنان لجوجانه باآن می‌جنگد که از به‌کار بستن اسلحهٔ اتمی هم خودداری نمی‌کند وبه‌طریق اولی با ایجاد بحران‌های‌سیاسی واقتصادی، فقر ودرماندگی، پریشانی وآشوب وترور وهزاران سیاه‌کاری دیگر می‌کوشد که تحقق تکامل جامعه را دیرزمانی، یاحداقل چندگاهی، به‌عقب اندازد.

در مقابل امپریالیسم جهانی که به‌اواخر عمر تاریخی خود نزدیك شده وبیمار گشته وبیش از هرزمان دیگر ضعیف ودرمانده گردیده است. جهان ضد امپریالیسم با درك عمیق قانون تکامل عمومی واجتماعی وکاربرد دقیق آن، روز به‌روز برقدرت، وسعت، ودامنهٔ توش‌وتوان خود می‌افزاید وبه‌مقابله با شبکهٔ امپریالیسم‌جهانی‌برمی‌خیزد وبی‌آن‌که امپریالیسم را به‌جنون جهان‌کشی وامحای تمدن جهان وادارد، آرام‌ــآرام عرصه را بروی تنگ می‌گرداند، مواضع قدرت آن را درهم می‌شکند، منافع حیاتی‌اش را از بین می‌برد تاآن‌که سرانجام بتواند دیو امپریالیسم را در شیشه محبوس کند و جهانی را از شر آن خلاص گرداند.

تعهد انسانی در تکامل جامعهٔ جهانی

بینش علمی وانقلابی، صرف‌نظر از رنگ خاص اعتقادات مذهبی و مسلکی، حکم می‌کند که انسان خود را متعهد بداند وبه سهم خود در پیش‌برد تکامل جبری جامعهٔ جهانی ازروی عمد وآگاهی بکوشد وبه‌نیروی ایدئولوژی ضد امپریالیستی، تکامل آفرین گردد، زیرا «قبول جبرگرایی تاریخی» Historical determinism با قبول فعالیت وتأثیر انسان در جامعه، منافاتی ندارد.»

روشن است که تکامل جامعه، مفهومی محلی، فردی، خصوصی، محدود، ومنحصر به‌معتقدان آن نیست، بلکه محتوایی جهانی، همگانی، جامع‌الاطراف و بسیار وسیع، به‌وسعت وعظمت جهان بشریت دارد.

خواندنی‌هایی در زمینهٔ تکامل اجتماعی

آریان‌پور ، امیرحسین: زمینهٔ جامعه‌شناسی. تهران. شرکت سهامی کتاب‌های جیبی، ۱۳۵۷.

فرهیخته، نورالدین: تکامل اجتماعی انسان. تهران، ۱۳۵۷.

ایلین، سگال: چگونه‌انسان غول شد. تهران کتاب‌های سیمرغ (۳جلد).

دکتر نورالدین فرهیخته

برخی جنبه‌های فلسفی تکامل زیستمندان

انسان برای داوری درپیرامون خویش، طبیعت وجامعه ونیز برای دگرگون‌ساختن طبیعت وجامعه جهت بهزیستی، محتاج سیستمی علمی است. این سیستم علمی، که مبتنی بر تجربیات آزمایشگاهی وتاریخی است، می‌باید بیانگر کلیت باشد. کلیت‌ها را همواره از فلسفه بیرون می‌کشیم. پس فلسفه دانش قوانین عام وکلی حاکم بر طبیعت، انسان وجامعه است ــ بدیهی است دگرگونی‌های طبیعت وانسان وجامعه نیز می‌بایست تحت لوای قوانین عام قرار گیرد.

گرچه از عصر یونان باستان همواره میان دودیدگاه ماتریالیستی وایده‌آلیستی فلاسفه در تبیین جهـان اختلاف‌نظر وجود داشته است، ولـی کشف یاخته، کشف قانون بقای ماده وانرژی وبالاخره دکترین تکاملی داروین، کفه را به‌نفع فلاسفهٔ ماتریالیست سنگین کرد و سرانجام کار به‌تدوین علمی فلسفهٔ بودن و شدن‌یعنی‌دیالکتیك انجامید.

اکنون به‌کلیاتی دربارهٔ تکامل زیستمندان بازگردیم وحاکمیت قوانین بودن وشدن را دراین‌جا بازجوییم:

در نخستین نگرش علمی به‌طبیعت، چه خواهیم دید؟ فقط، مجموعه‌ای درهم از روابط تأثیر وتأثر متقابل ودیگر هیچ ــ همین روابط و تاثیرات متقابل، از لحاظ «چه بودن» و «درکجا بودن» و «چگونه بودن» فی‌نفسه ناپایدار و پیوسته در کار دگرگون شدن است.

البته، آن‌چه گفته‌شد، قالبی است کلی برای توضیح تصویر جهان در ذهن؛ ولی مفسر ویژگی‌های اجزای سازندهٔ جهان نیست. چون عالم مرکب از اجزایـی است ــ تا به‌تبیین اجزای یادشده توفیق نیابیم، هرگز از عالم وهرچه در آن‌است تصویری تمام و کمال کسب نخواهیم کرد.

پس چاره‌ای جز این نداریم که رابطهٔ تاریخی و طبیعی هر شیء و امر را از کل جهان ببریم وآن‌را به‌تنهایی مورد تجربه قرار دهیم. این روش معایب ومحاسنی دارد، که در زیر ذکر خواهد شد، ولی ازحق نمی‌توان گذشت که شرط اصلی پیشرفت‌های انسان در قرون گذشته، علی‌الخصوص در چهارصد ــ پانصد سال اخیر، چیزی جـز تفکیك طبیعت به‌اجزای سازندهٔ آن نبوده است.

درست است که با این تفکیك، خاصزهای امور و اشیای طبیعی شناخته می‌شوند

و ازاین‌طریق طبقه‌بندی اجزا و پدیده‌ها ممکن می‌شود و ازهمین راه بررسی‌دستگاه‌های زیستمند وکشف ساخت وبافت تشریحی، فیزیولوژیکی ومتابولیکی آن‌ها میسر می‌گردد ودرست است‌که جز ازطریق تقسیم کل جهان به‌اجزای سازنده، شناخت کل جهان میسور نیست. ولی این روش عیب بسیار بزرگی هم دارد وآن این‌که انسان اندیشمند وپژوهشگر، بدان خوی می‌کند که همواره، اشیا وامور را مجزا و منفك از کلیت ببیند. لذا روابط علت ومعلولی واصل تأثیر وتأثر وحرکت وتضاد، که در کلیت جهان جاری است، از چشم او پوشیده می‌ماند ــ ونتیجه، چیزی جزاین نیست که اشیا وامور را در سکون ببیند، نه درحرکت. لذا هرآنچه را دیده وکاویده امری قطعی ومحتوم بداند ــ هرامر و شیء را به‌سان واحدی لایتغیر ویك‌بار وبرای همیشه موجود بداند. حاصل آن‌که، پژوهنده‌ای از ماتریالیسم حرکت آغاز می‌کند وبه‌ایده‌آلیسم می‌رسد. این سرنوشتی است‌که بسیاری از فلاسفهٔ گذشته وحال گرفتار آن شده‌اند.

گرچه این روش شناخت، یعنی بریدن پیوند طبیعی و تاریخی هر شیء و امرازکل جهان برحسب موضوعات مورد بررسی، به‌میزان قابل توجهی امکان گسترش دارد ونیز گرچه، در بازگشودن رازهای طبیعت محق وحتی لازم‌الوجود است، ولی میدان برد پهناوری ندارد وهمواره، درجهان شناسی کارش به‌بن‌بست می‌کشد ــ دلیل برخورد به بن‌بست روشن است، چه با این‌طرز نگرش، هنگام مطالعهٔ اجزا، رابطه‌ها در بوتهٔ فراموشی قرار می‌گیرند ــ هنگام پژوهش درسکون امور، حرکت‌ها نادیده می‌مانند ــ دروقت مطالعهٔ پیرامون وجود هر جزء کون وفساد ازنظر مخفی می‌شود.

اشیا ومفاهیم را به‌طور اساسی در رابطه‌هاشان، در تولیدشان، در کون وفسادشان وبالاخره در فعل و انفعال متقابلشان دیدن چیزی جز نگرش دیالکتیکی‌نیست. بنابراین، با به‌کاربستن دیالکتیك به‌عنوان روش شناخت، اشیا وامور را در حال حرکت و موجودیت‌شان خواهیم دید، نه درسکون ومرگ آن‌ها. در نگرش دیالکتیکی ممکن است آری نه‌شود و نه‌آری ــ در نگرش دیالکتیکی، همواره جمع جبری مثبت و منفی خنثی نیست ــ ممکن است خنثی باشد، ممکن است منفی باشد وممکن است مثبت باشد.

طبیعت، به‌ترین سنگ محك برای اثبات حقانیت دیالکتیك است ــ علوم‌طبیعی (فیزیك، شیمی، زیست‌شناسی و غیره) دایم برای این سنگ محك، آزمودنی فراهم می‌کنند. اما ازآن‌جا که تمام دانشمندان دست‌اندرکار علوم دقیقه، بــه‌روش تحلیل دیالکتیکی پدیده‌ها آشنا نیستند، پدیده‌های مزبور، همواره از دوزاویه مورد بررسی قرار می‌گیرند. یکی نگرش دیالکتیکی، یعنی توجه مدام به‌کنش و واکنش‌های‌متقابل، پدیدآمدن و نابودشدن و بالاخره‌حرکت ــ که‌خودروبه‌پیش، روبه‌پس و گردنده‌درجای است. روش دوم نگرش از زاویهٔ تجرید و انتزاع است. نگرش آخری ویژهٔ کسانی است‌که اولا ازجهت آموزش‌های نخستین دوران کودکی شست‌وشوی مغزی شده‌اند و ثانیاً هرگز رنج اندیشیدن را برخود هموار نمی‌کنند ودربرابر اشیا و امور هرگز از خود نمی‌پرسند «چرا» ، «کی»، «چگونه».

حق‌ناشناس نباشیم و از یاد نبریم که هرکوششی درجهت نزدیك‌ترکردن مفاهیم ذهنی به‌واقعیات عینی، در راه علم، قدمی به‌سوی پیش است. اگر نیوتون، گمان می‌کرد که کرات آسمانی وبه‌ویژه منظومهٔ شمسی، به‌دنبال فرمان کن پدید آمدند ودر مدارهای خود به‌گردش افتادند وبه‌دنبال فرمان قف، از گردش بازخواهند ماند، در عوض قانون جهان شمول جاذبه را کشف کرد، که میدان بردش در جهان اشیای، ماکروسکوپیك است وکانت با تفکر فلسفی خویش به‌این نتیجه رسید که منظومهٔشمسی از تودهٔ گردوگاز کیهانی پدید آمده وگردش سیارات به‌دور خورشید و گردش خورشید به‌دور خود، حاصل فرایند گشتاور دورانی ذراتی است که ثوابت وسیارات را می‌سازند، لذا تکوین کرات آسمانی، امری مستقل از حرکت نیست ــ واو معتقد بود چون تکوین کرات آسمانی آغازی دارد، به‌ناچار پایانی هم خواهد داشت.

ملاحظه کنید، کانت با این استدلال، تاریخ را به‌روندکون‌وفساد سیارات و ثوابت داخل کرده است ــ آیا این قدمی به‌سوی جلو نیست؟

کانت با این اندیشهٔ مترقی در زمینهٔ کرات آسمانی، فقط زاییدهٔ دانش و شرایط روز است نه زایندهٔ دانش وشرایط روز ــ البته این را هم ازیاد نبریم که تأثیر وتأثر متقابل از قوانین دیالکتیك است ــ دانش اندیشه‌های کانت را شکل بخشیده‌واندیشه‌های کانت در روند تکامل دانش مؤثر افتاده است.

مشاهدات و تجربیات روبه‌گسترش، در علوم دقیقه، درجهان‌بینی فیلسوفان دگرگونی ایجاد می‌کند وهمین روند موجب شد که درقرن نوزدهم اسپنسر بگوید: «درهرچه نظر کنیم خواهیم دید که برای تکوینش می‌باید اجزا و عواملی در یك مکان گردآیند ــ باهم درآمیزند ــ به‌هم فشرده گردند. گردآمدن ودرآمیختن وبه‌هم فشرده شدن در شیء و امر مفروض خاتمه نمی‌یابد بلکه در عناصر سازندهٔ هر شیء و امر نیز جاری است... چون گردآمدن و به‌رشتهٔ نظم کشیده شدن، مستلزم صرف‌نیروست، هرکاهش وفتور در نیروی گردآورنده موجب می‌شود اجزای سازندهٔ‌کل‌روبه‌پراکندگی نهند وسرانجام کل، به‌اجزای متفاوت خود منقسم خواهد شد.»

در فلسفهٔ اسپنسر به‌ظاهر ماتریالیست ولی در واقع‌ایده‌آلیست، سه نکتهٔ مثبت مشاهده می‌کنیم:

الف ــ توسل به‌روش‌های تجربی در علوم دقیقه

ب ــ احساس ودرك حرکت ابدی دراجزا وعناصر وترکیبات

ج ــ ادراك تاریخ که هرکل را الزاماً محکوم به‌تجزیه وتمام اجزا را محکوم به‌گردهم‌آیی مجدد می‌بیند.

آیا اسپنسر ازکانت مترقی‌تر نبود؟

اسپنسر دراین زمینهٔ رشد فکری تنها نبود، لاك واسپینوزاهم این راه را دنبال کرده بودند، چنان‌که سرانجام اسپینوزا معتقد شد سنگ‌ها هم فکر می‌کنند ــ قبول دارم که اسپینوزا ولاك با چنین اعتقاداتی درچاه ماتریالیسم مکانیستی سرنگون گشته‌اند،ولی تأثیر اندیشه‌هاشان در پیدایش بزرگ‌مردی چون هگل، ناچیز نبود.

با ظهور هگل، دست‌یابی به دیالکتیك به‌اوج خود نزدیك شد وبرای نخستین‌بار درطول تاریخ اندیشه‌های بشری، راز عالم طبیعی ومعنوی وتاریخی به‌سان یك حرکت، تغییر وتکامل مدام، مطرح گردید ــ درهمین چهارچوب، تلاش عظیمی به‌عمل آمد، تا روابط درونی هرفرایندی کشف گردد ــ لذا خرد، چاره‌ای جز این نداشت که‌خط سیر مدام و تدریجی و یا جهندهٔ هر فرایند تکاملی را کشف و برملا سازد ــ خواه‌فرایند تکامل اجتماعی باشد، خواه فرایند تکامل زیستی که موضوع اصلی سخن من است.

بلی خرد را دگرچاره‌ای جز این نبود که کوره راه‌های گذشته را دنبال کند و قانونمندی تکامل را از دل امور به‌ظاهر تصادفی، بیرون بکشد. «کی‌یرکه‌گارد» چه راست می‌گوید :

«زندگی را فقط با مراجعهٔ به‌گذشته می‌توان فهمید ولی باید درآینده زیست.»

واین اصل دیالکتیك تاریخی چقدر باشکوه است‌که: «هر پدیده، داغ گذشته را به‌پیشانی دارد.»

استنتاج ازمشاهدات عینی وتجربیات عملی، در زمینهٔ تکامل زیستمندان، یعنی، انتزاع وتجرید آن ازکلیت فرایند تکاملی ماده، با تکیه برتشریح مقایسه‌ای، سنگواره شناسی، جنین‌شناسی مقایسه‌ای وفیزیولوژی مقایسه‌ای، آغاز گردید.

تکامل اجتماعی انسان که با انقلاب صنعتی انگلیس وانقلاب کبیر فرانسه جهشی بزرگ آغاز کرده بود، زمینه را جهت سقوط کامل اندیشه‌های ایست‌گرایانه در زمینهٔ گونه‌های جانداران فراهم ساخت.

گفتم استنتاج از مشاهدات عینی وتجربیات عملی در زمینهٔ تکامل زیستمندان‌یعنی انتزاع وتجرید آن ازکلیت وفرایند تکاملی، یعنی بریدن پیوند منطقی وطبیعی وتاریخی هر امر و شیء از کل جهان، موجب کشف تکامل در جهان زیستمند شد. البته روش انتزاع وتجرید دراین زمینه بسیار سودمند بوده است ولی به‌خاطر داشته باشیم که‌باچنین شقه کردن کلیت، دوبار پی‌درپی اقدام به‌تلخیص وتجرید کرده‌ایم، یعنی یك‌بار رابطهٔ طبیعی مادهٔ موجود در عالم وبه‌عبارت دیگر رابطهٔ عالم را با بخشی ازمادهٔ موجود در آن که اصطلاحاً مادهٔ زنده می‌نامیم گسیخته‌ایم و برای بار دوم دست‌به‌بریدن رابطهٔ طبیعی میان مادهٔ زنده وجهان زیستمند زده‌ایم ــ گرچه این اقدام سودهای گرانی‌به‌بار آورده ولی در تفسیر پدیده‌های ظاهراً متناقض درمی‌ماند ــ برای حل این تناقض تنها یك راه در پیش داریم و بس و آن‌هم به‌کار بستن دیالکتیك است.

نمونهٔ بسیار جالب آن در تفسیر تکامل آرام وتدریجی زیستمندان، با تفسیرتکامل از طریق جهش ملاحظه می‌شود. تناقض جهش‌گرایی (موتاسیونیسم) با تکامل‌گرایی (اولوسیونیسم) ازطریق انتخاب طبیعی وبقای اصلح، ازمیان برنخواهد خاست مگر آن‌که تکامل جهان زیستمند را فرایندی انگاریم واین روشی است دیالکتیکی ــ بنابراین جهان زیستمند واقعیتی است در حال دگرگونی وپیچیده‌تر شدن هرچه بیش‌تر.

گفتیم که با ظهور هگل، دست‌یابی به‌دیالکتیك به‌اوج خود نزدیك شد نه به‌اوج خود رسید، چرا که فلسفهٔ هگل در مواجهه با واقعیات گرفتار بن‌بست می‌شود واین

بن‌بست درون‌زاست، چون از یك‌سو مبتنی براین است کـه تاریخ بشریت (بشر متعلق به‌جهان زیستمند است) فرایندی است تکاملی وبنابر طبیعتش، سرانجام، کمال عقلایی خود را در «حقیقت مطلق» خواهد یافت وازسوی دیگر هگل معتقد است‌که «حقیقت مطلق» همان خود انسان است، بنابراین حرکت جوامع بشری در فرایندهای تکامل طبیعی و تاریخی، بازگشت به‌خویشتن خواهد بود. با این مقدمه باید چنین نتیجه‌بگیریم که انسان در مقولات طبیعی و تاریخی، از خویشتن مفارقت کرده است و این‌چه‌معنایی دارد؟

دیالکتیك ماتریالیستی، بر خلاف اندیشه‌های هگل ومکاتب دیگر فلسفی که طبیعت را مجموعه‌ای تغییرناپذیر دانسته‌اند، چنین می‌آموزد که پیشرفت‌های علوم طبیعی، اثبات می‌کند فرایند تکامل زیستمندان وحتی خود طبیعت، تاریخی ویژه دارد. گونه‌های نوین زیستمند، پی‌درپی می‌آیند ونابود می‌شوند.

برای دست یافتن به‌قوانین فرایند تکاملی به‌طور اعم وفرایند تکامل زیستمندان به‌طور اخص، نیازی به‌دانش‌های ویژه نیست، زیرا علوم دقیقه جواب‌گوی مسایل تکاملی‌اند. برای ارزیابی کلیت روابط، فقط به‌کار بستن نگرش دیالکتیکی بسنده‌است. نگرش دیالکتیکی به‌فرایند تکاملی زیستمندان، مبتنی برقوانین بسیار سادهٔ زیر است:

ـ حرکت
ـ علیت
ـ تبدیل جهشی تغییرات کمیتی به‌کیفیتی
ـ تضاد درونی
ـ تضاد بیرونی
ـ نفی در نفی
ـ بقای ماده وانرژی

بررسی فرایند تکاملی زیستمندان به‌استناد قوانین فوق‌الذکر ما را به‌مقولات زیر می‌رساند:

۱ـ هر زیستمند یا هر گروه زیستمند، عینیتی است به‌منزلهٔ دستگاه (سیستم)، بنابراین، هردستگاه عناصر سازنده‌ای دارد وصاحب جزئیات ساختمانی ویژه‌ای است. لذا دراین مقوله شناخت ویژگی‌های خود دستگاه، شناخت جزئیات ساختمانی آن، شناخت دستگاه‌هایی که در دستگاه بزرگ‌تر جنبهٔ واحد می‌گیرند ازدو دیدگاه مطمح نظر است. پیش از بیان این دو دیدگاه، توضیح واحدهای هردستگاه زیستمند ضروری است، فرد نژاد، صنف، گونه، جنس، راسته، رده، شاخه و سلسله، نمونه‌ای از واحدقرار گرفتن هردستگاه در دستگاه بزرگ‌تری است. سخن از زیرنژاد وزیر صنف و زیرگونه وزیر جنس وزیر راسته وزیر شاخه وزیر سلسله را به‌مقال دیگری موکول می‌کنم. اما فرد هم به‌سهم خود، دستگاهی است مرکب از دستگاه‌های دیگر به‌نام اندام‌ها وهراندام ازبافت‌ها، هربافت از یاخته‌ها، هریاخته از مواد مرکب، هر مادهٔ مرکب از عناصر ساده، هر عنصر ازاتم وهراتم از هسته والکترون و ذرات ریزتر ازاتم ساخته می‌شود ـ بنابراین

میان کوچک‌ترین ذرهٔ ماده ومتعالی‌ترین دستگاه‌ها، رابطه و سلسله مراتبی ناگسستنی وجود دارد.

گفتیم شناخت دستگاه‌های متداخل از دودیدگاه مطمح نظر قرار می‌گیرد، یکی منفصل و مجرد، دیگری در محل واقعی‌اش یعنی در رابطه با دستگاه‌های دیگر. بدیهی است که روش نخست می‌باید درخدمت‌روش دوم قرار گیرد وگرنه کار شناخت‌به‌بن‌بست می‌رسد.

۲ــ در هردستگاه زیستمند، دو دسته رابطه داریم. یکی روابط اجزای سازندهٔ دستگاه زندهٔ مفروض یا روابط‌درونی ــ دوم روابط دستگاه زیستمند مزبور بادستگاه‌های زیستمند ونازیستمند پیرامون ــ ماهیت وقانونمندی این دوگروه رابطه باید کشف گردد.

۳ــ ازآنجا که هردستگاه زیستمند درحال شدن است نه‌بودن، وچون ازاین‌شدن‌ها وشدن‌های بی‌انتها فقط تاریخچه‌شان ماندگار است، بدون تکیه به‌تحلیل‌تاریخی،روندهای طبیعی ناشناخته خواهند ماند.

۴ــ چون هیچ شدنی بدون انگیزه نیست (تضاد، علیت، حرکت) و تاریخچه ومسیرشدن‌ها تابع روابط دیالکتیکی است، باید درتحلیل جهان زیستمند تضاد درونی وبیرونی، علت وحرکت را بازشناسی کرد.

۵ــ انگیزهٔ اصلی دگرگونی زیستمند همان تضاد است ــ اکنون ازخود بپرسیم تضاد چیست؟

تضاد عینیتی است مستقل و جهان شمول و هویت بخش به‌شیء و امر که ازحرکت برمی‌خیزد وخود موجد حرکت است، ولی عین حرکت نیست ــ رابطهٔ حرکت وتضاد به‌رابطهٔ پدر وفرزند می‌ماند. فرزند ازپدر نشات می‌گیرد ولی پدرخویش نیست، بلکه پدر فرزند دیگری است.

خواهید پرسید اگر چنین باشد، حرکت قدیم است یا تضاد؟ پاسخ آن‌که هردو قدیمند، هردو همزادند.

اگر کسی از شما بپرسد اول تخم مرغ بود یا مرغ، لابد خواهید گفت هردو اول بودند چرا که پرندگان طبق ضوابط دیرین شناسی ازخزندگان دوران دوم مشتق‌شده‌اند وآرکئوپتریکس ، کهن‌ترین پرندهٔ شناخته شده صاحب ویژگی‌های مشترك خزنده و پرنده بوده و تخم هم می‌گذارده، لذا با دگرگونی تدریجی از خاصه‌های خزندگی‌اش کاسته گردیده و برخاصه‌های پرندگی‌اش افزون شده، ولی همواره تخم گذار بوده است.

حرکت و تضاد هم چنین حالی دارند: هردو قدیم بوده‌اند، هردو اول بوده‌اند، هردو همزاد بوده‌اند ــ پسر، فرزند پدری است و خود پدر پسری؛ از تخم مرغ، مرغ پدید می‌آید واز مرغ، تخم مرغ زاده می‌شود. ازحرکت تضاد برمی‌خیزد وازتضاد حرکت پدیدار می‌گردد. ماده وحرکت وتضاد سه‌جزء لاینفکند.

هرآینه علت وتضاد را جمع‌کنیم، کلمه‌ای به‌تر ومناسب‌تر ازانگیزه نمی‌توان‌یافت

که مفسر هردو باشد.

انگیزهٔ شدن‌ها در هردستگاه زیستمند، دوگانه است، درون‌زا وبرون‌زا، انگیزهٔ درون‌زا امری است مبتنی بر تفاوت‌های فردی، که خود ناشی از اختلاف ذخیرهٔ ژنی است.

براساس روابط متقابل ژن‌ها با یکدیگر وروابط یك ژن با مجموعهٔ ژن‌ها که ژنوم نامیده می‌شود و اختلاف کمیتی و کیفیتی ژن‌ها، نقش پروتئین‌سازی یا سنگ بناسازی در زیستمند دگرگون می‌شود و از همین‌جا تفاوت فردی برمی‌خیزد. تفاوت فردی خاستگاه دگرگونی زیستمند می‌شود.

انگیزهٔ برون‌زا، در رابطهٔ هر زیستمند با جهان زیستمند و جهان نازیستمند قرار می‌گیرد. چون جهان زیستمند ونازیستمند پیوسته در حال تغییر یا شدن است، جاندار مفروض گرفتار شدن‌ها و شدن‌های پی‌درپی می‌شود و در هرشدنی بر شدنی‌های زیستمند ونازیستمند پیرامون تأثیر می‌گذارد. به‌عبارت دیگر زیستمند مفروضی که خود اثر، شمرده می‌شد، حال مؤثر می‌شود. بنابراین هرآنچه اکنـــون و در اینجا معلول است آن‌وقت ودرآنجا به‌علت قلب ماهیت می‌کند وهرچه علت بود به‌معلول تبدیل می‌گردد ــ بنابراین جا عوض کردن ابدی اثر و مؤثر در جهان زیستمندان قانونی ابدی است.

یکی از ویژگی‌های مهم هردستگاه، نظام استوار درونی آن است واین نظام فرو نخواهد پاشید مگر آنکه اضداد درونی وبیرونی به‌حدی ازرشد برسند که دستگاه را یارای پایداری نباشد.

در دستگاه زیستمند، استواری ذاتی مبتنی برقابلیت انعطاف سازمان درونی است ــ این ویژگی هر زیستمند را «پیش سازگاری» Preadaptation می‌نامیم واین خود در گرو تفاوت‌های فردی پیش گفته است. رمز بقا ودوام دستگاه زیستمند در برابر قانون ابدی دگرگونی‌های درونی و بیرونی، همین «پیش‌سازگاری» است.[1]

در کشاکش دگرگونی‌های ابدی است که «پیش‌سازگاری» ازقوه به‌فعل می‌آید و تجلی آن دوشکل بیش‌تر ندارد. یکی بروز «سازگاری» یا adaptation ــ دیگری تحمل تغییر اجباری که از درون وبرون به‌زیستمند تحمیل می‌شود.

درهمین نقطه ازتحولات زیستمند، نطفه‌های ازپیش بستهٔ انتخاب طبیعی وارد میدان می‌شود. انتخاب طبیعی امر انتزاعی و مجردی نیست، بلکه حاصل موجودیت زیستمندان در محیط پیوسته درحال دگرگونی است.

هرآینه ازمیان آحاد وافراد گونه‌ای مفروضی، براساس تفاوت‌های فردی مبتنی برسازمان درونی خویش، برخی باکسب سازگاری وتغییر به‌دوام وبقای خود ادامه دهند وبقیه ازمیان بروند، آن‌که باقی می‌ماند امتیازی بردیگران داشته است. انتخاب طبیعی همین است ــ انتخاب طبیعی با مادهٔ زنده متولد شده وتا زیستمندی باقی است آن هم باقی خواهد ماند.

۶ــ ازآن‌جا که هر پدیده ازلحاظ دیالکتیکی، تاریخچه‌ای دارد وفرایند تکاملی

۱ــ نگاه کنید به‌کتاب داروینیسم ودانش امروز، فرهیخته، صفحهٔ ۱۶ تا ۹۱

زیستمندان بداستناد سنگواره شناسی، جنین‌شناسی، تشریح وفیزیولوژی مقایسه‌ای[۲] چنان است که مادهٔ زنده از لحاظ شکل ومحتوا به‌کثرت وپیچیدگی می‌گراید، لذا می‌توان شجرهٔ حیات را کشف و ترسیم کرد و چگونگی تباعد خاصه‌های گروه‌های مختلف زیستمندان را که جد مشترکی دارند، بازشناخت وحتی چشم‌انداز آینده را در چارچوب کلیت ترسیم کرد.[۳]

۷ــ مسیر وشکل شدن‌ها ــ حکم فرایند تکاملی زیستمندان این است‌که همواره، تغییرات ازطریق نفی درنفی، به‌سوی کسب پیچیدگی وتعالی در جریانند. شکل‌حرکتی «گردنده درجای»، مفسر موجودیت زیستمندان پست در کنار زیستمندان متعالی است. ضرورتی ندارد وچنین هم نمی‌شود که تمام زیستمندان در فرایند تکاملی روی خط واحدی حرکت کنند. دراین زمینه، همواره باید دونکته را درنظر داشت: یکی اینکه طی فرایند تکاملی، در هر مقطع زمانی ازمیان بی‌شمار، شاخه‌های نوین درخت تناور حیات، یکی شاخه‌ایست بالنده. شاخه‌های دیگر در طول تاریخ تکامل خشك و منقرض خواهند شد. سینهٔ خاك پر از سنگواره‌های منقرض شده و صور بینابینی معدوم‌است.اگر تمام شاخه‌های مذکور منقرض نشوند، به‌دلایل شرایط زیستی که مشتمل بر درونی وبیرونی است، دستخوش حرکت گردنده درجای خواهند شد وبا کسب پیچیدگی درونی، بدموازات شاخهٔ بالنده به‌هستی خویش ادامه خواهند داد ــ تك یاختگان یعنی کهن‌ترین جانداران سازمان یافتهٔ جهان ازاین قماشند. درطی فرایند تکاملی، از آن‌ها زیستمندان پریاخته پدید آمده، از طریق نفی در نفی صور کامل‌تری ظاهر شده است ــ نه تنها امروز، درکنار آدمی که متعالی‌ترین زیستمندان است، تك یاختهٔ نخستین نیز می‌زید، بلکه، مسیر این حرکت گردنده درجای را، درتمام طول فرایند تکاملی‌انسان می‌توان یافت.

نکتهٔ دوم این‌که، در فرایند تکاملی ماده به‌طور اعم وفرایند تکاملی مادهٔ زنده به‌طور اخص، این واقعیت عینی همواره به‌چشم می‌خورد که ازکل مادهٔ موجود درعالم، فقط بخش ناچیزی در سیارهٔ ما ــ زمین ــ گردآمده ودرایام «پیش زیستمندی» تنها قوانین فیزیکی وشیمیایی تعیین کنندهٔ روابط عناصر موجود در زمین بوده است و میلیون‌ها میلیون ترکیبات گوناگون پی‌درپی ظاهر آمده معدوم می‌شده‌اند. تنها مشتی ازاین ترکیبات براساس آن‌چه شاخهٔ بالندهٔ تکاملی می‌نامیم، در روابط نوینی گرفتار آمده‌اند که مادهٔ زنده نام دارد. پس مادهٔ زنده فقط بخش بسیار ناچیزی از مادهٔ موجود در زمین است و این بخش بسیار ناچیز صاحب روابط تازه‌ای شده که آن‌را روابط زیستی می‌نامیم. ازیاد نبریم که درمادهٔ زنده، هنوز روابط فیزیکی وشیمیایی جاری است، روابط زیستی برآن‌ها علاوه شده وآن‌ها را پوشانیده است.

۲ــ نگاه کنید به مقالهٔ «دگرگونی زیستمندان وخاستگاه نژادهای جانوران»، فرهیخته، مجلهٔ هدهد، شمارهٔ ۲ سال دوم صفحهٔ ۱۶۰ تا ۱۸۰

۳ــ نگاه کنید به‌کتاب «منشاءانواع» داروین، ترجمهٔ نورالدین فرهیخته صفحات ۱۴۶ تا ۱۵۹ و ۴۹۲ تا ۵۰۴.

تفاوت بنیادی میان کنش‌های فیزیکی وشیمیایی باکنش‌های زیستی در این است که در حرکت آخری سرعت حرکت بسیار و جابه‌جایی اندك است. مثلا، برای این که‌در طبیعت بی‌جان یك مولکول گلوکوز به‌گاز کربنیك و آب تبدیل شود ماه‌ها وقت لازم است. یا می‌بایست تزریق انرژی کلان از خارج صورت گیرد ــ مثلا در برابر شعلــه قراردادن قند. اما در دستگاه زیستمند همین کنش در بخش ناچیزي از ثانیه صورت می‌گیرد. ازسوی دیگر، نه‌تنها محتاج دریافت انرژی نیست، بلکه انرژی نهفته درخویش را جهت مصارف دیگر آزاد می‌کند.

مجموع کیفیاتی ازاین قبیل، که می‌توان هزاران هزار ازآن را برشمرد، عینیتی پدید می‌آورند که در مادهٔ زنده جمع آمده، یا جمع‌آمدن این کیفیات به‌چیزی‌هویت بخشیده که آن‌را مادهٔ زنده می‌نامیم ــ تمام این‌ها برروی‌هم پدیده ای است به‌نام‌سازگاری واین همان چیزی است که خط فاصلی میان جهان زیستمند و نازیستمند قرار می‌دهد.

مادهٔ زنده هم در فرایند تکاملی، یعنی پیچیده‌تر شدن هرچه بیش‌تر گرفتار است، ولی تمام مادهٔ زنده، شاخهٔ بالنده نیست. فقط بخش بی‌اهمیتی از مادهٔ زنده اشکال سازمان یافته‌تر پدید می‌آورد و همین روند تا پیدایش آدمی ادامه می‌یابد. با پیدایش آدمی هنوز کنش‌ها و روابط فیزیکی و شیمیایی سرجای خود هستند، روابط زیستی سرجای خود هستند، اما روابط نوینی به‌نام روابط اجتماعی نیز پابه‌دایــرهٔ هستی می‌گذارد.

مفهوم تکامل

... البته احتمال وجود حالات نامنظم بیش از حالات منظم است. زیرا تقریباً هرنوع تجمع اتفاقی اتم‌ها به‌طور نامنظم صورت می‌گیرد. «عموماً» به‌معنای «همیشه» نیست. و نمی‌توان گفت که حالات منظم همیشه روبه‌زوال است. این قانونی‌آماری، و بدین‌معنی است که نظم گرایش به‌زوال دارد. ولی آمار نمی‌گوید «همیشه». مطابق قانون آمار، با وجود بی‌نظمی در بخشی از جهان، امکان برقراری نظم در بخش دیگری از آن وجود دارد.

اگر صحیح است که احتمال ما را به‌این‌جا آورده است، آیا احتمال آن‌قدر ضعیف نیست که ما نباید در این‌جا وجود داشته باشیم؟

تمام اتم‌های سازندهٔ جسم مرا درنظر بگیرید. احتمال گردهم‌آیی آن‌ها در این‌جا و در این لحظه برای ساختن جسم من چقدر کم است. بلی، اگر چگونگی امر چنین می‌بود، این عمل نه‌تنها احتمال نداشت، بلکه وجود من بالقوه غیرممکن می‌شد.

ولی بدیهی است که روال‌کار طبیعت بدین‌گونه نیست. کار طبیعت مرحله بــه مرحله است. اتم‌ها مولکول‌ها را تشکیل می‌دهند، مولکول‌ها بازها را می‌سازند. بازها راهنمای ساخته شدن امینو اسیدها هستند، و امینواسیدها پروتئین‌ها را می‌سازند، و پروتئین‌ها در ساختمان سلول‌ها به‌کار می‌روند. سلول‌ها ابتدا جانوران ساده، وسپس در مراحل بعدی جانوران پیچیده‌تری را به‌وجود می‌آورند. واحدهای پایداری که یك‌سطح یا طبقه‌ای از بافت سلولی را تشکیل می‌دهند مواد اولیه‌ای برای‌برخورد‌های اتفاقی‌اند، و در نتیجهٔ این برخوردها آرایش‌های عالی‌تری به‌وجود می‌آیند که بعضی از آن‌ها امکان پایدارماندن دارند. اگر قابلیت پایداری وجود داشته باشد، احتمال وقوع هم هست. تکامل به‌منزلهٔ صعود از پله‌های ساده به‌پله‌های پیچیده‌تر نردبان است، و خود هریك از این پله‌ها پایدار است.

من تکامل را پایداری طبقه‌طبقه شده می‌نامم و این همان است که حیات را طی مراحل آهسته، ولی پیوسته از نردبانی از پیچیدگی فزاینده بالا آورده است. پیشرفت و مسئلهٔ اساسی تکامل همین است. و حالا می‌دانیم که این امر، نه‌تنها دربارهٔ حیات، بلکه دربارهٔ ماده نیز صادق است...

برونوفسکی: عروج انسان

دکتر عبدالکریم قریب

در بارهٔ تکامل[1]

ماده درطول زمان برحسب شرایط ویژه‌ای، تکامل و تغییر شکل پیدا کرده و از صورت ساده به‌صورت مختلط و پیچیده‌تر درآمده است. اصولا تقسیم ماده به مادهٔ بی‌جان و ماده زنده، تقسیمی قراردادی است و مرز مادهٔ زنده و غیر زنده طبق تعاریفی است که ما برای ماده زنده نموده‌ایم. در مادهٔ غیر زنده نیز ویژگی‌هایی را می‌یابیم که نمی‌توان برخی‌از آن‌ها را در همهٔ مادهٔ غیر زنده یك‌سان و همانند دانست. مثلا اگر به‌مادهٔ غیرزنده بنگریم، می‌بینیم عده‌ای از آن‌ها بی‌شکلAmorph هستند، درصورتی که عده‌ای دیگر از آن‌ها دارای شکل متبلورند، و به‌دیگر سخن شکل هندسی مشخص و معینی را دارند. (امروز می‌دانیم که ماده براثر حرارت به‌چهارشکل درمی‌آید کـه عبارتند از جامد، مایع، بخار و پلاسما.*)

همهٔ ماده های جامد نیز شکل یکسان و همانند ندارند، بلکه دارای ویـژگی مشخصی‌اند.

اجسام متبلور با آنکه شکل‌های گوناگونی دارند، ولی همهٔ آن‌ها در ۷ دستگاه یا ۷ سیستم تبلور پیدا می‌کنند که از ساده به‌کامل از این قرار است: دستگاه کج‌وجهی، دستگاه کج لوزی، دستگاه راست لوزی، دستگاه لوز رویه، دستگاه ششگوشه‌ای،دستگاه مربعی، دستگاه مکعبی. در این ۷ دستگاه عناصر تقارن (مرکز تقارن، محورهای تقارن، وسطح‌های تقارن) به‌ترتیب افزایش می‌یابد. به‌طوری که در دستگاه اول تنها یك‌مرکز تقارن، در دستگاه دوم یك مرکز تقارن، یك محور تقارن درجهٔ ۲ و یك سطح تقارن؛ در دستگاه سوم یك مرکز تقارن، ۳ محور درجهٔ ۲ و ۳ سطح تقارن؛ در دستگاه چهارم یك مرکز تقارن، یك محور درجهٔ ۳، سه محور درجه ۲ و سه سطح تقارن؛ در دستگاه پنجم یك مرکز تقارن، یك محور درجه ۶، ۶ محور درجهٔ ۲ و ۷ سطح تقارن؛ در دستگاه ششم یك مرکز تقارن، یك محور درجهٔ ۴، چهار محور درجهٔ ۲، ۵ سطح‌تقارن و در دستگاه هفتم یك مرکز تقارن، ۳ محور درجهٔ ۴، ۴ محور درجهٔ ۶، ۶ محـور

---

*نگاه کنید به‌مقالهٔ پلاسما در شماره ۳ سال اول هدهد.

۱ــ در زبان فارسی برای Evolution واژهٔ تکامل را به‌کار برده‌اند. اما از آنجا کـه Evolution به‌معنی تحول و پیچیده‌تر شدن ساختار ماده (اعم از موجودات زنده و غیـر زنده) است و معنی کامل‌تر بودن از آن مستفاد نمی‌شود، لذا اگر واژهٔ دیگری به‌جای آن اختیار نماییم شاید بهتر این مفهوم را برساند. برخی برای آن واژهٔ فارسی «فرگشت» را پیشنهاد کرده‌اند که از کلمهٔ فربه معنی «دیگر» و «گشت» ترکیب شده است و به‌معنی «دیگر گشتن» و «دیگر شدن» است.

درجه ۲ و ۹ سطح تقارن وجود دارد.**

اصولا تقسیم اجسام جامد به‌متبلور و بی‌شکل نیز قراردادی است‌وامروز آزمایش نشان داده است که اجسام بی‌شکل نیز اجسامی هستند که در طول مدت زیادتری به صورت متبلور درمی‌آیند. چنان‌که شیشهٔ معمولی، که جسمی بی‌شکل است، در درازای زمان متبلر می‌گردد. این امر را شیشه‌هایی که از زمان قدیم به‌دست آمده، ثابت کرده است. و یا مثلا شکر را پس از حرارت دادن، اگر سرد کنیم مشاهده می‌نماییم که در مدت تقریباً ۲۸ روز متبلور می‌گردد، در صورتی که بسیاری از اجسام مانند آب وغیره پس از رسیدن به‌نقطه انجماد، فوراً منجمد می‌شوند و شکل بلورین پیدا می‌کنند.

در اجسام متبلور نیز ویژگی‌هایی وجود دارند که شباهت به‌ویژگی‌های موجودات زنده دارند. مثلا اگر ما گوشه‌ای از یك بلور نمك طعام را که شکل مکعبی دارد، قطع کنیم و این‌گوشهٔ قطع شده و بلور اصلی را که یکی از گوشه‌هایش قطع شده است، در محلول شباع شده‌ای از نمك‌طعام قرر دهیم، مشاهده می‌نماییم که گوشهٔ قطع شده نخست برای‌خودهفت‌گوشهٔدیگر ر می‌سازد وبه‌شکل‌مکعب کامل درمی‌آید وبلوراصلی‌نیز نخست گوشهٔ قطع شدهٔ خود را تکمیل می‌کند و سپس هردو بلور کامل و شروع به نمو می‌کنند. نظیر این پدیده را در ستارگان دریایی، که دارا ی‌پنج بازوی متقارن هستند، نیز مشاهده می‌کنیم. اگریکی از بازوهای این جانور را قطع کنیم، پس از چندی چهار بازوی دیگر پیدامی‌کند وجانور کاملی می‌شود، و ستارهٔ دریایی اولی هم‌ـ که یك بازویش قطع شده بود ـ بازوی دیگری به‌جای بازوی قطع شده می‌سازد.

شرایط محیط هم همان گونه که بر موجودات زنده تأثیر می‌گذارد، اجسام متبلور را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. مثلا اگر گوگرد را بر اثر حررت ذوب نماییم وسپس آن را سرد کنیم، در دستگاه کج‌وجهی متبلور می‌گردد و حال آنکه اگر آن را در سولفور کربن حل کنیم، پس از تبخیر مشاهده می‌نماییم که گوگرد در دستگاه راست لوزی متبلور گردیده است.

از طرفی درجه‌ای از تکامل ماده را در ویروس‌ها مشاهده می‌کنیم. ویروس‌ها نیز تولید مثل می‌کنند و تکثیر می‌شوند و از طرفی دیگر دارای شکل متبلوری‌هستند. مانند ویروس موزائیك تنباکو. ازینروست که عده‌ای آن‌ها را در مرز موجودات غیر زنده وزنده قرار داده‌اند.

بدین ترتیب، ماده در سیر تکاملی خود تغییرات کیفی مختلفی پیدا می‌کند و از ساده‌تر به پیچیده‌تر می‌رود. بدیهی است که این جریان کلی تکامل است و هنگامی که شرایط مساعد کم باشد و یا وجود نداشته باشد، سیر این تکامل مدتی متوقف و یا کند می‌شود و بنابراین نمی‌توان گفت که چرا مثلا ماهی پس از نمو، می‌میرد و روبه‌نیستی می‌رود. زیرا تولد،ونمووتولید مثل و سپس مرگ ماهی جزئی از تکامل است، نه همهٔ آن. یعنی ماهی هایی باید، در درازای زمان بپایند و بمیرند تا درشرایط ویژه‌ای، شکلی از ماهی‌ها به‌شکل موجودی عالی‌تر، یعنی دوزیستیان تکامل پیدا نماید

** نگاه کنید به‌مقالهٔ‌تقارن‌بی‌کران در شمارهٔ چهارم سال اول هدهد.

و پس از زمانی دراز ــ چندین میلیون‌سال ــ از دوزیستیان نیز جانورانی به‌صورت خزندگان ظاهر گردد و از آن‌ها نیز پس از چندین میلیون سال، اشکالی‌مانندپرندگان و پستانداران اولیه ظاهر شود. حال در این میان مثلا از ردهٔ ماهیان، بسیاری در ضمن جریان تکاملی خود پس از زادن، نمو و تولید مثل، به‌همان شکل اولیهٔ خود مرده‌اند زیرا شرایط ویژهٔ تغییر کیفی از همه لحاظ فراهم نبوده‌است، ولی این شرایط ویژه پس از آن‌که به‌تدریج جمع گردید، از آن‌ها راسته‌ای باکیفیتی دیگر ظاهر شده‌است.

همچنین تقسیماتی که امروزه در علوم مشاهده می‌کنیم، برای سهولت پژوهش و بررسی است و مجموعهٔ آن‌ها به‌ما در شناخت ماده ــ ماده به‌مفهوم فلسفی آن ــ کمك می‌کند. بنابراین، برای هر رشته از علوم نباید بگوییم که مثلا چون آب بر اثر حرارت، جوش می‌آید و بخار می‌شود و پس از سرد شدن دوباره به‌صورت آب برمی‌گردد، تکامل پیدا نکرده و سیر قهقرایی کرده است. هر یك از علوم نیز به مباحث مختلف تقسیم می‌شوند و بنا براین برای هریك از مباحث آن نیز نباید نمونه‌ای برای تکامل خواست.

علم به‌ما در شناخت پدیده‌های طبیعی کمك می‌کند و رشته‌های مختلف علم در پیشرفت و گسترش اطلاع و آگاهی ما به‌ویژگی‌ها و خواص ماده یاری می‌رساند پیشرفت علم اطلاع ما را دربارهٔ مقولهٔ ماده بیش‌تر کرده است. نیوتون به کمك‌مکانیك توانست منظومهٔ خورشیدی را توضیح دهد، ولی دربارهٔ این‌که چگونه این منظومه به‌حرکت درآمده است، متوسل به پندار گرایی گردید. کوویه (Cuvier) دانشمند فرانسوی، در سدهٔ ۱۸، نظریهٔ دیگری ابراز داشت که برحسب آن، تکامل زمین بر اثر یك رشته حوادث بزرگ به‌نام کاتاکلیسم (Cataclysme) انجام گرفته است.

طبق این نظریه، درپی هر حادثه‌ای، همهٔ آن‌هایی که بر روی زمین می‌زیستند، به‌کلی نابود و ازمیان‌رفته‌اند و جای خود را به‌موجودات زندهٔ کاملا متفاوت دیگری داده‌اند. ازیك حادثه تا حادثه دیگر، سطح زمین و زیستمندان موجود درآن، بی‌تغییر باقی می‌ماندند. و این حوادث، هیچ‌گونه علت طبیعی نداشته‌اند.

در سال‌های ۳۰ سدهٔ ۱۹، لایل (Lyell)، ثابت کرد که در زمین هرگز چنین حوادثی رخ نداده است و تغییر شکل آن بر اثر حوادث اتفاقی و عرضی نبوده، بلکه بر اثر عمل تدریجی عوامل طبیعی بوده است. اهمیت فرضیهٔ لایل، یکی در این است که اثرات تدریجی تغییر شکل کند و بطیء زمین را جانشین اندیشهٔ انقلاب‌های‌ناگهانی ناشی از بوالهوسی های کاتاکلیسم کرده است. دیگر اینکه فرضیهٔ تغییر شکل دایمی سطح زمین و شرایط زیستی را که در آن حکم فرمایی داشته، مستقیماً با فرضیهٔ تغییر شکل تدریجی زیستمندان و سازش آن‌ها با محیط در حال تغییر، مربوط ساخته‌است.

در سال ۱۸۲۸، دانشمند آلمانی وهلر(Woehler)،برای نخستین بار موفق گردید از مواد غیر آلی ترکیب جسمی آلی، یعنی اوره را به‌انجام رساند. در سال ۱۸۴۲، زنین (Zénine)، دانشمند روس، به‌ترکیب مادهٔ آلی بسیار پیچیده‌ای به‌نام انیلین (Aniline) توفیق یافت. دیرتر، ترکیب بسیاری از مواد آلی دیگر، امکان

پذیر گردید. پیشرفت‌های شیمی آلی نشان داد که میان طبیعت آلی و غیر آلی، پرتگاه غیر قابل عبوری وجود ندارد. این آزمایش‌ها اساس نظریهٔ زیستگرایی (Vitalisme) را که فعالیت زیستمندان را وابسته به‌یك «نیروی زندگی» (Force vitale) می‌دانست، رد کردند.

در زیست‌شناسی از آغاز سدهٔ ۱۸، مفاهیم ذهن‌گرایی ستیز تازه‌ای پدیدار گردید. در این عصر، بیش‌تر زیست‌شناسان، نظریهٔ ذهن گرای پرفورمیسم (Préformisme) را که مؤید ثابت بودن گونه‌های جانوران و گیاهـان در طبیعت بود، قبول داشتند. بر اساس این نظریه، منشاء و تکامل زیستمندان، به‌وسیلهٔ روندرشد اندام‌هایی توضیح داده می‌شدند که از پیش درجـرثومه (ژرم (Germe)) وجود داشته‌اند. ف. وولـف (F. Wolff) ، در ۱۷۵۹ ، علیه پرفورمیسم قیام کرد و برای نظریهٔ دگرگونی گرای (Trasformisme) اپی‌ژنز (Epigenese) ، که وجود اندام‌های پیش ساختهٔ به‌حالت جرثومه‌ها را نفی می‌کرد، پایه‌ای علمی فراهم ساخت. اهمیت کارهای وولف، در این بود که برای نخستین بار حمله را علیه اندیشهٔ ثابت بودن گونه‌ها آغاز کرد و نظریهٔ اعقاب (Descendence) را اعلام نمود.

اندیشهٔ تحول و تکامل طبیعت زنده، در کارهای بوفون (Buffon) ، دیدرو (Diderot) ، داروین (Darwin) ، سنت هیلر (Saint-Hilaire) ، گوریانینوف (Gorianinove) و دیگر زیست‌شناسان نیمهٔ دوم سدهٔ ۱۸ و آغاز سدهٔ ۱۹، تکامل پیدا کرده است.

لامارك، زیست‌شناس فرانسوی نیز کمك شایانی به‌اثبات نظریهٔ تکامل در این عصر نمود. کارهای پورکینژ (Purkinje) ، گوریانینوف، شلایدن (Schleiden) و دیگران نظریه‌ای دربارهٔ یاخته بیان داشتند که به پژوهش‌های مربوط به‌طبیعت‌آلی، پایه‌ای محکم و استوار داده است. این نظریه وحدت ترکیب آلی جانوران و گیاهان را بیان می‌کند و روند منشاء و رشد آن‌ها را توضیح می‌دهد. این نظریهٔ تقابل ذهن گرایی، میان دنیای جانوران و دنیای گیاهان را از میان برداشت. نظریهٔ یاخته، کشف مهم قاطعی برای پیشرفت منطق علمی بود. کشفیات انجام شده در سایر رشته‌های زیست شناسی مانند رویان‌شناسی، فیزیولوژی، کالبدشکافی، دیرین‌شناسی، و غیره نیز نقش مهمی دراین امر داشته‌اند. تدوین نظریهٔ یاخته، پایهٔ مادی یگانگی زیستمندان جانوری و گیاهی را گذاشت.

پس از آن، دانشمندان ثابت کردند که خود یاخته نیز در جریان تکامل‌تاریخی طبیعت، از یك پروتئین بی‌شکل حاصل گردیده است. به‌دیگر سخن، زندگی با یاخته آغاز نگردیده است، و همچنین، تنها از تقسیم یاختهٔ دیگر حاصل نشده است، بلکه از مواد زنده‌ای که فاقد شکل و ویژگی‌های یاخته بوده‌اند، به‌وجود آمده است.

در نیمه دوم سدهٔ ۱۹، پیشرفت‌های دانش، هر روز عناصر بیش‌تری برای اثبات و تکامل منطق علمی عرضه داشت. نظریهٔ منشاء گونه‌ها، که به‌وسیلهٔ زیست‌شناس بزرگ

انگلیس، چارلز داروین، فراهم شده بود، از این نظر، اهمیتی اساسی داشت.

کشف یاختهٔ آلی ثابت کرده بود که همهٔ عناصر سازندهٔ زیستمندان جانوری و گیاهی متولد می‌شوند و برحسب همان اصل، تکامل می‌یابند.

اما هنوز یك سؤال‌اساسی‌وجودداشت‌وآن‌این‌که‌گوناگونی‌بسیار زیاد این‌زیستمندان از کجا ناشی گردیده است؟

جواب سؤال بالا در سال ۱۸۵۹ به‌وسیلهٔ نظریهٔ تکامل (فرگشت)، داروین، به طور قانونمند، پیشنهاد و پایه‌گذاری شد.

داروین، برپایهٔ تحلیل و تعمیم داده‌های علمی بسیار، و تکیه برکارهای پیشینیان خود، به‌ویژه کارهای لامارك، تغییر پـذیری (Variabilité) گونه‌ها و تبار (نسب) (Filiation) آن‌ها را ثابت کرد و نظریهٔ تکامل (فرگشت) گونه های مختلف زیستمندان را تدوین نمود ونشان داد که زیستمندان بی‌شماری که امروز وجوددارند، نتیجهٔ یك تکامل (فرگشت) دراز مدت تاریخی مادهٔ آلی زیستمندان تك یاخته‌ای اولیه هستند و گونه‌های متعدد جانوران و گیاهان، محصول و نتیجهٔ یك روند طولانی‌طبیعی تکامل (فرگشت) هستند. زیستمندان براثر تأثیر محیط، تغییر می‌یابند و جهش‌های ارثی، موجب پیدایش شکل‌های تازهٔ زیستی می‌شوند. زیستمندانی که به‌تر با محیط اطراف خود سازش پیدا کنند، زنده می‌مانند و آن‌هایی که کم‌تر سازش پیدا کنند، تلف می‌شوند.

منشاء و تکامل زیستمندان گوناگون در طبیعت، براساس نظریهٔ داروین، موجب تقویت منطق علمی از نظر تاریخی گردید. اما داروین هم، در ارزیابی نظریهٔ خود و تفسیر آن، از خطاهایی که ناشی از خصلت ذهن‌گرایی بود، در امان نماند. او اعلام کرده بود که هیچ‌گونه جهشی در طبیعت رخ نمی‌دهد. مخالفان منطق علمی، از این حکم غلط و نادرست، استفاده کردند و برای انتشار و استواری مفهوم تکامل‌گرایی عامیانه (Evolutionnisme vulgaire) و افزایش و کاهش‌گرایی (Gradationisme) مکانیکی که به‌عنوان پایهٔ نظری در اصلاح‌گرایی (Réformisme) به کار می‌رفت، بهره‌برداری نمودند. دانشمندان نشان دادند که نظریهٔ داروین، نه‌تنها تکامل (فرگشت) را در طبیعت، بلکه تغییر شکل براثر جهش را آشکار ساخته است.

داروین‌درتفسیر خود از نظریهٔ خاستگاه (منشاء) و تکامل (فرگشت) گونه‌ها، مرتکب خطاهای مالتوسی گردیده و دربارهٔ اهمیت افزایش جمعیت و مبارزهٔ درونی میان افراد حتی یك‌گونه در طبیعت، زیاده از حد مبالغه کرده بود و برای تأثیرمستقیم محیط اطراف برروی زیستمند، ارزش کم‌تر را قایل بود. «داروین‌گرایان اجتماعی» از احکام مالتوسی داروین، بهره‌برداری کردند و مدعی شدند این نظریهٔ داروین ثابت می‌کند که «قانون» معروف مبارزه برای زندگی، که به‌وسیلهٔ برخی از اقتصاد دانان غربی مورد ستایش قرار گرفته است، همان طور که برای طبیعت درست وصحیح است، برای اجتماع هم درست و صحیح می‌باشد. بعدها این کوشش‌های «داروین‌گرایان اجتماعی» که برای تبرئهٔ بی‌عدالتی سرمایه‌داری، براساس داروین‌گرایی به‌کارمی‌رفت،

افشا گردید و ثابت شد که احکام غلط داروین، روندی طبیعی را بازتاب نمی‌کنند، بلکه معرف کوششی هستند برای به‌کاربردن نظریهٔ هابز (Hobbes) در طبیعت، دربارهٔ «جنگ همه علیه همه» (La guerre de tous contre tous) ودرست جلوه‌دادن نظریهٔ رقابت اقتصادی سرمایه‌داری و نظریهٔ مالتوس دربارهٔ افزایش جمعیت.

دانشمندان ثابت کرده‌اند که نظریهٔ مالتوس چیزی را مبرهن و آشکار نمی‌کند و نمی‌تواند چیزی را دربارهٔ تکامل (فرگشت) طبیعت مبرهن سازد و با محتوای عینی نظریهٔ داروین در تناقض مطلق است. بدین‌ترتیب، دانشمندان به‌مخالفت با مفهوم‌مالتوسی تکامل جهان زیستمند و نقش قاطع محیط و شرایط زندگی مادی، در تکامل زیستمند، برخاستند و با کامل کردن تز فرمان برداری و تبعیت زیستمندان از شرایط بیرونی و از شرایط هستی، استعداد سازش زیستمندان را با تغییر محیط ووراثت خصلت‌های کسب شده ثابت کردند و نشان دادند که تغییر صفات ارثی براثر تأثیر محیط، عملی اجتناب‌ناپذیر است. این استنتاجات دانشمندان، به وسیلهٔ نظریهٔ میچورین (Mitchourine) مورد تأیید قرار گرفتند.

دربارهٔ تکامل ماده لازم است به‌چند کشف بسیار مهم در شیمی نیز اشاره نماییم. اتم‌گرایی (Atomisme) مدت‌ها به‌صورت فرضیه‌ای منحصراً انتزاعی (Abstraite) باقی مانده بود. تا آن‌که لومونوسوف، در سدهٔ ۱۸، به‌آن خصلتی علمی داد. قضایایی که او در دانش‌های گوناگون مورد توجه و بررسی قرار داده، همه تابع مفاهیم اتم گرایی او بودند.

در آغاز سدهٔ ۱۹، کشفیاتی در شیمی انجام گرفت، که برای نظریهٔ اتمی وهسته‌ای پایه‌ای استوار فراهم ساخت. و موجب پیشرفت آن گردید.

دالتوان (Dalton) به‌وسیلهٔ آزمایش، ثابت کرد که عناصر شیمیایی بر حسب نسبت های گوناگون به‌سادگی با یکدیگر ترکیب می‌شوند. قانون نسبت‌های گوناگون را نمی‌توان به‌درستی، جز به‌کمك نظریهٔ اتمی و مولکولی توضیح داد: هنگامی که دو مادهٔ شیمی به‌یکدیگر می‌پیوندند، همیشه یك اتم، از یکی از این مواد به تعداد صحیحی از اتم‌های مادهٔ دیگر، می‌پیوندد. بدین ترتیب بود که یکی از قوانین بسیار مهم ترکیبات شیمی تدوین گردید. در پرتو اتم‌گرایی، ترکیب شیمیایی بدین معنی است که افزودن اتم‌های یك مادهٔ شیمی به‌اتم‌های مادهٔ دیگر، موجب تغییر کمی‌می‌گردد که به‌وسیلهٔ یك تغییر کیفی آشکار می‌شود: یعنی تشکیل جسمی تازه.

بعد از سال ۱۸۴۰، شکل‌های تازه‌ای از تغییر شکل‌های شیمی، یعنی سری‌های هومولوگ (Homologue) هیدروکربورها را کشف کردند که آن‌ها نیز اهمیت‌فلسفی شایان توجهی داشتند.

اهمیت این قوانین شیمی دراین‌بود که نشان دادند، هنگام ترکیب یا تجزیه‌های شیمیایی، بر اثر تغییرات کمی عناصر تشکیل دهندهٔ جسم، تغییری کیفی در جسم پدیدار می‌گردد. رده‌بندی تناوبی عناصر شیمیایی، که به‌وسیلهٔ مندلیف تدوین گردید، نیز در اثبات این که تغییرات کمی عناصر شیمیایی، موجب تغییرات کیفی می‌شود، کمك کرد. دین ترتیب، رده‌بندی تناوبی مندلیف، مفهومی مکانیکی را که تکامل

(فرگشت) در طبیعت را به‌مثابه تغییری کاملا کمی می‌دانست و تحول کیفی را نفی می‌کرد، رد نمود. رده‌بندی مزبور موجب شکست این اندیشهٔ نادرست، که بر حسب آن وابستگی ها و برزخ‌هایی برای عبور از یك حالت به‌حالتی دیگر، در درون‌طبیعت، وجو دندارد، گردید. مندلیف به‌طور غریزی، با پذیرفتن قانون دیالکتیکی تغییر شکل تغییرات کمی به‌تغییرات کیفی، وجود سری کاملی از عناصر شیمیایی را که تا آن زمان ناشناخته بودند، از پیش خبر داد. مندلیف ندانسته با پذیرفتن قانون تغییر شکل تغییرات کمی به‌تغییرات کیفی، کاربسیار بزرگی انجام داد. این کار او بـا کـار جسورانهٔ لووریه (Leverrier) ، که مدار سیارهٔ نپتون را ــ پیش از آن‌که این سیاره شناخته شود ــ محاسبه کرد، برابری می‌کند.

نظریهٔ اتمی دالتون که براساس آن، ماده از اتم‌های تغییر ناپذیر و غیر قابل تقسیم، تشکیل گردیده است، از طرف دانشمندان مورد انتقاد قرار گرفت و به‌جای آن مفهوم مختلط بودن عناصر شیمیایی مورد قبول واقع گردید.

تکامل فیزیك اتمی، در پایان سدهٔ ۱۹ و آغاز سدهٔ ۲۰، برای ما ساختار مختلط اتم را آشکار کرد و استعداد و قابلیت تغییر و تبدیل (Transmutation) عناصر شیمی را ثابت نمود.

کشف‌پدیدهٔ رادیوآکتیویته در فیزیك، ثابت کرد که اتم های مختلط عناصـر شیمیایی، مانند اورانیوم و رادیوم، در جریان انتشار پرتوهای رادیوآکتیو، به‌طور خود به‌خود تجزیه می‌شوند و به‌اتم‌های ساده‌تر سایر عناصر، بارها شدن مقدار قابل ملاحظه‌ای انرژی، تغییر شکل پیدا می‌کنند. تا پیش از کشف مزبور در فیزیك و شیمی هنوز مثالی برای نشان دادن استحاله یا تغییر و تبدیل یك اتم از یك عنصرشیمی به‌اتمی از عنصر دیگر، به‌دست نیاورده بودند. و تصور می‌کردند که اتم، یك عنصر تغییر ناپذیر طبیعت است.

پس از پژوهش‌های بسیار دقیق، به‌وجود الکترون پی‌بردند و معلوم شد که الکترون دارای جرمی است وجرم‌آن‌باسرعت، بر حسب قانونی دقیق و مشخص تغییر می‌کند. این کشف از نظر شناخت ماده اهمیت بسیار شایان توجهی داشت. زیرا تا آن زمان تصور می‌کردند که جرم، تنها به‌عناصر ساختاری (Structurel) ماده اختصاص دارد و مقداری را تشکیل می‌دهد که در حرکت تغییر نمی‌کند. مفهوم تغییر ناپذیری جرم از قانون بقای جرم نتیجه شده بود. اما بعدها ثابت شد که نه‌تنها عناصرساختاری ماده، بلکه الکتریسیته نیز جرمی را تشکیل می‌دهد و جرم، کمیت ثابتی به‌طور قاطع برای اشیای گوناگون نیست، بلکه تابعی است از حرکت. این اکتشافات رابطهٔ ژرفی را که میان جرم و حرکت وجود دارد، آشکار کردند و ثابت نمودنـد کـه ذرهٔ (Particule) الکتریکی، منظرهٔ‌ویژه‌ای‌ازماده‌راتشکیل می‌دهد.

در پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی که قبلا می‌شناختند، اتم عبارت از ذره‌ای یگانه و تغییرناپذیر بود. ولی کشفیات جدید ثابت کردند که اتم دارای ساختمان درونی مختلطی است و در ترکیب اتم، الکترون‌ها و ذره‌های الکتریکی، با بار مثبت، دخالت دارند. بدین ترتیب نادرستی این تصور که اتم تقسیم ناپذیر است، اثبات گردید.

۱. مقالات تکامل و سازوکارهای تکامل از مجلهٔ Scientific American شمارهٔ مخصوص تکامل سال ۱۹۷۸ و مقالهٔ تکامل مغز از شمارهٔ مخصوص مغز سال ۱۹۷۹ همان مجلهٔ علمی ترجمه شده است.
۲. متأسفانه به‌علت مشکلات مالی چاپ تصاویر رنگی این مقالات ممکن نشد وناگزیر آن‌ها را حذف کردیم.
۳. تنها عکس روی جلد مربوط به‌مقالهٔ تکامل و عکس پشت جلد مربوط به سازو کارهای تکامل را توانستیم از جملهٔ عکس‌های رنگی آن مجله چاپ کنیم.
۴. عکس صفحه آخر (داخل جلد) مربوط به مقالهٔ طبقه‌بندی دانش‌هاست.

تصویر روی جلد

این تصویر داروین‌را درسال ۱۸۴۵ در ۳۱ سالگی نشان‌می‌دهد، هنگامی‌که سفرنامه‌اش را به‌دوردنیا منتشر کرده بود. دراین هنگام ، چنان که از دفتر یادداشت‌های داروین برمی‌آید، طرح‌های اصلی نظریهٔ تکامل از راه انتخاب طبیعی رابه‌دست آورده بود. او تازه ازدواج کرده بود. درلندن می‌زیست،رساله‌ای درباب جزیره‌های مرجانی می‌نوشت وگاه‌گاه به‌تکمیل یادداشت‌هایش‌درباب انواع می‌پرداخت، که سرانجام درسال ۱۸۵۹ به انتشار کتاب بنیاد انواع منجر شد.

تصویر پشت جلد

تنوع وراثتی (ژنتیکی) دریك‌گونه در رنگ‌آمیزی قاب (بال‌پوششی) کفشدوز آسیایی Harmonica axiridis دیده می‌شود، در یك گونهٔ بومی سیبری، ژاپن، کره و چین تعدادی شکل‌های مشخص مختلف در نقاط جغرافیایی گوناگون دیده می‌شود. اقسام ۱۹ سیگماتا (سه ردیف بالا) دارای طرح‌های متنوعی از حال‌های سیاه برزمینهٔ زرد وحتی تعداد کمی افراد سیاه هستند. قسم اولیکا aulica (ردیف چهارم) یك جفت خال زرد وبزرگ برزمینهٔ سیاه دارند. قسم آکسیریدیس (ردیف پنجم) دارای خال‌هایی است که رنگشان ممکن است از نارنجی به‌زردتا نارنجی کم‌رنگ تفاوت کند. قسم اسپکتابیلیس ردیف ششم دارای خال‌های قرمز در زمینهٔ سیاه است. توزیع جغرافیایی توده‌های این‌گونه کاملا مشخص است:

غرب مرکزی سیبری مسکن توده‌ای است که مانند آکسیریدیس دارای زمینهٔ تقریباً سیاه است. به‌طرف غرب زمینهٔ قاب‌ها فرق می‌کند ومانند سیگناتیا زرد است. نوع خال قرمز برزمینهٔ سیاه، مانند اسپکتابیلیس تنها در خاوردور یافت می‌شود. عقیده برآن است‌که طرح‌های رنگی متفاوت بایستی ناشی از یك سلسله اشکال متنوع یك ژن باشد. با این‌همه یك تنوع مطلق وبارز از این‌قبیل به‌نام چند ریختی نادراست، تنوع‌های ضعیف در همه‌گونه‌های جانداران از جمله انسان دیده‌شده است. به‌علاوه، توده‌های طبیعی دارای ذخیره‌های عظیم تنوع نهفته‌اند، که آنان را قادر می‌سازد با تغییر محیط سازگاری کنند.

او ملیانوفسکی[1]

مفاهیم «ساده» و «بغرنج» در فیزیك و فلسفه

دو مفهوم «ساده» و «بغرنج» (یا مرکب) معمولا با مفهوم تکامل[2] همراهند. در آثار فلسفی مارکسیستی تکامل به‌صورت گذاراز پست‌تر به عالی‌تر، یا از ساده به بغرنج تعریف می‌شود[3].

به‌نظرمی‌رسد که این‌گونه عبارات بیش‌تر مبین یکی از جنبه‌های تکامل است و باید در پی یافتن تعریف به‌تری برای تکامل بود. در حقیقت، اگر بغرنج را تکامل یافتهٔ ساده بدانیم ــ که در این صورت مفهوم بغرنج خود به‌کمك مفهوم تکامل تعریف شده است ــ روشن شدن محتوای بغرنج منوط به‌درك مفهوم تکامل است. فرض کنیم که‌تکامل به‌عنوان کاهش وافزایش یا تکرار پذیرفته شود (برداشت ماورای طبیعی از تکامل)، دراین‌صورت بغرنج حاصل تغییر کمی ساده است. حال فرض کنیم که تکامل به‌صورت وجود ضدین درك شود (برداشت دیالکتیکی از مفهوم تکامل)، در این مورد، بغرنج دارای تفاوت کیفی نسبت به‌ساده است و در عین حال ساده را به‌شکلی در خود مستتر دارد. این‌گونه بررسی متکی به‌تحلیل مفهوم تکامل توسط لنین در نوشتهٔ معروفش‌به‌نام «دربارهٔ مسئلهٔ دیالکتیك» است[4].

در تاریخ فلسفه، مسئلهٔ کاربرد مفاهیم ساده و بغرنج در مورد جهان به‌مسئلهٔ‌جوهر جهان، که اشیای عینی گوناگون از آن پدید آمده‌اند، باز می‌گردد. هنگام مطالعهٔ این مسئله در تاریخ ماتریالیسم و تاریخ علوم به‌دوگرایش عمده برمی‌خوریم. گرایش‌نخست

---

1. M.E. Omelyanovsky. 2. Development.

۳. فرایند حرکت خودبه‌خودی از پایین‌تر (ساده) به‌بالاتر (بغرنج) که گرایش‌های درونی و جوهر پدیده‌ها را آشکار می‌سازد و منجر به‌پیدایش نو می‌شود، تکامل نام دارد. تکامل دستگاه‌های بی‌جان، جهان جانداران، جامعهٔ بشری و شناخت، تابع قوانین کلی دیالکتیك است. تکامل در مسیری مارپیچ‌گونه صورت می‌پذیرد. هرفرایند واحد تکامل دارای آغاز وپایانی است، که آن پایان در ابتدا به‌شکل گرایشی موجود بوده است، و تکمیل یك دور آغاز دور جدیدی است که در آن ممکن است برخی ازکیفیات دور پیشین تکرار گردد. تکامل، یك فرایند درونی است: گذار از پایین‌تر به‌بالاتر به‌این سبب صورت می‌گیرد که گرایش به‌سوی بالاتر به‌طور نهفته در شکل پایین‌تر وجود دارد و بالاتر، چیزی جز تکامل یافتهٔ پایین‌تر نیست. اما تنها در مراحل عالی تکامل است که نشانه‌های بالاتر که در پایین‌تر وجود داشت، به تمامی ظاهر می‌گردد. مثلا شعور حاصل تکامل جهان عینی به‌عنوان یك کل است و تنها از این دیدگاه می‌توان خاصیت‌بازتاب نهفته در ماده را کشف کرد. پی‌ریزی اساس نظری برای تکامل تنها به‌کمك روش‌ها و ابزارهای منطق دیالکتیك امکان پذیر است. (نقل از فرهنگ فلسفه ــ روزنتال و یودین).

۴. On the Question of Dialectics ، مجموعهٔ آثار، جلد ۳۸.

(که اساساً مبتنی بر پذیرفتن مفهوم دیالکتیکی تکامل است) جهان را به‌عنوان مادهٔ دایم‌التحول درنظر می‌گیرد که در عین صور گوناگون خود دارای وحدت است. گرایش دوم (که در شکل کامل خود، گرایش ماتریالیسم مکانیکی است)، تنها تجزیه و تجمع ظاهری عناصر ثابت به‌وجود آورندهٔ جهان را قبول دارد.

پیش از پیدایش مارکسیسم، طرز تفکر نوع دوم (مکانیکی) درست‌تر و با هدف‌های مشخص علوم سازگارتر به‌نظر می‌رسید. نمونه‌های مشخص در تاریخ تعالیم مکانیستی عبارتند از: نظرات اتومیستی لوکیپوس و دموکریتوس[۵]، نظریات فیزیکی دکارت در فلسفهٔ نوین، کتاب «اصول»[۶] نیوتون، نظریه‌های فلسفی ماتریالیست‌های فرانسوی قرن هجدهم، آثار علمی لومونوسوف[۷] و «فلسفهٔ ذره‌ای»[۸]وی، نظرات سردمداران فیزیك کلاسیك دربارهٔ ماده وساختمان آن،... در عین‌حال نباید ازیاد برد که آثار این دانشمندان در زمینهٔ «ساختمان‌جهان» یا «نظام کاینات» در بردارندهٔ بسیاری از عناصر دیالکتیك است. از این جمله‌اند نظریهٔ کیهان‌شناسی دکارت، نظرات اتومیست‌های عهد باستان و ماتریالیست‌های فرانسوی دربارهٔ وجود پیوند درونی میان ماده و حرکت و فرضیهٔ لومونوسوف در مورد بقای‌ماده و حرکت. بااین‌همه، نظرگاه‌های فلسفی آنان را نمی‌توان از درك ماورای طبیعیشان از طبیعت ، به‌عنوان چیزی اساساً ثابت و بلاتغییر، جدا کرد.

دُر تاریخ فلسفه، برخورد دیالکتیکی با مسایل جهان در آثار هراکلیتوس، نظرات اتومیستی اپیکورولوکرتیوس،[۹] فلسفهٔ طبیعی جیوردانو برونو دیدگاه‌های فلسفی الکساندر هرتسن[۱۰]، به‌عنوان گرایش ماتریالیستی ظاهر شده است.

شیوهٔ تفکر دیالکتیکی به‌طور خودبه‌خودی در علوم طبیعی پدیدار شد، ولی در دوران کلاسیك (قرن هفدهم تا نوزدهم) به‌طور کامل تجلی نیافت. قانون عمل و عکس‌العمل در مکانیك نیوتون، حساب دیفرانسیل و انتگرال که توسط نیوتون ولایب نیتس ابداع شد و امکان تبیین ریاضی فرایندهای طبیعت را ایجاد کرد، فرضیهٔ کانت و لاپلاس دربارهٔ پیدایش جهان، قانون بقا و تبدیل انرژی ونظریهٔ الکترومغناطیس کلاسیك، هیچ‌یك طرح فضا ــ زمان ــ مادهٔ فیزیك کلاسیك را برهم نزدند.

نظریه‌های فیلسوفان ایده‌آلیست دربرگیرندهٔ ساختارهای دیالکتیکی متعددی در ارتباط با فلسفهٔ طبیعت است. آنان گهگاه به‌روشنی اشارتی به‌دیالکتیك‌علوم‌نوین کرده‌اند. دراین رابطه، تحلیل ارسطو در مورد ارتباط میان ماده و صورت به‌عنوان ارتباط بین

---

۵. نگاه کنید به‌پانویس‌های صفحات ۳۸۴ و ۳۸۵ سال دوم مجلهٔ هدهد.

6. Principia. 7. Lomonosov. 8. Corpuscular Philosophy.

۹. Carus Lucretius ، شاعر و فیلسوف ماتریالیست روم کهن (۹۹ تا ۵۵ پیش ازمیلاد)

۱۰. Alexander Ivanovich Herzen دموکرات‌انقلابی‌روس (۱۸۱۲ ــ ۱۸۷۰) متفکر ماتریالیست، بنیان‌گذار نارودیسم.

قوه و فعل، یا مثلا نظریهٔ «موناد»[۱۱]های لایب‌نیتس که درآن هرموناد واحدبسته‌ای‌است که درعین‌حال با کل جهان خارج مرتبط است، در نظریهٔ جدید ذرات بنیادی دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای است. با این همه، ساختارهای دیالکتیکی طبیعی ــ فلسفی در نظرات ایده‌آلیست‌ها مستقیماً متضمن هیچ‌گونه نتیجهٔ جدیدی برای علم‌نبود.این‌ساختارها که از اندیشهٔ «ناب» سرچشمه می‌گرفت، همچون سایر فلسفه‌های ایده‌آلیستی به‌طور اعم، از مسایل مشخص علم مجزا بود و نظرات اتومیستی دموکریتوس، نیوتون ودالتون[۱۲] در عرصهٔ علم سنتی حاکم بود.

پیدایش فیزیك نسبی و کوانتوم، که پیشرفتی در شناخت طبیعت به‌شمار می‌آمد، نظرات فوق و نظام فضا ــ زمان ــ مادهٔ فیزیك کلاسیك را با ضرباتی جدی از سوی علم روبرو کرد. همان‌طور که لنین در هنگام‌ظهور فیزیك نوین نشان داد و تحولات بعدی علوم نیز تأیید کرد، دگرگونی‌های ژرف و پیشرفت علوم جدید پیوندهای همه‌جانبه‌ای با ماتریالیسم دیالکتیك دارد.

/ مفاهیم ساده و بغرنج در اطلاق به‌ماده چگونه مصداق می‌یابند؟

دو مفهوم ساده (که د راینجا با مفهوم بنیادی در آمیخته است) و بغرنج (یامرکب) را نمی‌توان از طریق تفاوت میان «نوع» و «گونه»[۱۳] تعریف کرد. دو مفهوم مذکور همچون سایر مقوله‌های فلسفی متضاد، از طریق تحلیل ارتباط متقابلشان تعریف می‌شوند. برحسب مورد این مفاهیم به‌صورت خاص و عام، ناپیوسته و پیوسته، تصادف و ضرورت یا قوه و فعل ظاهر می‌گردند. نظرات لنین در مورد خاص و عام (یا کلی) برای بحث حاضر بسیار پر اهمیت است. تعریف لنین چنین است: «خاص تنها در رابطه‌ای که منجر به‌عام می‌شود وجود دارد. عام تنها در خاص و از طریق خاص وجود دارد. هر خاص (به‌این یا آن صورت) خود یك عام است. هر عام (یك بخش، یك جنبه یا جوهر) یك خاص است. هر عام تنها به‌تقریب کلیهٔ چیزهای خاص رادربر می‌گیرد. هر خاص تنها به‌صورت غیر کامل در عام وارد می‌شود، الی آخر.»[۱۴] «هر خاص از طریق‌هزاران انتقال با انواع خاص دیگر پیوند دارد.[۱۵]»

از این بیان لنین، به‌ویژه چنین نتیجه می‌شود که دانش قوانین طبیعت ما را به کشف پدیده‌های نو قادر می‌سازد، یعنی قوانین مذکور امکان تعیین پیوند متقابل میان بسیاری از پدیده‌ها را فراهم می‌آورند. هر قانون به تنهایی محدود،ناقص و تقریبی است[۱۶]. قوانین طبیعت با یکدیگر پیوند متقابل دارند. از همین بیان لنین، می‌توان‌نتیجه

---

۱۱. monad اصطلاحی فلسفی است به‌معنای واحد ساختمانی و مادی جهان. فلاسفهٔ‌مختلف از جمله فیثاغوریان، جیوردانو برونو ولایب‌نیتس هریك به‌شیوهٔ خاص خود آن را تفسیرکرده‌اند.

۱۲. John Dalton فیزیك‌دان و شیمی‌دان انگلیسی (۱۷۶۶ــ۱۸۴۴) عرضه کنندهٔ‌نخستین نظریهٔ اتمی تجربی و جدول اوزان اتمی.

13. genus & species.

۱۴. و ۱۵. مجموعهٔ آثار، جلد ۳۸

۱۶. مجموعهٔ آثار، جلد ۳۸، دفترهای فلسفی.

گرفت، اشیایی که در یك کل معین وحدت یافته‌اند(و در نقش عناصر یك دستگاهند) به‌عنوان عناصر، تنها در رابطه‌ای که آن‌ها را به‌صورت کل در می‌آورد وجود دارندو خود دستگاه نیز تنها از طریق عناصرش وجود دارد. درحالت انتزاعی است که دستگاه و عنصر از یکدیگر جدا می‌شوند و در مقابل هم قرار می‌گیرند.

با آنچه گفته شد، برای ارائهٔ تعریفی از بنیادی (ساده) و بغرنج (مرکب) لازم است که ابتدا مفاهیمی چون شیء یا چیز (که در این‌جا هم ارز تلقی می‌شوند)، خاصیت و رابطه را تعریف کنیم.

دراین‌جا از بحث مشروح چشم‌پوشی می‌کنیم و مستقیماً تعاریف را مطرح می‌سازیم. «شیء عبارت است از مجموعه‌ای از خواص»[۱۷]. عنصر اساسی این تعریف از شیء در مقایسه‌با تعریفی که نقطهٔ مقابل آن است، این است که در تعریف اخیر، شیء نسبت به تغییر خواص خود ثابت و بلاتغییر است و آنچه تغییر می‌کند خواص شیء است. تعریفی که ما برای شیء آوردیم تقریباً به‌برداشت «اشبی»[۱۸] از دستگاه ــ به‌عنوان سیاهه‌ای از متغیرها ــ مربوط می‌شود.[۱۹]

روابط متعدد هر شیء با اشیای دیگر، خواص آن را ظاهر می‌سازد. به‌عبارت‌دیگر خواص هر شیء نسبی است. اما تفکر ماورای طبیعی معمولا همان معنای مطلقی را که برای شیء قایل است به‌خاصیت نیز نسبت می‌دهد. کشف نسبیت این یا آن خاصیت ازشیء در فیزیك به‌کرات منجر به‌آغاز دوران‌های جدیدی در پیشرفت فیزیك شده است (نسبیت حرکت مکانیکی در مکانیك کلاسیك، نسبیت ابعاد و مدت حوادث در نظریهٔ نسبیت خصوصی، نسبیت خواص ذره‌ای وموجی ذرات بی‌نهایت کوچك در مکانیك کوانتوم). اشیا فی‌نفسه دارای تضاد دیالکتیکی هستند، هر شیء با اشیای دیگر در ارتباط است، هر خاصیت جای خود را به‌خواص‌دیگر می‌دهد، تکامل هر شیء عبارت‌است از روندبی‌پایان کشف‌خواص‌نو، روابط‌نو، الی آخر[۲۰]. از بحث مفصل در مورد دیالکتیك اشیا،خواص و روابط در می‌گذریم.

اکنون تعریف دستگاه و ساختار را مورد توجه قرارمی‌دهیم. هرگاه اشیایی از طریق روابطشان بایکدیگر پیوند داشته باشند و به‌صورت یك کل واحد در آیند، این اشیاعناصر دستگاهی می‌شوند که بدین ترتیب واجد ساختار شده است. به‌چند مثال روشن توجه کنید: چند اتم تشکیل یك مولکول می‌دهند، یك هستهٔ اتمی و چندالکترون یك‌اتم به‌وجود می‌آورند، چند نوترون و چند پروتون منجر به‌تشکیل هستهٔ‌اتم‌می‌شوند. دراین چند مثال اتم‌ها، هستهٔ‌اتم و الکترون‌ها، نوترون‌ها و پروتون‌ها که به‌وسیلهٔ اندرکنش‌های[۲۱] معین با یکدیگر مرتبطند، عناصر دستگاه‌های مربوطه ــ اتم و هستهٔ

---

۱۷. کتاب «اشیا، خواص، روابط»، اویوموف (به‌زبان روسی)، صفحات ۱۹ تا ۲۸.

18. W. Ross Ashby

۱۹. کتاب «مقدمه‌ای بر سیبرنتیك»، اشبی، لندن، ۱۹۵۶، صفحهٔ ۴۵.

۲۰. لنین، دفترهای فلسفی.

21. Interactions

اتم ــ هستند، که دارای ساختارند. هر دستگاهی دارای یك ساختار است که درتبدیلات خاصی از دستگاه مزبور بلاتغییر می‌ماند. از این زاویه، ساختار هر دستگاه از وجوه نامتغیر آن است.

این تعریف از دستگاه و ساختار با برداشتی که در متون جدید ریاضی از این مفاهیم وجود دارد، هماهنگ است. بورباکی[۲۲] می‌نویسد: «برای تعریف یك ساختار باید وجود یك یا چند رابطه را فرض کرد که عناصر موردنظر [متعلق به یك مجموعه[۲۳]] در آن وارد می‌شوند... آنگاه باید برای رابطه یا روابط مفروض شرایط معینی راایجاب کرد. (این شرایط صریحاً بیان می‌شود و اصول (موضوعهٔ) ساختار مورد نظر به‌شمار می‌آید)[۲۴].

دستگاهی از اشیا که‌دارای ساختار باشد، در رابطه با اشیایی که عناصر آن هستند، چیزی بغرنج است. دستگاه‌هایی از اشیاء یا اشیای بغرنج، به‌نوبهٔ‌خود می‌توانند عناصر دستگاهی از مرتبهٔ بالاتر نسبت به‌دستگاه‌های اولیه باشند. از سوی دیگر، عناصر هر دستگاه می‌توانند اشیایی باشند که خود از اشیایی در مرتبهٔ پایین‌تر تشکیل‌شده‌باشند. بدین ترتیب نوعی درجه‌بندی در مورد سطوح مختلف دستگاه‌ها و ساختارها پدیدمی‌آید. ارتباط‌میان سطوح ساختارها و این‌که آیا تعداد این سطوح محدود است یا نامحدود، خود نیازمند بحث جداگانه‌ای است. علم نوین نشان داده است که جهان سلسله مراتبی از ساختارهای مادی است.

همان‌طور که خواص هر شیء در روابط آن با اشیای دیگر ظاهر می‌شود، عناصر هر دستگاه (و روابط بین این عناصر) در هر سطح معین از طریق روابط آن دستگاه با دستگاه‌هایی در سطوح دیگر ظاهر می‌شود. بدین معنی، ساختار هر دستگاه مادی‌چیزی نسبی است. در مورد این نسبیت قدری بیش‌تر بحث می‌کنیم.

در وهلهٔ اول، در طبیعت علاوه بر دستگاه‌های ساده، دستگاه‌هایی با درجات‌بغرنجی متفاوت وجود دارد. پیچیدگی زیاد این دستگاه‌ها به‌دو امر بستگی دارد: ۱) این‌که تجلی‌گاه بخشی از سلسله مراتب دستگاه‌های مادی هستند (مثلا جسمی با ابعاد معمولی از بلورهایی تشکیل می‌شود که آن‌ها نیز از مولکول‌ها و مولکول‌ها از اتم‌ها الی آخر تشکیل می‌شوند)؛ ۲) این که تعداد عناصر و در نتیجه تعداد پیوندهای فیمابین عنصر می‌تواند بسیار زیاد باشد. مثلا اجسامی که ابعادشان از مرتبهٔ 10^{2} الی 10^{-2} سانتی‌متراست شامل مولکول‌ها و اتم‌هایی هستندکه ابعاد آن‌ها از مرتبهٔ 10^{-8} سانتی‌متر است؛ اتم شامل هستهٔ اتمی است که ابعادش از مرتبه 10^{-12} سانتی‌متر است وهستهٔ اتم نیز از پروتون‌ها و نوترون‌ها تشکیل یافته است که ذرات بنیادی هستند و ابعادشان به‌مراتب

---

22. N. Bourbaki

۲۳. در این‌جا تمایزی بین دو اصطلاح «مجموعه» و «دستگاه» قایل نمی‌شویم.

۲۴. مقالهٔ «معماری ریاضیات»، بورباکی، ماهنامهٔ ریاضی آمریکا، ۱۹۵۰ شمارهٔ ۷ صفحهٔ ۲۲۵ و ۲۲۶.

کوچك‌تر است. دراین‌جا باید توجه داشت که عناصر یك دستگاه وترکیبات مختلف آن‌ها هنگامی که به‌عنوان دستگاه‌هایی هم مرتبه با دستگاه اولیه در نظر گرفته شوند (مثلا در سطح مولکولی، مولکول‌های تك اتمی وجود دارد) در حکم اجزا هستند و دستگاه اولیه خود به‌منزلهٔ کل است. اجزا در تشکیل کل (کـــه نقطهٔ مقابل اجزاست) مستقل از یکدیگرند. دیالکتیك کل و اجزای آن در مطالعهٔ مسئلهٔ ساختمان ماده به‌کار می‌آید.

با شناخته شدن دستگاه‌های بسیار بغرنج، اصل موسوم به‌گذار از کمیت به کیفیت (و برعکس) وارد عمل می‌شود. وقتی دستگاه بغرنج‌تر می‌شود، یعنی تعداد عناصر و میزان ارتباط میان عناصر دستگاه بیش‌تر می‌شود، خواص کل دارای تفاوت کیفی‌نسبت به‌خواص اجزای آن می‌شود. به‌طور کلی هر شیء هنگامی که به‌عنوان دستگاه در نظر گرفته می‌شود، دقیقاً یك کل یکپارچه است و نه حاصل همجواری صرف‌اجزا؛ و این وحدت کیفیت نوینی است که در اثر تجمع تعداد زیادی از عناصر مرتبط با یکدیگر به‌وجود می‌آید. بنابراین، مثلا هنگام طرح یك لوکوموتیونیازی به‌استفاده‌ازقوانین فیزیك اتمی نیست. دراین مورد قوانین فیزیك کلاسیك که در ابعاد معمولی صدق می‌کند، کافی خواهد بود.

دانش خواص و رفتار ساختارهای‌یك‌سطح‌پایین‌تر، کلید توضیح‌پدیده‌ها وقوانینی را که به‌سطح بالاتر تعلق دارند به‌دست می‌دهد، اما این بدان معنی نیست که مثلاقوانین شیمی را بتوان به‌سطح قوانین مکانیك کوانتوم واصل‌پائولی[۲۵] احاله کرد. قوانین ساختارهایی از سطوح مختلف با یکدیگر تفاوت کیفی دارند و در عین‌حال از طریق‌گذار هایی با یکدیگر مرتبطند (مثلا مکانیك کوانتوم از طریق اصل «تطابق»[۲۶] با مکانیك کلاسیك مرتبط است.)

در تحلیل مسئلهٔ ساده و بغرنج در رابطه با ماده، نظریهٔ گوناگونی نامحدودطبیعت، سکون ناپذیری ماده در هر یك از اجزایش و بی‌پایانی ماده از نظر ژرفا و گستردگی، نقش تعیین کننده‌ای از جنبهٔ روش‌شناسی دارد. این بی‌پایانی متشکل است از تعداد پرشماری از اشیای محدود که به‌سطوح مختلف از مادهٔ واحد تعلق دارند وگذار ازیك سطح به‌سطح دیگر نشانهٔ گذار از کمیت به‌کیفیت و عکس آن است. تعریف یك دستگاه اساساً شامل دو بخش است: ۱) جدا کردن اجزا از کل؛ ۲) وحدت بخشیدن به‌اجزا در کل.

ازاین‌موضع می‌توان گفت که دانش ما به‌هرچیز عبارت است از دانش ما به‌آن به‌عنوان عنصری از یك دستگاه معین و در عین حال دانش ما نسبت به‌آن به‌عنوان یك دستگاه معین. جنبهٔ اول به‌طور برجسته در فیزیك کلاسیك ظاهر شد و گرایش به‌توضیح پدیده‌های طبیعت برحسب پدیده‌های بنیادی را در پی‌داشت. جنبهٔ دوم در نظریهٔ نسبیت مصداق می‌یابد که در آن گرایش به‌توضیح پدیده‌های بنیادی از موضع دانش نسبت

---

۲۵. نگاه کنید به‌مقالهٔ «اصول فیزیك و اهمیت آن در شناخت»، ماهنامهٔ هدهد، سال سوم شمارهٔ ۱ صفحهٔ ۵۲.

26. Correspondence

به‌کل تجلی می‌یابد. فیزیك کوانتوم به‌این دو جنبه وحدت می‌بخشد و این پیوند با پیشرفت نظریهٔ کوانتوم تنگاتنگ‌تر می‌شود. هنگامی که چیزی به‌صورت یك دستگاه بسیار بغرنج شناخته می‌شود و گذار ذهنی از عناصر به‌دستگاه و از دستگاه به‌عناصرصورت می‌گیرد، لزوم استفاده از آمار و نظریهٔ احتمالات مطرح می‌شود. بدین ترتیب مطالب درگذار از پدیده‌های ماکروسکوپی به‌پدیده‌های مولکولی و اتمی و در گذار معکوس ازپدیده‌های بنیادی به‌پدیده‌های ماکروسکوپی مطرح می‌گردند.

بنابراین، مسئلهٔ دستگاه و ساختار ماده را نمی‌توان از مسایل فلسفی نظم، ضرورت و تصادف، امکان و فعلیت مجزا کرد.

ترجمهٔ محمد باقری

... هانس بته Hans Bethe به‌سال ۱۹۳۹ نخستین‌بار چگونگی تبدیل ئیدروژن را به‌هلیوم در خورشید دقیقاً توضیح داد. کاهش جرم در این تبدیل با تولید انرژی فوق‌العاده زیادی همراه است و مقداری از همین انرژی است که چون موهبتی به طرف‌زمین روانه می‌شود. آنچه درسال‌های بعد آشکار شد این بود که اتم‌ها در ستارگان، در نتیجهٔ فرایندهای خاصی، یك به‌یك تشکیل می‌گردند و ساختمان‌آن‌ها به‌تدریج پیچیده‌تر می‌شود. به‌این ترتیب ماده به‌خودی خود تکامل می‌یابد. این گفتهٔ داروین و نتیجه‌ای از علم زیست‌شناسی است، ولی گفته‌ای است که فیزیك را دگرگون ساخت.

نخستین مرحلهٔ تکامل عناصر در ستارگان جوانی مانند خورشید شروع می‌شود. در این مرحله ئیدروژن به‌هلیوم تبدیل می‌شود. عمل تبدیل به‌این ترتیب صورت می‌گیرد که گاهی یك زوج از هسته‌های ئیدروژن سنگین با یکدیگر برخوردمی‌کنند و با هم ترکیب می‌شوند و نتیجهٔ این همجوشی تشکیل هستهٔ هلیوم است.

زمانی فرا خواهد رسید که هلیوم بخش اعظم خورشید را تشکیل دهد. درآن زمان خورشید به‌ستارهٔ داغ‌تری تبدیل می‌شود و از برخورد هسته‌های هلیوم اتم‌های سنگین‌تری به‌وجود خواهند آمد. مثلا اتم‌کربن از برخورد سه‌هستهٔ هلیوم در یك نقطه از ستاره‌ای در مدت زمانی کم‌تر از یك میلیونیم ثانیه، به‌وجودمی‌آید.اکسیژن، سیلیسیوم، گوگرد و عناصر سنگین‌تر بعد ازکربن تشکیل می‌شوند. البته فرایندتشکیل عناصر از این هم فراتر می‌رود...

برونوفسکی: عروج انسان

بخش ۱۳

نورمن، ل. مان
استاد روان‌شناسی
دانشگاه آدلاید، استرالیا

تکامل ذهن

هیچ‌کس تا کنون ذهن را ندیده است. جراحی که مغز رامی‌شکافد تنها رشته‌های عصبی ورگ‌های خونی را می‌بیند. او برای آن‌که بفهمددرمغزچه‌می‌گذرد، ناگزیراست از بیمار سؤالاتی بکند. موج‌نگار مغز (ثبت امواج مغزی) می‌تواند نشان دهدکه‌آیا مغز در حال اندیشیدن است‌یانه. ولی چیزی راجع به‌مطلبی که مغز درباره‌اش‌می‌اندیشد، به‌ما نمی‌گوید. تنها ازطریق ارتباط وزبان است که امکان به‌دست‌آوردن هرگونه تصویر مستقیم از کار مغز به‌وجود می‌آید. به‌همین‌دلیل است که در درك حیات روانی‌جانداران پست‌تر از انسان با مانع اساسی وجدی روبرو هستیم.

یك حکایت کهن چینی وجود دارد که گرایش ساده وطبیعی انسان رانسبت به‌این موضوع آشکار می‌سازد. داستان ازاین قرار است:

Hui Tzu و Chuang Tzu برروی پل رودخانهٔ Hao ایستاده بودند.

Chuang Tzu گفت: «ماهی‌های کوچولو رانگاه کن، چه جست‌وخیزی می‌کنند، آن‌ها چقدر خوشحالند!»

Hui Tzu پرسید: «توکه ماهی نیستی، ازکجا فهمیدی آن‌هاخوشحالند؟»

Chuang Tzu در پاسخ گفت: «توهم من نیستی، از کجا فهمیدی که من خوشحالی ماهی‌ها را نمی‌فهمم؟ ... خوشحالی ماهی‌ها را ازآن‌جا فهمیدم که خودم از آب خوشم می‌آید.»

روان‌شناسی نوین باتمام نیروی خود درصدد است که شیوهٔ برخورد شهودی[1] و انسان‌گونه[2] مطرح کردن مسایل رابه‌یك‌سوی نهدواز راه مطالعهٔ رفتاربه‌چگونگی کار ذهن حیوان پی‌ببرد. همه می‌دانیم که به‌منظور درك پویش‌های ذهنی حیوانات ، پژوهش های تجربی فراوانی باهمهٔ‌انواع‌جانداران به‌عمل‌آمده است‌وپاسخ‌های‌آن‌هادرموقعیت‌های نظارت شده مورد آزمون قرار گرفته است. دراین مقاله هدف این‌است که برخی ازاین آزمایش‌ها مرور شود وسهم آن‌ها در روشن کردن تکامل ذهن معلوم گردد.

مورچه‌ای رادر نظر بگیرید. این حیوان طرح رفتاری فوق‌العاده پیچیده‌ای از خود بروز می‌دهد. آیا این طرح رفتاری‌نشانگر هوش‌اوست ویاامری‌صرفاًخودکاراست؟ مثلا مشاهده می‌کنیم که‌این مورچه، مورچهٔ بیگانه‌ای راکه وارد حریم وی شده است،

1 - Intuitive 2 - Anthropomorphic

مورد حمله قرار می‌دهد. آیا اواین تازه‌وارد را به‌عنوان موجودی بیگانه می‌نگرد و خطری بالقوه را متوجه گروه خود احساس می‌کند؟ ویا در برابر بوی‌ناآشنای تازه وارد واکنشی صرفاً خودکار دارد؟ به‌عنوان آزمایش، مایعی از بدن حیوان تازه‌وارد بیرون می‌کشیم وکمی ازآن را به‌بدن مورچه‌ای از گروه اول می‌مالیم. می‌بینیم موقعی که‌این مورچه به‌لانهٔ خود برمی‌گردد، هم‌لانه‌های او به‌شدت برانگیخته می‌شوندو بی‌درنگ او را مورد یورش قرار می‌دهند ومی‌کشند. بنابراین ، دراین مورد، کنش مورچه هوشمندانه نیست، بلکه وی موافق باسازوکارهایی که طبیعت دراوبه‌وجود آورده است، چون ماشین های خودکار کورکورانه در برابر بو پاسخ می‌دهد.

بااین‌همه، مورچه‌ها توانایی یادگیری دارند. یعنی می‌توان رفتارشان رادگرگون ساخت. حتی اگر به‌اندازهٔ کافی حوصله داشتیم، می‌توانستیم به‌آن‌هایادبدهیم که‌مورچه‌ای رابابوی ناآشنا مورد هجوم قرار ندهند. شنرلا[3] پژوهندهٔ معروف رفتار مورچگان‌دریافت که آنان می‌توانند آزمون مازرا فراگیرند و از وارد شدن به‌بن‌بست‌ها بپرهیزند وبدون لغزش به‌مقصد برسند.

یادگیری همهٔ اقسام‌مازها به‌وسیلهٔ جانداران مختلف در مراتب متفاوت تکامل، حکایت از آن‌دارد که عملا کلیهٔ حیوانات تا حدی تغییر پذیرند. ترتیب وتوالی نسبتاً منظمی از توانایی‌ها در جانداران وجود دارد، هرقدر به‌مدارج بالا صعودکنیم،شکل‌های عالی یادگیری سریع صورت می‌گیردوحیوانات از عهدهٔ انجام مازهای پیچیده‌تری بر می‌آیند. مورچه دراین نردبان تقریباً درجای بالایی قرار دارد.[4]

وقتی به‌**پستانداران** می‌رسیم، دیگر مازرا آزمونی مناسب برای سنجش هوش نمی‌بینیم. یادگیری ماز (چرخش های مناسب‌در ترتیب وتوالی‌های مناسب) برای پستانداران بیش از اندازه ساده است. به‌طوری که موش‌هادراین قبیل یادگیری‌ها قادرند گوی سبقت رااز دانشجویان دانشگاه بربایند وبارها چنین شده‌است! طبیعی است که در سطح موش وبالاتر، باید آزمون‌هارا دقیق‌تر ساخت، چراکه درورای تغییرپذیری‌ساده، توانایی‌های جدیدی پدیدار می‌شوند.

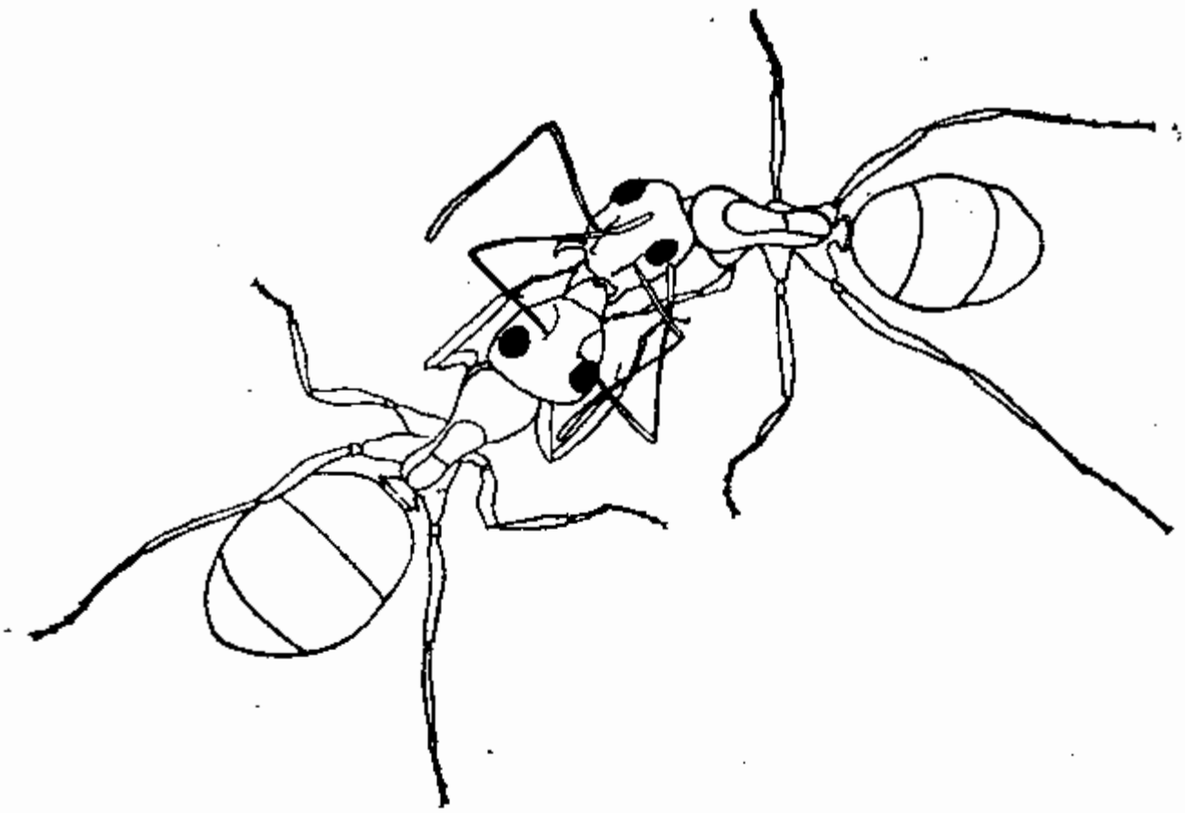
از این توانایی‌ها نخستین آن توانایی **تفکر**[5] دربارهٔ چیزی است که در حال‌حاضر از حوزهٔ احساس و ادراك حیوان به‌دور است. یعنی **بازنمایی**[6] (تصور) **یانمادسازی**[7] محرکی که قبلا وجود داشته ولی فعلا وجود ندارد. این استعداد را معمولا به‌وسیلهٔ آزمون‌های **واکنش تأخیری**[8] می‌سنجند. در یکی ازاین آزمون‌ها حیوان وارد اطاقی می‌شود که دارای سه‌در خروجی مشابه است. او نخست یاد می‌گیرد اگر به‌سمت دری

---

3 - Schneirla, T. C.

۴ــ یادگیری در کرم‌ها نیز وجود دارد. در آزمایشی معلوم شد که Planaria در برابر ضربهٔ الکتریکی خود را جمع می‌کند (پاسخ غیر مشروط) بعد این پاسخ را در برابر نور شرطی کردند (Thompson of McConnell, 1955).

5 - Thinking 6 - Representation 7 - Symbolization
8 - Delayed - Reaction



مورچه‌ها، مورچهٔ بیگانه‌ای را که وارد قلمروشان شود مورد حمله قرار می‌دهند. ولی وقتی مایعی از بدن مورچهٔ بیگانه‌ای بگیریم و آن را به‌بدن مورچه آشنا بمالیم، می‌بینیم که هنگام مراجعت به‌لانه مورد حملهٔ دوستانش قرار می‌گیرد.

حرکت کند که در بالای آن لامپی روشن است (هرکدام ازسه‌لامپ‌بالای‌درهاممکن‌است روشن شود)، می‌تواند از طریق راهرو به‌غذا برسد. امااگر به‌سمت هرکدام ازدودردیگر حرکت کند، شوکی از شبکهٔ الکتریکی وارد بدن او می‌شود. پس از آن‌که حیوان در هربار آزمایش، در دارای لامپ روشن را انتخاب کرد، آزمون واکنش تأخیری‌به‌او داده می‌شود. آزمودنی لامپ روشن را بالای یکی از درها می‌بیند، سپس چراغ خاموش می‌شود و حیوان برای مدتی معین در قفسی نگهداری می‌گردد و آنگاه‌رها می‌شود.آیا اوقادر است دری را که روشن بود، به‌خاطر بسپارد؟ موش وسگ می‌توانند در خروجی را به‌طور صحیح انتخا ب‌کنند— به‌شرطی که در حالت انتظار به‌آنان اجازه داده شودکه در راستای این در قرار گیرند. در این صورت، حیوان پس از آنکه رهاشد، مستقیماً به‌سمت در حرکت می‌کند. اما اگر وضعیت‌بدنی او را تغییر دهیم، به‌قسمی‌که‌رهنمودهای عضلانی را از دست بدهد، دیگر نمی‌تواند موقعیت در را در رابطه با لامپ روشن به‌یاد بسپارد.

راکون[9] که در مقایسه باموش وسگ حیوان بسیار باهوشی است، این آزمون را بارنگ‌های زودگذر (رنگ‌هایی که ظاهر می‌شوند و به‌زودی ازبین‌می‌روند) باموفقیت

9 - Raccoon

پاسخ می‌دهد. دیگر ضرورتی ندارد که حیوان را به‌آن سمت متوجه ساخت، بلکه‌راکون در قفس انتظار خود مرتب پایین وبالا می‌رود وبه‌مجرد رها شدن درست به‌سمتی حرکت می‌کند که قبلا لامپ روشن بود. پس آن‌چه بازنمایی چراغ روشن را برای راکون‌امکان پذیر می‌سازد، تنش عضلانی نیست، بلکه پدیده‌ای است‌که به‌دستگاه عصبی او مربوط می‌شود. پایایی این **حافظه**[10] در مورد راکون حدود ۲۵ ثانیه است.

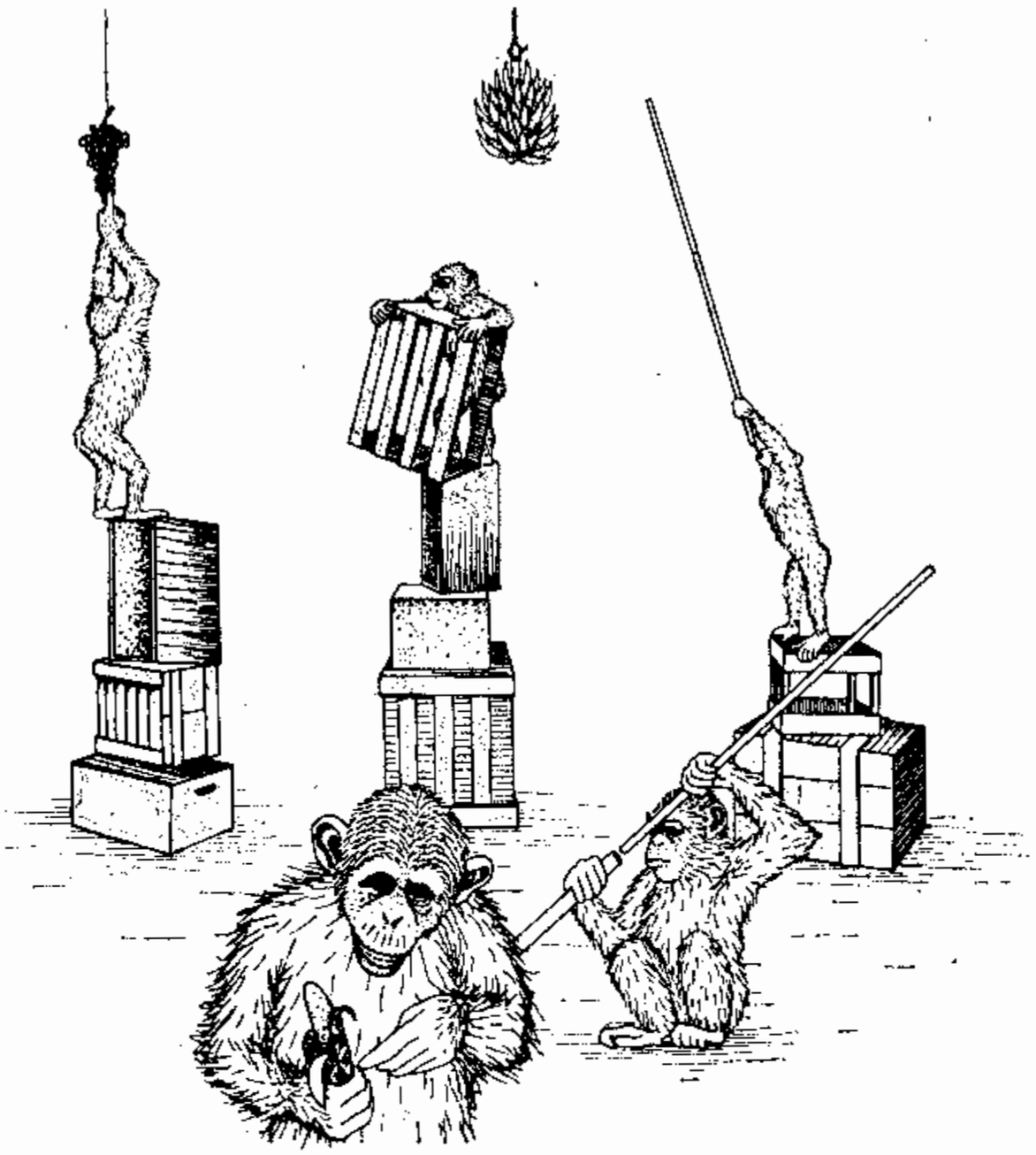
در آزمایش هایی که قسمت‌هایی از مغز حیوان برداشته می‌شود، به‌وضوح معلوم می‌گردد که این مسئله ــ به‌یاد سپردن آن‌چه دیگر موجود نیستــ بالب‌های پیشانی‌مغز در ارتباط است. اگر هر دو لب پیشانی برداشته شود و یا آسیب‌ببیند، دیگرحیوان نمی‌تواند آزمون واکنش تأخیری را با موفقیت انجام دهد. لیکن آسیب وارده به‌سایر منطقه‌های مغز، تأثیر جدی در انجام این آزمون نمی‌گذارد.

اگر در سلسله مراتب [تحول] از موش تا انسان صعود کنیم، می‌بینیم حیوانات پیشرفته‌تر از موش قادرند پاسخ‌های تاخیری باپیچیدگی‌های بیش‌تری از خودنشان دهند. مثلا **بوزینه**[11] قادر است بدون آن‌که آموزش اولیه‌ای در کار باشد، به‌درستی از عهده انجام یك گزینش تأخیری برآید. در آزمایشی همزمان باجلب توجه آزمودنی‌به‌یك‌جفت فنجان وارونه گذاشته شده، یك تکه کاهو زیریکی ازآن‌ها قرار می‌دهیم وسپس فنجان‌ها رابا پرده‌ای می‌پوشانیم ویا بوزینه‌رابرای مدتی از آن‌جا دور می‌کنیم. پس از فاصلهٔ زمانی معین، حیوان راباز در مقابل آن دوفنجان قرار می‌دهیم. بوزینه درصورتی‌می‌تواند به‌کاهو دسترسی پیدا کند که فنجانی راکه زیرش کاهو نهاده شده است، بردارد. اوباید به‌یاد بسپارد که آیا کاهو زیر فنجان سمت راست پنهان شده است ویا فنجان سمت چپ. (بوی کاهو اصلا نقشی ندارد؛ چون فنجان‌ها هردو به‌شیرهٔ کاهو آغشته شده‌اند). پاره‌ای از بوزینه‌ها قادرند حتی پس از ۲۴ ساعت تاخیر بلااستثنا درست عمل کنند.

حال مسئله را بغرنج‌تر می‌کنیم. چند جفت‌فنجان برمی‌داریم‌وزیرهرکدام‌ازجفت‌ها به‌طور تصادفی زیر فنجان راست ویا چپ هرکدام از جفت‌هاــ غذایی‌قرار می‌دهیم. پس از مدتی تاخیر (دورشدن حیوان از صحنهٔ آزمایش) حیوان را آزادمی‌گذاریم تا غذا را زیر هرکدام از فنجان‌های جفت پیداکند. طی آزمایشی **بوزینه‌ها** و **شمپانزه‌ها** دراین آزمون مورد مقایسه قرار گرفتند. البتهٔ شمپانزه ها چه از حیث صحت پاسخ وچه ازلحاظ فراخنای حافظه در مرحلهٔ بسیا ربالاتری قرار داشتند.

جالب‌ترین نکته در خصوص این‌آزمایش این‌است که بوزینه‌ها وشمپانزه‌هانه‌تنهایاد می‌گیرند که غذا در **کجا** قرارداده شده است، بلکه **آن‌چه** راهم زیرفنجان گذاشته‌می‌شود، به‌خاطر می‌سپارند. اگر موزی رازیر یکی از فنجان‌هاقرار دهیم ودر فاصلهٔ زمانی‌تاخیر، جای آن را با کاهو عوض کنیم، حیوان پس از برداشتن فنجان ودیدن کاهو به‌جای‌موز، که مورد انتظارش بود، دنبال موز گمشده می‌گرددوحتی ممکن است اوقاتش نیزتلخ‌شود. توانایی بازنمایی یا نمادسازی تجربه آن‌گاه که محرك غایب [دور ازحیطهٔ احساسی

10 - Memory 11 - Monkey (با استفاده از آثار دکتر بهزاد)



برای برداشتن موز، شمپانزه‌ها جعبه‌ها را روی هم می‌گذارند و بالای آن می‌روند، یا از چوب درازی به‌شیوهٔ پرش با نیزه استفاده کرده‌اند، یا به‌شیوهٔ تارزان از طناب استفاده کرده‌اند، یا دو قطعه نی را به‌هم وصل کرده‌اند تا به‌قدر کافی طولانی شود و به‌موز برسد.

حیوان] است، گام فوق‌العاده مهمی در تکامل ذهن است[این توانایی راه‌را برای‌ادارك و تفکر هموار می‌سازد.] هنگامی که مغز توانست دربارهٔ موضوعی یارویدادی بیندیشد، می‌تواند با درنظرگرفتن علایم و قراین به‌استنتاج بپردازد. و به‌جای این‌که از آزمون و خطای آشکار در حل مسایل استفاده کند، از استدلال سودجوید. ★

اینك به‌ذکر آزمونی می‌پردازیم که نکته راروشن می‌سازد. حیوان راپشت یك‌تور سیمی ویا صفحهٔ شیشه‌ای قرار می‌دهیم، به‌ترتیبی که او غذایی رادرآن سوی مانع ببیند. حیوان برای این‌که به‌غذا برسد، باید مانع رادور زند. جوجه مرغ ویاموش نمی‌توانند

موقعیت را درك کنند: برای رسیدن به‌غذا، مرتب چنگ می‌زنند. سرانجام‌به‌طورتصادفی به‌این سوی وآن سوی می‌دوند وممکن است اتفاقاً غذا را پیدا کنند. باردوم اگرآزمایش کنیم باز حیوان مانع رامورد حمله قرار می‌دهد، ولی‌این‌بار زودتر از دفعهٔ پیش ازاین کار دست می‌کشد ودر مدتی کم‌تر از قبل به‌غذا می‌رسد. وپس از چندبار آزمایش‌سر انجام یادمی‌گیرد که‌بلافاصله مانع را دوربزند وبه‌غذا دسترسی‌پیدا کند.

اما بوزینه یا شمپانزه بسرعت موقعیت رادرمی‌یابندوبدون توقف وبدون انجام‌دادن حرکت‌های نادرست، مانع‌را دور می‌زنند. **نخستی‌ها**[12] می‌توانندبه‌طور ناآشکار موقعیت رادرمغز خود بررسی کنند: یعنی از مقدمات به‌نتیجه‌ای برسند وببینند چه چیزی به‌چه چیز دیگر منتهی می‌شود. یعنی می‌توان گفت که حیوان هم از طریق مشاهده‌وهم از راه عمل ، فرامی‌گیرد. این وابستگان نزدیك، دارای خصوصیتی هستند که **کهلر**[13] روان‌شناس گشتالت مشهور آن را **بینش**[14] (یا بصیرت) نامیده است.

میزان بینش بوزینه‌ها و شمپانزه‌هارا باید بامطرح ساختن مسایل پیچیده‌تری مورد آزمون قرار داد. موزی از سقف قفس شمپانزه آویخته می‌شود به‌طوری‌که دست‌شمپانزه بدان نمی‌رسد. وسایل کمکی ممکن برای رسیدن به‌موز در قفس قرارداده‌می‌شود ــ چوب، جعبه وطناب . آیا شمپانزه راآن توانایی هست که با استفاده ازاین وسایل به‌ابتکاری دست بزند؟ پاسخ مثبت است. مشاهده شده است که‌شمپانزه ها جعبه‌ها راروی هم گذاشته وبالای آن رفته‌اند وبه‌موز رسیده‌اند ویاازیك چوب دراز به‌شیوه‌ای همانند پرش با نیزه استفاده کرده‌اندویا به‌شیوهٔ تارزان از طناب استفاده کرده‌اندویادوسر چوب (نی) رابه‌هم وصل کرده‌اند تا به‌اندازهٔ کافی طولانی شود وبه‌موز برسد. دیده شده است که شمپانزه‌ها یك قطعه نی را با زبان خود ترمی‌کنند و بعدآن را روی زمین می‌اندازند و منتظر می‌مانند تا مورچه‌ها روی آن جمع شوند، آن‌گاه مورچه‌ها را می‌خورند.

گاه شمپانزه ها حتی استادان‌پژوهشگررادچارشگفتی ساخته‌اند. **رابرت ، م. برکز**[15] خوش داشت از شمپانزه‌ای سخن گوید که در آزمایشی مورد مطالعه قرار گرفت. برکز دربرابر شمپانزه مسئله‌ای قرار داد که به‌نظر وی‌سه راه‌حل داشت. ولی حیوان بااستفاده ازراه چهارم که به‌ذهن پروفسور نرسیده بود، به‌حل آن پرداخت. **کهلر** نیز تجربهٔ‌مشابه آن را ذکر می‌کند. وی برای آن‌که شمپانزه بتواند به موزی که سه‌متر از سطح زمین فاصله داشت، برسد، چند جعبه واشیای مختلف در کنار او قرار داد.اما شمپانزه پس از بررسی موقعیت ، دست کهلر را گرفت‌واورا در وضعیتی [خاص] زیر موز قرار داد

---

12 - Primates 13 - Kohler, W.. (1887 - 1967)

روان‌شناس آلمانی‌الاصل آمریکا،بنیان‌گذار مکتب گشتالت. پاولوف کهلر را از این نظر که وی در تحلیل رفتار شمپانزه از اصطلاحات ذهنی (مانند بینش) مربوط به انسان استفاده می‌کرد، مورد انتقاد قرار داده است.

14 - Insight

15 - Yerkes, R. M. (1876 - 1959)

روان‌شناس مقایسه‌ای مشهور آمریکا که مطالعات دامنه‌داری با شمپانزه‌ها و گوریل‌ها انجام داده است.

و خود از شاگرد پروفسور بالارفت و دستش به‌موز رسید.

حال به‌آزمون دقیق‌تری می‌رسیم که به‌وسیلهٔ **والتر، س. هانتر**[16] فقید طرح وابداع شد. این ابزار مازی است از نوع‌بسیار بغرنج وشامل راهروهای باریکی به‌شکل T. آزمودنی‌از پای T آغاز می‌کند و به‌طرف بالا حرکت می‌کند و درانتها به‌سمت‌راست ویاچپ می‌پیچید واز طریق راهروی دیگر دوباره به‌نقطهٔ شروع می‌رسد. آزمودنی برای گرفتن پاداش (واجتناب از ضربه الکتریکی که به‌دنبال چرخش نادرست واردمی‌شود)، باید چهار مرتبه این مسیر را طی کند، بدین‌ترتیب که‌در نخستین ودومین دور به‌سمت راست رأس T حرکت کند ودر نوبت‌های سوم وچهارم‌به‌سمت‌چپ بپیچد. به‌عبارت‌دیگر، حیوان باید بیاموزد که ترتیب درست راست، راست، چپ و چپ است. دراین آزمایش هیچ‌گونه رهنمودی در کار نیست: نه‌رهنمودروشنایی، نه‌رهنمود عضلانی ونه‌هیچ نوع نشانه‌ای که در خصوص ترتیب درست، حیوان رایاری‌کند. به‌یك معنی می‌توان گفت‌که حیوان باید فراگیرد چه **اصلی** در ذهن پژوهشگر وجود دارد. او باید این اصل راطی پویش‌های ناآشکار مغز وبراثر کاربرد نمادها به‌منظور بازنمایی «آزمایش‌ها» متوجه‌شود.

موش به‌کلی عاجز از حل این مسئله است. حتی پس از ۲۰۰۰ بار آزمایش تنها احتمال چند درصدی وجود دارد که بتواند درست عمل کند. راکون وگربه پس از۵۰۰ تا ۸۰۰ بار آزمایش توانستند این آزمون را پاسخ درست گویند، بوزینه وشمپانزه نیز پس از تقریباً ۱۰۰ بار آزمایش ترتیب درست را دریافتند.

در این آزمایش، آزمودنی انسان نیز در آغاز همانند حیوانات پست‌ترعمل‌می‌کند. چرا که نمی‌توان ازطریق بررسی دقیق، طرحی برای جواب صحیح کشف کرد. اما برای شخص بزرگ سال تنها چندبار آزمایش کافی است که مسئله رادرك کند. وی ناگهان فریاد می‌زند: «فهمیدم، باید دوبار به‌راست بپیچم ودوبار به‌چپ». تعداد این آزمایش‌ها باضریب هوشی، به‌گونه‌ای که آزمون‌های کتبی هوشی می‌سنجند، همبستگی قابل ملاحظه‌ای دارد.

کودك پیش از سه‌سالگی از عهدهٔ حل این مسئله برنمی‌آید. کودکان تازمانی که نتوانند مسئله را کلامی بسازند، هیچ‌برتری برحیوانات ندارند. مسلماً در آزمایش فوق کلامی ساختن ضروری نیست، زیرا که اگر ضروری بود، حیوانات نمی‌بایست بدان‌پاسخ درست می‌دادند؛ اما قطعاً کمك می‌کند. کلمات بیش ازهمه نمادهایی هستندکه تجربه‌ها را بازنمایی می‌کنند وبدین‌ترتیب کمبودهایی راکه در برقراری مناسبات وجود دارد، برطرف می‌سازند.

اینك مرحلهٔ مهم دیگری در تکامل ذهن به‌وقوع می‌پیوندد که اهمیت‌آن‌به‌مراتب بیش‌تر از تحولات پیشین است. شمپانزه باوجود برخورداری از سطح هوشی‌معین (در سال‌های اول و دوم زندگی با هوش‌تر از کودك انسان عمل می‌کند)، قادر به‌فراگیری زبان نیست. البته می‌توان چند کلمه‌ای به‌او آموخت، ولی برای یاددادن هر کلمه باید

16 - Hunter, W. S.

ماه‌ها وقت صرف کرد وبیش از ۵کلمه نمی‌تواند یادبگیرد. به‌علاوه،قادر نیست کلمات را آن‌گونه که ما به‌کار می‌گیریم، به‌کارگیرد. شمپانزه بدین‌منظور کلمه‌ای را به‌کار می‌برد تابدان‌چه می‌خواهد برسد وفقط به‌صورت امرآن را مطرح‌می‌سازد. وتنها دربرابر معلم است که کلمه‌ای را برزبان می‌آوردونه در برابر سایرمردم ویا شمپانزه‌های‌دیگر. او قادر نیست دوکلمه را کنار هم بگذارد. به‌کار بردن کلمات برای شمپانزه بایی‌میلی واکراه همراه است. تنها زمانی سخن می‌گوید که ازسایر تلاش‌های خود نتیجه‌ای‌نگرفته باشد، گویی‌حرف زدن برای او فوق‌العاده دردناك‌است.

در حقیقت شمپانزه با همنوع خود حرفی نمی‌زند. دلیلی بروجود کلام‌درشمپانزه‌ها در دست نیست. سروصداهای صوتی خود به‌خودی تنها زمانی به‌وجود می‌آیند که‌حیوان از لحاظ هیجانی برانگیخته می‌شود و به‌ظاهر این اصوات اهمیت‌زبانی جزباخبرساختن سایر شمپانزه‌ها ندارند.

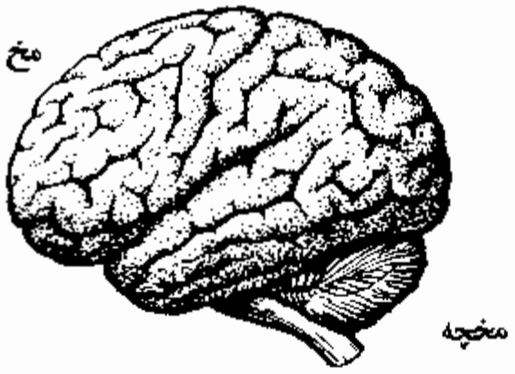
★ چرا **انسان ریخت**[17] های نزدیك به‌انسان ، باوجودآن‌که قادرندبه‌نمادسازی ذهنی بپردازند، نمی‌توانند سخن بگویند؟ این همواره معمایی بزرگ بوده‌است. آنان‌ازتجهیزات صوتی کافی برخوردارندــ دامنهٔ گسترده‌ای از صوت‌هارا می‌توانند ایجاد کنندــ اما باید گفت چنین کلماتی هیچ کمکی به‌وی نمی‌کنند. مشاهدهٔ مغز انسان ریخت،دلایل‌عدم توانایی آنان رادرسخن گفتن روشن می‌سازد. مغز یك شمپانزهٔ کاملا رشد یافته، تنها یك پوند وزن‌داردــ یك‌سوم مغز آدمی. نسبت وزن مغز این‌حیوان به‌وزن بدن۱/۱۵۰ است این نسبت‌در انسان ۱/۵۰ ست. یعنی شمپانزه برای‌اداره‌کردن بدنی به‌بزرگی وپیچیدگی بدن ما، ۱/۳ وزن مغز مارا داراست. از طرف دیگر، در مغز انسان‌ریخت‌ناحیهٔ‌پیشانی که مسئول همخوانی‌ها (تداعی‌ها) و کارکردهای نمادی (سمبولیك) است، در مقایسه با سایر قسمت‌ها بسیار کوچك تر از مغز ماست. به‌نظرمی‌رسد که‌مغز شمپانزه به‌کلی‌فاقد آن قسمت از لب پیشانی چپ که به‌ناحیهٔ **بروکا**[18] معروف است، باشد. این ناحیه‌بخشی از مغز است که با گفتار ارتباط دارد.

انسان ریخت‌ها برخلاف نوزاد آدمی اصوات خود به‌خودی ازخود بروز نمی‌دهند. مطالعهٔ شمپانزهٔ مادهٔ مشهور به‌نام «**ویکی**» که درست مانند کودك انسان به‌وسیلهٔ خانوادهٔ **هیز**[19] ــ در آزمایشگاه زیست‌شناسی نخستی‌یرکزــ تربیت می‌شد، این مسئله راتوضیح می‌دهد. کتاب معروف خانم هیز، به‌نام «**انسان ریختی درخانه‌ما**»[20] حاکی ازتوجه‌شایانی به‌آموزش زبان در «ویکی» است.

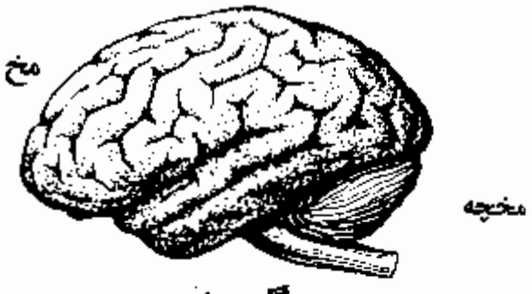
«ویکی» هرگز اصوات خود به‌خودی از خودنشان نداد. او به‌غیراز مواقعی که از لحاظ هیجانی برانگیخته می‌شد، ساکت بودواز آن‌جاکه انگیزه‌ای برای سخن‌گویی نداشت، ازینرو پژوهشگران برآن شدند که اورامجبور سازند هنگام شام‌صدایی‌درآورد، همچنان که‌سگ‌را می‌آموزند که برای خواستن غذا پارس کند. «ویکی» وقتی ازشیر

---

17 - Ape (با استفاده از آثار دکتر بهزاد) 18 - Broca
19 - Hayes, Keith and his wife 20 - "An ope in our House"

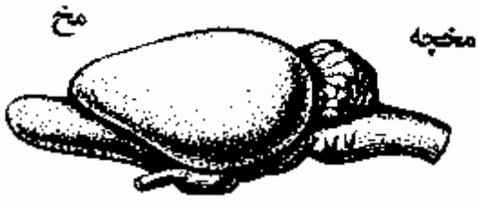


انسان



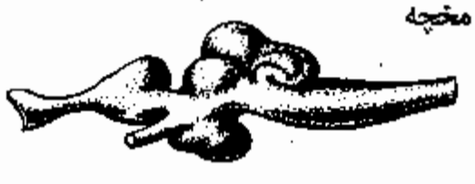
گوریل

سگ



موش

کبوتر



سگ‌ماهی

مخ و مخچهٔ شش‌گونه در این تصویرها مقایسه شده است. اندازهٔ طبیعی مغز در این‌جا رعایت نشده است.

محروم می‌شد مختصر صدای رنجش‌آمیزی («او او») ازخود بروز می‌داد. این‌صدابه وسیلهٔ دادن شیر مورد پاداش قرار می‌گرفت . پس از ۵ هفته آموزش ، روزی «ویکی» صدای بلندی «آهه» همراه با تغییر شکل دادن چهره از خودنشان داد. پس‌ازآن هربار ازاوخواسته می‌شد، حرف بزند، صدای «آه» ازخوددرمی‌آورد. خانم‌هیز سپس برآن‌شد که کلمهٔ «ماما» رابه‌او بیاموزد. برای این‌کاراو می‌بایست لب‌هایش‌رابه‌هم فشار دهدو سپس آن‌ها راازهم‌بازکند،همان گونه‌که درگفتن «آهه» برای خواستن‌غذاچنین‌می‌کرد. پس از چند هفته «ویکی» به‌تنهایی«ماما» می‌گفت.«ویکی»پس ازآن‌که‌توانست‌صداهای مسخره را تقلید کند، واژهٔ «پاپا» را بازحمت فراوان برواژگان خود افزود. آن‌گاه یادگرفت که با تکرار سریع اصوات ك‌و پ به‌دنبال هم ، «کاپ» راادا کند. بعدهااووقتی آب می‌خواست، «سی.اچ» را برآن می‌افزود وهرموقع می‌خواست‌اورا سوارماشین‌کنند، دندان‌هایش رابه‌هم می‌زد. «ویکی» هرگز این پنج«واژه» رابرای‌هدف‌های اجتماعی‌و یابیان خود مدارانه به‌کار نگرفت. اوتنها زمانی «حرف می‌زد»که‌راهی‌جزآن بـرای رسیدن به‌هدف‌وجود نداشت. هیچ مدرکی مبنی برینش «ویکی» نسبت به‌مضمون‌زبان مشاهده نشد.

لیکن موقعی که کودکان زبان را فرامی‌گیرند، مسئله به‌کلی‌فرق‌می‌کند. آن‌بینش دفعی که جزئی از یادگیری زبان به‌شمار می‌رود، به‌به‌ترین وجه در تجربهٔ **هلن کلر**[21] متجلی است. معلم وی **آن‌سالی‌وان**[22] چگونگی کشف نخستین واژه راازجانب هلن که ه‌وسیلهٔ دست توضیح داده می‌شد، چنین شرح می‌دهد: هلن یك روز صبح در سن۷سالگی بااشاره به‌آب ولمس کردن دست معلم خود جویای نامی برای‌آب شد. خانم‌سالی‌وان مطابق باالفبای دستی واژهٔ «واتر» رابرای او هجی‌کرد. پس‌ازآن،هنگامی‌که‌هلن ومعلم به‌سمت چاه آب می‌رفتند، معلم از هلن خواست بایك دست لیوان خودرا زیرشیرآب‌تلمبه نگه‌دارد ودر عین حال واژه «وـــاـــتـــر» رابرای اوـ ازطریق انگشتان دست‌دیگر وی، هجی کرد. خانم سالی وان می‌گوید:

«این واژه که به‌احساس آب خنکی که بردست‌های هلن فرو می‌ریخت، بسی‌نزدیك می‌نمود، گویی او را دچار وحشت ساخت. لیوان رازمین انداخت ودرجای خودمیخکوب شد. چهرهٔ او را فروغ تازه‌ای فراگرفت. واژه «واتر» راچندین‌بارهجی کرد. سپس خود را به‌زمین انداخت ونام‌آن را پرسید وبعد تلمبه‌وداربست‌را نشان داد وناگهان‌به‌سوی من‌برگشت ونام مراپرسید. من واژهٔ «معلم» را برایش هجی کردم. همین موقع پرستار خواهر کوچك هلن را به‌محل تلمبه آورد وهلن «بی‌بی» راهجی کرد وبه‌پرستاراشاره کرد. او در سرتاسر راه برگشت به‌خانه فوق‌العاده هیجان‌زده بود و نام هرشیء را که لمس می‌کرد، فرا می‌گرفت؛ به‌طوری که طی چند ساعت، ۳۰ واژه‌به‌واژگان‌خودافزود»

21 - Helen Keller (نویسنده کر و لال و کور آمریکایی)
22 - Anne Sullivan

روز بعد هلن چون «پری سبکبال» ازهر چیزی سراغ چیز دیگری می‌رفت ونام گذاری می‌کرد.

آن‌چنان که **ارنست کاسیرر**[۲۳] فیلسوف آلمانی در کتاب«رساله‌ای‌درباب انسان»[۲۴] یادآور شده است، کشف این که هر شیء برای خود نامی دارد، «چونان انقلاب عقلانی» است. او می‌نویسد: «کودك [به‌برکت کشف نام اشیا] جهان را در روشنایی تازه‌ای می‌بیند. ویادگیری کاربرد واژه‌هااز جانب کودك، صرفا به‌صورت نشانه و علامت مکانیکی نیست، بلکه واژه در حکم ابزار کاملا نوین اندیشه عمل می‌کند.»

حیوان را به‌این‌گونه بینش (بصیرت) دسترسی نیست، حتی هوشمندترین حیوانات پست‌تر ازانسان، تنها در برابر اصوات ازخودواکنش نشان می‌دهند ونه معنی کلمات. **ترندایك**[۲۵] فقید زمانی این نکته رابه‌وسیلهٔ آزمایشی برروی گربه‌هانشان داد. او گربه‌ها را به‌گونه‌ای تربیت کرده بود که هروقت می‌گفت «می‌خواهم گربه‌هاراغذا دهم»، آن‌ها به‌سوی جعبهٔ غذا می‌دویدند ــ حتی‌زمانی که‌غذایی درجعبه‌نبود. روزی ترندایك‌به‌منظور آزمودن درك کلمات از سوی گربه‌ها،وقت‌غذا گفت:«امروزسه‌شنبه‌است» گربه‌هابی‌درنگ به‌جانب جعبه شتافتند. واژه‌های «نام من ترندایك است»نیز همین پاسخ را برانگیخت.

شکسپیر[۲۶] می‌پرسد: «نام چیست؟ گل سرخ هرنامی داشته باشد، رایحهٔ دل‌انگیزی خواهد داشت.»* شاید چنین باشد. لیکن همین نامیدن اشیا تفاوت عظیمی است که ذهن آدمی را از ذهن حیوان جدامی‌سازد. به‌هر تقدیر، مغز انسان تامرحله‌ای تکامل پیدا کردکه اونه‌تنها قادربود که دربارهٔ اشیاء بیندیشد (به‌یاری تصویرهای ذهنی‌ویاهرآن‌چه در حیوانات وجود دارد)، بلکه در کاربرد نام اشیا ارزشی را نیز متوجه‌گردد. به‌برکت زبان بود که نوع انسان وارد جهان نوینی شد، توانست به‌روشنی بیندیشد، توانایی آن را یافت‌که درگذشتهٔ خویش تأمل و غور کند و راه‌آینده را برای‌خودبگشایدوبرمحیط تسلط یابد. آیندهٔ حیوانات مادون انسان با طبیعت درهم آمیخته‌است، درگذرگاه‌جهش‌ها وانتخاب طبیعی. اما آیندهٔ انسان در پرتو موهبت زبان، عمدتاًدر اختیاراوست.

ترجمهٔ ح. قاسم‌زاده

---

23 - Cassirer, E. (1874 - 1975)

24 - "An essay on man"

نمایندهٔ مکتب نوکانتی و از جمله آثار وی «مسئلهٔ شناخت»است.

25 - Thorndike, E. L. (1874 - 1949)

روان‌شناس تربیتی آمریکا که در زمینه یادگیری از راه «آزمون و خطا» (trial and error) به پژوهش‌های ارزشمندی دست زد.

26 - Shakespeare, W. (1564 - 1616).

* مولوی گوید:

درگذر از نام و بنگر در صفات — تا صفاتت ره نماید سوی ذات

مشخصات برخی آثار روان‌شناسی به‌زبان فارسی

۱ــ **انسان، مربی و نویسنده**، آ. مارکانکو، ترجمهٔ ب، کیوان
انتشارات بامداد، چاپ دوم، تهران، ۱۳۵۲، ۱۶۰ صفحه

۲ــ **داستان پداگوژیکی**، آ. ماکارنکو، ترجمهٔ گامایون
انتشارات نیلوفر، تهران، جلد اول و دوم (۲۸۹، ۳۱۳ صفحه)

۳ــ **پدیده‌های شگفت‌انگیز در آسمان و زمین**، مزنتسف، ترجمهٔ دکتر عبدالکریم قریب، انتشارات هدهد، تهران، ۱۳۶۰، ۲۵۶ صفحه

۴ــ **کندوکاوی در مسایل تربیتی ایران**، صمد بهرنگی، چاپ دهم، انتشارات شبگیر، تهران، ۱۳۵۶، ۱۱۹ صفحه

۵ــ **شکوفایی تن و جان در کانون های تربیتی**، آ. ماکارنکو، ترجمهٔ ب. کیوان انتشارات بامداد، تهران، ۱۸۴ صفحه

۶ــ **روان‌شناسی**، ك. پلاتونوف، ترجمهٔ رزم آزما، انتشارات گوتمبرگ، تهران، ۱۳۴۵، ۳۳۵ صفحه

۷ــ **روان‌پزشکی علمی**، گ‌ه موروزوف و ورماسنکوف، ترجمهٔ دکتر جعفر شفیعی، شمس، تبریز، ۱۳۵۷، ۲۱۶ صفحه

۸ــ **آیا انسان زادهٔ میمون است**، دکتر محمود بهزاد، سازمان کتاب‌های جیبی، تهران، ۱۳۴۳، ۱۵۷ صفحه

۹ــ **نژادگرایی و علوم نو**، اتوکلاین برگ، ترجمهٔ ج. نوایی، انتشارات شبگیر، تهران، ۶۶ صفحه

۱۰ــ **فرویدیسم با اشاراتی به‌ادبیات و عرفان**، ا. ح. آریان‌پور، چاپ دوم، شرکت سهامی کتاب‌های جیبی، تهران، ۱۳۵۷، ۳۲۱ صفحه.

۱۱ــ **پسیکولوژی، علم روح**، تقی ارانی، انتشارات آبان، تهران ۱۳۵۷، ۲۹۶ صفحه.

۱۲ــ **بررسی انتقادی روان‌کاوی**، ولز، هاری‌کی، ترجمهٔ مصطفی مفیدی، امیرکبیر، تهران، ۱۳۵۶، ۳۱۲ صفحه.

۱۳ــ **روان‌شناسی فروید**، کالوین اس. هال، ترجمهٔ هوشنگ تیزابی، انتشارات آسیا، تهران، ۱۸۹ صفحه.

۱۴ــ **رسالت زیگموند فروید**، اریش فروم، ترجمهٔ فرید جواهرکلام، شرکت سهامی کتاب‌های جیبی، تهران، ۱۳۴۸، ۱۵۹ صفحه.

۱۵ــ **نقش مدرسه و خانه در تربیت کودك**، نیکلای نوسف، ترجمهٔ خسرو روزبه، ابوریحان، تهران، ۱۳۶۰، ۱۶۹ صفحه.

۱۶ــ روان‌شناسی اجتماعی، اتوکلاین‌برگ، ترجمهٔ علی محمد کاردان، اندیشه، تهران، ۱۳۴۲، (دوجلد)، ۶۲۲ صفحه.

۱۷ــ **تئوری تکامل وروان‌شناسی**، دکتر محمود بهزار، انتشارات جاویدان، تهران، ۱۳۵۵، ۱۴۱ صفحه.

۱۸ــ **روان‌شناسی حیوانی**، دکتر محمود بهزاد، انتشارات جاویدان، تهران، ۱۳۵۵، ۱۵۴ صفحه.
۱۹ــ **تاریخ روان‌شناسی جدید**، روشن، ترجمه و نگارش ایرج پور باقر، انتشارات آسیا، ۱۶۶ صفحه.
۲۰ــ **علم، جامعه و انسان**، (جلد دوم)، ترجمهٔ پرویز شهریاری، انتشارات هدهد، تهران، ۱۳۶۰، ۲۵۳ صفحه.

کتاب‌های اجتماعی که در زمینه های مطالعهٔ شخصیت و رفتارهای اجتماعی مفید می‌باشند

۱ ــ **جامعه‌شناسی و دینامیسم اجتماع**، علی‌اکبر ترابی، انتشارات چهر، تبریز، (چاپ پنجم)، ۱۳۵۷، ۷۸ صفحه.
۲ ــ **زمینهٔ جامعه‌شناسی**، ا. ح. آریان‌پور، دهخدا، تهران، (نشر هفتم)، ۱۳۵۳، ۶۰۶ صفحه.
(احتمالا چاپ‌های جدیدتر نیز وجود دارد)
۳ ــ **دوزخیان روی زمین**، فانون، انتشارات تلاش، اهواز، ۱۶۲ صفحه (در دوقسمت)
(چاپ‌های دیگر نیز وجود دارد)
۴ ــ **پوست سیاه، صورتک‌های سفید**، فانون، ترجمهٔ محمد امین کاردان، خوارزمی، تهران ۱۳۵۲، ۲۴۲ صفحه.
۵ ــ **خورده‌بورژواها**، ماکسیم گورکی، انتشارات فرخی، تهران، ۱۶۰ صفحه.
۶ ــ **زوال شخصیت**، ماکسیم گورکی، نشر طوفان، ۶۵ صفحه.
۷ ــ **گاو**، غلام‌حسین ساعدی، آگاه، تهران ۱۳۵۴ (چاپ چهارم)، ۱۱۱ صفحه.
(چاپ های دیگر نیز وجود دارد).
۸ ــ **اهل هوا**، غلام‌حسین ساعدی، امیرکبیر، تهران، ۱۳۵۵، ۱۵۵ صفحه،
(احتمالا چاپ‌های دیگر نیز وجود دارد).
۹ ــ **انسان، پراتیك اجتماعی، رفتار فردی وی**، احسان طبری، مروارید، تهران، ۱۳۵۸، ۱۳۲ صفحه.
۱۰ــ **نوشته‌های فلسفی و اجتماعی** ــ (بخش نخست)، احسان طبری، تهران ۱۳۵۹، ۵۷۱ صفحه.

نوربرت‌وینر
من ریاضی‌دانم (۴)

دوران سفرهایم به‌خارجه

ماکس بورن[1] و نظریهٔ کوانتوم

تنها دوسال ازکنگرهٔ استراسبورگ گذشته بود که دوباره توانستم به‌خارج از کشور سفر کنم. قسمتی از علاقهٔ شدید من به‌رفتن به‌اروپا مربوط به‌این بودکه می‌خواستم با اندیشهٔ ریاضی اروپا بیش‌تر آشنا شوم، این چیزی بود که قبلا هم مرا خوشحال‌کرده بود، ولی قسمتی هم به‌اوضاع و احوال زندگی خانوادگی ما مربوط می‌شد.

پدر و مادر من، بلافاصله بعد از جنگ، مزرعه‌ای با یك خانهٔ مسکونی و یك باغ سیب در گروتون[2] (ماساچوست) خریدند. آنان بعد از بازنشسته شدن پدر این تصمیم را گرفتند، و آن وقت همهٔ ماموقع تعطیلات به‌گروتون رفتیم. متأسفانه، برای این که جا بیفتیم و کارها روبه‌راه شود به‌نیروی همهٔ عضوهای خانواده نیاز بود. و ما، یعنی نسل جوان‌تر، از این مزاحمت‌ها به‌سختی نگران بودیم. ما ناچار بودیم به‌سختی کار کنیم تا راه زندگی خود را بگشاییم. بنابراین، می‌خواستیم در وقت آزادی که داشتیم استراحت کنیم تا تجدید نیرویی کرده باشیم. ما به‌هیچ‌وجه مایل نبودیم فراغت خود را به‌هدر بدهیم و به‌خاطر پرورش سبزی و یا پاك‌کردن جنگل عرق بریزیم.

خواهرم کنستانس در کالج اسمیت[3] معلم ریاضی بود. برادرم در انستیتوی‌صنعتی ماساچوست شیمی می‌خواند. کنستانس دختری فعال و دارای اعتماد به‌نفس بود و دیگر داشت به‌صورت زنی واقعی درمی‌آمد. پدر و مادر او را تکیه‌گاه اصلی خانواده می‌دانستند و در بین ما تنها کسی بود که می‌شد اصطلاح Savoir faire[4] فرانسوی‌ها را در مورد او به‌کار برد. درست همان مساله‌هایی که، مرا هرروز بیش‌تر از روز پیش از مادرم دور می‌کرد، موجب نزدیکی هرچه بیش‌تر او به‌مادر می‌شد.

بدون تردید، مستقل‌ترین عضو خانوادهٔ ما خواهرم برتا[5] بود. هفت‌سال اختلاف سنی که با هم داشتیم، او را از دشواری‌های خاص روش تربیتی پدر نجات داده بود. او نه‌تنها در معرض چنان فشارهایی نبود که من تحمل کرده بودم، بلکه حتی‌درمعرض چنان اعمال نفوذهایی هم، که بر کنستانس وارد شده بود، قرار نمی‌گرفت. وقتی که

---

1. Max Born 2. Groton

۳. کالج دخترانه در شهر نورتمپتن (ایالت ماساچوست)

۴. در این‌جا، به‌معنای «مهارت و توانایی زندگی کردن».

5. Bertha

برتا دبیرستان را می‌گذراند، تمام خانواده به‌طور عمده به‌تربیت برادر کوچك‌ترم فریتس[6] مشغول بود، به‌نحوی که حتی در آن‌جا خیلی بیش‌تر از ما به‌حال خود گذاشته شده بود. همین امر موجب آن شده بودکه، نسبت به‌کنستانس و من، درکارهای مربوط به‌خانواده خیلی هوشیارتر باشد و این وضع دست‌کم موقعی که من تازه زندگی مستقل خودم را آغاز می‌کردم، بیش‌تر برایم روشن شد.

من همیشه دلم می‌خواست شادی‌هایی را که در سفرهای خودم به اروپا به‌دست آورده بودم با خواهرانم تقسیم کنم، والبته آن‌ها هم می‌خواستند در این شادی‌ها شریك باشند. نمی‌خواهم در این‌جا به‌واقعه‌نگاری منظمی از همهٔ مسافرت‌هایی بپردازم که به‌تنهایی یا همراه با آن‌ها انجام داده‌ام؛ تنها به‌ذکر این مطلب اکتفا می‌کنم که تابستان سال‌های ۱۹۲۲، ۱۹۲۴ و ۱۹۲۵ را در خارج و در کنار دوستان خانواده و همکاران خودم بودم. در زمان این مسافرت‌ها غالباً باله‌وی[7] دیده می‌شدم و آشناهای تازه‌ای، نه‌تنها در انگلستان و فرانسه، بلکه حتی در آلمان پیدا کردم که برای من مهم بود. تابستان سال ۱۹۲۲ در آلمان بودم، درست در همان زمانی که تورم درآن‌جا آغاز شده بود، و با چشمان خودم می‌دیدم که چه بلای وحشتناکی است.

در تمام این مدت همچنان روی نظریهٔ پتانسیل کار می‌کردم. کار من در دوجهت جریان داشت: قبل از همه، من به‌درك تازه‌ای دربارهٔ بستگی بین مقادیر پتانسیل‌الکترو مغناطیسی در داخل میدان و مقادیر آن در مرز می‌رسیدم. همان‌طور که قبلا هم گفته‌ام، در ابتدا گمان می‌رفت که مقادیر پتانسیل الکترومغناطیسی داخل میدان باید لاینقطع به‌مقادیر در مرز منتقل شود و در نتیجه، مقادیر داخل میدان را می‌توان از روی مقادیر مرزی معین کرد. ولی، توانستم روشن کنم که در نظریهٔ پتانسیل می‌توان از مفهوم‌هایی استفاده کرد که، با آن چه قبلا به‌عنوان تعمیم انتگرال‌گیری از آن‌ها یاد کرده‌ام، خویشاوند هستند، ضمناً باید پذیرفت که پتانسیل‌داخل میدان‌رابابد ازروی مقادیر پتانسیل‌ها در حوالی مرز تعیین کرد، زیرا پیوستگی پتانسیل، ضمن گذار به مرز، ممکن است به‌کلی نقض شود. با ملاك قراردادن نظریهٔ انتگرال‌گیری عام‌دانیل[8]، که قبلا دربارهٔ آن صحبت کرده‌ام، بالاخره به‌تعمیم واقعی یك رشته مفهوم‌های نظریهٔ پتانسیل ــ با آغاز از بنیانی‌ترین مفهوم‌های بار و ظرفیت ــ رسیدم. اساس دستور تازهٔ من این بود که بستگی بین مقادیر پتانسیل در نقطهٔ درونی را با مقادیر مرزی همچون یك انتگرال‌گیری تعمیم یافته بررسی می‌کردم، نه همچون بستگی پیوستهٔساده‌ای که ضمن آن بتوان مقادیر مرزی را از روی مقادیر داخلی و به‌کمك گذار حدی به‌دست آورد. در واقع، این روش به‌معنای آن است که به‌جای طرح عادی مساله با شرایط محدود، از طرح معکوس آن استفاده می‌شود. همان‌طور که غالباً، و در بسیاری موارد ریاضی دیده شده است، چنین توجه و تعبیری، می‌تواند در رگ‌های پژوهشی که مدت‌ها مرده و بی‌حرکت به‌نظر می‌رسید، خون تازه‌ای بدواند و آن را به‌جلو ببرد.

دوست بزرگ‌تر و مربی من پروفسور فیلیپس[9] از انستیتوی صنعتی ماساچوست

6. Fritz 7. Levy 8. P. J. Daniell 9. H.B. Phillips

هم، قبلا مقادیر مشابه پتانسیل را در یك شبکهٔ مربعی (از نوع شبکهٔ توری) و دربعضی از ساختارهای سه‌بعدی خویشاوند این شبکه، مورد مطالعه قرار داده بود. من به‌یاری مفهوم‌های کلی و تازهٔ پتانسیل، توانستم ثابت کنم که نتیجه‌گیری‌های او گامی اساسی و مهم در جهت ساختن نظریهٔ عمومی پتانسیل‌ها، از هرنوعی که باشند، به‌شمار می‌رود.

گمان می‌کردم که می‌توانم زرادخانهٔ ابزارهای معمولی نظریهٔ پتانسیل را بـه کمك تعداد قابل ملاحظه‌ای از نکته‌های تازه ــ نکته‌هایی که هدف را خوب نشانه‌گرفته باشند ــ تکمیل کنم. وقتی آن را در مورد مسالهٔ قدیمی زارمبا[10]، که حل کامل آن ناشناخته باقی مانده بود، به‌کار بردم، معلوم شد که در انتظار خود اشتباه نمی‌کردم.

تقریباً در همین موقع، در صفحه‌های «گزارش‌های» ("Comptes rendus") فرهنگستان علوم فرانسه هم، مقاله‌های زیادی دربارهٔ نظریهٔ پتانسیل، از له‌بگ و شاگرد جوان او بولیگان[11]، آغاز به‌چاپ شده بود. در دانش اغلب پیش می‌آید کـه چنین مقاله‌هایی، ولو این که شامل نتیجه‌گیری‌های مشخص مهمی نباشند، با روشنی و عمق بیش‌تری گواهی می‌دهند که باید در آیندهٔ نزدیك منتظر پیشرفت‌های فوق‌العاده‌ای در این رشته بود. این حکم، به‌خصوص در مورد کارهای له‌بگ و بولیگان هم، صـادق بود. برای من کاملا روشن بود که اگر بلادرنگ وبا تمام نیروی‌خود به‌کار نپردازم، ممکن است خیلی زودکار از کار بگذرد و همهٔ مساله‌های مربوط به‌نظریهٔ پتانسیل‌ها، به‌طور قطع از زمره مساله‌هایی که هنوز حل نشده‌اند، خارج شوند. به‌همین مناسبت، نیروی خود را دو برابر کردم و کوشیدم، تا آن‌جا که می‌توانم، از دستگاه ریاضی تازه‌ای که خود به‌وجود آورده بودم، به‌تر استفاده کنم، و به‌زودی و با خوشحالی دریافتم که توانسته‌ام به‌نتیجه‌گیری‌هایی برسم، که در آن زمان به‌طور طبیعی حـل قطعی مساله به‌حساب می‌آمد.

من به‌خوبی احساس می‌کردم که باید عجله کنم، و بلافاصله به‌دانشجوی مکزیکی خودم مانوئل ساندووال والارتا[12]، که به‌تر از من با زبان فرانسه آشنا بود، مراجعه کردم و از او خواهش کردم به‌من در بیان اندیشه‌هایم به‌زبان رایج فرانسه، کمك‌کند. به‌این ترتیب، مقاله‌ای نه‌چندان بلند آماده شد که من آن را با پست برای چاپ در «گزارش‌های» فرهنگستان به‌نشانی له‌بگ فرستادم.

آن‌چه بعداً پیش‌آمد، نمونه‌ای از تصادف‌هایی است که، برخلاف آن‌چه در بدو امر به‌نظر می‌رسد، در تاریخ اختراع‌ها و اکتشاف‌ها چیزی کاملا عادی است. وقتی نامهٔ من از اقیانوس می‌گذشت، بولیگان به‌نتیجه‌های بسیار مهمی رسیده بود که هنوز نتوانسته بود آن‌ها را به‌طور قطعی صیقل بدهد. بولیگان این نتیجه‌گیری‌ها را بـه له‌بگ نشان داد و بنا به‌سفارش او، آن‌ها را در پاکت سربسته‌ای برای فرهنگستان فرستاد (تا بنا بررسم قدیمی فرهنگستان عمل شده باشد). نامهٔ من، همان روزی بـه فرهنگستان رسید که پاکت بولیگان را بازکرده بودند. هردو مقاله، درکنار هم، در

10. Zaremba 11. G. Bouligand
12. Manuel Sandoval Vallarta

یك شمارهٔ «گزارش‌ها» چاپ شد: لەبگ هم مقدمهٔ کوتاهی برای هردوی آن‌ها نوشته بود. اگرچه نتیجه‌گیری‌های این دومقاله با اصطلاح‌های متفاوتی بیان شده بود، ولی اندیشهٔ اصلی آن‌ها هیچ تفاوتی با هم نداشت. البته، مقالهٔ بولیگان از دیدگاه منطقی کم‌تر کامل بود، زیرا تنها شامل آگاهی‌هایی مقدماتی از کاری بود که می‌بایستی بعداً تکمیل شود.

به‌این ترتیب، نتیجهٔ مسابقهٔ با بولیگان، نسبت به مسابقه‌ای که قبلا برای کشف فضاهای باناخی وجود داشت، بیش‌تر به‌تساوی نزدیك بود. مهم این است که این‌بار هم، همچون مورد باناخ، مسابقهٔ با بولیگان تا حد زیادی دوستانه به‌پایان رسید. بولیگان با آمادگی کامل، رساتر بودن کار مرا پذیرفت وقرار گذاشتیم که به‌محض ورود به فرانسه باهم ملاقات کنیم.

موضوع‌های دیگری هم بود که من تقریباً در همان زمان روی آن‌ها کار می‌کردم. کار روی این موضوع‌ها هم، که هنوز بدون هیچ تهدیدی در جریان بود، موجب برخوردهای دوستانهٔ تازه‌ای برای من شد. بررسی‌های هارولدبور[۱۴]، دربارهٔ آن چه خود او «تابع‌های تقریباً متناوب» می‌نامید، توجه مرا به‌خود جلب کرده بود. منحنی نمایش تغییرات این تابع‌ها چنان است که، اگرچه دقیقاً همچون نقش و نگارهای کاغذ دیواری تکرار نمی‌شوند، ولی به‌مفهوم معینی به‌چنین نقش و نگارهای تکراری شبیهند. کشف این تابع‌ها را باید تعمیمی جدی از آنالیز همساز (هارمونیك) رسمی به‌حساب آورد. همان‌طور که قبلا هم گفته‌ام، من هم روی تعمیم آنالیز همساز کار می‌کردم و می‌کوشیدم تا به‌کمك این تعمیم، محاسبه‌های صوری هویساید[۱۴] را به‌محك تحقیق بکشانم. طبیعی بود که وقتی با کارها و نتیجه‌گیری‌های بور آشنا شدم، به‌این فکر بیفتم که ببینم، با به‌کارگرفتن اندیشه‌های خودم در این شاخهٔ جدید چه نتیجه‌هایی به‌دست می‌آید.

من بازهم موفق شدم به نظریهٔ جدیدی برسم. این نظریه، نه‌تنها طیف‌هایی را دربر می‌گرفت که نتیجهٔ تابش دو عنصر شیمیایی و متمرکز در دو خط جداگانه بود، بلکه شامل طیف‌های به‌کلی متفاوتی هم می‌شد، که در آن‌ها دایم انرژی به‌صورت دامنهٔ کاملی از بسامدها تقسیم می‌شد. در این مورد، نظریهٔ بور تنها به‌حالت طیف‌های خطی مربوط می‌شد. معلوم شد که به‌کمك استدلال‌هایی ــ که من قبلا هم در بررسی‌های‌خودم برای تعمیم آنالیز همساز از آن‌ها استفاده کرده بودم ــ می‌توان تمامی نتیجه‌گیری های اساسی بور را به‌دست آورد، به‌جز آن، می‌توان به‌یك رشته نتیجه‌گیری‌های تازه و کاملا گسترده‌تری رسید که حالت طیف پیوسته راهم در برگیرد.

اندیشه‌هایی را که در این بررسی‌ها مورد استفاده قرار داده بودم، خیلی نزدیك به اندیشه‌هایی بودند که ضمن مطالعهٔ حرکت براونی به‌کار برده بودم. من، به‌خصوص دوباره منحنی‌های پیوسته‌ای را به‌کار گرفتم که چنان درهم و پیچ در پیچ بودند که

13. Harold Bohr 14. Heaviside's formal calculus

برای هیچ نقطه‌ای از آن‌ها نمی‌شد جهتی را در نظر گرفت. ضمن بحث دربارهٔ حرکت‌های براونی، متوجه شده بودم که قبلا به‌این منحنی‌ها به‌چشم ناپسری‌های دانش نگاه می‌کردند: این منحنی‌ها را همچون چیزهایی غیر عادی و به‌کلی غیر طبیعی می‌دانستند که به‌وسیلهٔ ریاضی‌دانان به‌صورتی من‌درآوردی و از راه انتزاع‌های بی‌معنی پیدا شده‌اند و هیچ ربطی به‌دنیای مادی ما ندارند. ولی من در واقع موفق شده بودم نظریهٔ فیزیکی متناظر این منحنی‌ها را بسازم، نظریه‌ای که این منحنی‌ها نقشی اساسی در آن داشتند.

روابط دوستانهٔ به‌کلی نامنتظری بین من و یکی از ریاضی‌دانان اروپایی آغاز شده بود که در واقع این بار نه‌براساس علاقه‌های مشترک علمی، بلکه به‌خاطر بستگی‌های خانوادگی به‌وجود آمده بود. من بارها مقاله‌های لئون لیختن اشتاین[15]، دانشمند آلمانی را دیده بودم. او سردبیر سابق معتبرترین مجلهٔ ریاضی آن زمان بودو در رشته هیدرو ـ دینامیک کار می‌کرد. می‌دانستم که پدرم یک پسر عمویی داشت به‌نام لئون، که‌زمانی مثل خود ا و، در دانشگاه صنعتی برلین درس می‌خواند. ولی او علاقهٔ خاصی به‌کار مهندسی داشت و سرآخر آن را کنار گذاشت و به‌کار پژوهشی ـ علمی در زمینهٔ ریاضیات کار بسته پرداخت. پدر، مدتها بود که ردپای او را گم کرده بود ونمی‌دانست در کجا کار می‌کند و آیا توانسته است در رشتهٔ تازه موفقیتی به‌دست‌آورد یانه.

یک روز از عمهٔ کوچکم در نیویورک نامه‌ای دریافت کردیم که در آن می‌گفت لئون توانسته است موفقیتی بیرون از انتظار در ریاضیات به‌دست آورد. او ضمناً اطلاع داده بود که فامیل او لیختن اشتاین است. آن‌وقت بود که من دانستم که لئون پسرعموی پدرم، همان ریاضی‌دان مشهور، یعنی لیختن اشتاین است. من به‌لیختن اشتاین نامه‌ای نوشتم و مستقیماً از او پرسیدم که آیا با ما خویشاوند است؟ در پاسخ، نامهٔ دوستانه‌ای دریافت داشتم که ضمن آن حدس مرا تأیید کرده بود. لیختن اشتاین از وجود من و کارهایم آگاه بود و از من دعوت کرد که هر وقت دوباره به اروپا رفتم به‌دیدن او بروم. او مثل سابق دربرلین زندگی می‌کرد، اگرچه در دانشگاه لایپزیگ درس می‌داد، و بعدا دانستم که وظیفهٔ ریاست دانشکدهٔ علوم آن‌جا را به‌عهده داشت.

من که به‌کمک نامه رابطه‌هایی با بولیگان و لیختن اشتاین برقرار کرده بودم، در تابستان همراه برتابه اروپا عزیمت کردم. ابتدا به‌پواتیه[16] نزد بولیگان رفتم. او در ایستگاه به‌استقبال من آمد و نسخه‌ای از یکی از مقاله‌های مرا دردست گرفته بود تا به‌آن وسیله او را بشناسم. بولیگان، جوانی خوب و ساده، از اهالی برتانی[17] بود. از من دعوت کرد به‌منزل او بروم. پواتیه شهری دیدنی است، شهری است زیبا و رمانتیک، با مجموعه‌ای از آثار معماری جالب. بولیگان مرا با یکی از دوستانش که‌معلم دبیرستان و کاملا آشنا به‌جاهای دیدنی شهر بود، آشنا کرد و هر دو جالب‌ترین آن‌ها را به‌من نشان دادند.

بعد به‌آلمان و نزد لیختن اشتاین رفتم. ما هرگز یکدیگر را حتی در عکس هم

15. Leon Lichtenstein 16. Poitiers

۱۷. Bretagne ناحیه‌ای در جنوب غربی فرانسه بر ساحل خلیج مانش.

ندیده بودیم، بنابراین برخوردمان نمی‌توانست خیلی ساده باشد. لیختن اشتاین هم، مثل بولیگان، در ایستگاه منتظر من بود و به‌عنوان علامت مشخصهٔ خود، صفحهٔ کاغذی در دست گرفته بود که به‌احترام من، رابطهٔ اصلی نظریهٔ پتانسیل روی آن نوشته شده بود.

سربی‌مو، ریش صورت و خطهای چهرهٔ او، خیلی کم به‌پدر شبیه بود، ولی همچون پدر قدی نه‌چندان بلند داشت. و بی‌اندازه متحرك و به‌معتقدات خود پای‌بند بـــود. لیختن اشتاین، تا حد زیادی ضد امریکایی بار آمده بود، ولی از من به‌گرمی استقبال کرد. البته، این درست است که برتا و خانم لیختن اشتاین (که بدون تردید درخانوادهٔ عمویم در راس قرار داشت)، تلاش زیادی کردند تا مانع از این شوند که گفتگوی ما منجر به مشاجره و دعوای علنی بشود.

آشنایی با لیختن اشتاین‌ها موجب شد که من با مسئلهٔ کوچکی که خاص آلمان هاست، آشنا شوم. لئون از همان برخورد اول از من می‌خواست که به‌او « du »[۱۸] خطاب کنم؛ خانم لیختن‌اشتاین، دست‌کم نسبت به‌شوهرش، رفتار صمیمانه‌تری نسبت به‌من داشته ولی این تمایل خود را بروز نمی‌داد. در چنین شرایطی، طبعاً به‌خودم حق نمی‌دادم که رفتاری خانوادگی، و مثل رفتار با خویشاوندان با آن ها داشته باشم، و در گفتگوها از شکل رسمی sie [۱۹] استفاده می‌کردم.

در سال ۱۹۲۴، با تجدید خاطره‌های گذشته، در گوتینگن بودم؛ معلوم شد که اندیشه‌های‌تازه‌ام توجه ریاضی‌دانان آن‌جا را به‌خود جلب کرده است. به‌همین مناسبت در سال ۱۹۲۵، بعد از آن که همراه با الکساندر از دانشگاه پرینستون گردش‌کوتاهی در کوه کرده بودیم، دربرگشتن دوباره به‌گوتینگن رفتم. این‌بار کاملا متقاعد شدم که کار مربوط به‌تعمیم آنالیز همساز واقعاً نظر همکاران گوتینگنی مرا به‌خود جلب کرده است.

در آن زمان ریشاردکورانت[۲۰]، در راس ریاضی‌دانان گوتینگن بود؛ او مردی بود کوتاه‌قد، با پشتکار، بسیار زنده و ریاست‌طلب. به‌من توصیه می‌کرد یك سال در گوتینگن بمانم و با ریاضی‌دانان گوتینگنی بعضی پژوهش‌ها را انجام دهم. اعتبار و هزینهٔ این کار را می‌شد از بعضی منبع‌های آمریکایی تامین کرد. درست در همین زمان، در نیویورك بنیادی به‌نام جان سیمون گوگن‌هایم[۲۱] تأسیس شده بود و کورانت معتقد بود که من می‌توانم به‌آن‌جا مراجعه کنم. من اطمینان داشتم که مانـــدنم در گوتینگن برایم هم مفید و هم دلپذیر است، زیرا ریاضی‌دانان گوتینگنی آمادهٔهرگونه کمکی به‌من بودند: مثلا، دایم مراقب چاپ مقاله‌هایم بودند و حتی تلاش‌می‌کردندکه این مقاله‌ها با زبان آلمانی شایسته و زیبایی نوشته شود.

بنابه‌توصیهٔ کورانت، قرار شد برای ادای احترام نزد فلیکس کلاین بروم، کسی

---

۱۸. واژهٔ آلمانی، یعنی «تو».

۱۹. واژهٔ آلمانی، یعنی «شما». در زبان انگلیسی، لفظ «تو» عملا به‌کار نمی‌رود، به‌همین مناسبت، وینر، این شکل خطاب را «مساله‌ای که خاص آلمان‌هاست» می‌داند.

20 - Richard Courant 21. John Simon Guggenhein Foundation

که افتخار مشهورترین ریاضی‌دان گوتینگنی را همراه با هیلبرت به‌دست آورده است. کلاین به‌شدت ضعیف شده بود و همه می‌دانستند که روزهای آخر خود را می‌گذراند. با همهٔ این‌ها، خوشحال بودم که موقعیتی پیدا شده است و می‌توانم با یکی ازنمایندگان پرآوازهٔ دانش ریاضی گذشته آشنا شوم.

دیدار من با اشتباه بزرگی همراه بود. وقتی که زن خانه‌دار میان‌سالی را دربرابر خود دیدم، به‌زبان آلمانی و به‌نحوی که می‌توانستم پرسیدم:

"Ist der Herr Professor Zu House"[۲۲]

و او با قیافه‌ای که نشان می‌داد من بی‌ادبانه صحبت کرده‌ام، پاسخ‌داد:

"Der Herr Geheimrat ist zu House"[۲۳]

و به‌این ترتیب، می‌خواست به‌من بفهماند که می‌بایست پروفسور را مشاور مخفی‌بخوانم. عنوان "Geheimrat" برای یك دانشمند آلمانی تقریباً شبیه لقب **sir** در انگلستان است که در مورد مردان دانش به‌کار می‌برند. باوجود این باید بگویم که در انگلستان به کسی که تا این حد نسبت به‌عنوان اشرافی خود پایبند باشد (آن‌طور که در آلمان نسبت به‌عنوان مشاور مخفی حساسیت دارند)، برنخورده بودم.

از پلکان بالارفتم و فلیکس کلاین را در دفتر خودش پیدا کردم، اطاقی بزرگ، پرفضا و روشن بود، در طول دیوارهای آن قفسه‌های کتاب و در وسط میز بزرگی قرار داشت که کتاب ها و مجله‌های باز روی آن پراکنده بود.

ریاضی‌دان بزرگ روی مبل نشسته بود و پتوی نازکی روی پاهایش انداخته بودند. خط‌های نازك و ظریفی بر چهره‌اش نقش بسته بود، مثل این که دست‌های یك استاد ماهر آن‌ها را رسم کرده باشد. ریشی هم صورتش را پوشانده بود. وقتی به‌او نگاه می‌کردم، به‌نظرم می‌رسید که با هاله و یا روح یك خردمند سروکار دارم، ولی نام یك‌ریاضی‌دان مشهور گذشته و یا یك‌مفهوم انتزاعی از مولفی و یا اثری، همچون عصای جادویی، او را به‌وجود انسانی زنده‌ای تبدیل می‌کرد. به‌نظر می‌رسید که زمان نتوانسته است برخود کلاین مسلط شود. در اطراف او همه‌چیز بوی جاودانگی می‌داد. من با احترامی عمیق به‌او گوش می‌دادم و بعد از چند دقیقه متوجه شدم که باید اجازهٔ مرخصی بخواهم، درست مثل این‌که به‌یك جلسهٔ تشریفاتی دربار رفته باشم.

اطلاعی که من از کار خودم دربارهٔ تعمیم آنالیز همساز دادم، واکنشی زنده در گوتینگن پیدا کرد؛ به‌خصوص، هیلبرت علاقهٔ زیادی نسبت به‌آن نشان می‌داد. ولی در آن زمان اصلا گمان نمی‌کردم که این کار رابطهٔ مستقیمی با اندیشه‌هایی از فیزیك پیدا خواهد کرد، که بعد از زمانی کوتاه در گوتینگن رشد طوفانی خود را آغاز می‌کند و در نتیجه رشتهٔ کاملا تازه‌ای پدید می‌آید که ما امروز آن را بـه‌نام

---

۲۲. آقای پروفسور منزل هستند؟ ۲۳. آقای مشاور مخفی منزل هستند.

مکانیك کوانتایی می‌شناسیم[۲۴].

آن قسمت از فیزیك ریاضی که مکانیك کوانتایی نامیده می‌شود، براساس کاری رشد کرده است که ماکس پلانك[۲۵] در سال ۱۹۰۰ دربارهٔ تعادل تشعشع در یك حفره انجام داده بود. اگر مطلب را ساده کنیم، می‌توانیم بگوییم که موضوع نخستین نظریهٔ کوانتایی عبارت بود از تشعشع نور در داخل بخاری سوزان، که نور آن با دیواره‌های داغ در تعادل است، به‌نحوی که اگر درجهٔ حرارت دیواره را تغییر دهیم، خصلت نور افشانی بخاری هم تغییر می‌کند. این تغییر، برای همهٔ ما کم و بیش روشن و مشهود است؛ همین تغییر است که اختلاف بین تکه فلزی را که تا حد سرخی داغ شده است، با تکه فلزی که از داغی سفید شده ست، روشن می‌کند. موضوع این است که طیف نور ناشی از پرتوهای فلزی که تا حد سرخی گرم شده است، جایی در ناحیهٔ موج‌های نوری قرمز یا زرد قطع می‌شود؛ ووقتی که فلزات تا حد سفیدی داغ شده باشد، طیف نور حاصل از پرتوهای فلز شامل همهٔ نورهای قسمت مرئی طیف می‌شود و تا ناحیهٔ ماورای بنفش امتداد می‌یابد.

اشکال اصلی در توضیح رابطه‌ای بود که بین تشعشع و دمای جسم مشاهده می‌شد، و پلانك این دشواری را به‌کمك فرضیهٔ جدید و به‌غایت نیرومندی حل کرد. طبق این فرضیه، تصور سنتی دربارهٔ نور، به‌عنوان یك پدیدهٔ پیوسته، بی‌پایه و نادرست است. اساس فرضیهٔ پلانك براین است که نورهم، همچون ماده، پیوسته نیست و ساختاری دانه ــ دانه دارد.

قبل از این فرضیه، سازوکار تاثیر دمای دیوارهٔ بخاری بر رنگ نوری که ازاین دیواره بیرون می‌آید، به‌کلی نامفهوم و مبهم بود. پلانك برای نخستین بار توانست ماهیت این پدیده را ــ که به‌سادگی قابل مشاهده است ــ روشن کند. با وجود این، فرضیهٔ پلانك هم کاملا بی‌عیب نبود. بیان او، به‌بعضی از اندیشه‌های ریاضی انتهای‌سدهٔ هفدهم مربوط می‌شد؛ حتی باید پا را از ریاضیات هم فراتر گذاشت و گفت که به‌طور کلی، تمامی سمت‌گیری تفکر انسانی را در این زمان دربرمی‌گرفت. در آن دوران دور از ما مبارزه‌ای سخت و پرشور، بین اتم گرایان ــ که می‌گفتند هر چیزی از ذره های جداگانه‌ای تشکیل شده است ــ و هواداران اندیشهٔ پیوستگی ماده در جریان بود. این مبارزه سرچشمه‌ی فلسفی داشت، که بی‌اندازه مهم بود وبه‌همین مناسبت دو طرف دعوا از صرف هیچ نیرویی دریغ نداشتند، باوجود این، آن‌چه آتش این مبارزه را تیزتر می‌کرد، نه‌استدلال های انتزاعی، بلکه تازه‌های مشخص فنی و تکنیکی بود. یکی از این تازه‌ها میکروسکوپ بود، که لوون‌هوك[۲۶] هلندی آن را کشف کرده بود

---

۲۴. در این فصل ناچارم مفهوم بعضی موضوع‌های کاملا بغرنج را روشن کنم، بدون این‌که اصطلاح‌های خاص علمی آن‌ها را به‌کار برم. خواننده‌ای که نسبت به‌کارهای آن زمان من، احساس علاقه‌ای نمی‌کند، می‌تواند از خواندن قسمت‌هایی که شامل مساله‌های اختصاصی است، صرف‌نظر کند (یادآوری نویسنده).

25. Max Planck 26. Leeuwenhook

و به‌کمك آن می‌شد مثلا، زندگی پرجوش و خروش موجودات فراوان یك قطرهٔ آب را مشاهده کرد.

کشف هروسیلهٔ تازه‌ای همیشه موجب یك رشته تصورهای تازه می‌شود. قبل از لوون‌هوك مطالعهٔ اندام‌های زنده به‌آن‌چه با چشم غیر مسلح و یا ــ در به‌ترین شکل خود ــ به‌کمك ذره‌بین‌های ابتدایی دیده می‌شد، محدود بود. دانشمندانی که در موضع دموکریتوس بودند و ماده را مرکب از ذره‌های بسیار ریز (یا اتم‌ها) می‌دانستند، نمی‌توانستند موفقیت خاصی به‌دست آورند؛ زیرا، قبل از کشف میکروسکوپ، ذره‌های کوچك برای آنان محدود به‌چیزهایی می‌شد که در دسترس قرار داشت، همچون دانه های ریز شن.

ولی وقتی که به‌کمك میکروسکوپ به‌قطره‌ای از آب معمولی استخر نگاه‌کنیم، متوجه می‌شویم که در آن هیجان زندگی، درست همچون درون خیابانی از یك شهر بزرگ می‌جوشد. افق‌های تازه‌ای که جلو چشمان انسان گشوده می‌شود، بـه‌صورت خوراك تازه‌ای برای تصور درمی‌آید: اندیشهٔ دانشمندان به‌حل ریزترین ساختمان‌های ماده و به درك فلسفی خود روند گسترش ناشی از میکروسکوپ متوجه می‌شود. و روشن است که شوخی معروف «سویفت» تا حد زیادی، به‌همهٔ این پیش‌آمدها مربوط می‌شود:

بدین سان دانشمندان کیك را می‌بینند
کیك‌های کوچك‌تری بر آن می‌نشینند و خونش را می‌خورند
کیك‌های بازهم کوچك‌تری بر آنان می‌نشینند و می‌گزندشان
و چنین است تا بی‌نهایت[۲۷]

این شوخی کوچك ادبی، خیلی جالب‌تر از آن است که در ابتدا به‌نظر می‌رسد. از جمله چیزهای بسیاری که لوون هوك با میکروسکوپ مشاهده کرد منی‌دانهٔ (اسپرماتوزوئید) انسان و جانوران بود، ضمناً، لوون هوك عاقلانه حدس زد که این‌ها نوعی نقش در بارداری به‌عهده دارند. وقتی‌که لوون‌هوك و پیروانش منی‌دانه را به‌کمك میکروسکوپ ناقص و ابتدایی خود دیدند، طبیعی بود که آن را حاوی یك‌جنین‌کوچك گلوله‌شده‌ای بپندارند. از آن‌جا، در همان نظر اول نظریه‌ای پدید آمد که به حقیقت کاملا نزدیك بود و بنابرآن، روند بارداری عبارت می‌شد از ورود منی‌دانه به زهدان جائی‌که در آن رشد می‌کرد و به‌صورت جنین درمی‌آمد که قابل تشخیص پزشك باشد. تصور در این باره که منی‌دانه به‌خودی خود، مرحلهٔ پیشین جنین را تشکیل می‌دهد، موجب اندیشه‌های جالبی برای زیست‌شناسان شد.

اگر قرار باشد که منی‌دانه را به‌عنوان نخستین مرحلهٔ جنین داخل شکم درنظر بگیریم، طبعاً این فکر به‌وجود می‌آید که چیزی جز یك موجود انسانی‌کوچك باهمهٔ اندام‌هایی که انسان دارد، نیست؛ تنها تفاوتی که با انسان دارد در کوچك‌تر بودن اندازه‌های آن و شکل‌های دگرگونهٔ آن است و در این صورت، روشن است که خود این «آدم کوچولو» هم، دارای منی‌دانه است منتهی با اندازه‌ای بسیار کوچك‌تر از

---

۲۷. Jonathan Swift (۱۶۶۷ ــ ۱۷۴۵) طنزنویس نامدار انگلیسی، متولد ایرلند.

آن‌چه ما می‌شناسیم. این‌منی‌دانه های کوچك هم باید به‌نوبهٔ خود دارای منی‌دانه‌های ریزتری باشند، و به‌همین ترتیب تا بی‌نهایت، یعنی وضع درست مثل کیك‌های سویفت است که روی آن کیك‌های کوچك‌تری، وروی آن‌ها کیك‌های بازهم کوچك‌تری می‌نشینند، منتهی این‌ها را دیگر نمی‌شد با میکروسکوپ‌هایی که در آن زمان وجود داشت مشاهده کرد. ازاین‌جا خود به‌خود این نتیجه به‌دست می‌آید که آیندهٔ نژادهای انسانی از قبل و از روی شخصیت‌های موجود انسانی قابل پیش‌بینی است. این اعتقاد به‌تشکیل قبلی موجودات، اندیشهٔ بخش‌پذیری نامتناهی ماده را تأیید و نظر فیلسوفان، و از آن جمله فیلسوف بزرگی همچون لایب‌نیتس را به‌خود جلب می‌کند[۲۸].

۲۸- نمی‌توان دربارهٔ لایب‌نیتس وسویفت صحبت کرد، بدون این که پیش‌آمدهای تاریخی ابتدای سدهٔ هجدهم را ــ که به‌بعضی توضیح‌های اضافی نیازدارند ــ به‌یادآورد. یکی ازبزرگ‌ترین فیلسوفان، یعنی لایب‌نیتس، در عین حال یکی از ریاضی‌دانان و فیزیك‌دانان مشهور زمان خود هم بود. شغل رسمی او، تصدی بایگانی دربارهانوور Hanover بود. لایب‌نیتس در این‌مقام، نه‌تنها خود را به‌عنوان یك‌کتاب‌دار عالی، بلکه ضمناً به‌عنوان سیاست‌مدار درجه اولی نشان‌داد. که صمیمانه مراقب سعادت و نظم در قلمرو حکومت فرمانروای خود بود. او بدون تردیـد در مذاکره‌هایی که منجر به نشستن نمایندهٔ خانوادهٔ‌هانوور بر تخت انگلیس شد، شرکتی فعال داشت. بیش از همه حزب لیبرال انگلیس می‌خواست هانووری وارد شود و استوارت‌ها را، که فاقد وجههٔ ملی بودند،خـلع‌یدکند.به‌همین مناسبت، بسیاری گمان می‌کنند که لایب‌نیتس شخصا هم درتوطئه‌های حزب لیبرال شرکت داشته است. عضویت او در جامعهٔ سلطنتی انگلستان (فرهنگستان علوم‌انگلیس). و این که عضوی بسیار فعال بود، اورا بیش‌تر به‌انگلیسی‌ها نزدیك کرده بود.
سویفت، برعکس او، از هواداران استوارت‌ها، و بنابراین سلطنت طلب و محافظه کار بود. او به طور مستقیم در کودتایی شرکت داشت که هدفش برتخت نشاندن پسر جاکوب دوم بر تختی بود که بعد از مرگ ملکه آن خالی و بی‌صاحب مانده بود. به‌این ترتیب لایب‌نیتس و سویفت دردو اردوی متخاصم قرار داشتند، و ضمنا هر دوی آن‌ها در مبارزهٔ سیاسی زمان خود دارای نقشی جدی بودند. بنابراین، جای هیچ تعجبی نیست که چرا آن‌ها تابه این حد نسبت به‌هم احساس دشمنی می‌کردند.

برای این که به‌رابطهٔ خصمانهٔ سویفت نسبت به‌لایب‌نیتس پی‌ببریم، کافی است‌کتاب‌سوم«سفرهای گالیور» را بخوانیم، که مربوط به‌سفر لاپوتاست. بسیاری از افراد، از این که سویفت با نیش‌های زهرآگینی دانشمندان «لاپوتا» را به مسخره می‌گیرد دچار شگفتی می‌شوند: این خیال پردازان بی‌عرضه و درمانده، به‌چه کارهایی که دست نمی‌زنند! برای این که لباسی با اندازهٔ معینی انتخاب کنند، آدم را باسکستان [زاویه‌یاب ۶۰ درجه‌ای = Sextant]اندازه می‌گیرند، نورخورشید را از خیار می‌گذرانند و می‌کوشند تا بر همه رمز و رازهای سده‌های آینده مسلط شوند، آن هم باروشی که، اندیشهٔ ادینگتون را دربارهٔ میمون‌هایی که پشت ماشین تحریر نشسته‌اند، به‌یادمی‌آورد. [من ظور وینر، ادینگتون انگلیسی است که در فیزیك کیهانی کار می‌کرد، و به‌عنوان مثالی از یك حادثهٔ غیر محتمل، از میمون‌هایی یاد می‌کند که به‌صورتی بی‌نظم برشستی‌های ماشین تحریر می‌زنند وآن وقت ما انتظار داشته باشیم که از میان آن‌ها یك اثر کلاسیك ادبی به‌دست‌آید.]

ولی لاپوتای سویفت، چیزی نیست جز نیشخند مسخره‌آمیزی بر جامعهٔ سلطنتی و برفعالیت لایب‌نیتس. به‌این ترتیب، جای هیچ شگفتی نیست که یکی از زهرآگین‌ترین تیرهای سویفت به طرحی که نمونهٔ اندیشهٔ لایب‌نیتس است رها می‌شود: یك کیك، کیك کوچك‌تری روی آن وهمین طور تا بی‌نهایت.

←

لایب نیتس، جهان را به‌صورت قطره‌ای آب یا خون تصور می‌کرد که همچون آب، مملو از موجودات و زیستمندان کوچك است؛ در یك‌کلام، او گمان می‌کرد که در جهان مطلقا از خلاء خبری نیست. او گمان می‌کرد که تمامی فاصلهٔ بین موجودات زنده و همچنین درون آن‌ها، از موجودات زنده ولی کوچکتر دیگری کاملا پر شده است. این اعتقاد لایب‌نیتس را به‌فرضیهٔ مربوط به‌تقسیم نامتناهی زندگی و به‌پیوسته بودن ماده رساند.

تصورهای لایب نیتس دربارهٔ جهان ــ که تا حدی منعکس کنندهٔ نتیجهٔ مشاهده‌های میکروسکوپی آن زمان بود وضمناً به‌وسیلهٔ دیدگاه‌های کلی فلسفی خود اوهم تایید می‌شد ــ تاثیری جدی درشکل دادن به‌تفسیرهای تازهٔ ریاضی به‌وسیلهٔ این دانشمند داشت. به‌یاد بیاوریم که لایب‌نیتس یکی از دونفری بود که محاسبهٔ دیفرانسیلی و انتگرالی را به‌وجود آوردند، وبه‌خصوص درمورد علامت‌گذاری‌ها، هنوز هم در ریاضی ازهمان هایی استفاده می‌شود که او پیشنهاد کرده بود. اونه تنها فضا وزمان را همچون چیزی درنظر می‌گرفت‌که به‌قسمت‌های به‌دلخواه کوچك قابل تقسیم است، بلکه به‌روشنی این تصور را داشت که کمیت‌های موجود در فضا وزمان را می‌توان در هربعد خود، به‌وسیلهٔ سرعت تغییر آن‌ها مشخص کرد. نمونهٔ مشخصی ازکمیت‌هایی که در فضا و زمان توزیع می‌شود، درجهٔ حرارت است. وقتی که می‌گوییم درجهٔ حرارت با سرعت ۱۰ درجه درساعت پایین می‌آید، توجهمان به‌سرعت تغییر آن در زمان است. ولی وقتی که می‌گوییم، درجهٔ حرارت در حین حرکت به‌سوی باختر در هرکیلومتر ۳درجه پایین می‌آید، درواقع، یکی ازسرعت‌های موجود تغییر درجه حرارت را در فضا بیان کرده‌ایم. طبیعی‌ترین راه برای بررسی کمیت‌هایی که در فضا و در زمان منتشرمی‌شوند، استفاده ازقانون‌های ریاضی است که به‌وسیلهٔ معادله‌های دیفرانسیلی با مشتق‌های جزئی بیان می‌شوند. این معادله‌ها سرعت تغییر کمیت‌ها در زمان وسرعت‌های تغییر آن‌ها رادر فضا به‌هم مربوط می‌کنند، واین رابطه برمبنای این فرض است‌که این سرعت‌ها را می‌توان درهرنقطه معین کرد، واین به‌معنای قبول این حکم است که فضا وهم‌زمان تا بی‌نهایت

ضمناً، این شوخی گواه منحصر به‌فرد برعلاقهٔ سویفت به‌مسالهٔ تغییر تناسب‌های عادی نیست. او همیشه در این فکر بود که اگر ناگهان اندازه‌های مردم، جانوران و همهٔ چیزهای دیگرفوق‌العاده کوچك یا فوق‌العاده بزرگ شود، بر سر دنیا و افراد ساکن آن چه خواهد آمد.

دو قسمت اول، «سفرهای گالیور» درست به‌همین مطلب اختصاص دارد: در «سفر به شهر کوچولوها»، سویفت، از آدم‌هایی صحبت می‌کند که قدآن‌ها یك دوازدهم قد آدم‌های معمولی است؛ ودر «سفر به‌شهر غول‌ها»، آدم‌هایی را با بیست‌متر بلندی در نظر می‌گیرد.

در هردو حالت، وقتی که سویفت به‌شرح نتیجهٔ این تغییرهای شدید می‌پردازد، به‌اندازهٔ کافی خوشمزگی می‌کند، ولی فراست کافی از خودنشان نمی‌دهد. مثلا، هیچ تصوری در این باره‌نمی‌دهد که چنین تغییرهایی، در قابلیت حرکت آن‌ها، چه تأثیری دارد. سویفت، دراین‌باره فکر نمی‌کند که چطور آدم کوچولوهایی که جسمی مادی دارند، می‌توانند تا چند برابر قدشان‌بپرند وساکنان‌شهر غول‌ها، چنان تنبل ، کاهل و زمین‌گیر می‌شوند که به‌زحمت می‌توانند، قامت خود را راست کنند (یادداشت مؤلف).

قابل تقسیمند. به‌این‌ترتیب، لایب‌نیتس با قبول پیوستگی جهان فیزیکی، که ضمنا معرف دیدگاه‌های فلسفی اوهم بود، درست در برابر اتمیست‌ها قرار گرفت.

ازآن زمان، تکامل فیزیك هم، نظریهٔ اتمی وهم نظریهٔ مربوط به‌پیوستگی‌جهان وماده را به‌مرحلهٔ عالی کمال رسانده وبه‌صورتی آشتی‌ناپذیرتر از زمان لایب نتیس دربرابر هم قرارداده است. هنوز مولکول‌ها قابل رویت نبودند، وجود اتم‌های‌جداگانه نتیجهٔ روشنی از مجموعهٔ شیمی موجود بود. با کشف الکترون‌ها، پروتون‌ها وبسیاری‌از ذره‌های بنیادی دیگر، که به‌روندهای موجود در هستهٔ اتم مربوط می‌شود، افق‌های تازه‌ای را درآن طرف مرزاتم در برابر هواداران نظریهٔ اتمی گشود. درعین حال، نظریه‌ای که از پیوستگی سرچشمه می‌گرفت، به‌صورت وسیله‌ای لازم برای مطالعهٔ عملی دینامیك گازها، آبگونه‌ها وجسم‌های صلب وبرای‌بررسی نوروپدیده‌های‌الکترومغناطیسی درآمد. برخورد این دو سمت‌گیری بسیار مهم اندیشهٔ انسانی، که نسبت به‌هم به‌کلی ناسازگار به‌نظر می‌رسند، یکی از بزرگ‌ترین مساله‌های فیزیك امروزی را تشکیل می‌دهد.

تصادمی که دراین‌جا ازآن صحبت می‌کنیم، ازقریب صدسال پیش، از وقتی‌که ماکسول اساس آن‌چه را که امروز نظریهٔ کوانتایی گازها می‌نامیم طرح ریخت، آغاز به‌شکل‌گیری کرد. براساس این نظریه، گاز تشکیل شده است ازبی‌نهایت ذرهٔ متحرك، که مولکول نامیده می‌شود. ضمناً، حرکت مولکول‌ها می‌تواند به‌صورت چند نوع مستقل وبی‌ارتباط باهم باشد: مولکول می‌تواند به‌طرف بالا وپایین، به‌راست وبه‌چپ، به‌جلو وبه‌عقب حرکت کند وبه‌جز آن می‌تواند دور محوری قایم ودور دو محور افقی دوران کند. اگر مولکول را به‌صورت جسمی صلب در نظر بگیریم، حرکت‌های آن به‌همین‌جا تمام می‌شود؛ ولی، اغلب فرض صلب بودن مولکول غیرقابل قبول می‌شود، زیرا مولکولا به‌روشنی دارای بعضی نوسان‌ها درونی هم می‌باشد، پدیده‌ای که خاص دستگاه‌های کش‌سان است. حالا، تعداد کامل انواع حرکت‌های ذره یا آن‌طور که فیزیك دانان می‌گویند، تعداد درجه‌های آزادی یك ذره را می‌شماریم. بعد تعداد انواع حرکت‌های ذره‌های متفاوتی را که گاز را تشکیل می‌دهند به‌آن اضافه می‌کنیم، آن وقت خواهیم توانست تعداد انواع حرکت‌ها، یعنی درجهٔ آزادی تمامی گاز را در مجموع، معین کنیم. ماکسول متذکر می‌شود که، وقتی گاز در حالت تعادل استاتیك (سکون) داخلی است، هرنوع حرکت به‌طور متوسط انرژی معینی دارد، وضمنا این انرژی متوسط برای همهٔ انواع حرکت‌ها یکی است. این چگونگی، مضمون قضیه‌ای را تشکیل می‌دهد که امکان پیدا کردن بستگی بین دمای گازرا با ویژگی‌های دیگرآن به‌وجود می‌آورد.

ازاین‌جا می‌توان نتیجه گرفت که قابلیت حجم مفروضی ازگاز در جذب انرژی، به‌تعداد درجهٔ آزادی موجود درواحد حجم مربوط می‌شود. همین میزان قابلیت جذب انرژی، کمیتی است‌که ظرفیت حرارتی نامیده می‌شود. وقتی که ظرفیت حرارتی را بدانیم، می‌توانیم معین کنیم چه‌انرژی زیادی در جسمی که در حال تعادل گرمایی ویا

دردمای مفروضی است، وجود دارد. اگر تعداد درجه‌های آزادی موجود در واحدحجم بی‌نهایت باشد، به‌این معناست که چنین جسمی می‌تواند انرژی را به‌مقدار بی‌نهایت جذب کند، درحالی که دمای‌آن‌تنها در مرز محدودی درجه تغییر کند؛ به‌زبان‌دیگر، این مطلب به‌معنای آن است‌که، این جسم با جذب مقدار محدودی انرژی، به‌هیچ‌وجه گرم‌تر نمی‌شود. اگر این استدلال‌ها را برای حالت محیط پیوسته به‌کارببریم ــ محیطی که طبعاً درجه آزادی آن همیشه بی‌نهایت است ــ به‌این نتیجه می‌رسیم که محیط پیوسته همیشه دارای ظرفیت حرارتی بی‌نهایت است. یعنی، مفهوم دما درمورد چنین محیطی غیر قابل قبول است.

ولی ماکسول تنها نظریهٔ سینتیك (حرکتی) گازها را ــ که در بالا شرح دادیم ــ پایه‌گذاری نکرد؛ اوبه‌جز آن نظریهٔ دیگری هم داردکه بنابرآن، انتشارنوروالکتریسیته عبارت است ازنوسان‌های محیط پیوسته‌ای که «اثیر حامل‌نور» نامیده می‌شود. این اثیر ، همچون هرمحیط پیوستهٔ دیگری، نباید باجذب گرما گرم‌تر بشود. ولی حرکت اثیر حامل‌نور چیزی جز تشعشع نیست، که شکل‌های مختلف آن عبارتند از نور، پرتوهای رنتگن، تابش حرارتی وغیره؛ به‌این ترتیب، نظریهٔ ماکسولی اثیر، با این مطلب که تشعشع می‌تواند دارای دما باشد، یکی نیست. اگر این نظریه را درموردتشعشع آزادی به‌کار ببریم که در خلاء منتشر شده است، کاملا قانع‌کننده می‌شود، ولی ازاین نظریه نمی‌توان تعادل بین نوروماده‌ای را به‌دست آوردکه دارای دمای معینی است، یعنی چنان تعادلی که دست کم، مثلا درمورد کورهٔ داغ وجود دارد .بنابراین، برای مطالعهٔ روند تابش نور به‌وسیلهٔ ماکسول نیاز داریم. واین «چیز بیش‌تر» را پلانك ابداع کرد.

پلانك نه‌تنها کشف کرد که تشعشع دما دارد، بلکه این را هم فهمید که بستگی بین این درجهٔ حرارت با ویژگی تشعشع متناظر آن را، می‌توان به‌وسیلهٔ فرمول‌معینی مطرح کرد، همان‌چیزی که امروز به‌فرمول پلانك مشهور است. اوبرای به‌دست آوردن این فرمول ناچار شد فرض کندکه تشعشع را تنها می‌توان ازراه حصه‌های کوچك معینی به‌دست آورد که پلانك آن‌ها را کوانتوم (یا کوانتوم‌ها) نامید. به‌این‌ترتیب، پلانك نخستین گام را در راه تنظیم نظریهٔ کوانتایی فیزیك معاصر برداشت.

به‌طور کلی باید سال‌های نزدیك به۱۹۰۰ر۱ دوران بحرانی در پیشرفت‌تفکرعلمی دانست. در سال‌هایی نه‌چندان دور از آن، حتی دوراندیش‌ترین‌دانشمندان گمان‌می‌کردند که سدهٔ آینده، به‌دقیق‌تر کردن همین نظریه‌های موجود فیزیکی تعلق خواهد داشت وکار کشف ازاین به‌بعد تنها مربوط به‌این خواهد بودکه رقم‌های اعشاری فرمول‌های موجود را بیش‌تر وبیش‌تر جلو ببرند. ولی در حدود سال ۱۹۰۰، نظریهٔ کوانتایی‌بعضی ازاندیشه‌های بنیانی مربوط به‌پیوستگی را، که به‌میدان تشعشع بستگی پیدا می‌کرد، به‌کلی به‌هم ریخت. مکانیك آماری گیبس، که دیگر تغییر دترمی‌نیسم به‌قانونمندی

ایندترمی‌نیسم[۲۹] را آغاز کرده بود وآزمایش نوری (اوپتیکی) مایکلسون ومورلی[۳۰]، که نشان می‌داد سرعت انتقال زمین را نسبت به‌اثیر نمی‌توان به‌دست آورد، حلقه‌های اصلی در زنجیر اندیشه‌هایی بودند که اینشتین[۳۱] را به‌ساختن نظریهٔ نسبیت کشاند.

اینشتین نظریهٔ نسبیت را درسال ۱۹۰۵ تنظیم کرد، در همین سال هم ودیعه‌ای جدی در نظریهٔ کوانتایی ازخود باقی گذاشت. اوثابت کرد یکی از ضریب‌هایی که اثر نورابرقی (فتوالکتریکی) را مشخص می‌کند ــ اثر نورابرقی یك پدیدهٔ فیزیکی‌است ومضمون آن این است‌که جذب نور دربعضی شرطها به‌ظهور الکتریسیته بستگی پیدا می‌کند چه ازنظر مقدار وچه از نظر اندازه، دقیقاً همان ثابت معروف پلانك است،که درنظریهٔ کوانتایی خود وارد کرده بود. هفت‌سال بعد، در ۱۹۱۲، نیلس‌بور[۳۲] در کوپنهاك کشف کردکه همین ثابت را می‌توان برای توضیح کمیتی روند تابش‌نور، به‌وسیلهٔ اتم‌های گاز تفته، به‌کار برد.

فرض بور دربارهٔ تابش نور به‌وسیلهٔ اتم هیدروژن نظریه‌ای درخشان بود، ولی به‌هیچ‌وجه نمی‌شد آن را کامل دانست. این نظریه درواقع دورگهٔ حیرت‌آوری بودکه به‌کمك پیوند بعضی جنبه‌های نظریهٔ کوانتایی ــ که اساس آن برنا پیوستگی ماده‌گذاشته شده است ــ با نظریهٔ مدارهای سیاره‌ای ــ نظریه‌ای که جهان را همچون یك‌کل‌پیوسته درنظر می‌گیرد ــ به‌وجود آمده بود. ازهمین آمیزش غیر طبیعی بود که مدل اتمی معروف بور به‌وجود آمد، مدلی که می‌توانست یك رشته ازقانون‌مندی‌های کمیتی قابل مشاهده را توضیح بدهد، ولی ازلحاظ نظری فاقد هرگونه وحدت بود. در سال۱۹۲۵ وقتی که در گوتینگن بودم، جهان پی‌گیرانه به‌دنبال چنان نظریهٔ‌کوانتایی بود که بتواند پدیده‌های قابل مشاهده را شرح دهد ودرعین‌حال یك نظریهٔ یك پارچه ویگانه باشد، نه‌لحاف چهل تکهٔ رنگارنگی که ربطی به‌نظرگاه‌های متضاد فلسفی نداشته باشد. آن موقع من نمی‌دانستم چه هیجان و علاقه‌ای دربارهٔ تضاد درونی نظریهٔ کوانتایی درگوتینگن وجود دارد. ولی از تصادف روزگار، سخن رانی من به‌موضوع‌هایی مربوط می‌شد که با نظریهٔ کوانتایی خویشاوند بودند ــ در این سخن رانی بحث در بارهٔ میدانی بود که نمی‌شد قانون‌های عادی را در آن و برای هر اندازهٔ دلخواه کوچك به‌کار برد. همان‌طور که پیش از این هم گفته‌ام، سخن‌رانی‌ام در زمینهٔ آنالیزهمساز بود، یعنی تجزیهٔ حرکت‌های مرکب به‌نوسان‌های‌همسازساده‌تر،آنالیزهمساز، که دراین اواخر درجهت‌های به‌کلی مختلف تکامل پیدا کرده است، تاریخی کهن دارد. این تاریخ حتی به‌فیثاغورس می‌رسد که به‌طور کلی به‌موسیقی، وبه‌طور خاص به‌نوسان های سیم چنگ، علاقمند بود. می‌دانیم که سیم می‌تواند نوسان‌های کاملا گوناگونی داشته باشد،که ساده‌ترین ومقدماتی‌ترین آن‌ها نوسان‌های همسازنام دارد. درواقع، حرکت سیم یك وسیلهٔ موسیقی دقیقا یك نوسان همساز نیست، ولی ترکیب ساده‌ای از

---

۲۹. یقینی‌گری ونایقینی‌گری determinism, and, indeterminism دومفهوم فلسفی متضاد، که اولی تحول کلیهٔ پدیده‌ها را قابل شناخت وپیش‌بینی می‌داند و دومی برعکس.

30. Michelson, Morley 31. Einstein 32. Niels Bohr

نوسان‌هاست وبنابراین در تقریب اول می‌توان آن را همساز به‌حساب آورد.

حالا ببینیم درواقع نت موسیقی یعنی چه، جای نت وقتی که در بالا یا بین وروی پنج خط نت قرار گرفته است، معرف ارتفاع آن یعنی بسامد نوسان متناظر آن وتوالی نت‌ها از لحاظ افقی، معرف توالی نوسان‌ها در زمان است. علامت‌های زمانی روی‌صفحهٔ نت، مداومت نسبی ویا توقف صداها ــ نت‌های کامل، یك‌دوم‌ها، یك چهارم‌ها وغیره ــ وهمچنین مداومت مطلق را نشان می‌دهند. به‌این‌ترتیب، در نظر اول این فکر به‌وجود می‌آید که دستگاه علامت گذاری موسیقی، نوسان‌ها را از دوجهت مستقل وبی‌ارتباط باهم مشخص می‌کند: ازجهت بسامد وازجهت مداومت.

ولی مطالعهٔ دقیق تر این مساله نشان می‌دهد که وضع به‌همان سادگی که درابتدا به‌نظر می‌رسد نیست. تعداد نوسان ها در ثانیه، که با نشانه‌های نت وبه‌صورت ویژگی بسامد (یا ارتفاع) آ ن‌داده می‌شود، درعین حال به‌طول زمان هم بستگی دارد. بنابراین، ارتفاع نت وپراکندگی آن درزمان، به‌صورت پیچیده‌ای باهم بستگی دارند.

نوسان همساز ساده، به‌صورت مطلوب خود، عبارت است از چیزی که درطول‌زمان از دورترین زمان گذشته تا دورترین زمان آینده ــ دایم وبه‌صورتی تغییر ناپذیرتکرار شود. به‌مفهومی، این نوسان «به‌صورتی جاودانه» وجود دارد. ابتدا وانتهای نت، ناگزیر با تغییر حالت بسامدی آن بستگی دارد، ممکن است این تغییر کوچك باشد، ولی به‌هرحال وجود دارد. نت، که تنها در زمانی محدود ادامه دارد، به‌یك رشته مرحله‌های سادهٔ نوسان‌های همساز تجزیه می‌شود، و حتی یکی از این‌نوسان‌ها را هم نمی‌توان‌همچون وجودی واحد مورد بررسی قرارداد. دقیق‌تر کردن موقعیت صدا در مقیاس زمان، همراه با افزایش عدم دقت در مقادیر بسامدهای آن است، وبرعکس، دقیق‌ترنشان‌دادن بسامدها موجب نامشخص‌تر شدن وضع در جریان زمان می‌شود.

اهمیت این ملاحظه‌ها تنها در ارزش خاص نظری آن‌ها نیست، بــکه با محدودیت های واقعی کار موسیقی‌دان‌ها هم تطبیق می‌کند. هیچ‌کس نمی‌تواند برپایین‌ترین پردهٔ ارگ،جیك[۳۴] را بنوازد. اگرطول نت متناظر با بسامد شصت نوسان در ثانیه باشد ومداومتی برابر یك بیستم ثانیه داشته‌باشد، تنها فشاری درهوا به‌دست می‌آید، که فاقد هرگونه اثر تناوبی است. طبیعی است‌که آن‌را، همچون یك نت معین، نمی‌توان شنید بلکه، پردهٔ‌گوش آن را به‌طور ساده وهمچون یك تکان جداگانه درك می‌کند. ضمناً سازوکار بغرنج انعکاس محرك‌هایی که صدای موسیقی رادر ارگ پدید می‌آورد، در چنین موردی، حتی نمی‌تواند آغاز به‌کار کند. به‌همین مناسبت، وقتی که جیگ تند برپایین‌ترین پردهٔ ارگ ظاهر شود، حتی یك موسیقی بدنیست، بلکه اصولا هیچ‌گونه موسیقی به‌دست نمی‌آید.

بحث اصلی سخن‌رانی‌ام در گوتینگن در سال ۱۹۲۵ به‌همین معنای آنالیز همساز

---

۳۳. Sub specie aeternitatis (لاتین)

۳۴. Jig ، رقص ملی وقدیمی انگلیسی، که با حرکت‌هایی تند وسریع انجام می‌شود.

مربوط می‌شد. درآن زمان به‌روشنی تصور می‌کردم که قانون های فیزیك، به‌مفهوم معینی، به‌نشانه‌گذاری‌های موسیقی شباهت دارند وملاحظه‌هایی را که دربالا طرح کردیم می‌توانند کاملا واقعی ومهم باشند، اگرچه، وقتی که با فاصله‌های زمانی بزرگ‌تراز فاصله‌های خیلی کوچك سروکار داریم، لزومی ندارد که آن‌ها را کاملا جدی بگیریم. به‌زبان دیگر، می‌خواستم تاکید کنم که درموسیقی، وهم درنظریهٔ کوانتوم‌ها، بین‌رفتاری که به فاصلهٔ زمانی (یا فضایی) خیلی کوچکی مربوط می‌شود، وآن‌چه ما آن را رفتار عادی می‌نامیم ــ وبا انتخاب مقیاسی اززمان که برای ما عادی است انجام می‌گیرد ــ اختلافی اساسی وجود دارد؛ ودرنتیجه، تقسیم بی‌پایان دنیای واقعی مفهومی است که در فیزیك معاصر نمی‌تواند بدون درنظر گرفتن قید وشرط‌های خاصی مورد استفاده قرار گیرد.

برای این‌که رابطهٔ این اندیشه‌هایم با پیشرفت واقعی نظریهٔ کوانتایی روشن‌شود، باید چند سالی به‌عقب برگردیم وبه‌زمانی توجه کنیم که ورنرهایزنبرگ[۳۵]، اصل دوگانگی یا نایقینی[۳۶] خود را تنظیم کرد. در فیزیك رسمی نیوتون، یك ذره دریك لحظهٔ معین می‌تواند موقعیتی معین ومقدار حرکت معین ــ ویا معادل تقریبی آن: موقعیتی معین وسرعتی معین ــ داشته باشد. هایزنبرگ به‌طور نظری کشف کرد: در شرایطی که ضمن آن موقعیت ذره می‌تواند با دقتی کاملا زیاد اندازه‌گیری شود، مقدار حرکت یا سرعت آن را می‌توان تنها با دقت‌کمی اندازه‌گرفت، وبرعکس. این‌دوگانگی درست شبیه دوگانگی بین ارتفاع ومداومت در موسیقی است، وهایزنبرگ هم‌آن را به کمك همان آنالیز همسازی روشن کرد که من، دست کم پنج سال قبل در بارهٔ آن‌در گوتینگن سخن گفته بودم.

ماکس‌بورن[۳۷] وهایزنبرگ، دربه‌وجود آمدن وتکامل اولیهٔ مکانیك کوانتایی‌در گوتینگن نقشی اساسی داشتند. ماکس بورن از هایزنبرگ خیلی بزرگ‌تر بود، ولی گرچه پایه‌های نظریهٔ جدید بدون تردید براندیشه‌های او بنا نهاده شده است، افتخار به‌وجود آوردن مکانیك کوانتایی ــ به‌عنوان شاخهٔ مستقلی ازدانش ــ متعلق به‌همکار جوان‌تر اوست.

بورن که مردی آرام ونرم بود وروحی علاقه‌مند به‌موسیقی داشت، بیش از هر چیز دیگری دردنیا دوست داشت همراه با همسرش پیانو بزند. او دانشمندی بی‌اندازه فروتن بود وجایزهٔ نوبل در سال ۱۹۵۴ به‌دست آورد، یعنی بعد از آن که به عده‌ای از دانشجویان خود زمینه‌هایی داده بود تا امکان به‌دست آوردن این افتخار را خیلی پیش ازآن‌که به‌خودش تعلق بگیرد، داشته باشند.

---

35. Werner Heisenberg
36. principle of duality or indeterminism
37. Max Born

هایزنبرگ درآن زمان کمی بیش از بیست سال داشت، اوهیچ رغبتی به‌فداکاری وازخود گذشتگی نداشت وطعم شادی ناشی ازموفقیت را در همان ابتدای شکل‌گرفتن شخصیت خود چشید. اوبه‌تدریج روبه‌اندیشه‌های ناسیونالیستی آورد وموجب دقایق تلخی برای معلم خود شد. تحمل رفتارهایزنبرگ، بیش‌تر ازاین جهت برای بورن سنگین بود که خود اویك یهودی بود، در حالی که هایزنبرگ سرآخر، به‌نازیسم پیوسته بود.

همان‌طور که قبلا هم گفته‌ام، کار من در گوتینگن با بی‌توجهی روبه‌رو نشد. هیلبرت، کورانت وبورن گاه به‌گاه مطالبی می‌گفتند که می‌شد استنباط کرد سال بعد دعوتی برای رفتن به‌گوتینگن دریافت خواهم کرد. بورن خیال داشت در آیندهٔ‌نزدیك برای یك دوره در دانشگاه صنعتی ماساچوست درس بدهد ومن می‌خواستم ازاین‌فرصت برای کاربا او استفاده کنم.

پروفسور بورن در حالتی وارد ایالات متحده شد که همه به‌خاطر نظریهٔ جدید کوانتایی ساختمان اتم ــ که همان وقت به‌وسیلهٔ هایزنبرگ طرح شده بود ــ به‌سختی هیجان زده بودند. این نظریه ماهیتاً خصلتی انفصالی داشت ودستگاه ریاضی مورد استفادهٔ آن، جدولی مربعی ازعددها بود که ماتریس نامیده می‌شد. بی‌ارتباطی سطرهای جداگانه وستون‌های جداگانهٔ این ماتریس‌ها، با بی‌ارتباطی خطهای جداگانهٔ طیف در تشعشع اتم بستگی پیدا کرد. ولی ازآن جا که همهٔ قسمت‌های طیف اتم از خطهای منفصل تشکیل شده است، بورن خیلی علاقه‌مند به‌امکان تعمیم این ماتریس‌ها یا جدولی های عددی بود، به‌نحوی که بتوان به‌نوعی اتصال هم رسید، که باقسمت‌های متصل طیف تطبیق کند. چنین تعمیمی، به‌کار تخصصی زیادی نیاز داشت واو دراین باره روی کمك من حساب می‌کرد.

دراین‌جا نمی‌توانم به‌تفصیل دربارهٔ شرکت خودم دراین کار کاملا تخصصی وتا حد زیادی انتزاعی، که درعین حال تنها اهمیت زودگذری در تکامل عمومی نظریهٔ کوانتایی داشت، صحبت کنم. همین‌قدر بگویم که درآن زمان به‌تعمیم مفهوم ماتریس، یعنی همان چیزی که امروز گرداننده (اوپراتور) نامیده می‌شود، رسیده بودم. بورن نسبت به‌مبانی استدلالی روش من نگرانی عمیقی داشت وخیلی می‌خواست‌بداند که‌آیا ساختمان‌های ساختگی ریاضی من مورد تایید هیلبرت قرار می‌گیرد یا نه. هیلبرت نسبت به‌آن‌ها حسن توجه زیادی نشان داد، وازآن لحظه بود که گرداننده‌ها نقش دایمی

---

* امروز دیگر بیش‌تر محققان در همکاری واقعی‌هایزنبرگ با نازیسم تردید دارند واورا باعث شکست برنامهٔ اتمی هیتلر می‌دانند.

وواقعی خود را در نظریهٔ کوانتایی آغاز کردند. تقریبا در همان زمان پل‌دیراك[۲۸] هم در انگلستان، بدون این‌که ازکار من آگاه باشد، گردانندهها را در نظریهٔ کوانتایی وارد کرد. بهجز این گردانندهها توانستند بهعنوان وسیلهٔ بسیار مفیدی بین مکانیك کوانتایی‌هایزنبرگ وشکل دیگری ازمکانیك کوانتایی ــ که درهمان زمان بهوسیلهٔ اروین شرودینگر[۲۹] پروفسورویتی پیشنهاد شده بود ــ رابطه برقرار کند.

ازهمین زمان بود که مکانیك کوانتایی بهمرحلهٔ جدی تکامل خود افتاد. گروهی ازدانشمندان جوان ــ دیراك، ولفگانگ، پائولی وفون‌نویمان[۳۰]، که همه کم وبیش هم سن ووسال‌هایزنبرگ بودند ــ مثل این بود که هرروز کشف تازه‌ای دراین زمینه عرضه می‌کنند. ومن دراین موقعیت پرتب وتاب هیجانی مثل همیشه بدکار می‌کردم و احساس هیچ علاقه‌ای نداشتم تا در حل دشواری‌هایی که این همه دانشمندان مشهوررا بهخود جلب کرده است شرکت کنم. بهنظرم می‌رسید که بعضی اندیشه‌های فلسفی ــ که ناشی از کارهای قدیمی‌ام دربارهٔ حرکت براونی بود ــ می‌تواند در مکانیك‌کوانتایی مورد استفاده قرار گیرد، ولی مساله‌هایی که علاقهٔ مرا بهطرف خود جلب کرده بود وچنان موضوع‌هایی که برای حل آن‌ها می‌توانستم از روش خودم استفاده کنم در بیست سال بعدی نتوانستند صورتی جدی وفعال بهخود بگیرند. در سال‌های آخر دوباره واین‌بار همراه با آرمان زیکل از دانشگاه بوستون، بهاین زمینه برگشتم وسرانجام این امید درمن پیدا شد که می‌توانم دراین رشته کار مفیدی انجام دهم، کاری که‌ازدیگران ساخته نیست.

وقتی که از کارهای خودم صحبت می‌کنم ــ چه‌آن‌ها که انجام داده‌ام وچه‌آن‌ها که در انتظار انجام آن‌ها هستم ــ همیشه بهیاد می‌آورم (وامیدوارم که خواننده‌هم‌چنین باشد)، که موضوع فیزیك امروز مطلقا دراین نیست که تکامل بعدی خود را برپایهٔ نظریه‌های عمومی موجود ــ که مبانی نظری آن‌ها کاملا روشن شده است ــ ادامه دهد. فیزیك امروز، شامل نظریه‌های جداگانه‌ای است که هیچ آدم تنهایی نمی‌تواند آن‌هارا به‌صورت قانع کننده‌ای باهم سازش دهد. یکی خیلی خوب می‌گفت که: فیزیك‌دان امروزی روزهای دوشنبه وچهارشنبه وجمعه متخصص درنظریهٔ کوانتایی است وسه‌شنبه، پنجشنبه وشنبه روی نظریهٔ نسبیت کار می‌کند، ولی یکشنبه به‌کلی از تخصص خارج می‌شود وخیلی ساده همچون گناهکاران به‌خدا متوسل می‌شود تا عقلی به‌او بدهدکه بتواند بهنحوی این دونظریه را، باهم آشتی بدهد.

ترجمهٔ پرویز شهریاری

---

28. Paul Dirac 29. Ervin Schrödinger
30. Dirac, Wolfgang, Pauli, and, John von Neumann

دکتر ابراهیم باستانی‌پاریزی

یادی از استاد نصرالله فلسفی

سر انجام این زیستن مردن است — که بشکفتن آغاز پژمردن است
مپندار کاین پی گسسته سرای — ترا بود خواهد بسی دیر پای
دو روزی دگر مرگت آوا زند — همه ساز و برگ تو بپراکند
تنت تیره خاک اندر آرد به بند — در آن تنگ زندان بمانی نژند...

شاید اگر فردوسی طوسی زنده بود اجازه می‌داد که این ابیات دلپذیر را برسنگی بنویسند وپس ازمرگ برقبر او نهند. تصور این نکته مشکل است که این ابیات بلند، از فردوسی یا نظامی نباشد، بل از کسی باشد که در قرن بیستم، شعر را به‌این محکمی بسیاق نظامی وفردوسی سروده باشد.

نصرالله فلسفی، استاد بزرگ‌ما، گویندهٔ این ابیات نیز، در خردادماه ۱۳۶۰ شمسی پس از حدود هشتاد سال تمام زندگانی پربرکت و زاینده، روی در نقاب خاک کشید.

از توفیقات زندگانی مخلص یکی این‌است‌که ازهمان روزگار کودکی با آثار این استاد عزیز آشنا شده بود. در همان ایام تحصیل دبستان، یك مجلهٔ ظریف کوچك، به‌نام «تمبر درایران» در گوشهٔ خانهٔ ما در پاریز بود، که‌نام نصرالله فلسفی را برخود داشت. فلسفی، که ازسال ۱۲۹۹ شمسی خدمت خود را در وزارت پست وتلگراف‌شروع کرده بود، درآن‌جا مجله‌ای دایر کرد که از ۱۳۰۲ تا ۱۳۰۴ منتشر می‌شد، وچون درآن روزگار، دوایر پست ایران، یکی‌ازمهم‌ترین وسایل ارتباط عمومی وشاید هم تنها وسیلهٔ ارتباط بود، رؤسای پست وتلگراف، عموماً بیش‌تر جراید و مجلات منتشرهٔ داخل وخارج را در کشور پخش می‌کردند وازعوامل مهم روشنی‌اذهان عمومی بودند، وبه‌همین دلیل است که نه‌تنها بسیاری از نویسندگان و شعرای بزرگ ایران ــ ازنوع پژمان بختیاری ــ وهمین نصرالله فلسفی ــ را عضو پست وتلگراف می‌بینیم، بلکه، بر خلاف تصور قبلی که برخی مدیران پست و خصوصاً تلگراف را ازعوامل وگاهی عضو دولت‌های خارجی ــ خصوصاً انگلستان ــ می‌پنداشتند ــ باید اذعان کنیم که در اوایل مشروطه واوایل کودتا همین مدیران پست ازعوامل مهم انتشار جراید ومجلات واعلامیه‌های منتشرهٔ داخل وخارج مملکت بوده‌اند، وباز برخلاف تصور قبلی خیلی‌کم نمونه‌های سانسور وعدم امانت و نرساندن بسته‌ها ووسایل پستی را درآن عصر می‌توانیم

سراغ کنیم،[۱] واز دولت سر همین‌گونه اعضای کم‌رتبه وضعیف پست آن‌روزگار بوده که مخلص اکنون یکی دوسال روزنامهٔ حبل‌المتین چاپ هند را دارم که ازآن سردریاها به‌کوهستان پاریز واصل می‌شده، همچنان‌که شماره‌هایی از مجلهٔ تمبر را هم دارم که به‌مدیر پست پاریز ــ حسین صفاری ــ می‌رسیده واو به‌تمام کسانی که سواد داشتند واهل خواندن بودند، در ده می‌داده است.

هم‌چنان‌که مجلهٔ آیندهٔ چاپ ۱۳۰۴ را هم دارم که بازهمان مدیر پست توزیع می‌کرد، ونخستین مقالات واشعار استاد نصرالله فلسفی را هم درهمین مجله می‌توان‌دید بعدها مجلهٔ تعلیم وتربیت (۱۳۱۳ و ۱۳۱۴) ومجلهٔ مهر (۱۳۱۲ تا ۱۳۱۵) نیز به کوهستان ما رسید که مدیر آن استاد فلسفی بود وجزء ذخایر فرهنگی آن روزگار است.

البته، مرحوم فلسفی در ۱۳۰۴ در وزارتخانه‌های فواید عامه وعدلیه به‌خدمت پرداخته بود وسپس به‌وزارت معارف رفت ودر دبیرستان‌های سیروس و علمیه وشرف وثروت ودارالفنون، خصوصاً، به‌تدریس زبان فرانسه و تاریخ وجغرافیا می‌پرداخت و درمدرسهٔ نظام نیز تدریس می‌کرد.

پس از تأسیس دانشگاه تهران ــ که من اعتقاد دارم باید گفت پس از تمرکز مؤسسات آموزش عالی در یك جا (زیرا در آن وقت بسیاری از مؤسسات عالی مثل دارالمعلمین عالی و طب و صنایع مستظرفه و علوم سیاسی که از ۱۳۱۷ قمری توسط مشیرالدوله تأسیس شده بود وجود داشته‌اند ، ودر واقع متمرکز شدند) ــ بلی، پس‌ازاین تمرکز ازبسیاری ازاهل‌ذوق دعوت شد که در دانشگاه گرد آیند ومرحوم فلسفی نیز یکی از آن گروه بود که در مهر ۱۳۱۵ بدانشگاه آمد ودر دانشکدهٔ ادبیات به‌تدریس تاریخ وجغرافیا پرداخت.

بعد از شهریور ۱۳۲۰ که آزادی مطبوعات برای چند سالی فراهم آمد، آقای فلسفی مجلهٔ ادبی و سیاسی هفتگی امید را منتشر ساخت که از ۱۳۲۳ تا ۱۳۲۶ دوام یافت ویکی ازبه‌ترین مجلات آن زمان است و بیش‌تر نویسندگان معروف و استادان دانشگاه در آن مجله مقالات ادبی و سیاسی و شعر دارند، و مخلص، قصیدهٔ معروف «بهار درباکو» را در همین مجله خوانده‌ام.

نصرالله فلسفی بیش از شهریور نیز در جراید شفق سرخ، اتحاد، مردآزاد، اطلاعات، مقاله می‌نوشت، به‌مجلهٔ ادبی شرق نیز که مرحوم نفیسی در مؤسسهٔ خاور ــ محمد رمضانی ــ منتشر می‌کرد، یاری می‌رساند.

مجلات بعد از شهریور، مثل مجلهٔ سخن، مجلهٔ دانشکدهٔ ادبیات، مجله یغما و

۱ــ البته تعدادی از رؤسای تلگرافات ایران خارجی بوده‌اند ــ ولی بیش‌تر افراد آن‌ایرانیان باذوق وروشنفکر وفهمیده‌به‌شمار می‌آمدند، وچون مؤسسات پست وتلگراف یك جنبهٔ بین‌المللی داشت، مقامات دولتی و حکام ولایات معمولا در مورد تحکم به‌آنان‌جانب احتیاط رارعایت‌می‌کردند وگاهی اوقات هم اصلا ازآنان حساب می‌بردند، وبه‌همین دلیل تلگرافخانه‌ها بسا اوقات به‌جای اینکه وسیلهٔ سانسور وزیرورو کردن مرسولات پستی باشد مرکز تحصن و بست متظلمان بود.

مجلهٔ وحید نیز ازمقالات فلسفی بی‌بهره نبوده‌اند.

در عین حال، استاد فلسفی بیش از پنجاه جلد کتاب ترجمه وتألیف کرده است که درمیان ترجمه‌ها: بیچارگان ویکتورهوگو، فرهنگ فلسفی ولتر، تاریخ انقلاب‌روسیه، داستان‌های کوتاه از نویسندگان بزرگ، اشعار منتخب از شاعران رمانتیك، سرگذشت ورتر، و تمدن قدیم فوستل دوکولانژ ازآن جمله است.

درمورد کتاب اخیر، مخلص باید یادداشتی را که چند سال پیش نوشته‌ام وناقص بود، اکنون که فرصتی دست داده تکمیل کنم. من در مجله راهنمای کتاب، همچنین کتاب اژدهای هفت‌سر (ص۴۷۸) نوشته بودم: «... آقای نصرالله فلسفی می‌فرمودکه یك وقت مردی پیشنهاد داد تا کتاب تمدن قدیم فوستل‌دوکولانژ را ترجمه کنم. من تن به‌قبول دادم و شروع کردم. هرچندروز یك‌بار، آن‌مرد پنجاه تومان رضاشاهی[1] را در کیسه‌ای می‌نهاد، وخودش به‌دست می‌گرفت، وبه‌خانهٔ من می‌آمد ومی‌داد، ومقداری که ترجمه شده بود می‌گرفت ومی‌برد.

من (فلسفی) بارها به‌آن مرد حق‌شناس می‌گفتم که لزومی ندارد هرهفته این‌کار را بکنند، مواصولا، باشد تا حق‌الترجمه را درموقع چاپ بپردازند، اما آن مرد می‌گفت: شما مترجم و محقق دانشمندید، احترام دانش واجب است، من خود باید حق‌التألیف را بیاورم.

پس از ختم کتاب، آن‌مرد، متن را به‌خرج خود چاپ کرد وتمام نسخه‌های آن را مجاناً توزیع نمود. صادقانه آقای فلسفی می‌گفت: چند سال پیش خواسته شد قرار چاپ دوم را قبول کنیم. جهت این‌که حق‌الترجمه و مخارج چاپ اول کتاب راآن‌مرد قبول کرده بود، مراجعه کردم که برای تجدید چاپ استجازه‌ای شده‌باشد.

پیرمرد ــ که بستری بود ــ با دست به‌من اشاره کرد وگفت:

ــ آقا، شما این کتاب را ترجمه کرده‌اید، شما زحمت کشیده‌اید، من چه‌حقی دارم که اجازه بدهم، من چه کاره‌ام که شما ازمن‌کسب تکلیف می‌کنید؟ بروید آقا کتابتان را چاپ کنید!

این بود گفتار استادم نصرالله فلسفی دربارهٔ کتاب فوستل‌دوکولانژ، و لازم بود میزان همت گذشتگان برای اهل تاریخ در مجلهٔ راهنمای کتاب یاد شود:

از زنده‌های مرده که خیری ندیده‌ایم

ای مرده‌های زنده، فدای قبورتان»

این بود شرحی که من در کتاب «اژدهای هفت‌سر» چاپ ۱۳۵۲ نوشته بودم، چون درآن موقع نمی‌شد بدلیلی اسم آن‌مرد آورده شود، اکنون آن شرح را تکمیل و عرض می‌کنم که مقصود ازآن مرد، و آن مرده‌های زنده، مرحوم دکترمحمدمصدق[2] است که مناسبت مقام را یاد خیر او تجدید می‌شود. با تألیفات استاد فلسفی از قبیل

۱ــ مقصود پول زمان رضا شاه است.

۲ــ مرحوم فلسفی نکاتی تازه درباب سقوط سرلشکرزاهدی و نظر او درباب مصدق می‌گفت که از زبان خود زاهدی در فرنگ شنیده بود. وان‌شاءالله در جایی روزی بدان اشاره خواهدشد.

ایستاده از راست : سید رضا هنری، محمود عرفان، یحیی ریحان، رضا شهرزاد، سعید نفیسی
وسط : رشید یاسمی، زین‌العابدین رهنما، ملک‌الشعرای بهار، علی دشتی، حیدرعلی کمالی، سرکشیک‌زاده، لطف‌الله ترقی
پایین : موسی بهار، نصرالله فلسفی، محمد سعیدی

چند مقالهٔ تاریخی وادبی، وتاریخ روابط ایران واروپا، وتاریخ عمومی‌جهان،واصول تعلیم وتربیت، و مقالات از حد حصر بیرون است، اما باید اشاره کرد که‌شاهکار او کتاب با ارزش «**زندگانی شاه عباس اول**» است‌که پنج جلد آن تاکنون بارها چاپ شده، وسه جلد باقی‌مانده باید روزی تنظیم وتکمیل شود وبه چاپ برسد، دراین مورد از یکی دیگر ازکتاب‌های استاد باید نام برد که فیش‌ها موجود و قسمت‌هایی ازآن نوشته شده، وآن «تاریخ تملق درایران» است. کتابی که به‌عقیدهٔ من به‌حجم کل تاریخ ایران اوراق خواهد دشت!

سال ۱۳۲۵ بود که مخلص ازکرمان برای ادمهٔ تحصیل به‌تهران آمد و طبعاً با همهٔ آن‌ها که آثارشان را سال‌ها می‌شناخت از نزدیك برخورد یافت، و در طلیعهٔ نخستین آن‌ها باید نام استاد نصرالله فلسفی، وسپس مرحوم اقبال و مرحوم سعیدنفیسی ومرحوم رشید یاسمی را نام برد، استادانی که نام‌آن‌ها در مجلات ادبی ایران، درجزء نام‌های معهود وگاهی «دوقلو» جدا نشدنی وعضو لاینفك به‌شمار می‌رفت.

چهارسال توفیق دریافت محضر استاد این امکان را فراهم ساخت‌که به‌فضایل اخلاقی ومزایای باطنی وروح بلند استاد بیش ازپیش پی‌ببرم، واین نکته را درهمکاری که با ایشان برای تنظیم نقشه‌های اطلس تاریخی ایران درمورد چندین نقشه داشتم بارها وبارها آزمودم.

فلسفی از ۱۳۴۳ به تقاضای شخصی باز نشسته شد، وچون زن وفرزند نداشت،اغلب ایام عمر را در خارج گذراند، ودرآن‌جا نیز ازتهیه وجمع‌آوری اسناد برای کتاب خود ــ خصوصاً از اسناد واتیکان غافل نماند، یك سالی نیز مدرس دانشگاه‌استراسبورگ بود ومجلهٔ ایرانیکا را پی افکند (۱۳۴۵).

در این اواخر سخت ضعیف و ناتوان شده‌بود، قلب او نیز یاری نمی‌کرد، وطبیبان ایرانی وفرنگی، دستگاهی که به‌قول خودش ، برای حرکت قلب، با باطری کمك می‌ــ فرستاد، در سینهٔ او نصب کرده بودند، واین خود دردی بردردها افزوده بودکه هر لحظه می‌بایست در تشویش قدرت باطری قلب‌آهنی خود بوده باشد. نگارنده این‌افتخار را دارد کــه در این بیست سال اخیــر ایام بسیاری را در محضر ذوق این استاد عزیز گذرانده است.

بارها وبارها در فرنگ، در سواحل جنوبی فرانسه، توفیق زیارت ایشان دست می‌داد، با همان قدرت حافظهٔ جوانی، اشعار فرخی و مسعودسعد و فردوسی ــ شاعرانی را که سخت به‌آن‌ها علاقه داشتــ از حفظ می‌خواند، محضر او انسان را در محیط ذوقی وادبی عصر غزنوی وسامانی سیر می‌داد، وبا خواندن بهاریه‌ها و نسیب‌های تغزلات شاعرانی مثل منوچهری و فرخی، بوی نسترن‌ها و ارغوان‌های کوهساران غزنه و بلخ و نیشابور د رمشام شنونده پراکنده می‌شد.

خود نیز به‌سبك همان شاعران شعر می‌گفت و مضامین دلپذیر انتخاب می‌کرد، وبسیاری ازایام، اشعاراو، زبان زد خاص وعام و دستاویز مجلات گوناگون چپ و

راست بود.

خواهم که دل از حیات برگیرم — زی کشور نیستی سفر گیرم
وین عمر قصیر سست بنیان را — مردی کنم و قصیرتر گیرم
پروانه به روی گل قرارش نیست — من از چه به روی گل مقرگیرم...
بس گردش روز وشب دلم فرسود — چند این ره رفته را ز سر گیرم...
بسیار شبا کز آسمان شبگیر — با دیدهٔ خون چکان نظر گیرم
وز حسرت اختران ، سحرگه خشم — چون مهر دمنده بر سحر گیرم
افسانهٔ عمر سخت محنت زاست — آن به که فسانه مختصر گیرم...

فلسفی دراین سه‌چهار سال اخیر دیگر توفیق آمدن به‌ایران را نیافته بود، با بیماری وناتوانی می‌ساخت، روزها در کنارهٔ نیس قدمی چند می‌زد، شبانگاه اندکی غذای ساده ــ معمولاً ماست ــ که شام او بود می‌خورد وبه‌بستر می‌رفت. بسیارنحیف ورنجور شده بود، کم‌کم حافظه اورا از همراهی دریغ می‌ورزید. چنان می‌نماید که اخیراً سینه وقلب به‌او اعلام خطر کرده بودند، در اواسط بهار امسال خود را به‌ایران رساند، واندکی بعد، یعنی ده بیست روز بعد ازورود به‌ایران، درگذشت. مقرر بود تا استادی که همیشه اندیشهٔ سرزمین نیاکان خویش داشت چند روز آخر عمر را در آغوش وطن باشد ودرهمین‌جا تن به‌خاك بسپارد.

با مرگ مرحوم فلسفی، در محفل ادبی ایران که در پنجاه شصت‌سال اخیر کورسویی برپهنهٔ فرهنگ قرون متمادی می‌زد، آخرین شمع، یا یکی ازآخرین‌شمع‌های آن افسرد، ولی اثر وجودی او وامثال او در فرهنگ و ذوق نسلی که در زمان او رشد کرده وبالیده است هرگز انکار کردنی نیست، چه، تنها در محفل ذوق و ادب است که، به‌قول شاعر:

از چراغ مرده‌ای، صد شمع روشن می‌شود!

از دلباختگی خود به‌جمع‌آوری سوسك بگویم: روزی پوست کهنهٔ درختی را کندم و دو سوسك نایاب دیدم، هریك را در یك دست گرفتم، سپس سوسك سومی از نوعی دیگر دیدم که نمی‌توانستم ازگرفتن آن صرف‌نظر کنم، پس سوسکی را که به‌دست راست داشتم در دهانم انداختم.

«از یادداشت‌های داروین»

فرانسیسکو آیالا

ساز و کارهای تکامل

پیشرفت‌های سریع دانش توارث یافته‌ای در دودههٔاخیر، منشأ جهش را توضیح می‌دهد و معلوم می‌کند که‌تغییرات در داخل گونه‌ها خیلی وسیع‌تر از آن است که از فرضیات داروین برمی‌آید.

۱۲۱ سال پیش، هنگامی که «دربارهٔ منشاء انواع» منتشر شد، اصول اساسی نظریات داروین در آن بیان شده بود: به‌عقیدهٔ داروین، شالودهٔ تکامل، وقوع تصادفی تغییرهای وراثتی در افراد یك جمعیت است بدین ترتیب تغییر های سودمند اخذ و تغییرهای ناسودمند از طریق انتخاب طبیعی حذف می‌شود: بقای ممیزات و تکثیر افراد دارای تمایزات ارثی. در این راه، سازگاری محیطی شامل ترکیبی از گونه‌گونی و انتخاب، تصادف و ضرورت است.

داروین گوناگونی را پدیدهٔ گذرا می‌دانست. به‌عقیدهٔ او چون یك تودهٔ زیستمند با محیط خود سازگاری نزدیکی یافته است، اکثریت عظیم تغییرات بدخیم خواهد بود و بنابراین افراد تغییر یافته براثر انتخاب طبیعی حذف خواهند شد. در موارد نادری که یك تغییر خوش‌خیم است، به‌فرد اجازه می‌دهد تا با احتمال بیش‌تری به‌بقایش ادامه دهد و تولید مثل کند. در نتیجه، تغییر خوش‌خیم تدریجاً در طی چندین نسل به‌همهٔ آن تودهٔ زیستمند سرایت می‌کند و جانشین آن ریخت مسلط سابق می‌گردد.

نظریهٔ داروین می‌گوید که توده‌های طبیعی از ریخت وراثتی کمابیش مشترکی با اندك گوناگونی نادر پدید می‌آید. در سال‌های اخیر معلوم شده، که توده‌های‌طبیعی دارای ذخیره‌های عظیم گوناگونی وراثتی هستند، و بنابراین نقش تصادف در فرایند تکاملی خیلی کم‌تر از تصور داروین است. پیشرفت زیست‌شناسی مولکولی همراه با برخورد آماری نسبت به‌تکامل در زمینهٔ وراثت در توده‌های زیستمند، به‌زیست‌شناسان امکان داده است از منشاء گوناگونی‌های وراثتی، چگونگی‌حفظ‌آن در توده‌های‌زیستمند و نقش آن در تغییرات تکاملی درك بهتری داشته باشند.

دانش وراثت Genetics در زمان داروین هنوز به‌وجود نیامده‌بود. واحدهای وراثتی مجزایی به‌نام ژن را اول بار گریگورمندل در زمان داروین کشف کرد، ولی تا سدهٔ بیستم این کشف معروفیتی نیافت. با این همه، آگاهی مبهم ولی توأم با بصیرت

داروین در مورد نوسان‌های تصادفی مادهٔ وراثتی در حکم تقدیری از شناخت وسیع‌تر گوناگونی ژنتیکی به‌وسیلهٔ مندل بود، و بدین ترتیب نظریهٔ وراثت مندل رامی‌توان بی‌هیچ دشواری در پیدایش نظریهٔ انتخاب طبیعی سهیم دانست. انتشار این دو آموزش را از اوایل دههٔ ۱۹۲۰ تا اواخر دههٔ ۱۹۵۰ اغلب تحت نام نوداروینیسم یا سنتز مدرن Modern Synthesis خوانده‌اند.

***

کشف‌های درخشان وراثت مولکولی در ۲۰ سال گذشته به‌نتیجه‌گیری تازه‌ای منجر شده است، یعنی به‌دست‌آوردن درك تازه‌ای از فرایندهای تکامل در سطح‌مولکول. اینك ژن را قطعه‌ای از مولکول‌های بسیار دراز د. ان.آ DNA دریاخته (سلـول) می‌دانند که اطلاعات وراثتی زیستمند را در خود نگه می‌دارد. توالی چهارنوع بنیان نو کلئوتید (ادنین Adenine ، سیتوزین Cytosine ، گوانین Guanin و تیمین Thymine) در طول هر یك از رشته‌های د. ان. آ معرف یك رمز خطی است. اطلاعات محتوی این رمز ترکیب پروتئین‌های ویژه‌ای را مشخص می‌کند: تکوین هر زیستمند بسته به‌پروتئین‌های ویژه‌ای است که می‌سازد. پروتئین‌ها از زنجیره‌های دراز اسیدهای امینه ساخته می‌شوند و خاصیت‌های ویژه هر پروتئینی با ترتیب پشت سرهم قرار گرفتن (توالی) اسیدهای امینه در آن زنجیره تعیین می‌شود. این ترتیب توالی هم به‌نوبهٔ خود با ترتیب توالی بنیان‌های نوکلئوتیدهای د. ان. آ در ژن‌هامعلوم می‌گردد.

اطلاعات وراثتی ذخیره شده در مولکول د. ان. آ در دو مرحله تبیین می‌شود. در مرحلهٔ اول، به‌نام ترانویسی، توالی‌بنیان‌های نوکلئوتید در یکی از لایه‌های د. ان. آ به‌یکی از لایه‌های مکمل ار.ان.آ RNA منتقل می‌شود (که از همان بنیان نوکلئوتیدی د. ان. آ ساخته شده، جز این که تیمین جای خود را به‌وابستهٔ نزدیکش اوراسیل Uracil داده است). در مرحلهٔ سوم، به‌نام ترجمه، برنامهٔ وراثتی زیستمند از ار. ان. آ، به‌زبان کودون Codon یا گروه‌های سه‌تایی بنیان نـوکـلئوتیدی «خوانده» می‌شود. چهار بنیان ار.ان.آ، ۶۴ کودون مختلف تشکیل می‌دهند که معرف ۲۰ اسید آمینهٔ معمولی موجود در پروتئین است. (تفاوت میان ۶۴ کودون و ۲۰ اسید امینه منوط به‌فراوانی رمز وراثتی و وجود این امر است که برخی کودون‌ها معرف دستورهایی از قبیل «شروع» و «توقف» هستند.)

هنگام ساخته شدن پروتئین اسیدهای امینه‌ای که براثر توالی کودون‌ها درطول ژن تمایز یافته‌اند، یکایك به‌زنجیرهٔ در حال رشد افزوده می‌شوند. این پروتئین که بدین ترتیب ترکیب شده، یك باره شکل سه‌بعدی به‌خود می‌گیرد و به‌صورت آنزیم یعنی یك ترکیب ساختی، یا دارای یك نقش حیاتی دیگر عمل می‌کند. ویژگی‌ها و رفتار زیستمندان در نهایت بسته به‌ترتیب توالی اسیدهای امینه در پروتئین آن‌هاست، و

تکامل بیش‌تر عبارت است از تبدیل پیش‌روندهٔ یك اسید امینه به‌دیگری.

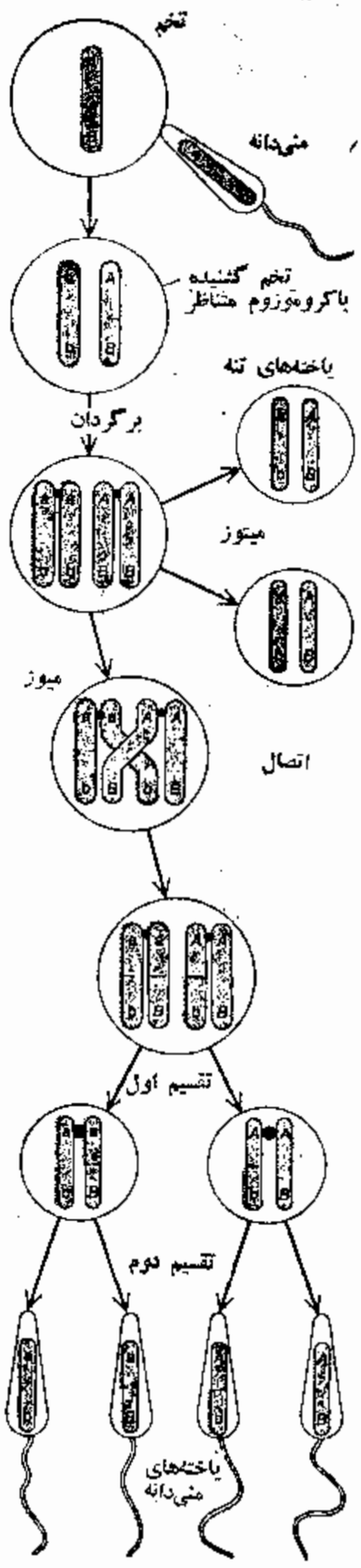
درك تاز ه از ماهیت شیمیایی ژن منظرهٔ جهش را در سطح مولکولی فراهم ساخته است. جهش را می‌توان خطایی در رونویسی پیش از ترجمهٔ یك د. ان. آ دانست. چنین خطایی اغلب در جانشینی یك جفت بنیان نوکلئوتید با دیگری اتفاق می‌افتد (جهش نقطه‌ای)، و منجر به‌جانشینی یك اسید امینه به‌جای دیگری درپروتئین‌اختصاص یافته بدان می‌گردد. جهش‌های نقطه‌ای که از جانشینی یك اسیدامینه ناشی می‌شود، جهش‌های پرت Missense ؛ و آن‌هایی که کودون اسید امینه را به‌یك کودون «توقف» تبدیل می‌کنند، جهش‌های پوچ Nonesense نامیده می‌شوند هنگام اضافه شدن یك نوکئوتید به‌مولکول د. ان. آ یا جدا شدنش ازآن، جهش‌های دیگری هم ممکن است رخ دهد: چنین جهش‌هایی ممکن است با تغییر دادن «چارچوبی» که توالی نوکلئوتید در آن خوانده می‌شود، اثرات وسیع‌تری داشته باشد، و این اثرات به جانشین‌های پرت یا پوچ منجر شود. اگر این جهش‌های د.ان.آ در یاخته‌های زیستمند رخ دهد، بدنسل بعدی منتقل می‌گردد.

علاوه بر تغییرات ساختمان ژن‌ها براثر جهش، تکامل موجب تغییر در مقدار و ساختمان ژن‌ها می‌شود. یك انسان امروزی درهریاخته چندین بار بیش از اجدادش در یك میلیارد سال پیش دارای د.ان.آست. افزایش ها (یا کاهش‌ها)ی تکاملی در مواد توارثی بیش‌تر به‌وسیلهٔ استنساخ (یا حذف) قطعات د.ان.آ انجام می‌گیرد؛ سپس‌قطعات رونویسی شده ممکن است برای انجام وظایف جدید تکامل یا بند. در حالی که قطعات قبلا موجود وظایف اصلی را انجام دهند.

نیروهایی که موجب بروز جهش در ژن می‌شوند از این جهت تصادفی عملی می‌کنند که جهش توارثی بدون توجه به‌سازگاری آیندهٔ آن با محیط صورت‌می‌گیرد. به‌دیگر سخن، یك فرد جهش یافته هیچ معلوم نیست در محیطی ظاهر شود که مناسب‌تر از محیط قبلی او باشد. اگر یك جهش مناسب صورت گیرد، می‌توان گفت یك «پیش سازگاری» نسبت بدان محیط ویژه انجام گرفته است: آن را نمی‌توان یك پاسخ سازگاری یافته تلقی کرد، بلکه بیش‌ترباید آن را سازش یافتگی پس از ظهور جهش دانست.

یك تودهٔ متشکل از چندین میلیون فرد ممکن است در هر نسل فقط چند جهش داشته باشد که در حقیقت هر ژن به‌وسیلهٔ همهٔ توده منتقل می‌شود. با این همه، جهش هایی که موجب تغییرات بنیادی در ویژگی‌های فیزیکی زیستمند می‌شوند، کم‌ترممکن است خوش خیم باشند. از آنجا که یك توده معمولا با محیط خودسازگاری یافته است، معمولا بیش‌تر تغییرات بدخیم است؛ همچنان که بسیاری از تغییرات تصادفی در ساختمان یك ساعت (برداشتن یك فنر یا گذاشتن یك‌دنده) محتمل نیست باعث به‌تر شدن کار آن گردد. به‌نظر می‌رسد بیش‌تر تغییرات تکاملی براثر انباشتگی تدریجی جهش‌های کوچك (مانند محکم شدن پیچ در ساعت) صورت می‌گیرد که با انتقال تدریجی ویژگی‌های فیزیکی فرد در توده همراه است.

***



تجدید اختلاط آلل‌ها در جریان تکثیر جنسی. یاخته‌های جنسی براثر تقسیم (میوز) تشکیل می‌شوند ودرجریان آن کروموزوم‌های متناظر قطعات مشابه خود را مبادله می‌کنند واین عمل‌را اتصال گویند. کروموزوم‌های متناظر پدر ومادر هم‌گاه تصادفاً در یاخته‌های جنسی توزیع می‌شوند، به‌طوری که اتصالات آلل اضافی ایجاد می‌شود. هرچه ناهم تخمی دو فرد در جفت‌گیری بیش‌تر باشد، تعداد امکان مجموعه‌های آلل دریاختهٔ جنسی زیادتر خواهد بود، وبنابراین نیروی باروری بیش‌تر است. میوز (تقسیم یاختهٔ جنسی) دامنهٔ بروز ژن را کاهش نمی‌دهد، بلکه اتصالات‌تازه‌ای از آلل‌ها را برای انتخاب در هرنسل ظاهر می‌سازد.

مولکول‌های د.ان.آ در هستهٔ یاخته‌های عالی‌تر با پروتئین همراه است و در جرم‌های غلیظی به‌نام کروموزوم قرار دارد. تعداد کروموزوم‌های هستهٔ یاخته از نوعی تا نوع دیگر فرق می‌کند. مثلا در مگس میوه ۸، در ذرت ۲۰، در گوجه‌فرنگی ۲۴، در موش خانگی ۴۰، در انسان ۴۵، و در سیب‌زمینی ۴۸ است. از تغییر قطعات کروموزومی که هریك شامل صدها یا هزاران بنیان نوکلئوتیدی هستند، تغییراساسی در وراثت را می‌توان امکان‌پذیر ساخت. می‌توان با نسخه‌برداری یا شکافت، تعداد کروموزوم‌ها را افزایش داد. می‌توان قطعه‌ای از یك کروموزوم را دو برابر کرد، یعنی یك قطعهٔ اضافی بدان افزود یا بخشی از آن را برداشت، معکوس کرد یا سر جایش گذاشت. می‌توان قطعه‌ای از یك کروموزوم را به‌دیگری منتقل کرد، یا قطعات نابرابر را باهم عوض کرد. تمام این انحرافات و تبدیلات کروموزومی بر ساختمان ژن‌ها اثر می‌گذارند و مواد خام تازه‌ای برای تغییرات تکاملی را به‌وجود می‌آورند.

از ۴۶ کروموزوم یاختهٔ بدن انسان ۲۳ تا مطابق با کروموزوم‌های پدر و ۲۳ تای دیگر مطابق با کروموزوم های مادر است. بنابراین، ژن‌ها به‌صورت زوج واقع می‌شوند، که یکی متعلق به‌پدر و دیگری از آن مادر است. گفته می‌شود که دوژن به‌صورت یك جفت یك حفره را در کروموزوم های متناظر اشغال می‌کنند. مثلا در یك جفت کروموزوم متناظر حفره‌ای وجود دارد که حاوی رمز مربوط به‌رنگ چشم است. هر کروموزوم ممکن است متشکل از چندین هزار حفرهٔ ژنی باشد.

یك ژن واقع در حفرهٔ معین ممکن است دارای شکل‌های متنوعی باشد که‌مجموعهٔ آن اشکال به‌نام آلل Allele نامیده می‌شود. در یك تودهٔ بزرگ ممکن است یك حفره دارای چندین آلل باشد، با این همه در هر فرد تنها دوتا می‌تواند وجود داشته باشد. هرآلل بر اثر جهش از یك ژن قبلا موجود پدید می‌آید و ممکن است در یك یا چند بخش از توالی بنیان نوکلئوتیدی با آن فرق داشته باشد. وقتی هر دو آلل یك حفرهٔ کروموزوم متناظر در فردی مشابه باشد، می‌گوییم فرد در آن حفره هم تخم Homozygous است؛ هنگامی‌که دو آلل متفاوت باشند، گوییم فرد در آن حفره ناهم‌تخم Heterozygous است.

***

تنوع وراثتی، همچنان که در وجود آلل‌های مضاعف یك توده دیده می‌شود، لازمهٔ تغییر تکاملی است. اگر همهٔ افراد یك توده از لحاظ آلل‌های موجود در یك حفره هم تخم باشند، تا وقتی که آلل تازه‌ای بر اثر جهش به‌وجود آید، هیچ تکاملی در آن توده رخ نمی‌دهد. از جهت دیگر، اگر در یك توده دو یا چند آلل وجود داشته باشد، ممکن است در نتیجهٔ انتخاب طبیعی، یکی ازآن‌ها به‌زیان بقیه تکثیر شود. البته ارزش انتخابی یك آلل ثابت نیست. محیط از لحاظ زمان ومکان متغیر است؛ درشرایط معینی یك آلل مساعد است و در شرایط دیگر آلل دیگر. بنابراین، توده‌ای که دارای مقدار زیادی گوناگونی وراثتی باشد، ممکن است خود را در برابر دگرگونی‌های‌بعدی محیط حفظ کند.

تجربه‌های آزمایشگاهی نشان می‌دهد هرچه تنوع وراثتی یك توده بیش‌تر باشد، میزان تکامل آن سریع‌تر است. در یك آزمایش، دو تودهٔ مگس میوه طوری پرورش داده شدند که یك توده در ابتدا دارای قریب دوبرابر تنوع ژنی نسبت به‌تودهٔ دوم بود. سپ س‌هردو توده را برای ۲۵ نسل متوالـی‌درشرایط مساوی از لحاظ تغذیه و فضای زنـدگی نگه‌داری کردند. گرچه هردو توده تکامل یافتند و نسبت به محیط آزمایشگاه سازگاری پیدا کردند، ولی در توده‌ای که دارای تنوع وراثتی بیش‌تـر بود، این تکامل با شدت خیلی بیش‌تری به‌چشم می‌خورد.

ازینرو مسئلهٔ گوناگونی موجود در توده‌های طبیعی برای زیست‌شناسی اهمیت اساسی دارد، چون تا حدود زیادی استعداد تکاملی گونه‌ها را معلوم می‌سازد. با این همه وظیفهٔ برآورد کردن گوناگونی وراثتی کاری دشوار است، چون در هر نسلی بیش‌تر گوناگونی‌های وراثتی نهفته است و به‌صورت صفات غالب خود را نشان نمی‌دهد دلیلش این‌است که در یك حفرهٔ فرد ناهم‌تخم معمولا یك آلل مسلط و دیگری منزوی است، یعنی تنها آلل مسلط در حالت ناهم‌تخم نمایان می‌شود. اگر یك انسان دارای آلل مسلط چشم میشی و آلل منزوی چشم‌آبی باشد، دارای چشم میشی خواهد شد و این واقعیت که او دارای آلل چشم‌آبی است نهفته می‌ماند.

این گونه تنوع نهفته را می‌توان از طریق جفت‌گیری تجربی جـانداران بـا وابستگان نزدیکشان آشکار ساخت. وقتی یك چنین زاد و ولدی صورت گیرد، برخی آلل های منزوی، که در مرحلهٔ ناهم‌تخم نهفته مانده بود، هم تخم می‌شوند وآشکار می‌گردند. مثلا تخم کشی مکرر مگس میوه معلوم ساخت این حشرات دارای برخی آلل‌های منزوی هستند که وقتی حفره هم‌تخم باشد موجب ظهور صفات غیر طبیعی می‌گردد، از قبیل بال‌های بسیار کوتاه، موهای تغییر یافته، کوری یا سایر نقص‌های فاحش.

***

کاربرد دیگر تنوع وراثتی در توده‌های طبیعی به‌وسیلهٔ آزمایش‌های انتخاب مصنوعی صورت گرفته است، در این‌گونه آزمایش‌ها، آن افرادی از توده برای تخم کشی انتخاب شده‌اند که یك ویژگی مطلوب اقتصادی را بیش‌تر بروز داده‌اند. اگریك پرورش دهندهٔ نباتات بخواهد جوری از غله را پرورش دهد، آن جنسی را انتخاب می‌کند که در هر نسل دارای بیش‌ترین باردهی باشد و بذر آن را برای بهره‌دهی جدید مورد استفاده قرار می‌دهد. اگر تودهٔ انتخاب شده در طی نسل‌ها در جهت‌انتخاب مورد نظر تغییر کند، معلوم می‌گردد که گیاه اصلی دارای ذخیرهٔ تنوع وراثتی از لحاظ صفت انتخاب شده بوده است.

البته، تغییرات به‌دست‌آمده از طریق انتخاب مصنوعی غالباً چشمگیر است. مثلا از جوجه‌های لگهورن Leghorn سفید تولید سرانه تخم مرغ از ۱۲۵٫۶ تخم مرغ در سال ۱۹۳۳ به ۲۴۹٫۶ در ۱۹۶۵ افزایش یافته، که قریب ۱۰۰ درصد در طی ۳۲ سال است.

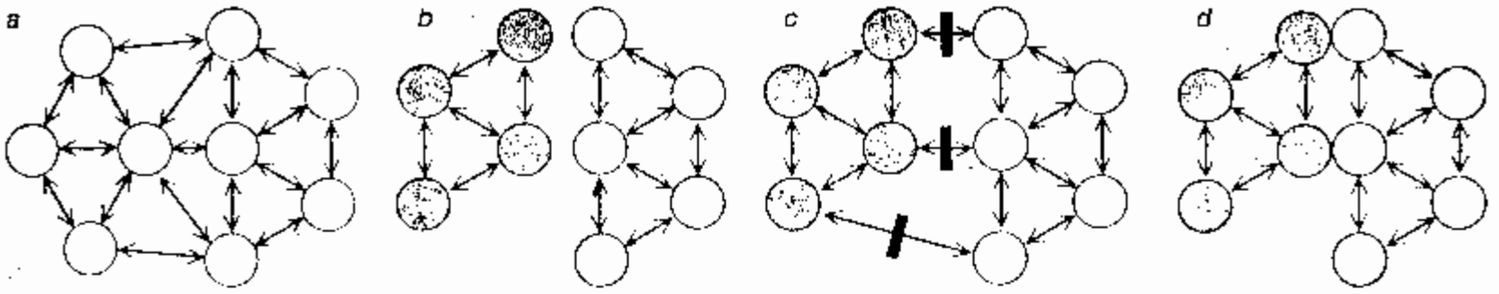
انتخاب در جهت مخالف هم با موفقیت امکان‌پذیر است. مثلا، انتخاب پروتئین عالی در نوعی ذرت از ۱۵ر۹ به ۱۹ر۴ درصد افزایش داده شده، در حالی که‌پروتئین پست از ۱۵ر۹ به ۴ر۹ درصد کاهش یافته است. انتخاب مصنوعی در ازدیاد تعداد زیادی از صفات تجارتی مطلوب گونه‌هایی همچون گاو، خوك، گوسفند، ماکیان، ذرت، برنج و گندم، همچنین در جانوزان آزمایشگاهی از قبیل مگس میوه انجام‌گرفته و دراین مورد خاص ۵۰ صفت مشخص مجال بروز یافته است. این واقعیت که انتخاب مصنوعی تقریباً هر بار مؤثر بوده است، معلوم می‌سازد که تنوع وراثتی توده، همهٔ ویژگی‌های زیستمند را در خود دارد.

این نوع مدرك به‌زیست شناسان معلوم می‌سازد که تودهٔ طبیعی دارای ذخیرهٔ عظیمی از تنوع وراثتی است. با این همه، تا همین اواخر محدودیت دانش وراثت سنتی پژوهشگران را از معلوم ساختن وسعت این تنوع بازمی‌داشت. ببینیم برای فهمیدن این که چه‌مقدار از ژن‌های یك فرد ناهم‌تخم است، به‌چه چیزی نیاز داریم. تقریباًغیر ممکن است همهٔ حفره‌های ژن را به‌خاطر وسعت دامنهٔ این کار بررسی کنیم، ولی اگر شخصی بتواند نمونهٔ سالمی از همهٔ ژن‌های زیستمند را به‌دست آورد، می‌توان مقادیر مشاهده شده در آن نمونه را به‌تمام توده تعمیم داد. البته، مأموران نظر سنجی‌می‌توانند با مراجعه به ۲۰۰۰ نفر، یعنی ۱هزارم جمعیت نتیجهٔ آرا را تا حدی پیش‌بینی کنند: اما با روش مندل به‌دست‌آوردن یك نمونهٔ دقیق از همهٔ ژن‌های یك فرد غیر ممکن است، چون تحلیل‌های وراثت کلاسیك (شامل پیوند افراد دارای صفات بارزمختلف) تنها آن حفره‌ای را تعیین می‌کند که متغیرند (یعنی آلل‌های مختلف دارند). بنابراین برای تعیین حفره‌های غیر متغیر راهی نیست و به‌دست‌آوردن یك نمونهٔ واقعاً تصادفی از همهٔ ژن‌ها امکان ندارد.

***

راه بیرون رفتن از این بن‌بست در دودههٔ اخیر به‌وسیلهٔ زیست‌شناسی مولکولی میسر شد. از آنجا که ژن‌های زیادی کلید پروتئین‌ها هستند، می‌توان تنوع در مادهٔ وراثت را از تنوع در ساختمان پروتئین‌ها به‌وسیلهٔ یك فرد تشخیص داد. اگر پروتئین معینی در میان افراد یك توده بی‌تغییر باشد، احتمالا کلید ژن ساختن آن پروتئین هم بی‌تغییر است. اگر پروتئین متغیر باشد، آنگاه ژن هم متغیر است. باانتخاب تعدادی از پروتئین‌هایی که معرف یك نمونهٔ دقیق ژن‌ها در یك زیستمند باشد، می‌توان بدین طریق تعداد آلل‌های یك توده و کثرت تنوع را در آن تعیین کرد.

زیست شیمی‌دانان از اوایل دههٔ ۱۹۵۰ توانسته‌اند توالی آمینواسیدی‌پروتئین‌ها را بشناسند، ولی برای ردیف کردن یك پروتئین معمولا چند ماه یا چند سال لازم‌است، درحالی که برای به‌دست‌آوردن یك نمونهٔ از لحاظ آماری با ارزش، هزاران از این پروتئین‌هالازم‌است. خوشبختانه‌روش‌ساده‌ای‌به‌نام‌ژل‌الکتروفورز Gel electrophoresis وجود دارد، که با مقدار مناسبی وقت و منابع، مطالعهٔ تنوع پروتئینی را امکان‌پذیر می‌کند. از اواخر دههٔ ۱۹۶۰ این روش برای محاسبهٔ تنوع ژنتیکی در بسیاری از



پیدایش جغرافیایی گونه‌های تازه معمولا در دومرحله صورت می‌گیرد: در یك تودهٔ محلی گونهٔ واحد، که با دایره‌ها نشان داده شده‌اند، پیکان‌ها جفت‌گیری‌هایی را نشان می‌دهند که افراد ممکن است هنگام مهاجرت از توده‌ای به‌تودهٔ دیگر انجام دهند. مرحلهٔ اول (ب) وقتی آغازمی‌شود که دو توده از لحاظ جغرافیایی جدا می‌شوند، به‌طوری که تبادل ژنی میانشان امکان‌پذیر نیست. گروه جدا شده با شرایط محلی سازگاری می‌یابد و تدریجاً دوری ژنتیکی حاصل می‌کند. در مرحلهٔ دوم (ج) افراد دو تودهٔ جدا شده دوباره با هم تماس پیدا می‌کنند. به‌خاطر دوری ژنتیکی میان دوگروه، جفت‌گیری بین آن‌ها به‌پیدایش اعقاب ناپایدار یا عقیم منجر می‌شود. بنابراین، انتخاب طبیعی مساعد، تکوین سازوکارهای کم ضایعاتی مانند جدایی پیش‌تخمی است، که جفت گیری میان دوگروه را مانع می‌شود. در مرحلهٔ (د) جدایی گونه‌ها کامل شده ودوگروه در یك منطقه بدون تبادل ژنی مستمر همزیستی دارند وبدین‌ترتیب جداگانه تکامل می‌یابند.

توده‌های طبیعی مورد بهره‌برداری قرار گرفته است.

در ژل الکتروفورز برشی از بافت یا خون تعدادی افراد در ژله‌ای حاوی‌نشاسته قرار داده می‌شود. وقتی جریان برق از این ژله عبور داده شود، پروتئین‌های بافت بانرخی که در ابتدا به‌وسیلهٔ بار الکتریکی تعیین شده بر روی اسیدهای امینهٔ تشکیل دهندهٔ آن کوچ می‌کنند. (اگرچه اندازه و ترکیب پروتئین هم ممکن است‌براین‌مهاجر اثر بگذارد). الکتروفورز چنان حساس است که می‌تواند در میان صدها پروتئین، یکی را که تنها یك اسید امینه‌اش متفاوت باشد شناسایی کند ــ تفاوت یك اسیدامینه بادیگری موجب تغییری در مجموع بار الکتریکی مولکول می‌شود.

پروتئینی که به‌وسیلهٔ افراد مختلف یك توده ساخته می‌شود به‌وسیلهٔ جریان پهلو به‌پهلوی آن‌ها در داخل ژل در یك فاصلهٔ زمانی معین مقایسه می‌گردد. وضع‌پروتئین‌ها پس از مهاجرتشان با به‌کاربردن یك معرف معین برای پروتئین تحت مطالعه (که‌معمولا خود معرف یك آنزیم است) تعیین می‌شود. چون هر زنجیر اسید امینه در یك‌پروتئین (برخی پروتئین‌ها بیش از یك زنجیر دارند) محصول یك ژن واحد است، این امر به‌پژوهشگر امکان‌می‌دهدتخمین‌بزند چند تا از حفره‌ها دارای آلل مضاعف و چندتا دارای آلل متنوع هستند. برای یك تخمین مقدماتی از تنوع تودهٔ طبیعی معمولا قریب ۲۵ حفره مورد مطالعه قرار می‌گیرد. یکی از مقیاس‌های مفید تنوع ناهم‌تخمی است: نسبت متوسط حفره‌هایی که در آن‌ها یکی از افراد توده دارای دو آلل باشد.

***

روش الکتروفورز بار اول در ۱۹۶۶ برای تخمین تنوع وراثتی در یك تودهٔ

طبیعی به‌کار رفت. در آن هنگام سه تحقیق منتشر شد، که یکی مربوط به‌انسان ودوتای دیگر دربارهٔ مگس میوه بود. از آن پس توده‌های متعددی بررسی شده و هرسال‌بسیاری دیگر مورد بررسی قرار می‌گیرد. یکی از پژوهش‌های اخیر راجع به‌نوعی زیستمند میگو مانند به‌نام کریل Krill است، که در آب‌های نزدیك قطب جنوب زندگی‌می‌کند و از منابع غذای مهم وال‌هاست. در ۱۲۶ فرد ۳۶ کلید حفرهٔ ژنی برای آنزیم‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفت. در ۱۵ حفره هیچ تنوعی دیده نشد، ولی در ۲۱ حفرهٔ دیگر دو، سه یا چهار آلل ژنی ملاحظه گردید. به سخن دیگر، ۵۸ر۰ ازحفره های این تودهٔ کریل دو یا چند آلل دارند. به‌طور متوسط هر فرد کریل در ۵ر۸درصد حفره‌هایش ناهم‌تخم است.

در اغلب توده‌های طبیعی که مورد مطالعه قرار گرفته مقادیر زیادی از تنوع وراثتی دیده شده است، که از آن جمله‌است ۱۲۵ گونه جانوری و ۸گونهٔ گیاهی. در میان جانوران، بی‌مهرگان عموماً بیش از مهره‌داران تنوع وراثتی نشان می‌دهند، هرچند استثناهایی هم وجود دارد. متوسط ناهم‌تخمی در مورد بی‌مهرگان ۴ر۱۳ در صد و در مورد مهره‌داران ۶ر۶ درصد است. ناهم‌تخمی در مورد انسان ۷ر۶ درصد است که به‌متوسط مهره‌داران نزدیك است. گیاهان دارای تنوع وراثتی عظیمی‌اند: متوسط ناهم‌تخمی در هشت‌گونهٔ مورد مطالعه ۱۷ درصد بوده است.

وقتی بدانیم که الکتروفورز تنوع ژنتیکی را از این هم بیش‌تر برآورد می‌کند، این تخمین جدی‌تر می‌شود. یکی از دلایل این امر، فراوانی رمز وراثتی است: همهٔ جهش‌ها یا تبدیل‌های د.ان.آ از تغییرات توالی اسید امینه در پروتئین ناشی نمی‌شود. از این گذشته، از آن‌جا که الکتروفورز پروتئین‌هایی را که دارای ترکیبات اسید امینهٔ متفاوت هستند، به‌وسیلهٔ اختلاف مهاجرتشان در یك میدان الکتریکی متمایز می‌سازد، اگر جهشی خواص الکتریکی مولکول را تغییر ندهد، شناسایی نمی‌شود. مثلا، اگر یك اسید امینه دارای بار مثبت (مثلا اسید گلوتامیك) در یك پروتئین‌متنوع جانشین اسید امینهٔ دیگری با بار مثبت شود (از قبیل اسید آسپارتیك)، دو پروتئین را نمی‌توان با طریقهٔ الکتروفورز از هم تمیز داد. بدین‌ترتیب پیداست که تخمین تنوع در تودهٔ طبیعی که از طریق الکتروفورسیس انجام می‌گیرد، پایین‌تر از میزان اصلی است، ولی نسبت آن را نمی‌توان فعلا تعیین کرد. اینك آزمایشگاه‌های زیادی برای حل این مسئله در تلاشند تا بتوان تنوع وراثتی را دقیق‌تر برآورد کرد.

درهرمورد دامنهٔ تنوع مشاهده شده در توده‌های طبیعی خیلی بیش از چیزی بوده که نظریهٔ کلاسیك داروین برآورد کرده است. به‌جای این‌که در اغلب حفره‌ها آلل هم تخم مسلط باشد، در تعداد زیادی از حفره‌ها افراد ناهم‌تخم هستند. این‌واقعیت دارای نتایج مهمی است، مخصوصاً در مورد جانورانی که از طریق جنسی‌تکثیرمی‌شوند.

تکثیر جنسی مستلزم آمیزش دو یاختهٔ جنسی است (منی دانه و تخم)، که هر کدام به‌جای این‌که مانند هر یاختهٔ بافت دارای دو مجموعهٔ متناظر باشند تنها دارای یك مجموعه کروموزوم هستند. یاخته‌های جنسی بر اثر فرایندتقسیم‌یاخته‌ایجادمی‌شوند،

ودر جریان آن عدهٔ کروموزوم‌ها به‌دو قسمت تقسیم می‌شود. در نخستین مرحله، کروموزوم‌ها مضاعف می‌شوند و بدین ترتیب کروموزوم‌های متناظر جفت می‌شوند. در این مرحله کروموزوم‌های جفت ممکن است در جاهای مختلف بشکنند و قطعات عوض شوند، که این عمل را تجدید ترکیب گویند. کروموزوم‌هایی که به‌دست‌می‌آید موزائیکی از کروموزوم‌های متناظر پدری و مادری است و ازینرو ترکیب آلل‌تازه‌ای دارد. در مرحلهٔ دوم دو بار تقسیم می‌شود تا چهار یاختهٔ جنسی پدید آید. در جریان تقسیم ثانوی کروموزوم‌های متناظر به‌طور تصادفی باهم جور می‌شوند، به‌طوری که در هر یاختهٔ جنسی مخلوطی از کروموزوم‌های مادری و پدری وجود دارد.

جابه‌جا کردن ژن‌ها به‌وسیلهٔ ترکیب (که ترکیب‌های آلل جدیدی را در همان کروموزوم موجب می‌شود) وجورشدن تصادفی (که ترکیب‌های تازه‌ای ازکروموزوم‌ها را در یاختهٔ جنسی موجب می‌شود) به‌خودی خود موجب تغییر تنوع ژن یا باعث تکامل نمی‌شود. البته همچنان که اول بار هاردی Hardy ژنی‌دان و وین‌برگ W. Weinberg زیست‌شناس در سال ۱۹۰۸ مستقل از یك‌دیگر اظهار کردند، تجدید ترکیب و جور شدن تصادفی موجب هیچ تغییر خالص در تنوع آلل‌های یك توده نمی‌شود. در غیاب انتخاب، تنوع ژن از نسلی به‌نسلی ثابت می‌ماند، و این یك وضعیت فرضی است که بدان تعادل هاردی ــ وین برگ نام داده‌اند. اثر تجدید ترکیب وجور شدن تصادفی صرفاً پخش دوبارهٔ ژن‌های موجود در یك توده به‌صورتی است که ترکیب های جدید آلل‌ها در هر نسلی در معرض انتخاب قرار گیرند. بنابراین، تولید جنسی مقدار زیادی تباین وراثتی ایجاد می‌کند، که امکانات تکامل را خیلی افزایش می‌دهد و توده را خیلی بیش از گونه‌های غیر جنسی با تغییرات محیطی سازگارمی‌کند. ممکن است علت امر فوق، این باشد که در واقع تولید جنسی در جهان موجودات زنده عالم‌گیر است؛ جز در میان جاندارانی از قبیل باکتری‌ها، که به‌سرعت تکثیر می‌شوند و در تعداد عظیمی وجود دارند و در فاصله‌های زمانی کوتاه این همه‌دستخوش جهش می‌شوند.

پیداست که هر قدر ناهم‌تخمی افراد در یك تودهٔ دارای تولید جنسی بیش‌تر باشد، تعداد ترکیب‌های ممکن آلل‌ها در یاختهٔ جنسی و بنابراین در اخلاف‌بالقوه‌بیش‌تر خواهد بود. مثلا انسان را با ناهم‌تخمی ۶٫۷ درصد در نظر بگیریم. اگر فرض کنیم انسان دارای ۱۰۰٫۰۰۰ حفرهٔ ژنی باشد، یك فرد انسانی دارای ۶٫۷۰۰ حفرهٔ‌ناهم‌تخم خواهد بود. چنین شخصی می‌تواند بالقوه ۲۶۷۰۰ (۱۰۲۰۱۷) یاختهٔ جنسی متفاوت تولید کند، یعنی تعدادی که خیلی عظیم‌تر از شمارهٔ اتم‌های موجود در جهان شناختهٔ‌ماست (که میزان تقریبی آن را ۱۰۸۰ تخمین می‌زنند). البته ،یك چنین تعدادی یاختهٔ‌جنسی هرگز به‌وسیلهٔ هیچ فرد انسانی، حتی همهٔ افراد بشر، تولید نمی‌شود. این بدان‌معناست که هرگز هیچ دوانسانی ازلحاظ وراثتی کاملا عین یکدیگر نبوده‌اند، نیستند و نخواهند بود (به‌استثنای دوقلوهای مشابه و سایر ولادت‌های جفت از یك تخم گشنیده Zygote). بنیان وراثتی افراد انسانی چنین است. همین مطلب را در مورد هر

زیستمندی که به‌طریقهٔ جنسی تولید می‌شود می‌توان گفت.

***

ازینرو ظاهراً پیداست که، بر خلاف تصور داروین، بیش‌تر تنوع وراثتی در توده‌ها از جهش‌های تازه در هر نسل پدید نمی‌آید، بلکه ناشی از تجدیدپخش‌جهش‌های قبلا انباشته شده به‌وسیلهٔ تجدید ترکیب‌هاست. گرچه جهش منبع نهایی همهٔ تنوع‌های وراثتی است، ولی به‌ندرت پیش می‌آیدکه صرفاً چنددانه‌ای آلل جدید در اندوختهٔ بسیار وسیع تر تنوع ژنتیکی وارد شود. مسلماً، تنها تجدید ترکیب کافی است تایك توده را به‌بروز تنوع نهفته‌اش در طی چندین نسل قادر سازد، بدون اینکه نیازی به واردا ت‌وراثتی جدید باشد.

می‌توان نتیجه گرفت که تعداد زیادی آلل در توده ذخیره شده است ولو این‌که غالباً برای آن زمان یا مکان سازش نیافته‌اند. در عوض تا وقتی محیط تغییر کند و آنان ناگهان سازگار شوند، در حالت ناهم‌تخم با دامنهٔ محدودتر می‌مانند، ولی در آن مرحله تحت تأثیر انتخاب طبیعی دامنهٔ بروزشان تدریجاً افزایش می‌یابد تا این که به صورت ریخت وراثتی مسلط درآیند. ولی، این که توده‌های طبیعی چگونه ذخیره‌های عظیم تنوع ژنتیکی خود را حفظ می‌کنند، آیا مستلزم پاسخ گفتن به‌تغییرات محیط است؟ وقتی یك آلل به‌طور موضعی سازگارتر از دیگری است، می‌توان انتظار داشت که انتخاب طبیعی تدریجاً آلل‌های کم فایده را به‌نفع آلل‌های مفیدتر حذف کند، تا همهٔ حفره‌ها هم‌تخم شوند. بنابراین، دوام آلل‌های ناسودمند موضعی را در یك توده تنها می‌توان وجود سازو کارهایی فرض‌کرد، که علی‌رغم نیروهای انتخاب طبیعی که درصدد حذف تباین هستند، آن‌ها را حفظ می‌کنند.

یکی از این سازوکارها برتری ناهم‌تخمی است. اگر تخم گشنیدهٔ آآ مقاوم‌تر یا بارورتر از تخم گشنیدهٔ ا ا یا آآ باشد، درآن‌صورت هیچ آلل نمی‌تواند دیگری راحذف کند. چشمگیرترین مثال این سازوکار کم خونی‌باگویچه‌های داس شکل‌است.این بیماری انسانی، که در مناطق گرمسیری افریقا وخاورمیانه شایع است، از آللی ناشی می‌شود که‌به‌شکل متنوعی از هموگلوبین امکان رشد می‌دهد. مطالعات زیست‌شیمیایی نشان داده است‌که عارضه درنهایت مربوط به‌جانشینی یك اسید امینه (والین) به‌جای دیگری(اسید گلوتامین) در موضعی در امتداد دوتا از چهار زنجیر (مجموعاً قریب ۶۰۰ اسید امینه) تشکیل دهندهٔ مولکول هموگلوبین است: هموگلوبین ناهنجار را می‌توان ازشکل‌بهنجار آن به‌وسیلهٔ الکتروفورز تشخیص داد. تغییرات کوچکی در ساختمان تنوع‌هموگلوبینی اثرات فاجعه‌آمیزی دارد و موجب می‌شود مولکول‌های هموگلوبین داخل گویچه‌های قرمز رشته‌های درازی تشکیل دهند . در نتیجه یاخته‌ها به‌شکل یك داس‌در می‌آیند، و موجب کم خونی بسیار جدی می‌شوند، که پیش از سن بلوغ بسیار خطرناك است.

از آنجا که آلل یاخته داسی شکل بدون‌تردید ناسودمند است، پس چرا درتوده‌های انسانی مناطق استوایی افریقا با دامنه‌ای بیش از ۳۰درصد به‌حیات‌خود ادامه‌می‌دهد؟این ثابت می‌کند افرادی که برای بروز یاخته داسی شکل ناهم‌تخم هستند در برابرمهلك‌ترین

اشکال بیماری مالاریا مصون هستند،در حالی که‌هم تخم‌های معمولی چنین نیستند.بنابراین فرد ناهم‌تخم آشکارا برتراز هم‌تخم است. او ازمالاریا مصون است واز کم‌خونی بـا گویچه‌های داسی شکل رنج نمی‌برد، در نتیجه ناهم‌تخمی ترجیحاً دوام می‌یابد وتکثیر می‌شود، آلل یاخته داسی با دامنهٔ زیاد در توده باقی می‌ماند.

***

ممکن است انتخاب طبیعی مستقیماً هم برای نگه‌داری آلل‌های مضاعف در یك توده دخالت کند. اگر حوزهٔ یك‌گونه چند محیط گوناگون راشامل شودانتخاب‌طبیعی ذخیرهٔ ژنی را به طریقی متنوع می‌سازد که چندین آلل به‌طور مساعد نسبت به‌محیط‌های فرعی مختلف سازگاری یابند. البته ، پژوهش‌های اخیر معلوم ساخته است که اقسام آنزیم‌ها (که دارای کلید آلل‌های مختلفند) ممکن است از لحاظ‌کارایی بحرانی، حساسیت در برابر دما، اسیدی یا قلیایی بودن، و در پاسخ به‌سایر عوامل محیطی، که آنان را مجبور به‌انتخاب طبیعی می‌سازد، متفاوت باشند، مثلا دیده شده که آنزیم الکل دی‌هیدروژنازدر توده‌های مگس میوه از سایر اقسام در برابر گرما مقاوم‌تر بوده‌اند؛ اقسام مقاوم در برابر گرما در توده‌های مگس میوه محیط‌های گرمسیری شایع‌تر از مگس میوه‌های محیط‌های سردتر است. این مطلب دلیل محکمی است براین‌که آلل‌هـای مضاعف در توده‌هایی که در محیط‌های ناهمگون زندگی می‌کنند ممکن است به‌وسیلهٔ «انتخاب تنوع دهنده»در برخی حفره‌های ژنی نگه‌داری شود. افرادی که در برخی حفره‌هایشان‌ناهم تخمند معمولا از افرادی که تعداد زیادی از حفره‌هایشان هم‌تخم است نیرومندتر ودارای نیروی باروری بیش‌ترند؛ که این پدیده را نیروی دورگه Hybrid Vigor نامند. شاید ساختن پروتئین‌ها و آنزیم‌های اندکی متنوع به‌وسیلهٔ فردناهم‌تخم او را قادر می‌سازد در برابر شرایط محیطی متنوع‌تری سازگاری یابد یا محیط‌های بینابینی را مورد استفاده قرار دهد.

سازوکار چهارمی که آلل‌های مضاعف به‌وسیلهٔ آن می‌توانند دریك توده دوام بیاورند انتخاب وابسته به‌کثرت Frequency-dependent است، کـه در آن شایستگی دو آلل ثابت نیست، بلکه بر اثر کثرت بروزشان تغییر می‌کند. اگر یك‌آلل وقتی دارای قدرت بروز بیش‌تری است کم‌تر ازدیگری سودمند باشد، ووقتی کثرت‌بروز آن‌تاحد معینی کاهش می‌یابد دارای سودمندی می‌شود، درآن‌صورت دامنهٔ بروز آن‌آلل در همان سطح تثبیت خواهد شد.

همچنین ممکن است برخی تنوع‌های ملاحظه شده در پروتئین‌ها در سطح عملی تغییرات کمی داشته باشند که موفقیت بقا یا تولیدمثل زیستمند را نقض‌نکند، پس چنین جهش‌هایی از لحاظ انتخاب طبیعی خنثی خواهد بود. مثلا، هرچند معلوم شده‌است که برخی اقسام آنزیم‌ها (از قبیل اقسام الکل دی‌هیدروژنازها) دارای ویژگی‌های عملی مختلفی هستند، دیگران چنین نیستند. اگر مسئله بدین‌ترتیب باشد، برخی اقسام ژن‌هاکه در معرض انتخاب طبیعی هستند، ممکن است همراه باسایر اقسام ژن‌ها،کـه از لحاظ انتخاب خنثی هستند، در طول یك کروموزوم منتشرشوند. گرچه برخی از آلل‌ها ممکن

است انتخاب شده باشند، بقیه بدون این‌که در معرض آزمایش قرار گیرند نقل می‌شوند. حیطه‌ای که در آن تکامل، مخصوصاً در سطح مولکولی، در معرض انتخاب طبیعی نیست، در میان زیست شناسان تکامل موضوع منازعات دایمی بوده‌است.

جدال دیگری که براثر بافتن مقدار چشمگیری تنوع در توده‌ها پدیدآمده، یکی ازمسایل وراثت است. اگر تعداد زیادی از آلل‌های دارای‌شایستگی کم‌تر دریك توده بر اثر برتری ناهم‌تخم حفظ شود، احتمال خیلی زیادی وجود داردکه‌در هرنسل یك‌تخم گشنیده در یك یا چند حفره از جهت یك‌آلل ناسودمند هم‌تخم باشد. درنتیجه، می‌توان انتظار تعداد زیادی از تخم‌های گشنیدهٔ دارای شایستگی‌کم‌تر را داشت، که می‌توانند برای توده حاصل مرگ یا سترونی باشند، با این‌حال، باید به‌خاطر داشت که هر حفره جدا از بقیه در معرض انتخاب طبیعی نیست، چنان‌که اگر آن‌ها حوادث جداگانه باشند، هزاران فرایند انتخاب باید باهم جمع شود. تمام فرد زیستمند، و نه‌حفرهٔ‌کروموزومی، واحد انتخاب طبیعی است‌و آلل‌های حفره‌های جداگانه برای تامین محصول نهایی در جمع‌باهم عمل می‌کنند. از آنجا که آلل‌ها بیش‌تردر معرض‌این هستندکه به‌عنوان‌افراد گروه آزمایش شوند تا واحدهای جدا ازهم، خرج حفظ تنوع در یك توده عملا خیلی کم‌تر ازآن است که در واقع تصور می‌شود.

در هر حال تردیدی نیست تعداد حیرت‌آور تنوع وراثتی در توده‌های طبیعی موقعیت مساعدی برای‌وقوع تکامل پدید می‌آورد. ازینرو عجیب نیست که هرگاه یك تغییر جدی در محیط رخ می‌دهد، ــ تغییر آب و هوا، ورود شکارچی یا رقیب تازه، آلودگی محیط به‌دست انسان ــ توده‌ها قادرند با آن سازگاری یابند.

نمونهٔ تازهٔ جالبی از این سازگاری تکامل گونه‌های حشرات مقاوم به‌سموم‌دفع آفات است. داستان همیشه همان‌است: وقتی حشره‌کش تازه‌ای وارد می‌شود.مقدارنسبتاً کمی از آن برای دست‌یافتن به‌کنترل مطلوب حشره کافی است. ولی در طی یك‌فاصلهٔ زمانی، باید غلظت حشره‌کش را افزایش داد، تاحدی که سرانجام غیر مؤثر یا بی‌صرفه می‌شود. مقاومت حشره نسبت به‌حشره‌کش بار اول در ۱۹۴۷ در مورد مگس وd.d.t گزارش شد. از آن پس تاکنون دست کم در مورد ۲۲۵ گونه از حشرات و سایر بند پایان مقاومت نسبت به‌یك یا چند حشره‌کش گزارش شده‌است. تنوع وراثتی لازم برای مقاومت در برابر متنوع‌ترین اقسام حشره‌کش‌ها آشکارا در هریك از توده‌هایی که در معرض ترکیبات ساخت انسان قرار گرفته‌اند، به‌وجود آمده است.

***

فرایند تکامل دارای دو بعد است. تکامل شاخه‌ای و گونه‌گونه شدن. تکامل شاخه‌ای تغییرات تدریجی است که در طی زمان در شاخه‌ای از اعقاب صورت‌می‌گیرد: این تغییرات به‌صورت یك قاعده موجب سازگاری بیش‌تری نسبت به‌محیط می‌شود و غالباً در تغییرات محیطی منعکس می‌گردد. گونه‌گونگی وقتی صورت می‌گیرد که یك شاخه از اعقاب به‌دو یا چند شاخهٔ جدید تقسیم شود و فرایندی است که موجب تنوع بزرگ در جهان زیستمند می‌گردد.

در زیستمندان دارای تکثیر جنسی، گونه، گروهی از توده‌های طبیعی دارای جفت‌گیری داخلی (بین خودشان) است که از لحاظ تولید مثل ازسایر گروه‌های‌مشابه جدا شده‌اند. ناتوانی در جفت‌گیری بین گروهی بدین‌سبب دارای اهمیت است‌که‌هر گونه را به‌صورت واحد تکاملی مجزا ومستقلی تثبیت می‌کند: آلل‌های مساعدمی‌توانند درداخل تودهٔ یك گونه مبادله شوند، ولی نمی‌توانندبه‌افرادگونهٔ دیگر منتقل گردند. ازآنجا که گونه‌ها قادر به‌مبادلهٔ ژنی نیستند، باید مستقل از یکدیگر تکامل یابند.

جدایی‌گونه‌ها از لحاظ تکثیر به‌وسیلهٔ سدهایی حفظ‌می‌شوند که‌بدان‌ها سازوکارهای جدا کنندهٔ تکثیر گویند. این سازوکارها ازدونوعند:سازوکارهای‌پیش‌تخمی Prezygotic که مانع جفت‌گیری میان اعضای توده‌های متفاوت می‌شوند وبدین‌ترتیب ازایجاد اعقاب در رگه‌جلوگیری می‌کنند، وسازوکارهای پس تخمی که قابلیت زندگی یا باروری‌اعقاب دورگه را کاهش می‌دهند. هردو نوع سازوکارهای جدا کننده، از مبادلهٔ ژن‌میان توده‌ها جلوگیری می‌کنند.

سازوکارهای پیش تخمی جدا کننده تکثیر پنج نوع عمده دارند: (۱) جدایی محیط زیستی که‌در آن توده‌ها دریك قلمرو، اما در زیست‌گاه‌های متفاوت به‌سرمی‌برند، به‌طوری که باهم تلاقی ندارند؛ (۲) جدایی زمانی، مانند تفاوت فصل‌جفت‌گیری در جانوران وشکوفایی در گیاهان مختلف؛ (۳) جدایی به‌خاطر نقص، یعنی جاذبه جنسی میان نر وماده ضعیف است یا اصلا وجود ندارد؛ (۴) جدایی مکانیکی، یعنی جفت‌گیری در جانوران، تبادل گرده درگیاهان به‌خاطر تفاوت اندازه یا شکل اعضای تناسلی یا تفاوت ساختمان گل‌ها امکان‌پذیر نیست؛)۵(جدایی یاختهٔ جنسی، یعنی یاخته‌های‌جنسی روماده از جذب یك دیگر ناتوانند. ممکن است منی‌دانهٔ جانور نر در مجرای جنسی ماده بمیرد یا گرده یك در کلالهٔ گل ماده قادر به‌زندگی‌نباشد.

سازوکارهای جداسازی پس تخمی دارای سه نوع مهم است: (۱) عدم امکان زندگی دورگه‌ها، یعنی تخم‌های گشنیدهٔ دورگه قادر به‌رشد کامل نیستند، یادست کم‌به مرحلهٔ بلوغ جنسی نمی‌رسند؛ (۲) سترونی دورگه‌ها، یعنی دورگه‌ها نمی‌توانند تخم‌های بارور تولید کنند؛ (۳) انقراض‌دورگه‌ها، یعنی‌دراعقاب دورگه‌هانیروی‌حیاتی‌وباروری کاسته می‌شود.

***

همهٔ این سازوکارهای جداسازی تکثیر میان‌دوگونه به‌طور همزمان عمل نمی‌کنند، بلکه معمولا دویاسه تا ازآن‌ها دریك زمان روی می‌دهند. جداسازی زمانی در گیاهان شایع است وجدا سازی ناشی از نقص جنسی در جانوران، ولی حتی در میان‌گونه‌های نزدیك به‌یکدیگر هم مجموعه‌ها ی‌متفاوت سازوکارهای جداسازی، وقتی که جفت‌های مختلف گونه‌ها مقایسه شوند، به‌چشم می‌خورد. کارکرد تکاملی سازوکارهای‌جداسازی تکثیر داخلی می‌شود، ولی این امر بسته‌به‌امکانات انتخاب طبیعی است‌که مقارن باشرایط خاص محیط وتنوع ژنتیکی موجود عمل می‌کند.

ظاهراً ضایعات مساعی تکثیر در سازوکارهای جدا سازی پس تخمی خیلی‌بیش‌تر

از پیش تخمی است. اگر یك تخم گشنیدهٔ دورگه تولید شود که هقادربهزندگی نباشددو تخم بارور تـلف می‌شود که هرکدام قادر بودند تکثیر غیردورگه داشته باشند. بدتر این که اگر دورگه زنده بماند ولی سترون باشد. این ضایعات شامل ذخایر مصرف شده در دوران رشد دورگه می‌شود. در صورت انقراض نسل دورگه این تلفات بازهم بیش‌تر است چون ذخایر مصرف شده برای اعقاب او را هم دربر می‌گیرد. گرچه جدایی یاختهٔجنسی هم یاخته‌ها را ضایع می‌کند وبرخی از سازوکارهای جدا سازی پیش‌تخمی نیروی‌مصرف شده در لقاح ناموفق را هدر می‌دهند، به‌طور کلی سازوکارهای پیش تخمی‌ضایعات‌خیلی کم‌تری دارند. به‌همین دلیل، وقتی دوتوده، که قبلا به‌وسیلهٔ سازوکارهای پیش‌تخمی‌از هم جدا بوده‌اند، باهم ارتباط پیدا کنند، انتخاب طبیعی باسرعت رشد سازوکارهای‌جدا سازی پیش تخمی را ترویج می‌دهد.

از آنجا که هگونه‌ها از لحاظ تکثیر گروه‌های جدا از یکدیگری هستند مسئلـهٔ چگونگی پیدایش یك‌گونه معادل این‌است که چگونه سازوکار جداسازی تکثیر پدیدار می‌شود. جدا شدن عموماً دارای دو مرحله است: مرحلهٔ اول که درآن جدایی تکثیر به‌صورت یك محصول جنبی اختلاف وراثتی بین دو توده نمایان می‌شود، و در مرحلهٔ دوم جدایی تکثیر وقتی تکمیل می‌شود که مستقیماً به‌وسیلهٔ انتخاب‌طبیعی‌ترویج‌می‌گردد.

***

نخست مرحلهٔ پیدایش‌گونه مستلزم این‌است که تبادل ژن‌ها میان دوتوده ازیك گونه، معمولا بر اثر جدایی جغرافیایی، مختل شود (مثلا براثر تشکیل یك رشته‌کوه بین‌آن‌ها، یابراثر مهاجرت توده‌ای به‌یك جزیره) نبودن تبادل ژن‌میان دوتوده امکان می‌دهد. دست‌کم تا حدی در نتیجه سازگاری آن‌ها به‌شرایط محلی‌یا شیوهٔ زندگی، میانشان‌تمایز وراثتی پدید آید. همچنان که توده‌های جداشده دارای تمایز ژنتیکی بیش‌تری می‌شوند، سازوکارهای جداسازی پس تخمی ممکن است میانشان ظاهر شود، چون اعقاب دورگه دارای اساس توارثی ناسازگار وبنابراین قدرت زندگی یاباروری کم‌تری‌هستند.

نخستین مرحلهٔ پیدایش گونه معمولا فرایندی تدریجی است واغلب مشکل‌است بتوان گفت دو توده وارد آن شده‌اند یانه. ازاین گذشته، مرحلهٔنخست ممکن است قابل برگشت باشد: اگر دو گونه که ازلحاظ جغرافیایی مدتی ازهم جدا شده‌اند دارای‌حدود مشترکی شوند، در صورتی که از دست دادن قابلیت در دورگه‌ها خیلی زیاد نباشد،ممکن است هردو توده دوباره باهم‌یکی شوند. ازطرف دیگر، اگراعقاب دورگه قابلیت زندگی یاباروری خیلی کاهش یافته‌ای پیدا کند، توده‌ها وارد مرحلهٔ دوم پیدایش‌گونهٔجدید می‌شوند.

مرحلهٔ دوممستلزم تکوین‌سازوکارهای جداسازی پیش تخمی است، فرایندی که مستقیماً به‌وسیلهٔ انتخاب طبیعی ترویج می‌شود. وضع ساده شدهٔ زیر را در نظر بگیرید. فرض کنید در یك حفرهٔ معین دو آلل وجود دارد: آ، که مساعد جفت‌گیری در داخل توده است، والف که مستعد پیونددورگه‌باتوده‌های دیگر است. اگرسازوکارهای‌جدایی پس تخمی بین دوتوده عمل‌کند. آ درمیان اعقاب طبیعی مطلوب شایع خواهدبود والف

درمیان اعقاب دورگه کم‌تر مطلوب . در نتیجه، آلل‌های الف نسل به‌نسل ازلحاظ گسترش کاهش خواهدداشت . بدین‌ترتیب انتخاب طبیعی مساعد با تکوین سازوکارهای جدایی پیش‌تخمی است که مانع تشکیل تخم‌های گشنیدهٔ دورگه می‌شوند.

اگر تبادل ژنی میان دو توده چنان مدتی امکان پذیر نباشدکه آن‌هاازلحاظوراثتی جدایی چشم‌گیری پیدا کنند، پیدایش گونهٔ جدیدممکن‌است‌مرحلهٔ دوم‌صورت‌گیرد.مثلا اختلاف بسیاری گیاهان وجانورانی که اینك نسبت به‌جزایرهاوایی بومی شده‌اندمیلیون‌ها سال پیش از قارهٔ امریکا بدان‌جا رسیده‌اند ودرآن‌جا تحول یافته‌اند ونسبت به‌شرایط محلی سازگاری پیدا کرده‌اند.

بااین همه انتخاب طبیعی مستقیما باعث جدایی تکثیری میان گونه‌های تکوین‌یافته درهاوایی وقارهٔ امریکا نشده است، یعنی جدایی تکثیری بسیاری از گونه‌ها به‌هیچ‌روی کامل نشده است.

***

دو مرحلهٔ پیدایش گونه‌ها در گروهی از گونه‌های کامل نزدیك به‌هم مگس میوه دیده می‌شود که در مناطق گرمسیر امریکایی زندگی می‌کنند. این گروه شامل ۱۵ گونه است، که ۶تای آن‌ها از لحاظ شکل ظاهری بسیار شبیه یکدیگرند وبدین‌سبب آن‌ها را گونه‌های همخون‌می‌نامند. یکی ا زگونه‌های همخون‌به‌نام **Drosophila Willistoni** شامل دو زیرگونه‌است وگونه‌های یك نژادکه درمناطق جغرافیایی‌متفاوتی به‌سرمی‌برند به‌نام‌های **D. Willistoni quechua** که‌در قارهٔ امریکای جنوبی ودر غرب کوه‌های آند به‌سر می‌برد، و **D. Willistoni Willistoni** در شرق کوه‌های آند وهمچنین امریکای مرکزی و مکزیك و جزایر دریای کارائیب زندگی می‌کنند. این دوزیرگونه درطبیعت باهم تماسی ندارند: کوه‌های آند آن‌ها راازهم جداکرده است، چون مگس‌ها در ارتفاعات قادر به‌زندگی نیستند. آزمایش‌ها نشان داده است که میان این دو زیرگونه جدایی تکثیری اولیه وجود دارد، مخصوصاً به‌شکل سترونی دورگه، گرچه نتیجه‌بسته به‌جهت جفت‌گیری است. وقتی یك ویلیستونی ماده بایك کچوای نر جفت‌گیری کند، اعقاب نر وماده هردو بارورند، بااین همه، اگر یك ویلیستونی‌نر با کچوای ماده‌جفت گیری کند، اعقاب ماده بارورند ونرها سترون. اگر این دوزیرگونه باهم ارتباط جغرافیایی وجفت‌گیری داشته باشند، انتخاب طبیعی مستعد تکوین سازوکارهای‌جدایی پیش تخمی خواهد بود. چون زیرگونه‌ها تاحدی دارای‌دورگه‌های سترون هستند.

بنابراین دوزیرگونه را می‌توان در نخستین مرحلهٔ جدایی‌گونه‌هادانست **Drosophila aquinoxialis** گونهٔ دیگری است که دوزیرگونهٔ دارای جدایی جغرافیایی دارد. **D. equinoxialis equinoxialis** که درقارهٔ امریکای‌جنوبی‌به‌سرمی‌برد و **D. equinoxialis caribbensis** که در امریکای مرکزی و جزایر کارائیب زندگی می‌کند. جفت‌گیری آزمایشگاهی میان دوزیرگونه همیشه اعقاب نرش بارور است و اعقاب ماده‌اش سترون، بدون اینکه جهت جفت‌گیری اثری داشته‌باشد. بدین‌ترتیب‌جدایی تکثیری میان دوزیر گونهٔ اکینوکسیالیس بارزتراز تمایز میان زیرگونه‌های ویلیستونی

است. انتخاب طبیعی مساعد، سازوکارهای جدایی پیش تخمی در مورد دروسوفیلا ــ اکینوکسیالیس قوی‌تر خواهد بود. چون همهٔ دورگه‌های نر سترون هستند. بااین‌همه هیچ موردی از سازوکارهای جدایی پیش تخمی، نه در میان زیرگونه‌های ویلیستونی ونه اکینوکسیالیس دیده نمی‌شودوبنابراین آن‌هاهنوز به‌مرحلهٔ گونه‌های جداگانه‌نرسیده‌اند.

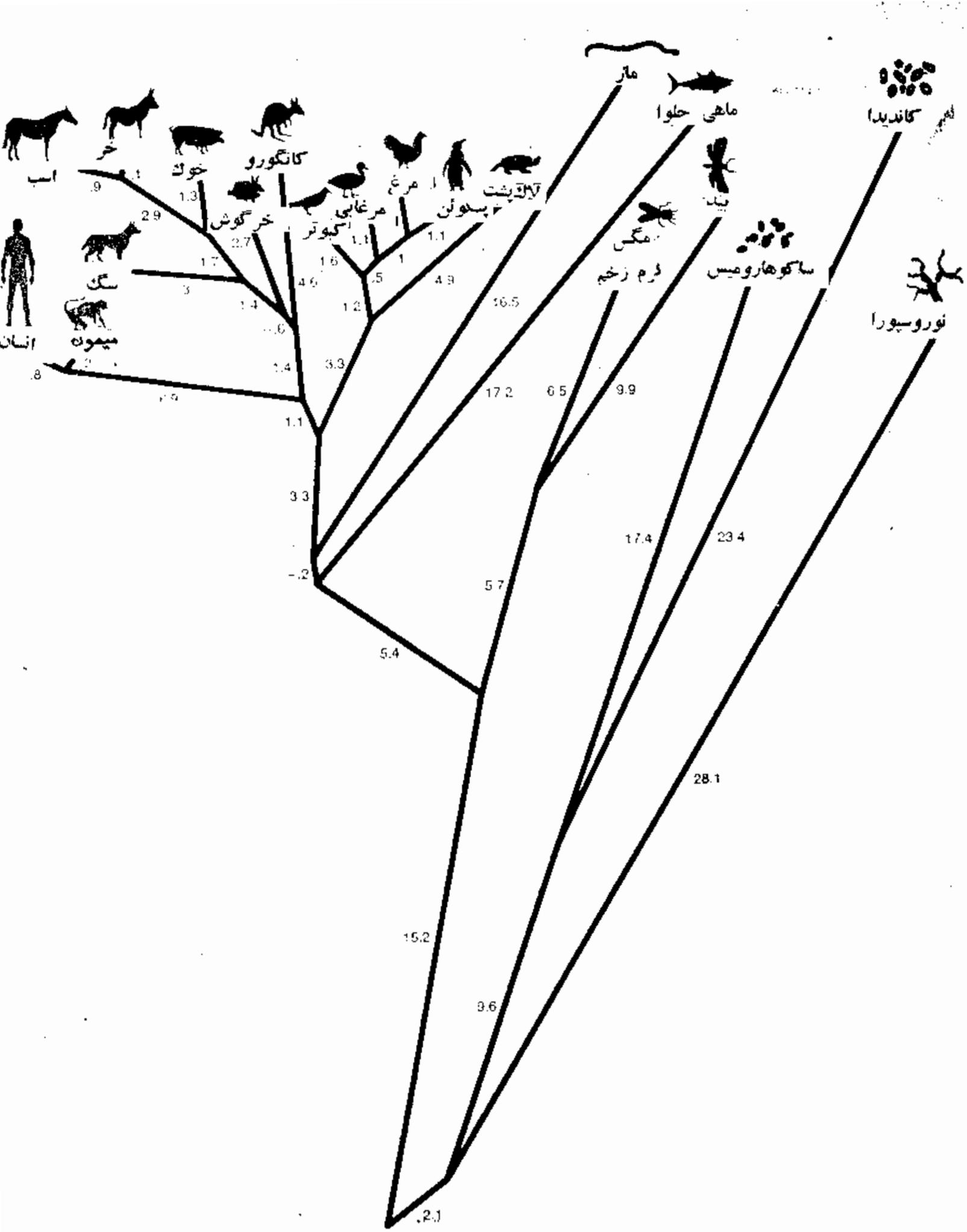
دومین مرحلهٔ جدایی‌گونه رادر میان گروه دروسوفیلا ویلیستونی هم می‌توان یافت. در وسوفیلا پولیستوروم D. Paulistorum گونه‌ای شامل شش نیمگونه باگونه ابتدایی است. دراین‌جا هم مانند اکینوکسیالیس، جفت‌گیری میان نروماده‌ها موجب پیدایش اعقاب مادهٔ بارور ونر سترون می‌شود. بااین‌همه، درجایی که دویاسه نیمگونه‌با هم تماس جغرافیایی پیدا کنند، دومین مرحلهٔ جدایی‌گونه‌ها به‌نقطه‌ای می‌رسدکه‌جدایی ناشی از نقص عضوی‌کامل می‌شود ــ موثرترین سازوکار جدایی پیش‌تخمی درمگس‌میوه وبسیاری جانوران دیگر. نیمگونه‌های یك محل معین در آزمایشگاه قابل جفت‌گیری نیستند، ولی نیمگونه‌های نقاط مختلف هستند، علتش این‌است که ژن‌های مستلزم جدایی نقص عضوی کاملا درمیان گونه‌ها شیوع نیافته است. بنابراین نیمگونه‌های‌دروسوفیلا پولیستوروم نمونهٔ جالبی است از عمل انتخاب طبیعی در دومین مرحلهٔ جدایی گونه‌ها، وقتی جدایی‌گونه‌ها کامل شود، شش نیمگونه، گونه‌های کاملا متمایزی خواهندشد.

نتیجهٔ نهایی فرایند جدایی جغرافیایی گونه‌ها را می‌توان در گونه‌های گروه دروسوفیلا ویلیستونی، دروسوفیلااکینوکسیالیس، دروسوفیلانروپیکالیس و سایر گونه‌های این گروه دید که درمناطق وسیعی بدون جفت‌گیری با یکدیگر همزیستی دارند. دورگه‌ها معمولا درطبیعت یافت نمی‌شوند، به‌دست‌آوردن آن‌ها در آزمایشگاه هم دشوار است و همیشه به‌طورکامل سترون هستند.

* * *

جدایی‌گونه تنهایك‌مرحله، گرچه مرحله‌ای اساسی، ازپیدایش تنوع در جهان زیستمندان است. وقتی جدایی تکثیری کامل شد، هرگونهٔ تازه‌تشکیل شده دورهٔ تکامل مستقلی را درپیش می‌گیرد. با گذشت زمان گونه‌ها تنوع غیرمنتظره‌ای پیدا می‌کنند. از آنجا که تکامل فرایندی تدریجی است، زیستمندانی که دارای تبار مشترك نزدیکی هستند احتمال دارد بیش ا زززیستمندانی که دارای تبار مشترك دوری هستند به‌هم‌شبیه باشند. این فرض ساده مبنای منطقی کوشش‌هایی است برای بازسازی تاریخ تکامل از طریق مطالعات تطبیقی موجودات زنده. این مطالعات براساس زیست‌شناسی، روان‌شناسی، زیست‌شناسی یاخته، سبب شناسی، جغرافیای زیستی تطبیقی وسایر علوم منطقی‌قراردارد.

وظیفهٔ بازسازی تاریخ تکامل بسیار دشوار است: نرخ تغییر تکاملی درزمان‌های مختلف در گروه‌های مختلف زیستمندان یانسبت به‌طرح‌های مختلف ریختی ممکن است فرق کند. ازاین گذشته، شباهت نسبت به‌سلف مشترك‌بایستی از شباهت‌های مربوط‌به‌نحوهٔ زندگی مشابه، اشغال زیستگاه مشابه یا نزدیکی تصادفی تمیز داده شود. گاه مطالعهٔ‌بقایای سنگواره‌ای جانداران انقراض یافته، کلیدهایی برای تاریخ تکامل‌گروهی از گونه‌ها فراهم می‌سازد، ولی سند سنگواره‌ای همیشه ناقص واغلب پوچ است.



مراحل تکامل ژنی ۳۵ زیستمند مختلف براساس‌تفاوت‌های توالی‌اسیدهای‌امینه درسیتوکروم c هرگونه، که توسط والترفیچ وامانوئل مارگولیاش در دانشگاه نورث وسترن‌تهیه شده‌است.این‌تکامل زنی کاملا با روابط تکاملی معلوم شده از سنگوارهها وسایر اسناد مطابقت دارد. اعدادروی شاخه‌ها حداقل تعداد جانشین نوکلئوتید در د.ان.آی ژن‌هاست که موجب پیدایش تفاوت‌های موجود در توالی اسیدهای امینه می‌شود.

درسال‌های اخیر مطالعهٔ تطبیقی اسیدنوکلئیك (د. ان. آ و ار. ان. آ) و پروتئین وسیلهٔ نیرومندی شده است برای بازسازی تاریخ تکامل. این مولکول‌های اطلاعاتی در توالی نوکلئوتیدها یا اسیدهای امینهٔ خود حاوی مقدار زیادی اطلاعات تکاملی‌هستند. ازآنجا که تکامل در سطح مولکول به‌صورت تبدیل یك نوکلئوتیدیااسید امینه‌به‌دیگری است، تعداد تفاوت‌های توالی یك اسید نوکلئیك یا پروتئین در دوگونه شاخصی است برای تعیین تازگی جد مشترك آن‌ها.یکی از پروتئین‌هایی‌که خیلی برررویش مطالعه‌شده سیتوکروم C است، پروتئینی که در تنفس یاخته‌ها به‌کار می‌رود؛ ودیگری‌هموگلوبین است.

* * *

پژوهش‌های تاریخ تکامل درسطح مولکولی دونتیجهٔ مهم برای‌کالبدشکافی‌تطبیقی وسایر علوم کلاسیك داشته است. یکی این‌است که اطلاعات آسان‌تر قابل برآورد است. تعداد اسیدهای امینه یانو کلئوتیدهایی که متفاوتند، وقتی توالی واحدهای یك‌پروتئین یا اسیدنوکلئوتید در تعدادی زیسمند معلوم باشد، به‌آسانی قابل تعیین است. دومین نتیجه این‌است‌که اقسام بسیار متفاوت زیستمندان را می‌توان مقایسه کرد. تشریح تطبیقی هنوز مطالب ناچیزی می‌تواند درباب زیسمندان متنوعی مانند کفك، درخت کاج وماهی‌به‌ما بگوید، ولی دراین هرسه پروتئین‌ها مشترکند وبه‌آسانی می‌توان آن‌ها رامقایسه‌کرد.

مثلا توالی اسید امینهٔ سیتوکروم C در چند زیستمند تعیین شده است، ازباکتری‌و کفك گرفته تا حشره وانسان. ازآنجا که هراسید امینه می‌تواند یك، دویاسه نوکلئوتید در کودون د. ان. آ داشته باشد، می‌توان حداکثر یا حداقل تعداد تغییرات‌نوکلئوتیدی راکه در تبدیل اسید امینه‌ای رخ می‌دهد محاسبه کرد. حداقل تعدادنوکلئوتیدی‌ممکن بین ژن‌های کد سیتوکروم C به‌عنوان مبنای مقایسهٔ ۲۰ زیستمندمختلف‌باهم فرق‌می‌کند. والترفیچ W. Fitch واماتوئل مارگولیاش E. Margoliash در دانشگاه نورث وسترن توانستند شجره‌ای از این جانوران ترسیم کنند. نسبت‌های متوسط‌به‌خوبی با مدارکی که از سنگواره‌ها وسایر ماخذ تاریخی به‌دست آمده تطبیق می‌کند. شجرهٔ‌سیتو کروم C در برخی موارد باآن تطبیق نمی‌کند: جوجهٔ مرغ ظاهراً با پنگوئن نزدیك‌تر است تا اردك‌یا کبوتر؛ لاك‌پشت، که‌یك خزنده است، با پرندگان نسبت نزدیك‌تری‌دارد تا بامار زنگی؛ و انسان و میمون با پستانداران بیش ازآن تفاوت دارند که کانگوروی کیسه‌دار با جانوران دارای جفت‌جنین.

علی‌رغم این روابط گمراه کننده، جالب است‌که مطالعهٔ یك پروتئین منفرد معرفی کاملا دقیقی از تاریخ تکاملی۲۰ زیستمند متفاوت به‌دست‌می‌دهد.شجرهٔ مولکولی‌دقیق‌تر این‌گونه‌ها وگونه‌های دیگری را وقتی می‌توان به‌دست‌آورد که توالی پروتئین‌های اسیدنوکلئوتیدهای بعدی تعیین شده باشد. مطالعهٔ مولکول‌های اطلاعاتی ازلحاظ‌تکامل دانش‌جوانی‌است که تقریباً یك دهه پیش به‌وجود آمده. این دانش وسیلهٔ‌نیرومندی‌است که کارهای درخشان روز افزونی برای افزایش اطلاعات مادر زمینهٔ تکامل حیات انجام خـواهد داد.

ترجمهٔ غلام‌حسین صدری افشار

ب. م. کدروف

طبقه‌بندی دانش‌ها

(مفهوم تکامل در تاریخ دانش)

چندی پیش، سومین جلسهٔ بحث و مذاکره در بارهٔ جنبه‌های فلسفی دانش‌های طبیعی معاصر، با شرکت دانشمندان و فیلسوفان مشهور شوروی، به‌پایان رسید. گزارش ب.م. کدروف دربارهٔ«طبقه‌بندی امروزی دانش‌ها و کشش‌ها و پیشرفت‌های اساسی آن» در دستور بحث این جلسه بود. کدروف در سی‌سال اخیر روی روش‌شناسی (متدولوژی) دانش کار می‌کند. سمت‌گیری‌های اصلی پیشرفت دانش امروز، به عنوان دستگاه معرفت علمی، تنها وقتی می‌تواند مشخص و قابل درك شود که تجزیه و تحلیل دقیقی از بستگی متقابل دانش با حرکت تاریخی آن به‌عمل آید.

اگر دراین‌باره بیندیشید که، ساختار عمومی معرفت علمی درطول این دوهزارو پانصد ساله چگونه تغییر کرده است وکشش‌ها وسمت‌گیری‌های دانش درآینده کدام است، بی‌اختیار دوباره به‌موضوع طبقه‌بندی دانش‌ها ــ به‌عنوان ساختار تمامی معرفت علمی ــ برمی‌گردید. گاهی به‌نظر می‌رسد که در حال حاضر بر سر یك چهار راه قرار داریم: دیدگاه‌های پیشین مربوط به‌ساختار کلی معرفت علمی‌رو به‌خراب شدن گذاشته است. سادگی وتناسب قبلی دانش‌ها ازبین می‌رود وبستگی بین آن‌ها روبه پیچیدگی می‌گذارد. به‌همین مناسبت، برای ارزیابی درست وضع امروزی دانش وسمت‌گیری دور نمای تکامل آن، باید به‌راهی که طی شده است نگاهی بیندازیم.

تمامی روند تکامل دانش با ویژگی «نفی درنفی» مشخص می‌شود. از وحدت ویگانگی دانش ــ دانشی‌که هنوز توانایی تقسیم شدن را ندارد ــ به‌کثرت و چندگانگی آن، به‌عنوان نخستین نفی (نفی تمامیت و وحدت اولیهٔ دانش)؛ و سپس دوباره‌به‌دانش واحد، منتهی با درك بالاتری از وحدت، که نتیجه‌ای است از همپیوندی دانش‌ها در حد ممکن کمال خود، به‌عنوان نفی دوم (نفی تقسیم دانش‌ها به‌رشته‌های جدا ازهم) ــ وبه عبارت دیگر همچون «نفی درنفی».

درآینده یك دانش به‌وجود می‌آید که همهٔ دانش‌های موجود امروزی را درخود جذب خواهد کرد. در این‌باره برای‌نخستین‌بار کارل مارکس در نوشته‌های قدیمی‌تر خود صحبت کرده است. او می‌نویسد که دانش‌های طبیعی درآینده سمت‌گیری مطلقا مادی خود را از دست می‌دهد و «مبنایی برای علوم انسانی می‌شود» وبا گذشت زمان «به‌همان اندازه دانش مربوط به انسان را دربرمی‌گیرد که دانش انسانی شامل دانش‌های طبیعی می‌شود، و این‌دیگر یك دانش واحداست». مارکس، کمی بعد ازآن، در «ایده‌ئولوژی آلمانی» (در نسخهٔ مقدماتی آن) این اندیشه را با تفصیل بیش‌تری توضیح می‌دهد: «ما تنها یك دانش را می‌شناسیم وآن هم دانش تاریخ است. تاریخ را

در دو جهت می‌توان مطالعه کرد: آن را می‌توان به‌تاریخ طبیعت و تاریخ مردم تقسیم کرد. ولی، این دوجنبهٔ تاریخ پیوندی استوار باهم دارند؛ تا زمانی که انسان وجود دارد، تاریخ طبیعت وتاریخ مردم لازم وملزوم یکدیگرند». وآن چه مارکس آن را تاریخ طبیعت می‌نامد، همان دانش‌های طبیعی است.

مارکس، با معرفی تاریخ به‌عنوا ن‌یگانه دانشی که می‌شناسیم، براین حقیقت تکیه می‌کند که در میانهٔ سدهٔ نوزدهم روش تاریخی (گسترده‌تر ازآن ــ روش دیالکتیکی) نفوذ عمیق خود را، نه‌تنها در دانش‌های طبیعی، بلکه به‌برکت پیدایش مارکسیسم، در دانش‌های اجتماعی هم آغاز کرده بود. وجود این روش عمومی شناخت، خود یکی‌از شرطهای اصلی برای یگانگی بعدی دانش‌ها به‌شمار می‌رفت. درواقع، فلسفهٔ ماتریالیسم دیالکتیك به‌صورت عاملی پیوند دهنده ومتحد کننده درآمد که رهنمون حرکت همهٔ آگاهی‌های علمی در تبدیل بعدی آن‌ها به‌سمت دانش واحد آینده شد.

طبعاً پرسشی پیش می‌آید: جای دانش‌های فنی، وبه‌طور کلی، دانش‌های کار بسته در کجاست؟ چرا، وقتی که مارکس در بارهٔ هم‌گرایی دانش‌های طبیعی واجتماعی صحبت می‌کند، ازآن‌ها یاد نمی‌کند؟ مگر نه این است که دانش‌های فنی به‌هیچ‌کدام ازاین دو مربوط نیستند؟ این درست است، ولی دانش‌کاربسته به‌یك اندازه به هردوی این‌ها مربوط می‌شود. ازاین گذشته، دانش‌های فنی ازمهم‌ترین حلقه‌هایی است که دانش‌های طبیعی را به‌دانش‌های اجتماعی مربوط می‌کند. صنعت از دو جنبهٔ بــه هم پیوسته و جدانشدنی تشکیل شده است: جنبهٔ اول عبارت است ازبه‌کارگرفتن قانون‌های عینی طبیعت، که به‌یاری دانش‌های طبیعی شناخته شده‌اند؛ جنبهٔ دوم هدف‌های عملی است که دربرابر جامعه و عضوهای آن‌قرار دارد، همان جامعه‌ای که موضوع دانش‌های اجتماعی و به‌خصوص اقتصادی است. لنین در «دفترهای فلسفی»خود، به‌مناسبتی‌یادآوری می‌کند: «دوشکل روند عینی وجود دارد: طبیعت (طبیعت مکانیکی و طبیعت شیمیایی) وفعالیت هدفمند انسان... **صنعت مکانیکی وشیمیایی** ازاین‌جهت هدف آدمی قــرار گرفته است، که تعیین شرطها یا قانونمندی‌های بیرونی یکی از خصلت‌های اوست».

به‌همین دلیل است‌که ضمن یکی‌شدن دانش‌های طبیعی واجتماعی و تبدیل آن‌ها به‌یك دانش واحد، دانش‌های فنی هم، که بینابین آن‌ها قراردارد ودرواقع در آن‌ها داخل شده است، به‌ناچار باید درون همین دانش واحدجای گیرد. لنین درسال ۱۹۱۴ در مقالهٔ «بازهم تخریب سوسیالیسم» نوشت: «همان‌طور که می‌دانیم، نه تنها در زمان پتی[۱]، بلکه حتی در زمان مارکس، جریانی نیرومند ازطرف دانش‌های طبیعی به‌سمت دانش‌های اجتماعی در حرکت بود. این جریان، اگرنگوییم نیرومندتر، دست‌کم‌باهمان نیرو در سدهٔ بیستم هم وجود دارد». «جریانی» که لنین ازآن یاد می‌کند، یعنی‌جریان ازطرف دانش‌های طبیعی بسمت‌دانش‌مربوط به جامعه، درسدهٔ بیستم شدت پیدا کرده است ودرجهت ایجاد یگانگی بین این دانش‌ها حرکت می‌کند، واین همان چیزی است

---

۱. Petty ــ ویلیام پتی (۱۶۲۳ ــ ۱۶۸۷) اقتصاددان انگلیسی. م.

که مارکس هم در زمان خود به‌آن توجه کرده است.

این کشش، در زمان ما با نیروی بیش‌تری ظاهر شده است ودرجهت به‌هم پیوستن هرسه گروه اصلی دانش ــ دانش‌های طبیعی، اجتماعی وفنی ــ پیش می‌رود.

چنین است سمت‌گیری کلی تکان تاریخی تمامی آگاهی‌های علمی، که البته، به‌صورتی کاملا کوتاه، بیان شد. آیا می‌توانیم طرحی ازپیشرفت تکاملی دانش‌ها را، به‌منظور مشخص کردن مسیر تکامل آن، به‌دست بیاوریم؟ به‌نظر می‌رسدکه می‌توان به‌چنین طرحی دست‌یافت.

تغییرهایی را که دانش، درتمامی دوران موجودیت خود، از سرگذرانده است، به‌صورت «شعاع نوری» خیالی در نظر می‌گیریم. «مانع»های خیالی گوناگونی ــ مثل منشور، حلقه، عدسی وغیره ــ سرراه آن قرار می‌دهیم. همان‌طور که این شعاع نورما ضمن عبور از «مانع»های مربوط، دگرگونی‌های گوناگونی را تحمل می‌کند، دانش هم در مسیر تکاملی خود ازمرحله‌های بغرنج درك وشناخت گذشته است. (به‌طرح‌رنگی صفحه داخل جلد توجه کنید).

وقتی که از پنجره‌ای باز ــ که ما آن را «پنجرهٔ شناخت» (a) می‌نامیم ــ شعاع نور داخل می‌شود وبه‌انسان می‌رسد، درابتدا نمی‌شود تشخیص داد که از چه جزءهایی تشکیل شده است. این همان دانش تقسیم نشدهٔ دوران باستان است، که زیر نفوذ فلسفه قراردارد (A) تنها در پایان دوران باستان (و به تقریب در آغاز سال‌های میلادی) بود که درون این دانش تجزیه نشده وواحد، جوانه‌های انش‌های جدا ازهم آینده ــ ریاضیات، مکانیك، اخترشناسی وغیره ــ پدیدار شد. دراین مرحله، خط‌های نازك و بریده ــ بریدهٔ رنگی، ازدرون نوار سفید، به‌دست آمد.

در دوران نوزایی (رونسانس) (سده‌های پانزدهم تا هفدهم)، «شعاع نور» ما، ازراه «منشور تجزیه (b) شکست و به‌یك رشته شعاع‌های کوچك‌تر رنگی موازی وبی‌ارتباط باهم، یعنی دانش‌های اساسی جداگانه (B) تقسیم شد ــ دانش‌های اساسی سرخ وزردوآبی، که ضمناً خصلت‌کار برد عملی را هم با خود داشتند.

پایان سدهٔ هجدهم را باید دوران جدا شدن دانش‌های عملی ازدانش‌های نظری دانست. سازوکار این روند را همچون «جداکننده» (c) بیان می‌کنیم، که نتیجهٔآن به‌وجود آمدن دانش‌های فنی خاص ــ رشته‌هایی ازآگاهی علمی و فنی(C) است. این‌ها در طرح همچون نوارهایی که از دانش‌های بنیادی جدا می‌شوند، قابل تصور است: نوار رنگ‌گلی ازنوار سرخ، زرد روشن از زرد، وآسمانی ازآبی. در میانهٔ سدهٔنوزدهم، جریان یك طرفهٔ تجزیهٔ دانش‌ها، اساساً ودرخط کلی خود به‌پایان می‌رسد. دراین‌جا بستگی دانش‌ها با یکدیگر (هم‌پیوندی آن‌ها)، تنهاازراه‌بستگی‌های بیرونی تحقق می‌پذیرد.

دراین دوره، گرایش مسلط‌مربوط به‌هم‌پیوندی دانش‌هاست، ضمناً بستگی بین دانش‌های موجود از راه پیدایش دانش‌های تازه‌ای عملی می‌شود که همچون«پل‌هایی»

دانش‌های بنیادی قبلی را ــ دانش‌هایی را که به‌کلی جدا ازهم بودندــ به هم مربوط می‌کنند. این نمونهٔ زنده‌ای است از یگانگی دیالکتیکی دو عنصر متضاد و ورود یکی ازآن‌ها در دیگری: هم‌پیوندی وهم‌گرایی دانش‌ها، ازمسیر جدایی وتجزیهٔ آن‌ها عبور می‌کند.

آغاز روند هم‌گرایی‌دانش‌ها را می‌توان ازدوکشف بزرگی به‌حساب آورد که به‌نیمه‌های سدهٔ نوزدهم مربوط می‌شوند: اول، به‌وجود آمدن مارکسیسم؛ ودوم، کشف قانون بقا و تبدیل انرژی. در طرح‌ما، آغاز این جریان را می‌توان همچون عبور دانش های بنیادی (نوارهای رنگی)ــ که قبلا بدوجود آمده‌اندــ از «حلقهٔ ترکیب» (d) وتشکیل بعدی دانش‌ها دانست ــ نوار رنگ‌های بینابینی یا رنگ‌های مختلط: لیمویی بین قرمز وآبی، نارنجی بین قرمز وزرد، سبزبین زرد وآبی(D)در نتیجه، فاصلهٔ بین دانش‌های بنیادی پر می‌شود. از جملهٔ این دانش‌های بینابینی، می‌توان از اختر فیزیك (سال ۱۸۶۰)، ترمودینامیك شیمی (سال‌های ۱۸۷۰) وبیوشیمی (در مرز سده‌های نوزده وبیست) نام برد.

درسال ۱۸۸۲، وقتی‌که انگلس در«دیالکتیك‌طبیعت»خود از پدیده‌هایی صحبت می‌کند که در مرز فیزیك وشیمی قرار گرفته‌اند، تاکید می‌کند که هم فیزیك‌دانان وهم شیمی‌دانان دراین‌جا اظهار عدم صلاحیت می‌کنند و درهمین جاست‌که باید منتظر نتیجه‌گیری های بزرگی بود».

حق با انگلس بود: پیش‌گویی او چند سال بعد به‌تحقق پیوست ودانش شیمی‌ــ فیزیك، که در مرزبین فیزیك وشیمی قراردارد، به‌وجود آمد.

منظرهٔ حرکت بعدی دانش، همراه با تغییری یکباره وتند است. در میانه‌های سدهٔ بیستم، تحت تاثیر انقلاب علمی وصنعتی معاصر، تکامل موازی دانش‌های «خالص» وکاربسته (ولو این که به‌مفهومی به‌هم مربوط بودند) به‌هم خورد وهمهٔ دانش‌ها، در تاثیر متقابلی که برهم داشتند، آغاز به‌فرورفتن در یکدیگر کردند. نوع خاصی از دانش پدیدار می‌شود که خصلتی «درون انضباطی» واساسی‌دارد. سیبرنتیك پیدا شده است، که به‌عنوان دانشی انتزاعی وعام، در یك رشته از دانش‌های مشخصــ دانش‌های زیستی، اجتماعی و صنعتیــ نفوذ کرده وآن‌ها را به‌صورتی جدی به‌هم مربوط ساخته است. اگر قبلا دناش‌های بینابینی و انتقالی همچون پلی دانش‌های نزدیك و همسایه را به‌هم مربوط می‌کردند، امروز به‌برکت وجود دانشی مثل بیونیك، دانش‌هایی‌همچون زیست‌شناسی و صنعت که به‌کلی دورازهم به‌نظر می‌آمدند، باهم یکی می‌شوند.

در طرح ما، این وضع رامی‌توان به‌عنوان داخل کردن دانش‌هایی‌که‌قبلا جدا از هم بودند، در «جلد تأثیر متقابل آن‌ها»(e) در نظرگرفت، که نتیجهٔ آن پیدایش سمت‌گیری‌های علمی با انضباط درونی شبیه سیبرنتیك می‌باشد (E) . درطرح، این‌ها به‌مثابهٔ نوارهای عمودی نوربنفش تیره‌اند که دانش‌های دیگر را قطع می‌کنند.

افزایش بعدی بستگی وتاثیر متقابل دانش‌ها، باید به‌یگانگی بیش‌تر همهٔ دانش‌ها

به‌هم پیوندی آن‌ها، به‌تشکیل مجموعه‌های خاصی ازدانش‌ها ورشته‌های علمی کاملا تازه وبه‌کلی ناشناخته منجر شود. ازاین قبیل است مثلا، آموزش انقلاب علمی وصنعتی معاصر، که هنوز به‌اندازهٔ‌کافی مرتب نشده است و کلی‌ترین پدیدهٔ تمامی دوران ما را تشکیل می‌دهد؛ ازاین قبیل است آموزش مربوط به‌خود دانش ــ «دانش شناسی» ــ که بیش‌تر یك پدیدهٔ اجتماعی است ــ وازاین قبیل است کیهان نوردی، بوم شناسی (اکولوژی) وبه‌خصوص زیست‌شناسی مولکولی وبسیاری دیگر.

این روند را در طرح، به‌صورت «گذرگاه» یا «باشگاه دانش‌ها (f) در نظر می‌گیریم، که در نتیجهٔ آن دانش‌های پیچیدهٔ تازه به‌وجود می‌آید (F). درآینده این «باشگاه» دانش‌ها به‌همان دانش یگانه‌ای، که مارکس پیش‌بینی کرده است، تبدیل می‌شود. البته، سمت‌گیری‌های علمی جداگانه ازبین نمی‌روند، بلکه در تبعیت ازاین دانش یگانه وبا قبول برتری آن باقی می‌مانند. در طرح، می‌توان تصور کرد که دانش‌ها درموقع خروج از «باشگاه»، از «عدسی همگرا»می‌گذرند ومتمرکز می‌شوند (g) و درنتیجه، نوار روشنی به‌رنگ سفید تشکیل می‌دهند، که در داخل آن‌نقطه‌های رنگی پیشین ــ دانش‌های «رنگارنگ» ــ دیده می‌شود (G). واین مرحلهٔ عالی یا مرحلهٔ هم‌گرایی کامل دانش‌هاست که وظیفهٔ پیشرفت درتمامی مسیرهای پیشین را به‌عهده دارد.

حالا به‌سطرهای زیر طرح توجه کنیم. درآن‌جا رابطهٔ بین دانش‌ها وموضوع‌های آن‌ها نشان داده شده است. برای دانش تقسیم نشدهٔ دوران باستان، که مدعی توضیح تمامی‌جهان به‌صورت‌کلی بود، رابطهٔ (۱) داده‌شده‌است ــ $[I]$ به‌این معناست که دانش تقسیم نشده ومختلط (۱)، دارای موضوع‌واحدی است (یعنی جهان) و این موضوع واحد هم به‌صورت مختلط $[I]$ درك می‌شود. پرانتزها معرف همین اختلاط آن‌هاست.

بعد، در مرحلهٔ جدا شدن دانش‌ها ودرآغاز مرحلهٔ هم‌گرایی آن‌ها (یعنی تا میانه‌های سدهٔ بیستم)، برای هردانش جداگانه از n دانش موجود، رابطهٔ I ــ۱ وجود دارد؛ یعنی هردانش موضوع خاص خودش را دارد که انحصاراً به‌مطالعهٔ آن می‌پردازد. مثلا موضوع مطالعهٔ شیمی ماده و تبدیل‌های آن است، زیست‌شناسی به‌مطالعهٔ زندگی، زمین شناسی به‌مطالعهٔ پوستهٔ زمین می‌پردازد و غیره. ما این وضع ساختاری دانش‌ها را اصل وظیفه‌ای یا کارکردی می‌نامیم. وظیفه وکارکرد هردانش روشن‌است: هردانش، موضوع خاص خودش را دارد وبه‌شکل خاصی از حرکت یا کار کرد ماده می‌پردازد وجنبهٔ خاصی ازآن را مورد مطالعه قرار می‌دهد، که بشکل حرکت یاکار کرد ویا جنبه‌های دیگر همین ماده مربوط نمی‌شود. تا نیمه‌های سدهٔ بیستم اصل‌کار کردی راه خود را ادامه می‌دهد وگرایش مسلط خود را حفظ می‌کند.

در نیمه‌های سدهٔ بیستم، تحت تاثیر انقلاب علمی و صنعتی، رابطهٔ یك‌به‌یك بین دانش وموضوع مورد مطالعهٔ آن (یعنی یك ارزشی بون این رابطه واین که هر دانشی تنها با موضوع خاص خودش رابطه دارد)، به‌صورتی ریشه‌ای وبنیادی دگرگون

شد. تاثیر متقابل دانش‌ها وپیدایش دانش‌های ترکیبی ابتدا خود موضوع مورد مطالعه را پیش کشید. تمام جنبه‌ها وویژگی‌های این «موضوع» همهٔ شکل‌های حرکت ماده و کارکرد آن در «موضوع»، دیگر نه به‌صورت جداگانه وبه‌وسیلهٔ دانش‌های گوناگون، بلکه یك‌باره و در پیوند ترکیبی این دانش‌ها با یکدیگر، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. ازطرف دیگر، هردانش جداگانه ، به‌مناسبت وجود این شیوهٔ ترکیبی مطالعه، ناچار مثل سابق (که هر دانش به‌موضوع مورد مطالعهٔ خودش می‌پرداخت) نه بایك موضوع، بلکه با موضوع‌های گوناگون بسیاری سروکار دارد که ما آن‌ها را با حرف M نشان داده‌ایم. در عمل، تعداد این موضوع‌ها، می‌تواند مجموعه‌ای نامتناهی را تشکیل دهد (∞) به‌این‌ترتیب، برای نشان‌دادن رابطهٔ بین دانش‌ها وموضوع‌های آن‌ها، درشرایط امروزی از فرمول

$$\left.\begin{matrix} n - I \\ I - M \end{matrix}\right\}$$

استفاده کرده‌ایم، درشرایط امروزی، از یك طرف چند دانش (n) یکباره و با هم، به مطالعهٔ جنبه‌های گوناگون تنها یك موضوع می‌پردازد، و ازطرف دیگر هردانش با موضوع‌های بسیاری (m) سروکار دارد.

این رابطهٔ دانش‌ها وموضوع‌های آن‌ها را، یعنی این وضع را که، یك موضوع به‌طور هم‌زمان در همهٔ جنبه‌های خود وبه‌وسیلهٔ دانش‌های گوناگون بسیاری مورد بررسی قرار می‌گیرد، اصل تمامیت می‌نامیم، که در نقطهٔ مقابل اصل کارکردی قرار دارد: دراین‌جا، همیشه در مرکز بررسی‌ها یك «موضوع» قرار ادرد که‌معرف تام همهٔ کارکردها، ویژگی‌ها وشکل‌های حرکت موجود در آن است.

سرانجام درآینده، بنابرپیش‌بینی مارکس، تنها یك دانش وجود خواهد داشت که به‌صورتی جمعی تمامی جهان را مورد مطالعه قرار می‌دهد. البته، این دانش عمومی هنوز درون خود اجزایی دارد که به‌طور کامل از حرکت عمومی آن پیروی می‌کنند وبه‌صورت آثاری از رشته‌های گوناگون ومستقل دانش گذشته باقی می‌ماند. این‌وضع را هم با رابطهٔ I — ۱ نشان داده‌ایم: این دانش یگانهٔ آینده (۱)، براساس اصل‌تمامیت قرار دارد، ولی هنوز اصل کارکردی (منتهی در تبعیت کامل ازاصل تمامیت) دارای اعتبار است؛ به‌این‌ترتیب، دانش یگانهٔ آینده، آثار رشته‌های گوناگون گذشته را در خود نگه داشته است.

این‌وضع چه معنایی دارد؟ البته، نباید این تصور را به‌خود راه دادکه گویا در درون دانش، هرگونه تخصصی که به‌شکل های مختلف حرکت ماده مربوط می‌شود، از بین می‌رود. و ظاهراً دیگر نه شیمی‌دان و زیست‌شناس خواهیم داشت و نه اقتصاددان و مورخ و روان‌شناس. سطح پیچیده و کاملا بالای دانش، به‌هیچ وجه به‌معنای این نیست که مسئولیت خود را در بررسی جنبه‌های مختلف این یا آن موضوع تام فراموش کنیم. این وضع، تنها جدایی و انزوای متخصصان را از بین می‌برد، به‌نحوی که یك

متخصص نمی‌تواند بدون آگاهی از کاردیگران و به‌صورت مجرد به‌کار خود ادامه دهد. در این مرحله، باید همهٔ آن‌ها و به‌صورت جمعی به‌مطالعهٔ یك موضوع، یك واحد جدایی ناپذیر بپردازند. همان طور که اندام‌های جداگانه در یك موجود زنده کار اختصاصی خود را، منتهی در تبعیت کامل از فعالیت زندهٔ تمامی سازواره انجام می‌دهند؛ دشته‌های گوناگون دانش‌هم، ضمن بررسی جنبه‌های مختلف یك موضوع واحد، باید از به‌هم پیوستگی کلی دانش پیروی کنند.

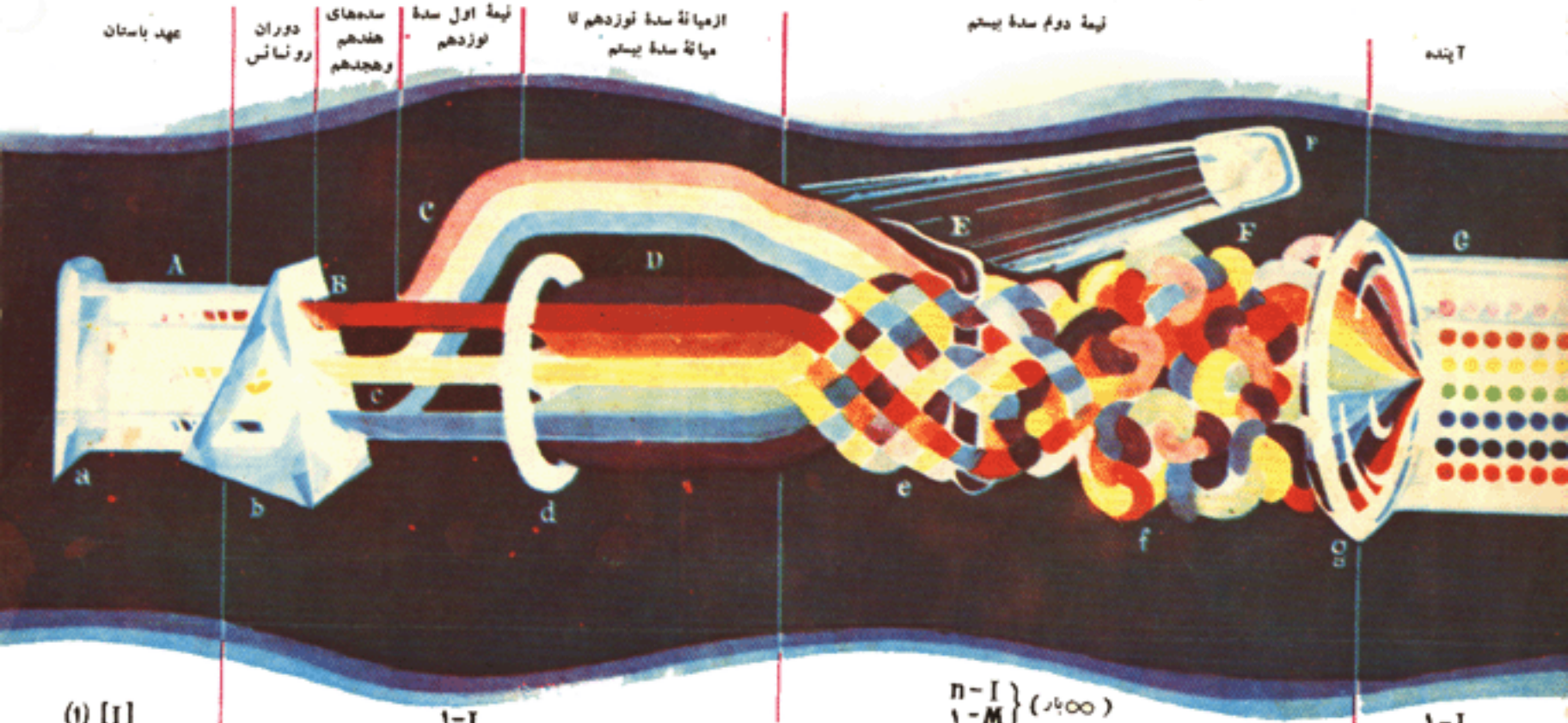
ساختار کنونی دانش و کشش‌های مربوط به‌تکامل آیندهٔ آن در محیط فعالیت های عملی چگونه منعکس می‌شود؟ هیچ‌کاری درآینده نمی‌تواند بدون برنامه‌ریزی به ثمر برسد. چه در زمینهٔ سازمان‌دهی دانش و آماده‌کردن کادرهای لازم، و چه در زمینهٔ مساله‌های نظری ومعرفتی مربوط به‌ساختار و کشش‌های تکاملی آیندهٔ دانش، به‌برنامه ریزی‌های کلی نیازمندیم، که در طرح، آن را به‌وسیلهٔ «آیندهٔ عمل» (P) نشان داده‌ایم.

دانش‌های طبیعی زمان ما، به‌جای خط مستقیم و روشن و سادهٔ قبلی خود، بـه صورت شاخه‌ها و انشعاب‌هایی کـه درهم فرو رفته‌اند، جلوه می‌کنند ــ و انگلس هم این ویژگی را یادآوری کرده بود.

در کنار این موضوع، خط دیگری هم از بستگی متقابل دانش‌ها نمایان می‌شود؛ خطی که ویژگی‌های ارتباط بین خود شکل‌های حرکت رانشان می‌دهد. با پیدایش سیبرنتیك درمیانهٔ سدهٔ بیستم معلوم شد که می‌توان محوری برای به‌هم پیوستن بسیاری از دانش‌ها ــ دانش‌های زیستی و اجتماعی و به‌طور کلی علوم انسانی و صنعت ــ به وجود آورد. در نتیجه، طبقه‌بندی کلی دانش‌ها خصلتی بی‌نهایت بغرنج و پیچ درپیچ پیدا کرد.

با تشبیه دانش به‌یك «شعاع نور» تصوری و قراردادن «مانع»هایی (مثل منشور، حلقه، عدسی و غیره) در راه آن، توانستیم طرحی کلی از مسیر اصلی حرکت تاریخی دانش، از گذشته دورتازمان حال و بعد دوران نسبتاً دور آینده، به‌دست آوریم. ولی یك‌بار دیگر تاکید می‌کنیم که هم «شعاع نور» و هم «مانع‌های» سر راه آن ــ که موجبی برای تبدیل‌های گوناگون آن بودــ تنها باید به‌عنوان تصویر مشروطی در نظرگرفته‌شود که می‌تواند به‌درك سرگذشت دانش و ساختار آن، آن‌هم تاحدی، به‌ما کمك کند. «شعاع نور» و مسیری که طی می‌کند و استحاله‌ها و دگرگونی‌هایی که متحمل می‌شود، تنها می‌تواند دربارهٔ حرکت دانش، پیشرفت تکاملی آن و نقطه‌های گرهی موجود در آن، مارا به‌اندیشیدن وادارد.

ترجمهٔ پرویز شهریاری



$$\left.\begin{matrix} n-I \\ I-M \end{matrix}\right\} (\infty \text{ بار})$$

I-۱

حرف‌های بزرگ، معرف مرحله‌های شناخت هستند، که انعکاسی از تکامل دانش است:

A ــ مرحلهٔ «مخلوط» و تقسیم نشدهٔ دانش باستان.

B ــ آغاز پراکندگی دانش‌ها وظهور نخستین دانش‌های بنیادی.

C ــ جدایی دانش‌های فنی از دانش‌های بنیادی.

D ــ آغاز نخستین مرحلهٔ هم‌گرایی دانش‌ها. پیدایش نخستین «پل»هایی که دانش‌های بنیادی را بهم وصل می‌کنند.

E ــ مرحلهٔ میانی همگرایی دانش‌ها. پیدایش دانش‌های محوری با انضباط درونی.

F ــ مرحلهٔ پیشرفتهٔ همگرایی دانش‌ها. ظهور دانش‌های ترکیبی.

G ــ به‌وجود آمدن دانش یگانهٔ آینده، به‌عنوان مرحلهٔ بالای همگرایی دانش‌ها.

حرف‌های کوچک، نمایندهٔ «مانع»های خیالی هستندکه سرراه «شعاع‌شناخت» تصوری، گذاشته شده‌اند:

$$\frac{I-I}{(n \text{ بار})}$$

a ــ «پنجرهٔ شناخت».

b ــ «منشور تجزیه».

c ــ «جداکننده».

d ــ «حلقهٔ ترکیب».

e ــ «جلد تاثیرهای متقابل».

f ــ «گذرگاه» یا «باشگاه».

g ــ «عدسی پیوند دهنده».

p ــ «آیینهٔ عمل».

$$(I) [I]$$

فرمول های ردیف پایین، معرف رابطهٔ متقابل دانش‌ها و موضوع‌های مورد بررسی آن‌هاست.

تهیه نسخه الکترونیک:

باقرکتابدار
farsibooks@gmail.com

کتابهای رایگان فارسی
http://www.persianbooks2.blogspot.com