

فقط ایک ترملیون

اثر ،

آیزاک آسیموف

ترجمہ ،

دکتر محمود بہزاد



پبلشرز

اشارات
بنگاه ترجمه و نشر کتاب

۲۲۰

مجموعه معارف عمومی

۴۶



بنگاه ترجمه و نشر کتاب

این کتاب در دو هزار نسخه باکمک سازمان برنامه و
همکاری فنی مؤسسه انتشارات فرانکلین در چاپخانه
بیست و پنجم شهریور (افست) به چاپ رسیده است

مجموعهٔ معارف عمومی

شمارهٔ ۴۶

زیر نظر محمد سعیدی

فقط يك تريليون

تأليف

آيزاك آسيموف

ترجمه

دکتر محمود بهزاد



نگاره ترجمه و نشر کتاب

تهران ، ۱۳۴۸

غرض از انتشار «مجموعهٔ معارف عمومی» اینست که يك رشته کتب ارزنده در فنون مختلف علوم و معارف بمعنی وسیع آن که برای تربیت ذهنی افراد و تکمیل اطلاعات آنان سودمند باشد بتدریج ترجمه شود و در دسترس طالبان قرار گیرد.

امید می‌رود که این مجموعه در مزید آشنایی خوانندگان با جهان دانش و مسائل علمی و فرهنگی دنیای امروز مؤثر شود و فرهنگ دوستان و دانش پژوهان را بکار آید.

فهرست مطالب

۹	پیشگفتار
۱۳	فصل اول اتمهایی که نابود میشوند
۳۶	فصل دوم انفجارات درون ما
۵۸	فصل سوم هموگلوبین و جهان
۷۹	فصل چهارم پیروزیی که روی کاغذ بدست آمد
۱۰۴	فصل پنجم عادی بودن امری خود غیر عادی است
۱۲۵	فصل ششم سیاره‌ها به دور خود هوا دارند
۱۵۴	فصل هفتم آنجا که شانس کورکورانه عمل نمی‌کند
۱۸۱	فصل هشتم به‌دام انداختن خورشید
۲۱۳	فصل نهم توتیا و ما
۲۳۵	فصل دهم صدای نفس نفس زدن

پیشگفتار

یکی از داستان‌هایی که مادرم دوست دارد دربارهٔ کودکی من بگوید این است که وقتی پنج‌ساله بوده‌ام روزی مرا جلو در خانه‌مان غرق در تفکر می‌بیند و از من می‌پرسد: «آیزاک چه کار می‌کنی؟» من جواب داده‌ام «ماشین‌هایی را که رفت و آمد می‌کنند می‌شمرم».

من از این جریان چیزی به یاد ندارم ولی باید حقیقت داشته باشد زیرا از آن پس همواره مشغول شمردن اشیای گرداگرد خود هستم. در حدود پنج سالگی عدد زیادی نمی‌دانستم تا بتوانم ماشین‌های معدودی را که در خیابان‌های چهل سال پیش رفت و آمد می‌کردند بشمارم، پس اعدادی که می‌دانستم بسیار زود ته می‌کشیدند. گویا همین احساس عجز سبب شده است که همواره به شمردن چیزهایی بپردازم که شماره آنها نیازمند ارقام بزرگتر است.

به‌مرور زمان به‌سنی رسیدم که توانستم شمارهٔ دانه‌های برفی را که برای پوشانیدن ایالت نیویورک به

ضخامت ۳ متر لازم است و نیز قطرات بارانی که برای پرکردن اقیانوس آرام لازم می‌آید محاسبه‌کنم. چه‌شانسی به‌من روی آورد که به‌طور ناخودآگاه رشته‌شیمی را انتخاب کردم، چون این علم به‌من امکان داد که به‌ماورای چنین کمیتهای بزرگی دست یابم و دست‌کم اتمها را بشمارم و مراتب حقیقت‌شناسی خود را نسبت به این عمل ابراز می‌دارم.

تصور می‌کنم در اعداد بزرگ کششی هست که اکثر مردم، حتی آنهایی را که اعداد برایشان گیج‌کننده است، شیفته خود می‌کند.

مثلاً عدد يك میلیون را در نظر می‌گیریم که عبارت است از عدد ۱ و شش صفر در سمت راست آن، یا به اصطلاح فیزیکدانان 10^6 که می‌شود: $10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10$

اکنون ببینیم که يك میلیون یعنی چه.

يك میلیون ثانیه چه مدت است؟ اندکی بیش از ۱۱/۵ روز.

يك میلیون دقیقه چه مدت است؟ اندکی کمتر از دو سال.

يك میلیون سانتیمتر چه طولی می‌شود؟ ده کیلومتر. گیریم در هر گام ۴۵ سانتیمتر به‌پیش می‌روید پس از پیمودن يك میلیون گام چه مسافتی را طی کرده‌اید؟ ۴۵۰ کیلومتر.

به‌زبانی دیگر:

کارمندی که به‌مدت يك هفته مرخصی می‌رود اندکی

کمتر از يك ميليون ثانيه برای استراحت و رفع خستگی وقت دارد.

استادی که برای نوشتن کتابی يك سال وقت می گیرد قریب نیم میلیون دقیقه برای انجام آن وقت دارد. سرتاسر جزیره مانهاتان بیش از دو میلیون سانتیمتر درازی دارد. فاصله میان نیویورک و بوستون را می توانید با کمتر از يك ميليون قدم طی کنید.

گرچه، چنان که باید، ممکن است تحت تأثیر قرار نگرفته باشید، با وجود این يك هواپیمای جت در مدتی کمتر از يك دقیقه می تواند متجاوز از دو میلیون سانتیمتر پرواز کند. در جنگ جهانی دوم ایالات متحده در هر شش دقیقه يك ميليون دلار هزینه جنگی داشت.

اکنون يك تریلیون را در نظر می گیریم. يك تریلیون عبارت است از يك میلیون^۱ میلیون، یعنی عدد ۱ با ۱۲ صفر در سمت راست، بدین صورت:
۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ یا ۱۰^{۱۲}
يك تریلیون سانتیمتر مساوی ۱۰ میلیون کیلومتر است.

يك تریلیون ثانيه برابر ۳۱۷۰۰ سال است. به عبارت دیگر يك تریلیون ثانيه پیش «عصر حجر» بود و آدمیان در غارها به سر می بردند و فیلمهای ماستودون

۱- در فرانسه و امریکا تریلیون را با يك میلیون میلیون محاسبه می کنند ولی در انگلستان يك میلیارد (بلیون) ۱۰^{۱۲} و يك تریلیون ۱۰^{۱۸} است یعنی صفرها را شش تا شش تا در نظر می گیرند در حالی که در فرانسه و امریکا صفرها سه تا سه تا محاسبه می شوند. در این کتاب رسم امریکایی و فرانسوی در نظر گرفته می شود یعنی میلیارد (بلیون) ۱۰^۹ و تریلیون ۱۰^{۱۲} به حساب می آید.

در اروپا و امریکای شمالی زندگی می‌کردند.

حاصل آن که با سفر يك تریلیون سانتیمتری ۲۵۰ بار به دور استوای کره زمین می‌توان گردش کرد و می‌توان به کره ماه رفت و برگشت.

باهمه این احوال بخش عمده فصلهای بعدی کتاب به‌شما نشان خواهد داد که عدد تریلیون نیز در بعضی از موارد به‌وضع شگفت‌آوری کوچک به نظر خواهد رسید.

چندی پیش، پس از مدتی محاسبه از همسرم پرسیدم «آیا می‌دانی استاتین - ۲۱۵ (ASTATIN) چقدر کمیاب است؟». اگر همه خاک امریکای شمالی و جنوبی را به عمق ۱۶ کیلومتر اتم به‌اتم بررسی کنند می‌دانی چند اتم استاتین - ۲۱۵ پیدا خواهند کرد؟

همسرم پاسخ داد: نه. چقدر پیدا خواهند کرد؟
جواب دادم: عملاً هیچ. فقط يك تریلیون.

فصل اول

اتمهایی که نابود می‌شوند

فکر می‌کنیم همه خوانندگان این کتاب می‌دانند که بعضی از اتمها ناپایدارند و در نتیجه بیرون کردن ذراتی از هسته خود تجزیه می‌شوند. گاهی بیرون کردن يك ذره تنها، آنچه را که از هسته باقی می‌ماند پایدار می‌سازد. گاهی دوازده ذره یا بیشتر، یکی پس از دیگری باید از هسته بیرون رانده شود تا پایداری به دست آید. در هر دو حال اتم اولیه کاملاً تغییر می‌یابد.

اگر توجه خود را به اتم ناپایدار معینی متمرکز کنیم، غیر ممکن است بتوانیم بگوییم که چه وقتی منفجر خواهد شد و ذره‌ای بیرون خواهد فرستاد، زیرا ممکن است در لحظه بعد چنین کند یا در حالتی باشد که يك میلیون سال بعد بدان دست زند.

ولی هنگامی که با گروهی از يك شیء سروکار داشته باشیم مسئله باوقتی که بایکی از آنها سروکار پیدا می‌کنیم تفاوت خواهد داشت، زیرا وقتی که با گروه

بزرگی روبه‌رو هستیم، از روی آمار خواهیم توانست آینده را پیش‌بینی کنیم. هرچه گروه پرتعدادتر باشد پیشگوییها دقیق‌تر (نسبت درصد) احتمال بیشتری خواهد داشت.

وقتی که تعداد اتمها زیاد باشد، آمار می‌تواند پیش‌بینی کند که مثلاً بعد از مدت معینی، نیمی از اتمهای ناپایدار تجزیه خواهند شد. بعد از همین مدت نیمی از اتمهای باقیمانده تجزیه خواهند شد. بعد از همین مدت نیز نیمی از آنچه باقیمانده تجزیه خواهد شد و تا اتمی هست این جریان همچنان ادامه خواهد یافت.

هر نوع اتم زمان معینی برای تجزیه شدن نصف تعداد خود لازم دارد. این زمان را «نیمه‌عمر» می‌گویند. اکنون موردی را مطالعه می‌کنیم. فرض کنید اتمی به نام «اتم X» را در نظر گرفته‌ایم و فرض کنید که «نیمه‌عمر» آن يك روز است یعنی درست بیست و چهار ساعت. اکنون فرض کنیم که ظهر روز اول فروردین سال ۱۳۴۶ تعداد ۱۰۴۸۵۷۶ اتم X در اختیار دارید. اگر قوانین آمار به درستی در نظر گرفته شوند چه پیش خواهد آمد؟

ساده‌ترین راه پاسخگویی به این پرسش ترتیب‌دادن يك جدول است. به همین جهت به دیدن جدول شماره ۱ دعوت می‌شوید.

جدول شماره ۱

تعداد اتمها که از اتم x باقی مانده است	تاریخ (ظهر)
۱۰۴۸۵۷۶	اول فروردین
۵۲۴۲۸۸	دوم فروردین
۲۶۲۱۴۴	سوم فروردین
۱۳۱۰۷۲	چهارم فروردین
۶۵۵۳۶	پنجم فروردین
۳۲۷۶۸	ششم فروردین
۱۶۳۸۴	هفتم فروردین
۸۱۹۲	هشتم فروردین
۴۰۹۶	نهم فروردین
۲۰۴۸	دهم فروردین
۱۰۲۴	یازدهم فروردین
۵۱۲	دوازدهم فروردین
۲۵۶	سیزدهم فروردین
۱۲۸	چهاردهم فروردین
۶۴	پانزدهم فروردین
۳۲	شانزدهم فروردین
۱۶	هفدهم فروردین
۸	هجدهم فروردین
۴	نوزدهم فروردین
۲	بیستم فروردین
۱	بیست و یکم فروردین

فرض کنید که جریان امر به صورتی گذشته است که روز ۲۱ فروردین يك اتم داشته باشیم. اکنون باید دید که برسر این يك اتم چه خواهد آمد؟ آمار نمی تواند به درستی به این پرسش پاسخ گوید ولی می تواند احتمالاتی را که وجود دارند پیشگویی کند. مثلاً احتمال این که «اتم X» منحصر به فرد يك روز یا کمتر باقی بماند و در ظهر روز ۲۲ فروردین تجزیه شود، برابر است. احتمال این که ظهر ۲۳ فروردین تجزیه شود ۲ بریک است و این احتمال برای ظهر ۲۴ فروردین ۴ بریک است و احتمال این که ظهر یازدهم اردیبهشت تجزیه شود متجاوز از يك میلیون بریک است.

پس به درستی می توان گفت که اگر ظهر اول فروردین بیش از يك میلیون اتم می داشتید، احتمالاً در ظرف يك ماه یا به احتمال مقرون به یقین بعد از شش هفته همه اتمها تجزیه می شدند.

اتفاقاً مسئله مهمی که نباید از نظر دور بماند این است که يك میلیون «اتم X» چه باهم باشند چه جدا از هم، یعنی تك تك در تمام زمین پراکنده باشند نتیجه یکسان خواهد بود.

اما اگر تعداد اتمهای اولیه بیش از ۱۰۴۸۵۷۶ باشد چه؟ این بار مثال را درباره حداکثر اتم ممکن در نظر می گیریم. قریب ۱۰^{۵۰} اتم در تمام کره زمین وجود دارد. (عدد ۱۰^{۵۰} مختصر شده عددی است که از يك ۱ و ۵۰ صفر در سمت راستش مرکب است به عبارت دیگر ۱۰^{۵۰} یعنی صد تریلیون، تریلیون تریلیون تریلیون).

فرض ما این است که همه کره زمین منحصرأً از «اتم X» ساخته شده باشد. این اتمها تا چه مدت تجزیه نشده باقی خواهند ماند؟

پاسخ این سؤال: ۵ ماه و نیم است.

بدیهی است که ما خود را به زمین محدود نمی‌کنیم. تعداد اتمهایی که در تمام جهان هست (از جمله خورشید و ماه و سیارات و ثوابت و کهکشان‌ها و ذرات و گازهای بین ستارگان) به 10^{25} تخمین زده می‌شود. اگر همه اتمهای جهان از «اتم X» بودند بعد از هشت ماه و نیم همه آنها تجزیه می‌شدند.

چنانکه می‌بینید اکنون می‌توانیم مسئله را به صورت جامعی بیان کنیم. هنگامی که جهان به وجود آمد، تعدادی «اتم X» وجود داشت. به این حساب مسئله باقی ماندن شماره آنها مطرح نیست. زیرا حتی یکی از «اتمهای اولیه X» تا امروز باقی نمانده است.

اما بعضی از اتمهای رادیو اکتیو (اتمهای ناپایدار) امروزه وجود دارند. اگر اتم رادیو اکتیو دیگری نمی‌شناسید حتماً نام اورانیوم را شنیده‌اید. مسئله‌ای که مطرح است آن است که اتمهای رادیو اکتیو، که در موقع به وجود آمدن جهان ساخته شده‌اند، تحت چه شرایطی هنوز هم باقی مانده‌اند.

یکی از راههایی که اتمهای رادیو اکتیو را می‌تواند به مدت دراز باقی گذارد سرعت کم تجزیه شدن آنها یا به

عبارت دیگر «نیمه عمر» درازتر آنهاست.

برای آنکه تصویری از تأثیر «نیمه عمر» در بقای اتمها در ذهن شما ایجاد شود به جدول شماره ۲ مراجعه کنید. این جدول نشان می‌دهد که اگر مدت «نیمه عمر» دراز باشد، اتمها به مدتی دلخواه تجزیه نشده باقی خواهند ماند.

دانشمندان فیزیک نجومی براساس قرائن موجود چنین معتقدند که در حدود چهار یا پنج میلیارد سال پیش نوعی انفجار کیهانی به وقوع پیوسته و طی آن اتمهایی که امروزه می‌شناسیم به وجود آمده‌اند. برای آنکه عدد درستی از آغاز جهان داشته باشیم، سن جهان را پنج میلیارد سال به حساب می‌آوریم.

در جهان پنج میلیارد ساله، اتمهایی نیز که «نیمه عمر» هزارها ساله دارند (درازترین «نیمه عمر» جدول شماره ۲) نمی‌توانند تا به امروز باقی مانده باشند، تعدادشان هرچه بوده باشد. واقع امر این است که اگر جدول شماره ۲ را با «نیمه عمر» درازتر ادامه می‌دادیم برای آنکه يك اتم فقط، از همه اتمهای پنج میلیارد سال پیش، تجزیه نشده تا امروز باقی مانده باشد «نیمه عمر» آن اتم بایستی ۲۰ میلیون سال بوده باشد.

این برای همه اتمهای جهان است. و این همه اتم رادیو آکتیو در آغاز نمی‌توانسته است موجود باشد. در واقع همه اتمهای جهان پایدارند. به احتمال بسیار کم، از هر يك میلیارد اتم اولیه یکی ناپایدار بوده است (یعنی بعد از آنکه جهان خلق شد و اتمهای کوتاه عمری

جدول شماره ۲

همه اتم‌های جهان این مدت باقی خواهند ماند	اگر «نیمه عمر» یک اتم این مقدار باشد
۴ دقیقه	یک ثانیه
۴ ساعت	یک دقیقه
۱۰ روز	یک ساعت
۸ ماه	یک روز
۵ سال	یک هفته
۲۰ سال	یک ماه
۲۵۰ سال	یک سال
۲۵۰۰ سال	ده سال
۲۵۰۰۰ سال	یک قرن
۲۵۰۰۰۰ سال	هزار سال

مانند «اتم X» تجزیه شدند). اگر خود را به این نسبت محدود سازیم، برای آنکه یک اتم ناپایدار تا امروز باقی مانده باشد، نیمه عمرش بایستی حداقل ششصد میلیون سال باشد.

اگر «نیمه عمر» از ششصد میلیون سال بیشتر است یا اگر از این مدت خیلی بیشتر است، بعضی از اتمها می‌توانستند تا امروز باقی مانده باشند. این پاسخ سؤالی است که در آغاز مطرح کرده‌ام.

تعداد کمی از اتمهای رادیو آکتیو «نیمه عمری» به این درازی دارند ولی به هر حال بعضی دارای چنین

نیمه عمری هستند. بهترین مثال همان اورانیوم است. اورانیوم از دو نوع مرکب است: اورانیوم - ۲۳۸ و اورانیوم - ۲۳۵. اورانیوم - ۲۳۸ بیشتر از نوع دیگر است. از هر هزار اتم اورانیوم ۹۹۳ اتم اورانیوم - ۲۳۸ و هفت اتم اورانیوم - ۲۳۵ است.

اورانیوم - ۲۳۸ «نیمه عمر» بی نهایت زیاد دارد یعنی چهار میلیارد و نیم سال. اورانیوم - ۲۳۵ «نیمه عمر» کوتاهتر دارد (به راستی کوتاه نیست.) و آن اندکی بیش از هفتصد میلیون سال است.

سه نوع اتم فراوان دیگر نیز هست (و عدد زیادی که فراوان نیستند و نامی از آنها نخواهیم برد) که در رده اتمهای اورانیومند. یکی از آنها توریوم است که فقط از يك نوع اتم مرکب است و آن توریوم - ۲۳۲ است و «نیمه عمرش» از اورانیوم - ۲۳۸ هم بیشتر است. نیمه عمر توریوم - ۲۳۲ چهارده میلیارد سال است. دومی نوعی پتاسیم است. پتاسیم یکی از فراوانترین عنصرهای قشر زمین است و از اورانیوم و توریوم هم فراوانتر است و از دو نوع اتم ساخته شده است: پتاسیم - ۳۹ و پتاسیم - ۴۱. هر دو نوع پتاسیم پایدارند. از هر ده هزار اتم پتاسیم، يك اتم پتاسیم نوع سوم هست که آن پتاسیم - ۴۰ است و این نوع پتاسیم رادیو آکتیو است. و «نیمه عمر» پتاسیم - ۴۰ در حدود $\frac{1}{5}$ میلیارد سال است.

سومی اتم روبیدیوم است. این عنصر بسیار شبیه پتاسیم است ولی بی نهایت کمتر از آن است. متجاوز از

ربع اتمهای روبیدیوم رادیو آکتیو است و نامش روبیدیوم - ۸۷ است. این اتم «نیمه‌عمری» درازتر از اتمهایی دارد که تاکنون نام برده‌ام. نیمه‌عمر روبیدیوم - ۸۷ شصت و دو میلیارد سال است.

از آنجا که «نیمه‌عمر» این ۵ قسم اتم را می‌دانیم و چون رقمی هم برای عمر جهان در دست داریم، محاسبهٔ صد چندی (PERCENTAGE) مقدار اولیه هر اتم موجود امروزی امکان‌پذیر می‌شود. نتیجه محاسبه در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

طبیعی است که هرچه «نیمه‌عمر» کوتاه‌تر باشد صد چندی اتم باقی‌ماندهٔ امروزی کمتر است. اورانیوم - ۲۳۵ که «نیمه‌عمرش» نزدیک حداقل ممکن برای بقای اتم است، در شرف نابودی است. پنج میلیارد سال پیش از هر هزار اتم اورانیوم، ۲۸۰ اتم از نوع ۲۳۵ بود. در حال حاضر فقط هفت اتم از هر هزار اتم اورانیوم - ۲۳۵ است.

پنج نوع اتم نامبرده تقریباً شامل همهٔ اتمهای رادیو آکتیو طبیعی قشر زمین هستند. (قشر زمین بخشی از کرهٔ زمین به ضخامت ۱۶ کیلومتر است که خارجی‌ترین لایهٔ جامد آن است).

در جدول شمارهٔ ۴ آخرین اطلاعاتی را نشان داده‌ام که توانسته‌ام دربارهٔ حصول اتمهای پتاسیم و روبیدیوم و توریوم و اورانیوم در قشر زمین به دست آورم. توجه

جدول شماره ۳

از هر هزار اتم اولیه امروزه این مقدار وجود دارد	نیمه عمر	نام اتم
۹۵۰	۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۶۲ سال	روبییدیوم - ۸۷
۸۰۰	» ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۱۴	توریوم - ۲۳۲
۵۴۰	» ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۴	اورانیوم - ۲۳۸
۵۶	» ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۱۲	پتاسیم - ۴۰
۸	» ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۷۱۰	اورانیوم - ۲۳۵

کنید که پتاسیم از همه این عناصر فراوانتر است ولی مقدار پتاسیم - ۴۰ موجود در آن به قدری کم است که از روبیدیوم - ۸۷ هم کمتر است. صدچندی اتم اخیر از میان عناصر کمیاب زیادتر است.

اما دانستن مقدار هر اتم همه داستان نیست. مقدار اتم روبیدیوم - ۸۷ چهار و نیم برابر مقدار اتم اورانیوم - ۲۳۸ در قشر جامد زمین است. بسیار خوب، اما تجزیه اتمهای اورانیوم - ۲۳۸ چهارده برابر سریعتر از تجزیه اتمهای روبیدیوم - ۸۷ صورت میگیرد و از این گذشته روبیدیوم - ۸۷ فقط يك ذره از دست می دهد و پایدار می شود و حال آنکه اورانیوم - ۲۳۸ برای پایدار شدن کمتر از چهارده ذره از دست نمی دهد. به این دو دلیل ذرات «زیر اتمی» که در قشر زمین صادر می شوند قسمت اعظم از اورانیوم - ۲۳۸

است و کمتر از روبیدیوم - ۸۷.

با در نظر گرفتن سرعت تجزیه و ذراتی که در حین تجزیه صادر می‌شوند می‌توان جدول شماره ۵ را ترتیب داد. ذرات را می‌توان به دو دسته عمده تقسیم کرد: «ذرات آلفا» (که بالنسبه سنگین هستند) و «ذرات بتا» (که بالنسبه سبک‌اند) در جدول ۵ ارقام هر دو نوع ذره نشان داده شده است.

جدول شماره ۴

نام عنصر	از هر یک میلیارد اتم قشر زمین این مقدار اتم این عنصر هست	نوع اتم	از هر میلیارد اتم قشر زمین این مقدار اتم این عنصر هست
پتاسیم	۱۳/۴۰۰/۰۰۰	پتاسیم - ۴۰	۱/۶۰۰
روبییدیوم	۶۶/۰۰۰	روبییدیوم - ۸۷	۱/۸۰۰
توریوم	۱/۰۰۰	توریوم - ۲۳۲	۱/۰۰۰
اورانیوم	۳۲۰	اورانیوم - ۲۳۵	۲

اکنون از طریق دیگر به رادیو آکتیوی زمین می‌نگریم. در قشر زمین قریب ۶×10^{۴۷} اتم هست (یعنی عدد شش با ۴۷ صفر در سمت راست آن) و از این مقدار قریب ۳×10^{۴۲} اتم از ۵ نوع عنصر رادیو آکتیونند. اگر همه اتمهای رادیو آکتیو تمام قشر زمین را در نظر بگیریم، تعداد کلی ذرات «زیر اتمی» صادر از هسته آنها در هر ثانیه بالغ بر ۲×10^{۲۴} (یا دو تریلیون تریلیون) خواهد بود!

بی شک این عدد بزرگتر از آن است که به تصور آید، پس آن را به صورت مناسبتری کوچک می کنیم. فرض کنید که رادیو آکتیوی قشر زمین به صورتی یکنواخت توزیع شده باشد (که مسلماً نیست) و نیز فرض کنید که دو پنجم هکتار (1 Acre) زمین دارید. سه مترخاک قسمت

جدول شماره ۵

از هر هزار ذره ای که بوسیله تجزیه رادیو آکتیوی حاصل می شود		اتم
تعداد ذرات بتای صادر	تعداد ذرات آلفای صادر	
۱۸۵	—	پتاسیم - ۴۰
۱۲	—	روبییدیوم - ۸۷
۱۳۵	۱۹۵	توریوم - ۲۳۲
۱۹۰	۲۷۰	اورانیوم - ۲۳۸
۵	۸	اورانیوم - ۲۳۵

سطحی زمین شما ۳۸۰۰۰ تن وزن خواهد داشت و در آنجا $\frac{۲}{۳}$ میلیارد ذره از طریق تجزیه اتمهای رادیو آکتیو در هر ثانیه صادر خواهد شد.

آیا عدد هنوز بزرگ می نماید؟ بسیار خوب يك متر مکعب از خاک را در نظر بگیرید (قریب ۷۷ کیلوگرم وزن دارد). اگر این مقدار خاک حاوی سهمیه کم عنصرهای رادیو آکتیو خود باشد، به میزان - ۵۰۰۰۰ ذره در هر ثانیه صادر خواهد کرد.



گرچه همهٔ اورانیوم - ۲۳۵ از میان رفته است اما اتمهای دارای «نیمه‌عمر» کوتاه‌تر هنوز در زمین وجود دارند. مثلاً رادیوم. نوعی از این عنصر که «نیمه‌عمر» درازتر از سایر انواع دارد رادیوم - ۲۲۶ است که «نیمه‌عمرش» فقط ۱۶۲۲ سال است. این «نیمه‌عمر» بسیار کمتر از ششصد میلیون سالی است که به عنوان حداقل لازم برای بقا قبلاً بیان داشته‌ام، و حال آنکه رادیوم در حال حاضر موجود است.

اگر این موضوع با آنچه بیان گردید در نظر اول مغایر می‌نماید، به خاطر آورید که فرض کرده بودم که همهٔ اتمها فقط در موقع پیدایش جهان به وجود آمده‌اند. بدیهی است هر اتم رادیومی که در آن موقع به وجود آمده بود، مدت‌ها پیش از میان رفته‌است. اما چرا نباید فرض کنیم که از آغاز پیدایش جهان به بعد اتمهای رادیوم به وجود نیامده‌اند؟ و چرا نباید فرض کنیم که در حال حاضر نیز اتمهای رادیوم در حال به وجود آمدن هستند؟ واقع امر این است که اتمهای رادیو اکتیو می‌توانند به وجود آیند و مرتباً در حال به وجود آمدنند. یکی از راههای طبیعی تولید مقدار زیاد اتمهای ناپایدار تأثیر اشعهٔ کیهانی است. اشعهٔ کیهانی شامل ذرات - «زیر اتمی» پرسرعت است که از خارج زمین منشأ می‌گیرند و پراثرژی‌ترین ذراتی هستند که شناخته شده‌اند. زمین در هر ثانیه روز و شب زیر بمباران مداوم این ذرات

است. ذرات اشعه کیهانی به درون اتمسفر زمین نفوذ می کنند و وقتی با بعضی از اتمهای اتمسفر تصادم می کنند، موجب متلاشی شدن آنها می شوند.

یکی از جالبترین تغییراتی که صورت می گیرد تبدیل بعضی از اتمهای نیتروژن به نوعی کربن ناپایدار به نام کربن - ۱۴ است. کربن - ۱۴ «نیمه عمری» معادل ۵۵۷۰ سال دارد ولی اتمهایی از کربنهای - ۱۴ نو که به وسیله اشعه کیهانی به وجود می آید جبران کربنهای تجزیه شده را می کند و از میان مولکولهای انیدرید کربنیک اتمسفر از هر يك تريليون يك اتم کربن - ۱۴ است.

ولی اشعه کیهانی با اورانیوم سروکار ندارد. برای آنکه دانسته شود اورانیوم چگونه به وجود می آید بار دیگر به اتمهای رادیو آکتیو دارای عمر دراز باز می گردیم: اورانیوم - ۲۳۸، اورانیوم - ۲۳۵، توریوم - ۲۳۲، روبیدیوم - ۸۷ و پتاسیم - ۴۰.

روبییدیوم - ۸۷ و پتاسیم - ۴۰ به سادگی تجزیه می شوند. هر يك از این اتمها يك ذره بتا صادر می کند و کارش به پایان می رسد. روبیدیوم - ۸۷ پس از صادر کردن يك ذره بتا به استرونیوم - ۸۷ تبدیل می شود که عنصر پایدار است. پتاسیم - ۴۰ پس از صادر کردن يك ذره بتا به کلسیم - ۴۰ تبدیل می گردد که عنصر پایدار است. تجزیه این دو عنصر بدین صورت پایان می یابد.

ولی تجزیه اورانیوم - ۲۳۸ و اورانیوم - ۲۳۵ و

توریوم - ۲۳۲ از این پیچیده‌تر است و در این پیچیدگی است که ما باید مشکل خود را حل کنیم.

مثلاً اورانیوم - ۲۳۸ را در نظر می‌گیریم. تجزیه‌اش با صادر کردن يك ذره آلفا صورت می‌گیرد. پس از این تجزیه به توریوم - ۲۳۴ تبدیل می‌شود. که خود عنصری ناپایدار است. اما «نیمه عمرش» کوتاه‌تر از «نیمه عمر» اورانیوم - ۲۳۸ و معادل ۲۳ روز است. اتم توریوم - ۲۳۴ با صادر کردن يك ذره بتا به اتم پروتاکتینیوم تبدیل می‌شود اما این اتم نیز ناپایدار است و «نیمه عمرش» کمتر از هفت ساعت است. پروتاکتینیوم - ۲۳۴ تجزیه می‌شود و اتم ناپایدار دیگری می‌دهد. آن اتم هم به نوبه خود تجزیه می‌گردد. بر روی هم اورانیوم - ۲۳۸ پیش از آنکه به سرب - ۲۰۶ (اتم پایدار) تبدیل شود و در آن حال باقی ماند ۱۶ قسم اتم به وجود می‌آورد.

اورانیوم - ۲۳۵ نیز فرایند (Process) مشابهی را طی می‌کند ولی پیش از آنکه به سرب - ۲۰۷ که اتم پایداری است، تبدیل گردد ۱۳ قسم اتم به وجود می‌آورد. توریوم - ۲۳۲ پیش از آنکه به سرب - ۲۰۸، که اتم پایداری است، تبدیل گردد به ۱۱ قسم اتم تجزیه می‌شود. اتمهای مختلفی که از تجزیه سه اتم فوق به وجود می‌آیند در هیچ مرحله‌ای به هم شبیه نیستند و هر قسم اتمی که در یکی از سریها به وجود می‌آید در دوسری دیگر ظاهر نمی‌شود. به عبارت دیگر از تجزیه اورانیوم - ۲۳۸ و اورانیوم - ۲۳۵ و توریوم - ۲۳۲ مجموعاً چهل قسم

اتم رادیو آکتیو به وجود می آید.
 همهٔ چهل قسم اتم حاصل از تجزیهٔ سه نوع اتم نامبرده پیوسته در حال تجزیه اند و نیز پیوسته به وجود می آیند. پس هرچهل قسم اتم از وقتی که اورانیوم و توریوم روی زمین بوده اند وجود داشته اند و تا وقتی که این دو عنصر موجودند آنها نیز وجود خواهند داشت. یکی از شانزده اتمی که از تجزیهٔ اورانیوم - ۲۳۸ حاصل می گردد، رادیوم - ۲۲۶ است و به همین جهت است که رادیوم - ۲۲۶ هنوز روی زمین هست و تا وقتی وجود خواهد داشت که انسان همه اورانیوم موجود در زمین را در دستگاه های تولید نیروی هسته ای به کار برد.

سؤال بعد این است که چه مقدار از این اتم های رادیو آکتیو کوتاه عمر حاصل از تجزیهٔ اورانیوم و توریوم در زمین وجود دارد. به طوری که معلوم شد نسبت میان اتم «زاینده» و اتم «زاییده» همان نسبت «نیمه عمر» است.

اکنون به بررسی يك مورد واقعی می پردازیم. اورانیوم - ۲۳۸ «نیمه عمری» معادل $4\frac{1}{4}$ میلیارد سال دارد. توریوم - ۲۳۴ که نخستین اتم «زاییده» آن است نیمه عمرش ۲۴ روز است. بنابراین نیمه عمر اورانیوم - ۲۳۸ شصت و هشت میلیارد برابر نیمه عمر توریوم - ۲۳۴ است. بنابراین به ازای هر اتم توریوم - ۲۳۴ موجود در زمین شصت و هشت میلیارد اتم اورانیوم -

۲۳۸ وجود دارد. واقع امر درست به صورتی است که بیان گردید.

گاهی اتفاق می‌افتد که اتمی رادیو آکتیو به دو روش متفاوت تجزیه می‌شود. مثلاً اتم رادیو آکتیو بیسموت - ۲۱۲ (که یکی از «زاییدگان» توریوم - ۲۳۲ است) ممکن است يك ذرهٔ الفا صادر کند و به تالیوم - ۲۰۸ تبدیل شود یا آنکه يك ذرهٔ بتا صادر کند و به پولونیوم - ۲۱۲ تبدیل گردد. به ازای هر سه اتم بیسموت - ۲۱۲ که تجزیه می‌شود يك اتم پولونیوم - ۲۱۲ و دو اتم تالیوم - ۲۰۸ تولید می‌گردد. هر وقت که چنین «انشعابی» در تجزیه حاصل می‌شود باید در موقع محاسبه مقادیر اتمهای «زاییده» در نظر گرفته شود.

هنگامی که مقدار کل اتمهای «زاییده» محاسبه می‌شود، مقدار بسیاری از آنها بالنسبه کم به دست می‌آید. اما هر يك از سه اتم «زاینده» یعنی اورانیوم - ۲۳۸ و اورانیوم - ۲۳۵ و توریوم - ۲۳۲ دست کم دو «اولاد» دارد که فراوانند و دست کم به نسبت يك اتم به ازای هر يك میلیارد اتم والد موجودند. این اتمهای «اولاد» در جدول شماره ۶ نشان داده شده‌اند.

چنانکه می‌بینید اورانیوم - ۲۳۴ عمری درازتر از سایر «زاییدگان» دارد. و عمرش به قدری طولانی است (نیمه عمرش يك ربع میلیون سال است) که به جمع اتمهای اورانیوم - ۲۳۸ اضافه می‌شود و به حدی می‌رسد که به ازای ۱۸۰۰۰ اتم اورانیوم - ۲۳۸ يك اتم اورانیوم - ۲۳۴ موجود می‌گردد. به عبارت دیگر يك اتم

اورانیوم - ۲۳۴ در برابر هر ۱۳۰ اتم دراز عمرتر
اورانیوم - ۲۳۵ هست.

چنانکه قبلا اشاره کرده‌ام تعداد کل اتمهای قشر
جامد زمین ۶×۱۰^{۴۷} است. از روی این تعداد و از روی
اطلاعاتی که قبلا داده شده است می‌توانیم تعداد کل

جدول شماره ۶

اتم	نیمه عمر	به ازای هرده میلیارد اتم اورانیوم - ۲۳۸ این مقدار اتم هست
اورانیوم - ۲۳۴	۲۴۸۰۰۰ سال	۵۵۰۰۰۰ اتم
توریوم - ۲۳۰	۸۰۰۰۰۰ »	۱۷۵۰۰۰۰ »
رادیوم - ۲۷۶	۱۶۲۲ »	۳۶۲۰ »
سرب - ۲۱۰	۲۲ »	۴۹ »
پروتاکتینیوم - ۲۳۱	۳۴۰۰۰ سال	۴۸۵۰۰۰ اتم
اکتینیوم - ۲۲۷	۲۲ »	۳۱۰ »
رادیوم - ۲۲۸	۸۰ ماه	۵ اتم
توریوم - ۲۲۸	۲۰ »	۱/۵ »

اتمهای اورانیوم - ۲۳۸ و اورانیوم - ۲۳۵ و توریوم - ۲۳۲ را حساب کنیم و تعداد اتمهای موجود از هر يك از «زاییدگان» را تعیین نماییم. از این گذشته بادر دست داشتن تعداد اتمهای هر ماده می‌توان وزن نسبی آن را محاسبه کرد. این اوزان در جدول شماره ۷ نشان داده شده‌اند.

چنانکه در جدول شماره ۷ می‌بینید، معلوم می‌شود که طی تجزیه طبیعی رادیو اکتیوی اورانیوم - ۲۳۸، اندوخته رادیوم - ۲۲۶ قشر جامد زمین متجاوز از ۲۸ میلیون تن می‌شود. یک تن رادیوم - ۲۲۶ (به فرض اینکه ۵ برابر از آب متراکمتر باشد) قریب ۱۸۴ / ۰ متر مکعب

جدول شماره ۷

اتم	مقدار موجود در قشر زمین
توریوم - ۲۳۲	۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۲۲۵ تن
اورانیوم - ۲۳۸	۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۸۳
اورانیوم - ۲۳۵	۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۵۷۵
اورانیوم - ۲۳۴	۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۴۳
توریوم - ۲۳۰	۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۱۴
رادیوم - ۲۲۶	۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۲۸
پروتاکتینیوم - ۲۳۱	۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰۰ ر ۱۰
سرب - ۲۱۰	۰۰۰۰۰ ر ۵۴۵
رادیوم - ۲۲۸	۰۰۰۰۰ ر ۱۲۶
توریوم - ۲۲۸	۰۰۰۰۰ ر ۳۹
اکتینیوم - ۲۲۷	۰۰۰۰۰ ر ۶

جا می‌گیرد. بنابراین مقدار رادیوم قشر جامد زمین ۰۰۰ ر ۲۳۰ متر مکعب خواهد شد. اگر این مقدار اورانیوم را فقط در جزیره مانهاتان بگسترانند (وسعت این جزیره ۵۶ کیلو متر مربع است) ضخامت آن ۸۹ میلیمتر خواهد شد.

مسلم است که مقدار رادیومی که در دسترس آدمی است از این مقدار بسیار کمتر است. مافقط قادر به حفر لایه‌های سطحی قشر زمین و آن هم در قاره‌ها هستیم. پس حداکثر يك يادو درصد قشر جامد زمین در دسترس ماست و در این مقدار نیز اورانیوم - ۲۲۶ به قدری کم تراکم است که جمع‌آوری يك گرم از آن، به‌کوشش خارق‌العاده نیازمند است.

در جدول شماره ۷ اتمهای درازعمر و سن «زاییدگان» نسبتاً درازعمر آنها را نشان داده‌ام. وزن این اتمهای موجود در قشر زمین دست کم هزارها تن است، ولی ۳۱ قسم اتم «زاییده» وجود دارد که در جدول شماره ۷ نام برده نشده‌اند. پس درباره آنها چه؟ برای رسیدن به‌سوی دیگر مسئله نام «زاییدگان» را که عمر بسیار کوتاه دارند در جدول شماره هشت می‌آورم.

نیمه عمر بعضی از این اتمها به‌قدری کوتاه است که ثانیه برای بیان مدت آن بسیار بزرگ است. مناسبترین واحدها میلیونیم ثانیه است. مثلاً نیمه‌عمر

آستاتین - ۲۱۵ صد میلیونیم ثانیه است حتی میلیونیم ثانیه هم برای بعضی عنصرها کوچک نیست چنان که نیمه عمر پولونیوم - ۲۱۲ فقط ثلث میلیونم ثانیه است. تازه نیمه عمر این عنصر کمترین مقدار نیست. کوتاه بودن نیمه عمر تنها چیزی نیست که اتمهای جدول هشتم را نادر ساخته است بلکه بیشتر آنها از

جدول شماره ۸

اتم	نیمه عمر
فرانسیوم - ۲۲۳	۲۰ دقیقه
تاتیوم - ۲۰۶	۴/۲ دقیقه
آستاتین - ۲۱۸	۲ ثانیه
پولونیوم - ۲۱۶	۰/۱۶ ثانیه
پولونیوم - ۲۱۱	۰/۰۰۵ ثانیه (یا ۵ هزار میلیونیم ثانیه)
پولونیوم - ۲۱۵	۰/۰۰۱۸ ثانیه (یا ۱۸۰۰ میلیونیم ثانیه)
آستاتین - ۲۱۶	۰/۰۰۰۳ ثانیه (یا ۳۰۰ میلیونیم ثانیه)
پولونیوم - ۲۱۴	۰/۰۰۰۱۵ ثانیه (یا ۱۵۰ میلیونیم ثانیه)
آستاتین - ۲۱۵	۰/۰۰۰۱۰ ثانیه (یا ۱۰۰ میلیونیم ثانیه)
پولونیوم - ۲۱۲	۰/۰۰۰۰۰۰۰۳ ثانیه (یا ۰/۳ میلیونیم ثانیه)

انشعابات حاصل در تجزیه اتمهای زاینده خود به وجود آمده‌اند و عموماً در شاخه کوتاه‌این انشعابات جای دارند. مثلاً تالیوم - ۲۰۶ از تجزیه بیسموت - ۲۱۰ حاصل می‌شود، ولی بیسموت ۲۱۰ نیز تجزیه می‌شود تا پولونیوم - ۲۱۰ به وجود آورد. ولی از هر ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ بیسموت - ۲۱۰ که تجزیه می‌گردد ۹۹۹۹۹۹۹۹ عدد به پولونیوم - ۲۱۰ و فقط یکی به تالیوم - ۲۰۶ تبدیل می‌گردد.

اگر نیمه‌عمر کوتاه به حساب آورده شود و نیز هر نوع تغییر کوتاهی که اتمهای مختلف طی تجزیه انشعابی متحمل می‌شوند محاسبه گردند، می‌توان وزن هر نوع اتم‌قشر زمین را محاسبه کرد. این کاری است که در

جدول شماره ۹

گرم	۲۸۳/۵	فرانسیوم - ۲۲۳
»	۷۹/۳۸	پولونیوم - ۲۱۶
»	۰/۳۹۶۹	آستاتین - ۲۱۸
»	۰/۰۹۰۷۲	پولونیوم - ۲۱۱
»	۰/۰۷۳۷۱	پولونیوم - ۲۱۴
»	۰/۰۳۶۸۵۵	پولونیوم - ۲۱۵
»	۰/۰۱۱۶۲۳۵	تالیوم - ۲۰۶
»	۰/۰۰۰۱۲۷۵۷۵	پولونیوم - ۲۱۲
»	۰/۰۰۰۰۲۰۶۹۵۵	آستاتین - ۲۱۶
»	۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۹۰۷۲	آستاتین - ۲۱۵

جدول شماره ۹ انجام گرفته است.

چنان که می‌بینید مسئله تن در میان نیست و جز برای دو نوع اتم مسئله گرم هم در بین نیست بلکه همه‌اش صحبت از اجزای گرم است. آستاتین - ۲۱۵ از همه بدتر است. زیرا نه تنها نیمه عمرش بسیار کوتاه است (۱۰۰ میلیونیم ثانیه) بلکه از اورانیوم - ۲۳۵، که از سه «زاینده» از همه کمیابتر است نتیجه می‌شود. آستاتین - ۲۱۵ در انتهای کوتاه انشعابی از میان ۲۰۰۰ ر ۲۰۰۰ انشعاب حاصل از تجزیه است. حاصل آنکه در تمام قشر زمین کمتر از ده میلیاردیم گرم آستاتین - ۲۱۵ هست. اگر همه آنها در يك نقطه جمع می‌شدند، باز با چشم غیر مسلح دیدنی نبودند.

بار دیگر به دو پنجم هکتار زمینی که سه متر عمق دارد و در اوایل فصل از آن یاد کرده‌ام باز می‌گردیم. این مقدار خاک در حدود $۱۰^{۲۳}$ (یعنی يك میلیارد تریلیون تریلیون) اتم خواهد داشت. اگر همه اتمهای قشر زمین یکنواخت پراکنده بود در زمین $\frac{۲}{۵}$ هکتاری خود ۳۰۰ تریلیون تریلیون اتم اورانیوم و يك تریلیون تریلیون اتم طلا پیدا می‌کردید (درست است طلا از اورانیوم کمیابتر است). نیز اندکی بیش از يك میلیارد اتم فرانسیم می‌یافتید.

ولی احتمال به دست آوردن يك دانه اتم آستاتین -

۲۱۵ تنها ۱ بر ۳۰ بود.

فصل دوم

انفجارات دورن ما

صحبت از اتمهای رادیوآکتیو موجود در خاک، چنان که در فصل پیش اشاره کرده‌ام، به جای خود خوب است و مسئله انفجارهایی اتمی که پیوسته در سنگها و خاک صورت می‌گیرد، نیز امری است که همواره در حال وقوع است، اما گیاهان درخاک رشد می‌کنند و حیوانات از گیاهان تغذیه می‌کنند. آیا امکان دارد که اتمهای رادیو آکتیو به بافت‌های زنده و حتی به بدن ما راه یابند؟ نه تنها ممکن است بلکه حتمی است.

به طور کلی بافت زنده از همان عنصرهایی ساخته شده که بیشتر در محیط زندگی آن وجود دارد ولی استثنائاتی هم هست. بدین معنی که بعضی از عنصرهای فراوان نقشی در دستگاه حیاتی ایفا نمی‌کنند. مثلاً سیلیسیوم که از نظر وفور در درجه دوم است و آلومینیوم که درجه سوم است در بدن نیست. از سوی دیگر مقدار بسیار کمی از عنصرهای نسبتاً نادر در بدن

وجود دارد.

برای تعیین ماهیت رادیو آکتیوی بدن انسان نمی‌توانیم از ارقامی که در ترکیب خاک هست استفاده کنیم، بلکه باید ترکیب شیمیایی بافت زنده را بشناسیم. بنابراین کار را با ذکر اسامی عنصرهایی که در بافت زنده وجود دارند آغاز می‌کنیم و مقدار هر یک را به درست‌ترین صورتی که می‌توانیم بیابیم یا محاسبه کنیم، نشان می‌دهیم. جدول شماره ۱۰ این عنصرها را نشان می‌دهد.

می‌توانیم سایر عنصرها را از نظر دور بداریم، بدیهی است که عنصرهای دیگری هم در بافت زنده وجود دارند. برای به دست آوردن عنصرها چاره‌ای جز خوردن آنها به صورت غذا نداریم و عنصرهایی چون سیلیسیوم و آلومینیوم را از این طریق وارد روده خود می‌سازیم، حتی مقداری هم جذب می‌شود.

واقع امر این است که اگر بدن ما را اتم به اتم مورد بررسی قرار دهیم، احتمالاً از هر نوع اتمی که در خاک و اقیانوس و هوای کره زمین هست دست کم یک اتم خواهیم یافت. ولی اطلاعات ما درباره تراکم این عنصرهای «اتفاقی» در بدن هنوز بسیار ناقص است. به خاطر ادامه بحث از آنها صحبتی به میان نمی‌آوریم. ممکن است کمی تعداد اتمهای ته جدول، که به ازای هر میلیارد اتم بدن چند اتم ناچیز از آنها در بدن هست، موجب شگفتی شما شود. این عنصرها را به سبب کمیابی به نام «عنصرهای کمیاب» می‌خوانند. در این که بدن به

جدول شماره ۱۰

تعداد اتم‌ها به‌ازای يك ميليارد اتم بدن	عنصر
۶۳۰۰۰۰۰۰۰۰	ثيدروژن
۲۵۵۰۰۰۰۰۰۰۰	اكسيژن
۹۴۰۰۰۰۰۰۰۰۰	كربن
۱۳۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	نيتروژن
۳۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	كلسيم
۲۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	فسفر
۵۷۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	پتاسيم
۴۹۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	گوگرد
۴۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	سدیم
۲۶۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	كلر
۱۳۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	منيزيوم
۳۸۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	آهن
۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	روی
۱۷۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	منگنز
۱۷۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	مس
۱۲۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰	فلوئور
۲۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	يد
۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	موليبدنوم
۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	كبات

راستی نیازمند آنها هست، شکی نیست. به استثنای فلوئور همه آنها کاملاً برای حیات آدمی لازمند و فلوئور هم برای تندرستی دندانها لازم است.

آیا به نظرتان عجیب نمی آید که بدن بامقداری بدین کمی سر می کند ولی قادر نیست بدون آن به فعالیت خود ادامه دهد؟ تفاوت میان پنج اتم در هر میلیارد اتم با هیچ اتم در هر میلیارد به نظر بسیار کم می آید.

بسیار خوب، جریان به صورتی است که شما بدان می نگرید. فرض کنید که اتمهای موجود را بشمریم.

ابتدا از آدمی که وزنش به طور متوسط ۶۸ کیلو گرم است آغاز می کنیم. قسمت اعظم بدن آدمی، «نه همه آن»، از سلولهای میکروسکوپی ساخته شده است که هر یک به منزله کارخانه‌ای شیمیایی در بدن است. بخش «نه همه آن» شامل این چیزهاست: در خون و در فاصله میان سلولهای بدن در حدود ۶۳/۱۳ کیلو گرم مایع وجود دارد (که بیشتر آن آب است) که جزء هیچ سلولی نیست و معروف به «آب میان بافتی» است. در استخوان و دندان قریب ۸۱/۶ کیلو گرم ماده کانی هست که در خارج سلولهاست. پس وزن سلولهای بدن خواهد شد ۵۶/۴۷ کیلو گرم.

سلولهای متوسط جگر هر یک ۲۵/۰۲ میلیاردم گرم وزن دارد. این مقدار را وزن متوسط سلول حساب می کنیم. بنابراین در حدود ۲۵ تریلیون

(۲۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰) سلول در بدن هست.

موادی که در بیرون سلولها وجود دارند دارای

همان عنصرها و همان نسبت‌هایی نیستند که درون سلولها موجودند. مثلاً آب میان بافتی سدیم بیشتر و پتاسیم کمتر از مواد درون سلول دارد. مواد کانی استخوانها کلسیم و فسفر بیشتر ولی کربن و نیتروژن کمتر از مواد درون سلول دارند.

از این گذشته میان سلولهای بافتهای مختلف تفاوت‌هایی هست. مثلاً در سلولهای جگر تراکم مس و کبالت ۲ تا ۳ برابر بیش از تراکم این دو عنصر در سایر سلولهاست، نیز گلبولهای قرمز خون بخصوص آهن فراوان دارند و براین قیاس.

با وجود این فرض می‌کنیم که مواد بدن یکسان میان سلولها و آب میان بافتی تقسیم شده است. باچنین فرضی هر سلولی قریب‌نود تریلیون ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰ می‌توان مقدار عنصرهای کمیاب را به آسانی محاسبه کرد. نتیجه محاسبه در جدول شماره ۱۱ نشان داده شده است. (در

جدول شماره ۱۱

تعداد اتمهای موجود در هر سلول	عنصر
۱۳۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	روی
۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	منگنز
۱۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	مس
۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	ید
۹۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰	مولیبدنوم
۴۵۰۰۰۰۰۰۰۰۰	کبالت

این جدول فلوئور را حذف کردم زیرا برای حیات ضروری نیست. و چنان که دانسته شده فقط در ماده کانی استخوان و دندان موجود است و در داخل سلولها نیست).

چنانکه می بینید حتی در مورد عنصر کمیابی چون کبالت هرسلول، یا به عبارت دیگر هر یک از کارخانه های کوچک بدن، قریب نیم میلیارد اتم در اختیار دارد. واقع امر این است که در این تخمین محافظه کاری هم شده است زیرا احتمال دارد که تراکم عنصرهای کمیاب در داخل سلول بیش از خارج آن باشد. اگر همه کبالتها درون سلولها موجود بودند به هرسلولی ۶۵۰۰۰۰ اتم کبالت می رسید. سلولهای جگر که تراکم کبالت در آنها بیش از حد متوسط است هر یک بالغ بر یک میلیون اتم کبالت صاحب می شد.

بنا بر این تفاوت میان ۵ در میلیارد و صفر در میلیارد به نظر زیاد نخواهد آمد ولی محققاً میان دوسلول که یکی صد هزار اتم دارد و دیگری که هیچ ندارد - تفاوت بسیار موجود است.

وقتی که به صورت اسامی عنصرهای بدن آدمی می نگریم، می بینیم که می توان اورانیوم و توریوم یا اتم ناپایدار دراز عمر نوع دیگر را که در فصل پیش اشاره کرده ام، فراموش کرد جز پتاسیم - ۴۰ را. بدن آدمی ۷۵۰۰۰۰ اتم پتاسیم در هر یک میلیارد

اتم دارد و از هر ۹۰۰۰ ر اتم پتاسیم یکی پتاسیم - ۴۰ است که نوع رادیو آکتیو آن است. بنابراین از هر يك میلیارد اتم بدن ۶۳ اتم پتاسیم - ۴۰ است.

این مقدار کم نیست. تعداد اتمهای پتاسیم - ۴۰ در بدن بیش از سه برابر تعداد اتمهای ید است. اگر پتاسیم به طور یکنواخت در بدن توزیع شده باشد به طور متوسط به هر سلول پنج و نیم میلیون اتم پتاسیم - ۴۰ می رسد. اما واقع امر از این هم بدتر است زیرا ۹۸ درصد پتاسیم بدن درون سلولهاست و فقط دو صدم آن در مواد بین سلولی است. به این حساب تعداد اتمهای پتاسیم - ۴۰ موجود در هر سلول بدن حتی به ۸ میلیون می رسد.

خوشبختانه همه این اتمهای پتاسیم - ۴۰ همزمان بایکدیگر تجزیه نمی گردد بلکه در هر لحظه ای مقدار نسبتاً کمی تجزیه می شود زیرا پتاسیم - ۴۰ عمر درازی دارد و نیمه عمرش متجاوز از يك میلیارد سال است. در هر ثانیه يك اتم از میان ۵۳۰۰۰ تریلیون اتم پتاسیم - ۴۰ تجزیه می شود.

اما در رفع نگرانی عجله نکنید. زیرا در تمام بدن آنقدر پتاسیم - ۴۰ هست که با این سرعت کم تجزیه، تعداد ۳۸۰۰۰ اتم از آن در هر ثانیه منفجر می شود. از نه دهم تجزیه ها يك ذره بتا صادر می شود (باقیمانده ده درصد تجزیه به صورتی انجام می گیرد که از بحث ما خارج است). به عبارت دیگر در هر يك ثانیه بدن ما تحت تأثیر ۳۵۰۰۰ ذره بتا است که در آن به این سو و آن سو

عبور می‌کنند. اگر انفجارهایی را که در داخل يك سلول صورت می‌گیرد در نظر بگیریم جریان روشنتر خواهد شد. در هر سلول بدن به‌طور متوسط در هر دو یست سال فقط يك انفجار صورت می‌گیرد.

برای آنکه بادلخوشی بیشتری به‌مسئله بنگرید فرض کنید که عمرتان به هفتاد سال برسد، احتمال این که یکی از سلولهای معین بدنتان در این مدت هرگز روی انفجار اتم پتاسیم - ۴۰ به خود نبیند، دو بریک است.

بسیار خوب. اکنون ببینیم که این انفجارها چگونه در ما اثر می‌گذارند. آشکار است که موجب مرگ ما نمی‌شوند و حتی ما از وجود آنها بی‌اطلاعیم.

اما می‌توانند زیان برسانند. اگر رادیو آکتیوی به مقدار کافی باشد می‌کشد و چه بسا که کشته است. ولی ۳۵۰۰۰ انفجار در ثانیه بسیار کمتر از آن است که بتواند مرگ به بار آورد. اثرات خفیف‌تر از آن چه؟ هر ذره بتا که از تجزیه پتاسیم - ۴۰ صادر می‌شود معمولاً به مولکول آب برمی‌خورد (زیرا آب فراوانترین مولکول بدن است) و بخشی از آن را جدا می‌سازد. آنچه از آب باقی می‌ماند «رادیکال آزاد» نام دارد. رادیکالهای آزاد مواد فعالند که از هر مولکولی عبور کنند آنرا از هم می‌پاشند.

احتمال دارد مولکول نگون بختی که به سر راه رادیکال فعال قرار می‌گیرد یکی از نوکلئوپروتئیدهایی باشد که ژن نام دارد. در هر سلول چند هزار ژن وجود دارد و

هر ژنی بخشی از اوضاع شیمیایی درون سلول را اداره می‌کند. اگر یکی از این ژنها در نتیجه برخورد با رادیکال آزاد آسیب ببیند یا تغییر کند، اوضاع شیمیایی سلول تا حدودی دستخوش تغییر می‌شود. عین همین جریان نیز هنگامی اتفاق می‌افتد که يك ذره بتا مستقیماً به ژن برخورد کند.

اگر سلولی که اوضاع شیمیاییش تغییر کرده «سلول ژرمینال» باشد (سلولی است که موجود اسپرماتوزوئید یا اوول است) امکان بسیار دارد که فرزندان فردی که از این سلولهای ژرمینال تغییر یافته دارند صاحب سازمان شیمیایی مخصوصی بشود که با سازمان تبارش متفاوت باشد. این تغییر ممکن است آن قدر كوچك باشد که بدان توجه نشود یا چنان بزرگ باشد که شکل ظاهری جاندار را تغییر دهد یا موجب مرگ زودرس شود. در همه حال تغییر را يك جهش (Mutation) گویند.

اگر ژن در سلولی غیر ژرمینال تغییر کند، تغییر حاصل ممکن است اثر نامساعد دایمی بر تمام بدن نداشته باشد یا (چنانکه ممکن است) سلول به صورت سرطانی در می‌آید و نتایج وخیم به بار می‌آورد.

آنچه بیان شد فقط تحقیقات نظری صرف نیست بلکه حیواناتی را تحت تأثیر ذرات رادیو آکتیو پرانرژی یا تشعشعاتی پرانرژی قرار دادند و ژنهای آنها را دستخوش تغییر ساختند. نتیجه حاصل گاهی به قدری

زیان آور بود که موجب بروز تشعشع زدگی و مرگ حیوان می شد. چنانکه کمتر تحت تأثیر ذرات یا تشعشعات قرار می دادند، بروز موارد سرطانی و جهش افزایش می یافت. آدمی نیز از تأثیر این عوامل مصون نیست. تشعشعات رادیو آکتیو و اشعه ایکس در آدمی نیز سرطان به وجود آورده و موجب مرگ شده است. بعضی از سرطانهای پوست را ناشی از این می دانند که شخص بیش از حد معمول تحت تأثیر اشعه مافوق بنفش قرار گرفته است. اما گر همه علل سرطانزا و جهشزا را مهار کنیم باز هم تعدادی «خود به خود» ظاهر می شوند که علل آنها معلوم نیست.

فکری که در این باره به ذهن راه می یابد، یا باید قاعدتاً راه یابد، این است: «آیا این موارد «خود به خودی» ناشی از تأثیر ذرات بتای صادره از پتاسیم - ۴۰ در در داخل بدن ما نیستند؟» در این باره فراوان اندیشیده اند و با اطمینان خاطر نظر مثبت پیدا شده است و شیمیدانها احتمالات ذرات بتا (یارادیکالهای آزاد حاصل از آنها) را که ممکن است به ژن ها برخورد کنند و در آنها تغییر به وجود آورند محاسبه کرده اند.

نتیجه محاسبات قاطع بود ولی اثر آنها ناکافی است! تشعشعی که از تجزیه اتم پتاسیم - ۴۰ از داخل بر آدمی اثر می کند تقریباً به اندازه تشعشعی است که از اشعه کیهانی از فضای خارج به بدن می رسد. هر دو این عوامل فقط می توانند سبب تعداد کمی از موارد بروز سرطانهای

به هیچ وجه ناچیز نیست!

آیا از این اتمها تعدادی جزء بافت زنده می‌شوند؟
 محققاً آری. و این اصل چیستان است. قریب ده درصد
 وزن ماده زنده کربن است. همه این کربنها خواه جاندار
 بزرگ باشد خواه میکروسکوپی، گیاه باشد یا حیوان،
 آبی باشد یا خاکی، از انیدرید کربنیک هوا حاصل
 می‌شوند. گیاهان سبز انیدرید کربنیک هوارا جزء
 مولکولهای بزرگتر کربن دار می‌سازند. (گیاهان
 میکروسکوپی اقیانوسها می‌توانند مولکولهای انیدرید
 کربنیک محلول در آب را بگیرند (ولی این گاز کربنیک
 هم از هوا وارد آب شده است.) حیوانات گیاهان را
 می‌خورند (یا از سایر حیوانات گیاهخوار تغذیه می‌کنند)
 و اتمهای کربن را از دست دوم به دست می‌آورند.

از آنجا که بافت زنده میان کربن - ۱۴ که رادیو
 اکتیو است و کربن - ۱۲ و کربن - ۱۳ که ثابت‌اند
 تفاوتی نمی‌بیند (یا عملاً آنها را از هم تشخیص نمی‌دهد).
 نسبت کربن - ۱۴ در ماده زنده، از آن جمله ماده زنده‌ای
 که پیکر شمارا ساخته است، به همان نسبتی است که در
 هوا هست.

تا وقتی که شما (یا هر جاندار دیگر) زنده‌اید، نسبت
 کربن - ۱۴ بدنتان ثابت می‌ماند. میان شما و اتمسفر
 موازنه‌ای برقرار است، به همان گونه که اشعه کیهانی
 تولید کربن - ۱۴ را با تجزیه‌اش متعادل می‌سازد. حاصل
 آنکه کربنی که از هر جاندار کنونی به دست آید به آن

اندازه کربن - ۱۴ در آن هست که آزاد شدن ۴۵۰ ذره بتا را در هر دقیقه به ازای هر ۲۸ گرم کربن موجود ممکن می‌سازد.

درده سال اخیر این مسئله اهمیت خاصی برای باستانشناسان پیدا کرده است.

چنانکه می‌دانید وقتی که جاننداری می‌میرد، دیگر انیدرید کربنیک (مستقیماً یا از هوا یا از طریق مصرف کردن غذا) وارد بافت‌هایش نمی‌شود. بنابراین دیگر کربن - ۱۴ جمع نمی‌کند. و هرچه کربن - ۱۴ در جسدش هنگام مرگ بوده باقی می‌ماند و به‌آهستگی شروع می‌کند به تجزیه شدن. در پایان ۵۵۷۰ سال نیمی از اتمهای کربن - ۱۴ از میان می‌رود. بنابراین کربنی که از باقیمانده جسد به دست می‌آورند در هر ۲۸ گرم فقط ۲۲۵ ذره بتا صادر خواهد کرد.

شمردن تعداد ذرات بتای صادر با وسایل مخصوصی که هست، بسیار آسان است و از روی آن می‌توان گفت که چیزی که زمانی زنده بوده چه مدت از مرگش می‌گذرد. سن مومیاییها را از روی شمارش ذرات بتایی که از گوشت مومیایی شده یا کتانی صادر می‌شود که جسد را پوشانده است، می‌توان تعیین کرد. چوب مسکن بعضی از بومیان ماقبل تاریخ یا پارشمن‌های قدیمی را می‌توان از این نظر آزمود.

این روش «تعیین مدت به‌وسیله رادیو کربن» کاملاً عملی است و به‌هیچ تئوری تاریخی یا هیچ تفسیری از

نوشته‌های قدیمی بستگی ندارد. این روش برای تعیین تاریخ ورود نوع آدمی به نیمکره غربی به کار رفت. به طور کلی نتایج حاصل با آنچه قبلاً به وسیله تاریخ نویسان به دست آمده بود مطابقت داشت.

برای آنکه تصویری از مطابقت تعداد ذرات بتای صادر از کربن - ۱۴ با عنصرهای مختلف در ذهن شما ایجاد شود به جدول شماره ۱۲ مراجعه کنید.

طبیعی است که هرچه تعداد ذرات بتا کمتر باشد احتمال خطا بیشتر خواهد بود. همه محاسبات تجزیه رادیو آکتیوی بر اساس آمار بنا شده است و هرچه اعداد کوچکتر بشوند قدرت آمار کمتر می شود. زمانی که شما از هر ۲۸ گرم وجود خود چند ذره معدود بتا صادر کنید پیکرتان خاکستر شده است. از این گذشته همواره ذراتی اتفاقی از همه نوع اتم رادیو آکتیو در مجاورت اتمهای کربن - ۱۴ صادر می شود. این تشعشعات را «تشعشعات زمینه» می گویند. مقدار این ذرات کم است ولی وقتی که اتم کربن - ۱۴ رفته رفته کمتر می شود، مقدار بسیار کم «تشعشعات زمینه» کافی است که موجب خطای محاسبه شود. به این دلایل «تعیین مدت به وسیله رادیو کربن» محدودیتهایی دارد و حداکثر مدتی را که می تواند معلوم دارد (هرچه مدت طولانیتر دقت کمتر) سی هزار سال است.

اما نباید از موضوع اصلی زیاد منحرف شویم. باید دید که کربن - ۱۴ چه اثراتی بر بدن ما دارد؟

جدول شماره ۱۲

سن نمونه برحسب سال	تعداد ذرات بتایی که از هر ۲۸ گرم صادر می‌شود
—	۴۵۰
۹۰۰	۴۰۰
۲۰۰۰	۳۵۰
۳۲۵۰	۳۰۰
۴۷۰۰	۲۵۰
۵۵۷۰	۲۲۵
۶۵۰۰	۲۰۰
۷۶۰۰	۱۷۵
۸۸۰۰	۱۵۰
۱۰۴۰۰	۱۲۵
۱۲۱۰۰	۱۰۰
۱۴۵۰۰	۷۵
۱۷۵۰۰	۵۰
۳۳۰۰۰	۲۵
۲۷۰۰۰	۱۵
۳۰۵۰۰	۱۰
۳۶۰۰۰	۵

انسان ۶۸ کیلو گرمی که در پیش بدن اشاره کرده‌ام قریب سیصد تریلیون تریلیون اتم کربن دارد.

۱۴ ذرات بتا تولید می‌کند.

اما نکته دیگری هست که باید در نظر گرفته شود و آن غیراز مسئله تعداد است. انرژی ذرات بتایی که از پتاسیم - ۴۰ صادر می‌شوند در حدود ده برابر انرژی ذرات بتای صادره از کربن - ۱۴ است. پس تجزیه اتم پتاسیم - ۴۰ ده برابر انفجار اتم کربن - ۱۴ زیان به بار می‌آورد. این امر بار دیگر کفه ترازو را در جهت پتاسیم - ۴۰ پایین می‌برد زیرا زیانی که ظاهراً از پتاسیم - ۴۰ به بدن عارض می‌شود ۳۰۰ برابر زیانی است که از کربن - ۱۴ بدان می‌رسد.

محققان چنین به نظر می‌رسد که کربن - ۱۴ به هر صورت از جریان خارج می‌ماند. اما کربن - ۱۴ وضعی دارد که جریان را عوض نمی‌کند!

مولکولهای اصلی سلول، چنان که اشاره کرده‌ام، ژن‌ها هستند. تغییر حاصل در ژن‌هاست که موجب بروز جهش و سرطان می‌شود. ژن‌ها اتمهای پتاسیم در مولکول خود ندارند. هر اتم پتاسیم - ۴۰ موجود در سلول در جایی غیر از ژن وجود دارد. ذرات بتایی که از انفجار اتم پتاسیم - ۴۰ صادر می‌شود باید به ژن برخورد یا «رادیکال» آزاد به وجود آورد و آن رادیکال ژن را تحت تأثیر قرار دهد. این وضع همانند وضع کسی است که در اطای کروی با چشم بسته قرار داشته باشد و بخواهد هدفهای کوچکی را که در دیوارها و کف و سقف اطای

حتی اگر فرض کنید که ذرات بتای حاصل از انفجار اتمهای کربن - ۱۴ درون ژن، ممکن است بدون آنکه به صورت مؤثری به اتمهای ژن برخورد کنند و زیانی به بار آورند از بخشهای دیگرش عبور کند (که امری ممکن است)، تازه اتم کربن - ۱۴ منفجر شده تبدیل به نیتروژن - ۱۴ می شود و این تغییر کربن به نیتروژن خود ترکیب شیمیایی ژن را دستخوش تغییر می سازد (اگر چه تغییر جزئی است ولی به هر حال تغییر است)، از این گذشته کربن - ۱۴ پس از صدور ذره بتا درست مانند تفنگی که پس از رها ساختن گلوله پس می زند، این پس زدگی ممکن است اتم کربن - ۱۴ را از اتمهای مجاورش در مولکول جدا سازد و این خود موجب بروز تغییر دیگری است و حتی مهمتر از سایر تغییرات است. برای آنکه زیان پتاسیم - ۴۰ به ژن به اندازه زیانی باشد که از کربن - ۱۴ بدان می رسد، از هر هشت هزار ذره بتای حاصل از تجزیه پتاسیم - ۴۰ (پارادیکالهای آزادی که از آن حاصل می شوند) احتمالاً یکی باشدت کافی به ژن برخورد می کند. چون این احتمال چنانکه باید زیاد نیست چنین نتیجه می گیریم که کربن - ۱۴ در تولید سرطان و جهش «خود به خود» از پتاسیم - ۴۰ مؤثرتر است.

و اگر جریان امر به قراری است که بیان گردید، پس کاری از دست ما ساخته نیست مگر آن که جلو اشعه کیهانی را بگیریم یا شهرهای زیرزمینی بسازیم.

اما اوضاع چنانکه تصور می‌کنید وخیم نیست. پنجاه انفجار در ثانیه درون ژنهای شما ممکن است این فکر را به وجود آورد که نتوانید بدون تولید سرطان یا اولاد غیر عادی مدتی زنده بمانید ولی به خاطر آورید که تغییری که در ژنی حاصل می‌شود از همه نوعی می‌تواند باشد و در بیشتر موارد يك تغییر بزرگ حاصل (ما درست نمی‌دانیم برای يك تغییر بزرگ بدنی چه نوع تغییری در ژن باید به وجود آید) فقط از این ناشی می‌شود که ژن مخصوصی اساساً کار نکند. احتمال دارد که تعداد بسیار کمی از هر صد تغییر منجر به سرطان شود. (چه خوب می‌شد اگر جزئیات این تغییر در ژن را می‌دانستیم!)

از این گذشته بعضی از سلولها از سلولهای دیگر مهمترند. فقط سلولهایی که اسپرماتوزوئید و اوول به وجود می‌آورند مسئول تولید بچه‌های جهش یافته‌اند و تعداد این سلولها نسبت به تعداد کل سلولهای بدن کم است.

پنجاه انفجار در ثانیه در همه بدن از نظر سلولها زیاد نیست (مثل آن است که چون ۲۰ ستاره در کهکشان ما سالیانه از هم می‌پاشد باید نگران متلاشی شدن خورشیدمان باشیم). اگر سلول معینی را به تصور تصادفی در نظر بگیرید، به طور متوسط ۱۸۰۰۰ سال باید بگذرد تا يك کربن - ۱۴ درون ژنهایش منفجر شود.

مانند آن است که بگویم اگر شما ۷۰ سال عمر کردید

احتمال این که در سلول معینی از بدنتان یک کربن - ۱۴ منفجر شود به نسبت یک به ۲۶۰ است.
پس با خیال راحت بخوابید!

فصل سوم

هموگلوبین و جهان

گاه دانشمندان برجسته‌ای که جز به علم ایمان ندارند، مصلحت در این می‌بینند که دژ واقعیتها را با سلاح سنگین «کوشش و خطا» مورد حمله قرار دهند. گاهی هم به نتیجه می‌رسند. برای روشن شدن مسئله و ذکر موردی، مولکول هموگلوبین را در نظر می‌گیریم. هموگلوبین مهم‌ترین جزء پروتئیدی گلبول قرمز است. هموگلوبین میل ترکیبی با اکسیژن دارد و با آن ترکیب بی‌ثباتی به نام «اکسی هموگلوبین» به وجود می‌آورد. ترکیب هموگلوبین و اکسیژن در رگهای خونی شش صورت می‌گیرد. اکسی هموگلوبینی که در اینجا به وجود می‌آید همراه جریان خون به همه سلولهای بدن می‌رسد. این ماده اکسیژنش را به سلولها می‌دهد و بار دیگر به صورت هموگلوبین در می‌آید. سپس آماده رفتن به ششها می‌شود تا بار دیگر اکسیژن بگیرد و ببرد.

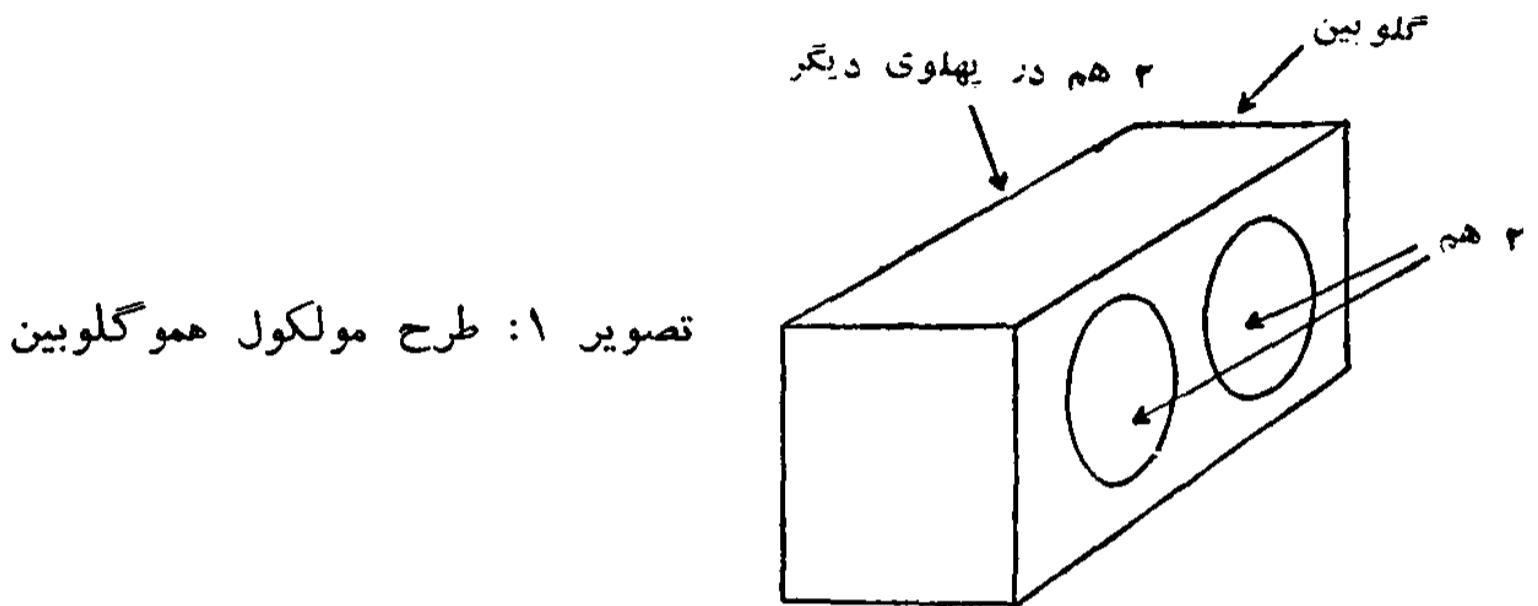
از آنجا که هموگلوبین اهمیت حیاتی دارد و از آنجا که به سادگی به حالت خلوص به دست می آید، مورد توجه دقیق شیمی دانها قرار گرفته است. مثلاً دانسته شد که مولکول هموگلوبین شکل مکعب مستطیلی دارد و ابعادش عبارتند از $۶/۴$ و $۸/۴$ و $۳/۶$ میلی میکرون (میلی میکرون یک هزارم میکرون یا یک میلیاردیم متر است. به عبارت دیگر یک میلیارد میلی میکرون معادل یک متر است.) قسمت اعظم این مولکول گلوبین (Globin) است که پروتئیدی ناپایدار است و در حدود ۹۷ درصد مولکول هموگلوبین را می سازد. متصل به گلوبین، چهار گروه اتمی آهن دار به نام هم (Heme) وجود دارد که مولکول هموگلوبین را باثبات تر می سازد (تصویر ۱).

* * *

هموگلوبین را می توان به آسانی به دو بخش «گلوبین» و «هم» تجزیه کرد و هر یک از این دو را جدا از دیگری مورد مطالعه قرار داد. از آنجا که «هم» ساختمانی ساده تر دارد پایدارتر است، طبعاً بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته است.

مولکول «هم» مسطح و تقریباً دایره ای است. در وسط مولکول «هم» یک اتم آهن جا دارد. در اطراف اتم آهن ۲۰ اتم کربن و چهار اتم نیتروژن هست. چند اتم نیتروژن نیز در مولکول «هم» وجود دارد. این اتمها به صورت چهار حلقه کوچک به یکدیگر متصلند و چهار حلقه به هم متصل شده حلقه بزرگتری به وجود آورده اند. این

ساختمان حلقه در حلقه در بسیاری از مواد، بخصوص در کلروفیل، دیده می‌شود و به حلقه پورفیرین (Porphyrin Ring) موسوم است. شناختن حلقه پورفیرین



تصویر ۱: طرح مولکول هموگلوبین

خود به آسانی صورت نگرفته ولی نسبتاً ساده بوده است. ولی نکته دقیقی هست که باید مورد توجه قرار گیرد و آن این است که در حلقه پورفیرین هشت نقطه وجود دارد که به هر یک از آن نقاط يك «زنجیر پهلویی» می‌تواند متصل شود یا متصل هست. در مولکول «هم» هشت زنجیر پهلویی از سه نوعند: چهارتا از يك نوع، دو تا از نوع دیگر و دو تا هم از نوع سوم. حلقه‌هایی از پورفیرین که آن سه نوع زنجیر پهلویی بدان متصلند پروتوپورفیرین (Protoporphyrin) نام دارد.

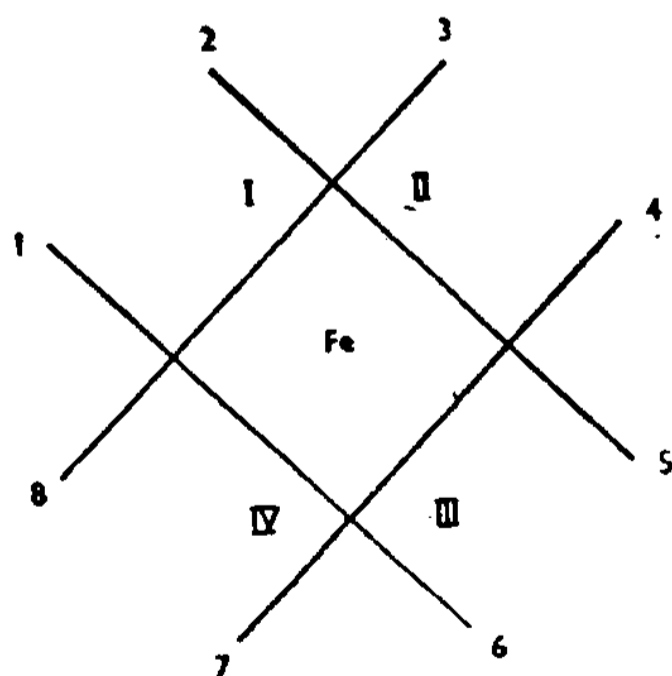
نکته‌ای که در اینجا باید مورد توجه قرار گیرد این است که کدام زنجیر پهلویی به کدام نقطه از حلقه پورفیرین باید متصل شود؟

برای توضیح مطلب چند شکل می‌کشیم. چون این فصل، علی‌رغم شباهت ظاهریش به شیمی، به این علم

مربوط نیست بلکه فقط با چند حساب سرو کار دارد، نیازی به این نیست که حلقه پورفیرین را بسیار دقیق مجسم کنیم و کافی است طرحی شبیه تصویر ۲ رسم نماییم. از نظر علم نقشه برداری آنچه که لازم است در این طرح آورده شده است. در انتهای هر یک از چهار خط، هشت موضع اتصال زنجیرهای پهلویی را نشان می دهند.

اگر سه نوع زنجیر پهلویی را با a و b و c نشان دهیم (چهار نوع a و دو نوع b و دو نوع c)، چند ترتیب ممکن می شود. دوتا از این ترکیبها در تصاویر ۳ الف و ۳ ب نشان داده شده اند. بر روی هم پانزده ترتیب مختلف و مشخص وجود دارد. هر ترتیبی مولکولی را نشان می دهد که خواصش با مولکولهای دارای ترتیب دیگر تفاوت دارد.

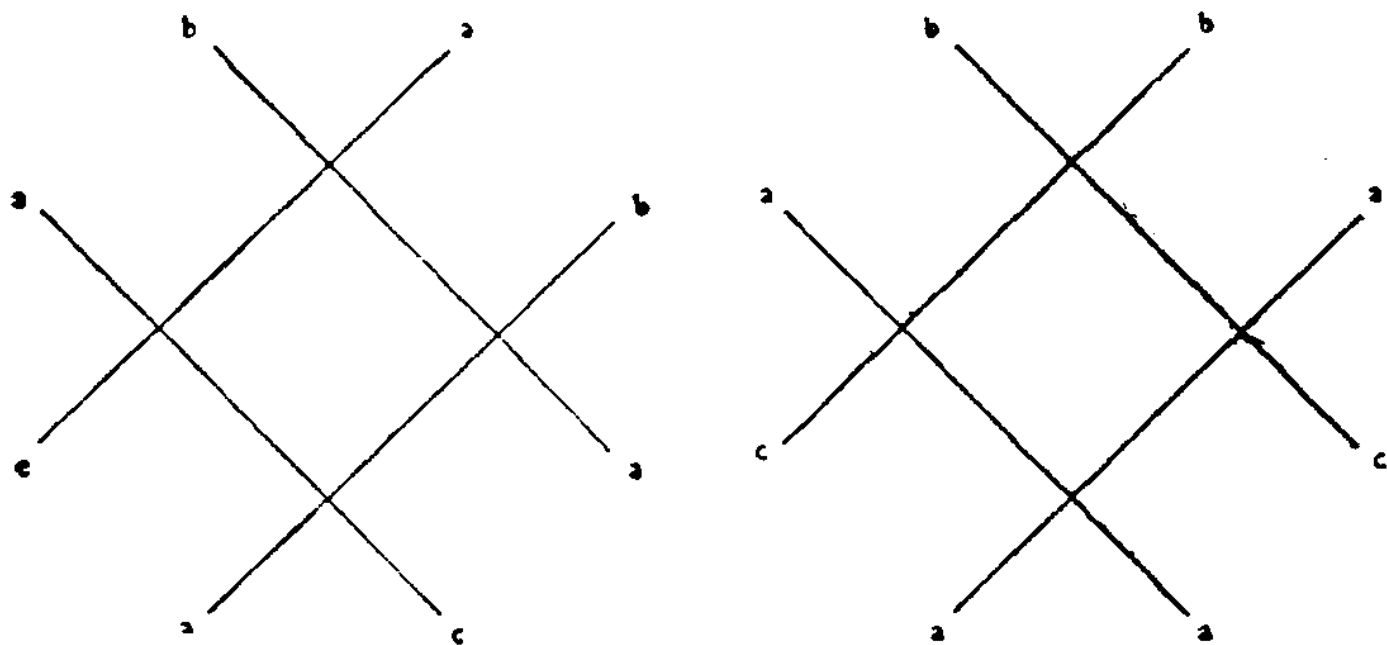
تصویر ۲: طرح فرضی مولکول همو-گلوبین. (توجه: نقاطی که برای اتصال زنجیرهای پهلویی هست از ۱ تا ۸ نشان داده شده اند. حلقه های کوچکی که با هم مولکول پورفیرین را ساخته اند از I تا IV نشان داده شده اند. Fe معرف آهن است.)



تنها یکی از ترتیبهای ۱۵ گانه در «هم» وجود دارد. کدام یک؟

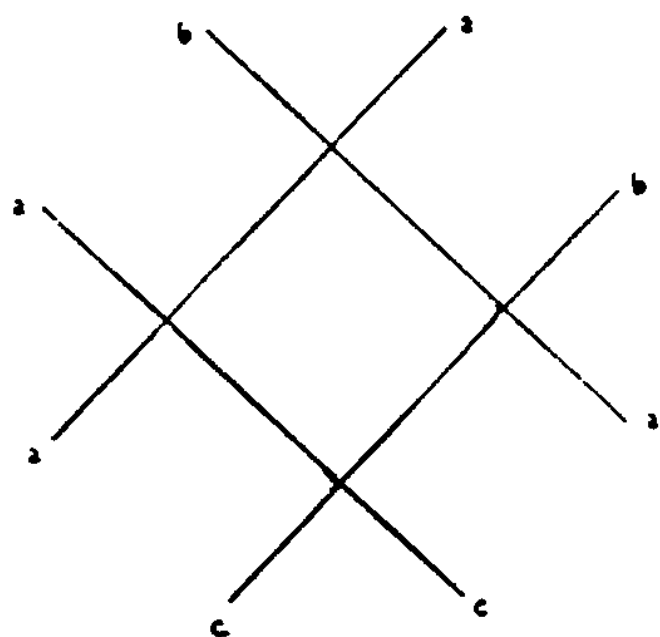
شیمی‌دانی آلمانی به نام هانس فیشر (Hans Fischer) که با این مسئله رو به‌رو بود توانست آن را به روشی ساده حل کند. وی پانزده ترتیب ممکن را روی تکه کاغذهای جدا نوشت و بدانها به دلخواه از يك تا ۱۵ نمره داد. سپس ۶۰ دانشجوی فارغ‌التحصیل اختیار کرد و آنها را به دسته‌های چهار نفری تقسیم نمود و به هر دسته یکی از ترتیبها را داد. هر دسته مأمور بود که پروتوپورفیرین را با ترتیب مخصوصی که در کاغذ رسم شده بود ترکیب کند.

دانشجویان به‌کار مشغول شدند. خواص هر نوع پروتوپورفیرینی که ساخته می‌شد، با خواص پروتوپورفیرین طبیعی که از هموگلوبین به‌دست می‌آمد مقایسه می‌شد. به‌طوری که معلوم شد یکی از



تصویر ۳ الف و ۳ ب: دو ترتیب ممکن در زنجیرهای پهلویی پروتوپورفیرین توجه: ممکن است خواننده تصور کند که می‌تواند بیش از ۱۵ ترتیبی که در متن کتاب آمده رسم کند. البته می‌تواند! ولی حلقه پورفیرین چهار قرینه شعاعی و قرینه جانبی در جهت پیش و پس دارد و این خود تعداد ترتیب ما را هشت بار کمتر می‌کند. از این گذشته بعضی از این ترتیبها به دلایل متنوع شیمیایی مطرود است. بنابراین همان پانزده ترتیبی که بیان شد باقی می‌ماند که از جهت قرینه بودن یا علل شیمیایی حذف شدنی نیستند.

پروتوپورفیرینهای مصنوعی با پروتوپورفیرین طبیعی همانند بود. این پروتوپورفیرین همان بود که فیشر آن را ۹ نامیده بود. ترتیب قرار گرفتن زنجیرهای پهلویی آن به صورتی است که در تصویر ۴ هست. از آن پس دانشجویان پزشکی و شیمی حیاتی فرمول پروتوپورفیرین طبیعی را به خاطر سپردند و آن را «پروتوپورفیرین IX نامیدند». (به گمانم عدهٔ خیلی از دانشجویان کنجکاو می‌ترسند که بپرسند چرا IX).



تصویر ۴: زنجیرهای پهلویی پروتوپورفیرین IX.

فتح بزرگی را که صرفاً محصول کوشش و خطاست
از یاد نبرید!

اکنون به بررسی بخش گلوبین مولکول هموگلوبین می‌پردازیم. گلوبین چنانکه گفته شد ماهیت پروتئیدی دارد و پروتئید مهم‌ترین ماده‌ای است که در بافت زنده موجود است. اگر دانشمند شیمی حیاتی موفق می‌گشت

از ساختمان پروتئید سر در بیاورد، بسیار خوشحال می‌شد. پس جا دارد که ببینیم برای توفیق در این مسئله به چه چیزهایی نیاز هست.

همه مولکول‌های مواد پروتئیدی از تعداد نسبتاً کمی اسیدهای آمینه ساخته شده‌اند. اسیدهای آمینه، مانند دانه‌های تسبیح که به‌نخ کشیده شده‌اند، به یکدیگر اتصال دارند. قریب بیست نوع اسید آمینه گوناگون در مواد پروتئیدی وجود دارد و ساختمان همه آنها به درستی شناخته شده است. از این گذشته روش درست اتصال اسیدهای آمینه به یکدیگر برای به وجود آوردن مولکول پروتئید نیز شناخته شده است. بالاخره در بسیاری از پروتئیدها، از آن جمله هموگلوبین، مقدار درست هر نوع اسید آمینه معلوم است. ظاهراً مسئله حل شده می‌نماید، و حال آنکه موضوع مهم آن است که این اسیدهای آمینه گوناگون به چه ترتیبی در طول زنجیر قرار دارند.

برای آنکه به‌منظورم پی ببرید پروتئید کوچک مولکولی در نظر می‌گیریم که فقط از چهار اسید آمینه a و b و c و d ساخته شده باشد. این چهار اسید آمینه به بیست و چهار صورت مختلف، چنان که در تصویر ۵ نشان داده شده، می‌توانند باهم ترکیب شوند. از هر ترتیبی مولکولی به وجود می‌آید که خواصی مخصوص به خود دارد. پس وضعی همانند وضع «هم» پیش می‌آید. هر بیست و چهار نوع مولکول را می‌توان ترکیب کرد و

خواصش را با خواص مولکول طبیعی مقایسه کرد. یکی از آنها باید مولکول طبیعی از آب درآید.

a-b-c-d-	b-a-c-d-	c-b-a-d-	d-b-c-a-
a-b-d-c-	b-a-d-c-	c-b-d-a-	d-b-a-c-
a-c-b-d-	b-c-a-d-	c-a-b-d-	d-c-b-a-
a-c-d-b-	b-c-d-a-	c-a-d-b-	d-c-a-b-
a-d-b-c-	b-d-a-c-	c-d-b-a-	d-a-b-c-
a-d-c-b-	b-d-c-a-	c-d-a-b-	d-a-c-b-

تصویر ۵: ترتیبهای متنوع چهار اسید آمینه در يك زنجیر پروتئیدی.

از آنجا که در هموگلوبین بیش از چهار نوع اسید آمینه هست پس تعداد ترتیبهای ممکن بیشتر خواهد بود. اما پروتئیدها بقدری مهمند که دانشمندان شیمی حیاتی بدون آنکه، زیاد بودن ترتیبهای ممکن ساختمانی دلسردشان کند، با کوشش خستگی ناپذیری به شناختن آنها دست می‌زنند. گرچه روش کوشش و خطا در مورد پیدا کردن ساختمان «هم» بی‌اندازه دشوار است، با همه این احوال اگر زمان کافی باشد، مانند مرگ و مالیات، به سراغ شخص می‌آید، یا باید بیاید.

هموگلوبین پروتئیدی است که مولکولش چندان بزرگ نیست. در مولکولش ۵۳۹ اسید آمینه هست که شامل بیست نوع اسید آمینه شناخته شده است. نیازی به این نیست که هر بیست اسید آمینه را نام ببریم. فقط کافی است که با حروف الفبا از a تا t نشان دهیم. ۷۵ اسید آمینه نوع a هست و ۵۴ اسید آمینه نوع d و ۵۰ اسید آمینه نوع c و براین قیاس. یکی از ترتیبهای

فاکتوریل (Factorial n) می گویند و آن را این طور می نویسند! n .

a-a-b-b	a-a*-b-b*	b-a-a*-b*
	a-a*-b*-b	b-a-b*-a*
a-b-a-b	a-b-a*-b*	b-a*-a-b*
	a-b-b*-a*	b-a*-b*-a
a-b-b-a	a-b*-a*-b	b-b*-a-a*
	a-b*-b-a*	b-b*-a*-a
b-a-a-b	a*-a-b-b*	b*-a-a*-b
	a*-a-b*-b	b*-a-b-a*
b-a-b-a	a*-b-a-b*	b*-b-a-a*
	a*-b-b*-a	b*-b-a*-a
b-b-a-a	a*-b*-a-b	b*-a*-a-b
	a*-b*-b-a	b*-a*-b-a

تصویر ۷-ب: ترتیبهای مختلف چهار اسید آمینه که دو تا يك جور و دو تای دیگر هم يك جورند.

تصویر ۷-الف: همه ترتیبهای ممکن چهار اسید آمینه که دو تا يك جور دو تای دیگر هم يك جورند.

اگر n چیز همه باهم تفاوت نداشته باشند اشکال دیگری پیش می آید. فرض کنید که پروتئید كوچك مولکولی را که فقط از ۱۴ اسید آمینه مرکب است، فقط دو گونه اسید آمینه و از هر يك دو مولکول داشته باشد. این طور a* و a و b* و b. بیست و چهار ترکیب ممکن در شکل ۷-الف نشان داده شده است. اما چون a و a* از يك نوع اسید آمینه اند و نیز b و b* . پس ab* نظیر a*b و a* و b* و ab خواهد بود و ترکیب* ba ، ab

نظیر a^*bab^* و a^*b و ab^* خواهد شد. تعداد کل ترکیبهای ممکن در شکل ۷ - الف نشان داده شده ولی در شکل ۷ - ب ترتیبهای مشابه حذف گردیده است. به طوری که می بینید تعداد به ۶ تقلیل یافته است.

فرمول محاسبه ترکیبهای مختلف n چیز، که n معرف یکی از آنها و q دیگری و r سومی و برای این قیاس باشد، به قرار زیر است:

$$\frac{n!}{p! \times q! \times r! \dots}$$

در مورد مثال فوق که چهار اسید آمینه از دو قسم بوده اند به قرار زیر می شود:

$$\frac{4!}{2! \times 2!} = \frac{4 \times 3 \times 2 \times 1}{2 \times 1 \times 2 \times 1} = 6$$

بدیهی است که فاکتوریلهای تعداد ترکیبهای اسیدهای آمینه در مولکول هموگلوبین بزرگترند. باید با فاکتوریل ۵۳۹ آغاز کنیم زیرا ۵۳۹ تعداد کل اسیدهای آمینه هموگلوبین است و آن را بر ۷۵ و ۵۴ و ۵۰ و برای این قیاس، یعنی بر تعداد مولکولهای هر نوع اسید آمینه تقسیم کنیم.

محاسبه فاکتوریلهای اعداد كوچك آسان است (شکل ۸) ولی هرچه عدد بزرگتر می شود، فاکتوریلها بسیار بزرگتر می شوند. آیا می توانید حدس بزنید که مقدار فاکتوریل ۲۰ چه خواهد شد؟ احتمال دارد که اشتباه کنید. پاسخ این سؤال تقریباً ۲۴۰۰ کاتریلیون

(۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۰۰۰ ر ۲۴۰۰) خواهد شد،
و مقدار فاکتوریلها به صورتی دایم التزاید افزایش
می یابد.

۱	برابر است	۱	!۱ برابر است
۲	برابر است	2×1	!۲ برابر است
۶	برابر است	$3 \times 2 \times 1$!۳ برابر است
۲۴	برابر است	$4 \times 3 \times 2 \times 1$!۴ برابر است
۱۲۰	برابر است	$5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$!۵ برابر است
۷۲۰	برابر است	$6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$!۶ برابر است
۵۰۴۰	برابر است	$7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$!۷ برابر است
۴۰۳۲۰	برابر است	$8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$!۸ برابر است

شکل ۸: فاکتوریلهای اعداد از یک تا هشت.

وقتی که با اعداد بزرگ سروکار داریم بهتر است
آنها را به صورت 10^n بنویسیم. 10^n معرف عدد يك
و n صفر در سمت راست آن است. مثلاً 1000 می شود
 10^3 و 1000000000000 را می شود 10^{12} و برای
قیاس. عدد 2500 را که بین 1000 (10^3) و 10000
(یا 10^4) هست می توان به صورت توان میان 3 و 4
نوشت ولی غالباً آن را به طور ساده $10^3 \times 5/2$ (یعنی
 $1000 \times 5/2$ که همان 2500 است) می نویسند.
اگر فاکتوریل 20 را به صورت توان بنویسیم خواهد
شد $10^{18} \times 2/2$.

به منظور درك مفاهيم این فصل چند نکته در باره
توانها را باید همواره در نظر داشته باشیم:

۱- اگر دو عدد دارای توان را بخواهیم در هم ضرب کنیم، توانهای آنها با هم جمع می‌شوند. مثلاً حاصل ضرب 2×10^4 در 3×10^5 می‌شود 6×10^9 . اگر دو عدد نامبرده را به صورت 20000 و 300000000 بنویسید و ضرب کنید، خواهید دید که حاصل ضرب 6000000000 می‌شود.

۲- عددی چون 2560000 را می‌توان به صورت‌های 256×10^4 یا $2/56 \times 10^6$ یا 256×10^{-2} نوشت. هر چهار صورت معرف يك عددند زیرا اگر 256 را در 10000 و $2/56$ را در 1000000 و 256×10^{-2} را در 100000000 ضرب کنید نتیجه یکسان خواهد شد.

کدام يك از این چهار صورت بهتر است؟ عادت بر این جاری است که رقم غیرتوانی را که بین ۱ و ۱۰ هست اختیار می‌کنند. مثلاً در مورد عدد 2560000 صورت معمولی توانی آن این است $2/56 \times 10^6$. روی این اصل حاصل ضرب 2×10^4 در 6×10^5 را نمی‌نویسند 12×10^9 بلکه می‌نویسند $1/2 \times 10^{10}$. (اگر 10^{10} تنها باشد می‌توان آن را 1×10^{10} نوشت.)

۳- ظاهر اعدادی که به صورت توان نوشته می‌شوند ممکن است گول زننده باشد. 10^2 ده برابر 10^2 است به همین صورت 10^{69} ده برابر 10^{68} است و حال آنکه ظاهراً خیلی نزدیک به هم به تصور می‌آیند. نیز باید توجه داشت که 10^{12} دو برابر 10^6 نیست بلکه

يك ميليون برابر آن است.

با این مقدمات برای ادامه مسئله فاکتوریل آمادگی کامل داریم. اگر فاکتوریل ۲۰ مقدار 2×10^{18} است پس در محاسبه مقدار اعدادی چون فاکتوریل ۵۰ و فاکتوریل ۵۴ و فاکتوریل ۷۵ و بالاخره فاکتوریل ۵۳۹ ممکن است مردود شوید. خوشبختانه برای فاکتوریل‌های پایین‌تر از ۱۰۰ جدول‌هایی ترتیب داده‌اند، و معادلاتی را که فاکتوریل‌های بیشتر دارند می‌توان تقریبی محاسبه کرد.

با به‌کار بردن جدول و معادلات می‌توان تعداد ترکیب‌های ممکن هموگلوبین را محاسبه کرد. پاسخ این مسئله عدد 2×10^{619} است. اگر می‌خواهید بدانید که این عدد چه صورتی خواهد داشت به تصویر ۹ نگاه کنید. 2×10^{619} را برای «عدد هموگلوبین» بپذیریم.

از تعداد گوناگون ترکیبات ممکن هموگلوبین، فقط يك ترکیب هست که خصوصیات دقیق مولکول هموگلوبین خون آدمی را دارد. اگر بخواهیم يك يك این ترکیبات را امتحان کنیم، چنان که می‌دانید وقت زیادی می‌برد. اما اگر زمان کافی و دانشمندان کافی و نسل‌های کافی دانشمندان در اختیار باشند، مسلماً به روش کوشش و خطا پس از مدت زیادی به جواب خواهیم رسید. اما باید دید که چه مدت وقت لازم است؟

برای آن که بتوانیم به این پرسش پاسخ گوئیم باید ابتدا تصویری از عدد هموگلوبین در ذهن خود ایجاد

40,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,
 000,000.

تصویر ۹: عدد هموگلوبین

کنیم. این عدد بسیار بزرگ می‌نماید. مقایسه‌ی چیز بزرگی را با آن آغاز می‌کنیم. آیا تعداد مولکولهای هموگلوبین موجود در روی زمین با عدد هموگلوبین قابل مقایسه هست؟ آری مقایسه را به صورت خوبی آغاز کرده‌ایم.

جمعیت روی زمین ۲۵۰۰۰۰۰۰۰۰ نفر است. به صورت توان بنویسیم $۲/۵ \times ۱۰^۹$ است. وزن متوسط یک انسان را، از مرد و زن گرفته تا بچه، $۵/۵ \times ۱۰^۴$ گرم (۵۵ کیلوگرم) به حساب می‌آوریم. پس مقدار هموگلوبین موجود در گوشت و خون و استخوان جمعیت روی زمین $۱/۴ \times ۱۰^{۱۴}$ گرم خواهد بود.

هفت درصد بدن انسان خون است پس جمع کل خون آدمیان روی زمین $۴/۵ \times ۱۰^{۲۲}$ است.

اگر چه گلبول قرمز میکروسکوپی است ولی در آن به آن اندازه جا هست که تقریباً سیصد میلیون مولکول هموگلوبین جا بگیرد. یا دقیق‌تر $۲/۷ \times ۱۰^۸$ مولکول. بنابراین در همه روی زمین $۱۰^{۳۱}$ مولکول هموگلوبین

در بدن آدمیان است.

این فقط تعداد مولکولهای هموگلوبین آدمی بود. سایر مهره‌داران از «وال» (Whale) گرفته تا «زباب» (Shrew) نیز هموگلوبین در خون خود دارند. بعضی از جانداران پست نیز هموگلوبین دارند. سخاوتمندانه چنین بپذیریم که به ازای هر مولکول هموگلوبین آدمی یک میلیارد (10^9) مولکول هموگلوبین غیر آدمی وجود دارد. به این حساب تعداد کل مولکولهای هموگلوبین روی زمین، اعم از انسانی یا غیر انسانی، 10^{40} می‌شود. با وجود این، عدد فوق هیچ به «عدد هموگلوبین» نزدیک نیست و نمی‌تواند برای مقایسه به کار رود.

اکنون عنصر زمان را در نظر بگیریم و ببینیم که کمکی به ما می‌کند یا نه. عمر متوسط احتمالی گلبول قرمز در حدود چهار ماه (یک سوم سال) است. بعد از این مدت گلبول قرمز متلاشی می‌شود و گلبول قرمز دیگری به جایش می‌آید. فرض کنیم که هر گلبول قرمز جدیدی که به وجود می‌آید مولکولهای جدیدی از هموگلوبین داشته باشد پس در یک سال 3×10^{40} مولکول هموگلوبین وجود خواهد داشت.

از موقعی که زمین به حالت جامد در آمد قریب 3×10^9 سال می‌گذرد. (سه میلیارد و سیصد میلیون سال). فرض کنید که زمین در آغاز مانند اکنون هموگلوبین

داشته است. اگر چنین بود مقدار کل مولکولهای هموگلوبین که از آغاز الی کنونی در روی زمین وجود داشته است بالغ بر 10^{50} خواهد شد. این عدد هم هنوز نزدیک به «عدد هموگلوبین» نیست.

خوب است اندکی توقف کنیم و وقت خود را به بررسی يك سیاره كوچك و تاریخش بگذرانیم. همه فضا و زمان در اختیارمان است و چون دلباختگان اعداد نباید در به کار بردن آنها به خود تردید راه دهیم.

به طوری که تخمین زده اند تعداد ثوابت موجود در کهکشان صد میلیارد است و تعداد کهکشانهای جهان نیز دست کم بالغ بر همین تعداد است. سخاوتمند باشیم و هیچ گاه از آن دست برنداریم. فرض کنیم يك تریلیون ستاره ثابت در کهکشان هست نه صد میلیارد و نیز فرض کنیم که يك تریلیون کهکشان در جهان هست. تعداد کل ثوابت جهان $10^{24} = 10^{12} \times 10^{12}$ خواهد بود.

اکنون فرض کنید که هرستاره ثابتی در حوزه جاذبه اش کمتر از ده سیاره نداشته باشد و هرسیاره بتواند مانند زمین حیات در خود پیوراند و مقدار هموگلوبین هریک هم به اندازه هموگلوبین زمین باشد. بنابراین تعداد این گونه سیارات 10^{25} خواهد شد و در يك سال تعداد مولکولهای هموگلوبین روی همه آنها (به شرط آن که عمر متوسط گلبول قرمز همان چهارماه «يك سوم سال» باشد) 3×10^{65} خواهد بود.

اکنون فرض کنیم که هریک از این سیارات باهمین

مقدار هموگلوبین از اول تا آخر باقی مانده و ۳۰۰ میلیارد سال از عمرش گذشته باشد - $10^{22} \times 3$. واقع امر این است که عدد فوق بسیار سخاوتمندانه اختیار شد. زیرا عمر احتمالی خورشید فقط ده تا ۱۲ میلیارد سال است و تازه بخش کمی از این مدت حیات درسیاره‌ای از آن به وجود آمده است، و این عمر احتمالی از عمر متوسط سایر ثوابت نیز زیادتر است.

با همه سخاوتمندی که به خرج داده‌ایم همه مولکولهای هموگلوبین که ممکن بود در فضا و زمان موجود باشد 10^{22} می‌شود، این عدد برآستی در مقایسه با «عدد هموگلوبین» مثل صفر است.

* * *

راه دیگری انتخاب می‌کنیم. ماشین حساب بسیار بزرگی می‌سازیم. قطر جهان شناخته شده را به یک میلیارد سال نوری تخمین می‌زنند. پس ماشین حسابی به تصور آوریم که شکل مکعب داشته باشد و درازای هر ضلعش ده میلیارد سال نوری باشد. اگر چنین ماشینی تو خالی باشد، درونش یک هزار جهان شبیه جهان ما جا می‌گیرد. نیز در این مکعب همه ستارگان و کهکشانها و فضای موجود میان ستارگان و کهکشانها جا می‌گیرد.

اکنون فرض کنیم که تمام فضای داخل این ماشین حساب از بالا به پایین و از این سرتا آن سراز «واحدهای کوچک حساب» مملو باشد و هر یک از این واحدها بتواند

یکی از هموگلوبینها را آزمایش کند تا ببیند که همان مولکول منظور است یا نه. برای حصول اطمینان از اینکه تعداد «واحدهای حساب» کافی برای شمردن همه انواع هموگلوبینها باشد. فرض می‌کنیم که ابعاد هر یک به اندازه ابعاد جسمی باشد که کمترین حجم شناخته شده را دارد. یعنی دارای حجم نوترینو (Neutrino) باشد. با این فرض چند «واحد حساب» در این ماشین خواهد گنجید؟

قطر يك نوترینو ده میلیارد تریلیونیم سانتیمتر است. در يك سانتیمتر مکعب $10^{21} \times 10^{21} \times 10^{21}$ یا 10^{63} نوترینو جا می‌گیرد به شرطی که این واحدها سانتیمتر مکعب را کاملاً به‌طور فشرده پر سازند. (برای سهولت کار، نوترینوها را مکعبهای کوچک فرض می‌کنیم نه دایره‌های کوچک).

نور در ثانیه معادل 3×10^{10} سانتیمتر طی می‌کند و در هر سال $3/16 \times 10^8$ ثانیه هست. سال نوری مسافتی است که نور طی يك سال آن را طی می‌کند پس $3/16 \times 10^8 \times 3 \times 10^3$ یا 10^{19} سانتیمتر می‌شود. هر ضلع ماشین حساب ما ده میلیارد سال (10^{10}) نوری است بنا بر این 10^{29} سانتیمتر می‌شود. پس حجم آن خواهد شد $10^{29} \times 10^{29} \times 10^{29}$ یا 10^{87} سانتیمتر مکعب. از آنجا که در هر سانتیمتر مکعب 10^{63} نوترینو جا می‌گیرد پس تعداد کل نوترینوهایی که در مکعبی به حجم هزار برابر جهان ما جا می‌گیرد خواهد شد $10^{63} \times 10^{87}$ یا 10^{150} .

اما فراموش نشود که این نوترینوها «واحد‌های حساب» هستند. فرض می‌کنیم که هر «واحد حساب» این قدرت عجیب را داشته باشد که بتواند یک میلیارد ترکیب مختلف اسید آمینه گوناگون را در هر ثانیه آزمایش کند و نیز فرض می‌کنیم که هر واحدی طی سه میلیارد سال همچنان بدین کار اشتغال داشته است. تعداد ترکیب‌های مختلفی که طی این مدت آزمایش خواهد شد عبارت خواهد بود از 10^{129} .

این عدد هنوز در مقایسه با «عدد هموگلوبین» مثل صفر است. در واقع احتمال این که ترکیب درست مورد نظر در این مدت پیدا شود ۱ در $10^{440} \times 4$ خواهد بود. اما ممکن است بگویید که فرض کنید بیش از یک نوع ترکیب خاص هموگلوبین هست. بر روی هم این فرض درست است. هموگلوبین انواع مختلف حیوانات از نظر خواص با یکدیگر تفاوت دارند. بسیار خوب سخاوتمندی را از دست ندهیم و فرض کنیم که هر مولکول هموگلوبین که زمانی روی زمین به وجود آمده، فقط اندکی با دیگر هموگلوبین‌ها تفاوت داشته است. پس ماشین حساب غول‌پیکر، فقط باید احتمالات یک در 10^{50} را بیابد. احتمال یافتن یکی از آنها در ۳۰۰ میلیون سال با 10^{50} واحد که هر یک در هر ثانیه یک میلیارد جواب بدهد خواهد شد ۱ در 10^{290} .

پس اگر مسئله‌ای کاملاً لاینحل به نظر رسد درست مثل مسئله یافتن ترتیب صحیح اسیدهای آمینه یک

مولکول پروتئید از میان ترتیبهای ممکن است.

اما در چند سال اخیر دانشمندان شیمی حیاتی در حل این گونه مسائل به پیشرفتهای زیادی نایل آمده‌اند. مثلاً ترتیب اتصال اسیدهای امینه پروتئیدی به نام انسولین، که فقدانش در بدن موجب بیماری قند است، در سال ۱۹۵۳ به درستی شناخته شده است. ابعاد مولکول انسولین قریب يك پنجم ابعاد مولکول هموگلوبین است. با وجود این $10^{100} \times 3$ ترتیب ممکن اسیدهای امینه در مولکول هست و این خود عدد بزرگی است.

پس چگونه دانشمندان شیمی حیاتی موفق به یافتن آن شده‌اند؟

واقع امر این است که روش کوشش و خطا با کوشش غیرقابل تحمل و خطای کلان ملازمه دارد. بنابراین دست به روشهای دیگر زدند. چنانکه می‌دانید روشهای دیگری نیز هست.

فصل چهارم

پیروزیی که روی کاغذ به دست آمد

رمز ساختمان پروتئید به دست يك دانشمند روسی به نام م. تسوت (Michael Tswet) گشوده شد.

تسوت در سال ۱۹۰۶ مقاله‌ای به مجله گیاه‌شناسی آلمانی فرستاد که متضمن شرح يك سری آزمایش بود. یکی از آن آزمایشها که کاملاً تازگی داشت حاکی از روشی انقلابی بود. تسوت گیاه‌شناس بود و به رنگیزه (Pigment) های گیاهی، که در نتیجه اثر دادن حلالهای مختلف از برگها به دست می‌آمد توجه داشت. یکی از این رنگیزه‌ها کلروفیل است. کلروفیل ماده‌ای است که گیاهان به وسیله آن از انرژی خورشید برای تهیه مواد غذایی استفاده می‌کنند. اگر کلروفیل وجود نداشته باشد، به زودی همه موجودات زنده روی زمین (به استثنای بعضی از جانداران میکروسکوپی) نابود خواهند شد. طبیعی است که دانشمندان شیمی حیاتی در آن زمان مایل بودند که

این رنگیزه‌ها را به دست آورند و از یکدیگر جدا سازند تا بتوانند از ساختمان شیمیایی آنها آگاهی یابند، ولی چگونه می‌توانستند چیزی به این درهمی را به‌اجزای سازنده‌اش تجزیه کنند؟ روش‌های معمولی شیمیایی قادر به این کار نبودند.

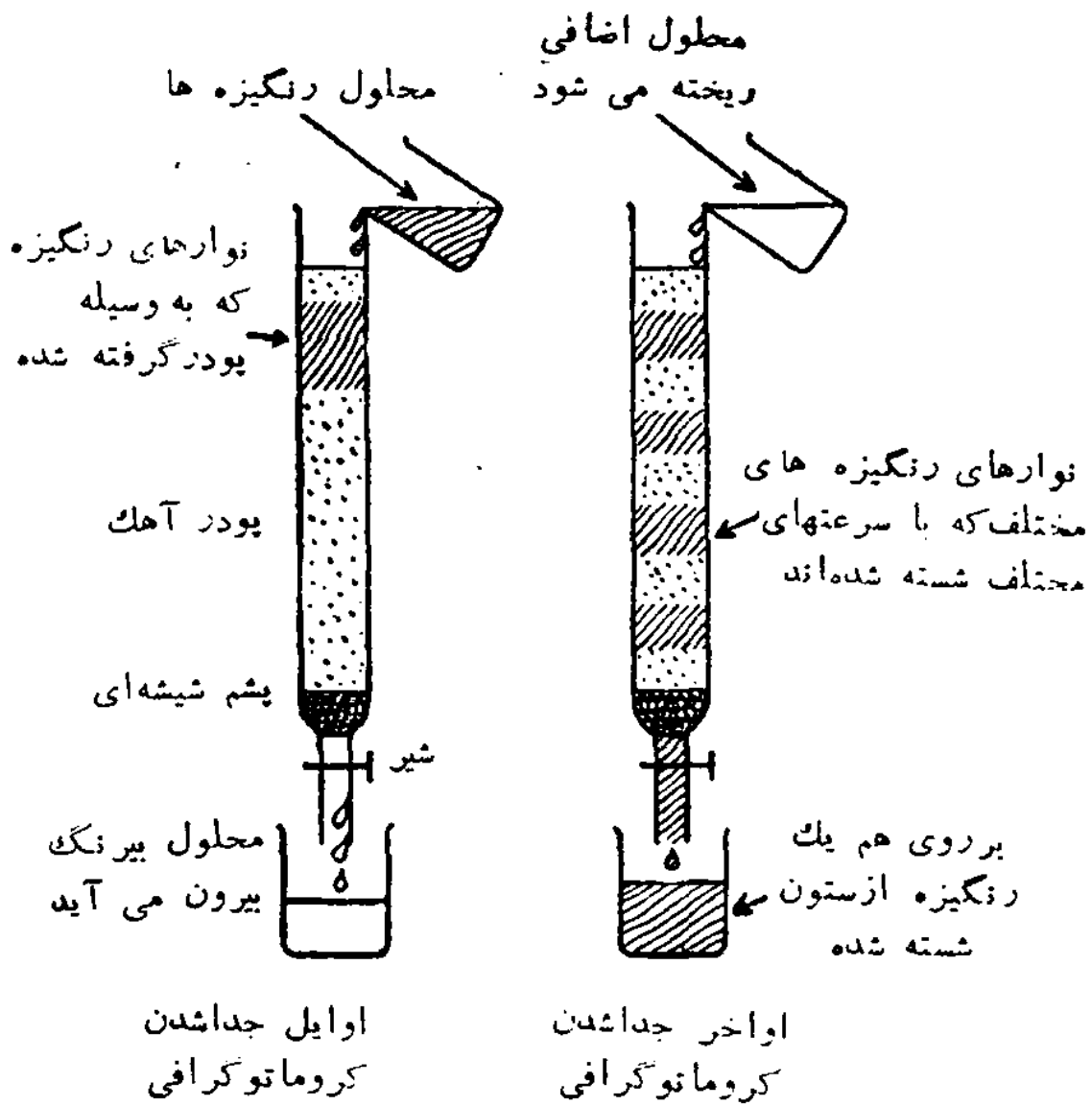
روشی که تسوت اختیار کرد این بود که این مخلوط در هم را در مایعی به نام اترنفت حل کرد و سپس محلول را در لوله‌ای که پر از گرد سنگ آهک بود ریخت. مایع بدون آنکه تغییر کند یا کاهش یابد به ته لوله رسید. اما رنگیزه‌های گیاهی که در آن محلول بودند در بالای لوله روی گرد آهک باقی ماندند.

فکر نکنید که مولکول‌های رنگیزه همچنان در بالای لوله خواهند ماند، زیرا گرچه رنگیزه‌ها در سطح باقی می‌مانند ولی چون مایع آنها را با خود می‌کشد، پس در حین عبور از میان رنگیزه‌ها تعدادی از مولکول‌های آنها را به آهستگی با خود به درون گرد آهک می‌برد. مولکول‌های رنگیزه‌ها از میان ذرات گرد آهک عبور می‌کنند و به سوی ته لوله به حرکت می‌افتند.

هر نوع رنگیزه از رنگیزه‌های دیگر جدا می‌شود و در سطحی از پودر آهک متوقف می‌گردد. هرچه مولکول‌های رنگیزه‌ای محکمتر به ذرات آهکی بچسبند کمتر پایین می‌روند و هرچه بیشتر در محلول باقی‌مانند پایینتر می‌روند.

بنابراین چیزی که در آغاز صورت مخلوطی یکنواخت

داشت، به یک عده نوارهای دارای درجات مختلف رنگهای زرد و سبز تجزیه می شود و در نقاط مختلف ستون گرد آهک قرار می گیرد. (شکل ۱۰) اگر ریختن اترنفت بر روی ستون گرد آهک ادامه یابد، همه رنگها سرانجام شسته شده هر یک در موقع معینی از پایین لوله خارج خواهد شد. در پایان آزمایش اجزای مختلف ترکیب در ظرفهای جدا جمع آوری می شوند.



شکل ۱۰: کروماتوگرافی ستونی

تسوت این روش را کروماتوگرافی (Cromato-graphy) مشتق از کلمات یونانی به معنی «رنگ نویسی»، نامید. این اصل برای جداساختن مخلوطهای

بیرنگ نیز به کار می رود.

از بخت بد تسوت تهی دست بود و از این گذشته شیمی حیاتی، روسی نه آلمانی. از این گذشته هنگامی دانشمندان آلمانی بود و اینان چنانکه باید بدین نکته توجه نداشتند که چه راه ساده‌ای برای حل مسئله‌ای گیج کننده پیدا شده آن هم به دست يك گیاه‌شناس نه دانشمند شیمی حیاتی، روسی نه آلمانی. از این گذشته هنگامی که تسوت در سال ۱۹۱۰ مقاله مشروحی درباره کروماتوگرافی نگاشت آن را به زبان فصیح روسی به رشته تحریر درآورد. اگر آن مقاله به زبان مریخی! هم نوشته می شد با همان واکنش جهان‌شیمی حیاتی رو به رو می شد. تسوت روش درستی کشف کرده بود و مقدر چنین بود که کروماتوگرافی یکی از قویترین و شایعترین روشهای شیمی حیاتی شود. ولی درست بودن کشف تسوت کافی نبود که گیاه‌شناس روسی را در ردیف دانشمندان شیمی حیاتی آلمانی قرار دهد، پس کروماتوگرافی به فراموشی سپرده شد. در سال ۱۹۲۲ يك دانشمند آمریکایی روش کروماتوگرافی را به کار برد و گزارشی مبنی بر درستی آن داد، با وجود این، مسئله مورد استقبال واقع نشد.

بیست و پنج سال از آن کشف گذشت، تا اینکه يك دانشمند شیمی حیاتی آلمانی سرانجام روش تسوت را به کار برد و آن را به همان صورتی که وی توصیف کرده بود مؤثر یافت.

* * *

در آخرین ربع قرن نوزدهم همه نوع گرد برای جدا ساختن اجزای مخلوطها به کار رفت. به تازگی موادی مصنوعی به نام «رزینهای مبادله یون» مفیدتر از همه از آب درآمدند.

در سال ۱۹۴۴ اصلاحی اساسی در این روش صورت گرفت. بدین معنی که عده‌ای از علمای شیمی حیاتی انگلستان ستون و گرد را رها ساختند و به اوراق کاغذ صافی قناعت کردند (کاغذ صافی نوعی کاغذ متخلخل است که تقریباً از سلولز خالص ساخته شده است).

باریکه‌ای از کاغذ صافی یا قطعه‌ای از آن را اختیار می‌کنند و یک انتهای آن را درون مایع فرو می‌برند. مایع به کندی در کاغذ صافی نفوذ می‌کند (جریان نفوذ مایع در کاغذ را هنگامی می‌توانید به آسانی ببینید که گوشه‌ای از کاغذ خشک‌کن را درون شیشه جوهر فرو برید). اگر کاغذ صافی و مایع را در ظرف بسته‌ای نگه دارید تا تبخیر نشود، چنانکه باریکه کاغذ دراز نباشد مایع در سرتاسر آن نفوذ خواهد کرد.

اکنون فرض کنید که نزدیک انتهای ورقی از کاغذ صافی یک یا دو قطره از مایع حاوی مواد مخلوط بریزید و بگذارید خشک شود. سپس همان گوشه کاغذ را به طوری درون مایعی فرو برید که قطره خشک شده در بالای سطح مایع باشد و مایع و کاغذ را در ظرفی محفوظ نگه

داريد تا از تبخير جلوگيري شود.

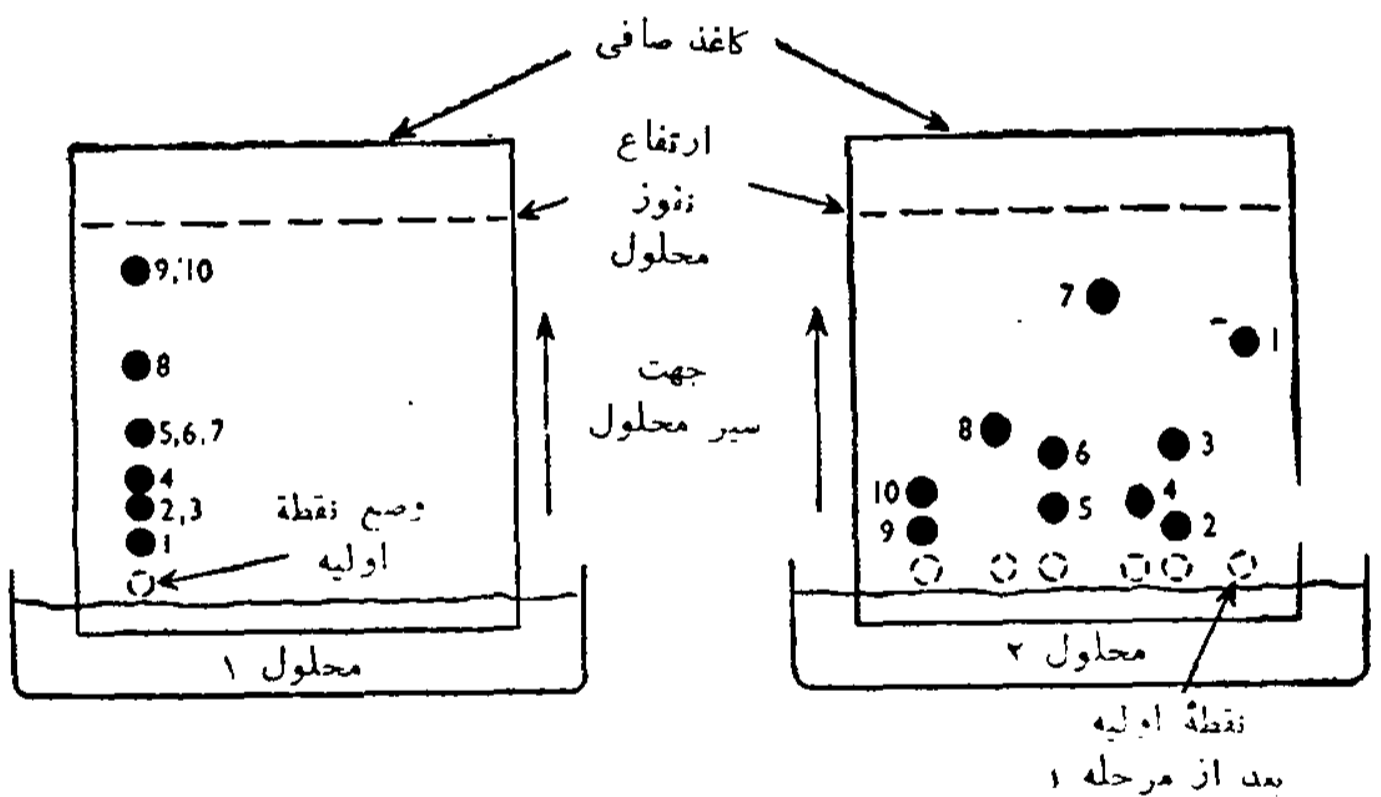
مايع رفته رفته به بالا نفوذ مي كند و در اندك مدتي به قطره خشك شده حاوي مخلوط مي رسد. هر ماده مخلوط كه در قطره خشك شده هست در برابر دوام قرار مي گيرد. يا بايد در برابر سير مايع ايستادگي كند يا بگذارد مايع جريان يابد، يا آنكه بايد سير مايع را نديده بگيرد يا به همراهش جريان يابد؟ هر ماده اي به طريقي كه خاص خود اوست عمل مي كند و با كندي و ترديد همراه مايع به راه مي افتد. (در آمايش فرو بردن گوشه آب خشك كن در شيشه جوهر توجه كنيد كه مولكولهاي جوهر به اندازه مولكولهاي آب در كاغذ بالانمي روند به طوري كه در اطراف لكه جوهری كه در كاغذ باقي ماند هاله اي از رطوبت ديده مي شود.) چنانكه حدس مي زنيد هر جزء مخلوط با سرعت مخصوص به خود در كاغذ انتشار مي يابد. هنگامي كه مايع قريب ۳۰ تا ۶۰ سانتيمتر در كاغذ بالا رفت، لكه اوليه به يك سلسله لكه ها تبديل مي شود.

از نظر تئوري هريك از لكه ها بايد قاعدتاً مساوي يكي از اجزاي مخلوط باشد ولي واقع امر اين است كه عموماً در هر مخلوطي كه چند ماده مشابه داشته باشد، سرعت انتشار دوياسه ماده مشابه ممكن است برابر باشد و آن مواد در يك نقطه جمع شوند.

روي اين اصل كاغذ را خشك مي كنند و وارونه در مايع ديگري قرار مي دهند. مثلاً اگر مايع اوليه مخلوطي از الكل بوتيليك و آب بود، مايع دوم را مخلوطي از فنل

و آب اختیار می‌کنند. احتمال دارد که موادی که سرعت انتشارشان در مایع اول برابر است در مایع دوم متفاوت باشد. پس دو یاسه ماده‌ای که باهم در یک لکه قرار گرفته بودند از هم جدا می‌شوند. همه این فرایندها در تصویر ۱۱ نشان داده شده است.

این روش را «کروماتوگرافی کاغذی دوبعدی» می‌گویند. مزیتش بر کروماتوگرافی ستونی این است که وسایطش بسیار ارزان است و با مقادیر کم مواد و بدون اشکال می‌توان عمل کرد.



تصویر ۱۱: کروماتوگرافی کاغذی دوبعدی

وقتی که لکه‌ها از هم جدا شدند و هر ماده‌ای جای اختصاصی خود را روی کاغذ اشغال کرد، تنها مسئله‌ای که باقی می‌ماند تعیین هویت آن مواد است. معمولاً مواد جدا شده بی‌رنگند و کاغذ صافی پس از خشک شدن چیزی نشان نمی‌دهد.

ولی مسئله را به آسانی می‌توان حل کرد. مثلاً می‌توان

کاغذ را در معرض اشعه فوق بنفش قرار داد. لکه‌های آن ممکن است نورانی یا سیاه شوند. در هر دو حالت با ممداد حدود آن‌ها را معلوم می‌کنند. یا آنکه دو کاغذ نظیر فراهم می‌کنند. بر یکی ماده‌ای شیمیایی اثر می‌دهند که بایکی از لکه‌ها یا با همه آنها ترکیب شود و رنگ مرئی بدهد. وقتی لکه‌ها ظاهر شدند این کاغذ را روی کاغذی که ماده شیمیایی بدان اثر ندادند قرار می‌دهند و محل لکه‌ها را تعیین می‌کنند.

وقتی که محل لکه‌ها تعیین شد، آنها را قطع می‌کنند و از هم جدا می‌سازند. سپس هر یک را جداگانه در محلولی حل می‌کنند و به تعیین هویت آن می‌پردازند. چه خوب کار پایان پذیرفته است!

اما باید دید که چرا در این باره به بحث پرداخته‌ام؟ و این دستکاری‌های کاغذ صافی به چه درد من خواهد خورد؟

بسیار خوب. همین کروماتوگرافی کاغذی به شیمی‌دانها امکان داده است به حل مسائلی توفیق یابند که در فصل قبل از آنها به تفصیل یاد کرده‌ام و حل آنها را «غیر ممکن» نشان داده‌ام. آن مسائل عبارتند از کشف چگونگی ساختمان مولکولهای پروتئید.

هر مولکول پروتئید از صدها یا هزارها مواد ساده به نام «اسیدهای آمینه» ترکیب یافته است. تعداد انواع

اسیدهای آمینه بیست است و چون دانه‌های گردن‌بند مروارید که به نخ کشیده شده‌اند به هم متصلند. تعداد ترتیبهایی که اسیدهای آمینه يك پروتئید دارای مولکول متوسط می‌توانند به خود بگیرند به قدری زیاد است که زمان و مکان، برای آزمایش همه آنها تا پیدا کردن ترتیب دلخواه، عملاً کافی نیست.

اما این کار «غیر ممکن»، موضوع کنجکاوی بی‌هوده آن‌دسته از دانشمندان شیمی حیاتی نیست که پای‌بند جنبه‌های نظری مسائل‌اند و کار دیگری از دستشان بر نمی‌آید.

اگر مسئله برای‌تان روشن نشده است انسولین را به میان می‌کشم.

انسولین مولکولی پروتئیدی است که به وسیله بعضی از سلولهای تخصص یافته لوزالمعده (غده‌ای که در زیر و عقب معده قرار دارد) ساخته می‌شود. انسولین به محض ساخته شدن وارد خون می‌گردد و مقدار آن همیشه متناسب با احتیاجات بدن ترشح می‌شود. خون انسولین را به همه سلولهای بدن می‌رساند. انسولین در مصرف قند و چربی برای تولید انرژی نظارت می‌کند.

اینکه انسولین چگونه بدین کار دست می‌زند مورد بحث است. بعضی از دانشمندان شیمی حیاتی معتقدند که کار انسولین کنترل کردن يك واکنش شیمیایی مخصوص است و به وسیله کنترل کردن همین يك واکنش مخصوص به تناسب احتیاجات بدن يك سلسله از واکنشها

را تسریع یا کند می‌کند. دیگر دانشمندان شیمی حیاتی اعتقاد دارند که انسولین سطح هر سلول را اشغال می‌کند و ورود مواد خام را به درون آن کنترل می‌کند و با این عمل اوضاع شیمیایی داخلی سلول را تنظیم می‌نماید. ساز و کار انسولین هر چه باشد، ماده‌ای حیاتی است. گاهی لوزه‌المعده در بعضی از افراد از این پروتئید حیاتی نمی‌سازد. نتیجه‌اش بروز اختلال در اوضاع شیمیایی بدن است. بدین معنی که گلوکز، قندی که برای تولید سریع انرژی به کار می‌رود، به صورتی کم اثر در این فرایند وارد می‌شود. پس در خون جمع می‌گردد و در ادرار نیز وارد می‌شود. وجود قند در ادرار یا وجود قند بیشتر از معمول در خون نشانهٔ حتمی بیماری دیابت است.

از آنجا که بیمار دیابتی غذا را چنانکه باید در بدن به مصرف نمی‌رساند، همواره احساس گرسنگی می‌کند، و گرچه بر اثر این احساس غذای بیشتری می‌خورد و وزنش را تدریجاً از دست می‌دهد. برای دفع قند زیادی از کلیه به آب بیشتری احتیاج دارد پس آب فراوان می‌نوشد و ادرار زیاد می‌کند. این بیماری عواقبی نیز دارد. از آن جمله دیابتی از افراد عادی استعداد بیشتری برای ابتلای به بیماری‌های میکروبی نشان می‌دهد. و چنانچه بیماری سیر طبیعی خود را کرده باشد، دیوارهٔ سرخ‌رگ‌های بیمار دیابتی سخت خواهد شد (تصلب شرایین).

اگر چه بیماری دیابت خانوادگی می نماید، معرّذا بیماری است فردی و غیرقابل پیشگویی و پیشگیری. وقتی که ظاهر شد معالجه پذیر نیست (رژیم مخصوص غذایی ممکن است بروزش را به تأخیر اندازد و اثراتش را تخفیف دهد.) دیابت فراوانترین اختلالات شیمیایی بدن است. میلیونها مردم از این بیماری رنج می کشند. خوشبختانه در دهه سال ۱۹۲۰ عده ای از دانشمندان کانادایی که بعداً به دریافت جایزه نوبل توفیق یافتند - روش به دست آوردن انسولین خالص را از لوزالمعده گاو کشف کردند. در نتیجه به کار بردن این انسولین، به جای انسولین کسی که لوزالمعده اش از این ماده ترشح نمی کند، دیابتیها می توانند مانند افراد عادی روزگار بگذرانند.

به کار بردن انسولین برای مداوای دیابت (نه ریشه کن کردن بیماری) با اشکالاتی همراه است. نخست آنکه تنها منبع تهیه آن لوزالمعده حیواناتی است که در کشتارگاهها ذبح می شوند مانند گاو و خوک و غیره. و هر حیوانی يك لوزالمعده دارد. از اینجا نتیجه می شود که تهیه انسولین حدی دارد. دوم آنکه انسولین را به صورت خوراکی نمی توان مصرف کرد زیرا در معده و روده تغییر می یابد و بی اثر می شود، پس باید به زیر جلد تزریق شود و این خود مایه ناراحتی است.

اگر ساختمان درست انسولین، نه ساختمان تقریبی آن، شناخته شده باشد، دانشمندان شیمی حیاتی بهتر

خواهند توانست از روی آن طرز کارش را در بدن، که این همه مورد بحث است، معلوم دارند. ممکن است هوشمندانه بخشی از مولکول را که مؤثرتر است بیابند و مولکول کوچکتری دارای آن بخش بسازند. اگر این مولکول کوچکتر بتواند جلو دیابت را بگیرد، پس منبع انسولین محدودیت خود را از دست خواهد داد و دیگر به انسولین گاو نیازی نخواهد بود. از این گذشته ممکن است در برابر هضم مقاومت کند و به صورت خوراکی مصرف شود.

این روش در تهیه بعضی از الکالوئیدها به کار رفته است. مثلاً ساختمان شیمیایی کوکائین را که داروی بیحس کننده موضعی است شناختند و مواد ساده تری ساختند که بخش مؤثر مولکول آن را دربر دارد. این ماده که جانشین کوکائین است، نوکائین نام دارد و از جهاتی مفیدتر از داروی طبیعی است.

چنانکه می بینید شناختن ترتیب درست اسیدهای آمینه در مولکول انسولین مسئله ای است که باید حل شود، و اهمیت بسیاری در مسئله تندرستی افراد آدمی دارد.

اندازه مولکول انسولین را از چند راه می توان به دست آورد. به طوری که معلوم شده وزن مولکولیش ۱۲۰۰۰ است. این وزن ۶۶۰ برابر وزن مولکول آب است ولی فقط يك پنجم وزن پروتئید میانه مولکولی

مانند هموگلوبین است. اگر چه مولکول انسولین کوچکتر از آن است که پروتئید باشد، جا برای قریب صد اسید آمینه دارد و همین خود شناختن ساختمان درست شیمیایی آن را مسئله بزرگی ساخته است.

مولکول انسولین را می توان تحت تأثیر مداوم اسید به دو بخش تجزیه کرد. تا پیش از سال ۱۹۴۴ این عمل کمکی به شناختن آن نکرد زیرا بسیاری از اسیدهای آمینه شباهت ساختمانی بسیار به هم دارند و تجزیه مخلوط اسیدهای آمینه، به این امید که بتوان مقدار هر يك را به دست آورد، غیر ممکن است. اما با به کار بردن روش کروماتوگرافی کاغذی مسئله ساده شد. قطره ای از مخلوط را روی کاغذ صافی می ریزند و سپس دو حلال مختلف به کار می برند. اسیدهای آمینه مختلف چنان پراکنده می شوند که تعیین هویت و مقدار هر يك ممکن می گردد.

با این روش معلوم شد که مولکول انسولین جمعاً ۹۶ اسید آمینه دارد و تعداد انواع اسیدهای آمینه هجده نوع است. برای درك مقصود به ذکر نام ۱۸ اسید آمینه نیازی نیست. فقط نام آنها را به ترتیب حروف الفبا از A و B تا R می گذاریم.

پنجمین اسید آمینه - به ترتیب الفبا - از بقیه اسیدهای آمینه از این نظر تفاوت دارد که مولکولی مضاعف است یا می توان گفت مولکولی دوسر است. به طوری که از يك سر به يك زنجیر اسید آمینه ای متصل

می‌شود و از سر دیگر به زنجیری دیگر. روی این اصل به جای E به آن $E-E$ خواهیم گفت.

جدول ۱۳ نام اسیدهای آمینه مختلف و تعداد هر يك را در مولکول انسولین نشان می‌دهد. تعداد ترتیبهایی که این ۹۶ اسید آمینه می‌توانند به خود بگیرند تا مولکولی از پروتئید بسازند برابر است با 100×10^3 یعنی ۳ با ۱۰۰ صفر در سمت راست آن. نیازی به این نیست که، مانند آنچه در فصل پیش بیان داشته‌ام، عظمت این عدد را بنمایانم. مطالبی را که در این باره گفته‌ام به یاد آورید. تعداد کل ذرات زیر اتمی موجود در يك تريليون خورشید در مقایسه با این عدد ناچیز است.

باید دید که: «کدام يك از 100×10^3 ترتیب، مولکول منظور است؟» بگذریم گروهی از علمای شیمی حیاتی انگلستان زیر نظر دکتر ف - زانگر از آن دست بر نداشتند بلکه در حدود سال ۱۹۵۴ شروع کردند به حل این مسئله.

یکی از نقاطی که در هر زنجیر اسید آمینه‌ای شناختنش آسان است انتهای آن است. فرض کنید زنجیر اسید آمینه‌ای به صورت $F-G-H-I-J-K$ داشته باشیم. آشکار است که دو اسید آمینه F و K از این جهت با سایر اسیدهای آمینه تفاوت دارند که در هر يك، یکی از دو انتها آزاد است. انتهای اسید آمینه F و انتهای آمین اسید آمینه K آزاد است (زنجیر را به دلخواه چنان نوشته‌ام که انتهای اسید هر اسید آمینه در سمت چپ و

جدول شماره ۱۳

اسیدهای امینه مولکول انسولین	
تعداد در يك مولکول	نوع اسید امینه
۶	A
۲	B
۴	C
۲	D
۶	E-E
۸	F
۲	G
۱۲	H
۴	I
۲	J
۱۲	K
۲	L
۶	M
۲	N
۶	O
۲	P
۸	Q
۱۰	R
۹۶	جمع

انتهای امین آن در سمت راست است. به صورت عکس هم می توان نوشت).

زانگر و همکارانش به این کشف نایل آمدند که اگر زنجیره اسید امینه را زیر تأثیر ماده شیمیایی رنگینی - که اکنون به «معرف زانگر» معروف است - بگذارند به گروه امین آزاد انتهای راست زنجیر متصل خواهد شد. در وضع بالا اثر معرف را می توان به این صورت نوشت: F-G-H-I-J-KS، حرف S معرف زانگر است.

اگر پس از اثر دادن اسید زنجیر اسیدهای امینه به اجزایش تجزیه شود، اسیدهای امینه ای که خواهیم داشت عبارتند از F و G و H و I و J و KS. معرف زانگر به اسید امینه K متصل خواهد ماند. مخلوط را می توان با کرماتوگرافی کاغذی از هم جدا ساخت و شناختن KS آسان است زیرا مانند معرف زانگر رنگ دارد و حال آنکه سایر اسیدهای امینه فاقد رنگند. KS را می توان از صورت کاغذ جدا ساخت و معرف زانگر را از آن جدا نمود و آن را شناخت. بدین روش اسید امینه ای که در انتهای سمت راست زنجیر هست شناخته می شود.

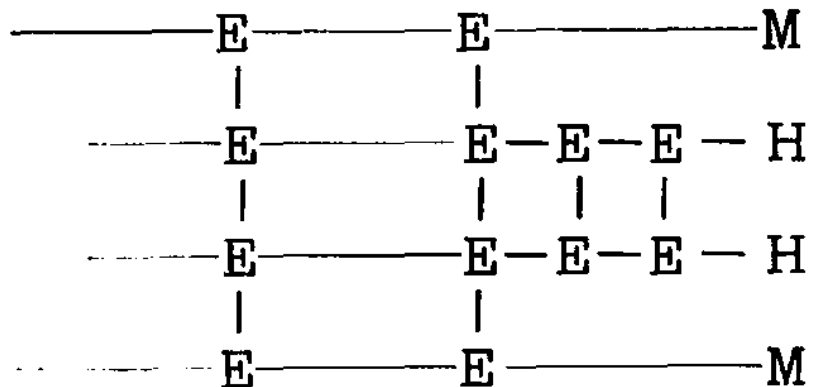
همکاران زانگر این روش را برای شناختن مولکول انسولین به کار بردند و به این نتیجه رسیدند که مولکول انسولین چهار اسید امینه دارد که معرف زانگر بدانها متصل می شود. دو تا از این اسیدهای امینه H و دو تای دیگر M بودند (حروف الفبا برای نامیدن آنها به کار

رفته است).

تنها نتیجه‌ای که از این آزمایش حاصل شد این بود که هر مولکول انسولین از چهار زنجیر جدا از هم اسید آمینه‌ای ساخته شده که شش مولکول اسید آمینه دوسر E-E آنها را به هم متصل می‌سازد. تصویری از مولکول انسولین به صورتی که بیان شده در شکل ۱۲ نشان داده شده است.

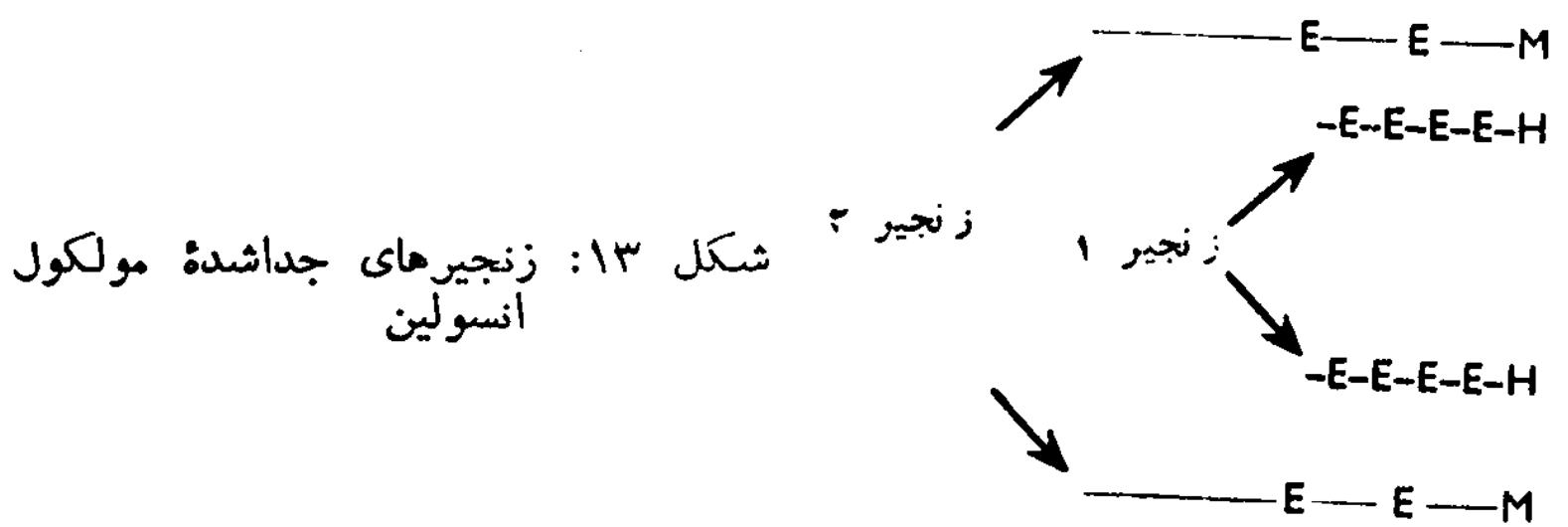
برای جدا ساختن اسید آمینه دوسر E-E به دو تکه E و E ، بدون آنکه آسیبی به سایر بخشهای مولکول وارد آید، وسیله‌ای هست و آن اثر دادن ماده‌ای به نام «اسید پرفورمیک» است.

شکل ۱۲: شکل فرضی ساختمان مولکول انسولین



زانگر و همکارانش انسولین را تحت تأثیر اسید پرفورمیک قرار دادند و با چهار زنجیر جدا از هم، به صورتی که در شکل ۱۳ هست روبه‌رو شدند.

دو تا از زنجیرها که به H ختم می‌شوند و هر یک چهار E دارند پس از آزمایشهای گوناگون نظیر هم از آب در آمدند. این دو زنجیر را (۱) - می‌نامیم. دو زنجیر دیگر که به M ختم می‌شوند و هر یک دو E دارد نیز نظیر یک



دیگرند. این دو زنجیر را (۲) می نامیم. از آنجا که زنجیر (۱) و زنجیر (۲) ساختمان متفاوت دارند، خواص شیمیایی آنها نیز متفاوت است و به سادگی جدا شدنی هستند.

پس از جدا ساختن دو زنجیر (۱) و (۲) می توان هر یک را تحت تأثیر اسید به اسیدهای آمینه منفرد تجزیه کرد. مخلوط اسیدهای آمینه منفرد هر زنجیر جدا از دیگری با کروماتوگرافی کاغذی تجزیه شد. بدین روش موفق شدند اسیدهای آمینه هر زنجیر را از نظر ماهیت و مقدار تعیین کنند. نتیجه تجزیه در جدول ۱۴ نشان داده شده است.

توجه کنید زنجیر (۱) بیست و یک اسید آمینه دارد و زنجیر (۲) سی اسید آمینه. از آنجا که در مولکول انسولین دو زنجیر (۱) و دو زنجیر (۲) هست پس تعداد کل اسیدهای آمینه انسولین به ۱۰۲ می رسد. ولی قبلا تعداد آنها را ۹۶ ذکر کرده ام. اشکالی ندارد زیرا پس از جدا ساختن چهار زنجیر شش اسید آمینه ای، E-E به ۱۲ اسید آمینه E تبدیل شده است. بنابراین وقتی ۶

اسید امینه به ۹۶ افزوده شود جمع ۱۰۲ خواهد شد.

جدول شماره ۱۴

اسیدهای امینه زنجیر (۱) و زنجیر (۲)		
نوع اسید امینه	تعداد در زنجیر (۱)	تعداد در زنجیر (۲)
A	۱	۲
B	۰	۱
C	۲	۰
D	۰	۱
E	۴	۲
F	۲	۲
G	۰	۱
H	۴	۴
I	۰	۲
J	۱	۰
K	۲	۵
L	۰	۱
M	۰	۴
N	۰	۱
O	۲	۱
P	۰	۱
Q	۲	۲
R	۲	۴
جمع	۲۱	۴۰

آیا کاری از پیش برده‌ایم؟ اکنون باید ترتیب اتصال اسیدهای آمینه را در هر يك از دو نوع زنجیر معین کنیم. تعداد ترتیبهای ممکن در زنجیر (۲) مقدار 2×10^{27} است و این تعداد در زنجیر (۱) $10^{10} \times 6$ است. بدیهی است اینها اعداد کوچکی نیستند ولی در مقایسه با 10^{100} هیچ است. هیچ! زیرا 2×10^{27} معادل نصف تعداد گرمهای ماده موجود در زمین است. و $10^{10} \times 6$ معادل ۶ میلیون میلیارد است که رقمی خنده‌آور است.

پس آیا زانگر و همکارانش به پیشرفتی نایل آمده‌اند؟

بعد چه؟

فرض کنید که زنجیر (۲) را اختیار کردیم و تحت تأثیر اسید قرار دادیم. اسید پیوند میان اسیدهای آمینه را به صورتی کمابیش اتفاقی پاره می‌کند و اگر بگذارید تا آخرین حد مؤثر واقع شود پیوند میان همه اسیدهای آمینه گسیخته خواهد شد. اما اگر پیش از پایان گسیختگی همه پیوندها، کار اسید را به وسیله تأثیر دادن يك باز متوقف سازید چه خواهید داشت؟ در این حالت قطعاتی از زنجیر به دست خواهد آمد که اسیدهای آمینه آن هنوز از هم جدا نشده‌اند. مثلاً ممکن است دو تا از اسیدهای آمینه نقطه‌ای از زنجیر چسبیده به هم جدا شوند، سه تا از نقطه دیگر زنجیر و چهار تا از نقطه دیگر و برای این قیاس. به عبارت دیگر مخلوط قطعاتی به دست خواهید

آورد که شامل دو یاسه یا چهار اسید امینه خواهند بود و ترتیب آنها همه‌گونه ممکن است باشد.

می‌توان تعدادی از قطعات این مخلوط را جدا کرد. اگر اسید به صورتی مناسب تأثیر داده شود، پنج قطعه مختلف اسید امینه‌ای به دست می‌آید. مسلماً هر قطعه خود شامل چند اسید امینه است ولی می‌توان هر قطعه‌ای را به یاری کروماتوگرافی کاغذی دوبعدی، به اجزای سازنده‌اش تجزیه کرد.

وقتی که هر قطعه جدا از قطعات دیگر به دست آمد، آن را از کاغذ در محلولی حل می‌کنند و در لوله‌ای امتحانی قرار می‌دهند سپس هر قطعه را جدا از قطعات دیگر تحت تأثیر اسید قرار می‌دهند ولی می‌گذارند که اسید همه بندهای میان اسیدهای امینه را پاره کند. بنابراین قطعه مورد آزمایش به اسیدهای امینه سازنده خود تجزیه می‌شود و مخلوط اسیدهای امینه حاصل را می‌توان روی کاغذ صافی ریخت و تجزیه کرد. بدین صورت اسیدهای امینه هر قطعه شناخته می‌شوند.

با اعمال این روش معلوم شد که یکی از قطعات شامل اسیدهای امینه E و H و R است. قطعه دیگر شامل D و G و R و M برای این قیاس.

اما ترتیب قرار گرفتن اسیدهای امینه در قطعه چگونه است؟ قطعه‌ای که شامل E و H و R است کدام یک از این ترتیبها را دارد:

H-R-E یا H-R-E, R-H-E, R-E-H, E-R-H, E-H-R ؟

برای شناختن ترتیب اسیدهای امینه هر قطعه می-توان معرف زانگر بدان اثر داد و سپس تحت تأثیر اسید تجزیه کرد. با این عمل اسید امینه دست راست قطعه شناخته خواهد شد.

اگر قطعه شامل دو اسید امینه باشد، ساختمان آن به زودی شناخته می‌شود. اگر این قطعه شامل دو اسید امینه A و B باشد و معلوم شود که B در سمت راست هست مسلماً ترتیب آنها A-B خواهد بود و ترتیب دیگری وجود نخواهد داشت. بدین روش قریب ۳۲ قطعه اسید امینه‌ای حاصل از پاره پاره شدن زنجیر (۲) را شناختند. پس از پیدا کردن آنها با استفاده از روشی که در حل معماها یا رمزها به کار می‌رود می‌توان ترتیب قرار گرفتن قطعات را یافت.

مثلاً زنجیر (۲) فقط يك اسید امینه D دارد و دو قطعه متفاوت حاصل از آن هر يك يك اسید امینه D دارد. یکی ساختمانش G-D و دیگری D-R است. آشکار است که زنجیر (۲) باید دارای ترتیب G-D-R باشد زیرا تنها از چنین ترتیبی می‌توان هم G-D به دست آورد و هم D-R.

قطعه‌ای شامل سه اسید امینه D و R و M هست که M در انتهای راست قرار دارد. این قطعه سه اسید امینه‌ای فقط می‌تواند D-R-M یا R-D-M باشد ولی می‌دانیم که R همیشه فقط به دنبال D موجود در زنجیر هست، پس

ترتیب سه اسید امینه فقط D-R-M خواهد بود و از این گذشته G همیشه پیش از D در زنجیر (۲) هست. بنابراین این معلوم می‌شود که در زنجیر (۲) دارای قطعه‌ای با این ترتیب است: G-D-R-M.

تحلیل مسئله به همین روش دنبال می‌شود. يك اسید امینه B در زنجیر هست. از آنجا که هم H-B به دست آمده و هم B-F پس ترتیب اسید امینه خواهد شد: H-B-F.

نیز اسید امینه منفردی به نام N در زنجیر هست و قطعه‌ای N-P پیدا شده است. قطعه‌ای سه اسید امینه‌ای دارای N نیز به دست آمده است که N در سمت راست آن بوده است. پس این قطعه یا L-A-N است یا A-L-N و هیچ‌گاه قطعه L-A پیدا نشده اما يك A-L پیدا شده است. بنابراین قطعه سه اسید امینه‌ای بایستی A-L-N باشد و از آنجا که N-P هم پیدا شده قطعه چهار اسید امینه‌ای به قرار زیر خواهد شد: A-L-N-P.

قطعات زنجیر رفته‌رفته پهلوی هم گذاشته شد و سرانجام تنها (!!!) ترتیب سی اسید امینه، که قطعات آن از طریق کروماتوگرافی کاغذی، شناخته شده بودند به دست آمد. يك ترتیب از میان $10^{27} \times 3$ ترتیب! فقط يك ترتیب! مانند آن است که پی‌ماده‌ای دوگرمی در تمام پیکر زمین بگردیم و پیدایش کنیم.

به روش مشابهی ترتیب اسیدهای امینه زنجیر (۱) نیز ساخته شد. ترتیب اسیدهای امینه هردو زنجیر در شکل ۱۴ هست. شرح چگونگی اتصال زنجیر (۱) و (۲) تفصیلی است که به شرح آن نیاز نیست و می‌توان گفت که زانگر و همکارانش ساختمان درست اسید امینه‌ای انسولین را کشف کرده‌اند.

C-E-Q-C-K-H-Q-K-O-E-R-O-A-E-E-F-F-R-J-H

Chain 1

-AL-N-P-Q-M-M-H-B-F-H-E-R-K-Q-K-A-F-R-K-I-O-H-EK-I-G-D-R-M

Chain 11

شکل ۱۴: ترتیب اسیدهای امینه در زنجیر (۱) و (۲)

دل‌م‌می‌خواست می‌توانستم بگویم که تعیین ساختمان انسولین روش کار این ماده را در بدن روشن ساخته و روزنه‌ امید برای مداوای دیابت باز کرده است. اما متأسفانه نمی‌توانم چنین اظهاری بکنم زیرا تا آنجا که بر پزشکان معلوم شده این پیروزی روی کاغذ (صافی) پیروزی روی کاغذ بود و پا از آن فراتر نگذاشته است. ترتیب اسیدهای امینه مولکول انسولین ظاهراً بی‌معنی آمد. بدان توجه کردیم ولی چیزی دست‌گیر نشد. کمترین تغییر حاصل در ساختمان انسولین آن را نابود می‌کند و هیچ بخشی از آن از دیگر بخشها مهمتر نمی‌نماید.

آیا پیشرفتی در این راه امکان ندارد؟ آیا نمی‌توان ماده‌ ساده‌تری یافت که بتواند جای آن را بگیرد؟ نمی‌دانم ولی کاملاً مأیوس نیستم.

هشت سال طول کشید که زانگر و همکارانش توانستند مسأله «غیرممکن» یافتن ترتیب معین را از میان تعداد بیشماری ترتیب حل کنند. باید به دانشمندان شیمی حیاتی چند سال دیگری فرصت بدهیم تا ببینند با چه مسائل غیرممکن دیگر روبه‌رو خواهند شد.

فصل پنجم

عادی بودن امری خود غیر عادی است

جملهٔ جالبی به این مضمون هست: «انسان عادی وجود ندارد.»

مسئله این است که: «چرا انسان عادی وجود ندارد؟»

ببینیم چرا؟

غالباً گفته می‌شود که «انسان عادی» چون «گاز کامل» یا «صفر مطلق» تجرید سودمندی است که وجود خارجی ندارد.»

این گفته یک حسن دارد و آن این است که روانشناسی را به صورتی با علوم طبیعی برابر در نظر گرفته ولی به هر حال نشان نمی‌دهد که چرا انسان عادی وجود خارجی ندارد.

می‌دانیم که چرا «گاز کامل» وجود ندارد. گاز کامل گازی است که مولکولهای آن را دارای حجم نمی‌شناسند

و آنها را چون «نقطه‌های» ریاضی می‌پندارند که هیچ بعدی ندارند. نیز آنها را فاقد جاذبه مولکولی تصور می‌کنند. وقتی که این تعاریف را با هم جمع می‌کنند، خواص گازها از روی بعضی از فرضیات و هندسه و مقداری روش آماری محاسبه می‌شود و بدین صورت بعضی از «قوانین گازی» به وجود می‌آید.

اما، از بخت بد مولکول همه نوع گاز دارای حجم است و گرچه بسیار کوچک است هیچ‌گاه نقطه ریاضی نیست. و از این گذشته مولکولها جاذبه‌ای نسبت به هم نشان می‌دهند. و گرچه این جاذبه گاهی بسیار کم است ولی هرگز به صفر نمی‌رسد.

این هردو واقعیت قوانین گازی را از ارزش می‌اندازد. دانشمندان فیزیک و شیمی به منظور توضیح خواص گازهای واقعی روشهایی اتخاذ کردند که آنها را به گاز کامل نزدیک سازند.

هرگاز واقعی را می‌توان چنان ساخت که خواصش به خواص گازهای کامل نزدیک شود. مثلا اگر گازی را در فشار بسیار کم قرار دهند، مولکولهایش از هم جدا می‌شوند. وقتی که مولکولها از هم جدا شدند جاذبه‌ای که نسبت به هم دارند کاهش می‌یابد. از این گذشته حجم هر مولکول نسبت به فضای میان مولکولها چنان کوچک می‌شود که هر مولکول را می‌توان کمابیش نقطه‌ای ریاضی به حساب آورد. بدین طریق به شرایط گاز کامل نزدیک می‌شوند. (این مسئله هنگامی نیز صادق است که

گرمای گاز افزایش یابد.)

گاز واقعی در فشار صفر گاز واقعی می شود. متأسفانه در فشار صفر، مولکولها به قدری از هم دورند که می توان گفت در این فشار گازی وجود نخواهد داشت. چیزی که وجود دارد خلاء کامل است.

بنابراین گاز کامل حالت «حد» دارد و نمی توان بدان رسید. یعنی می توان بدان بسیار بسیار نزدیک شد ولی نه کاملاً بدان رسید.

اکنون به صفر مطلق می پردازیم.

صفر مطلق دمایی است که در آن همه جنبشهای مولکولی متوقف می شود. عملاً رسیدن به چنین دمایی غیر ممکن است. به دماهایی در حدود چند هزارم درجه نزدیک صفر مطلق رسیده اند ولی هیچ نشانی از رسیدن به هدف دیده نمی شود. رسیدن از ۴ درجه بالای صفر مطلق به دو درجه بالای آن بسیار دشوار است. رسیدن از ۲ درجه بالای صفر مطلق به یک درجه بالای آن به همان اندازه دشوار است. رسیدن از ۱ به ۰/۵ و از ۰/۵ به ۰/۲۵ و بر این قیاس نیز دشوار است.

بار دیگر به حدی می رسیم که می توان بدان نزدیک شد ولی نمی توان بدان رسید.

اکنون به انسان «عادی» باز می گردیم. اگر انسان عادی مانند گاز کامل یا صفر مطلق بود، در حدی قرار

داشت که نزدیک شدن بود ولی رسیدن به آن غیرممکن بود.

می توانیم برای رفتار آدمی حدی قائل شویم. می توانیم انسانی به تصور آوریم که بسیار قوی و بسیار عاقل و بسیار با تقوا و بسیار قابل تمجید، مافوق انسان و مخلوقی خدایی باشد ولی «انسان عادی» نیست بلکه از انسان ایدآلی هم بالاتر است و به خوبی معلوم است که چنین انسانی بی نهایت کمیاب است.

چنانکه می بینید صفاتی که برای این تجربه های حد به کار رفته اند بسیار فرضی هستند. مانند کامل، مطلق، ایدآلی. صفاتی از این قبیل برای چیزهایی مناسب اند که رسیدن بدانها غیرممکن است.

اما باید دید که چگونه کلمه «عادی» را برای چیزی که ظاهراً تجربی است به کار برده اند. کلمه عادی در کتاب لغت مترادف کلماتی چون «معمولی»، «طبیعی»، «منظم»، «نمونه» و مانند اینها آورده شده است. آیا وقتی که گفته می شود انسان عادی وجود ندارد تناقض لفظی نیست؟ چگونه ممکن است که چیزی معمولی و طبیعی و منظم و نمونه باشد و وجود نداشته باشد؟

بسیار خوب، اکنون ببینیم که از نظریه روانشناس انسان عادی چه کسی است؟ مجموعه ای از یک میلیون و یک (آیا مجموع یک تریلیون و یک نیست؟) خصوصیت فردی است که در ساختن یک فرد آدمی وارد است. و هر یک از این خصوصیات را به صورت عادی دارد. این بدان

معنی است که انسان عادی، مانند همهٔ مواردی که خصوصیتی دارای اجزایی چند است، صاحب چیزهایی است که عادی، معمولی، طبیعی، منظم و نمونه هستند. بعضی از خصوصیات جنبهٔ عمومی دارند. مثلاً هر انسان زنده نفس می‌کشد و قلبی دارد که می‌زند و ما مانند اینها. از این نظرها هر انسانی عادی است.

عواملی نیز وجود دارند که عمومی نیستند. مثلاً شخصی ممکن است اصرار زیاد در این داشته باشد که بیگانگانی را که بدو آزاری نرسانده‌اند بکشد. نیز ممکن است چنین اصراری نداشته باشد. صورت دوم از این جهت عادی است که معمولی و طبیعی است ولی عمومی نیست، زیرا کسانی هستند که تمایلات آدمکشی دارند. داشتن چنین تمایلی، يك خصوصیت غیرعادی و نداشتن آن عادی است. پس انسان عادی ما این خصوصیت را نخواهد داشت.

در هر فرد آدمی، هر عامل سازنده وی را می‌توان عادی یا غیرعادی به حساب آورد. عادی عاملی خواهد بود که در بیشتر مردم و شاید کمابیش در همهٔ مردم، و گه‌گاه، در همهٔ مردم دیده می‌شود (به خاطر داشته باشید که خصوصیت عادی لازم نیست که قابل تحسین باشد بلکه باید فقط جنبهٔ عمومی داشته باشد. همهٔ مردم تا حدی خودپسند و تا حدی لجوج و تا حدی کودنند. انسان عادی ما تا حدود متعارف خودپسند و لجوج و کودن خواهد بود.)

پس اگر بیشتر مردم از نظر هر خصوصیت معینی عادی هستند، چرا انسانی که از نظر همه خصوصیات عادی باشد پیدا نمی‌شود؟ به عبارت دیگر اگر همه خصوصیات عادی و معمولی و طبیعی و منظم و نمونه را به هم بیفزاییم چرا نباید به آدمیان عادی و معمولی و طبیعی و منظم و نمونه برسیم؟

اکنون به طور موقت از انسان به اتم می‌پردازیم تا ببینیم که پاسخ مسئله را می‌توانیم بیابیم یا نه.

اتمهای بیشتر عنصرها چند نوع است و خصوصیات شیمیایی همانند دارند ولی از جهاتی متفاوتند. این گونه اتمها را ایزوتوپ می‌گویند.

بعضی از عنصرها مرکب از دو یا چند ایزوتوپ برابرند. بعضی دیگر از اتمها عموماً (نه کاملاً) یک نوع ایزوتوپ دارند و دیگر ایزوتوپها بسیار نادرند. اتفاقاً عنصرهایی که بدن آدمی را به وجود می‌آورند، مهمترین آنها، از دسته دوم‌اند.

بدین منظور به جدول ۱۵ نگاه کنید.

منظورم از «حصول نسبی» نسبت اتمهای عنصری است (در هر نمونه اتفاقاً) که در يك ایزوتوپ وجود دارد. مثلاً اگر به ئیدروژن توجه کنیم از جدول چنین برمی‌آید که از هر ۱۰۰۰۰۰ ر ۱۰۰۰۰ ئیدروژن ۹۹۸۴ ر ۹۹ (به طور متوسط) ئیدروژن - ۱ و ۱۶ ئیدروژن - ۲ است.

(به مفهوم اعدادی که ایزوتوپها را از هم جدا می‌سازند اهمیت ندهید زیرا در اینجا از نظر مسئله‌ای که مطرح است اهمیتی ندارد).

به بیان دیگر، فرض کنید که در برابر کیسه‌ای مملو از اتمهای ئیدروژن نشست‌های و هراتم ئیدروژن به اندازه تیل‌های بزرگ شده است و فرض کنید بدون نگاه کردن به درون کیسه دستتان را در آن فرو می‌برید و هراتمی که به دستتان می‌خورد می‌گیرید. احتمال برخورد ئیدروژن ۱- به دستتان ۹۹۹۸۴ ر ۹۹۹۹۹ از ۱۰۰۰۰۰ است. احتمال برخورد دستتان به ئیدروژن ۲- فقط ۱۶ در ۱۰۰۰۰۰ است.

جدول شماره ۱۵

عنصر	ایزوپ‌های پر شمار		ایزوپ‌های کم شمار	
	نام	حصول نسبی	نام	حصول نسبی
ئیدروژن	ئیدروژن- ۱	۰/۹۹۹۸۴	ئیدروژن- ۲	۰/۰۰۰۱۶
کربن	کربن- ۱۲	۰/ ۹۸۸۸	کربن- ۱۳	۰/ ۰۱۱۲
نیترژن	نیترژن- ۱۴	۰/ ۹۹۶۲	نیترژن- ۱۵	۰/ ۰۰۳۸
اکسیژن	اکسیژن- ۱۶	۰/ ۹۹۷۶	اکسیژن- ۱۷	۰/ ۰۰۲۴
			اکسیژن- ۱۸	
گوگرد	گوگرد- ۳۲	۰/ ۹۵۰۶	گوگرد- ۳۳	۰/ ۰۴۹۴
			گوگرد- ۳۴	
آهن	آهن- ۵۶	۰/ ۹۱۵۷	آهن- ۵۴	
			آهن- ۵۷	۰/ ۰۸۴۳
			آهن- ۵۸	

طبیعی است که در شرایط فوق انتظار دارید هر وقت ئیدروژنی را از کیسه بیرون می کشید ئیدروژن - ۱ باشد. اگر يك ئیدروژن بیرون بکشید يك ئیدروژن «عادی» خواهد بود. ولی گاه که دستتان را بیرون می کشید ئیدروژن - ۲ در دست خواهید داشت و این موجب تعجب شما خواهد شد. زیرا ئیدروژن «غیر عادی» به دستتان آمده است.

همین جریان عیناً در مورد سایر عنصرهای جدول نیز صادق است ولی نه به نسبتی که در ئیدروژن هست. در سایر عنصرها يك ایزوتوپ، مانند آنچه در ئیدروژن دیده ایم، به وفور یافت نمی شود. مثلاً در آهن، یکی از ایزوتوپها بیش از $\frac{9}{10}$ است و بقیه ایزوتوپها بر روی هم از $\frac{1}{10}$ کمترند.

پس ئیدروژن - ۱ و کربن - ۱۲ و نیتروژن - ۱۴ و اکسیژن - ۱۶ و گوگرد - ۳۲ و آهن - ۵۶ را از ایزوتوپهای «عادی» می نامیم. (طبیعی است که در اینجا نخواستم اشاره کرده باشم که کربن - ۱۳ و ئیدروژن - ۲ یا سایر عنصرها نقصی از نظر اخلاق یا پیچیدگی از نظر اوضاع جسمانی دارند. فقط از این نظر ایزوتوپهای دیگر را عادی خواندم که معمولی و طبیعی و غیره اند). بسیار خوب. اتمهای ئیدروژن در شرایط معمولی به صورت اتم وجود ندارند. بلکه دوتایی به هم متصل شده مولکول ئیدروژن به وجود می آورند. چنانکه می بینید سه نوع ترکیب دوئیدروژنی (یعنی سه نوع مولکول

ئيدروژن) به طور اتفاقی می تواند به وجود آید.
 ئيدروژن- ۱ بائيدروژن- ۱، ئيدروژن- ۲ بائيدروژن-
 ۲ و ئيدروژن- ۱ بائيدروژن- ۲.

طبیعی است که بیشتر ترکیب دوئيدروژنی از
 ئيدروژنهای - ۱ خواهد بود زیرا تعداد ئيدروژنهای-
 ۲ کم است. اما باید دید که نسبت «مولکولهای مرکب از
 دوئيدروژن - ۱» چه خواهد بود.

احتمال اینکه اتم ئيدروژن از نوع ئيدروژن - ۱
 باشد معادل «حصول نسبی» آن است یعنی $0/99984$.
 است. احتمال اینکه اتم ئيدروژن دیگر هم از نوع
 ئيدروژن - ۱ باشد نیز $0/99984$ است. اکنون باید
 دید که احتمال بیرون کشیدن دو اتم ئيدروژن - ۱ باهم
 چه خواهد بود.

احتمال وقوع دو حادثه باهم برابر حاصل ضرب
 احتمال وقوع آن حوادث است، وقتی که مستقل از یکدیگر
 صورت گیرند.

به عبارت دیگر احتمال اینکه هر دو ئيدروژنی که از
 کیسه بیرون می کشیم از نوع ئيدروژن - ۱ باشند
 (یعنی يك مولکول ئيدروژن - ۱) برابر
 $0/99984 \times 0/99984$ پاسخ آن $0/99968$ است.
 یعنی از هر ۱۰۰۰۰ مولکول ئيدروژن ۹۹۹۶۸
 مولکول دوئيدروژن - ۱ است. فقط ۳۲ مولکول از
 ۱۰۰۰۰ مولکول ئيدروژن - ۱ و ئيدروژن - ۲ است
 یافت دوئيدروژن - ۲ است.

مولکولهای دوئیدروژن - ۱ از مولکولهای «عادی» هستند» زیرا معمولی و طبیعی و منظم و نمونه‌اند. سایر انواع مولکولها «غیر عادی» اند.

اکنون بحث را متوقف می‌کنیم و کوشش به عمل می‌آوریم تا تعریفی بکنیم. ممکن است این تعریف خوب باشد یا خوب از آب در نیاید.

مولکولی عادی است که از ایزوتوپهای عادی مرکب باشد. (توجه داشته باشید که این تعریف مثل آن است بگویم «یک انسان عادی» انسانی است که کلا واجد خصوصیات انسان عادی باشد.)

بسیار خوب. چنانکه می‌بینید حصول نسبی «مولکول ئیدروژن» (۰/۹۹۹۶۸) به اندازه حصول نسبی اتمهای «ئیدروژن عادی» نیست (۰/۹۹۹۸۴). این مسئله قابل توجه است زیرا تعدادی از «ئیدروژن - ۱ عادی» در نتیجه اتصال با «ئیدروژن - ۲» و تشکیل مولکولهای ئیدروژن - ۲، از جریان خارج شده‌اند.

این مسئله را از نظر ریاضی هم می‌توانیم در نظر بگیریم. هر وقت که دو عدد کوچکتر از واحد در هم ضرب شوند حاصل ضرب کوچکتر از هر دو عدد نخستین خواهد بود. هر چه اعداد به واحد نزدیکتر باشند، کاهش کمتر خواهد بود.

اگر اعدادی که در هم ضرب می‌شوند برابر واحد باشند، کاهش به وجود نخواهد آمد و حاصل ضرب نیز ۱ خواهد شد. اگر احتمال حصول ئیدروژن - ۱ واحد

باشد معنی‌اش این است که همه اتم‌ها بدون استثنا از ئیدروژن - ۱ هستند. پس همه ئیدروژن‌ها عادی هستند. در این حالت هر مولکول ئیدروژن مرکب از ئیدروژن‌های - ۱ خواهد بود زیرا نوع دیگری ایزوتوپ وجود ندارد. مانند آن است که مردم فقط دارای خصوصیت عادی باشند، مانند نفس کشیدن و ضربان قلب.

(در مسائل احتمالات همه اعداد واحد یا کمتر از آنند. زیرا واحد یعنی عمومیت و قطعیت. احتمال بیشتر از واحد مفهوم ندارد. چه چیزی از عمومی و قطعی بودن بیشتر احتمال دارد؟).

چیز دیگری را درباره ضرب اعداد کمتر از واحد در نظر می‌گیریم. اگر اعداد کمتر از واحد را مرتباً در هم ضرب کنید، حاصل ضرب مرتباً کوچکتر خواهد شد. فرض کنید $0/99984$ را ده بار در خود ضرب کرده‌اید. پاسخ برابر $0/99816$ خواهد شد. این مثال راه ریاضی بیان این نکته است که اگر ده اتم ئیدروژن در يك موقع از کیسه بیرون بکشید احتمال اینکه همه آنها بدون استثنا ئیدروژن - ۱ باشد 99816 از 100000 خواهد بود. احتمال یافتن يك اتم ئیدروژن - ۲ در آن ده اتم 184 از 100000 است.

مولکول ئیدروژن بسیار ساده است و فقط از دو اتم مرکب است. اگر مولکول پیچیده‌تری چون الکل اتیلیک را بگیریم چه؟ مولکول الکل اتیلیک از دو اتم کربن و شش اتم ئیدروژن و يك اتم اکسیژن مرکب است.

برای پیدا کردن تعداد نسبی مولکولهای عادی الکل اتیلیک (یعنی مولکولهایی که فقط حاوی ایزوتوپهای عادی باشند). باید «حصول نسبی» کربن - ۱۲ را در خود ضرب کنیم (چون دو اتم کربن در مولکول هست) و حاصل ضرب را شش بار در «حصول نسبی» ئیدروژن - ۱ (شش اتم ئیدروژن) ضرب کنیم و حاصل را در «حصول نسبی» اکسیژن - ۱۶ ضرب نماییم (یک اتم اکسیژن). حاصل ضربهای بالا به قرار زیر خواهد بود:

$$\begin{aligned} & \times 0.99984 / 0.99984 \times 0.99984 / 0.99984 \times 0.99984 / 0.99984 \times 0.99984 / 0.99984 \\ & \times 0.99984 / 0.99984 \times 0.99984 / 0.99984 \times 0.99984 / 0.99984 \times 0.99984 / 0.99984 \\ & \times 0.99984 / 0.99984 \times 0.99984 / 0.99984 = 0.97432 \end{aligned}$$

بنابراین از هر ۱۰۰۰۰ مولکول الکل اتیلیک ۹۷۴۳۲ مولکول «عادی» و ۲۵۶۸ مولکول «غیر عادی» خواهد بود.

تعداد مولکولهای غیر عادی بزرگتر از آن است که انتظار داشتید. الکل اتیلیک نیز مولکول کوچکی است. اگر مولکول قند معمولی را که ۱۲ کربن و ۲۲ ئیدروژن و ۱۱ اکسیژن دارد در نظر بگیریم چه؟ در مورد قند باید ۴۵ عدد را در هم ضرب کنیم و هنگامی که حاصل ضرب را یافتیم، خواهیم دید که احتمال وجود یک مولکول عادی قند ۰/۸۴۷۴۸ خواهد شد. یعنی از هر ۱۰۰۰۰ مولکول قند ۸۴۷۴۸ مولکول عادی و ۱۵۲۵۲ مولکول غیر عادی خواهند بود.

چنانکه ملاحظه می شود «عادیها» هنوز اکثریت

قرمز را (تکرار می‌کنم فقط یکی را) پر خواهند ساخت. این يك گلبول قرمز منحصرأ هموگلوبین‌های عادی خواهد داشت و سایر گلبول‌های قرمز همه قطره‌های خون ۶۰۰ نفر فقط واجد هموگلوبین‌هایی خواهند بود که يك یا بیشتر، ایزوتوپ غیر عادی خواهند داشت.

چنانکه می‌بینید اگر درباره مولکول‌های عادی هموگلوبین پافشاری کنیم یعنی در پی مولکول‌هایی باشیم که جز ایزوتوپ‌های عادی چیزی نداشته باشند به مولکول «عادی» می‌رسیم که معمولی و طبیعی و منظم و نمونه نیست. در واقع همه چیز هست جز آن.

به طوری که ملاحظه می‌کنید آنچه را که مولکول «عادی» می‌نامیدیم، بسیار محدود شده و می‌توان بدان رسید اما بسیار به ندرت. مولکول هموگلوبین ممکن است همه‌اش از اتم‌های عادی باشد یا همه‌اش از اتم‌های غیر عادی. این دو حالت محدود است ولی بقیه مولکول‌ها که دارای اتم‌های عادی و غیر عادی، هستند حالت حد وسط دارند.

اگر موارد عادی این همه نادرند (موردی که همه اتم‌ها غیر عادی باشند بسیار بسیار محدودترند)، در عوض موارد حد وسط آنها فراوانتر و معمولی‌تر است. اگر چنین است پس کدام يك عادیت‌تر است و از کجا می‌توانیم بفهمیم؟

موضوع را بار دیگر بادر نظر گرفتن موردی که هر دو حالت یکسان واقع شوند، ساده می‌کنیم. بهترین

مثال سکه‌است. در هر سکه دو رو هست، شیر و خط و تنها با آنها می‌توان بازی کرد.

اگر سکه‌ای را به هوا بیندازید (البته سکه غیر تقلبی را) احتمال آمدن خط $\frac{1}{5}$ و احتمال آمدن شیر هم $\frac{1}{5}$ است. به عبارت دیگر ۵۰ درصد احتمال برای هر يك هست.

اگر سکه‌ای را دوبار بیندازید ممکن است هر دو بار شیر شود (یکی از موارد محدود) یا هر دو بار خط شود (مورد محدود دیگر) یا یکی شیر و یکی خط شود (مورد حد واسطه). احتمال آمدن دو شیر $\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{25}$ است و نیز احتمال آمدن دو خط $\frac{1}{5} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{25}$ بسیار خوب ولی احتمال آمدن يك شیر و يك خط $\frac{1}{5}$ است، یعنی دو برابر احتمال آمدن دو شیر یا دو خط. ممکن است تعجب کنید که چرا چنین خواهد شد. زیرا فکر می‌کنید که احتمال آمدن خط $\frac{1}{5}$ است و احتمال آمدن دو شیر $\frac{1}{25}$ ولی نکته اینجاست که شیر و خط را به دو روش می‌توانید بیندازید بدین معنی که ابتدا خط بیندازید بعد شیر یا ابتدا شیر بیندازید بعد خط. پس احتمال می‌شود $2 \times \frac{1}{25}$ یا $\frac{1}{5}$ و حال آنکه دو خط یا دو شیر را فقط يك طریق می‌توان انداخت.

قانون احتمالات برای موارد محدود (همه شیر یا همه

(خط) بدین صورت است که باید احتمال یکی را (شیر یا خط) در تعداد دفعات انداختن سکه ضرب کرد. برای موارد حد واسط، احتمالی که بدین طریق به دست می‌آید، باید در تعداد دفعات مختلفی (همیشه بزرگتر از يك است) که در مورد حد واسط پیش می‌آید ضرب شود.

بنا بر این اگر سکه‌ای را هشت بار بیندازید، انواع ممکن به قرار زیر خواهد بود:

۰/۰۰۳۹	يك بار می‌شود	× ۰/۰۰۳۹	۸ شیر
۰/۰۳۱۲	۸ بار می‌شود	× ۰/۰۰۳۹	۷ شیر يك خط
۰/۱۰۹۲	۲۸ بار می‌شود	× ۰/۰۰۳۹	۶ شیر دو خط
۰/۲۱۸۴	۵۶ بار می‌شود	× ۰/۰۰۳۹	۵ شیر ۳ خط
۰/۲۷۳۰	۷۰ بار می‌شود	× ۰/۰۰۳۹	۴ شیر ۴ خط
۰/۲۱۸۴	۵۶ بار می‌شود	× ۰/۰۰۳۹	۳ شیر ۵ خط
۰/۱۰۹۲	۲۸ بار میشود	× ۰/۰۰۳۹	۲ شیر ۶ خط
۰/۰۳۱۲	۸ بار می‌شود	× ۰/۰۰۴۹	۱ شیر ۷ خط
۰/۰۰۳۹	يك بار می‌شود	× ۰/۰۰۳۹	۸ خط

(جمع کل این احتمالات باید برابر واحد باشد ولی چنین نیست بلکه $۰/۹۹۰۶$ است زیرا کسرهای اعشاری را برای اجتناب از تفصیل سراسر کرده‌ام و همین موجب شده است که جمع برابر واحد نشود. انواع ترکیب‌هایی را که ممکن است به وجود آید می‌توان از طریق قضیه دو جمله‌ای به آسانی معین کرد. اگر چه عملی دشوار به نظر می‌رسد ولی به راستی چنین نیست. اما اطمینان

می‌دهم که از عهدهٔ من ساخته نیست).
 ترکیبی که در هشت بار انداختن سکه بیشتر خواهد
 آمد ۴ بار شیر و ۴ بار خط است. اما مطمئناً همین هم
 در عمل کمی از $\frac{1}{2}$ بیشتر است به طوری که نمی‌توان آن
 را «عادی» دانست. در واقع کمتر از دیگر ترکیبها
 «غیر عادی» است.

اکنون بدین نکته توجه کنید که فراوانترین مورد
 آن است که شیرها و خطها به تناسب احتمالات خود
 بیایند. احتمال آمدن يك شیر $\frac{1}{5}$ است و احتمال آمدن
 يك خط نیز $\frac{1}{5}$ است بنابراین در هشت بار انداختن
 سکه فراوانترین ترکیبها آن است که $\frac{1}{5}$ تعداد دفعات
 شیر و $\frac{1}{5}$ دیگر خط بشود. (از هر يك چهار).

بدون آن که بخواهم وارد محاسبه شوم، می‌دانم که
 فراوانترین ترکیبی که از صد بار انداختن سکه حاصل
 می‌شود ۵۰ بار شیر و ۵۰ بار خط خواهد بود، و از
 فراوانترین مورد ۸ بار انداختن که هر بار فقط يك دهم
 حاصل می‌شود، کمتر اتفاق می‌افتد ($\frac{1}{115}$). هر چه
 مقدار دفعاتی که سکه انداخته می‌شود بیشتر باشد تعداد
 ترکیبهای ممکن نیز افزایش می‌یابد و احتمالات به جهت
 شامل بودن تعداد بیشتری کمتر خواهد شد. با وجود این
 ترکیب ۵۰ بر ۵۰ از سایر ترکیبها فراوانتر است.

از این گذشته اگر به دلایلی احتمال انداختن شیر
 $\frac{1}{9}$ و احتمال انداختن خط $\frac{1}{1}$ باشد، بدون محاسبه
 با اطمینان خاطر می‌توانیم بگوییم که درصد بار انداختن

سکه ترکیبهای فراوانتر عبارت خواهد بود از ۹۰ شیر و ده خط.

اما همیشه وضع به صورت فوق مساعد نخواهد بود. مثلاً فرض کنید که احتمال شیر آمدن سکه $۰/۹$ و احتمال خط آمدن آن $۰/۱$ باشد و ۶۸ بار سکه انداخته شود. در این صورت این عدد را به نسبت $۰/۹$ و $۰/۱$ در نظر خواهید گرفت که فراوانترین موارد خواهد شد: ۶۱ شیر در مقابل ۷ خط.

یافرض کنید که سکه‌ای را دوبار انداختید، غالباً اتفاق می‌افتد که دوبار شیر بیاید و خط نیاید. (این حالت به $۰/۹$ و $۰/۱$ نزدیکتر است تا به ۱ شیر و یک خط).

آنچه درباره احتمالات بیان داشته‌ام به منظور خاصی بوده است، و آن تعیین فراوانترین ترکیب هموگلوبین است ولی نمی‌خواهم برای این کار از قضیه دوجمله‌ای با اعداد چهار رقمی استفاده کنم بلکه با لگاریتم و ماشینهای حساب محاسبه خواهم کرد اما به هر حال کاری خسته‌کننده است.

پیش از آغاز باید نکته‌ای را یادآور شوم. شاید توجه کرده‌اید که وقتی، باد و صورت برابر سروکار داشته باشیم، مانند شیر یا خط شدن سکه، مواردی که حد واسطه‌اند (شیر و خط) عموماً احتمال بیشتری از موارد نهایی (همه شیر یا همه خط) دارند.

ولی وقتی که یکی از صورتها احتمالی بیشتر از

دیگری داشته باشد، چنانچه تعداد دفعات کم باشد، یکی از موارد انتهایی دارای احتمال بیشتر خواهد بود (و آن صورتی است که احتمالش بیشتر است). چند مثال از این قبیل آورده‌ام. مثلاً اگر از ده‌اتم ئیدروژنی که از کیسه بیرون کشیده‌اید، تصادفاً همه ئیدروژن-۱ باشند (مورد نهایی) احتمال ۹۹۸۶۱ از ۱۰۰۰۰۰۰۰ بار خواهد بود.

ولی هرچه تعداد ارقام وارد در يك احتمال زیادتر باشد موارد حد واسط تدریجاً از مواد نهایی فراوانتر می‌شود، اگر چه دو صورت متفاوت باشند. هموگلوبین که از متجاوز از ۱۰۰۰۰۰۰ اتم ساخته شده است، اگر چه احتمال ایزوتوپهای عادی آن (یکی از دو صورت) بیشتر از احتمال ایزوتوپهای غیر عادی (صورت دیگر) است، به این مرحله رسیده است.

مثلاً هموگلوبین ۲۷۷۸ اتم کربن دارد. فراوانی کربن - ۱۲ معادل ۹۸۸/۰ و از کربن - ۱۳ معادل ۱۱۲/۰ است. اگر تعداد ۲۷۷۸ اتم کربن را به نسبت فوق تقسیم کنیم خواهیم داشت ۲۷۴۷ کربن - ۱۲ و ۳۱ کربن - ۱۳. اگر همین عمل را درباره سایر اتمها اجرا کنیم خواهیم دید که مولکولی از هموگلوبین که بیش از همه فراوانتر است دارای ۳ اکسیژن - ۱۸ و ۱ ئیدروژن - ۲ و يك نیتروژن - ۱۵ است. به عبارت دیگر ۳۶ ایزوتوپ غیر عادی در فراوانترین مولکول هموگلوبین حاصل.

همین ترکیب که باید فراوانتر از سایر ترکیبها حاصل شود، کمتر به دست می‌آید. چون در حدود صد تریلیون ترکیب ممکن هست، باید جای زیادی برای سایر ترکیبها باقی بماند. (البته نه برای همه انواع ترکیبها زیرا بعضی از ترکیبها به قدری نادرند که شاید يك بار هم در روی زمین به وجود نیامده باشند).

* * *

وقتی که به آدمی بازمی‌گردیم به بحث زیادی نیازمند نخواهیم بود. چندبار عادی به اضافه عادی به اضافه عادی، برابر عادی نمی‌گردد. بلکه برابر غیر عادی می‌شود و این خود يك مورد نهایی است.

تعداد عوامل انفرادی - بدنی، روانی، اخلاقی، عاطفی سازنده يك فرد آدمی به قدری زیاد است که هیچ نوع ترکیبی را نمی‌توان در اصطلاح کتاب لغت، «عادی» نامید، بلکه همه ترکیبها بسیار غیر عادی هستند و اگر بعضی از ترکیبها اندکی کمتر از ترکیبهای دیگر غیر عادی باشند، آن ترکیبی که روانشناس به عنوان «انسان عادی» انتخاب می‌کند قطعاً در میان آنها نخواهد بود.

در واقع هر تجرید آماری که شامل چیزهایی به پیچیدگی مسائل انسانی باشد مورد تردید است. هر قدر چنین تجربه‌هایی در جدولهای حاصل از ماشین حساب و انتخاب از طریق پیشگویی سودمند باشد در نتیجه کاربرد غلطی که توسط مردم عادی در کارهای عادی می‌شود

اندوهبار خواهد شد.

باوجود این تاوقتی که روانشناسان کلمات «عادی» و «غیر عادی» را به صورت کنونی خود به کار ببرند می توانیم بگوییم که «اندکی غیر عادی بودن عادی است» و «کاملاً عادی بودن بسیار غیر عادی است.»

اگر چه این اظهارات اشتباه آمیز است ولی مایه تسلی خاطر نیز تواند بود.

فصل ششم

سیاره‌ها به دور خود هوا دارند

از وقتی که سیاره‌های دیگری غیر از سیاره ما شناخته شدند، تحقیقات وسیعی دربارهٔ امکان وجود حیات در این سیاره‌ها و نوع جاندارانی که ممکن است در آنها زندگی کنند، به عمل آمده است. چیزی که کاملاً وابسته به این تحقیقات است مسئله نوع اتمسفری است که گرداگرد آنها وجود دارد. باید دید که دربارهٔ اتمسفر سیارات چه می‌دانیم و چه تحقیقاتی می‌توانیم به عمل آوریم؟

بحث در این باره را به صورتی منظم آغاز می‌کنیم و برای این کار ابتدا مواد خامی که اتمسفر این سیارات ممکن است از آنها ساخته شده باشند در نظر می‌گیریم. عنصرهای گوناگونی که در حکم مصالح ساختمانی هرماه‌ای، از آن جمله اتمسفر، هستند. همه به یک اندازه در دسترس نیستند. بدین معنی که بعضی از آنها

فراوانتر از بعضی دیگرند و این موضوعی است که باید در نظر گرفته شود. در وهله اول عنصرهایی باید در ساختمان اتمسفر مورد توجه قرار گیرند که فراوانترند، هرچه فراوانتر، بهتر، اگر به شامی گفتند که، به علی، می‌توانید آب یا رادیوم مایع را برای منظورتان انتخاب کنید، چنانچه برای اجرای آن آب را که سهل‌الوصولتر است انتخاب نکنید باید قاعدتاً شخصی غیر معمولی باشید. و همین «اصل حداقل کنش» به صورتی که شما در کارها در نظر می‌گیرد، در طبیعت نیز صادق است.

و فور نسبی عنصرهای فراوان جهان به طور کلی (باتخمینهای جدید) در جدول شماره ۱۶ ترتیب داده شده است. در این جدول اتمهای سیلیسیوم را به دلخواه ۱۰۰۰۰ فرض کرده‌اند و مقدار اتمهای سایر عنصرها را به نسبت آن در نظر گرفته‌اند. آنچه که در نظر اول به چشم می‌خورد آن است که ۹۰ درصد جهان از ئیدروژن ساخته شده است (ساده‌ترین عنصرها) و ده درصد هلیوم است (دومین عنصر ساده). قریب يك ششم از يك درصد شامل همه ناخالصیهاست. مقصود از ناخالصی همه عنصرهای دیگر است.

از اینجا نتیجه می‌شود که اگر از میان فضای بین ستارگان گازها و غبار موجود را جمع‌آوری کنید و با آنها خورشید یا سیاره‌ای بسازید، کره‌ای بزرگ مرکب از ئیدروژن و هلیوم خواهید داشت.

این همان ساختمان خورشید است. ۸۵ درصد

خورشید ئیدروژن و ۱۵ درصد آن هلیوم است، مختصری هم ناخالصی دارد.

جدول شماره ۱۶

وفور نسبی اتمها در جهان	
۳۵۰ ر ۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰	ئیدروژن
۳۵ ر ۰۰۰۰ ر ۰۰۰۰	هلیوم
۲۲۰ ر ۰۰۰۰	اکسیژن
۱۶۰ ر ۰۰۰۰	نیتروژن
۸۰ ر ۰۰۰۰	کربن
۱۰ ر ۰۰۰۰	سیلیسیوم
۹ ر ۰۰۰۰	نئون (حداقل)
۸ ر ۷۰۰	منیزیوم
۶ ر ۷۰۰	آهن
۱ ر ۰۰۰۰	گوگرد
۲ ر ۶۰۰	دیگر اتمها

علت کاهش ئیدروژن و فراوانی هلیوم آن است که در حدود چهار میلیارد سال است که خورشید پیوسته ئیدروژن را به هلیوم تبدیل می‌کند و می‌درخشد). مشتری نیز، بنا بر تئوریهای جدید چنانچه درستتر از تئوریهای پیشین باشند، همین ترکیب را دارد.

* * *

اکنون که صورتی از مواد در دسترس ما قرار دارد

سؤالى كه پيش مى آيد اين است: «كدام يك از اين مواد براى ساختن اتمسفر مناسب است؟» براى آن كه ماده‌اى جزء اتمسفر باشد بايد دردمای سطح سياه به حالت گازى يا مایعى فرار (يا جامد فرار) باشد. (مقصود از مایع يا جامد فرار ماده‌اى است كه در دمای معينى بامقدار ماده‌اى كه به صورت بخار توليد مى كند در حال تعادل باشد. مثلاً در دمای معمولى زمين آب يك مایع فرار ويد يك جامد فرار است. روى اين اصل بخار آب در هوا از اجزای عادى آن است و اگر مقدار زيادى يد در سطح زمين وجود مى داشت بخار يد در هوا هم عادى بود.)

در حال حاضر دمای سطحى سيارات منظومه شمسى

جدول شماره ۱۷

دمای سطحى سيارات منظومه شمسى بر حسب درجات بالاتر از صفر مطلق		
حداكثر	حداقل	
۶۵۰	۴۵۰	عطارد (روى روشن)
۴۶۰	۳۳۰	زهرة (روى روشن)
۳۱۰	۲۷۰	زمين
۲۹۰	۲۲۰	مريخ
۱۷۰	۱۲۰	مشترى
۱۳۰	۹۰	زحل
۹۰	۶۰	اورانوس
۷۰	۵۰	نپتون
۶۰	۴۰	پلوتو

در دست است و در جدول شماره ۱۷ نشان داده شده‌اند. به منظور اجتناب از پیچیدگی‌هایی که از ذکر اعداد منفی حاصل می‌شود، همه آنها برحسب درجات بالاتر از صفر مطلق آورده شده‌اند.

به منظور مقایسه، نقطه جوش عنصرهای فراوان جهان برحسب درجات بالای صفر مطلق در جدول ۱۸ نشان داده شده است. توجه داشته باشید که در دمای هیچ سیاره منظومه شمسی کربن و آهن و سیلیسیوم و منیزیوم نمی‌توانند جزء اتمسفر شوند (دمای سطحی خورشید ۶۰۰۰ درجه بالاتر از صفر مطلق است بنابراین همه عنصرهایی که در دماهای بالا به جوش می‌آیند در اتمسفر

جدول شماره ۱۸

نقطه جوش عنصرهای فراوان برحسب درجات بالای صفر مطلق	
۴۵۰۰	کربن
۳۳۰۰	آهن
۲۹۰۰	سیلیسیوم
۱۳۸۰	منیزیوم
۷۱۸	گوگرد
۹۰	اکسیژن
۷۸	نیتروژن
۲۷	نئون
۲۰	ئیدروژن
۴	هلیوم

خورشید وجود دارند. ولی این بحث مربوط به اتمسفر سیارات است نه اتمسفر ثوابت.)

گوگرد در هیچ يك از دماهای سیارات صورت گازی ندارد ولی ماده‌ای است که غالباً در دماهای بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ درجه پایین‌تر از نقطه ذوبش کمابیش فرار می‌شود. روی این اصل می‌توانیم ۱۵۰ درجه پایین‌تر از نقطه ذوبش را حد قراردادی فرار بودنش به حساب آوریم. بنابراین گوگرد در دمایی معادل دمای عطارد، در گرمترین لحظاتهش، مایعی فرار خواهد شد. پس ممکن است در اتمسفرش موجود باشد.

به احتمال قوی سایر عنصرها در اتمسفر وجود دارند. اکسیژن در زحل و نیتروژن در اورانوس صورت گازی دارد. هردو این عنصرها در نپتون صورت مایع فرار و در پلوتو صورت جامد فرار دارند. از آنجا که ئیدروژن و هلیوم بیش از همه در جهان وجود دارند پس اتمسفر هر سیاره‌ای باید «در اصل» تقریباً همه‌اش ئیدروژن و هلیوم باشد.

گفتم «در اصل».

زیرا در این جریان نکته‌ای هست که باید در نظر گرفته شود. مولکولهای موادی که حالت گازی دارند مانند مولکولهای مایعات و جامدات به هم نچسبیده‌اند و هر مولکولی از گاز با سرعتهای مختلف در جهت‌های مختلف سیر می‌کند. یکی از آن جهت‌ها، روبه‌بالاست. جریانی از مولکول گاز همواره به‌سوی بالاست و بعضی از

مولکولها موفق می‌شوند که از مرز اتمسفر سیاره فرار کنند. به عبارت دیگر اتمسفر کاهش می‌یابد.

مقدار کاهش اتمسفر هر سیاره به اندازه و دمای آن و به جنس گازهایش بستگی دارد. هرچه سیاره‌ای کوچکتر باشد، چون نیروی جاذبه‌اش کمتر خواهد بود، فرار مولکولها سهلتر صورت خواهد گرفت و هرچه سطح سیاره‌ای گرمتر باشد، چون حرکت مولکولها سریعتر خواهد شد، فرار اتمسفرها به فضا سریعتر صورت خواهد گرفت. بنابراین به تناسب کوچک بودن سیاره و گرمای آن فرار اتمسفرش افزایش می‌گیرد.

از این گذشته هرچه مولکول گاز کوچکتر باشد سرعت متوسط مولکولهای آن گاز بیشتر شده و احتمال فرارش بیشتر است. ئیدروژن کوچکترین مولکولها را دارد و هلیوم از این نظر بعد از آن است. بنابراین فرار مولکولهای ئیدروژن از اتمسفر بیش از همه و از هلیوم اندکی از آن کمتر است.

حتی سیاره بزرگی چون مشتری (که ۳۱۷ بار بزرگتر از زمین و جاذبه سطحیش $\frac{2}{5}$ برابر جاذبه زمین است) و به سردی آن قدرت حفظ همه ئیدروژن را ندارد. به طوری که نسبت ئیدروژن به هلیوم این سیاره فقط ۳ به ۱ است و حال آنکه در جهان به طور کلی ۱۰ به یک است. معنی‌اش این است که مشتری همه هلیوم اتمسفر خود را حفظ کرده ولی $\frac{2}{3}$ ئیدروژن خود را از دست داده است. (در اینجا باید نکته‌ای را خاطر نشان

سازم و آن این است که امکان دارد هلیوم با نقطه ذوب و نقطه جوشش که پایینتر است، تا حدودی متراکم گشته و جزء پیکر مشتری و قسمت اعظم آن وارد لایه های بالایی و اتمسفر این سیاره شده باشد.)

اما زحل و اورانوس و نپتون از مشتری کوچکترند ولی در عوض سردترند و سرما مسئله جاذبه کمتر را جبران می کند. می توانیم حدس بزنیم که همه این سیارات (پلوتو را به عنوان سیاره ناشناخته به کنار می گذارم) از نظر مقدار «ئیدروژن-هلیوم» اتمسفری مشابه یکدیگر دارند و همه سیارات بزرگ و سرد نیز چنین اند.

واقع امر این است که تشخیص ئیدروژن و هلیوم از روی طیف در دمای سیارات تقریباً غیر ممکن است. (در دمای خورشید به خوبی تشخیص داده می شوند ولی این مسئله دیگری است). اخیراً از طریق غیر مستقیم معلوم شده است که اتمسفر مشتری از ئیدروژن و هلیوم ساخته شده است، ولی پیش از آن ستاره شناسان بعضی مواد دیگر در اتمسفر مشتری تشخیص داده بودند. این مواد اگر چه به مقدار کم موجود بودند ولی چون نوارهای جذبی قوی تولید می کردند به کمک اسپکتروسکوپ تشخیص داده شدند. ببینیم که جنس این مواد چه بوده است؟

بامقایسه جدولهای ۱۶ و ۱۸ می توان نتیجه گرفت

که قسمت اعظم ناخالصیها عبارتند از اکسیژن و نیتروژن و نئون. اما تا آنجا که به نئون مربوط است نتیجه درست است و احتمال وجود آن در اتمسفر مشتری در حدود یک درصد است. ولی در مورد اکسیژن و نیتروژن اشتباه است.

وقتی که اکسیژن و نیتروژن بامقدار زیادی ئیدروژن همراه باشند با آن ترکیب خواهند شد به خصوص در فشاراتمسفر سیارات بزرگ. یک اتم اکسیژن بادو اتم ئیدروژن ترکیب می‌شود و آب (H_2O) به وجود می‌آورد. نیز یک اتم نیتروژن باسه اتم ئیدروژن ترکیب می‌شود و آمونیاک (NH_3) تولید می‌کند. در اتمسفری که از ئیدروژن و هلیوم مرکب است، آب و آمونیاک پایدارتر از اکسیژن و نیتروژن خواهند بود.

نظیر همین جریان درباره دیگر عنصرهای فراوان جدول ۱۶ صادق است فقط هلیوم و نئون از آن مستثنی هستند. زیرا این دو عنصر در هیچ شرایطی با عنصر دیگری ترکیب نمی‌شوند و همواره در انزوا به سر می‌برند. دیگر عناصر در صورت امکان ترکیبات ئیدروژن‌دار به وجود می‌آورند و اگر نتوانستند با اکسیژن ترکیب می‌شوند و ترکیبات اکسیژن‌دار می‌سازند زیرا اکسیژن بعد از ئیدروژن فراوانترین عنصری است که میل ترکیبی دارد.

بدین روش یک اتم کربن با چهار اتم ئیدروژن یک مولکول متان می‌سازد (CH_4) و یک اتم گوگرد بادو اتم

ئیدروژن تولید يك مولکول ئیدروژن سولفور ه (H_2S) می‌کند. سیلیسیوم و منیزیوم و آهن بائیدروژن ترکیب نمی‌شوند ولی در عوض با اکسیژن ترکیب شده به ترتیب انیدرید سیلیسیوم (SiO_2) و (MgO) و اکسید آهن (Fe_2O_3) به وجود می‌آورند.

گوگرد و کربن می‌توانند با اکسیژن نیز مانند ئیدروژن ترکیب شوند. اگر چه ئیدروژن بسیار فراوانتر از اکسیژن است ولی گوگرد و کربن ترکیب با اکسیژن را تا حدی ترجیح می‌دهند. بنابراین مقداری از انیدرید سولفور و (CO_2)؛ و انیدرید کربنیک (CO_2) نیز به وجود خواهد آمد (به خصوص در سیاره‌های کوچکتر که مقداری از ئیدروژن فرار می‌کند).

جدول شماره ۱۹ صورت اسامی این ترکیبها و نقطه جوش آنها را به مقیاس صفر مطلق نشان می‌دهد. (لزوماً باید متذکر شوم که نقطه جوش جدولهای ۱۸ و ۱۹ بر مقیاس فشار اتمسفر زمین است. این اعداد به تناسب فشار تغییر می‌کنند و با افزایش فشار افزایش می‌یابند تا این که به نقطه بحرانی می‌رسند ولی دیگر از آن تجاوز نمی‌کنند. اکنون مقادیری را که در جدولها نشان داده شده‌اند به کار بریم تا دچار اشکال نشویم. این مقادیر برای مقایسه يك عنصر یا ماده مرکب با عنصر یا ماده مرکب دیگر مفید واقع می‌شوند و تغییر نقطه جوش که وابسته به فشار است در استدلال ما تأثیر مهمی ندارد).
 بامشاهده جدول شماره ۱۹ می‌بینیم که اکسید

جدول شماره ۱۹

نقطه جوش ترکیبات فراوان در درجات بالای صفر مطلق

۳۹۰۰	(MgO)	اکسید منیزیوم
۲۵۰۰	(SiO ₂)	انیدرید سیلیسیوم
۱۸۰۰ (حداقل)	(Fe ₂ O ₃)	اکسید آهن
۳۷۳	(H ₂ O)	آب
۲۶۳	(SO ₂)	انیدرید سولفور
۲۴۰	(NH ₃)	امونیاک
۲۱۳	(H ₂ S)	ئیدروژن سولفور
۱۹۵	(CO ₂)	انیدرید کربنیک
۱۱۰	(CH ₄)	متان

منیزیوم و انیدرید سیلیسیوم و اکسید آهن در شرایط سیارات هیچ‌گاه جزء اتمسفر نخواهند درآمد. اما این سه ماده به اضافه اکسید آلومنیوم (که نقطه جوش آن ۲۳۲۰ درجه بالاتر از صفر مطلق است) در زمین دست کم ۸۰ درصد قشر جامد را تشکیل می‌دهند.

آب در عطارد باید به صورت گاز باشد و در زهره و زمین به حالت مایع فرار (نیز در مریخ در گرمترین ایام) ولی در دیگر سیارات ماده منجمد غیر فرار است. انیدرید سولفور و نیز همین وضع را دارد به اضافه این که دردمای زمین و پایینتر از آن با آب واکنش خواهد کرد و ترکیباتی به وجود خواهد آورد که کمتر فرارند.

آمونیاك گازی است که از مریخ تا اورانوس صورت کاملاً فرار خود را حفظ می‌کند. همین جریان عیناً در مورد ئیدروژن سولفور و انیدرید کربنیک صادق است. متان در مشتری به حالت گازی باقی می‌ماند (همیشه از اثر فشار صرف نظر می‌شود) و حتی در پلوتو هم فرار خواهد بود.

بنابراین ناخالصیهای اتمسفر مشتری عبارت خواهند بود از امونیاك، متان، انیدرید کربنیک، نئون و ئیدروژن سولفور. احتمال دارد که وفورشان به همین ترتیب باشد. نئون چون ئیدروژن و هلیوم نمی‌تواند در سرمای روی اسپکتروسکوپ اثر بگذارد. انیدرید کربنیک و ئیدروژن سولفور به مقدار بسیار ناچیز وجود دارند. بنابراین امونیاك و متان باقی می‌ماند که در اتمسفر مشتری به آسانی قابل تشخیص‌اند.

به تدریج که از مشتری به زحل و اورانوس و نپتون می‌رویم نوارهای جذبی امونیاك مرتباً ضعیفتر می‌شود و حال آنکه نوارهای جذبی متان قویتر می‌گردد. احتمال دارد که این تغییر نتیجه تفاوت ترکیب اتمسفر سیارات نباشد بلکه به علت سرما باشد زیرا با افزایش سرما امونیاك کمتر فرار می‌شود و متان که همواره فرار باقی می‌ماند رقیبی در برابر نخواهد داشت.

حاصل آنکه سیارات بزرگ دارای سرمای متوسط، اتمسفری مرکب از ئیدروژن و هلیوم دارند و بخش مهم ناخالصی آنها امونیاك است و حال آنکه سیارات بزرگ

بسیار سرد اتمسفر مرکب از ئیدروژن و هلیوم دارند و بخش مهم ناخالصی آنها متان است.

تا اینجا از سیارات بزرگ سخن رانده‌ایم. اما وضع سیارات کوچک چگونه است؟ زمین چه وضعی دارد؟ زمین از سیارات بزرگ به خورشید نزدیکتر است، پس دمای بیشتری دارد و مولکولهای اولیه اتمسفرش سریعتر از مولکولهای اتمسفر مشتری و همقطاران سردترش می‌جنبیده‌اند. زمین، چه ئیدروژن و هلیوم فرار را در آغاز جمع‌آوری نکرده چه کرده باشد، در هر حال نمی‌توانست آنها را در اتمسفر خود نگه دارد. زمین (و دیگر سیارات داخلی‌تر) در همه حال فقط از ناخالصیهای جهان ساخته شده است یعنی از عنصرهایی غیر از ئیدروژن و هلیوم مرکب‌اند.

این خود یکی از علل تفاوت بزرگی است که میان سیارات داخلی‌تر و خارجی‌تر وجود دارد و گویای آن است که چرا سیارات داخلی‌تر کوچکتر و متراکم‌ترند.

غالباً گمان می‌کنند که زمین در آغاز کره مذابی بوده که رفته رفته سرد و منجمد گشته است. اگر چنین بوده باشد، باید برای وجود اتمسفر آن، دلایل استادانه‌ای پیدا شود.

ولی چنانچه زمین بر اثر به هم پیوستگی تدریجی ماده متلاطم موجود در فضای بین ستارگان به وجود آمده باشد، نه از طریق حادثه خورشیدی، دماهای اولیه‌اش

(دست کم در قشر خارجی آن) هرگز از آنچه اکنون هست بیشتر نمی‌شد به عبارت دیگر از نقطه جوش آب بالاتر نمی‌بود.

این نظریه را حمل بر صحت کنیم و ببینیم که ما را به کجا می‌کشاند.

برای این کار وزن اتمی مولکول گازهایی را که احتمالاً در اتمسفر اولیه زمین وجود داشته‌اند در نظر می‌گیریم. این اوزان در جدول شماره ۲۰ نشان داده شده‌اند. به خاطر داشته باشید که هرچه وزن اتمی یا وزن مولکولی گازی کوچکتر باشد، از دست رفتن آن از زمین احتمال بیشتری دارد.

گازهایی که در جدول شماره ۲۰ نام برده شده‌اند سه گروهند: گروه اول گازهای سبک مانند ئیدروژن و هلیوم که به بیرون فرار می‌کنند یا هیچ‌گاه جمع نمی‌شوند. و در هر دو حال در اتمسفر زمین وجود نخواهند داشت مگر به مقدار بی‌نهایت کم.

گروه دوم شامل گازهای سنگین. مانند ئیدروژن سولفور و انیدرید کربنیک و انیدرید سولفور است که اگر دمای سطحی زمین از دمای کنونی آن نیز بیشتر باشد، همچنان باقی می‌مانند.

به گروه سوم یعنی متان و امونیاک و آب و نئون باید توجه بیشتری شود. زمین در دمای کنونی می‌تواند آنها را نگه دارد. اگر دمای زمین تا ۵۰ درجه باشد این گازها به آهستگی بیرون خواهند رفت. و چون اوزان مولکولی آنها یعنی ۱۶ و ۱۷ و ۱۸ و ۲۰ به یکدیگر نزدیک است

جدول شماره ۴۰

اوزان مولکولی (یا اتمی) اجزای ممکن اتمسفر

۲	H_2	تیدروژن
۴	H_2	هلیوم
۱۶	CH_4	متان
۱۷	NH_3	امونیاك
۱۸	H_2O	آب
۲۰	Ne	نئون
۳۴	H_2S	تیدروژن سولفور
۴۴	CO_2	انیدرید کربنیک
۶۴	SO_2	انیدرید سولفور

پس با سرعت تقریباً برابر فرار خواهند کرد. اما چنین نیست زیرا عوامل دیگری دخالت دارند.

در دمای ۳۴۰ درجه صفر مطلق آب هنوز به صورت مایع است و مقدار بسیار کمی از آن وارد اتمسفر می‌شود و می‌تواند فرار کند. متان و نئون در این دما صورت‌گازی دارند و می‌توانند فرار کنند، ولی امونیاك وضعی حد واسط دارد. اگر چه به صورت گاز است ولی در آب بسیار محلول است (و حال آنکه متان و نئون بسیار کم محلولند) پس بیشتر امونیاك در اقیانوس باقی خواهد ماند و از خروج از اتمسفر زمین در امان خواهد بود.

بنابراین می‌توانیم بدین گونه نتیجه بگیریم که

بیشتر متان و نئون از میان رفته و بیشتر آب باقی مانده است و امونیاك حالت حد وسط دارد.

در پایان به سیاره‌ای می‌رسیم که اتمسفری مرکب از مقدار زیادی امونیاك و انیدرید کربنیک دارد و ناخالصی کم مقدارش بخار آب و ئیدروژن سولفور است و انیدرید سولفور و متان و نئون در آن به مقدار بسیار کم هست.

بنابراین انواع اتمسفرهایی را که می‌توان در جهان یافت فقط براساس وفور اتمها بدین گونه می‌توان خلاصه کرد:

۱- سیاره‌های بزرگ بسیار سرد، دارای ئیدروژن و هلیوم‌اند و ناخالصی آنها متان است (مثال سیاره نپتون).

۲- سیاره‌های بزرگ نسبتاً سرد، دارای ئیدروژن و هلیوم‌اند و ناخالصی آنها امونیاك است (مثال سیاره مشتری).

۳- سیاره‌های کوچک سرد، دارای امونیاك و انیدرید کربنیک‌اند (مثال زمین در آغاز).

۴- سیاره‌های کوچک گرم اتمسفر ندارند (مثال سیاره عطارد).

(توجه داشته باشید که از سیارات بزرگ گرم سخنی نگفته‌ام. واقع امر این است که این گونه سیارات نمی‌توانند وجود داشته باشند. زیرا هر سیاره که نزدیک خورشید و گرم باشد ئیدروژن و هلیوم خود را از دست خواهد داد و عنصرهایی که باقی خواهند ماند فقط می‌توانند سیاره کوچکی به وجود آورند).

* * *

اما، اگر انواع اتمسفرهایی که در بالا شرح داده شده‌اند، تنها انواعی باشند که باید انتظار یافتن آنها را داشته باشیم، پس اتمسفر زمین یعنی اتمسفری که از نظر ما بسیار مهم است و تنها نیتروژن و اکسیژن دارد چگونه به وجود آمده است؟

چهار نوع اتمسفری که در بالا نامبرده شدند فقط براساس وفور نسبی اتمها بود ولی عامل تازه‌ای در زمین وارد شده و آن وجود حیات است.

موجودیت حیات عموماً به این وابسته است که انرژی حاصل از واکنشهای شیمیایی مواد اطراف را مورد استفاده قرار دهد. برای استفاده از انرژی چند راه برای جانداران روی زمین وجود دارد. جاندارانی هستند که از واکنشهای انرژی‌زای ترکیبات گوگرد و ترکیبات آهن و ترکیبات نیتروژن استفاده می‌کنند. این‌گونه جانداران از مرحلهٔ باکتری بیشتر تکامل نیافته‌اند. مواد خامی که این گروه از جانداران برای تحصیل انرژی به‌کار می‌برند بسیار اختصاصی است.

موفقیت واقعی نصیب جاندارانی شد که آموختند از فراوانترین مواد موجود در زمین انرژی به‌دست آورند - این ماده آب بود.

نوعی از موجودات زنده (اجداد گیاهان سبز) آموختند که از انرژی آفتاب برای تجزیهٔ مولکول آب به ئیدروژن و اکسیژن استفاده کنند. ئیدروژن را برای

تبدیل انیدرید کربنیک (دومین ماده فراوان روی زمین) به نشاسته به کار بردند و بدین روش انرژی خورشید را به صورت انرژی شیمیایی اندوختند تا در موقع لزوم مورد استفاده قرار گیرد. اکسیژنی که از آب حاصل می‌شد، محصولی اضافه بود و مورد استفاده قرار نمی‌گرفت و روی این اصل در هوا رها می‌گردید.

توجه کنید که نتیجه نهایی این فرایند (یعنی فتوسنتز) برای اتمسفر زمین، مصرف شدن انیدرید کربنیک و اضافه شدن اکسیژن بود. به تدریج که گیاهان سبز تکثیر پیدا کردند و در اقیانوسها و در خشکی فراوان شدند تولید اکسیژن و نیز مصرف کردن انیدرید کربنیک به مقدار بیشتری صورت گرفت.

تمایلی نیز در جهت عکس پیدا شد. وقتی که گیاهی می‌مرد، باکتریها استفاده از جسد آن را آغاز کردند و برای این کار از اکسیژن هوا استفاده کردند و انیدرید کربنیک پس دادند. پیدا شدن جانوران نیز عاملی برای استفاده از اکسیژن و تولید انیدرید کربنیک بود. ولی هنگامی که تعادل برقرار شد همه انیدرید کربنیک اتمسفر از آن بیرون رفت (در حال حاضر انیدرید کربنیک اتمسفر از ۳ ده هزارم متجاوز نیست) و به جای آن اکسیژن وارد اتمسفر شد.

وقتی که اکسیژن، این گاز فعال به مقدار فراوان در اتمسفر به وجود آمد، متان به تدریج تجزیه شد و به آب و انیدرید کربنیک تبدیل گشت. آب حاصل به آب اقیانوسها افزوده شد و انیدرید کربنیک حاصل را گیاهان گرفتند

و به جایش اکسیژن به اتمسفر دادند. ئیدروژن سولفور نیز به آب وانیدرید سولفور و تجزیه شد. سرانجام اکسیژن با اتم ئیدروژن امونیاك ترکیب شد و آب به وجود آورد. اتم نیتروژن امونیاك که با اکسیژن در شرایط دشواری ترکیب می‌شود، آزاد شد و هر دو اتم آن به یکدیگر متصل شدند و مولکول نیتروژن را به وجود آوردند. نتیجه‌ای که به بار آمد پس از برقراری تعادل بود یعنی هنگامی که فتوسنتز کار تغییر دادن اتمسفر را به پایان رسانید وانیدرید کربنیک و امونیاك از بین رفتند و جای آنها را نیتروژن (از امونیاك) و اکسیژن گرفتند. بنابراین به چهار نوع اتمسفر قبلی، اتمسفر جدیدی نیز باید افزوده شود:

۵- سیارات سرد کوچک، صاحب موجودات زنده و دارای نیتروژن و اکسیژنند. (مثال زمین جدید). البته امکان این هست که اوضاع حد واسطی نیز وجود داشته باشد. مثلا سیاره بزرگی که دمای مناسب داشته باشد ممکن است به مقدار مساوی حاوی متان و امونیاك باشد و اتمسفرش حد واسط میان دو حالت (۱) و (۲) باشد. چه بسا زحل و اورانوس از این گونه سیارات باشند.

سیاره‌ای که بزرگی و دمای حد واسط داشته باشد، به عبارت دیگر سیاره‌ای که در جای کنونی خرده سیارات در حرکت باشد، و تا حدودی کوچکتر از اورانوس باشد، قسمت اعظم ئیدروژن و هلیومش را از دست می‌دهد و صاحب اتمسفری می‌شود که در آن ئیدروژن و هلیوم و

امونیاك و متان و انیدرید کربنیک نسبت قابل توجهی دارند. این وضع حد واسط میان (۱) و (۳) خواهد بود و سیاره‌ای با این مشخصات نمی‌شناسیم. سیاره‌ای که از زمین بسیار کوچکتر یا بسیار گرمتر باشد بیشتر اتمسفرش را از دست خواهد داد و در آن اتمسفری مرکب از انیدرید کربنیک باقی خواهد ماند. این وضع حد واسط میان (۳) و (۴) خواهد بود و سیاره‌ای که چنین مشخصاتی دارد مریخ است (امکان وجود زندگی گیاهی در مریخ به اشکال مسئله افزوده است).

بالاخره سیاره‌ای ممکن است در شرف تکوین حیات باشد و مقداری از انیدرید کربنیک و امونیاکش به مصرف رسیده و اکسیژن و نیتروژن در اتمسفرش ظاهر شده باشد. این وضعی حد واسط (۳) و (۵) خواهد بود و سیاره‌ای با این مشخصات شناخته نشده است. تا آنجا که می‌توانستم همه انواع اتمسفرهایی را که امکان برخورد آنها در جهان هست یادآور شدم. اینها احتمالات معقول بودند. اکنون خود را از قید احتمالات آزاد سازیم و به اتمسفرهایی توجه کنیم که بسیار غیرمتمثلند.

چنان‌که قبلاً اشاره کرده‌ام، حیات وابسته به استفاده از انرژی است. چگونگی این وابستگی در روی زمین مختصر بدین صورت است:

گیاهان با استفاده از انرژی آفتاب آبرو را به ئیدروژن و اکسیژن تجزیه می‌کنند و ئیدروژن را (به صورت مواد مرکب) در بافتهای خود نگه می‌دارند. حیوانات (و نیز گیاهان) از انرژی شیمیایی ئیدروژن اندوخته شده استفاده می‌کنند. حیوانات غذایی می‌خورند که شامل بافتهای گیاهی است یا شامل بافتهای حیوانی ساخته شده از بافتهای گیاهی است (حیوانات علفخوار) و ئیدروژن این غذاها را با اکسیژنی که از هوا می‌گیرند ترکیب می‌کنند. به عبارت دیگر سیستم دوره گردش آب «ئیدروژن - اکسیژن» در زمین جریان دارد. در این سیستم گیاهان دوره گردش را در یک جهت سیر می‌دهند و حیوانات در جهت مخالف آن به طوری که حاصل کل در حال موازنه باقی می‌ماند.

از این گذشته یکی از اجزای این سیستم، دوره گردش مایع است که به حد وفور موجودات و اقیانوسها را به وجود آورده است و یکی دیگر از اجزای آن گازی است که قسمت عمده اتمسفر را ساخته است. بنابراین می‌توان گفت که برای وجود حیات، به صورتی که می‌شناسیم، باید سیستمی از دوره گردش موجود باشد که یکی از اجزایش مایع و جزء دیگرش گاز باشد. امکان چه نوع سیستمهای دیگری وجود دارد؟ آیا چیزی هست که بتواند جای اکسیژن را بگیرد؟ آن چیز باید مثل اکسیژن وقتی با ئیدروژن ترکیب می‌شود انرژی تولید کند و حالت گازی داشته باشد و با ئیدروژن بتواند مایع به وجود آورد.

اما چیزی که می‌تواند جانشین اکسیژن شود باید عنصری فعال باشد. تنها عنصرهای دارای نقطه جوشش پایین که فعالند و می‌توانند با اکسیژن مقایسه شوند عبارتند از گوگرد، کلر، فلوئور و بروم. برای آنکه دانسته شود باچه وضعی روبه‌رو هستیم، در جدول شماره (۲۱) وفور نسبی اتمهای این عنصرها را با اکسیژن مقایسه می‌کنیم (در این جدول مقیاس سیلیسیوم است که ۱۰۰۰۰ ر گرفته شده است).

جدول شماره ۲۱

وفور نسبی اتمهای اکسیژن و جانشینهای احتمالی آن

۲۲۰،۰۰۰	اکسیژن
۱،۰۰۰	گوگرد
۲۱	کلر
۳	فلوئور
۰٫۵	بروم

از جدول (۲۱) به‌خوبی معلوم می‌شود که وجود سیاره‌ای با اتمسفری که در آن گوگرد، کلر، فلوئور یا بروم، به‌جای اکسیژن، بخش اصلی را تشکیل دهد تاچه اندازه غیر محتمل است.

از غیر محتمل بودن چشم می‌پوشیم و سیستمهایی از دوره گردش را، که به‌وسیله این عنصرها به‌وجود

می‌آیند، در نظر می‌گیریم. این سیستمها عبارتند از:

الف - ئیدروژن سولفور / ئیدروژن - گوگرد

ب - اسید برومیدریک / ئیدروژن بروم

ج - اسید کلریدریک / ئیدروژن - کلر

د - اسید فلوئوریدریک / ئیدروژن - فلوئور

در جدول (۲۲) اطلاعاتی دربارهٔ اجزای این سیستمها داده شده است.

اگر گوگرد را نخست در نظر بگیریم، از جدول (۲۲) و جدول (۱۷) معلوم می‌شود که این عنصر حتی در

جدول شماره ۲۲

حدود دماهای حالات «گازی - مایع - جامد» مواد مختلف

۳۹۳ تا ۷۱۸	گوگرد
۱۹۰ تا ۲۱۳	ئیدروژن سولفور
۲۶۶ تا ۳۳۲	بروم
۱۷۸ تا ۲۰۶	اسید برومیدریک
۱۷۲ تا ۲۳۹	کلر
۱۶۲ تا ۱۸۸	اسید کلریدریک
۵۰ تا ۸۶	فلوئور
۱۹۰ تا ۲۹۳	اسید فلوئوریدریک

تذکر: هر ماده‌ای که در جدول نام برده شده در میان دوحدی که تعیین شده مایع است «درجات برحسب صفر مطلق نشان داده شده‌اند» و بالاتر از آن گاز و پایین‌تر از آن جامد است.

شرایط عطارد حالت گازی ندارد. و نیز در هر دمایی که گوگرد گازی باشد، ئیدروژن سولفور ه محققاً گازی است. ولی ممکن است گوگرد جزء گازی دوره گردش باشد. در دماهای میان ۳۹۳ و ۷۱۸ درجه (که دماهای عادی زهره و عطارد است) این امکان وجود دارد که ئیدروژن سولفور در اتمسفر و گوگرد مایع در اقیانوس باشد. همین جریان در مورد بروم و کلر نیز صادق است. اما وجود اتمسفری مرکب از بروم یا کلر قابل قبول نیست زیرا در هر دو مورد مایعی در دوره گردش وجود نخواهد داشت. هم اسید برومیدریک و هم اسید کلریدریک به صورت گاز خواهند بود. اما اگر دما بین ۲۶۶ و ۳۳۲ باشد (زمین و مریخ) اتمسفری مرکب از اسید برومیدریک و اقیانوسی مرکب از بروم مایع می تواند موجود باشد، و حال آنکه در دمای بین ۱۸۸ و ۲۳۹ (کمر بند خرده سیارات) امکان این هست که اتمسفر از اسید کلریدریک و اقیانوس از کلر مایع باشد.

در هر سه مورد گیاهان باید ئیدروژن سولفور (یا اسید برومیدریک یا اسید کلریدریک) جذب کنند و آنرا به ئیدروژن و گوگرد (یا بروم یا کلر) تجزیه نمایند. ئیدروژن را در بافتهای خود نگه دارند و گوگرد مایع (بروم یا کلر) دفع کنند. جانوران ناگزیر می شوند که از گیاهان تغذیه کنند و گوگرد مایع بیاشامند (بروم یا کلر) و بار دیگر ئیدروژن سولفور (اسید برومیدریک یا اسید کلریدریک) بسازند و مرتباً بیرون بدهند.

اگر چه مسئله پیچیده و ناخوش آیند می نماید ولی

باید توجه داشت که وقتی ئیدروژن و کلر ترکیب می‌شوند يك سوم انرژی از ترکیب ئیدروژن و اکسیژن را تولید می‌کنند. ئیدروژن و بروم $\frac{1}{8}$ آن و ئیدروژن و گوگرد $\frac{1}{10}$ آن را به وجود می‌آورند. اما نیاز حیات به انرژی به قدری است که سیستم بروم و گوگرد (دست‌کم برای جانداران عالیترا از موجودات میکروسکوپی) ناکافی است و سیستم کلر نیز وضعی متزلزل پیدا می‌کند.

اما حساب فلوئور از حساب عنصرهای دیگر جداست و اشکالات سایر عنصرها را ندارد. دردمای میان ۱۹۰ و ۲۹۳ درجه (مریخ) امکان این هست که اتمسفری مرکب از فلوئور و اقیانوسی از اسید فلوئوریدریک موجود باشد. فلوئور پس از ترکیب با ئیدروژن ۵ را برابر انرژی که از ترکیب اکسیژن با ئیدروژن به وجود می‌آید، تولید می‌کند. این بهترین وضع خواهد بود (اگر از کمی این عنصر نسبت به اکسیژن در جهان صرف نظر کنیم).

اما مسئله‌ای در میان هست و آن این است که وقتی از ترکیب فلوئور و ئیدروژن انرژی زیادی تولید می‌شود معنی‌اش آن است که تجزیه‌اش به ئیدروژن و فلوئور با اشکال بیشتری روبه‌رو خواهد بود.

گیاهان برای تجزیه آب از انرژی نور قرمز استفاده می‌کنند و حال آنکه برای تجزیه اسید فلوئوریدریک انرژی نور قرمز کافی نخواهد بود و نور آبی لازم است و شاید هم نور نزدیک مافوق بنفش.

این امر کار را دشوار می‌سازد. زیرا اگر خورشید

به آن اندازه نزدیک یاسیاره به آن اندازه گرم باشد که نور پیرانرژی را به مقدار کافی فراهم سازد، در آن صورت گرما وجود اسید فلوئوریدریک را در اقیانوس غیر ممکن خواهد ساخت و چنانچه خورشید دور باشد یاسیاره سرد باشد که اسید فلوئوریدریک بتواند در اقیانوس وجود داشته باشد انرژی لازم برای فتوسنتز به روش فلوئور فراهم نخواهد بود.

در همه موارد فوق مسئله اجزای سازنده بافتها در جای خود اهمیت بسیار دارد که من از آنها صرف نظر کرده‌ام و حتی درباره آنها نیندیشیده‌ام. این مسئله به موقعیت دیگر و وقت دیگر محول می‌شود و در آن وقت موضوع اتمسفر مقدم خواهد بود.

تا اینجا عنصرهایی را به جای اتمهای اکسیژن، که در دوره گردش «آب - اکسیژن» کره ما وجود دارند، در نظر گرفته‌ایم. اکنون ببینیم که اگر آنها را تنها به حال خود بگذاریم و عنصری به جای ئیدروژن در نظر بگیریم چه خواهد شد. گوگرد تنها ماده‌ای است که می‌توانم درباره‌اش بیندیشم. در دماهای میان ۳۹۳ تا ۷۱۸ می‌توان اتمسفری از انیدرید سولفور و اقیانوسی از گوگرد داشت. گیاهان انیدرید سولفور و جذب خواهند کرد و آن را به گوگرد و اکسیژن تجزیه خواهند نمود و اکسیژن را در بافتهای خود خواهند اندوخت.

حیوانات گیاهانی را خواهند خورد که مقدار

اکسیژن‌شان زیاد است و گوگرد مایع خواهند آشامید و انیدرید سولفور و پس خواهند داد. حسن این جهان آن است که ترکیب گوگرد و اکسیژن به اندازه ترکیب ئیدروژن و اکسیژن انرژی تولید می‌کند.

امکان دیگری که هست وجود ماده مرکبی است به جای يك عنصر و آن اکسید دوکربن است. (CO). اکسید دوکربن می‌تواند جای ئیدروژن را بگیرد، زیرا با اکسیژن ترکیب می‌شود و انیدرید کربنیک تولید می‌کند و انرژی کافی آزاد می‌سازد. تنها اشکال این جریان آن است که انیدرید کربنیک در دماهای کم، یعنی در ۲۰ درجه و کمتر از آن و نیز در فشاری که دست کم ۵ برابر فشار اتمسفر ماست حالت مایع به خود می‌گیرد. داشتن اقیانوس انیدرید کربنیک بسیار غیر عملی است.

ممکن است به این فکر بیفتید که اگر مواد مرکب پیچیده تر دست اندر کار باشد چه. مثلاً سیستم «اکسید کربن، و فور مالدئید» یا سیستم «سیانوژن و اسید سیانیدرید». اشکالی ندارد اما مسئله اینجاست که هرچه سیستم مورد نظر پیچیده تر باشد، توجیه آن دشوارتر و احتمال برخورد با آن در جهان کمتر خواهد بود. اگر سیستمی در نظر بگیریم که در آن دو چیز دیگر به جای اکسیژن و ئیدروژن دست اندر کار باشند، همین جریان حکمفرما خواهد بود. مسئله اتمسفرها را تابدانجا که پیچیده تر و غیر متحمل تر بشود دنبال نخواهم کرد.

اما پیش از پایان این بحث از اتمسفری سخن خواهم گفت که به نظر من احتمال بیشتری از همه اتمسفرهای

نامبرده دارد.

این سیستم عکس سیستم قبلی یعنی «آب/ئیدروژن-اکسیژن» است.

سیاره‌ای به بزرگی اورانوس را در موقعیت مریخ به نظر آورید. در چنین موقعیتی قسمت اعظم اتمسفر ئیدروژن خواهد بود و به همراه آن امونیاك و متان و انیدريك كربنيك وجود خواهد داشت. این سیاره دمایی خواهد داشت که در آن آب به صورت مایع موجود خواهد بود.

گیاهان در چنین شرایطی آب را به ئیدروژن و اکسیژن تجزیه خواهند کرد. سپس اکسیژن را بامتان (که از هوا می‌گیرند) ترکیب می‌کنند و نشاسته می‌سازند و ئیدروژن به هوا پس می‌دهند. جای متان را ئیدروژن خواهد گرفت و انیدريد كربنيك به متان تبدیل خواهد شد و سپس به جایش ئیدروژن خواهد آمد. امونیاك به جای خود خواهد ماند. بنابراین اتمسفر چنین شرایطی سرانجام فقط از ئیدروژن و امونیاك مرکب خواهد شد. حیوانات نشاسته را خواهند خورد و ئیدروژن تنفس خواهند کرد. اکسیژن نشاسته را بائیدروژن ترکیب خواهند کرد تا آب به وجود آورند و گاز متان بیرون خواهند داد.

این درست موقعیتی است که ما داریم ولی در جهت عکس.

با چنین اندیشه‌ای درحالی که سرم داغ شده بود از اطاق بیرون رفتم و وارد حیاط شدم و نفس عمیقی

کشیدم تا هرچه بیشتر از اکسیژن نیروبخش به دست
آورم و از روی اشتیاق به چمنها، که مشغول اکسیژن‌سازی
بودند، خیره شدم.

فصل هفتم

آنجا که شانس کورکورانه عمل نمی‌کند

مسئله مورد بحث ما در این فصل این است که چه عوامل مساعدی در پیدایش حیات از مواد بیجان روی زمین دست‌اندرکار بوده‌اند و نتیجه بگیریم که چه احتمالی برای یافتن جاندار در سایر سیارات «زمین مانند» وجود دارد.

برای آنکه بحث ما صورت منظمی داشته باشد ابتدا ببینیم که (از نظر شیمیایی) بیجان چیست و جاندار کدام است، پس از آن شاید بتوانیم چگونگی تبدیل ماده بیجان به جاندار را بررسی کنیم.

ابتدا از بیجان و به‌خصوص از اقیانوس سخن می‌گوییم.

مسلم است که قسمت عمده اقیانوس آب است. دیگر آنکه یونهای محلول فراوان دارد (یون، اتم یا گروه اتمی

دارای بار الکتریکی است). مهمترین یونها عبارتند از یونهای سدیم و یونهای کلر. مقدار قابل توجهی از یونهای پتاسیم و کلسیم و منیزیوم و سولفات و فسفات و دیگر یونها نیز در آب اقیانوس هست. همهٔ موادی که اکنون در آب اقیانوسها وجود دارند، به دلایل بسیار، قبل از پیدایش حیات نیز، احتمالاً با تراکم کمتر در آن موجود بوده اند.

اما در اقیانوسهای اولیه، غیر از آب و یونها چیزهای دیگری نیز وجود داشتند. گازهای محلول، حاصل از اتمسفر نیز در آنها محلول بودند. بعضی از این گازها در اقیانوسهای کنونی محلولند ولی چون اتمسفر اولیه با اتمسفر کنونی تفاوت داشته است، گازهای محلول در اقیانوسهای اولیه با گازهای محلول در اقیانوسهای کنونی نیز تفاوت داشته است.

ماهیت اتمسفر اولیهٔ زمین پیش از پیدایش حیات در فصل پیش بیان گردید و دانسته شد که اتمسفر زمین بیشتر شامل امونیاک (NH_3) و انیدرید کربنیک (CO_2) بوده است. امونیاک در آب بسیار محلول است ولی انیدرید کربنیک نسبتاً کم محلول است. این هر دو به مقدار زیاد در آب اقیانوسها حل شده بوده است.

از گازهایی که به مقدار کم در اتمسفر اولیه وجود داشته یکی ئیدروژن سولفور (H_2S)، دیگری متان (CH_4) و شاید مقداری ئیدروژن (H_2) بوده که هنوز به فضای خارج از زمین فرار نکرده بودند. از میان این گازها ئیدروژن سولفور کم محلول است ولی دو گاز دیگر

بسیار کم محلولند. مقدار آب اقیانوسها به قدری است که حجم گازهایی که کم محلول بوده اند خود به چند کیلومتر مکعب بالغ می شده است.

اینها مواد بیجان بودند. موادی که در این بخش نام بردیم مواد خام بیجانی هستند که حیات از آنها به وجود آمده است.

اکنون باید به بحث درباره حیات پردازیم. سلول زنده (بدن انسان) مخلوط بی نهایت پیچیده ای از مواد است که اگر هر يك از اجزایش به تنهایی در لوله آزمایش قرار داده شود، دیگر زنده نیست یا دست کم آنچه را که عموماً خصوصیات حیاتی می نامیم نشان نمی دهد. از اینجا می توان نتیجه گرفت که حیات چیزی جز يك ماده شیمیایی یا گروه مواد شیمیایی است. من این نتیجه را تا حدودی صحیح می دانم.

اما کاملاً صحیح نیست. زیرا بعضی از مواد شیمیایی در سلول وجود دارند که به حیات پیوسته ترند تا مواد دیگر. مثلاً در وسط سلول بخشی متراکمتر هست که به وسیله غشایی از بقیه سلول جداست. این بخش متراکمتر هسته نامیده می شود. رشد و تکثیر سلول به وسیله هسته سازمان داده می شود به طوری که اگر بخواهیم حیات را به بخش کوچکتر از سلول وابسته بدانیم، باید توجه خود را به هسته معطوف سازیم.

درون هسته ماده کروماتین هست. این ماده طی

تقسیم سلولی به صورت قطعات باریکی به نام کروموزوم تغییر شکل می دهد. دلایل بی نهایت زیادی گواه این واقعیتند که کروموزومها خصوصیات شیمیایی سلولی را، که خود جزیی از آنند، مشخص می سازند. هر کروموزوم، طی تقسیم سلولی، همانند خود را می سازد به طوری که به هر یک از دو سلول حاصل از تقسیم، یک دست کروموزوم کامل می رسد.

قبول این مسئله که حیات پیوستگی بسیار زیاد با کروموزومهای سلول دارد منطقی است. برای تأیید این مسئله سلول نر (اسپرما توزوئید) را در نظر می گیریم. سلول نر کیسه بسیار کوچک دمداری است که فقط نیمی از یک دست کروموزوم را در خود نهفته و غیر از آن چیزی ندارد. با وجود این سلول نر نه تنها زنده است بلکه در مواد شیمیایی درون خود ناقل هزارها خصوصیات ارثی است که از پدر به فرزند می رسد. (نیم دیگر یک دست کروموزوم در سلول ماده «اوول» است به طوری که پدر و مادر در خصوصیات شیمیایی فرزند سهم برابر دارند).

قدمی فراتر می گذاریم. کروموزومها (بر اساس قرائن غیر مستقیم ولی مشروح و پذیرفتنی) مرکب از ژنها هستند و هر ژن یکی از خصوصیات ارثی را کنترل می کند (اگر باموسیقی تشبیه کنیم، می توانیم بگوییم که هر ژن یک نت می نوازد و حاصل کار همه ژنهای همه کروموزومها صدای پیچیده سمفونی است که می شنویم). چنان که معلوم شده، ژن یک مولکول منفرد است ولی

مولکولی بینهایت پیچیده است و مولکول نوکلئوپروتئید نام دارد.

ژن آخرین نقطه‌ای است که می‌توانیم در جستجوی حیات درون سلول بدان دست یابیم.

راه دیگری را آزمایش کنیم: تا اینجا تا سرحد امکان به عمق سلول نفوذ کردیم. اکنون فرض کنید که ساده‌ترین سلول را مورد بررسی قرار دادیم. آیا این کار به ما یاری خواهد کرد؟

متأسفانه سلول ساده وجود خارجی ندارد. حیواناتی که کوچک‌ترند و به اندازه انسان تکامل نیافته‌اند و تعداد کمتری سلول دارند، سلولهای آنها چندان متنوع نیستند و تخصص نیافته‌اند ولی هر سلول خود (از نظر شیمیایی) پیچیدگی بسیار دارد. حتی سلول سازنده پیکر يك باکتری ساده نیست و از سلولهای بدن آدمی نیز پیچیده‌تر است. و همه انواع مواد شیمیایی موجود در سلول آدمی را داراست. اما چیزهایی وجود دارند که از سلول کوچکترند و زنده به حساب می‌آیند. این چیزها را ویروس می‌گویند. ویروسها از سلولها کوچکترند. ویروسهای بزرگ ساختمانی پیچیده دارند و مواد شیمیایی گوناگون در ساختمان آنها هست ولی ویروسهای کوچک فقط از يك نوع ماده ساخته شده‌اند و آن ماده اساسیترین ماده حیاتی است.

کوچکترین ویروسها از مولکولهای ماده مخصوصی

به نام نوکلئوپروتئید ساخته شده اند.

چنانکه دیده می شود از دو راه به ساده ترین صورت حیات رسیده ایم. از یکی از راهها به ژن و از راه دیگری به ویروس رسیده ایم که جنس هر دو نوکلئوپروتئید است.

باید دید که آیا نوکلئوپروتئیدها خصوصیتی خارج از سایر مواد شیمیایی دارند؟ آیا چیزی در آنها هست که با آنچه حیات می نامیم پیوستگی ناگسستنی داشته باشد؟ از جهتی پاسخ دو پرسش بالا مثبت است، و آن این است که نوکلئوپروتئیدها در محیط طبیعی خود می توانند نظایر خود را به وجود آورند. مثلا ژنهای درون سلول، می توانند بعضی از مواد ساده مایع پیرامون خود را به صورتی دنبال هم ریسه کنند که ساختمان نهایی آنها اتم به اتم همانند مولکول ژن شود. سپس این ریسه ها را به هم متصل ساخته مولکول بزرگ پیچیده ای به وجود آورند. این مولکول المثنای ژنی خواهد بود که به عنوان الگو به کار رفته است. این عمل را «همانند سازی خودکار» گویند و از میان مواد شناخته شده تنها نوکلئوپروتئیدها دارای چنین خاصیتی هستند.

ژن نه تنها می تواند مولکول دیگری نظیر خود بسازد بلکه مولکولهای ساده تری نیز به نام آنزیم می سازد (شاید ساده تر بودن این مولکولها برای آن است که المثنای بخش کوچکتری از ژن ساخته می شود). آنزیمها واکنشهای شیمیایی سلول را اداره می کنند و بدین روش، اوضاع شیمیایی سلول را معین می سازند. هر ژنی مسئول

توليد نوع مخصوصی آنزيم است. (شاید منحصرأ يك آنزيم).

ويروس را می توان ژن مستقلي (ياگروهي از ژنهای مستقل) به حساب آورد که به سلولها هجوم می برد و اوضاع داخلی آنها را برای رفع نیازمندیهای خود جور می کند. مانند مرغ کوکو است که در لانه مرغان ديگر تخم می گذارد. ويروسی که به داخل سلولی هجوم می برد، اوضاع شیمیایی خود را به صورتی بدان تحمیل می کند و آنزيمهای خاص خود را می سازد و از مواد ساده درون سلول همانندهای خود را به وجود می آورد و بدین طریق همه فعالیت های حیاتی سلول را به خاطر نیازمندیهای خود معلق می سازد.

روش همانند سازی مولکول نوکلئوپروتئید را نباید با روش همانند سازی بلور اشتباه کرد. وقتی که محلولی از کلرورسدیم به آهستگی تبخیر می شود، بلورهای نمک تشکیل می گردند و بزرگتر می شوند. بلور از این جهت بزرگتر می شود که یونهای سدیم و یونهای کلر از محلول خارج می شوند و بنا بر طرح بارهای الکتریکی سطح بلور موجود، بدان ملحق می گردند. در این فرایند یونها تغییری نمی کنند. در محلول صورت یون داشتند و در بلور هم به همان صورت یونی خود موجودند. و در بلور با همان نیروهایی متصل باقی می مانند که در محلول آنها را به هم متصل نگه می داشت. تنها تفاوتی که هست این است که در بلور نظم دارند ولی در محلول بی نظم بودند. بنابراین در بلور سازمان بیشتری داده شده اند.

و حال آن که مولکول نوکلئوپروتئید فقط نظایر خود را در محیط خود نمی یابد تا بر توده نوکلئوپروتئیدها بیفزاید، بلکه مواد گوناگون ساده تر از خود را می گیرد و از آنها يك «خود» دیگر می سازد.

سازمانی که در ساخته شدن مولکول نوکلئوپروتئید به مواد داده می شود بسیار عالتر از سازمانی است که در حین بزرگ شدن بلور سدیم به وجود می آید.

در واقع تفاوت «زنده بودن» يك ماده با توده شدن مواد را می توان وابسته به میزان سازمانی دانست که به مواد محیط داده می شود و به سطحی از سازمان که ماده بدان می رسد.

اکنون می توانیم نتیجه ای بگیریم. پس اگر بتوانیم طریق به وجود آمدن نوکلئوپروتئید از ماده بیجان را بیابیم، حتی به وجود آمدن يك مولکول تنها را، در آن صورت پیدایش بقیه جانداران از این یگانه مولکول قابل درك خواهد شد.

مصادق این گفته مشهور است: «نوکلئوپروتئید همه چیز حیات است باقی همه فرع بر اصل است.»

مسئله جاندار و بیجان را به ساده ترین صورت و صف کردیم. در جهان بیجان مقدار زیادی آب و انیدرید کربنیک و امونیاك و مقدار کمی ئیدروژن سولفور و متان و ئیدروژن داریم. نیز مقداری یون در اوقیانوس وجود دارد. اتمهایی که در این مولکولها هست عبارتند از مقدار

زیادی اتم ئیدروژن و اتم کربن و اکسیژن و مقدار قابل توجهی اتم نیتروژن و مقدار کمی اتم گوگرد. از میان یونها، یونهای فسفات فراوانند و شامل اتمهای فسفرند.

در جهان جانداران مولکولهای نوکلئوپروتئید داریم که شامل اتمهای پر شمار ئیدروژن و کربن و اکسیژن است و تعداد قابل توجهی اتم نیتروژن و مقدار کمی اتم گوگرد نیز دارد. مقدار کمی اتم فسفر نیز در آن هست.

اگر به خوبی به اتمهای جهان بیجان و جاندار توجه کنیم یا حتی به مقدار نسبی آنها در هر دو نگاه کنیم تفاوت مهمی نمی بینیم. اما چیزی که قابل توجه است تفاوتی است که در ارتباط میان اتمهای موجود در این دو جهان وجود دارد.

در جهان بیجان مولکولهای کوچک مرکب از ۵ اتم هست و حال آن که در جهان جاندار مولکولهای بسیار بزرگ نوکلئوپروتئید وجود دارد که شامل میلیونها اتم است و هر اتمی جای مشخصی دارد.

سؤالی که در اینجا پیش می آید این است که: «این مولکولهای کوچک چگونه مرتب شده اند که توانسته اند نخستین مولکول نوکلئوپروتئید را به وجود آورند؟» وقتی که يك مولکول نوکلئوپروتئید به وجود آید می تواند ساخته شدن مولکولهای دیگری نظیر خود را هدایت کند. اما باید دید که: «نخستین مولکول نوکلئوپروتئید چگونه به وجود آمده است؟»

آیا به وجود آمدن نخستین مولکول نوکلئوپروتئید محصول تصادف کورکورانه بوده است؟ آیا امکان دارد که اتمها طی میلیاردها سال برخورد اتفاقی با هم، توانسته باشند تصادفاً به صورتی مرتب گرد هم آیند؟

برای آنکه دیده شود تصادف کورکورانه چه نتیجه‌ای به بار می آورد تشبیه ساده‌ای می‌کنیم. فرض کنید ۶ رنگ تیله داشته باشیم و چند میلیون تیله جور شده را به صورتی درهم و برهم در جعبه‌ای بریزیم. فرض کنید که تیله‌ها پوششی از نوعی سیمان داشته باشند که بدان وسیله به هرتیله‌ای که مجاورشان می‌شود بچسبند. اکنون تکه‌ای که از چسبیدن همه تیله‌ها حاصل می‌شود از جعبه بیرون می‌آوریم. آیا احتمال اینکه تصادف کورکورانه، همه تیله‌های رنگی را چنان به هم متصل ساخته باشد تا مولکول نوکلئوپروتئید کاملی به وجود آید، چقدر خواهد بود؟

با قرائت فصل سوم این کتاب می‌توانید به این پرسش پاسخ بگویید. برای کسانی که فصل سوم را مطالعه نکرده‌اند اضافه می‌کنم که احتمال، بسیار کمتر از آن است که من و شما می‌توانیم به تصور آوریم. احتمال آن چنان کم است که اگر همه جهان پراز آدمی بود و هر آدمی در ثانیه ۲۰ بار به آزمایش می‌پرداخت (۱۰۰ بار با هزارها بار در ثانیه تفاوتی نمی‌کرد!) و یک میلیارد سال این آزمایشها طول می‌کشید (یک تریلیون یا تریلیونها سال) احتمال این که یکی از این آزمایشها مولکول نوکلئوپروتئید به وجود آورد همچنان بسیار

کم است.

نظیر چنین موضوعی را لوکنت دونوی (Lecomte du Nouÿ) در کتابی به نام «سرنوشت آدمی» که به سال ۱۹۴۷ انتشار یافته، به صورتی پیروزمندانه مطرح کرده است. وی معتقد بوده است که اندیشه پیدایش حیات از طریق تصادف کورکورانه غیرمنطقی است بلکه در پیدایش حیات بایستی هوشی راهنما بوده باشد.

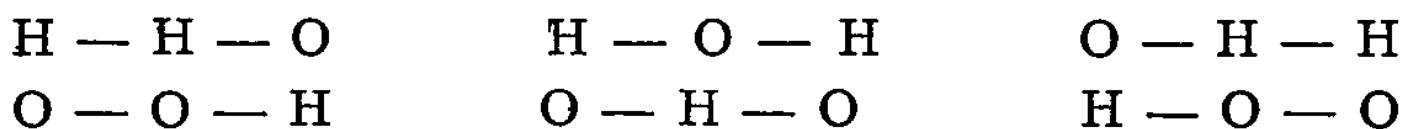
دلیل لوکنت دونوی مورد قبول کسانی بوده (و هنوز هم هست) که نتیجه را ثابت شده می‌پندارند و نقائصی را که در استدلال‌هایشان وجود دارد نادیده می‌گیرند. اما متأسفانه این نتیجه با نقائصی همراه است و دلیلی که اظهار می‌شود سفسطه‌آمیز است.

مورد بسیار ساده‌ای را در نظر می‌گیریم تا بتوانیم نکات سفسطه‌آمیز مسئله فوق را بیابیم.

فرض کنید که کار را با مخلوطی از گازهای اکسیژن و ئیدروژن آغاز می‌کنیم. اگر این دو گاز را گرم کنیم مولکولهای ئیدروژن و اکسیژن با تولید انفجار بایکدیگر ترکیب می‌شوند. محصول این ترکیب ماده‌ای است که مولکولش از اتمهای اکسیژن و ئیدروژن مرکب است. تعداد اتمهای این ماده بر روی هم ۳ است و به صورت عدد ۷ به هم متصل گشته‌اند.

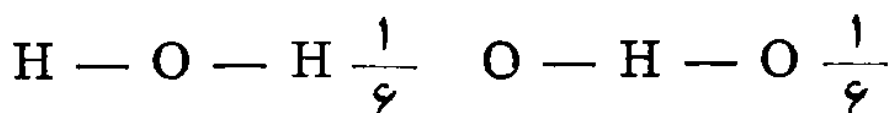
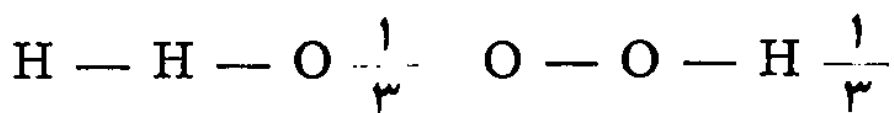
همه آنچه گفته شد به جای خود درست، ولی فرض کنید که این تنها چیزی باشد که در این باره می‌دانید و

چیز دیگری اضافه بر آن بر شما مکشوف نیست! اما اگر بر اساس تصادف کورکورانه بدین کار اقدام کنید مولکولی که سرانجام حاصل خواهد شد چه خواهد بود؟ چنان که می دانید مولکول نهایی سه اتم دارد. اتمها هم از ئیدروژن و هم از اکسیژن اند. این دو گاز می توانند شش نوع با هم ترکیب شوند:



با $\text{H} - \text{H} - \text{O}$ یا $\text{O} - \text{H} - \text{H}$ برابر است (اگر یکی را بچرخانید به حالت دومی در می آید) و نیز $\text{O} - \text{O} - \text{H}$ برابر با $\text{H} - \text{O} - \text{O}$ است. بنابراین هر یک از اینها به دو طریق می تواند به وجود آید پس احتمال تولید $\text{H} - \text{H} - \text{O}$ و $\text{O} - \text{O} - \text{H}$ دو برابر احتمال تولید $\text{H} - \text{O} - \text{H}$ یا $\text{O} - \text{H} - \text{O}$ است زیرا این دو هر یک به یک طریق تولید می شود.

پس اگر اتمهای اکسیژن و ئیدروژن به طور تصادفی با هم ترکیب شوند و مولکولهایی سه اتمی به وجود آورند احتمال تولید مولکولهای سه اتمی به نسبت زیر خواهد بود:



پس از ترکیب اکسیژن و ئیدروژن اکنون باید تئوری را با مشاهده مورد آزمایش قرار دهیم. فرض کنید

که جثه ما از حد رؤیت با میکروسکوپ کوچکتر باشد و بتوانیم ده محصول ترکیب این دو گاز را به طور تصادفی در هر بار به دست بگیریم و از نزدیک معاینه کنیم.

احتمال اینکه هر ده محصول ترکیب $H - O - H$ باشد و هیچ يك از صورتهای دیگر در آن نباشد چقدر خواهد بود؟ احتمال فوق به قرار زیر است: يك از $6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6 \times 6$ یا به عبارت دیگر يك از ۶۰،۰۰۰،۰۰۰. (اگر باور ندارید محاسبه کنید).

اگر ۱۲ مولکول را به دست بگیرید احتمال اینکه هر ۱۲ مولکول $H - O - H$ باشد چقدر خواهد بود؟ پاسخ این سؤال يك از ۳،۶۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰ است.

اگر يك میلیون مولکول را بر حسب تصادف بگیرید، احتمال این که همه آنها $H - O - H$ باشد چه خواهد شد؟ احتمال به همان اندازه کم است که برای تولید تصادفی يك مولکول نوکلئوپروتئید وجود دارد.

اما ده میلیارد مولکول از محصول ترکیب اکسیژن و ئیدروژن بگیرید خواهید دید که همه آنها از $O - H - O$ هستند و در میان آنها مولکولی از $O - O - H$ و $O - H - O$ وجود ندارد.

پس اشکال کار در کجاست؟ آیا قوانین احتمالات نادرستند؟ نه. مردم گمان می کنند که در این مورد دارند از قوانین احتمالات استفاده می کنند و این قوانین عموماً نادرستند.

چنانکه دیدید، بحث را بدین طریق شروع کردم

که تولید همه نوع ترکیب سه اتم ئیدروژن و اکسیژن احتمال برابر دارند و دلیلی که اقامه می کردم بر این اساس پایه گذاری شده بود و همواره چنین اظهار می کردم که «اگر اتمهای اکسیژن و ئیدروژن به طور تصادفی با هم ترکیب شوند.»

نکته همین جاست که ما حق نداریم بپذیریم که ترکیب این عناصرها به طور اتفاقی صورت می گیرد و واقع امر این است که به طور اتفاقی صورت نمی گیرد. خاصیت شیمیایی اتمهای ئیدروژن و اکسیژن چنان است که ترکیب $H - O - H$ تنها ترکیب معقول و محتمل است و تنها همین ترکیب صورت می گیرد.

در نحوه استدلال کنت دونویسی نیز همین غلط به چشم می خورد. تیله های چسبنده به هر طریقی می توانند به هم بچسبند و هر نوع ترکیبی به وجود آورند، ولی از این مثال از رفتار اتمها چیزی بر ما معلوم نمی شود. اتمهای واقعی تنها به صورت های معینی می توانند با هم ترکیب شوند و از این میان پاره ای احتمال بیشتری دارند.

بنابراین نباید سؤال کرد که: احتمال این که يك مولکول نوکلئوپروتئید بزحسب تصادف کورکورانه به وجود آید چیست؟ بلکه باید پرسید: احتمال ساخته شدن يك مولکول نوکلئوپروتئید بر اساس قوانین شناخته شده فیزیک و شیمی چیست؟ این احتمالی است کاملاً غیر کورکورانه.

برای بررسی امکانات ساخته شدن مولکول

نوکلئوپروتئید يك مولکول آن را تجزیه می‌کنیم. این کاری است که به آسانی صورت می‌پذیرد. همه مولکولهای پیچیده‌ای که به وسیله بافت زنده ساخته می‌شوند ماهیت پلی‌مری (Polymeric) دارند، یعنی از واحدهای ساده یا ترکیب اتمها ساخته شده‌اند. و این ترکیبها یا واحدها به صورت زنجیری پیاپی تکرار می‌شوند. واحدهای سازنده پلی‌مرها را مونومر (Monomer) می‌گویند. در بعضی موارد مانند نشاسته و سلولز فقط يك نوع واحد مولکول ساخته می‌شود ولی در مورد نوکلئوپروتئید (یا به طور کلی همه پروتئیدها) واحدهای ساختمانی متنوعند.

مولکولهای بزرگ در بعضی شرایط ئیدرولیز شده به واحدهای کوچک تبدیل می‌گردند و واحدهای کوچک نیز می‌توانند متراکم شده مولکولهای بزرگ به وجود آورند.

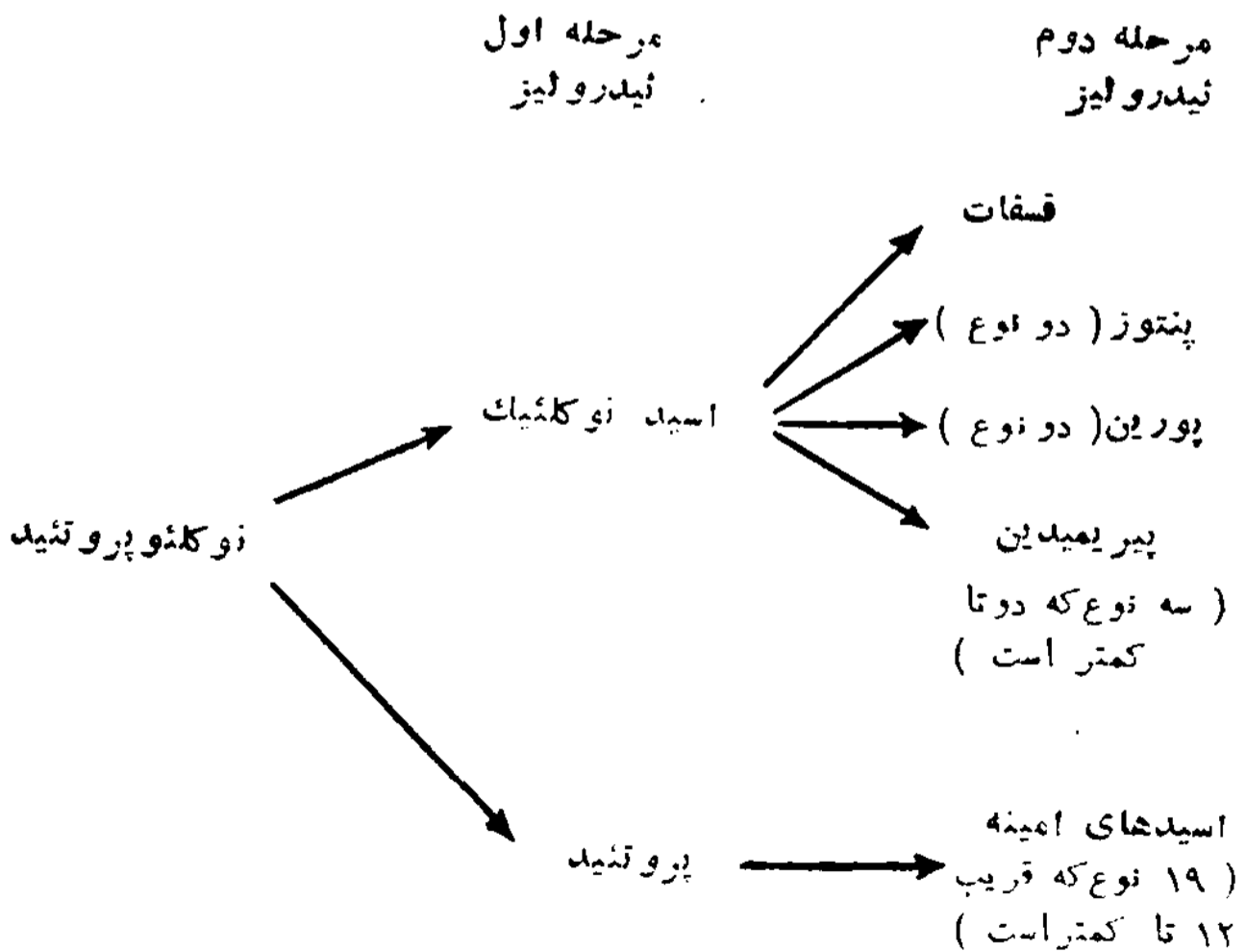
مثلا نوکلئوپروتئید يك ویروس زنده چون ئیدرولیز گردد به دو بخش می‌شود: بخش پروتئیدی و بخش اسید نوکلئیک. هیچ يك از این دو بخش به تنهایی زنده نیست و نیز خصوصیت بیماریزایی ویروس را ندارد. ولی وقتی این دو بخش باهم درآمیزد و مدتی به حال خود باقی بمانند مقداری از آنها باهم ترکیب می‌گردد و مولکول نوکلئوپروتئید به وجود می‌آورد. تعداد انواع ترکیبهای ممکن خواه زیاد خواه کم، راه صحیح ترکیب شدن آنها از دیگر راهها احتمال بیشتری دارد، زیرا بر اثر «تصادف کورکورانه» فقط يك درصد ترکیبها نظیر ویروس اولیه

با خاصیت بیماریزایی آن می شود. (این آزمایشی واقعی بود و تا حدی نشان می دهد که چگونه آدمی از ماده بیجان جاندار ساخته است).

اگر بتوانیم نشان دهیم که مولکولهای ساده ای چون آب و انیدرید کربنیک و امونیاک و غیره می توانند واحدهای سازنده نوکلئوپروتئید را به وجود آورند قدم بزرگی به سوی مقصود برداشته ایم.

واحدهای سازنده مولکول نوکلئوپروتئید کدامند؟ بدون آن که وارد شیمی بشویم جدول (۲۳) نام واحدها و انواع آنها را نشان می دهد.

جدول شماره ۲۳



از این مواد، گروه فسفات در اقیانوس به مقدار

فراوان موجود است و ماده‌ای است غیر آلی که اندکی از امونیاك و انیدرید کربنیک پیچیده‌تر است، پس در باره آن نگرانی نداریم. پنتوزها و پورینها و پیریمیدینها و اسیدهای امینه تا حدودی پیچیده‌اند و مولکولهای آنها از ده تا ۳۰ اتم مرکب است. اینها مواد مرکب پایدارند، و وهم و خیال نیستند.

به اسیدهای امینه می‌پردازیم. این مواد از جهت متنوع‌ترین گروه و پیچیده‌ترین آنها هستند.

فرض کنید که آب و امونیاك و انیدرید کربنیک و متان و ئیدروژن سولفور و ئیدروژن را با هم مخلوط کنیم و به انتظار به وجود آمدن يك مولکول اسید امینه بنشینیم. غذای کافی با خود داشته باشید زیرا انتظار شما بسیار طول خواهد کشید! چه بسا میلیاردها سال یا تریلیونها تریلیون سال طول بکشد و اسید امینه‌ای به وجود نیاید. تنها مخلوط کردن کافی نیست.

چنان که می‌دانید مولکولهای پیچیده عموماً انرژی بیشتری از مولکولهای ساده دارند. برای آن که مولکولهای ساده به صورت مولکولهای پیچیده با هم ترکیب شوند باید انرژی بدانها افزوده شود.

به عبارت دیگر آب هرگز به بالای تپه‌ای نمی‌رود مگر با تلمبه بدانجا فرستاده شود. سنگ فقط هنگامی به سوی بالا می‌رود که بدان سو پرتاب شود. آجرهای پراکنده هنگامی گرد هم می‌آیند و خانه‌ای می‌سازند که کسی بخواهد خانه بسازد.

برای آنکه آب و امونیاك و غیره به اسید امینه تبدیل

شوند، مثل آن است که این مواد به سوی بالای تپه می روند و نخواهند رفت مگر بدانجا برده شوند. یا بهتر بگوییم باید انرژی به کار برده شود.

آیا از این موضوع چنین استنباط می شود که مسئله «شانس کورکورانه عمل نمی کند» منتفی است؟ اگر منبعی از انرژی پیدا کنیم که در اطراف زمین اولیه وجود داشته است، پاسخ پرسش فوق منفی خواهد بود.

می توانیم چنین منبعی پیدا کنیم. در آغاز دو منبع انرژی وجود داشته است.

* * *

یکی از منابعی که به آن اندازه نیرومند بوده که وقوع واکنشهای شیمیایی را سبب شود برق (تخلیه الکتریکی جو) بود. بدون این عامل این واکنشها صورت نمی پذیرفتند.

برق در حال حاضر نیز می زند و کار انجام می دهد. اتمسفر کنونی، اکسیژن و نیتروژن دارد. اگر مقداری انرژی تأمین شود اکسیژن و نیتروژن با هم ترکیب می شوند و پراکسید ازت تولید می کنند. انرژی کبریت افروخته برای این کار کافی نیست (خوشبختانه!). اما برای انرژی برق کافی است. در لحظه ای که برق می زند مقدار کمی از نیتروژن و اکسیژن هوای مجاور به سرعت به ترکیب با هم مجبور می شوند و پراکسید ازت به وجود می آورند. این ماده در آب باران حل می شود و اسید نیتریک به وجود می آورد. وقتی که اسید نیتریک به زمین می رسد با مواد

موجود در زمین ترکیب می‌گردد و نیترات به وجود می‌آورد. مقدار پراکسید ازتی که بر اثر يك بار برق زدن به وجود می‌آید ناچیز است و مقدار اسید نیتریکی که در آب باران محلول می‌شود نیز بسیار کم است اما آنچه در تمام سطح زمین به وجود می‌آید مقدار قابل ملاحظه‌ای خواهد بود. به طوری که تخمین زده می‌شود روزانه مقدار ۲۵۰/۰۰۰ تن نیترات بر اثر زدن برق در سطح زمین به وجود می‌آید و این خود عامل مهمی در حاصلخیز نگه داشتن خاک است.

اما برقهای اولیه نیتروژن و اکسیژنی در دسترس نداشتند تا آنها را با هم ترکیب کنند، ولی در عوض مولکولهای امونیاك و انیدرید کربنیک و متان و ئیدروژن سولفور و ئیدروژن و مسلماً بخار آب در دسترس داشتند و این مواد را قویتر از اکنون با صدا به هم می‌آمیختند.

در سال ۱۹۵۲ شیمی‌دانی به نام میلر (MILLER) مخلوطی از امونیاك و متان و آب و ئیدروژن را به مدت يك هفته در معرض تخلیه الکتریکی قرار داد تا اوضاع اولیه سطح زمین را تجدید کرده باشد. پس از پایان هفته مخلوط را به وسیله کروماتوگرافی کاغذی تجزیه کرد (فصل چهارم) و در آن اسیدهای امینه یافت. این اسیدهای امینه محصول فعالیت حیاتی جانداران نبودند زیرا دستگاه آزمایش کاملاً از وجود جانداران ذره‌بینی عاری بود. در آغاز هم اسید امینه‌ای در محلول نبود و برای حصول اطمینان قبلاً آزمایش شده بود. تنها دو یا سه نوع اسید امینه ساده تشخیص داده شدند. ولی مولر فقط يك

هفته انتظار کشیده بود و اتمسفری که در اختیار داشت گازهای کمتری داشتند.

ممکن است فکر کنید که در آغاز در سطح زمین اولیه برق نمی زده است. اگرچه تصور چنین امری دشوار است معهذنا فرض کنیم که برقی نزده است. آیا مسئله منتفی خواهد شد؟

نه چنین نیست. بلکه منبع دیگری از انرژی نیز بوده است که کسی نمی تواند منکر وجودش بشود و آن تشعشعات مافوق بنفش خورشید بوده است. آزمایش هایی که با این تشعشعات به عمل آمده اند نشان داده اند که مواد ساده وقتی که زیر تأثیر آنها قرار گیرند به مواد پیچیده تر تبدیل می گردند.

تا آنجا که اطلاع داریم به وجود آمدن اسیدهای آمینه زیر تأثیر تشعشعات روی بنفش گزارش نشده است و یکی از دلایلی این است که در این آزمایشها امونیاك به کار نبرده اند. و بدون امونیاك اسید آمینه ساخته نمی شود. بدون آرد که نمی توان نان كيك ساخت!

در هر حال مسئله تأثیر تشعشعات روی بنفش در به وجود آوردن مواد مرکب کاملاً مسلم شده است.

بنابراین اوقیانوس اولیه را به نظر آورید که در آن مواد ساده تحت تأثیر اشعه روی بنفش و برق به مواد پیچیده تر ترکیب شده باشند و موادی چون اسیدهای آمینه و پورینها و پیریمیدینها و پنتوزها و بسیاری از انواع مواد دیگر به وجود آمده و آب اقیانوس را به سوپی تبدیل کرده باشند. هرچه بر مقدار این مواد افزوده می شد،

بیشتر به هم برخورد می‌کردند و در نتیجه تأثیر انرژی بر آنها، غالباً با هم ترکیب می‌شدند.

اما توجه داشته باشید که ترکیب این مواد با یکدیگر تصادفی نیست بلکه فقط به چند طریق محدود می‌توانند گرد هم آیند که گاهی از دو یاسه طریق متجاوز نیست. مثلاً طرقي را که يك پورين يا پيريميدين می‌تواند با يك فسفات ترکیب شود و نوکلئوتید بسازد از شش تا هشت طریق تجاوز نمی‌کند.

دو نوکلئوتید فقط به سه طریق می‌توانند با هم ترکیب شوند یا دو اسید آمینه ساده تنها به دو طریق می‌توانند با هم ترکیب شده يك مولکول دو اسید آمینه‌ای به وجود آورند. يك مولکول دو اسید آمینه‌ای یا دو نوکلئوتیدی می‌تواند با يك نوکلئوتید یا اسید آمینه دیگر ترکیب شود و مولکولی دارای سه جزء به وجود آورد. وقتی که تعدادی از اسیدهای آمینه با هم ترکیب شدند پروتئید ساخته می‌شود و از ترکیب تعدادی نوکلئوتید اسید نوکلئیک به وجود می‌آید. سرانجام روزی می‌رسد که يك مولکول پروتئید با يك مولکول نوکلئوتید به هم برخورد کنند و ترکیب شوند و مولکول نوکلئوپروتئید به وجود آورند. نوکلئوپروتئیدی که به حد کافی پیچیدگی حاصل کرده و به درستی ساخته شده است می‌تواند همانند سازی کند. وقتی چنین شد، جاندار به وجود آمده است.

نشانه‌هایی از این برخوردهای احتمالی پروتئیدها

و اسیدهای نوکلئیک در حال حاضر در دست است. تعیین ترتیب اسیدهای آمینه را در پروتئیدها و ترتیب نوکلئوتیدها را در اسیدهای نوکلئیک می دانیم. چنانکه معلوم شده است ترتیب این اجزا کاملاً تصادفی است.

مسئله‌ای که تعجب خواهید کرد که چگونه اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدها به طور تصادفی با هم ترکیب شده‌اند و توانسته‌اند مولکولی با خصوصیات حیاتی به وجود آورند. ظاهراً نقش تصادف در اینجا بیش از پیش به چشم می خورد. در این مورد دامی ذهنی وجود دارد و ما داریم گاری را جلو اسب می بندیم.

همه اقیانوسها و میلیاردها سال مکان و زمان وجود داشت که نوکلئوپروتئیدها (وسایر مولکولها) می توانستند به طور تصادفی (در اصطلاح قوانین فیزیک و شیمی) به وجود آیند. مکان و زمان اگر هزار بار بزرگتر می بود کافی نمی شد که یک نوکلئوپروتئید مخصوص به وجود آورد مگر به احتمال بی نهایت کم. مقصود از نوکلئوپروتئید مخصوص اسیدهای آمینه و نوکلئوتیدهای مخصوصی هستند که به ترتیب خاصی با هم ترکیب شده‌اند.

اما اگر تولید نوع مخصوصی از نوکلئوپروتئید منظور نباشد، زمان و مکان برای تولید نوکلئوپروتئیدی قدیمی با ترتیب قدیمی اجزا، زیاد هم بوده است. مطمئناً اجزای سازنده مولکول هر ترتیبی داشته باشند صاحب خواص مخصوصی می گردند. خوب بعد؟ خواص نهایی مولکول هر چه باشد، چیزی جز مواد خام سازنده حیات نخواهد بود. امکان دارد که خواص بعضی از نوکلئو-

پروتئیدها برای بقا مناسبتر بوده است. پس این مولکولها باقی مانده اند.

اگر فرض کنیم که خواص مواد شیمیایی سازنده بافت زنده برای رفع نیازمندیهای آن سازش یافته اند، بدان معنی است که گفته ام گاری را جلو اسب ببندیم. و مثل آن است که به طبیعت تبریک گوئیم که گوشه های آدمی را چنان در طرفین سر قرار داده است که شاخه های عینک به خوبی در اطراف آن جای می گیرد یا ممنون باشیم که گردش زمین را درست ۲۴ ساعت قرار داده است تا محاسبات ما با این عدد درست جور در بیاید. یا تعجب کنیم که چرا خورشید در روز که هوا روشن است بی جهت می درخشد و در شب که هوا تاریک است و نور کمتری کفایت می کند، نمی درخشد.

* * *

بگذریم. دو نکته دیگر هست که باید مورد مطالعه قرار دهیم. اول آنکه «آیا در حال حاضر هم حیات از مواد بیجان و با فرایندهای طبیعی به وجود می آید؟» دوم آنکه «آیا امکان دارد که در دیگر سیارات نیز حیات از مواد بیجان به وجود آید؟»

در پاسخ پرسش اول باید گفت که ظاهراً دلایل بسیاری در دست است که تکرار فرایند پیدایش حیات را در حال حاضر غیرممکن جلوه می دهد.

نخست آنکه وقتی حیات به درجه ای پیشرفت کرد که فتوسنتز امکان پذیر شد و اکسیژن و نیتروژن به جای

امونیاك و انیدرید کربنیک در اتمسفر وارد شدند، مقداری اکسیژن بر اثر تصادم با تشعشعات مافوق بنفش به اوزون که انرژی بیشتری دارد تبدیل شد. (مولکول اکسیژن معمولی از دو اتم ساخته شده است ولی مولکول اوزون سه اتم اکسیژن دارد) چنانکه دیده می شود اشعه روی بنفش در اینجانبین ماده ساده ای را به ماده پیچیده تری تبدیل کرده است.

اوزونی که بدین صورت به وجود آید تشعشعات روی بنفش را به شدت جذب می کند و نتایج جالبی به بار می آورد. مثلاً در اتمسفر امروزی زمین در حدود ۲۴ کیلومتری سطح زمین لایه ای از اوزون هست که از تصادم تشعشعات روی بنفش با اتمسفر قسمت بالا به وجود آمده است. این لایه اشعه روی بنفش را جذب می کند و مانع رسیدن آن به سطح زمین می شود. و این خود چیز سودمندی است زیرا جانداران کنونی که بانور روی بنفش سازش ندارند، در صورت رسیدن آن به سطح زمین قادر به ادامه زندگی نمی شدند. معهداً اشعه خورشید که به اقیانوسهای کنونی می خورد بالنسبه ضعیف و کم اثر است و قدرتش کمتر از آن است که بتواند مواد ساده را به مواد پیچیده تبدیل سازد.

نیز آنچه در اتمسفر کنونی در دسترس برق است فقط نیتروژن و اکسیژن و بخار آب است و اسید نیتریکی که محصول تخلیه الکتریکی جو است ماده ای نیست که در ساختن جاندار به کار آید. آنچه اتمسفر ما پیش از همه فاقد است اتمهای کربن (در انیدرید کربنیک)، و اتمهای

ئيدروژن (در آمونیاك) است که در اتمسفر اولیه فراوان بوده‌اند. بدون کربن و ئیدروژن، چنانکه می‌دانیم حیات به وجود نمی‌آید اگرچه همهٔ برق‌خدای خدایان (JOVE) به يك باره زده شود.

آیا این امر بسیار بدبینانه نمی‌نماید؟ آیا جز خورشید و طوفان منبع دیگری از انرژی حیات بخش وجود ندارد؟ آیا طبیعت تا به این درجه فاقد منبع انرژی است که امکان سومی در دسترس نمی‌گذارد یا من آن قدر درمانده‌ام که نمی‌توانم آن را ببینم؟

بدبختانه، چه منابع دیگری از انرژی موجود باشد چه نباشد مهم نیست زیرا اشکال دیگری در میان هست که مسئله تشکیل حیات از مواد بیجان را منتفی می‌سازد.

اقیانوس اولیه اقیانوس مرده‌ای بود. مولکولهای بزرگ به‌کندی در محیط آرام آن ساخته می‌شدند و متراکم می‌گشتند تا به‌حدی که اقیانوس عملاً صورت آبگوشتی مغذی داشت. اما در حال حاضر اگر مولکولی آلی در نتیجهٔ برخورد مساعد مولکولهای ساده‌تر به وجود آید، به‌سرعت جذب جانداران کوچک می‌شود و برای تولید انرژی مصرف می‌گردد یا جزء بافت زنده می‌شود.

اقیانوس کنونی پراز جاندار است و مواد خامی که می‌توانند موجب جاندار شوند، پیش از آنکه بتوانند بدان تبدیل گردند، باولع تمام به‌وسیلهٔ جانداران موجود از میان برده خواهند شد.

و اما مسئله حیات در سیاره‌های دیگر.

فرض اول: سیاره‌ای در فاصله‌ای از خورشید خود

قرار دارد که دمایش در حدودی است که آب در آن دست کم مدتی به صورت مایع است. پس (به استثنای خصوصیات غیرعادی مواد بین ستارگان که مورد سیاره هستند عنصرهایی به مقدار قابل ملاحظه یا بسیار فراوان خواهند بود) در چنین سیاره‌ای وجود اتمسفر مرکب از امونیاک و انیدرید کربنیک اجتناب ناپذیر است.

فرض دوم: به فرض وجود اتمسفری مرکب از امونیاک و انیدرید کربنیک و منبعی از انرژی چون اشعه مافوق بنفش خورشید، به وجود آمدن حیات اجتناب ناپذیر است.

اگر سلسله استنتاجاتی که به عمل آمده است منطقی و معقول باشد پس هر سیاره زمین مانند دارای جاندار خواهد بود. (توجه داشته باشید که من از جاندارانی انسان مانند یا هوشمند صحبت به میان نیاورده‌ام بلکه فقط گفته‌ام «جاندار» از این بیشتر چیزی پیشگویی نمی‌کنم و در باره جاندارانی که بر اساس شیمیایی دیگر غیر از آنچه در زمین ماست - به عبارت دیگر جاندارانی که بر اساس غیر نوکلئوپروتئیدی ساخته شده باشند - در سیاره‌های مشتری و عطارد نیز چیزی نمی‌گویم.)

آیا برای بررسی این نتیجه راهی وجود دارد؟

يك راه بررسی موجود است. در منظومه شمسی ما جهانهای متنوعی داریم و از میان آنها جهانی غیر از زمین هست که به زحمت دارای شرایط بالاست. این جهان مریخ است (ممکن است زهره سیاره دیگری از این قبیل باشد ولی عملاً درباره آن چیزی نمی‌دانیم).

مریخ اگر چه کوچکتر از آن است که با شرایط بالا جور در آید اما مقداری اتمسفر و آب دارد و گرچه سردتر از شرایط بالاست ولی آب در آن در مدتی به حالت مایع است و گرچه دورتر از خورشید است اما مقداری از اشعه فوق بنفش را از خورشید می‌گیرد (کمتر از نیمی از اشعه‌ای که زمین اولیه می‌گرفت).

بنابراین این مریخ یکی از آزمایشهای باارزش سلسله استدالات است. مریخ سیاره‌ای است سرد و تقریباً خشک و بی‌هوا. اگر معلوم شود که حیات در آن نیست معذوریم. اما ببینیم که آیا جاننداری در مریخ هست؟

علی‌رغم اشکالاتی که در این زمینه هست و علی‌رغم نقائصی که در این سیاره وجود دارد ظاهراً پاسخ پرسش فوق مثبت است. دست‌کم منطقه سبز مریخ مبین نوعی زندگی گیاهی است. امکان دارد که زندگی گیاهی مریخ بسیار ابتدایی و کم تنوع باشد و شباهتی به حیات روی زمین نداشته باشد ولی به هر حال حیات است.

پس وقتی مریخ جاندار داشته باشد به عقیده من هر سیاره زمین مانند نیز خواهد توانست حیات به وجود آورد.

فصل هشتم

به‌دام انداختن خورشید

نخستین و بزرگترین کشفی که به‌دست آدمی صورت گرفته به کار بردن آتش بوده است. این کشف، بیش از عوامل دیگر، نقطهٔ تحول وی از صورت حیوانی و ارتقای به‌درجه انسانی محسوب می‌شود.

یونانیان به‌اهمیت این کشف واقف بودند و می‌پنداشتند که آتش عطیۀ پرومتئوس (PROMETHEUS) نیمه خداوند است که آن را از خورشید دزدیده و به انسان برهنه که از سرما می‌لرزیده بخشیده است. به‌نظر یونانیان آتش قطعه‌ای از خورشید بوده که به‌دام انداخته و رام گشته و برای استفادهٔ انسان آماده شده است. اگر به‌جای خورشید انرژی بگویید، نظر یونانیان درست بوده است.

هنگامی که آدمی افروختن آتش را به‌وسیلهٔ مالیدن دو تکه چوب به‌یکدیگر آموخت، برای نخستین بار، غیر از انرژی بدنی خود، به‌منبع دیگری از انرژی دست یافت.

بنابراین آدمی باشناختن آتش بیش از هر جانور دیگر جهان، انرژی در اختیار داشت و همین امر او را از حیوان بودن به مقامی بالاتر برد.

اما کشف آتش که چند هزار سال پیش صورت گرفته، انعکاسی از کشف مشابه ولی بزرگتری بوده که به وسیلهٔ جاننداری اولیه، شاید يك ميليارد سال به عمل آمده است.

در فصل پیش جاندار را به صورت مولکول نوکلئوپروتئید در اقیانوس اولیه رها ساختیم. این مولکول زنده بود ولی منبعی از انرژی در اختیار نداشت و باید دید که چه پیش آمد تا توانست از آن چیزی به دست آورد. (مانند کسی بود که نمی توانست آتش بیفروزد و به انتظار آذرخشی بود تا درختی را به آتش کشد).

در این فصل وسیله‌ای را بررسی می‌کنیم که جانداران میکروسکوپی يك ميليارد سال پیش به پرومتئوس پیشدستی کردند و به کمک آن آتش را از خورشید دزدیدند.

داستان را از خودمان شروع می‌کنیم. بدن ما مدام انرژی به مصرف می‌رساند. ماهیچه‌های ما منقبض می‌شوند. اعصاب ما پیامهای عصبی را در خود انتقال می‌دهند. کلیه‌های ما خون را صاف می‌کنند. سلولهای ما از مولکولهای ساده مولکولهای پیچیده به وجود می‌آورند. همهٔ این کارها به انرژی نیاز دارد. این انرژی از کجا

می آید؟

حالت خاصی را در نظر می گیریم و آن واکنشی است شیمیایی چون ترکیب شدن دواسید امینه برای تولید ماده‌ای به نام دی‌پتید، دی‌پتید می‌تواند با يك اسید امینه سوم ترکیب شود و يك تری‌پتید به وجود آورد. این ماده با يك اسید امینه دیگر تولید تتراپتید می‌کند و بالاخره پنتاپتید و هکزاپتید و هپتاپتید و برای ن قیاس.

هنگامی که تعدادی کافی از اسیدهای امینه بایکدیگر ترکیب شدند يك مولکول پروتئید به وجود می‌آید بنا براین این نوع واکنش از واکنشهای اساسی حیات است. بدون چنین واکنشی يك مولکول نوکلئوپروتئید نخواهد توانست از مواد خام پیرامون خود همانندسازی کند و بدون نوکلئوپروتئید هم حیاتی در میان نخواهد بود. اما نکته‌ای در این میان هست. اگر دواسید امینه را کنار هم قرار دهیم به خودی خود ترکیب نخواهند شد. در يك دی‌پتید بیش از دو اسید امینه جدا از هم انرژی هست. هر وقت که اسید امینه‌ای به زنجیری پپتیدی افزودی شود انرژی آن پپتید زیاد می‌شود. و این انرژی باید از جایی تأمین شود.

مقدار انرژی لازم برای افزودن يك اسید امینه به يك زنجیر پپتیدی از $5/0$ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم تا $4/0$ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم متغیر است و این تفاوت بستگی به نوع اسید امینه دارد. بدن انرژی لازم برای این ترکیب و برای سایر

کارهای مشابه را از «پیوندهای پرانرژی فسفات» که در بافتهایش وجود دارد (و در همه بافتهای زنده هست) می‌گیرد.

چنان که می‌دانید موادی وجود دارند که مولکولهای آنها دارای يك گروه فسفات است (گروه فسفات شامل يك اتم فسفر و دو اتم ئیدروژن و چهار اتم اکسیژن است، $-OPO_3H_2$) و این گروه فسفات به صورتی متزلزل به بقیه مولکول اتصال دارد. پیوند شیمیایی میان گروه فسفات و بقیه مولکول تا حدودی محکم ولی آماده گسیختن است. هنگامی که پیوند گروه فسفات پاره می‌شود قریب ۵ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم انرژی آزاد می‌گردد. این مقدار انرژی می‌تواند هر دو نوع اسیدامینه‌ای را بایکدیگر ترکیب کند.

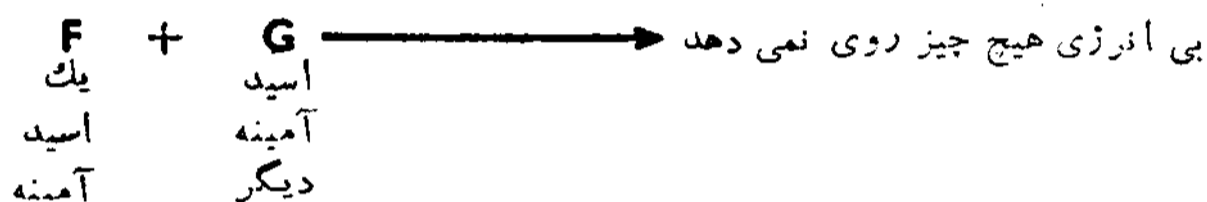
ماده‌ای پرانرژی که بدن غالباً بدین منظورها به کار می‌برد ادنوزین تری فسفات نام دارد. این ماده سه گروه فسفات در يك ردیف دارد و بدین جهت می‌توانیم آن را به صورت A-P-P-P نشان دهیم. گاهی يك گروه فسفات و گاهی دو تا از این ماده جدا می‌شود.

هنگامی که A-P-P-P تجزیه می‌شود، بخشی از آن به يك اسید امینه مجاور خود می‌چسبد و ماده مرکب اسید امینه داری پرانرژی به وجود می‌آورد. این ماده مرکب به آن اندازه انرژی دارد که بتواند خود را بدون زحمت به اسید امینه دیگر متصل کند. در حین این کار قطعه‌ای از فسفات که بدان متصل شده بود آزاد می‌گردد. محصول واکنش يك دی‌پپتید خواهد بود. با تکرار

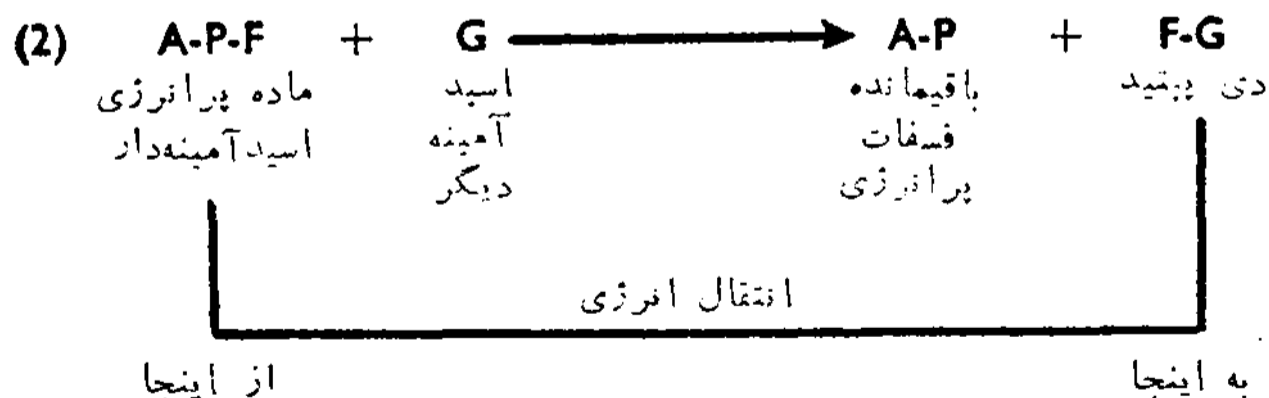
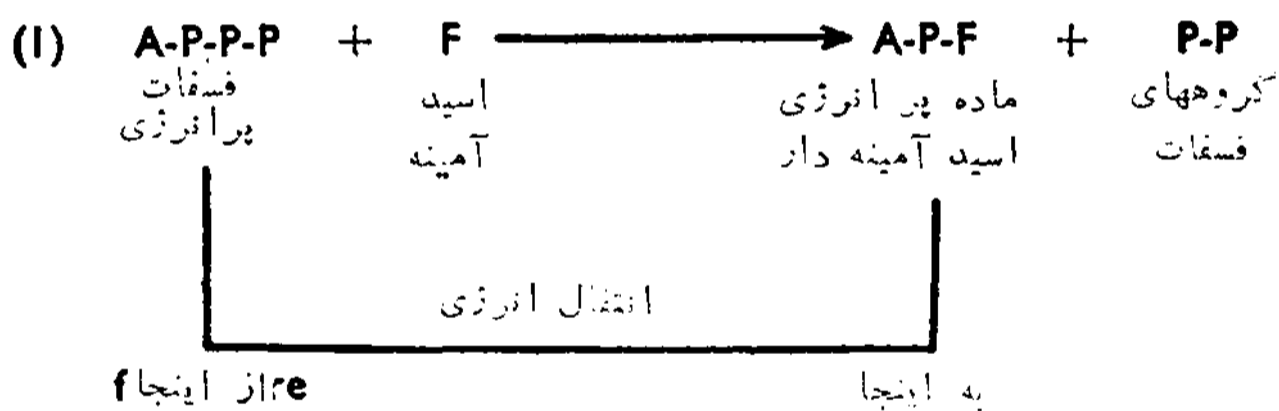
این عمل مولکول پروتئید ساخته خواهد شد.
اگر مطالب بالا به نظر دشوار آمد به تصویر ۱۵ توجه کنید، همه آن مطالب به صورت طرحی ساده در این تصویر نموده شده است.

تنها اشکالی که در میان هست این است که: «بدن این فسفات پرانرژی را از کجا به دست می آورد؟»

درغیاب فسفات پرانرژی — a



با وجود فسفات پرانرژی — b



تصویر ۱۵: طرز کار يك فسفات پرانرژی

بر روی هم برای افزوده شدن يك اسيد آمينه به يك زنجیر پپتیدی يك فسفات پرانرژی تجزیه می شود و از

طرف دیگر اندوخته بدن از نظر این ماده بسیار محدود است.

آشکار است که بدن باید به محض تمام شدن فسفات پیرانرژی فوراً از آن بسازد اما چگونه؟ برای آنکه گروه فسفات جدا شده از مولکول اولیه دوباره بدان متصل شود به همان اندازه که انرژی آزاد شده به انرژی نیازمند است. یعنی ۵ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم. (از نظر انرژی، بیشتر به خاطر داشته باشید که نمی‌توان از هیچ چیزی به دست آورد. این را قانون اول ترمودینامیک می‌گویند.)

بسیار خوب. اگر بدن برای ترکیب کردن اسیدهای آمینه در هر بار به ۴ کیلو کالری یا کمتر از آن به ازای هر مولکول گرم نیازمند است، وقتی که به ۵ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم نیازمند می‌شود چگونه عمل می‌کند؟

ظاهراً ماده دیگری وجود دارد که دانشمندان شیمی حیاتی به تازگی به اهمیت آن پی برده‌اند و آن اسیل-مرکاپتان است (ACYL MERCAPTAN). در این ماده اتمهای اساسی عبارتند از يك کربن يك اکسیژن و يك گوگرد (S) - (C O) - .

اسیل مرکاپتان از فسفات پیرانرژی نیز بیشتر انرژی دارد و هنگامی که ترکیب S - (CO) از هم می‌پاشد اندکی بیش از ۸ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم از دست می‌دهد.

این مقدار انرژی برای به وجود آمدن يك پیوند پر

انرژی فسفات کفایت می‌کند.

تنها چیزی که می‌ماند (و مطمئنم که زودتر از من بدان توجه کرده‌اید) این است که دانسته شود اسیل-مرکاپتان از کجا می‌آید. بدن این ماده را به وجود می‌آورد اما باید دید که چگونه. تازه برای دوباره به وجود آمدن اسیل مرکاپتان تجزیه شده به هشت کیلو کالری نیاز هست (وقتی جوان بودم نظیر چنین مسئله‌ای برایم پیش آمده بود و آن این بود که برای تیز کردن چیزهای معمولی فولادی، ابزار فولادی بسیار تیزی لازم است و برای تیزکردن آن ابزار فولادی تیز به ابزار فولادی تیزتری نیاز هست. متوجه شدید).

برای آنکه دانسته شود اسیل مرکاپتان از کجا می‌آید باید غذایی را که می‌خوریم مورد توجه قرار دهیم.

غذای ما از چند نوع ماده مرکب تشکیل یافته است اما غذای‌های انرژی‌زا در دودسته مهم جای دارند: ئیدراتهای کربن و چربیها. هر دو دسته از اتمهای کربن و ئیدروژن و اکسیژن مرکبند ولی به نسبت‌های متفاوت. ئیدراتهای کربن و چربیها در بدن به‌کندی با اکسیژن ترکیب می‌شوند (یعنی اکسید می‌گردند) و این کار طی ۱۲ مرحله صورت می‌گیرد و سرانجام اتمهای کربن و اتمهای ئیدروژن با اکسیژن ترکیب می‌شوند و چیزی باقی نمی‌ماند. بنابراین محصولات نهایی این اکسید شدن آب (H_2O) و انیدرید کربنیک (CO_2) است.

پس می‌توانیم بدین گونه بنویسیم: «ئیدراتهای کربن (یا چربیها) به اضافه اکسیژن تولید انیدرید کربنیک و آب می‌کنند.»

اما ئیدراتهای کربن و چربیها بیش از آن انرژی دارند که در انیدرید کربنیک و آب هست. در تبدیل این مواد به آب و انیدرید کربنیک مقداری انرژی آزاد می‌شود به طوری که می‌توانیم بدین گونه بنویسیم: «ئیدراتهای کربن (یا چربیها) به اضافه اکسیژن تولید انیدرید کربنیک و آب و انرژی می‌کند.»

مسئله تولید انرژی در حین اکسید شدن ئیدراتهای کربن و چربیها پس از حرارت دادن این مواد به خوبی آشکار می‌شود. پس از حرارت دادن این مواد چربیها شروع می‌کنند به سوختن ولی ئیدراتهای کربن ابتدا به ذغال تبدیل می‌شوند و سپس فروزان شده به کندی می‌سوزند. هر دو ماده سرانجام به انیدرید کربنیک و آب تبدیل می‌شوند و انرژی آن به صورت گرما و نور آزاد می‌شود.

درست به همین مقدار انرژی، نه ذره‌ای کمتر و نه ذره‌ای بیشتر، از سوختن ئیدراتهای کربن و چربیها در بدن حاصل می‌شود. اگر چه راه شیمیایی کند اکسید شدن این مواد در بدن با سوختن سریع آنها در یک شعله تفاوت دارد اما انرژی حاصل از هر دو طریق برابر است. (این نخستین قانون ترمودینامیک است).

بزرگترین تفاوت این دو راه این است که اکسید شدن در بدن، که به کندی صورت می‌گیرد، در اختیار بدن

است. انرژی که در بدن از اکسید شدن آنها حاصل می‌شود صورت شعله ندارد که نور و حرارت به‌فضا بدهد بلکه به‌صورت مقادیر کوچک آزاد می‌شود و به‌وسیلهٔ مواد پرانرژی جذب و حفظ می‌گردد.

مرحلهٔ نهایی اکسید شدن ئیدراتهای کربن و چربیها در بدن ترکیب شدن ئیدروژن و اکسیژن است. ئیدروژنهایی که در يك مولکول چربی یا ئیدرات کربن وجود دارند (یا طی واکنشهای شیمیایی بدانها متصل می‌شوند) با اکسیژن ترکیب می‌گردند. هر دو اتم ئیدروژن با يك اتم اکسیژن ترکیب می‌شود. هر وقت که دو ئیدروژن از مولکولی برداشته می‌شود ۴۵ تا ۶۵ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم آزاد می‌شود. این خود بسیار زیادتر از انرژی موجود در پیوند اسیل مرکاپتان است و در واقع ۶ تا ۸ برابر آن است.

ولی انرژی که از ترکیب اکسیژن و ئیدروژن در بدن حاصل می‌شود فقط ۲ تا ۴ فسفات پر انرژی به وجود می‌آورد. مراحل تغییرات انرژی از وقتی که غذا می‌خوریم تا وقتی که پروتئید در بدن ما ساخته می‌شود به صورت طرح ساده‌ای در تصویر ۱۶ نشان داده شده است. تصویر ۱۶ مسئله‌ای را روشن می‌سازد که بعضی کسان آن را چنانکه باید به درستی تعبیر نمی‌کنند.

آدمی مدت‌هاست که متوجه شده همه چیز در شرف زوال است. مثلاً ساعت می‌خوابد، آهن زنگ می‌زند، آب به طرف سرازیری روان می‌شود، موجودات زنده سالخورده می‌شوند و سپس می‌میرند، حرکت زمین رفته رفته کندتر

دو اتم ئیدروژن از چربی و ئیدرات کربنی که می‌خوریم با يك اتم اکسیژنی که تنفس می‌کنیم ترکیب می‌شود	می‌دهد	۴۵ تا ۶۵ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم
کافی برای ساخته شدن ۲ تا ۴ اسیل مرکاپتان است که پس از تجزیه،	می‌دهد	۱۶ تا ۳۲ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم
کافی برای ساخته شدن ۲ تا ۴ فسفات پرانرژی است که پس از تجزیه،	می‌دهد	۹¼ تا ۱۹ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم
کافی برای اتصال ۲ تا ۴ اسید آمینه است که پس از تجزیه	می‌دهد	۱ تا ۱۶ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم

تصویر ۱۶: آمار انرژی در بدن

می‌شود و ئیدروژن خورشید دارد ته می‌کشد.

این یکی از قوانین مهم جهانی است - همه چیز در شرف زوال تدریجی است - و دانشمندان آن را دومین قانون ترمودینامیک می‌نامند.

برخی کسان در حیات اثری عکس آن دیده‌اند. چنانکه آدمی می‌تواند ساعتی را کوك کند، آهن زنگ زده را دوباره ذوب کند، آب را با تلمبه به بالای بلندی ببرد، با تولید بچه حیات را نو کند و برای قیاس. بنا بر این چنین احساس می‌شود که در حیات چیزی هست که از این قاعده زوال تدریجی مستثنی است، به عبارت دیگر حیات چیزی دارد که آن را مافوق قوانین فیزیک و شیمی ساخته است.

این طور نیست.

درست است که انسان می‌تواند تکه‌ای از سنگ معدن آهن یا سنگ معدن آلومینیوم (BAUXITE) و ماسه و گل رس بردارد و از آنها به ترتیب فولاد و آلومینیوم و شیشه و آجر بسازد و با این مصالح آسمان‌خراشی برپا سازد و این کار آدمی ظاهراً ساختن است نه زوال تدریجی.

اما برای آنکه انسان بتواند بدان توفیق یابد باید مقداری انرژی به صورت ذغال سنگ مشتعل برای ذوب سنگ آهن و برای ذوب ماسه و پختن گل رس و نیز الکتریسته برای جدا ساختن آلومینیوم از سنگ معدن آن به کار برد. انرژی خود انسان نیز باید به مصرف برسد. «زوال تدریجی» که از سوختن ذغال سنگ و از عرقی که افراد آدمی می‌ریزند حاصل می‌گردد بیش از «ساخته‌شدنی» است که از برپا ساختن آسمان‌خراشی نتیجه می‌گردد.

تمدن ما به طور کلی وابسته به زوال تدریجی انرژی (با سرعت ممکن) درون ذغال سنگ و اندوخته نفت جهان است. و از میان رفتن این اندوخته‌ها و انرژی درون آنها بیشتر از ساخته‌های محصول کار برد آنها است. جلو این زوال را نمی‌توان گرفت. قانون دوم ترمودینامیک تاکنون هرگز غلط از آب در نیامده است.

اکنون به تصویر ۱۶ مراجعه کنید و ببینید که چگونه بدن آدمی در شرف زوال است. وقتی که دو ئیدروژن با اکسیژن ترکیب می‌شود با ۴۵ تا ۶۰ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم آغاز می‌کنید و در پایان کار دو تا چهار پیوند اسید آمینه‌ای به دست می‌آورید که جز ۱ تا ۱۶ کیلو

کالری به ازای هر مولکول گرم در بر ندارد. در بدن شما ساختن پروتئید با سرعت ۱ تا ۱۶ صورت می‌گیرد ولی از بین رفتن غذا در بدنتان با سرعت ۴۵ تا ۶۵ است. به هر صورت بین ۶۵ تا ۹۸ درصد انرژی غذای شما به هدر رفته است. انرژی هدر رفته به صورت گرما از دست می‌رود و اگر کار سختی انجام بدهید توجه یافته‌اید که کار مهم بدن شما دفع همهٔ گرمایی است که در همان موقع انجام کار تولید شده است.

از آنجا که آب در حین بخار شدن گرما می‌گیرد پس بدن تعرق می‌کند. در روزهای نمناک که آب به خوبی بخار نمی‌شود، شما هنگام انجام کار سخت بیچاره می‌شوید. و می‌گویید رطوبت آزاردهنده است نه گرما، حال آنکه گرما آزاردهنده است، زیرا گرمایی که هنگام انجام کار سخت تولید می‌کنید نمی‌خواهد و نمی‌تواند به سرعتی که بدن می‌خواهد دفع گردد.

* * *

نه تنها ما، بلکه همه موجودات زنده از انرژی حاصل از تبدیل ئیدراتهای کربن و چربی به انیدرید کربنیک و آبروزگار می‌گذرانند. همهٔ موجودات زنده هر یک اندکی از انرژی این مواد را می‌گیرند و بقیه را به هدر می‌دهند. اما باید دید که این مواد از کجا حاصل می‌شوند. در حدود میلیاردها سال است که موجودات زنده بدین گونه عمل می‌کنند و این مواد از میان نرفته‌اند.

البته ما و سایر موجودات زنده ئیدراتهای کربن و

چربی مورد نیاز را خود می‌سازیم ولی این تکافونمی‌کند زیرا انرژی لازم برای ساختن این مواد در آغاز از اکسید شدن خود این مواد حاصل می‌شود و از آنجا که قانون دوم ترمودینامیک خدشه پذیر نیست، مقدار ئیدرات کربن و چربی که باید متلاشی کنید تا از آن انرژی به دست آورید بسیار زیادتر از ئیدرات کربن و چربی خواهد بود که می‌سازید.

اگر بگویید که این مواد را از شیر، گوشت، تخم مرغ یا پرندگان به دست می‌آوریم درست نیست زیرا گاو و مرغ و خوک خود همواره ئیدرات کربن و چربی، بیشتر از آنچه در بافتهای خود یادر تخم مرغ و شیر اندوخته می‌کنند، می‌سوزانند.

اگر بخواهیم که حیات باقی باشد و دوام یابد باید طریقی برای ساخته شدن ئیدرات کربن و چربی بیابیم که به متلاشی ساختن این مواد نیازمند نباشد. بنا بر این منبع جدیدی از انرژی باید پیدا شود.

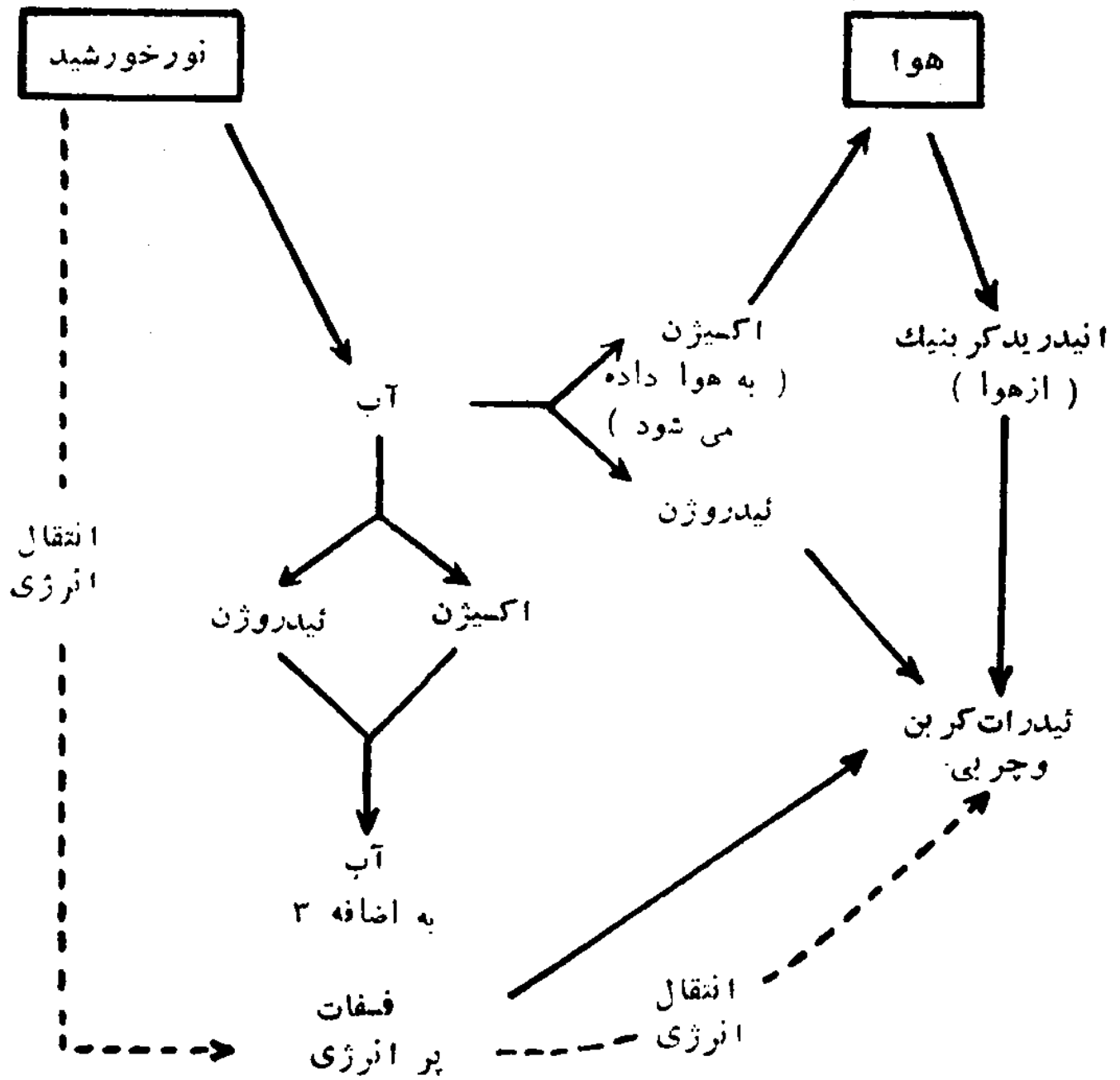
این نیرنگ را گیاهان سبز به کار می‌برند. گیاهان سبز خورشید را به دام می‌اندازند. این گیاهان روشی برای گرفتن انرژی خورشید پیدا کرده‌اند که آن را برای تجزیه مولکول آب به ئیدروژن و اکسیژن به کار می‌برند. (انرژی لازم برای تجزیه مولکول آب قریب ۶۵ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم است اما گیاهان برای توفیق در این امر احتمالاً ۱۰۰ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم از نور خورشید به کار می‌برند و امکان دارد که تا ۲۰۰ کیلو کالری به ازای هر مولکول گرم برسد.

بار دیگر قانون دوم ترمودینامیک فاتح شد اما خوشبختانه اندوخته انرژی خورشید واقعاً پایان ناپذیر است).
 مقداری از ئیدروژن و اکسیژنی که جدا شده‌اند بار دیگر ترکیب می‌شوند تا آن اندازه انرژی آزاد سازند که ۳ فسفات پیرانرژی در ازای تشکیل يك مولکول آبی که به وجود می‌آید تهیه شود. فسفاتهای پیرانرژی حاصل انرژی لازم برای ترکیب بقیه ئیدروژن را با انیدرید کربنیک هوا فراهم می‌سازند تا ئیدراتهای کربن و چربی ساخته شود. تصویب ۱۷ این فرایند را (فتوسنتز PHOTOSYNTHESIS) به صورت طرحی ساده نشان می‌دهد.

توجه کنید: فرایند فتوسنتز تقریباً عکس فرایندی است که در بدن ما جریان دارد. در بدن ما: ئیدرات کربن (یا چربی) به اضافه اکسیژن تولید انیدرید کربنیک و آب می‌کند به اضافه مقداری انرژی شیمیایی.

در گیاهان سبز، طی فرایند فتوسنتز: انیدرید کربنیک به اضافه آب و به اضافه انرژی خورشید تولید ئیدرات کربن (یا چربی) به اضافه اکسیژن می‌کند.

اکسیژنی که در فتوسنتز حاصل می‌شود و انیدرید کربنیک که در جریان آن گرفته می‌شود اتمسفر اولیه زمین را که مرکب از امونیاک و انیدرید کربنیک بود به اتمسفر کنونی که مرکب از اکسیژن و نیتروژن است تبدیل کرده است.



تصویر ۱۷: طرح ساده‌ای از فتوسنتز

حاصل آنکه گیاهان سبز انرژی خورشید را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کنند و سلولهای آنها از انرژی شیمیایی اندوخته شده در نیدراتهای کربن استفاده می‌نمایند.

زندگی همه حیوانات روی زمین نیز از این انرژی شیمیایی تأمین می‌شود و این کار یا از طریق خوردن گیاهان یا خوردن حیوانات گیاهخوار یا از خوردن حیواناتی که حیوانات گیاهخوار را خورده‌اند و برای این قیاس تحقق

می‌پذیرد. اینکه سلسله حیواناتی که از خوردن یکدیگر زنده می‌مانند تا چه حد طولانی باشد، مسئله‌ای نیست، اساس همهٔ اینها را گیاهان سبز تشکیل می‌دهند. آنچه گفته شد جانداران دریایی را نیز شامل است. جلبکهای تک‌سلولی اقیانوسها که در قسمت سطحی آنها روزگار می‌گذرانند اساس زندگی دریایی را تشکیل می‌دهند و همهٔ جانداران دریایی از کرم گرفته تا اوال بدانها وابسته‌اند.

اکنون باید دید که مولکول کوچک نوکلئوپروتئید که در اقیانوس اولیه تنها و سرگردان بوده چگونه توانسته است به انجام فرایندهای مذکور توفیق یابد. تنها خاصیت شیمیایی که از نوکلئوپروتئید می‌دانیم این است که می‌توانست از مولکولهای ساده‌تر، نظیر اسیدهای آمینه، مولکولی نظیر خود بسازد. اما متصل ساختن اسیدهای آمینه به یکدیگر انرژی خواه است. مولکول نوکلئوپروتئید این انرژی را از کجا به دست می‌آورد؟ از چربی و ئیدرات کربن؟

شاید! اقیانوس اولیه در نتیجه تأثیر برق اتمسفر اولیه و تأثیر اشعه فوق بنفش بر مواد مرکب ساده موجود در آن، مملو از مولکولهای آلی بود. ئیدراتهای کربن و چربیهای ساده شاید جزء این مولکولها بودند. اما در اتمسفر اولیه اکسیژنی وجود نداشت و حال آنکه قدم اول تحصیل انرژی ترکیب کردن ئیدرات کربن و چربی

با اکسیژن است. خوب بعد چه شد؟

عادیترین راه حل این مسئله فرایندی به نام گلیکولیز (GLYCOLYSIS) را شامل است. در گلیکولیز یک مولکول گلوکز (که قند ساده‌ای است) و ۶ اتم کربن و ۱۲ اتم ئیدروژن و ۶ اتم اکسیژن دارد به دو مولکول اسید لاکتیک تجزیه می‌شود. (طی چند مرحله). هر مولکول اسید لاکتیک ۳ اتم کربن و ۶ اتم ئیدروژن و سه اتم اکسیژن دارد. انرژی که از این تجزیه آزاد می‌شود کافی است که دو فسفات پرانرژی به وجود آورد.

گلیکولیز در مقایسه با اکسید شدن کامل گلوکز و تولید آب و انیدرید کربنیک ناچیز است. اکسید شدن کامل گلوکز بالغ بر ۳۲ فسفات پرانرژی تولید می‌کند. اما گلیکولیز یک مزیت دارد و آن این است که به اکسیژن مولکولی نیازمند نیست. حتی در حال حاضر نیز، اگرچه اکسیژن فراوان در هوا هست، گاهی بافتها در مواقع نیاز به انرژی بیشتر از آنچه از اکسیدن شدن تولید می‌شود، دست به گلیکولیز می‌زنند. ماهیچه‌ها وقتی به کار شدید اشتغال می‌ورزند به گلیکولیز متوسل می‌گردند. بافتهای جنینی، که گاهی دسترسی به اکسیژن کافی ندارند، تا حدودی به گلیکولیز دست می‌زنند.

حاصل آنکه نوکلئوپروتئید اولیه با استفاده از گلیکولیز، به ساختن فسفاتهای پرانرژی خود دست می‌زد و بدون اکسیژن مولکولی روزگار می‌گذرانید.

اما باید دید که: «نوکلئوپروتئید چگونه همه این تغییرات لازم را عملی می‌ساخت؟»، «و مولکول گلوکز

را چگونه تجزیه می‌کرد و فسفات پیرانرژی می‌ساخت و سپس این مواد را تجزیه می‌کرد و اسیدهای آمینه را با هم ترکیب می‌نمود و برای این قیاس؟»

گفتن اینکه نوکلئوپروتئید چنین و چنان می‌کند آسان است ولی باید دید که چگونه توانسته است بدین کار دست بزند.

این موضوع ما را به مسئله کاتالیز (CATALYSIS) می‌کشاند.

بسیاری از واکنشها در شرایط مساعد به سرعت صورت می‌گیرند و در شرایط نامساعد صورت نمی‌پذیرند.

مثلاً فرض کنید که می‌خواهید یادداشتی بردارید که برایتان اهمیت حیاتی دارد و قلم و کاغذی در اختیار دارید و فرض کنید در بیابانی از تپه‌های کوچک شنی هستید و چیزی در دسترس ندارید که کاغذ را روی آن قرار دهید و موضوع مورد نظر را روی آن یادداشت کنید. بنابراین با اشکال تمام و شاید هم ناخوانا می‌نویسید.

ولی فرض کنید که صفحه صاف و سختی دفعتاً ظاهر شود. بابه‌کار بردن آن صفحه برای گذاشتن کاغذ و نوشتن روی آن اشکالی در کارتان نخواهد بود، پس کار نوشتن را به سرعت انجام خواهید داد.

شما نه روی آن صفحه نوشته‌اید و نه آن را برای نوشتن به کار برده‌اید. صفحه فقط جایگاهی در اختیارتان گذاشته که کارتان بر روی آن انجام شده است. از این گذشته چیزی از صفحه در این جریان کاسته نشده، و اگر

زمان کافی در اختیار می‌داشتید می‌توانستید تریلیونها یادداشت را روی آن صفحه بر تریلیونها کاغذ ثبت کنید. صفحه‌ای که در نوشتن به شما کمک کرده مثالی از يك کاتالیزور است.

مولکولها یا گروه‌هایی از مولکولها وجود دارند که در هیچ واکنشی شیمیایی دخالت نمی‌کند ولی سطح کافی برای وقوع سریع واکنشهای شیمیایی فراهم می‌سازند. مولکولهای پروتئید به خصوص برای این منظور خوبند زیرا سطح مولکول این مواد از نقطه‌ای به نقطه دیگر تنوع دارد.

هر مولکول پروتئیدی که نسبتاً بزرگ باشد دست‌کم از نوزده قسم اسید آمینه گوناگون و شاید از هر قسمتی چند مولکول دارد. هر نوع اسید آمینه‌ای اتمهایی دارد که به طرز خاصی گرد هم آمده‌اند و ترتیب اتصال اتمهای هر اسید آمینه با ترتیب اسیدهای آمینه دیگر متفاوت است. وقتی که اسیدهای آمینه برای ساختن يك پروتئید به هم متصل می‌شوند، بخشی از آنها که به زنجیر پهلویی موسوم است، در سطح مولکول پروتئید قرار می‌گیرد.

زنجیرهای پهلویی اسیدهای آمینه از بسیاری جهات باهم تفاوت دارند. بعضی از آنها فقط از کربن و ئیدروژن مرکب‌اند، بعضی دیگر کربن و اکسیژن و ئیدروژن دارند، یا از کربن و ئیدروژن و نیتروژن مرکبند یا آنکه کربن و ئیدروژن و گوگرد دارند. بعضی از زنجیرهای پهلویی بار الکتریکی دارند و بعضی بار الکتریکی ندارند.

بعضی از بارهای الکتریکی مثبت و بعضی منفی هستند.

حاصل آن که سطح هر پروتئیدی طرح مخصوصی از اتمها و بارهای الکتریکی دارد.

مولکولی که می تواند در يك واکنش وارد شود ممکن است بر سطح پروتئیدی اتم و باری الکتریکی بیابد که با آن کاملاً جور بیاید. در این صورت با آن متحد می شود و يك «ماده پیچیده» به وجود می آورد. چنین ماده پیچیده ای (به دلایلی که نمی توانم در حال حاضر بیان دارم) آسانتر از وقتی که تنها باشد واکنش می کند.

به این دلیل مولکولی که ظاهراً در وضع معمولی تغییری متحمل نمی شود پس از برخورد به بخش مناسب يك مولکول پروتئید در يك آن دستخوش تغییر می شود. این مولکول ممکن است که تجزیه شود یا مولکولی آب بگیرد یا بعضی از اتمهایش را به مواد دیگر انتقال دهد یا میلیونها چیز دیگر انجام دهد.

پروتئیدی که این گونه سطح دارد کاتالیزور است. پروتئیدهای کاتالیزور آنزیم نام دارند. بدن آدمی هزارها آنزیم گوناگون دارد که هر يك یکی از واکنشهای مخصوص یا نوع مخصوصی از يك واکنش را رهبری می کند.

پروتئیدی که طی فرایندهای شیمیایی تصادفی به وجود می آید و در گفتار قبلی مورد بحث قرار دادیم، در سطح خود طرحهای متنوع خواهد داشت. امکان دارد که هیچ يك از آن طرحها برای واکنشی سودمند مناسب

نباشد و از سوی دیگر امکان دارد که بعضی از طرحها مناسب انجام واکنشها باشند.

مولکول پروتئید شبیه چاقویی جیبی است که از چند چیز متنوع مرکب است و هربخشی از آن يك کار انجام می دهد. مثلا بعضی از این چاقوها آچار پیچ گوشتی و درفش و تیغه و قیچی و دربطری بازکن و سوهان و کنسرو بازکن و چیزی برای در آوردن ریگ از درون سم اسب دارند. اگر بخواهید کاری انجام بدهید و تیغهای پیدا کنید امکان دارد که بتوانید باتیغه آن کار را انجام بدهید و نیز امکان دارد که نتوانید به انجام کارتان موفق شوید. هرچه تعداد تیغهها و انواع آنها بیشتر باشد احتمال انجام کارتان بیشتر خواهد بود.

بسیار خوب. در نوکلئوپروتئیدی که میلیونها اسید امینه دارد، احتمال پیدا شدن نقطه ای که گلوکز بتواند جای بگیرد و تجزیه شود بوده است. امکان دارد که نقطه ای از نوکلئوپروتئید توانسته باشد به وجود آمدن يك «اسیل مرکاپتان» را سبب شود و نقطه دیگری تشکیل يك فسفات پرانرژی را باعث گردد.

امکان دارد که میلیونها مولکول نوکلئوپروتئید ساخته شده ولی سطح مناسبی برای وقوع واکنشها را فاقد بوده باشند. فقط نوکلئوپروتئیدی می تواند پرانرژی به وجود آورد و نوکلئوپروتئید دیگر بسازد که سطح مناسب برای وقوع واکنش داشته است و فقط همان نوکلئوپروتئید زنده بوده است.

چنانکه می بینیم برای آنکه يك مولکول نوکلئوپروتئید بتواند همانندسازی کند، باید مولکولهای خاصی از اقیانوس پیرامون خود را تجزیه نماید. این مولکولها قبلاً به وسیله اشعه روی بنفش خورشید درجایی که حیاتی وجود نداشته است ساخته شده اند. بنابراین این گونه مولکولها «غذا»ی مولکول نوکلئوپروتئید بوده اند.

به تدریج که مولکولهای نوکلئوپروتئید همانندسازی می کردند و بر تعدادشان افزوده می شد، لازم می آمد که «غذا» بیش از پیش مصرف شود. وقتی که مولکولهای بزرگ موجود در اقیانوس به منظور تولید انرژی جهت ساختن نوکلئوپروتئیدهای نو، تجزیه می شدند و به مواد ساده تر تبدیل می گشتند، اندوخته اقیانوس رو به پایان می نهاد، زیرا نوکلئوپروتئیدهای نو نیز همراه مولکولهای موجود خود در تلاش پیدا کردن غذا بودند. سرانجام تعادلی به وجود آمد. و آن موقعی بود که تعداد مولکولهای نوکلئوپروتئید به حدی رسیدند که مواد مورد نیاز آنها درست برابر موادی بود که بر حسب تصادف تحت اثر انرژی آفتاب در اقیانوس ساخته می شد. و از آنجا که اشعه مافوق بنفش سرعت قابلی برای ساختن ماده آلی نداشت مقدار نوکلئوپروتئید اقیانوسها محدود شد.

از این گذشته، اگر جریان امر بدین صورت ادامه می یافت مقدار نوکلئوپروتئید، تاحیات در زمین باقی بود همچنان محدود باقی می ماند. و جاندار از پدیده های نادر

سطح اقیانوس‌سهمی شد و به صورت مولکول مردارخواری باقی می‌ماند که از مولکول گلوکزی که به‌طور اتفاقی در دسترش قرار می‌گرفت روزگار می‌گذرانید.

برای پیشرفت وضع حیات يك چیز لازم بود و آن «قابلیت تغییر» است و خوشبختانه مولکول نوکلئوپروتئید دارای چنین قابلیت‌هایی هست.

در جریان مباحث این کتاب بارها اشاره کرده‌ام که نوکلئوپروتئید این قابلیت را دارد که می‌تواند مولکول‌های واحدهای ساده‌سازنده خود را، پهلوی به‌پهلوی خود، چنان ردیف کند که مولکولی اتم به‌اتم نظیر خود بسازد. در این جریان هر واحد احتمالاً با واحد مربوط به خود در مولکول نوکلئوپروتئید پیوندی سست دارد. واحدها پس از آنکه بدین ترتیب مرتب شدند محکم به یکدیگر می‌پیوندند و مولکول جدیدی به‌وجود می‌آورند که از مولکول اولیه (که در حکم الگوست) جدا می‌شود.

مسلماً مولکول نوکلئوپروتئیدی نمی‌خواهد که همانند خود را بسازد و تا آنجا که می‌دانیم شعور و میلی بدین کار ندارد. این کار مولکول نوکلئوپروتئید نوعی قرینه‌سازی است و پایدارترین ترتیب ممکن است (و عامل آن چیزی است به‌نام تشدید «RESONANCE»). بنابراین بسیار محتمل است که پیایی و بارها واقع شده باشد. ولی ترتیبی که بیش‌از همه احتمال دارد، همیشه واقع نمی‌شود بلکه غالباً به‌وقوع می‌پیوندد. گاهی واحدها به‌صورتی ترتیب می‌یابند که احتمال وقوعش کمتر است.

مثلاً چنانچه واحد A و A_1 بسیار به هم شبیه باشند، گاهی طی همانند سازیها اتفاق می افتد که يك واحد A_1 پهلوی واحد A در ردیف واحدهای مولکول نوکلئوپروتئید قرار گیرد. مولکول حاصل از جهت داشتن A ، بامولکولی قبلی متفاوت خواهد بود. وقتی که این مولکول همانندسازی می کند يك A_1 پهلوی A_1 قبلی قرار خواهد گرفت پس تفاوت در دو A_1 می شود بدین روش يك سلسله مولکولهای متفاوت نوکلئوپروتئید به وجود خواهد آمد.

همانندسازی ناقص تنها تغییری نیست که حاصل می شود. مولکولهای نوکلئوپروتئید همواره تحت تأثیر بمباران دایم نور روی بنفش خورشید و اشعه کیهانی و اشعه گامای حاصل از مواد رادیو اکتیو قرار دارند. گاه گاهی يك کوانتوم از این گونه تشعشعات به يك مولکول نوکلئوپروتئید به طوری اصابت می کند که ترتیب اتمهایش را تغییر می دهد. اگر مولکول بعد از این تصادم، قدرت همانندسازی خود را از دست ندهد، مولکولی با ترتیب دیگری به وجود خواهد آورد.

در هر حال، هر وقت که ساختمان مولکول نوکلئوپروتئیدی به هر علتی تغییر یابد و مولکول این تغییر را به «اعقاب» خود انتقال دهد گویند جهش (MUTATION) صورت گرفته است.

اکنون نوکلئوپروتئید جهش یافته را در نظر بگیرید. وقتی که واحد نوی در جایی قرار گرفت، دست

کم دريك نقطه وضع اتمها و بارهای الکتریکی تغییر خواهد کرد و خاصیت کاتالیزوری آن ممکن است در آن نقطه تغییر یابد به شرطی که آن نقطه، نقطه کاتالیزوری بوده باشد. امکان دارد که مولکول يك قابلیت حیاتی خود را از دست بدهد و دیگر نتواند انرژی لازم برای همانندسازی را به وجود آورد. در این حالت دیگر زنده نخواهد بود و فقط غذای مولکولهای دارای شرایط مساعدتر خواهد شد. احتمال دارد که حاصل بیشتر جهشها همین باشد.

گاهی جهشی اتفاقی حاصل می شود که می تواند خاصیت کاتالیزوری نقطه ای از مولکول را بهتر سازد. یا نقطه ای برای کاتالیزوری ایجاد کند که سابقاً وجود نداشته است. امکان دارد که چنین مولکول جهش یافته ای قابلیت بهتری برای استفاده از غذا و به کار بردن آن به دست آورد و انرژی کمتری به هدر دهد و سریعتر همانندسازی کند. مولکول جدید هرچه باشد، مولکولهای قدیمی را از میدان به در خواهد کرد.

توجه خواهید کرد که این خود نوعی تکامل مولکولی است که کاملاً شبیه تکامل است که به مقیاس بزرگ با آن آشنایی داریم. (واقع امر این است که تکامل سوسمار به پرنده و تکامل زباب درختی (TREE-SHREW) به انسان، انعکاسی از این گونه تغییرات کوچک مولکولی است که در نوکلئوپروتئیدی های ژنهای این موجودات حاصل شده است.

این تکامل مولکولی در چه جهت‌هایی می‌تواند سیر کند؟ از روی آنچه که در اطراف خود می‌بینیم می‌توانیم چنین بیندیشیم که یکی از راه‌های تکامل بایستی پیدایش «قابلیت گردهم جمع شدن» کمابیش دایم مولکول‌های نوکلئوپروتئیدی باشد.

مزیت این همکاری برشما روشن است. يك مولکول نوکلئوپروتئیدی منفرد باید همه واکنش‌های لازم برای همانندسازی را شخصاً کاتالیز کند، همه را بدون استثنا. به محض آنکه یکی از این قابلیت‌ها را از دست بدهد می‌میرد. اما اگر چندتا از این نوکلئوپروتئیدها به هم می‌پیوستند، چنانچه یکی از آنها قدرت کاتالیزوری خود را از جهتی از دست می‌داد به سرنوشت شومی دچار نمی‌شد، زیرا دیگر مولکول‌ها آن قابلیت را دارا بودند. از این گذشته باگذشت زمان هرژنی ممکن بود که تخصص یافتن در بعضی از امور کاتالیزوری را آغاز کند یا آنکه فقط در يك امر کاتالیزوری تخصص یابد و آن را به صورت مؤثری انجام دهد.

پیچیده‌ترین ویروس‌هایی که در حال حاضر وجود دارند هر يك شامل قریب ۲۵ مولکول نوکلئوپروتئید (یا طبق نامگذاری کنونی «ژن») است که همکاری نزدیکی بایکدیگر دارند. به طوری که تخمین زده‌اند سلول بدن آدمی بین ۲۰۰۰ تا ۱۴۰۰۰ ژن دارد.

جهت دیگر تکامل مولکولی، به وجود آمدن غشای محافظی به دور مولکول نوکلئوپروتئید (یا مولکول‌های نوکلئوپروتئید) بوده است. مولکول نوکلئوپروتئید به

طریقی توانست لایه نازکی از مولکولهای چربی را به دور خود جمع کند این لایه «نیمه تراوا» (SEMIPERMEABLE) بود. بدین معنی که بعضی مولکولها را از خود عبور می داد ولی مانع عبور باقی مولکولها می شد و این مسئله به بزرگی مولکولها و خصوصیات شیمیایی آنها بستگی داشت.

مثلا چنین پرده ای به مولکول پروتئید اجازه عبور نمی داد و همین امر خود موجب اختراع آنزیم شد. چنانکه می بینید مولکول نوکلئوپروتئید تنها در صورتی می توانست همانندسازی کند که همه واحدهای سازنده لازم را مرتب سازد، ولی وقتی که فقط بخشی از واحدها در موقع معینی موجود بودند چه؟ در آن لحظه فقط بخشی از مولکول ساخته شدنی بود. در این حالت مولکول ناقص زنده نبود پس به عنوان غذا به وسیله دیگر مولکولها به مصرف می رسید.

اما این جریان خود موجب به هدر رفتن مواد بود زیرا امکان داشت که بخش ناقص ساخته شده مولکول، حاوی نقطه کاتالیزوری باشد.

هنگامی که مولکولهای نوکلئوپروتئید از پرده ای پوشیده شدند این گونه قطعات مولکولی ناقص قادر به فرار نبودند پس درون پرده باقی می ماندند و نقاط کاتالیزوری مستقل یا به عبارت دیگر آنزیمها را تشکیل دادند.

بدین روش نوکلئوپروتئید توانست اختیارات خود را تفویض کند و دیگر نیازی بدان نداشت که همه کارها

را شخصاً انجام دهد بلکه می‌توانست تعدادی از این آنزیمها را به وجود آورد تا آنها واکنشهایی را که به کاتالیزور نیاز داشتند اداره کنند و خود «زنده» باقی ماند.

هسته سلول را، که در پرده‌ای محصور است و به وسیله آن از باقی بخشهای سلول جداست و محتوی ژنهاست، می‌توان فرزندان مستقیم کیسه‌های محتوی نوکلئوپروتئیدهای اولیه به‌شمار آورد. تذکر این نکته بسیار جالب است که هسته سلول (حتی در سلولهای بدن ما) قادر نیست که از اکسیژن مولکولی استفاده کند و آنزیمی برای اجرای این منظور ندارد و انرژی لازم را منحصرأ از طریق گلیکولیز به‌دست می‌آورد. مثل آن است که در اتمسفری فاقد اکسیژن تکامل یافته‌است.

همه این جریانات بر قدرت جاندار در استفاده از مولکولهایی آلی که در اقیانوس اولیه پیدا می‌شدند، می‌افزود ولی نمی‌توانست بر مقدار آن مواد بیفزاید. برای پیشرفت حیات لازم بود که سلولها به‌وجود آمدن مواد آلی جدیدی را سبب شوند، و بایستی وضعی پیش می‌آمد که به‌وجود آمدن مواد آلی نتیجه تصادفی برخورد اشعه خورشید با مولکولها نباشد، بلکه بایستی خورشید به‌دام انداخته می‌شد. می‌بایستی مولکولی به وجود می‌آمد که بتواند انرژی خورشید را جذب کند و آن را به‌اتصالهای پرانرژی فسفات تبدیل نماید.

این نیازمندی رفع شد، اما چقدر طول کشید تا سلول موفق به این کار شد معلوم نیست. مولکولی که این قدرت را داشت کلروفیل بود کلروفیل از يك سیستم حلقوی پورفیرین و يك یون منیزیوم مرکب است. این مواد به اندازه کافی در دسترس بودند. سیستم حلقوی پورفیرین بسیار باثبات است و احتمالاً مانند سایر مولکولهای آلی در اقیانوس اولیه وجود داشته است. یون منیزیوم هم یکی از فراوانترین یونهای اقیانوس است.

ظاهراً در نتیجه يك جهش اتفاقی مولکولی از نوکلئوپروتئید به وجود آمد که توانست آنزیمی از یکی از نقاط کاتالیزوری خود به وجود آورد و این آنزیم به چنین مولکولی از کلروفیل متصل شد و از آن استفاده کرد.

مسلم است که هر کیسه محتوی نوکلئوپروتئیدها که توانست چنین آنزیمی بسازد شرایط مساعدی برای خود فراهم ساخت. تنها چیزی که این کیسه ها لازم داشتند عبارت بود از آب و انیدرید کربنیک و چند یون ساده و نور خورشید. اینها موادی نبودند که تمام بشوند پس کیسه های محتوی نوکلئوپروتئید دیگر احتیاجی به جذب مواد غذایی سطح اقیانوسها نداشتند و می توانستند به طور نامحدود تکثیر یابند.

اما برای انجام این کار يك اختراع دیگر لازم بود و آن به وجود آمدن سلول بود. نوکلئوپروتئیدها می توانستند ئیدراتهای کربن و چربی لازم را بسازند ولی وقتی که آنها را می ساختند، این مواد از دسترس آنها خارج می شد

و در آب اقیانوس وارد می‌گشت. پس نوکلئوپروتئید می‌توانست به این راضی باشد که اقیانوس را، مانند روزهای اول، پر از غذا سازد. شاید هم ابتدا چنین امری صورت گرفته ولی فرایندی نا کافی بوده است.

کیسه‌ی پراز نوکلئوپروتئید بایستی پرده‌ی دیگری دورتر از پرده‌ی اولیه به وجود آورده باشد تا بتواند میان دو پرده غذا اندوخته کند.

به تدریج که هسته مولکول گلوکز می‌ساخت، این مولکول از پرده‌ی اول عبور می‌کرد و در فضای میان دو پرده باقی می‌ماند. یا اگر سلول (اکنون می‌توانیم نام سلول به این توده‌ی دو پرده‌ای بدهیم) در اقیانوس به مولکولی از گلوکز برخورد می‌کرد، این مولکول از پرده‌ی خارجی به درون نفوذ می‌کرد و در فضای میان دو پرده جای می‌گرفت. در هر دو حال بایستی يك گروه فسفات به گلوکز میان دو پرده افزوده شود و خواص آن چنان تغییر کند که بار دیگر نتواند از پرده‌ها عبور کند. بدین صورت گلوکز در سلول به دام می‌افتاده است. وقتی که قند کافی جمع شد مولکولهای قند توانستند باهم ترکیب شوند و مولکول نشاسته به وجود آورند و نشاسته نیز می‌تواند به موادی، که چون چربی انرژی بیشتری اندوخته می‌کنند، تبدیل گردد.

چنانکه می‌بینید سلول در نتیجه‌ی اندوختن نشاسته و چربی، از محصول دسترنج خود استفاده می‌کند و دیگر، به اصطلاح عرق جبین خود را، در پهنه‌ی اقیانوس پخش نمی‌سازد.

طبیعی است که بخش خارجی سلول یعنی سیتوپلاسم بایستی آنزیمهایی در اختیار داشته باشد تا بتواند واکنشهایی را که برای نشاسته سازی و چربی سازی لازم است و نیز برای تجزیه این مواد به هنگام لزوم مورد احتیاج است، به راه اندازد. بدین جهت نوع مخصوصی از مولکول نوکلئوپروتئید به وجود آمد که خاص سیتوپلاسم است و می تواند همانند سازی کند و آنزیم بسازد. قاعدتاً سیتوپلاسم، مدتی بعد از آنکه فتوسنتز توانسته است اکسیژن در اتمسفر وارد سازد، بایستی به وجود آمده باشد زیرا سیتوپلاسم سلول استعداد استفاده از اکسیژن مولکولی را دارد.

* * *

سلولهای کلروفیل دار، که می توانیم آنها را «سلولهای گیاهی» بنامیم تکثیر فراوان یافتند و اقیانوسها را بار دیگر از غذا پر ساختند ولی این غذاها بیشتر به صورت سلولها وجود داشتند نه مولکولهای منفرد. در این موقع سلولهای بدون کلروفیل توانستند، به طریق زندگی انگلی، از غذایی که سلولهای گیاهی به زحمت اندوخته بودند استفاده کنند.

این گونه سلولهای حیوانی (نامی است که می توان بدانها داد) می توانستند سلولهای گیاهی را درسته ببلعند و از انرژی غذاهایی که در آنها بوده استفاده کنند و اندوخته ئیدرات کربن و چربی خود را تأمین نمایند. اینها نیز به نوبه خود طعمه سایر سلولها می شدند.

سلول‌های حیوانی که از سلول‌های گیاهی استفاده می‌کردند به نور احتیاجی نداشتند پس می‌توانستند در لایه‌های عمقی اقیانوس پراکنده شوند.

هنگامی که گیاهان خشکی را اشغال کردند. به ریشه خود پای‌بند بودند زیرا نیاز داریم به آب داشتند. حیوانات که این نگرانی گیاهان را نداشتند به خوردن آنها دست زدند و صاحب حرکت مستقل شدند.

گیاهان ناگزیر بودند غذای خود را به‌کندی بسازند و به‌صورت موجوداتی ثابت و بی‌اثر درآمدند و حال آنکه حیوانات غذاهای گیاهی را به سرعت غارت کردند (یا سایر غذاهای حیوانی را) و انرژی فراوان به دست‌آوردند و توانستند ماهیچه‌های فعال و اعصابی به وجود آورند که قابلیت تمرکز بارهای الکتریکی و بردن پیام‌های حسی دارند.

سرانجام سلسله عصبی و مغز پیدا شد. سلسله عصبی و مغز به نوبه خود موجب هوش شدند و آدمی، یعنی موجودی را به وجود آوردند که می‌خواهد بداند که چگونه همه این امور واقع شده‌اند و کوشش می‌کند تا این معما را بگشاید.

فصل نهم

توتیاوما

در پیشرفت آزمون‌ها (تست‌هایی) که درباره تداعی معانی به عمل آمده کلمه «تکامل» تا حدود زیادی پاسخ «فسیل» را تداعی کرده است. فسیلها عموماً استخوان و دندان و صدف و پولک و سایر قسمت‌های سخت بدن هستند که باقی می‌مانند. تکامل به صورتی که بیشتر ما بدان می‌اندیشیم تاریخچه‌ای از تغییرات ریخت (تغییرات شکل) قسمت‌های سخت بدن است به اضافه نتایجی که از آنها برای وضع نسبی قسمت‌های نرم می‌توان گرفت.

شکل قسمت‌های سخت یافته شده را به صورت واضحی از تریلوبیت تا انسان نئاندرتال طبقه بندی کرده‌ایم. مراحل تغییرات ریختی اسب و فیل و آدمی را از روی استخوان بندیه‌های یافته شده رسم کرده‌ایم. به هر موزه علوم طبیعی بروید از آنها خواهید یافت.

اما به مسائلی فکر کنید که ریخت جاندار پاسخگوی آن نیست. مثلاً «آیا ائوهیپوس به ویتامین‌هایی احتیاج

داشته که اسب امروزی ندارد؟ یا به عکس؟ آیا انسان نئاندرتال از اسیدهای امینه به نوعی دیگر غیر از آنچه ما می‌کنیم استفاده می‌کرده است؟ ساز و کار انعقاد خون تیرانوزوروس رکس دقیقاً از چه قرار بوده است؟»

جز باسفر زمانی، هرگز از آن آگاه نخواهیم شد. ولی چنانچه اوضاع شیمیایی بدن انواع گوناگون زنده کنونی را باهم مقایسه کنیم شاید بتوانیم حدس‌هایی معقول در این باره بزنیم.

تکامل اوضاع شیمیایی حیات کمتر از تکامل ریختی آشکار است. مثلاً ساختن عضوی چون بال، دست کم چهار بار به طور مستقل از یکدیگر (حشرات پتروداکتیل، پرندگان، خفاشان) به چهار صورت متفاوت صورت گرفته است و حال آنکه اختراعات متضمن تغییر اوضاع شیمیایی حیات عموماً يك بار می‌شود و اگر هم چندبار بشود به سبکی یکسان است. مثلاً استفاده‌هایی که از انواع ویتامین‌های B می‌شود بسیار بسیار قدیمی است به طوری که همه سلولهای زنده امروزی از باکتریها گرفته تا سلولهای آدمی آنها را به صورتی یکسان به کار می‌برند. مثالهای بسیاری در تأیید یکسان بودن اوضاع شیمیایی حیات، علی‌رغم تنوع عظیم ریخت جانداران در دست است.

اما این یکسانی صورت جهانی ندارد بلکه تفاوت‌هایی از نظر اوضاع شیمیایی حیات میان انواع وجود دارد و این خود موجب می‌گردد که مسئله صورت جالبی پیدا کند.

مسئله هضم را در پستانداران مورد بررسی قرار می‌دهیم. چربی یکی از مهمترین بخش غذا و مهمترین سوخت بدن است. برای آنکه چربی مورد استفاده بدن قرار گیرد باید به وسیله آنزیمهای روده هضم گردد. در اینجا به نکته‌ای باید توجه شود. چربیها در آب غیرمحلول و حال آنکه شیره‌های هضمی عموماً آبی هستند. چربیها تنها در صورتی می‌توانند هضم شوند که به وسیله‌ای با آب مخلوط گردند.

حل این مشکل به دست صفرا انجام می‌گیرد، صفرا که در روده کوچک می‌ریزد، آنزیم هضمی ندارد ولی موادی دارد که به املاح صفراوی معروفند. املاح صفراوی از مولکولهایی مرکبند که خاصیت انحلال مضاعف دارند. بدین معنی که نیمی از ساختمان مولکول آنها شبیه چربی است، پس در چربی حل می‌شوند و نیم دیگر شامل گروه اتمهای محلول در آب است.

مولکول نمک صفراوی، برای آنکه از هردو نیمه‌اش استفاده کند در سطح حد فاصل چربی و آب جمع می‌شود. بدین روش بخش چرب آن با چربی روبه‌رو می‌شود و آن را حل می‌کند و حال آنکه بقیه مولکول با آب روبه‌رو می‌شود و در آن حل می‌گردد. بنابراین هردو نیمه مولکول مورد استفاده قرار می‌گیرد. هرچه سطح حد فاصل میان آب و چربی بیشتر باشد از تعداد بیشتری از املاح صفراوی استفاده خواهد شد. یکی از راههای افزایش سطح حد فاصل آب و چربی این است که چربی به ذرات بسیار کوچک تبدیل گردد. در مقداری از چربی هرچه ذرات

چربی کوچکتر شوند سطح بیشتری دارا می گردند. افزودن املاح صفراوی به مخلوط آب و چربی تولید این گونه ذرات را تسهیل می کند.

بنا بر این املاح صفراوی با این خاصیت خود حلالی طبیعی برای بدن می شوند و چربی را در روده به صورت محلول یکنواختی در می آورند. در نتیجه ذرات کوچکی که حاصل می شوند به خوبی با شیرۀ آبکی هضمی مخلوط می گردند و تحت تأثیر آنزیمها قرار می گیرند.

دو نوع نمك در صفرا هست و تفاوتشان در ساختمان شیمیایی بخش محلول در آب آنهاست. برای آنکه وارد تفصیل ساختمان شیمیایی این مواد نشویم آن دو را نمك G و نمك T می نامیم. هر دو نوع نمك در صفرای حیوانات گوناگون هست. و هر دو نوع نمك چربی را به صورتی مؤثر محلول می سازند. اما فقط از جهتی با هم تفاوت دارند. ماده ای چربی مانند به نام کلسترول هست که نمك G آن را به خوبی محلول نمی کند و حال آنکه نمك T این ماده را به خوبی به صورت محلول یکنواخت در می آورد. حیوانات علفخوار عموماً از نظر نمك G قوی و از نظر نمك T ضعیفند. این تفاوت بسیار خوب است زیرا گیاهان بر روی هم کمتر از حیوانات چربی دارند و چربی گیاهی کلسترولش کمتر است. از آنجا که ماده G که موجود نمك G است در همه سلولها به مقدار کافی موجود است و حال آنکه ماده T به مقدار کمتری است، پس لازم نیست که زحمت ساختن نمك T به خود بدهند زیرا بدون آن هم

اوضاع هضمی آنها به خوبی جریان می‌یابد.

ولی چربی حیوانی که بخشی از غذای شبانه روزی گوشتخواران را تشکیل می‌دهد، مقدار زیادی کلسترول دارد. صفرای گوشتخواران حاوی مقدار زیادی نمک T است. حیوانات گوشتخوار به این نمک نیازمندند و اگر چه تولید این نمک به مقدار زیاد دشوار است معرّدا گوشتخوران از آن به مقدار کافی می‌سازند.

حال باید دید که آدمی با کدام يك از این دو جور در می‌آید. آدمی عضو راستهٔ نخستیهاست (PRIMATES)، نخستیها شامل لمورها (LEMUR) و بوزینه‌ها (MONKEYS) و انسان‌ریختها (APES) و آدمیانند. همهٔ نخستیها، جز يك نوع‌شان، علفخوارند یا آنکه حشره می‌خورند. آن نوع استثنایی نوع آدمی است. آدمی در واقع همه چیز خوار است (OMNIVOROUS) — یعنی هرچیزی را که می‌تواند هضم کند و معدودی از چیزهایی را که نمی‌تواند هضم کند، می‌خورد.) و به خوردن گوشت علاقمند است.

تا آنجا که اوضاع ظاهری بدن آدمی نشان می‌دهد به این نوع تغذیه سازش دارد ولی باید دید که از نظر اوضاع شیمی حیاتی در چه وضعی است. صفرای آدمی هنوز صفرایی است که از اجداد علفخوارش به ارث برده یعنی نمک G به وفور و نمک T به مقدار کم دارد. بنابراین گرچه غذای شبانه‌روزش کلسترول فراوان دارد ولی از نظر اوضاع شیمیایی کاملاً مجهز برای محلول ساختن آن نیست یا دست‌کم نمی‌تواند آن را چنانکه باید با آب مخلوط سازد.

پس این طور؟

بنا بر این آیامیان سنگ صفرایی، که (معمولاً) توده-ای از کلاسترول متراکم شده است، و در نوع آدمی رفته-رفته در کیسه صفرا جمع می‌شود و مسئله فوق رابطه‌ای هست؟ آیا میان بیماری تصلب‌شرایین (دشمن شماره يك ما در حال حاضر) که عبارت است از ته‌نشین شدن کلاسترول در دیوارهٔ سرخ‌رگها و مسئله فوق رابطه‌ای هست؟ آیا واقعاً چنین رابطه‌ای هست؟ با صلاحیت کامل می‌گوییم که نمی‌دانم. دلیلی که عرضه کرده‌ام به نظر موجه می‌آید ولی شیمی حیاتی در حال حاضر، از بسیاری جهات، فقط ابزار کار پزشکی است. تعداد دانشمندان شیمی حیاتی که اوقات خود را صرف مطالعهٔ سایر انواع حیوانات می‌کنند بسیار کم است، مگر آنکه مسئله‌ای فوری که با نوع آدمی رابطهٔ نزدیک داشته باشد مطالعه حیوانی را ایجاب کند. بنا بر این در بارهٔ صفرای انواع گوناگون حیوانات و طرز کارش اطلاعات زیادی در دست نداریم تا بتواند دلیلی را که ارائه شده تأیید کند. پس مسئله‌ای که به میان کشیده شده فعلاً صورت يك تحقیق نظری دارد.

سؤالی که در این مورد پیش می‌آید این است که «آیا تکامل اوضاع شیمیایی حیات بر تکامل ریختی، که با آن آشنایی داریم، می‌تواند اثر کند؟». شاید بتواند. برای روشن شدن، مسئله تحقیقات نظری دیگری را مطرح می‌سازیم.

همهٔ حیوانات مادهٔ زایدی به نام اسیداوریک تولید

می‌کنند. در بعضی از حیوانات این ماده به مقدار زیادتر از حیوانات دیگر تولید می‌شود. مثلاً پرندگان و خزندگان از این ماده به مقدار زیاد تولید می‌کنند و اسیداوریک مهمترین ماده دفعی آنهاست. (در این باره بعداً بیشتر صحبت خواهیم کرد) و برای دفع آن راههای مخصوصی دارند که می‌توانیم فعلاً از ذکر آنها خودداری کنیم. پستانداران، اسیداوریک کمی تولید می‌کنند ولی دفع آن اشکالی پیش می‌آورد.

راه منطقی دفع اسیداوریک برای پستانداران ریختن آن در ادرار است ولی اشکال در این است که اسیداوریک در آب کاملاً غیر محلول است و برای دفع مقدار کمی از آن مقدار زیادی ادرار باید دفع شود. بیشتر پستانداران ناراحتی در این باره ندارند و آن را کاملاً چاره کرده‌اند. آنزیمی به نام اوریکاز (URICASE) دارند که اسیداوریک را به ماده‌ای به نام آلانتوئین (ALLANTOIN) تجزیه می‌کند. آلانتوئین خیلی بیشتر از اسیداوریک محلول است و بدون اشکال در ادرار حل می‌گردد. پس دفع آلانتوئین پایان مسئله است.

اما این چاره‌ای است برای سایر پستانداران نه برای انسان. انسان و انسانریختها از این جهت با سایر پستانداران تفاوت دارند که اوریکاز ندارند. (قسمی سگ هست به نام DALMATIAN COACHHOUND که ظاهراً اوریکاز دارد اما مقدارش کم است). هر مقدار اسیداوریکی که در انسان و انسانریختها تولید می‌شود به همان صورت باقی می‌ماند و باید وارد ادرار شود و از آنجا خارج گردد.

اگر مقدار اسیداوریکی که وارد ادرار می شود زیاد باشد، ته نشین خواهد شد و نوعی سنگ کلیه به وجود خواهد آورد. اما پیش از آنکه وارد ادرار شود اگر مقدارش زیاد باشد ممکن است در نقاط دیگر بدن رسوب کند. این رسوب ابتدا در مفصل شست پا می شود و عارضه نقرس را به وجود می آورد.

از آنجا که انسان و انسانریختها هر دو در این مسئله سهیم هستند پس فقدان اوریکاز باید زمانی صورت گرفته باشد که در این دو گروه از اجداد مشترکشان جدا نشده بوده اند. ممکن است شما معتقد باشید که انسان و همه انواع انسانریختها بر حسب تصادف فاقد اوریکاز شده اند ولی من چنین عقیده ای ندارم.

مسئله ای که مطرح است این است: «چرا آنزیم اوریکاز از میان رفته است؟» ممکن است دلیلی هم نداشته باشد و جهشی اتفاقی صورت گرفته باشد و جهشها، چنان که می دانیم، عموماً در جهت نامساعد حاصل می شوند. اما جهشهای بد عموماً باقی نمی مانند و صاحب جهش سرانجام از میان می رود. فقط جهشهای مساعد (که جاندار را به محیط بهتر سازش می دهند) باقی می مانند. اگر بعضی از پیش انسانریختها (PRE-ANTHROPOID) اوریکاز را از دست داده باشند، آیا خود آنها و اعقابشان به علت تمایلی که در بروز اختلالات مفصلی نشان می دادند، دچار وضع نامساعدی نمی شدند؟ آیا پسر عموهای تندرست آنها نمی توانستند اوریکاز خود را به انسانها و انسانریختهای امروز منتقل سازند؟

پاسخ این پرسشها مثبت است. به شرطی که فقدان اوریکاز وضع مساعدی برای بقا پیش آورده باشد و جبران نبودن آن را کرده باشد. در این باره تحقیقی نظری به عمل آمده است که اخیراً در يك نشریه هفتگی شیمی بدان برخورده‌ام.

فقدان اوریکاز سبب می‌شود که تراکم اسیداوریک در خون و در بافت‌های انسان ریختها و آدمی از تراکم آن در بدن دیگر انواع جانوران بیشتر گردد. اسیداوریک یکی از اعضای گروهی از مواد به‌نام پورین است. بعضی از اعضای این گروه محرك سلسله عصبی هستند. پورین محرکی که احتمالاً با آن بهتر آشنایی دارید کافئین قهوه است. خوب. اگر این تراکم زیاد اسیداوریک در خون «پیش انسان ریختهایی» که اوریکاز از دست داده بودند، موجب شده باشد که از پسر عموهای اوریکازدار خود فعالیت فکری بیشتری داشته باشند چه؟ آیا در این صورت، چنین مزیتی جبران امکان ابتلای به نقرس را نمی‌کرد؟ آیا اسیداوریک نمی‌توانست عامل شیمیایی محرك تدریجی تکامل مغز به صورتی که اکنون در انسان ریختها و به خصوص در آدمی هست باشد؟ اگر چنین بود نقرس چه ذی‌قیمت بود!

اکنون به روشی توجه کنید که جانداران را از دریا (که در آن زندگی آغاز شده) به آب شیرین و خشکی سوق داده است. این مهاجرت نه تنها متضمن تکامل ریختی بوده بلکه تکامل اوضاع شیمیایی حیات را نیز در بر داشته است. در دریا، سلولها در محیطی زندگی می‌کنند که

شامل بعضی یونها است (قسمت عمده یونها عبارتند از سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و کلرور و سولفات) این یونها دارای تراکم معینی هستند. حیات خود را با این تراکم يك بار برای همیشه سازش داد.

هنگامی که حیوانات صورت پیچیده‌ای به خود گرفتند و به مجموعه‌ای از سلولها تبدیل شدند که در صدف یا پوست، یا غشای محافظ یادر وضعی که شما دارید، محصور گشتند، سلولهای بدن در مایعی داخلی غوطه‌ور ماندند که از نظر ترکیب یونی شبیه آب دریا است. بخش خارجی بدن حیوانات، چون بسیاری چیزهای دیگر، برای سازش با تغییرات محیط در موقع مهاجرت روی خشکی تغییر کرد ولی مایع داخلی بدن که سلولها با آن مجاورت مستقیم داشتند تقریباً همان صورت اولیه خود را حفظ کرده است. اگر گلبولها و پروتئیدهای محلول و دیگر مواد آلی خون را از آن جدا سازید، آنچه باقی می‌ماند بسیار شبیه آب دریا می‌شود. مایع بین سلولی نیز همین وضع را دارد. به عبارت دیگر ما دریا را ترك نکردیم بلکه آن را درون خود حفظ کردیم.

(محققاً شباهت ترکیب یونی خون و آب دریا درست نیست. بعضی کسان معتقدند که خون ماشبیه دریای اولیه، یعنی دریایی است که موجودات زنده را در آغاز در میان می‌گرفته است. ترکیب دریا از آن پس تغییر کرده و این تغییر در خون تأثیر نکرده است).

ممکن است به نظرتان چنین بیاید که تکامل اوضاع

شیمیایی حیات امری است که واقع نمی‌شود ولی فراموش نکنید که جانداران ساده دریایی در حفظ ترکیب مایعات داخلی بدن خود اشکالی نمی‌بینند زیرا غالباً در حال موازنه با آب دریاست و نیز طی میلیون‌ها سال آموختند که چگونه تغییرات جزئی آب دریا و مایعات داخلی را تحمل کنند. اما وقتی که حیوانات دریایی خشکیها را اشغال کردند (این کار از نظر شیمی حیاتی نیز کار برجسته دشواری نظیر فتح خشکی است) وضع کاملاً نوی پیش آمد.

آب شیرین هزاران بار کمتر از آب دریا یون دارد. وقتی که جانور دریایی می‌کوشد که در آب شیرین زندگی کند باید وضعی طبیعی در بدنش به وجود آورد که یونهایش به بیرون تراوش نکنند. (نیز از نفوذ آب زیادی به درون ممانعت به عمل آید) و تعادلی میان تراکم یونهای درون و بیرون بدنش حاصل شود.

بدین منظور، جانوران آب شیرین ساز و کارهای جالبی از نظر اوضاع شیمی حیاتی تدبیر کردند که ترکیب یونی مایع داخلی خود را در حدودی ثابت نگهدارند که بدان عادت داشته‌اند. بنابراین از نظر اوضاع شیمی حیاتی برای زندگی در همانجا تکامل یافتند.

به هر صورت ساز و کارهایی که در این جریان واردند متضمن عمل کلیه‌هاست. آب و یون‌ها از طریق غذایی که جانور آب شیرین می‌خورد، وارد بدنش می‌شوند. کلیه‌ها طوری عمل می‌کنند که آب را به محیط پس می‌دهند ولی یون‌ها را نگه می‌دارند. بنابراین جانور در حکم غربالی «یون‌گیر»

است.

هر حیوانی که بتواند علی‌رغم کمبود یون در محیط خارج، مقداری یون اضافی درون بدن خود نگه دارد، بایستی اجدادی داشته باشد که به آب شیرین سازش یافته باشد. همه مهره‌داران ظاهراً از این نظر در يك گروه جای می‌گیرند و از نظر شیمی حیاتی این نتیجه حاصل شده است که مهره‌دار اولیه موجود سایر مهره‌داران بایستی از آب شیرین بوده باشد.

به یقین پاره‌ای از مهره‌داران دوباره از آب شیرین به دریا بازگشته‌اند و اجداد ماهی‌های دریایی و کوسه‌های دریایی امروزی را به وجود آورده‌اند (این دو جانور یکسان نیستند زیرا ماهی استخوانی و پیشرفته‌تر است و حال آن‌که کوسه غضروفی و ابتدایی‌تر است). موقعی که ماهی و کوسه به دریا باز گشتند، آب دریا کمی از مایع داخلی بدنشان بیشتر یون داشت. در این موقع بود که مسئله صورت عکس به خود گرفته بود یعنی می‌بایستی جلو یونهای اضافی را بگیرند تا وارد بدنشان نشود یا آنکه جلو آب را بگیرند تا بیرون نرود. ماهی مسئله را بدین صورت حل کرد که از طریق کلیه مانع به هدر رفتن آب شد و سازو کارهایی مبتنی بر شیمی حیاتی تدبیر کرد که یونهای دریا وارد بدنش نشوند (کوسه تدبیر دیگری اندیشید که بعداً بدان اشاره خواهم کرد).

تفصیل این مقال و مباحث مشابه در کتاب کوچکی عالی به قلم ارنست بالدوین (ERNEST BALDWIN) به نام «شیمی حیاتی مقایسه‌ای» توسط دانشگاه کمبریج

در سال ۱۹۴۸ انتشار یافته است.

فتح خشکی متضمن يك سلسله تغییرات اوضاع شیمیایی حیات شد که یکی از آنها با مسئله دفع مواد زاید ارتباط داشت.

عنصرهایی که بیش از همه در مواد آلی سازنده پیکر موجودات زنده وجود دارند عبارتند از کربن، نئیدروژن، اکسیژن و نیتروژن (که به ترتیب با N, O, H, C نشان داده می‌شوند). هنگامی که مواد غذایی (که شامل مولکولهای پیچیده مرکب ازدهها تا میلیونها اتم عنصرهای بالا و دیگر عنصرها هستند) در بدن تجزیه می‌شوند تا انرژی تولیدکنند، مولکولهای ساده‌ای به‌عنوان مواد زاید به‌وجود می‌آورند که باید از بدن بیرون رانده شوند. کربن و نئیدروژن و اکسیژن به‌صورت انیدرید کربنیک (CO_2) و آب (H_2O) درمی‌آیند ولی نیتروژن در بیشتر حیوانات آبی به‌صورت امونیاك (NH_3) در می‌آید.

دفع این مواد برای جانورانی که در آب شیرین زندگی می‌کنند مسئله‌ای نیست زیرا انیدرید کربنیک و امونیاك در آب محلولند و آب هم که آب است. پس هر سه ماده در آب رودخانه حل می‌گردند. آب زیادی با آب رودخانه مخلوط می‌شود. انیدرید کربنیک در دسترس گیاهان آبی قرار می‌گیرد. امونیاك هم سرانجام مورد استفاده گیاهان و باکتریها قرار می‌گیرد. گیاهان و باکتریها، انیدرید کربنیک و آب و امونیاك را به‌صورت مولکولهای پیچیده درخواهند آورد و حیوانات آنها را بار دیگر خواهند بلعید و هضم کرد و از انرژی حاصل استفاده خواهند کرد و

بافت‌های خود را خواهند ساخت. این دور همچنان جریان خواهد داشت.

واقع امر این است که يك خطر احتمالی در جریان هست و آن این است که آمونیاك بسیار سمی است. اگر این گاز به نسبت $\frac{1}{۲۰۰۰۰}$ در خون باشد کافی برای کشتن جاندار است. خوشبختانه در ماهیان آب شیرین، برای حفظ یونها به قدری آب در نتیجه فعالیت کلیه‌ها از دست می‌رود که آمونیاك حاصل در بدن به سرعت دفع می‌گردد و امکان اینکه در خون جمع شود و خطر به بار آورد در میان نیست. اکنون باید دید که این امر در ماهیهای آب دریا که آب کمی از کلیه‌ها بیرون می‌دهند چه صورتی دارد. ماهیهای آب شور نیز آمونیاك به مقدار کافی دفع می‌کنند ولی نه به آسانی بلکه همواره با اشکال روبه‌رو هستند.

دوزیستیان (قورباغه، غوك و مانند اینها) نخستین مهره‌دارانی بودند که به خشکی روی آوردند. قورباغه در حالت نوزادی، آمونیاك دفع می‌کند اما وقتی که بالغ شد و روی خشکی به سربرد دیگر دفع آمونیاك میسر نیست زیرا در زندگی خشکی آب کمتر به دست می‌آید پس نمی‌تواند به آن اندازه خرج شود که تراکم آمونیاك را در خون پایین نگه دارد.

پس هر جانداری که بخواهد روی خشکی به سربرد باید نوعی مادهٔ زاید نیتروژن‌دار بسازد که بسیار کمتر از آمونیاك سمیت داشته باشد. دوزیستان بالغ بدین کار توفیق یافتند. این جانوران نیتروژن را به صورت اوره $(\text{NH}_2 - \text{CO} - \text{NH}_2)$ در می‌آورند. چنانکه ملاحظه

می‌کنید مولکول اوره از ترکیب بخشهایی از دو امونیاک و یک انیدرید کربنیک حاصل شده است. اوره در آب محلول است ولی بسیار کمتر از امونیاک سمیت دارد. پس امکان دارد که به مقداری بیشتر از امونیاک ساخته شود و با مقدار کمتر ادرار دفع شود و آبی که برای جانور خشکی بسیار گرانبه‌است به هدر نرود.

در اینجا با موردی سروکار داریم که یک اختراع شیمی حیاتی دوبار به صورتی مستقل از یکدیگر صورت گرفته است. کوسه‌ها (که پیش از دوزیستان بودند و در زمرة اعقاب آنان نیستند) وقتی که از آب شیرین به دریا مهاجرت کردند ناچار شدند که مانع شوند یونهای اضافی اقیانوس وارد بدنشان گردد. کوسه‌ها به جای آنکه مانند ماهیهای آب‌شور سازوکار بیرون راننده یون داشته باشند، نیرنگ تجزیه مواد نیتروژن‌دار به اوره را به کار بردند و امونیاک دفع نکردند. با این نیرنگ اوره زیادی می‌توانست در خون آنها متراکم شود و حال آنکه امونیاک چنین خصوصیتی نداشت.

واقع امر این است که کوسه‌ها کار تراکم اوره را تا به حدی مجاز ساختند که به ۲ درصد رسید بدون آنکه زیان‌آور باشد و حال آنکه این مقدار برای کشتن سایر حیوانات کافی بود (اگرچه اوره سمیت کمتری از امونیاک دارد ولی کاملاً بی‌زیان نیست. هیچ چیزی بی‌زیان نیست). باگذشت زمان بافتهای کوسه به اوره خو گرفتند. و اوره خون چون یونی به کار رفت و یون کل خون کوسه را (با اوره) از تراکم یونی اقیانوس بیشتر ساخت. بنابراین

مسئله باز به صورتی برگشت که بدن بایستی مانع خروج یونهایش شود. پس کوسه‌ها توانستند همان‌روش سابق را که در آب شیرین معمول می‌داشتند به‌کار برند و نیازی به تدبیر سازوکاری جدید، چنان که ماهیها کردند، نداشتند.

پس چنانکه می‌بینید اگرچه کوسه‌ها و دوزیستان جدا از هم يك نوع تدبیر به‌کار برده‌اند ولی به‌دلایل متفاوت بوده است.

اتفاقاً بعضی از کوسه‌ها بار دیگر به آب شیرین مهاجرت کردند و حال آنکه سازوکار او ره‌سازی برای دفع مواد زاید نیتروژن‌دار داشتند. زمانی وجود او ره در خون، به شرط زندگی در آب شیرین، نه تنها لازم نبود بلکه ناراحت کننده بود. مقدار یونهای خون مصنوعاً به حدی بالا برده شد که نگهداری آن به صورتی ثابت در برابر آب شیرین کم‌یون بیش از پیش دشوار بود. کوسه‌های آب شیرین بهترین راهی که اندیشیدند این بود که تراکم او ره را در خون از ۲ درصد $\frac{2}{100}$ درصد که حد آن بود، رسانیدند. بافت‌های کوسه که این همه به او ره خوگرفته بودند بدان بستگی یافتند مثلاً قلب کوسه آب شیرین اگر در خون بدون او ره قرار گیرد نمی‌زند. (قلب ما به خوبی خواهد زد). پس چنانکه می‌بینید شیمی حیاتی می‌تواند نیرنگ بازی کند.

حتی برای دفع او ره هم مقداری آب لازم است. این

مسئله برای قورباغه و غوک مهم نیست، زیرا به هر صورت آب کافی به دست می‌آورند. حتی انواعی از دوزیستان که دور از آب زندگی می‌کنند همیشه در آب تخم می‌گذارند.

از میان مهره‌دارانی که از دوزیستان اشتقاق یافته‌اند، پستانداران نیز اوره تولید می‌کنند. پستانداران نیز برای دفع اوره آب کافی به دست می‌آورند و جنین آنها به طریق بچه‌زایی رشد می‌کند یعنی درون شکم مادر به سر می‌برد و در آنجا همیشه آب بدن مادر را در اختیار دارد. در پرندگان و خزندگان وضع تفاوت کلی پیدا می‌کند. این حیوانات تخم می‌گذارند و جنین باید درون تخم رشد کند. مثلاً تخم مرغ مقدار معینی آب می‌تواند داشته باشد و در فاصله سه هفته میان لقاح تخم و خروج جوجه از تخم باید با همان آب بسازد. زیرا قطره‌ای آب از جایی به دست نمی‌آورد.

پس صرفه‌جویی در آب از همه وقت مهم‌تر می‌شود. آبی که در تخم هست حتی برای دفع اوره کافی نیست پس اوره نمی‌تواند تنها صورت دفع موادزاید نیتروژن‌دار باشد و اختراع دیگری لازم می‌آید. این اختراع (چنانکه در پیش اشاره کرده‌ام) اسید اوریک است. اسید اوریک حاوی بخش‌هایی از چهار مولکول امونیاک و سه مولکول انیدرید کربنیک است. مزیت اسید اوریک به اوره این است که اسید اوریک در آب غیر محلول است (به خاطر آورد که این خصوصیت مسئله ناراحت کننده‌ای در آدمی است). جنین پرنده و خزنده که در تخم

به سر می برد اسیداوریک را به صورت توده‌ای از مواد زاید جمع می کند و به مقدار خیلی کم آب احتیاج دارد یا اساساً بدان محتاج نیست.

به خوبی می دانیم که تکامل ریختی را می توان در جنین دنبال کرد. جنین آدمی طی رشد خود در مراحل مختلف، از مرحله‌ای تک سلولی و مرحله‌ای بی مهرگی به مرحله‌ای غضروفی می رسد. در مراحل گوناگون رشد آبشش دارد. صاحب دم و پوستی مودار است. به همین روش می توان تکامل اوضاع شیمیایی حیات او را دنبال کرد. جوجه در حین رشد درون تخم در چهار روز اول بیشتر امونیاك تولید می کند و این در مدتی است که مقدار کل دفع این ماده کم است و تخم نسبت به جنین بسیار بزرگتر است و خطری از نظر افزایش تراکم به حد خطر در میان نیست. در نه روز بعد مواد زاید نیتروژن دار بیشتر به صورت اوره دفع می شوند. در این موقع مقدار آب کافی برای حل این ماده زاید وجود دارد. سرانجام طی یازده روز آخر که وضع حساس می شود بیشتر مواد دفعی نیتروژن دار به صورت اسیداوریک تولید می گردد.

وضع لاک پشتان در حد واسط است. این حیوانات در نزدیکی دریا یا رودخانه تخم می گذارند و ظاهراً به مقدار مساوی اوره و اسیداوریک تولید می کنند.

بار دیگر اختراعی در دو مورد جدا از هم به چشم می خورد. بعضی از بی مهرگان نیز به خشکی روی آوردند (بعضی از آنها حتی پیش از آنکه مهره داران خشکی را

اشغال کنند بدان روی آوردند). مثلاً حشرات و حلزونهای خشکی نیز، به صورتی کاملاً مستقل از مهره داران نیرنگ اسیداوریك سازی را به کار بردند.

* * *

چنانکه اشاره کرده ام از روی ملاحظات مبتنی بر شیمی حیاتی می توانیم بگوییم که مهره داران ابتدا در آب شیرین به وجود آمده اند. از ملاحظات دیگر مبتنی بر شیمی حیاتی نیز می توان در باره اجداد مهره داران به تحقیقات نظری دست زد.

به طوری که می دانید ماده مهمی در ماهیچه های ما هست که با سازوکار انقباض و انبساط آنها رابطه مستقیم دارد. این ماده فسفات کراتین نام دارد. در اینجا مختصراً با CP از آن یاد می کنیم. مسئله جالبی در این باره به چشم می خورد. CP در ماهیچه همه انواع مهره داران وجود دارد ولی در ماهیچه بی مهرگان نیست.

در ماهیچه بی مهرگان به جای آن ماده مشابهی با اعمال شبیه هست که نامش فسفات ارژینین است. از این ماده مختصراً با AP یاد می کنیم.

مسئله این است که: «در چه مرحله ای از تکامل CP به جای AP اختراع شد؟» از آنجا که همه مهره داران CP دارند احتمالاً این اختراع در زمانی پیش از ظهور مهره داران صورت گرفته است (مگر آنکه بگوییم هر گروه مستقل از گروه دیگر بدین کار دست زده

است و این هم امری غیر محتمل است). بسیار خوب. مهره‌داران (که با داشتن اسکلتی استخوانی متمایزند) بخشی از گروه بزرگتری هستند که نامشان کورداتا (CHORDATA) است. حیواناتی از گروه کورداتا که تا سرحد استخوانسازی پیش نرفته‌اند، به جای آن ماده‌ای نرمتر دارند. حداقل چیز لازم برای آنکه حیوانی عضو گروه کورداتا باشد این است که در مرحله‌ای از حیات میله‌ای غضروفی به نام نوتوکورد (NOTOCHORD) در داخل بدنش به وجود آید.

سه گروه از این کورداتاهای ساده وجود دارد. از میان آنها آنکه پیشرفته‌تر است آمفیوکسوس (AMPHIOXUS) نام دارد که به شکل ماهی است. (باله ندارد و به جای دهان و آرواره دارای سوراخی است محدود به عده‌ای تار) نوتوکوردی در سرتاسر بدنش امتداد دارد و در تمام مدت عمرش همچنان باقی است. در ماهیچه‌های این حیوان مانند ماهیچه‌های شما CP هست. ساده‌ترین این سه گروه تونیسیه‌ها (TUNICATES) هستند که تنها در دوره جنین نوتوکورد کوچکی نشان می‌دهند ولی وقتی که به سن بلوغ می‌رسند از نظر ظاهر تفاوتی با بی‌مهرگان ندارند و به همین جهت ابتدا جزء نرم تنان به حساب آمدند.

تونیسیه‌ها مانند بی‌مهرگان AP در ماهیچه‌های خود دارند.

گروه حدواسط این دو گروه حیوانی است کرم مانند به نام بالانوگلووس (BALANOGLOSSUS). این حیوان

نوتوکورد کامل ندارد بلکه کوچک است و درون دم حیوان بالغ وجود دارد.

جالب اینجاست که ماهیچه‌های این حیوان هم CP دارد و هم AP.

سؤالی که پیش می‌آید این است که «آیا می‌توان به دنبال CP عقبتر هم رفت؟»

پاسخ این سؤال مثبت است. نوزاد بالانوگلوس شبیه نوزاد بعضی از خارتنان است (خارتنان گروهی از حیواناتند که ستاره دریایی را از میان آنها خوب می‌شناسیم) و این شباهت به قدری است که پیش از شناختن بالانوگلوس بالغ ابتدا نوزادش شناخته شد و جزء خارتنان به حساب آمد.

بسیار خوب حالا خود خارتنان چه وضعی دارند؟ خارتنان شامل چند گروهند. از میان این گروهها بیشترشان، از آن جمله ستاره دریایی در ماهیچه‌های خود مانند سایر بی‌مهره‌گان AP دارند. ولی در گروهی از خارتنان مانند ستاره شکنند (BRITTLE STAR) (که به ستاره دریایی شبیه است ولی بازوانی درازتر و قابل انعطافت‌تر و تنی کوچکتر و کروی دارد) ماهیچه‌ها حاوی CP است درست مانند ماهیچه‌های مهره‌داران. گروه آخری که شامل توتیا (SEA — URCHIN) است (این حیوانات تنی پوشیده از خار و قرص مانند دارند که در سطح بالا کروی ولی در سطح پایین مسطح است) در ماهیچه‌های خود هم CP دارند و هم AP.

از این فراتر نمی‌توان به دنبال CP رفت. بنابراین این چنین می‌نماید که زمانی در دوره‌های گذشته، حیوانی (که توتیا از فرزندان مستقیم آن است) CP اختراع کرده است.

پس اگر روزی توتیا دیدید به‌دیده احترام بدان بنگرید زیرا امکان دارد که توتیا از میان همه بی‌مهرگان، از آمیب گرفته تا حشرات و از کرم گرفته تا ماهی هشت‌پا، نزدیکترین خویشاوند شما باشد.

فصل دهم

صدای نفس نفس زدن

در سپتامبر سال ۱۹۵۰ دکتر ویلیام.س.بوید (W. C. BOYD) استاد متخصص «شیمی ناگیرایی»^۱ (IMMUNOCHEMISTRY) دانشکده پزشکی دانشگاه بوستون - جایی که من کار می‌کنم - پس از چند ماه سفر به مصر، که با يك دنيا نیرو بازگشته بود مرا به کناری کشید و پیشنهاد کرد که کتابی درسی در باره شیمی حیاتی برای دانشجویان پزشکی بنویسیم. پیشنهادی بسیار تکان‌دهنده به نظر آمد زیرا دکتر بوید قبلاً کتابهایی درسی در زمینه گروه‌های خونی و ناگیرایی و انسان‌شناسی نوشته بود، پس شکی نداشتم که به انجام آن کاملاً قادر است. اما آنچه من احساس می‌کردم این بود که دل‌باخته این‌گونه مسائل بودم. سپس به دکتر برنهام سن واکر (B. S. WALKER) رئیس بخش شیمی

۱- شاخه‌ای از شیمی است که درباره مصونیت آدمی و حیوانات از ابتلای به بیماریها مطالعه می‌کند (م)

حیاتی، که در این باره اطلاعات جامعی داشت مراجعه کردیم. وی نه تنها با موضوع موافقت کرد بلکه با میل و رغبت آن را پذیرفت.

پس از آن مدتی گذشت تا طرحها را تنظیم کردیم و ناشری گیر آوردیم و قدری به شوخی پرداختیم. اما زمانی رسید که همه مقدمات آماده شد و مارو در روی يك ماشین تحریری که کاغذ پاکیزه‌ای در آن جای داشت قرار گرفتیم. يك سال و نیم طول کشید تا چاپ اول آماده شد و و سالها گذشت تا چاپهای بعدی فراهم شدند. عنوان کتاب شیمی حیاتی و متابولیسم آدمی (BIOCHEMISTRY AND HUMAN METABOLISM) بود و چاپ سوم در پاییز سال ۱۹۵۷ انتشار یافت.

کتاب درسی، کتابی است که در آن آنچه را که درباره شاخه‌ای از علوم می‌دانند به ترتیب عرضه می‌کنند و قصد از تهیه آن تعلیم شاگردان است. وقتی که گفته می‌شود «به ترتیب» متضمن این نکته است که کتاب درسی باید از آغاز مسئله را مطرح کند، همه مراحل حد وسط را شرح بدهد و باقی را در پایان کتاب بیاورد.

بدبختانه در علوم تجربی، برخلاف علوم قیاسی چون ریاضیات و منطق، این طرح قابل اجرا نیست زیرا نه آغازی هست نه حد وسطی و نه پایانی.

علمی تجربی (استقرایی) چون شیمی حیاتی در اساس مجموعه‌ای از اطلاعات است که تعدادی از متفکران بعضی نتایج از آنها به دست می‌آورند. این علم شبیه توده‌ای از نخهای گره خورده در هم پیچیده است. برای توضیح

درست بخشی از شیمی حیاتی، اطلاعاتی باید در زمینه—
 های دیگر علم فراهم گردد. کار نویسندگان این است که
 سرنخ این کلاف سر درگم را به ترتیبی به دست آورد که
 کمتر گمراه کننده باشد و همواره در این اندیشه است که
 از چه موضوعاتی در فصلهای اول بحث کند تا با وجود
 عدم اطلاع از فصلهای بعدی فهم مطالب آسان گردد، و
 چند بار باید رشته نخ را برای توضیح مسئله‌ای قطع کند
 و چند بار اشاره به صفحات دیگر بنماید و بعد به سخن
 خود ادامه دهد، نیز چند بار بنویسد «به بخش ضمیمه
 کتاب مراجعه شود.» (من بشخصه شیفتهٔ روش «قطع رشتهٔ
 سخن و توضیح دادن آن» بودم. چون تقاضای اجرای این
 روش بیش از توانایی من بود، گاهی به راستی از انجام
 آن عاجز بودم).

توجه داشته باشید که کتاب درسی بدین منظور نوشته
 می‌شود که به دانشجو چیز بیاموزد. این مقصود با تخدیر
 آنها یا به رخ کشیدن مطالب ظاهراً عالی ولی نفهمیدنی
 و گمراه کننده حاصل نخواهد شد. مطالب درسی را باید
 به صورتی دقیق و منطبق با واقعیات عرضه کرد و نباید
 آمیخته به طنز و غیرجدی نگاشت. حاصل آنکه مسئله
 اسلوب نگاشتن واجد اهمیت است.

بنا بر این سه همکار سه اسلوب متفاوت خواهند
 داشت. درست است، ولی خوشبختانه در نتیجه بررسی
 دقیق نوشته‌های یکدیگر و بحث سه نفری در بارهٔ نتایج
 حاصل، اسلوبی یکنواخت به دست آمد و مواردی که بر سر
 آن اختلاف بود حذف گردید. مثلاً دکتر واکر که اسلوب

نگارشش بسیار فشرده بود ناگزیر شد که گاهی اجازه دهد بعضی از مطالب گسترش یابد. از سوی دیگر دیدم که با کمال بیرحمی جلو اشتیاقی را که به نگارش آمیخته با احساسات پرشور داشتم، سد کردند. بسیاری از بخشها بر سر باقی گذاشتن، جادادن یا حذف يك ویرگول (COMMA) در می گرفت نیز بحث فراوان در دفاع از کلمه‌ای بود که مناسب تشخیص داده شد.

به تعریفی که از کتاب درسی کرده‌ام باز می‌گردم. در آنجا اشاره کردم که آنچه دانسته شده باید عرضه شود. معنی‌اش این است که آنچه تا لحظه نوشتن کتاب دانسته شده نوشته شود.

کار آسانی است؟ این طور نیست؟

اکنون باید دید که چگونه می‌توان آنچه را که دانسته شده پیدا کرد؟

نخست آنکه کتابهای درسی دیگری در زمینه کاوش هست و شخص بدانها مراجعه می‌کند تا ببیند دیگری چه دیدی در آن زمینه دارد. اما برای کتابهای درسی محدودیت‌هایی وجود دارد.

مثلا کتابهای درسی باید مطالب دستچین شده را در بر داشته باشند نه آنکه جامع و کامل باشند، بنابراین تعداد صفحاتش احتمالاً کمتر از ده هزار خواهد بود. این محدودیت سبب می‌شود که مؤلف کتاب درسی بعضی از مباحث مربوط را انتخاب کند و این امکان هست که انتخاب

وی اساساً با فکر شما جور در نیاید. دوم آنکه نویسنده هر کتاب درسی نظر شخصی خود را در مورد اطلاعاتی که در کتاب می‌دهد اعمال می‌کند و برای این کار یا نظرش را بیان می‌دارد یا مسائل و مباحثی را برای کتاب انتخاب می‌کند که نظرش را تأمین کنند.

(برحسب تصادف ما سه مؤلف همکار در تفسیر قضایا با هم توافق نداشتیم. مثلاً دو تئوری اساسی مربوط به علت سرطان وجود دارد. یکی از آنها تئوری «جهش» است و دیگری تئوری «ویروس». من طرفدار تئوری جهش و دکتر بوید طرفدار تئوری ویروس. چون تهیه فصل سرطان در چاپ اول و دوم با من بود جهش را در یکی دو صفحه با نثری فصیح بیان داشتم ولی به ویروس مختصراً در چند سطر با بی‌علاقه‌گی اشاره کردم. چیزی نگذشت که دکتر بوید در حالی که مقاله تازه‌ای در باره تئوری ویروس در اختیار داشت، جنگ واقعی را آغاز کرد، و ترتیبی فراهم آورد که بر من غالب شود و گمان می‌کنم که در چاپ جدید کتاب نگارش بخش سرطان را به عهده بگیرد).

کتابهایی که به تفصیل دربارهٔ يك موضوع معین نوشته شده‌اند (MONOGRAPHS) مطالب را عمقی‌تر از کتابهای درسی به دست می‌دهند این کتابها برای آموختن به مبتدیان نوشته نشده‌اند بلکه آنچه را که (با مقدمات انسانی) در بارهٔ مطلبی دانسته شده در دسترس قرار می‌دهند و برای کسانی که در زمینه‌هایی کاملاً واردند مفیدند. بنابراین موضوع این‌گونه کتابها الزاماً محدود

و عموماً بسیار محدودتر از مطالبی است که در کتابی درسی نگاشته می‌شود.

کتابهای تفصیلی دارای يك نویسنده در شرف از بین رفتن است. علتش این است که اطلاعات آدمی چنان وسیع شده که فکر آدمی جز در رشته خاصی نمی‌تواند عمیقاً بیندیشد. علامه‌های دهر یا «نوابغ همه فن حریف» برای همیشه از میان رفته‌اند. در حال حاضر کسی نمی‌تواند یافت که خود را در نگارش همه مطالب مربوط به شیمی حیاتی صالح بداند زیرا شیمی حیاتی جزئی از حیات‌شناسی و شیمی است و هر يك از این علوم جزئی از علوم تجربی هستند و علوم تجربی خود جزئی از علوم دیگر است و بر این قیاس.

مثالی می‌آورم. اخیراً کتاب مفصلی در باره پروتئید به چاپ رسیده است. این کتاب چهار جلد دارد و مجموع صفحاتش بالغ بر ۲۵۲۶ و بهایش در حدود ۴۰۰۰ ریال است. دو نفر در تألیف آن دست داشتند ولی مباحثی دارد که جمعاً ۳۱ نفر مؤلف در نوشتن آنها شرکت کرده‌اند و یکی از آن مؤلفان هم دکتر بوید بوده است. هر فصل کتاب پیشرفتهایی را که در یکی از شاخه‌های شیمی حیاتی مربوط به پروتئیدها به عمل آمده، بیان می‌دارد.

اصولاً دانشمندان از این گونه نشریات بسیار سپاسگزارند زیرا در این نشریات، آنچه که در باره رشته‌ای از علم دانسته شده به صورتی دقیق خلاصه می‌کنند.

همه ساله کتابهایی که بدین منظور نوشته می‌شوند

جز گرد آوری دانسته‌های جدید از چیز دیگری سخن به میان نمی‌آورند. مثلاً در بیست و چند سال اخیر، همه ساله کتابی به نام «مطالب نو سالیانه شیمی حیاتی» انتشار یافته است. این کتاب فصلهایی دارد. هر فصلی درباره یکی از شاخه‌های علم شیمی حیاتی بحث می‌کند و به وسیله شخصی که در آن زمینه مرجع است نگاشته می‌شود. هر فصلی متضمن خلاصه اطلاعاتی است که در سال گذشته در زمینه معینی به دست آمده است. اگر چه مختصر بودن کتاب مطالب آن را تقریباً به ابهام کشانده است معیناً کتابی است نسبتاً بزرگ.

نشریه‌هایی نیز انتشار می‌یابند که همه مباحث یک علم را در بر ندارند مانند «مطالب نو شیمی» و «مطالب نو فیزیولوژی». این نشریه‌ها ماهیانه‌اند و از مباحث انتخابی، در هر زمینه‌ای که باشد بحث می‌کنند. مثلاً نشریه «مطالب نو فیزیولوژی» در ژوئیه سال ۱۹۵۴ هشت مطلب نو داشت که بر روی هم در ۲۵ صفحه تنظیم شده بودند و در باره ماده‌ای به نام سروتونین (SEROTONIN) بود. این ماده در فعالیت‌های مغزی اهمیت بسیار دارد و در سال ۱۹۴۹ شناخته شده است. نشریه «مطالب نو شیمی» در ماه اوت ۱۹۵۴ چهار مقاله داشت و مشتمل بر ۲۴ صفحه بود که از «نایکنواختی میکروسکوپی» پروتئیدها صحبت می‌کرد. (موضوعی است که در فصل سوم از آن صحبت کرده‌ام).

نشریه‌های سالیانه نیز حاوی مطالب نو هستند ولی موضوع بحث آنها محدودتر و عمیق‌تر است. مثلاً در سال

۱۹۴۰ برای نخستین بار کتاب «پیشرفتهای علم آنزیم شناسی» انتشار یافت و از آن پس سالیانه منتشر می‌شود. این کتاب فقط حاوی مطالب نو مربوط به آنزیم یامسائلی مربوط بدان است. این نوع انتشارات اختصاصی چنان مفید و دلخواه از آب درآمدند که سایر شاخه‌های علم شیمی حیاتی نیز خواستار آن شدند.

یکی از ناشران اکنون این کتابها را منتشر می‌سازد: «پیشرفتهای شیمی پروتئیدی»، «پیشرفتهای شیمی ئیدراتهای کربن»، «پیشرفتهای تحقیقات سرطان»، «پیشرفتهای علم وراثت»، «پیشرفتهای تحقیقات ویروس»، «پیشرفتهای تحقیقات غذایی»، «پیشرفتهای کشاورزی»، «پیشرفتهایی در ویتامین‌ها و هورمونها»، «پیشرفت جدید در تحقیقات هورمونها»، «مطلب نو جهانی دربارهٔ بافت‌شناسی»، «پیشرفت فیزیک حیاتی»، «پیشرفت شیمی آلی»، «الکالوئیدها». هر یک از نشریه‌ها سالی يك بار منتشر می‌شود و نشریه‌های دیگری از این قبیل نیز هست.

اما همهٔ اینها از کتابهای درسی و کتابهای مفصل اختصاصی گرفته تا مطالب نوی که در هر رشته‌ای انتشار می‌یابد همه از منابع دست دومند. باید دید که این منابع از کجا اطلاعات لازم را به دست می‌آورند.

اطلاعات دست اول از مطالعاتی که در آزمایشگاهها، کتابخانه‌ها و ادارات و مراکزی از دانشگاهها و کالجها و

مراکز تحقیق و تأسیسات صنعتی و بیمارستانهایی که به کار اندیشیدن اختصاص دارند و نیز در جاهای مشابه به وسیله دانشمندان و مهندسان و پزشکان و استادان فنون مختلف به دست می آیند.

هروقت که یکی از این افراد يك سلسله آزمایش به انجام رسانید یا صاحب نظریاتی شد که مفید به نظر می رسند و با آنچه قبلاً وجود داشته اند کاملاً تطبیق نمی کنند، براوست که یافته خود را به جهان علم عرضه کند.

برای این کار، مقاله ای تهیه می کند. یعنی آزمایشهایی را که انجام داده و نتایجی را که از آنها گرفته شرح می دهد و مقدمه ای متضمن خلاصه مطالعاتی که قبلاً در این زمینه شده بر آن می افزاید و در باره ماهیت و اهمیت مطالعه خود نیز مطالبی بیان می دارد. این مقاله در نشریه ای که خاص این گونه امور است به چاپ می رسد و منتشر می گردد. این گونه نشریات را عموماً گزارش می نامند و مجموع آنها اثر گفته می شود.

هزارها گزارش چاپ می شود. من فقط در باره گزارشهای شیمی حیاتی صحبت می کنم و تنها دو تا از آنها را برای بررسی چگونگی آنها شرح می دهم. نفیس ترین گزارش شیمی حیاتی «گزارش شیمی حیاتی» (Journal of Biological Chemistry) نام دارد. این نشریه ماهیانه است و سال به سال به قطرش افزوده می شود. هنگامی که برای نخستین بار در ۵۰ سال پیش منتشر شد همه گزارشهای سالیانه بر روی هم به صورت يك جلد کتاب متوسط در می آمد. ولی در حال حاضر گزارشهای

ساليانه، شش جلد كتاب بزرگ مي شود. گزارش مشابهي كه در بریتانیا انتشار مي يابد، شامل صفحات کمتر ولي بزرگتر است.

نشریه ديگر «گزارش انجمن شيمي آمريكايي» است. اين گزارش در زمينه شيمي فزيكي و شيمي آلي است ولي مقالاتي كه در زمينه شيمي حياتي دارد بيش از همه است. اين نشریه اکنون ماهي دو بار منتشر مي شود. گزارش يك ماه بر روی هم بسيار سنگين شده است. نشریه مشابه انگليسي آن «گزارش انجمن شيميائي» است.

نشریه ای هفتگی به نام «علم» هست كه مقالات كوتاهي در همه زمينه های علمي دارد. در اين نشریه شيمي حياتي به صورت خوبی عرضه مي شود. نشریه معادل آن در انگلستان «طبیعت» نام دارد.

آنچه بيان شد در مقايسه با آنچه انتشار مي يابد بينهايت ناچيز است. گزارشهاي خاص بيماريهاي مخصوص هست. عنوان اين گزارشها از قبيل «سرطان»، «تحقيقات سرطان»، «ديابت» و براین قیاس است. گزارشهاي در باره بخشهاي گوناگون بدن يا وضع خاص سازوکار آن هست مانند «خون»، «گردش خون»، «مغز»، «متابوليسم».

گزارشهايي هست كه انستيتوهای علمي ياسازمانها تهيه مي کنند مانند: «خلاصه مذاكرات انجمن زيست شناسي و پزشكي تجربی» و «خلاصه مذاكرات آكادمی ملی علوم ایالات متحده»، «گزارش انستيتوی ملی سرطان»، «گزارش ساليانه آكادمی علوم نيويورك» و «بولتن آكادمی

پزشکی نیویورک». گزارشهایی نیز دربارهٔ پاره‌ای از شاخه‌های علم شیمی حیاتی یا موضوعات وابسته بدانها هست: «گزارش مربوط به مصونیت از بیماریها»، «گزارش باکتری‌شناسی»، «گزارش تغذیه»، «گزارش تغذیه بالینی»، «گزارش تحقیقات بالینی»، «گزارش آسیب‌شناسی بالینی»، «گزارش عوارض بالینی غده‌های داخلی». (انتخاب این نشریه‌ها به‌طور تصادفی صورت گرفته است). مکاتب و بیمارستانهای گوناگون گزارشهایی خاص مطالعات خودانتشار می‌دهند مانند: «بولتن سه‌ماهه دانشکده پزشکی دانشگاه شمال غربی» و «گزارش زیست‌شناسی و پزشکی یاله» و بسیاری از این قبیل نشریه‌ها. از این گذشته گزارشهای جدیدی همواره به آنچه که موجود است افزوده می‌شود. اخیراً نشریه‌ای دو ماهه در ویروس‌شناسی انتشار یافته که همهٔ جنبه‌های مطالعات ویروسی را تحقیق می‌کند.

چنانکه می‌دانید علم جنبهٔ بین‌المللی دارد. بنابراین گزارشهای زبانهای خارجی را نیز باید در نظر گرفت. در آلمان نشریه‌ای به نام «گزارش شیمی فیزیولوژیک» هست. در فرانسه نشریه «خلاصه مذاکرات جلسات انجمن زیست‌شناسی و علوم وابسته بدان» انتشار می‌یابد. روسیه در سالهای اخیر از نظر تهیه این گونه گزارشها خیلی پیشرفت کرده است. یکی از آنها «پیشرفت‌های آکادمی علوم در اتحاد جماهیر شوروی» است. گزارشهایی

در ژاپن و سوئد و سوئیس و هلند و اسپانیا و کشورهای امریکای لاتین نیز انتشار می‌یابد. «گزارش انجمن دارو سازان سیام» و «گزارش انجمن پزشکان فیلیپین» و «گزارش علوم پزشکی ایرلند» و گزارشهایی از این قبیل نیز منتشر می‌گردد.

(تذکر: من این اسامی را از خودم جعل نکردم. هر گزارشی که اسم بردم واقعی و اصیل است).

بنابراین تعداد نشریه‌های مربوط به شیمی حیاتی که به صورت این گزارشها انتشار می‌یابد به ۲۵۰۰ در ماه بالغ می‌گردد. با این همه نشریه دانشمند شیمی حیاتی چه کار می‌کند؟ خواندن همه آنها عملی نیست. پس وقتی همه آن را نتوانیم از زیر نظر بگذرانیم، از کجا می‌توانیم مطمئن باشیم مسئله مهمی از دسترس ما به دور نمانده است؟

(آیا ممکن است فکر کنید که امکان ندارد مطلبی نا دیده بماند؟ وقتی که مندل قوانین اساسی وراثت را کشف کرد، نتیجه مطالعاتش را در نشریه «پیشرفتهای انجمن علوم طبیعی برون» به چاپ رسانید. این قوانین در آن نشریه برای مدت ۳۴ سال مدفون ماندند و کسی به آنها توجه نکرد. ۳۴ سال! کم نیست).

دانشمندان شیمی حیاتی کوشش می‌کنند که مجموعه مطالب مربوط به يك موضوع را به دست آورند. هر مجموعه‌ای ممکن است شامل دهها مقاله در زمینه معینی باشد. هر نشریه حاوی مطالب نو صد تا هزار مقاله دربر دارد. مثلا نشریه مربوط به سروتونین که قبلا بدان

اشاره کرده‌ام حاوی صد و پنجاه و هفت مقاله یا به اصطلاح «مرجع» بود. گفتار مربوط به نا یکنواختی میکروسکوپی پروتئیدها صد و شصت و چهار مقاله داشت.

اما باید دید که نویسندگان مقالات و بخصوص نویسندگان مطالب نو درباره هر موضوع، صورت اسامی «مراجع» را از کجا به دست می‌آورند؟ خوشبختانه گزارشهایی وجود دارند که کارشان تهیه خلاصه مطالب مقالات علمی است. طرز عمل تهیه کنندگان این گزارشها بدین طریق است که به کمک عدّه زیادی از اهل فن خواستار پیشرفت علم و بودجه‌ای نامحدود، هر نوشته‌ای را که در هر نشریه‌ای مربوط به موضوع کار خود پیدا می‌کنند جمع‌آوری می‌نمایند. سپس صورتی از عنوان و مؤلف یا مؤلفان و نام و وضع نشریه مربوط و ماه انتشار و صفحات آن و خلاصه‌ای از نوشته، از همه کشورها، را تهیه می‌کنند. مهمترین گزارش از این قبیل عبارت است از «خلاصه‌های شیمی» که خلاصه همه نوشته‌های خارجی را به زبان فصیح انگلیسی فراهم می‌آورد.

نشریه «خلاصه‌های شیمی» هر دو ماه یک بار منتشر می‌شود. هر شماره آن مشتمل بر چهارصد صفحه بزرگ است که در دو ستون و با حروف ریز به چاپ رسیده است. هر ستونی شماره‌ای جدا دارد و از نخستین شماره سال شروع می‌شود و به آخرین آن پایان می‌پذیرد.

تعداد کل ستونهای سال (فقط مربوط به صورت اسامی مقالات) دو سال قبل به هشت هزار رسید. در حال حاضر به هفده هزار می‌رسد.

نشریه «خلاصه‌های شیمی» هر سال فهرست مفصلی الفبایی از مؤلفان و موضوعات انتشار می‌دهد. هر نشریه‌ای مشتمل بر سه جلد است و متجاوز از هزار صفحه می‌شود. هنگامی که برای نخستین بار به این چیزها علاقه پیدا کردم، فهرست نامبرده سه‌ماه بعد از پایان سال انتشار یافت، ولی چون باگذشت زمان بزرگتر و مفصل‌تر و پیچیده‌تر می‌شود در حال حاضر تقریباً يك سال پس از پایان سال انتشار می‌یابد. بنابراین حداقل بیست‌جلد واحد اکثر چهل جلد از «خلاصه‌های شیمی» بدون فهرست الفبایی وجود دارد. جلد‌های بدون فهرست الفبایی جلد‌های سال‌های اخیرند و آخرین مقالات را دارند.

پس اگر بخواهید کارهایی را که در زمینه علمی معینی انجام شده مطالعه کنید ابتدا آنچه را در ده سال اخیر شده از میان بقیه انتخاب می‌کنید، سپس با وحشت به جلدی که در آخرین سال انتشار یافته روی خواهید آورد.

و هنگامی که بخواهید همه آنچه را که در باره شیمی حیاتی انتشار یافته برای تهیه کتاب درسی جمع‌آوری کنید، چه کار کمر شکنی خواهد بود!

تقریظ‌هایی که چاپ می‌شود در حکم عطیه و هدیه‌ای است که خداوند به آدمی می‌بخشد ولی تازه‌ترین آنها که آخرین اطلاعات را حاوی است، نمی‌تواند متضمن همه مقالاتی باشد که در زمینه‌ای هست یا بیش از آنچه را که

دارد راهنما باشد. و هرگز نمی‌تواند کار «خلاصه‌های شیمی» را انجام دهد زیرا «خلاصه‌های شیمی» همه مطالب نو را حاوی است. از این گذشته تعداد نشریه‌های تقریظ و انتقاد که اکنون چاپ می‌شود به قدری زیاد است که نمی‌توانید به خواندن همه آنها پی که باید بخوانید، توفیق یابید.

برای تهیه چاپ بعدی مسئله مهم آن است که کتاب حاوی همه مطالب روز باشد و برای این کار «خلاصه‌های شیمی» کاملاً لازم می‌شود. روش شخصی من این است که شماره مجله «خلاصه‌های شیمی» متعلق به آقای دکتر واکر را به محض انتشار و پیش از آنکه آن را مطالعه کند بر بایم. (وی مشترک این مجله است!). خوشبختانه نشریه «خلاصه‌های شیمی» مقالات خود را در متجاوز از ۲۰ شاخه علم شیمی توزیع می‌کند به طوری که می‌توانم شاخه مربوط به «مواد صنعتی» و «مواد کاغذ سازی» و «الکتروشیمی» و «عکاسی» و مانند آنها را ندیده بگیرم. متأسفانه صورت اسامی مطالب شیمی حیاتی خود شامل دو شاخه فرعی است و از همه مباحث این نشریه مفصل‌تر است.

من ماهی دو بار با ۱۰۰ تا ۱۵۰ صفحه بزرگ محتوی ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ موضوع سروکار دارم و عناوین آنها را با سرگشتگی می‌خوانم. بعضی از عناوین کوتاهند مانند «متابولیسم آهن» و معرف يك نشریه حاوی مطلب نو

است. (همه نشریه‌های حاوی مطالب نو را یادداشت می‌کنم و در گزارشی که در اختیار من هست تفصیل آنها را می‌خوانم. در بعضی جاهای شهر بوستون می‌توانم تقریباً همه گزارش‌های غیر مهم و مهم را به دست آورم. نیز می‌توانم تقریباً همه گزارش‌های مهم را در کتابخانه دانشکده که دو طبقه پایین‌تر از آزمایشگاهم هست به دست آورم).

گاهی عنوان موضوعات دراز است مثلاً: «به‌کار بردن تبادلات یونی به‌منظور جداساختن بعضی از اسیدهای آمینه حاصل طی تجزیه آنزیمی اسید سیستئین سولفینیک. استعمال آن در جدا ساختن هیپوتورین (۲- اسید آمینواتان سولفینیک)» عنوان حقیقی يك مقاله حقیقی است. عنوانهای دراز از این جهت که عجیب و غریبند متداول نیستند بلکه چون نظر کاملی درباره محتویات هر مقاله می‌دهند و شخص بدون خواندن مقاله می‌تواند به محتویاتش پی‌ببرد متداولند. دوست من، این کار به جهت تنبلی ما نیست بلکه یکی از سدهای راه دیوانه شدن ماست. اگر عنوان مقاله‌ای جالب است، خود خلاصه را می‌خوانم و اگر خلاصه آن جالب است شماره نشریه «خلاصه شیمی» و شماره ستون مربوط و وصفش در آن ستون را روی کتاب درسی خودم یادداشت می‌کنم و ورق سفیدی بین دو صفحه چاپ شده قرار می‌دهم. یادداشت را در نقطه مقابل چاپی از کتاب که مربوط به آن است می‌نویسم. نتیجه؟ ممکن است این کارها آزار دهنده باشند. مورد «کارمولیبدنوم» در بدن آدمی را من باب مثال ذکر

می‌کنیم. در چاپ اول کتاب به نام بردنش نمی‌ارزید پس نامی از آن نبردیم. موقعی که چاپ دوم کتاب را تهیه می‌کردیم، بعضی از محققان نشان دادند که این عنصر جزء مهمی از آنزیمی به نام «کزانتین دزئیدروژ-ناز» است. پس به این عنصر توجه کردیم و هفت سطر در باره آن نوشتیم. موقعی که چاپ سوم کتاب را آماده می‌کردیم سی مقاله نو در باره این عنصر وجود داشت که بایستی خوانده شود یا دست‌کم نگاهی به آنها بشود. پس به این کار اقدام کردیم و موضوع مربوط به مولیبدنوم از هفت سطر به دوپارگراف افزایش یافت. این کار با مراجعه به عناوین مقالات و خواندن مقالاتی که خلاصه جالب داشت انجام شد.



اما به راستی این کار کافی نیست زیرا خود «خلاصه-های شیمی» مطالب روز را ندارد و همواره از شش ماه تا يك سال از گزارشهای روز عقب است. بنا بر این باید به عناوین مهمترین گزارشهایی که منتشر می‌شوند نیز توجه کرد. تازه خود گزارشها هم مطالب روز را ندارند. گزارشی که از طرف «نشریه شیمی حیاتی» برای انتشار پذیرفته می‌شود باید شش ماه یا يك سال به انتظار بنشیند. گزارش همیشه انباری از این مقالات پذیرفته شده دارد. علاوه بر این هرگزارشی کاری انجام شده را نشان می‌دهد و حال آنکه کارهای دیگر در حال پیشرفت نیز در شرف انجامند.

نیز همه نوع مجامع تشکیل می‌شوند مثلاً «انجمن امریکایی شیمی» مجامع سالیانه‌ای در نقاط مختلف کشور دارد. و «فدراسیون انجمنهای امریکایی زیست‌شناسی تجربی» که شش انجمن فرعی دارد - دارای مجامع سالیانه است. «انجمن امریکایی پیشرفت علم» نیز چنین است. گروه‌های کوچکتری نیز هستند که بدین‌گونه گرد هم جمع می‌شوند. هر يك از این مجامع نشریه‌ای دارد. وقتی چند گروه نشریه‌های خود را در آن واحد به اطاقهای مختلف هتلها و گاهی به هتلهای مختلف و حتی به شهرهای گوناگون می‌فرستند صدها نشریه روی هم انباشته می‌شود. غیر ممکن است که کسی بتواند بیش از بخشی از این نشریه‌ها را بشناسد و باید با دقت تمام و به امید تحصیل بهترین در انتخاب آنها بکوشد.

از میان ما سه نفر دکتربوید از شرکت‌کنندگان خستگی‌ناپذیر مجامع مختلف است. وی در ماههای اخیر به نیویورک و فیلادلفیا و ایندیانا و پاریس سفر کرده است تا نشریه‌هایی در آنها انتشار دهد و از نشریه‌های دیگر اطلاع یابد و مهمتر از همه آنکه با دیگر دانشمندان ملاقات کند و ضمن نوشیدن جامی آبجو از تحقیقاتی که در آزمایشگاههای دیگر در شرف انجام است سر در بیاورد. جریان کار بدین ترتیب ادامه می‌یابد.

در حال حاضر مقداری از کوششهای آدمی صرف این می‌شود که اطلاعات حاصل در رشته‌های گوناگون علوم تجربی را با همان شکلی که حاصل می‌شود با هم هماهنگ سازد. بدین منظور فهرستها و علامتهای رمزی خاصی

ترتیب داده‌اند و طرح‌های خاصی ریخته‌اند که کار کنترل و ارتباط را آسان سازد.

در این باره به بخشی از نامه‌ای اشاره می‌کنم که کارل. ف. هومان (K. F. HEUMANN) مدیر «مرکز هماهنگ سازی شیمی و زیست‌شناسی انجمن تحقیقات ملی» به آقای کن‌دونی (Mr. KENDEVENEY, Jr) در میلینگتون نیوجرسی نوشته است. یک نسخه از آن برای جان کمپبل (J. CAMPBELL) مؤلف کتاب «افسانه‌های مبهوت کننده علمی» فرستاده شد و ایشان آن را در اختیار من گذاشتند. مضمون آن بخش چنین است:

دکتر کن‌دونی عزیز

در پاسخ پرسش شما در باره اطلاعات مورد نظر، دلم می‌خواست که صورت کوتاهی از کتابهای مربوط در اختیارتان بگذارم ولی امکان ندارد. در این زمینه مطالعات بسیاری صورت گرفته و نتیجه‌اش این بوده که مراجع مستند در میان مؤسسات گوناگونی که به کار تهیه خلاصه می‌پردازند پراکنده شده است.....

به عبارت دیگر، مطالب موجود درباره موضوع به قدری زیاد است که به آسانی فراهم نمی‌شود. توجه کردید؟

راهی برای رهایی از آن نیست و سال به سال وضع بدتر می‌شود.

بنابراین اگر روزی گذرتان به بوستون افتاد و به دانشکده پزشکی دانشگاه بوستون سری زدید و از نزدیکی آزمایشگاه من گذشتید، صدای نفس نفس زدن را

خواهید شنید. ممکن است تصور کنید که بدنبال به چنگ آوردن زنی به دور میزی می‌دوم ولی در اشتباهید. این صدای نفس نفس زدن آسیموف است که کوشش می‌کند از میان نوشته‌ها چیز در بیاورد، و این کار بی‌هوده‌تر و صعب‌الوصولتر از آن است که بتوان به نتیجه رضایت بخش رسید.

پایان

This is an authorized translation of

ONLY A TRILLION

by Isaac Asimov. Copyright 1957 by Abelard Schuman Ltd.

Published by Abelard Schuman Limited, New York.

Printed at offset press

Tehran, Iran

ONLY A TRILLION

by

Isaac Asimov

Translated into persian

by

Mahmoud Behzad



Tehran, 1969

بها : ۱۵ تومان

در هر سلول تن آدمی ۱۱ اتم «کربن-۱۴» وجود دارد. «کربن-۱۴» اتمی رادیواکتیو است. در هر ثانیه ۵۰ اتم «کربن-۱۴» در ژنها منفجر می‌شود و ذرات بتا صادر می‌کند. برخورد ذرات بتا با بخشهای دیگر ژن و تبدیل «کربن-۱۴» به «نیتروژن-۱۴» پس از صدور ذرات بتا، موجب حصول جهشهای گوناگون می‌شود.

