

ایزاک آسیموف

امروز و فردا

ترجمه رضا رضایی

انتشارات سخنوران

امروز و فردا

امروز و فردا

ایزاک آسیموف

ترجمه رضا رضایی



تهران، ۱۳۶۳

این کتاب ترجمه‌ای است از:

TODAY AND TOMORROW,
Isaac Asimov, Coronet Books,
London, 1974



امروز و فردا

آسیموف، ایزاک

ترجمه رضا رضایی

چاپ اول: ۱۳۶۳

تیراژ: ۴۰۰۰

حروفچینی: بهارستان

لیتوگرافی: فام

چاپ: خرمی

حق چاپ محفوظ است.

ناشر: شرکت انتشارات سهروردی (با مسئولیت محدود)

تهران - صندوق پستی ۱۹۷۸-۱۵۸۷۵

فهرست مطالب

۱. زیست شناسی	۷
پلی تیپوس را چه باید نامید؟	۷
ریتم شب و روز	۱۴
۲. ستاره شناسی	۲۳
کوههای پرزده	۳۱
عاشقانه مریخ	۴۰
دانش را همه جا می توان یافت	۴۶
۳. شیمی	۵۳
خاک	۵۳
هوا	۶۵
آب	۷۶
آتش	۸۷
۴. فیزیک	۹۹
فضا	۹۹
زمان	۱۰۹
جرم	۱۱۹
حتی مساوی هم نمی توان کرد	۱۳۰
راز ماهی جهنده	۱۴۳
آنسوی نهایت	۱۴۸

۱. زیست‌شناسی

بلی تیپوس را چه باید نامید؟

در سال ۱۸۰۰، جانور خشک شده‌ای را از قاره تازه کشف شده استرالیا به انگلستان آوردند.

استرالیا تا پیش از این زمان هم به سرزمین گیاهان و جانوران بی‌مانند شهرت داشت، اما این یکی خیلی مضحک بود. تقریباً به طول ۶۰ سانتیمتر بود و پوست پر مویی داشت. منقار پهن لاستیک مانند، پاهای پرده‌دار، دُم صاف و پهن و یک برآمدگی بر هریک از قوزک‌های عقبی که بوضوح برای ترشح زهر منظور شده بود داشت. از این گذشته، زیر دُمش سوراخی بود.

جانورشناسان با ناباوری به این جانور خیره شده بودند. مثل پستانداران مو برتن داشت! مثل پرندگان آبرزی منقار و پای پرده‌دار داشت! مثل مارنیش داشت! در پشت خود نیز سوراخی داشت، گویی تخم می گذاشت!

همه از کوره در رفته بودند. مسلماً کلکی در کار بود. حتماً یک آدم شوخ بی‌مزه در استرالیا از دوری و غرابت قاره سوءاستفاده کرده، اندام‌های جانوران بسیار متفاوت را سرهم بندی کرده و خواسته بود جانورشناسان بیگانه انگلیسی را دست بیاندازد.

اما پوست جانور یکپارچه به نظر می‌رسید. هیچ نشانه‌ای از بهم چسباندن پوست نبود. آیا جانور قلابی بود یا نبود؟ اگر قلابی بود، آیا پستانداری با مشخصه‌های خزندگان یا خزنده‌ای با مشخصه‌های پستانداران بود، یا شاید نیمه پرنده بود، یا اصلاً چه بود؟

تا چند دهه، بحث داغی بر سر این قضیه جریان داشت. حتی نام آن بر جنبه‌هایی از وجود جانور تأکید داشت که برغم پر مو بودن پوست آن اختلافش را با پستانداران نشان می‌داد. یکی از نام‌های اولیه آن پِلی‌تیپوس آناتینوس بود که معادل یونانی

لاتین «پاصاف، اردک مانند» بود. بدبختانه، اصطلاح پلی تیپوس را قبلاً به یک نوع سوسک اختصاص داده بودند و در نامگذاری علمی نمی توان یک اسم را دوبار انتخاب کرد. بنابراین، نام اورنیتورنیکوس پارادوکسوس را برآن نهادند که «پرنده منقار، مهمل نما» معنی می دهد.

اما بتدریج، جانورشناسان مجبور شدند با دیگران هم رأی شوند و اعتراف کنند که جانور یاد شده هر قدر هم برداشت های جانورشناسان را متزلزل کند واقعی است و کلکی در کار نبوده است. موضوع این بود که گزارش های موثق روزافزون از آن حکایت می کرد که کسانی در استرالیا این جانور را به چشم خود دیده اند. ازاین رو لقب مهمل نما را از نام او حذف کردند و نام علمی اورنیتورنیکوس آناتینوس را براو نهادند.

در هر حال مردم عادی او را به نام «پاصاف اردک منقار» یا صرفاً اردک منقار و عجیب ترین پستاندار دنیا می شناسند (البته اگر پستاندار باشد).

وقتی نمونه هایی از این جانور را دریافت کردند تا اندام های داخلی او را بررسی کنند، متوجه شدند که قلب او درست شبیه قلب پستانداران و نه خزندگان است. اما دستگاه تخم گذاری ماده جانور اصلاً شباهتی به دستگاه پستانداران ندارد بلکه شبیه دستگاه پرندگان یا خزندگان است. او واقعاً و حقیقتاً یک جانور تخم گذار بود.

بهر حال تنها در سال ۱۸۸۴ بود که تخم واقعی جانوران پشمالو پیدا شد. چنین جانورانی علاوه بر پلی تیپوس، یک گونه دیگر استرالیایی به نام مورچه خوار خاردار را شامل می شدند. این کشف ارزش آن را داشت که با بوق و کرنا اعلامش کنند. در آن زمان گروهی از دانشمندان بریتانیایی در مونترال گردهم آمده بودند و و. ه. کالدول، کاشف تخم، طی تلگرافی آنها را از کشف خود مطلع ساخت.

در قرن بیستم بود که زندگی خصوصی اردک منقار برملا شد. او جانوری آبی است که در آب و هوای گوناگون، از جویبارهای گرمسیری در سطح دریا تا دریاچه های سرد به ارتفاع ۶۰۰ متر از سطح دریا، در آب های شیرین استرالیا زندگی می کند.

اردک منقار با آن پوست پر مو، دُم صاف و پا های پرده دار خود خیلی خوب با زندگی در آب خو گرفته است. در هر حال منقار او هیچ وجه مشترکی با منقار اردک ندارد. اولاً سوراخ بینی در جای متفاوتی قرار دارد و دیگر این که ساختار منقار آن

مفاوت است؛ بیشتر مثل لاستیک است و مانند منقار اردک شاخی نیست. اما منقار این جانور نیز همان وظیفه را انجام می دهد، از این رو بر اثر انتخاب طبیعی به همان صورت رشد کرده است.

آبی که اردک منقار در آن زندگی می کند همواره پر از گل و لای است و در این گل و لای است که اردک منقار غذای خود را جستجو می کند. منقار آن که با صفحه های شاخی تیغه تیغه شده است کار یک صافی را انجام می دهد، حساس در میان گل و لای می پوید و میگردد، کرم خاکی، بچه قورباغه و دیگر جانوران ریزی را که خوراک او را فراهم می آورند برمی چیند.

وقتی زمان تولید مثل فرا می رسد، پلی تیپوس ماده نقب و یژه ای در زمین می زند، دیواره آن را با علف می پوشاند و دهانه آن را بدقت می بندد. آنوقت، دو تخم می گذارد که هر کدام به قطر ۱۸ میلی متر است و پوسته نیمه شفاف سختی دارد.

پلی تیپوس مادر این تخم ها را میان دُم و شکم خود قرار می دهد و دور آنها می پیچد. دو هفته طول می کشد تا نوزاد سر از تخم درآورد. اردک منقارهای نوزاد دندان و منقار بسیار کوتاه دارند، بطوری که کمتر از بزرگسالان خود به پرندگان شباهت دارند. آنها از شیر مادر تغذیه می کنند. مادر نوک پستان ندارد، بلکه شیر از سوراخ پُرزهایی در شکم بیرون می زند و نوزاد این ناحیه را می لیسد و به این طریق خود را سیر می کند. وقتی بچه ها بزرگتر می شوند منقارهای بزرگتری پیدا می کنند و دندان هایشان می افتد.

با این حال، جانورشناسان برغم آنچه درباره اردک منقار آموخته اند، مطمئن نیستند که این جانوران را در کجای جدول رده بندی جانوری قرار دهند. رو بهمرفته، با توجه به مو و شیر جانور او را رده بندی کرده اند. در تمام دنیا، فقط پستانداران موی حقیقی دارند و تنها پستانداران شیر حقیقی تولید می کنند.

بهرحال، آنها را در جای بسیار ویژه ای قرار داده اند. همه پستانداران را به دوزیر رده تقسیم می کنند. در یکی از این زیر رده ها («پروتوتریا» یا نخستین جانوران)، اردک منقار و ۵ گونه مورچه خوار خاردار جای دارند. و در زیر رده دیگر («تری» یا «جانوران») کلیه ۲۳۱ گونه زنده دیگر پستانداران قرار دارند.

اما این رده بندی نتیجه بررسی گونه های زنده پستانداران است. بر فرض که می توانستیم گونه های منقرض شده را هم مطالعه کنیم. آیا این امر به ما کمک

می کرد تا جای صحیح پلی تیپوس را تعیین کنیم؟ آیا این امر باعث می شد بر تصمیم قبلی خود صحنه بگذاریم یا آن را تغییر دهیم؟

بازمانده های سنگواره ای پستانداران و خزندگان از گذشته دور موجود است، اما این بازمانده ها تقریباً بطور کامل عبارتست از استخوان و دندان. استخوان و دندان اطلاعات جالب توجهی در اختیار ما می گذارند، اما همه چیز را نمی توانند بگویند. بطور نمونه، آیا می توان فقط از روی استخوان و دندان گفت که این یا آن جانور منقرض شده پستاندار یا خزنده است؟

خوب، می توان گفت که کلیه خزندگان زنده ساق پاهای گشوده از همی دارند، بطوری که قسمت فوقانی بدنشان بطرز افقی قرار می گیرد (بر فرض که ساق پا داشته باشند). از سوی دیگر کلیه پستانداران ساق پاهایی دارند که یکسره عمودی هستند. دیگر این که خزندگان دندان هایی دارند که همه آنها کم و بیش شبیه یکدیگرند، در حالی که پستانداران دندان هایی به شکل های مختلف دارند، دندان های نوک تیزی در پیش، دندان های آسیای پهنی در عقب و دندان های نیش و آسیاهای کاذب دارند.

از قضا برخی جانوران منقرض شده هستند که نام «تراپسید» بر آنها نهاده اند. استخوان ساق پایشان عمودی است و دندان هایشان درست مثل دندان های پستانداران از یکدیگر متمایز است. و با این حال آنها را خزنده و نه پستاندار می شناسند. چرا؟ زیرا تفاوت دیگری در استخوان های آنها وجود دارد.

در پستانداران زنده، فک زیرین یک استخوان دارد؛ در خزندگان، فک زیرین از چند استخوان تشکیل می شود. فک زیرین تراپسید از هفت استخوان تشکیل شده و بهمین علت است که آن را خزنده رده بندی می کنند و با این حال در فک زیرین تراپسید، تک استخوانی که قسمت مرکزی فک زیرین را تشکیل می دهد بزرگترین آنها است. شش استخوان دیگر، که سه به سه در دو طرف استخوان مرکزی قرار دارد، در گوشه عقبی فک جمع شده است.

بنابراین تردیدی نیست که تراپسیدها اگر خزنده هم باشند در عین حال در مسیر پستانداران تحول یافته اند.

اما آنها تا چه اندازه در این مسیر پیش رفته اند؟ بطور نمونه، آیا مو داشتند؟ به نظر می رسد که نمی توان از روی استخوان ها گفت که آیا جانور منقرض شده ای مو داشته است یا نه، اما بگذارید ببینیم—

موسیله عایق بندی است؛ نمی‌گذارد گرمای بدن سرعت از دست برود. خزندگان دمای بدن خود را نزدیک به دمای محیط نگهداری می‌دارند. آنها لزومی ندارد نگران از دست دادن گرمای بدن خود باشند و از این روش به چه دردشان می‌خورد.

اما پستانداران دمای بدنشان را صرفنظر از دمای خارج در حدود ۳۷ درجه سانتیگراد نگهداری می‌کنند. آنها «خونگرم» هستند. این امر به آنها امکان می‌دهد در هوای سرد فرزند و چابک و فعال باقی بمانند، در حالی که خزندگان که در هوای سرد بدنشان سرد می‌شود تنبل می‌شوند. اما پستانداران باید بوسیله پوشش مودار خود از کاهش گرما جلوگیری کنند. (پرندگان نیز که خونگرم هستند از پر برای عایق بندی خود استفاده می‌کنند.)

حال با توجه به این موضوع، اجازه بدهید به سراغ استخوان‌ها برویم. در خزندگان، سوراخ بینی درست پشت دندان‌ها توی دهان سرباز می‌کند. این بدان معنی است که خزندگان فقط با دهان خالی می‌توانند تنفس کنند. وقتی مشغول گاز زدن یا جویدن هستند باید از تنفس کردن دست بکشند. این موضوع خزندگان را خیلی ناراحت نمی‌کند، چون آنها می‌توانند مدت‌های طولانی بدون اکسیژن بسر ببرند.

اما پستانداران باید مدام اکسیژن به بدن خود برسانند تا واکنش‌های شیمیایی را که دمای بدنشان را بالا نگهداری می‌کنند. عرضه اکسیژن نباید بجز برای مدت بسیار کوتاه قطع شود. در نتیجه، پستانداران سقف دهان استخوانی دارند. وقتی تنفس می‌کنند، هوا از بالای دهان به گلویشان هدایت می‌شود. این بدان معنی است که آنها می‌توانند ضمن گاز زدن و جویدن به نفس کشیدن ادامه دهند. فقط وقتی عمل بلعیدن را انجام می‌دهند، نفسشان قطع می‌شود و این فقط چند ثانیه‌ای بیش طول نمی‌کشد.

گونه تراپسید متأخر از قضا سقف دهان داشت. اگر این گونه سقف دهان داشت، پس می‌توان بدرستی نتیجه گرفت که به عرضه بی وقفه اکسیژن نیازمند بود و این امر او را به یک جانور خونگرم تبدیل ساخت. و اگر خونگرم بود، احتمالاً مونیز داشته است. نتیجه‌ای که از استخوان‌ها می‌توان گرفت این است که برخی از تراپسیدهای متأخر مو داشتند، هرچند که با توجه به استخوان فک می‌توان گفت که خزنده بودند. فکر این که خزندگان پشمالو باشند حیرت‌آور است. اما این صرفاً بدان علت است که حادثه تکامل ظاهراً گونه‌های واسطه را از میان برداشته است. تنها تراپسیدهای

زنده آنهایی هستند که کلیه صفات پستانداران را کسب کرده اند و از این رو ما آنها را پستاندار می خوانیم. تنها خزندگان زنده آنها هستند که هیچیک از صفات پستانداران را کسب نکردند.

آن تراپسیدهای که برخی صفات پستانداران را کسب کردند ظاهراً منقرض شدند. تنها اردک منقار و مورچه خوار خاردار در نزدیکی حد فاصل باقی ماندند. آنها مو و شیر و فک زیرین تک استخوانی و قلب چهاردهلیزی را کسب کردند، اما نوک پستان یا استعداد بچه زایی را به دست نیاوردند.

تا آنجا که می دانیم، برخی از تراپسیدهای منقرض شده در حالی که هنوز فک زیرین چند استخوانی خود را حفظ کرده بودند (و بهمین علت ما آنها را خزنده و نه پستاندار می خوانیم)، ممکنست از جهات دیگر حتی فراتر از اردک منقار رفته باشند. شاید برخی تراپسیدهای متأخر نوک پستان پیدا کردند و بچه زای شدند. تنها از روی استخوان نمی شود گفت.

اگر پرونده کامل تراپسیدها از جمله سابقه گوشت و خون و دندان و استخوان آنها را در اختیار داشتیم، شاید می توانستیم تصمیم بگیریم که اردک منقار را در طرف تراپسیدها بگذاریم یا در طرف پستانداران. — یا آیا شواهد دیگری هست که بتوان به آنها استناد کرد؟

گایلرت. مک اینتایر، از کالج کوئینز، موضوع عصب سه قلو را که از ماهیچه های فک به مغز می رود ملاک قرار داده است.

در کلیه خزندگان، عصب سه قلو بی استثناء از میان جمجمه از نقطه ای عبور می کند که میان دو استخوان تشکیل دهنده جمجمه قرار دارد. در همه پستاندارانی که بچه می زایند، عصب یاد شده بدون استثناء در واقع از میان یک استخوان جمجمه خاص می گذرد.

بر فرض که موضوع مو و شیر و تخم را نادیده بگیریم و فقط عصب سه قلو را در نظر بگیریم. آیا این عصب در اردک منقار از میان یک استخوان یا از میان دو استخوان عبور می کند؟ به نظر می رسد که در گذشته این عصب از میان یک استخوان عبور می کرد و همین امر اردک منقار را در شمار پستانداران قرار داد.

مک اینتایر می گوید که اینطور نیست. عصب سه قلو اردک منقار بزرگسال مورد بررسی قرار گرفت. جمجمه این جانور از دو استخوان بهم جوش خورده تشکیل شده است که مرز میان آن دو را بزحمت می توان تشخیص داد. در اردک منقار جوان، استخوان های جمجمه از یکدیگر متمایز ترند و می توان دید که عصب سه قلو از میان آنها عبور کرده است.

در این صورت، از یک جهت تازه نیز اردک منقار در زمره خزندگان قرار دارد و مک اینتایر معتقد است که نباید او را پستاندار به حساب آورد، بلکه باید گونه بازمانده ای از دودمان از دیر باز منقرض شده تراپسیدها شناخت.

و به این ترتیب، صد و هفتاد سال پس از آن که جانورشناسان شروع به گشودن گره از کار آمیزه عجیب و غریب صفاتی که پلی تیپوس اردک منقار را می سازد کردند، هنوز هم بحث بر سر این که او را چه بخوانند ادامه دارد.

آیا پلی تیپوس اردک منقار پستاندار است؟ خزنده است؟ یا فقط پلی تیپوس اردک منقار است؟

ریتم شب و روز

شرلوک هولمز نگاهی به آنچه در برابرش گذاشته بودند انداخت و سپس به عکس‌ها خیره شد.

بازرس لسترید گفت، «هولمز، این شواهد ما است. او را ساعت یک و ربع بعدازظهر وقتی توی باغ عکس‌رنگی می‌گرفته با آلت کُندی از پا درآورده‌اند. جابجا تمام کرده است. تنها کسی که برای این قتل انگیزه دارد آلت جرم چدنی غائبی برای ساعت یک و ربع بعدازظهر دارد.»

«از کجا می‌دانی قربانی ساعت یک و ربع بعدازظهر مرده؟»

«ساعت مچی او بر اثر یکی از ضربه‌ها خرد شده و عقربه‌هایش سراین ساعت بی حرکت مانده است.»

هولمز گفت، «آهان، و عکس‌ها را موقع وقوع جرم گرفته؟»

«دوربین را زیر بدن مجاله شده مقتول پیدا کردیم. عکس‌ها را دادیم ظاهر کنند به این امید که قاتل را نشان بدهند، اما همانطور که می‌بینی» — بازرس کوچک اندام قیافه‌ای از سربأس به خود گرفت و ادامه داد — «فقط باغ را نشان می‌دهند.»

هولمز گفت، «اختیار دارید، خیلی بیشتر از باغ را نشان می‌دهند. نشان می‌دهند که زمان مرگ پس از دو بعدازظهر است. قاتل پس از کشتن قربانی بی‌تردید ساعت مچی را یکساعت به عقب کشیده و آن را خرد کرده است. آلت جرم غائب مظنون توبه هیچ درد نمی‌خورد.»

بازرس لسترید لبخندی زد و گفت، «خواهش می‌کنم، آقای هولمز. قبول دارم که پیش از این حدس‌های خوبی زده‌ای، اما مطمئناً نمی‌توانی وقت را از روی باغ حدس بزنی.»

«این کار خیلی ساده‌ای است، لسترید. باغ ساعت بسیار دقیقی است. می‌بینی که مسکيه‌های ارغوانی بسته هستند اما گل‌های زرد باز شده‌اند. بنابراین زمان جنایت بین دو تا سه بعدازظهر است. بتو اطمینان می‌دهم که می‌توانی روی گل‌ها حساب کنی. ساعت مچی هرچه می‌خواهد بگوید، قربانی تا ساعت دو بعدازظهر زنده بوده است.»

نه، لازم نیست به مجموعه داستان‌های شرلوک هولمز مراجعه کنید. قطعه فوق را نخواهید یافت، زیرا من آن را ساخته‌ام، اما از دقت کافی برخوردار است. کارل لینه، آن گیاه‌شناس خستگی‌ناپذیر، دو قرن پیش فهرستی از زمان باز و بسته شدن گل‌ها فراهم آورد. این فهرست او است:

۶ صبح	گوش گر به خالدار	باز می‌شود
۷ صبح	همیشه بهار آفریقایی	باز می‌شود
۸ صبح	فراموشم مکن	باز می‌شود
۹ صبح	کنگر خاردار	بسته می‌شود
۱۰ صبح	گل زرد معمولی	بسته می‌شود
۱۱ صبح	ستاره بیت‌الله	باز می‌شود
۱۲ ظهر	گل ساعت	باز می‌شود
۱ بعدازظهر	میخک	بسته می‌شود
۲ بعدازظهر	مسکيه ارغوانی	بسته می‌شود
۳ بعدازظهر	گل زرد	بسته می‌شود
۴ بعدازظهر	نیلوفر پیچ کوچک	بسته می‌شود
۵ بعدازظهر	نیلوفر آبی سفید	بسته می‌شود
۶ بعدازظهر	پامچال	باز می‌شود

یقیناً می‌توان باغی را به شکل صفحه‌ساعتی ساخت و گل‌های مناسبی را در محل دوازده شماره آن کاشت. در اروپای قرن نوزدهم گاه این کار را می‌کردند. در روزهای آفتابی، صرفاً با نگاه کردن به گل‌هایی که باز یا بسته می‌شوند می‌توان با تقریب نیم ساعت وقت را گفت.

اما گل‌ها از کجا می‌دانند ساعت چند است؟

حتی اگر پاسخ همین پرسش را هم می‌دانستیم، باز خیلی چیزها بلد بودیم، چون

همه جانداران وقت را تشخیص می دهند؟ ما خود نیز حتی بدون هیچ وسیله مکانیکی وقت را تشخیص می دهیم، حال چه متوجه آن باشیم چه نباشیم، چون مانند همه گونه های دیگر با ریتم طبیعت زندگی می کنیم.

ما خواه ناخواه به ریتم های طبیعت پی می بریم. ریتم بهار و پاییز یا کاشت و برداشت، طی هزاران سال اهمیت حیاتی خود را برای بشر حفظ کرده است. ما با ریتم معده خود که بی نیاز از ساعت وقت غذا را می گوید آشنا هستیم.

با این حال از میان ریتم های طبیعت، مطمئناً آشکارترین و محسوسترینشان تناوب همیشگی روز و شب است. گیاهان و جانوران طی هزاران سال مجبور شده اند خود را با آن سازگار کنند. اگر قرار باشد گیاهان زنده بمانند برگ هایشان باید رو به خورشید باز شود و هنگام شب جمع یا پرمزده گردد. جانورانی که روز به شکار یا به چرا می روند شب استراحت می کنند و فعالیت کمتری دارند؛ یا اگر شب به شکار بروند، روز آرام می گیرند.

ریتم روزانه بطور کامل در تناوب ابتدایی استراحت و فعالیت بازتاب پیدا نمی کند، بلکه در دگرگونی های ظریف تری متجلی می شود. برگ های گیاهان مطابق با ریتم آهسته ای که هر روز تکرار می شود باز و بسته می گردد؛ آهنگ تقسیم یاخته در ذره سازواره ها با یک ریتم ۲۴ ساعته بالا و پایین می رود؛ آهنگ تخم گذاری در میان شپش ها مانند آهنگ ترشح هورمون های پوسته ای در موش ها نیز از همین ریتم پیروی می کند. در انسان، حرارت بدن طی شبانه روزیکی دو درجه بالا و پایین می رود. فشار خون، فعالیت هورمونی و آنزیمی و بسیاری عامل های دیگر نیز این چنین عمل می کنند.

آیا این بدان علت است که جانداران صرفاً از طلوع و غروب خورشید پیروی می کنند؟ آیا فقط مسئله آسودگی خواب شبانه و بیداری روزانه مطرح است؟ آیا آنها می توانند در صورتی که حاضر شوند به خود زحمت بدهند ریتم دیگری را برقرار سازند؟ در این صورت، اگر ما درجایی زندگی می کردیم که از روز و شب خبری نبود، یا در انزوا بسر می بردیم و هیچ گونه فشار اجتماعی در کار نبود، آنوقت می توانستیم دقیقاً به دلخواه خود عمل کنیم و هر ریتمی را برقرار سازیم؟

برای آزمایش این پدیده، مردان و زنانی ماههای متوالی در تاریکی غارها بسر بردند. در تمام این مدت، آنها هیچ تصویری از این که بیرون غار شب است یا روز

نداشتند و از آنجا که هیچ گونه ساعتی در اختیار نداشتند بزودی حساب زمان از دستشان در رفت. در واقع، آنها پر می خوردند و پر می خوابیدند؛ اما در غین حال حرارت بدن، نبض، فشار خون و امواج مغز خود را اندازه می گرفتند و اندازه گیری های خود را برای ناظرانی می فرستادند که در سطح زمین این اندازه گیری ها را در ارتباط با زمان ثبت می کردند. معلوم شد که برغم گیج شدن غارنشینان، ریتم بدنشان بهم نخورده بود. ریتم بدنشان در تمام طول اقامتشان در غار دوره یک روزه خود را لجوجانه حفظ کرده بود.

در واقع، در نبود راهنمای فیزیکی تناوب شب و روز، ریتم اندکی طولانی تر از ۲۴ ساعت یعنی ۲۴ ساعت و نیم بود. این امر با عقل جور درمی آید. هر جانور قبل از آن که به حیوانی خشکی زی تبدیل شود نیاکانی داشته است که قرن ها در منطقه جزر و مدی میان دریا و خشکی زندگی می کرده اند. تا میلیون ها سال، دو ریتم وجود داشت. علاوه بر تناوب روشنایی - تاریکی که بر رویهم ۲۴ ساعت طول می کشد، برآمد و فروکش جزر و مد نیز بود که به حرکت وضعی زمین به دور خود و همچنین حرکت ماه در طول حرکت وضعی زمین متکی بود. تأثیر حرکت ماه ریتم را اندکی طولانی تر می ساخت، بطوری که هر ۲۵ ساعت دو مد و دو جزر وجود داشت.

با استقرار ریتم پایه $24\frac{1}{2}$ ساعته، برخی جنبه های زندگی را می شد با دور ۲۴ ساعته روشنایی و تاریکی و برخی جنبه های دیگر را با دور ۲۵ ساعته جزر و مد سازگار ساخت. جانوران خشکی خود را کاملاً با دور تاریکی - روشنایی وفق داده اند، اما در غیبت این دور، زندگی کهن در منطقه جزر و مدی گویی از نو ابراز وجود می کند.

از این رو، برگ های گیاهان برای همگامی با آمدن و رفتن خورشید مطابق با ریتم شبانه روز باز می شوند و جمع می شوند. این پدیده با عکسبرداری وقفه دار آشکار می شود. جوانه هایی که در تاریکی می رویند چنین دوری را نشان نمی دهند، اما بطور بالقوه از آن برخوردارند. کافست یکبار - فقط یکبار - این جوانه ها را در معرض نور قرار داد تا دور نهفته در آنها از قوه به فعل درآید. آنگاه ریتم گیاه آغاز می شود و حتی اگر نور را از آن بگیرند باز هم ادامه می یابد. دوره دقیق ریتم از گیاه به گیاه فرق می کند - در غیبت نور از ۲۴ تا ۲۶ ساعت - اما تحت تأثیر تنظیم کننده خورشید ۲۴ ساعت است.

اگر از روشنایی مصنوعی ده ساعته و خاموشی ده ساعته استفاده شود، می توان یک دور ۲۰ ساعته را برقرار کرد. برگ ها با آغاز روشنایی باز می شوند و جمع می شوند، اما همین که نور بطور کلی قطع شد، ریتم ۲۴ ساعته دوباره برمی گردد.

این ریتم روزانه، حتی در غیبت محرک های برونی در کلیه عرصه های حیات حضور دارد و دکتر فرانتس هالبرگ از دانشگاه مینزوتا آن را « Circadian rhythm » نامیده است. ریشه لاتینی واژه نخست Circa dies است که «حدود یک روز» معنی می دهد. ریتم روزانه جزء اصلی آنچیزی است که ما آن را «ساعت زیستی» می نامیم.

ساعت زیستی مطلقاً انعطاف ناپذیر نیست. این ساعت برای همه همزمان آغاز نمی شود. آدم های «سرخیز»ی هستند که همراه چکاوک شادمانه برمی خیزند و هنگام غروب به خواب می روند؛ و آدم های «شب زنده دار»ی هستند که صبح دیر از خواب برمی خیزند و نیمه شب سرزنده و هشیار می شوند. نه تنها عادت بلکه شیمی آنها نیز فرق می کند. حرارت بدن که در شخص سرخیز هنگام طلوع افزایش پیدا می کند ممکنست در شخص شب زنده دار تا ساعت ۱۰ صبح افزایش نیابد. (و در دسر واقعی وقتی آغاز می شود که شخص سرخیز با شخص شب زنده دار ازدواج می کند.)

ساعت زیستی را می توان از نو تنظیم کرد. آدم شب کاری که باید تمام شب را کار کند و تمام روز را استراحت، ابتدا دچار دردسر می شود. با این حال، اگر او مدتی به کار خود بچسبد، ریتم بدنش عوض می شود. درست زمانی که حرارت بدن دیگران کاهش می یابد و هورمون هایشان فرو می نشیند، حرارت بدن او بالا می رود و هورمون هایش طغیان می کند.

اما دست کاری در ساعت زیستی هم حد و مرزی دارد. این امر از آزمایش با موش های مادر معلوم می شود که در یک دوره ۱۲ ساعته روشنایی حسابی به بچه های خود می رسند و در دوره ۱۲ ساعته تاریکی آنها را نادیده می گیرند. حتی اگر روشنایی برای همیشه ادامه یابد، موش ها ریتم روزانه ۲۴ ساعته خود را نگهدارند.

اگر ریتم طبیعت ۱۲ ساعته شود، یعنی ۶ ساعت روشنایی باشد و ۶ ساعت تاریکی، موش ها می کوشند برای مدتی از راهنمایی روشنایی و تاریکی کمک بگیرند، اما نمی توانند برای مدتی مدید این ریتم را نگهدارند. آنها مجدداً به ریتم روزانه روی می آورند و بچه های خود را در دوره های روشنایی شیر می دهند.

اگر ریتم ۱۶ ساعته باشد، یعنی ۸ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی، این ریتم را نمی‌توان به آسانی در دوره روزانه گنجاند. موش‌های مادر پریشان حال می‌شوند و ساعت زیستی بدنشان با وضع تازه سازگار نمی‌شود.

حتی اگر سازگاری ممکن باشد، باز هم باید بهای آن را پرداخت. بطور نمونه، فرض کنید که گروهی موش را بردارید و بگذارید همگی طبق یک برنامه ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی زندگی کنند. این برنامه با ریتم روزانه آنها جور در می‌آید و آنها خیلی خوب از عهده برمی‌آیند. اما فرض کنید که در لحظه معینی، اجازه دهید دور روشنایی یا دور تاریکی ۲۴ ساعت ادامه یابد و آنگاه دورها را متناوباً از سر بگیرید. ریتم روزانه ادامه می‌یابد، اما اکنون وقتی ساعت زیستی روز را اعلام می‌کند در واقع شب است و وقتی ساعت زیستی شب را اعلام می‌کند روز است. با گذشت زمان، موش‌ها خود را سازگار می‌کنند. ریتم فشار خون، حرارت و ترشح هورمون همگی تغییر می‌یابد و سپس بطور عادی از سر گرفته می‌شود. اگر ریتم را یک بار دیگر معکوس کنید، موش‌ها دوباره خود را سازگار می‌کنند.

سپس فرض کنید که دو گروه موش را بردارید و یک گروه را با ریتم روزانه ثابت نگهداری کنید بدون این که هیچ تغییری در ریتم آنها بدهید و گروه دیگر را مدتی بهمین منوال نگهدارید و آنوقت هر هفته ریتم آنها را تغییر دهید.

این آزمایش نشان داد که آن گروه از موش‌ها که هیچ تغییری در ریتم آنها داده نشد بطور متوسط ۹۴/۵ هفته زندگی کردند. اما موش‌هایی که هر هفته ریتم آنها تغییر کرد بطور متوسط ۸۸/۶ هفته زندگی کردند. ظاهراً کوشش بمنظور تغییر ساعت زیستی بقدری موش‌ها را ناتوان ساخت که طول عمرشان را به میزان ۶ درصد کاهش داد.

این صرفاً یک مسئله نظری نیست. در طبیعت، چرخش زمین به دور خود امر ثابتی است و تناوب روز و شب همیشگی و مستقل از اراده انسان است، البته مشروط بر این که در نقطه ثابتی بر روی زمین بمانید یا فقط به شمال یا به جنوب بروید.

اگر مسافت‌های طولانی را با سرعت بسیار به طرف شرق یا غرب طی کنید شبانه‌روز را تغییر داده‌اید. اگر با جت سریع‌السر به ژاپن پرواز کنید، ممکنست هنگامی به ژاپن برسید که همه ژاپنی‌ها دارند ناهار می‌خورند، اما ساعت زیستی شما وقت خوابتان را اعلام می‌کند. چون بالاخره وقتی در نیویورک ساعت ۱۰ شب باشد. در توکیو ظهر خواهد بود. مسافر عصر جت در انطباق فعالیت خود با فعالیت

اطرافیان‌اش در کشور خود دچار دردسر می‌شود. اگر او خود را وادار به این کار کند، خسته و ناتوان می‌شود؛ به بیماری «جت‌زدگی» مبتلا می‌شود.

پس خلبانان جت که مدام از یک منطقه زمانی به منطقه دیگر می‌روند چه می‌کنند؟ آیا این دخالت دائمی در ریتم روزانه بر کارایی آنها اثر می‌گذارد؟ آیا سلامتشان را مختل می‌سازد؟ و بالاخره آیا از طول عمرشان می‌کاهد؟ اکنون توصیه می‌شود که به خلبانان اجازه دهند در فاصله دو پرواز استراحت کنند؛ طول استراحتشان به تعداد منطقه‌های زمانی که پس از هر پرواز طی می‌شود، بستگی دارد.

حتی وقتی ریتم روزانه بدون تغییر باقی می‌ماند، جانور در نقطه‌های متفاوت ریتم خود یکسان باقی نمی‌ماند. همزمان با تشدید و فروکش دگرگونی‌های شیمیایی، حساسیت به محرک‌های فیزیکی یا شیمیایی نیز تغییر می‌کند. وقتی موش در نقطه‌ای از ریتم خود قرار دارد که خواب‌آلود است، حواسش چندان کار نمی‌کند و به سروصدا واکنش کمتری نشان می‌دهد. اما در نقطه‌ای از ریتم خود که فعال و هشیار است، شنوایی او تیزتر و واکنش او شدیدتر می‌شود. در این حالت اخیر، همان سروصدای بلندی که قبلاً او را بندرت می‌آزرد، اکنون می‌تواند دچار جنونش کند، جنونی که به تشنج و مرگش منجر شود.

بهمین نحو، حساسیت موش به پرتو درمانی بسته به مرحله ریتم روزانه او تغییر می‌یابد. مقدار معینی از تابش پرتو ایکس که در لحظه معینی او را فقط بیمار می‌سازد در لحظه دیگر او را از پای درمی‌آورد. مقدار معینی از آفتاب‌سوختگی که در زمان معینی ۷۸ درصد جانوران آزمایشگاهی را می‌کشد، در لحظه دیگری از روز فقط ۸ درصدشان را هلاک می‌سازد.

واضح است که این امر کاربردهای مهمی در پزشکی پیدا می‌کند. خیلی خوب می‌شد اگر ریتم روزانه هر شخص نیازمند مداوا را با دقت بسیار ثبت می‌کردند. با دادن دارو در وقت مناسبی که ساعت زیستی اعلام می‌کند، شاید مقدار کم‌تری دارو مصرف شود و در نتیجه خطر عارضه‌های جنبی آن کاهش یابد.

چه چیز باعث می‌شود ساعت زیستی به این خوبی کار کند؟ تناوب روشنایی و تاریکی مطمئناً اهمیت اساسی دارد؛ اما آیا ساعت فقط از راه چشم تنظیم می‌شود؟ موش‌هایی که به‌نگام تولد کور می‌شوند درست مانند موش‌های عادی ریتم روزانه خود را حفظ می‌کنند. آیا امکان دارد که تناوب روشنایی و تاریکی بنحوی مستقیم بر

بخشی از مغز اثر بگذارد؟

در این مورد ظن ما بیشتر به غده صنوبری می رود که ساختار کوچکی در مغز است. در برخی خزندگان غده صنوبری بخصوص بسیار رشد یافته است و از لحاظ ساختمان خود به چشم شباهت دارد. این غده در تواتارا، آخرین گونه بازمانده راسته خزندگان به نام رینوکوسفالیا، بیش از دیگران رشد کرده است. این خزنده مارمولک مانند (اما نه مارمولک) فقط در برخی جزیره های کوچک زلاند نوزنده مانده است و اکنون بشدت محافظت می شود. «چشم صنوبری» که برآمدگی پوست داری بر بالای جمجمه است، تا شش ماه پس از تولد بخصوص برجسته است و مشخصاً به نور حساسیت دارد.

غده صنوبری به مفهوم عادی کلمه «نمی بیند»، بلکه ممکنست در واکنش به آمدن و رفتن آفتاب نوعی ماده شیمیایی با ریتم فزاینده و کاهش یابنده تولید کند و به این طریق ساعت زیستی را تنظیم کند.

اما در پستانداران که این غده دیگر زیر پوست فوقانی سر قرار ندارد بلکه در میان مغز جای گرفته است، چگونه عمل می کند؟ آیا نور بازهم می تواند بنحوی بر آن اثر کند؟ یا عامل دیگری در کار است؟

چون بهر حال ریتم روزانه همین که تثبیت شد حتی در روشنایی مستمر یا در تاریکی مستمر کار خود را بطرز صحیح ادامه می دهد. آیا چیز دیگری بجز نور وجود دارد که ریتم همانندی داشته باشد؟

برخی اظهار نظر ها حاکیست که پرتوهای کیهانی یا تابش درون جو زمین که بر اثر رخنه پرتوهای کیهانی حاصل می شود ممکنست مسبب چنین پدیده ای باشد. پرتوهای کیهانی از همه سو و تمام شب و روز یکسان به طرف زمین می تابند، اما یکسان به ما نمی رسند. این پرتوها تحت تأثیر میدان آهنربایی زمین قرار می گیرند که به نوبه خود از جریان ذره هایی که از خورشید به سوی زمین سرازیر است («باد خورشیدی») متأثر می شود. این بدان معنی است که تابش کیهانی مطابق با ریتم روزانه خاص خود اُفت و خیز پیدا می کند. آیا در جایی که غده صنوبری در درون مغز جای دارد و از نور محفوظ است اما از تابش نفوذی کیهانی در امان نیست، تابش کیهانی عامل تنظیم کننده است؟

پرسش دیگری نیز مطرح می شود. برفرض که ساعت زیستی توسط چیزی (نور، پرتوهای کیهانی، یا هر چیز دیگر) از طریق اندام معینی (غده صنوبری، غده هیپوفیز، یا هر اندام دیگر) تنظیم شود— آیا خود ساعت زیستی را می توان تشخیص داد؟ آیا نوعی فعل و انفعال شیمیایی در بدن وجود دارد که مطابق با یک ریتم روزانه افزایش و کاهش یابد و کلیه دیگر ریتم های حرارت، فشارخون، ترشح هورمون و هر چیز دیگر را مهار کند؟ آیا نوعی «فعل و انفعال اساسی» وجود دارد که بتوان آن را ساعت زیستی نامید؟

اگر هم این چنین باشد، هنوز چنین ساعتی کشف نشده است. تنها چیزی که می توان گفت این است که ساعت زیستی وجود دارد و در کلیه سازواره ها اهمیت اساسی دارد. اما این که این ساعت چیست، کجا است، چگونه به حرکت درمی آید و چگونه تنظیم می شود، هنوز چیزی در این باره نمی دانیم.

۲. ستاره‌شناسی

خورشید محومی شود

شنبه، هفتم مارس ۱۹۷۰، میلیون‌ها آمریکایی باهیجانی آمیخته به شادمانی گرد آمدند تا منظره‌ای را که زمانی ترسناک‌ترین پدیده طبیعت بود تماشا کنند— زمانی بود که انسان خیال می‌کرد این پدیده از پایان احتمالی حیات خبر می‌دهد. این منظره بقدری ترسناک بود که تا پیش از دوران جدید کسی به خود زحمت نمی‌داد واقعه‌ای را ثبت کند که از شگفتی روزگار زیباترین صحنه‌ای است که آسمان به نمایش می‌گذارد.

پدیده یاد شده چیزی نیست جز **خور گرفت** یا ناپدید شدن تدریجی خورشید از جایگاه خود در آسمان و فرا رسیدن شب به هنگامی که شب معنی ندارد.

انسان‌های ابتدایی (ونه چندان ابتدایی) در زمان‌های دور نمره‌زنان از خانه‌هایشان بیرون می‌ریختند و به دشت و صحرا می‌زدند و تابه‌ها و طبل‌ها را وحشیانه به صدا درمی‌آوردند، تیر به آسمان می‌انداختند و سعی می‌کردند به‌وسیله شده کاری کنند تا هیولایی را که خورشید را می‌بلعد بترسانند. فقط وقتی هیولا خورشید را رها می‌کرد و خورشید آسیب ندیده از نو پدید می‌شد، انسان می‌توانست بار دیگر نفس راحتی بکشد. البته لازم بود همیشه آماده باشند، چون هیچکس نمی‌توانست بگوید خورشید چه وقت خواهد گرفت. در یک افسانه چینی آمده که در زمان‌های بسیار قدیم، یک روز خورشید، بی‌آن که به مردم پایتخت هشدار داده شود، گرفت، چون هسی و هو، ستاره‌شناسان دربار، مست کرده بودند و وظیفه خود از یاد برده بودند. پس از آن که امپراتور بر ترس و وحشت شاهانه خود از این رویداد غیرمترقبه فائق آمد دستور داد ستاره‌شناسان غفلتاً بهوش آمده را گردن بزنند و همگان پذیرفتند که آنها حقیقتاً مستحق چنین کیفری بوده‌اند.

باز، در زمان های قدیم، در نقطه ای بس دور از چین، برف را از آورد گاهی در آسیای صغیر، قرص خورشید عرصه تاخت و تاز تدریجی سیاهی قرار گرفت. لشکریان لیدیا در غرب و ماد در شرق شمشیر بر زمین گذاشتند و به خورشید ناپدید شونده چشم دوختند. شب خور گرفت چند لحظه ای درنگ کرد و وقتی بسر آمد، سرداران متحارب کاری از دستشان ساخته نبود جز آن که پیمان صلح ببندند و راهی خانه هایشان شوند. لیدیا و ماد دیگر هرگز به جنگ یکدیگر نرفتند، چون خشم خدایان را به چشم دیدند و آن را خوب شناختند.

از قضا، ستاره شناسان کنونی می توانند تاریخ خور گرفت را که در حدود زمان مورد بحث در آسیای صغیر صورت گرفت محاسبه کنند. این واقعه روز ۲۸ ماه مه ۵۸۵ پیش از میلاد روی داد و به این ترتیب نبرد یاد شده که پیش از موقع و برای همیشه پایان گرفت نخستین رویداد زمینی تاریخ است که روز دقیقش را می توان محاسبه کرد.

ناگفته نماند هیولایی که خورشید را می بلعد ماه است. ماه سر راه خود در آسمان گاه جلو خورشید را می گیرد و بر نور آن پرده می کشد. ماه با این کار اثر یک تلاقی خارق العاده را به نمایش می گذارد. خورشید درست ۴۰۰ برابر وسعت ماه را دارد و درست ۴۰۰ برابر ماه از ما دورتر است. در نتیجه، بزرگی و مسافت یکدیگر را خنثی می کنند و هر دو جسم در آسمان تقریباً یک اندازه به نظر می رسند.

بنابراین، وقتی ماه یکپارچه در برابر خورشید ظاهر می شود روی آن را تماماً می پوشاند. از هیچ سیاره دیگر نمی توان قمری را دید که به این خوبی روی خورشید را بپوشاند. میلیون ها سال پیش ماه به زمین نزدیک تر بود و از این رو بزرگ تر دیده می شد؛ میلیون ها سال دیگر، ماه دورتر خواهد بود و کوچک تر دیده خواهد شد.

از لحاظ ستاره شناسی، دلیلی ندارد که مسافت و بزرگی این چنین با هم جور شود تا درست در مکان و زمان هستی انسان امکان خور گرفت کامل را فراهم آورد. تصادف محض است، اما تصادفی بسیار میمون، چون تلاقی کامل است که خور گرفت را به چنین منظره زیبایی تبدیل می کند.

عیب جویی مایه سرافکنندگی است، اما اقبال ما می توانست بهتر از این باشد. اگر ماه و خورشید مسیر واحدی را در آسمان می پیمودند، آن وقت هر سی روز یکبار ماه از خورشید جلو می افتاد. در این صورت، دست کم سالی دوازده بار و گاه سیزده بار

خورشید می گرفت.

متأسفانه، هر دو مسیر به طرف یکدیگر کج می شوند. ماه معمولاً آنطور که از زمین دیده می شود از بالا یا از پایین خورشید می گذرد، بطوری که آن را رد می کند. فقط وقتی ماه از نزدیکی نقطه تقاطع مسیر خود با مسیر خورشید عبور می کند، خور گرفت رخ می دهد.

این بدان معنی است که حداکثر سالی پنج بار خور گرفت رخ می دهد. برخی سال ها، فقط دوبار رخ می دهد. از این گذشته، بیشتر این خور گرفت ها کامل نیست، به این معنی که ماه تماماً از برابر خورشید عبور نمی کند. بطور متوسط فقط هر ۱۸ ماه یکبار می توان در نقطه ای از زمین خور گرفت کاملی را مشاهده کرد.

ماه هنگامی که جلوی نور خورشید را می گیرد قاعدتاً سایه می اندازد و در صورتی که از میان خورشید و زمین عبور کند سایه اش را بر سیاره ما می اندازد. کسانی که در نقطه ای از زمین خود را در سایه ماه می یابند خور گرفت کامل و شبی کوتاه را تجربه می کنند.

اما سایه ماه بسته به مسافت باریک می شود و وقتی به سطح زمین می رسد تقریباً تا سر حد یک نقطه آب می رود. سایه ماه که در مجاورت آن ۳۳۸۰ کیلومتر پهنا دارد، در سطح زمین حداکثر ۲۴۲ کیلومتر بیشتر پهنا ندارد. این بدان معنی است که فقط جزء کوچکی از زمین می تواند در هر لحظه خور گرفت کاملی را تجربه کند.

فرض کنید در جایی از سطح زمین ایستاده اید که ماه را تماماً در برابر خورشید می بینید و در نتیجه شاهد خور گرفت کامل هستید. کس دیگری که ۳۲۲ کیلومتر دورتر از شما ایستاده است فقط لبه ماه را بر خورشید و قاشی از خورشید را خواهد دید. او فقط شاهد «خور گرفت جزئی» خواهد بود. هر قدر ناظر دورتر باشد لبه باریکتری از ماه را خواهد دید و خورشید را مری تر خواهد یافت.

پس آنچه اهمیت دارد فقط این واقعیت نیست که خور گزفتی رخ می دهد، بلکه این واقعیت نیز هست که سایه باریک ماه بر کدام نقطه سطح زمین می افتد. این نقطه می تواند هر جایی باشد، اما خوشبختانه ستاره شناسان می توانند محل فرود سایه را حساب کنند و به دورترین نقطه های جهان سفر می کنند تا شاهد خور گرفت کامل باشند. (دانشمندان از بررسی های پردردسر خود در باره خور گرفت دانش فراوان کسب کرده اند. جالبتر از همه این که پیر ژانسن، ستاره شناس فرانسوی، که در ۱۸۶۸ سرگرم

بررسی خورگرفتی در هند بود عنصر جدیدی به نام هلیوم کشف کرد که فقط سی سال بعد روی زمین کشف شد.)

برای آنها که در سرزمین خودماندگار هستند، این انتظار می‌تواند طولانی باشد و افسوس که می‌تواند حتی طولانی‌تر از یک عمر باشد. نقطه معینی بر سطح زمین (بطور متوسط) باید تا آمدن خورگرفت کامل بعدی ۳۶۰ سال انتظار بکشد.

از آنجا که ۷۰ درصد سطح زمین را آب اقیانوس پوشانده و از آنجا که بیشتر سطح خشکی از صحرا، کوهستان و جنگل تشکیل شده، بیشتر خورگرفت‌ها راه خود را در سرزمین‌های بایر دست نیافتنی طی می‌کنند و از اینرو بینندگان معدود دارند. اما خورگرفت هفتم ماه مه ۱۹۷۰ که از منطقه‌هایی عبور کرد که تا ۶۰ میلیون آمریکایی موفق به دیدن آن شدند این چنین نبود.

مسیر خورگرفت کامل از وسط اقیانوس آرام شروع شد، به طرف شرق ادامه یافت، آنگاه به طرف شمال تغییر جهت داد تا در باریکترین حالت خود از مکزیک عبور کند. خورگرفت سپس از فلوریدای شمالی براه افتاد، از ۳/۲ کیلومتر تالاهاسی گذشت و بعد از کرانه جنوب شرقی رد شد و از فراز ساوانا، چارلستون و نورفوک عبور کرد. در بیشتر منطقه‌های شمالی از ساحل دور بود، اما از جزیره نانتوکت گذشت و سپس در امتداد طول نووا اسکاتیا به حرکت درآمد و نیوفوندلند شرقی را زیر پا گذاشت.

طی یک دوره چند ساعته، بر فراز مسیری که سایه ماه در پیش گرفت، خورگرفت کاملی حکمفرما شد. اما در هر نقطه از طول راه، سایه فقط چند دقیقه بیشتر نباید. رکورد طول مدت خورگرفت کامل حدود هفت دقیقه است، اما خورگرفت یاد شده بطور نمونه در ساوانای جورجیا فقط ۲/۹ دقیقه دوام آورد؛ اندکی قبل از ۱:۲۳ دقیقه بعدازظهر آغاز شد و اندکی پس از ۱:۲۵ دقیقه بعدازظهر پایان گرفت.

درست است که زمان خورگرفت کامل را هنگامه واقعی هیبت و زیبایی توصیف کرده‌اند، اما هیجان وقتی آغاز می‌شود که قرص ماه برای نخستین بار به قلمرو درخشان خورشید پا می‌گذارد. بنابراین، کسانی که قصد دارند شاهد خورگرفت کامل باشند بهتر است حدود یک ساعت قبل از زمان گرفت کامل در محل حاضر شوند.

از آنجا که معمولاً (به استثنای زمانی که ابر و مانع‌های دیگر آسمان را می‌پوشاند)، خورشید به صورت قرص کاملی از نور فروزان جلوه می‌کند، مشاهده این

که ماه «تکه» کوچک سیاهی را از گونه آن گاز بگیرد شگفتی می آفریند. این «تکه» تنها بخش مرئی ماه است؛ لبه ماه است که در برابر درخشندگی خورشید سیاه جلوه می کند. و این در حالی است که بقیه قرص ماه در زمینه نور آبی پراکنده آسمان دیده نمی شود.

ماه هر قدر چهره خورشید را بیشتر بپوشاند، بخش بزرگتری از سیاهی آن آشکار می شود و بخش بزرگتری از خورشید پنهان می گردد.

طبیعی است که بخواهید این رویداد را تماشا کنید، اما از این که بدون احتیاط کامل دست به چنین کاری بزنید سخت پرهیزید. نگاه کردن مستقیم به خورشید حتی برای مدت کوتاه خطر آسیب رسانی جدی به چشم هایتان را در بر دارد.

می توان با استفاده از عینک دودی یا ورقه فیلم نوردیده از درخشندگی خورشید کاست. نگاههای گذرا به خورشید از پشت شیشه عینک و ورقه فیلم و مانند آن چندان خطرناک نیست. اما تاب آوردن در برابر وسوسه نگاه کردن مداوم تقریباً غیر ممکن است و اگر شما به نگاه کردن ادامه دهید در این صورت حفاظت عینک دودی کافی نیست. بخصوص این وسوسه وجود دارد که نوارهای متقاطع فیلم پولاروید عینک های سیاه را به کار برند. این نوارها خورشید را آنچنان تاریک می سازند و بقدری «امروزی» به نظر می رسند که به استفاده کننده خود احساس امنیت کامل می بخشند. اما، پولاروید قسمت اعظم تابش ماوراء قرمز را از خود عبور می دهد و می تواند به چشم آسیب برساند.

بنابراین، هر طور شده، از وسیله غیر مستقیمی برای رؤیت خورشید استفاده کنید. این کار را خیلی آسان می شود ترتیب داد. فقط به دو قطعه مقوا احتیاج دارید. سوراخ ریزی به اندازه ۳ میلی متر در وسط یکی از مقواها ایجاد کنید. این مقوا مثل یک «دوربین بدون عدسی» عمل خواهد کرد. نور خورشید را از سوراخ مقوا بگذرانید و مقوای دوم را زیر اولی قرار دهید. تصویر خورشید بر مقوای سفید (دومی) ظاهر خواهد شد، خورشیدی که تکه ای از آن را گاز زده اند و آن تکه با پیشرفتگی ماه در قرص خورشید انطباق دارد.

اگر فاصله قطعه مقوای دومی را از اولی زیاد کنید، تصویر خورشید بزرگ تر و کم رنگ تر می شود. تصویر را نسبتاً رنگ پریده نگهدارید و به این طریق خواهید توانست خورگرفت بالنده را در تهایت دقت و آسودگی خاطر مشاهده کنید و از

هیچ گونه خطر احتمالی نهراسید.

در واقع اگر در جایی هستید و فصلی از سال را می گذرانید که درختان پر برگ دوروبرتان را گرفته اند، آنها جالب تر از هر منظره یاب مصنوعی تصویر خورشید را نشانتان می دهند. درزهای میان برگ ها به عنوان دوربین های بدون عدسی بی شمار عمل می کنند و آفتاب روی زمین از یکرشته دایره های متقاطع و متغیر تشکیل می شود. هر یک از دایره ها تصویری از خورشید است. در جریان پیشرفت خورگرفت، لبه هر دایره گاز زده می شود. لبه های گاز زده بزرگتر می شوند و سرانجام هلال های جابجا شونده و موج روی زمین نقش می بندند. قطعه ای از مقوای سفید را بر زمین بگذارید تا آن را به زیباترین وجه ببینید.

در جریان پیشرفت خورگرفت، لحظه ای فرا می رسد که می خواهید منظره زمین و نه خورشید را ببینید. تا وقتی خورشید نیم چهره خود را نپوشانده، کاهش درخور توجهی در نور آن احساس نمی کنید. از آن پس، متوجه تاریک شدنش خواهید شد. زمانی که چهار پنجم خورشید پوشیده شد و فقط هلال نازکی از آن باقی ماند، نور فقط از لبه خورشید به ما می رسد و بوضوح سرخ تر از آن است که معمولاً دیده می شود.

رنگ پریدگی گلگون نور افول کننده اکنون اثر خود را بر جهان جانوران می گذارد. غوغای حیات یکسر متوقف می شود. پرندگان که سرگرم خواندن بوده اند خاموش می شوند و آماده بیتوته کردن در لانه هایشان می شوند. مرغان جوجه هایشان را زیر پر و بال خود می گیرند. سگ های بی قرار از ترس خود را روی پای صاحبانشان می اندازند، نوعی ناواقعیت بر دنیایی عجیب و غریب سایه می افکند.

و در پایان، نور خورشید آنچنان بسرعت خاموش می شود که فرو افتادن آرام سایه ماه را می توان تقریباً حس کرد.

درست پیش از لحظه گرفت کامل، منظره ای پدیدار می شود که بهیچ قیمتی حاضر نمی شوید از آن بگذرید. وقتی هلال خورشید مثل مونا زک شد، از توی عینک سیاه خود نگاهی به آن بیاندازید. آن گاه که قرص ماه می رود تا آخرین تکه خورشید را گاز بزند، خط نازک خورشید مری نقطه چین می شود. برای آخرین بار نگاهی دزدانه به خورشید ناپدید شونده بیاندازید که پرتو خود را از دره های میان حفره ها و کوهستان های ماه می گذراند و رشته ای از ذره های درخشان نور بر آنها می پاشد. این ذره ها را به افتخار ستاره شناسی که این پدیده را برای نخستین بار در ۱۸۳۶ توصیف کرد،

«منجوق های بیلی» نامیده اند. در یک چشم بهم زدن، ذره ها محومی شوند. اما وقتی منجوق های بیلی محو شدند، لحظه گرفت کامل فرا می رسد و این آن لحظه ای است که انتظارش را می کشیدید. دیگر به کمتر از گرفت کامل رضایت نمی دهید. تنها با محو شدن آخرین قاش نور خورشید، زیبایی حقیقی خورگرفت را به چشم می بینید. آنچه تا این لحظه دیده اید در مقایسه با آنچه اکنون می بینید کاملاً بی ارزش است.

دور تا دور خورشید را جو رقیق یا «تاج» آن گرفته است که میلیون ها فرسنگ گسترده است. حتی وقتی خورشید به صورت هلال نازکی درمی آید، تاج در نور خیره کننده آن دیده نمی شود. فقط وقتی نور خورشید بکل محومی شود و لحظه گرفت کامل فرا می رسد، تاج برق می زند.

اگر ماه اندکی کوچکتر بود، هرگز از گرفت کامل و تاج خبری نبود. اگر ماه اندکی بزرگتر بود، هرگز تمامی تاج بیکباره دیده نمی شد. رویارویی کامل ماه و خورشید است که منظره نهایی را برای ما ممکن می سازد.

اکنون، بی آن که کمترین چیزی چشمانت را تار کند، به گرفت کامل بنگر! روشنایی تاج همچون روشنایی ماه بدر می تابد و می توانی با چشم غیر مسلح نگاهش کنی.

نگاه کن، و بیدرنگ خواهی دید که دور تا دور قرص سیاه ماه حاشیه ای صورتی رنگ نقش می بندد. این جو زیرین خورشید است. پره ها و نوارهایی به صورت قوس های ظریف در آن دیده می شود. هر قدر این پره ها و نوارها از خورشید فاصله می گیرند کم رنگ تر و ظریف تر می شوند تا آن که فقط سفیدی مروارید گونه تاج حقیقی باقی می ماند که از سیاهی خورشید پوشیده تا مسافتی چند برابر قطر خورشید امتداد می یابد.

اگر یک لحظه روی از خورشید بگردانی، متوجه خواهی شد که ستاره های درخشان از مخفی گاه خود در روشنایی روز بیرون آمده اند. (با بررسی وضعیت این ستارگان در طول خورگرفت ۱۹۱۹ بود که ستاره شناسان توانستند برای اولین بار نظریه نسبیت عام آینشتاین را بیازمایند.)

دما نیز به میزان قابل ملاحظه ای کاهش می یابد و در پی آن ناگهان باد خنکی می وزد.

اما زود برگرد و نگاه کن، چون ظرف چند دقیقه ماه بقدری از خورشید دور می‌شود که لبه آن از سوی مقابل ظاهر می‌گردد. منجوق‌های بیلی ناگهان ظاهر می‌شوند و هاله به خاموشی می‌گراید.

اکنون روی برگردان، چون نخستین لبه هلال کور کننده خورشید ظهور می‌کند. گرفت کامل تمام شده است، نور خورشید درخشنده‌تر می‌شود، وضع بتدریج به حالت عادی برمی‌گردد و تومی‌مانی و منظره‌ای که شاید هرگز در طول عمرت نبینی، اما یکبار هم که آن را دیده باشی، مسلم بدان هرگز فراموشش نخواهی کرد.



کوههای پرنده

آن بیرون، در فضای دور دست، کوههایی لجام گسیخته در پروازند. هر از گاه، یکی از آنها از کنار زمین که می گذرد از روی تصادف کشف می شود. یکی از این کوهها را ساموئل هریک از دانشگاه کالیفرنیا در سال ۱۹۶۴ کشف کرد. آن را تورو می نامند، شاید $4/8$ کیلومتر پهنا داشته باشد و می تواند تا ۱۴۹۷۳۰۰۰ کیلومتری زمین هم پیش بیاید.

در هر حال، این فاصله چندان نزدیک نیست، چون هر چه باشد تورو حتی در بهترین حالت هرگز از سی و هفت برابر فاصله ماه تا زمین نزدیک تر نمی آید. اگر این کوه پرنده فقط تا این حد نزدیک می شد و سپس زمین را ترک می کرد و تا مدتی مدید پی کارش می رفت، مزاحمتی برای ما نداشت. اما اینطور نیست. حرکت تورو به حرکت زمین وابسته است. تورو نسبت به زمین از خورشید دورتر می رود و سپس برمی گردد و از زمین به خورشید نزدیک تر می شود. او با این کار راه بغرنج و پیچیده ای را طی می کند که هرگز به او اجازه نمی دهد کاملاً از ما دور شود. تورو در ازای هر هشت باری که ما به دور خورشید می گردیم پنج بار خورشید را دور می زند، زیرا بطور متوسط، در دورترین نقطه مدار خود به دور خورشید مدت بیشتری می ماند تا در نزدیکترین نقطه مدار خود به دور آن.

گویی زمین و ماه در میانه تالار رقص در حالی که دست در دست یکدیگر دارند والس می رقصند، و دورتر در گوشه ای از تالار شخص سومی سرگرم رقص مینوئه ظریفی است و از دور دارد با احتیاط به سوی زوج رقصنده می خرامد. هانس آلفون، از دانشگاه کالیفرنیا، تورو را «شبه ماه» زمین می خواند.

تورو در صورتی که تا ابد در مدار خود باقی می ماند و بی آن که تغییر مکان دهد به رقص خود ادامه می داد آرامش خاطر ما را بهیچوجه برهم نمی زد. اگر این کار را می کرد، آن وقت مدار ثابتی داشت که می شد آن را بخوبی مدارهای بزرگتر و دیرآشناتر خودمان که بهیچوجه «کاذب» هم نیست، محاسبه کرد. و اگر ماه به آن بزرگی و نزدیکی ما را آزار نمی دهد، چرا تورو کوچک آزارمان دهد؟

اما، دشواری هایی وجود دارد.

یکی از این دشواری ها، وجود سیاره های دیگر منظومه شمسی است. هریک از آنها از نیروی جاذبه برخوردارند. با توجه به مسافت آن سیاره ها، نیروی جاذبه شان برآستی که بسیار اندک است و جزیی ترین تأثیر را بر زمین یا ماه دارد که هریک از آنها به نوبه خود به نیروی جاذبه نیرومندتر دیگری پاسخ می دهند. تأثیر این کشش های جزیی سیاره های دور بر مدار زمین و ماه را فقط با دقیق ترین اندازه گیری های نجومی می توان محاسبه کرد. این تأثیرها را «انحراف مدار» می نامند و هیچ اهمیت عملی برایشان قائل نیستند.

تورو بقدری از زمین دور است که نیروی جاذبه زمین بر آن اندک است و نمی تواند بطرز مؤثری آن را در جای خود نگهدارد. جاذبه سیاره های دوردست بمراتب کمتر از نیروی جاذبه زمین بر تورو است. بنابراین، سیاره های دوردست در رفت و آمد خود در مسیرهای پیچیده چه تأثیری می توانند بر مدار تورو داشته باشند؟

آلفون و همکارانش مدار تورو را در دو قرن گذشته و آینده و تأثیر نیروی جاذبه زمین و ماه و همچنین انحراف های ناهید (زهره)، بهرام (مریخ)، مشتری و کیوان (زحل) را با کامپیوتر محاسبه کرده اند. طی دوره ای که آنها محاسبه های خود را انجام دادند، تورو تغییر درخور توجهی را در مدار خود نشان نمی دهد.

اما فراتر از این دوره چه؟

در گذشته، شاید چند هزار سال پیش، تورو احتمالاً ستاره وار مستقلی بود. سپس، یکبار هنگامی که به زمین نزدیک می شد، انحراف های سیاره ای چنان تغییری در مدارش دادند که آن را وابسته به زمین ساختند. در آینده نیز احتمال دارد انحراف مدار دیگری آن را از نو آزاد سازد.

حال اگر روزی تورو دوباره حیات مستقلی بیابد، آیا می تواند در مدار آنچنان کشیده ای که با مدار زمین تلاقی کند، قرار گیرد؟ اگر بتواند، آیا امکان دارد هر دو

آنها همزمان از محل تقاطع مسیرهای یکدیگر عبور کنند و در نتیجه به یکدیگر
بربخورند؟

امکان چنین حادثه‌ای فوق‌العاده ضعیف است، زیرا فضا بطور کلی آماج بسیار
عظیمی است و زمین در مقایسه با آن قلب ذره‌بینی این آماج است. اما در عین حال
امکان برخورد تورو و زمین صفر نیست.

و بیاد داشته باشید که تورو تنها همسایه نزدیک ما در فضا نیست. تورو نخستین
همسایه «هم‌زنجیر» شناخته شده است (البته به استثنای خود ماه)، اما علاوه بر آن
کوههای پرنده‌ای هستند که مدار مستقل دارند و گاه از پهلوی مارد می‌شوند.

این واقعیت وقتی شناخته شد که مدت‌ها پیش در ۱۸۹۸ گوستاو ویت،
ستاره‌شناس آلمانی، ستاره‌وار فوق‌العاده عجیب و غریبی را کشف کرد. در قرن پیش
از آن، صدها ستاره‌وار کشف شده بود، اما همه آنها مدارهایی داشتند که کاملاً از
میان بهرام و مشتری عبور می‌کردند. حتی نزدیکترین آنها هرگز از ۸۰۵۰۰۰۰۰
کیلومتر به ما نزدیک‌تر نمی‌شد.

اما ستاره‌وار ویت به مدار بهرام رخنه کرد.

در یک نقطه، مدار آن به ۲۰۹۳۰۰۰۰ کیلومتری مدار زمین رسید. اگر هردو جسم
دقیقاً در جای درست خود در مدارهای مربوطه قرار می‌گرفتند، فاصله آنها تنها نصف
فاصله میان زمین و ماه، نزدیک‌ترین سیاره همسایه ما، می‌شد.

ویت ستاره‌وار جدید را اروس نامید. او نام مذکر به آن داد، در صورتی که همه
ستاره‌وارهای دیگر به افتخار جنس زن نام مؤنث گرفته‌اند. از آن پس، ستاره‌وارهایی
که مدارهای غیر عادی دارند نام مذکر گرفته‌اند.

و از آن بعد ستاره‌وارهایی را که مدارشان به آنها امکان داده بیش از ماه به زمین
نزدیک شوند، «خراشنده‌های زمین» نامیده‌اند. این نام واقعاً بی‌مسمایی است، چون
آنها شهابسنگ‌هایی خُرد بیش نیستند.

اروس به شکل آجر است و عریض‌ترین قسمت آن ۲۴ کیلومتر است. اگر روزی
اروس با ما تصادم کند، در شرایطی که هر دو با سرعت حدود ۲۹ کیلومتر در ثانیه
حرکت می‌کنیم، برای زمین مثل آن است که نوک سوزن به تنش زده باشند، اما برای
انسان فاجعه‌ای بی‌نهایت عظیم خواهد بود.

مطمئناً، احتمال این که اروس زمانی از «خراشنده زمین» به «خردکننده زمین»

تبدیل شود از لحاظ ستاره‌شناسی بسیار ضعیف است. کسی از این بابت نگرانی ندارد. گذشته از این، اروس بی‌فایده نبوده است.

ترکیب اندازه کوچک و نزدیک شدن اروس به زمین به آن معنی است که می‌توان آن را به صورت نقطه روشنی با جابجایی زیاد در زمینه ستارگان («اختلاف منظر») تشخیص داد، مشروط براین که آن را از دو رصدخانه دور از یکدیگر رؤیت کرد. اختلاف منظر بزرگ اروس تعیین مسافتش را با دقت بی‌سابقه‌ای ممکن می‌ساخت و براساس آن می‌شد مسافت کلیه سیاره‌های دیگر منظومه شمسی را هم محاسبه کرد. ستاره‌شناسان مجبور بودند منتظر نزدیک شدن اروس شوند. چون به‌رحال فقط بندرت پیش می‌آید که هر دو جسم در آن موضع خاص از مدارشان قرار گیرند که «خراشیدن» را میسر سازد. در سال ۱۹۳۱، اروس از ۲۵۷۶۰۰۰۰ کیلومتری زمین گذشت و به اندازه کافی به ما نزدیک شد.

برنامه بزرگی برای سال ۱۹۳۱ تدارک دیده شد. چهارده رصدخانه در نه کشور در این برنامه شرکت کردند. طی هفت ماه سه هزار عکس از اروس گرفته شد، و ده سال (غیر کامپیوتری) صرف محاسبه‌های گوناگون شد تا آن که بالاخره کار به پایان رسید. در این هنگام خراشنده دیگری نیز پیدا شده بود. آلبرت، که برای اولین بار در ۱۹۱۱ کشف شد، $\frac{4}{8}$ کیلومتر پهنا داشت و می‌توانست (هرازگاه) به ۳۲۲۰۰۰۰۰ کیلومتری زمین برسد.

سپس در سال‌های بعد از اجرای طرح بزرگ اروس، چهار خراشنده دیگر زمین کشف شد که مدار آنها می‌توانست خیلی بیشتر از اروس به زمین نزدیکشان کند. با کشف ستاره‌وار هرمس در ۱۹۳۷ این جریان به اوج خود رسید. هرمس فقط $\frac{1}{61}$ کیلومتر پهنا داشت، اما محاسبه‌های مقدماتی مدار آن نشان داد که وقتی همه چیز دقیقاً روبراه باشد، وقتی هرمس و زمین درست در نقطه‌های مناسب مدارهای مربوطه قرار گیرند، فاصله آن دو فقط ۳۲۲۰۰۰ کیلومتر می‌شود! به این ترتیب، هرمس از ماه هم به ما نزدیک‌تر می‌آید.

مطمئناً، محاسبه‌های انجام شده تقریبی بود و ستاره‌شناسان برخورد چندان مثبتی نکردند. اگر آنها می‌توانستند آن را دوباره ببینند، وضعیت‌های آن را مشاهده کنند و محاسبه‌های دیگری انجام دهند، کارشان خیلی خوب پیش می‌رفت. عیب کار در این بود که هرمس فقط در همان سال ۱۹۳۷ دیده شد و دیگر هرگز پیدایش نشد. تنها

می‌توان گفت که جایی در فضا، کوهستانی در پرواز است که ۱۶۰۰ متر پهنا دارد و مدارش بقدری بد محاسبه شده که بجز از روی تصادف نمی‌توان آن را دوباره مشخص کرد، اما جای خوشوقتی است که مدار آن ممکنست ستاره‌وار را گاه بطرز ناراحت کننده‌ای به ما نزدیک گرداند.

در ۱۹۴۹، ستاره‌وار ایکاروس کشف شد. این یکی به بدی هرمس نبود. این ستاره هرگز از ۶۴۴۰۰۰۰ کیلومتر به زمین نزدیک‌تر نمی‌آید، اما بطرز خیره کننده‌ای به خورشید نزدیک می‌شود. ایکاروس در هریک از گردش‌های خود به دور خورشید به ۲۷۳۷۰۰۰۰ کیلومتری آن می‌رسد. این فقط نصف فاصله تیر است که (اگر ستاره دنباله‌داری بسیار اتفاقی را به حساب نیاوریم) نزدیک‌ترین جسم به خورشید محسوب می‌شود. اگر می‌توانستیم ابزارهایی را بر ایکاروس فرود آوریم، چه اطلاعات حیرت‌انگیزی درباره خورشید به دست می‌آوردیم.

اما اگر همه این خراشنده‌های زمین را هم بر روی هم بگذارید، واقعاً نگران کننده نیستند. آنها خطر فوری و جدی به حساب نمی‌آیند. تورو واقعاً خیلی به ما نزدیک نمی‌شود؛ و اگر بعضی از این خراشنده‌های دیگر گاهی مواقع به ما نزدیک می‌شوند، این مواقع بهیچوجه تکرار نمی‌شوند.

و با این حال، جسم‌های بزرگی در منظومه شمسی ضرب شست این کوههای پرنده را نوش کرده‌اند. بیشتر این ضربه‌ها مطمئناً در ایام جوانی، وقتی آوار بجا مانده از تشکیل منظومه شمسی هنوز سرتاسر فضا را پر کرده بود، بر آن وارد آمد. ماه هزاران قطعه بزرگ ماده نصیبش شد و حفره‌هایی که هنوز بوضوح روی آن دیده می‌شود خبر از این ضربه‌ها می‌دهد. بهرام نیز نشانه‌های مشابهی از تصادم برخورد دارد و تیرهم بی‌تردید بی‌بهره نمانده است.

و زمین؟ چطور توانسته جان سالم بدربرد؟
نتوانسته.

اما جای زخم‌های زمین پیدا نیست، زیرا زمین چیزی دارد که هیچ‌یک از دنیا‌های دیگر منظومه ندارد و آن اقیانوس عظیم و موج بیکران زندگی سیاره‌ای است. بی‌تردید، زمین در تاریخ اولیه خود سهم خود را از ضربه‌های بزرگ دریافت داشت. برخی از این کوهها شاید در اقیانوس افتادند و هیچ اثری از خود بر جای نگذاشتند. کوههای دیگر بر خشکی زخم زدند، اما جای زخم آنها بر اثر باد و هوا و حیات بتدریج

زدوده شد.

بنابراین، ما ممکنست خود را به این دلخوش کنیم که روزهای بد گذشته دیگر تکرار نمی شود. کوهستان های پرنده ای که بخاطر نزدیکی زیاد خطرناک بودند در طول نخستین میلیارد سال حیات منظومه شمسی جاروشده اند و نشانه های برخورد عظیم خود را در جاهایی باقی گذاشته اند.

فضانوردان آپولوی ۱۴ بطور نمونه سنگ هایی را از همسایگی ماه ایمبریوم با خود آوردند که ممکنست بازمانده چیزی باشند که ۷۰۰ میلیون سال پس از تشکیل ماه به آن خورد و با ایجاد سطح همواری به طول صدها کیلومتر در هر سو آن ماه را به وجود آورد. (امکان دارد که جسم ایمبریوم، مثل تورو در حال حاضر، عضو مجموعه زمین و ماه بوده که در مسیر برخورد قرار گرفته است.)

چنین برخوردی با زمین می توانست ایالتی را در آمریکا یا یک کشور اروپایی را زیرورو کند و خرابی و ویرانی را به سرتاسر قاره بکشاند. اگر این جسم در اقیانوس می افتاد چنان موجی پیاپی می کرد که تمام دشت های قاره را زیرآب می برد. اما آن کوههای پرنده رفته اند؛ دست کم بیشترشان رفته اند و چندیابی هم که باقی مانده اند بقدری دور هستند که حتی در غیر محتمل ترین تسلسل اوضاع و احوال هم خطری در بر ندارند.

با این حال، اگر چه تصادم های سیاره جنیان دیگر محتمل به نظر نمی رسند، اما تصادم های شهر برانداز هنوز ممکن هستند. همواره تعداد چیزهای کوچک تر از نوع بخصوصی از چیزهای بزرگ تر بیشتر است؛ و اگر تعداد کوههای پرنده از یک دو جین بیشتر تجاوز نمی کند، اما در مورد «تپه های پرنده» چه می توان گفت؟ احتمالاً هزاران تپه پرنده وجود دارند که حتی با بهترین تلسکوپ ها هم دیده نمی شوند و راههای فضایی را پر کرده اند.

بنابراین تعجب آور نیست که در دوران کاملاً اخیر حتی در طول اقامت کوتاه انسان بر این سیاره برخوردهایی پیش آمده باشد. چنین برخوردهایی باید کم تر و کوچک تر از آن تصادم هایی باشد که حفره های عظیم به پهنای دهها تا صدها کیلومتر ایجاد می کرد. با این وجود، این برخوردها دست کم بطور بالقوه به اندازه کافی زیان آور است.

در آریزونا، حفره مشهور بارینگراست که احتمالاً ۵۰ هزار سال پیش تشکیل شد.

شرایط صحرایی آن را خیلی خوب حفظ کرده است. پهنای آن ۱/۳ کیلومتر است و به یک حفره کوچک ماه شباهت دارد.

نشانه‌هایی نیز از حفره‌های قدیمی تر و بزرگ‌تر بر زمین وجود دارد. بخشی از این حفره‌ها با آب پر شده و با گیاه پوشانده شده است، با این حال وقتی از هواپیما نگریسته می‌شود به صورت دایره‌هایی بر سطح زمین دیده می‌شود. بطور نمونه، حفره چاب در کِبِک شمالی ۴/۸ کیلومتر پهنای دارد.

این حفره البته در مقیاس سیاره‌ای بازیچه‌ای بیش نیست، اما از نوع تصادم‌هایی است که می‌تواند شهری را کاملاً با خاک یکسان کند.

برخی‌ها اظهار نظر کرده‌اند که حتی در حال حاضر هم بطور متوسط هر صد سال زمین دوبار آماج ضربه‌های «شهر خراب کن» قرار می‌گیرد. بطور نمونه، در سال ۱۹۰۸ یک شهابسنگ سیبری هرگز را با چنان قدرتی کوبید که حفره‌هایی به قطر ۴۵ متر ایجاد کرد و تا ۳۲ کیلومتری اطراف آن منطقه درختان را انداخت. حیرت‌آور آن که این شهابسنگ یکی از معدود جاهایی را بر زمین مورد اصابت قرار داد که در آنجا می‌توانست خرابی بیار آورد، اما، تا آنجا که می‌دانیم، حتی یک انسان را هم نکشت.

اگر این شهابسنگ پنج ساعت دیرتر آمده بود، زمین بقدر کافی می‌چرخید تا به شهابسنگ امکان دهد ضربه مستقیمی بر پترزبورگ (لنینگراد کنونی) فرود آورد. مطمئناً هیچ ساختمانی پابرجا نمی‌ماند و هیچ انسانی زنده نمی‌ماند.

دومین شهر خراب کن این قرن در ۱۹۴۷ فرود آمد و این بار محل فرود آن سیبری شرقی بود که باز هم محلی غیرمسکونی بود.

این قرن شانس آورده است، اما می‌توان استدلال کرد که اگر همین روند ادامه پیدا کند، احتمال آن می‌رود که در سی هزار سال آینده یکی از شهرهای نسبتاً بزرگ دنیا ضربه مستقیمی بخورد و تقریباً یا کاملاً محو گردد. یک در هزار احتمال می‌رود که این واقعه قبل از سال ۲۱۰۰ صورت گیرد. امکان رخ دادن آن در سال آینده بسیار ضعیف است اما صفر نیست.

و اگر این ضربه در هریک از چندین ناحیه بسیار حساس فرود آید، رهبر به خشم آمده یا سراسیمه فلان حکومت ممکنست تصور کند کشورش مورد حمله هسته‌ای قرار گرفته و قبل از آن که به او خبر دهند که نشانه‌ای از رادیواکتیویته مشکوک در دست

نیست تکه را فشار دهد.

دردناک‌ترین مسئله این است که در وضع فعلی، هیچگونه امکان هشدار دادن وجود ندارد. ممکنست هم‌اکنون سنگ پرنده‌ای زمین را نشانه رفته باشد تا ظرف یک ساعت ضربه مهلکی برمسکو، پکن، لندن یا نیویورک فرود آورد و اگر نور آن را که از خورشید گرفته به هنگام نزدیک شدنش به جو زمین بطور اتفاقی ببینیم تا آخرین لحظه نیز از وقوع چنین حادثه‌ای مطلع نمی‌شویم.

و بهمین دلیل، برنامه‌ای فضایی که می‌تواند عملی‌ترین برنامه برای جمعیت فزاینده دنیا باشد توجیه ممکن خود را می‌یابد و من هنوز ندیده‌ام که چنین برنامه‌ای را بریزند.

فضانوردان آینده، کسانی که در رصدخانه‌های ماه کار می‌کنند، ممکنست خود را علاوه بر سایر چیزها شکارچی دام‌های بزرگ فضا بیابند.

آنها بدون دخالت جو بهتر می‌توانند خراشنده‌های زمین را رؤیت کنند. آنها مدار آن جسم‌های قابل ملاحظه، توروها و هرمس‌ها، را درست‌تر و دقیق‌تر از سطح زمین می‌توانند تماشا و ترسیم کنند. مهمتر از آن، آنها می‌توانند مراقب جسم‌های کوچک‌تر و احتمالاً نزدیک‌تری که ما نمی‌توانیم ببینیم باشند، جسم‌هایی که به علت فراوانی خود خطرناک‌ترند.

بدون دخالت جو، فضانوردان بهتر از ما می‌توانند خطرهای فضای مجاور زمین را تشخیص دهند و با کارآیی بیشتری توصیفشان کنند. آنها مراقب تپه‌ها و صخره‌های دریایی خواهند بود و خود ایستگاههای مراقبت جدید در خلاء پهناور خواهند بود؛ آنها هر صخره چرخنده و توده فلزی بزرگ خطرناک را محل‌یابی می‌کنند و تا سر حد امکان مراقبشان خواهند داد تا مدارشان را محاسبه و باز محاسبه کرده هرگونه تغییری را در وضعیت آنها بدقت ثبت کنند.

در این صورت، شاید صد یا هزار سال دیگر، ستاره‌شناسی فضانورد با نگاه به کامپیوتر خود اعلام کند، «مدار تصادم!»

و حمله متقابلی که از دهها یا حتی سده‌ها پیش از این برای این لحظه ضرور تدارک شده آغاز خواهد شد. صخره خطرناک را تعقیب خواهند کرد و در لحظه مناسب و حساب شده‌ای در فضا، وسیله نیرومندی را سر راه آن پرتاب خواهند کرد تا بمحض تصادم با صخره منفجر شود.

صخره ذوب و تبخیر می شود و از یک گرداله به انبوهی از ریگ تبدیل خواهد شد. زمین از خطر نجات پیدا می کند و در عوض میزبان گروهی از شهابسنگ های تماشایی می شود.

و دیر یا زود بشر ممکنست وظیفه خطیرتری را به عهده بگیرد. چرا وقت خود را بخاطر مراقبت از مدارها هدر دهد؟ چرا اصلاً خود فضا را پاکسازی نکند؟ هر چیزی که از ۴۰۲۵۰۰۰۰ کیلومتر به زمین نزدیک تر شود مظنون شناخته می شود و نابود خواهد شد.

شاید اگر شیئی مظنون بقدری دور باشد که منطقاً خطری دربر نداشته باشد، یا بقدری جالب باشد که ارزش علمی داشته باشد، آن را حفظ کنند. اروس را یقیناً فقط به این علت که مطمئناً بخاطر فایده آن برای بشر در ۱۹۳۱، زیر نظر «کمیسیون حفاظت نشانه های مرزی» قرار خواهد گرفت، حفظ خواهند کرد. ایکاروس را به علت نزدیک شدنش به خورشید که در نتیجه به یک آزمایشگاه ستاره شناسی منحصر بفرد تبدیل می شود، حفظ خواهند کرد.

اما شاید هیچ چیز دیگر را نگه ندارند. هر سنگ دیگری که در فضای میان مدارهای ناهید و بهرام تشخیص داده شود بی امان تعقیب خواهد شد. هر یک از آنها بخاطر هرگونه ارزش علمی که ممکنست عاید انسان کند یا احتمالاً بخاطر امکان تسخیر واقعی آنها و فرود سالم آنها در ایستگاه فضایی ماه یا زمین از نزدیک بررسی خواهد شد. و وقتی بررسی انجام شد و تسخیر آنها غیر عملی از آب درآمد، نابودشان خواهند کرد.

و اگر در نتیجه، یک شهر از نابودی نجات پیدا کند، یک موج جزرومدی عظیم به هدر رود و یک حفره بخصوص بر زمین تشکیل نشده باقی بماند— در این صورت، آیا تمام سرمایه گذاری هایی که در زمینه اکتشاف فضا شده، حتی اگر صرفاً برای همین منظور هم باشد، سودمند نخواهد بود؟

عاشقانه مریخ

عاشقانه مریخ (بهرام) صد سال پیش با ویرجینیو اسکیاپارلی آغاز شد. با توصیف اسکیاپارلی از «آبراهها» در حدود یک قرن پیش، تصویر تمدنی کهن و پیشرفته اما روبه زوال بر سیاره همسایه ما با آبراههای بزرگ، شهرهای مملو از زرو سیم، شاهدخت‌های دوست داشتنی، دانشمندان لندوک و مهاجمان وحشی آن (بسته به این که کدام نویسنده را بخوانیم) در ذهنمان نقش می‌بندد. در ادبیات علمی تخیلی، ماجرای عاشقانه هرگز فراموش نشده است. مریخ هنوز سیاره و یژه‌ری بردبری است و هاین لاین هنوز می‌تواند از آن محلی واقعی برای یک فرهنگ بیگانه بسازد.

و این صرفاً تخیل نویسندگان داستان‌های علمی تخیلی نبود که به کار افتاده بود. ماجرا کاملاً موجه می‌نمود. بالاخره، مریخ از یخ پهنه‌ها و جو برخوردار بود. مطمئناً وجود یخ پهنه‌ها به معنی حضور آب و وجود جو به معنی حضور اکسیژن بود و هر دو این‌ها به مفهوم حضور حیات بود. هوا و آب احتمالاً روبه نقصان بود، و گرنه چرا به آن طرح عظیم آبیاری ایجاد آبراهها محتاج شدند. در هر حال، مطمئناً وجود آبراهها به این معنی بود که حیات بر این سیاره ادامه پیدا کرده است. و اگر مریخی‌ها آبراه ساخته‌اند، بطور حتم باید موجودات هوشمندی باشند!

در آغاز قرن حاضر، ه.ج. ولز کاملاً حق داشت وجود جوی مملو از اکسیژن در اطراف مریخ و تمدنی پیشرفته را که می‌توانست به اقتضای نیازی فزاینده به هجوم به زمین وادار شود فرض بگیرد، اما از آن‌پس، هوشمندی مریخ روبه افول گذاشت. سال به سال، این هوشمندی اگر نه در ادبیات تخیلی علمی اما در علم عقب نشست. پرسئوال لوول، ستاره‌شناس آمریکایی، گزارش کرد که می‌تواند آبراهها را بوضوح

ببیند و آنها را دقیقاً نقشه برداری کرد. اما هیچ ستاره شناس دیگری نتوانست تصویر لوول را از آبراههای مریخ بازسازی کند. برغم کورسوهای اتفاقی، عده هر چه بیشتری به این نتیجه رسیدند که این آبراهها چیزی جز خطای باصره نیست و عده هر چه بیشتری صدای خود را بلند کردند که از آبراه اصلاً خبری نیست.

هر قدر جو مریخ را دقیق تر بررسی کردند، آن را رقیق تر و کم تر مشابه جو زمین یافتند. اگر مریخی های هوشمندی هم بودند، بیش از پیش احتمال آن می رفت که اکنون در وضع فوق العاده دشواری زندگی کنند. آیا آنها در شهرهای سر پوشیده زندگی می کردند یا در زیر زمین؟ آیا بیشتر احتمال آن نمی رفت که میلیون ها سال پیش مرده باشند؟

آیا قوی ترین احتمال این نبود که آنها اصلاً هرگز وجود نداشته اند؟ البته این بدان معنا نبود که حیات وجود نداشت، چون عقل و هوش همراه تصادفی حیات است و شاید همراه خیلی سودمندی هم نباشد. روی زمین، حیات سه میلیارد سال بدون آنچه ما آن را حتی خرد بسیار ابتدایی می نامیم غلیان آمیز به موجودیت خود ادامه می داد و شکوفا بود.

در این صورت، از زندگی منهای عقل و هوش چه خبر؟ هنوز یخ پهنه ها بود و جوی وجود داشت— و سطح آن نشانه های سیاه و همینطور نشانه های سرخ رنگ داشت. اگر نشانه های سرخ پهنه های بیابان بود، آیا احتمال نداشت که نشانه های سیاه از وجود گیاهان خبر بدهد؟ با تغییر فصل ها، یخ پهنه ها به تناوب ذوب می شدند و ناحیه های سیاه در آن نیمکره ای که بهار آمده بود گسترش می یافتند. و اگر گیاه بود، لابد جانور هم بود.

با این حال، بررسی های متوالیاً اصلاح شده مریخ شاق بودن محیط آن را روشن تر ساخت. تصویر شبه درختان و شبه جونده ها جای خود را به تصویر چیزهایی نه چندان جاه طلبانه داد. و اما گل سنگ چگونه؟ مطمئناً باید گل سنگ وجود داشته باشد. بنابراین، زیست شناسان گل سنگ و دیگر گیاهانی را که در بلندی های هیمالیا و پامیر می رویند برداشتند و در محیطی که فکر می کردند به محیط مریخ شباهت دارد قرار دارند— و آنها رویدند. امکان زندگی بر مریخ، دست کم زندگی ساده، برآستی که بسیار افزایش یافت.

آن گاه سال سرنوشت ساز ۱۹۶۵ فرا رسید و هارینر ۴ از کنار مریخ گذشت و

عکس‌هایی گرفت و آنها را به زمین فرستاد. برای اولین بار سطح مریخ بهتر از هر تصویری که از توی بهترین تلسکوپ می‌دیدند رؤیت شد.

از آبراه خبری نبود، اما حفره‌هایی وجود داشت. سرزمین ناهموار آن به سرزمین ماه شباهت داشت. نبود فرسایش نشان می‌داد که فقدان آب و هوا وضع تازه‌ای در مریخ نیست بلکه از چندین دوران کیهانی پیش به این طرف پدید آمده است. بررسی‌های دقیق‌تر جو مریخ نشان داد که جو آن حتی رقیق‌تر از آن است که تصور می‌شد و این که دمای آن سردتر است. در جو آن، اصلاً هیچ اکسیژنی نبود و آب بزحمت یافت می‌شد. یخ پهنه‌ها احتمالاً دیوکسید کربن بود.

نه از زندگی هوشمندانه و نه از گیاهان و جانوران عالی خبری نبود. شاید حتی گیاهان پست یا باکتری‌ها هم نبودند. شاید اصلاً حیاتی در کار نبود. شاید مریخ دنیای مرده‌ای مثل ماه باشد.

اما آیا می‌تواند اینطور باشد؟ نیروی جاذبه مریخ $2/4$ برابر نیروی جاذبه ماه است.

مریخ جو رقیقی دارد. مطمئناً باید در جایی آب پیدا شود؛ حتی اگر یخ پهنه‌ها دیوکسید کربن جامد باشد، باید آب جامد مخلوط با آن وجود داشته باشد.

و اگر آب باشد، ولو به مقدار کم، آیا امکان ندارد نوعی حیات وجود داشته باشد؟ در این لحظه که نگارنده این سطور را می‌نویسد، مارینر ۹ عازم مریخ شده تا در مدار آن قرار بگیرد و (امید می‌رود) که سطح آن را بطرز بی‌سابقه‌ای نقشه‌برداری کند. * نقشه‌های آن به حل مسئله حیات بر مریخ کمکی نخواهد کرد اما سرانجام امکان دارد بسته‌ابزاری را به آرامی بر سطح آن فرود آورند تا پاسخی برای این پرسش بیابند— و اگر این تلاش به جایی نرسد، فرود انسان را در پیش داریم که یک روزی باید انجام شود.

اما چرا به خود زحمت بدهیم؟ آن نوع زندگی ابتدایی که ممکنست بر مریخ وجود داشته باشد به چه درد می‌خورد؟ چه کسی به میکروب‌ها یا ویروس‌ها یا بازمانده‌های موادی صرفاً آلی که در نیمه راه حیات است اهمیت می‌دهد؟ ستاره‌شناسان و زیست‌شناسان اهمیت می‌دهند.

* یادداشت نویسنده که در حین چاپ اضافه شده است: مارینر ۹ موفقیت عظیمی به دست آورد و کوه‌های آتشفشانی، دره‌ها و حتی آثاری شبیه بستر رودخانه‌های قدیمی را نشان داد.

وجود حیات در دنیایی دیگر— و لوبه شکل بسیار ابتدایی هم که باشد— بزرگترین و هیجان انگیزترین کشف ستاره شناسی یا زیست شناسی تا کنون خواهد بود.

همه گونه های حیات بر زمین، حال هر قدر هم که متنوع به نظر برسند، از یگانگی برخوردارند. همه آنها از لحاظ زیست شیمیایی با هم ارتباط دارند و از اسیدهای نوکلئیک و پروتئین های اساساً واحد و از همان ویتامین ها، همان مجموعه واکنش ها و همان طرح سوخت و ساز بهره می گیرند. در یک کلمه، سه هزار میلیارد ارگانیسمی که روی زمین وجود دارد اکولوژی واحدی را به وجود می آورد. و اگر چه زندگی بر روی مریخ از دیدگاه سیاره غنی ما ممکنست از لحاظ کثرت و تنوع محقر باشد، اما اکولوژی متفاوتی را پدید خواهد آورد و تعداد اکولوژی هایی که ما می توانیم مطالعه کنیم دقیقاً دو برابر خواهد شد.

این واقعیت که حیات اصلاً ممکنست وجود داشته باشد، حتی در صورتی که کمترین مطلبی را هم درباره آن ندانیم، باز اطلاعاتی در اختیار ما خواهد گذاشت. ما می توانیم بحق فرض کنیم که حیات می تواند فقط از طریق مولکول هایی به اندازه کافی بفرنج که بتوانند واکنش های بسیار متنوع و انعطاف پذیر را ببار آورند، پدید آید؛ و اگر این طور باشد خواهیم دانست که محیط مریخ، در صورتی که از حیات بهره مند باشد، رشد چنین مولکول هایی را بر می انگیزد.

ما می دانیم که این امر می توانست بر زمین اتفاق افتد (و اتفاق هم افتاد) و ما آن را برحسب محیط آغازین زمین توضیح می دهیم، اما رشد حیات تا چه اندازه اجتناب ناپذیر بود؟ محیط مریخ بندرت رشد حیات را به آن گونه که بر زمین تصور کرده ایم اجازه خواهد داد. دما بقدری پایین است، تابش خورشید بقدری ضعیف است، هوا بقدری رقیق است و آب آنچنان ناپیدا است که امکان تشکیل مولکول های حیات بمراتب کمتر از امکان حیات بر زمین است.

با این حال اگر هرگونه حیات، هر قدر هم که ساده باشد، در مریخ وجود داشته باشد، آن وقت فشارهای فیزیکی— شیمیایی به وجود آورنده آن باید بقدری نیرومند باشد که می توان مطمئن بود که حیات بر هر سیاره ای که، ولو بطور تقریبی، خصلتاً از نوع زمین باشد وجود دارد.

اگر حیات وجود داشته باشد، از هر نوع و هر قدر ساده هم که باشد، گام بعدی کشف شالوده زیست شیمیایی آن است. دو امکان وجود دارد. مولکول های کلانی که

این شالوده را ایجاد می کنند مثل مولکول های زمین پروتئین یا اسید نوکلئیک هستند یا (امکان دوم) این چنین نیستند.

اگر شالوده بزرگ مولکولی حیات بر مریخ اساساً با شالوده زمین تفاوت داشته باشد، در این صورت مطمئناً از خوشحالی در پوست خود نمی گنجیم. نه تنها اکولوژی دومی را خواهیم داشت، بلکه این اکولوژی برای ما مطلقاً تازگی خواهد داشت. نمی توان تصور کرد که این کشف تا چه اندازه اهمیت خواهد داشت یا اگر گونه کاملاً جدیدی از اکولوژی کشف شود تا چه اندازه اسرار حیات را بر ما آشکار خواهد ساخت.

از سوی دیگر، اگر حیات مریخی مبتنی بر شالوده پروتئین/ اسید نوکلئیک باشد، هنوز امکان بسیار خوبی وجود دارد که گونه های متفاوتی از این شالوده یافت شود که فوق العاده جالب باشد. راه های سوخت و ساز جانشینی ممکنست وجود داشته باشد که هرگز روی زمین دیده نشده است؛ برخی مکانیسم های سازگاری زیستی آن را ممکنست روی زمین هرگز به خواب هم ندیده باشند.

مثالی بزنیم—

همه مولکولهای پروتئین روی زمین از حدود بیست اسید آمینه ساخته شده اند که از میان آنها همه بجز یکی می توانند جهت گیری چپ یا راست داشته باشند — یعنی یکی درست تصویر آئینه ای دیگری باشد. در کلیه وضعیت های عاری از حیات، این دو نوع که د و ل نام گرفته اند به یک اندازه پایدارند و هر دو را می توان بطور مصنوعی ساخت. اگر اسید آمینه ای را در شرایطی که متضمن حیات نباشد بطور مصنوعی ایجاد کنیم نیمی از مولکولهای آن ل و نیمی د خواهد بود.

اما در پروتئین های زمینی، که استثنای بسیار مهم و نادری دارد، همه اسید آمینه ها ل هستند. ل بودن همه آنها به اسید آمینه امکان می دهد زنجیره تمیز و مرتب و جمع و جوری را تشکیل دهد، اما د بودن همه آنها نیز همین امکان را فراهم می آورد.

پس چرا، حیات زمینی تماماً ل است؟ چرا د نیست؟ یا چرا برخی گونه های حیات ل و برخی د نباشند؟

ما هنوز نمی دانیم. آیا چنین اتفاق افتاد که نخستین پروتئین تشکیل شده تماماً ل بود؟ یا ل و د هر دو به وجود آمد اما ل از روی تصادف محض بر د غلبه کرد؟ یا نوعی عدم تقارن اساسی در طبیعت وجود دارد که شکل ل را اجتناب ناپذیر می سازد؟

پس، پروتئین‌های مریخ ل هستند یا د؟ هر کدام که باشند برخی جنبه‌های زندگی زمینی را روشن می‌سازند. اگر پروتئین‌های مریخ مخلوطی از هردو باشند، حتی بسیار شگفت‌آورتر می‌شوند.

اما بر فرض که در مریخ حیات وجود داشته باشد و از لحاظ زیست — شیمیایی دقیقاً مشابه حیات بر روی زمین باشد. آیا این بدان معنی است که بهیچوجه توجه ما را به خود جلب نمی‌کند؟ آیا کشف پیش‌پا افتاده‌ای درست مثل کشف حیات بر روی زمین خواهد بود؟ نه ابداً.

در درجه اول، این امر نشان خواهد داد که شاید شالوده زیست شیمیایی ما تنها شالوده‌ای باشد که می‌تواند حداقل در شرایطی، ولو بزحمت مشابه زمین، حیات را تأمین کند. دو مورد از چنین شالوده‌ای گواه بهتری است از یک مورد. در درجه دوم، اگر حیات بر مریخ دقیقاً مانند حیات بر زمین باشد، اما بسیار ساده‌تر باشد (چنانکه مطمئناً باید همین‌طور باشد)، شاید بتوان چیزهایی در باره شالوده ابتدایی حیات که شکل‌های بغرنج‌تر حیات بر زمین بر آن سایه می‌افکند کشف کرد.

در این صورت، مریخ آزمایشگاهی خواهد بود که در آن می‌توان حیات آغازین را که زمانی بر زمین وجود داشت مشاهده کرد و مورد آزمایش قرار داد — چون روی زمین فقط با استفاده از ماشین زمان می‌توان این کار را کرد.

در واقع، اگر از حیات بر مریخ هم خبری نبود، اما در خاک آن مولکول‌های نیمه شکل گرفته‌ای بود که آشکارا به شیوه زمین در راه حیات گام برمی‌داشت، این امر نیز به ما سود می‌رساند. این پدیده ممکن بود ماهیت راهی را که روی زمین طی شده نشان دهد و آزمایشگاهی برای مشاهده تکامل شیمیایی پیش از حیات در اختیار ما بگذارد و احتمالاً نتایج غیرقابل پیش‌بینی از حیث دانش جدید قابل استفاده در زیست‌شناسی زمین عایدان کند.

پس این مریخ است. ماجرای عاشقانه مریخ هنوز در داستان‌های علمی تخیلی ادامه دارد، اما ماجرای عاشقانه حقیقی در آینده صورت واقعیت به خود خواهد گرفت (هر چند که هنوز هم به صورت معما باقی مانده است). این ماجرا همراه با نتایجی که در مخیله هیچ نویسنده داستان‌های تخیلی علمی نمی‌گنجد اتفاق خواهد افتاد، و آن هنگامی خواهد بود که نخستین تکه ذره‌بینی چیزی بی‌تردید زنده یا حتی شبه زنده در خاک سرد سرخ مریخ کشف شود.

دانش را همه جا می توان یافت

می گویند که کار خیر را باید از خانه آغاز کرد و همای سعادت در حیات خلوت خانه شخص آشیانه می کند؛ شاید اینطور باشد، اما دانش تقسیم ناپذیر است و می توان همه جا آن را یافت.

دانش مرز نمی شناسد. شاید اطلاعات مربوط به ماه را بتوان از بررسی دقیق پرتگاهی بیرون شهر به دست آورد— یا شاید اطلاعات مربوط به بدن انسان را بتوان از تحلیل دقیق موج های رادیویی کسب کرد. که از ابرهای غبار که چندین سال نوری با ما فاصله دارند می آیند،

در واقع، چه بهتر که علم فضا ما را در پژوهش های زیست شناسی خودیاری دهد، چون یاخته زنده از فرط بغرنجی آدم را سر غیظ می آورد. یاخته زنده بقدری بغرنج است که برخی دانشمندان اکنون می ترسند شیوه های فیزیک و شیمی هیچگاه برای پی بردن به راز درون آن کفایت نکند.

با این حال تا زمانی که به جزییات راز درون آنها پی نبرده ایم شاید هرگز نتوانیم بیماری هایی مثل فلج مغزی یا سرطان را حقیقتاً بشناسیم؛ شاید هرگز نتوانیم در ساختمان ژن ها طوری دخالت کنیم که کار بدن انسان را بهبود و اعتلاء بخشیم؛ بدتر از همه این که شاید هرگز نتوانیم کار مغز را در حالت عادی یا غیر عادی آن درک کنیم.

اگر برای شروع کار می شد وضعیت ساده ای را مبنا قرار داد، خیلی بد نبود. در مورد بسیاری از مسئله هایی که فیزیک و شیمی موفق به حل آنها شدند همین کار را کرده اند. وضعیت های ساده شده ای را در آزمایشگاه بررسی می کنند و سپس قانونمندی های عام را از این بررسی ها نتیجه می گیرند. وقتی درک این قانونمندی ها

خوب در ذهن جای گرفت، عامل‌های هر چه بیشتری را می‌توان دخالت داد تا سرانجام خود را در وضعیت کاملاً بغرنجی یافت.

قانون‌های حرکت نیوتون بر آزمایش‌های گالیله در زمینه لغزاندن گلوله‌هایی از شیارهای مورب مبتنی است. این آزمایش‌ها به فرستادن موشک به ماه منتهی شد. نظریه اتمی دالتون با آزمایش‌های ساده‌ای که متضمن ترکیب‌های اتمی («مولکول‌ها») متشکل از صرفاً ۲ یا ۳ اتم بود شروع شد. سرانجام این آزمایش‌ها به شیمی‌دان‌ها یاری رساند تا ساختار دقیق مولکول‌های هزار اتمی پروتئین را تحلیل کنند و مولکول‌های جدیدی را که هرگز در طبیعت وجود نداشت ترکیب کنند.

به زبان دیگر، وقتی به کیهان نگاه می‌کنیم، تصویر چند بُعدی گسترده‌ای را همراه با جزییات فراوان پیش‌روی خود می‌یابیم. اگر بخواهیم آن را بطور مستقیم بررسی کنیم در بغرنجی‌هایش سردرگم می‌شویم و چیزی از آن دستگیرمان نمی‌شود. اما بهتر است مانند هر هنرمند برداشت اولیه‌ای از موضوع اثر را مبنای کار خود قرار دهیم یا آن را خود بیافرینیم: به عبارت دیگر، آن معدود خط‌ها و منحنی‌های اساسی تصویر چند بُعدی را مدّ نظر قرار دهیم. این می‌تواند طرح اساسی ما باشد و اگر اندک اندک بر نقش‌های آن بیافزاییم، سرانجام می‌توانیم جزییات بخش‌های بزرگتری از تصویر را درک کنیم.

در زیست‌شناسی ظاهراً نمی‌توان این کار را کرد، چون اسیر بغرنجی هستیم. به نظر نمی‌رسد که برای کلنجار رفتن با یاخته زنده بتوان از طرح ساده‌ای آغاز کرد. می‌توان به سراغ جانوران ساده‌تر از انسان حتی خیلی ساده‌تر از او رفت— اما آنها فقط به این دلیل ساده به نظر می‌رسند که یاخته‌های کمتر دارند و یاخته‌هایشان ترتیب ساده‌تر دارند. اما خودیاخته، حتی تک‌یاخته باکتری کوچک همیشه بغرنج است، به بغرنجی خود انسان است.

مدت‌ها پیش، میلیاردها سال پیش، قبل از آن که نخستین یاخته امروزین تکامل یابد، احتمالاً زیر یاخته‌هایی وجود داشت؛ اشکالی از حیات که از ساده‌ترین اشکالی که امروز می‌شناسیم بمراتب ساده‌تر بود. اگر آن اشکال را در اختیار داشتیم، می‌توانستیم چیزی شبیه «برداشت اساسی» از زندگی را مبنای کار خود قرار دهیم و اندک اندک بر آن بیافزاییم تا سرانجام به فهم یاخته امروزین نائل آییم. متأسفانه این زیر یاخته‌ها مدت‌ها است از میان رفته‌اند و هیچ اثری از آنها باقی نیست.

البته، می توان یاخته های امروزین را تجزیه کرد، اما بمحض انجام این کار، آنها دیگر زنده نیستند. می توان اجزاء غیر زنده را بررسی کرد، اما حتی این ها نیز بسیار بغرنج هستند و این که چگونه باید از جزء به کل رسید، تا آنجا که به ماهیت آنها مربوط می شود، هنوز خارج از قوه درک ما است. می توان و یروس ها را که بمراتب کوچکتر از یاخته ها هستند بررسی کرد، اما آنها وقتی وارد یاخته ها شدند تازه کار خود را آغاز می کنند و وقتی وارد یاخته ها شدند دیگر از نظر ما پنهان می شوند.

اما اگر طبیعت برداشت های اساسی از حیات را در اختیار ما نمی گذارد و به اصطلاح راهنماهای اصلی هنرمند را به ما نشان نمی دهد، در این صورت شاید بتوانیم برداشت ها و راهنمای های خود را بیافرینیم. ستاره شناسان طرح ساختار شیمیایی احتمالی اقیانوس و جو زمین را به صورتی که احتمالاً میلیارد ها سال پیش از پیدایش حیات بر سیاره ما وجود داشت ریخته اند.

اتم ها و مولکول های ساده اولیه باید در حضور انرژی خورشید گردهم آمده باشند تا مولکول های بغرنج تری را تشکیل دهند. شاید بتوان این را در آزمایشگاه آزمود.

در نیمه دهه ۱۹۵۰، شیمی دانان شروع به بازسازی آنچه احتمالاً زمانی بر روی زمین اتفاق افتاده بود کردند. مخلوطی از مولکول های کوچک عادی را در معرض مقداری انرژی به صورت نور ماوراء بنفش یا جرقه های الکتریکی قرار دادند. پس از یک هفته و اندی، مواد یاد شده را تحلیل کردند و مقادیر کوچکی از مولکول های جدید و بغرنج تر در آن یافتند.

گام بعدی آغاز آزمایش با مخلوطی از مولکول های کوچک و سپس افزودن مقادیر قابل ملاحظه ای از یک یا چند مولکول بغرنج تر تازه تشکیل شده، بود. پس از مدتی، مولکول های بازهم بزرگتری تشکیل شد.

وقتی این روند را بارها و بارها تکرار کردند، شیمی دانان به اسیدهای آمینه که مصالح ساختمانی پروتئین هستند، نوکلئوتیدها که مصالح ساختمانی ژن هستند و حلقه های اتمی مربوط به ماده رنگین در گیاهان و خون دست یافتند.

در پانزده سالی که شیمی دانان کوشیده اند شرایط زمین اولیه را بازسازی کنند بهیچوجه به جانداران واقعی دست نیافته اند، اما دست کم همه مواد که به این طریق به دست آمده اند با مسیر حیات همسو هستند. مولکول های تشکیل شده هر قدر بغرنج تر می شوند ارتباط نزدیک تری را با مولکول های عظیم بافت زنده نشان می دهند.

به نظر می‌رسد که شیمی دانان در راه درست گام برمی‌دارند. آنها ظاهراً روندی را که بیلیون‌ها سال پیش بر زمین عقیم صورت گرفت تکرار می‌کنند، روندی که به پر کردن سیاره ما از حیات منتهی شد. اگر به اندازه کافی به کار خود ادامه دهند، آیا تصویری از خطوط اصلی حیات ارائه خواهند داد و ما را به درک مسئله‌های زیست شناسانه‌ای که خارج از قوه درک ما است، رهنمون خواهند شد؟

یا این که شیمی دانان خود را گول می‌زنند؟

آیا آنها واقعاً می‌دانند چهارمیلیارد سال پیش زمین چه شکلی بوده است؟ آیا واقعاً شرایط اصلی را بازسازی می‌کنند؟ شاید، آنها با علم به این که به کجا می‌خواهند بروند، نادانسته شرایط آزمایش را طوری فراهم می‌آورند که به همانجا هدایتشان کند. چه خوب بود اگر می‌شد راهی برای آزمایش استنتاج‌های شیمی دانان درباره شرایط زمین اولیه پیدا کرد.

فرض کنید نگاهی به فضا بیاندازیم و ماده قبل از پیدایش سیاره‌ها را در برابر خود بیابیم. شاید ترکیب این ماده بتواند به ما بگوید که زمین وقتی برای اولین بار به وجود آمد چه شکلی بود.

در سرتاسر کهکشان یک صد میلیاردها ستاره‌ای ما، ابرهای گردوغبار و گاز با نوعی ترکیب شیمیایی وجود دارد. بنابه دلایلی می‌توان چنین پنداشت که این ابرها عمدتاً از چند عنصر مختلف مثل نیدروژن، اکسیژن، کربن و نیتروژن تشکیل شده‌اند. گاز این ابرها بقدری رقیق است که شیمی دانان و ستاره‌شناسان فکر می‌کردند که گاز تماماً از اتم‌های منفرد تشکیل شده است.

البته، گاه پیش می‌آمد که دو اتم با یکدیگر همراه شوند و بهم بچسبند. در دهه ۱۹۳۰، ستاره‌شناسان توانستند از نوع نوری که از این ابرها ساطع می‌شد حضور ترکیب‌های کربن-نیدروژن (CH) و کربن-نیتروژن (CN) را پیش‌بینی کنند. اما هیچ چیز دیگر کشف نشد. تابش نور را نمی‌توانستند بدقت تحلیل کنند.

اما از آن زمان بعد، ستاره‌شناسان آموخته‌اند موج‌های رادیویی را از فضا دریافت و تحلیل کنند. موج‌های رادیویی را با دقت بمراتب بیشتری از موج‌های نور می‌توان بررسی کرد. هر اتم و هر مولکول اثر خود را بر این موج‌های رادیویی می‌گذارد و می‌توان آنها را به اصطلاح از روی «اثر انگشتشان» تشخیص داد.

در ۱۹۶۳، ستاره‌شناسان ام.آی.تی. (انستیتوی تکنولوژی ماساچوست) به تحلیل

موج‌های رادیویی برخی ابرهای غبار فضایی پرداختند و ترکیب‌هایی شامل اتم اکسیژن و تیدروژن (OH) را در آنها یافتند. از طریق موج‌های عادی نور نمی‌شد آنها را تشخیص داد.

ستاره‌شناسان از این ترکیب‌های دو اتمی خیلی شگفت زده نشدند، اما نمی‌توانستند باور کنند که بیش از دو اتم در یک نقطه جمع شوند و بهم پیوندند؛ این موضوع نمی‌توانست در مورد اتم‌هایی صادق باشد که در اصل آنهمه از یکدیگر دور بودند.

اما اشتباه می‌کردند! در اواخر سال ۱۹۶۸ در دانشگاه کالیفرنیا، «آثار» تعدادی مولکول چند اتمی بر موج‌های رادیویی کشف شد. ابتدا آمونیاک با مولکول‌هایی مرکب از یک اتم نیتروژن و سه اتم تیدروژن (NH_3)، سپس آب (H_2O)، و سرانجام سیانید تیدروژن HCN کشف شد.

در مارس ۱۹۶۹، ستاره‌شناسان واقعاً غافلگیر شدند. آنها با استفاده از رادیوتلسکوپ گرین بنک در ویرجینیای غربی نشانه‌های آلدئید فورمیک را در گاز و غبار فضا کشف کردند. مولکول‌های آلدئید فورمیک از یک اتم کربن، دو اتم تیدروژن و یک اتم اکسیژن (CH_2O_2) تشکیل شده‌اند. هیچکس چنین چیزی را انتظار نداشت. پس از آن، سیانواستیلن (C_3HN)، اسید فورمیک (CH_2O) والکل متیل (CH_4O) کشف شد. مولکول الکل متیل از ۶ اتم تشکیل شده است.

ستاره‌شناسان متعجب متوجه شدند که علم نوینی به نام «شیمی نجوم» یا شیمی فضای متشکل از ماده رقیق متولد شده است. از این گذشته، مولکول‌هایی که آنها کشف می‌کردند احتمالاً در همان مسیر حیات تکامل یافته بودند. آنها در همان مسیری رشد کرده بودند که شیمی دانانی که با مخلوط‌های ابتدایی خود در آزمایشگاه کار کرده بودند به آن اشاره می‌کردند.

پس شیمی دانان خود را گول نمی‌زنند.

آیا این بدان معنی است که اگر دقیق‌تر و از نزدیک‌تر نگاه کنیم می‌توانیم ترکیب‌های مهمی مثل اسیدهای آمینه را که مصالح ساختمانی پروتئین محسوب می‌شود پیدا کنیم؟

در دسامبر ۱۹۷۰، گروهی از دانشمندان آمریکایی به سرپرستی سیریل پونام-

پروما شهابسنگی را که ۲۸ سپتامبر ۱۹۶۹ در استرالیا سقوط کرده بود تحلیل کردند و آثار پنج اسید آمینه را که همگی نزد همه پروتئین‌ها مشترک هستند در آن یافتند. بنابراین، امکان دارد که اگر ابرهای گاز فضا را با دقت کافی بررسی کنیم راهنماهایی را برای درک حیات بیابیم. اگر آنها راهنما هم نباشند، اما می‌توانند اطلاعات کافی به دانشمندان بدهند تا آنها بتوانند این راهنماها را با اطمینان به وجود آورند.

چگونه می‌توان ابرهای گاز را دقیقاً بررسی کرد؟ در درجه نخست، باید از جو زمین که ابهام فراوان به وجود می‌آورد خارج شد. باید از سروصدای رادیویی منحرف کننده زمین نیز دور شد.

اگر می‌شد رصدخانه‌ای را بر ماه قرار دهیم، یا رصدخانه‌ای را در یک ایستگاه فضایی در اطراف زمین قرار دهیم، یا حتی تلسکوپی را در مدار قرار دهیم (دوباره چنین کاری اقدام کرده ولی هر دو بار ناکام شده‌اند)، آنوقت می‌توانستیم تصویرهای فوق العاده واضح‌تر و روشن‌تری از موج‌های رادیویی وارده از ابرها تهیه کنیم. و این امکان وجود دارد که اگر دانش خود را درباره آن ابرهای گاز دوردست افزایش دهیم، شاید بتوانیم درمانی برای سرطان بیابیم یا حتی ماهیت نبوغ را درک کنیم (مثل آن می‌ماند که از زمان آزمایش گاليله با گلوله‌های لغزنده به پرتاب موشک به ماه برویم).

به این ترتیب، می‌بینید که دانش در هر جایی است که بتوان آن را یافت و محدود کردن جستجوی دانش در هر جهتی کار احمقانه‌ای است.

استفاده‌ای که ما از دانش می‌کنیم موضوع دیگری است. این یا آن کاربرد خاص دانش ممکنست بی‌فایده، اسراف‌آمیز یا کاملاً زیانبار باشد. مردم ممکنست بحق از ساختن بمب ثیدروژنی، جمع‌آوری سموم باکتری‌ها، استفاده بی‌ضابطه از حشره‌کش‌ها و پاک‌کننده‌ها متأسف باشند. برای اجتناب از این بدی‌ها، عاقلانه است که بپذیریم دانش خود را با احتیاط و قدرت تمیز بیشتر به کار بندیم — اما از ترس این که مبدا از دانش سوء استفاده کنیم خود را بطور کلی از دانش محروم کنیم، یقیناً مرتکب حماقت جنایتکارانه‌ای شده‌ایم.

می‌توان از چاقو برای تهیه غذا یا کشتن یک آدم استفاده کرد. برای اجتناب از کشتن، آیا باید همه چاقوها را از میان برداشت— یا همه دست‌هایی را که چاقوبه کار می‌برند برید؟

و اما درباره مخارج کسب دانش چه می‌توان گفت؟ اکتشاف فضا کار پرجرعی است و اصلاً نمی‌توان تضمین کرد که در آینده نزدیک سودآور باشد. با این وجود، اکتشاف فضا بر دانش ما می‌افزاید و تحصیل دانش بهیچوجه گرانتر از عدم تحصیل دانش تمام نمی‌شود.

تا همین دو سه سال پیش، هیچ ستاره‌شناسی خواب آن را هم نمی‌دید که رشته او در آستانه تبدیل شدن به عرصه هیجان‌انگیزی از شیمی فضایی ژرف باشد. وجود اسیدهای آمینه را در شهابسنگ‌ها قبلاً هم گزارش کرده بودند، اما آنها را به عنوان نوعی آلودگی رد کرده بودند، ستاره‌شناسان اکنون با علم به آنچه در ابرهای گاز می‌گذرد این شواهد را جدی می‌گیرند. شیمی‌دانانی که در آزمایشگاه راه خود را به سوی مواد شیمیایی حیات می‌گشودند در خلاء کار می‌کردند و نمی‌دانستند آیا کارشان اصلاً معنا و مفهومی دارد یا نه؛ اکنون موج‌های رادیویی که سال‌های نوری با ما فاصله دارند آنها را حمایت می‌کنند.

حتی اگر انسان می‌خواست از شادی و هیجان علم و ماجراجویی محض سر در پی دانش گذاشتن در راهی که ممکنست او را به هر جا بکشاند صرف‌نظر کند، آیا کسی حاضر می‌شد از فایده عظیمی که دانش مطمئناً نصیب همگی ما می‌سازد صرف‌نظر کند؟ کاش انسان فقط می‌توانست به خردی هم شأن دانش خود دست یابد!



۳. شیمی

خاک

تالس، فیلسوف یونانی (۶۴۰-۵۴۶ پیش از میلاد) را معمولاً بنیانگذار سنت علم نوین می دانند. بطور قطع، پیش از او متفکران علمی دیگری هم بودند، چون ریاضی و ستاره شناسی بابل طی یک دوره دو هزار ساله پیش از تالس با رنج و مشقت فراوان اندوخته شد. و مصری ها نیز (دو هزار سال پیش از او) هرم های خود را یقیناً با استفاده از شیوه ای متفاوت با سنگ روی سنگ گذاشتن اتفاقی ساختند.

اما تالس نخستین کسی است که او را به نام و به عنوان فردی می شناسیم که پرسش هایی را درباره جهان مطرح کرد و سپس کوشید با مشاهده و استدلال و بدون استمداد از خدایان پاسخ آنها را بدهد. یکی از پرسش هایی که او مطرح کرد این بود: جهان از چه ساخته شده؟

این پرسشی است که هر کودک کنجکاو ممکنست از خود بپرسد و سپس نگاهی به دور و بر خود انداخته و جواب بدهد: از خیلی چیزها!

اما تالس از این فراتر رفت. او ناهمگنی عظیم و آشکار دنیای پیرامونش را نادیده گرفت و کوشید به هسته پنهان آن رخنه کند. پرسش او در واقع اساساً این بود که آیا جهان از یک ماده واحد ساخته شده و همه چیزهای مختلفی که ما می بینیم فقط گونه های متفاوت آن هستند؟

اگر پاسخ منفی باشد، پس جهان از مواد بی شمار ساخته شده و مناسبات بی شمار میانشان برقرار است. به این ترتیب، جهان ممکنست بیش از آن بغرنج باشد که ذهن انسان بتواند به درک آن نائل آید و بنابراین کنجکاوی انسان راه به جایی نمی برد. در نتیجه، شخص وسوسه می شود که حتی بخاطر حفظ شرف و آبروی انسان هم که شده پاسخ منفی را مردود بشمارد، مگر آن که کاملاً معلوم شود که چاره دیگری نمانده

است.

از سوی دیگر، اگر پاسخ مثبت باشد، پس گواه چنین سادگی خشک و خالی جهان، هر چند این سادگی بیدرنگ آشکار نمی‌شود، کدام است؟ این عقیده محتمل‌تر است که برخی قاعده‌های رفتار، برخی «قانون‌های طبیعت» که به آسانی مفهوم ذهن آدمی می‌شوند بر جهان حکم می‌رانند.

بنابراین، تالس پاسخ داد، «آری».

ولی اگر واقعاً ماده‌ای اساسی وجود دارد که جهان از آن ساخته شده، پس آن ماده چه می‌تواند باشد؟ از نظر تالس که در شهری در کنار دریا زندگی می‌کرد و مردم شهر به دریانوردی بسیار راغب بودند، این ماده جز آب چه می‌توانست باشد.

در زبان لاتین قرن‌های اخیر، ماده اساسی جهان را *elementum* (واژه‌ای که ریشه نامعلومی دارد) می‌خواندند و این واژه اکنون به صورت *element* (عنصر) درآمده است. به این ترتیب، از نظر تالس آب عنصر جهان محسوب می‌شد.

اعتقاد تالس به این موضوع دیگران را کاملاً متقاعد نمی‌ساخت. آب در مقایسه با چیزهای جامد اطرافمان شکل ثابتی ندارد. بنابراین آب ممکنست نماینده نوعی ابتدایی از ماده باشد که انواع برتر ماده را می‌شد از آن پدید آورد — اما هوا حتی از آب هم بی‌شکل‌تر است. آناکسیمنس (حدود ۵۷۰ تا حدود ۵۲۵ پیش از میلاد) احساس می‌کرد که منطقی‌تر آنست که هوا را عنصر جهان بدانیم.

هراکلیت (حدود ۵۴۰ تا حدود ۴۷۵ پیش از میلاد) این خط فکری را حتی به نتیجه منطقی‌تری رساند. آتش حتی از هوا هم بی‌شکل‌تر است. از این گذشته، اگر عنصر جهان به صورت گونه‌های بی‌شمار وجود داشته باشد، پس باید استعدادی ذاتی برای دگرگونی نامحدود داشته باشد و مطمئناً هرکس که به تماشای آتش می‌نشیند قبول دارد که شعله‌های آن دائماً در حال دگرگونی است.

برداشت‌های متضاد درباره ماهیت عنصر جهان ممکن بود بدون این که معلوم شود کدام یک از آنها درست است برای همیشه ادامه پیدا کند. امپدوکلس (حدود ۴۹۰ تا حدود ۴۳۰ پیش از میلاد) که شاید از این مجادله بیهوده به تنگ آمده بود راه میانه‌ای را پیشنهاد کرد. او اظهار داشت که بیش از یک عنصر در جهان وجود دارد. او به عنصرهای پیشنهادی قبلی که همه آنها را می‌پذیرفت خاک را افزود و به این ترتیب بود که آیین «چهار عنصر» رواج یافت.

ارسطو (۳۸۴-۳۲۲ پیش از میلاد)، ترکیب کننده بزرگ علوم یونان، این آیین را پذیرفت و پذیرش او تا دو هزار سال بعد به آن رسمیت بخشید. ارسطو به شیوه معمول خود یادآور شد که هر عنصر جای طبیعی خود را در جهان دارد و جای خود را در اطراف مرکز جهان (که با مرکز زمین یکی بود) اشغال کرده است.

از این چهار عنصر، خاک، فشرده ترینشان، بیش از همه به مرکز نزدیک بود و کره جامد زمین را تشکیل می داد. لایه کروی شکلی از آب خاک را محاصره می کرد و تقریباً آن را بطور کامل می پوشاند. اطراف آب را نیز لایه ای کروی از هوا می پوشاند. تا این جا حتی برای شتابزده ترین مشاهده گران نیز واضح و روشن بود. آتش دشوارتر بود. اگر همان استدلال را ادامه دهیم، باید بگوییم که آتش هم باید در لایه کروی بعد از هوا قرار داشته باشد. و گاه بطور حتم در طول توفان لایه هوا می شکافت و آتش آنسوی آن موقتاً به صورت رعد و برق هویدا می شد.

هر عنصر می کوشد جای خود را پیدا کند. خاک رو به پایین سقوط می کند؛ آب از زیر می جوشد و بالا می آید، هوا و آتش با اشتیاق بیشتر خود را به بالا می کشند. آنسوی کره آتش، آسمان ها قرار دارند. از نظر ارسطو، این ها باید از عنصر مطلقاً متفاوتی ساخته شده باشند، زیرا خاصیت های چیزهای آسمانی تضاد شدیدی با خاصیت های چیزهای زمینی دارند. روی زمین، همه چیز دگرگون می شود و رو به زوال می رود؛ اما در آسمان ها، جسم ها تغییرناپذیر و ابدی هستند. روی زمین، حرکت های طبیعی رو به بالا یا رو به پایین است؛ در آسمان ها حرکت های طبیعی به صورت دایره های بزرگ بی پایان است. بنابراین آسمان ها از عنصر پنجمی ساخته شده اند که ارسطو آن را «اتر» نامید (از واژه ای به مفهوم «درخشیدن»، چون همه جسم های آسمانی می درخشند).

از دیدگاه کنونی علم نوین مَهر باطل زدن بر همه این حرف ها به عنوان نوعی حدس بازی ابتدایی کار آسانی است. انتخاب خاک به عنوان یک عنصر، بخصوص، احمقانه به نظر می رسد. چطور می توان اینهمه ماده جامد را که نه آب و هوا است و نه آتش روی هم ریخت و یک عنصر دانست؟ هرچه باشد، قطعی ترین واری های نشان می دهد که خاصیت جسم های خاکی بطور اساسی از یک نقطه به نقطه دیگر فرق می کند. کانی هایی است که شفاف است، کانی های دیگری است که برق می زند، کانی های دیگر مات است؛ سنگ های بهم فشرده، سنگ های سخت، سنگ های

شکننده وجود دارد؛ آنها به رنگ‌های آبی، زرد و سرخ هستند؛ فلزها هم هستند؛ جانداران هم هستند—

آنوقت، چطور می‌توان در همه این‌ها عنصر مشترکی یافت؟

اما اصل مطلب درباره عنصر همین نکته است که در عین حال که اساساً چیز یگانه‌ای است اما می‌تواند به صورت‌های گوناگون ظاهر شود. عنصر حتی به صورت نخستین خود ممکنست در هیچ جایی وجود نداشته باشد. عنصر «خاک» که باید آن را در گیومه قرار داد تا از خاک عادی متمایز شود می‌توانست چنین عنصر مطلوبی باشد که به صورت خالص وجود ندارد بلکه فقط به صورت گونه‌های ناخالص مختلفی که ما می‌شناسیم دیده می‌شود.

و مطمئناً کلیه گونه‌های نامحدود خاک در اطراف ما دارای یک خاصیت مشترک بودند. همه آنها جامد بودند.

بر فرض که بجای نامگذاری عادی این عنصرها، آنها را از روی متمایزترین خاصیتشان نامگذاری کنند. فرض کنید که یونانی‌ها سه‌تا از عنصرهای خود را خاک، آب و هوا نامگذاری نمی‌کردند بلکه «جامد»، «مایع» و «گاز» می‌خواندند. در این صورت، یونانیان را کسانی می‌شناختیم که ماده را به «حالت‌های» آن تقسیم کرده‌اند، کاری که ما هم امروز انجام می‌دهیم. در مورد «آتش» که اصلاً ماده نیست، اگر یونانی‌ها آن را «انرژی» نامیده بودند از بینش آنها به شگفت در می‌آمدیم— اما اختلاف این دو واژه صرفاً لغوی است و مفهومی نیست.

حتی حدس ارسطو درباره عنصر پنجم در آسمان‌ها خیلی اشتباه نیست. مهم‌ترین جسم‌های آسمانی ستاره‌ها هستند و آنها تا اندازه‌ای از «پلاσμα» و تا اندازه‌ای از «ماده فاسد» تشکیل شده‌اند و این دو را می‌توان حالت‌های چهارم و پنجم ماده دانست. اشتباه ارسطو این نیست که عنصر پنجمی را فرض کرده، بلکه این است که عنصر ششمی را فرض نکرده است.

هر چه به لایه‌های درونی و به مرکز جهان نزدیک‌تر شویم، علاقه مردم عادی به عنصرها بیشتر می‌شود. اتر ممکنست فیلسوف را مسحور خود کند، اما همیشه دور از دسترس اهل عمل است. آتش را می‌شود در برابر چشمان خود گرفت، اما نمی‌شود به آن دست زد. و اگر چه با اطمینان خاطر می‌توان با هوا تماس گرفت، اما کار زیادی نمی‌توان با آن کرد.

آب را آسان‌تر می‌شود به کار گرفت و می‌توان کاری کرد که دستخوش دگرگونی‌های جالب توجهی شود. اگر به اندازه کافی حرارتش دهند، جوش می‌آید و بخار می‌شود؛ اگر به اندازه کافی سردش کنند، یخ می‌بندد. (اگر مردم باستان می‌خواستند این پدیده‌ها را به صورت معادله‌های شیمیایی بنویسند، احتمالاً می‌نوشتند: خاک + آتش $\rightleftharpoons$ آب؛ آب + آتش $\rightleftharpoons$ هوا.)

عنصر خاک بوضوح جالب‌ترین آنها بود. چیزی بود که مردم کوچه و بازار هر روز با آن سروکار داشتند. برخی گونه‌های آن برآستی که با ارزش بود: طلا با ارزش‌ترینشان بود.

طلا گونه شگفت‌انگیزی از خاک بود. درخشش زردرنگ زیبایی داشت؛ تغییر نمی‌کرد، سیاه نمی‌شد، زوال نمی‌یافت. و بسیار کمیاب بود.

این خاصیت‌ها بر رویهم طلا را خواستنی می‌کرد؛ چون به عنوان وسیله مبادله مطلوب بود. مقدار کوچکی از طلای نادر می‌توانست نماینده مقدار بزرگی از هر چیز دیگر باشد و انتقال طلا می‌توانست نشانه انتقال هر چیز دیگر (در جهت مقابل) باشد. این واقعیت که همان «هر چیز دیگر» است که معرف ثروت است و طلا فقط حساب جابجایی ثروت را نگهدارند (مثل ژتون در بازی پوکر) از نظر بیشتر مردم پوشیده بود. از نظر آنها، خود طلا ثروت بود و نظرپردازی‌های مربوط به عنصرهای جهان عمدتاً از این جهت توجهشان را جلب می‌کرد که ممکن بود افزایش اندوخته طلا را میسر سازد.

عمل البته جلوتر از نظریه بود. امکان دارد که برای اولین بار فلز را در حدود ۴۰۰۰ سال پیش از میلاد، یعنی هزاره‌ها قبل از آن که تالس شروع به تفحص در این باره کرد، ذوب کرده باشند. فلزکارها حرفه خود را به شیوه دشوار و تدریجی خطا و آزمون فرا گرفتند، اما یکبار که فرا گرفتند مهارت کافی پیدا کردند. این صنعتگران فقط با فلز سروکار نداشتند؛ شیشه می‌ساختند، آجر می‌پختند و عصاره میوه را تخمیر می‌کردند و کارهای دیگر.

همه این کارها در استعداد ایجاد دگرگونی و آنهم از طریق حرارت دادن خلاصه می‌شد. سنگ تیره‌رنگ را می‌توانستند به فلز درخشان تبدیل کنند؛ و دو فلز (مس و قلع) را می‌توانستند با هم ترکیب کنند تا فلز جدیدی (مفرغ) به دست آید که از برخی جهات بهتر از هریک از والدینش بود.

بنابراین تردیدی نبود که جهان تغییر می کند و می توان این تغییر را با فن هایی که انسان ابداع کرده است جهت داد. آنچه نامعلوم بود محدودیت های این دگرگونی بود. از آنجا که این همه تغییر را می شد ایجاد کرد، این پرسش مطرح می شد که آیا دگرگونی هایی نشدنی نیز وجود دارد؟

آسان تر می توان تصمیم گرفت که چه کاری را می شود کرد تا این که تصمیم گرفت چه کاری را نمی شود کرد. از این رو تعجبی ندارد اگر صنعتگران باستان وقتی دگرگونی های هدایت شده را در اطراف خود می دیدند احساس کنند که طلا را می توان تولید کرد. می شد یک جوری دو یا چند ماده نسبتاً مشترک را تحت شرایط مناسب با هم ترکیب کرد و طلا ساخت. احمقانه و کاملاً برخلاف شواهد موجود بود اگر تصور می کردند که طلا را نمی شود بنحوی تولید کرد.

در هر حال تا زمان شکوفایی علم در یونان، هرگونه کوششی بمنظور ساختن طلا صرفاً از راه آزمون و خطا صورت گرفته بود و هیچ موفقیتی حاصل نشده بود. با تنظیم نظریه چهار عنصر، امیدهای تازه ای برانگیخته شد. شاید ملاحظه این عناصرها صنعتگران را در جهت صحیح، یعنی ساختن طلا، هدایت کرد.

شاید همه مواد واقعی از نسبت های مختلفی از چهار عنصر زمینی تشکیل شده باشند. شاید فقط با تغییر این نسبت ها - افزایش هوا و کاهش خاک - بتوان بطور نمونه سرب را به طلا تبدیل کرد.

پس از ارسطو، طی قرن ها، بررسی شیوه های تبدیل ماده ای به ماده دیگر را در یونانی کیمیا (khymeia) می خواندند. نظریه رایجی در مورد وجه تسمیه این بررسی آن است که چون کسان مهمی در اسکندریه مصر (کانون فرهنگی دنیای یونانی پس از ارسطو) این علم را پیشه خود کرده بودند، واژه کیمیا از «کم» (Khem)، نام بومی مصر، گرفته شده است. امکان قوی تر، هر چند نه به آن اندازه رمانتیک، آن است که واژه مورد نظر از واژه یونانی کیمیا (khyma) به معنی ترکیب کردن یا قالب ریزی فلزات آمده است.

کیمیاگران (khymeists) در زمینه های بسیاری فعالیت می کردند و گاه فعالیت های کاملاً ثمر بخشی داشتند، اما این تبدیل غیر طلا به طلا بود که بیش از هر چیز آنها را مفتون خود می ساخت. از این گذشته، تبدیل غیر طلا به طلا بود که مردم عادی را که از کیمیاگران حمایت می کردند و فکر می کردند به مدد صنعتگری آنها به

ثروت فوری و خیال انگیز دست خواهند یافت، مسحور می ساخت. (در واقع، چنین چیزی هرگز صورت واقعیت به خود نمی گرفت. بر فرض هم که کیمیاگران موفق می شدند سرب یا چوب را به طلا تبدیل کنند و دانش مربوط به این جریان عمومیت می یافت، آنوقت ارزش طلا تا حد ارزش سرب یا چوب تنزل می کرد.)

چراغ علوم یونان در طول قرن هایی که رومی های مشرک و سپس رومی های مسیحی حکم می راندند به خاموشی گرایید. در پی فتوحات اعراب در آسیا و آفریقا بود که نظر پردازی های یونانیان از نو شعله ور شد. در قرن هشتم، دانشمندان نابغه عرب به بررسی کیمی (khymea) پرداختند. آنها کیمی را با صرف تعریف ال در ذهن خود مجسم می کردند. کیمی شد الکیمی (al-khymea) و در تلفظ لاتین الکیمیا (alchemia) شد و به انگلیسی «الکمی» (alchemy) خوانده شد.

یکی از بهترین کیمیاگران عرب جابر بن حیان (حدود ۷۶۰ تا حدود ۸۱۵) بود که اروپایی های قرن های بعد او را جِیبر (Geber) می خواندند. او آزمایشگری دقیق بود. او نشادر را توصیف کرد و نشان داد که چگونه می توان سرب سفید تهیه کرد. حیان سرکه را تقطیر کرد تا جوهر سرکه قوی به دست آورد و تیزاب ضعیف را تهیه کرد.

علاوه بر این، حیان و کیمیاگران عرب دیگری که از او پیروی می کردند ناگزیر به تبدیل غیر طلا به طلا علاقه مند شدند. آنها ژرفتر در ماده غور کردند و برخی برداشت های ارسطویی را مفصل تر بررسی کردند. بطور نمونه، تنوع کافی در مواد زمینی وجود داشت که نشان بدهد که «خاک» ممکنست بیش از یک اصل را دربر بگیرد. (یعنی حاوی «زیر عنصرهایی» باشد).

بطور نمونه، هفت فلز مختلف شناخته شده وجود داشت و آنها می بایست وجه مشترکی داشته باشند یا از «اصل فلزی» مشترکی تبعیت کنند. از این هفت فلز، فلزی که منحصر بفرد بود جیوه بود، چون تنها فلز مایع بود. جیوه شاید نزدیک ترین فلز به اصل فلزی مطلوب بود و کمترین آمیزه جنبه های غیر فلزی خاک را که کلیه گونه های جامد از جمله شش فلز جامد را شکل می بخشید، در خود داشت.

بعلاوه، از آنجا که با استفاده از آتش و حرارت زیاد فلز را از سنگ آن خارج می ساختند، فلزها باید حاوی «اصل احتراق» نیز باشند. گوگرد هم در میان کانی ها غیر معمول بود (هر چند منحصر بفرد نبود)، چون می توانست آتش بگیرد. بنابراین،

گوگرد نزدیک‌ترین کانی به «اصل احتراق» بود.

بنابراین، احتمال می‌رفت که فلزها از آمیزه جیوه و گوگرد تشکیل شده باشند. طلا نماینده بهترین و کامل‌ترین آمیزه بود. دیگر فلزهای جامد نوعی طلای ناقص بودند و فقط مسئله این بود که راهی برای یافتن تناسب‌ها پیدا کرد، یعنی جیوه یا گوگرد را به اندازه اضافه کرد.

تردیدی نیست که جیوه یا گوگرد یا هر دورا به هر نسبتی که تصور کنید به فلزهای گوناگون اضافه کردند و طلا به دست نیامد. آنوقت این احساس به آنها دست داد که ترکیب صحیح تنها در حضور یک واسطه صورت خواهد گرفت. (در اصطلاح امروزی ما می‌گوییم به کاتالیزور نیاز است.)

نظر پردازی‌هایی از این دست را یونانی‌ها آغاز کردند که این کاتالیزور را فلزی خشک تصور می‌کردند. آنها این فلز را اکسیر (xerion) نامیدند که در زبان آنها «خشک» معنی می‌داد. عرب‌ها آن را الاکسیر (al-iksir) تلفظ کردند و ما آن را الیکسیر (elixir) می‌خوانیم. آن را همچنین «سنگ فیلسوف» (کیما) می‌نامند؛ به آن سنگ می‌گویند، چون خشک و سخت است و آن را به فیلسوف نسبت می‌دهند، چون فیلسوف به کسی می‌گفتند که جهان را مطالعه می‌کند. (خاصیت‌های خیال‌انگیز دیگری را به سنگ فیلسوف نسبت می‌دهند، از جمله این که همه بیماری‌ها را مداوا می‌کند و بر طول عمر می‌افزاید. از همین رو است که مکرراً به «اکسیر حیات» اشاره می‌کنند.)

تا هزار سال، کیمیاگران همه وقت خود را صرف یافتن سنگ فیلسوف کردند. موضوع این بود که یک مسئله واحد را بقدری بزرگ کرده بودند که داشت جان این علم را می‌گرفت. شکوه آفرینش طلا و حرص و آرزوستیابی به ثروتی که این روند اسرارآمیز بیار می‌آورد (البته در صورتی که این کار واقعاً مخفی نگهداشته می‌شد و بندرت انجام می‌شد که بسیار بعید می‌نمود)، بیش از آن بود که بتوان در برابرش مقاومت کرد. مثل آن می‌ماند که بخواهند تمام پیشرفت پزشکی را فدای تلاش یگانه برای درمان سرطان کنند؛ یا از کلیه پژوهش‌های نجومی دست بکشند و صرفاً بخواهند ماهیت کوازارها (نوعی ستاره‌نما) را روشن کنند.

اما از این هم بدتر بود، چون درمان سرطان امکان‌پذیر است و ماهیت کوازارها باید کشف شدنی باشد، اما تبدیل غیر طلا به طلا (کاش کیمیاگران این را

می دانستند) دست کم در شرایطی که برای کیمیاگران فراهم بود کاری محال بود. در نتیجه، کیمیاگری به عرصه تاخت و تاز دغل کاران و حقه بازها تبدیل شد و برای آن چند نفر درستکاری که جداً در جستجوی راه حل بودند ماجرای مصیبت باری از آب درآمد. ایزاک نیوتون کبیر نه قرن پس از جابر بن حیان وقت و نیروی ناگفتنی صرف جستجوی بیهوده برای تنظیم شیوه تبدیل غیر طلا به طلا کرد.

با فرا رسیدن قرن هفدهم (قرن نیوتون) روح تازه‌ای از آزمایش‌گرایی در کالبد علم دمیده شد. آنهایی که جهان را مطالعه می‌کردند، بیش از پیش در تصمیم‌گیری عمده درباره شالوده استنتاج از مشاهده و اصل‌های نخستین دچار تردید شدند. بیشتر این تمایل در آنها دیده می‌شد که آزمایش‌هایی را طرح‌ریزی کنند تا مشخصاً آنها را در تصمیم‌گیری‌هایشان راهنمایی کند. بجای گفتن به جهان که از چه تشکیل شده، فروتنی بزرگتر پرسیدن از آن مناسب‌تر به نظر می‌رسید.

در سال ۱۶۶۱ چرخش مهمی صورت گرفت. رابرت بویل، شیمی‌دان ایرلندی (۱۶۲۷-۹۱)، کتابی منتشر کرد که حتی عنوان آن از تحولی تازه خبر می‌داد. کیمیاگری تحت تأثیر مسئله ستوه آور خود آنچنان مفتضح شده بود که حتی نام آن رسوا شده بود. بنابراین، بویل هجای نخست عربی واژه را انداخت و آن را به اصل یونانی خود نزدیک‌تر ساخت (اما بجای حرف یونانی kh ، Ch لاتین را به کار برد). او عنوان شیمی‌دان شکاک را بر کتابش نهاد. از آن پس، کیمیاگران شیمی‌دان (Chemists) شدند و کیمیاگری شیمی (chemistry) خوانده شد.

بویل از آن رو «شکاک» بود که دیگر حاضر نبود کورکورانه نتیجه‌گیری‌های یونانی‌ها را درباره ماهیت عناصرها که از طریق نظرپردازی محض به آن رسیده بودند بپذیرد. در عوض، او ترجیح داد عنصر را به شیوه‌ای عملی و کاملاً تجربی تعریف کند.

عنصر عبارتست از ماده‌ای که در عمل نتوان آن را به دو یا چند ماده بظاهر ساده‌تر تقسیم کرد و در عمل نتوان آن را از دو یا چند ماده بظاهر ساده‌تر ساخت.

از آنجا که مفرغ را می‌توان با ترکیب مناسب مس و قلع ساخت، پس مفرغ عنصر نیست. از آنجا که ماده معدنی مالاشیت را می‌توان تجزیه کرد تا مس و ماده‌های دیگر به دست آورد، پس مالاشیت عنصر نیست. اما از آنجا که مس را نمی‌توان به ماده‌های ساده‌تر تجزیه کرد یا از آنها ترکیب نمود (تا آنجا که به معلومات شیمی دانان

آزمان مربوط می شود)، پس مس عنصر است.

این تعریف، «عنصر» را از قلمرو آرمانی و مطلق خارج ساخت و آن را به اصطلاحی مصلحت‌آمیز که کاملاً به مرحله رشد حرفه بستگی داشت تبدیل کرد. بنابر تعریف بویل و در زمان او، ماده‌های واقعی مثل آب، هوا و آتش همچنان عنصر باقی ماندند. فقط خاک دیگر عنصر نبود.

در میان اجزاء ساده‌تر خاک که ساختار جامد سیاره ما را تشکیل می‌دهد، شخص هنوز می‌توانست در زمان بویل کاملاً بحق بگوید که کانی‌های کوارتز و آهک عنصر هستند. آن موقع، هیچکدام را نمی‌توانستند به ماده‌های ساده‌تر تجزیه کنند. سرانجام آنها را تجزیه کردند و آنوقت بنابر تعریف بویل دیگر عنصر به حساب نیامدند.

در واقع، دلیل نداشت که تصور کنند هر ماده‌ای که زمانی عنصر محسوب می‌شد روزی از عنصر بودن نخواهد افتاد. چیزی را که به علت آن که مرحله رشد حرفه اجازه تجزیه آن را نمی‌داد عنصر به حساب می‌آوردند ممکن بود بعدها در مرحله‌ای پیشرفته‌تر تجزیه کنند. بویل خود ممکن بود کاملاً معقولانه استدلال کند که هفت فلز شناخته شده یقیناً تا سال ۱۶۶۱ عنصر بودند، اما معلوم نبود که از سال ۱۶۶۲ بعد چنین باشند.

از قضا، بویل دقیقاً چنین احساسی داشت. نگرش تجربی تازه‌اش به مسئله عنصر او را متقاعد ساخت که هدف کیمیاگران در تبدیل غیر طلا به طلا غیرممکن است. در سال ۱۶۸۹، بویل از دولت بریتانیا خواست تا قانون منع تولید طلا توسط کیمیاگران را لغو کند، چون احساس می‌کرد این قانون جلو پژوهش در عرصه شیمی را می‌گیرد (دولت این قانون را وضع کرده بود چون می‌ترسید سیل طلای مصنوعی در صورتی که وارد بازار می‌شود بر اقتصاد اثر سوء بگذارد).

در سرتاسر قرن هیجدهم، شیمی‌دانان ماده‌های هرچه بیشتری را کشف کردند که بنابر تعریف بویل عنصر محسوب می‌شوند. تا سال ۱۸۰۳، سی و سه تا از این ماده‌ها که حتی امروز هم عنصر به حساب می‌آیند شناخته شده بودند. اما با این وجود، تعریف عنصر هنوز تجربی و موقتی بود.

در سال ۱۸۰۳، جان دالتون، شیمی‌دان انگلیسی (۱۷۶۶-۱۸۴۴)، برای اولین بار رسماً «نظریه اتمی» را مطرح کرد. این نظریه منطبق با طرز فکر بویل و حتی فیلسوفان یونانی دو هزار سال پیش از او بود. دالتون می‌گفت که ماده تماماً از اتم

تشکیل شده و هر عنصر از اتم‌های نوع متمایزی ساخته شده است. اگر اتم ساده‌ترین ماده ممکن باشد، در این صورت عنصر تا ابد عنصر می‌ماند؛ احتمالاً هیچ عنصری را نمی‌توان به ماده ساده‌تری تجزیه کرد. از این گذشته، اگر نتوان یک نوع اتم را به اتم نوع دیگر تبدیل کرد، یک عنصر را هم نمی‌توان به عنصر دیگری تبدیل کرد و اگر طلا عنصر باشد، پس تبدیل غیر طلا به طلا دیگر محال است. شیمی دانان قرن نوزدهم بسرعت این نظر تازه را پذیرفتند، اما باور آنها براین فرض تکیه داشت که اتم ساده‌ترین ماده‌ای است که می‌تواند وجود داشته باشد و یک نوع اتم را می‌توان به نوع دیگر تبدیل کرد. این را هم نمی‌توانستند معلوم کنند که آیا ماده معینی فقط از یک نوع اتم تشکیل شده (و در نتیجه عنصر است) یا نه، مگر آن که با استفاده از شیوه تجربی آن را به ماده‌های ساده‌تر تجزیه کنند تا خلاف آن ثابت شود. به این ترتیب، تعریف عنصر برغم طرح نظریه اتمی هنوز به مرحله رشد حرفه بستگی داشت.

در سال ۱۸۶۹، دیمتری ا. مندلیف، شیمی دان روس (۱۸۳۴ — ۱۹۰۷)، جدول تناوبی نوین را ابداع کرد. در این جدول، عنصرها بر طبق خاصیت‌های گوناگون خود مرتب شده‌اند. جدول تناوبی آنچنان معقول و سودمند بود (حتی شیمی دانان را به کشف عنصرهای جدید هدایت کرد) که این باور را قویاً تأیید می‌کرد که ماده‌هایی که عنصر پنداشته می‌شدند در واقع نیز عنصر هستند. با این حال این گواهی جدول تناوبی صرفاً ضمنی بود و احتمال را قوی‌تر می‌ساخت، اما هنوز تعریف رضایت‌بخشی مستقل از مرحله رشد حرفه را اجازه نمی‌داد. اما در آخرین دهه قرن نوزدهم، الکترون و رادیو اکتیویته کشف شد. دانشمندان حیرت‌زده دریافتند که اتم ساده‌ترین چیز ممکن نیست، بلکه خود ساختار بفرنجی مرکب از چیزهای ساده‌تر دارد.

در ۱۹۱۳، هنری گوین- جفریز موزلی، فیزیک دان انگلیسی (۱۸۸۷ — ۱۹۱۵)، سرانجام و بطور قطعی تعریف کاملاً دقیقی از عنصر به دست داد. از پژوهش‌های موزلی چنین معلوم شد که عنصر ماده‌ای است که از اتم‌هایی تشکیل شده که همگی آنها حاوی تعداد معینی پروتون در هسته خود هستند. این تعداد پروتون‌ها («عدد اتمی») را می‌توان دقیقاً تعیین کرد. تعداد پروتون در اتم یئدروژن ۱، اکسیژن ۸، آهن ۲۶ و طلا ۷۹ است.

اکنون ۱۰۵ عنصر می‌شناسیم که عدد اتمی آنها از ۱ تا ۱۰۵ است. و حالا تبدیل عنصری به عنصر دیگر ممکن شده است، چون شیوه‌هایی برای تغییر تعداد پروتون‌های هسته اتم‌های معینی در اختیار داریم. در واقع، بسیاری از اتم‌های بغرنج‌تر خود بخود به اتم‌هایی با عدد اتمی متفاوت تجزیه می‌شوند. این تجزیه شدن‌ها همان «دگرگونی‌های رادیواکتیو» است که معمولاً با آزاد شدن انرژی به مقدار نسبتاً عظیم همراه است. بمب اتم نمونه‌ای از تبدل بزرگ مقیاس است. خورشید و دیگر ستاره‌ها در نتیجه تبدل‌های فوق‌العاده پر دامنه انرژی پس می‌دهند.

آیا این بدان معنی است که بالاخره پس از همه این حرف‌ها کیمیاگران «حق داشته‌اند»؟ بله، اما فقط به این مفهوم که هدف نهایی آنها قابل تحقق است، هرچند نه مطابق با شیوه‌هایی که در دسترس آنها بود.

شما ممکنست معتقد باشید که با پریدن به هوا می‌توانید به ماه برسید و ممکنست تمام عمرتان را صرف آن کنید تا با تمام قدرت خود به هوا پیرید و با این حال موفق نشوید. آنوقت اگر نیل آرمسترانگ و یارانش به اتکای تکنولوژی نوین و با موشک به ماه بروند، آیا این بدان معنی است که شما (که بهر حال واقعاً فکر می‌کردید که می‌توان به ماه رفت) «حق داشتید»؟

از تالس تا بمب هسته‌ای!

جهان از عنصرهایی بنیادین تشکیل شده است که تالس در زمان خود نمی‌توانست حتی تصورشان را هم بکند. و تا آنجا که می‌دانیم عنصرهای بنیادین‌تری هم وجود دارد که ما نمی‌توانیم در حال حاضر تصورشان را بکنیم. جستجوی دانش پایانی ندارد — و از این بابت همه ما باید سپاسگزار باشیم.

هوا

یونانی‌ها خیلی باهوش بودند که هوا را عنصر به حساب آوردند؛ اصلاً همین که هوا را بررسی کردند نشان دادند که خیلی باهوش هستند. چون عموم مردم، حتی خود ما با همه تجربه کنونی خود، آن را کاملاً نادیده می‌گیریم. بیشتر مردم به ظرف پر از هوا نگاه می‌کنند و می‌گویند، «خالی است؛ چیزی توی آن نیست.»

در میان همه عنصرهایی که یونانیان بررسی کردند، تنها هوا نامریی است. آب و خاک دورتا دور ما هستند و آنها را می‌توانیم ببینیم و حس کنیم. آتش مریی است و حتی اتر که ارسطو فکر می‌کرد آسمان از آن ساخته شده به صورت خورشید، ماه، سیاره‌ها و ستاره‌های تابان جلوه گر می‌شود.

از این پنج عنصر، تنها هوا هیچ انگاشته می‌شود. در توفان اثر شکسپیر، پروسپرو با ترفند نمایش زیبایی را به اجرا می‌گذارد و آن‌گاه می‌گذارد همه آن ناپدید شود و می‌گوید:

این بازیگران،

همان گونه که گفتم همه ارواح بودند

و در هوا، هوای رفیق،

یعنی در هیچ ذوب شدند.

با این حال هوا هیچ نیست و وقتی حرکت می‌کند، هر چند که شاید نتوان آن را دید، اما می‌توان به آسانی احساسش کرد. وقتی حرکتش به اندازه کافی سریع باشد، شدت بیش از حد آن را می‌توان حس کرد. هرکس که توفند یا گردبادی را از سر گذرانده باشد هرگز منکر نمی‌شود که چیزی نامریی در اطراف ما وجود دارد. با این حال وقتی باد می‌ایستد، بی‌اغراق «در هوا، هوای رفیق» ذوب می‌شود و (ظاهراً)

چیزی برجای نمی ماند.

هرو، مهندس یونانی، که در قرن اول میلادی می زیست، کوشش ویژه‌ای به خرج داد تا در اثر خود به نام هواشناسی که عجیب امروزی به نظر می رسد برداشت غلط مردم را رد کند. او می گوید:

ظرف هایی که بیشتر مردم تصور می کنند خالی هستند خالی نیستند، بلکه پر از هوا هستند... متشکل از ذره هایی ریز و نسبک و اکثراً نامریی.... بنابراین اگر در ظرفی بظاهر خالی آب بریزید، هوا به نسبت آبی که وارد ظرف می شود از آن خارج می شود... پس باید آب را نوعی ماده دانست. هوا وقتی به حرکت درمی آید باد می شود (چون باد چیزی نیست جز هوای در حال حرکت) و اگر وقتی ته ظرفی سوراخ باشد و آب وارد آن شود و دستتان را روی سوراخ بگیرید احساس خواهید کرد که باد از ظرف خارج می شود و این چیزی نیست جز هوا که بیرون رانده می شود...

کاملاً صحیح است و حتی امروز هم بهتر از این نمی توان گفت.

با این وجود، اگر چه هوا ماده است و از نظر یونانی ها عنصری از جهان است، اما از جهت خاصیت های مهم با همه مواد دیگر تفاوت دارد. هوا بدون شکل است. قطعه ای از «خاک»، مثل سنگ، شکل مشخصی دارد که اگر به حال خود گذاشته شود برای همیشه ثابت می ماند. آب شکل همیشگی ندارد اما اگر در ظرفی ریخته شود شکل آن ظرف را به خود می گیرد و آن را بطور نامحدود حفظ می کند. آتش شکلی دارد که مدام تغییر می کند، اما در هر لحظه از زمان شکل مشخصی به خود می گیرد. اتر شکل جسم های آسمانی را به خود می گیرد. فقط هوا است که هیچ شکلی ندارد. در ارسطوره شناسی یونان، جهان ابتدا از آمیزه ای اتفاقی از عنصرهای بی شکل تشکیل می شد. آفرینش جهان در آن هنگام، تا آنجا که می دانیم، آفرینش ماده از هیچ نبود بلکه تحمیل شکل بر ماده بی شکل موجود بود.

از نظر یونانی ها، توده اصلی ماده بی شکل «هرج و مرج» chaos بود و ماده ترتیب یافته و شکل گرفته «کیهان» cosmos بود. از دید بسیاری متفکران، هوا که بی شکل و بی نظم بود بازمانده هرج و مرج اولیه می نمود. در واقع، پاراسلسوس، کیمیاگر سوییسی (۱۴۹۳-۱۵۴۱)، گاه هوا را «هرج و مرج» (که یاس) توصیف می کرد.

چیز دیگری که شیمی دانان اولیه را تحت تأثیر قرار می داد این بود که هوا ظاهراً همیشه هوا باقی می ماند. آب همیشه آب نمی ماند— اگر آن را گرم کنند فوراً به چیزی تبدیل می شود که ظاهراً خاصیت های هوا را به خود می گیرد. در واقع، آب آهسته آهسته به نوعی هوا تبدیل می شود و اگر آن را در ظرفی نگهدارند ناپدید می شود.

اما هوا را نمی شود به نوعی آب تبدیل کرد. اگر آب را حرارت بدهند و «هوایی» که از آن به وجود آمده با هوای معمولی مخلوط شود، آنوقت آن قسمت از هوا را که زمانی آب بود می توان با خنک کردن مخلوط دومرتبه به آب تبدیل کرد. خود هوا، هوایی که همیشه هوا بوده، هوا باقی می ماند.

یان باپتیستا ون هلمونت (۱۵۷۹ — ۱۶۴۴)، شیمی دان فلاندری در سال ۱۶۲۰ این نکته را یادآور شد. او گونه هایی از هوا را که می شد از آب یا از ماده های دیگر گرفت «بخار» نامید. در مورد هوا، او اصطلاح که یاس (هرج و مرج) را که پاراسلوس به کار می برد نگهداشت، اما آن را به سبک فلاندری تلفظ می کرد و همان گونه که تلفظ می کرد می نوشت: «گاز».

اصطلاح گاز فوراً بر سر زبان ها نیافتاد. تا مدتی مدید همه گونه بخار را «هوا» می خواندند. اما وقتی سرانجام این اصطلاح دو قرن پس از آن که اختراع شد رواج یافت، آن را نه تنها به هوا، بلکه به همه مواد هوا مانند اطلاق کردند. از این رو ما اکنون می توانیم بگویم که بخار آب نوعی گاز است.

ون هلمونت کشف کرد که بعضی بخارها نه تنها از این جهت که می توانند به شکل مایع برگردند بلکه از جهت خاصیت های دیگری که دارند با هوا و نه تنها با هوا بلکه با یکدیگر هم فرق می کنند. او بخار سنگینی را کشف کرد که نامش را *soas sxivstre* («گاز چوب») نامید زیرا آن را با سوزندان زغال به دست آورده بود. او بخار دیگری به دست آورد که آن را *gaspinsoue* («گاز چربی») نامید و در نتیجه حرارت دادن به ماده آلی حاصل شده بود.

گاز چوب (که اکنون ما آن را دیوکسید کربن می نامیم) شعله شمع را خاموش می کند، در حالی که هوا این کار را نمی کند. گاز چربی (مخلوطی از آنچه ما امروز آن را ئیدروکربن می نامیم) می سوزد، در صورتی که هوا نمی سوزد.

ون هلمونت و دیگران عمدتاً به علت دشواری های فن بخارهای مختلفی را که او کشف کرده بود بدون بررسی مفصل رها کردند. جدا سازی بخارها دشوار بود، چون

بمحض آن که تشکیل می شدند پخش شده با مقادیر عظیم هوای اطراف درمی آمیختند و ناپدید می گردیدند.

برغم مشاهده های ون هلمونت، همچنان می شد به آسانی باور کرد که هوا ماده واحدی است (اگرچه گونه هایی فرعی را ممکنست برآن تحمیل کنند).

در قرن هفدهم، دانشمندان بطور قطع یاد گرفته بودند بیشتر هوای درون یک ظرف را خالی کنند تا خلاء ایجاد کنند— ظرفی که واقعاً خالی (یا تقریباً خالی) باشد و پراز هوا نباشد. رابرت بویل، شیمی دان ایرلندی (۹۱ — ۱۶۲۷)، پیشگام پژوهش اولیه درباره خلاء، همچنین شیوه فشرده تر ساختن و غلیظ تر کردن هوا را بررسی کرد. بررسی های دقیق او در این زمینه نشان داد که هوا از ذره های کوچکی تشکیل می شود (همان گونه که هرو گفته بود) که با یکدیگر فاصله زیاد دارند و میانشان خلاء وجود دارد. این گام مهمی در جهت تثبیت نظریه اتمی بود.

اما خواه هوا را از درون ظرفی تخلیه می کردند خواه آن را فشرده می ساختند، هوا، هوا باقی می ماند— حال یا هوای رقیق یا هوای غلیظ.

با آغاز قرن هیجدهم، هوا از جهت دیگری توجه دانشمندان را جلب کرد. در این زمان آنها می خواستند بدانند پدیده احتراق چیست. برای اولین بار پس از آزمایش های هرو با بخار، انسان های مبتکری شروع کردند به استفاده از گرما برای جوش آوردن آب و به کار گرفتن بخار انبساط یابنده ای که به این طریق تولید می شد. ماشین های بخار ابتدایی پیش از فرا رسیدن سال ۱۷۰۰ رایج شده بود و روشن بود که آنها فقط تا وقتی کار می کنند که زیر دیگ هایشان آتش شعله ور بماند. بنابراین، علاقه دانشمندان به آنچه باعث می شد برخی مواد بسوزند شدیداً فزونی گرفت.

در حدود سال ۱۷۰۰، گئورگ ارنست اشتال، شیمی دان آلمانی (۱۶۶۰ — ۱۷۳۴)، توضیحی درباره روند احتراق به دست داد. او می گفت که مواد به این علت می سوزند که حاوی چیزی که او آن را «فلوژیستون» (از واژه ای یونانی به مفهوم «آتش زدن») می نامید، هستند.

وقتی ماده ای می سوزد، فلوژیستون خود را از دست می دهد و این خارج شدن سریع فلوژیستون از ماده است که به صورت آتش دیده می شود. از این رو، چوب سرشار از فلوژیستون است، اما خاکستر بجامانده از سوختن چوب طبعاً عاری از فلوژیستون است و بنابراین دیگر نمی سوزد.

در نتیجه طرح نظریه فلورِیستون، هوا نقش جدید و با اهمیتی پیدا کرد. هوا مخزن فلورِیستون پنداشته شد. وقتی کپه‌ای از چوب می‌سوزد، این قطعه‌های رویی است که ابتدا آتش می‌گیرند، زیرا به هوا نزدیک هستند و هوا فلورِیستون آنها را دریافت می‌کند. قطعه‌های زیری آتش نمی‌گیرند، چون به هوا نزدیک نیستند. آنها ممکنست بخار و دود کنند، اما به علت موجود نبودن هوا اگر هم فلورِیستون بیرون بدهند مقدار آن بسیار اندک است. در واقع، «زغالی» که به این طریق به دست می‌آید و سبک‌تر از چوب اصلی است مقدار فشرده‌تری از فلورِیستون در خود دارد و با حرارت بیشتری از چوب می‌سوزد.

مهم‌ترین و پایدارترین خدمت اشتال تشخیص این مطلب بود که زنگ زدن فلزها تا اندازه‌ای به سوختن چوب شباهت دارد. برطبق نظریه او، آهن بطور نمونه پر از فلورِیستون است. وقتی آهن زنگ می‌زند، فلورِیستون آهسته آهسته از آن بیرون می‌ریزد و آهسته‌تر از آن بیرون می‌ریزد که شعله مریی تولید کند. زنگ آهن تولید شده (یا «کالکس»، نامی که آن زمان بر زنگ فلز نهاده بودند) مطلقاً فاقد فلورِیستون است.

هر نظریه با ارزش در تبیین مشاهده‌ها و نظم بخشیدن به واقعیت‌ها طبعاً پرسش‌های تازه‌ای را مطرح می‌کند.

بطور نمونه، درست است که هوا بیدرنگ فلورِیستون را می‌پذیرد، اما فقط مقدار معینی و نه بیش از آن را می‌پذیرد. از اینرو، اگر قطعه چوبی در مخزن محدودی از هوا— بطور نمونه در یک ظرف کوچک سربسته— بسوزد سرانجام از سوختن باز می‌ایستد. هوای اطراف چوب تمام فلورِیستونی را که بتواند دریافت می‌کند و می‌توان آن را «هوای پر از فلورِیستون» نامید. چوب نیم‌سوخته هنوز توانایی سوختن دارد و اگر آن را در مخزن تازه‌ای از هوا قرار دهند با قوت تمام خواهد سوخت.

اگر اینطور باشد، پس «هوای پر از فلورِیستون» چه فرقی با هوای معمولی دارد؟ آیا بجز ناتوانی «هوای پر از فلورِیستون» در تأمین احتراق، خاصیت‌های متفاوت دیگری دارند؟

تا وقتی شیمی دانان شیوه مناسبی برای جداسازی و بررسی گازهایی غیر از هوای معمولی در اختیار نداشتند، پاسخ به چنین پرسش‌هایی دشوار بود. خوشبختانه، در سال ۱۷۲۷، استفن هیلز (۱۶۷۷ — ۱۷۶۱)، گیاه‌شناس انگلیسی، تکنیک لازم برای این

کار را ابداع کرد. او به این فکر افتاد که در ظرف سر بسته ای بخار تولید کند تا با مقدار نامحدود هوا مخلوط نشود. او بخار را از ظرف حاوی آن از طریق لوله ای که زیر آب کرده بود عبور می داد و وارد ظرف دومی می ساخت که سر آن را بسته بود و سطح آن زیر آب قرار می گرفت. حباب های بخار وارد ظرف می شد و آب را بیرون می راند. سپس می شد دری شیشه ای را زیر دهانه باز ظرف لغزاند و آن را بست. به این ترتیب ظرف پر از بخار می شد و فقط اندکی هوا با آن در می آمیخت.

هیلز چندین بخار مختلف را به این طریق تولید کرد اما همچنان مضر بود که آنها گونه های فرعی هوا هستند و از اینرو آنها را بطور کامل بررسی نکرد. خوشبختانه، معاصر جوانترش، ژوزف بلک (۱۷۲۸-۹۹)، شیمی دان اسکاتلندی، از این لحاظ بهتر عمل کرد.

در سال ۱۷۵۶، بلک سنگ آهک معدنی را شدیداً حرارت داد و متوجه شد که سنگ آهک تجزیه شده، گازی از آن خارج شده و آهک بر جای مانده است. اگر آهک را سرد می کرد و آن گاه آن را در معرض گاز آهک قرار می داد، آهک بار دیگر با گاز ترکیب می شد و سنگ آهک از نو تشکیل می شد. این اولین بار بود که ثابت شد گاز می تواند در واکنش شیمیایی شرکت کند.

به علت آن که گاز را می شد «حبس» کرد، یعنی با ماده ای جامد ترکیب کرد و به جزیی از آن تبدیل ساخت، بلک آن را «هوای محبوس» نامید («هوای محبوس» بلک مثل گاز چوب ون هلمونت چیزی است که ما آن را دیوکسید کربن می نامیم).

«هوای محبوس» مانع از احتراق می شد. از این گذشته، وقتی چوب را می سوزانند، «هوای محبوس» تولید می شد. بنابراین آیا امکان داشت «هوای محبوس» در واقع همان «هوای پر از فلوژیستون» باشد؟ یقیناً، چنین چیزی ممکن بود. بلک دست به مشاهده دیگری زد که این امکان را تأیید می کرد. او آهک را در هوای آزاد که چیزی را در آن نسوزانده بودند قرار داد. آهسته آهسته، آهک به سنگ آهک تبدیل شد. از این امر چنین بر می آمد که هوای معمولی حاوی مقدار کمی «هوای محبوس» است. اگر «هوای محبوس» همان «هوای پر از فلوژیستون» باشد، چندان تعجب آور نیست. می شد نتیجه گرفت که حتی پاکترین هوا هم حاوی اندکی فلوژیستون است و آن احتمالاً از کلیه آتش سوزی هایی حاصل شده که در طول تاریخ جورا از فلوژیستون انباشته است.

و با این حال اگر «هوای پر از فلورِیستون» همان «هوای محبوس» باشد، در این صورت هوای محبوس نمی‌تواند فقط هوای معمولی به اضافه فلورِیستون باشد. «هوای محبوس» علاوه بر این که مانع از احتراق می‌شود مشخصاً تفاوت‌های دیگری هم با هوای معمولی دارد. «هوای محبوس» مشخصاً غلیظ‌تر است، تا اندازه‌ای در آب حل می‌شود و با آهک ترکیب می‌شود و مانند آن.

این امر آزمایش دیگری را می‌طلبید که شاگرد بلک، دانیل روترفورد (۱۷۴۹-۱۸۱۹)، شیمی‌دان اسکاتلندی در سال ۱۷۷۲ آن را انجام داد. فرض کنید، شمع در یک ظرف سر بسته بسوزد تا این که از سوختن بایستد. شمع روشن «هوای محبوس» و همچنین «هوای پر از فلورِیستون» تولید می‌کند. «هوای محبوس» را می‌شود با دمیدن آن در محلول آهک به آسانی جدا ساخت. اگر «هوای محبوس» هوای پر از فلورِیستون نیز باشد، در این صورت هر گازی که از محلول آهک خارج شود از فلورِیستون آزاد است و در نتیجه شمع بار دیگر در آن روشن می‌شود.

روترفورد آزمایش را تا آخر انجام داد. او «هوای محبوس» را تولید کرد و آن را جدا ساخت و متوجه شد که پس از جدا کردن آن، بیشتر حجم هوای اصلی باقی مانده است. از این گذشته، هوایی که از محلول آهک بیرون آمد ظاهراً همه خاصیت‌های هوای معمولی را دارا بود؛ از هوا غلیظ‌تر نبود، در آب حل نمی‌شود و با آهک ترکیب نمی‌شد و مانند آن. و با این حال، مانع از احتراق می‌شد.

این گاز جدید بود که «هوای پر از فلورِیستون» به نظر می‌رسید و روترفورد هم همین نام را بر آن نهاد.

«هوای پر از فلورِیستون» روترفورد بهتر از «هوای محبوس» بلک با نظریه فلورِیستون جور درمی‌آمد، اما شکاف کوچکی را در برداشت رایج از هوا به عنوان یک ماده واحد باقی گذاشت. بالاخره، مقادیر کوچکی از «هوای محبوس» در هوا حاضر بود و اکنون آشکار می‌شد که «هوای محبوس» صرفاً هوا به اضافه فلورِیستون نیست بلکه بر رو یهم ماده متمایزی است. در هر حال این حقیقت به قوت خود باقی ماند که «هوای محبوس» هر چند که حاضر بود اما به مقدار بسیار اندک حاضر بود و از اینرو عموماً نادیده گرفته می‌شد.

کشف حیرت‌انگیزتر از این توسط ژوزف پریستلی، شیمی‌دان انگلیسی، از طریق یک رشته رویدادهای اتفاقی صورت گرفت. او کشیشی یونیتری بود که شیمی

سرگرمیش بود. از آنجا که او در همسایگی یک آبجوسازی زندگی می کرد، غله تخمیر شونده، نمونه های فراوانی از «هوای محبوس» برای آزمایش در اختیارش می گذاشت. او شیوه حل شدن آن را در آب مورد بررسی قرار داد (و برآستی که این پریتلی بود که برای اولین بار «سودا» - محلول «هوای محبوس» و آب - را ساخت و آن را به جهانیان عرضه کرد).

اما پریتلی برای آن که از حل بخار در آب پرهیز کند با گذراندن آن از میان جیوه شروع به جمع آوری بخار کرد. برای اولین بار، او توانست بخارهای قابل حل در آب را که امروز به نام آمونیاک، دیوکسید گوگرد و کلروروئیدروژن می شناسیم جمع آوری و مطالعه کند. اما این کار توجه او را به جیوه جلب کرد.

وقتی جیوه در هوا حرارت داده می شود، «کالکس» آجری رنگ بر جای می ماند. بر طبق نظریه فلورزیستون، جیوه حاوی فلورزیستون است که تحت تأثیر حرارت وارد هوا می شود و کالکس بدون فلورزیستون بر جای می گذارد.

در سال ۱۷۷۴، پریتلی مقداری کالکس جیوه را در لوله آزمایش گذاشت و آن را با یک عدسی که نور خورشید را متمرکز می کرد حرارت داد. کالکس باز هم به جیوه تجزیه شد، چون فلز بار دیگر به صورت گلوله های درخشان در قسمت فوقانی لوله آزمایش ظاهر شد، علاوه براین، کالکس در حین تجزیه گازی را از خود خارج ساخت که از جهت کلیه خاصیت های آن شباهت فراوانی به هوا داشت و فقط از یک جهت با آن فرق می کرد.

وقتی پریتلی تراشه سوزان بدون شعله ای از چوب را وارد لوله آزمایش حاوی گاز جدید کرد، تراشه بطرز درخشانی شعله ور شد. از قرار معلوم، فلورزیستون آسانتر وارد گاز جدید می شد تا هوای معمولی. پریتلی به این نتیجه رسید که علت این امر آن است که گاز جدید نسبت به هوا مقادیر کوچکتري از فلورزیستون را در خود دارد. هر چه باشد، آیا گاز جدید از کالکس جیوه که حاوی فلورزیستون نبود و تحت تأثیر حرارت که اجازه می داد تمامی فلورزیستون موجود فرار کند، تشکیل نشده بود؟

گاز جدید به علت آن که حاوی فلورزیستون بسیار اندک بود و شاید هم هیچ فلورزیستون نداشت، فلورزیستون را با حرص و آرزوی خاص می پذیرفت و تکه ای چوب که در هوای معمولی بندرت آتش می گرفت طبعاً در این گاز شعله ور می شد. بنابراین، پریتلی گاز جدید را «هوای بدون فلورزیستون» نامید.

«هوای بدون فلورِیستون» پریستلی در واقع هم نقطه مقابل «هوای پر از فلورِیستون» روترفورد بود. موش ها در هوای دومی می مردند و در هوای اولی عملاً فعال و زبر و زرنگ می شدند. پریستلی سعی کرد مقداری از هوای بدون فلورِیستون را تنفس کند و خود را «سبک و راحت» احساس کرد.

با این حال، نظریه فلورِیستون در سال ۱۷۷۴، درست در زمانی که در اوج موفقیت خود بود می رفت که زیر ضربه های آنتوان لورن لاووازیه (۱۷۴۳-۹۴) شیمی دان فرانسوی، برای همیشه متلاشی شود.

لاووازیه اهمیت اندازه گیری صحیح را قدر می شناخت. البته، تنها او نبود. ژوزف بلک و دیگران نیز در ارتباط با آزمایش های خود اندازه گیری های دقیقی انجام داده بودند. اما لاووازیه منظم تر به آن پرداخته بود و برای آزمون صحت نظریه ها آزمایش های کمی را به کار گرفته بود. بطور نمونه، نشان دادن این که در شرایط معینی چوب به خاکستر تبدیل می شود کافی نبود. موضوع این بود که از مقدار معینی چوب، چقدر خاکستر تولید می شود؟

چنین پرسش هایی نظریه فلورِیستون را فوراً در معرض آزمونی دشوار قرار داد. بطور نمونه، روشن بود که وقتی چوب می سوزد، خاکستر بجا مانده وزن کمتری از چوب اصلی دارد. این مسئله ای نبود، چون چوب وقتی می سوخت بخار و فلورِیستون خود را از دست می داد، بنابراین خاکستر وزن کمتری پیدا می کرد. اما چقدر از کاهش وزن به بخار و چقدر به فلورِیستون مربوط می شد؟

یک راه برای پاسخ دادن وجود داشت. زنگ زدن فلز متضمن از دست رفتن نه بخار بلکه فلورِیستون است. بنابراین هرگونه کاهش کالکس کاملاً منوط به از دست رفتن فلورِیستون است. اما رویدادی غیر منتظره اتفاق افتاد. می شد به آسانی معلوم کرد که وقتی فلزی زنگ می زند، وزنش زیاد می شود. کالکس همواره سنگین تر از فلز اصلی مولد آن است. فقدان فلورِیستون به تنهایی موجب زیاد شدن وزن کالکس است.

بسیاری از فلورِیستون شناسان از مشاهده این امر نتیجه گرفتند که فلورِیستون وزن منفی دارد. از آنجا که هیچ چیز دیگری نبود که این خاصیت عجیب را داشته باشد، نتیجه گیری آنها غیر قابل قبول می نمود.

لاووازیه تصمیم گرفت این مسئله را از راه دیگری بیازماید. او فلزهایی مثل قلع و سرب را در ظرف های سر بسته ای که حاوی هوای اندک بود حرارت داد. هر دو فلز تا

نقطه معینی از سطح ظرف را از کالکس تولید شده خود پوشاندند و پس از آن از زنگ زدن باز ایستادند. اما لاووازیه یک کار دیگر کرد. او ظرف را قبل از آزمایش و پس از آزمایش که کالکس تولید شد وزن کرد. وزن آن هیچ تغییری را نشان نداد.

از آنجا که همه خوب می دانستند که کالکس سنگین تر از فلزی است که آن را تولید می کند، افزایش وزن آن باید دقیقاً معادل کاهش وزن چیز دیگری در درون ظرف باشد. تنها ماده دیگری که در ظرف وجود داشت هوا بود. آیا امکان داشت که کالکس نه به این علت که فلز فلوریزستون خود را به هوا پس می دهد، بلکه به این علت که چیزی از هوا می گیرد، تشکیل شده است؟ اگر اینطور باشد، باید اکنون کمتر از زمانی که ظرف هنوز حرارت داده نشده بود هوا در آن باشد و ظرف باید دارای یک خلاء جزئی باشد.

لاووازیه برای آزمایش این مسئله، در ظرف را باز کرد و هوا به درون آن شتافت. برآستی که خلایی جزئی در ظرف وجود داشت. وقتی لاووازیه ظرف را وزن کرد، معلوم شد که درست به اندازه وزن کالکس به وزن ظرف اضافه شده است.

از نظر لاووازیه و در واقع کلیه شیمی دانان، این ضربه ای مهلک بر نظریه فلوریزستون بود. هرگونه احتراق و زنگ زدن نتیجه ترکیب هوا با ماده ای است که می سوزد یا زنگ می زند. فلوریزستون وجود ندارد یا بهرحال بدون اشاره به آن می توان کلیه واقعیت های مربوط به احتراق را توضیح داد.

با این حال، لاووازیه ناراضی بود. در جریان زنگ زدن یا احتراق، تمام هوا ترکیب نمی شود. تنها حدود یک پنجم آن ترکیب می شود و بنابراین هیچ چیز نمی تواند ادامه احتراق را موجب شود. او این فرض یونانی ها را که هوا ماده واحدی است آنچنان اتفاقی پذیرفته بود که تا مدتی نتوانست متوجه شود که چرا یک پنجم آن باید با چهار پنجم دیگرش رفتار متفاوتی داشته باشد.

در سال ۱۷۷۴، پریتلی از پاریس دیدار کرد و در گفتگویی با لاووازیه آزمایش های اخیر خود با «هوای بدون فلوریزستون» را شرح داد.

لاووازیه از قرار معلوم در یک چشم بهم زدن حقیقت موضوع را دید. یک پنجم هوای معمولی «هوای بدون فلوریزستون» پریتلی و چهار پنجم آن «هوای پر از فلوریزستون» روترفورد است و فقط هوای بدون فلوریزستون در احتراق شرکت دارد. تفاوت این دو «هوا» در مقدار فلوریزستون محتوی آنها نبود، چون لاووازیه خود بطرز

قانع کننده ای ثابت کرده بود که فرض وجود فلورِیستون لزومی ندارد. او برعکس به این نتیجه رسید که این دو «هوا» مواد مطلقاً متفاوتی هستند؛ عنصرهای مختلف هستند؛ و یونانی ها و همه پیروان آنها اشتباه کرده بودند که هوا را ماده واحدی فرض می کردند. لاوازیه برای تأکید بر این تفاوت، دو نام مختلف به این دو «هوا» داد. او «هوای بدون فلورِیستون» را اکسیژن نامید که از یونانی گرفته شده بود و «تولید کننده ترشی» معنی می داد، زیرا معتقد بود که این ماده جزء اساسی اسیدها است. او از این لحاظ اشتباه می کرد، اما واژه اکسیژن همچنان به کار برده شد.

لاوازیه «هوای پر از فلورِیستون» روترفورد را ازت نامید که ریشه یونانی داشت و به معنی «عاری از حیات جانوری» بود چون اگر جانوران آن را تنفس می کردند می مردند. اما این نام باقی نماند. از آنجا که ماده مورد نظر جزیی از نیتروژن معدنی معمولی است، آنرا نیتروژن («تولید کننده نیتروژن») نامیدند. با این حال مواد آلی حاوی نیتروژن هنوز هجای ازورا به یاد بود لاوازیه در نام خود حفظ کرده اند.

لاوازیه برای تأکید بر این واقعیت که هوا یک عنصر نیست، بلکه عمدتاً مخلوطی از دو عنصر است (به اضافه مقادیر کوچکی از عنصرهای دیگری که یک قرن دیگر طول کشید تا شناخته شدند)، دیگر اصطلاح «هوا» را برای بخار به کار نبرد. او اصطلاح ون هلمونت، یعنی گاز، را بر کلیه مواد هوا مانند نهاد و آن را در میان شیمی دانان رایج ساخت.

روترفورد کاشف نیتروژن و پریستلی کاشف اکسیژن شناخته شده اند، اما لاوازیه از هر دو آنها مهم تر بود. او از جهات بسیار به شیمی خدمت کرد: تأکید بر اندازه گیری، ابداع نظام نوین نامگذاری مواد شیمیایی، اعلام اصل مهم بقاء جرم، نگارش نخستین متن درسی شیمی نوین و مانند آن.

با این حال، غور و تعمق او در ماهیت احتراق به تنهایی کافی بود تا شیمی دانان را در بررسی خود از ساختمان جهان در مسیر صحیح قرار دهد، مسیری که از آن پس هرگز از آن منحرف نشده اند. بنابراین، کاملاً حق داریم که او را «پدر شیمی نوین» بشناسیم.

و او کار خود را با بررسی دقیق هوا، که حتی در حال حاضر از نظر بیشتر مردم هیچ انگاشته می شود، به ثمر رساند.

آب

یونانی‌ها عنصرها (خاک، هوا، آب و آتش) را مؤلفه‌های اساسی جهان می‌دانستند، اما آنها را لزوماً ماده‌های مستقل نمی‌شناختند. شواهد فراوانی حاکی بود که ماده‌ای را می‌توان به ماده‌ی دیگر تبدیل کرد.

افلاطون، فیلسوف یونانی (۴۲۷ — ۳۴۷ پیش از میلاد) در دیالوگ خود به نام تیمایوس مشخصاً چنین می‌گوید: «... آب ... اگر مذاب و پراکنده شود به صورت بخار و هوا درمی‌آید. هوا نیز اگر شعله‌ور گردد آتش می‌شود؛ و باز آتش هرگاه غلیظ و خاموش شود بار دیگر به صورت هوا درمی‌آید؛ و باز هوا اگر جمع و غلیظ شود ابر و مه تولید می‌کند و از این‌ها، وقتی باز هم بیشتر فشرده شوند، آب جاری می‌شود و از آب بار دیگر خاک و سنگ پدید می‌آید...»

نمونه‌هایی از چنین تبدیل‌های متقابل را همه می‌شناسند. اگر آب را در ظرف سرباز بگذارید، آهسته آهسته محو می‌شود و می‌توان استدلال کرد که به هوا تبدیل شده است. وقتی ابتدا ابر و سپس باران از هوای رقیق بیرون می‌آید، می‌توان گفت که عکس روند فوق با همان روشنی و قطعیت اتفاق می‌افتد. بسیاری از مواد خاک را وقتی به آب اضافه کنید ظاهراً محو می‌شوند و شاید بهترین تعبیر این باشد که آنها به آب تبدیل شده‌اند. و اگر آب دریا تبخیر شود لایه‌ای بر جای می‌ماند و مثل آن است که مقداری از آب به خاک تبدیل شده است.

کوه آتشفشان نه تنها گدازه، بلکه بخار و شعله آتش بیرون می‌دهد — هوا و آتش از خاک پدید می‌آید. رعد و برق می‌تواند باران، تگرگ، و برق بیافریند؛ بنابراین آب، خاک و آتش از هوا حاصل می‌شوند. (این برداشت قدیمی از ماده هنوز هم در میان ما رواج دارد و آن وقتی است که از توفان شدید به عنوان «خشم عناصر» یاد می‌کنیم.)

اما اگر این عنصرها قابل تبدیل به یکدیگر باشند، آیا یکی از آنها مهمتر از بقیه است؟ آیا سه تای آنها صرفاً گونه‌های عنصر اساسی چهارمی هستند؟ آیا ماده اساسی‌تر یا عنصری برتر وجود دارد که هر چهار عنصر فقط گونه‌هایی از آن باشند؟ فیلسوفان یونانی می‌توانستند تا ابد بر سر چنین موضوع‌هایی با یکدیگر جروبحث کنند، اما تا وقتی به این قانع بودند که به مشاهده و استدلال بسنده کنند، نمی‌توانستند به هیچ نتیجه‌ای برسند. اولین کسی که سعی کرد دست به آزمایش واقعی و مفصل موضوع بزند، یان باپتیستا ون هلمونت (۱۵۷۹-۱۶۴۴)، کیمیاگر فلاندری بود.

در حدود ۱۶۲۰، هلمونت آزمایش خود را با کشت نهال درخت بید در دلو بزرگی از خاک آغاز کرد. او درخت بید و خاک را جداگانه اندازه گرفت و روی خاک را بدقت پوشاند تا هیچ ماده دیگری در دلو نیافتد و شیوه تغییر وزن درخت و خاک را برهم نزند. ملاحظه می‌کنید که اگر گیاه رشد یابنده ماده خود را از خاکی که در آن رشد می‌کند بگیرد (همان‌طور که در وهله اول معقول به نظر می‌رسد)، در نتیجه خاک باید وزن کم کند و گیاه رشد کند.

طبعاً ون هلمونت باید درخت را آب می‌داد؛ در غیر این صورت درخت رشد نمی‌کرد. او مدت ۵ سال درخت را آب باران داد. درخت رشد کرد و شکوفا شد و در پایان این مدت، هلمونت درخت را بدقت از دلو خارج ساخت، خاک را از ریشه‌هایش سترد و درخت را وزن کرد. ظرف ۵ سال، درخت $74/3$ کیلوگرم به وزن خود اضافه کرده بود. از سوی دیگر، خاک فقط $56/7$ گرم از وزن خود کم کرده بود.

ون هلمونت نتیجه گرفت که درخت بید ماده خود را از آب گرفته است، چون این تمام آنچیزی بود که او به مجموعه گیاه و خاک اضافه کرده بود. ثابت شد — بطور تجربی ثابت شد — که آب می‌تواند به ماده خاکی بافت گیاه تبدیل شود و ون هلمونت مجاب شد که آب عنصر اساسی و ماده نخستین جهان است.

(در واقع، ون هلمونت مرتکب این اشتباه شد که اهمیت این واقعیت را که هوا نیز در دسترس گیاه قرار می‌گیرد دست کم گرفت. ما اکنون می‌دانیم که بخش عمده‌ای از ماده گیاه از دیوکسید کربن جو گرفته شده است. درست در حدود همین زمان است که دیوکسید کربن کشف و بررسی شد. چه کسی این کار را کرد؟ از قضا، خودیان-باپتیستا هلمونت.)

در هر حال، ون هلمونت در پایان یک دوره زندگی می‌کرد. یک نسل پس از

مرگ او، برداشت‌های تازه‌ای از عنصرهای مختلف رواج یافت. رابرت بویل (۱۶۲۷-۱۶۹۱)، شیمی‌دان ایرلندی، این طرز فکر را رایج ساخت که هر عنصر را نه از روی استنتاج بلکه از طریق آزمایش می‌توان تشخیص داد. چیزی را که نمی‌توان در آزمایشگاه ساده‌تر کرد باید عنصر دانست. از این دیدگاه، خاک عنصر نیست بلکه آمیزه‌ای از چند عنصر است (فصل پیشین تحت عنوان خاک را ببینید).

این گفته که آب را می‌توان به خاک تبدیل کرد در شیمی نوین مفهوم تازه‌ای دارد. آب را به کدام یک از عنصرهای خاک می‌توان تبدیل کرد؟ و کدام ساده‌تر و بنابراین عنصر است، آب یا عنصر خاص خاکی که آب به آن تبدیل می‌شود؟ با این حال، بسیاری از شیمی‌دانان به نظرات کهنه چسبیدند و خود را به عقاید پر سر و صدای بزرگان قدیم، عقایدی که آنقدر کامل و نهایی به نظر می‌رسید، دلخوش ساختند. آنها طبعاً از شیوه‌های جدید که متضمن آزمایش‌های مدام و دگرگونی دایمی دیدگاه بود ناراحت بودند.

حتی در سال ۱۷۷۰، وقتی هفده ماده جامد مختلف را به عنوان هفده عنصر مختلف می‌شناختند و وقتی گازهای مختلف در آستانه آن قرار داشتند که به عنوان عنصر شناخته شوند. برخی‌ها هنوز پایبند تصورات کهنه بودند و به شیوه قدیم معتقد بودند که آب را می‌توان به خاک تبدیل کرد.

بهر حال، آنها خود را تا این حد وفق داده بودند. آنها به شواهد تجربی استناد می‌جستند. بارها دیده شده بود که اگر آب را برای مدتی مدید در یک ظرف شیشه‌ای بجوشانند، حداقل مقداری از آب به صورت ذره‌های جامد سخت و جمع می‌شود. این ذره را می‌شود آشکارا دید و حضورشان را نمی‌توان منکر شد.

در هر حال، در سال ۱۷۷۰، انسان طراز نوینی به صحنه آمده بود. آنتوان لورن لاووازیه (۱۷۴۳-۱۷۹۴)، شیمی‌دان فرانسوی، با دید تازه و نیرومندی به علم شیمی می‌نگریست. از نظر او، آزمایش باید کمی باشد؛ باید دقیقاً «چقدر؟» را معلوم کند. قبل از او کسانی بودند که به آزمایش‌های کمی دست زده بودند؛ بطور نمونه می‌توان از ون هلمونت و بویل نام برد. اما این لاووازیه بود که آنچنان منظم به آن پرداخت و اهمیت اندازه‌گیری در شیمی را آنچنان بدرستی اثبات کرد که آن را برای همیشه به جزء لاینفک این علم تبدیل ساخت.

پس چرا از اندازه‌گیری برای تفسیر آزمایشی که در آن آب دست کم تا اندازه‌ای به

خاک تبدیل می شود کمک نگرفت؟

لاووازیه آزمایش خود را با ظرف شیشه ای بزرگ و تمیزی که آن را دقیقاً وزن کرده بود آغاز کرد. او آب در ظرف ریخت، آن را حرارت داد تا هوای درون ظرف بیرون رانده شد و جای خود را به بخار داد. آنوقت، سرظرف را بست و آن را با آب درونش وزن کرد. او با کم کردن وزن ظرف خالی، وزن آب را به دست آورد.

او آن گاه ظرف را بیش از سه ماه حرارت داد. در طول این مدت آب آرام و مدام می جوشید. بخار در بالای ظرف جمع می شد و به پایین ظرف هدایت می شد تا دوباره آب شود و جوشانده شود. طی این دوره، دانه های متمایز ماده جامد در ظرف ظاهر شد.

بعد از ۱۱۰ روز، لاووازیه آتش را خاموش کرد و ظرف را گذاشت تا خنک شود. او ظرف را با محتوای آب آن دوباره وزن کرد و معلوم شد که کل وزن ظرف به اضافه آب به میزان قابل توجهی تغییر نکرده بود. وقتی ماده جامد را از ظرف خارج ساخت، متوجه شد که وزن آب نیز تغییر نکرده است. اما وزن ظرف شیشه ای خالی و خشک شده به اندازه ۲/۲ گرم کاهش یافته بود.

اکنون روشن بود که چه اتفاق افتاده است. مقداری از ماده ظرف شیشه ای به دلیل آن که مدتی طولانی در معرض آب گرم قرار گرفته بود فرسوده شده بود. ذره های جامد از شیشه بود و از آب نبود و آب به خاک تبدیل نشده بود. این شکست نهایی تصورات قدیمی یونانی در باره عناصرها بود.

در سرتاسر دهه ۱۷۷۰، مفهوم تازه عنصر از تأیید باز هم بیشتری برخوردار شد. عنصرهای گازی مختلفی کشف شد و در ۱۷۷۴ لاووازیه شواهد نیرومندی ارائه داد مبنی بر این که هوا نیز مانند خاک دیگر عنصر نیست (فصل پیشین تحت عنوان هوا را ببینید). بنابه اعتقاد او، هوا مخلوطی از دو عنصر است که او آنها را اکسیژن و ازت نامید (ازت را اکنون نیتروژن می نامند).

حال که خاک و هوا از فهرست عناصرها خارج شده بود، چه بر سر آب می آمد؟ آیا آب مطابق با مفهوم تازه واژه عنصر، عنصر به حساب می آمد؟ آیا آب را می شد به ماده های ساده تر تجزیه کرد؟

این پرسش زمانی مطرح شد که بسیاری از شیمی دانان بویژه در انگلستان از نظریه فلوژیستون که در آن زمان سه ربع قرن از عمرش می گذشت، طرفداری می کردند. آنها خیال می کردند که احتراق متضمن انتقال ماده ای ظریف، بی وزن و مایع به نام

فلوژیستون از ماده‌ای به ماده دیگر است.

هوای معمولی فلوژیستون را از مواد سوختی مثل چوب یا نفت می‌پذیرد و از اینرو احتراق را موجب می‌شود. وقتی هوا تمام فلوژیستونی را که می‌تواند در خود جای دهد پذیرد، دیگر فلوژیستون بیشتری نخواهد گرفت و دیگر احتراق را موجب نمی‌شود. این هوای «پراز فلوژیستون» را در واقع آماده و به صورت خالص جدا ساخته بودند. از سوی دیگر، اگر هوا همان مقدار فلوژیستون اندکی را که در شرایط عادی در خود جای داده بود از دست می‌داد به «هوای بدون فلوژیستون» تبدیل می‌شد و با شدت و حدت خاصی احتراق را موجب می‌شد. این هوا نیز آماده و جدا شده بود.

استدلال لاووازیه به این نتیجه‌گیری منتهی شد که «هوای پراز فلوژیستون» و «هوای بدون فلوژیستون» واقعاً دو عنصر مختلف گازی، یعنی نیتروژن و اکسیژن هستند، اما شیمی دانان انگلیسی تا مدتی این نتیجه‌گیری را قبول نمی‌کردند.

یکی از این فلوژیستون شناسان یک‌دنده انگلیسی، هنری کاوندیش شیمی دان (۱۷۳۱-۱۸۱۰) بود. در سال ۱۷۶۶، او برخی فلزها را با اسید ترکیب کرد و متوجه شد که گازی خارج می‌شود که بی‌نهایت آتش‌گرفتنی است. او آن را «هوای آتش‌گرفتنی» نامید. در واقع، این گازپیش از این توسط چند شیمی دان از جمله بویل مشاهده شده بود، اما کاوندیش اولین کسی بود که آن را بدقت توصیف کرد و با آن کار کرد، بنابراین او را معمولاً کاشف این گاز خوانده‌اند.

کاوندیش شیفته خاصیت‌های غیرعادی «هوای آتش‌گرفتنی» شده بود. اولاً، از هوا بسیار بسیار سبک‌تر بود. ثانیاً، بسیار آسان و حتی بطور انفجارآمیز آتش می‌گرفت.

برطبق نظریه فلوژیستون، مواد قابل احتراق حاوی فلوژیستون هستند. خارج شدن فلوژیستون از ماده بود که شعله برمی‌انگیخت. اما برفرض که بتوان خود فلوژیستون را جدا ساخت و آن را بدون مداخله هرگونه ماده بیحرکت همراه مانند چوب یا نفت به هوا منتقل ساخت؟ آیا نتیجه آن احتراق بویژه فوری و حتی انفجارآمیز خواهد بود؟ آیا امکان دارد که «هوای آتش‌گرفتنی» سبک و قابل احتراق واقعاً همان فلوژیستون باشد؟

وقتی «هوای آتش‌گرفتنی» بسوزد، حال چه فلوژیستون خالص باشد چه صرفاً گازی با محتوای فلوژیستون فوق‌العاده زیاد، محصول نهایی باید «هوای پراز فلوژیستون» باشد.

برخی شیمی دانان سوختن «هوای آتش‌گرفتنی» را مشاهده کرده بودند، اما در مورد محصول نهایی آن به نتیجه‌ای نرسیده بودند. آنها با مقادیر اندک کار می‌کردند و فقط

نشانه‌هایی از محصول نهایی باقی می‌ماند. در برخی گزارش‌ها از تشکیل قطره‌های مایع پس از سوختن «هوای آتش‌گرفتنی» صحبت شده بود، اما هویت این مایع بهیچوجه روشن نبود.

کاوندیش نیز به چنین آزمایش‌هایی دست زده بود اما به نتایج روشنی نرسیده بود. او به نتایج اولیه می‌اندیشید و به آزمایش‌های خود ادامه داد تا بالاخره توانست مسئله را موافق میل خود حل کند.

سرانجام در سال ۱۷۸۴، اوزیرپای خود را به اندازه کافی محکم احساس کرد تا آنچه را انجام داده بود گزارش دهد. او با مقدار زیادی «هوای آتش‌گرفتنی» و مقدار فراوانی هوای معمولی شروع کرد. وقتی تمام «هوای آتش‌گرفتنی» در شرایطی که بمنظور حفظ محصول نهایی فراهم شده بود سوخت، متوجه شد که حدود ۷ گرم مایع در ته ظرف جمع شده است. این مقدار برای تحلیل کافی بود و نتایج آن حیرت‌آور و آب‌تولید کرده بود. کاوندیش سعی کرد این پدیده را برحسب نظریه فلورِ یستون توضیح دهد.

فرض کنید که آب در حالت عادی خود حاوی مقدار معینی فلورِ یستون است، منتها نه آن قدر که آب را قابل احتراق سازد.

سپس فرض کنید که مقدار زیادی فلورِ یستون را بتوان وارد آب کرد. آب با داشتن مقدار زیادی فلورِ یستون تمایل شدید دارد که مقدار اضافی را به‌سبب از دست بدهد و این امر آن را قابل احتراق خواهد ساخت. در واقع، آب با محتوای فوق‌العاده زیاد فلورِ یستون همان «هوای آتش‌گرفتنی» است.

از طرف دیگر فرض کنید که بنحوی آب را وادار کردیم فلورِ یستون را که معمولاً با خود حمل می‌کند از خود خارج کند. در این صورت، آب تمایل شدیدی به جذب دوباره فلورِ یستون خواهد داشت. در این «آب بدون فلورِ یستون»، چیزها می‌سوزند. در واقع، «آب بدون فلورِ یستون» ممکنست همان چیزی باشد که «هوای بدون فلورِ یستون» خوانده می‌شد.

پس بگذارید بجای «هوای آتش‌گرفتنی» بنویسیم «آب + ف» (ف نشانه فلورِ یستون است) و بجای «هوای بدون فلورِ یستون» بنویسیم «آب - ف». وقتی «هوای آتش‌گرفتنی» می‌سوزد تا آب بدهد، آنچه اتفاق می‌افتد، بنابر نظر کاوندیش، عبارتست از:

$$(آب + ف) + (آب - ف) = آب$$

از لحاظ ریاضی، می‌بینیم که «ف + ف» یکدیگر را خنثی می‌کنند. از لحاظ

شیمیایی، می‌بینیم که فلورِیستون اضافی «هوای آتش‌گرفتنی» به «هوای بدون فلورِیستون» منتقل می‌شود و آب با اندک فلورِیستون درون آن بر جای می‌ماند. — البته، آب همچنان عنصر باقی می‌ماند و فقط بر اثر محتوای فلورِیستون متغیر خود تعدیل می‌شود.

این فرمول خیلی تر و تمیزی است، اما اگر بخواهیم آن را سر پا نگهداریم، یک دنیا آشفتگی و گیجی به بار می‌آورد. اگر «هوای بدون فلورِیستون» و «آب بدون فلورِیستون» یکی باشند، آنوقت اگر فلورِیستون به آنها اضافه کنیم، هوا تولید می‌شود یا آب؟ اگر «هوای آتش‌گرفتنی» بسوزد بطور قطع آب تولید می‌کند، اما اگر زغال بسوزد، «هوای بدون فلورِیستون» همه فلورِیستونی را که بتواند جذب می‌کند و هرگز ذره‌ای آب هم تولید نمی‌کند.

لاووازیه بیدرنگ از آزمایش‌های کاوندیش باخبر شد، اما آنها را مطابق با نظریه فلورِیستون تعبیر نکرد. او کاملاً متقاعد شده بود که چیزی به نام فلورِیستون وجود ندارد. هوا از نیتروژن و اکسیژن تشکیل شده است و احتراق عبارتست از ترکیب ماده سوزنده با اکسیژن.

لاووازیه آزمایش کاوندیش را تکرار کرد و بر تولید آب صحه گذاشت و آن را اینطور تعبیر کرد که «هوای آتش‌گرفتنی» با اکسیژن ترکیب می‌شود تا آب تولید کند. او «هوای آتش‌گرفتنی» را از نونا مگذاری کرد و آن را «ثیدروژن» نامید که به یونانی «آب‌زا» معنی می‌دهد و از آن پس مصطلح شده است.

در نظام لاووازیه، سوختن ثیدروژن اهمیت تازه و بیش از پیش پیدا کرد. این بدان معنی بود که آب عنصر نیست، بلکه ترکیب دو ماده ساده‌تر، یعنی عنصرهای ثیدروژن و اکسیژن است.

ابراز این عقیده که آب ماده‌ای مرکب است و نه یک عنصر به همه شواهدی که شخص بتواند گرد آورد نیاز دارد. لاووازیه پس از آن که ثابت کرد ثیدروژن و اکسیژن ترکیب می‌شوند و آب تولید می‌کنند، سعی کرد ثابت کند که آب را می‌توان از نوتجزیه کرد تا ثیدروژن و اکسیژن به دست آورد.

لاووازیه توانست این کار را انجام دهد، منتها بطور ناقص. او بخار آب را از لوله حرارت دیده تفنگی گذراند و آهن داغ لوله اکسیژن را از بخار بیرون کشید. این که چنین چیزی اتفاق افتاد یا نه را می‌شد بطور غیر مستقیم از روی پیدایش سریع زنگ بر سطح

داخلی لوله ثابت کرد، چون در شیمی لاووازیه، زنگ ترکیبی است از آهن و اکسیژن. مطمئناً اکسیژن به عنوان یک گاز تجزیه نشد و تشکیل آن بطور مستقیم ثابت کرد که آنچه پس از خارج شدن اکسیژن در انتهای دیگر لوله از آب بجای می ماند ئیدروژن است. آخرین میخ تابوت افسانه عنصر بودن آب در سال ۱۸۰۰ شش سال پس از مرگ غم انگیز و بی دلیل لاووازیه دریای گیوتین در جریان انقلاب فرانسه کوبیده شد. در سال ۱۸۰۰، الساندرو ولتا (۱۷۴۵-۱۸۲۷)، فیزیک دان ایتالیایی، نخستین پیل الکتریکی را اختراع کرد، وسیله ای که جریان قابل استفاده ای از برق تولید می کرد. خبر اختراع ۲۰ مارس به انگلستان رسید و دوم ماه مه ویلیام نیکولسون (۱۷۵۳-۱۸۱۵)، شیمی دان انگلیسی و همکارش آنتونی کارلیسل (۱۷۶۸-۱۸۴۰)، جراح انگلیسی، پیل خود را ساختند.

نیکولسون و کارلیسل از پیل برای عبور دادن جریان برق از میان آب استفاده کردند و متوجه شدند که حباب های گاز از آب خارج می شود. پژوهش های بعدی بزودی نشان داد که این حباب ها از ئیدروژن و اکسیژن ساخته شده اند و جدا کردن آنها از یکدیگر کار دشواری نیست. آب «الکترولیز» شده و نظر لاووازیه بیچون و چرا به ثبوت رسیده بود.

اما به چنین شهادتی نیاز نبود، چون کار لاووازیه خود متقاعد کننده بود. بعضی از شیمی دانان سرسختانه به راه خود رفتند، اما نسل جدید نسل لاووازیه بود. کاوندیش وقتی در سال ۱۸۱۰ درگذشت، آخرین فلور یستون شناسان بود.

کشف ماهیت مرکب آب توسط لاووازیه (که در نتیجه کشف قبلی ماهیت حقیقی هوا توسط خود او میسر شد) از دو جهت اهمیت حیاتی داشت.

لاووازیه دریافته بود که وقتی فعل و انفعال های شیمیایی در نظام بسته ای انجام می شود، جرم (مقدار ماده موجود در هر جسم) صرف نظر از نوع فعل و انفعال تغییر نمی کند. آیا این امر عمومیت داشت یا فقط در مورد ماده های معدنی ساده ای که شیمی دانان با آنها کار می کردند صادق بود؟

وقتی زغال می سوزد، اکسیژن مصرف و دیوکسید کربن تولید می شود. وقتی جانوران (از جمله انسان) تنفس می کنند، اکسیژن مصرف و دیوکسید کربن تولید می شود. لاووازیه می پرسید که آیا نباید چنین نتیجه گرفت که تنفس نوعی احتراق است که در بافت زنده صورت می گیرد و آیا مقدار ماده موجود در بدن نیز ثابت باقی نمی ماند (یعنی آیا ماده «باقی» نمی ماند)؟

در فاصله سال های ۱۷۸۲ تا ۱۷۸۴، لاووازیه و همکارش پیرسیمون دولاپلاس (۱۷۴۹-۱۸۲۷) — که در سال های بعد در مقام ستاره شناسی بزرگ شهرت فراوان یافت — مقدار اکسیژن مصرف شده و دیوکسید کربن تولید شده توسط یک خوکچه هندی را اندازه گرفتند و گرمای حاصل از آن را با گرمای حاصل از سوخت کربن معمولی در شرایطی که همان قدر اکسیژن را مصرف می کند مقایسه کردند.

نتایج به دست آمده حیرت آور بود. مقداری از اکسیژن مصرف شده توسط خوکچه هندی به دیوکسید کربن تبدیل نشد. آیا مقداری از اکسیژن ناپدید شده بود؟ گذشته از آن، خوکچه هندی در ازای اکسیژنی که مصرف می کرد بیش از زغال گرما تولید می کرد. آیا بافت زنده از هیچ گرما تولید می کند؟

همین که ماهیت مرکب آب مشخص شد، لاووازیه پاسخ معما را یافت. این تنها کربن بافت زنده نیست که با اکسیژن ترکیب می شود، بلکه نیدروژن نیز با اکسیژن ترکیب می شود. نه تنها دیوکسید کربن بلکه آب نیز تولید می شود. همین که مقدار آب محتوی بازدم را اندازه گرفتند، معلوم شد که اکسیژن ناپدید شده کجا رفته است؟ مقدار بیشتر گرمای حاصل از ترکیب نیدروژن (ونه کربن) با اکسیژن معلوم می ساخت که چرا خوکچه هندی بیش از حد انتظار گرما تولید می کند.

لاووازیه آنگاه متقاعد شد که مقدار ماده حتی در واکنش های بفرنج و اسرار آمیزی که در بافت زنده جریان دارد ثابت باقی می ماند. او «قانون بقاء ماده» را اعلام کرد و این قانون از آن زمان تا کنون (برغم تعدیل اندک آن توسط نظریه نسبیت آینشتاین) سنگ پایه شیمی تجربی باقی مانده است.

کشف ماهیت مرکب آب پس از مرگ لاووازیه به چیزی منتهی شد که حتی از آن هم انقلابی تر بود. تأکید لاووازیه بر اهمیت اندازه گیری تأثیر گسترده ای داشت و به این معنی بود که شیمی دانان فقط به این قانع نبودند که بگویند نیدروژن با اکسیژن ترکیب می شود تا آب تولید کند. اکنون این پرسش مطرح بود: چقدر نیدروژن با چقدر اکسیژن ترکیب می شود تا آب تولید کند؟

کاوندیش در ۱۷۸۴ گزارش داد که حجم خاصی از نیدروژن برای آن که بطور کامل بسوزد به حجمی معادل دو برابر و نیم خود هوا نیاز دارد. از آنجا که یک پنجم هوا اکسیژن است، این بدان معنی است که حجم خاصی از نیدروژن با نصف حجم خود از اکسیژن ترکیب می شود.

در سال ۱۷۸۶، گاسپار مونتر (۱۷۴۶-۱۸۱۸)، ریاضی دان فرانسوی، کار خود را در این زمینه گزارش داد. او اکسیژن و نیدروژن ترکیب شده و آب تولید شده را وزن کرد. در درجه اول، او متوجه شد که آب تولید شده دقیقاً جرم نیدروژن و اکسیژن را (بر روی هم) دارد و به این ترتیب قانون بقاء ماده را تأیید می کند. ثانیاً، او متوجه شد که وزن معینی از نیدروژن با هشت برابر وزن خود اکسیژن ترکیب می شود. (اکسیژن ممکنست حجم کوچکتری از نیدروژنی که با آن ترکیب می شود داشته باشد، اما حتی این حجم کوچک تر به میزان قابل توجهی از نیدروژن بسیار سبک، سنگین تر است.)

اندازه گیری مشابه وزن نسبی عنصرهای مختلفی که با هم ترکیب می شوند تا ترکیب خاصی را تولید کنند توسط دیگران، بویژه ژوزف لویی پروست (۱۷۵۴-۱۸۲۶)، صورت گرفت. تا سال ۱۷۹۹، پروست توانست اعلام کند که کلیه ترکیب ها از جمع نسبت های مشخصی از عناصر بر حسب وزن آنها به وجود می آید و این که این نسبت ها نه تغییر می کنند و نه می توان آنها را تغییر داد. مورد نیدروژن و اکسیژن که به نسبت ۱ به ۸ ترکیب می شوند چشمگیرترین و مشهورترین این موارد است.

«قانون نسبت های مشخص» پروست محرک نیرومندی در پیدایش نظریه اتمی بود. بسیاری از کسانی که در باره ماهیت جهان غور و تفحص کرده بودند، حتی در یونان باستان به این نتیجه رسیده بودند که ماده باید از واحدهای کوچک تقسیم ناپذیر تشکیل شده باشد. اما تا آن زمان، این موضوع از حد نظر پردازی فراتر نرفته بود.

اما در سال ۱۸۰۳، جان دالتون (۱۷۶۶-۱۸۴۴)، شیمی دان انگلیسی، یک گام قطعی به جلو برداشت. او نه تنها مانند بسیاری از اسلاف خود وجود اتم را فرض کرد، بلکه برای اولین بار در تاریخ بشر دست به کار تعیین خاصیت های اتم بر مبنای داده های تجربی شد.

فرض کنید که هم نیدروژن و هم اکسیژن از اتم ساخته شده باشند و در تشکیل آب یک اتم نیدروژن با یک اتم اکسیژن ترکیب شود. اگر اینطور باشد، پس مستقیم ترین راه توضیح نسبت ترکیب ۱ به ۸ بر حسب وزن این فرض است که هر اتم اکسیژن هشت برابر هر اتم نیدروژن وزن دارد. دالتون نمی توانست وزن واقعی اتم آنها را تعیین کند، اما می توانست آن را بطور نسبی بیان کند. اگر وزن اتم نیدروژن ۱ تعیین شود، آنوقت وزن اکسیژن ۸ خواهد بود. او وزن اتم های دیگر را با استفاده از قانون نسبت های مشخص بر همین پایه تعیین کرد و به این طریق نخستین جدول «وزن اتمی» را ابداع کرد.

این امر اتم را از نظر مبهم فیلسوفان به مفهومی سودمند و حتی ضرور برای شیمی دانان تبدیل ساخت.

مطمئناً، دالتون در جزئیات امر اشتباه می کرد. طولی نکشید که معلوم شد چون بر حسب حجم دو بخش ئیدروژن با یک بخش اکسیژن ترکیب می شود، بنابراین دو اتم ئیدروژن با یک اتم اکسیژن ترکیب می شود تا آب تولید شود. (خود استدلال بفرنجی و متقاعد کننده تر از آن است که از بیان صرف مطلب برمی آید.) در این صورت، هر اتم اکسیژن ۸ برابر سنگین تر از یک اتم ئیدروژن نیست، بلکه هشت برابر سنگین تر از دو اتم ئیدروژن و بنابراین ۱۶ برابر یک اتم ئیدروژن است. اگر وزن اتمی ئیدروژن را ۱ تعیین کنیم، وزن اتمی اکسیژن ۱۶ خواهد شد.

برغم چنین اصلاحی و بسیاری اصلاحات دیگر و برغم دقیق تر شدن و کامل تر شدن فزاینده ساختار پیشنهادی دالتون، این ساختار که عمدتاً از شیوه ترکیب ئیدروژن و اکسیژن ناشی شده چارچوب شیمی نوین باقی مانده است.

و اما در مورد لاووازیه چه می توان گفت؟

اغلب این واقعیت را طنزآمیز می یابند که در حیات لاووازیه، عنصرهای مهم را شیمی دانان کم اهمیت تر کشف کردند، در حالی که لاووازیه، بزرگ ترین شیمی دان تاریخ، خود هیچ عنصری را کشف نکرد.

بطور نمونه، ئیدروژن و اکسیژن نام هایی را که لاووازیه به آنها داد بر خود دارند، اما کشف آنها را باید به حساب دیگران گذاشت.

با این حال لاووازیه را نمی توان به این خاطری اعتبار ساخت. در مورد هوا و آب، او ماهیت دو عنصر موهوم را برملا ساخت و همین امر سرانجام مهم تر از کشف همه آن عنصرها در آن دوره از کار درآمد.

آتش

در میان همهٔ موادی که یونانی‌ها آنها را عنصر می‌پنداشتند، بطور قطع آتش چشمگیرترینشان بود. تنها آتش بود که روشن می‌شد. آتش زبانه می‌کشید و به رقص درمی‌آمد و هر لحظه چهره عوض می‌کرد؛ و ناپایداری را تجسم می‌بخشید.

در قرن ششم پیش از میلاد، متفکری یونانی به نام هراکلیت (حدود ۵۴۰ — حدود ۴۷۵ پیش از میلاد) می‌زیست. او در افسوس که اکنون کرانه ترکیه در دریای اژه است زندگی می‌کرد و بعدها نزد یونانیان به «فیلسوف گریان» شهرت یافت، زیرا نسبت به زندگی نظر بدبینانه‌ای داشت. از نظر او، هیچ چیز جاودانی نیست، هیچ چیز پایدار نیست. همه چیز زوال می‌یابد، همه چیز دگرگون می‌شود، همه چیز هستی می‌یابد و سرانجام نیست می‌شود.

از دید او، آتش مظهر دگرگونی و نابودی بود و بنابراین آتش یا (مُثُل آتش) را ماده اساسی جهان می‌دانست. تنها به یاری آتش بود که می‌شد ناپایداری، جهان را تبیین کرد. عجیب آن که به عقیده هراکلیت، تنها چیزی که دگرگون ناشدنی است دگرگونی است و از اینرو آتش جاودانی و اساسی است.

در دو قرن بعد، نظر هراکلیت را تا اندازه‌ای تعدیل کردند. آتش را صرفاً به عنوان یکی از چهار عنصری که زمین را می‌سازند پذیرفتند؛ سه عنصر دیگر خاک، هوا و آب بود. ارسطو (۳۸۴ — ۳۳۲ پیش از میلاد) در تصویر خود از ساختمان جهان، آتش را در جای مناسب خود قرار داد. آتش در بالا ترین منطقه مربوط به زمین، بالای هوا، جای داده شد. آتش که معمولاً نامریی است هنگامی که هوا در نتیجهٔ خشم توفان شکافته می‌شود برق تندی می‌زند و وقتی در منطقه‌های پایین تر تشکیل می‌شود برای رسیدن به جایگاه رفیع طبیعی خود رو به بالا میل می‌کند. از همین رو است که آتش از آتشفشان‌ها برمی‌خیزد و

حتی شعله های کوچکی که انسان می افروزد رو به بالا میل می کنند.
در سرتاسر دوران باستان و قرن های میانی، آتش به عنوان یک ماده در برابر هرگونه تحقیق مقاومت نشان می داد. آن را نمی شد به سهولت خاک و آب در دست گرفت؛ مثل هوا هم نبود که بتوان آن را به دام انداخت و بررسی کرد.
اما می شد آن را به کار گرفت. همه جا از آن برای ساختن شیشه، سفالینه و فلز استفاده می کردند.

آتش به هر صورت که به کار گرفته می شد همواره نور و گرما تولید می کرد. در واقع از آن صرفاً برای تهیه روشنایی و گرما استفاده می کردند تا شب را اندکی به روز و زمستان را اندکی به تابستان تبدیل کنند.

اما نور و گرما جنبه های همانندی از آتش نبودند. نور فقط تا وقتی آتش زنده بود وجود داشت. وقتی آتش خاموش می شد، نور محو می شد. از سوی دیگر، گرما دوام داشت. مدت ها پس از خاموش شدن آتش، دیگ روی آتش و محتوای آن داغ می ماندند.
بنابراین آیا گرما آن عنصر اساسی بود که باید بررسی می شد؟ آیا نور و شعله، مری ترین و چشمگیرترین خصوصیت های آتش، صرفاً ملازم موقت گرما هستند که بیرون می جهند و با هوا درمی آمیزند.

هرمان بورهاو (۱۶۶۸-۱۷۳۸)، پزشک هلندی، نخستین کسی بود که میان آتش به عنوان گرما و آتش به عنوان شعله تمیز قائل شد. پس از او، دانشمندان گرما و شعله را جدا از یکدیگر بررسی کردند. بتدریج، گرما جزء اساسی تر شد.

ژوزف بلک (۱۷۲۸-۹۹)، شیمی دان اسکاتلندی، نخستین کسی بود که گرما را به مفهوم امروزی آن بررسی کرد.

اگر یک کتری آب را روی آتش بگذاریم، دمای آن شروع به بالا رفتن می کند. گرما به درون آب می ریزد و دمای آن را بالا می برد.

اما اگر کتری حاوی مخلوطی از یخ و آب باشد، وقتی روی آتش گذاشته می شود دمای آن افزایش نمی یابد. بجای آن، یخ بتدریج ذوب می شود. فقط پس از آن که یخ تماماً ذوب شد دمای آب افزایش می یابد. وقتی آب جوش می آید، درست همین اتفاق می افتد. دما تا وقتی افزایش می یابد که آب به نقطه جوش نرسیده باشد. پس از آن، مقدار هر چه بیشتری از آب جوشانده می شود اما دمای آب صرفنظر از این که آتش زیر آن با چه شدتی زبانه می کشد، افزایش نمی یابد.

بلک کوشید تا این پدیده را بر حسب نوعی سیال گرما که بتدریج یخ را از وجود خود پر می کند و آن را ذوب می کند (یا در دمای بالاتر آب را پر می کند و آن را به جوش می آورد)، توضیح دهد. تا وقتی یخ با سیال گرما پر شده و در نتیجه ذوب نشده است، سیال گرما در دسترس آب قرار نمی گیرد. فقط پس از آن که یخ ذوب شد، دمای آب شروع به بالارفتن می کند.

آنتوان لورن لاووازیه (۹۴-۱۷۴۳)، شیمی دان فرانسوی، اندیشه بلک درباره سیال گرما را پذیرفت. در سال ۱۷۸۹، وقتی لاووازیه نخستین متن درسی جدید شیمی را منتشر کرد، گرما را در فهرست عنصرهای خود گنجانده. او سیال گرمای بی وزن را «کالریک» caloric نامید که از لاتین به معنی گرما گرفته شده بود.

نظریه گرما به عنوان سیال برخی مشاهده ها را نسبتاً آسان توضیح می داد. بطور نمونه، مواد تقریباً هرگاه حرارت داده می شوند همواره انبساط پیدا می کنند و به آسانی می توان فرض کرد که کالریک جا می خواهد، چرا که نخواهد؟ وقتی درون ماده ای که حرارت داده می شود می ریزد طبعاً ذره ها را کنار می زند تا برای خود جا باز کند و در نتیجه ماده منبسط می شود.

بطور کلی، نظریه گرما به عنوان سیال شیمی دانان را راضی می کرد، اما شکافی را در نظریه های فیزیک دانان باقی گذاشت.

از وقتی **گالیلئو گالیلئی (گاليله) (۱۵۶۴-۱۶۴۲)**، دانشمند ایتالیایی، برای اولین بار در دهه ۱۹۵۰ شروع به مطالعه حرکت بطور کمی کرده بود، فیزیک دانان اندازه گیری های دقیق تر و دقیق تری را انجام داده بودند. آنها بویژه به آن جنبه هایی از حرکت علاقه داشتند که برغم تغییر شرایط گروهی خاص از اجسام تغییر نمی کند.

در سال ۱۶۶۸، بطور نمونه، **جان والیس (۱۶۱۶-۱۷۰۳)**، ریاضی دان انگلیسی، به موضوع «اندازه حرکت» جسم های متحرک، یعنی حاصلضرب جرم و سرعتشان، پرداخت. او نشان داد که می تواند با موفقیت نتایج تصادم میان جسم های متحرک را تحلیل کند، مشروط بر این فرض که اندازه حرکت را می توان از جسمی به جسم دیگر منتقل کرد، اما نمی توان آن را خلق یا نابود کرد.

این را «قانون بقاء اندازه حرکت» می نامند. این قانون نخستین عضو کشف شده مجموعه قانون های بقاء است که بر رویهم قانونمندی های به اصطلاح بنیانی کلیه دگرگونی های جاری در جهان را تشکیل می دهند.

نوع دیگری از بقاء را می‌توان با توپی که به هوا پرتاب می‌شود نشان داد. توپ همچنان که بالا می‌رود کندتر و کندتر حرکت می‌کند تا آن که در نقطه‌ای در بالا متوقف می‌شود.

اما آنچه اکنون «انرژی» یک جسم نامیده می‌شود (یعنی توانایی آن برای انجام کار) تا حدی به سرعت آن بستگی دارد. توپ متحرک شیشه پنجره را می‌شکند یا بر دوک بازی ضربه می‌زند، اما توپ ساکن حتی اگر در تماس با شیشه یا دوک بازی هم قرار بگیرد هیچیک از این دو کار را نخواهد کرد. از این گذشته، توپ هر قدر سریع‌تر حرکت کند هنگام تصادم نتایج کار خود را بطرز چشمگیرتر نشان می‌دهد.

در مورد توپی که به هوا می‌رود، باید گفت که انرژی حرکت («انرژی جنبشی») بتدریج کاهش می‌یابد و وقتی توپ به نقطه توقف می‌رسد انرژی جنبشی به صفر می‌رسد. اما توپ وقتی در هوا است به حکم وضعیت خود مقدار معینی انرژی دارد. اگر توپ در هوا نگهداشته شود، نمی‌تواند کاری انجام دهد اما همین که آزادی حرکت پیدا کرد، فوراً سقوط می‌کند و شروع به کسب انرژی جنبشی می‌کند. توپ هر قدر بالا تر باشد آن گاه که به زمین می‌خورد انرژی جنبشی بیشتری کسب می‌کند. انرژی محتوی هر جسم به اقتضای وضعیت آن «انرژی پتانسیل» نامیده می‌شود.

چنین به نظر می‌رسد که وقتی توپ بالا می‌رود، انرژی جنبشی بتدریج به انرژی پتانسیل تبدیل می‌شود و وقتی سقوط می‌کند، انرژی پتانسیل باز به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود. به آسانی می‌توان نشان داد که انرژی پتانسیل در لحظه‌ای که توپ در هوا بی‌حرکت است برابر است با انرژی جنبشی در لحظه‌ای که توپ شروع به بالا رفتن می‌کند و همچنین برابر است با انرژی جنبشی در لحظه‌ای که توپ سقوط خود را کامل می‌کند.

هرگاه که توپ بالا می‌رود و پایین می‌آید، انرژی جنبشی آن به انرژی پتانسیل و سپس باز به انرژی جنبشی تبدیل می‌شود بی‌آن که هیچوجه کاهش پیدا کند. از این گذشته، در هر لحظه از صعود و سقوط آن، انرژی جنبشی به اضافه انرژی پتانسیل (آنها را بررو بهم «انرژی مکانیکی» می‌خوانند) ثابت باقی می‌ماند.

در شرایط ایده‌آل، توپ اگر کاملاً کشسان بود به زمین می‌خورد و به هوا می‌رفت و تا نقطه معینی صعود می‌کرد، سقوط می‌کرد، به زمین می‌خورد و به هوا می‌رفت و باز به همان نقطه صعود می‌کرد و بطور نامحدود به حرکت خود ادامه می‌داد و تا ابد انرژی جنبشی خود را به انرژی پتانسیل و برعکس تبدیل می‌کرد.

این پدیده را می توان دقیقتر از روی حرکت لنگر ساعت نشان داد. وزنه لنگر وقتی در پایین ترین نقطه حرکت خود قرار دارد از جدا کثر انرژی جنبشی برخوردار است. اگر وزنه در حال حرکت به سمت چپ باشد کندتر و کندتر رو به بالا می رود و در نقطه ای که تمامی انرژی جنبشی آن به انرژی پتانسیل تبدیل می شود درنگ می کند، سپس تندتر و تندتر به پایین سقوط می کند، به طرف راست می رود و دومرتبه در نقطه ای که تمام انرژی جنبشی آن به انرژی پتانسیل تبدیل می شود می ایستد— و باز از نو حرکت خود را به همین نحو از سر می گیرد.

مفهوم بقاء انرژی مکانیکی بتدریج در اواخر قرن هفدهم پدید آمد، هر چند که بیشتر اصطلاح های مربوط به آن (حتی خود واژه «انرژی») تا قرن نوزدهم رایج نشد. یکی از دشواری های سر راه قانون بقاء انرژی مکانیکی ناقص بودن آن بود. این قانون تنها در شرایط ایده آل که نمی توانست هرگز در عمل وجود داشته باشد عمل می کرد. تویی که به هوا پرتاب می شود با هر پرش از ارتفاعش کاسته می شود و سرانجام به نقطه سکون می رسد. تاب لنگر ساعت آهسته آهسته کم تر می شود تا آن که لنگر سرانجام ساکن می شود. انرژی مکانیکی کم یا بیش بگندی محو می شود و در پایان نه از انرژی جنبشی و نه از انرژی پتانسیل اثری نمی ماند.

در این مورد تقصیر را باید به گردن اصطکاک انداخت: اصطکاک با زمین، اصطکاک با هوا، اصطکاک با هر چیزی که شیبی متحرک به آن برمی خورد.

آیا امکان دارد که انرژی مکانیکی بنحوی به زمین یا هوا یا به هر چیز دیگر منتقل شود؟ در وهله اول، چنین چیزی محتمل به نظر نمی رسد. بالاخره، ماده ای که اصطکاک ایجاد می کند بطرز محسوسی انرژی جنبشی یا انرژی پتانسیل کسب نمی کند. این ماده در نتیجه اصطکاک نه حرکت می کند و نه وضعیت خود را عوض می کند.

اما آیا لازم است که شیبی که اصطکاک می آفریند یکجا حرکت کند یا یکجا تغییر وضعیت دهد؟ فرض کنید که ماده بظاهر جامد (یا مایع، یا گازی) از ذره های بسیار ریزی ساخته شده که کوچکتر از آن هستند که دیده شوند و فرض کنید که این ذره های کوچک به صورت لکه تاری که با چشم غیر مسلح دیده نمی شود بهر سو حرکت می کنند.

هر چه باشد، چیزها بر اثر اصطکاک گرم می شوند. شاید حرکت نامریی ذره های نامریی ماده آنچیزی است که ما آن را گرما می خوانیم. و هر قدر این حرکت سریع تر باشد، گرما بیشتر می شود. در این صورت فقدان انرژی مکانیکی در چیزهای آشکار

متحرک ممکنست از انتقال این انرژی به ذره‌های کوچک ماده ناشی شده باشد که مقدار متناسبی از انرژی مکانیکی را دریافت می‌کنند. به عبارت دیگر، اصطکاک است که انرژی مکانیکی را به گرما تبدیل می‌کند.

حتی از همان ابتدا در سال ۱۷۰۰، جان لاک (۱۴۳۲-۱۷۰۴)، فیلسوف انگلیسی، اندیشه گرما بمثابه حرکت (نظریه جنبشی) را مطرح کرد که عاقبت در برابر اندیشه گرما بمثابه سیال (نظریه کالریک) صف‌آرایی کرد.

اگر گرما را می‌شد به عنوان شکلی از حرکت پذیرفت، در این صورت قانون بقاء انرژی مکانیکی را شاید بتوان تعمیم داد تا گرما را نیز دربربگیرد و آنوقت آنقدرها قانون ناقصی نباشد؛ یا حتی اصلاً قانون ناقصی نباشد.

دردسر اصلی در این زمینه تصور وجود ذره‌های بسیار کوچک نادیدنی و حرکت بسیار ظریف و غیرقابل تشخیص این ذره‌ها بود. دانشمندان عموماً حاضر نبودند مفهومی این چنین آشکارا اسرارآمیز را بپذیرند و قانون بقاء انرژی مکانیکی همچون گذشته - ناقص - باقی ماند.

با این حال، قبل از پایان قرن هیجدهم، چند ضرر به نیرومند بسود نظریه جنبشی گرما بر نظریه کالریک وارد آمد.

اولین ضرر به یکی از شخصیت‌های جالب تاریخ علم مربوط می‌شود. اونیجامین-تامپسون (۱۷۵۳-۱۸۱۴) متولد ماساچوست بود. در طول جنگ استقلال، او یک توری بود که به عنوان جاسوس به مقام‌های بریتانیایی خدمت می‌کرد. طبعاً وقتی بریتانیایی‌ها بوستون را ترک کردند، تامپسون صلاح دید که همراه آنها برود. او هرگز به ایالات متحده بازنگشت.

تامپسون در ۱۷۸۳ بریتانیای کبیر را ترک گفت و قدم بر خاک قاره اروپا گذاشت و سرانجام در خدمت امیر باواریا درآمد. امیر از خدمات این آمریکایی آنقدر رضایت داشت که به او لقب اشرافی داد. تامپسون مایل بود به نام شهری که در نزدیکی آن قطعه زمینی داشت ملقب شود و از اینرو کنت رامفورد لقب گرفت. معمولاً او را با همین لقب می‌شناسند.

یکی از کارهای رامفورد در ۱۷۹۸ نظارت بر کار سوراخ کردن لوله توپ برای ارتش باواریا بود. این کار به این صورت انجام می‌شد که اسبی سنگ آسیابی را می‌چرخاند و حرکت این سنگ نیروی کافی برای چرخاندن مته سوراخ کن فراهم می‌آورد. مته راه

خود را در دل قطعه جامد برنج باز می کرد و بتدریج سوراخی استوانه ای شکل به اندازه دلخواه ایجاد می کرد.

وقتی مته حرکت می کرد، تراشه های برنج بیرون می ریخت و این تراشه ها همراه با خود قطعه بقدری گرم می شدند که مجبور بودند مدام آنها را با آب خنک نگهدارند. رامفورد بهیچوجه نمی توانست بفهمد که اینهمه گرمی از کجا می آید. مطابق با نظریه کالریک، خرد شدن برنج جامد به صورت تراشه ها مقداری از کالریک محتوی برنج را به هوا منتقل می ساخت و در این جا بود که شدت آن محسوس تر بود.

اما از نظر رامفورد این تفسیری معنی به نظر می رسید. مگر چقدر کالریک می تواند به این طریق آزاد شود؟ مطمئناً مقدار آن نمی توانست بیشتر از آنچه فلز در خود داشت باشد. اما او حساب کرده بود که اگر تمام کالریکی را که در جریان سوراخ کردن آزاد شده بود به فلز برمی گردانند تمام قطعه برنج ذوب می شد.

او شروع به آزمایش دیگری کرد. این باریک لوله توپ نیمه سوراخ شده را برداشت و عملیات را با مته ای آنچنان گُند آغاز کرد که مته نمی توانست فلز را تراش بیشتری بدهد. قطعه برنج اکنون خُرد نمی شد و هیچ کالریکی هم نمی بایست از آن خارج شود. با این حال، گرما حتی بیشتر از زمانی که مته نوک تیزی به کار برده می شد تولید شد.

رامفورد یادآور شد که گرما بدون وجود آتش، بدون وجود روشنایی و بدون احتراق شیمیایی تولید می شد. گرما فقط از حرکت، از چرخش مته و سنگ آسیاب و از حرکت اسب ناشی می شد. او معتقد بود که گرما شکلی از حرکت است و گرمای مورد بحث تا وقتی اسب، سنگ آسیاب و مته حرکت می کرد تا ابد تولید می شد.

آنگاه در ۱۷۹۹، هامفری دیوی (۱۷۷۸ — ۱۸۲۹)، شیمی دان جوان انگلیسی، نیز به این مسئله پرداخت. او دست به چند آزمایش جالب در زمینه اصطکاک زد. دیوی از یک ساعت استفاده کرد تا چرخشی فلزی را در برابر یک صفحه فلزی به حرکت درآورد. اگر چه او کل دستگاه را در دمای زیر صفر درجه نگهداشت، گرما بقدر کافی تولید شده بود تا مومی را که صفحه فلزی را پوشانده بود ذوب کند.

در یکی دیگر از همین سلسله آزمایش ها، او به کمک یک دستگاه مکانیکی دو قطعه یخ را بهم مالش داد و هر چند که دما با زهم زیر صفر درجه نگهداشته شد، یخ ذوب شد. موضوع اکنون روشن شده بود. اگر مقدار کالریک در تمامی دستگاه به اندازه ای نبود که بتواند دمای آن را بالا تر از درجه انجماد ببرد، آزادی جزیی از آن مقدار نا کافی چگونه

می توانست گرمای کافی برای ذوب کردن موم یا یخ تولید کند؟ باز نتیجه ای که می شد گرفت این بود که چنین چیزی به نام کالریک وجود ندارد و گرما ماهیت جنبشی دارد و شکلی از حرکت است.

کالری گرایان البته با شور و حرارت از موضع خود دفاع کردند. اما وقتی در سال ۱۸۰۳، کمتر از ۵ سال پس از آزمایش های رامفورد و دیوی، جان دالتون (۱۷۶۶-۱۸۴۴)، شیمی دان انگلیسی، شروع به مطرح کردن نظریه اتمی خود کرد، به نظر می رسید که ضربه مهلکی بر آنها وارد شده است. بالاخره، استدلال دالتون در دفاع از اتم بقدری محکم بود که بسیاری از شیمی دانان بیدرنگ آن را پذیرفتند و در همین جا انکار قوی ترین دلیل علیه نظریه جنبشی گرما نهفته بود. ماده از ذره های بسیار خردی که دیده نمی شوند تشکیل شده است و مطمئناً این ذره ها ممکنست بطور نامرئی در حرکت باشند. از قضا، اتم گرایان اولیه کالری گرانیز بودند. دالتون خود برای تبیین وجود گازها نظریه کالریک را به کار می گرفت.

بر طبق نظریه اتمی، اتم ها در مایع ها و جامدها در تماس با یکدیگرند، اما در گازها باید از یکدیگر فاصله داشته باشند. تنها با وجود چنین فاصله های زیاد می شد توضیح داد که چرا گازها از مایع ها و جامدهای هم حجم خود بس سبک ترند و چرا گازها را می توان برخلاف مایع ها و جامدها به آسانی فشرده ساخت.

اما چه چیزی اتم های گازها را این قدر از یکدیگر جدا نگه میدارد؟ از آنجا که گازها در نتیجه گرم شدن مایع ها به وجود می آیند، دالتون پیشنهاد کرد که گازها بقدری کالریک دریافت می کنند که همه اتم هایشان به محاصره کالریک در می آیند. جزیره های اتم در دل دریا های بی وزن کالریک نشانده می شوند.

به این ترتیب، نظریه کالریک با آمدن اتم ها نیز از میدان بدر نرفت و نظریه جنبشی گرما که با آن رقابت می کرد پیشرفتی نکرد، اما فراموش هم نشد. برخی فیزیک دانان سرسختانه به آن استناد می جستند.

روشن است که اگر در واقع بتوان مقدار معینی انرژی مکانیکی (چه جنبشی و چه پتانسیل یا ترکیبی از هر دو) را به گرما تبدیل کرد، در این صورت اگر قرار باشد انرژی حفظ شود، انرژی مکانیکی باید به مقدار ثابتی از گرما تبدیل گردد. چقدر انرژی به چقدر گرما تبدیل می شود؟ به عبارت دیگر، «معادل مکانیکی گرما» چیست؟ رامفورد برآوردی تقریبی به عمل آورده بود دایر بر این که (برحسب واحدهای

امروزین) ۵/۵۵ ژول کار برابر است با ۱ کالری گرما. در ۱۸۴۲، جولیس رابرت فن میر (۱۸۱۴-۷۸)، فیزیک دان آلمانی، - او در همان سالی که رامفورد درگذشت به دنیا آمد- بر پایه یک آزمایش که طی آن وسیله ای با کمک نیروی یک اسب خمیر کاغذ را در یک دیگ به حرکت درمی آورد رقم جدیدی را ارائه داد که خیلی نزدیک تر از ارزش رامفورد به ارزش پذیرفته شده کنونی است.

میر همچنین پیش بینی حیرت انگیزی کرد. او مدعی شد که اگر کلیه جلوه های انرژی را به حساب بیاوریم انرژی بطور کامل حفظ می شود. نه تنها باید انرژی مکانیکی و گرما، بلکه نور و علاوه بر آن انرژی برقی، انرژی آهنربایی و مانند آن را به حساب آورد. حتی انرژی جانداران را نیز باید منظور کرد.

انرژی ممکنست شکل های بسیار گوناگون به خود بگیرد، اما وقتی در یک «نظام بسته» خاصی (نظامی که به جهان خارج انرژی پس نمی دهد و از آن انرژی نمی گیرد)، همه انرژی های آن را جمع بزنیم، صرف نظر از هرگونه تغییری که در درون نظام صورت می گیرد، کل انرژی ثابت باقی می ماند.

اما اعلام «قانون بقاء انرژی» توسط میر مطلقاً نادیده گرفته شد. این اندیشه بسیار متهورانه ای بود و از داده های تجربی زمان خود بسیار جلوتر بود. با این حال حتی در همان هنگامی که میر سرگرم کار خود بود، کمبود داده ها جبران می شد.

جیمز پریسکات ژول (۱۸۱۸-۸۹)، فیزیک دان انگلیسی، که از کار میری خبر بود، با مسئله معادل مکانیکی گرما کلنجار می رفت. سال ها بود که او با استفاده از هر شکل انرژی قابل استفاده کوشیده بود از راههای مختلف ارزش این معادل را تعیین کند. او آب و جیوه را با بهم زدن آنها با قاشقک هایی گرم کرد؛ آب را از سوراخ های ریزی گذراند تا آن را از طریق اصطکاک گرم کند؛ گازها را به حالت انبساط و انقباض درآورد؛ از برق برای گرم کردن آب استفاده کرد؛ حتی زمانی که ماه عسلش را می گذراند از دماسنج و یژه ای برای اندازه گیری دمای بالا و پایین یک آبشار استفاده کرد.

در پایان، او دریافت که مقدار معینی از انرژی از هر نوع همواره یک مقدار گرما پس می دهد و او معادل مکانیکی گرما را ۴/۱۸ ژول در ازای یک کالری تعیین کرد. (البته او واحد «ژول» را به کار نبرد و شباهت میان آن و نام او هم اتفاقی نیست. واحد ژول بعدها اختراع شد، معادل ۱۰,۰۰۰,۰۰۰ ارگ که یک واحد قدیمی تر بود

قرار داده شد و به افتخار او این چنین نامیده شد.)

ژول انتشار نتایج کار خود را در نشریه ای علمی دشوار یافت. او هیچ گونه مقام حرفه ای نداشت و از اینرو به او به عنوان یک آماتور نگاه می کردند. از سوی دیگر، او نتایجی را ارائه می داد که به اختلاف دمای اندک متکی بود؛ و فیزیک دانان آن زمان احساس می کردند که این اختلاف دما بسیار کوچک تر از آن است که بتوان با دقت لازم آن را اندازه گرفت.

بنابراین، ژول مجبور شد نظرات خود را در یک سخنرانی عمومی در سال ۱۸۴۷ در شهر منچستر انگلستان ارائه دهد. پس از آن، او موفق شد ناشر مردد یک روزنامه چاپ منچستر را قانع کند که متن کامل سخنرانی را منتشر کند. به این ترتیب، او دست کم موفق شد از این که یافته هایش را به حساب خود او بگذارند اطمینان پیدا کند.

چند ماه بعد، او سرانجام فرصت یافت تا نظراتش را به گوش یک محفل علمی برساند. حضار استقبال سردی از او کردند و وقتی سخنرانی ژول تمام شد، آنها مثل آن که خشکشان زده باشد از جایشان تکان نخوردند تا آن که اسکاتلندی جوانی به نام ویلیام تامسون (۱۸۲۴-۱۹۰۷) که بعدها به لرد کلونین شهرت یافت پیافاست تا از سخنران پرسشی کند. پرسش زیرکانه تامسون و پاسخ های روشن ژول سرآغاز دوستی تمام عمر میان آندو شد و شور و شوقشان در جلسه سرانجام به حضار هم سرایت کرد. عاقبت، ژول را جدی گرفتند.

در همان سال، ۱۸۴۷، هرمان فن هلم هولتس (۱۸۲۱-۹۴)، فیزیولوژیست جوان آلمانی، مقاله ای را منتشر ساخت که در آن دقیقاً با همان زبان میر که پنج سال پیش از او سخن گفته بود، از بقاء انرژی صحبت کرد (هر چند که او نیز مانند ژول چیزی درباره کار میر ننشیده بود).

ابتدا هلم هولتس موفق نشد مقاله اش را منتشر کند، اما تحت تأثیر ضربه های زحمات آزمایشگاهی ژول، فیزیک دانان هر چه بیشتری به طرفداری از نظریه جنبشی گرما برخاستند، بطوری که چاره ای نبود جز آن که قانون بقاء هرگونه انرژی پذیرفته شود. نظریه کالریک گرما لرزان لرزان سقوط کرد.

در آن زمان، کشف قانون بقاء انرژی را به حساب هلم هولتس گذاشتند. دعاوی میر در مورد پیشگامی را رد کردند و با او مثل یک شاید کلاهبردار رفتار کردند- تا حدی که از شدت ناکامی کارش به جنون کشیده شد و دست به خودکشی زد؛ اما

بهرحال زنده ماند تا در آخرین دهه عمر غم انگیز خود اعتبار شایسته خود را بازیابد. در حال حاضر، کشف قانون بقاء انرژی را که گاه بزرگ ترین و اساسی ترین قانون طبیعت خوانده می شود به حساب میر، ژول و هلم هولتس می گذارند.

دو نفر دیگر را می توان به این فهرست اضافه کرد. پیش از همه این ها باید از نیکولاس لئونارد سادی کارنو (۱۷۹۶ — ۱۸۳۲)، فیزیک دان فرانسوی، یاد کرد که بررسی های او درباره سیکل ماشین بخار در ۱۸۲۴ رابطه میان انرژی مکانیکی و گرما را نشان داد. اما کارنو نابهنگام از بیماری و با درگذشت و تنها اثر منتشر شده او تا دهه ۱۸۴۰ توجه کسی را به خود جلب نکرد. همچنین باید از لودویگ آگوست کولدینگ (۱۸۱۵ — ۱۸۸۰)، فیزیک دان دانمارکی، یاد کرد که در دهه ۱۸۴۰ مستقلاً نظراتی را درباره معادل مکانیکی گرما و بقاء انرژی مطرح ساخت.

رابطه میان حرکت اتم ها و دما و گرما در حدود سال ۱۸۶۰ بر اثر زحمات جیمز — کلرک ماکسول (۱۸۳۱ — ۱۸۷۹)، ریاضی دان و فیزیک دان اسکاتلندی، بر شالوده محکمی استوار گشت. لودویگ ادوارد بولتس مان (۱۸۴۴ — ۱۹۰۶)، فیزیک دان اتریشی، کارماکسول را بسط بیشتری داد و فرمول های ریاضی ماکسول را دقیق تر ساخت. به این ترتیب، نظریه جنبشی گرما بر پایه حرکت دلبخواهی اتم ها و مولکول ها کاملاً تثبیت شد و نظریه کالریک برای همیشه از میان برداشته شد.

اما سرنوشت تراژیک دست اندرکاران نظریه جنبشی ادامه یافت. ماکسول نابهنگام از بیماری سرطان درگذشت. بولتس مان سرنوشت بدتری داشت. او دستخوش حمله های افسردگی می شد و مخالفت مذبحخانه برخی دانشمندان محافظه کار با نظریه جنبشی بر وخامت حالش می افزود. سرانجام، بولتس مان خودکشی کرد.

اما اکنون می توان درک کرد که انتخاب آتش به عنوان یکی از عنصرهای جهان توسط یونانی ها از بینش آنها خبر می دهد. اگر در نظر بگیریم که آتش آشکارترین و دراماتیک ترین شکل انرژی در دسترس انسان باستان بود، بینش آنها را بهتر قدر می شناسیم.

جهان از انرژی در کلیه صورت های آن (حتی ماده صورتی از انرژی است) ساخته شده است. از این گذشته، انرژی جاودانی است؛ آن را نه می توان آفرید و نه می توان نابود کرد. هرگونه دگرگونی در جهان از انفجار یک کهکشان گرفته تا حرکت یک الکترون جنبه ای از تغییر انرژی است.

بنابراین، معلوم می‌شود که بالاخره حق با آن فرزانه باستان، هراکلیت، بود. آتش
(به مفهومی زیرکانه) ماده اساسی جهان و عامل اساسی تغییرناپذیر در جهانی متغیر
است.



۴. فیزیک

فضا

فضا آنچیزی است که اختلاف وضعیت را ممکن می‌سازد. ما در نتیجهٔ کوشش عضلانی خود از اختلاف وضعیت و بنابراین گستره‌ای که در آن این اختلاف‌ها پدید می‌آید آگاه می‌شویم. باید سر یا دست کم چشمان خود را برگردانیم تا ابتدا یک چیز و سپس چیز دیگری را ببینیم. باید دستان را این طرف یا آن طرف تا این جا یا آن جا دراز کنیم تا این یا آن چیز را با نوک انگشتانمان لمس کنیم. یا باید به این یا آن طرف برویم تا به این یا به آن جا برسیم.

تصور فضا با مفهوم «اینجا نه آنجا» یا «آنجا، نه اینجا» آغاز می‌شود. بمحض این که شخصی بتواند محل چیزی بخصوص را در جای بخصوصی تعیین کند، اندیشه امتداد نامحدود فضایی که در آن کلیه چیزها قرار گرفته باشند، ممکن می‌شود.

طبیعی است که اندیشه امتداد نباید لزوماً در ذهن بطور مشخص فرمول‌بندی شود تا بتوان از آن بهره جست. می‌توان بحق مطمئن بود که هیچ‌گونه دیگری بجز انسان تصور روشنی از فضا به صورت انتزاعی ندارد، با این حال کلیه ارگانیسم‌هایی که حرکت می‌کنند ظاهراً از این مفهوم بهره می‌گیرند. ماده ببری که می‌جهد، دربارۀ تلاشی که لازم است تا وضعیت او را از نقطه شروع معینی در فضا به نقطه دیگری که با وضعیت طعمه‌اش تلاقی خواهد کرد تغییر دهد قضاوتی مبهم، هر چند مکانیکی و ناخودآگاه، بعمل خواهد آورد. بوقلمونی که زبان خود را برای گرفتن حشره به حرکت درمی‌آورد همین کار را در مورد نوک زبانش انجام می‌دهد. حتی پیچک‌های رشد‌یابنده گیاهی که سربۀ خورشید می‌کشند یا ریشه‌های کاوشگر آن که آب را جستجو می‌کنند بمنظور زنده نگهداشتن گیاه تغییر وضعیت می‌دهند و ارگانیسم به این طریق مفهوم فضا را مطمئناً ناآگاهانه اما یقیناً به سود خود به کار می‌گیرد.

پس چگونه برخورد انسان به فضا از برخورد همه دیگر موجودات زنده متمایز می‌شود؟ البته انسان می‌تواند اندیشه‌های خود را درباره فضا از طریق صوت‌های بدقت میزان شده با دیگران در میان بگذارد. دو یا چند انسان می‌توانند مفهوم‌های ذهنی خود را از طریق اصطکاک ذهنی متقابل دقیق و روشن سازند. با این حال تا آنجا که می‌دانیم سایر گونه‌های جانداران بنحوی همین کار را می‌کنند. کاملاً غیرمحتمل به نظر می‌رسد که چنین باشد، اما هرگز نمی‌توان مطمئن بود که چه مفهوم‌هایی در مغز گونه‌های دیگری بجز گونه خودمان وجود دارد و چگونه ممکنست منتقل شوند، مگر آن که ما و آنها بتوانیم یاد بگیریم که در ارتباط‌گیری‌های یکدیگر کاملاً سهیم شویم.

اما بهر حال ما از روی کردار و نه پندار جانداران درباره آنها قضاوت می‌کنیم. ما می‌توانیم اینطور برخورد کنیم که مهم نیست که یک جاندار از یک مفهوم خاص چه می‌فهمد یا درباره آن چه فکر می‌کند، چون ممکنست هرگز به آن پی نبریم. آنچه مهم است این است که جاندار در رابطه با یک مفهوم خاص چه می‌کند.

ماده ببر و بوقلمون مسافت را تشخیص می‌دهند، منتها این کار را بطور شهودی انجام می‌دهند و کوشش عضلانی خود را از طریق تطابق‌های زیرکانه ساز و کارهای متمرکز کننده چشم خود هدایت می‌کنند. (ما نیز هر بار که مدادی را از زمین برمی‌داریم یا تقریباً هر کار دیگری را که انجام می‌دهیم همین کار را می‌کنیم.) سگ آبی در ساختن سد یا پرند در ساختن لانه از گنده و ترکه درختان استفاده می‌کنند و آنها را کم و بیش به اندازه مورد نظر انتخاب می‌کنند، اما کار آنها در بهترین حالت خصلت تصادفی دارد و تصمیم‌نهایی عبارتست از تلاش برای انطباق مستقیم که ممکنست موفق شود یا نشود.

اما در همین جا است که برخورد انسان با فضا منحصر بفرد به نظر می‌رسد. در میان گونه‌های جانوری، تنها او است که در مقایسه دو یا چند مجموعه تفاوت در وضعیت‌ها از مرحله آزمون و خطا فراتر می‌رود. به عبارت دیگر، مسافت (جدایی وضعیت‌ها) را بطور مکانیکی اندازه می‌گیرد و به این طریق مفهوم امتداد در مکان را به صورتی درمی‌آورد که مقایسه صحیح را بدون انطباق ممکن می‌سازد.

او ممکنست با گذاشتن قطعه چوبی روی یک روزنه کار خود را آغاز کند تا آن که قطعه‌ای را بیابد که به اندازه کافی بلند باشد و بدون این که از توی روزنه رد شود روی آن قرار بگیرد (برفرض که بخواهد مانعی در برابر روزنه‌ای در یک غار ایجاد

کند). قطعه چوب مناسب را می توان به عنوان قطعه مرجع به کار برد تا قطعه های دیگر را با آن اندازه گرفت و وقت و نیروی خود را صرف آوردن قطعه های کوتاهتر نکرد. از این ساده تر استفاده از وجب و شمارش است و این — استفاده از شمارش — حقیقتاً جمع کردن قطعی است.

از این سر تا آن سر قطعه چوب مناسب، فلان تعداد وجب است؛ بنابراین، لازم است قطعه چوب هایی را بیابید که فلان تعداد وجب طول دارند. حتی می توان یاد گرفت که یک قطعه چوب بیش از حد بلند را شکست تا به اندازه مناسب درآورد. در این صورت لازم نیست قطعه چوب مرجعی داشته باشید؛ فقط باید دستتان را همراهتان ببرید — البته باید شمردن هم بلد باشید و شماره ها را نیز بخاطر بسپارید.

اندام های گوناگون بدن را می توان برای سنجش اندازه های مختلف به کار گرفت و آنها تأثیر خود را بر اندازه گیری های رایج کنونی نیز باقی گذاشته اند. واحد فوت [به معنی پا] دقیقاً آنچیزی است که از نامش برمی آید، یعنی طول یک پا است. قد اسب را با هند [وجب] اندازه می گیرند و «مایل» از واژه لاتینی میلیپاسوم یا «هزار گام» گرفته شده است.

تا وقتی اندازه گیری ها خصوصی است، پیشرفت در این زمینه برای گونه های دیگر محدود است. انسان در پیدا کردن قطعه چوب های اندازه از سنگ آبی موفق تر بود، اما اگر به تنهایی کار می کرد اینطور نبود. اما منتقل کردن سلسله اندازه گیری به دیگران و به این ترتیب اشتراکی کردن کار تولید دردسر می کند، چون پا یا قدم هر کس یک اندازه است.

برای آن که آدم های مختلف بتوانند از یک واحد اندازه گیری استفاده کنند، لازم بود «میزان استاندارد» را ابداع کنند. همه پای رئیس قبیله را برای اندازه گرفتن طول قطعه چوب ها به کار می برند، و از آنجا که پای رئیس قبیله برای اندازه گیری در اختیار همه نیست (و خود او هم چنین تمایلی ندارد)، نابغه ای به این فکر می افتد قطعه چوب هایی درست به اندازه پای رئیس درست کند و آنها را در اختیار کسانی بگذارد که می خواهند از واحد اندازه گیری مشترکی استفاده کنند. این قطعه نیز «قطعه استاندارد» خواهد بود، اما این بار برای همه یکسان است و به درد هر کاری می خورد، بویژه اگر آن را دقیقاً به واحدهای کوچک تری تقسیم کنند.

مفهوم میزان استاندارد چه زمانی پیدا شد؟ مطمئناً، این مفهوم نمی توانسته خیلی

دیرتر از رواج کشاورزی در حدود ۸ هزار سال پیش از میلاد پدید آمده باشد. به احتمال قوی انسان‌ها نمی‌توانستند مزرعه‌های خود را در صلح و آرامش کشت کنند، مگر آن که (مطابق با اندازه‌گیری‌هایی که برطبق برخی معیارهای پذیرفته شده صورت می‌گرفت) برسر مساحت هر قطعه زمینی که باید به هر کسی تعلق داشته باشد به توافق برسند. استفاده ساده از سنگ‌های مرزبندی جابجایی‌های موهومی را به ذهنشان القاء می‌کرد.

زمانی که تمدن تا سرحد اختراع خط پیش رفت، نظام‌های پیچیده و دقیق اندازه‌گیری معمول شد و یکی از کارهای مهم دستگاه حکومتی حفظ تمامیت میزان استاندارد بود. حفظ این تمامیت حتی در فرمان الهی قید شده بود. از اینرو، به عنوان بخشی از گفته‌های خداوند در کوه طور (برطبق روایت انجیلی)، در ترجمه جدید کتاب انجیل نوین انگلیس می‌خوانیم: «تو در اندازه‌گیری طول، وزن یا کمیت از راه عدالت منحرف نخواهی شد. توترازی صحیح، وزنه‌های صحیح و میزان صحیح، چه خشک و چه مایع، به کار خواهی برد. من سرورتان، پروردگار، هستم که شما را از مصر بیرون آوردم.» (Leviticus 19:35-37)

گام مهم بعدی در فهم فضا با تکامل هندسه، بررسی اندازه‌های بهم پیوسته، برداشته شد. با درک رابطه یک جزء از یک شکل با جزء دیگر، می‌شد فرضاً طول یک جزء را اندازه گرفت و سپس طول جزء دوم را بدون اندازه‌گیری واقعی آن از اولی نتیجه گرفت.

بطور نمونه، اندازه‌گیری مستقیم ارتفاع هرم بزرگ کاملاً غیر عملی است، چون شخص نمی‌تواند بر قله آن بایستد، سوراخی از نوک تا زمین در این بنای سنگی حفر کند و شاقولی را در سوراخ بیکدازد و طول خطی را که به زمین می‌رسد اندازه بگیرد. اما می‌توان طول شیب هرم از زمین تا رأس آن را اندازه گرفت (مشروط بر این که شخص بخواهد از هرم بالا برود و ریسمانی را هم همراه خود ببرد). از روی طول شیب و با دانستن زاویه شیب با زمین، شخص می‌تواند ارتفاع هرم را به دست آورد.

حتی این کار بسیار دشوار است و احتیاج به زحمت فراوان دارد و سرانجام شخص با طول خطی در حدود ۱۸۵ متر سروکار پیدا می‌کند. گام بعدی این است که بتوان اندازه‌های یک شکل را با اندازه‌های شکل دیگری که کار کردن با آن آسان‌تر است ارتباط داد. بطور نمونه، میان اندازه‌های یک مثلث کوچک درست همان رابطه‌هایی

برقرار است که میان اندازه‌های یک مثلث بسیار بزرگ‌تر اما هم شکل. بنابراین، چرا با مثلث اولی که آسان‌تر است و نه با مثلث دومی که دردسر دارد (و شاید هم کار کردن با آن محال باشد) کار نکنیم.

می‌گویند که قالس، فیلسوف یونانی، در حدود سال ۵۷۰ پیش از میلاد، ارتفاع هرم بزرگ را بدون آن که حتی یک قدم هم از هرم بالا برود اندازه گرفت. او متوجه شد که وقتی خورشید در وضعیت معینی در آسمان است، سایه او به اندازه خودش می‌شود. (او و سایه‌اش دو ساق یک مثلث متساوی الساقین قائم الزاویه را تشکیل می‌دادند) و فرض را بر آن گذاشت که این امر در مورد همه چیزها در آن لحظه از زمان صادق است. بنابراین، فاصله میان لبه قاعده هرم تا سایه رأس آن بر زمین را اندازه گرفت (کاری که خیلی آسان‌تر است از بالا رفتن از هرم و اندازه گرفتن طول شیب آن) و مسافت میان لبه قاعده و مرکز مربع بزرگی را که هرم بر آن ایستاده بود به آن اضافه کرد (که این محاسبه دشواری نیست).

این اندازه‌گیری چیزهایی که مستقیماً دردسترس ما نیستند را می‌توان در پرداختن به مثلث‌های هم شکل خلاصه کرد و این رشته از ریاضی را «مثلثات» می‌خوانند.

اوج پیشرفت مثلثات، تا آنجا که به سیاره ما مربوط می‌شود، در سال ۲۴۰ پیش از میلاد فرا رسید. در این سال، اراتستن، فیلسوف یونانی، که در اسکندریه مصر کار می‌کرد محیط زمین را بطور کامل (و صحیح) اندازه گرفت بی آن که پا از خانه بیرون بگذارد و مسلم است که نوار اندازه‌گیری را هم دور کمر فر به آن نگرفت.

سیاحان به اراتستن گفته بودند که در شهر سین (آسوان کنونی) در جنوب مصر، خورشید ظهر بهنگام تحویل تابستانی درست مستقیماً بالا سر آدم است بطوری که هر چیزی روی سایه خود قرار می‌گیرد. در همان روز، اراتستن توانست با اندازه‌گیری طول سایه در مقایسه با طول چیزی که سایه می‌انداخت حساب کند که خورشید ظهر در اسکندریه ۷ درجه در جنوب سمت الرأس قرار دارد.

اراتستن می‌دانست که این اختلاف منوط به انحنای زمین کروی است. خورشید (به اصطلاح) درست توی صورت یک نقطه نگاه می‌کرد اما به نقطه‌ای که تا حدی در شمال نقطه اولی بود کج نگاه می‌کرد، زیرا سطح زمین انحناء پیدا می‌کند. دایره ۳۶۰ درجه است و مسافت سین تا اسکندریه ۷ درجه است. بنابراین کل دایره زمین در حدود $\frac{360}{7}$ یا پنجاه برابر فاصله میان دو شهر است. فاصله شمالی — جنوبی

میان سین و اسکندریه ۸۰۵ کیلومتر بود، بنابراین محیط زمین ۴۰۲۵۰ کیلومتر می شد — و همینطور هم بود.

تا پیش از دوران یونانی ها، هیچ راهی برای اندازه گیری مسافت در هیچ جا بجز در سطح زمین در دست نبود. هیچکس نمی توانست از زمین به آسمان برود و ریسمانی هم برای اندازه گیری همراه خود ببرد. همچنین به نظر نمی رسید راهی برای مقایسه مسافت ها در آسمان و حتی دریافت ابتدایی ترین تصورات درباره آنها وجود داشته باشد. بطور نمونه، روشن بود که ماه در طول خور گرفت از برابر خورشید عبور می کند، بنابراین ماه از خورشید به زمین نزدیک تر است.

استدلال نه چندان واضحی این عقیده را رایج ساخت که هم ماه و هم خورشید همراه با پنج ستاره درخشانی که پیوسته در زمینه دیگر ستارگان «ثابت» تغییر مکان می دهند، از آن ستاره های ثابت به زمین نزدیک ترند. یونانی ها از روی سرعت حرکت این «سیاره ها»، به این نتیجه رسیدند که آنها به ترتیب زیر از زمین فاصله گرفته اند: ماه، تیر (عطارد)، ناهید (زهره)، خورشید، بهرام (مریخ)، مشتری و کیوان (زحل). این ترتیب دقیقاً درست نیست و یونانی ها چیز دیگری را نمی توانستند تعیین کنند. و بدون برداشت واقعی از مسافت های آسمانی، درک حقیقی اندازه جسم های آسمانی و ماهیت ساختار جهان میسر نبود. بشر مجبور شد فرض کند که جسم های آسمانی در واقع دقیقاً همان هستند که به نظر می رسند. ستارگان لکه های کوچک نور هستند که به آسمانی جامد چسبیده اند، آسمانی که روز آبی و شب سیاه است. سیاره ها به کره های نزدیک تر دیگری چسبیده بودند که کاملاً شفاف و بنابراین کاملاً نامرئی بودند. (تنها چیزی که شخص می توانست بگوید آن بود که هر کره با کره پشت سرخود تماس داشت.) و ماه و خورشید کره هایی از نور و به همان اندازه که به نظر می رسیدند بودند.

آناکسا گوراس، فیلسوف یونانی، که در آتن می زیست، شک داشت که چیزها همان طور که به نظر می رسند باشند. خورشید ممکنست فاصله زیادی از ما داشته باشد و اگر اینطور باشد، هر چند کوچک به نظر می رسد اما ممکنست تخته سنگ عظیم تابنده ای به عرض ۱۶۱ کیلومتر باشد. او در حدود سال ۴۳۵ پیش از میلاد این حرف را بر زبان آورد و غوغایی بپا کرد. او را وادار به ترک دیار خود کردند.

نخستین کسی که کوشید شیوه های ریاضی بر زمین آزموده را به فضا منتقل کند

آریستارکوس، ستاره‌شناس یونانی، بود. سایه زمین در طول خسوف بر ماه می افتد و با استناد به بزرگی این سایه، آریستارکوس در حدود ۲۸۰ پیش از میلاد استدلال کرد که ماه بسیار بزرگ‌تر از آن است که حتی آناکساگوراس گمان می کرد و برای اثبات این امر از ریاضی مدد گرفت. دست کم یک فیلسوف یونانی به نام کلینتس اظهار عقیده کرد که آریستارکوس را باید به محاکمه کشاند، اما آریستارکوس زورق زندگیش را بی خطرتر از آناکساگوراس به ساحل سلامت رساند.

در حدود ۱۵۰ سال پیش از میلاد، هیپارکوس، ستاره‌شناس یونانی، (بزرگ‌ترین ستاره‌شناس دوران باستان) مثلثات را به کار گرفت. او وضعیت ماه را نسبت به ستارگان دیگر در یک زمان از دو موضع بسیار دور از یکدیگر بر روی زمین ثبت کرد (طبعاً به دو ناظر احتیاج بود). این امر به او امکان داد تا مثلثی فرضی را از ماه تا دو نقطه بر زمین ترسیم کند. او توانست زاویه رأس مثلثی فرضی در ماه و طول قاعده مثلث بر زمین را اندازه بگیرد. سپس، توانست براین اساس ارتفاع مثلث را (که معادل مسافت ماه تا زمین بود) با مقایسه آن با مثلث کوچک‌تر اما هم شکل آن محاسبه کند. هیپارکوس آنگاه توانست نشان دهد که ماه سی برابر قطر زمین یا ۳۸۶۴۰۰ کیلومتر از زمین فاصله دارد؛ این در صورتی است که رقم قبلی اراتستن را درباره اندازه زمین بپذیریم. این بدان معنی است که ماه جسمی است که حدود ۳۳۸۰ کیلومتر عرض دارد.

از لحاظ نظری، فاصله هر جسم آسمانی دیگری را می شد به همین طریق تعیین کرد، اما در مورد همه جسم‌های دیگر بجز ماه، اندازه زاویه رأس مثلث فرضی بقدری کوچک است که نمی توان آن را با چشم غیر مسلح اندازه گرفت. هیپارکوس فقط می توانست بگوید که همه جسم‌های آسمانی دیگر خیلی دورتر از ماه به زمین هستند. اما علوم یونان در زمان هیپارکوس پیوسته روبه افول می رفت. فاصله عظیم حتی نزدیک‌ترین جسم آسمانی بر جهانی که از کاوش محققانه جهان روی برمی تافت، تأثیر اندکی می گذاشت.

تنها از قرن هفدهم بعد بود که برداشت انسان از فضای آن سوی سطح زمین واقعاً از اساس تغییر کرد و عجیب آن که این تغییر از راه اندازه‌گیری در آسمان صورت نگرفت، بلکه در ارتباط با چیزی بسیار زمینی روی داد. از مدت‌ها پیش مردم می دانستند که نمی توان با تلمبه آب را ۱۰ متر بالاتر از

سطح طبیعی کشاند. اوانجلیستا تورپچلی، فیزیک دان ایتالیایی، در سال ۱۶۴۳ سعی کرد بداند که آیا تلمبه آب به این طریق کار می کند که وزن هوا آب را به بالا می راند. در این صورت، وقتی ستون آب به ارتفاع ۱۰ متر می رسد، وزن آن در واحد سطح شاید با وزن هوا برابر می شود. هوا که حداکثر نیروی خود را در چنین شرایطی اعمال می کند دیگر نمی تواند آب را بالا نگهدارد.

اگر اینطور باشد، آنوقت مایعی را که غلظت کمتری از آب دارد می توان با تلمبه بالاتر برد و مایعی را که غلظت بیشتری از آب دارد نمی توان تا آن حد بالا کشاند. کار کردن با ستون های کوتاهتر راحت تر است و از اینرو آیا بهتر نیست که جیوه را که غلظت آن سیزده بار ونیم بیشتر از آب است انتخاب کرد؟ هوا باید ستون کوتاهتری از جیوه را نگهدارد، ستونی به ارتفاع فقط ۷۶ سانتیمتر.

تورپچلی لوله ای شیشه ای به طول $1/2$ متر را از جیوه پر کرد، سر آن را بست و آنرا در یک ظرف بزرگ جیوه وارونه کرد. وقتی او سر لوله را باز کرد، همان طور که انتظار می رفت، جیوه شروع به خالی شدن از لوله کرد، اما تمام آن خالی نشد. ۷۶ سانتیمتر جیوه در لوله باقی ماند که وزن هوایی که بر جیوه درون ظرف فشار می آورد آن را نگه میداشت.

تورپچلی به این ترتیب فشار سنج را اختراع کرده و ثابت کرد که هوا وزن دارد و نشان داده بود که فشار هوا است که تلمبه آب را به کار می اندازد. بعلاوه او اولین خلاء خوب ساخته دست انسان را به وجود آورده بود. وقتی جیوه شروع به بیرون ریختن از لوله کرد، در فضای میان سر بسته لوله و سطح جیوه هیچ چیز نبود، فقط لکه کوچک محوشونده ای از بخار جیوه بود.

و او کارهای خیلی بیشتری انجام داد، خیلی بیشتر از آنچه برشمردیم. یونانی های باستان برداشتی از خلاء داشتند، اما عقیده نداشتند که خلاء واقعاً وجود دارد. ارسطو می گفت، «طبیعت از خلاء بیزار است». او گمان می کرد که جهان را ماده ای از این یا آن نوع پر کرده است.

اما تورپچلی فقط قطعه کوچکی از خلاء را نشان نداده بود، بلکه حدود تقریبی قطعه بی نهایت بزرگ تری را نشان داده بود. اگر هوا فقط به اندازه ای وزن داشته باشد که ستونی از جیوه به طول سی اینچ را نگهدارد و اگر همه جا همان غلظتی را که در نزدیکی سطح زمین دارد داشته باشد، در این صورت ارتفاع هوا فقط ۸ کیلومتر است.

حتی اگر هوا پخش شده باشد و هر چه بالا تر برویم رقیق تر باشد (که بزودی معلوم شد همینطور است)، با زهم فقط چند ده کیلومتر بیشتر ارتفاع ندارد و پس از آن به حدی رقیق می شود که می توان آن را خلاء به حساب آورد— و این در حالی است که ماه ۳۸۶۴۰۰ کیلومتر از ما فاصله دارد!

آزمایش توریچلی به این معنی بود که برای نخستین بار بشر باید با این مفهوم آشنا شود که هوا فقط لایه فوق العاده کم عمقی از گاز را در پیرامون بلاواسطه زمین تشکیل می دهد و این که بی نهایت کیلومتر در کیلومتر در ورای آن هیچ چیز نیست یا به عبارت دیگر خلاء وجود دارد— فقط گاه جسمی آسمانی این خلاء را می شکند. از زمان توریچلی بود که مفهوم «فضای خارج» به عنوان موجود و یژه ای از هیچ نامحدود مطرح شد.

پس از آن، در سال ۱۶۷۲، جیووانی دومینیکو کاسینی، ستاره شناس ایتالیایی—فرانسوی، مسافت مریخ از زمین را با یاری مثلثات محاسبه کرد. (او تلسکوپ داشت، چیزی که هیپارکوس نداشت، و می توانست زاویه های کوچک تر را اندازه بگیرد.) در زمان او، ساختار حقیقی منظومه شمسی شناخته شده بود، و این را مدیون نیکولاس کوپرنیک، ستاره شناس لهستانی، و یوهان کپلر، ستاره شناس آلمانی، هستیم. بنابراین، از روی مسافت مریخ می شد کلیه مسافت های سیاره ای دیگر را محاسبه کرد. از آنجا که اندازه گیری دقیق بود، معلوم شد که خورشید بیش از ۱۴۹,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتر تقریباً ۱۴۹,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتر از زمین فاصله دارند. سیاره های دیگری نیز که از این هم دورترند کشف شدند و مسافت آنها اندازه گرفته شد.

مسافت های عظیم فضای خالی مبهوت کننده بود و با این حال انسان تنها در آغاز راه بود. وضعیت برخی ستارگان را در دوزمان مختلف به فاصله شش ماه، زمانی که زمین در دوسر مقابل مدار خود به دور خورشید قرار می گیرد، تعیین کردند. بطور نمونه، با قاعده ای به مسافت ۲۹۷,۸۵۰,۰۰۰ کیلومتر، مثلثی را که رأس آن در ستاره ای بنام سینی ۶۱ باشد می توان محاسبه کرد.

در سال ۱۸۳۸، فریدریش ویلهلم بسل اعلام کرد که مسافت این ستاره ۳۵ میلیون میلیون کیلومتر دورتر از ما قرار دارد. در همان زمان هم معلوم شده بود که نور با سرعت بی سابقه اندکی بیش از ۲۹۹,۴۶۰ کیلومتر در ثانیه حرکت می کند، اما حتی با چنین سرعتی شش سال طول می کشید تا نور به سینی ۶۱ برسد (یا از سینی ۶۱ به ما

برسد)، از اینرو اعلام شد که ستاره یاد شده ۶ سال نوری از ما فاصله دارد. نزدیک‌ترین ستاره به ما به نام آلفای قنطورس چهار سال و نیم نوری از ما فاصله دارد، اما ستاره‌شناسان به کاوش خود در اعماق فضا ادامه دادند و ادامه دادند و پیوسته شیوه‌های تازه‌تر و زیرکانه‌تر را به کار گرفتند تا آن‌که اکنون می‌توانند جسم‌های آسمانی با فاصله ۹ میلیارد سال نوری از زمین را تشخیص دهند. فقط با نگاهی به آسمان می‌توان گفت که فضا بسیار وسیع‌تر از آن است که بتوان تصور کرد، و با ابداع شیوه اندازه‌گیری با وجب تا سرحد توانایی اندازه گرفتن تریلیون تریلیون وجب، چیزی با ابعاد وصف ناپذیر را بطور مبهم می‌توان تصور کرد. و تازه بطور کامل نمی‌توان به چنین هدفی دست یافت. تنها از راه اندازه‌گیری فضا نیست که می‌توان آن را شناخت. مسئله زمان نیز مطرح است، مفهومی که شاید فریبنده‌تر از مفهوم فضا باشد و به عنوان چیزی کاملاً متمایز از فضا آغاز شد و به آنجا ختم شد که—

خوب، بهتر است این قسمت از داستان را به مقاله بعدی موکول کنیم.

زمان

از همان ابتدا، زمان چیزی کاملاً متفاوت با مکان به نظر می‌رسید. مفهوم مکان متضمن حس بینایی و لامسه است. چیزی اینجا است، نه آنجا.

زمان مفهوم بسیار ظریف‌تری است و متضمن حس درونی طول زمان است. ابتدا روز است، سپس شب فرا می‌رسد؛ ابتدا شخص غذا می‌خورد و پس از آن است که دوباره گرسنه می‌شود. مفهوم ابتدا و سپس متضمن گذشت زمان است.

آموختن اندازه‌گیری طول زمان و احساس کمتی زمان بس دشوارتر از آموختن اندازه‌گیری مسافت و احساس کمتی مکان بود. مسافت را می‌شد به آسانی با گام برداشتن سنجید، اما طول زمان را نمی‌شد به آن آسانی تعیین کرد. شبی که زیر قطره‌های سرد باران در محل کشیک گذرانده می‌شود گویی تمام نشدنی است؛ شبی که با محبوب سر می‌شود مثل برق می‌گذرد. مدت زمان معینی، بسته به اوضاع و احوال، ممکنست به نظر یک شخص طولانی و به نظر دیگری کوتاه بیاید.

انسان‌ها برای آن که به توافق برسند باید پدیده‌ای خارجی را که تناوبی است به کار گیرند، یعنی آنچیزی که به نظر آنها اعمال خود را در فاصله‌های ثابت زمانی پیوسته تکرار می‌کند. کهن‌ترین پدیده‌های تناوبی که برای این مقصود به کار گرفته شد حرکت‌های جسم‌های آسمانی بود: بهار به فاصله‌های سالانه، ماه نوبه فاصله‌های ماهانه و طلوع خورشید به فاصله‌های روزانه می‌آید.

تنها در قرن هفدهم بود که حرکت تناوبی ساخته دست انسان برتر تشخیص داده شد. لنگر تاب خورنده ساعت امروزم را ممکن ساخت و برای اولین بار در تاریخ انسان توانست زمان را برحسب دقیقه و ثانیه اندازه بگیرد. لنگر جای خود را به فنر ارتعاش‌یابنده و سرانجام در قرن بیستم به اتم ارتعاش‌یابنده داد. زمان سنج‌های کنونی می‌توانند ثانیه را به

آسانی به یک میلیون قسمت بخش کنند و زمان را می توان با سهولت و دقت بیشتری از مکان اندازه گرفت.

اما آیا زمان و مکان حقیقتاً مستقل از یکدیگرند. از لحاظ ذهنی برداشت ما از مکان با برداشت ما از زمان بهم پیوسته است. ما نمی توانیم بدون احساس فاصله زمانی احساس هیچ گونه فاصله مکانی داشته باشیم. باید سرمان را برگردانیم تا ابتدا به یک چیز و سپس به چیزی دیگر نگاه کنیم و این مفهومی جز این ندارد که ابتدا به یک چیز و سپس به چیز دیگری نگاه کنیم.

اگر در اندازه گیری مسافت معینی متوجه شویم که دو برابر مسافت دیگری است، همچنین در می یابیم که دو برابر زمان مسافت دومی طول می کشد تا مسافت اولی را طی کنیم. حتی امروز هم، بطور نمونه کسی که می خواهد خانه ای بخرد باید فاصله آن را تا مدرسه فرزندانش یا محل کارش در نظر بگیرد—خودبخود این فکر به مغزش خطور می کند که این امر بر زمان رفت و آمدش تأثیر می گذارد. مکان و زمان درهم می آمیزند.

مطمئناً، این دو کاملاً درهم نمی آمیزند. راههایی برای اندازه گیری مسافت وجود دارد که مثل قدم کردن مستقیم نیست و آنچنان بلاواسطه به زمان بستگی ندارد. مسافتی طولانی را می توان با کمک گرفتن از مثلثات تقریباً در همان مدت زمانی که مسافتی کوتاه اندازه گرفته می شود، اندازه گرفت. باز، به آسانی می توان صدها کیلومتر مسیر یک بزرگراه را خیلی سریع تر و آسان تر از ده کیلومتر مسیر یک خیابان پر رفت و آمد یک شهر طی کرد.

همچنین پیشرفت در حمل و نقل بطور کلی روابط میان زمان و مکان را برای بشر دگرگون ساخته است. ابتدا راه آهن، سپس هواپیما و سرانجام هواپیمای جت احساس مسافت معینی را با احساس طول زمان اساساً کوچکتری مرتبط ساخته است. زمانی که آمریکا مستعمره بود، بزحمت می شد در نیویورک صبحانه و در پوگ کیپی ناهار خورد؛ این روزها، به آسانی می توان در پاریس صبحانه و در نیویورک ناهار خورد.

اما چه عکس العملی نسبت به این پدیده نشان می دهند: «دنیای کوچک تر می شود.» کم تر شدن زمان را کوچک تر شدن مکان تفسیر می کنند.

اگر چه برآستی که همه اینها ذهنی است و شما می توانید استدلال کنید که مسافت به عنوان جدایی فیزیکی دو نقطه کیفیتی دارد که تحت تأثیر هیچ تغییر زمان

رفتن از یک نقطه به نقطه دیگر قرار نمی گیرد.

اکنون اجازه بدهید ارتباط های عینی مکان و زمان را بررسی کنیم.

موقعیت چیزهای واقعی جهان را فقط در صورتی می توان تعیین کرد که دست کم از سه جهت آنها را اندازه گیری کرد. فرض کنید که مکعبی شیشه ای با حبابی از هوا در درون آن بالای میزی قرار دارد و چهار طرف آن رو به شمال، جنوب، شرق و غرب دارند. برای تعیین موقعیت آن حباب، باید حساب کنید چقدر از سطح میز ارتفاع دارد، چقدر با ضلع شمالی و چقدر با ضلع شرقی مکعب فاصله دارد. این اندازه گیری ها وضعیت دقیق حباب را در جهت بالا — پایین، شمالی — جنوبی و شرقی — غربی مشخص می کند. تنها یک نقطه در مکعب می تواند با همه اندازه گیری ها منطبق باشد.

می توان سلسله دیگری از اندازه گیری را انتخاب کرد، اما برای مشخص کردن یک نقطه خاص باید سه اندازه آن را تعیین کرد. از همین رو است که می گویند مکان «سه بُعدی» است.

اما بر فرض که بجای یک حباب گاز در یک مکعب شیشه ای با مگسی در یک اتاق مکعب شکل سروکار داشته باشید. می توانید با تعیین سه بُعد محل مگس را مشخص کنید و اگر به نقطه ای که این سه بُعد نشان می دهد، نگاه کنید، خواهید دید که اصلاً از مگس خبری نیست. وقتی داشتید موقعیت او را تعیین می کردید، پرواز کرده و به جای دیگر رفته است. بنابراین، نه تنها باید مسافت های مکانی را تعیین کرد، بلکه همچنین باید زمان را مشخص کرد تا بتوان معلوم ساخت مگس دقیقاً کجا بوده و علاوه بر آن کی آنجا بوده است.

سه بُعد فقط برای یک جهان بی حرکت و تغییرناپذیر کفایت می کند. بمحض این که پای هرگونه حرکت، هرگونه تغییر، به میان آید، آنگاه اندازه گیری زمان برای تعیین موقعیت یک شیئی ضرورت دارد. بنابراین، جهانی که ما می شناسیم اصلاً سه بُعدی نیست، بلکه چهار بُعدی است.

و با این حال، این چهار بُعد معادل هم نیستند. می توان مکعبی را برداشت و آن را چرخاند بطوری، که آنچه شرقی — غربی بود شمالی — جنوبی و برعکس شود. یا می توان آن را چرخاند بطوری که شرقی — غربی بالا — پایین و برعکس شود. کلیه سه بُعدی که فقط به مکان مربوط می شوند (سه «بُعد مکانی») کاملاً معادل یکدیگر.

هستند، و این که کدام کدام است به جهت یابی ناظر بستگی دارد. اما زمان («بُعد زمانی») به این شکل معادل بُعدهای دیگر نیست. ظاهراً بهیچوجه نمی‌توان معکبی را چرخاند بطوری که آنچه در ابتدا جهت بالا — پایین بود در جهت دیروز — امروز و برعکس قرار گیرد.

بعلاوه، در هریک از سه بُعد مکانی می‌توان آزادانه پیش رفت. می‌توان به راست، سپس به چپ حرکت کرد و به نقطه اول بازگشت؛ می‌توان به پیش یا به عقب رفت؛ یا بالا و سپس پایین رفت. می‌توان به دلخواه تُند یا کُند در هریک از این سه بُعد حرکت کرد.

در بُعد زمانی، به نظر می‌رسد که مسئله تغییر جهت یا سرعت به دلخواه ما مطرح نباشد. من و شما و تمامی جهان ظاهراً در امتداد بُعد زمانی، فقط و فقط در یک جهت از امروز بسوی فردا — پیش می‌رویم بدون این که فرصت برگشت داشته باشیم. از این گذشته، این پیشروی سرعت ثابت و تغییرناپذیر دارد.

نویسندگان داستان‌های علمی تخیلی رؤیای یافتن وسیله‌ای را در سرپرورانده‌اند که سفر در امتداد بُعد زمان را به آسانی سفر در امتداد بُعد دیگر قابل کنترل سازد. نخستین کسی که دست به چنین کاری زد ه.ج. ولز بود که در ۱۸۹۵ در داستان خود به نام ماشین زمان از آن سخن گفت. نویسندگان بسیاری (از جمله این نگارنده) از آن پس ماشین‌های زمان را به کار گرفته‌اند، اما چنین وسیله‌ای عملی نیست و تا آنجا که علم در حال حاضر به ما می‌گوید هرگز عملی نخواهد بود. سفر در زمان، به مفهوم حرکت آزادانه به جلو و عقب و به دلخواه در امتداد بُعد زمان غیر ممکن است.

و با این حال، هر چند که در زمان فقط به جلو می‌توان حرکت کرد، اما به نظر می‌رسد که این پیشروی همیشه نباید با آهنگ ثابت و تغییرناپذیر باشد.

در سال ۱۹۰۵، آلبرت آینشتاین «نظریه نسبیت خاص» را ارائه کرد. منظره‌ای که او از جهان نشان می‌داد در ابتدا عجیب و غریب می‌نمود، اما فیزیک‌دانان این نظریه را بارها و از راه‌های مختلف آزموده‌اند و آن هرگونه آزمایش را بدون استثناء با موفقیت از سر گذرانده است، آنچنان با موفقیت که هیچ فیزیک‌دانی تاکنون در اعتبار آن تردید روا نداشته است.

یکی از نکته‌هایی که نظریه نسبیت خاص خاطر نشان می‌ساخت این بود که اندازه‌گیری مسافت به حرکت نسبی چیزی که اندازه گرفته می‌شود و وسیله‌ای که

اندازه گیری را انجام می دهد بستگی دارد.

دو فضایی الف و ب را در نظر بگیرید. هریک از آنها ۱۰۸ متر طول دارد و آنها در فضا در دو جهت مخالف از کنار یکدیگر می گذرند و حین عبور می توانند در یک لحظه طول یکدیگر را اندازه بگیرند. اگر آنها با سرعت هایی که ما به آن خو گرفته ایم حرکت کنند، آنوقت هریک از آنها دو طول دیگری را ۱۰۸ متر ثبت خواهد کرد. در واقع، طول هریک از آنها اندکی کمتر از ۱۰۸ متر خواهد بود، اما آنچنان اندک که قابل توجه نخواهد بود.

وقتی سرعت آنها زیادتر می شود، کوتاه شدن طول آنها بیشتر جلب توجه می کند. بفرض که آنها با سرعت ۱۶۱۰ کیلومتر در ثانیه حرکت کنند. الف طول ب را $107/7$ متر و ب طول الف را $107/7$ متر ثبت خواهد کرد. این کاهش طول در نتیجه افزایش سرعت هریک از آنها نسبت به دیگری شدت بیشتری خواهد گرفت. اگر آنها با سرعت ۲۶۰۸۲۰ کیلومتر در ثانیه از کنار یکدیگر عبور کنند، هریک از آنها طول دیگری را ۵۴ متر، یعنی فقط نصف طول آن در حالت سکون، ثبت خواهد کرد. و در سرعت ۲۹۹۸۸۰ کیلومتر در ثانیه (سرعت نور در خلاء)، هریک سرعت دیگری را صفر اعلام خواهد کرد.

در کلیه این سرعت ها، الف و ب از نظر خود کاملاً عادی باقی می مانند و طول کامل خود یعنی ۱۰۸ متر را حفظ می کنند. سرنشینان الف خواهند گفت که آنها بی حرکت و در وضع عادی بودند، در حالی که این ب بود که با سرعت بسیار از کنارشان گذشت و کوتاه شد. سرنشینان ب همین حرف را در مورد الف خواهند گفت.

و هر دو هم راست می گویند!

برای این که بدانید چرا اینطور است، در نظر بگیرید که یک آمریکایی عقیده دارد که یک نفر روس به زبان خارجی صحبت می کند و یک نفر روس براین باور است که یک آمریکایی به زبان خارجی صحبت می کند. و هر دو هم راست می گویند. کیفیت خارجی بودن بستگی به آن دارد که چه کسی کار داوری را انجام می دهد و کیفیت طول بستگی به آن دارد که چه کسی کار اندازه گیری را انجام می دهد. از قضا نظریه نسبیت خاص می طلبد که در مورد زمان هم چنین چیزی اتفاق بیافتد.

فرض کنید که سرنشینان هریک از فضاپیماها شیوه‌هایی برای سنجش آهنگ حرکت ساعتی که در فضاپیمای دیگری است در اختیار داشته باشند. وقتی آنها آن‌ا از کنار یکدیگر رد می‌شوند، سرنشینان الف گمان خواهند کرد که ساعت ب عقب افتاده است. در واقع از نظر سرنشینان الف هرگونه حرکت ب، حتی ارتعاش‌های اتمی آن، بیک اندازه گُند شده جلوه خواهد کرد. به عبارت دیگر، به نظر سرنشینان الف، پیشرفت خود زمان در ب گُند شده است. از سوی دیگر، از نظر سرنشینان ب، پیشرفت زمان در الف گُند شده است.

اگر آنها با سرعت ۲۶۰۸۲۰ کیلومتر در ثانیه نسبت به یکدیگر حرکت کنند، هریک از آن دو پیشرفت زمان در دیگری را درست نصف آهنگ عادی پیشرفت ثبت خواهد کرد. اگر سرعت نسبی آنها به ۲۹۹۸۸۰ کیلومتر در ثانیه برسد، هریک پیشرفت زمان در دیگری را صفر اعلام خواهد کرد. از نظر سرنشینان الف، زمان در ب و از نظر سرنشینان ب، زمان در الف متوقف شده است.

آیا باز هم می‌توان گفت که هردو راست می‌گویند؟ شاید، در این مورد راست نگویند. برای این که ببینیم چرا، باید برگردیم سراغ طول.

فرض کنید که برای ما این پرسش مطرح شده باشد که آیا واقعاً یکی از این دو فضاپیما در طول عبور از کنار یکدیگر طول خود را کم کرده است. یک راه حل این مسئله این خواهد بود که یکی از فضاپیماها از سرعت خود بکاهد، دور بزند و خود را به دیگری برساند. وقتی آندو پهلوی به پهلوی هم قرار گرفتند، طولشان را می‌توان مقایسه کرد و فهمید کدام یک کوتاه‌تر است.

اما همین که دو فضاپیما پهلوی به پهلوی هم قرار گرفتند، نسبت به یکدیگر ساکن خواهند شد و هریک از آندو طول دیگری را عادی خواهد یافت. هیچیک از آندو کوتاه نشده است.

البته، امکان دارد که یکی از آندو وقتی نسبت به دیگری در حرکت بود کوتاه‌تر شده باشد، اما اثری از آن برجای نمانده باشد. با نگاه کردن به یک جسم ساکن بهیچوجه نمی‌توان گفت که آیا در گذشته وقتی حرکت می‌کرد کوتاه شده است یا نه. آیا چنین چیزی در مورد زمان هم صادق است؟ نه، کاملاً صادق نیست. وقتی دو فضاپیما بار دیگر در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، آهنگ پیشرفت زمان در هر دو یکی خواهد بود و هر دو فضاپیما این را تأیید خواهند کرد، چون اکنون هر کدام نسبت به

دیگری ساکن است. اما اختلاف پیشین در آهنگ گذشت زمان برآستی که اثر خود را بر جای خواهد گذاشت.

فرض کنید که هر دو فضاپیما با ساعت‌هایی که دقیقاً ساعت ۱ بعد از ظهر را نشان می‌دهد شروع به پرواز کنند. اگر در گذشته آهنگ زمان در ب واقعاً کندتر از آهنگ زمان در الف بوده است، ساعت ب اکنون عقب‌تر از ساعت الف خواهد بود. اگر ساعت الف کندتر حرکت کرده باشد، باز هم چنین وضعی پیش می‌آید.

سرنشینان الف دیده‌اند که در ب زمان کندتر از زمان معمول حرکت می‌کند. بنابراین وقتی ب خود را به الف می‌رساند، سرنشینان الف انتظار دارند ساعت ب عقب‌تر از ساعت الف باشد. اما سرنشینان ب دیده‌اند که در الف زمان کندتر از زمان معمول حرکت می‌کند؛ بنابراین انتظار دارند ساعت الف عقب‌تر از ساعت ب باشد.

خوب، کدام یک درست می‌گوید؟ آیا هیچ‌یک از ساعت‌ها عقب نیست؟ آیا هر دو یک زمان را نشان می‌دهند؟ در این صورت، چه زمانی ساعت یکی خود را به ساعت دیگری رساند؟ اگر ب توسط الف دیده شده که کندتر حرکت می‌کرده، پس ب باید خود را به الف رسانده باشد تا ساعت‌هایشان یکی شوند؛ ب می‌بایست حرکت خود را تندتر می‌کرد تا زمان از دست داده را جبران کند و این کار غیرممکن است. در نظریه نسبیت بهیچوجه پیش‌بینی نشده که ساعتی هرگز بتواند در هیچ شرایطی سریع‌تر از آهنگ عادی زمان حرکت کند، بنابراین ب هرگز به الف نخواهد رسید. اما سرنشینان ب درست با همین استدلال خواهند گفت که ساعت الف هرگز به ساعت ب نخواهد رسید.

در این صورت، وقتی این دو فضاپیما بهم می‌رسند چه اتفاق می‌افتد که پاسخ این «پارادوکس ساعت» را برای ما فراهم می‌آورد؟

در واقع، نظریه نسبیت خاص برای پاسخ به چنین مسئله‌ای کفایت نمی‌کند. این نظریه تنها در مورد چیزهایی که با سرعت ثابت حرکت می‌کنند صادق است: منظور سرعت واحد و در جهت واحد تا ابد است. این بدان معنی است که الف و ب از کنار هم که گذشتند، اگر قرار باشد به نظریه نسبیت خاصی استناد کنیم، باید برای همیشه به جدایی از یکدیگر ادامه دهند. آنها هرگز نمی‌توانند یکدیگر را دوباره ملاقات کنند تا ساعت‌هایشان را با هم مقایسه کنند، بنابراین پارادوکسی هم در کار نخواهد بود.

اما در سال ۱۹۱۶، آاینشتاین نظریه خود را بسط داد تا مورد مربوط به چیزهایی را

که شتاب می گیرند نیز در بر بگیرد — منظور چیزهایی است که سرعت یا جهت حرکت خود یا هر دو را تغییر می دهند. بهمین منظور، آینشتاین نظریه نسبیت عام را آورد.

تا زمانی که دو فضاپیما نسبت به یکدیگر با سرعت ثابت حرکت می کنند، از هیچ راه نمی توان یکی را به عنوان این که اندازه گیری های آن معتبرتر است بر دیگری ترجیح داد. بمحض این که فضا پیمایی شروع به کند کردن حرکت خود کرد، دورزد و خود را به دیگری رساند، شتاب می گیرد. وضعیت دو فضاپیما دیگر یکسان نیست، چون یکی با سرعت ثابت حرکت می کند و دیگری با سرعت متغیر.

نظریه نسبیت عام نشان می دهد که فضا پیمایی که شتاب می گیرد دستخوش تغییر واقعی آهنگ زمان می شود. وقتی دو فضاپیما به یکدیگر می رسند و ساعت هایشان را مقایسه می کنند ساعت فضا پیمای شتاب گرفته عقب نشان می دهد.

اما آیا این ب بود که شتاب گرفت؟ سرنشینان ب می توانند چنین استدلال کنند که آنها ظاهراً در حال سکون بودند و این الف بود که شتاب گرفت تا به آنها برسد. چون، بهر حال، سرنشینان هر فضاپیما، صرفنظر از این که امور از نظریک ناظر خارجی چگونه جلوه کند فضا پیمای خود را ساکن می انگارند.

دلیلی که می توان علیه این استدلال آورد این است که ب باید موتورهای موشک خود یا نوعی انرژی را به کار گیرد تا از سرعت خود بکاهد (نسبت به الف)، مسیرش را عوض کند و به الف نزدیک شود. صرفنظر از این که سرنشینان ب ممکنست استدلال کنند که در حال سکون بودند و این الف بود که شتاب گرفت، این واقعیت به قوت خود باقی می ماند (و سرنشینان ب باید آن را بپذیرند) که این ب بود و نه الف که موتورهایش را به کار انداخت.

دلیل محکم تر متکی بر این واقعیت است که وقتی ب موتورهایش را به کار انداخت تا شتاب بگیرد، نه تنها نسبت به الف بلکه نسبت به خورشید، سیاره ها و کلیه ستارگان و کهکشان های جهان نیز شتاب گرفت. این امر متضمن عدم تقارن عظیمی است. می توان ملاحظه کرد که ب مجبور بود نه تنها الف بلکه تمامی جهان را در حال شتاب گرفتن مشاهده به خود مشاهده کند، در حالی که الف فقط ب را در حال شتاب گرفتن مشاهده می کند؛ بقیه جهان سرجایش می ماند.

پس کند شدن زمان واقعی است و این امر در مورد چیزی صادق است که نسبت به

کل جهان در حال شتاب گرفتن باشد.

در واقع، بنابر نظریه نسبیت عام، حرکت در زمان با حرکت در مکان آنچنان پیوند تنگاتنگ دارد که محال است بتوان زمان و مکان را جدا از یکدیگر در نظر گرفت. در عوض باید از «مکان — زمان» صحبت کرد و معادله‌های نسبیت عام هر چهار بُعد را در بر می‌گیرند، هر چند که زمان را با اندک تفاوت ریاضی به کار می‌گیرند.

اکنون فرض کنید که فضانوردی عازم ستاره دوردستی باشد و شتاب بگیرد تا با سرعت زیاد هر چه زودتر خود را به آنجا برساند. اگر او با سرعت ۲۶۰۸۲۰ کیلومتر در ثانیه از ما دور شود و اگر ما بتوانیم آهنگ گشت زمان را در فضاپیماي او اندازه بگیریم خواهیم دید که زمان برای او با سرعتی معادل نصف سرعت زمان برای ما می‌گذرد. از نظر خود فضانورد، زمان با همان آهنگ معمولی خود می‌گذرد، اما اگر می‌توانست زمین را ببیند (که با سرعت ۲۶۰۸۲۰ کیلومتر در ثانیه از او دور می‌شود) و آهنگ زمان آن را اندازه بگیرد، خواهد دید که همه چیزهای روی زمین با سرعت نصف حرکت می‌کنند.

اما این فضانورد بود که نسبت به بقیه جهان شتاب گرفت تا نسبت به زمین به سرعت دلخواه خود دست یابد. زمین مجبور نبود نسبت به بقیه جهان شتاب بگیرد تا نسبت به فضانورد به سرعت دلخواه خود دست یابد.

بنابراین، این فضانورد است که در واقع گُند شدن آهنگ پیشروی در امتداد بُعد زمان را تجربه می‌کند.

فرض کنید که فضانوردی با سرعت ۲۹۹۷۸۲ کیلومتر در ثانیه حرکت کند. در برابر یک ساعتی که برای او می‌گذرد، سی ساعت روی زمین می‌گذرد. اگر او یک سال بهمین ترتیب سفر کند (بشرطی که در یک لحظه شتاب گرفته باشد) و سپس دور بزند و با همین سرعت بازگردد (بشرطی که در یک لحظه دور زده باشد)، درخواهد یافت که به نظر خودش دو سال بیشتر در سفر نبوده، در حالی که ساکنان زمین ادعا دارند که او سی سال غیبت کرده است.

فرض کنید که فضانورد در سن سی سالگی زمین را ترک می‌کند و برادر دوقلوی او نیز که سی سال دارد روی زمین می‌ماند. وقتی فضانورد باز می‌گردد سی و دو سال دارد، اما برادر دوقلویش که در خانه مانده است ۶۰ سال دارد. (بهمین دلیل «پارادوکس ساعت» را گاه «پارادوکس دوقلو» خوانده‌اند.)

البته مدت زیادی طول می کشد تا فضا‌نورد شتاب بگیرد و مدت زیادی طول می کشد تا دور بزند و شروع به بازگشت کند، بنابراین شرایط به آن روشنی که توصیف کردیم نیست.

با این حال، فرض کنید که فضا‌نوردی بتواند بنحوی با سرعت ۲۹۹۸۸۰ کیلومتر یعنی دقیقاً با سرعت نور، حرکت کند. گذشت زمان برای او به صفر خواهد رسید. او درخواهد یافت که به هر نقطه که برود زمانی براون گذشته است. آنوقت، اگر به زمین باز گردد (بشرطی که این بار نیز وقتی صرف تغییر جهت نکرده باشد)، شاید تعجب کند از این که ساکنان زمین خیال می کنند که او— بسته به این که با سرعت نور تا کجا رفته باشد— صد سال، هزار سال یا یک میلیون سال دور بوده است.

بنابراین، بیک معنی می توان گفت که سفر در امتداد بُعد زمان ممکن است. اگر با سرعت کافی در فضا حرکت کنید، در زمان هم می توانید جلو بروید. اما فقط به جلو؛ سفر یک سره است. همین که فضا‌نورد ما سی سال یا یک میلیون سال در آینده سفر کرد، هرگز نمی تواند باز گردد.

اما ممکنست پیرسید چه می شود اگر او از سرعت نور سریع تر حرکت کند؟ آیا آهنگ زمان کمتر از صفر نخواهد شد؟ به عبارت دیگر، آیا منفی نخواهد شد؟ و آیا او در زمان به عقب بازنخواهد گشت؟

افسوس که این چنین نخواهد شد. نظریه نسبیت، چه خاص چه عام، به اکیدترین وجه مقرر می دارد که هر چیزی که کندتر از سرعت نور در خلاء حرکت کند هرگز نمی تواند صرفاً با شتاب گرفتن سرعتی بیش از سرعت نور در خلاء پیدا کند.

بنابراین، کار دیگری از دست زمان بر نمی آید جز این که بایستد. هیچکس نمی تواند بشیوه‌ای که با ساختار جهان سازگاری داشته باشد عقربه زمان را به عقب بازگرداند.

جرم

خیلی طبیعی است که گمان کنیم فضا چیزی است که وجود ندارد، فقط چیزهایی را در بر می گیرد. می توان آن را صرفاً برهوت پهناوری پنداشت که ماده را در خود نگه میدارد و آنهم نه به مقدار زیاد.

امکان دارد که ده هزار میلیارد میلیارد ستاره در جهان باشد. اگر هر ستاره هم حجم خورشیدما باشد، همه این ستارگان بر روی هم حجمی را تشکیل خواهند داد که فقط در حدود یک میلیون یک تریلیونم یک تریلیونم حجم جهان خواهد بود.

از این گذشته، ستارگان خود به اصطلاح عمدتاً فضای توخالی هستند. به عبارت دیگر، آنها از اتم ها ساخته شده اند که به نوبه خود از ذره هایی بمراتب کوچک تر از خود تشکیل شده اند. اگر همه ذره های بنیادی (ماده واقعی جهان) کلیه ستارگان را روی هم بریزیم، هر ستاره بطور میانگین $12/9$ کیلومتر عرض خواهد داشت. در این صورت، ماده ای که در جهان وجود دارد تنها یک تریلیونم جایی را خواهد گرفت که اکنون تمام ستارگان پراکنده آن را پر کرده اند.

شاید با پیش کشیدن موضوعی مأنوس تر بتوان تصویری از مفهوم آنچه گفته شد به دست آورد. فرض کنید که زمین عظیمی که ما بر آن زندگی می کنیم توخالی باشد، حجمی وسیع، توخالی و گروی به قطر 12900 کیلومتر. سپس و یروس آنفلوآنزایی را تصور کنید که از خُردی با میکروسکپ معمولی دیده نشود، اما آن قدر بزرگ باشد که با میکروسکپ الکترونی دیده شود.

این و یروس آنفلوآنزا را بردارید و آن را درون زمین توخالی بگذارید؛ چیز دیگری را اصلاً در آن نگذارید. نسبت حجم زمین توخالی به حجم تک مولکول و یروسی که داخل آن شناور است مثل نسبت حجم جهان به حجم کل ذره های بنیادی درون آن خواهد بود.

اگر زمین توخالی حاوی چیزی جز همان و یروس تنها نبود، مسلماً حق داشتیم آن را خالی بدانیم. و یروس تنها در مقام محتوای این زمین توخالی کلاً بی اهمیت خواهد بود. آیا در این صورت حق نداریم جهان را نیز خالی بدانیم؟ این ذره ناچیز ماده چه اهمیتی برای جهان می تواند داشته باشد؟

اما بر فرض که جهانی خالی، جهانی واقعاً خالی، جهانی کاملاً خالی را بتوان تصور کرد. و بر فرض که بطریقی می شد جهان را مشاهده کرد بدون این که جزئی از آن بود. چه نتیجه ای می شد درباره آن گرفت؟

واقعاً که هیچ. برای آن که با مفهوم مسافت در یک جهان کار کنیم باید ابتدا موقعیت دو نقطه را در آن تعیین کنیم و فاصله میان آن دو نقطه را به عنوان واحد مسافت به کار ببریم. برای آن که با مفهوم طول زمان کار کنیم باید دگرگونی هایی را در فاصله دو نقطه حس کنیم و بخش مناسبی از این دگرگونی را به عنوان واحد طول زمان بپذیریم.

اما اگر جهانی کاملاً خالی باشد، هیچ راهی برای تعیین دو نقطه در آن وجود ندارد؛ هیچ راهی برای مشاهده فاصله یا دگرگونی، مسافت یا طول زمان وجود ندارد. خلاصه، راهی برای نشان دادن وجود فضا یا زمان وجود ندارد. بنابراین بحق می توان گفت که صحبت کردن از فضا و زمان در غیبت چیزهای موجود در فضا و زمان معنایی ندارد. ظرف فقط به اعتبار مظروف وجود دارد و پایدار است، حال هر قدر هم که مظروف در مقایسه با ظرف بی اندازه کوچک باشد.

حال جهانی را فرض کنید که قطعه کوچکی از ماده، یعنی گره نامشخصی در آن باشد. علاوه بر این فرض کنید که بتوان بقیه جهان را از موضعی در مرکز گره یاد شده مشاهده کرد. اکنون درباره جهان چه می توان گفت؟

ابتدا می توان فرض کرد که قطعه واحد ماده در حال حرکت است. قانونی به نام «قانون اول حرکت» وجود دارد که می گوید اگر چیزی در جهان کاملاً به حال خود گذاشته شود و بهیچوجه تحت تأثیر چیز دیگری در جهان نباشد، آنوقت اگر با سرعت معینی در حال حرکت باشد، بطور ثابت با همان سرعت و برای همیشه در یک راستای مستقیم خط حرکت خواهد کرد. شئی خاصی که سرعت آن صفر باشد، «در حال

«سکون» خواهد بود و تا ابد هم «در حال سکون» خواهد ماند.

این قانون تقریباً چهار قرن پیش براساس مشاهده‌هایی که در همین جهان ما با تریلیون‌ها تریلیون قطعه ماده آن صورت گرفت تدوین شد، اما به نظر نمی‌رسد که ربطی به تعداد قطعه‌های ماده در جهان داشته باشد. اگر این قطعه‌ها یکی یکی هم ناپدید شوند، باز معلوم نیست که چرا قانون اول حرکت نباید عمل کند.

در نتیجه، شاید شما تصور کنید که اولین قانون حرکت باید در مورد قطعه ماده‌ای که به تنهایی در جهان بسر می‌برد صادق باشد. در واقع، شاید استدلال کنید که این قانون بخصوص باید در مورد قطعه ماده تنها صادق باشد. هر چه باشد، این قطعه ماده امکان ندارد تحت تأثیر چیز دیگری در جهان قرار گیرد، چون چیز دیگری در جهان وجود ندارد. این قطعه ماده باید دقیقاً از قانون اول پیروی کند؛ اگر در حال سکون باشد، برای همیشه در حال سکون خواهد ماند؛ اگر در حال حرکت باشد، برای همیشه با همان سرعت در یک راستای مستقیم خط حرکت خواهد کرد.

اما چگونه می‌توان این را فهمید؟ تنها چیزی که از مرکز آن قطعه ماده تنها می‌توان دید برهوت است و برهوت. هر بار که به اطراف نگاه کنیم چیزی نخواهیم دید. حتی اگر قطعه ماده در حال سکون هم باشد، باز چیزی نخواهیم دید. اگر قطعه ماده با سرعت ثابت و در هر جهت حرکت کند، باز هم دقیقاً چیزی نخواهیم دید. در این صورت از آنچه می‌توان دید نمی‌توان گفت که آیا قطعه ماده در حال حرکت است یا در حال سکون؛ و اگر هم در حال حرکت باشد باز نمی‌توان گفت با چه سرعتی و در چه جهتی حرکت می‌کند.

جهانی با یک قطعه ماده بی‌چهره درست مثل جهانی خالی از ماده تهی و غیرقابل اندازه‌گیری است.

بنابراین، اجازه بدهید به سراغ جهانی با دو قطعه نامشخص ماده برویم. می‌توان فرض کرد که دو قطعه ماده نسبتاً به یکدیگر نزدیک هستند؛ به اندازه‌ای نزدیک که بتوان یکی را از دیگری مشاهده کرد. (اگر آن قدر دور باشند که نتوان بهیچوجه یکی را از دیگری مشاهده کرد، می‌توان گفت که در واقع آنها دو جهان هستند که هریک دارای یک قطعه ماده هستند.)

در واقع، فرض کنید که دو قطعه موقعیت‌های نسبی زمین و ماه را داشته باشند و از مرکز یکی بتوان از دیگری عکس برداشت. (می‌توان فرض کرد که هر قطعه نورافشانی

می کند یا از راه دیگری می تواند تشخیص داده شود.)

اگر تصویرهای پی در پی قطعه الف را از دیدگاه مرکز قطعه ب بررسی کنیم، متوجه خواهیم شد که قطعه الف روشن تر و تاریک تر، روشن تر و تاریک تر می شود؛ یا شاید (اگر به صورت قرص مری باشد) کوچک تر و بزرگ تر می شود. می توان تصور کرد که الف واقعاً بطور متناوب تاریک و روشن می شود یا بزرگ و کوچک می شود. یا می توان تصور کرد که درخشانی و اندازه الف واقعاً ثابت است، منتها پیوسته به ب نزدیک می شود و از آن دور می شود. وقتی الف به ب نزدیک می شود روشن تر و بزرگ تر می شود و وقتی دور می شود تاریک تر و کوچک تر می شود.

حال بهر دلیل که باشد، نوعی دگرگونی متناوب وجود دارد و از اینرو مفهوم زمان ممکن می شود. اگر این دگرگونی را دگرگونی مسافت فرض کنیم، مفهوم فضا ممکن می شود.

حال می توان پرسید که اگر بجای آن که قطعه الف را از مرکز قطعه ب نگاه کنیم، قطعه ب را از مرکز قطعه الف مشاهده کنیم، آیا تغییری در وضع داده خواهد شد؟

هیچ تغییری حاصل نخواهد شد. از هر قطعه که به دیگری نگاه کنیم، آن را در حال نزدیک شدن و دور شدن خواهیم یافت.

پس کدام یک واقعاً در حال نزدیک و دور شدن است؟

می توان منصفانه فرض کرد که هریک از این دو می تواند در حال سکون باشد و دیگری در حال حرکت.

از این گذشته، هر قدر هم که قطعه های بیشتری از ماده را به جهان اضافه کنیم، باز هم بهیچوجه نمی توان گفت که یکی از آنها در حال سکون است و دیگری در حال حرکت. ما می توانیم فرض کنیم که جسم بخصوصی در حال سکون است و موقعیت و جهت کلیه جسم های دیگر را مطابق با مسافت و جهتی که از نقطه سکون فرضی اندازه گرفته ایم، تعیین کنیم. اما اگر اینطور باشد می توان فرض کرد جسم دیگری در حال سکون است و مجموعه جدیدی از موقعیت و حرکت کلیه جسم های دیگر را تعیین کرد.

فرض این که این جسم و نه آن جسم در حال سکون است ممکنست آسان تر باشد، اما هرگز درست تر نیست. صرفنظر از این که کدام جسم را در حال سکون فرض

کنیم، قانون‌های اساسی طبیعت که ما آنها را از رفتار جسم‌های جهان استنتاج کرده‌ایم ثابت باقی می‌مانند (که البته جای خوشوقتی است، چون در غیر این صورت، جهان آشفته و درک آن ناممکن می‌شد).

مفهوم این حرف این است که چیزی به عنوان «سکون مطلق» وجود ندارد، هیچ جسمی نیست که واقعاً در حال سکون باشد. «حرکت مطلق» نیز که زائیده مقایسه وضعیت‌های جسمی متحرک با وضعیت‌های جسمی واقعاً در حال سکون است، وجود ندارد. از «فضای مطلق» یا «زمان مطلق» نیز که معلول مشاهده دگرگونی‌های پیش‌رونده در وضعیت جسمی در مقایسه با جسمی واقعاً در حال سکون است، خبری نیست.

تنها چیزی که می‌توان سنجید حرکت، فضا و زمان نسبت به چیزی است که بتوان به آسانی وانمود کرد در حال سکون قرار دارد. بنابراین آنچه داریم «حرکت نسبی»، «فضای نسبی» و «زمان نسبی» است. به دلیل آن که آینشتاین برای بنای نظام جهان از دید خود این اصطلاح‌ها را به کار برد، نظریه او را «نظریه نسبیت» می‌خوانیم.

از رفتار دو قطعه ماده این را نیز می‌توان استنتاج کرد که در کار قانون اول حرکت عیبی دیده می‌شود. اگر هر دو قطعه از قانون اول حرکت پیروی کنند، آنوقت قطعه الف آنطور که از قطعه ب دیده می‌شود فقط به یکی از محدود راه‌های معین رفتار خواهد کرد. قطعه الف ممکنست بی حرکت بماند، نه نزدیک شود و نه دور؛ ممکنست مطابق با رابطه ریاضی ساده‌ای که می‌توان آن را تنظیم کرد برای همیشه دور شود؛ ممکنست نزدیک شود و به حداقل فاصله با ب برسد (که اگر این نزدیکی به تصادم بیانجامد فاصله صفر خواهد بود) و آنوقت اگر تصادمی در کار نباشد برای همیشه دور شود.

آنچه در هیچ شرایطی اتفاق نخواهد افتاد، در صورتی که قانون اول حرکت عمل کند، نزدیک و دور شدن متناوب است.

آیا امکان دارد که فقط یکی از این دو قطعه قانون اول حرکت را زیر پا بگذارد؟ خیر! از هر یک که به دیگری نگاه کنیم شاهد نزدیک و دور شدن متناوب یکی از آندو خواهیم بود. از آنجا که امکان ندارد بتوان معلوم کرد که حرکت متناوب فقط از آن قطعه الف است یا از آن قطعه ب، فقط می‌توان نتیجه گرفت که هیچ‌یک از دو قطعه از قانون اول حرکت پیروی نمی‌کنند.

اما بیاد داشته باشید که قانون اول حرکت می گوید که هر جسمی با سرعت ثابت و در یک راستای مستقیم خط حرکت خواهد کرد، مشروط براین که به حال خود گذاشته شود و تحت تأثیر هیچ جسم دیگری قرار نگیرد. این واقعیت که دو قطعه ماده از قانون اول حرکت پیروی نمی کنند به این معنی است که هریک از آنها تحت تأثیر چیز دیگری است. از آنجا که فقط دو قطعه ماده در جهان ما وجود دارد، باید نتیجه گرفت که بنحوی قطعه الف بر قطعه ب و قطعه ب بر قطعه الف تأثیر می گذارد.

ماهیت این تأثیر چیست؟ آیا می توان مطمئن بود که آنچه اتفاق می افتد فقط نزدیک و دور شدن است و بس؟ آیا امکان دارد که قطعه الف نسبت به قطعه ب بطور جانبی در حال حرکت باشد؟

شاید، اما چگونه می توان معلوم کرد؟ اگر تصویرهای پی در پی قطعه الف را از قطعه ب ببینیم، می توانیم بگوئیم که آیا حرکت جانبی وجود دارد یا نه، مشروط براین که وضعیت الف را نسبت به سایر جسم های آسمانی در نظر بگیریم — اما چنین جسم هایی وجود ندارد.

خوب، حالا آمدیم و جسم سومی را به جهان اضافه کردیم که فاصله آن با هر دو آنها خیلی بیشتر از فاصله الف تا ب باشد. (می توان فرض کرد که قطعه سوم ماده همان موقعیتی را داشته باشد که خورشید نسبت به زمین و ماه دارد.)

اکنون می توان جسم سومی به نام قطعه ج را به عنوان زمینه ای به کار برد تا وضعیت الف را که از ب دیده می شود (یا ب را که از الف دیده می شود) تعیین کرد. مسافت میان قطعه الف و قطعه ج بطور تصاعدی افزایش خواهد یافت بطوری که حرکت جانبی را می توان سنجید.

در این صورت می توان گفت که قطعه الف و قطعه ب هر دو در بیضی هایی حول نقطه ای واقع در میان کانون های آندو در حرکتند. * در مورد زمین و ماه این نقطه فقط ۴۸۳۰ کیلومتر با مرکز زمین فاصله دارد که هنوز ۱۶۱۰ کیلومتر زیر سطح زمین است؛ بنابراین در واریسی تصادفی چنین به نظر می رسد که ماه در یک بیضی به دور زمین

* به دلیل آن که آنها در مدارهای بیضی شکل، خطوط منحنی کشیده، حرکت می کنند، فاصله آنها متناوباً عوض می شود. اگر آنها در دایره های کامل به دور آن نقطه حرکت می کردند (حرکتی که ممکن اما فوق العاده بعید به نظر می رسد)، آنوقت مسافت آنها ثابت باقی می ماند و اگر جهان فقط حاوی دو قطعه ساده بود، چنین به نظر می رسید که هریک از آنها از قانون اول حرکت پیروی می کند.

بی حرکت می گردد۔ اما مشاهده دقیق نشان خواهد داد که زمین درست مثل ماه پیرامون «کانون جاذبه» منظومه زمین - ماه در حال حرکت است.

گذشته از این، اگر جسم چهارمی را در نقطه‌ای بسیار دور، فرضاً در جای ستاره شعرای یمانی قرار دهیم، می‌توانیم از آن به عنوان زمینه استفاده کنیم و کشف کنیم که قطعه الف و قطعه ب در حالی که یکدیگر را دور می‌زنند به اتفاق یکدیگر در راهی باشکوه گرد قطعه ج در حرکتند (بشرطی که قطعه ج مثل خورشید که از زمین و ماه بزرگ‌تر است از قطعه الف و قطعه ب بزرگ‌تر باشد).

هر قدر قطعه‌های بیشتری به جهان اضافه شود، تأثیر قطعه‌ای بر قطعه دیگر چند برابر خواهد شد و وضع امور ممکنست بغرنج‌تر گردد. خوشبختانه، این بغرنجی‌ها از حیطة توانایی ذهن انسان برای مقابله با آنها خارج نمی‌شود، زیرا قطعه‌های ماده معمولاً طوری گرد هم آمده‌اند که یکی از آنها به اندازه کافی بزرگ یا به اندازه کافی نزدیک هست که بیشترین نفوذ را بر اطرافیان خود اعمال کند. با توجه دقیق به عضو متنفذ هر گروه از قطعه‌ها، ماهیت این نفوذ را می‌توان شناخت.

سیصد سال پیش ایزاک نیوتون توانست نشان بدهد که با فرض این که هر جسم مطابق با قاعده‌ای بسیار ساده بر کلیه جسم‌های دیگر تأثیر می‌گذارد، می‌توان حرکت جسم‌های آسمانی را بطرز قانع‌کننده‌ای توضیح داد.

او به این نتیجه رسید که هر جسم خاصی در جهان هر جسم خاص دیگر را جذب خود می‌کند. نیروی این جاذبه با حاصلضرب جرم دو جسم نسبت مستقیم و با مجذور مسافت میان مرکزهای آن‌دو نسبت عکس دارد. به عبارت دیگر، جاذبه میان دو جسم با افزایش جرم آن‌ها نیرومندتر و با افزایش مسافت آن‌ها ضعیف‌تر می‌شود. این جاذبه را «گرانش» می‌نامند و قاعده نیوتون «قانون گرانش عام» نام دارد.

ولی این «جرم» که ناگهان سروکله‌اش پیدا شد دیگر چه جور جانوری است؟ راستش را بخواهید، هیچکس نمی‌داند. جرم جنبه‌ای از ماده است که تولید کشش «گرانشی» می‌کند و به آن واکنش نشان می‌دهد. وقتی میان دو جسم کشش گرانشی باشد، می‌توان نتیجه گرفت که هر دو جسم جرم دارند. از اندازه کشش گرانشی می‌توان درباره مقدار جرم در هر جسم یا در هر دو به نتیجه‌گیری قطعی دست یافت. از سوی دیگر، اگر میان دو جسم کشش گرانشی نباشد، آنوقت یکی از دو جسم (یا هر دو) بدون جرم است.

معمولاً هر چیزی را که جرم داشته باشد «ماده» می دانند. با این ضابطه، سنگ و انسان ماده هستند، اما پرتونور ماده نیست.

بنابر قاعده نیوتون، اگر زمین و ماه ناگهان مسافت خود را دو برابر کنند، جاذبه آنها 2×2 یا چهار برابر ضعیف تر از جاذبه قبلی آنها خواهد شد. اگر مسافت خود را سه برابر کنند، جاذبه آنها 3×3 یا نه برابر ضعیف تر خواهد شد. از سوی دیگر، اگر مسافتشان کاهش یابد، جاذبه آنها بهمان نسبت نیرومندتر خواهد شد.

باز، اگر مسافت میان زمین و ماه تغییر نکند، اما جرم زمین ناگهان دو برابر (یا نصف) شود، کشش گرانشی میان زمین و ماه دو برابر (یا نصف) خواهد شد. اگر جرم ماه ناگهان دو برابر (یا نصف) شود، همین اتفاق خواهد افتاد. اگر هر دو جرم دو برابر شوند (یا اگر هر دو نصف شوند)، کشش جاذبه ای چهار برابر (یا یک چهارم) خواهد شد.

حال اجازه بدهید به زمین باز گردیم. فرض کنید که با زمین و چیز کوچکی بر سطح آن مثل خودتان سروکار داشته باشیم. می توان تصور کرد که فاصله شما از مرکز زمین مادام که در یک نقطه بر سطح زمین بمانید، همواره ثابت باقی خواهد ماند؛ و جرم زمین نیز همواره ثابت خواهد بود. تنها چیزی که از آن مطمئن نیستیم کمیت جرم شما است، و کشش گرانشی میان شما و زمین بسته به این که جرم شما بیشتر یا کمتر باشد، بیشتر یا کمتر خواهد بود.

وقتی شما خود را روی ترازوی معمولی وزن می کنید، در واقع کشش گرانشی میان خود و زمین را اندازه می گیرید. شما به این طریق «وزن» خود را تعیین می کنید و این را اغلب معادل جرم شما می گیرند.

اما وزن با جرم یکی نیست. اگر شما خود را بر قله کوهی وزن کنید، نسبت به زمانی که در سطح دریا هستید از مرکز زمین دورتر می شوید. کشش گرانشی میان شما و زمین اندکی ضعیف تر خواهد بود و وزنتان اندکی کم تر خواهد بود. اما نه به این دلیل که جرم کم تری داشتید، بلکه به این دلیل که فاصله بیش تری از مرکز زمین داشتید. اگر خود را بر ماه وزن کنید، فاصله شما تا مرکز ماه از فاصله شما تا مرکز زمین در هر نقطه آن کوتاهتر است و علاوه بر آن بر کره ای ایستاده اید که جرم آن

• آبنشاین این تعریف را با اصطلاح «جرم در حال سکون» یا «جرم ساکن» مقید ساخت؛ منظور جرم جسی است که نسبت به ناظر ساکن است؛ اما این داستان دیگری است.

بمراتب کم تر از جرم زمین است. در نتیجه ترکیب همه این عامل ها، وزن شما بر ماه یک ششم وزنتان بر روی زمین خواهد بود— اما نه به علت آن که جرم شما تغییر کرده است.

بنابراین، صحیح تر آنست که نه تنها خود بلکه سایر چیزهایی را که جرم شناخته شده دارند وزن کنید و کشش گرانشی بر خود و آنها را مقایسه کنید. در این صورت، تغییرات در مسافت یا در جرم جسمی که بر آن ایستاده اید یکدیگر را خنثی می کنند و شما تصور درست تری از جرم خود به دست می آورید. این کاری است که ما روی ترازویی که در آن وزنه ها را در امتداد یک اهرم قرار می دهیم، یا وقتی چیزهایی را در یک کفه ترازو قرار می دهیم و وزنه های استاندارد را در کفه دیگر، انجام می دهیم. اکنون این پرسش مطرح می شود که یک جسم چگونه بر جسم دیگر در فضا تأثیر می گذارد. ۴۰۲۵۰۰ کیلومتر میان زمین و ماه فاصله وجود دارد و ۱۴۹۷۳۰۰۰۰ کیلومتر میان مجموعه زمین— ماه و خورشید فاصله است. چه چیزی است که می تواند این مسافت را طی کند و کشش گرانشی تولید کند؟ یک شیوه نگرش به این قضیه آن است که فکر کنیم وجود جرم، جهان را از بافت می اندازد.

برای آن که ببینیم منظور از این حرف چیست، یک قیاس دو بُعدی را در نظر بگیرید— سطحی کاملاً هموار و بی اصطکاک را در نظر بگیرید که تا مسافت معینی بر فراز سطح زمین در هر جهت گسترده است و کشش گرانشی زمین این سطح فرضی را با زاویه قائم به سوی خود می کشد.

اگر این سطح سخت و سفت باشد، هر جسم در خط کاملاً مستقیم و با سرعت ثابت در امتداد آن مثل یک سرسره باز که بر یخ هموار سُر می خورد خواهد لغزید. این جسم از قانون اول حرکت پیروی خواهد کرد.

اما فرض کنید که سطح هموار در واقع از ماده بسیار نازک و لاستیک ماندنی ساخته شده باشد که تحت تأثیر جاذبه زمین بر جرم جسمی که بر آن قرار گرفته خود را شل می کند. هر قطعه ماده بر سطح لاستیک مانند فرو می رود و سطح را با خود به پایین می کشاند. هر قدر جسم متراکم تر باشد، یا جرم بیشتری در حجم کوچک تری متمرکز شود، سطح بیشتر فرو می رود. تمامی سطح به این طریق از بافت می افتد: در مجاور جسم متراکم، سطح بشدت از بافت می افتد؛ و دورتر از آن کمتر تغییر شکل می دهد.

اما هر قدر هم از جسم دورتر شویم، تغییر شکل سطح به صفر نمی رسد. اکنون دو جسم را در نظر بگیرید که بر سطح در حال حرکت باشند. فرض کنید که بافت این سطح پشت سر جسم ها بلند می شود و پیش رویشان می خوابد، بدون این که اصطکاکی پیش آید و مانعی بر سر راه حرکت آنها ایجاد شود. وقتی جسم کوچک تر به جسم بزرگ تر نزدیک می شود در درون فرو رفتگی تندی که جسم بزرگ تر ایجاد کرده می لغزد، سریع تر و سریع تر حرکت می کند و ممکنست با جسم بزرگ تر تصادم کند؛ یا اگر از کنار آن عبور کند ممکنست تا نیمه راه بلغزد، جسم بزرگ تر را دور بزند و از طرف دیگر از فرو رفتگی بیرون بجهد. اگر از بالا به این سطح نگاه کنیم، خواهیم دید که جسم یاد شده یک مسیر هذلولی شکل را طی می کند. اگر این جسم از نزدیکی جسم بزرگ تر عبور کند، فرو رفتگی را در مسیری که از بالا بیضی دیده می شود دور خواهد زد و هر جا که جسم بزرگ تر برود آن را دنبال خواهد کرد و نخواهد توانست از گودالی که در آن افتاده است بیرون پرد.

اگر بافت کشسان بی نهایت بزرگی از این نوع را با کشش گرانشی وسیع و یکنواخت به طرف پایین در نظر بگیرید و تریلیون ها جسم را این جا و آن جا بر آن قرار دهید، سطح پر از پستی و بلندی و ناهمواری خواهید داشت. هیچ قسمت آن کاملاً مسطح نخواهد بود بجز آن جا که دو یا چند شیب اتفاقاً یکدیگر را بطور موقت خنثی می کنند. هر قسمت از آن مطابق با حرکت جسم های گوناگون با زاویه مداوماً متغیری شیب پیدا خواهد کرد و کلیه حرکت ها تحت تأثیر این شیب قرار خواهد گرفت.

اگر بافت نامریی بود و از بالا به آن نگاه می کردیم، به احتمال قوی نتیجه می گرفتیم که نیروی جاذبه اسرار آمیزی میان همه این جسم های گوناگون عمل می کند و قانون جاذبه ای درست مثل قانون نیوتون تنظیم می کردیم.

اگر تصویری را که در بالا ارائه شد به شیوه سه بعدی در نظر بگیریم، به تجسم آینشتاین از جهان دست می یابیم. بافت فضایی ظریفی وجود دارد که بر اثر جرم تغییر شکل می یابد، و هر قطعه ماده به اصطلاح بر شیب های گرانشی به بالا و پایین می لغزد و در بیضی های بسته یا هذلولی های باز بزرگ و کوچک حرکت می کند، سرعت می گیرد و از سرعت خود می کاهد؛ همه این ها مطابق با ماهیت فوق العاده بغرنج و همیشه متحول تغییر شکل های موضعی صورت می گیرد.

در این صورت، می توان بطور منطقی اظهار عقیده کرد که جهان نه تنها تریلیون ها قطعه ماده بلکه کل تغییر شکل هایی را که هر قطعه تولید می کند نیز در بر می گیرد. از آنجا که این تغییر شکل ها همه جا دیده می شود، جهان بعد از همه این حرف ها حتی تقریباً خالی هم نیست. کاملاً برعکس: پراست و حتی اگر فقط دو ذره بنیادی در جهان باشد و جز آن چیزی نباشد، باز هم پراست.



حتی مساوی هم نمی توان کرد

خوشا جوانی و قلب مالا مال از امیدواری و نابخردی! همه چیز را شدنی می پنداریم و از ته دل باورمان می شود که پیرزنی جادوگر از راه می رسد و چوبدستی خود را تکانی می دهد و پاره پوش تن ما را به جامه ای فاخر و کلبه خرابه ما را به قصری مجلل تبدیل می کند. چرا نباید انگشتی جادویی داشته باشیم که با مالش آن جیب هایمان پر از طلا و جواهر شود؟ یا چرا نباید غولی در اختیار داشته باشیم که برده خواهش های ما باشد و به یک چشم بهم زدن کاخی برای ما بسازد و آن را با دختران رقصنده پر کند؟

حال که چنین نشده، شاید خیال کنیم علتش این است که سعادتش را نداشته ایم تا پیرزنی جادوگر، انگشتی جادویی یا غولی را بیابیم. تنها کافیت اقبال باور نکردنی به ما روی آورد و ما در ازای هیچ چیزی بستانیم. اما جادوگر و انگشتروغول را فراموش کن؛ در جهان واقعی ما این انرژی است که محرک اولیه همه چیز است.

می توان انرژی را اینطور تعریف کرد که انجام کار را ممکن می سازد؛ هر چیزی که بتواند در برابر مقاومت چیزهای دیگر حرکتی ایجاد کند انرژی است. در این صورت، بیدرنگ درمی یابیم که باید شکل های گوناگونی از انرژی وجود داشته باشد. گرما رشته نازکی از جیوه را برغم نیروی جاذبه بالا می کشاند؛ نور پره های یک رادیومتر را در برابر تأثیر گند کننده اصطکاک به چرخش درمی آورد؛ برق یک موتور را به حرکت درمی آورد؛ نیروی آهنربا سوزنی را از جای بلند می کند؛ با حرکت چوب بیس بال می توان توپی را به آنسوی حصار محوطه بازی فرستاد؛ انفجار دینامیت تخته سنگی را از جای می کند؛ بمب ثیدروژنی اگر عمل کند کوهها را جابجا می کند. گرما، نور، برق، مغناطیس، حرکت، صوت، پیوندهای شیمیایی، نیروهای هسته ای همه شکل هایی از انرژی هستند و همه شکل های مختلف اساساً یک چیز هستند، چون یک شکل را می توان آزادانه به شکل دیگر تبدیل کرد.

اما افسوس، از قرار معلوم چنین کاری شدنی نیست. در دهه ۱۸۴۰، در نتیجه آزمایش‌ها و سنجش‌های دقیق، چندین فیزیک‌دان کم و بیش بطور همزمان به این نتیجه رسیدند که انرژی را نمی‌توان خلق کرد (مقاله مربوط به آتش را ببینید). شکلی از انرژی را می‌توان به شکل دیگر درآورد یا از جایی به جای دیگر برد، اما این بیشترین کاری است که می‌توان کرد.

ولی صبر کنید، موضوع بهمین جا ختم نمی‌شود. اگر انرژی را نمی‌توان خلق کرد، نابود هم نمی‌توان کرد. وقتی انرژی مصرف می‌شود، ناپدید نمی‌شود؛ صرفاً به جای دیگری می‌رود یا به صورت دیگری در می‌آید. نوری که از شمع می‌تابد محو نمی‌شود؛ هوا و پیرامون خود را گرم می‌کند. آب داغ درون کتری ممکنست خنک شود، اما گرمای آن ناپدید نمی‌شود، بلکه به محیط خارج منتقل می‌شود.

جان کلام این که «انرژی را می‌توان از جایی به جای دیگر برد یا از شکلی به شکل دیگر درآورد، اما آن را نه می‌توان آفرید و نه می‌توان از میان برد.»
یا می‌توان طور دیگری حق مطلب را ادا کرد: «مقدار کل انرژی در جهان ثابت است.»

وقتی مقدار کل چیزی تغییر نمی‌کند، می‌گوییم آن چیز باقی مانده است. گفته‌های بالا دو طریقه بیان «قانون بقاء انرژی» است. این قانون را گاه نیرومندترین و اساسی‌ترین تعمیمی می‌دانند که دانشمندان تاکنون توانسته‌اند درباره جهان ارائه دهند.

هیچکس نمی‌داند چرا انرژی باقی می‌ماند و هیچکس کاملاً نمی‌تواند مطمئن باشد که در همه جای جهان و در هر شرایط انرژی حقیقتاً باقی می‌ماند. آنچه می‌توان گفت این است که طی بیش از صد و بیست و پنج سال اندازه‌گیری دقیق، دانشمندان هرگز نتوانسته‌اند حتی به یک مورد نقض مشخص قانون بقاء انرژی چه در محیط آشنای روزمره اطراف ما، چه در آسمان‌های بالا سرمان و چه در دل اتم‌ها اشاره کنند.

بررسی تغییر انرژی از شکلی به شکل دیگر، یا انتقال انرژی از جایی به جای دیگر را ترمودینامیک یا «گرماپویایی» می‌خوانند، زیرا نخستین بررسی‌ها را به شیوه‌ای انجام می‌دادند که در آنها گرما از یک قسمت دستگاه به قسمت دیگر آن جاری می‌شد.

برق وقتی از قطعه سیمی عبور می کند می تواند نور تولید کند و پارویی که بسرعت در آب می چرخد می تواند گرما ایجاد کند. مغناطیس را می توان به برق تبدیل کرد؛ انفجار شیمیایی به صورت حرکت درمی آید، واکنش هسته ای صوت می شود و مانند آن.

ما اکنون مسئله گرفتن چیزی در ازای هیچ را روشن ساخته ایم و می توانیم آن را بطور واقع بینانه بررسی کنیم. هر کاری خواهیم بکنیم باید انرژی خرج کنیم، چون (بنابر تعریف) فقط انرژی است که انجام کار را ممکن می سازد. مطمئناً ممکنست به چیزهای دیگری هم احتیاج داشته باشیم، چون برای ساختن یک کاخ نه تنها به انرژی برای بلند کردن مصالح از زمین، بلکه دانش معماری معینی نیز احتیاج داریم — اما انرژی حداقل چیزی است که به آن نیازمندیم. بدون انرژی، تمام دانش معماری جهان هم یک دانه شن را از جای نخواهد جنباند.

پس این که بگوئیم می خواهیم در ازای هیچ چیزی بستانیم مثل آن است که بگوئیم می خواهیم انرژی خلق کنیم.

بهمین دلیل قانون بقاء انرژی گاه «قانون اول ترمودینامیک» خوانده می شود؛ قانون اول خوانده می شود چون نقطه شروع همه بررسی های دیگر در این زمینه است. برای آن که به هرگونه نتیجه گیری سودمند در ترمودینامیک رسید، باید این واقعیت را پذیرفت که انرژی را نه می توان آفرید و نه می توان از میان برد.

این واقعیت را هم که بپذیریم باز می توان نتیجه گرفت که بازی را کاملاً نباخته ایم. هنوز امکان دارد که در بازی بزرگ جهان برنده شویم. اگر نتوان در ازای هیچ چیزی ستاند، شاید قانون اول به ما اجازه بدهد چیزی در ازای تقریباً هیچ بستانیم. بطور نمونه، گرما شکلی از انرژی است و ما می توانیم آن را به کار واداریم. فرض کنید که مقداری گرما را برداریم و آن را به کار تبدیل کنیم. با این کار، گرما را نابود نکرده ایم، آن را فقط از جایی به جای دیگر منتقل کرده یا شاید آن را به شکل دیگری از انرژی درآورده ایم. پس چرا نتوانیم آن را در هر جا که هست و به هر شکل که هست جمع کنیم و دوباره و سه باره و چند باره به کار ببریم؟

اگر اینطور باشد، آنوقت حتی اگر نتوان از هیچ انرژی خلق کرد، می توان دست کم با مقدار کمی انرژی شروع کرد و آن را به هر مقدار کار که خواهیم واداریم. با

استفاده از انرژی شمع روشنی، می‌توان جهان را بارها و بارها به حرکت درآورد؛ و برآستی که اگر کسی به این حد قانع نشود یا شکایت کند که در ازای هیچ چیزی گیرش نیامده است آدم طماعی بیش نیست.

افسوس، فکر خوبی است، اما عملی نیست. درست است که انرژی وقتی مصرف می‌شود هنوز وجود دارد، اما پخش می‌شود. گرمای شمع روشن در هوای اطراف پخش می‌شود و به همه چیزهایی که هوای گرم شده در تماس با آنها قرار می‌گیرد سرایت می‌کند.

برای باز گرداندن این گرما به کار، باید آن را از محیط گردآوری کرد و متمرکز ساخت تا شعله شمع را از نو آفرید. گرما را می‌توان متمرکز کرد، انرژی را می‌توان گردآورد اما این کار به انرژی احتیاج دارد و مقدار آن هم همواره بیش از مقداری است که می‌خواهید متمرکز و جمع کنید.

چه فایده که از انرژی تازه برای جمع‌آوری انرژی مصرف شده کهنه استفاده کنیم و بیش از آنچه عایدمان می‌شود انرژی مصرف کنیم. خوب، می‌توان از همان اول انرژی تازه را به کار گرفت. بیشتر مقرون به صرفه است.

خلاصه، اگر سعی کنید انرژی کهنه را پیوسته به کار گیرید، انرژی خیلی بیشتری مصرف خواهید کرد تا این که از هر مقدار انرژی فقط یکبار استفاده کنید. نمی‌توان کاری کرد. آنچه قانون اول نرمودینامیک می‌گوید واقعاً به این معنی است که در بازی بزرگ جهان، نمی‌توان برنده شد. نمی‌توان در ازای هیچ یا تقریباً هیچ چیزی ستاند.

قبول این واقعیت دشوار است و روح سرکش انسان ناگزیر به خط دفاعی بعدی عقب می‌نشیند. اگر حقیقت داشته باشد که نمی‌توان برنده شد، حداقل می‌توان مساوی کرد. به عبارت دیگر، شاید بتوان دست کم مقدار معینی انرژی را تماماً به کار تبدیل کرد.

این مسئله وقتی مطرح شد که ماشین بخار برای اولین بار در قرن هیجدهم اختراع شد. ماشین‌های اولیه در ابتدا زیاد کارآئی نداشتند. مقادیر زیادی سوخت مصرف می‌شد اما بیشتر انرژی در گرم کردن کل جهان هدر می‌رفت و مقدار کمی به کار مفیدی چون تلمبه زدن آب از چاه ختم می‌شد.

طبیعتاً، تصور می‌شد که اگر بتوان فقط از اصطکاک کاست، از جاری شدن گرما در جهت ناخواسته جلوگیری گرفت، طرح کلی دستگاه را کارآتر ساخت، سرانجام می‌شود ماشینی ساخت که تمامی انرژی را به کار تبدیل کند. نخستین کسی که گفت چنین کاری ممکن نیست، که حتی یک ماشین بخار کامل هم نمی‌تواند تمام انرژی را به کار تبدیل کند، نیکولاس لئونارد سادی کارنو، فیزیک دان فرانسوی بود.

او در سال ۱۸۲۴ ثابت کرد که ماشین بخار به این علت کار می‌کند که بخشی از دستگاه آن (بخش حاوی بخار) کاملاً گرم است و بخشی از آن (حاوی آب سرد که بخار را متراکم می‌سازد) کاملاً سرد است. به عبارت دیگر، انرژی گرمایی حاضر در یک بخش بیش از حد میانگین و در بخش دیگر کم‌تر از حد میانگین متمرکز شده است. ما می‌توانیم تمرکز گرما را که معمولاً «دما» می‌خوانیم کاملاً به آسانی اندازه بگیریم. آن بخش از انرژی که می‌تواند توسط ماشین بخار به کار تبدیل شود به اختلاف دمای میان منبع گرم و منبع سرد دستگاه بستگی دارد.

هر قدر اختلاف دمای میان دو منبع یک دستگاه بیشتر باشد. مقدار انرژی گرمایی قابل تبدیل به کار بیشتر خواهد بود. اختلاف دما وقتی به حداکثر می‌رسد که تمام گرمای دستگاه در یک منبع متمرکز شود و هیچ گرمایی در منبع دیگر متمرکز نشود. مسئله این جا است که فیزیک دانان نشان داده‌اند که غیرممکن است بتوان تمامی گرمای دستگاهی را در بخش خاصی از آن متمرکز کرد. حتی نزدیک شدن به تمرکز کامل هم کوششی عظیم می‌طلبد.

اگر یک ماشین بخار از بخار معمولی برای منبع گرم و از آب سرد برای منبع سرد خود استفاده کند، اختلاف در تمرکز گرما یا دما آنچنان است که فقط ۲۷ درصد کل انرژی گرمایی را می‌توان به کار تبدیل کرد، تازه این در صورتی است که ماشین بخار از هر جهت کامل باشد: گرما به بیرون پس ندهد، اصطکاک در کار نباشد و مانند آن.

این امر در مورد هر دستگاهی که با هر نوع انرژی کار می‌کند صادق است. برای این که دستگاهی سودمند باشد، یعنی انرژی را به کار تبدیل کند، همواره باید اختلافی در تمرکز انرژی در بخش‌های مختلف دستگاه وجود داشته باشد. باید در یک جا تمرکز انرژی زیاد و در جای دیگر کم باشد و کاری که از دستگاه گرفته می‌شود نه

به کل انرژی بلکه به اختلاف تمرکز انرژی در درون دستگاه بستگی دارد. می‌توان گفت که «هیچ وسیله‌ای کار نخواهد کرد مگر آن که اختلافی در تمرکز انرژی در درون دستگاه وجود داشته باشد و این ربطی به کل انرژی مصرف شده ندارد.»

این طرز بیان متفاوتی است از آنچه قانون دوم ترمودینامیک خوانده می‌شود. از آنجا که هرگز راهی برای رسیدن به اختلاف نهایی در تمرکز انرژی وجود ندارد و هرگز راهی برای گذاشتن تمام انرژی در یک منبع دستگاه و هیچ در منبع دیگر وجود ندارد، نمی‌توان هرگز تمامی انرژی یک دستگاه را به کار تبدیل کرد. مقداری از انرژی همواره موفق می‌شود از دست ما بگریزد و به کار تبدیل نشود. بنابراین آنچه قانون دوم کار به ما می‌گوید این است که در بازی بزرگ جهان نه تنها نمی‌توان برنده شد بلکه مساوی هم نمی‌توان کرد.

تجربه عمومی بشر به ما می‌آموزد که اگر دو سطح مختلف تمرکز انرژی داشته باشیم، انرژی همواره بطور خودبخودی از جایی که تمرکز انرژی بیشتر است به جایی که تمرکز کمتر است منتقل می‌شود؛ عکس آن هرگز اتفاق نمی‌افتد.

بطور نمونه، گرما بخودی خود از جسمی گرم به جسمی سرد جاری خواهد شد، اما عکس آن صادق نیست. آب بطور خودبخودی از نوک تپه به دامنه تپه سرازیر می‌شود، اما عکس آن صادق نیست.

می‌توان گفت که «انرژی همیشه بطور خودبخودی از یک نقطه تمرکز زیاد به یک نقطه تمرکز کم جاری می‌شود.»

فیزیک دانان می‌توانند نشان دهند که به دلیل صحت این گفته است که وقتی اختلافی در تمرکز انرژی در درون دستگاه باشد، همه وسیله‌ها انرژی را به کار تبدیل خواهند کرد. جریان خود بخودی انرژی از بالا به پایین است که کار تولید می‌کند. بنابراین گفته مربوط به جریان خودبخودی انرژی بیان قانون دوم به شیوه متفاوتی است.

اما کار هیچگاه آن‌ا انجام نمی‌شود، بلکه وقت می‌گیرد. در طول این زمان چه اتفاق می‌افتد؟

فرض کنید ماشین بخاری داریم که بخشی از آن تمرکز گرمای زیاد و بخش دیگرش تمرکز گرمای کم دارد. بر طبق قانون دوم، گرما از منبع تمرکز زیاد به منبع

تمرکز کم جاری می شود و جریان گرما به کار تبدیل می شود. اگر جریان گرما در یک آن اتفاق می افتاد و در زمان صفر به کار تبدیل می شد، آنوقت ما دست کم تمامی کاری را که می شد به دست آورد از جریان انرژی می گرفتیم.

اما جاری شدن گرما وقت می گیرد و با گذشت زمان مقداری از گرمای منبع تمرکز زیاد به دیگر منبع های جهان می ریزد. در این میان گرما از دیگر منبع های جهان به منبع تمرکز کم سرازیر می شود. به عبارت دیگر، منبع گرم ماشین بخار سریع تر از آنچه از انتقال گرما به منبع سرد انتظار می رود سرد می شود. از سوی دیگر، منبع سرد سریع تر از آنچه از دریافت گرما از منبع گرم انتظار می رود، گرم می شود.

اختلاف دما سریع تر از آنچه از کار انجام شده انتظار می رود کاهش می یابد. از آنجا که مقدار کاری که می توان از هر وسیله گرفت به اختلاف دما بستگی دارد، چنین به نظر می رسد که مقدار انرژی قابل تبدیل به کار با گذشت زمان کاهش می یابد. مقدار انرژی غیر قابل تبدیل به کار با گذشت زمان افزایش می یابد.

رودولف کلوسیوس، فیزیک دان آلمانی در سال ۱۸۶۵ این نکته را یادآور شد. او کمیتی را متشکل از تغییر گرما به نسبت گذشت زمان ابداع کرد که بر حسب دما تقسیم شده بود و آن را «آنتروپی» نامید. او نشان داد که آنتروپی معیار سنجش مقدار انرژی غیر قابل تبدیل به کار است.

در هر گونه تغییر فیزیکی که بخودی خود رخ می دهد آنتروپی همیشه افزایش می یابد.

در مورد ماشین بخار این امر اتفاق می افتد و علت آن این است که جریان گرما از جهان وارد آن و از آن وارد جهان می شود. اگر تخته سنگی به دامنه کوه درغلند، به علت اصطکاک و مقاومت هوا افزایش آنتروپی خواهیم داشت. جریان برقی که از یک قطب پیل به قطب دیگر می رود با مقاومت هر آنچه از میان آن عبور می کند روبرو می شود و افزایش آنتروپی را بیار می آورد.

مطمئناً، می توان موردهای مطلوبی را تصور کرد. یک ناحیه گرم و سرد ممکنست بطور کامل عایق بندی شود بطوری که گرما فقط از یک ناحیه به ناحیه دیگر برود؛ صخره ای ممکنست در یک خلاء کامل سقوط کند؛ جریان برق ممکنست از میان یک هادی کامل عبور کند. در هیچ یک از این موردها، آنتروپی افزایش نمی یابد.

وضعیت های مشابه چنین موردهای مطلوب (سیاره ای که در فضای دور حرکت

کند؛ جریان برقی که از میان فلز هادی نادری عبور کند) بسیار ویژه هستند. اگر دستگاه‌های عادی‌یی را که با آنها کار می‌کنیم در نظر بگیریم، می‌توانیم بگوییم: «در هر انتقال انرژی، افزایش آنتروپی وجود دارد.»

این نیز بیان دیگری از قانون دوم است.

در واقع، بیان موجز قانون‌های اول و دوم ترمودینامیک این است: «کل انرژی جهان ثابت است و کل آنتروپی مدام افزایش می‌یابد.»

این بدان معنی است که اگر چه جهان هرگز انرژی از دست نمی‌دهد، اما با گذشت زمان مقدار کمتر و کمتری از انرژی را می‌توان به کار تبدیل کرد.

قانون دوم را می‌توان برحسب نظریه اتمی تعبیر کرد و جیمز کلرک ماکسول، ریاضی‌دان و فیزیک‌دان اسکاتلندی، در دهه ۱۸۶۰ همین کار را کرد.

بطور نمونه، گرما را می‌توان به صورت حرکت اتفاقی ذره‌های جداگانه (اتم‌ها یا مولکول‌های) تشکیل دهنده اجسام مادی نشان داد. هر قدر سرعت میانگین حرکت ذره بیشتر باشد، دما بیشتر خواهد بود.

وقتی دو ذره با یکدیگر تصادم می‌کنند، به کناری پرت می‌شوند و مقداری اندازه حرکت (جرم ضرب در سرعت) از یکی به دیگری منتقل می‌شود. این انتقال می‌تواند به هر شیوه‌ای صورت گیرد، اما محتمل‌ترین نتیجه آن است که ذره‌ای که اندازه حرکت بیشتری دارد مقداری از آن را از دست خواهد داد و ذره‌ای که اندازه حرکت کمتری دارد مقداری از آن را به دست خواهد آورد. اگر همه ذره‌ها به یک اندازه باشند، می‌توان گفت که ذره سریع‌تر پس از تصادم حرکت خود را کند خواهد ساخت و ذره کندتر سرعت خواهد گرفت. البته امکان دارد که ذره سریع اتفاقاً سریع‌تر پرت شود و ذره کند کندتر، اما این امر بعید به نظر می‌رسد.

(اگر ثروتمند و فقیری تمام پول خود را وسط بگذارند و آنوقت هر کدام چنگ بیاورند و هر چه را که می‌توانند بردارند، امکان دارد که ثروتمند پول کمتر و فقیر پول بیشتری از آنچه داشتند گیرشان بیاید.)

در جایی که ذره‌های بیشتر و بیشتری در کار باشد، کمتر و کمتر احتمال می‌رود که بخش بزرگی از ذره‌های سریع در پی تصادم با ذره‌های کند از آنها جدا شوند و سرعت باز هم بیشتری پیدا کنند.

فرض کنیم که یک درده امکان داشته باشد که ذره سریعی به ذره کندی برخورد و

از آن جدا شود و در جریان امر سرعت بیشتری پیدا کند. احتمال این که شش ذره سریع همگی در اثر برخورد با شش ذره گند سرعت بیشتری پیدا کنند یک در ده ضربدر ده ضربدر ده ضربدر ده ضربدر ده یا یک در یک میلیون خواهد بود. احتمال این که نود و شش ذره سریع همگی در اثر برخورد با نود و شش ذره گند سرعت بیشتر پیدا کنند یک در یک تریلیون تریلیون تریلیون تریلیون تریلیون خواهد بود.

فرض کنید که کتری آب حاوی تریلیون‌های بی شمار ذره را برداریم و آن را روی آتش بگذاریم. امکان دارد که بیش از نصف ذره‌های گرم و بسیار سریع گازهای داغ آتش به کتری بخورند و با سرعت بیشتر به عقب برگردند. در این صورت، آب درون کتری خنک تر و آتش داغ تر خواهد شد. این امر ممکن است، اما امکان اتفاق افتادن آن به اندازه‌ای کم است که نمی‌توان آن را به صورت ارقام معمولی نوشت. اگر بخواهید بنویسید یک در فلان رقم، سطح زمین برای نوشتن همه صفرهایی که باید در برابر فلان رقم قرار دهید جا نخواهد داشت.

بهمین دلیل است که آنتروپی جهان پیوسته افزایش می‌یابد— زیرا تصادم اتم‌ها و مولکول‌ها همواره جلوتندروی انرژی را خواهد گرفت. هر جا که تمرکز انرژی بیش از حد معمول باشد، از این تمرکز کاسته می‌شود؛ هر جا که کمتر از حد معمول باشد، بر آن افزوده می‌شود.

همچنین می‌توان به زبان «نظم» و «بی‌نظمی» درباره آنتروپی سخن گفت. چیزی را منظم می‌گوییم که تک تک اجزای آن مطابق با قاعده ساده‌ای که به آسانی می‌توان درکش کرد مرتب شده باشند. در این صورت، می‌توان از روی یک جزء چیزی را درباره جزء بعدی پیش‌بینی کرد. قاعده ترتیب اجزاء هر قدر ساده‌تر باشد، پیش‌بینی آسان‌تر می‌شود و نظم بیشتری در کار خواهد بود.

یک دسته ورق را در نظر بگیرید. می‌توان آن را به ترتیب زیر مرتب کرد: یک پیک، دو پیک، سه پیک و بهمین ترتیب تا آخر و پس از آن دل، گشنیز و خشت که هر خال از یک تا شاه ردیف شده باشد. این مجموعه بسیار منظمی است، چون اگر هر ورقی را به من نشان بدهید (بطور نمونه، هفت گشنیز)، ورق بعدی را فوراً خواهم گفت (هشت گشنیز).

یا می‌توان خال‌ها را طور دیگری مرتب کرد؛ هر خال را می‌توان از شاه تا یک

ردیف کرد؛ یا می‌توان چهار تا یک را به ترتیب معینی چید، پس از آن چهار تا دو را و پس از آن چهار تا سه را و بهمین ترتیب. اینها همه حاکی از نظم معینی هستند.

همچنین می‌توان ورق‌ها را طوری مرتب کرد که آنها بدون توجه به شماره و خال یک در میان سرخ و سیاه باشند. در این صورت، باز هم می‌توان نوعی پیش‌بینی کرد. اگر هفت پیک را نشانم بدهید، می‌دانم که ورق بعدی باید سرخ باشد. این هم برای خود اطلاعاتی است، اما اطلاعات زیادی نیست، بطوری که تناوب سرخ و سیاه هنوز هم حاکی از نظم معینی است، اما نه نظم چندان زیاد.

هر چند که باید برایتان روشن شده باشد که اگر کلیه ترتیب‌های ممکن ورق را در نظر بگیرید، تعداد ترتیب‌هایی که به شما اجازه می‌دهد تا درباره هر ورق از روی ورق قبلی آن پیش‌بینی‌هایی بعمل آورید بسیار بسیار معدود است.

فرض کنید که دسته‌ای ورق را طوری بُرزنید که بتواند بهر ترتیبی درآید. امکان این که هر ترتیب در شمار معدود ترتیب‌هایی باشد که به شما اجازه پیش‌بینی می‌دهد و در نتیجه دست کم از نظم اندکی برخوردار باشد بسیار کم است. شمار ترتیب‌های مطلقاً نامنظم بقدری زیاد است که تقریباً بطور یقین یکی از همین ترتیب‌ها ظاهر خواهد شد.

بهمین علت است که وقتی ورق را بطور کامل برزدید، در پایان با کمال تعجب در خواهید یافت که ورق‌ها سرانجام به ترتیب یک پیک، دو پیک، سه پیک و مانند آن — یا حتی به ترتیب سرخ — سیاه — سرخ — سیاه — سرخ — سیاه و مانند آن منظم شده‌اند.

مثال دیگری از زندگی روزمره بزنیم. وقتی دسته‌ای سرباز به ستون چهار و کاملاً هم گام عبور می‌کنند درجه بالایی از نظم را نشان می‌دهند. وقتی یک صف چهار نفره از برابرمان گذشت، می‌توانیم دقیقاً پیش‌بینی کنیم که صف بعدی کی عبور خواهد کرد، چند نفر در هر صف خواهد بود، آیا در لحظه عبور از برابر ما پای راست خود را بر زمین خواهند کوبید یا پای چپشان را و مانند آن.

نمونه‌های دیگر این نظم این خواهد بود که سربازان به ستون دو یا به ستون یک حرکت کنند، یا یک صف در میان رژه بروند و مانند آن.

اما بر فرض که شما همه راه‌های مختلف ممکن عبور سربازان یک دسته به دلخواه خود آنها و بدون توجه به خواست دیگران را بررسی کردید. بعضی‌ها ممکنست گردش

کنان بیایند، بعضی ها قدم بزنند، بعضی ها بدونند، بعضی ها شاید بجهند، بعضی ها در این جهت و بعضی ها در آن جهت حرکت کنند. تعداد راههای عبور بدون نظم محسوس بسیار بسیار بیشتر است از تعداد راههای دارای نظم.

در نتیجه، اگر به سربازان یک دسته بگویید بد دلخواه خود از نقطه ای به طرف نقطه دیگر حرکت کنند با کمال تعجب درخواهید یافت که وقتی هر سرباز دقیقاً مطابق میل خود عمل کرد، آنها همگی به ستون چهار و هم گام خواهند شد. در واقع، اگر آنها به ستون چهار و هم گام حرکت کنند و ناگهان گفته شود، هرطور که میخواهند بروند، انتظار دارید تمامی دسته از هم بپاشد و بی نظم شود.

خلاصه، در هر وضعیت ممکن که بتوان تصور کرد، شمار راههای بی نظم بودن خیلی، خیلی، خیلی بیشتر از شمار راههای منظم بودن است. این دقیقاً مثل این واقعیت است که شمار راههایی که برطبق آنها تئورها در تصادم های اتفاقی ذره ها سرعت خود را از دست می دهند خیلی، خیلی، خیلی، خیلی بیشتر از تعداد راههای تئوروتر شدن است.

به این ترتیب، بیان دیگر قانون دوم این است: «جهان پیوسته روبه بی نظمی می رود.»

اگر از این دیدگاه بنگریم، حضور قانون دوم را دوروبر خود حس خواهیم کرد. برای مرتب نگهداشتن یک اتاق باید زحمت زیاد کشید، اما اگر به حال خود گذاشته شود خیلی زود و خیلی راحت بهم ریخته می شود. حتی اگر هرگز پاتوی اتاق نگذارید، اتاق پر از گرد و غبار می شود. مرتب نگهداشتن خانه، ماشین و بدن انسان چه دشوار است و آنها را به حال خودرها کردن تا خراب شوند چه آسان.

در واقع، کافیت دست روی دست بگذاریم تا همه چیز خود بخود انحطاط پیدا کند، زوال یابد، خراب شود و فرسوده گردد. و قانون دوم هم همین را می گوید. البته می توان استدلال کرد که پدیده حیات از این قانون مستثنی است. حیات در طول میلیاردها سال عمر سیاره ما همواره بغرنج تر، متنوع تر، کامل تر و بانظم تر شده است. از غیر جاندار، مولکول های زنده پدید آمد، بعد یاخته های زنده، بعد گروه های مرکب یاخته، بعد کرم ها، مهره داران، پستانداران و سرانجام انسان. و در سرانجام، مغزی به وزن $1/36$ کیلوگرم جای دارد که تا آنجا که می دانیم بغرنج ترین و منظم ترین ترتیب ماده در جهان است. چگونه مغز انسان توانست از میان آن گل ولای

آغازین برخیزد؟ چگونه آن افزایش گسترده نظم (و در نتیجه آن کاهش گسترده آنتروپی) توانست صورت واقعیت به خود بگیرد؟

در پاسخ باید گفت که چنین افزایشی نمی‌توانست بدون وجود یک منبع عظیم انرژی که پیوسته زمین را تغذیه کند صورت گیرد، چون از انرژی است که حیات پایدار می‌ماند. اگر خورشید نبود، نه از مغز انسان و نه از آن گل ولای آغازین خبری نبود. و در میلیاردها سالی که طول کشید تا مغز انسان پدید آید، افزایش آنتروپی که در خورشید صورت گرفت، به مراتب، به مراتب بیشتر از کاهش آن در نتیجه تکامل مغز است.

اما اصلاً چگونه شروع شد؟ اگر جهان به بی‌نظمی مطلق کشیده می‌شود، چه چیزی ابتدا به آن نظام بخشید؟ این نظمی که پیوسته روبه کاهش می‌رود از کجا پیدا شد؟ چه چیزی تئدروهایی را که پیوسته سرعت خود را از دست می‌دهند به حرکت درآورد؟

دانشمندان هنوز سرگرم بحث در این باره هستند. بعضی‌ها گمان می‌کنند که ابتدا تمامی ماده و انرژی جهان در یک «تخم کیهانی» عظیم بهم فشرده شده بود. (مثل دسته بزرگی از ورق‌هایی که همه به ترتیب معینی مرتب شده‌اند). تخم کیهانی منفجر شد و از آن پس جهان میلیاردها سال است که روبه بی‌نظمی می‌رود؛ دسته ورق برمی‌خورد و برمی‌خورد.

دیگران فکر می‌کنند که روندهایی در جهان وجود دارد که بطور خودبخودی آنتروپی را کاهش می‌دهد؛ روندهایی طبیعی که ورق‌ها را به جای اولش برمی‌گرداند و از نو مرتب می‌کند. ما نمی‌دانیم این روندها چه می‌تواند باشد، شاید به این دلیل که آنها در شرایطی که نمی‌توانیم مشاهده کنیم و در آزمایشگاه تکرار کنیم—فرضاً در مرکز کهکشان‌های منفجر شونده—رخ می‌دهند. شاید، در این صورت، برخی پاره‌های جهان خراب می‌شوند و برخی پاره‌ها ساخته می‌شوند.

همچنین امکان دارد که پس از آن که دنیا خراب شد، تصادم‌های اتفاقی ذره‌ها ممکنست—پس از سال‌های بی‌شمار—اتفاقاً حداقل نوعی نظم جزئی را ببار آورند. بالاخره، اگر یک تریلیون سال بطور بی‌وقفه دسته ورق را بر بزنید و بر بزنید، ممکنست مطابق با قانون احتمالات به ترتیبی که دست کم نظمی داشته باشد برسید.

همین که چنین چیزی اتفاق افتاد، جهان بیدرنگ روبه نابسامانی می‌رود. بنابراین شاید ما اکنون در جهانی زندگی می‌کنیم که پس از کوادریلیون سال نابسامانی بطور جزئی مرتب شده است. اکنون باز روبه نابسامانی می‌رویم و پس از آن که جهان تماماً نابسامان شد، شاید کوادریلیون سال دیگر یا کوادریلیون کوادریلیون سال دیگر بخشی از آن دوباره سامان پیدا کند.

آنگاه ستارگان و کهکشان‌ها از نو تشکیل خواهند شد و حیات ممکنست این جا و آن جا پیدا شود و سرانجام یک نویسنده داستان‌های علمی تخیلی بنشیند و حیران بماند که چگونه هستی آغاز شد و چگونه پایان می‌گیرد.

راز ماهی جهنده

هزاران سال بود که انسان به رهایی پرندگان از قید زمین و توانایی آنها در اوج گرفتن به آسمان رشک می برد. با این حال، حرکت انتقالی پرنده هم اساساً مثل حرکت ما نتیجه فشار آوردن به چیز دیگری است.

وقتی راه می رویم یا می دویم، پاهایمان را به زمین فشار می دهیم. پای اسب دونده و چرخ لوکوموتیو و اتوموبیل هم همین کار را می کند. در دریا، پره پروانه کشتی بر آب فشار می آورد و در هوا، بال پرنده یا پروانه هواپیما بر هوا فشار می آورد.

اما هوا لایه رقیقی از گاز است که چند کیلومتری بیشتر ضخامت ندارد و به سطح زمین چسبیده است. اما اگر بخواهیم به آن سوی هوا سفر کنیم، جایی که چیزی نیست تا به آن فشار وارد آوریم، چه خواهد شد؟ پرنده و هواپیما در فضا مثل ماهی در خارج از آب عاجز خواهند بود.

با این حال یک راه وجود دارد و میلیون ها سال پیش ماهی جهنده آن را کشف کرد. وقتی ماهی جهنده می خواهد از آب به بیرون بجهد، فورانی از آب پشت سرش ایجاد می کند و این کار او را به بالا می راند. در واقع، ماهی در واکنش به فوران آب به بالا رانده می شود.

هواپیمای جت نیز به همین نحو عمل می کند. این هواپیما جریانی از گازهای گرم شده را به عقب می فرستد و خود به پیش می راند.

ممکنست اینطور بنظر برسد که فوران آبی که ماهی جهنده ایجاد می کند به آب فشار می آورد و گازهای خروجی هواپیما به هوا، اما این جزء اساسی کار آنها نیست. شیوه پراندن در یک جهت و حرکت دیگر در خلاء نیز کار می کند. ما می دانیم که کار می کند، زیرا به این طریق است که فضاپیماها حرکت

می کنند، اما ببینیم چرا این روش کار می کند.
فرض کنید که جسمی در خلأ فضای خارج معلق است. اگر چیزی نباشد که آن را به حرکت درآورد، باید برای همیشه در جای خود بماند.

اما بر فرض که انفجاری در درون این جسم صورت گیرد و بخشی از آن را در یک جهت به پرواز درآورد. تنها یک راه برای حفظ موقعیت میانگین جسم مورد نظر در محل خود وجود دارد. بقیه جسم باید در جهت مقابل حرکت کند. وقتی دو قسمت جسم شروع به جدا شدن از یکدیگر می کنند، موقعیت میانگین ثابت باقی می ماند.

هر قدر یک قسمت شئی سریع تر در یک جهت حرکت کند، بقیه آن سریع تر در جهت مخالف حرکت می کند. هواپیمای جت سوخت را می سوزاند و گازهای خروجی داغ و سوزان را از توی لوله ای باریک بیرون می فرستد. این گازها اگر قرار باشد بمحض تشکیل خارج شوند باید با سرعت زیاد از توی لوله حرکت کنند؛ در نتیجه هواپیما نیز - در جهت مخالف - سرعت فوق العاده ای پیدا می کند.

آیا هواپیمای جت می تواند به این طریق از جو خارج شود؟ نه کاملاً. هواپیمای جت فقط سوخت با خود حمل می کند و اکسیژن مورد نیاز خود را از هوای اطراف می گیرد. وقتی هوا در ارتفاع زیاد رقیق تر می شود، سوخت سرانجام از سوختن باز می ایستد و دیگر از گازهای خروجی خبری نیست. هواپیمای جت دیگر نمی تواند سرعت بگیرد و وقتی خلاصی می راند، نیروی جاذبه آن را دوباره به درون هوای غلیظ تر می کشاند.

اگر وسیله ای نه تنها سوخت بلکه چیزی با خود به همراه ببرد تا سوخت خود را بسوزاند (چیزی مثل اکسیژن مایع)، به آن موشک می گوئیم. موشک می تواند حتی در فضای خارج پرآنه خود را داشته باشد زیرا هوای خود را همراه می برد.

مادام که پرآنه موشک جریان دارد، موشک به حرکت سریع تر و سریع تر خود ادامه می دهد. بمحض این که پرآنه متوقف شد، موشک خلاص می راند و به کشش گرانشی زمین پاسخ می دهد (چون دیگر پرآنه ای در کار نیست تا با نیروی جاذبه مقابله کند).

موشک نیز مانند هواپیما به پایین سرازیر می شود و عاقبت به زمین می افتد. اما امکان آن هست که موشک بدون آن که هرگز به زمین اصابت کند سقوط کند؛ این در صورتی است که در جهت صحیح و با سرعت کافی رانده شود.

فرض کنید که موشکی ۱۶۱ کیلومتر با زمین فاصله دارد و به موازی سطح کره

زمین خلاصی می راند. موشک مدام در حال سقوط کردن است، اما زمین گرد است و سطح آن پیوسته از موشک انحنا پیدا می کند. موشک سقوط کننده و سطح انحنا یابنده زمین می توانند «همگام» پیش بروند بطوری که اگر چه موشک پیوسته سقوط می کند، همواره در ۱۶۱ کیلومتری سطح پیوسته انحنا دار زمین باقی می ماند. به این ترتیب، موشک «در مدار» قرار می گیرد.

موشک برای این که در مدار قرار گیرد باید دست کم ۸ کیلومتر در ثانیه سرعت داشته باشد. در غیر این صورت، در جالی که دارد سقوط می کند به اندازه کافی دور نمی شود تا به زمین اجازه دهد به قدر کفایت انحنا پیدا کند، و عاقبت با زمین تصادم می کند.

از این گذشته، موشک فقط در خارج از جو می تواند این کار را بکند. در داخل جو، سرعت ۸ کیلومتر در ثانیه به علت اصطکاک با هوا موشک را می سوزاند.

فرض کنید که موشکی که در مدار قرار دارد موتورهای خود را روشن کند و پرنه ای از گازهای خروجی به بیرون بفرستد. سرعت آن افزوده می شود. پس از آن که پرنه متوقف شد، موشک با سرعتی بیش از گذشته خلاصی می راند. قدری دورتر می شود و این در حالی است که به اندازه معینی سقوط می کند و در نتیجه از سطح زمین دور می شود.

موشک اکنون در واقع از زمین فاصله می گیرد و نیروی جاذبه زمین بتدریج از سرعت آن می کاهد. سرانجام موشک شروع به افتادن به سمت زمین می کند و در این حال بر سرعتش افزوده می شود.

اگر موشک بدون استفاده مجدد از موتورهایش شروع به دور زدن زمین کند، مدار تازه خود را مرتب تکرار می کند، از زمین فاصله می گیرد و دور می شود و آنوقت دوباره به طرف آن سرازیر می شود. به این ترتیب مدار آن به صورت منحنی کشیده ای به نام بیضی درمی آید.

با استفاده از موتور موشک در لحظه مناسب و برای مدت زمان مناسب، می توان آن را در مداری بیضی شکل به دور زمین قرار داد، مداری کشیده و دراز که یک سر آن تا ماه پیش برود و سر دیگرش از تنگ زمین بگذرد.

با انتخاب مدار صحیح (و احتساب این واقعیت که ماه خود در حال حرکت است و از خود نیروی جاذبه دارد) موشکی را می توان پیرامون ماه به گردش درآورد. اگر مدار

انتخاب شده کاملاً صحیح نباشد، می توان درست در لحظه مناسب و برای مدت زمان مناسب موتور موشک را روشن کرد تا در نیمه راه خطای خود را تصحیح کند و مدارش را عوض کند و در مسیر درست قرار گیرد.

در واقع، همین که بتوان موشکی را در مدار قرار داد، رسیدن به ماه نیروی زیادی نمی خواهد.

نیروی جاذبه زمین با افزایش مسافت آن کاهش می یابد. هر قدر موشکی بالاتر برود، نیروی کمتری برای باز هم بالاتر بردن آن لازم است.

فرض کنید که موشکی با سرعت $11/2$ کیلومتر در ثانیه شروع به حرکت کند. نیروی جاذبه زمین سرانجام سرعت آن را به $5/6$ کیلومتر در ثانیه می رساند. اما در این زمان موشک آنچنان ارتفاعی پیدا کرده که نیروی جاذبه زمین بر آن به نصف کاهش می یابد. اکنون نیروی جاذبه سرعت موشک را فقط به نصف آهنگ اولیه آن می تواند کاهش دهد. موشک طی همان مدت زمانی که طول کشید تا به سرعت $5/6$ کیلومتر در ثانیه تنزل کند سرعت خود را به $2/8$ کیلومتر در ثانیه کاهش می دهد.

پس از هر واحد برابر زمان، سرعت موشک به نصف کاهش می یابد ($1/2$ ، $1/4$ ، $1/8$ ، $1/16$ ، $1/32$ و به همین ترتیب)، بنابراین هرگز کاملاً به صفر نمی رسد. اگر موشک با سرعت $11/2$ کیلومتر در ثانیه زمین را ترک کند مجبور نیست هرگز به زمین باز گردد. این «سرعت گریز» از سطح زمین است. این بدان معنی است که اگر چه 8 کیلومتر در ثانیه لازم است تا موشکی را بتوان در مدار قرار داد، فقط $3/2$ کیلومتر اضافی در ثانیه لازم است تا آن را به ماه برساند.

البته، موشک هنوز در میدان جاذبه زمین قرار دارد؛ از کنار ماه می گذرد و حرکت خود را در مداری به دور خورشید ادامه می دهد و به این طریق به سیاره ساخته دست انسان تبدیل می شود.

موشکی که خورشید را دور می زند می تواند از موتورهای برگشت خود استفاده کند. این موتورها پرتابه ای از گازهای خروجی را به جلوی موشک می فرستند و آنرا در جهت مخالف (یعنی به عقب) می رانند. طبیعتاً موشک سرعت خود را از دست می دهد و به نزدیکی خورشید سقوط می کند. مدار آن اکنون بیضی تازه ای است که یک سرش از پهلوی خورشید می گذرد و اگر مدار درست انتخاب شده باشد موشک از نزدیکی ناهید خواهد گذشت.

یا ممکنست موشک از موتورهای عقبی خود برای افزایش سرعتش استفاده کند. در این صورت، موشک از خورشید دور خواهد شد، و در مداری بیضی شکل حرکت خواهد کرد که آن را حتی خیلی بیشتر از مدار زمین از خورشید دور خواهد برد. موشک در مدار تازه خود ممکنست از نزدیکی بهرام (مریخ) عبور کند.

فرض کنید که موشکی بتواند ۴۲ کیلومتر در ثانیه در فضا سرعت داشته باشد. این سرعت گریز از سطح خورشید است (دست کم در فاصله زمین از خورشید). موشک می تواند با چنان سرعتی از خورشید دور شود که میدان جاذبه خورشید به علت افزایش مسافت خیلی سریع تر از آن ضعیف شود که بتواند آن را باز گرداند. آنوقت موشک می تواند از منظومه شمسی خارج شود و به گرد ستارگان به گردش درآید.

فقط یک مسئله وجود دارد. حتی نزدیک ترین ستاره یک صد میلیون برابر ماه از ما فاصله دارد و با سرعت ۴۲ کیلومتر در ثانیه، حتی اگر تا به آخر حفظ شود، هزاران سال طول می کشد تا به آن رسید.

حتی اگر با سرعت نور — ۲۹۹۸۸۰ کیلومتر در ثانیه — حرکت کنیم، ۴/۳ سال طول می کشد تا به نزدیک ترین ستاره برسیم. و هیچ چیز نمی تواند سریع تر از نور حرکت کند.

بنابراین، رسیدن به ستاره ها براستی که مسئله دشواری است. شاید بهتر باشد فعلاً به ماه رضایت بدهیم.

آنسوی نهایت

تا دو یست سال پیش، انسان نمی‌توانست روی زمین سریع‌تر از اسب مسابقه بدود؛ در دریا، سریع‌تر از زورقی که باد می‌راندش نمی‌توانست براند؛ در هوا، اصلاً راه به جایی نداشت؛ هوا از آن پرندگان و رؤیاها بود.

آنگاه عصر گازها فرا رسید. نیدروژن، سبک‌ترین گازها، بالون‌ها را به هوا بلند کرد و طولی نکشید که انسان به بلندی کوهها در هوا شناور شد. بخار، که بزور از دل آب بیرونش می‌کشاندند، چرخ‌های عظیم را به گردش درآورد و کشتی‌ها را به مقابله با دها و جریان آب‌ها فرستاد و لوکوموتیوها را بر روی خط‌های پولادین تازاند. بخار بنزین که در انفجارهای کوچک درون موتور با هوا درهم می‌آمیخت اتومبیل و هواپیما را به حرکت درآورد. سرانجام، گازهای خروجی که خشمگانه رو به زمین می‌جهیدند موشک‌های عظیم را شکوهمندانه از میان فرسنگ‌ها لایه‌های جو بالا بردند و در آغوش فضای دور جای دادند.

در کمتر از دو قرن، انسان به مرز نهایت، مرز سرعت زمینی، رسید. فضانوردی که زمین را در نود دقیقه دور بزند تقریباً در هر ثانیه ۸ کیلومتر حرکت می‌کند و این حداکثر سرعت مفید او است. در این حد از سرعت، نیروی جاذبه زمین با نیروی گریز از مرکز که او را دور می‌سازد متوازن می‌شود و او در ارتفاع نسبتاً ثابتی بر فراز سطح زمین باقی می‌ماند.

حال اگر فضانوردی اصرار داشته باشد که با روشن کردن موتورهای عقبی موشک خود سرعتش را افزایش دهد، نیروی گریز از مرکز تقویت خواهد شد و بر نیروی جاذبه غلبه خواهد کرد. سفینه موشکی درست مثل اتومبیلی که بر اثر سرعت زیاد در پیچ جاده از مسیر خارج می‌شود از زمین دور خواهد شد.

البته، فضانورد ممکنست نه تنها موشک‌های عقبی سفینه را روشن کند بلکه

همچنین موشک‌های جانبی کمکی را به حرکت درآورد تا او را به سوی زمین براند. در این صورت او به اصطلاح پیچ جاده را با سرعت فوق‌العاده زیاد طی خواهد کرد و این در حالی است که یک نیروی عظیم موشکی او را به داخل می‌راند و از «خارج شدنش از جاده» جلوگیری می‌کند.

اما با این کار، انرژی مصرف‌شده به مراتب بیشتر از زمان صرفه‌جویی شده خواهد بود. از این گذشته، فضا‌نورد نیروی برون رانی را بر خود احساس خواهد کرد که با افزایش سرعت سریع‌تر زیاد می‌شود و سرعت تحمل‌ناپذیر می‌گردد. نه، اگر اصرار دارید که بیش از این سرعت «نهایی» ۸ کیلومتر در ثانیه حرکت کنید، تنها یک جا می‌توانید بروید و آن کلاً دور شدن از زمین است. عزیمت از زمین اکنون تحقق یافته است. تا سال ۱۹۶۹، فضا پیمای‌های حامل انسان به ماه رسیده بودند. فضا پیمای‌های بدون انسان تا نزدیکی بهرام و ناهید پیش رفته بودند.

در واقع، همین که به سرعت بیش از ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه دست یافتیم، می‌توانیم برغم نیروی جاذبه زمین (که در هر حال هر قدر دورتر شویم ضعیف‌تر و ضعیف‌تر می‌شود) بطور نامحدود حرکت کنیم. در چنین سرعت‌هایی، می‌توانیم تا آنجا که مایلیم بدون صرف سوخت بیشتر خلاص‌برانیم و (در صورتی که از افتادن در دام میدان جاذبه هر چیز نجومی دیگری در این فاصله بپرهیزیم) می‌توانیم با داشتن وقت کافی به هر نقطه‌ای از جهان برسیم.

اما این «وقت کافی» برآستی که طولانی است. مسافت‌های سیاره‌ای آنسوی دنیا‌های مجاور ما عظیم هستند و حتی ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه سرعت بسیار اندکی است. بیش از یک سال طول می‌کشد تا با چنین سرعتی به مدار تیر برسیم و یک دهه طول می‌کشد تا به مدار پلوتو برسیم.

اگر قبل از مرحله خلاصی رانی، بر سرعت خود بیافزاییم زمان سفر کوتاه می‌شود، اما این کار حدی دارد. شتاب گرفتن سوخت می‌خواهد و آنهم به مقدار زیاد، و اگر انتظار داشته باشیم با موشک‌های شیمیایی از نوعی که امروز برای رسیدن به ماه به کار می‌روند به سرعت‌های واقعاً بالایی دست پیدا کنیم، مقدار سوخت لازم سفینه فضایی ما را بیش از حد بزرگ خواهد کرد.

البته موشک شیمیایی حرف آخر تکنولوژی نیست. انفجارهای هسته‌ای مهار شده

گازهای خروجی را با سرعت بمراتب بیشتری از آنچه در مورد احتراق شیمیایی معمولی صادق است، به عقب می‌رانند. انرژی بیشتر گازهای خروجی شتاب‌گیری‌های طولانی‌تر و سرعت‌های نهایی بیشتری را نسبت به حجم سوخت ببار می‌آورد. یک فضایی‌مای هسته‌ای می‌تواند بطرز معقولی کوچک و جمع و جور باشد و با این حال سوخت کافی برای رسیدن به منظومه شمسی با خود حمل کند.

حتی با نیروی هسته‌ای هم زمان سفر را نمی‌توان بطور نامحدود کوتاه کرد. شتاب را باید در حد معینی نگه‌داشت، چون بدن انسان نمی‌تواند بیش از آن را تحمل کند و در سفری با طول زمان معین، فقط سرعت معینی را می‌توان حفظ کرد. احتمال دارد که تا زمانی که متکی به نوعی موتور واکنشی، چه هسته‌ای چه شیمیایی، هستیم اکتشاف منظومه شمسی متضمن سفرهایی باشد که سال طول می‌کشد.

در صورتی که طعمه به اندازه کافی بزرگ باشد، سفر چندین ساله شاید برای انسان دست‌یافتنی باشد. اما حتی چنین سفرهایی انسان را فقط تا انتهای منظومه شمسی خودمان خواهند برد. پس در مورد منطقه‌های خارج از منظومه چه می‌توان گفت؟

خارج از منظومه شمسی، کهکشانی با ۱۳۵ میلیارد ستاره وجود دارد که بیشترشان احتمالاً منظومه‌های سیاره‌ای خاص خود را دارند. آیا می‌توان به این ستاره‌ها و خانواده‌های سیاره‌ای همراهشان رسید؟

متأسفانه، حتی نزدیک‌ترین ستاره ۴۰ تریلیون کیلومتر با ما فاصله دارد و چنین فاصله‌ای مؤثرترین عایق است. با خلاص راندن فضایی‌ما با سرعت ۱۱/۲ کیلومتر در ثانیه، یک صدهزار سال طول می‌کشد تا به نزدیک‌ترین ستاره رسید. دومیلیارد سال طول می‌کشد تا به انتهای دیگر کهکشان و چهل میلیارد سال تا به کهکشان بزرگ بعدی رسید.

منظومه شمسی جزیره بسیار کوچکی در اقیانوس فوق‌العاده بزرگ و فوق‌العاده تهی فضا است. عبور از شکاف میان یک منظومه سیاره‌ای خرد و منظومه دیگر موضوعی کاملاً متفاوت با سفر در خود منظومه شمسی است. البته، می‌توان عنصر زمان را بسادگی پذیرفت.

فرض کنید که ما از موشک‌های هسته‌ای کارآ استفاده کنیم و سوخت به اندازه کافی حمل کنیم تا به سرعت ۱۱۲۰ کیلومتر در ثانیه دست پیدا کنیم. هزار سال یا

بیشتر طول می کشد تا به نزدیک ترین ستاره برسیم و هزار سال دیگر تا باز گردیم. برای انجام این کار، می توان سفینه ای به اندازه کافی بزرگ ساخت تا دنیایی مینیاتوری را در خود جای دهد: سفینه ای که آب و هوای خود را تولید کند، انرژی خود را از راکتورهای همجوشی به دست آورد، غذای خود را کشت کند و برای سرنشینان خود آسایش و راحتی فراهم آورد. در این سفینه، نسل های پی در پی بشر متولد خواهد شد، زندگی خواهد کرد و خواهد مرد.

سرانجام، سیزدهمین نسل به مجاورت نزدیک ترین ستاره خواهد رسید و (کسی چه می داند) شاید زمین را فراموش کرده باشد و خاطره ای مه آلود و افسانه ای از مقصود اصلی در ذهن داشته باشد. آنها حتی اگر تاریخی هم برای خود تدوین کرده باشند، باز ممکنست دیگر هیچ علاقه ای به زمین نداشته باشند بلکه تنها به حیاتی که خود می شناسند و به آن اهمیت می دهند ادامه دهند و تا ابد در جهان خصوصی کوچکی که خانه خود، به حساب می آورند به سیر و سیاحت بپردازند.

بنابراین آیا مردم زمین می توانند شور و شوق لازم را در خود به وجود آورند تا جهان های فضایی را تهیه کنند که در جهت های گوناگون و به ستاره های گوناگون فرستاده شوند، بی آن که تا هزاران سال امیدی به بازگشتشان داشته باشند؟ بشر دست به تهیه طرح های بلند مدت زده است، آری، اما فقط زمانی که پیشرفت کار را، هر چند اندک، به چشم دیده است (بطور نمونه، بنای کلیساهای جامع در قرن های میانی).

کار دیگری که می توان کرد این است که سرنشینان سفینه را برای زمان نامحدود منجمد ساخت و تجهیزات لازم را برای آب کردن و بیدار کردن آنها در نزدیکی مقصد همراهشان روانه کرد. (در حال حاضر هیچ شیوه ای برای منجمد کردن انسان به صورت موجود جاندار به حالت تعلیق درآمده که در هیچیک از کارکردهای فیزیولوژیک او نیز خللی وارد نیاید در دست نیست، اما می توان فرض کرد که روزی شیوه ای برای انجام این کار کشف شود.)

از طریق انجماد، سرنشینان اصلی حتی با گذشت هزاران سال به مقصد می رسند. آنها هدف از سفر خود را بخاطر خواهند داشت و احتمالاً انگیزه نیرومندی برای بازگشت خواهند داشت. اما روی زمین گذشت هزاران سال و نبود شور و شوق برای طرحی که نه هدف و نه پیشرفت آن در طول عمر آدمی محسوس است خود عامل

بازدارنده‌ای محسوب می‌شود.

پس باید از سپری شدن زمان جلوگیری کرد. سرعت‌های بیشتر و خیلی بیشتری را باید تأمین کرد.

یک راه انجام این کار عبارتست از استفاده از جریان یون بجای استفاده از گازهایی که بر اثر فعل و انفعال‌های شیمیایی یا هسته‌ای گرم می‌شوند و به صورت توده‌های عظیم با سرعت چندین کیلومتر در ثانیه از عقب خارج می‌گردند. می‌توان یون‌ها (یعنی تکه‌هایی از اتم که دارای بار الکتریکی هستند) را فرستاد. این یون‌ها جرم بسیار کوچکی دارند اما می‌توان آنها را واداشت با سرعت چندین ده هزار کیلومتر در ثانیه حرکت کنند.

جریان یون به برکت جرم خرد یون‌ها شتاب‌های بسیار کوچکی تولید خواهد کرد، اما دقیقاً به این علت که جرم آنچنان کوچکی مصرف می‌شود سوخت کافی برای ادامه شتاب‌گیری در صورت لزوم تا سال‌های سال وجود خواهد داشت. سرعت‌هایی بالغ بر ۲۵۷۶۰۰ کیلومتر در ثانیه تأمین خواهد شد. اکنون می‌توان در طول عمر منجمد نشده یک فرد بشر بر روی زمین به ستارگان نزدیک‌تر دست پیدا کرد. ظرف کمتر از پنجاه سال می‌توان به ده‌ها ستاره رسید.

اما این ستارگان در همسایگی بسیار نزدیک ما هستند. اما ستارگان دورتر چگونه؟ ستارگانی که میلیارد میلیارد به ما چشمک می‌زنند؟

خوب، (بنابر نظریه نسبیت خاص آینشتاین) هر قدر شخص سریع‌تر حرکت کند، گذشت زمان برای سرعت گیرنده کندتر و کندتر می‌شود. برای سرعت‌های بالاتر از ۲۵۷۶۰۰ کیلومتر در ثانیه، این کند شدن زمان قابل ملاحظه است و برای سرعت‌های نزدیک به ۲۸۹۸۰۰ کیلومتر در ثانیه، فوق‌العاده است (مقاله زمان را ببینید). فضاوردانی که با سرعت نزدیک به ۲۸۹۸۰۰ کیلومتر در ثانیه حرکت کنند ممکنست ظرف مدتی که از نظر آنها ۲۵ سال بیشتر نباشد به آن سر دیگر کهکشان ما برسند. (یعنی در زمان کند شده. روی زمین، زمان که با سرعت معمول خود حرکت می‌کند بسیار سریع‌تر سپری خواهد شد.)

در واقع، سرعت هم‌نهایتی دارد و آن ۲۹۹۸۸۰ کیلومتر در ثانیه است. این سرعت نور در خلاء است. با چنین سرعتی، زمان تا سر حد توقف کامل کند می‌شود. و این امر پریشی را مطرح می‌سازد. آیا مطلقاً ضرورت دارد که چیزی دارای جرم

را به فضا فرستاد؟ شاید بتوان صرفاً شرحی از مشخصات جرم را منتقل کرد. بطور مثال، ما نیازی نمی بینیم سندی را از این سر قاره به آن سر قاره بفرستیم؛ صرفاً آن را در یک سلسله نقطه های تاریک و روشن که به اندازه کافی گویای سند است خلاصه می کنیم. این نقطه ها به یک جریان الکتریکی نوسان دار تبدیل می شوند و جریان پیام خود را با سرعت نور به آن سر قاره می فرستد تا در نقطه دریافت مجدداً به صورت رونوشت سند اصلی پیاده شود.

آیا امکان دارد ماده را به صورت پرتو پرنوسانی از فوتون که نمونه ماده مورد نظر را بطور کامل توصیف کند درآورد (فوتون: «ذره های» کوچکی که نور و دیگر اشکال انرژی تابشی را می سازد)؟ آنوقت این پرتو را می توان برای تبدیل به نسخه دومی از ماده در نقطه دریافت به فضا فرستاد.

آیا می توان پرتویی از فوتون که نماینده بدن انسان یا یک فضاپیمای کامل با سرنشینان انسانی باشد ساخت؟ مایل نیستم چنین پیش بینی یی را بکنم، چون این موفقیتی با بغرنجی غیرقابل تصور خواهد بود— اما اگر سال ۱۸۰۰ بود همین حرف را درباره پرواز به ماه می زدم.

اگر «انتقال جرم» ممکن شود، آنوقت احتمالاً می توان یک فضا نورد را با سرعت نور به هر نقطه ای از جهان فرستاد. برای آن فضا نورد، از تبدیل تا باز تبدیل هیچ زمانی سپری نشده است.

اما هر چند که یک فضا نورد ممکنست بتواند با سرعت تقریبی نور سفر کند و کند شدن زمان را تجربه کند، یا واقعاً با سرعت نور حرکت کند و توقف زمان را تجربه کند، اما روی زمین زمان طبق معمول جریان خواهد داشت. پرتو فوتونی که نماینده یک فضا نورد است $4/3$ سال طول خواهد کشید تا به نزدیک ترین ستاره برسد و ۱۰۰,۰۰۰ سال طول خواهد کشید تا از یک سر کهکشان به سر دیگر آن برسد.

آنچه تاکنون توصیف کرده ایم فقط دسترسی به ستارگان همسایه، شاید نزدیک ترین پنجاه ستاره، را در طول عمر آدمیان روی زمین ممکن خواهد ساخت. و تنها سفر به ستارگان همسایه است که زمین ممکنست حاضر به انجام آن شود.

حال اگر اینطور باشد، آیا فضاپیمایی می تواند سریع تر از نور حرکت کند؟ تا همین اواخر، پاسخی که داده می شد پاسخ منفی صریحی بود. سرعت نور در خلاء بنابر نظریه نسبیت خاص آینشتاین سرعت نهایی است و هیچکس در حال حاضر به

اعتبار این نظریه شک نکرده است.

اما در دهه ۱۹۶۰، تصویری که فراسوی نهایت رانشان می داد ارائه شد. گفته شد که اگر سرعت نور را دیوار محدود کننده نفوذ ناپذیری بدانیم، پس می توان چنین استدلال کرد که هر دیوار دو طرف دارد. در آن سوی دیوار، جهانی از ذره ها وجود دارد که می توانند فقط سریع تر از نور حرکت کنند و هرگز نمی توانند کندتر از این حد برانند و با این حال همه شرایط نظریه آینشتاین را هم دارند.

این ذره های فوق العاده سریع را «تاکیون» می خوانند که به یونانی «تُندرو» معنی می دهد.

چنین تاکیون هایی برآستی که خاصیت های عجیب دارند و آن خاصیتی که در این جا مورد علاقه ما است این است: هر قدر انرژی بیشتری به یک تاکیون بدهید، تاکیون کندتر حرکت می کند تا آن که در حد بالای انرژی سرعت خود را تقریباً تا سر حد نور کاهش می دهد. تاکیون هر قدر انرژی کمتری داشته باشد سریع تر حرکت می کند تا آن که در پایین ترین حد انرژی میلیون ها سال نوری در ثانیه پرواز می کند.

تاکیون ها با ذره های معمولی درهم نمی آمیزند و نمی توان آنها را از طریق تصادم شان با ذره ها شناخت. از آنجا که آنها خیلی سریع حرکت می کنند در اطراف ما هستند و بنابراین برای یک لحظه بسیار کوتاه قابل تشخیص می شوند. با این حال، نظریه می طلبد که هر تاکیون گذرا هنگام عبور برق تندی از نور، کوچک اما احتمالاً قابل تشخیص، بزند. فیزیک دانان سعی کرده اند برق نور این ذره ها را تشخیص دهند، اما موفق نشده اند.

این موضوع بهر حال اهمیتی ندارد. حتی اگر تاکیون ها واقعاً تشخیص داده نشوند، اما بهر حال وجود دارند و شاید این بدان معنی باشد که اگر چه در حال حاضر نمی توان آنها را یافت، اما می توان خلق کرد— فقط کافست طرز ساختشان را یاد بگیریم.

خوب، پیش از این تبدیل ماده (و فضاپیماهایی پر از سرنشین آدمی) به جریانی از فوتون را که تمامی اطلاعات آن ماده را دقیقاً در بر بگیرد، فرض کرده ایم. جریان فوتون را می توان به نسخه دوم دقیق ماده اصلی در یک نقطه بسیار دور باز تبدیل کرد.

حال که تا این حد پیش رفته ایم چرا گام دیگری بر نداریم و فرض نکنیم که ماده را می توان بجای تبدیل به جریان فوتون به جریان تاکیون تبدیل کرد؟

چنین پرتویی از تاکیون در صورتی که به اندازه کافی کم انرژی باشد بقدری

سریع حرکت خواهد کرد که ممکنست فرضاً ظرف ۵ ثانیه به مجاورت نزدیک‌ترین ستاره برسد. این زمان پنج ثانیه‌ای نه تنها برای فضانوردان بلکه همچنین برای ساکنان روی زمین سپری می‌شود. کهکشان را می‌توان ظرف یک دقیقه و دورترین کهکشان‌ها را ظرف یک هفته طی کرد.

از دیدگاه چنین تاکیون‌هایی، تمامی جهان بیکران ذره‌ای ناچیز جلوه خواهد کرد. همچنین می‌توان از پرتوهای تعدیل شده تاکیون برای انتقال پیام از ستاره‌ای دور به ستاره دیگر استفاده کرد. به این طریق، هم حمل و نقل و هم ارتباطات در کلیه مسافت‌ها، هر قدر هم که عظیم باشند، ممکن می‌شود و از این گذشته، عملاً هیچگونه زمانی هم سپری نمی‌شود.

این بدان معنی است که دیگر مطلقاً دور از تصور نیست که روزی فرا برسد (شاید در آینده دور) که مرز نهایت را پشت سر بگذاریم و تمامی جهان پهناور را به همسایگی خود درآوریم.



منتشر می شود:

شبها و روزها

کنستانتین سیمونوف

ترجمه ناصر منصوری

پارتیزان

گئورگی کاراسلاوو

ترجمه رحیم رئیس نیا

نقاشان معاصر مکزیک

مک کینلی هلم

ترجمه رضا رضایی

زندگی من

آنتوان چخوف

ترجمه جهانگیر افکاری



التعليمات
الأساسية

٢٥٠ ريال