

ریچارد داوکینز



# جادوی واقعیت

چگونه بفهمیم چه چیزی واقعی است؟

ریچارد داوکینز

جادوی واقعیت

چگونه بفهمیم چه چیزی واقعی است؟

## درباره کتاب

جادو اشکال مختلفی دارد. به عقیده مصریان باستان، روز شب می‌شد چون ایزدبانو نوت<sup>۱</sup> خورشید را می‌بلعید. وایکینگ‌ها می‌گفتند که رنگین‌کمان پل خدا به زمین است. این‌ها نمونه‌هایی از داستان‌های جادویی و خارق‌العاده هستند. اما نوع دیگری از جادو وجود دارد که در شور و شعف حاصل از کشف پاسخ واقعی به این پرسش‌ها نهفته است. این جادو جادوی واقعیت یا علم است.

کتاب جادوی واقعیت سرشار است از توضیحاتی الهام‌بخش درباره فضا، زمان، و فرگشت<sup>۲</sup>. شوخ‌طبعی و آزمایش‌های فکری هوشمندانه نیز آن را آذین‌بخشیده‌اند. این کتاب گستره‌ای عظیم از پدیده‌های طبیعی را می‌کاود. چیزهایی که اطراف ما هستند از چه ساخته شده‌اند؟ گیتی<sup>۳</sup> چند سال قدمت دارد؟ عامل بروز سونامی<sup>۴</sup> چیست؟ اولین مرد یا زن که بود؟ این کتاب همچون یک داستان کارآگاهی جذاب است که نه فقط برای یافتن سرنخ به کاوش در تمام علوم می‌پردازد، بلکه خواننده را نیز بر آن وا می‌دارد که مانند یک دانشمند بیاندیشد.

ریچارد د/وکینز، با بیان بسیار شیوا و گیرای منحصربه‌فرد خود، شگفتی‌های جهان طبیعی را برای تمامی سنین شرح می‌دهد. کتاب وی، برای این نسل و نسل‌های آینده، آگاهی‌بخش و روشن‌گر خواهد بود.

---

<sup>۱</sup>. Nut

<sup>۲</sup>. evolution

<sup>۳</sup>. universe

<sup>۴</sup>. tsunami

## فهرست مطالب

درباره کتاب .....	۳
.....	۱
واقعیت چیست؟ جادو چیست؟ .....	۶
.....	۱۷
.....	۲۹
.....	۴۲
.....	۵۴
.....	۶۶
.....	۷۸
.....	۸۶
.....	۹۵
.....	۱۰۶
.....	۱۱۵
.....	۱۲۷
.....	۱۳۸
.....	۱۳۹
.....	۱۵۰

کلینتون جان داوکینز ۱۹۱۵-۲۰۱۰  
ای پدرِ دوست‌داشتنی‌ام

۱

واقعیت چیست؟ جادو چیست؟



هر چیزی که وجود دارد واقعیت است. گزاره خیلی ساده‌ای به نظر می‌رسد، مگر نه؟ اما در واقع چنین نیست. چندین و چند مسئله وجود دارد. مثلاً این که، پس تکلیف دایناسورها چه می‌شود، آن‌هایی که زمانی وجود داشته‌اند و حالا دیگر نیستند؟ ستاره‌هایی که خیلی از ما دور هستند چطور؟ ستارگانی که ممکن است، زمانی که نورشان به ما می‌رسد، دیگر از بین رفته باشند. یک لحظه صبر کنید. به موضوع دایناسورها و ستاره‌ها بر خواهیم گشت. ولی، در کل، چگونه می‌توانیم از وجود چیزی، حتی در زمان حال، اطمینان حاصل کنیم؟ خوب، حواس پنج‌گانه‌مان (حواس دیداری، بویایی، لامسه، شنیداری و چشایی) با کارآمدی بسیار می‌توانند ما را از واقعی بودن خیلی چیزها متقاعد کنند: مثلاً سنگ و شتر، چمن تازه زده شده و قهوه تازه آسیاب شده، سنباده و پارچهٔ مخمل، آبخار و زنگ در، شکر و نمک. ولی آیا فقط به چیزهایی «واقعی» می‌گوییم که بتوانیم وجودشان را، مستقیماً از طریق یکی از حواس پنج‌گانهٔ خود، تشخیص دهیم؟

پس تکلیف کیهکسانی<sup>۱</sup> که در دوردست‌ها قرار دارد و نمی‌توان آن را با چشم غیرمسلح دید چه می‌شود؟ آن باکتری کوچکی که بدون یک میکروسکوپ قوی قابل دیدن نیست، چطور؟ آیا چون آن‌ها را نمی‌بینیم باید وجودشان را انکار کنیم؟ نه. بی‌شک می‌توانیم حواس خود را به کمک ابزار مخصوص تقویت کنیم؛ مثلاً برای دیدن کیهکشان‌ها از تلسکوپ استفاده کنیم و برای دیدن باکتری‌ها از میکروسکوپ. چون که می‌توانیم تلسکوپ و میکروسکوپ و شیوهٔ کارکردشان را درک کنیم، می‌توانیم برای افزایش گسترهٔ حواس‌مان (در این مورد، حس بینایی) از آن‌ها استفاده کنیم و چیزهایی که با آن‌ها می‌بینیم ما را متقاعد می‌سازند که کیهکشان‌ها و باکتری‌ها وجود دارند.

امواج رادیویی چطور؟ آیا این امواج وجود دارند؟ نه چشمان ما قادر به تشخیص آن‌ها هستند و نه گوش‌های‌مان، ولی باز هم ابزار مخصوص (برای نمونه، تلویزیون) آن‌ها را به سیگنال‌هایی تبدیل می‌کنند که برای ما قابل دیدن و شنیدن هستند. پس با این که قادر به دیدن یا شنیدن امواج رادیویی نیستیم، می‌دانیم که بخشی از واقعیت هستند. همان گونه که از شیوهٔ کار تلسکوپ و میکروسکوپ آگاهیم، از شیوهٔ کار رادیو و تلویزیون هم اطلاع داریم. بنابراین، این ابزار به حواس ما کمک می‌کنند که تصویری را از چیزهایی که وجود دارند (که همان دنیای واقعی یا واقعیت است) در ذهن خود بسازیم. تلسکوپ‌های رادیویی (تلسکوپ‌های پرتو ایکس) ستاره‌ها و کیهکشان‌ها را از طریق چیزهایی که ما نشان می‌دهند که می‌توان آن‌ها را چشم‌هایی متفاوت (روشی دیگر برای گسترش دیدمان به واقعیت) قلمداد کرد.

حال برگردیم به بحث دایناسورها. از کجا می‌فهمیم که دایناسورها روزگاری در زمین برای خودشان جولان می‌داده‌اند؟ ما که هیچ وقت آن‌ها را ندیده‌ایم یا صدای‌شان را نشنیده‌ایم. هیچ وقت هم که مجبور نبوده‌ایم از دست‌شان فرار کنیم. حیف که ماشین زمان هم نداریم که آن‌ها را مستقیماً ببینیم. ولی در این‌جا نیز ابزار دیگری داریم که به حواس‌مان کمک می‌کند: فسیل‌ها را داریم و می‌توانیم آن‌ها را با چشم غیرمسلح ببینیم. فسیل‌ها نه می‌دوند و نه می‌پزند، اما چون می‌دانیم چگونه درست شده‌اند، می‌توانیم به کمک آن‌ها بفهمیم که، میلیون‌ها سال پیش، چه اتفاقاتی افتاده است. می‌دانیم که آب، با مواد معدنی محلول در آن، چگونه در لاشه‌هایی که زیر لایه‌هایی از سنگ و گل و لای مدفون شده‌اند نفوذ می‌کند. می‌دانیم که چطور مواد معدنی آب متبلور و از آب جدا می‌شوند و، اتم به اتم، جای مواد تشکیل دهندهٔ لاشه را می‌گیرند و، سرانجام، اثری را از شکل اولیهٔ حیوان بر سنگ به جا می‌گذارند. پس با این که نمی‌توانیم دایناسورها را مستقیماً با حواس خود درک کنیم، به کمک شواهد غیرمستقیمی که همچنان، به کمک حواس‌مان، قابل درک هستند، می‌توانیم پی ببریم که زمانی وجود داشته‌اند. در واقع، می‌توانیم آثار به جا ماندهٔ سنگی از حیات کهن را ببینیم و لمس کنیم.

اگر جور دیگری به قضیه نگاه کنیم، تلسکوپ‌ها مانند نوعی ماشین زمان کار می‌کنند. هر بار و به هر چیزی که نگاه می‌کنیم، چیزی که در واقع می‌بینیم نور است و حرکت نور هم زمان می‌برد. حتی وقتی که به صورت دوست‌تان نگاه می‌کنید، دارید صورت گذشتهٔ او را می‌بینید، چرا که تا نور از صورت او به چشمان شما برسد کسر کوچکی از ثانیه طول می‌کشد. سرعت

<sup>۱</sup>. galaxy

صوت به مراتب کمتر است. به همین دلیل است که اول انفجار فشفشه را در آسمان می‌بینیم و بعد، با فاصله زمانی محسوسی، صدایش را می‌شنویم. وقتی مردی را در دور دست می‌بینید که دارد درختی را قطع می‌کند، صدای برخورد تبر او با درخت با تأخیر غریبی شنیده می‌شود.

سرعت نور آن قدر بالاست که، به طور معمول، هر چیزی را که می‌بینیم فرض می‌کنیم که دارد در همان لحظه اتفاق می‌افتد. اما حساب ستاره‌ها جداست. حتی خورشید هم هشت دقیقه نوری با ما فاصله دارد. اگر، به فرض، خورشید منفجر شود، این اتفاق فاجعه‌بار هشت دقیقه بعد جزئی از واقعیت ما می‌شود و آن زمان است که دیگر فاتحه‌مان خوانده است! نزدیک‌ترین ستاره به ما پروکسیما قنطورس<sup>۱</sup> نام دارد. اگر در سال ۲۰۱۲ به آن نگاه کنید، در واقع دارید حوادث سال ۲۰۰۸ را می‌بینید. کهکشان‌ها مجموعه‌های بسیار بزرگی از ستاره‌ها هستند. کهکشانی که ما در آن زندگی می‌کنیم کهکشان راه شیری نام دارد. اگر با تلسکوپ به کهکشان همسایه‌مان، *آندرومدا*<sup>۲</sup>، نگاه کنید، تلسکوپ مانند ماشین زمانی عمل می‌کند که شما را دو و نیم میلیون سال به عقب می‌برد. خوشه‌ای متشکل از پنج کهکشان وجود دارد که پنج‌گانه‌ی *استفان*<sup>۳</sup> نام دارد. اگر با تلسکوپ *هابل* به آن‌ها نگاه کنیم، خواهیم دید که به شدت در حال برخورد با یکدیگر هستند. اما، در واقع، ما داریم تصادف آن‌ها را در ۲۸۰ میلیون سال پیش می‌بینیم. حال فرض کنید که در آن کهکشان‌های در حال برخورد موجوداتی فضایی وجود دارند و این فضایی‌ها هم به تلسکوپ‌هایی قدرتمند مجهزند که به کمک‌شان می‌توانند زمین را ببینند. چیزی که در این لحظه می‌بینند، نخستین نیاکان دایناسورهاست.

آیا واقعاً موجودات فضایی وجود دارند؟ تا کنون هیچ موجود فضایی ندیده‌ایم یا ندایی از آن‌ها نشنیده‌ایم. آیا آن‌ها بخشی از واقعیت هستند؟ هیچ کس نمی‌داند؛ اما این را می‌دانیم که اگر موجود فضایی‌ای در کار باشد چه چیزی می‌تواند وجودش را به ما ثابت کند. اگر به یک موجود فضایی نزدیک شویم، اعضای حسی ما وجودش را به ما ثابت خواهند کرد. شاید روزی کسی توانست تلسکوپ نیرومندی اختراع کند که بتواند حیات را روی سیاره‌های دیگر به ما نشان دهد. یا شاید تلسکوپ‌های رادیویی ما بتوانند پیام‌هایی را دریافت کنند که ارسال‌شان فقط از موجودات فضایی هوشمند بر بیاید. به هر حال، واقعیت فقط شامل چیزهایی نمی‌شود که در حال حاضر از آن‌ها خبر داریم. واقعیت شامل چیزهایی هم می‌شود که وجود دارند اما هنوز از آن‌ها بی‌خبریم و، در آینده، شاید زمانی که توانستیم ابزارهای بهتری را بسازیم که به یاری حواس پنج‌گانه ما بیایند، از وجود آن‌ها مطلع شدیم.

اتم همیشه وجود داشته است، اما خیلی وقت نیست که وجودش برای ما ثابت شده است. همچنین، این احتمال وجود دارد که نواذگان ما از وجود چیزهای خیلی بیشتری با خبر شوند که ما از آن‌ها بی‌خبریم. این است شگفتی و لذت علم: علم همواره پیش می‌رود و از چیزهای تازه‌ای پرده بر می‌دارد. اما این بدین معنی نیست که هر چیزی را که هر کسی از خودش در آورد باور کنیم: چه بسا چیزهایی که می‌توانیم تصورشان کنیم، اما واقعی بودن آن‌ها بسیار نامحتمل است، مثل جن و پری، لپرچان‌ها<sup>۴</sup> و هیپوگریف‌ها<sup>۵</sup>. همیشه باید ذهن‌مان را *برای پذیرش چیزهای نو*<sup>۶</sup> باز بگذاریم، اما برای این که وجود چیزی را باور کنیم فقط یک دلیل متقن وجود دارد: وجود شواهدی واقعی مبنی بر وجود آن چیز.

## مدل‌ها: آزمون قوه تخیل ما

راه دیگری نیز وجود دارد که شاید کمتر به آن برخورد کرده باشید؛ این راه به دانشمندان کمک می‌کند به وجود چیزهایی

<sup>۱</sup> . Proxima Centauri

<sup>۲</sup> . Andromeda

<sup>۳</sup> . Stephan's Quintet

<sup>۴</sup> . موجوداتی خیالی در افسانه‌های فولکلور ایرلندی که کوتوله‌هایی سبزپوش و ریش‌دار هستند.

<sup>۵</sup> . موجوداتی خیالی که در افسانه‌های یونانی آمده‌اند و سر آن‌ها همچون عقاب و تن آن‌ها همچون اسب است.

<sup>۶</sup> . در کتاب هر کجا که مطلبی میان < > آمده از مترجم است.



پی ببرند که به طور مستقیم از راه حواس پنج‌گانه قابل درک نیستند. این کار، از طریق استفاده از «مدل<sup>۱</sup>» ممکن است، مدلی از چیزی که ممکن است در حال رخ دادن باشد طوری که بتوان آن مدل را آزمود. در این روش، ما تصور می‌کنیم (شاید بهتر باشد که بگوییم «حدس می‌زنیم») که چه چیزی وجود دارد. به این می‌گویند مدل. سپس، بررسی می‌کنیم (معمولاً این بررسی به کمک یک سری محاسبات ریاضی انجام می‌شود) تا بفهمیم، در صورت درست بودن مدل، انتظار دیده شدن، شنیده شدن، و، در کل، حس شدن چه چیزی می‌رود (که معمولاً این کار به کمک ابزارهای سنجش و اندازه‌گیری انجام می‌شود). سپس بررسی می‌کنیم که آیا چیزی که انتظار دیدنش را داریم، در واقع، همان چیزی است که می‌بینیم یا نه. این مدل می‌تواند یک ماکت چوبی یا پلاستیکی باشد، یا یک سری فرمول ریاضی نوشته‌شده روی کاغذ، و یا اصلاً نوعی شبیه‌سازی رایانه‌ای. ما با دقت مدل را بررسی می‌کنیم و پیش‌بینی می‌کنیم که، در صورت درستی مدل، انتظار می‌رود چه چیزی را ببینیم یا بشنویم و چیزهایی از این قبیل. سپس بررسی می‌کنیم تا ببینیم که آیا پیش‌بینی‌هایمان درست‌اند یا نادرست. اگر درست باشند، اطمینان بیشتری پیدا می‌کنیم که مدل‌مان واقعاً بازتاب‌دهنده واقعیت است و، پس از آن، به دنبال طراحی آزمایش‌های جدید می‌رویم. همچنین ممکن است، برای تأیید یا انجام بررسی‌های بیشتر روی یافته‌هایمان، اصلاحاتی را در مدل ایجاد کنیم. اگر پیش‌بینی‌هایمان غلط از آب درآمد، یا مدل را رد می‌کنیم و یا تغییراتی در آن می‌دهیم و دوباره آن را بررسی می‌کنیم.

یک مثالش این است: امروزه می‌دانیم که ژن‌ها<sup>۲</sup> (واحدهای وراثت) از چیزهایی ساخته شده‌اند که DNA نام دارند. درباره DNA و نحوه عملکرد آن چیزهای زیادی می‌دانیم، اما جزئیات DNA قابل دیدن نیست، حتی با میکروسکوپ‌های قوی. تقریباً هر چیزی که درباره DNA می‌دانیم، به طور غیر مستقیم از مدل‌هایی به دست آمده‌اند که زاده ذهن ما هستند و، سپس، به بوتۀ آزمایش گذاشته شده‌اند.

در واقع، خیلی پیش از این که کسی چیزی از DNA بداند، دانشمندان پیش‌بینی‌های حاصل از مدل‌ها را آزمایش کرده و به اطلاعات زیادی درباره ژن‌ها دست یافته بودند. در قرن نوزدهم، کشیشی اتریشی به نام گریگور مندلی<sup>۳</sup> در باغ صومعه‌ای که در آن زندگی می‌کرد آزمایش‌هایی را انجام می‌داد. در این آزمایش‌ها، تعداد زیادی نخود کشت کرد. سپس، تعداد بوته‌هایی را که رنگ برگ‌هایشان فرق می‌کرد یا نخودهای حاصل از آن‌ها چروک یا صاف بود، نسل به نسل، می‌شمرد. مندلی نه هیچ‌گاه ژن دیده بود و نه آن را لمس کرده بود. یگانه چیزهایی که می‌دید نخودها و گل‌ها بودند و نیز می‌توانست برای شمردن انواع مختلف بوته و نخود از چشم‌هایش کمک بگیرد. او سرانجام مدلی را ابداع کرد که همان چیزی است که امروزه به آن ژن می‌گوییم (البته مندلی به آن‌ها ژن نمی‌گفت). همچنین در یکی از آزمایش‌هایش روی پرورش نخود پیش‌بینی کرد که، اگر مدلیش درست باشد، تعداد نخودهای صاف سه برابر نخودهای چروک خواهد بود. وقتی که شمارش نخودها را به پایان رساند، به همین نتیجه هم رسید. با جزئیات کاری نداریم، ولی نکته اصلی این است که «ژن» ساخته و پرداخته ذهن مندلی بود. او نه می‌توانست آن‌ها را با چشم‌هایش ببیند و نه حتی با میکروسکوپ، ولی می‌توانست نخودهای صاف و چروک را ببیند و با شمردن آن‌ها شواهدی غیر مستقیم به دست آمد که نشان می‌دادند مدل وراثت او به خوبی فرآیندهای جهان واقعی را تبیین می‌کند. سپس دانشمندان تغییراتی در مدل مندلی دادند و آزمایش‌هایی را روی دیگر موجودات زنده انجام دادند. برای نمونه، به جای نخود، روی مگس سرکه آزمایش کردند تا نشان دهند که ژن‌ها رشته‌هایی هستند که، به ترتیبی معین، در کنار کروموزوم‌ها قرار گرفته‌اند (ما انسان‌ها چهل و شش کروموزوم داریم و مگس سرکه هشت کروموزوم). با آزمایش بر روی مدل‌ها، حتی این امکان فراهم شد که ترتیب دقیق قرارگیری ژن‌ها در کنار کروموزوم‌ها را کشف کنند. همه این‌ها، قبل از این که بدانیم ژن‌ها از DNA ساخته شده‌اند، کشف شده بود.

امروزه این‌ها را می‌دانیم و، همچنین، از چگونگی عملکرد DNA آگاهی دقیق داریم. این اکتشافات به برکت تلاش دانشمندانی همچون جیمز واتسون<sup>۴</sup>، فرانسیس کریک<sup>۱</sup> و دیگر دانشمندانی میسر شد که در راه آنان قدم گذاشتند. واتسون و

<sup>۱</sup> . model

<sup>۲</sup> . gene

<sup>۳</sup> . Gregor Mendel

<sup>۴</sup> . James Watson

کریک DNA را به چشم خود ندیدند. آن‌ها هم ابتدا چند مدل را تصور و بعد آن‌ها را آزمایش کردند و آن‌گاه به چنین اکتشافاتی نائل آمدند. آن‌ها، با فلز و مقوا، مدل‌هایی را از شکلی که برای DNA متصور بودند ساختند و پیش‌بینی کردند که، در صورت درستی مدل‌شان، چه مقادیری از آزمایش حاصل خواهد شد. پیش‌بینی‌های یکی از مدل‌های آن‌ها، که «مارپیچ دوگانه»<sup>۱</sup> نام داشت، دقیقاً با نتایجی که روزالیند فرانکلین<sup>۲</sup> و موریس ویلکینز<sup>۳</sup> به دست آوردند هم‌خوانی داشت. فرانکلین و ویلکینز اندازه‌گیری‌های خود را به کمک ابزاری خاص انجام دادند که پرتوهای ایکس را از بلورهای DNA پالایش‌شده عبور می‌داد. واتسون و کریک هم تقریباً بلافاصله متوجه شدند که مدل آنان از DNA دقیقاً همان نتایجی را به دست می‌داد که گریگور مندل در باغ صومعه‌اش به دست آورده بود.

بنابراین، به کمک یکی از این سه روش، می‌توانیم بفهمیم که چه چیزی واقعی است. می‌توانیم واقعیت چیزی را مستقیماً به کمک حواس پنج‌گانه‌مان درک کنیم؛ یا به وسیله ابزارهایی که به تقویت حواس‌مان کمک می‌کنند (مانند تلسکوپ و میکروسکوپ) می‌توانیم واقعیت چیزی را تشخیص دهیم؛ و یا، حتی از این هم غیرمستقیم‌تر: از طریق ساخت مدل‌هایی از آن‌چه ممکن است واقعیت داشته باشد، و سپس آزمایش آن‌ها، تا ببینیم که آیا آن مدل‌ها می‌توانند نتایجی قابل مشاهده (یا قابل شنیدن و یا هر چه) را پیش‌بینی کنند یا نه. این نتایج را می‌توان به کمک ابزار یا بدون آن مشاهده کرد. آخر سر و در هر حال، همه چیز بر می‌گردد به خانه اول: حواس ما.

آیا این بدین معنی است، که واقعیت صرفاً دربردارنده چیزهایی است که، مستقیم یا غیر مستقیم، از طریق حواس ما و به یاری روش‌های علمی، قابل کشف هستند؟ پس، در این صورت، تکلیف حسادت و شادی یا احساس خوشبختی و عشق چه می‌شود؟ مگر این‌ها واقعی نیستند؟

آری، واقعی هستند. اما وجود آن‌ها به مغز بستگی دارد: طبیعتاً منظور مغز انسان است یا مغز هر گونه پیشرفته‌ای از حیوانات، مانند شامپانزه، سگ، و وال. سنگ‌ها شادی یا حسادت را حس نمی‌کنند و کوه‌ها عاشق نمی‌شوند. این عواطف، برای کسانی که آن‌ها را تجربه می‌کنند، عمیقاً واقعی هستند، اما قبل از به وجود آمدن مغز، چنین احساساتی وجود نداشته است. ممکن است که این گونه عواطف (و یا شاید عواطفی که حتی نمی‌توانیم تصورشان کنیم) در گرات دیگر وجود داشته باشند؛ اما به شرطی که، در آن گرات، مغز یا چیزی شبیه آن وجود داشته باشد. ما که علم غیب نداریم، شاید در این گیتی هزار جور اندام یا ماشین عجیب و غریب وجود داشته باشد که کارشان «حس یا فکر کردن» باشد!

### علم<sup>۵</sup> و ماوراءالطبیعه<sup>۶</sup>: توضیح‌دهنده پدیده‌ها و دشمن آن

پس این از تعریف واقعیت و روش تشخیص این‌که چه چیزی واقعی است. هر یک از فصل‌های این کتاب درباره یکی از جنبه‌های واقعیت است، مثل خورشید، زلزله، رنگین‌کمان، و انواع بسیار گوناگون حیوانات. حال می‌خواهم به واژه کلیدی دیگری که در نام کتابم به کار رفته است بپردازم: جادو<sup>۷</sup>. «جادو» واژه رهنمی است و به سه معنا به کار می‌رود. از این رو، نخستین کاری که باید بکنم این است که میان این سه معنا تفکیک قائل شوم. به نخستین کاربرد آن عنوان «جادوی ماوراءالطبیعی»، به دومین کاربرد آن عنوان «شعبده»<sup>۸</sup>، و به سومین کاربرد آن (که کاربرد مورد علاقه من است و مراد من از «جادو» در عنوان کتاب هم همین است) عنوان «جادوی شاعرانه» می‌دهم.

<sup>۱</sup> . Francis Crick

<sup>۲</sup> . Double helix

<sup>۳</sup> . Rosalind Franklin

<sup>۴</sup> . Maurice Wilkins

<sup>۵</sup> . science

<sup>۶</sup> . supernatural

<sup>۷</sup> . magic

<sup>۸</sup> . در زبان انگلیسی، برای «شعبده» هم از واژه «magic» استفاده می‌شود.

جادوی ماوراءالطبیعی نوعی از جادوست که در افسانه‌ها و داستان‌های شاه پریان آمده است. (این نوع از جادو را در «معجزات»<sup>۱</sup> نیز می‌توان یافت، اما فعلاً به مبحث معجزه کاری نداریم، هر چند که در فصل پایانی، به آن خواهیم پرداخت.) این نوع جادو همان چیزی است که در چراغ جادوی علاءالدین، طلسم جادوگران، نوشته‌های برادران گریم<sup>۲</sup>، هانس کریستیان آندرسون<sup>۳</sup>، و جی. کی. رولینگ<sup>۴</sup> یافت می‌شود. این همان قدرت تخیلی عفریته‌هاست که شاهزاده‌ای را طلسم و به قورباغه تبدیل می‌کند؛ یا قدرت فرشته‌ای از جنس جن و پری است که از کدو تنبل کالسکه‌ای زیبا و پر زرق و برق می‌سازد. این‌ها داستان‌هایی هستند که از کودکی خود به یاد می‌آوریم و شیفته‌شان نیز هستیم و بسیاری از ما هنوز هم، وقتی این داستان‌ها در قالب نمایش‌های کریسمس اجرا می‌شوند، از آن‌ها لذت می‌بریم، ولی همه می‌دانیم که این نوع جادو افسانه‌ای بیش نیست و در زندگی واقعی رخ نمی‌دهد.

اما شعبده در زندگی واقعی رخ می‌دهد و چه بسا خیلی هم سرگرم‌کننده باشد. یا دست کم می‌توان گفت که واقعاً چیزی در حال رخ دادن است، اما آن چیزی نیست که تماشاچیان گمان می‌کنند. مردی روی سن (حالا نمی‌دانم چرا معمولاً این کار را مردها انجام می‌دهند) ما را طوری می‌فریبد که گمان می‌بریم اتفاق خارق‌العاده‌ای افتاده است (حتی ممکن است، این اتفاق ماوراءالطبیعی به نظر برسد)، حال آن‌که، چیزی که در حقیقت رخ داده است کاملاً برعکس آن است. همان طور که قورباغه نمی‌تواند به شاهزاده تبدیل شود، دستمال حریر هم نمی‌تواند به خرگوش تبدیل شود. چیزی که روی سن دیده‌ایم حقه‌ای بیش نیست. چشمان ما را فریب داده‌اند یا، دقیق‌تر بخواهیم بگوییم، شعبده‌باز کلی زحمت کشیده است تا چشمان ما را بفریبد. شاید زرنگی کرده و، با حرف زدن، حواس ما را پرت کرده باشد تا متوجه حرکات دستش نشویم.

بعضی شعبده‌بازها آدم‌های راست و درستی هستند و این زحمت را به خود می‌دهند که تماشاچیان را متقاعد کنند که کار شعبده‌باز حقه‌ای بیش نیست. جیمز رندی معروف به «جیمز شگفت‌انگیز»<sup>۵</sup>، پن و تیلر<sup>۶</sup>، یا دین براون<sup>۷</sup> از این دست افرادند. درست است که این شعبده‌بازان تحسین‌برانگیز معمولاً به مخاطبان خود نمی‌گویند که چطور شعبده‌شان را اجرا می‌کنند - شاید اگر این کار را بکنند از مجیک سیرکل (هیأتی که مخصوص شعبده‌بازان است) اخراج شوند - اما حتماً تماشاچیان‌شان را شیرفهم می‌کنند که هیچ جادوی ماوراءالطبیعی‌ای در کار نیست. بعضی از شعبده‌بازها هم هستند که صراحتاً نمی‌گویند کاری که کرده‌اند فقط یک حقه بوده است، اما درباره کار خود گزافه‌گویی هم نمی‌کنند (این‌ها تماشاچیان را به حال خود وا می‌گذارند که از این حس خوش آیند، اینکه چیز اسرارآمیزی رخ داده است، لذت ببرند و توی روی تماشاچی چاخان سر هم نمی‌کنند). اما بدبختانه هستند شعبده‌بازانی که از عمد دروغ می‌گویند و تظاهر می‌کنند که واقعاً قدرتی «فرا طبیعی» یا «ماوراءالطبیعی» دارند. مثلاً، ممکن است ادعا کنند که فقط به کمک نیروی ذهن می‌توانند فلزات را خم کنند یا ساعت را از کار بیاندازند. بعضی از این کلاه‌برداران («شارلاتان» واژه مناسبی برای این دسته از افراد است) ادعا می‌کنند که به کمک «قدرت ذهن» می‌توانند جای مناسب را برای حفاری تشخیص دهند و، از این طریق، مبالغه‌هنگفتی را از شرکت‌های نفت و معدن تلکه می‌کنند. بعضی شارلاتان‌ها هم ادعا می‌کنند که می‌توانند با مردگان ارتباط برقرار کنند و، این گونه، از افراد داغ‌دیده سوءاستفاده می‌کنند. در این گونه موارد، دیگر هدف تفریح و سرگرمی نیست؛ کاری که این افراد می‌کنند سوءاستفاده از ساده‌اندیشی و مصائب دیگران است. اگر بخواهیم منصفانه به قضیه نگاه کنیم، شاید همه این افراد هم شارلاتان نباشند. بعضی از آن‌ها ممکن است خودشان هم به راستی باور داشته باشند که می‌توانند با مردگان ارتباط برقرار کنند.

معنی سوم جادو همان معنایی است که در عنوان کتاب به کار رفته است: جادوی شاعرانه. وقتی که با شنیدن قطعه‌ای موسیقایی اشک از چشمان ما جاری می‌شود، آن اجرا را با واژه «جادویی» توصیف می‌کنیم. وقتی که در شبی تاریک، که نه

<sup>۱</sup> . miracle

<sup>۲</sup> . Brothers Grimm

<sup>۳</sup> . Hans Christian Andersen

<sup>۴</sup> . J. K. Rowling

<sup>۵</sup> . James 'The Amazing' Randi

<sup>۶</sup> . Penn and Teller

<sup>۷</sup> . Derren Brown

خبری از نور ماه است و نه چراغ‌های شهر، با لذت به ستارگان خیره می‌شویم، می‌گوییم که این منظره «جادوی محض» است. همین واژه را ممکن است در توصیف غروبی دل‌انگیز، منظره‌ای کوهستانی، یا رنگین‌کمانی در آسمانی تیره و تار نیز به کار ببریم. در این کاربرد، مراد از واژه «جادویی» این است که آن چیز عمیقاً تأثیرگذار و شورانگیز است. از این واژه برای اشاره به چیزی استفاده می‌کنیم که مو را بر تن مان سیخ می‌کند، چیزی که حس زنده بودن را بیشتر و کامل‌تر به ما می‌چشاند. چیزی که امید دارم بتوانم در این کتاب نشان دهم این است که واقعیت (حقایق دنیای واقعی که از طریق روش‌های علمی قابل درک هستند) در این معنای سوم جادویی‌اند؛ یعنی جادویی هستند به معنای شاعرانه، جادویی هستند به معنای حس خوب زنده بودن.

حال به مفهوم ماوراءالطبیعه برمی‌گردم و توضیح می‌دهم که چرا ماوراءالطبیعه به هیچ وجه نمی‌تواند توضیحی درست برای چیزهایی که در جهان و گیتی می‌بینیم ارائه دهد. حقیقتاً ارائه توضیحی ماوراءالطبیعی از یک چیز عین توضیح ندادن آن پدیده است و، حتی بدتر از آن، عین این است که راه را بر هر گونه توضیح ببندیم. چرا چنین می‌گوییم؟ به این دلیل که هر چیز «ماوراءالطبیعی»، بر اساس تعریف خود، خارج از حیطه توضیح طبیعی قرار می‌گیرد. همچنین، چنین توضیحی خارج از حیطه علم و روش علمی است که بنیان مستحکمی دارد، آزمایش شده و محک خورده است و، علاوه بر این، عامل پیشرفت‌هایی عظیم در علم بوده است که طی حدود ۴۰۰ سال اخیر شاهدشان بوده‌ایم. این که بگوییم چیزی به صورت ماوراءالطبیعی رخ داده است با این که بگوییم «از درک آن عاجزیم» یکی نیست، بلکه مانند این است که بگوییم «هیچ وقت آن را نمی‌فهمیم، پس تلاشی هم برای فهمش نخواهیم کرد».

رویکرد علم دقیقاً در مقابل این رویکرد قرار دارد. علم تا کنون، با تکیه بر ناتوانی‌اش، رشد کرده است و توانسته است که برای پدیده‌ها توجیه بیاورد. ناتوانی علم همچون محرک و بهانه‌ای است برای پرسش‌گری، ایجاد مدل‌های ممکن و آزمایش آن‌ها. علم، به مدد این روش، می‌تواند ما را با تلاش و کوشش فراوان، اندک اندک، به حقیقت نزدیک‌تر کند. اگر چیزی خلاف درک کنونی ما از واقعیت رخ دهد، دانشمندان آن پدیده را چالشی برای مدل حاضر تلقی می‌کنند و الزاماً یا مدل را رد می‌کنند یا دست‌کم تغییراتی در آن می‌دهند. با همین اصلاحات و آزمایش‌های پس از آن است که توانسته‌ایم به چیزی که درست است نزدیک و نزدیک‌تر شویم.

کارآگاهی را در نظر بگیرید که در مواجهه با یک قتل حیران مانده که چه کند. آن‌قدر هم تنبل است که نه تنها اندک تلاشی هم برای حل معما نمی‌کند، بلکه با «ماوراءالطبیعی» خواندن ماجرا سعی می‌کند سر و ته قضیه را به هم بیاورد. درباره او چه فکری خواهید کرد؟ کل تاریخ علم به ما نشان داده چیزهایی که زمانی تصور می‌کردیم نتیجه عوامل ماوراءالطبیعی بوده‌اند - مانند خدایان (چه خدایان شاد و شنگول و چه خدایان عصبانی)، دیوان، عفریته‌ها، ارواح، اوراد، و طلسم‌ها - همگی توضیحاتی طبیعی داشته‌اند، توضیحاتی که می‌توانیم آن‌ها را درک کنیم، در بوتۀ آزمایش قرار دهیم، و به آن‌ها اعتماد کنیم. هیچ دلیلی وجود ندارد که برای چیزهایی که علم هنوز دلیلی برای‌شان پیدا نکرده است، عوامل ماوراءالطبیعی علم کنیم. این کار تفاوتی با این ندارد که بگوییم زلزله و بیماری را خدایان خشمگین به وجود می‌آورند؛ کما این که مردم زمانی چنین باورهایی داشتند.

بی‌گمان هیچ کس باور ندارد که می‌شود یک قورباغه را به شاهزاده‌ای تبدیل کرد (یا شاید هم شاهزاده به قورباغه تبدیل شد؟ اصلاً یادم نمی‌آید) یا یک کدو تنبل را به کالسکه تبدیل کرد. اما هیچ تأمل کرده‌ایم که چرا چنین چیزهایی غیر ممکن‌اند؟ به چند طریق می‌توان چرایی‌اش را توضیح داد، اما روش مورد علاقه من این است:

قورباغه و کالسکه چیزهای پیچیده‌ای هستند و اجزای بسیاری دارند که باید به ترتیب و مطابق الگویی خاص در کنار یکدیگر قرار بگیرند. و این چیزی است که امکان ندارد تصادفی (یا با حرکت مواج دست‌ها) روی دهد. وقتی می‌گوییم «پیچیده» منظورمان همین است. ساختن چیزی به پیچیدگی قورباغه یا کالسکه بسیار دشوار است. برای ساختن یک کالسکه باید تمامی اجزاء آن را به طور صحیح به هم وصل کرد. برای این کار، به کمک یک نجار و دیگر صنعت‌گران نیاز است. کالسکه همین طوری تصادفی یا با بشکن زدن و «اجی مجی» گفتن به وجود نمی‌آید. کالسکه ساختار و پیچیدگی دارد و همچنین اجزایی دارد که باید در کنار هم کار کنند که از این جمله‌اند: چرخ و محور، در و پنجره، کمک‌فنر و صندلی روکش‌دار. تبدیل چیزی پیچیده (مانند

کالسکه) به چیزی ساده (مانند خاکستر) ساده است. مثلاً کافی است که در عصای جادویی فرشته قصه فندق اتمی کار گذاشته باشیم. این طوری مثل آب خوردن می‌توان تقریباً هر چیزی را خاکستر کرد. اما هیچ کس نمی‌تواند تلی از خاکستر (یا حتی کدو تنبل) را تبدیل به کالسکه کند؛ چرا که کالسکه چیز پیچیده‌ای است. نه تنها پیچیده است، بلکه پیچیده بودنش هم مفید است. مثلاً می‌تواند افراد را از جایی به جایی دیگر ببرد.

حال بیایید کار فرشته را اندکی آسان کنیم. فرض کنید فرشته قصه ما، به جای کدو تنبل، درخواست کرده باشد که همه اجزای لازم برای سر هم کردن کالسکه را، تمیز و مرتب، در یک جعبه، مثل کیت‌های IKEA<sup>۱</sup>، برایش بیاورند. مثلاً کیت ساخت کالسکه شامل صدها تخته چوب، قاب پنجره، میله، و روکش و چرم است و، برای وصل کردن قطعات به هم نیز، میخ، پیچ، و چندین قوطی چسب در آن گذاشته شده است. حال فرض کنید که فرشته قصه ما، به جای این که دستورالعمل را بخواند و قطعات را به ترتیب درست‌شان به هم وصل کند، همه قطعات را هورتی داخل یک گونی بزرگ بریزد و همین جوری تکان‌شان دهد. احتمال این که قطعات خودشان شانس، درست و صحیح، به هم وصل شوند و یک کالسکه درست و درمان تحویل دهند چقدر است؟ پاسخ قطعاً این است که احتمال چنین چیزی صفر است. بخشی به این دلیل که تعداد حالت‌های ممکن بی‌شماری وجود دارد که قطعات به هم وصل شوند، ولی کالسکه‌ای که کار کند (یا هر چیز دیگری که کار کند) نصیب‌مان نشود.

اگر یک عالم قطعه بیاورید و به صورت تصادفی آن‌ها را به هم بزنید، شاید هر از چند گاهی الگویی تشکیل دهند که فایده‌ای داشته باشد یا دست‌کم خاص به نظر بیاید، ولی تعداد دفعاتی که امکان چنین رخدادی وجود دارد بسیار ناچیز است. در واقع، این تعداد، در مقایسه با تعداد دفعاتی که ممکن است الگویی تشکیل شود که نتوان آن را چیزی جز تلی از آت‌و‌آشغال به حساب آورد، بسیار ناچیز است. میلیون‌ها راه وجود دارد که بتوان تلی از خنزر پنزر را با هم مخلوط کرد. به دیگر سخن، میلیون‌ها راه برای تبدیل آن‌ها به تلی متفاوت از خنزر پنزر وجود دارد. هر بار که آن‌ها را به هم می‌ریزید، تلی منحصر به فرد و یگانه از خنزر و پنزر نصیب‌تان می‌شود، اما فقط کسر ناچیزی از این میان می‌تواند گرهی از کار ما بگشاید (مثلاً ما را به مجلس رقص شاهزاده ببرد) یا الگویی قابل توجه و به یادماندنی را رقم بزند.

در بعضی موارد، عملاً می‌توانیم تعداد دفعاتی را که می‌توان مجموعه‌ای از اجزاء را به هم زد بشمریم؛ مثلاً دسته‌ای از ورق که هر کارت آن را می‌توان یک «جزء» در نظر گرفت.

فرض کنید یک نفر کارت را بُر می‌زند و آن‌ها را بین چهار بازیکن تقسیم می‌کند، به گونه‌ای که ۱۳ کارت گیر هر بازیکن بیاید. من دستم را بر می‌دارم و از تعجب نفسم بند می‌آید؛ چرا که یک دست کامل از ۱۳ کارت پیک گیرم آمده است! یعنی همه کارت‌های خال پیک.

آن قدر شگفت‌زده می‌شوم که بازی را فراموش می‌کنم و، با این تصور که سه بازیکن دیگر هم به اندازه من شگفت‌زده خواهند شد، دستم را به آن‌ها نشان می‌دهم.

اما می‌بینم که هر یک از آن‌ها نیز، یکی پس از دیگری، دست‌شان را رو می‌کنند و هر دستی که رو می‌شود ما را بیشتر در بهت و شگفتی فرو می‌برد. هر یک از بازیکن‌ها یک دست «کامل» گیرش آمده است: یکی ۱۳ برگ دل، دیگری ۱۳ برگ خشت، و نفر آخر هم ۱۳ برگ گشنیز در دست دارد.

چنین چیزی جادویی ماوراءالطبیعی است؟ چه بسا وسوسه شویم که چنین بیان‌دیشیم. ریاضی‌دانان می‌توانند حساب کنند که احتمال وقوع کاملاً اتفاقی چنین رویداد خاصی چقدر است. حاصل کسری بی‌نهایت کوچک است: ۱ در ۵۳,۶۴۴,۷۳۷,۷۶۵,۴۸۸,۷۹۲,۸۳۹,۲۳۷,۴۴۰,۰۰۰. اگر یک تریلیون سال بنشینید و ورق بازی کنید، شاید، یک بار، چنین دستی گیر هر بازیکن بیاید. ولی نکته این‌جاست که چنین دستی از بقیه دست‌های ممکن نامحتمل‌تر نیست! شانس هر حالتی که برای ۵۲ ورق در نظر بگیرد ۱ در ۵۳,۶۴۴,۷۳۷,۷۶۵,۴۸۸,۷۹۲,۸۳۹,۲۳۷,۴۴۰,۰۰۰ است؛ چرا که این عدد تعداد کل

<sup>۱</sup>. برندی از فروشگاه‌های زنجیره‌ای که کالاهای ارزان‌قیمت می‌فروشند.

دست‌های ممکن است. فقط مسئله این است که، در عمده دست‌هایی که رو می‌شوند، الگوی قابل توجهی را نمی‌بینیم؛ پس به نظرمان چیز غیر معمولی نمی‌آیند. ما فقط متوجه دست‌هایی می‌شویم که به گونه‌ای خاص هستند.

یک شاهزاده را می‌توان به میلیاردها چیز مختلف تبدیل کرد؛ البته اگر آن قدر سنگ‌دل باشید که اجزایش را میلیاردها بار، به صورت تصادفی، در کنار هم بچینید. ولی بیشتر ترکیب‌های حاصل بدقواره به نظر می‌آیند؛ درست مثل میلیاردها دست تصادفی و بی‌معنی بازی ورق. فقط کسر ناچیزی از آن ترکیب‌های تصادفی حاصل از بُر زدن اجزای شاهزاده چیز قابل تشخیصی از آب در می‌آید، یا اصلاً چیزی که حالا به کاری بیاید، قورباغه که دیگر پیشکش.

شاهزاده‌ها به قورباغه تبدیل نمی‌شوند، کدو تنبل‌ها هم به کالسکه تبدیل نمی‌شوند؛ چرا که قورباغه‌ها و کالسکه‌ها چیزهای پیچیده‌ای هستند و اگر اجزای آن‌ها را بُر بزیم، تقریباً بی‌شمار راه وجود دارد که از ترکیب آن‌ها چیزی جز آت و آشغال حاصل نشود. اما با تمام این تفصیل، این را به عنوان یک حقیقت قبول داریم که هر چیز زنده‌ای (هر انسان، کروکودیل، طُرقه، درخت، کلم بروکسل) حاصل تکامل گونه‌های دیگر و ساده‌تر است. خوب آیا چنین چیزی فرایندی شانس‌ی یا نوعی جادو نیست؟ نه! اصلاً و ابداً! این موضوع سوء تفاهمی بسیار رایج است و به همین دلیل هم می‌خواهم همین حالا توضیح دهم که چرا چیزهایی که در زندگی واقعی می‌بینیم نتیجه شانس و بخت و یا چیزی نیست که اندکی به «جادو» شباهت داشته باشد (البته، به جز جادو به معنای شاعرانه‌اش که ما را از احساس شگفتی و شعف لبریز می‌کند).

### جادوی گند و آهسته فرگشت

تبدیل ارگانیسمی پیچیده به یک ارگانیسم پیچیده دیگر در یک مرحله (مثل چیزی که در قصه‌های شاه پریان رخ می‌دهد) بی‌تردید و رایج حیطه احتمالات واقع‌گرایانه است. با وجود این، ارگانیسم‌های پیچیده به‌راستی وجود دارند. خوب این ارگانیسم‌ها از کجا آمدند؟ در دنیای واقعیت، چگونه موجوداتی پیچیده مانند قورباغه و شیر، بابون و درختان انجیر هندی، شاهزاده‌ها و کدو تنبل‌ها، و انسان‌هایی چون من و شما پدید آمده‌اند؟

در بخش اعظم تاریخ بشر، این سؤال سؤالی سخت و گیج‌کننده بود و کسی پاسخی برایش نداشت. از این رو، انسان‌ها داستان‌هایی ساختند و تلاش کردند با این داستان‌ها پاسخی به این پرسش بدهند. اما در قرن نوزدهم، یکی از بزرگترین دانشمندان تمام اعصار، چارلز داروین<sup>۱</sup>، این پرسش را پاسخ داد و چه پاسخ هوشمندانه‌ای هم داد. در ادامه این فصل، به طور خلاصه و با عباراتی متفاوت از عبارات خود داروین، به توضیح این پاسخ می‌پردازم.

پاسخ این است که ارگانیسم‌های پیچیده‌ای چون انسان، کروکودیل، و کلم بروکسل، درسته و یک‌هو، به وجود نیامدند، بلکه به صورت تدریجی، ذره ذره و گام به گام، به شکل امروزی خود درآمدند، به طوری که هر گونه با گونه بلافصل پیش از خود تفاوت‌های بسیار اندکی دارد. فرض کنید که می‌خواهید قورباغه‌ای با پاهای بلند خلق کنید. همچنین فرض کنید که کار را با چیز خوبی شروع می‌کنید که به هدف‌تان شباهت زیادی دارد، مثلاً قورباغه‌های پاکوتاه. قورباغه‌های پاکوتاه‌تان را برانداز می‌کنید و پاهای‌شان را اندازه می‌گیرید. از میان آن‌ها، چند تا قورباغه نر و ماده انتخاب می‌کنید که، نسبت به اکثر قورباغه‌ها، پای بلندتری دارند و می‌گذارید با هم جفت‌گیری کنند. البته در همین حین، جلوی جفت‌گیری آن دسته از دوستان‌شان را، که پای کوتاه‌تری دارند، می‌گیرید.

از نر و ماده‌هایی که پاهای بلندتری دارند، بچه قورباغه‌هایی متولد می‌شوند که بعداً دست و پا در می‌آورند و به قورباغه‌های بالغ بدل می‌گردند. سپس، پاهای قورباغه‌های نسل جدید را اندازه می‌گیرید و، باز هم از میان‌شان، نر و ماده‌هایی را انتخاب می‌کنید که پاهای‌شان از دیگران بلندتر است و آن‌ها را کنار هم می‌گذارید تا جفت‌گیری کنند.

بعد از این که این کار را تا حدود ۱۰ نسل ادامه دادید، به تدریج متوجه چیز جالبی می‌شوید. حال دیگر میانگین اندازه پای قورباغه‌های جدید، به طور محسوس، بلندتر از میانگین اندازه پای قورباغه‌های اولیه است. حتی ممکن است مشاهده کنید که

<sup>۱</sup> . Charles Darwin

همه قورباغه‌های نسل دهم، نسبت به تک تک قورباغه‌های نسل اول، پاهای بلندتری دارند. شاید هم اصلاً بعد از ده نسل به نتیجه نرسیدید و لازم باشد ۲۰ نسل دیگر، و یا حتی بیشتر، این کار را تکرار کنید. ولی سرانجام می‌توانید با افتخار بگویید: «من نوعی جدید از قورباغه را پرورش داده‌ام که نسبت به قورباغه‌های قدیمی پاهای بلندتری دارد.»

نه چوب جادو می‌خواست نه جادو و جنبل. چیزی که شرح آن رفت فرآیندی است که به آن **پرورش انتخابی** می‌گویند. اساسش بر این است که قورباغه‌های یک نسل با هم فرق دارند و این احتمال وجود دارد که نسل بعد این تفاوت‌ها را به ارث ببرد. به دیگر سخن، این تفاوت‌ها، از طریق ژن‌ها، از والدین به فرزند، انتقال می‌یابد. ساده بگوییم، با انتخاب این‌که کدام قورباغه‌ها را پرورش دهیم و کدام‌ها را پرورش ندهیم، می‌توانیم گونه تازه‌ای از قورباغه پدید آوریم.

ساده است، نه؟

اما صرفاً بلند کردن پاها آن‌چنان شق‌القمری نیست. ناسلامتی، از همان بای بسم‌الله، کارمان را با قورباغه شروع کردیم، قورباغه‌هایی که پاهای کوتاهی داشتند. حال فرض کنید که کار را نه با قورباغه‌های پا کوتاه، بلکه از چیزی شروع کنید که اصلاً قورباغه نیست، مثلاً چیزی که بیشتر به سمندرِ آبی شبیه است. سمندرهای آبی، در مقایسه با قورباغه‌ها، پاهای بسیار کوتاهی دارند (دست‌کم در مقایسه با پاهای عقبی قورباغه‌ها) و از پاهایشان برای پریدن استفاده نمی‌کنند، بلکه از آن‌ها برای راه رفتن استفاده می‌کنند. افزون بر این، سمندرهای آبی دُم‌های بزرگی دارند، اما قورباغه‌ها اصلاً دُم ندارند. همچنین این‌که، سمندرهای آبی، نسبت به بیشتر قورباغه‌ها، بلندتر و باریک‌تر هستند. ولی با فرض این‌که هزاران نسل آن‌ها را پرورش بدهید، خواهید توانست که جمعیتی از سمندرهای آبی را به جمعیتی از قورباغه تبدیل کنید. راهش این است که صبورانه از میان هر یک از آن چند میلیون نسل، سمندرهای آبی نر و ماده‌ای را انتخاب کنید که کمی به قورباغه شباهت دارند و بگذارید با هم جفت‌گیری کنند. در عین حال، باید از تولید مثل آن دسته از دوستان‌شان، که شباهت‌شان به قورباغه کمتر است، جلوگیری کنید. در هیچ مرحله‌ای از فرآیند شاهد تغییری ناگهانی نخواهید بود. هر نسل به نسل قبل شباهت زیادی خواهد داشت، اما با وجود این، پس از این‌که نسل‌ها به اندازه کافی ادامه یافتند، به تدریج متوجه خواهید شد که دُم‌ها اندکی کوچک‌تر شده‌اند و پاهای عقب به‌طور میانگین کمی رشد کرده‌اند. پس از نسل‌های بسیار زیاد، این موجوداتی که پاهایی بلندتر و دُم‌هایی کوچک‌تر دارند می‌بینند که جهیدن با پاهای بزرگ از خزیدن ساده‌تر است و الی آخر.

البته در این سناریویی که هم‌اکنون شرح آن رفت، ما خودمان را پرورش‌دهنده فرض گرفتیم، پرورش‌دهنده‌ای که نرها و ماده‌هایی را انتخاب می‌کند که با هم بیامیزند تا به هدفی که دارد برسد. هزاران سال است که مزرعه‌داران این روش را به کار گرفته‌اند تا بتوانند دام و محصولی را پرورش دهند که بیشترین سود را عایدشان کند و یا در برابر بیماری مقاوم‌تر باشد، یا چیزهایی از این دست. *دروین* نخستین کسی بود که فهمید این فرآیند حتی بدون نیاز به پرورش‌دهنده‌ای **انتخاب‌کننده** رخ می‌دهد. *دروین* دید که کل این فرآیند به صورت **طبیعی** رخ می‌دهد؛ به این دلیل ساده که بعضی آن‌قدر زنده می‌مانند که زاد و ولد کنند، اما برخی دیگر نه. و آن‌هایی که فرصت زاد و ولد می‌یابند به این دلیل بقا پیدا می‌کنند که، نسبت به دیگران، مجهزترند. از این رو، فرزندان آن‌ها ژن‌هایی را به ارث می‌برند که به والدین‌شان کمک کرد زنده بمانند. چه سمندر آبی چه قورباغه، چه جوجه‌تیغی چه قاصدک، هر کدام را که در نظر بگیریم، همیشه از میان آن‌ها، عده‌ای هستند که، نسبت به دیگران، شانس زنده‌ماندن بیشتری دارند. اگر شرایط به گونه‌ای باشد که پاهای بلند مزیت محسوب شود (مثلاً به قورباغه‌ها یا ملخ‌ها کمک کند از شرایط خطرناک به سلامت بیرون بیایند یا به یوزپلنگ‌ها برای شکار آهوئی کوهی و به آهوئی کوهی برای فرار از دست یوزپلنگ‌ها کمک کند) احتمال مرگ آن‌هایی که پاهای بلندتری دارند کمتر خواهد بود. در نتیجه، احتمال این‌که مدت طولانی‌تری زنده بمانند و فرصت زاد و ولد یابند بیشتر خواهد بود. ضمناً، بیشتر افراد موجود برای جفت‌گیری هم پاهای بلند خواهند داشت. از این رو، در هر نسل، شانس انتقال ژن پای بلند به نسل دیگر بیشتر خواهد بود. با گذر زمان شاهد خواهیم بود که جمعیت آن‌هایی که ژن پای بلند دارند بیشتر و بیشتر می‌شود. پس نتیجه درست مانند این خواهد بود که گویی یک طراح هوشمند، همچون انسانی که گونه‌های مختلف را پرورش می‌دهد، آن‌هایی را انتخاب کرده است که پای بلندتری داشته‌اند. ولی در واقع، اصلاً نیاز به چنین

طراحی نیست: همه این‌ها به صورت طبیعی، به خودی خود، و در نتیجه این رخ می‌دهد که کدام افراد به اندازه کافی بقا می‌یابند که زاد و ولد کنند. به همین دلیل، به این فرآیند انتخاب طبیعی<sup>۱</sup> گفته می‌شود.

با گذشت نسل‌ها، نیاکانی که شبیه سمندرهای آبی بودند به نواگانی تغییر می‌یابند که به قورباغه شباهت دارند. اگر نسل‌های بیشتری بگذرد، حتی این امکان وجود دارد که نیاکانی که به ماهی شبیه بوده‌اند به نواگانی تغییر شکل یابند که به میمون شباهت دارند. اگر باز هم نسل‌های بیشتری بگذرد، نیاکانی که به باکتری‌ها شباهت داشته‌اند می‌توانند به نواگانی تغییر یابند که به انسان می‌مانند. و این دقیقاً همان چیزی است که رخ داده است. این دقیقاً سرگذشت هر حیوان و گیاهی است که تا کنون زیسته است. تعداد نسل‌های لازم برای رخ دادن این تغییرات از چیزی که من و شما بتوانیم تصور کنیم بیشتر است. اما جهان هزاران میلیون سال قدمت دارد و از مطالعه فسیل‌ها نیز پی برده‌ایم که حیات بیش از سه و نیم میلیارد سال پیش پدید آمده است؛ پس وقت کافی برای فرگشت بوده است.

این همان ایده بزرگ داروین است که فرگشت به کمک انتخاب طبیعی نام دارد. این ایده یکی از مهمترین ایده‌هایی است که به ذهن بشر رسیده است و هر چیزی را که درباره حیات بر روی زمین می‌دانیم توضیح می‌دهد. به دلیل اهمیت بی‌اندازه این موضوع، در فصل‌های آینده باز به آن خواهیم پرداخت. فعلاً همین قدر که بدانیم فرگشت فرآیندی بسیار آرام و تدریجی است کفایت می‌کند. در واقع، تدریجی بودن فرگشت است که امکان به وجود آمدن چیزهای پیچیده‌ای چون قورباغه و شاهزاده را فراهم می‌کند. تبدیل قورباغه به شاهزاده با جادو و جنبل عملی تدریجی نیست، بلکه ناگهانی است و به همین دلیل است که این گونه اتفاقات در دنیای واقعی رخ نمی‌دهد. فرگشت توضیحی واقعی است که واقعاً کار می‌کند و برای اثبات درست‌اش شواهد واقعی در اختیار داریم. هر توجیه دیگری که فرگشت تدریجی و گام‌به‌گام را انکار کند و بگوید که انواع پیچیده حیات، ناگهانی و تک مرحله‌ای، به وجود آمده‌اند، فقط قصه‌ای است که آبخورش تنبلی است. چنین توجیهی چیزی است در حد همان چوب جادویی فرشته قصه و نه بیش.

همان گونه که طلسم و جادو جنبل نمی‌تواند قورباغه را به شاهزاده تبدیل کند، از تبدیل کدو تنبل به کالسکه هم عاجز است. کالسکه‌ها فرگشت نیافتند یا دست‌کم، مانند قورباغه‌ها و شاهزاده‌ها، این فرآیند برای‌شان به صورت طبیعی رخ نداده است، بلکه به مانند هواپیماهای مسافربری، کلنگ، رایانه، و سرنیزه‌های از جنس سنگ چخماق، به دست انسان‌هایی ساخته شده‌اند که خود حاصل فرگشت‌اند. مغز و دست انسان نتیجه فرگشت از طریق انتخاب طبیعی است، درست مثل دم سمندرهای آبی و پاهای قورباغه‌ها. مغز انسان، آن‌گاه که فرگشت یافت، توانایی ساخت و طراحی کالسکه و ماشین، قیچی و سمفونی، ماشین لباس‌شویی و ساعت را پیدا کرد. اینجا هم جادویی در کار نیست. اینجا هم حقه‌ای در کار نیست. اینجا هم برای همه چیز توضیح ساده و سراسر زیبایی وجود دارد.

در صفحات باقی‌مانده این کتاب ثابت خواهیم کرد که جهان واقعی، آن‌گاه که به مدد علم ادراک شود، جادوی خاص خود را دارد، نوعی جادو که نامش را جادوی شاعرانه گذاشته‌ام: گونه‌ای زیبایی الهام‌بخش که اصولاً افسونگرتر است؛ چون هم واقعیت دارد و هم می‌توانیم چگونگی کارکردش را بفهمیم. در برابر زیبایی حقیقی و جادوی جهان واقعی، طلسم‌های ماوراءالطبیعی و حقه‌های شعبده‌بازان بنجل و بی‌ارزش هستند. جادوی واقعیت نه ماوراءالطبیعی است و نه حقه، بلکه، به زبان ساده، شگفت‌انگیز است. شگفت‌انگیز و واقعی. شگفت‌انگیز است چون واقعی است.

---

<sup>۱</sup> . natural selection



۲

اولین انسان که بود؟



بیشتر فصل‌های این کتاب با یک پرسش آغاز می‌شوند. هدف من این است که، در این فصول، این پرسش‌ها را پاسخ‌دهم، یا دست‌کم بهترین پاسخ ممکن را، که از دل علم بیرون آمده است، ارائه دهم. اما معمولاً بحث را از پاسخ‌های اسطوره‌ای شروع می‌کنم؛ چرا که شورانگیز و جالبند و واقعاً کسانی هم بوده‌اند که آن‌ها را باور داشته و دارند.

همه مردم جهان اسطوره‌های منشاء<sup>۱</sup> دارند، اسطوره‌هایی که به آن‌ها می‌گویند از کجا آمده‌اند. بسیاری از اسطوره‌های منشاء قبیله‌ای فقط با آن قبیله مورد نظر سر و کار دارند، گویی که دیگر قبیله‌ها اصلاً آدم به حساب نمی‌آیند. بر همین منوال، بسیاری از قبایل قانونی دارند مبنی بر این که نباید آدم کشت، اما این جور که بر می‌آید، منظورشان از «آدم» فقط افراد قبیله خودشان است. کشتن افراد قبایل دیگر موردی ندارد!

در این جا یکی از اسطوره‌های منشاء را به عنوان نمونه می‌آورم: اسطوره منشاء گروهی از بومی‌های تاسمانی<sup>۲</sup>. خدایی به نام موئینی<sup>۳</sup> از یکی از خدایان رقیب به نام درومردینیر<sup>۴</sup>، در نبردی سخت در میان ستارگان، شکست می‌خورد. موئینی از آن بالا، بین ستارگان، به تاسمانی سقوط می‌کند و در آن جا جان می‌دهد. پیش از مرگش، برای این که به آخرین آرامگاهش برکتی عطا کرده باشد، تصمیم به آفرینش انسان می‌گیرد. ولی عجله داشت؛ چرا که می‌دانست دارد می‌میرد و، به همین دلیل، یادش رفت که برای این انسان زانو خلق کند. اما در عوض، بی‌خبر از این که چه کرده است (بی‌شک، به سبب سنگینی سایه مرگ، حواس برایش نمانده بود) دُم‌های بزرگی، مثل دُم کانگورو، به انسان داد، به گونه‌ای که نشستن برای انسان ناممکن بود. و بعد هم مُرد. مخلوقات وی از داشتن دُم کانگورویی و نداشتن زانو بیزار بودند و برای درخواست کمک، با عجز و لابه، رو به آسمان کردند.

درومردینیر قادر و توانا، که همچنان مست از پیروزی در آسمان‌ها داشت رژه پیروزی می‌رفت، عجز و ناله آن‌ها را شنید و به تاسمانی فرود آمد تا ببیند قضیه چیست. دلش به حال آن مردم سوخت و به آن‌ها زانوهایی داد که قابلیت خم شدن داشتند و دُم‌های کانگورویی‌شان را، که اسباب زحمت‌شان بود، برید. حال این انسان‌ها دیگر می‌توانستند بنشینند و از آن به بعد شاد و خوشبخت زندگی کردند.

این اسطوره در انواع و اقسام مختلف وجود دارد. تعجبی هم ندارد؛ چرا که آدم‌ها، وقتی دور آتش می‌نشینند و قصه تعریف می‌کنند، خواه ناخواه در جزئیات این قصه‌ها هم دست می‌برند. به همین دلیل، نسخه‌های بومی مختلفی از این داستان در جاهای مختلف رواج یافت. در یکی دیگر از اسطوره‌های تاسمانی، موئینی اولین مرد را در آسمان‌ها آفرید که پارلوار<sup>۵</sup> نام داشت. پارلوار نمی‌توانست بنشیند، چون که دُمی شبیه به کانگورو داشت و پاهایی که ناتوان از خم شدن بودند. مانند داستان قیل، خدای ستاره‌ای رقیب، درومردینیر، به کمک او آمد. او به پارلوار زانوهایی مناسب داد و دُمش را برید و زخمش را با روغن درمان کرد. سپس پارلوار با عبور از جاده آسمانی (کهکشانی راه شیری<sup>۶</sup>) به تاسمانی فرود آمد.

قبایل عبری خاورمیانه فقط یک خدا داشتند و او را برتر از خدایان قبایل دیگر می‌انگاشتند. خدای‌شان چندین نام داشت و مردم اجازه به زبان آوردن هیچ یک از آن نام‌ها را نداشتند. این خدا نخستین انسان را از خاک آفرید و او را آدم<sup>۷</sup> نام نهاد (که معنی آن «انسان» است). او از عمد آدم را شبیه خود آفرید. در واقع، بیشتر خدایان تاریخ به صورت مرد (یا گاه به صورت زن) ترسیم شده‌اند. اغلب هم عظیم‌الجثه‌اند و همیشه هم نیروهای ماوراءالطبیعی دارند.

خدا آدم را در بوستانی زیبا به نام عدن<sup>۸</sup> مکان داد که پر از درختانی بود با میوه‌های گوناگون. آدم به خوردن همه

<sup>۱</sup>. origin myth

<sup>۲</sup>. Tasmania

<sup>۳</sup>. Moinee

<sup>۴</sup>. Dromerdeener

<sup>۵</sup>. Parlevar

<sup>۶</sup>. the Milky Way

<sup>۷</sup>. Adam

<sup>۸</sup>. Eden

میوه‌های درختان آن باغ ترغیب شده بود، به جز یکی. این درخت ممنوعه «درخت علم به خیر و شر» بود و خدا هم اکیداً قدغن کرده بود که آدم از میوه آن بخورد.

سپس خدا با خود اندیشید که ممکن است آدم تنهایی دلش بگیرد و خواست کاری برایش بکند. در این زمان (همچون داستان درویردینیر و موئینی) دو نسخه از اسطوره وجود دارد، که هر دو در کتاب «سِفِر» پیدایش<sup>۱</sup> آمده‌اند. در نسخه پر شاخ و برگ‌تر داستان، خدا حیوانات را آفرید که وردست آدم باشند و بعد به این نتیجه رسید که نه، هنوز یک جای کار می‌لنگد: جای یک زن خالی است! از این رو، یک بیهوشی عمومی به آدم زد و بدنش را شکافت. سپس، یکی از دنده‌های او را جدا کرد و بعد جایش را بخیه زد. آن‌گاه، زنی را از آن دنده آفرید، درست مثل زمانی که گلی را قلمه می‌زنند. خداوند آن زن را حوا<sup>۲</sup> نامید و او را، به عنوان همسر، به آدم عطا کرد.

از بد حادثه، مار نابکاری نیز در این بوستان زندگی می‌کرد. این مار به سراغ حوا رفت و ترغیبش کرد که میوه ممنوعه درخت علم به خیر و شر را به آدم بدهد. آدم و حوا همان آن که میوه را خوردند به برهنگی خود علم پیدا کردند. آن‌ها از این مسئله شرمگین شدند و، با برگ انجیر، برای خود پوشش درست کردند. وقتی خدا شستش از این موضوع خبردار شد، به دلیل خوردن میوه ممنوعه و به دست آوردن علم (به گمانم به این دلیل که آدم و حوا معصومیت‌شان را از دست داده بودند) برآشفت. از این رو، آدم و حوا را از بوستان عدن بیرون انداخت و آن‌ها و تمام فرزندان و نوادگان‌شان را به زیستی آکنده از درد و رنج محکوم کرد. حتی امروزه هم، بسیاری از مردم داستان نافرمانی هولناک آدم و حوا را جدی گرفته‌اند و از آن به عنوان «گناه نخستین»<sup>۳</sup> یاد می‌کنند. حتی عده‌ای باور دارند که ما انسان‌ها، همگی، «گناه نخستین» را از آدم به ارث برده‌ایم (با این که بعضی از آن‌ها به این موضوع اقرار دارند که آدم هیچ وقت وجود خارجی نداشته است!) و در گناهش سهیم هستیم.

مردمان نژاد نورس<sup>۴</sup> «اسکاندیناوی‌های باستان»، که به وایکینگ‌های دریانورد نیز مشهورند، مانند یونانیان و رومیان، خدایان بسیاری داشتند. خدای بزرگشان اودین<sup>۵</sup> نام داشت که به او وُتان<sup>۶</sup> یا وُدن<sup>۷</sup> هم می‌گفتند و ما واژه «Wednesday» (به معنی «چهارشنبه») را از این نام گرفته‌ایم. (واژه «Thursday» (به معنی پنج‌شنبه) از نام یکی دیگر از خدایان اسکاندیناویایی، به نام ثور<sup>۸</sup> گرفته شده است. ثور خدای رعد و برق بود و رعد و برق را پتک قدرتمند وی به وجود می‌آورده است.)

روزی از روزها، اودین با برادران خود، که آن‌ها هم خدا بودند، در ساحل قدم می‌زد که به سه گنده درخت برخورد. بعد، آن‌ها یکی از این گنده‌ها را به نخستین مرد تبدیل کردند و او را آسک<sup>۹</sup> نامیدند و یکی دیگر از گنده‌ها را به نخستین زن تبدیل کردند و او را امبلا<sup>۱۰</sup> نام نهادند. خدایان برادر، پس از این که بدن نخستین مرد و نخستین زن را ساختند، نفس حیات در کالبدشان دمیدند و، سپس، به آن‌ها شعور، صورت، و نعمت سخن گفتن اعطا کردند.

حالا این که چرا سه گنده درخت را تبدیل به انسان کردند، من نمی‌دانم! مگر قندیل‌های یخ یا تپه‌های شنی چه ایرادی داشتند؟ آیا کسی می‌تواند مقاومت کند و به این فکر نکند که چه کسی چنین داستان‌هایی را سر هم کرده است؟ و چرا؟ شاید نخستین سازندگان این اسطوره‌ها خود بر خیالی بودن‌شان واقف بوده‌اند. یا شاید افراد مختلفی، در زمان‌ها و مکان‌های مختلف، بخش‌های گوناگونی از این داستان‌ها را ساخته و پرداخته باشند و بعدها دیگران آمده باشند و تکه‌های مختلف‌شان را به هم بافته باشند؛ شاید بعضی بخش‌های این داستان‌ها را هم تغییر داده باشند، بدون این که حتی بدانند این داستان‌ها در اصل ساختگی

<sup>۱</sup>. Genesis

<sup>۲</sup>. Eve

<sup>۳</sup>. original sin

<sup>۴</sup>. Norse

<sup>۵</sup>. Odin

<sup>۶</sup>. Wotan

<sup>۷</sup>. Woden

<sup>۸</sup>. Thor

<sup>۹</sup>. Ask

<sup>۱۰</sup>. Embla

بوده‌اند؟

قصه‌ها جذابند و ما از بازگویی‌شان لذت می‌بریم. ولی وقتی که داستانی پر شاخ و برگ را می‌شنویم، چه اسطوره‌ای کهن باشد چه «شایعه‌ای» که در اینترنت پخش شده باشد، همیشه ارزشش را دارد که لحظه‌ای درنگ کنیم و ببینیم که آیا این داستان (یا حداقل بخش‌هایی از آن) بر اساس واقعیت است یا خیر.

پس بیایید از خود بپرسیم «نخستین انسان که بوده است؟» و نگاهی بیاندازیم به پاسخ درست و علمی این پرسش.

### نخستین انسان واقعاً چه کسی بوده است؟

شاید باورش برای‌تان سخت باشد، اما هیچ انسانِ نخستینی وجود نداشته است؛ چرا که هر کس پدر و مادری داشته است که آن‌ها هم بالاجبار می‌بایست انسان بوده باشند! چنین است در موردِ خرگوش. هرگز چیزی به عنوانِ نخستین خرگوش، کروکودیل، یا سنجاقک وجود نداشته است. هر موجودی که به دنیا می‌آید متعلق به همان گونه‌ای است که پدر و مادرش به آن تعلق دارند (البته استثنائاتِ بسیار انگشت‌شماری هم وجود دارند که در این بحث از آن‌ها صرف نظر می‌کنیم). پس باید چنین استنباط کرد که هر موجودی که تا کنون زاده شده است به همان گونه‌ای تعلق داشته است که پدر بزرگ و مادر بزرگانش. و همچنین به گونه‌ی والدینِ پدر بزرگ و مادر بزرگش. و والدینِ الدینِ آن‌ها. و همین طور الی آخر.

**الی آخر؟** نه، به این سادگی‌ها هم نیست. این مسئله نیازمند اندکی توضیح است و توضیح آن را با یک آزمایشِ فکری شروع خواهیم کرد. آزمایشِ فکری آزمایشی است که در ذهن انجام می‌شود. ولی تصورِ چیزی که می‌خواهیم بگویم در معنایِ واقعی ممکن نیست؛ چرا که مستلزم این است که به زمانِ گذشته برگردیم، بسیار پیش از آن که به وجود آمده باشیم. اما تصورِ آن نکتهٔ مهمی را به ما می‌آموزد.

آزمایشِ فکری ما از این قرار است: یگانه کاری که باید بکنید این است که مراحلِ را که در ادامه می‌آیند دنبال کنید. یکی از عکس‌های خود را پیدا کنید. حال یکی از عکس‌های پدر خود را بیاورید و بالای سرِ آن قرار دهید. سپس یکی از عکس‌های پدرِ پدرتان، یعنی پدر بزرگتان، را پیدا کنید. آن‌گاه عکسِ پدرِ پدر بزرگتان، یعنی عکسِ جدِ پدری‌تان، را بالای عکسِ پدر بزرگتان قرار دهید. شاید هیچ یک از اجدادِ خود را از نزدیک ندیده باشید. خود من هم هیچ یک از اجدادم را ندیده‌ام، اما می‌دانم که یکی از آن‌ها در روستایی معلم بوده، یکی‌شان هم پزشکِ روستا بوده، دیگری در یکی از مناطقِ راجِ بریتانیا<sup>۱</sup> هند تحت سلطهٔ بریتانیا جنگل‌بان بوده، یکی از آن‌ها وکیل و عاشقِ خامه بوده و هنگامِ صخره‌نوردی در سنِ بالا مُرده است. با وجودِ این، اگر نمی‌دانید پدرِ پدرِ پدرتان چه شکلی بوده است، می‌توانید تصویری مبهم از او را متصور شوید، مثلاً یک عکسِ قهوه‌ای‌رنگِ مات در قابی چرمی. حالا همین کار را برای پدرش انجام دهید، یعنی پدرِ جدِ پدری‌تان. به همین منوال پیش بروید و اجدادِ قدیمی‌تر خود را تصور کنید و عکس‌های‌شان را، به ترتیب، بالای سرِ یکدیگر قرار دهید. حتی می‌توانید این کار را تا قبل از اختراع عکاسی ادامه دهید؛ آخر داریم آزمایشِ فکری می‌کنیم.

در این آزمایش چند تا از اجدادمان را باید تصور کنیم؟ اگر فقط بتوانیم چیزی حدود ۱۸۵ میلیون نفر را تصور کنید

عالی می‌شود!

فقط؟

فقط؟!؟

تصورِ یک کپهٔ ۱۸۵ میلیونی عکس که کار ساده‌ای نیست. می‌دانید ارتفاع این همه عکس چقدر خواهد شد؟ اگر فرض بگیریم که هر عکس به قطع یک کارت پستالِ عادی باشد، ۱۸۵ میلیون عکسِ برجی به ارتفاع ۶۷،۰۵۶ متر درست خواهد کرد. این ارتفاع برابر با این است که بیش از ۱۸۰ آسمان‌خراشِ نیویورک را روی سر هم قرار دهیم. آن قدر بلند است که نمی‌توان از آن بالا رفت؛ آن هم اگر فرو نپاشد (که فرو می‌پاشد). پس بیایید، برایِ ایمنیِ کار، عکس‌ها را، کنار هم، داخلِ یک قفسه بچینیم.

<sup>۱</sup> . British India

طول این قفسه چقدر باید باشد؟

حدود ۶۴ کیلومتر.

تصور کنید که یک طرف قفسه عکس شما قرار دارد و سمت دیگر آن عکس جد صد و هشتاد و پنج میلیونیم شما قرار دارد. قیافه‌اش چه شکلی بوده است؟ پیرمردی با موهای تُنک و پازلفی‌هایی سفید؟ غارنشینی با لباسی از پوستِ پلنگ؟ بی‌خیال! ما درست نمی‌دانیم چه شکلی بوده است، اما فسیل‌ها می‌توانند تصویر خوبی از او به دست دهند. باورتان بشود یا نشود، جد صد و هشتاد و پنج میلیونیم شما یک ماهی بوده است. جد صد و هشتاد و پنج میلیونیم شما هم ماهی بوده است؛ چون اگر غیر از این بود نمی‌توانستند با هم آمیزش کنند و امروز شما این‌جا نبودید.

حال بیایید در طول قفسه‌ای که ۶۴ کیلومتر درازا دارد قدمی بزنیم و یکی یکی عکس‌ها را از آن بیرون بیاوریم تا نگاهی هم به آن‌ها بیاندازیم. هر عکس به همان گونه‌ای تعلق دارد که موجود به تصویر کشیده شده در عکس قبل و بعد از آن. هر کدام از عکس‌ها به همسایه‌های خود شبیه است، دست‌کم به اندازه‌ای که یک مرد به پدر و پسرش شباهت داشته باشد، به هم شبیه‌اند. با وجود این، اگر از یک طرف قفسه به طرف دیگر بروید، یک طرف آن عکس یک انسان قرار دارد و طرف دیگر یک ماهی. همچنین، میان این عکس‌ها به اجدادِ جالب دیگری هم بر خواهیم خورد. به زودی خواهیم دید که بعضی از آن‌ها حیواناتی شبیه به بوزینه بوده‌اند، بعضی دیگر به میمون شباهت داشته‌اند، و عده‌ای هم به موش کور، و قس علی‌هذا. هر یک از عکس‌ها شبیه همسایگانش است، اما اگر دو عکس را که از هم دورند انتخاب کنیم، خواهیم دید که تفاوت‌های بسیاری دارند؛ اگر به همین منوال از انسان شروع کنید و، به اندازه کافی، به گذشته برگردید، به یک ماهی خواهید رسید. چگونه چنین چیزی ممکن است؟

در واقع، فهم این موضوع آن قدرها هم سخت نیست. ما به تغییرات تدریجی و اندک اندک، که یکی پس از دیگری رخ می‌دهند و تغییر بزرگی را پدید می‌آورند، عادت کرده‌ایم. زمانی نوزاد بوده‌اید. حال دیگر نوزاد نیستید. وقتی که سن زیادی از شما بگذرد، شکل و شمایل‌تان بسیار متفاوت خواهد بود. با وجود این، هر بامداد که از خواب بر می‌خیزید، همان کسی هستید که دیشب بوده‌اید. یک نوزاد به تدریج بزرگ می‌شود و راه رفتن یاد می‌گیرد، بعد به خردسالی می‌رسد، سپس به نوجوانی، بعد جوانی، میانسالی، و سپس پیری. و این تغییرات آن قدر تدریجی رخ می‌دهند که هیچ روزی نمی‌توانید بگویید «این آدم تا همین الان نوزاد بود اما ناگهان پا گرفت و راه افتاد.» و بعد هم روزی فرا نمی‌رسد که بتوانید بگویید «این آدم ناگهان از کودکی به نوجوانی رسید.» هیچ روزی نمی‌آید که بتوانید بگویید «این مرد تا دیروز میان‌سال بود، اما امروز پیرمردی شده است.»

این مثال کمک می‌کند که چیزی را، که در آزمایش فکری تصور کردیم، بهتر بفهمیم، تصویری که از ما شروع می‌شد و با گذر از ۱۸۵ میلیون نسل از اجدادمان به یک ماهی می‌رسید. حال اگر در زمان به عقب برگردیم، از جدتان، که یک ماهی بوده است، شروع می‌شود، بعد آن جد فرزندی داشته است که آن هم ماهی بوده، آن بچه‌ماهی هم بچه‌ای زاییده ... و پس از ۱۸۵ میلیون نسل (که به تدریج از شباهت‌شان به ماهی کاسته شده) به شما رسیده است.

پس این تغییرات تدریجی رخ داده‌اند. آن قدر تدریجی که اگر به هزار سال قبل نگاه کنید، تغییر محسوسی را متوجه نخواهید شد. حتی اگر ده هزار سال به عقب برگردید، که تقریباً می‌شود جد چهارصدم شما، تغییر محسوسی نخواهید دید. یا به عبارتی، اگر این خط را دنبال کنید، تفاوت‌های جزئی بسیاری را خواهید دید؛ چرا که هیچ کس کپی برابر اصل پدرش نیست. ولی هیچ روند کلی‌ای را حس نخواهید کرد. ده هزار سال قبل از انسان امروزی آن قدر دور نیست که بشود تغییر روندی را شاهد بود. پرتره جد ما، که ده هزار سال پیش می‌زیسته است، تفاوتی با انسان امروزی نخواهد داشت. البته اگر از تفاوت‌های جزئی، مانند نوع پوشش و مدل ریش و مو، صرف نظر کنیم. تفاوت او با ما چیزی مانند تفاوت ما با دیگر آدم‌ها خواهد بود.

حال اگر صد هزار سال به عقب برگردیم چطور؟ یعنی زمانی که جد چهار هزارم‌تان می‌زیسته است. خوب، حالا شاید بتوان تغییر محسوسی را مشاهده کرد. مثلاً جمجمه اندکی ضخیم‌تر می‌شود، مخصوصاً زیر ابروها. ولی این تغییر هم جزئی است. حال باز هم به گذشته‌های دورتر بر می‌گردیم. اگر یک میلیون سال به عقب برگردید، تصویر جد پنجاه هزارم خود را خواهید دید.

حال تفاوت آن قدری هست که بتوان او را گونه‌ای دیگر به حساب آورد. به این گونه هومو اریکتوس<sup>۱</sup> => انسان راست‌قامت < می‌گوییم. همان گونه که می‌دانید، ما انسان‌های امروزی از گونه هومو ساپینس<sup>۲</sup> => انسان خردمند یا انسان امروزی < هستیم. احتمالاً اگر انسان خردمند و انسان راست‌قامت را کنار یکدیگر قرار دهیم، میلی به آمیزش با هم نخواهند داشت. حتی اگر هم تصور کنیم که با هم بیامیزند، فرزندان‌شان نخواهند توانست صاحب فرزند شوند؛ درست مثل قاطر، که پدرش خر و مادرش اسب است. قاطرها تقریباً هیچ وقت نمی‌توانند تولید مثل کنند. (چرایی آن را در فصل آینده توضیح خواهیم داد.)

باز هم همه چیز تدریجی رخ می‌دهد. شما انسان خردمند هستید و پنجاه هزارمین جدتان انسان راست‌قامت است. ولی به هیچ وجه، یک‌هو، از یک انسان راست‌قامت یک انسان خردمند زاییده نشده است.

بنابراین، این پرسش که «اولین انسان که بود و در چه دوره‌ای زندگی می‌کرد؟» پاسخ مشخصی ندارد. پاسخ مبهم است، مانند پاسخ به این سؤال که «چه زمانی از نوزادی به نوپایی رسیدید؟». زمانی، احتمالاً کمتر از یک میلیون اما بیش از صد هزار سال پیش، نیاکان ما آن قدر با ما، انسان‌های امروزی، تفاوت داشته‌اند که اگر هم گذرشان به یکدیگر می‌افتاد نمی‌توانستند صاحب فرزندی شوند.

این که آیا باید انسان‌های راست‌قامت را انسان در نظر بگیریم یا نه بحث دیگری است. دیگر به این بستگی خواهد داشت که چگونه می‌خواهید از واژگان استفاده کنید. به عبارتی، این پرسش «پرسشی معنایی<sup>۳</sup>» است. بعضی‌ها ممکن است دوست داشته باشند به گوراسب<sup>۴</sup> بگویند «اسب راه‌راه»، اما شاید دیگران ترجیح دهند واژه «اسب» را برای آن گونه‌ای از حیوانات به کار ببرند که می‌توانیم از آن‌ها سواری بگیریم. این هم پرسش معنایی دیگری است. شاید ترجیح بدهید که واژگان «فرد»، «مرد»، و «زن» را برای انسان خردمند به کار ببرید. انتخاب با شماست. ولی هیچ کس تمایلی ندارد که به جد صد و هشتاد و پنج میلیونیم‌تان، که ماهی است، «مرد» بگوید. چنین کاری احمقانه است، گو این که زنجیره پیوسته‌ای شما را به هم وصل می‌کند و هر حلقه این زنجیره دقیقاً به همان گونه‌ای تعلق دارد که همسایگان.

## سنگ‌شدگان

شاید بپرسید که چگونه می‌دانیم آبا و اجداد اولیه‌مان چه شکلی بوده و چگونه می‌زیسته‌اند؟ بیشتر این اطلاعات از فسیل‌ها به دست آمده است.

فسیل‌ها از جنس سنگ‌اند، سنگ‌هایی که شکل و قالب حیوانات مرده و گیاهان را به خود گرفته‌اند. بیشتر حیوانات می‌میرند بدون این که فسیلی از آن‌ها به جا بماند. ولی اگر مایل به فسیل شدن هستید، راهش این است که بگویید شما را در نوع مناسبی از گل و لای دفن کنند، نوعی از گل و لای که احتمال سخت شدنش وجود داشته باشد و «سنگ رسوبی<sup>۵</sup>» تشکیل دهد.

حال سنگ رسوبی چگونه سنگی است؟ سه نوع سنگ داریم: آذرین<sup>۶</sup>، رسوبی، و دگرگونی<sup>۷</sup>. در این جا خیلی به سنگ‌های دگرگونی نمی‌پردازم؛ چرا که این سنگ‌ها، در ابتدای امر، یکی از انواع آذرین یا رسوبی بوده‌اند که تحت تأثیر فشار و یا گرما تغییر یافته‌اند. سنگ‌های آذرین (که در انگلیسی «igneous» خوانده می‌شوند که از واژه «ignis» لاتین به معنی «آتش» گرفته شده است) زمانی مذاب بوده‌اند، مثل گدازه‌هایی که از آتش‌فشان‌ها سرازیر می‌شوند. سپس، به صورت جامد در آمده‌اند و، بعد از سرد شدن، به سنگ‌هایی سخت تبدیل شده‌اند. سنگ‌های سخت، از هر نوعی که باشند، در معرض باد یا آب، فرسوده می‌شوند و به

<sup>۱</sup> . *Homo erectus*

<sup>۲</sup> . *Homo sapiens*

<sup>۳</sup> . semantic

<sup>۴</sup> . گوراسب یا زبرا حیوانی که در تداول عام به آن «گورخر» می‌گویند. (فرهنگ معاصر پویا)

<sup>۵</sup> . sedimentary

<sup>۶</sup> . igneous

<sup>۷</sup> . metamorphic

سنگ‌های کوچک‌تر و شن و ماسه و خاک تبدیل می‌شوند. خاک و ماسه در آب به حالت معلق در می‌آیند و سپس می‌توانند به صورت لایه‌هایی از رسوبات یا گِل در کف دریا، دریاچه، و یا رودخانه ته‌نشین شوند. پس از گذشت زمانی طولانی، ممکن است این رسوبات سخت شوند و لایه‌ها (یا «چینه‌های») سنگ رسوبی را شکل دهند. با این که همه چینه‌ها در آغاز صاف و افقی هستند، معمولاً، بعد از میلیون‌ها سال که می‌توانیم آن‌ها را ببینیم، کج یا وارونه شده و یا پیچ و تاب برداشته‌اند (در فصل دهم، فصل مربوط به زلزله، خواهیم دید که این اتفاق چگونه روی می‌دهد).

حال فرض کنید که، به صورت اتفاقی، آب لاشه حیوانی را با خود ببرد و در گِل و لای بیاندازد، مثلاً گل و لایی که اطرافِ مدخل رودخانه تشکیل شده است. اگر بعداً این گِل و لای خشک شود و به سنگ رسوبی تبدیل شود، ممکن است بدن حیوان بپوسد و شکل و قالبش به صورت فرو رفتگی در سنگ به جای بماند. بعد این سنگ، سرانجام، به دست ما می‌رسد. این نوعی فسیل است که حکم «نگاتیو» عکس آن حیوان را دارد. همچنین، ممکن است این فرورفتگی ایجادشده در سنگ نقش قالبی را ایفا کند که رسوبات جدید در آن جمع شوند. بعد که این رسوبات سخت شدند، تصویر مثبتی <پوزیتیو> از سطح خارجی بدن حیوان به دست می‌آید. این هم نوع دوم فسیل است. نوع سوم از فسیل هم وجود دارد که به این صورت تشکیل می‌شود: اتم‌ها و یا مولکول‌های آب یک به یک جای اتم‌ها و مولکول‌های بدن حیوان را می‌گیرند. بعدها، این ذرات سخت می‌شوند و به سنگ تبدیل می‌گردند. این نوع فسیل بهترین نوع فسیل است؛ چرا که بخت با ما یار بوده است و جزئیات دقیق درون بدن حیوان، برای همیشه، در میان فسیل، بازآفرینی شده‌اند.

حتی می‌توان زمان تشکیل فسیل‌ها را محاسبه کرد. قدمت آن‌ها معمولاً با سنجش ایزوتوپ‌های<sup>۱</sup> رادیواکتیو<sup>۲</sup> داخل سنگ‌ها به دست می‌آید. در فصل ۴ با ایزوتوپ‌ها و اتم‌ها آشنا خواهیم شد. اگر به صورت خلاصه بخواهیم بگوییم، ایزوتوپ رادیواکتیو نوعی اتم است که تجزیه و به اتم دیگری تبدیل می‌شود. مثلاً اورانیوم-۲۳۸<sup>۳</sup> نوعی ایزوتوپ رادیواکتیو است که، پس از تجزیه، به سرب-۲۰۶<sup>۴</sup> تبدیل می‌شود. ما می‌دانیم که این تجزیه چقدر زمان می‌برد. از این رو، ایزوتوپ‌ها نقش نوعی ساعت رادیواکتیو را برایمان ایفا می‌کنند. ساعت‌های رادیواکتیو تقریباً مانند ساعت‌های آبی یا شمعی هستند که انسان‌ها، پیش از اختراع ساعت‌های آونگی، به کار می‌برده‌اند. اگر سوراخی را در پایین یک مخزن آب ایجاد کنیم، آب با سرعتی ثابت و قابل سنجش خالی می‌شود. آن‌گاه، اگر مثلاً مخزن را اول صبح پر کرده باشیم، با اندازه‌گیری مقدار باقیمانده آن در طول روز، می‌توانیم بفهمیم که چقدر از روز گذشته است. ساعت شمعی هم همین گونه عمل می‌کند. شمع با سرعتی ثابتی می‌سوزد و، از این رو، با اندازه‌گیری مقدار باقیمانده شمع، می‌توان فهمید که چه مدت شمع روشن بوده است. در مورد ساعت اورانیوم-۲۳۸، می‌دانیم که ۴ و نیم میلیارد سال طول می‌کشد که نیمی از اورانیوم-۲۳۸ تجزیه و به سرب-۲۰۶ تبدیل شود. به این زمان «نیمه عمر»<sup>۵</sup> اورانیوم-۲۳۸ می‌گوییم. پس با اندازه‌گیری مقدار سرب-۲۰۶ موجود در یک سنگ و مقایسه آن با مقدار اورانیوم-۲۳۸، می‌توان محاسبه کرد که از زمانی که سرب-۲۰۶ وجود نداشته و فقط اورانیوم-۲۳۸ وجود داشته است چه مدت می‌گذرد. به عبارتی، چه مدت از زمان صفر ساعت می‌گذرد.

و چه زمانی ساعت صفر می‌شود؟ خوب، این اتفاق فقط در سنگ‌های آذرین روی می‌دهد. در این سنگ‌ها، در لحظه جمود و سخت شدن ماده مذاب، همه ساعت‌ها صفر است. اما در سنگ‌های رسوبی چنین نیست؛ چرا که چنین «لحظه صفری» ندارند. واقعاً چه حیف! آخر فسیل‌ها فقط در سنگ‌های رسوبی یافت می‌شوند. پس برای حل این مشکل باید سنگ‌های آذرینی را پیدا کنیم که در نزدیکی لایه‌های رسوبی قرار دارند و از آن‌ها به عنوان ساعت استفاده کنیم. برای نمونه، اگر فسیلی در یک لایه رسوبی قرار داشته باشد که سنگ آذرینی به قدمت ۱۲۰ میلیون سال در بالای آن و سنگ آذرینی به قدمت ۱۳۰ میلیون سال زیر

<sup>۱</sup> . isotope

<sup>۲</sup> . radioactive

<sup>۳</sup> . uranium-۲۳۸

<sup>۴</sup> . lead-۲۰۶

<sup>۵</sup> . half-life

آن قرار داشته باشد، به این نتیجه می‌رسیم که قدمتِ فسیلِ چیزی بین ۱۲۰ تا ۱۳۰ میلیون سال است. تمام تاریخ‌های ذکر شده در این فصل از همین راه به دست آمده‌اند. همه این تاریخ‌ها تقریبی هستند و نباید چنین تصور کرد که خیلی دقیق هستند. اورانیوم-۲۳۸ یگانه ایزوتوپِ رادیواکتیوی نیست که می‌توانیم از آن به عنوان ساعت استفاده کنیم. بسیاری از ایزوتوپ‌های دیگر نیز وجود دارند که نیمه‌عمرهای مختلفی دارند. برای نمونه، کربن-۱۴<sup>۱</sup> نیمه‌عمری ۵۰۷۳۰ ساله دارد و، به همین دلیل نیز، بسیار به دردِ دیرینه‌شناسانی می‌خورد که روی سرگذشتِ انسان مطالعه می‌کنند. نکتهٔ بسیار زیبایی که وجود دارد این است که مقیاس‌های زمانی خیلی از ساعت‌های رادیواکتیو با هم هم‌پوشانی دارند. از این رو، می‌توانیم آن‌ها را بر اساس یکدیگر چک کنیم. و البته همیشه هم با هم هم‌خوانی دارند.

کربن-۱۴ با دیگر ایزوتوپ‌های رادیواکتیو فرق دارد. این ایزوتوپ در سنگ‌های آذرین یافت نمی‌شود، بلکه از بقایای اندامگانِ موجوداتِ زنده، مانند چوب‌های کهنه، استفاده می‌کند. کربن-۱۴ یکی از سریع‌ترین ساعت‌های رادیواکتیو است، ولی با این حال، ۵۰۷۳۰ سال بسیار طولانی‌تر از عمرِ آدمی است. از این رو، شاید این سؤال برای‌تان پیش بیاید که از کجا می‌دانیم که کربن-۱۴ نیمه‌عمری ۵۰۷۳۰ ساله دارد، چه رسد به اورانیوم-۲۳۸ که نیمه‌عمرش ۴ و نیم میلیارد سال است! پاسخش ساده است. لازم نیست آن قدر صبر کنیم که نیمی از اتم تجزیه شود. به جای این کار، می‌توانیم سرعتِ تجزیهٔ کسر کوچکی از اتم را اندازه‌گیری کنیم و نیمه‌عمر (ربعِ عمر، صدمِ عمر، و ...) آن را به دست آوریم.

### سفر به گذشته

حال بیایید آزمایشِ فکری دیگری بکنیم. چند تا از رفقای خود را جمع کنید و سوارِ یک ماشینِ زمان شوید. استارتِ ماشین را بزنید و به ده هزار سالِ قبل بروید. آن‌گاه در ماشین را باز کنید و نگاهی به آدم‌های دور و برتان بیندازید. اگر از سرزمینی که امروزه عراق<sup>۲</sup> نام دارد سر در آورده باشید، در حوالی چنین زمانی، مردم در حال ابداع کشاورزی هستند. مردم مناطق دیگر نیز، در چنین زمانی، «شکارچی-گردآورنده»<sup>۳</sup> بوده‌اند؛ در این جا و آن جا به شکار حیوانات وحشی می‌پرداخته‌اند یا تمشک وحشی، دانه‌های مختلف، و ریشهٔ گیاهان را جمع می‌کرده‌اند. زبان‌شان را نخواهید فهمید و پوشش‌شان نیز (البته اگر چیزی به تن داشته باشند) بسیار متفاوت خواهد بود. با وجود این، اگر لباس‌های امروزی به تن‌شان کنید و موهای‌شان را مدلِ امروزی بزنید، با انسانِ امروزی مو نخواهند زد (یا تفاوت‌شان با انسان‌های امروزی مثل تفاوت انسان‌های امروزی با هم خواهد بود). همچنین، کاملاً از آن‌ها بر می‌آید که با تک تک مسافرانِ ماشینِ زمان‌تان بیامیزند و صاحبِ فرزند شوند.

حال داوطلبی را از میان آن‌ها انتخاب کنید (شاید بتوانید چهارصدمین جدِ خود را انتخاب کنید، چرا که در چنین زمانی می‌زیسته است) و با او سوارِ ماشینِ زمان شوید. این بار ده هزار سالِ دیگر به عقب برگردید؛ یعنی بروید به بیست هزار سالِ قبل. در این زمان بختِ ملاقات با هشتصدمین جدِ خود را دارید. در این دوره، همهٔ انسان‌ها شکارچی-گردآورنده هستند، اما باز هم بدن‌شان درست عینِ بدنِ انسانِ امروزی است و باز هم کاملاً ازشان بر می‌آید که با انسان‌های امروزی بیامیزند و صاحبِ فرزندی شوند که خود قدرتِ تولید مثل دارند. یکی از آن‌ها را با خود سوارِ ماشینِ زمان‌تان کنید و ده هزار سالِ دیگر به عقب برگردید. به این کار ادامه دهید. هر بار ده هزار سال به عقب برگردید، مسافرِ جدیدی را سوار کنید و او را با خود به گذشته‌های دورتر ببرید.

نکته‌ای که می‌خواهیم به آن برسیم این است که، سرانجام، پس از چندین جهشِ ده هزار ساله و رسیدن به چیزی حدود یک میلیون سالِ قبل، از ماشینِ زمان که بیرون آمدید، با افرادی مواجه خواهید شد که مشخصاً با ما فرق دارند. این افراد نمی‌توانند با کسانی که در ابتدا سوارِ ماشین شده بودند بیامیزند و صاحبِ فرزند شوند. ولی می‌توانند با آخرین همسرانی که به جمع‌تان افزوده شده‌اند و تقریباً به اندازهٔ همان‌ها قدمت دارند بیامیزند.

<sup>۱</sup> . carbon-۱۴

<sup>۲</sup> . Iraq

<sup>۳</sup> . hunter-gatherer



چیزی که می‌خواهم به آن برسم همان حرفِ قبلی است، اما با طرح یک آزمایشِ فکری تازه. می‌خواهم بگویم که تغییرِ تدریجی نامحسوس است، مثل حرکتِ عقربهٔ ساعت‌شمار. از آن‌جا که فهم این نکته بسیار اهمیت دارد، ارزشش را دارد که آن را به دو طریق بیان کنیم. چون با وجود اهمیتِ این بحث، هنوز بسیاری آن را درک نکرده‌اند، که البته قابل فهم هم هست.

حال بیایید دوباره به سفرمان به گذشته بپردازیم و نگاهی بیاندازیم به ایستگاه‌های مختلفی که، پیش از رسیدن به آن ماهی کدایی، به آن‌ها بر خواهیم خورد. فرض کنید که با ماشینی زمان‌مان به ایستگاهی سفر می‌کنیم که بالایش نوشته شده است «شش میلیون سال قبل». در آن زمان به چه چیزهایی بر خواهیم خورد؟ اگر فرض کنیم که به *آفریقا*<sup>۱</sup> پا می‌گذاریم، جدِ دویست و پنجاه میلیونیم خود را خواهیم دید (حالا چند نسل کمتر یا بیشتر). آن‌ها کپی<sup>۲</sup> = میمون انسان‌نما هستند و ممکن است شباهت‌هایی با شامپانزه<sup>۳</sup> داشته باشند، اما شامپانزه نیستند. بلکه نیاکانِ مشترک ما و شامپانزه‌ها هستند. تفاوت‌شان با ما و شامپانزه‌ها به حدی زیاد است که نه با ما می‌توانند آمیزش داشته باشند نه با شامپانزه‌ها. ولی با مسافرهایی که در ایستگاه پنج میلیون و نهصد و نود هزار سال پیش سوار کرده‌ایم توانایی آمیزش دارند. شاید با مسافرانِ ایستگاه پنج میلیون و نهصد هزار سال پیش هم بتوانند بیامیزند. ولی احتمالاً نه با آن‌هایی که در ایستگاه چهار میلیون سال پیش به ما پیوسته‌اند.

حال دوباره جهش‌های ده هزار ساله‌مان را از سر می‌گیریم تا برسیم به ایستگاه بیست و پنج میلیون سال پیش. در این ایستگاه، تقریباً به نیاکان یک و نیم میلیونیم خودتان (و بنده) بر خواهیم خورد. کپی نیستند، چون که دم دارند. شاید اگر امروزه آن‌ها را می‌دیدیم به آن‌ها میمون می‌گفتیم، ولی آن‌ها همان قدر با ما پیوند دارند که با میمون‌های امروزی. با این که با ما خیلی فرق دارند و نمی‌توانند با ما یا میمون‌های امروزی زاد و ولد داشته باشند، می‌توانند با مسافرانِ ایستگاه بیست و چهار میلیون و نهصد و نود هزار سال پیش، که تقریباً با خودشان مو نمی‌زنند، زاد و ولد کنند. کلاً با تغییراتِ تدریجی و اندک اندک سر و کار داریم.

ده هزار سال ده هزار سال به عقب بر می‌گردیم و در ایستگاه‌ها تغییر محسوسی نمی‌بینیم. حال بینیم وقتی که به ایستگاه شصت و سه میلیون سال گذشته رسیدیم چه کسی از ما استقبال می‌کند؟ در این ایستگاه می‌توانیم با اجداد هفت میلیونیم خود دست (یا باید بگوییم پنجه؟) بدهیم. آن‌ها به *لمور*<sup>۴</sup> یا *شب‌دوست*<sup>۵</sup> (گالاگو) شباهت دارند و به راستی هم نیاکانِ تمام *لمورها*، *شب‌دوست‌ها*، میمون‌ها، و کپی‌های امروزی، از جمله ما، هستند.

تفاوت‌شان با میمون‌ها و *لمورهای* امروز به اندازهٔ تفاوت‌شان با انسانِ امروزی است. قادر نیستند با هیچ یک از حیواناتِ امروزی بیامیزند، ولی می‌توانند با مسافرانِ ایستگاه شصت و دو میلیون و نهصد و نود هزار سال پیش جفت‌گیری کنند. خوب، آن‌ها را نیز به جمع خود اضافه می‌کنیم و سفرمان را ادامه می‌دهیم.

در ایستگاه صد و پنج میلیون سال پیش، با جدِ چهل و پنج میلیونیم خود دیدار خواهیم کرد. او جدِ همهٔ پستان‌داران<sup>۶</sup> امروزی است به جز کیسه‌داران (که امروزه عمدتاً در *استرالیا*<sup>۷</sup> یافت می‌شوند و به ندرت در *آمریکا*<sup>۸</sup>) و *تک‌سوراخیان*<sup>۹</sup> (پلاتیپوس‌های<sup>۱۰</sup> نوک اردکی و *مورچه‌خورک*<sup>۱۱</sup> که امروزه فقط در *استرالیا* یا *گینه نو*<sup>۱۲</sup> یافت می‌شوند). با همهٔ پستان‌داران امروزی

<sup>۱</sup> . Africa

<sup>۲</sup> . ape

<sup>۳</sup> . chimpanzee

<sup>۴</sup> . lemur

<sup>۵</sup> . bushbaby

<sup>۶</sup> . mamal

<sup>۷</sup> . Australia

<sup>۸</sup> . America

<sup>۹</sup> . monotreme

<sup>۱۰</sup> . platypus

<sup>۱۱</sup> . anteater

<sup>۱۲</sup> . New Guinea

تفاوت دارد، با این که شاید شباهت‌هایی ظاهری به بعضی از آن‌ها داشته باشد.

در ایستگاه سیصد و ده میلیون سال پیش به مادر بزرگ صد و هفتاد میلیونیم خود بر می‌خوریم. او جد همه پستان‌داران و خزندگان امروزی (مارها<sup>۱</sup>، مارمولک‌ها<sup>۲</sup>، لاک‌پشت‌ها<sup>۳</sup>، و کروکودیل‌ها<sup>۴</sup>) است. افزون بر این، جد تمام دایناسورها<sup>۵</sup> و همچنین پرندگان هم هست؛ چرا که پرندگان نوادگان انواع خاصی از دایناسورها هستند. با همه حیوانات امروزی تفاوت دارد، ولی از لحاظ ظاهری به مارمولک شبیه است. یعنی این که، در مقایسه با مثلاً پستان‌داران، مارمولک‌ها از زمان وی کمتر تغییر کرده‌اند.

حالا دیگر برای خودمان مسافران زمان قابلی شده‌ایم. اکنون زمان آن رسیده است که برویم سر وقت همان ماهی‌ای که در ابتدا حرفش را زدیم. بیایید به ایستگاه دیگری هم در میان راه‌مان سر بزنیم: ایستگاه سیصد و چهل میلیون سال گذشته، زمانی که با جد صد و هفتاد و پنج میلیونیم خود ملاقات خواهیم کرد. او بیشتر به سمندر آبی<sup>۶</sup> شباهت دارد و جد بزرگ همه دوزیستان<sup>۷</sup> (سمندر آبی و قورباغه<sup>۸</sup>) است و همچنین همه مهره‌دارانی<sup>۹</sup> که در خشکی زندگی می‌کنند.

و حال به ایستگاه چهارصد و هفده میلیون سال پیش می‌رویم. در این زمان جد صد و هشتاد و پنج میلیونیم ما زندگی می‌کند، ماهی‌ای که قبلاً بحث آن رفت. شاید از آن‌جا بخواییم به زمان‌های دورتری هم سفر کنیم و با اجداد بیشتری ملاقات کنیم که شامل گونه‌های مختلف ماهیانی می‌شود که آرواره دارند، بعد ماهیان بدون آرواره، و بعد ... در واقع، از این‌جا به بعد اطلاعات بسیار مبهمی داریم؛ چرا که دیگر فسیلی از این زمان‌ها در دست نیست.

### DNAها می‌گویند که ما همگی خویشاوندیم

با این که به فسیل‌هایی دسترسی نداریم که به ما بگویند نیاکان دور ما دقیقاً چه شکلی بوده‌اند، ولی به هیچ وجه شکی نداریم که ما با همه موجودات زنده خویشاوندیم و همه موجودات زنده هم با هم خویشاوندند. همچنین می‌دانیم که کدام حیوانات امروزی خویشاوندی نزدیک‌تری به هم دارند (مثلاً انسان‌ها و شامپانزه‌ها یا موش‌های صحرایی<sup>۱۰</sup> و موش‌های خانگی<sup>۱۱</sup>) و کدام‌ها نسبت دوری با هم دارند (مانند کوکوسانان<sup>۱۲</sup> و انسان‌ها یا موش‌ها و آلیگاتورها<sup>۱۳</sup>). از کجا می‌دانیم؟ با مقایسه سیستماتیک آن‌ها با هم به این نتایج دست یافته‌ایم. امروزه، دقیق‌ترین شواهد از مقایسه DNA به دست می‌آید.

DNA اطلاعات ژنتیکی‌ای است که همه موجودات در تک تک سلول‌های خود دارند. DNAها در کنار «نوار»هایی درهم‌تنیده از اطلاعات، به نام کروموزوم<sup>۱۴</sup>، خوانده یا هجی می‌شوند. این کروموزوم‌ها درست مانند نوارهای داده‌ای هستند که آن‌ها را وارد رایانه‌ای قدیمی می‌کنید؛ چرا که داده‌هایی که در خود دارند دیجیتال هستند و به ترتیب، به صورت رشته‌ای، در آن‌ها ذخیره شده‌اند. کروموزوم‌ها رشته‌هایی طولانی از «حروف» کدشده هستند که می‌توانیم آن‌ها را بخوانیم و بشماریم. در کروموزوم، یک حرف یا هست و یا نیست؛ چیزی به صورت نصفه و نیمه رخ نمی‌دهد. به این دلیل است که می‌گوییم این داده‌ها دیجیتال هستند و می‌گوییم که DNA «هجی» می‌شود.

<sup>۱</sup> . snake

<sup>۲</sup> . lizard

<sup>۳</sup> . turtle

<sup>۴</sup> . crocodile

<sup>۵</sup> . dinosaur

<sup>۶</sup> . newt

<sup>۷</sup> . amphibian

<sup>۸</sup> . frog

<sup>۹</sup> . vertebrate

<sup>۱۰</sup> . rat

<sup>۱۱</sup> . mouse

<sup>۱۲</sup> . cuckoo

<sup>۱۳</sup> . alligator

<sup>۱۴</sup> . chromosome

همه ژن‌هایی که در بدن همه حیوانات، گیاهان، و باکتری‌های بررسی شده وجود دارند پیام‌هایی رمزگذاری شده هستند که وقتی به صورت الفبای استاندارد در آمدند تعیین می‌کنند که یک موجود چگونه باید ساخته شود. بر خلاف الفبای انگلیسی که ۲۶ حرف دارد، این الفبا فقط چهار حرف دارد. ما حروف الفبای DNA را به صورت‌های A، T، C، و G نشان می‌دهیم. همین ژن‌ها، با چند تفاوت آشکار، در ساختار بسیاری از موجودات دیده می‌شوند. برای نمونه، ژنی به نام FoxP2 وجود دارد که در ساختار تمام پستان‌داران و بسیاری دیگر از موجودات دیده می‌شود. این ژن رشته‌ای است متشکل از بیش از ۲۰۰۰ حرف. می‌توان تشخیص داد که FoxP2 در همه پستان‌داران به یک شکل است، چرا که عمده حروف گذشته آن یکسان هستند. همه حروف ژن شامپانزه‌ها مانند حروف ژن‌های انسان نیست و این شباهت بین ژن انسان و موش از آن هم کمتر است. از میان کل ۲۰۰۷۶ حرف FoxP2، شامپانزه‌ها در ۹ حرف با ما اختلاف دارند و موش‌ها ۱۳۹ حرف. این الگو برای ژن‌های دیگر هم برقرار است. به این دلیل است که شامپانزه‌ها شباهت زیادی به ما دارند، ولی موش‌ها نه.

شامپانزه‌ها فامیل نزدیک و موش‌ها فامیل دور ما هستند. این که می‌گوییم «فامیل دور» هستند یعنی این که جد مشترکی که با هم داریم خیلی وقت پیش می‌زیسته است. میمون‌ها، در مقایسه با موش‌ها، فامیل نزدیک ما محسوب می‌شوند، اما به نسبت شامپانزه‌ها، فامیل دور ما هستند. بابون‌ها<sup>۱</sup> و ماکاک رزوس‌ها<sup>۲</sup> هر دو گونه‌هایی از میمون<sup>۳</sup> هستند. آن‌ها فامیل نزدیک یکدیگر هستند و ژن‌های FoxP2 آن‌ها تقریباً یکی است. با این حال به اندازه ما از شامپانزه‌ها دور محسوب می‌شوند و تعداد حروف DNA ژن FoxP2، که بین شامپانزه‌ها و بابون‌ها تمایز ایجاد می‌کند (۲۴ حرف)، تقریباً با تعداد حروفی که بین ما و بابون‌ها تمایز ایجاد می‌کند (۲۳ حرف) یکی است. همه این اطلاعات با هم هم‌خوانی دارند.

به عنوان نکته آخر این بحث، باید اضافه کنم که قورباغه‌ها دورترین فامیل همه پستان‌داران محسوب می‌شوند. تفاوت تعداد حروف تمام پستان‌داران و قورباغه‌ها تقریباً یکسان است (حدود ۱۴۰ حرف)، به این دلیل ساده که پستان‌داران دقیقاً به یک اندازه فامیل نزدیک یکدیگر محسوب می‌شوند. در واقع، جد مشترک همه پستان‌داران در گذشته نزدیک‌تری می‌زیسته است (حدود ۱۸۰ میلیون سال گذشته)، ولی جد مشترک پستان‌داران و قورباغه‌ها در گذشته‌های دورتری می‌زیسته است (حدود ۳۴۰ میلیون سال پیش).

ولی همه انسان‌ها مثل هم نیستند. همه بابون‌ها هم همین طور. موش‌ها هم همگی مثل هم نیستند. شما می‌توانید تک تک حروف ژن‌های تان را با من مقایسه کنید. و نتیجه چیست؟ مشخص می‌شود که اشتراک حروف ما با هم از اشتراک حروف ما با شامپانزه‌ها هم بیشتر است. اما همچنان حروف متفاوتی هم داریم. تعدادشان زیاد نیست و دلیل خاصی ندارد که فقط به ژن FoxP2 توجه کنیم. اما اگر تعداد ژن‌های مشترک انسان‌ها را در نظر بگیریم از تعداد حروف مشترک هر یک از ما با شامپانزه‌ها بیشتر خواهد بود. همچنین تعداد ژن‌های مشترک شما با آموزاده یا دایی‌زاده‌هایتان بیشتر است تا با من. و تعداد حروف مشترک شما و پدر و مادرتان، و اگر خواهر و برادر داشته باشید، تعداد حروف مشترک‌تان با آن‌ها بیشتر هم هست. در واقع، با شمردن تعداد حروف DNA مشترک دو نفر می‌توان میزان نزدیکی فامیلی آن‌ها را فهمید. شمارش DNA کار جالبی است و احتمالاً در آینده بیشتر از آن خواهیم شنید. برای نمونه، اگر پلیس بخواهد کسی را پیدا کند می‌تواند از روی DNA برادرش، که حکم «اثر انگشت» او را دارد، آن فرد را تعقیب کند.

بعضی از ژن‌ها به طرز قابل ملاحظه‌ای در همه پستان‌داران یکسان هستند و فقط تفاوت‌هایی جزئی با هم دارند. شمارش تعداد حروف متفاوت در چنین ژن‌هایی در سنجش میزان نزدیکی دو گونه مختلف پستان‌دار به ما کمک می‌کند. سایر ژن‌ها برای ارزیابی رابطه میان فامیل‌های دورتر به کار می‌آیند، مثلاً هنگام مقایسه مهره‌داران و کرم‌ها<sup>۴</sup>. ولی ژن‌های مشترک در ارزیابی روابط

<sup>۱</sup>. baboon

<sup>۲</sup>. rhesus macaque

<sup>۳</sup>. monkey

<sup>۴</sup>. worm

درون یک گونه<sup>۱</sup> به ما کمک می‌کنند، مثلاً در سنجش نزدیکی من و شما. راستی اگر کنجکاو بودید، این را اضافه کنم که اگر اهل انگلیس هستید، آخرین جدِ مشترک‌مان شاید فقط چند قرن با ما فاصله داشته باشد. اگر هم از مردم بومی آمریکا یا تاسمانی باشید، ده‌ها هزار نسل باید به گذشته برگردیم تا جدِ مشترکی را پیدا کنیم. اگر هم از کونگ‌سان‌های<sup>۲</sup> صحرای کالاهاری<sup>۳</sup> باشید، شاید لازم باشد به گذشته‌های دورتر هم برگردیم.

چیزی که هیچ شکی در آن نیست این است که همه ما جدِ مشترکی با همه گونه‌های حیوانی و گیاهی روی این کره داریم. این را از آن جا می‌دانیم که بعضی ژن‌ها، به طرز قابل ملاحظه‌ای، بین همه موجودات زنده، شامل حیوانات<sup>۴</sup>، گیاهان<sup>۵</sup>، و باکتری‌ها<sup>۶</sup>، مشترک هستند. و فراتر از هر چیز، خودِ کد ژنتیکی (یعنی فرهنگِ واژگانی که به کمک آن می‌توان تمام ژن‌ها را ترجمه کرد) میان همه موجودات زنده‌ای که تا کنون بررسی شده‌اند یکسان است. همگی با هم خویشاوندیم. فقط خویشاوندی‌های محرز هم چون شامپانزه‌ها و میمون‌ها در شجره‌نامه ما نیستند، بلکه موش‌ها، بوفالوها<sup>۷</sup>، ایگواناها<sup>۸</sup>، والابی‌ها<sup>۹</sup>، حلزون‌ها<sup>۱۰</sup>، قاصدک‌ها<sup>۱۱</sup>، عقاب‌های طلایی<sup>۱۲</sup>، قارچ‌ها<sup>۱۳</sup>، وال‌ها<sup>۱۴</sup>، و مُمبات‌ها<sup>۱۵</sup>، و باکتری‌ها هم در شجره‌نامه‌مان یافت می‌شوند. همگی خویشاوندمان هستند. تک تک‌شان. آیا تصور چنین چیزی از هر اسطوره‌ای خارق‌العاده‌تر نیست؟ و خارق‌العاده‌تر از هر چیز این است که به طور قطع می‌دانیم که این ماجرا حقیقت دارد.

---

<sup>۱</sup> . species

<sup>۲</sup> . Kung San

<sup>۳</sup> . Kalahari Desert

<sup>۴</sup> . animal

<sup>۵</sup> . plant

<sup>۶</sup> . bacteria

<sup>۷</sup> . buffalo

<sup>۸</sup> . iguana

<sup>۹</sup> . wallaby

<sup>۱۰</sup> . snail

<sup>۱۱</sup> . dandelion

<sup>۱۲</sup> . golden eagle

<sup>۱۳</sup> . mushroom

<sup>۱۴</sup> . whale

<sup>۱۵</sup> . wombat

۳

چرا این همه حیوان متفاوت وجود دارد؟



اسطوره‌های بسیاری کوشیده‌اند چراییِ ظاهرِ خاصّ بعضی از حیوانات را توضیح دهند. نمونه‌های آن اسطوره‌هایی هستند که «توجیه» می‌کنند که چرا پلنگ‌ها خال دارند و خرگوش‌ها دم سفید. اما گویی اسطوره‌های زیادی درباره‌ی گستردگی و گوناگونی حیوانات نداریم. تا کنون به چیزی شبیه اسطوره‌ی قوم یهود درباره‌ی برج بابل، که گوناگونی زبان‌ها را توضیح می‌دهد، بر نخورده‌ام. بر اساس این اسطوره، روزی روزگاری، همه‌ی مردم دنیا به یک زبان سخن می‌گفتند. از این رو، توانستند با هماهنگی تمام با یکدیگر کار کنند و برج بلندی را بسازند که امید آن می‌رفت به بلندای آسمان برسد. خدا شستش خبردار شد و دید که خوب نیست هر کسی بتواند زبان دیگری را بفهمد. اگر قرار باشد که بتوانند با هم به یک زبان سخن بگویند و همکاری کنند، معلوم نیست بعداً چه‌ها که نکنند! به همین دلیل چنین تصمیم گرفت: «بیا بیاید فرود آییم! و آن‌جا، زبان ایشان را در هم ریزیم تا سخن یکدیگر را در نیابند»<sup>۱</sup>. طبق این اسطوره، دلیل گوناگونی زبان‌ها این است؛ به این سبب است که انسان‌ها، وقتی می‌خواهند با مردم دیگر قبایل یا کشورها صحبت کنند، حرف‌های‌شان برای یکدیگر چیزی جز سخنانی در هم و بی معنی نیست. خیلی عجیب است که ارتباطی هم میان واژه «babble» (به معنی در هم و آشفته سخن گفتن) و برج بابل (Babel) نیست.

امید داشتم که بتوانم اسطوره‌ی مشابهی را درباره‌ی گوناگونی حیوانات بیابم؛ زیرا، چنان که در ادامه خواهیم دید، شباهتی میان فرگشت زبان و فرگشت حیوانات وجود دارد. ولی گویا هیچ اسطوره‌ای وجود ندارد که به طورِ اخص به موضوع تعدد گونه‌های مختلف حیوانات پرداخته باشد. این مسئله خیلی عجیب است؛ زیرا شواهد غیرمستقیمی وجود دارد که نشان می‌دهد مردم قبایل مختلف از تکرر و گوناگونی حیوانات با خبر بوده‌اند. در دهه‌ی ۱۹۲۰، دانشمندی آلمانی به نام ارنست مایر<sup>۲</sup>، که در آن موقع گمنام و اکنون فرد مشهوری است، پیشگام مطالعه بر روی پرندگانی شد که در کوهستان‌های گینه نو زندگی می‌کردند. او فهرستی از ۱۳۷ گونه پرندۀ ترتیب داد و متوجه چیزی شد که بسیار برایش جالب بود: مردم بومی قبایل پاپوا<sup>۳</sup>، در زبان خود، ۱۳۶ نام مختلف برای آن پرندگان داشتند.

حال به اسطوره‌مان برگردیم. قبیله‌ی هوپی<sup>۴</sup> ساکن آمریکای شمالی ایزدبانویی داشت به نام زن عنکبوتی<sup>۵</sup>. در اسطوره‌ی آفرینش این قبیله آمده است که این ایزدبانو به همراه تاول<sup>۶</sup>، خدای خورشید، نخستین ترانه‌ی جادویی را به صورت دوت<sup>۷</sup> اجرا کردند. این ترانه موجب پیدایش زمین و حیات شد. سپس، زن عنکبوتی رشته‌های اندیشه‌ی تاول را گرفت و آن‌ها را به اشکال جامدی در آورد که موجب پیدایش ماهی‌ها، پرندگان و دیگر حیوانات شد.

دیگر قبایل آمریکای شمالی، یعنی پوئبلو<sup>۸</sup> و ناوایو<sup>۹</sup>، اسطوره‌ی حیاتی دارند که شباهت‌های اندکی با فرگشت دارد. این اسطوره می‌گوید که حیات همچون گیاه، در چند مرحله، از زمین می‌روید. حشرات از جهان خود، که جهان نخست<sup>۱۰</sup> یا جهان سرخ<sup>۱۱</sup> نام داشت، به جهان دوم<sup>۱۲</sup> یا جهان آبی<sup>۱۳</sup>، که محل زندگی پرندگان است، صعود می‌کنند. بعد، جمعیت جهان دوم بیش از

<sup>۱</sup>. عهد عتیق، سفر پیدایش (۱۱، ۷)، جلد اول، کتاب‌های شریعت یا تورات، ترجمه‌ی پیروز سیار، نشر هرمس، چاپ اول، ۱۳۹۳

<sup>۲</sup>. Ernst Mayr

<sup>۳</sup>. Papua

<sup>۴</sup>. Hopi

<sup>۵</sup>. Spider Woman

<sup>۶</sup>. Tawa

<sup>۷</sup>. قطعه‌ای موسیقایی برای دو اجراکننده. (فرهنگ معاصر پویا)

<sup>۸</sup>. Pueblo

<sup>۹</sup>. Navajo

<sup>۱۰</sup>. the First World

<sup>۱۱</sup>. the Red World

<sup>۱۲</sup>. the Second World

<sup>۱۳</sup>. the Blue World

حد زیاد می‌شود. از این رو پرندگان و حشرات به جهان سوم<sup>۱</sup> یا جهان زرد<sup>۲</sup>، که زیستگاه انسان‌ها و پستان‌داران است، پرواز می‌کنند. جهان زرد نیز دچار ازدحام جمعیت و قحطی می‌شود. از این رو، همه آدمیان، حشرات، و پرندگان به جهان چهارم صعود می‌کنند که همان «جهان سیاه و سفید»<sup>۳</sup> شب و روز است. خدایان انسان‌های عاقل‌تری را در جهان چهارم آفریده بودند که می‌دانستند چگونه در آن جهان کشاورزی کنند. این مردم کشاورزی را به تازه‌واردان نیز آموختند.

اسطوره خلقت یهود بیشتر به موضوع تنوع گونه‌ها می‌پردازد، اما هیچ تلاشی برای توضیح این تنوع نمی‌کند. در واقع، کتاب مقدس قوم یهود دو نوع اسطوره خلقت دارد که در فصل پیش به آن‌ها اشاره کردیم. در اسطوره نخست، خدای قوم یهود همه چیز را در شش روز آفرید. در روز پنجم ماهیان، وال‌ها، تمام موجودات دریایی، و پرندگان آسمان را آفرید. در روز ششم، دیگر حیوانات را آفرید که بر روی خشکی زندگی می‌کردند. انسان هم جزء همین دسته بود. زبان این اسطوره توجه بیشتری به تعداد و گوناگونی موجودات زنده دارد. برای نمونه، «خدا جانوران عظیم دریایی و جمله جانوران لغزنده را آفرید که آب‌ها آن‌ها را بر وفق گونه‌شان به جنبش در آوردند، و همه جنس بالدار را بر وفق گونه‌شان» و «خدا گفت: زمین جاندارانی بر وفق گونه‌شان پدید آورد: چهارپایان و جانوران (آنچه می‌خزد) و حیوانات وحشی بر وفق گونه‌شان»<sup>۴</sup>. اما چرایی این تنوع در چیست؟ هیچ به ما نمی‌گوید. در اسطوره دوم اشاراتی می‌شود که گویا خدا بدین اندیشه افتاده که نخستین مردی که آفریده به همراهانی نیاز دارد. آدم، نخستین مرد، تنها آفریده شد و در باغی زیبا و سرسبز قرار داده شد. اما بعد خدا متوجه می‌شود که «نیکو نیست که آدم تنها باشد» و از این رو «جمله حیوانات وحشی و همه پرندگان آسمان را سرشت و نزد انسان آورد تا ببیند آن‌ها را چه نام خواهد داد»<sup>۵</sup>.

### واقعاً چرا انواع مختلفی از حیوانات وجود دارد؟

اسم گذاشتن آدم بر روی حیوانات کار بسیار دشواری بوده است، دشوارتر از آن‌چه که عبریان کهن بتوانند تصورش را بکنند. تخمین زده شده است که تا کنون روی حدود ۲ میلیون گونه نام‌های علمی گذاشته شده است و، با وجود این، این رقم فقط کسر کوچکی از تعداد گونه‌هایی است که هنوز نام‌گذاری نشده‌اند.

چگونه به این نتیجه می‌رسیم که دو حیوان از یک گونه هستند یا به دو گونه مجزا تعلق دارند؟ در صورتی که آن حیوانات بتوانند تولید مثل جنسی<sup>۶</sup> داشته باشند. این توضیح می‌تواند، به نوعی، تعریف گونه مجزا باشد. اگر آن حیوانات از گونه‌های متفاوتی باشند نمی‌توانند با هم زاد و ولد کنند. مواردی هم هست که روی مرز تمایز این دو گروه قرار دارند، مثل اسب و خر. آن‌ها می‌توانند با هم زاد و ولد داشته باشند، اما فرزندی که از آن‌ها زاده می‌شوند (قاطر<sup>۷</sup> و شبه‌اسب<sup>۸</sup>) نابارور<sup>۹</sup> خواهند بود؛ یعنی نمی‌توانند خود صاحب فرزندی شوند. از این رو می‌گوییم که اسب و خر دو گونه متفاوت هستند. بدیهی است که اسب و سگ از دو گونه مختلف هستند؛ چرا که حتی تلاشی هم به آمیزش با هم ندارند. اگر حتی فرض بگیریم که چنین چیزی رخ بدهد، از آن آمیزش فرزندی، ولو نابارور، به وجود نخواهد آمد. اما سگ‌های اسپانیل و پودل<sup>۱۰</sup> از یک گونه‌اند، چرا که می‌توانند با هم زاد و

<sup>۱</sup>. the Third World

<sup>۲</sup>. the Yellow World

<sup>۳</sup>. the Black and White World

<sup>۴</sup>. عهد عتیق، سفر پیدایش (۱، ۲۱ و ۲۴)، جلد اول، کتاب‌های شریعت یا تورات، ترجمه پیروز سیار، نشر هرمس، چاپ اول، ۱۳۹۳

<sup>۵</sup>. همان، سفر پیدایش (۲، ۱۸ و ۱۹) با تغییرات.

<sup>۶</sup>. sexual reproduction

<sup>۷</sup>. mule

<sup>۸</sup>. hinny

<sup>۹</sup>. infertile

<sup>۱۰</sup>. poodle

ولد کنند و توله‌هایی هم که از آن‌ها زاده می‌شود بارور<sup>۱</sup> هستند.

نام علمی هر حیوان یا گیاهی از دو واژه لاتین تشکیل شده است که معمولاً هم به صورت مورب (ایتالیک) نوشته می‌شود. واژه نخست، سرده<sup>۲</sup> را مشخص می‌کند که گروه گونه است و واژه دوم هم خود گونه‌ای را مشخص می‌کند که حیوان یا گیاه به آن تعلق دارد. هومو ساپینس (انسان خردمند) و *الفاس ماکسیموس*<sup>۳</sup> (فیل خیلی بزرگ >یا چیزی که به آن فیل آسیایی می‌گوییم) نمونه‌هایی از این نام‌گذاری‌ها هستند. هر گونه عضوی از یک سرده است. هومو نام سرده است. همچنین *الفاس*. نام علمی شیر *پانثرا لئو*<sup>۴</sup> است و سرده *پانثرا* شامل حیواناتی چون *پانثرا تیگریس*<sup>۵</sup> (ببر)، *پانثرا پاردوس*<sup>۶</sup> (پلنگ) و *پانثرا اونکا*<sup>۷</sup> (جگوار)<sup>۸</sup> نیز هست. هومو ساپینس یگانه گونه به جا مانده از سرده ما است، اما بعضی فسیل‌ها نام‌هایی چون *هومو اریکتوس*<sup>۹</sup> و *هومو هابیلیس*<sup>۱۰</sup> دارند. تفاوت بعضی از فسیل‌های شبه‌انسان با اعضای سرده هومو به اندازه‌ای است که باید تحت سرده دیگری طبقه‌بندی شوند، مثل *استرالوپیتیکوس آفریکانوس*<sup>۱۱</sup> و *استرالوپیتیکوس آفرانسیس*<sup>۱۲</sup> (که البته ربطی به قاره استرالیا ندارند، «استرالو» به معنی «جنوبی» است و نام این قاره از این جا گرفته شده است).

هر سرده نیز عضو یک خانواده<sup>۱۳</sup> است که غالباً در نوشتار «لاتین» به صورت عادی <بدون حروف ایتالیک> نوشته می‌شود و حرف اول آن <در نوشتار لاتین> بزرگ است. گربه‌ها (شامل شیرها، پلنگ‌ها، یوزپلنگ‌ها<sup>۱۴</sup>، و شق‌ها<sup>۱۵</sup>، و بسیاری دیگر از گربه‌های کوچک) از خانواده گربه‌ایان<sup>۱۶</sup> هستند. هر خانواده زیرمجموعه یک راسته<sup>۱۷</sup> است. گربه‌ها، سگ‌ها، خرس‌ها، راسوها<sup>۱۸</sup>، و کفتارها<sup>۱۹</sup> عضو دو خانواده مختلف هستند، ولی هر دو خانواده زیرمجموعه راسته گوشت‌خوارسانان<sup>۲۰</sup> هستند. میمون‌ها، کپی‌ها (که ما را هم شامل می‌شود) و لمورها همگی عضو خانواده‌های مختلفی از راسته نخستی‌سانان<sup>۲۱</sup> هستند. و هر راسته زیرمجموعه یک رده<sup>۲۲</sup> است. همه پستان‌داران زیرمجموعه رده ممالیا<sup>۲۳</sup> هستند.

آیا همین طور که دارید شرح ترتیب این گروه‌بندی‌ها را می‌خوانید نموداری درختی در ذهن‌تان در حال تشکیل شدن است؟ این دسته‌بندی‌ها نوعی شجره‌نامه‌اند، نوعی نمودار درختی تشکیل شده از شاخه‌های بسیار که هر کدام زیرشاخه‌هایی دارند و زیرشاخه‌هایش نیز زیر زیرشاخه‌هایی. در نوک هر کدام از شاخه‌های درخت، گونه‌ها قرار دارند. دسته‌بندی‌های دیگر (رده، راسته،

<sup>۱</sup> . fertile

<sup>۲</sup> . genus

<sup>۳</sup> . *Elephas maximus*

<sup>۴</sup> . *Panthera leo*

<sup>۵</sup> . *Panthera tigris*

<sup>۶</sup> . tiger

<sup>۷</sup> . *Panthera pardus*

<sup>۸</sup> . leopard / panther

<sup>۹</sup> . *Panthera onca*

<sup>۱۰</sup> . jaguar

<sup>۱۱</sup> . *Homo erectus*

<sup>۱۲</sup> . *Homo habilis*

<sup>۱۳</sup> . *Australopithecus africanus*

<sup>۱۴</sup> . *Australopithecus afarensis*

<sup>۱۵</sup> . family

<sup>۱۶</sup> . cheetah

<sup>۱۷</sup> . lynx

<sup>۱۸</sup> . Felidae

<sup>۱۹</sup> . order

<sup>۲۰</sup> . weasel

<sup>۲۱</sup> . hyena

<sup>۲۲</sup> . Carnivora

<sup>۲۳</sup> . Primates

<sup>۲۴</sup> . class

<sup>۲۵</sup> . Mammalia



خانواده، و سرده) نیز شاخه‌ها و زیرشاخه‌ها هستند. کل درخت دربردارنده کل حیات روی زمین است. لحظه‌ای با خود فکر کنید که چرا درختان این‌قدر شاخه‌های فراوانی دارند؟ از هر شاخه شاخه‌ای برمی‌آید. وقتی تعداد شاخه‌های شاخه‌های شاخه‌ها به اندازه کافی بزرگ شد، تعداد شاخه‌های کوچک خیلی زیاد خواهد شد. در فرگشت هم چنین چیزی رخ می‌دهد. چارلز داروین نموداری درختی را در مشهورترین کتابش، «خاستگاه گونه‌ها»<sup>۱</sup> «با نام «منشأ انواع» نیز به فارسی ترجمه شده است» کشیده است که یگانه تصویر کتاب هم است. چند سال قبل از آن، طرحی اولیه از آن تصویر را در دفتر یادداشت خود کشیده بود. در بالای آن صفحه پیامی کوتاه و اسرارآمیز برای خودش نوشته بود: «من فکر می‌کنم». به گمان شما، منظورش چه بوده است؟ شاید می‌خواست جمله‌ای را بنویسد، ولی ناگهان یکی از فرزندانش وسط کارش پریده است. شاید هم دیده که اندیشه‌اش را در قالب تصویر بهتر می‌تواند بیان کند تا واژگان. شاید هم هیچ‌گاه به این راز پی نبریم. دستخط دیگری هم در صفحه هست، اما خواندنش سخت است. خواندن یادداشت‌های اصلی یک دانشمند شکنجه‌ای است توان فرسا، مخصوصاً اگر آن را در شرایطی خاص و بدون قصد انتشار نوشته باشد.

چیزی که در ادامه می‌آید دقیقاً توضیح نمی‌دهد که شاخه‌های شجره‌نامه حیوانات چگونه به وجود آمدند، ولی به فهم این اصل کمک می‌کند. تصور کنید که گونه‌های اولیه به دو گونه تقسیم شوند. اگر هر یک از آن گونه‌ها به دو دسته تقسیم شوند، تعداد گونه‌ها به چهار می‌رسد. اگر هم بعداً هر کدام از آن‌ها به دو گونه تقسیم شوند، هشت گونه جدید به دست می‌آید و به همین شکل به ۳۲، ۶۴، ۱۲۸، ۲۵۶، ۵۱۲ و ... گونه می‌رسیم. همان گونه که می‌بینید، اگر به دو برابر کردن این اعداد ادامه دهید، چیزی نمی‌گذرد که به میلیون‌ها گونه می‌رسیم. احتمالاً فهم این موضوع ساده است، اما شاید برای تان سؤال باشد که خوب چرا یک گونه اصلاً باید تقسیم شود؟ خوب، درست به همان دلیلی که زبان انسان‌ها به دسته‌های مختلفی تقسیم شده است. پس این بحث را همین جا نگه می‌داریم و اندکی به موضوع زبان می‌پردازیم.

### انشعاب: زبان‌ها و گونه‌ها چگونه از هم جدا شدند؟

با این که افسانه برج بابل، بی‌گمان، حقیقت ندارد، این سؤال جالب را بر می‌انگیزد که چرا این همه زبان وجود دارد؟ همان گونه که برخی گونه‌ها، نسبت به دیگران، شباهت‌های بیشتری به هم دارند و، به این دلیل، تحت یک خانواده دسته‌بندی می‌شوند، خانواده زبان‌ها هم چنین حالتی دارد. زبان‌های اسپانیایی، ایتالیایی، پرتغالی، فرانسوی، و بسیاری دیگر از زبان‌های اروپایی و گویش‌هایی مانند رومانس<sup>۲</sup>، گالیسی<sup>۳</sup>، اکسیتان<sup>۴</sup>، و کاتالان<sup>۵</sup> شباهت‌های زیادی به یکدیگر دارند. به همه این زبان‌ها زبان‌های «رومی تبار» می‌گویند. این نام، در واقع، به این دلیل بر آن‌ها نهاده شده که خاستگاه مشترک‌شان لاتین است که زبان رومیان بوده است و ارتباطی با عشق و عاشقی (romance) ندارد. ولی اصلاً حالا که حرفش شد بهتر است از شیوه بیان عشق مثال بزنیم. بسته به این که اهل چه کشوری هستید، احتمال دارد که به یکی از صورت‌های زیر احساسات خود را بیان کنید: «Ti amo»، «Amote»، «T'aimi»، یا «Je t'aime». در زبان لاتین عبارت «Te amo» به کار می‌رفته است، درست مثل اسپانیایی امروزی.

در کینیا، تانزانیا، یا اوگاندا می‌توانید به زبان سواحلی بگویید «Nakupenda». اندکی دورتر، در موزامبیک، زامبیا، یا مالاوی (کشوری که خود من در آن بزرگ شده‌ام) می‌توانید به زبان چینیانجایی بگویید «Ndimakukonda». در دیگر زبان‌های بانتو در جنوب آفریقا می‌شود گفت «Ndinokuda» یا «Ndiyakuthanda». یا به یک زولو<sup>۶</sup> می‌توان گفت

<sup>۱</sup>. On the Origin of Species

<sup>۲</sup>. Romansch

<sup>۳</sup>. Galician

<sup>۴</sup>. Occitan

<sup>۵</sup>. Catalan

<sup>۶</sup>. Romance

<sup>۷</sup>. زولوها بزرگترین قوم آفریقایی جنوبی هستند و جمعیت‌شان در اواخر قرن بیستم به

«Ngiyakuthanda». خانواده زبانی بانتو کاملاً از خانواده زبانی رومی تبار مجزاست و هر دوی این خانواده‌ها از خانواده زبانی آلمانی مجزا هستند که شامل زبان‌های هلندی، آلمانی، و کشورهای اسکاندیناوی است. می‌بینید که استفاده ما از واژه «خانواده» برای زبان‌ها چقدر به استفاده این واژه برای گونه‌ها (خانواده گربه‌ها و خانواده سگ‌ها) شباهت دارد؟ همین طور برای خانواده‌های خودمان هم از این واژه استفاده می‌کنیم (خانواده جونز، خانواده رابینسون، خانواده دوکینز).

فهم این که چطور خانواده‌های زبانی مرتبط با هم، پس از گذشت قرون، به وجود آمده‌اند کار سختی نیست. به شیوه حرف زدن خود با دوستان تان دقت کنید و آن را با شیوه حرف زدن پدر بزرگ و مادر بزرگ‌های تان مقایسه کنید. تفاوت‌ها جزئی است و به سادگی می‌توانید حرف یکدیگر را بفهمید، ولی فاصله بین شما فقط دو نسل است. اما حال تصور کنید که می‌خواهید، نه با پدر بزرگ‌تان، بلکه با اجداد ۲۵ نسل پیش خود صحبت کنید. اگر اهل انگلیس باشید، احتمالاً می‌رسید به قرن چهاردهم، زمانی که شاعر انگلیسی، جفری چاسر<sup>۱</sup>، می‌زیسته است که شرحی این چنین به نظم سروده است > برای رساندن مفهوم بحث، به جای استفاده از شعر اصلی که به زبان انگلیسی بوده است، یکی از اشعار سعدی را آورده‌ایم که در قرن سیزدهم میلادی می‌زیسته است <:

برخیز تا یک سو نهیم این دلِ ازرق فام را  
بر بادِ قلاشی دهیم این شرکِ تقوا نام را

هر ساعت از نو قبله‌ای با بت پرستی می‌رود  
توحید بر ما عرضه کن تا بشکنیم اصنام را

می با جوانان خوردنم باری تمنا می‌کند  
تا کودکان در پی فتند این پیرِ دُرْدآشام را

از مایه بیچارگی قِطْمیر مردم می‌شود  
ماخولیایِ مهتری سگ می‌کند بلعام را

زین تنگنایِ خلوتم خاطر به صحرا می‌کشد  
کز بوستان بادِ سحر خوش می‌دهد پیغام را

غافل مباش از عاقلی دریاب اگر صاحب دلی  
باشد که نتوان یافتن دیگر چنین ایام را

جایی که سرو بوستان با پایِ چوبین می‌چمد  
ما نیز در رقص آوریم آن سرو سیم اندام را

دلبندم آن پیمان گسل منظور چشم آرام دل  
نی نی دلرامش مخوان کز دل ببرد آرام را

---

بیش از ۹ میلیون بالغ می‌شد. (دائرة المعارف اینترنتی بریتانیکا) - مترجم

<sup>۱</sup> . Geoffrey Chaucer

دنیا و دین و صبر و عقل از من برفت اندر غمش  
جایی که سلطان خیمه زد غوغا نمآند عام را

بارانِ اشکم می‌رود وز ابرم آتش می‌جهد  
با پختگان گوی این سخن سوزش نباشد خام را

سعدی ملامت نشنود و در جان در این سر می‌رود  
صوفی گران جانی بپر ساقی بیاور جام را

خوب، مشخصاً زبانِ متن انگلیسی <در این جا، فارسی> است، این طور نیست؟ اما مطمئنم که اگر، به جای خواندن شعر، آن را می‌شنیدید به سختی می‌توانستید تشخیص دهید که زبان آن انگلیسی <فارسی> است. اگر تفاوت از این بیشتر بشود، شاید حتی آن را زبانی دیگر به حساب بیاورید؛ همان طور که زبان‌های اسپانیایی و ایتالیایی از هم متمایزند.

پس، زبان‌ها در هر مکان، قرن به قرن، تغییر می‌کنند. می‌توانیم بگوییم که زبان‌ها به آرامی به سمت چیزی متفاوت حرکت می‌کنند. حال این حقیقت را هم در نظر بگیرید که افرادی که به یک زبان سخن می‌گویند، اما در جاهای مختلفی زندگی می‌کنند، معمولاً فرصت شنیدن شیوهٔ تکلم یکدیگر را ندارند (یا دست کم پیش از اختراع تلفن و رادیو چنین فرصتی مهیا نبود). این را هم در نظر بگیرید که زبان، در مکان‌های مختلف، به جهت‌های مختلف حرکت می‌کند. این موارد هم برای شیوهٔ ادای کلمات و هم بر خود کلمات تأثیر می‌گذارند. در نظر بگیرید که لهجه‌های مختلف زبان انگلیسی (اسکاتلندی، ولزی<sup>۱</sup>، جوردی<sup>۲</sup>، کورنی<sup>۳</sup>، استرالیایی، یا آمریکایی) چقدر با هم فرق دارند. و مردم اسکاتلند به سادگی می‌توانند لهجهٔ شهروندان ادینبورو را از لهجهٔ اهالی گلاسگو یا ساکنین هیبریدا تشخیص دهند. به مرور زمان، هم شیوهٔ تکلم و هم واژگان مورد استفاده مختص به یک منطقه می‌شوند. وقتی که دو شیوهٔ تکلم یک زبان به اندازهٔ کافی از هم دور شدند، به آن‌ها می‌گوییم «گویش»<sup>۴</sup>های مختلف.

پس از گذشت چند قرن، گویش‌های منطقه‌ای مختلف، سرانجام، آن قدر از هم متفاوت می‌شوند که دیگر مردم یک منطقه قادر به درک زبان منطقه‌ای دیگر نیستند. در این شرایط آن‌ها را زبان‌هایی متفاوت تلقی می‌کنیم. زبان‌های آلمانی و هلندی از خاستگاهی مشترک سرچشمه گرفتند، که آن خاستگاه اکنون منقرض شده است و، به همین شکلی که گفته شد، از هم دور شدند و راه‌های جداگانه‌ای را در پیش گرفتند. همین اتفاق برای زبان‌های فرانسوی، ایتالیایی، اسپانیایی، و پرتغالی هم افتاده است. آن‌ها به طور مستقل در نقاط مختلف اروپا از خاستگاه خود، زبان لاتین، دور شدند. می‌توان شجره‌نامه‌ای را برای زبان‌ها رسم کرد که در آن فامیل‌ها، مانند فرانسوی، پرتغالی، و ایتالیایی روی شاخه‌های همسایه قرار می‌گیرند و جدّی چون لاتین دورتر از آن‌ها و نزدیک به کندهٔ درخت. این همان کاری است که داروین برای گونه‌ها انجام داد.

گونه‌ها هم مثل زبان‌ها، به مرور زمان و به سبب فاصلهٔ مکانی، تغییر می‌کنند. پیش از این که به چرایی این تغییر بپردازیم، باید به چگونگی آن توجه کرد. برای گونه‌ها، DNA (اطلاعات ژنتیکی‌ای که هر موجود زنده در درون خود دارد و، مطابق آن چه در فصل ۲ گفته شد، تعیین می‌کند آن موجود چگونه ساخته می‌شود) حکم واژه را دارد. وقتی که افراد تولید مثل جنسی می‌کنند، DNA آن‌ها با هم ترکیب می‌شود. وقتی که اعضای منطقه‌ای به منطقه‌ای دیگر مهاجرت می‌کنند و ژن‌های خود را، از طریق جفت‌گیری با افراد آن منطقه، به جامعهٔ آن‌ها وارد می‌کنند، می‌گوییم «شارش ژن»<sup>۵</sup> = جریان ژن < رخ داده است.

<sup>۱</sup> . Welsh

<sup>۲</sup> . Geordie

<sup>۳</sup> . Cornish

<sup>۴</sup> . dialect

<sup>۵</sup> . gene flow

وقتی می‌گوییم زبان‌هایی همچون ایتالیایی و فرانسوی از هم فاصله گرفتند مثل این است که بگوییم شباهت DNA جمعیت‌های دو گونه جداشده از هم، به مرور زمان، کمتر و کمتر شده است. به تدریج اتفاقی می‌افتد که دیگر DNA‌های‌شان نمی‌توانند با هم کار کنند و فرزند بیآورند. اسب‌ها و خرما می‌توانند با یکدیگر بیامیزند، اما DNA اسب به اندازه‌ای از DNA خرما فاصله گرفته است که دیگر توانایی فهم همدیگر را ندارند. یا می‌توان گفت که این دو می‌توانند، به حد قابل قبولی، با هم ترکیب شوند (این دو «گوشه‌های مختلف DNA» می‌توانند به قدر کافی زبان یکدیگر را بفهمند) و فرزند را پدید بیآورند (مثل قاطر)، اما فهم آن‌ها از یکدیگر و ترکیب‌شان با هم به اندازه‌ای کارا نیست که فرزند را به وجود بیآورند که بتواند تولید مثل کند (همان‌گونه که پیشتر گفته شد، قاطرها نابارور هستند).

یکی از تفاوت‌های عمده میان گونه‌ها و زبان‌ها این است که زبان‌ها می‌توانند از یکدیگر «واژه وام بگیرند». برای نمونه، زبان انگلیسی، مدت‌ها پس از این که همچون زبانی مجزا از زبان‌های رومی‌تبار، آلمانی، و سلتی رشد و نمو یافت، واژگانی را از دیگر زبان‌ها وام گرفت. مثلاً «shampoo» >به معنی شامپو< را از هندی، «iceberg» >به معنی کوه یخ< را از نروژی، «bungalow» >به معنی خانه ییلاقی< را از بنگالی، و «anorak» >به معنی کاپشن یا بادگیر< را از اینوئیت‌ها<sup>۱</sup> وام گرفت. ولی گونه‌های حیوانی، بر خلاف زبان‌ها، وقتی که به اندازه‌ای از هم فاصله گرفتند که دیگر قادر به زاد و ولد با یکدیگر نبودند، دیگر هیچ‌گاه (یا تقریباً هیچ‌گاه) با هم تبادل DNA نخواهند داشت. بحث باکتری‌ها جداست. آن‌ها تبادل ژنی می‌کنند، اما در این کتاب مجال کافی برای پرداختن به این موضوع نیست. در باقیمانده این فصل، فرض را بر این بگیریم که فقط داریم درباره حیوانات صحبت می‌کنیم.

### جزیره و انزوا: قدرت جدایی

پس DNA گونه‌ها، همچون واژگان زبان‌های مختلف، وقتی که از هم جدا افتادند، از یکدیگر فاصله می‌گیرند. چه چیزی ممکن است باعث چنین اتفاقی شود؟ چه چیزی می‌تواند آغازگر این جدایی باشد؟ یکی از علل ممکن و محرز دریاها هستند. جمعیت‌هایی که در جزیره‌های مختلف زندگی می‌کنند با یکدیگر تماسی ندارند؛ به هر حال اگر هم یکدیگر را ببینند، خیلی این اتفاق پیش نمی‌آید. از این رو، ژن‌های‌شان بیشترین فرصت را برای دور شدن از یکدیگر دارند. به این دلیل، جزایر نقش بسیار مهمی به عنوان خاستگاه گونه‌های جدید دارند. اما می‌توان جزیره را فراتر از تکه‌ای خاک در محاصره آب در نظر گرفت. از دید قورباغه، واحه، که قورباغه می‌تواند در آن زندگی کند، جزیره‌ای است در محاصره بیابان، بیابانی که قورباغه توانایی زیستن در آن را ندارد. برای ماهی، دریاچه همچون جزیره‌ای به حساب می‌آید. جزایر اهمیت بالایی دارند، هم برای گونه‌ها و هم برای زبان‌ها؛ چرا که تماس جمعیت یک جزیره با دیگر جمعیت‌ها قطع است. در مورد گونه‌ها، این جدافتادگی جلوی شارش ژن را می‌گیرد و، در مورد زبان‌ها، جلوی دور شدن زبان‌ها از هم را. از این رو، جمعیت محصور در یک جزیره می‌تواند در جهت مختص خود فرگشت یابد.

نکته مهم بعدی این است که لازم نیست جمعیت جزیره‌ای تا ابد در انزوا باقی بماند. ژن‌ها هر از گاهی می‌توانند از مانع پیرامون خود گذر کنند، خواه این مانع آب باشد یا سرزمینی غیر قابل سکونت.

در ۴ اکتبر ۱۹۹۵، باد و آب دسته‌ای از چوب و درختان از ریشه درآمده را به ساحل جزیره کارائیبی آنگویلا<sup>۲</sup> آورده بود. پانزده ایگوانای<sup>۳</sup> سبز روی آن تکه‌های چوب بودند، ایگواناهایی که از سفری پر خطر از جزیره‌ای دیگر (احتمالاً جزیره گوادلوپ<sup>۴</sup> که در ۲۵۷ کیلومتری آن جا قرار داد) جان سالم به در برده بودند. ماه پیش از این واقعه، دو طوفان به نام‌های لوئیس<sup>۵</sup> و مرلین<sup>۶</sup> در

<sup>۱</sup> . Inuit

<sup>۲</sup> . Anguilla

<sup>۳</sup> . iguana

<sup>۴</sup> . Guadeloupe

<sup>۵</sup> . Luis

<sup>۶</sup> . Marilyn

کارائیب به راه افتاده بودند که درختان را از ریشه بیرون کشیده و به دریا پرت کرده بودند. گویا یکی از این طوفان‌ها درختانی را از جا کنده بود که ایگواناها روی آن‌ها بوده‌اند (در پاناما دیده‌ام که ایگواناها چقدر عاشق نشستن روی درختان هستند) و آن‌ها را روانه دریا کرده بود. سرانجام، ایگواناها، وقتی که به آنگویلا رسیدند، از وسیله نقلیه غیرمعمول خود به سمت ساحل خزیدند و زندگی جدیدی را آغاز کردند. آن‌ها، در جزیره‌ای که خانه جدیدشان شده بود، شروع به خوردن غذا، تولید مثل، و انتقال DNA خود کردند.

به این دلیل از این رویداد مطلعیم که ماهی‌گیران آن‌جا رسیدن ایگواناها را به چشم خود دیده بودند. قرن‌ها پیش، با این که کسی شاهد ماجرا نبوده است، تقریباً به طور قطع می‌توان گفت که چیزی مشابه نیاکان ایگواناها را به گوآدلوپ آورده بوده است. و چیزی شبیه همین داستان، به احتمال قریب به یقین، حضور ایگواناها را در جزایر گالاپاگوس<sup>۱</sup> توجیه می‌کند. در قسمت بعدی داستان به این جزایر خواهیم پرداخت.

جزایر گالاپاگوس اهمیتی تاریخی دارند، چون احتمالاً همین جزایر باعث شدند اولین بارقه‌های نظریه فرگشت در ذهن چارلز داروین جرقه بزند. در آن زمان، او یکی از مسافران کشتی ایچ-ام-اس بیگل<sup>۲</sup> بود و در سال ۱۸۳۵ از آن جزایر دیدن کرد. جزایر گالاپاگوس مجموعه جزایری آتش‌فشانی در اقیانوس آرام هستند که در نزدیکی استوا و در ۹۶۵ کیلومتری جنوب آمریکا قرار دارند. این جزایر همگی جوان (فقط چند میلیون سال از عمرشان می‌گذرد) و حاصل فوران آتش‌فشان‌های کف دریا هستند. جوان بودن این جزایر بدین معناست که همه گونه‌های حیوانی و گیاهی آن‌ها باید از جای دیگری آمده باشند (احتمالاً از سرزمین اصلی آمریکای جنوبی) و از آمدن‌شان هم، مطابق استانداردهای فرگشت، زمان زیادی نمی‌گذرد. گونه‌های مختلف، بعد از رسیدن‌شان، توانستند مسیرهای کوتاه‌تر بین این مجموعه جزایر را طی کنند. دست‌کم این کار آن قدر تکرار شده است که گونه‌ها وارد همه آن جزایر بشوند (شاید یک یا دو بار در قرن یا چیزی شبیه این)، اما این اتفاق آن قدر نادر بوده است که گونه‌ها توانسته‌اند طی فاصله زمانی بین عبور و مرورها، به صورت مجزا، فرگشت یابند (همان گونه که چند بار در این فصل گفتیم، توانسته‌اند از هم «فاصله بگیرند»).

هیچ کس نمی‌داند که نخستین ایگواناها چه زمانی وارد جزایر گالاپاگوس شده‌اند. شاید سوار بر تکه‌های چوب از سرزمین اصلی وارد این جزایر شده‌اند، درست مانند ایگواناهایی که در سال ۱۹۹۵ وارد آنگویلا شدند. امروزه، نزدیک‌ترین جزیره به سرزمین اصلی سن کریستوبال<sup>۳</sup> نام دارد (داروین آن را با نام انگلیسی Chatham <چَتم> می‌شناخت)، اما میلیون‌ها سال قبل جزایر دیگری نیز بوده‌اند که به زیر سطح دریا رفته‌اند. این احتمال وجود دارد که ایگواناها نخست به یکی از جزایر رفته باشند که امروزه زیر آب است و بعد به دیگر جزایر سفر کرده باشند، از جمله جزایری که امروزه سر از آب بیرون دارند.

پس از رسیدن به آن‌جا، این فرصت را یافته‌اند که در مکانی جدید نشو و نما کنند، درست مانند آن دسته‌ای که در سال ۱۹۹۵ به آنگویلا آمدند. نخستین ایگواناهایی که به گالاپاگوس آمدند، طی فرگشت، با خویشاوندان‌شان در سرزمین اصلی تفاوت پیدا کردند. بخشی از آن به دلیل همین «دور شدن» است (مثل مورد زبان‌ها) و بخشی هم به این دلیل که انتخاب طبیعی مهارت‌های جدیدی را برای بقا طلب می‌کرده است؛ هر چه نباشد جزیره‌ای آتش‌فشانی و تقریباً بایر خیلی با سرزمین اصلی آمریکای جنوبی تفاوت دارد.

فاصله این مجموعه جزایر از هم بسیار کمتر از فاصله تک‌تک آن‌ها از سرزمین اصلی است. از این رو، عبور و مرورهای اتفاقی دریایی بین جزیره‌ها نسبتاً عادی بوده است؛ شاید به جای یک بار در هزاره، یک بار در قرن چنین چیزی رخ می‌داده است. و بدین ترتیب، ردخور نداشت که سر کله ایگواناها بالاخره روزی در همه جزایر یا در اکثر آن‌ها پیدا شود. جست‌های بین جزیره‌ای به اندازه‌ای نادر بوده‌اند که گونه‌ها این فرصت را پیدا کردند تا، قبل از «آلودگی»های ژنی ناشی از جست‌های بین جزیره‌ای، به اندازه

<sup>۱</sup> . Galapagos

<sup>۲</sup> . HMS Beagle

<sup>۳</sup> . San Cristobal

کافی از هم «فاصله بگیرند». این جست‌ها آن قدر نادر بوده‌اند که باعث شدند فرگشت گروه‌های مختلف ایگوآنا به حدی برسد که این گروه‌ها، وقتی سرانجام به هم رسیدند، دیگر نتوانند با هم زاد و ولد کنند. نتیجه هم این شده است که اکنون سه گونه ایگوآنای خاکی در جزایر گالاپاگوس وجود دارند که نمی‌توانند با هم زاد و ولد کنند. کونولوفوس پالیدوس<sup>۱</sup> فقط در جزیره سانتا فه<sup>۲</sup> یافت می‌شود. کونولوفوس سابکریستاتوس<sup>۳</sup> در چند جزیره، شامل فرناندینا<sup>۴</sup>، ایزابلا<sup>۵</sup>، و سانتا کروز<sup>۶</sup>، یافت می‌شود (شاید جمعیت ساکن در هر جزیره در حال تبدیل به گونه‌هایی جداگانه باشند). کونولوفوس مارتائی<sup>۷</sup> فقط در شمالی‌ترین آتش‌فشان از سلسله آتش‌فشان‌های ایزابلا یافت می‌شود.

این حقیقت هم به نکته جالبی اشاره دارد. به خاطر دارید که گفتیم حتی یک دریاچه یا واحه هم ممکن است جزیره محسوب شود، ولو این که هیچ کدامشان هم سرزمینی در محاصره آب نباشند؟ این مسئله برای هر کدام از پنج آتش‌فشان جزیره ایزابلا هم صدق می‌کند. اطراف هر آتش‌فشان را مناطقی با پوشش گیاهی غنی در بر گرفته است. هر کدام از این مناطق را می‌توان واحه‌ای قلمداد کرد که میان آن و آتش‌فشان بعدی واقع شده است. بیشتر جزایر گالاپاگوس فقط یک آتش‌فشان بزرگ دارند، اما جزیره ایزابلا پنج آتش‌فشان دارد. اگر سطح آب دریا بالا بیاید (مثلاً به دلیل گرمایش زمین<sup>۸</sup>)، ایزابلا ممکن است تبدیل به پنج جزیره شود که دریا آن‌ها را از هم جدا کرده است. می‌توان هر آتش‌فشان را نوعی جزیره در دل جزیره‌ای دیگر در نظر گرفت. برای حیوانی چون ایگوآنای خاکی<sup>۹</sup> (یا لاک‌پشت گول‌پیکر<sup>۱۰</sup>)، که باید از پوشش گیاهی دامنه آتش‌فشان تغذیه کند، در واقع چنین است.

هر نوع انزوای ناشی از موانع جغرافیایی (موانعی که عبور از آن‌ها ممکن اما نادر است) موجب ایجاد چندشاخگی فرگشتی می‌شود. (در واقع، لازم هم نیست که مانع جغرافیایی باشد. حالت‌های دیگری نیز ممکن است، مخصوصاً در مورد حشرات، اما برای ساده کردن بحث به آن‌ها نمی‌پردازم.) و زمانی که جمعیت‌های جدا از هم آن قدر از هم فاصله گرفتند که دیگر نتوانند با یکدیگر زاد و ولد کنند، دیگر وجود مانع جغرافیایی لازم نیست. هر دو گونه می‌توانند مسیر فرگشت مختص به خود را در پیش بگیرند، بدون این که هیچ‌گاه DNA یکدیگر را آلوده سازند. عمدتاً و از آغاز، چنین جدایی‌هایی بود که گونه‌های جدید را روی این سیاره به وجود آورد. در ادامه خواهیم دید که حتی عامل جدایی نیاکان حلزون‌ها از نیاکان تمام مهره‌داران، از جمله ما، نیز همین امر بوده است.

در برهه‌هایی از سرگذشت ایگوآنای گالاپاگوس، چندشاخگی‌هایی به وجود آمد که مقدر بود زمینه‌ساز پیدایش گونه‌های جدید و بسیار خاصی شوند. در یکی از جزایر (دقیقاً نمی‌دانیم کدام جزیره) یکی از جمعیت‌های بومی ایگوآنا یکسره شیوه زندگی خود را تغییر داد. آن‌ها، به جای خوردن گیاهان خشکی که روی دامنه‌های آتش‌فشان‌ها می‌رویید، به زندگی در نزدیکی ساحل و تغذیه از جلبک‌های دریایی روی آوردند. سپس، انتخاب طبیعی به نفع آن‌هایی شد که توانستند شناگران ماهری بشوند، تا جایی که، امروز، نوادگان آن‌ها طبق عادت و برای تغذیه از جلبک‌های دریایی به درون آب شیرجه می‌زنند. به این دسته از ایگوآنا، ایگوآنای دریایی<sup>۱۱</sup> (در مقابل ایگوآنای خاکی) می‌گویند. این ایگوآناها در هیچ جای دیگری یافت نمی‌شوند، مگر گالاپاگوس.

<sup>۱</sup> . *Conolophus pallidus*

<sup>۲</sup> . Santa Fe

<sup>۳</sup> . *Conolophus subcristatus*

<sup>۴</sup> . Fernandina

<sup>۵</sup> . Isabela

<sup>۶</sup> . Santa Cruz

<sup>۷</sup> . *Conolophus marthae*

<sup>۸</sup> . global warming

<sup>۹</sup> . land iguana

<sup>۱۰</sup> . giant tortoise

<sup>۱۱</sup> . marine iguana

آن‌ها ویژگی‌های بسیار عجیبی دارند که آن‌ها را برای زندگی در دریا سازگار می‌سازد و به این دلیل بسیار متفاوت از ایگوآنای‌های خاکی گالاپاگوس یا ایگوآنای‌های هر جای دنیا هستند. این ایگوآنای‌ها مطمئناً از فرگشت ایگوآنای‌های خاکی به وجود آمده‌اند، اما خویشاوند نزدیک ایگوآنای‌های خاکی گالاپاگوس نیستند. از این رو، شاید از نسل سردی دیگری باشند که هم اکنون منقرض شده است، نسلی که، خیلی قبل‌تر از کونولوفوس‌های امروزی، از سرزمین اصلی به جزیره آمده و ساکن آن‌جا شده است. در جزایر مختلف، نژادهای مختلفی از ایگوآنای‌های دریایی وجود دارند، اما گونه‌های مختلفی نیستند. شاید روزی نژادهای مختلف ساکن جزایر گوناگون آن‌قدر از هم دور شوند که لازم شود آن‌ها را گونه‌هایی جدید از سرده ایگوآنای‌های دریایی به حساب آوریم.

لاک‌پشت‌های غول‌پیکر، مارمولک‌های گدازه‌ای<sup>۱</sup>، باکلان‌های<sup>۲</sup> عجیبی که توانایی پرواز ندارند، مرغ‌های مقلد<sup>۳</sup>، فنچ‌ها<sup>۴</sup> و بسیاری از حیوانات و همچنین گیاهان گالاپاگوس ماجرای مشابه دارند. و چنین چیزی در سر تا سر دنیا رخ می‌دهد. گالاپاگوس فقط نمونه واضحی از این امر است. جزیره‌ها (گفتیم که دریاچه‌ها، واحه‌ها، و کوهستان‌ها نیز جزیره محسوب می‌شوند) کارخانه گونه‌های جدید هستند. رودخانه‌ها هم می‌توانند این کار را انجام دهند. اگر عبور از رودخانه برای گونه‌ای مشکل باشد، ژن‌های جمعیت‌های ساکن یک سوی رودخانه می‌تواند سمت و سوی جدیدی بگیرد، همان گونه که ممکن است یک زبان مسیره‌های مختلفی را در پیش گیرد و به دو گویش مختلف، و بعدها به دو زبان مختلف، تبدیل شود. رشته‌کوه‌ها نیز می‌توانند به طریق مشابه جدایی‌افکن باشند. چیز ساده‌ای همچون فاصله نیز می‌تواند همین اثر را داشته باشد. ممکن است زنجیره‌ای از موش‌هایی که در سرتاسر قاره آسیا تا چین با هم زاد و ولد دارند به موش‌های اسپانیا مربوط شوند. اما برای یک ژن زمان زیادی طول می‌کشد که از موشی به موش دیگر انتقال یابد و این فاصله طولانی را طی کند. از این رو، موش‌هایی که در چنین فاصله‌ای هستند انگار در جزیره‌ای مجزا زندگی می‌کنند. و بدین ترتیب، فرگشت موش در اسپانیا و چین ممکن است مسیرهای مختلفی را در پیش گیرد.

سه گونه ایگوآنای خاکی گالاپاگوس فقط چند هزار سال وقت داشته‌اند که مسیرهای منحصر به خود را در فرایند فرگشت طی کنند. پس از گذشت چند صد میلیون سال، نوادگان گونه‌ای خاص ممکن است، مثلاً به اندازه سوسک و کروکودیل، با هم فرق داشته باشند. این نکته واقعاً حقیقت دارد که روزی روزگاری، پدر پدر پدر (چندین بار پدر) پدر جد سوسک‌ها (و بسیاری دیگر از حیوانات که شامل حلزون‌ها و خرچنگ‌ها هم می‌شود) پدر نیاکان (بگذارید واژه «پدر اجداد» را برای آن به کار برم) کروکودیل‌ها (و همچنین همه مهره‌داران دیگر) هم بوده است. اما باید خیلی خیلی به عقب برگردیم. شاید لازم باشد میلیاردها سال به عقب برگردیم که به این گونه پدر اجدادی قدیمی و بزرگ برسیم. این گذشته آن قدر دور است که حتی نمی‌توانیم حدس بزنیم کدام مانع در ابتدا آن‌ها را از هم جدا کرده است. این مانع هر چه بوده است در دریاها بوده؛ چون در آن روزگاران دور هیچ حیوانی روی خشکی زندگی نمی‌کرده است. شاید آن گونه‌های پدر اجداد فقط می‌توانسته‌اند روی صخره‌های مرجانی زندگی کنند و چنین شده است که دو جمعیت مختلف به دو صخره مرجانی راه یافته باشند که دریایی عمیق و زیست‌ناپذیر آن‌ها را از هم جدا کرده بوده است.

همان گونه که در فصل گذشته گفته شد، فقط کافی است شش میلیون سال به عقب برگردیم تا آخرین پدر اجداد مشترک میان انسان‌ها و شامپانزه‌ها را بیابیم. این گذشته به اندازه کافی به ما نزدیک است که بتوانیم حدس بزنیم چه مانع جغرافیایی می‌توانسته موجب اولین جدایی شده باشد. یکی از گمانه‌ها این است که دره کافتی بزرگ<sup>۵</sup> آفریقا عامل این جدایی بوده است. این دره باعث شده که انسان‌ها در قسمت شرقی آن و شامپانزه‌ها در قسمت غربی آن فرگشت یابند. بعدها، خط دودمان شامپانزه‌ها به دو دسته شامپانزه‌های عادی و شامپانزه‌های کوتوله<sup>۶</sup> یا بونوبو<sup>۷</sup> تقسیم شده است. حدس بر این است که در این مورد،

<sup>۱</sup> . lava lizard

<sup>۲</sup> . cormorant

<sup>۳</sup> . mockingbird

<sup>۴</sup> . finch

<sup>۵</sup> . the Great Rift Valley

<sup>۶</sup> . pygmy chimpanzee

<sup>۷</sup> . bonobo

رود کنگو<sup>۱</sup> مانع جغرافیایی بوده است. همان گونه که در فصل پیش ذکر شد، پدر اجداد تمام پستان‌داران فعلی حدود ۱۸۵ میلیون سال پیش می‌زیسته است. از آن زمان تا کنون، نواگان او بارها و بارها چندشاخه چندشاخه شده‌اند و هزاران گونه پستان‌داری را که امروزه می‌بینیم پدید آورده‌اند. این پستان‌داران شامل این گونه‌ها می‌شود: ۲۳۱ گونه از گوشت‌خواران<sup>۲</sup> (سگ‌ها، گربه‌ها، راسوها، خرس‌ها، و غیره)، ۲۰۰۰ گونه از جوندگان<sup>۳</sup>، ۸۸ گونه از وال‌ها و دلفین‌ها، ۱۹۶ گونه از حیوانات دارای سُم شکاف‌دار<sup>۴</sup> (گاوها، شاخ‌درازان<sup>۵</sup>، خوک‌ها، گوزن‌ها، و گوسفندان)، ۱۶ گونه اسب (اسب‌ها، گوراسب‌ها، تاپیرها<sup>۶</sup>، و کرگدن‌ها)، ۸۷ گونه خرگوش و خرگوش صحرایی<sup>۷</sup>، ۹۷۷ گونه خفاش، ۶۸ گونه کانگورو، ۱۸ گونه کپی (که شامل انسان‌ها هم می‌شود)، و بسیاری دیگر از گونه‌هایی که در طول این مسیر منقرض شده‌اند (شامل بسیاری از گونه‌های انسان که فقط از روی فسیل‌ها آن‌ها را شناخته‌ایم).

### هم زدن، انتخاب، و بقا

اکنون می‌خواهم با تعریف یک داستان، به زبانی کمی متفاوت‌تر، این فصل را به پایان برسانم. تا این‌جا به اختصار از شارش ژن سخن به میان آورده‌ام. دانشمندان از چیزی به نام **استخر ژنی**<sup>۸</sup> <یا خزانه ژنی> نیز سخن می‌گویند. حال در این‌جا می‌خواهم این مفهوم را به طور کامل‌تری شرح دهم. بدیهی است که استخری از ژن وجود خارجی ندارد. در این‌جا، واژه «استخر» به مایع اشاره دارد، مایعی که در آن ژن‌ها به هم زده می‌شوند. اما ژن‌ها فقط در سلول‌های موجودات زنده یافته می‌شوند. پس منظور از استخر ژنی چیست؟

در هر نسلی، تولید مثل جنسی مسئولیت بر زدن ژن‌ها را بر عهده دارد. شما حاصل ژن‌های بر خورده پدر و مادر خود هستید؛ به عبارتی، شما حاصل ژن‌های بر خورده هر چهار جد خود هستید. همین قاعده، طی کل تاریخ طولانی فرگشت (هزاران، ده هزاران، صدها هزاران سال)، برای هر فرد جمعیت صدق می‌کند. طی این زمان، فرآیند بر زدن جنسی کاری می‌کند که ژن‌های کل جمعیت بی‌برو برگرد بر بخورند، یا در واقع، به هم زده شوند، به گونه‌ای که سخن گفتن از استخری مواج از ژن، یا «استخر ژنی»، معنادار می‌شود.

به خاطر دارید که گفتیم «گونه» گروهی از حیوانات یا گیاهان هستند که توانایی زاد و ولد با یکدیگر را دارند؟ حال خواهید دید که چرا این تعریف مهم است. اگر دو حیوان از گونه و جمعیتی یکسان باشند، ژن‌های‌شان در استخر ژنی یکسانی با هم در خواهند آمیخت. ولی اگر آن دو حیوان از دو گونه متفاوت باشند، نمی‌توانند عضو استخر ژنی یکسانی باشند؛ چرا که در تولید مثل جنسی، DNA‌شان نمی‌تواند با هم مخلوط شود، حتی اگر در یک منطقه زندگی کنند و برخوردشان هم با یکدیگر زیاد باشد. اگر بین جمعیت‌های مختلف یک گونه فاصله جغرافیایی بیفتد، استخر ژنی‌شان فرصت فاصله گرفتن از هم‌دیگر را پیدا می‌کند. این فاصله می‌تواند آن قدر زیاد شود که اگر هم گذرشان به هم افتاد دیگر توانایی زاد و ولد با یکدیگر را نداشته باشند. وقتی که استخرهای ژنی‌شان به حدی از یکدیگر متفاوت شد که مخلوط شدن‌شان را غیرممکن کرد، دیگر دو گونه مجزا به حساب می‌آیند و این امکان را دارند که میلیون‌ها سال راه خود را در پیش گیرند، تا جایی که تفاوت‌شان با یکدیگر به اندازه تفاوت انسان و سوسک شود.

فرگشت یعنی تغییر در استخر ژنی. تغییر در استخر ژنی یعنی این که تعداد بعضی ژن‌ها زیاد می‌شود و بعضی دیگر کم. ژن‌هایی که زمانی رایج بودند نادر یا به کل ناپدید می‌شوند. ژن‌هایی که زمانی نادر بودند رایج می‌شوند. و نتیجه این می‌شود که

<sup>۱</sup> . the Congo river

<sup>۲</sup> . carnivore

<sup>۳</sup> . rodent

<sup>۴</sup> . cloven-hoofed

<sup>۵</sup> . antelope

<sup>۶</sup> . tapir

<sup>۷</sup> . hare

<sup>۸</sup> . gene pool



شکل، اندازه، رنگ، یا رفتار اعضای از گونه‌ها تغییر می‌کند: آن اعضا فرگشت می‌یابند و این فرگشت در پی تغییر در تعداد ژن‌های استخر ژنی است. فرگشت یعنی همین.

چرا باید تعداد ژن‌های گوناگون، با آمدن و رفتن نسل‌های مختلف، تغییر کند؟ خوب، باید گفت که، با توجه به این گستره زمانی طولانی، اگر تغییر نکند جای تعجب دارد. مثلاً نگاه کنید که زبان‌ها چگونه در گذر اعصار تغییر می‌کنند. واژگانی همچون «thee» >به معنی «با تو»< و «thou» >به معنی «تو»<، و «zounds» >به معنی «عجبا»<، و عبارتی همچون «stap me vitals» >به معنی «خشکم زد»< دیگر کم و بیش از زبان انگلیسی حذف شده‌اند. در عوض عبارت «I was like» (به معنی «من گفتم») که تا همین ۲۰ سال پیش کاملاً بی‌معنی بود، اکنون رایج شده است. چنین است در مورد واژه «cool» >به معنی «خفن»< که برای بیان تأیید و رضایت به کار می‌رود.

تا این جای این فصل، فاصله گرفتن استخرهای ژنی دو جمعیت مجزا را فقط به فاصله گرفتن زبان‌ها از هم تشبیه کردم و نیازی ندیدم که از این فراتر بروم. اما در واقع، در زمینه گونه‌ها، ماجرا خیلی فراتر از فاصله گرفتن است. این «خیلی فراتر بودن» همان انتخاب طبیعی است، فرآیندی فوق‌العاده مهم که مهم‌ترین اکتشاف چارلز داروین است. حتی بدون انتخاب طبیعی هم می‌توان گفت که امکان فاصله گرفتن استخرهای ژنی جدا افتاده از هم وجود می‌داشت، اما این فاصله گرفتن چه بسا بی‌هدف و باری به هر جهت می‌بود. انتخاب طبیعی فرگشت را به سوی مسیری هدفمند هدایت می‌کند: به سوی بقا. آن دسته از ژن‌های استخر ژنی که می‌توانند بقا پیدا کنند ژن‌هایی هستند که توانایی خوبی در زنده ماندن دارند. و چه زمان می‌گوییم که یک ژن توانایی خوبی در زنده ماندن دارد؟ زمانی که به ژن‌های دیگر کمک کند بدن‌هایی را بسازند که در بقا و تولید مثل خوب عمل کنند، بدن‌هایی که بتوانند آن قدر زنده بمانند که فرصت بیابند ژن‌هایی را که موجب بقای‌شان شده به نسل بعد منتقل کنند.

هر گونه به شیوه خود این کار را می‌کند. ژن‌های درون بدن پرندگان و خفاش‌ها به این دلیل بقا پیدا می‌کنند که به آن‌ها توانایی ساختن بال می‌دهند. ژن‌های درون بدن موش کور<sup>۱</sup> به این دلیل بقا می‌یابند که به او توانایی ساختن دست‌هایی نیرومند و بیل‌مانند می‌دهند. ژن‌های درون بدن شیر به این دلیل بقا می‌یابند که به او توانایی ساختن پاهایی سریع و دندان و پنجه‌هایی تیز می‌دهند. ژن‌های درون بدن شاخ‌درازان به این دلیل بقا می‌یابند که به آن‌ها توانایی ساختن پاهایی سریع و گوش و چشمی تیز می‌دهند. ژن‌های درون بدن حشرات برگ<sup>۲</sup> به این دلیل بقا پیدا می‌کنند که بدن‌های آن حشرات را از برگ‌ها تمایزناپذیر می‌سازد. با همه تفاوتی که در جزئیات وجود دارد، در همه گونه‌ها، نام بازی یکسان است: بقای ژن در استخر ژنی. دفعه بعد که حیوانی را دیدید (هر حیوانی که باشد) یا گیاهی را دیدید (هر گیاهی که باشد)، به خود بگویید: «چیزی که جلوی چشمان من قرار دارد ماشین ظریف و پیچیده‌ای است برای انتقال ژن‌های سازنده خود. چیزی که دارم به آن نگاه می‌کنم ماشینی است برای بقای ژن‌ها.»

دفعه بعد که خودتان را در آینه دیدید به این فکر کنید که این مطلب درباره خودتان نیز صدق می‌کند.

<sup>۱</sup> . mole

<sup>۲</sup> . leaf-insect

چیزهای دور و بر ما از چه ساخته شده‌اند؟



در دورهٔ ملکه ویکتوریا<sup>۱</sup>، یکی از کتاب‌های محبوب کودکان کتاب چرت و پرت<sup>۲</sup>، نوشتهٔ ادوارد لیر<sup>۳</sup>، بود. علاوه بر اشعار آقا جفده و پیشی خانوم<sup>۴</sup> (که هنوز هم مشهور است)، شلخته‌ها<sup>۵</sup>، و یارویی که شست نداشت<sup>۶</sup>، من دستورهای آشپزی آخر کتاب را خیلی دوست داشتم. دستور پخت کتلت ریزه‌میزه<sup>۷</sup> این گونه شروع می‌شد: «چند تکه گوشت گاو را تا آن جا که ممکن است ریز ریز کنید. باز هم به این کار ادامه بدهید و آن‌ها را از آن چه هم که هستند ریزتر کنید. ۸-۹ بار این کار را تکرار کنید.»

اگر چیزی را به قطعات کوچک و کوچک‌تر تبدیل کنید چه اتفاقی می‌افتد؟

هر چیزی را که مایلید تصور کنید و فرض کنید که آن را، با باریک‌ترین و تیزترین تیغ، به دو قسمت تقسیم می‌کنید.

حال هر کدام از نیمه‌ها را دو نیم کنید و به همین ترتیب به این کار ادامه دهید.

آیا سرانجام به جایی می‌رسید که قطعات آن قدر ریز شوند که امکان ریزتر کردن آن‌ها نباشد؟ نوک تیغ چقدر باریک

است؟ سر سوزن چقدر کوچک است؟

کوچک‌ترین ذرات سازندهٔ چیزهای اطراف ما چه هستند؟

گویا تمدن‌های کهن یونان، چین، و هند همگی به یک نتیجه رسیده بودند، این که هر چیز از چهار «عنصر» تشکیل شده است: هوا، آب، آتش، و خاک. ولی یکی از یونانیان باستان به نام دموکریتوس<sup>۸</sup> در کتاب‌های درسی ایران «دموکریت» هم ترجمه شده است. اندکی به حقیقت نزدیک‌تر شد. دموکریتوس بر این باور بود که اگر هر چیز را بارها و بارها به اجزای کوچک‌تر تقسیم کنید، عاقبت به جایی می‌رسید که دیگر نمی‌توان اجزاء را بیشتر از آن تقسیم کرد. معادل «بریدن» در زبان یونانی «*tomos*» <توموس> است و اگر حرف «a» در اول واژه‌ای یونانی بیاید، معنی «نه» یا «نمی‌توانید» به مفهوم آن اضافه می‌کند. پس «*a-tomic*» یعنی «چیزی آن قدر کوچک که دیگر نمی‌توان آن را به اجزای کوچک‌تری تقسیم کرد» و واژه «اتم» نیز از همین جا می‌آید. اتم طلا کوچک‌ترین ذرهٔ ممکن طلاست. حتی اگر بشود آن را به ذره‌ای کوچک‌تر تقسیم کرد، آن چیز دیگر طلا نخواهد بود. اتم آهن کوچک‌ترین ذرهٔ ممکن آهن است. و قس علی‌هذا.

امروزه می‌دانیم که حدود ۱۰۰ نوع اتم مختلف وجود دارد که ۹۰ تای آن‌ها در طبیعت یافت می‌شوند. آن چندتای دیگر را هم دانشمندان در آزمایشگاه‌ها تولید کرده‌اند، اما فقط به مقداری اندک.

به موادی که فقط از یک نوع اتم ساخته شده‌اند «عنصر»<sup>۹</sup> گفته می‌شود (همان واژه‌ای که در گذشته برای خاک، هوا، آتش، و آب استفاده می‌شد، اما این بار به معنایی یکسره متفاوت). مثال‌های آن هیدروژن<sup>۱۰</sup>، اکسیژن<sup>۱۱</sup>، آهن<sup>۱۲</sup>، کلر<sup>۱۳</sup>، مس<sup>۱۴</sup>، سدیم<sup>۱۵</sup>، طلا<sup>۱۶</sup>، کربن، جیوه<sup>۱۷</sup>، و نیتروژن<sup>۱۸</sup> هستند. برخی عناصر، مانند مولیبدن<sup>۱</sup>، روی زمین کمیاب هستند (به همین دلیل

<sup>۱</sup> . Victorian era/time

<sup>۲</sup> . *Book of Nonsense*

<sup>۳</sup> . Edward Lear

<sup>۴</sup> . Owl and the Pussycat

<sup>۵</sup> . The Jumblies

<sup>۶</sup> . The Pobble Who Has No Toes

<sup>۷</sup> . Crumbobloious Cutlets

<sup>۸</sup> . Democritus

<sup>۹</sup> . element

<sup>۱۰</sup> . hydrogen

<sup>۱۱</sup> . oxygen

<sup>۱۲</sup> . iron

<sup>۱۳</sup> . chlorine

<sup>۱۴</sup> . copper

<sup>۱۵</sup> . sodium

<sup>۱۶</sup> . gold

<sup>۱۷</sup> . mercury

<sup>۱۸</sup> . nitrogen

ممکن است نام آن را نشنیده باشید)، اما در دیگر نقاط گیتی به وفور یافت می‌شود (اگر کنجکاوید که از کجا این را می‌دانیم باید تا فصل ۸ صبر کنید).

فلزهایی چون آهن، سرب<sup>۲</sup>، مس، روی<sup>۳</sup>، قلع<sup>۴</sup>، و جیوه عنصر هستند. گازهای اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، و نئون<sup>۵</sup> هم همین طور. اما بیشتر مواد اطراف ما عنصر نیستند، بلکه ترکیبند. ترکیب از به هم پیوستن دو یا چند اتم مختلف با آرایشی خاص به وجود می‌آید. احتمالاً شنیده‌اید که به آب بگویند «H<sub>2</sub>O». در واقع، این فرمول شیمیایی آب است و به این معناست که آب ترکیبی از یک اتم اکسیژن و دو اتم آب است. به گروهی از اتم‌ها که با پیوستن به هم یک ترکیب را تشکیل می‌دهند «مولکول»<sup>۶</sup> گفته می‌شود. بعضی مولکول‌ها خیلی ساده هستند، مثلاً مولکول آب از سه اتم تشکیل شده است. بعضی دیگر، مخصوصاً آن‌هایی که در بدن موجودات زنده یافت می‌شوند، از صدها اتم تشکیل شده‌اند که با نظم خاصی در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. در واقع، این شیوه پیوند و نوع و تعداد اتم‌های سازنده آن‌هاست که موجب به وجود آمدن مولکولی خاص می‌شود.

برای چیزهایی که حاصل پیوند دو یا چند اتم یکسان هستند نیز می‌توان واژه «مولکول» را به کار برد. یک مولکول اکسیژن، گازی که برای تنفس به آن نیاز داریم، حاصل پیوند دو اتم اکسیژن است. گاهی هم سه اتم اکسیژن با هم تشکیل پیوند می‌دهند که حاصل این پیوند مولکولی است به نام ازن<sup>۷</sup>. اگر تعداد اتم‌های یک مولکول عوض شود، حاصل پیوند به‌راستی چیز دیگری می‌شود، حتی اگر اتم‌ها از یک نوع باشند.

ازن را نمی‌توان تنفس کرد، اما لایه‌ای از این مولکول بالای اتمسفر کره زمین قرار دارد که از ما، در برابر پرتوهای مضر خورشید، محافظت می‌کند. یکی از دلایلی که استرالیایی‌ها باید هنگام حمام آفتاب خیلی مراقب باشند این است که سوراخی در جنوبی‌ترین قسمت لایه ازن وجود دارد.

### بلورها<sup>۸</sup>: اتم‌هایی در حال رژه

بلور الماس<sup>۹</sup> مولکول بسیار بزرگی است که اندازه آن ثابت نیست و شامل میلیون‌ها اتم عنصر کربن است که، با نظم و ترتیب خاصی، به هم چسبیده‌اند. فاصله‌های آن‌ها از یکدیگر آن قدر منظم است که می‌توان آن‌ها را به سربازانی تشبیه کرد که دارند رژه می‌روند، با این تفاوت که رژه آن‌ها در سه بُعد است، مانند دسته‌ای از ماهی‌ها. اما تعداد ماهی‌های این دسته (یعنی تعداد اتم‌های کربن موجود در حتی کوچک‌ترین بلور الماس) وحشتناک زیاد است. تعداد آن‌ها از تعداد همه ماهی‌ها (به علاوه همه آدم‌ها) هم بیشتر است. این که بگوییم «به هم چسبیده‌اند» حرف گمراه کننده‌ای است، چون ممکن است چنین تصور شود که اتم‌های بلور همچون توده‌ای سفت و سخت از کربن هستند که، بی آن که میان‌شان فاصله‌ای وجود داشته باشد، به هم چسبیده‌اند. در واقع، در ادامه خواهیم دید که عمده مواد «جامد» را فضای خالی تشکیل داده است. این مسئله نیاز به توضیح دارد! بعداً به آن خواهیم پرداخت.

آرایش همه بلورها شبیه آرایش سربازان در رژه است. یعنی اتم‌ها با فاصله‌های یکسان و منظم در الگویی ثابت، که شکل بلور را تعیین می‌کند، در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. در واقع، تعریف بلور هم همین است. بعضی از «سربازها» می‌توانند در جهت‌های بیشتری «رژه» روند و به همین دلیل بلورهای بسیار متفاوتی وجود دارد. اگر اتم‌های کربن به شیوه‌ای خاص رژه بروند، بلورهای الماس را تشکیل می‌دهند که در سختی ضرب‌المثل است. ولی اگر همین اتم‌ها آرایش دیگری بگیرند، بلورهای گرافیت را

<sup>۱</sup> . molybdenum

<sup>۲</sup> . lead

<sup>۳</sup> . zinc

<sup>۴</sup> . tin

<sup>۵</sup> . neon

<sup>۶</sup> . molecule

<sup>۷</sup> . ozone

<sup>۸</sup> . crystal

<sup>۹</sup> . diamond

تشکیل می‌دهند که آن قدر نرمند که از آن‌ها به عنوان روان‌کننده استفاده می‌شود.

وقتی که از بلور سخن به میان می‌آید، معمولاً اجسامی شفاف و زیبا به ذهن متبادر می‌شوند. حتی به بعضی چیزها، مانند آب زلال، می‌گوییم که «مانند الماس شفاف است». ولی در واقع، بیشتر مواد جامد از بلور ساخته شده‌اند و بیشتر مواد جامد هم شفاف نیستند. هر تکه آهن از تعداد زیادی بلورهای ریز تشکیل شده است که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند. هر بلور از میلیون‌ها اتم آهن ساخته شده است که با آرایشی شبیه آرایشی اتم‌های کربن در الماس «در حال رژه» هستند. سرب، آلومینیوم<sup>۱</sup>، طلا، و مس، همگی، بلورهای اتم‌های مختلف هستند. چنین است در مورد سنگ‌هایی مانند گرانیت<sup>۲</sup> یا ماسه‌سنگ<sup>۳</sup>؛ ولی آن‌ها معمولاً ترکیبی از انواع مختلفی از بلور هستند که در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.

ماسه نیز بلورین است. در واقع، عمده ذرات ماسه تکه‌های کوچکی از سنگ هستند که آب و باد آن‌ها را آسیاب و خرد کرده است. گل و لای هم بلورهایی هستند که با آب یا دیگر مایعات ترکیب شده‌اند. معمولاً، ذرات ماسه و گل و لای با یکدیگر ترکیب می‌شوند و سنگ‌های جدیدی را تشکیل می‌دهند که به آن‌ها سنگ‌های «رسوبی» گفته می‌شود؛ چرا که حاصل رسوبات سخت‌شده ماسه و گل و لای هستند. (ذرات جامدی که در کف مایعات - مانند رودخانه، دریا، و یا دریاچه - ته‌نشین می‌شوند «رسوب» خوانده می‌شوند.) ماسه‌های تشکیل‌دهنده ماسه‌سنگ عمدتاً کوآرتز<sup>۴</sup> و فلدسپات<sup>۵</sup> هستند که روی پوسته زمین به وفور یافت می‌شوند. اما سنگ آهک<sup>۶</sup> فرق دارد. سنگ آهک، مانند گچ<sup>۷</sup>، کلسیم کربنات<sup>۸</sup> است و از اسکلت‌های مرجانی<sup>۹</sup> و صدف‌های دریایی<sup>۱۱</sup> خردشده (شامل صدف‌های تک‌سلولی<sup>۱۲</sup> که به آن‌ها روزن‌داران<sup>۱۳</sup> گفته می‌شود) به وجود آمده است. اگر دیدید ساحلی خیلی سفید است، احتمالاً ماسه آن کلسیم کربنات است و از همان منابع صدفی ساخته شده است.

بعضی بلورها کلاً از یک نوع اتم ساخته شده‌اند که «در حالت رژه» قرار دارند و همگی از یک عنصر هستند. الماس، طلا، مس، و آهن نمونه‌هایی از این دست هستند. اما بعضی بلورها از دو نوع اتم مختلف ساخته شده‌اند که البته این‌ها هم با نظم سفت و سختی در حال رژه هستند؛ برای نمونه، جای‌شان را با همدیگر عوض می‌کنند. نمک<sup>۱۴</sup> (نمک معمولی، نمک طعام) عنصر نیست، بلکه ترکیبی متشکل از دو عنصر سدیم و کلر است. در بلور نمک، اتم‌های سدیم و کلر متناوباً جای خود را در صف رژه با هم عوض می‌کنند. در واقع، در این حالت به این عناصر اتم نمی‌گویند، بلکه به آن‌ها «یون»<sup>۱۵</sup> می‌گویند. اما تصمیم ندارم درباره چرایی این موضوع صحبت کنم. در همسایگی هر یون سدیم، شش یون کلر وجود دارد که با هم زاویه قائمه می‌سازند: از روبرو، پشت، سمت چپ، سمت راست، بالا و پایین. و هر یون کلر هم، درست به همین ترتیب، در محاصره یون‌های سدیم قرار گرفته است. کل چیدمان بلور نمک از مربع‌های متعدد ساخته شده است و به همین دلیل است که اگر آن را زیر لنز قوی قرار دهید، آن را به صورت مکعبی خواهید دید (که مربعی سه‌بعدی است) یا دست‌کم خواهید دید که لبه‌هایی مربعی دارد. بسیاری دیگر از بلورها از بیش از یک نوع اتم در حال رژه ساخته شده‌اند و بسیاری از آن‌ها را می‌توان در سنگ‌ها، ماسه‌ها، و خاک یافت.

<sup>۱</sup> . aluminium

<sup>۲</sup> . granite

<sup>۳</sup> . sandstone

<sup>۴</sup> . sediment

<sup>۵</sup> . quartz

<sup>۶</sup> . feldspar

<sup>۷</sup> . limestone

<sup>۸</sup> . chalk

<sup>۹</sup> . calcium carbonate

<sup>۱۰</sup> . coral skeleton

<sup>۱۱</sup> . sea shell

<sup>۱۲</sup> . single-celled

<sup>۱۳</sup> . foram

<sup>۱۴</sup> . salt

<sup>۱۵</sup> . ion

## جامد<sup>۱</sup>، مایع<sup>۲</sup>، گاز<sup>۳</sup>: شیوه حرکت مولکول‌ها

بلورها جامد هستند، اما این‌طور نیست که همه چیز جامد باشد. حالت‌های دیگری هم وجود دارند: مایع و گاز. در حالت گازی، مولکول‌ها مانند چیزی که در بلورها دیدیم به هم نچسبیده‌اند، بلکه، آزادانه و سریع، در هر فضایی که در اختیار دارند، مانند توپ‌های بیلیارد در خطی مستقیم (البته به صورت سه بعدی، نه مانند حرکت دو بعدی روی میز بیلیارد)، حرکت می‌کنند. تا جایی که به مانعی نخورده‌اند، به حرکت خود ادامه می‌دهند؛ اما اگر مثلاً به مولکولی دیگر یا بدنه ظرف برخورد کردند، کمانه می‌کنند، درست مثل توپ‌های بیلیارد. گاز را می‌توان فشرده کرد و این خود نشان می‌دهد که فضای زیادی بین اتم‌ها و مولکول‌های آن وجود دارد. اگر ظرفی را که حاوی گاز است فشار دهید حالت فنرمانند خواهد داشت. اگر انگشت‌تان را روی لوله پمپ دوچرخه قرار دهید و سعی کنید که دسته آن را به پایین فشار دهید، این حالت فنری را حس خواهید کرد. اگر انگشت‌تان را همچنان روی خروجی نگه دارید، وقتی که دسته را رها کردید با شتاب بالا خواهد پرید. این حالت فنری که حس می‌کنید «فشار» خوانده می‌شود. این فشار حاصل میلیون‌ها مولکول هوای داخل پمپ (مخلوطی از نیتروژن و اکسیژن و چند نوع گاز دیگر) است که دسته پمپ را بمباران می‌کنند. در واقع به همه چیز نیرو وارد می‌کنند، اما دسته تلمبه یگانه چیزی است که حرکتش را در واکنش به این نیرو می‌توانید ببینید. وقتی که فشار بالاتر رفت، این بمباران با سرعت بیشتری رخ می‌دهد. فشار زمانی بالا می‌رود که تعداد ثابتی از مولکول‌های گاز درون محفظه‌ای محصور باشند، مثل زمانی که دسته پمپ دوچرخه را فشار می‌دهید. اگر دما را هم بالا ببرید، همین اتفاق می‌افتد. دمای بالا باعث می‌شود که مولکول‌های گاز با سرعت بیشتری حرکت کنند.

مایعات هم، از این لحاظ که مولکول‌های‌شان آزادانه حرکت می‌کنند یا «جریان دارند»، شبیه گازها هستند (به همین دلیل است که واژه «سیالات<sup>۴</sup>» را برای مایع و گاز به کار می‌بریم، اما برای جامدات نه). تفاوت مایعات و گازها در این است که در مایعات، مولکول‌ها بسیار به هم نزدیک‌ترند. اگر گازی را وارد مخزنی بدون درز کنید، گاز تمام گوشه و کناره‌های آن را پر می‌کند. حجم گاز به سرعت گسترش می‌یابد و کل مخزن را می‌گیرد. مایع هم همه گوشه و کناره‌ها را پر می‌کند، اما فقط تا سطحی خاص. مقدار معینی مایع، بر خلاف گاز، حجم ثابتی دارد و نیروی گرانش آن را به سمت پایین می‌کشد. از این رو، صرفاً مقدار فضایی از مخزن را که نیاز دارد، از پایین به بالا، اشغال می‌کند. دلیلش آن است که مولکول‌های مایع به هم نزدیک‌ترند. اما، بر خلاف جامدات، روی هم سُر می‌خورند و به همین دلیل است که مایعات سیال هستند.

اگر جسم جامدی را داخل مخزن بیاندازیم، حتی تلاش هم نمی‌کند که به شکل محفظه‌اش در بیاید. چون مولکول‌های جامد مانند مولکول‌های گاز روی یکدیگر سُر نمی‌خورند، بلکه همان وضعیتی را که نسبت به همسایگان خود دارند (تقریباً) حفظ می‌کنند. به این دلیل می‌گوییم «تقریباً» که، حتی در جامدات نیز، مولکول‌ها جنبش‌های ریزی دارند (که در دماهای بالاتر تندتر می‌شود)؛ ولی آن قدر از صف رژه مانند بلور خود دور نمی‌شوند که تغییری در شکل‌شان ایجاد شود.

بعضی مایعات «غلیظ<sup>۵</sup>» هستند، مانند شیره قند. مایعات غلیظ جریان دارند، اما جریان‌شان کند است. اگر چنین مایعی را داخل ظرفی بریزیم، عاقبت کف آن ظرف را پر می‌کند، اما این کار زمان خواهد برد. بعضی از مایعات خیلی غلیظ هستند. چنان آرام حرکت می‌کنند که با جامدات آن‌چنان فرقی ندارند. چنین موادی مانند جامدات رفتار می‌کنند، با این که از بلور تشکیل نشده‌اند.

جامد، مایع، و گاز نام‌هایی هستند که برای سه «حالت» رایج مواد به کار می‌روند. بسیاری از مواد می‌توانند، در دماهای مختلف، هر سه حالت را به خود بگیرند. روی زمین، متان<sup>۶</sup> گاز است (معمولاً به آن «گاز مرداب<sup>۷</sup>» گفته می‌شود؛ چرا که از

<sup>۱</sup> . solid

<sup>۲</sup> . liquid

<sup>۳</sup> . gas

<sup>۴</sup> . fluid

<sup>۵</sup> . viscous

<sup>۶</sup> . methane

<sup>۷</sup> . marsh gas

مرداب‌ها متصاعد می‌شود و گاه آتش هم می‌گیرد که آن را دیده‌ایم و نامش را «شبح مرداب»<sup>۱</sup> گذاشته‌ایم). اما روی یکی از قمرهای بسیار بزرگ و سرد سیاره زحل، تیتان<sup>۲</sup>، دریاچه‌هایی از متان مایع وجود دارد. اگر سیاره‌ای از این هم سردتر پیدا شود، شاید بتوان صخره‌های متان یخ‌زده هم در آن یافت. ما جیوه را مایع می‌دانیم، اما این بدان معناست که جیوه در دماهای معمول کره زمین مایع است. اما در سرمای زمستان آرکتیک<sup>۳</sup> <شمالگان>، اگر جیوه را در فضای باز رها کنید، تبدیل به فلزی جامد می‌شود. اگر آهن را به اندازه کافی حرارت دهید به حالت مایع در می‌آید. در واقع، در مرکز زمین، دریایی از آهن و نیکل<sup>۴</sup> مذاب وجود دارد. تا آنجا که می‌دانم، ممکن است سیاره‌های بسیار گرمی وجود داشته باشند که اقیانوس‌هایی از آهن مایع در آن‌ها روان باشد و شاید موجودات عجیب و غریبی هم در آن‌ها زندگی کنند؛ که البته در این مورد تردید دارم. طبق معیارهای ما، نقطه انجماد آهن نسبتاً بالاست. از این رو، روی سطح زمین، معمولاً آهن به صورت «آهن - آهن سرد» یافت می‌شود. عبارت «آهن - آهن سرد»<sup>۵</sup> را در اینترنت جستجو کنید، خواهید دید که در یکی از اشعار رودیارد کیپلینگ<sup>۶</sup> آمده است. و نقطه انجماد جیوه نسبتاً پایین است، از این رو معمولاً آن را به صورت «نقره روان» می‌بینیم. در سوی دیگر پیوستار دما، اگر جیوه و آهن را به اندازه کافی حرارت دهید به صورت گاز در می‌آیند.

### درون اتم

وقتی که، در آغاز این فصل، قطعه قطعه کردن ماده را به کوچک‌ترین اجزای ممکن تصور کردیم، به اتم که رسیدیم، کار را خاتمه دادیم. اتم سرب کوچک‌ترین چیزی است که شایسته سرب خوانده شدن است. اما آیا امکان ندارد که اتم را به اجزای کوچک‌تری تقسیم کرد؟ و آیا یک اتم سرب شبیه به قطعه خیلی کوچکی از سرب است؟ نه، اتم سرب شباهتی به قطعه خیلی کوچکی از آن ندارد. به هیچ چیز شباهت ندارد. به این دلیل که اتم آن قدر کوچک است که نمی‌توان آن را دید، حتی با میکروسکوپ‌های قوی. و بله، این امکان وجود دارد که اتم را به اجزای کوچک‌تر هم تقسیم کرد؛ اما، به دلایلی که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهیم کرد، حاصل عنصری دیگر خواهد بود. نکته‌ای که اهمیت بیشتری دارد این است که انجام چنین کاری مقدار رعب‌انگیزی انرژی آزاد خواهد کرد. به این دلیل است که، برای بعضی افراد، عبارت «شکافتن اتم»<sup>۷</sup> تداعی‌کننده حسّی شوم است. نخستین بار، دانشمند نیوزلندی، ارنست رادرفورد<sup>۸</sup>، بود که در سال ۱۹۱۹ اتم را شکافت.

با وجود این که نمی‌توانیم اتم را ببینیم و با این که نمی‌توانیم اتم را بدون تبدیل آن به چیزی دیگر بشکافیم، این گونه نیست که راهی برای درک ساختار درونی اتم نداشته باشیم. همان گونه که در فصل یکم اشاره کردم، وقتی که دانشمندان نمی‌توانند مستقیماً چیزی را ببینند، مدلی را برای شکل احتمالی آن ارائه می‌دهند و آن را می‌آزمایند. مدل علمی راهی است برای تصور این که یک چیز چگونه ممکن است باشد. از این رو، مدل اتم نوعی تصویر ذهنی است از این که داخل اتم چگونه ممکن است باشد. شاید به نظر برسد که مدل علمی نوعی خیال‌پردازی است، اما این گونه نیست. دانشمندان در مرحله پیشنهاد مدل توقف نمی‌کنند، بلکه گامی فراتر می‌نهند و آن را در بوتۀ آزمایش قرار می‌دهند. آن‌ها می‌گویند: «اگر این مدلی که تصورش کرده‌ام درست باشد، انتظار می‌رود که، در دنیای واقعی، فلان و بهمان اتفاق بیافتد». پیش‌بینی می‌کنند که اگر آزمایش صورت گیرد و کمیت‌های خاصی اندازه‌گیری شوند، چه نتایجی به دست خواهند آمد. مدل واقعی مدلی است که پیش‌بینی‌هایش درست از آب در آیند، مخصوصاً وقتی که از بوتۀ آزمایش سربلند بیرون بیایند. و زمانی که پیش‌بینی‌هایش درست از آب درآمدند، امیدوار خواهیم

<sup>۱</sup> . will o' the wisps

<sup>۲</sup> . Titan

<sup>۳</sup> . Arctic

<sup>۴</sup> . nickel

<sup>۵</sup> . iron - cold iron

<sup>۶</sup> . Rudyard Kipling

<sup>۷</sup> . splitting the atom

<sup>۸</sup> . Ernest Rutherford

شد که مدلی که در اختیار داریم احتمالاً بازتاب دهندهٔ واقعیت است یا دست کم بخشی از واقعیت را به ما نشان می‌دهد. گاهی اوقات پیش‌بینی‌های یک مدل محقق نمی‌شوند و، به همین دلیل، دانشمندان مدل خود را اصلاح می‌کنند و یا به کل مدلی جدید ارائه می‌دهند و سرانجام، آن را مورد آزمایش قرار می‌دهند. در هر دو صورت، این فرآیند پیشنهاد مدل و سپس آزمایش آن (چیزی که به آن «روش علمی»<sup>۱</sup> می‌گوییم) بحث بسیار بیشتری دارد تا حقیقت ماجرا را دریابد (در مقایسه با حتی خلاقانه‌ترین و زیباترین اسطوره‌هایی که خلق شدند تا چیزهایی را توجیه کنند که مردم یا نمی‌دانستند یا اصولاً، در اعصار گذشته، از درکشان عاجز بوده‌اند).

یکی از اولین مدل‌های اتم مدلی بود که به نام مدل «کیک کشمش‌آ» شهرت یافت و فیزیکدان بزرگ انگلیسی، جی. جی. تامسون<sup>۲</sup>، آن را در اواخر قرن نوزدهم ارائه کرد. به شرح این مدل نمی‌پردازم، چرا که مدل موفق‌تری به نام مدل رادرفورد جای آن را گرفت. این مدل را نخستین بار همان /رنست رادرفوردی ارائه داد که اتم را شکافت. او از نیوزلند به انگلیس آمده بود تا شاگرد تامسون شود و بعد از تامسون در کمبریج<sup>۳</sup> استاد فیزیک شد. یکی از شاگردان رادرفورد، به نام نیلز بور<sup>۴</sup>، فیزیکدان مشهور دانمارکی، بعداً مدل او را بهبود بخشید. بور به اتم به چشم منظومهٔ شمسی<sup>۵</sup> در ابعاد مینیاتوری نگاه می‌کرد. در مرکز اتم هسته‌ای<sup>۶</sup> است که حاوی تودهٔ اتم است. و ذرات کوچکی به نام الکترون وجود دارند که در «مدار»هایی گرد هسته می‌چرخند (البته اگر «مدار» را با مدار گردش سیارات دور خورشید در نظر بگیرید، برداشتهای اشتباهی در پی خواهد داشت، چون الکترون ذره‌ای کوچک و گرد نیست که در فضایی معین حرکت کند).

یکی از نکات عجیب مدل رادرفورد-بور، که احتمالاً منطبق بر واقعیت هم هست، این است که فاصلهٔ هستهٔ هر اتم تا هستهٔ اتم بعدی، نسبت به اندازهٔ هسته، زیاد است، حتی در جسمی جامد و سخت مانند الماس. فاصلهٔ بین هسته‌ها خیلی زیاد است. این یکی از نکاتی است که پیشتر قول دادم به آن بپردازم.

حتماً به یاد دارید که گفتم بلور الماس مانند مولکولی عظیم است ساخته شده از اتم‌های کربن که مانند سربازان در حال رژه‌اند، اما رژه‌ای در سه بُعد. بسیار خوب، حال می‌توانیم با ارائهٔ یک مقیاس، «مدل» خود از بلور الماس را بهبود بخشیم. یعنی می‌خواهیم اندازه‌ها و فواصل موجود در بلور الماس را قابل درک کنیم. فرض کنید که هستهٔ هر اتم کربن در بلور الماس، به جای سرباز، یک توپ فوتبال است که الکترون‌ها گرد آن می‌چرخند. در این مقیاس، توپ‌های فوتبال همسایه در بلور الماس پانزده کیلومتر از این توپ فوتبال فاصله دارند.

این فاصلهٔ ۱۵ کیلومتری فضایی است که در آن الکترون‌ها گرد هسته می‌گردند. ولی در همین قیاس توپ فوتبالی مان، هر الکترون از یک مگس مینیاتوری هم کوچک‌تر است که فاصلهٔ آن‌ها نیز از توپ فوتبالی که گرد آن می‌گردند کیلومتری است. پس همان گونه که می‌بینید، حتی الماس هم، که سختی آن زبانزد است، تقریباً به طور کامل از فضای خالی تشکیل شده است. شگفت‌انگیز است!

این مطلب در مورد همهٔ سنگ‌ها نیز، هر چقدر هم که سفت و سخت باشند، صدق می‌کند. در مورد سرب و آهن هم صدق می‌کند. در مورد سخت‌ترین چوب‌ها هم صدق می‌کند. در مورد من و شما هم صدق می‌کند. پیشتر گفته بودم که مادهٔ جامد از اتم‌هایی ساخته شده است که به «هم چسبیده‌اند»، ولی گفتن چنین چیزی عجیب است؛ چرا که خود اتم‌ها عمدتاً از فضای خالی تشکیل شده‌اند. فاصلهٔ هسته‌ها از یکدیگر آن قدر زیاد است که اگر آن‌ها را به اندازهٔ توپ‌های فوتبال در نظر بگیریم، فاصلهٔ هر دو هسته ۱۵ کیلومتر خواهد بود و در این فاصله هم چند مگس پرسه می‌زنند.

<sup>۱</sup> . scientific method

<sup>۲</sup> . currant bun

<sup>۳</sup> . J. J. Thomson

<sup>۴</sup> . Cambridge

<sup>۵</sup> . Niels Bohr

<sup>۶</sup> . solar system

<sup>۷</sup> . nucleus



چگونه چنین چیزی ممکن است؟ اگر یک قطعه سنگ تقریباً از فضای خالی تشکیل شده باشد و جرم واقعی آن مانند توپ‌های فوتبالی باشد که نقطه نقطه در فاصله کیلومتری از یکدیگر قرار داشته باشند، چطور ممکن است این گونه سفت و سخت به نظر بیاید؟ چرا مانند خانه‌ای که با کارت بازی ساخته شده است، وقتی روی آن می‌نشینید، فرو نمی‌ریزد؟ چرا شفاف نیست؟ اگر من و یک دیوار عمدتاً فضای خالی هستیم، چرا نمی‌توانم از میان دیوار رد شوم؟ چرا سنگ و دیوار سخت به نظر می‌آیند و چرا نمی‌توانیم فضای خود را در فضای آن‌ها ادغام کنیم؟

پس باید بدانیم چیزی که ما به عنوان ماده جامد می‌بینیم و حسش می‌کنیم فراتر از هسته و الکترون (توپ فوتبال و مگس) است. دانشمندان از «نیرو<sup>۱</sup>»ها، «پیوند<sup>۲</sup>»ها، و «میدان<sup>۳</sup>»ها سخن به میان می‌آورند که به شکل‌های مختلفی فاصله میان «توپ‌های فوتبال» را تعیین می‌کنند و به طرق گوناگونی اجزای هر توپ فوتبال را در کنار هم نگه می‌دارند. و همین نیروها و میدان‌ها هستند که باعث می‌شوند چیزی جامد احساس شود.

وقتی که در ذرات کوچکی مانند اتم و هسته دقیق می‌شوید، تمایز میان «ماده» و «فضای خالی» رنگ می‌بازد. این که بگوییم هسته «ماده»ای است مانند توپ فوتبال و تا هسته بعدی را «فضای خالی» پر کرده است خیلی تعبیر دقیقی نیست.

ما ماده جامد را چیزی تعریف می‌کنیم که «نمی‌توان از آن رد شد». این که نمی‌توانیم از دیوار رد شویم علتش همین نیروهای مرموزی است که هسته‌ها را ثابت به همسایگان‌شان پیوند داده‌اند. وقتی می‌گوییم «جامد» منظورمان این است.

مایع هم چیزی شبیه به همین است، با این تفاوت که این میدان‌ها و نیروها اتم‌ها را شل‌تر در کنار یکدیگر قرار می‌دهند و از این رو، اتم‌ها می‌توانند روی یکدیگر سر بخورند. به همین دلیل است که می‌توان از میان آب رد شد، اما نه به سرعتی که می‌توان از میان هوا رد شد. از میان هوا، که نوعی گاز است (در واقع، ترکیبی از گازهاست)، به سادگی می‌توان رد شد؛ چرا که اتم‌های گاز آزادانه در فضایی که دارند حرکت می‌کنند و به هم متصل نیستند. زمانی راه رفتن از میان گاز دشوار می‌شود که بیشتر اتم‌های آن در جهتی مخالف جهت حرکت شما حرکت کنند. زمانی که خلاف جهت باد حرکت می‌کنید چنین اتفاقی رخ می‌دهد («باد» یعنی همین). راه رفتن خلاف جهت بادی شدید خیلی سخت و خلاف جهت طوفان ناممکن است. همچنین، حرکت خلاف جهت باد شدید مصنوعی که از پشت موتور جت خارج می‌شود نیز ناممکن است.

ما نمی‌توانیم از مواد جامد عبور کنیم، اما ذرات بسیار کوچک، مانند ذراتی که به آن‌ها فوتون<sup>۴</sup> می‌گوییم، می‌توانند از این اجسام نیز عبور کنند. پرتوهای نور جریان‌هایی از فوتون هستند و می‌توانند از بعضی مواد جامد (موادی که «شفاف»<sup>۵</sup> می‌خوانیم‌شان) عبور کنند. «توپ‌های فوتبال»ی که گفتیم به شکلی در شیشه، آب، و یا برخی سنگ‌های جواهر در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند که فوتون‌ها می‌توانند از آن‌ها رد شوند؛ البته اندکی از سرعت‌شان کاسته می‌شود، مانند زمانی که شما می‌خواهید در آب راه بروید.

به جز مواردی استثنائی چون بلورهای کوآرتز، سنگ‌ها شفاف نیستند و از این رو، فوتون‌ها نمی‌توانند از آن‌ها عبور کنند. در عوض، بسته به رنگ سنگ، فوتون‌ها یا جذب سنگ می‌شوند و یا از سطح آن بازتاب داده می‌شوند. بیشتر مواد جامد دیگر نیز همین طور هستند. بعضی از مواد جامد، به شیوه‌ای خیلی خاص، فوتون‌ها را در خطوط مستقیم بازتاب می‌دهند؛ این مواد را «آینه» می‌خوانیم. اما بیشتر مواد جامد عمده فوتون‌ها را جذب می‌کنند (شفاف نیستند) و حتی آن‌هایی را هم که بازتاب می‌دهند پخش و پلا می‌کنند (مانند آینه عمل نمی‌کنند). این گونه اجسام را «مات» و، همچنین، رنگی می‌بینیم. رنگ آن‌ها به این بستگی دارد که چه نوع فوتون‌هایی را جذب می‌کنند و کدام‌ها را بازتاب می‌دهند. در فصل ۷، تحت عنوان «رنگین کمان چیست؟»، به موضوع مهم رنگ باز خواهیم گشت. فعلاً باید دیدمان را ریزتر کنیم و به درون خود هسته (توپ فوتبال) بنگریم.

<sup>۱</sup> . force

<sup>۲</sup> . bond

<sup>۳</sup> . field

<sup>۴</sup> . photon

<sup>۵</sup> . transparent

## ریزترین ریزها

هسته در واقع مثل توپ فوتبال نیست. قبلاً فقط خواستیم مدلی سردستی را ارائه دهیم. هسته مطمئناً مانند توپ فوتبال گرد نیست. حتی معلوم نیست که آیا درست است شکلی را به آن نسبت دهیم یا نه.

شاید وقتی که دربارهٔ ذراتی به این کوچکی صحبت می‌کنیم، واژهٔ «شکل» هم، مانند واژه‌ای چون «جامد»، تمام معنی خود را از دست بدهد. واقعاً داریم دربارهٔ چیزهای بسیار بسیار کوچکی بحث می‌کنیم: نقطهٔ آخر همین جمله از میلیون‌ها میلیون اتم جوهر تشکیل شده است.

هر هسته از ذرات کوچک‌تری به نام پروتون<sup>۱</sup> و نوترون<sup>۲</sup> ساخته شده است. می‌توانید این ذرات را نیز توپ در نظر بگیرید، اما درست مانند هسته، این ذرات هم واقعاً توپ نیستند. پروتون و نوترون تقریباً اندازهٔ یکدیگرند. در واقع، خیلی خیلی کوچک هستند، اما با همهٔ کوچکی‌شان ۱۰۰۰۰ برابر الکترون‌هایی (مگس‌هایی) هستند که به گرد هسته می‌چرخند. تفاوت اصلی میان پروتون و نوترون این است که پروتون بار الکتریکی<sup>۳</sup> دارد. الکترون‌ها هم بار الکتریکی دارند که مخالف بار پروتون‌هاست. فعلاً به این کاری نداریم که «بار الکتریکی» چیست. نوترون‌ها بار ندارند.

از آن‌جا که الکترون‌ها خیلی خیلی خیلی ریزند (در حالی که پروتون‌ها و نوترون‌ها فقط خیلی خیلی ریزند!) جرم<sup>۴</sup> اتم، عملاً فقط حاصل جرم پروتون‌ها و نوترون‌هاست. «جرم» یعنی چه؟ می‌توان جرم را چیزی شبیه وزن در نظر گرفت. یکای آن با یکای وزن یکی است (گرم یا پوند). با وجود این، وزن و جرم یکی نیستند و لازم است که تفاوت‌شان را توضیح دهیم، اما در فصل بعد به این موضوع خواهیم پرداخت. فعلاً «جرم» را چیزی همچون «وزن» در نظر بگیرید.

جرم یک چیز تقریباً فقط به این بستگی دارد که اتم‌های آن، روی هم رفته، چند پروتون و نوترون دارند. تعداد پروتون‌های موجود در هستهٔ هر اتم از عنصری خاص همیشه ثابت است و برابر است با تعداد الکترون‌هایی که در مدارهای خود گرد هسته می‌چرخند، ولی الکترون‌ها تأثیر قابل توجهی روی جرم نمی‌گذارند، چرا که زیادی کوچک‌اند. اتم هیدروژن فقط یک پروتون (و یک الکترون) دارد. اورانیوم ۹۲ پروتون دارد. سرب ۸۲ تا. و کربن ۶ تا. از میان اعداد ممکن ۱ تا ۱۰۰ (و اندکی بیشتر)، فقط و فقط یک عنصر وجود دارد که این تعداد پروتون (و به همین تعداد الکترون) دارد. نام همهٔ آن‌ها را این‌جا نمی‌آورم، اما کار سختی هم نیست.

تعداد پروتون (الکترون) یک عنصر «عدد اتمی»<sup>۵</sup> آن عنصر است. از این رو، یک عنصر را نه تنها با نامش بلکه با عدد اتمی مختص به آن نیز می‌توان تعریف کرد. برای نمونه، عنصر شمارهٔ ۶ کربن است و عنصر شمارهٔ ۸۲ سرب. عنصرها را خیلی راحت در جدولی به نام «جدول تناوبی»<sup>۶</sup> کنار یکدیگر قرار داده‌اند. این که چرا چنین نامی به آن داده شده است داستان جالبی دارد، اما با وجود این، در این جا به آن نمی‌پردازم. اما حال، مطابق قولی که داده بودم، وقت آن رسیده است که توضیح دهیم چرا وقتی تکه‌ای سرب را به قطعات ریزتر تقسیم می‌کنیم به جایی می‌رسیم که تقسیم کردن آن ممکن نیست، و اگر از این هم آن را کوچک‌تر کنیم، چیزی که به دست می‌آید دیگر سرب نیست. اتم سرب ۸۲ پروتون دارد. اگر اتم را طوری تقسیم کنید که ۸۲ پروتون نداشته باشد، دیگر سرب نخواهد بود.

تعداد نوترون‌های هستهٔ اتم، نسبت به تعداد پروتون‌های آن، ثابت کمتری دارد: بسیاری از عناصر نسخه‌های مختلفی با تعداد نوترون‌های متفاوت دارند که به آن‌ها ایزوتوپ<sup>۷</sup> می‌گویند. برای نمونه، سه ایزوتوپ کربن وجود دارد که کربن-۱۲، کربن-۱۳،

<sup>۱</sup> . proton

<sup>۲</sup> . neutron

<sup>۳</sup> . electric charge

<sup>۴</sup> . mass

<sup>۵</sup> . atomic number

<sup>۶</sup> . periodic table

<sup>۷</sup> . isotope

و کربن-۱۴ نام دارند. این اعداد به جرم اتم اشاره دارند که مجموع پروتون‌ها و نوترون‌های آن است. هر کدام از آن ایزوتوپ‌ها شش پروتون دارد. کربن-۱۲ شش نوترون دارد، کربن-۱۳ هفت نوترون، و کربن-۱۴ هشت نوترون. بعضی ایزوتوپ‌ها، برای نمونه کربن-۱۴، رادیواکتیو هستند؛ یعنی این که با سرعتی قابل پیش‌بینی، ولی در لحظه‌ای غیرقابل پیش‌بینی، به عنصری دیگر تبدیل می‌شوند. دانشمندان از این ویژگی برای محاسبه سن فسیل‌ها استفاده می‌کنند. کربن-۱۴ برای تعیین تاریخ چیزهایی به کار می‌رود که از بیشتر فسیل‌ها عمر کمتری دارند، مثل کشتی‌های چوبی قدیمی.

خوب، حال تلاش ما برای تقسیم چیزها به اجزای کوچک‌تر و کوچک‌تر به این سه عنصر، یعنی الکترون، پروتون، و نوترون، ختم می‌شود؟ خیر، حتی داخل پروتون و نوترون هم چیزهایی وجود دارد. حتی آن‌ها هم از چیزهای کوچک‌تری ساخته شده‌اند که کوآرک<sup>۱</sup> نام دارند. اما در این کتاب به کوآرک‌ها نمی‌پردازم. نه به این دلیل که فکر کنم از فهم شما خارج است، بلکه به این دلیل که می‌دانم از درک من خارج است. در این جا دیگر به دنیایی اسرارآمیز و شگفت‌انگیز پا می‌گذاریم. و مهم است بدانیم که کجا به آستانه درک خود می‌رسیم. این بدین معنا نیست که هرگز توانایی فهم این موضوع را پیدا نخواهیم کرد. شاید روزی بتوانیم؛ دانشمندان هم دارند روی این قضیه کار می‌کنند و امید زیادی هم به موفقیت دارند. اما باید بدانیم که چه چیزهایی را نمی‌توانیم درک کنیم و پیش از این که کار کردن بر روی آن را شروع کنیم، این موضوع را پیش خودمان اقرار کنیم. دانشمندان هستند که دست کم چیزهایی از این سرزمین عجایب می‌فهمند، اما من یکی جزءشان نیستم. من محدودیت‌های خود را می‌دانم.

### کربن: داربست حیات

همه عناصر به شیوه خاص خود منحصربه‌فردند. اما یکی از این عناصر، کربن، آن قدر خاص است که پایان این فصل را، به اختصار، به آن اختصاص می‌دهیم. حتی مطالعه شیمیایی کربن نام منحصربه‌فرد خود را دارد که آن را از دیگر مباحث جدا می‌سازد: شیمی «آلی»<sup>۲</sup>. بقیه علم شیمی شیمی «غیرآلی»<sup>۳</sup> «غیر زنده» است. حال چرا کربن این قدر خاص است؟ پاسخ این است که اتم‌های کربن به سایر اتم‌های کربن متصل می‌شوند و زنجیره‌هایی<sup>۴</sup> را تشکیل می‌دهند. ترکیب شیمیایی اکتان<sup>۵</sup>، همان طور که احتمالاً می‌دانید، یکی از اجزاء تشکیل‌دهنده بنزین<sup>۶</sup> است. اکتان تقریباً زنجیره کوچکی از هشت اتم کربن است که به هر طرف آن یک اتم هیدروژن وصل شده است. ویژگی خارق‌العاده کربن این است که زنجیره‌هایی که می‌سازد می‌توانند هر طولی داشته باشند. بعضی از زنجیره‌ها، در معنای واقعی، از بیش از صدها اتم کربن تشکیل شده‌اند. گاهی اوقات زنجیره‌ها با هم حلقه<sup>۷</sup> تشکیل می‌دهند. برای نمونه، مولکول‌های نفتالین<sup>۸</sup> (قرص‌های ضد بیخوردگی از این ماده ساخته شده‌اند) نیز از کربن‌هایی تشکیل شده است که به آن‌ها هیدروژن وصل است، که در این مورد، تعداد حلقه‌ها دو تاست. ساختارهای کربنی را تقریباً می‌توان با کیت‌های اسباب‌بازی مغناطیسی مقایسه کرد که به نام «مگنت» مشهورند. شیمی‌دان‌ها موفق شده‌اند که، در آزمایشگاه، اتم‌های کربن را به شکل‌های خاصی به هم پیوند دهند، به شکل‌های خارق‌العاده‌ای که به سازه‌های مگنتی مانده‌اند. نام مستعار این مولکول‌ها «باکی‌بال»<sup>۹</sup> و «باکی‌تیوب»<sup>۱۰</sup> است. «باکی» نام مستعار باکمینستر فولر<sup>۱۱</sup>، معمار بزرگ آمریکایی، است که گنبد ژئودزیک<sup>۱۲</sup> از ابداعات اوست. باکی‌بال و باکی‌تیوبی که دانشمندان ساخته‌اند

<sup>۱</sup> . quark

<sup>۲</sup> . organic chemistry

<sup>۳</sup> . inorganic chemistry

<sup>۴</sup> . chain

<sup>۵</sup> . octane

<sup>۶</sup> . petrol/gasoline

<sup>۷</sup> . loop

<sup>۸</sup> . naphthalene

<sup>۹</sup> . Buckyball

<sup>۱۰</sup> . Buckytube

<sup>۱۱</sup> . Buckminster Fuller

<sup>۱۲</sup> . geodesic dome

مولکول‌هایی مصنوعی‌اند. اما این مولکول‌ها نشان می‌دهند که می‌توان اتم‌های کربن را مانند قطعاتِ مگنت به هم وصل کرد و سازهایی داربست شکل را به وجود آورد که بی‌نهایت بزرگ باشند. (اخیراً در خبری جالب اعلام شد که در فضا، در گرد و غباری در نزدیکی ستاره‌ای دور، باکی‌بال کشف کرده‌اند.) ساختار شیمیایی کربن به گونه‌ای است که امکان ساخت بی‌نهایت مولکول را با شکل‌هایی متفاوت ممکن می‌سازد. هزاران نوع از این مولکول‌ها در بدن موجودات زنده یافت می‌شوند.

برای نمونه، مولکولی بسیار بزرگ، به نام میوگلوبین<sup>۱</sup>، در شماری میلیونی در تمام عضلات ما یافت می‌شود. همه اتم‌های میوگلوبین کربن نیستند، اما این اتم‌های کربن هستند که به این شیوه مسحورکننده در ساختارهایی مگنت‌شکل به هم می‌پیوندند. و این در واقع همان چیزی است که حیات را ممکن می‌سازد. وقتی بدانیم میوگلوبین فقط یک نمونه از میان هزاران مولکول سلول‌های زنده است که به همین اندازه پیچیده‌اند، شاید بتوان تصور کرد که ساختار شیمیایی کربن امکان تشکیل فرم‌های بسیار زیادی را فراهم می‌کند که برای به وجود آمدن چیزی به پیچیدگی یک موجود زنده لازم هستند، همان گونه که در صورت وجود قطعات مگنت کافی تقریباً ساخت همه چیز ممکن می‌شود.

### چی؟ خبری از اسطوره نیست؟

این فصل غیر عادی است، چون با فهرستی از اسطوره‌ها آغاز نمی‌شود. علت این بود که پیدا کردن اسطوره‌ای که به این موضوع پرداخته باشد بسیار دشوار بود. برعکس چیزهایی مانند خورشید، رنگین کمان، و یا زلزله، دنیای شگفت‌انگیز ذرات بسیار کوچک هرگز به چشم انسان‌های نخستین نیامدند. اگر اندکی به این موضوع بیاورید، خواهید دید که چیز عجیبی هم نیست. به هیچ وجه حتی ممکن هم نبود که انسان‌های اولیه از وجود این ذرات مطلع شوند و از این رو، اسطوره‌ای هم برای توضیح‌شان نیافریدند. با ظهور میکروسکوپ در قرن شانزدهم بود که انسان فهمید تالاب‌ها و دریاچه‌ها، خاک و گرد و غبار، حتی بدن خود ما، مملو از موجودات زنده بسیار کوچکی هستند که نمی‌توان آن‌ها را به چشم دید. با وجود این، این موجودات موجوداتی پیچیده‌اند که زیبایی خاص خود را دارند. شاید هم بتوان گفت که در نوع خود ترسناک‌اند. به این بستگی دارد که از چه منظری به قضیه نگاه کنید.

مایت‌های گرد و غبار<sup>۲</sup> خویشاوندی خیلی دوری با عنکبوت‌ها<sup>۳</sup> دارند، اما آن قدر کوچکند که به زحمت می‌توان دیدشان، مگر به صورت نقطه‌هایی ریز. هزاران مایت گرد و غبار در هر خانه وجود دارد که میان الیاف هر فرش و رخت‌خوابی می‌خزند (احتمالش زیاد است که در رخت‌خواب شما هم جا خوش کرده باشند). خودتان تصور کنید اگر انسان‌های نخستین از وجود آن‌ها اطلاع داشتند چه اسطوره‌ها و افسانه‌هایی که برای توجیه‌شان خلق نمی‌کردند! اما پیش از اختراع میکروسکوپ به مخیله کسی هم خطور نمی‌کرد که چنین موجوداتی وجود داشته باشند و از این رو اسطوره‌ای هم درباره آن‌ها وجود ندارد. نکته دیگر این که مایت گرد و غبار با همه کوچکی از صدها تریلیون اتم ساخته شده است.

مایت‌های گرد و غبار آن قدر ریزند که نمی‌توان آن‌ها را دید، و سلول‌های تشکیل دهنده آن‌ها از این هم کوچک‌ترند. باکتری‌هایی که به وفور داخل بدن آن‌ها (و ما) زندگی می‌کنند از این هم کوچک‌ترند.

و اتم‌ها به مراتب از باکتری‌ها کوچک‌ترند. جهان از چیزهایی ساخته شده است که به طرزی باورنکردنی ریز هستند، آن قدر ریز که با چشم غیرمسلح قابل دیدن نیستند. با وجود این، هیچ یک از اسطوره‌ها یا کتاب‌هایی که به «کتب مقدس» معروفند (کتاب‌هایی که حتی در عصر حاضر هم بعضی افراد باور دارند که از سوی خدا بر آن‌ها نازل شده است، خدایی که به همه چیز داناست) نامی از آن‌ها نبرده‌اند! در واقع، وقتی که این اسطوره‌ها را بررسی می‌کنیم، می‌بینیم که از هر گونه دانسته‌ای که علم صبورانه کشف کرده است عاری‌اند. این اسطوره‌ها درباره اندازه و قدمت گیتی به ما چیزی نمی‌گویند. به ما نمی‌گویند که چگونه

<sup>۱</sup> . myoglobin

<sup>۲</sup> . dust mite

<sup>۳</sup> . spider

می‌توان سرطان را درمان کرد. توضیحی دربارهٔ گرانش یا موتور درون‌سوز<sup>۱</sup> ارائه نمی‌دهند. دربارهٔ میکروب‌ها<sup>۲</sup>، همجوشی هسته‌ای<sup>۳</sup>، برق، یا داروهای بیهوشی چیزی به ما نمی‌گویند. عجیب هم نیست که داستان‌های کتب مقدس و رای اطلاعات انسان‌های نخستین، که خود آغازگر این داستان‌ها بوده‌اند، چیزی برای گفتن در چنته ندارند. اگر این «کتب مقدس» را واقعاً خدایانی دانا بر همه چیز نوشته، دیکته یا وحی کرده‌اند، به نظر شما عجیب نیست که آن خدایان هیچ چیزی دربارهٔ این موضوعات مهم و کاربردی نگفته‌اند؟

---

<sup>۱</sup> . internal combustion engine

<sup>۲</sup> . germ

<sup>۳</sup> . nuclear fusion

چرا شب و روز و زمستان و تابستان داریم؟



زندگی ما تحت سلطه دو ریتم عمده است که یکی کندتر از دیگری است. یکی از این ریتم‌ها تغییر شب و روز است که هر ۲۴ ساعت تکرار می‌شود و ریتم کندتر تغییرات سالانه بین زمستان و تابستان است که در بازه‌ای اندکی طولانی‌تر از ۳۶۵ روز تکرار می‌شود. جای تعجب ندارد که هر دو این ریتم‌ها مایه بروز اسطوره‌هایی بوده‌اند. مخصوصاً درباره چرخه روز و شب اسطوره‌ها نقل شده است؛ چه بسا به این دلیل که خورشید به طرز چشمگیر از شرق به غرب می‌رود. بعضی مردم حتی خورشید را ارباب‌ای طلایی پنداشته‌اند که خدایی آن را در عرش می‌تازاند.

مردم بومی استرالیا دست‌کم به مدت ۴۰,۰۰۰ سال در جزیره خود در انزوا به سر می‌برده‌اند و برخی از قدیمی‌ترین اسطوره‌ها متعلق به این مردم است. این اسطوره‌ها معمولاً در عصر مرموزی به نام «روزگار رؤیا»<sup>۱</sup> رخ داده‌اند. آن‌ها عقیده داشتند که در این عصر، حیوانات و نژادی از نیاکان گول‌پیکر ما بر زمین پدیدار شدند. قبایل بومی مختلف اسطوره‌های مختلفی از روزگار رؤیا دارند. اسطوره‌ای که بحث را با آن آغاز خواهیم کرد متعلق به قبیله‌ای است که در رشته‌کوه‌های فلیندرز<sup>۲</sup> در جنوب استرالیا زندگی می‌کنند.

در روزگار رؤیا، دو سوسمار با هم دوست بودند. یکی از آن‌ها از گونه گوانا<sup>۳</sup> بود (نام استرالیایی نوعی بزمجه بزرگ) و دیگری چکو<sup>۴</sup> (سوسماری کوچک و بامزه که کف پاهایش بالشتک‌هایی می‌کند دارد و به کمک‌شان می‌تواند از سطوح عمودی بالا رود). این دو دوست فهمیدند که «خورشید خانم» و دسته سگ‌های دینگواش<sup>۵</sup> دوستان آن‌ها را قتل عام کرده‌اند.

گوانای بزرگ، که از دست خورشید خانم خشمگین بود، بومرنگش را به سمت او پرتاب کرد و او را از آسمان به بیرون فرستاد. این گونه بود که خورشید به افق غرب رفت، از آن‌جا ناپدید شد و جهان در تاریکی فرو رفت. دو سوسمار زهره‌ترک شدند و به آب و آتش زدند تا خورشید به آسمان بازگردد و روشنی را با خود بیاورد. سوسمار گوانا بومرنگ دیگری برداشت و به سمت غرب، سمتی که خورشید در آن ناپدید شده بود، پرتابش کرد. همان گونه که احتمالاً می‌دانید، بومرنگ سلاح جالبی است و دوباره به سمت کسی که پرتابش کرده است باز می‌گردد. پس سوسمارها امید داشتند که بومرنگ، در راه برگشت خود، دوباره به خورشید بخورد و آن را دوباره به آسمان بیاورد. این طور نشد. سپس تلاش کردند که بومرنگ را در همه جهات پرتاب کنند و کورسوی امیدی داشتند که در یکی از پرتاب‌ها بتوانند خورشید را برگردانند. سرانجام فقط یک بومرنگ برای سوسمار گوانا به جا ماند و آن را با ناامیدی به سمت شرق، سمت مخالف ناپدید شدن خورشید، پرتاب کرد. این بار، بومرنگ در بازگشتش خورشید را با خود آورد. از آن زمان خورشید همین‌گویی ثابت را تکرار کرده است؛ در غرب ناپدید می‌شود و در شرق پدیدار.

بسیاری از اسطوره و افسانه‌های سرتاسر دنیا یک ویژگی عجیب دارند: واقعه‌ای خاص یک بار اتفاق می‌افتد و پس از آن، به دلایلی نامعلوم، همان واقعه مرتباً، بارها و بارها، تکرار می‌شود.

در این جا، اسطوره بومی دیگری را نقل می‌کنیم؛ این بار از جنوب شرقی استرالیا. یک نفر تخم یک امو<sup>۶</sup> (نوعی شترمرغ استرالیایی) را به آسمان پرتاب کرد. از درون آن تخم، خورشید سر بر آورد و بر تلی از چوب خشک، که دست بر قضا (حالا به هر دلیلی) آن‌جا بود، آتش افکند. خدای آسمان متوجه شد که نور به درد انسان‌ها می‌خورد و به خدمتکارانش دستور داد، که از آن زمان به بعد، هر شب بروند و هیزم کافی برای روشنی بخشیدن به روز بعد در آسمان بگذارند.

برای چرخه طولانی‌تر هم، که چرخه فصل‌هاست، اسطوره‌هایی در سراسر دنیا نقل شده است. اسطوره‌های مردم بومی آمریکای شمالی، مانند بسیاری دیگر از اساطیر، معمولاً شخصیت‌های حیوانی دارند. اسطوره‌ای که می‌خواهم برای تان بگویم متعلق

<sup>۱</sup> . Dreamtime

<sup>۲</sup> . Flinders Ranges

<sup>۳</sup> . goanna

<sup>۴</sup> . gecko

<sup>۵</sup> . dingo

<sup>۶</sup> . emu

به مردم تالتان است که در غرب کانادا می‌زیسته‌اند. در این اسطوره، بین تَشی<sup>۱</sup> و سگ‌آبی<sup>۲</sup>، بر سر بلندی فصول، نزاعی در می‌گیرد. تَشی دوست داشت که زمستان ۵ ماه طول بکشد و به این دلیل پنج انگشتش را بالا برد. اما سگ‌آبی می‌خواست که زمستان ماه‌های بیشتری به طول بیانجامد: به اندازه شیارهای دُمش. تَشی خشمگین شد و پایش را در یک کفش کرد که زمستان باید کوتاه‌تر هم بشود. به همین دلیل، در حرکتی شگفت‌انگیز، انگشت شست خود را قطع کرد و چهار انگشت باقیمانده را بالا گرفت. و از آن زمان تا کنون زمستان چهار ماهه شد.

من این اسطوره را نامیدکننده می‌یابم، چون از پیش فرض را بر این گرفته است که زمستان و تابستانی وجود خواهند داشت و فقط توضیح می‌دهد که هر کدام از این فصول چه مدت خواهند بود. اسطوره یونانی پرسفونه<sup>۳</sup> حداقل از این لحاظ پرمایه‌تر است.

پرسفونه دختر خدای خدایان، زئوس<sup>۴</sup>، بود. مادرش، دِمِتِر<sup>۵</sup>، ایزدبانوی باروری زمین و برداشت محصول بود. دمتر پرسفونه را بسیار دوست داشت؛ چرا که در مراقبت از کشته‌ها به مادرش کمک می‌کرد. اما هادِس<sup>۶</sup>، خدای زیرین جهان<sup>۷</sup> یا عالم مردگان، نیز از قضا عاشق پرسفونه شده بود. یک روز، وقتی که پرسفونه مشغول بازی در چمنزار پوشیده از گل بود، زمین دهان گشود و هادِس با اربابه خود از آن بیرون آمد؛ آن گاه پرسفونه را ربود و با خود پایین کشید و او را شه‌بانوی قلمرو تاریک و زیرزمینی خود کرد. دمتر چنان از غم از دست دادن دخترش سوگوار و ماتم‌زده شد که جلو رشد گیاهان را گرفت و مردم دچار قحطی شدند. سرانجام، زئوس هیرمِس، پیام‌رسان خدایان، را به زیرین جهان فرستاد تا پرسفونه را با خود به سرزمین زندگان و روشنایی بازگرداند. شوربختانه، کاشف به عمل آمد که پرسفونه شش دانه انار در زیرین جهان خورده است و این (طبق منطق اسطوره‌ها که تا کنون باید به آن خو گرفته باشیم) بدین معنا بود که پرسفونه می‌بایست، هر سال، شش ماه به زیرین جهان بر می‌گشت (یک ماه به اِزائِ هر دانه انار). از این رو، پرسفونه بخشی از سال را، که از بهار شروع می‌شد و تا پایان تابستان ادامه داشت، روی زمین می‌زیست. در این زمان، گیاهان رشد می‌کنند و همه چیز خوب و خوش است. اما در طول زمستان که پرسفونه، به دلیل خوردن آن دانه‌های انار لعنتی، مجبور است به نزد هادِس برگردد، زمین سرد و بایر است و هیچ گیاهی نمی‌روید.

### چه چیزی واقعاً باعث تغییر روز به شب و زمستان به تابستان می‌شود؟

هر گاه چیزی به گونه‌ای ریتمیک و با دقتی بالا تغییر کند، دانشمندان بدین اندیشه می‌افتند که یا چیزی مانند آونگ در حال نوسان است یا این که چیزی پیوسته در حال چرخش است. عامل ریتم‌های روزانه و فصلی مورد دوم است. ریتم فصلی را گردش سالانه زمین به دور خورشید توجیه می‌کند که مسافت آن حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است. و ریتم روزانه را گردش زمین به گرد خود توجیه می‌کند که شبیه به چرخش فرفره است.

حرکت خورشید در آسمان چیزی جز توهم نیست. آن چه رخ می‌دهد توهم حرکت نسبی است. مطمئناً بارها دچار چنین توهمی شده‌اید. مثلاً در قطاری در ایستگاه نشسته‌اید و قطار دیگری نیز در کنار شماست. ناگهان به نظرتان می‌رسد که دارید «حرکت» می‌کنید. اما بعد متوجه می‌شوید که اصلاً حرکتی نمی‌کرده‌اید. این قطار دیگر است که دارد در خلاف جهت شما حرکت می‌کند. من خود به خاطر دارم که اولین باری که می‌خواستم با قطار سفر کنم دچار این توهم شدم. (احتمالاً سن و سال خیلی کمی داشتم، چرا که سوتی دیگری هم در اولین سفرم دادم. وقتی که در جایگاه منتظر قطار بودیم، پدر و مادرم مدام می‌گفتند «قطار ما به زودی می‌رسد»، «قطار ما دارد می‌آید»، و «این قطار ماست». بسیار مشتاق شده بودم که سوارش شوم، چون که آخر

<sup>۱</sup> . Porcupine

<sup>۲</sup> . Beaver

<sup>۳</sup> . Persephone

<sup>۴</sup> . Zeus

<sup>۵</sup> . Demeter

<sup>۶</sup> . Hades

<sup>۷</sup> . the underworld



قطارِ قطارِ ما بود. بالا و پایین راهروهای قطار را مدام گز می‌کردم، همه چیز آن برایم مایه شوق و شغف بود؛ شدیداً احساس غرور می‌کردم؛ چرا که گمان می‌کردم صاحبِ کلِ قطار هستم.)

توهم حرکتِ نسبی به صورتِ برعکس نیز ممکن است رخ دهد. ممکن است فکر کنید که قطارِ کناری حرکت کرده است، اما بعد به خود می‌آیید و می‌بینید که این قطارِ شماست که دارد حرکت می‌کند. تشخیص تفاوتِ میانِ حرکتِ ظاهری و حرکتِ واقعی چه بسا بسیار دشوار باشد. مسلماً اگر قطارتان با تکانی شدید شروع به حرکت کند، تشخیص آسان است، اما اگر قطار نرم و روان حرکت کند، کار سخت می‌شود. وقتی که قطارتان دارد از قطارِ دیگری که اندکی کندتر حرکت می‌کند پیشی می‌گیرد، ممکن است گاه تصور کنید که قطارِ شما ثابت است و این قطار دیگر است که دارد به آرامی به عقب باز می‌گردد.

در موردِ خورشید و زمین هم همین مسئله صدق می‌کند. خورشید در آسمان از شرق به غرب حرکت نمی‌کند. چیزی که در واقع رخ می‌دهد این است که زمین، تقریباً مثل هر چیز دیگری در گیتی (از جمله خودِ خورشید، ولی فعلاً به آن کاری نداریم)، در حالِ گردشِ گردِ خود است. به زبانِ فنی می‌گوییم که زمین حولِ «محور» خودش می‌چرخد. محورِ زمین را می‌توانید همچون میله‌ای در نظر بگیرید که از میانِ زمین رد شده است و قطبِ شمال و جنوب را به هم وصل می‌کند. خورشید نسبت به زمین تقریباً ثابت است (البته نسبت به چیزهای دیگری که در گیتی وجود دارند ثابت نیست، در این جا دارم وضعیتِ خورشید را نسبت به جایی که ما هستیم، یعنی کرهٔ زمین، شرح می‌دهم). ما آن قدر نرم و روان در حالِ گردشِ هستیم که این حرکت را حس نمی‌کنیم و هوایی هم که تنفس می‌کنیم با ما در حالِ گردش است. اگر چنین نبود، با بادی تند و پر قدرت مواجه می‌شدیم؛ چرا که سرعتِ گردشِ ما ۱۶۰۹ کیلومتر بر ساعت است. دست‌کم این سرعتِ گردشِ رویِ خطِ استواست. بی‌گمان هر چه به قطب شمال یا جنوب نزدیک‌تر می‌شویم، از سرعتِ گردشِ ما کاسته می‌شود، زیرا زمینی که بر روی آن قرار داریم برای کامل کردنِ یک دور حولِ محورِ خود مسافتِ کمتری را باید بپیماید. از آن‌جا که گردشِ زمین را احساس نمی‌کنیم و هوا هم با ما در گردش است، شرایطِ مانندِ مثالی است که در موردِ حرکتِ دو قطار زدیم. فقط به یک شیوه می‌توانیم متوجه حرکتِ خود شویم: به چیزهایی نگاه کنیم که همراه ما در حالِ حرکت نیستند، چیزهایی مثل ستارگان و خورشید. چیزی که شاهدش هستیم حرکتِ نسبی است و، مانندِ مثال قطارها، چنین به نظر می‌رسد که ما ثابتیم و این خورشید و ستارگان هستند که در آسمان در حالِ حرکتند.

روزی یکی از اندیشمندانِ شهیر، به نام ویتگنشتاین<sup>۱</sup>، از یکی از دوستان و شاگردانِ خود به نام الیزابت انسکوم<sup>۲</sup> پرسید:

«چرا مردم می‌گویند که تصورِ گردشِ خورشید به دورِ زمین طبیعی بوده است، نه این که زمین به گردِ محورِ خود

می‌چرخد؟»

خانم/انسکوم پاسخ داد:

«به عقیدهٔ من، چون به نظر می‌رسید که این خورشید است که گردِ زمین می‌چرخد.»

ویتگنشتاین پاسخ داد: «خوب، چطور باید به نظر می‌رسید که فکر کنیم زمین به گردِ خودش می‌چرخد؟»

حالا پیدا کنید پرتقال فروش را!

اگر زمین با سرعت ۱۶۰۹ کیلومتر بر ساعت در حالِ گردش است، پس چرا وقتی که بالا می‌پریم جایِ دیگری فرود نمی‌آییم؟ خوب، وقتی هم که در قطاری هستید که با سرعتِ ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت حرکت می‌کند، اگر بالا بپرید باز بر همان نقطه‌ای فرود می‌آیید که از آن جا شروع به پریدن کرده بودید. می‌توانید این گونه تصور کنید که وقتی که به بالا می‌پرید، قطار شما را به سمتِ جلو پرتاب می‌کند، ولی چنین به نظر نمی‌رسد؛ به این دلیل که هر چیز دیگری هم دارد به همین سرعت با شما حرکت می‌کند. می‌توانید در قطار تویی را به بالا پرتاب کنید و توپ مستقیم در همان مسیر پایین بیاید. بدون هیچ مشکلی می‌توان در قطار پینگ‌پنگ بازی کرد؛ البته به شرطی که قطار روان و یکنواخت حرکت کند و در پیچ و خم جاده سرعتش را کم و زیاد نکند. (اما فقط در کوپه‌ای بسته. اگر بخواهید در کامیونی روباز پینگ‌پنگ بازی کنید، باد توپ را با خود خواهد برد؛ چرا که

<sup>۱</sup> . Wittgenstein

<sup>۲</sup> . Elizabeth Anscombe

هوا همراه با شما وارد فضای بسته می‌شود، اما وقتی که در کامیونی روباز ایستاده باشید چنین نیست.) وقتی که در کوپه‌ای بسته باشید و با سرعتی ثابت حرکت کنید، هر چقدر هم که سرعتتان زیاد باشد، شما و توپ پینگ‌پنگ و تمام چیزهای داخل قطار ثابت خواهید بود. ولی اگر قطار سرعتش را زیاد کند (یا کم کند) و بخواهید بالا بپرید در جای دیگری فرود خواهید آمد! و اگر سرعت قطار کم و زیاد شود، پینگ‌پنگ بازی کردن در آن عجیب و غریب خواهد شد، با این که همچنان هوای داخل کوپه، نسبت به کوپه، کاملاً ثابت است. بعداً به این موضوع برمی‌گردیم، زمانی که خواستیم درباره این صحبت کنیم که اگر چیزی را در ایستگاهی فضایی، که در حال حرکت در مدار خود است، پرتاب کنیم چه اتفاقی می‌افتد.

### کار شبانه‌روزی و تقویم

ما در هر نقطه‌ای از کره زمین ایستاده باشیم، وقتی آن نقطه با گردش کره زمین روبروی خورشید قرار گیرد یا به قسمتی حرکت کند که نور به آن نمی‌رسد، به ترتیب، شب جای خود را به روز می‌دهد و روز جای خود را به شب. اما چیزی که تقریباً به همین اندازه ناگهانی رخ می‌دهد، دست‌کم برای کسانی که دور از استوا زندگی می‌کنند، تغییر فصل است: گذر از شب‌های کوتاه و روزهای گرم و طولانی در تابستان به شب‌های طولانی و روزهای کوتاه و سرد در زمستان. تفاوت بین روز و شب به حدی فاحش است که بیشتر گونه‌های حیوانی نمی‌توانند هم در شب فعالیت کنند و هم در روز، بلکه فقط در یکی از این دو. آن‌ها معمولاً در زمان «تعطیلی» خود می‌خوابند. انسان‌ها و بیشتر پرندگان در طول شب می‌خوابند و در روز به تلاش برای معاش می‌پردازند. جوجه‌تیغی‌ها و جگوارها و بسیاری دیگر از پستان‌داران در شب کار می‌کنند و روز را در خواب به سر می‌برند.

به همین منوال، حیوانات به طرق مختلفی با تغییر فصول بین زمستان و تابستان روبرو می‌شوند. بسیاری از پستان‌داران در زمستان پشم‌هایی ضخیم و کرکی در می‌آورند که برای شان حکم بالاپوش را دارد. این پوشش در بهار از تن‌شان فرو می‌افتد. بسیاری از پرندگان و پستان‌داران نیز کوچ می‌کنند. گاهی اوقات مسافت زیادی را می‌پیمایند تا زمستان را نزدیک‌تر به استوا بگذرانند و با آمدن تابستان به ارتفاعات بلند (نقاط شمالی یا جنوبی دور از استوا)، که روزهای بلند و شب‌های کوتاه‌تر و غذای فراوان دارند، باز می‌گردند. افراسی‌ترین نوع این رفتار را می‌توان در نوعی پرنده دریایی، پرستوی دریایی شمالگان<sup>۱</sup>، مشاهده کرد. پرستوهای دریایی شمالگان تابستان شمالی را در شمالگان می‌گذرانند. سپس، هنگامی که در شمال فصل پاییز آغاز می‌شود، به جنوب کوچ می‌کنند؛ اما سفر خود را در مناطق گرمسیری پایان نمی‌دهند، بلکه کل راه را تا رسیدن به جنوبگان<sup>۲</sup> طی می‌کنند. بعضی کتاب‌ها جنوبگان را «سرزمین گذران زمستان» پرستوی دریایی شمالگان توصیف می‌کنند، اما این حرف بی‌معنی است. زمانی که آن‌ها به جنوبگان می‌رسند، در آنجا تابستان است. پرستوی دریایی شمالگان چنان مسافت زیادی را کوچ می‌کند که دو تابستان دارد، ولی «سرزمین گذران زمستان» ندارد چون اصلاً زمستان نمی‌بیند. به یاد شوخی یکی از دوستانم افتادم. او تابستان‌ها را در انگلستان و زمستان‌ها را در آفریقای استوایی سپری می‌کند تا به قول خودش «سختی زمستان را از سر بگذراند»!

یکی از دیگر روش‌های حیوانات برای مقابله با زمستان این است که کل زمستان را در خواب بگذرانند. به این روش مقابله «خواب زمستانی» می‌گویند. معادل انگلیسی این واژه، «hibernation»، از واژه لاتین «hibernus» می‌آید که به معنی «زمستانی» است. خرس‌ها و سنجاب‌های زمینی<sup>۳</sup> دو نمونه از انبوه پستان‌داران و دیگر حیواناتی هستند که به خواب زمستانی فرو می‌روند. بعضی از حیوانات کل زمستان را پیوسته در خواب به سر می‌برند و بعضی دیگر بیشتر آن را به خواب می‌گذارند و هر از گاهی فعالیتی خیلی سبک و ناچیز انجام می‌دهند و دوباره می‌خوابند. دمای بدن‌شان معمولاً در طول خواب زمستانی به شدت افت می‌کند و تقریباً تمام فعالیت‌های داخلی بدن‌شان متوقف می‌شود؛ موتور درونی‌شان خیلی به ندرت فعالیتی از خود نشان می‌دهد.

<sup>۱</sup> . Arctic terns

<sup>۲</sup> . Antarctic

<sup>۳</sup> . ground squirrel

حتی نوعی قورباغه در آلاسکا وجود دارد که این کار را به غایت خود می‌رساند. این قورباغه خود را در قالبی از یخ محبوس می‌کند و دمای خود را به صفر می‌رساند و با رسیدن بهار به تدریج بدن خود را گرم می‌کند و به زندگی باز می‌گردد.

حتی حیواناتی مثل ما هم، که برای مقابله با زمستان به خواب زمستانی فرو نمی‌روند یا کوچ نمی‌کنند، باید خود را با تغییر فصول سازگار سازند. درختان در زمستان جوانه می‌زنند و برگ‌ها در پاییز فرو می‌ریزند (به همین دلیل است که آمریکایی‌ها به این فصل «fall» می‌گویند که به معنی «فرو افتادن» است). درختانی هم که در تابستان سبز و شاداب‌اند، در زمستان نحیف و عریان می‌شوند. بره‌ها در بهار متولد می‌شوند و بدین ترتیب، هنگام رشد خود، از هوای گرم و علف‌های تازه برخوردار می‌شوند. درست است که ما در زمستان پوشش پشمی ضخیم و بلند در نمی‌آوریم، ولی چنین لباس‌هایی را به تن می‌کنیم.

پس معلوم شد که نمی‌توانیم به تغییرات فصول بی‌توجه باشیم؛ اما آیا از این تغییرات به درستی اطلاع داریم؟ بسیاری از مردم اطلاعات درستی ندارند. حتی عده‌ای هستند که نمی‌دانند یک سال طول می‌کشد تا کره زمین یک دور کامل دور خورشید بزند؛ در صورتی که تعریف سال همین است! بر اساس یک نظرسنجی، ۱۹ درصد بریتانیایی‌ها بر این باورند که یک ماه طول می‌کشد که زمین به دور خورشید بچرخد. در سایر کشورهای اروپایی نیز آمار کم و بیش همین است.

حتی از میان آن‌هایی هم که تعریف درست سال را می‌دانند، عده بسیاری فکر می‌کنند که در تابستان، نسبت به زمستان، زمین به خورشید نزدیک‌تر است. حالا جرأت دارید همین حرف را به استرالیایی‌هایی بزنید که کباب شام کریسمس را با بیکنی روی شن‌های سوزان ساحل طبخ می‌کنند! اگر دقت کنید، در نیمکره جنوبی، ماه دسامبر <حدوداً همزمان با آذر ماه گاه‌شمار خورشیدی> وسط تابستان است و ماه ژوئن <حدوداً همزمان با خرداد> وسط زمستان است. پس فاصله زمین از خورشید عامل تغییرات فصلی نیست. باید دلیل دیگری داشته باشد.

برای این که بتوانیم توضیح قابل قبولی ارائه دهیم، باید نخست به این پرسش پاسخ دهیم که چه چیزی باعث می‌شود بعضی اجرام آسمانی دور اجرام آسمانی دیگر بچرخند؟ پس در ادامه به این موضوع می‌پردازیم.

## در مدار<sup>۱</sup>

چرا سیاره‌ها در مدار حرکت به دور خورشید برقرار می‌مانند؟ اصلاً چه چیز باعث می‌شود که چیزی، در یک مدار، گرد چیز دیگری بچرخد؟ پاسخ این پرسش را نخستین بار سر آیزاک نیوتن<sup>۲</sup> کشف کرد که در قرن هفدهم می‌زیست و یکی از بزرگترین دانشمندان تاریخ است. نیوتن ثابت کرد که این نیروی گرانش است که همه مدارها را کنترل می‌کند، همان نیرویی که سیب را از سر درخت به سمت زمین می‌کشاند و باعث افتادن آن می‌شود ولی این بار در مقیاسی بزرگتر. (این داستان که نیوتن زمانی به نیروی گرانش پی برد که سیب به سرش خورد، با افسوس بسیار، احتمالاً حقیقت ندارد.)

نیوتن یک توپ جنگی را بر سر یک کوه تصور کرد که لوله‌اش به صورت افقی به سمت دریا نشانه رفته است (کوه مشرف بر ساحل است). هر گلوله‌ای که این توپ شلیک می‌کند نخست به صورت افقی حرکت می‌کند، اما هم‌زمان به سمت دریا مایل می‌شود. ترکیب حرکت روی دریا و مایل شدن به سمت آن یک منحنی نزولی و زیبا ایجاد می‌کند که نقطه غایی آن برخورد با آب است. درک این مطلب مهم است که گلوله در کل مسیر در حال افتادن است، حتی در لحظه‌های نخست حرکت که منحنی آن صاف‌تر است. این گونه نیست که در آغاز، مدتی حرکتی صاف و افقی داشته باشد و ناگهان، مانند شخصیت‌های کارتونی که یک دفعه متوجه می‌شوند که باید بیافتند، نظرش عوض شود و شروع به افتادن کند!

گلوله توپ همان لحظه که از دهانه توپ خارج می‌شود شروع به افتادن می‌کند؛ اما این حرکت را حرکتی رو به پایین نمی‌بینیم چون گلوله (تقریباً) افقی حرکت می‌کند و حرکتش بسیار سریع است.

حال توپی بزرگتر و قوی‌تر را در نظر بگیرید، به گونه‌ای که گلوله آن پیش از برخورد با آب، نخست، فرسنگ‌ها مسافت را

<sup>۱</sup> . orbit

<sup>۲</sup> . Sir Isaac Newton

طی کند. منحنی همچنان نزولی است، اما نزول آن بسیار تدریجی است، تا جایی که منحنی «صاف» به نظر می‌رسد. طی عمده مسیر، جهت حرکت تقریباً افقی است، ولی با وجود این، توپ از همان لحظه نخست در حال افتادن است.

حال توپی به مراتب بزرگتر را تصور کنید که قدرتی چندین برابر دارد؛ توپی چنان قدرتمند که گلوله آن پیش از برخورد با آب مسافتی بسیار طولانی را طی می‌کند. در این حال، انحناي زمین به تدریج آثار خودش را نشان می‌دهد. توپ، پس از شلیک، همچنان از همان آغاز در حال افتادن است، اما از آنجا که سطح زمین صاف نیست، متوجه می‌شویم که واژه «افقی» تعبیر چندان درستی نیست. گلوله توپ، مانند قبل، منحنی زیبایی ایجاد می‌کند، اما هم‌زمان که به سمت دریا مایل می‌شود، دریا نیز از آن دور می‌شود؛ چرا که کره زمین گرد است. این بار زمان بیشتری طول می‌کشد که گلوله توپ به دریا برخورد کند. این بار هم گلوله طی کل مسیر در حال افتادن است، اما درست‌تر این است که بگوییم توپ دارد گرد زمین می‌افتد.

می‌بینید این استدلال به کجا دارد می‌رسد، درست است؟ این بار توپی آن چنان نیرومند را تصور کنید که گلوله‌اش کل زمین را دور می‌زند تا به نقطه اول خود برسد. این گلوله همچنان در حال «افتادن» است، اما انحناي سقوط آن منطبق بر انحناي زمین است، به طوری که، بدون این که فاصله‌اش با دریا کم شود، گرد زمین می‌چرخد. حال این گلوله در مدار قرار گرفته است و تا بی‌نهایت به حرکت به دور زمین ادامه می‌دهد؛ البته به فرض این که مقاومت هوایی وجود نداشته باشد که از سرعت آن بکاهد (که در واقعیت این مقاومت وجود دارد). این توپ نیز در حال سقوط است، اما منحنی سقوط خوش‌فرم و طولانی آن، بارها و بارها، دور زمین تشکیل می‌شود. رفتار این گلوله مثل رفتار «ماه»ی با ابعاد بسیار کوچکتر است. در واقع، ماهواره‌ها<sup>۱</sup> چنین چیزی هستند. آن‌ها قمرهای مصنوعی هستند. همگی شان در حال «افتادن» هستند، اما در واقع هیچ وقت پایین نمی‌آیند. ماهواره‌هایی که برای برقراری تماس‌های تلفنی راه دور یا برای ارسال سیگنال‌های تلویزیون به کار می‌روند در مدار خاصی به نام «مدار زمین‌ایستا» قرار می‌گیرند. این بدان معنی است که سرعت حرکت آن‌ها به دور زمین چنان هوشمندانه تعیین شده است که دقیقاً با سرعت گردش زمین به گرد محور خود برابر است. به دیگر سخن، این ماهواره‌ها هر ۲۴ ساعت یک بار به گرد زمین می‌چرخند. فکرش را که بکنید، می‌بینید که معنی‌اش این است که ماهواره‌ها همیشه بالای نقطه ثابتی از کره زمین قرار دارند. به همین دلیل است که می‌توان جهت دیش ماهواره را همیشه در یک جهت و به سمت ماهواره‌ای تنظیم کرد که دارد سیگنال تلویزیونی را مخابره می‌کند. وقتی چیزی مانند ایستگاهی فضایی<sup>۲</sup> در مدار قرار دارد، معنی‌اش این است که پیوسته در حال «افتادن» است و تمام اجسامی که در ایستگاه فضایی قرار دارند، چه سبک و چه سنگین، با سرعت یکسانی در حال افتادن هستند. خوب است همین جا اندکی ادامه بحث را متوقف کنیم و، همان‌گونه که در فصل پیش قول داده بودم، به تفاوت میان جرم و وزن بپردازیم.

تمام اجسامی که در یک ایستگاه فضایی قرار دارند بی‌وزن‌اند، اما بی‌جرم نیستند. همان‌گونه که در فصل پیش گفته شد، جرم هر چیز به تعداد پروتون و نوترون‌های آن بستگی دارد. وزن میزان کششی است که نیروی گرانش روی جرم اعمال می‌کند. روی زمین، می‌توانیم برای اندازه‌گیری جرم از وزن استفاده کنیم، چون کشش گرانش در همه جا (کمابیش) یکسان است. اما از آنجا که سیاره‌های بزرگتر گرانش قوی‌تری دارند، بسته به این که روی چه سیاره‌ای هستید، وزن‌تان تغییر می‌کند؛ ولی هر کجا که باشید جرم‌تان یکسان است، حتی اگر در ایستگاهی فضایی که در مدار است در حالت بی‌وزنی کامل باشید. به این دلیل در ایستگاه فضایی بی‌وزن خواهید بود که هم شما و هم ترازویی که می‌خواهید با آن خود را وزن کنید با سرعت یکسانی در حال «افتادن» هستید (چیزی که به آن «سقوط آزاد»<sup>۳</sup> گفته می‌شود). از این رو، پاهای شما فشاری روی ترازو اعمال نمی‌کند و، به همین دلیل، ترازو شما را بی‌وزن نشان می‌دهد.

ولی با وجود بی‌وزنی، به هیچ وجه بی‌جرم نیستید. اگر با قدرت از «کف» ایستگاه فضایی بالا بپرید، به سمت «سقف» شلیک می‌شوید (البته مشخص نیست که کدام قسمت کف است و کدام قسمت سقف!) و مهم نیست که فاصله‌تان تا سقف چقدر

<sup>۱</sup> . satellite

<sup>۲</sup> . geostationary orbit

<sup>۳</sup> . space station

<sup>۴</sup> . free fall

است، به هر حال سرتان به آن برخورد خواهد کرد و درد هم خواهد گرفت؛ گویی که با مخ به زمین خورده باشید. و به طریق مشابه، هر چیز دیگری هم که در ایستگاه فضایی قرار داشته باشد، جرم خاص خود را خواهد داشت. اگر یک گلوله توپ را با خود به کابین برده باشید، در حالت بی‌وزنی معلق خواهد ماند چنان که شاید گمان کنید وزنش به اندازه یک توپ ساحلی است. ولی اگر آن را داخل کابین پرتاب کنید، زود به این نتیجه خواهید رسید که این‌طورها هم نیست. پرتابش سخت خواهد بود و چه بسا، هنگام انجام این کار، به جهت مخالف هل بخورید. با این که گلوله توپ تمایلی به حرکت «رو به پایین» به سمت کف ایستگاه فضایی نشان نمی‌دهد، آن را سنگین خواهید یافت. اگر موفق به پرتاب گلوله توپ شوید، اگر به چیزی برخورد کند، مانند اجسام سنگین رفتار خواهد کرد. پرتاب آن به سمت سر و کله فضانوردان همسفرتان هم اصلاً کار پسندیده‌ای نیست؛ حال چه مستقیم به آن‌ها برخورد کند، چه از در و دیوار به سمت‌شان کمانه کند. اگر هم گلوله توپ به گلوله دیگری برخورد کند، مانند دو جسم «سنگین» کمانه خواهند کرد، نه مثلاً مثل دو توپ پینگ‌پنگ، که البته آن‌ها هم کمانه می‌کنند اما خیلی سبک و ملایم. امیدوارم که این توضیحات اندکی تفاوت میان وزن و جرم را روشن کرده باشد. در یک ایستگاه فضایی، جرم گلوله توپ به مراتب بیشتر از یک بادکنک است، با این که وزن هر دو یکسان و برابر با صفر است.

### تخم‌مرغ‌ها، بیضی‌ها، و گریز از گرانش

حال بیایید به مثال توپ جنگی برگردیم که بر بلندای کوه قرار داشت و این بار آن را بیش از پیش نیرومند سازیم. چه چیزی رخ خواهد داد؟ خوب، در این جا باید اندکی با یکی از اکتشافات یوهانس کپلر<sup>۱</sup> آشنا شویم. او دانشمندی آلمانی بود که درست پیش از نیوتن می‌زیست. کپلر ثابت کرد که منحنی خوش‌فرمی که اجسام مطابق آن گرد دیگر اجسام می‌چرخند، در واقع، دایره نیست، بلکه بیشتر به چیزی شبیه است که ریاضی‌دانان، از عهد یونانیان باستان، آن را به عنوان «بیضی» می‌شناختند. بیضی یک جورهایی شبیه تخم‌مرغ است (به این دلیل می‌گویم «یک جورهایی» که تخم‌مرغ‌ها کاملاً بیضی‌شکل نیستند). دایره نوع خاصی از بیضی است؛ تخم‌مرغی را در نظر بگیرید که یک طرف آن تیزتر نیست و چنان کوچک و فشرده است که به یک توپ پینگ‌پنگ می‌ماند.

اگر خود را متقاعد کنید که دایره نوع خاصی از بیضی است، کشیدن بیضی آسان می‌شود. تکه‌ای نخ را با بستن سرهای آن به هم‌دیگر، با گرهی کوچک و تمیز، به شکل یک حلقه در بیاورید. حال سوزنی را در دسته‌ای کاغذ فرو کنید؛ حلقه نخ را دور سوزن ببندازید؛ به سر دیگر آن یک مداد وصل کنید؛ آن را بکشید تا نخ محکم شود و مداد را، در حالی که نخ کاملاً در حالت کشیده قرار دارد، دور سوزن بکشید. بی شک، با این کار یک دایره کشیده می‌شود.

سپس، یک سوزن دیگر را نیز درست کنار سوزن اول قرار دهید، به طوری که هر دو سوزن با یکدیگر تماس باشند. حال اگر حلقه را به دور این سوزن ببندازید و شروع به کشیدن کنید، باز هم یک دایره حاصل می‌شود؛ چرا که دو سوزن آن قدر به هم نزدیکند که عملاً یک سوزن به حساب می‌آیند. اما حال به قسمت جالب کار می‌رسیم. بین دو سوزن چند سانتی‌متر فاصله بگذارید. وقتی که حلقه نخ کاملاً کشیده شده است، شکل حاصل دیگر دایره نخواهد بود، بلکه بیضی‌ای «تخم‌مرغی شکل» به دست خواهد آمد. هر چه دو سوزن از هم دورتر باشند، بیضی باریکتر خواهد شد. هر چه هم که به هم نزدیک‌تر باشند، بیضی فراخ‌تر و دوآتر خواهد شد. دیگر زمانی که دو سوزن تبدیل به یک سوزن می‌شوند، بیضی تبدیل به دایره خواهد شد که نوع خاصی از بیضی است.

حال که با بیضی آشنا شدیم می‌توانیم به توپ جنگی فوق‌نیرومند خود برگردیم. این توپ قبلاً گلوله‌ای را در مدار شلیک کرده بود و فرض را بر آن گذاشتیم که این مدار تقریباً دایره‌ای است. حال اگر قدرتش را از این هم که هست بالاتر ببریم، مدار «کشیده‌تر» و تبدیل به بیضی‌ای می‌شود که شباهت کمتری به دایره دارد. به این مدار مدار «خارج از مرکز»<sup>۲</sup> می‌گویند. توپ

<sup>۱</sup> . Johannes Kepler

<sup>۲</sup> . eccentric

جنگی ما اول از زمین دور می‌شود و سپس برمی‌گردد و به جای اول خود باز می‌گردد. زمین را می‌توان یکی از «دو سوزن» در نظر گرفت. «سوزن» دوم وجود خارجی ندارد، اما فرض می‌کنیم که سوزنی خیالی در فضا وجود دارد. این سوزن فرضی فهم مسائلی ریاضی این امر را برای عده‌ای آسان‌تر می‌سازد، اما اگر می‌بینید که باعث می‌شود گیج شوید، بی خیال آن شوید. چیزی که مهم است بدانیم این است که زمین در مرکز این «تخم‌مرغ» قرار ندارد. این مدار، از یک سمت، خیلی از زمین دور می‌شود (سمتی که «سوزن فرضی» قرار دارد) و در سمت دیگر فاصله کمتری از زمین می‌گیرد (سمتی که خود زمین به عنوان «سوزن» قرار گرفته است).

بیا ببینیم باز هم تویی به مراتب قوی‌تر را در نظر بگیریم. حال گلوله، پس از شلیک شدن، بسیار از زمین دور می‌شود و فقط به اندازه‌ای به زمین نزدیک می‌شود که به نقطه اول خود بازگردد. حال بیضی حاصل بسیار وسیع و کشیده است. سرانجام به جایی می‌رسیم که دیگر شکل حاصل بیضی نیست. مثلاً وقتی گلوله با سرعت خیلی بالاتری پرتاب شود، به طوری که این سرعت اضافه باعث شود که گلوله به نقطه‌ای بی‌بازگشت برسد و گرانش زمین دیگر نتواند آن را به سمت خود بکشد. در چنین حالتی می‌گوییم که گلوله به «سرعت گریز<sup>۱</sup>» رسیده است و برای همیشه ناپدید می‌شود (یا بهتر است بگوییم ناپدید می‌شود تا زمانی که گرانش جرم آسمانی دیگری، مثل خورشید، آن را اسیر خود کند).

تویی که تصور کردیم کمک کرد تمام مراحل برقراری مدار، چه قبل از قرار گرفتن گلوله در مدار و چه بعد از آن، را درک کنیم. در آغاز، گلوله خیلی ساده داخل آب می‌افتاد. بعد که گلوله‌های بیشتری را با قدرتهای بیشتری شلیک کردیم، منحنی حرکت آن افقی‌تر شد تا زمانی که توپ به سرعت لازم برای قرار گرفتن در مداری تقریباً دایره‌ای رسید (به خاطر داشته باشید که دایره نوع خاصی از بیضی است). سپس، با افزایش سرعت شلیک گلوله، شکل مدار از دایره‌ای بودن دورتر و کشیده‌تر شد و، به طور واضح‌تری، شکل بیضی به خود گرفت. سرانجام، این «بیضی» چنان کشیده شد که دیگر اصلاً بیضی نبود: گلوله به سرعت گریز رسید و کاملاً ناپدید شد.

مدار حرکت زمین به گرد خورشید اصولاً بیضی است، اما به دایره، که نوعی خاص از بیضی است، شباهت زیادی دارد. این قضیه در مورد دیگر سیارات هم صدق می‌کند، به جز پلوتو (که به هر حال، دیگر این روزها سیاره هم قلمداد نمی‌شود). ولی دنباله‌دارها<sup>۲</sup> مدار بسیار کشیده‌ای دارند که شبیه به تخم‌مرغی باریک و دراز است. «سوزن‌هایی» که در رسم بیضی آن به کار می‌روند از هم خیلی دورند.

خورشید یکی از سوزن‌های مدار دنباله‌دار است. در این مورد نیز، سوزن دوم جسمی واقعی در فضا نیست؛ فقط باید آن را تصور کرد. وقتی که دنباله‌داری بیشترین فاصله را از خورشید می‌گیرد (که به این فاصله «اوج خورشیدی<sup>۳</sup>» می‌گویند) با حداقل سرعت خود حرکت می‌کند. این جسم همواره در حال سقوط آزاد است، اما گاه، در این افتادن، از خورشید دور می‌شود نه اینکه به آن نزدیک شود. دنباله‌دار به آرامی پیچ اوج خورشیدی را رد می‌کند و سپس در مسیر حرکت به سمت خورشید قرار می‌گیرد و پیوسته با سرعت بیشتری به افتادن خود ادامه می‌دهد تا این که دور خورشید می‌رسد (سوزن دیگر) و زمانی که در نزدیک‌ترین نقطه به خورشید قرار دارد («حیض خورشیدی<sup>۴</sup>») به اوج سرعت خود می‌رسد. (معادل‌های انگلیسی اوج و حیض خورشیدی به ترتیب «aphelion» و «perihelion» هستند که از نام خدای خورشید یونانی‌ها، هلیوس (Helios)، مشتق شده‌اند. پیشوند «peri» در زبان یونانی به معنی «نزدیک» و پیشوند «apo» به معنی «دور» است.) یک دنباله‌دار در حیض خورشیدی با سرعت بالا دور خورشید می‌گردد و از آن جا با سرعت بالا به حرکت در جهت دیگر حیض خورشیدی ادامه می‌دهد. پس از این که دنباله‌دار دور خورشید چرخید، به تدریج و همزمان با فرو افتادنش از سمت خورشید به سوی نقطه اوج خورشیدی، از سرعتش کاسته می‌شود؛ به طوری که در اوج خورشیدی به حداقل سرعت خود می‌رسد. و این چرخه مرتباً تکرار می‌شود.

<sup>۱</sup> . escape velocity

<sup>۲</sup> . comet

<sup>۳</sup> . aphelion

<sup>۴</sup> . perihelion

مهندسانِ هوافضا به منظور صرفه‌جویی در سوختِ موشک‌ها از قاعده‌ای به نام «کمکِ گرانشی»<sup>۱</sup> استفاده می‌کنند. کاوشگر فضایی کاسینی<sup>۲</sup> برای بررسی سیارهٔ زحل طراحی شده بود که فاصلهٔ زیادی از زمین دارد. این کاوشگر از مسیری غیرمستقیم و طولانی‌تر عبور کرد، اما به طور هوشمندانه‌ای برنامه‌ریزی شده بود تا از کمکِ گرانشی بهره ببرد. کاوشگر کاسینی، به نسبتِ زمانی که یک موشک بخواهد از مسیر مستقیم به زحل برود، سوختِ بسیار کمتری مصرف کرد؛ بدین صورت که، در سر راه، از نیروی گرانش و حرکت در مدار سه سیاره استفاده کرد. این کاوشگر ابتدا (دو بار) از مدار زهره استفاده کرد، سپس به مدار زمین برگشت و گرد آن چرخید و در نهایت از مشتری خیز بلندی برداشت و به زحل رفت. در هر بار، کاوشگر کاسینی، مانند یک دنباله‌دار، خود را در مدار این سیارات انداخت و، با آویزان شدن به نقاط جمع‌شدن نیروی گرانشی آن‌ها هنگام حرکت به دور خورشید، به سرعت خود افزود. چهار بار افزایش سرعتِ گرانشی<sup>۳</sup> کاوشگر کاسینی را به سمت سامانهٔ حلقه‌های زحل هل داد و از آن زمان تا کنون، این کاوشگر دارد عکس‌های خیره‌کننده‌ای را برای مان می‌فرستد<sup>۴</sup>.

همان‌گونه که گفتیم، بیشتر سیارات در مدارهای بیضی‌شکل و تقریباً دایره‌ای به گرد خورشید می‌چرخند. پلوتو از این میان غیر عادی است؛ نه فقط به این دلیل که به دلیل کوچکی دیگر سیاره محسوب نمی‌شود، بلکه به این دلیل که مدار خارج از مرکز محسوسی دارد. این سیاره بیشتر اوقات خارج از مدار نپتون است، اما در حوض خورشیدی وارد مدار آن می‌شود و حتی از نپتون هم، که مداری تقریباً دایره‌ای دارد، به خورشید نزدیک‌تر می‌شود. با وجود این، حتی مدار پلوتو هم در خارج از مرکز بودن به پای مدار دنباله‌دارها نمی‌رسد. یکی از معروف‌ترین آن‌ها «دنباله‌دارِ هالی»<sup>۵</sup> است که فقط در حوض خورشیدی، که کمترین فاصله را با خورشید دارد و نور آن را بازتاب می‌دهد، برای ما قابل رؤیت می‌شود. مدار بیضی‌شکل این دنباله‌دار آن را به نقاطی بسیار بسیار دور از ما می‌برد و فقط هر ۷۵ تا ۷۶ سال به همسایگی ما بازمی‌گردد. من دنباله‌دارِ هالی را در سال ۱۹۸۶ دیدم و آن را به دختر دو ساله‌ام، جولیت<sup>۶</sup>، نشان دادم. آرام در گوشش زمزمه کردم (طبیعتاً نمی‌توانست حرف‌ها را بفهمد اما من گوشم به این حرف‌ها بدهکار نبود) که من دیگر هیچ وقت فرصت دیدن آن دنباله‌دار را نخواهم داشت، اما او این فرصت را خواهد داشت که، هنگام بازگشتِ دنباله‌دار در سال ۲۰۶۱، آن را دوباره ببیند.

ضمناً، «دُم» یک دنباله‌دار ردی از گرد و غبار است، اما این گونه نیست که پشتِ سرِ دنباله‌دار ظاهر شود (آن‌طور که چه بسا ما تصور می‌کنیم)، بلکه جریانی از ذراتی که از سوی خورشید می‌آیند، و به آن‌ها بادِ خورشیدی<sup>۷</sup> گفته می‌شود، این گرد و غبار را «به هوا بلند می‌کند». از این رو، دُم دنباله‌دار، فارغ از جهت حرکتِ دنباله‌دار، همیشه در جهت مخالف خورشید تشکیل می‌شود. مهندسانِ هوافضای ژاپنی طرحی جالب و مهیج ارائه داده‌اند که زمانی فقط در چارچوبِ داستان‌های علمی-تخیلی می‌گنجید، اما اکنون این مهندسان دارند به آن جامعهٔ عمل می‌پوشانند. طرح‌شان این است که از بادِ خورشیدی برای پیش‌راندن فضاپیمایی که به «بادبان»های گول‌پیکر مجهز است استفاده کنند. مانند قایق‌های بادبانی که با بادِ واقعی در دریا حرکت می‌کنند، قایق‌های فضایی<sup>۸</sup> نیز، با استفاده از بادِ خورشیدی، روش بسیار مقرون به صرفه‌ای برای سفر به جهان‌های دور دست در اختیارمان می‌گذارند.

## نگاهی زاویه‌دار به تابستان

حال که با مدارها آشنا شدیم، می‌توانیم به این پرسش برگردیم که چرا زمستان و تابستان رخ می‌دهد؟ همان‌گونه که به خاطر دارید، بعضی، به اشتباه، بر این باورند که در تابستان به خورشید نزدیک‌تر و در زمستان از آن دورتریم. اگر مدار زمین مانند

<sup>۱</sup> . slingshot effect

<sup>۲</sup> . Cassini

<sup>۳</sup> . در ۱۵ سپتامبر ۲۰۱۷، کاوشگر کاسینی با بقایای سوختی که داشت به درون جو زحل فرستاده و نابود شد. - ویراستار

<sup>۴</sup> . Halley's Comet

<sup>۵</sup> . Juliet

<sup>۶</sup> . solar wind

<sup>۷</sup> . space-yacht

مدارِ پلوتو بود چنین توضیحی قابل قبول بود. در واقع، زمستان و تابستانِ پلوتو (که هر دو این فصل‌ها در پلوتو به مراتب سردتر از چیزی هستند که ما در اینجا دیده‌ایم) به همین علت رخ می‌دهند.

ولی مدارِ زمین تقریباً دایره‌ای است؛ از این رو، نزدیکی این سیاره به خورشید نمی‌تواند عامل تغییر فصول باشد. حال که بحثش پیش آمد خوب است به این موضوع هم اشاره کنیم که در ماه ژانویه <حدوداً مصادف با دی‌ماه> زمین کمترین فاصله را با خورشید دارد (حضیض خورشیدی) و در ماه ژوئیه <حدوداً مصادف با تیرماه> بیشترین فاصله را (اوج خورشیدی)، ولی مدارِ بیضی‌شکل زمین آن قدر به دایره نزدیک است که تغییر محسوسی را ایجاد نمی‌کند.

پس چه چیز مایه تغییر فصول از زمستان به تابستان است؟ چیزی یکسره متفاوت. زمین حول یک محور می‌چرخد و این محور کج است. کجی محور زمین عامل اصلی وجود فصول مختلف است. ببینیم چگونه:

همان‌گونه که پیشتر گفتیم، می‌توانیم این محور را همچون میله‌ای فلزی در نظر بگیریم که از کره زمین رد شده و از قطب شمال و جنوب بیرون آمده است. حال مدارِ زمین به دور خورشید را چرخه به مراتب بزرگتر در نظر بگیرید که محور منحصر به خود را دارد، محوری که از خورشید رد می‌شود و از «قطب شمال» و «قطب جنوب» خورشید بیرون می‌زند. ممکن بود این دو محور کاملاً موازی با یکدیگر باشند، به طوری که زمین کج نباشد؛ که در این صورت خورشید ظهرها درست بالای خط استوا قرار می‌گرفت و ساعات روز و شب همه جا به یک اندازه بود. فصلی هم وجود نداشت. استوا همواره گرم بود و هر چه از آن دور و به قطب‌ها نزدیک‌تر می‌شدیم، هوا سردتر و سردتر می‌شد. برای خنک شدن باید از استوا دور می‌شدیم، نه این که منتظر زمستان بمانیم؛ چرا که زمستانی وجود نداشت. و نیز تابستانی هم؛ و هیچ نوع فصل دیگری هم وجود نداشت.

اما در واقع، این دو محور موازی نیستند. میله (محور) گردش زمین به دور خود، نسبت به میله (محور) مدار ما به دور خورشید، کج است. زاویه آن هم خیلی زیاد نیست؛ حدود ۲۳ و نیم درجه. اگر زاویه آن ۹۰ درجه بود (که زاویه محور اورانوس با خورشید تقریباً به این اندازه است) در بخشی از سال، قطب شمال مستقیماً به سمت خورشید می‌بود (که می‌توانستیم به آن نیمه تابستان نیمکره شمالی بگوییم) و، در نیمه تابستان نیمکره شمالی، کاملاً پشت به خورشید می‌بود. اگر زمین مانند اورانوس بود، در نیمه تابستان، خورشید همیشه بالای قطب شمال می‌بود (شبی وجود نداشت)، ولی قطب جنوب سرد و تاریک و یخبندان می‌بود و در آن نشانی از روز وجود نمی‌داشت. و شش ماه بعد قضیه برعکس می‌شد.

از آن جا که سیاره ما، به جای ۹۰ درجه، فقط ۲۳ و نیم درجه زاویه دارد، در یک چهارم دو حد نهایت قرار دارد: از یک سو، بی‌فصلی محض ناشی از نبود زاویه و، از سوی دیگر، زاویه قائمه (مانند چیزی که در اورانوس دیده می‌شود). این زاویه به اندازه‌ای هست که، مانند اورانوس، در نیمه تابستان، خورشید اصلاً در قطب شمال غروب نکند. در قطب، مدام روز است، اما برخلاف اورانوس، خورشید بر آن قائم نمی‌تابد. همزمان با گردش زمین، به نظر می‌رسد که خورشید دارد در آسمان چرخ می‌زند، اما هیچ‌گاه از افق پایین نمی‌رود. در کل مدار شمالگان، وضعیت بدین شکل است. اگر درست روی خط مدار شمالگان قرار بگیرید (مثلاً روی نقطه شمال غربی ایسلند<sup>۱</sup>) می‌دیدید که، در روزهای نیمه تابستان، خورشید در نیمه شب اندکی مماس با افق شمالی حرکت می‌کند، اما هیچ وقت غروب نمی‌کند. و سپس، در وسط روز، دوباره به بالاترین وضعیت خود (که خیلی هم بالاتر نیست) باز می‌گردد.

در شمال اسکاتلند، که اندکی خارج از مدار شمالگان قرار دارد، خورشید نیمه تابستان به اندازه‌ای زیر افق می‌رود که شب شود، اما شب آن خیلی تاریک نیست؛ چرا که خورشید هیچ‌گاه کاملاً زیر افق نمی‌رود.

از این رو، کجی محور گردش کره زمین توجیه‌کننده پدید آمدن زمستان (وقتی که بخشی از زمین که روی آن زندگی می‌کنیم به دور از خورشید مایل باشد) و تابستان (وقتی که آن بخش از زمین به سمت خورشید مایل باشد) و همچنین توجیه‌کننده کوتاهی روز در زمستان و بلندی آن در تابستان است. اما آیا این زاویه می‌تواند سرمای زمستان و گرمای تابستان را هم توجیه کند؟ چرا وقتی خورشید مستقیماً بالای سر ما قرار دارد گرم‌تر حس می‌شود و وقتی که ارتفاع کمی دارد و نزدیک به

<sup>۱</sup>. Iceland



افق است سردتر؟ خورشید که همان خورشید است، پس آیا نباید، فارغ از زاویه‌ای که با ما دارد، گرمای یکسانی داشته باشد؟ نه. اصلاً فراموش کنید که وقتی به سمت خورشید مایل هستیم، اندکی به آن نزدیک‌تریم. این اختلاف فاصله فقط چند هزار کیلومتری در برابر کل فاصله زمین از خورشید (حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر) بسیار ناچیز است و در برابر تفاوت میان فاصله زمین تا خورشید، در اوج و حضيض خورشیدی (حدود ۵ میلیون کیلومتر)، اصلاً به حساب نمی‌آید. پس چیزی که اهمیت دارد، تا حدودی، زاویه تابش پرتوهای خورشید به ماست و تا اندازه‌ای هم به این بستگی دارد که روزها در تابستان طولانی‌تر و در زمستان کوتاه‌ترند. این زاویه تابش است که باعث می‌شود خورشید در نیم‌روز گرم‌تر از عصر حس شود و باز هم به دلیل همین زاویه است که بهتر است در وسط روز به خود کرم ضد آفتاب بزنیم تا وسط عصر. ترکیب دو عامل زاویه و طول روز عامل رشد بیشتر گیاهان در تابستان، در مقایسه با زمستان، است و، همچنین، عامل هر چیزی است که در پی این رشد بیشتر رخ می‌دهد.

حال چرا این زاویه این قدر تأثیرگذار است؟ یکی از راه‌های پاسخ به این سؤال این است: تصور کنید که دارید وسط تابستان حمام آفتاب می‌گیرید و خورشید مستقیم بالای سر شماست. فوتون‌ها (ذرات بسیار کوچک نور) با سرعت مشخصی، که می‌توان آن را با نورسنج اندازه گرفت، به سطح مشخصی از کمر شما برخورد می‌کنند. حال اگر در نیم‌روز زمستان حمام آفتاب بگیرید که خورشید، به دلیل زاویه زمین، در پایین آسمان دیده می‌شود، نور با زاویه‌ای «مایل‌تر» و بازتر به زمین برخورد می‌کند. از این رو، همان تعداد از فوتون‌ها روی سطح گسترده‌تری از پوست «تقسیم می‌شوند». این بدان معناست که اگر مساحت یکسانی از پوست را در هر دو حالت در نظر بگیریم، در نیمه زمستان، فوتون‌های کمتری، در مقایسه با نیمه تابستان، با آن برخورد می‌کنند. همین اتفاقی که برای پوست شما می‌افتد برای برگ‌های گیاهان هم رخ می‌دهد و اهمیت بالایی هم دارد، چون گیاهان غذای خود را با نور خورشید تولید می‌کنند.

شب و روز، زمستان و تابستان، این‌ها همه ریتم‌های مهم و متغیری هستند که زندگی ما و زندگی تمام موجودات زنده را کنترل می‌کنند، شاید به استثنای آن‌هایی که در اعماق سرد و تاریک دریا زندگی می‌کنند. ریتم‌های دیگری هم وجود دارند که خیلی برای ما آدمیان اهمیت ندارند، اما در زندگی دیگر موجوداتی که در ساحل زندگی می‌کنند تأثیر به‌سزایی دارند، مثلاً موجوداتی که در ساحل دریا زندگی می‌کنند. این ریتم‌ها را حرکت ماه در مدار خود ایجاد می‌کند و تأثیر آن معمولاً از طریق ایجاد جزر و مد<sup>۱</sup> است. چرخه‌های ماهی «قمری»<sup>۲</sup> نیز موضوع اسطوره‌های باستانی و ناراحت‌کننده (از قبیل داستان‌های گرگینه‌ها<sup>۳</sup> و خون‌آشام‌ها<sup>۴</sup>) بوده‌اند. اما اکنون، علی‌رغم میل باطنی، به این اسطوره‌ها نمی‌پردازم و درباره خود خورشید صحبت می‌کنم.

---

<sup>۱</sup> . tide

<sup>۲</sup> . werewolf

<sup>۳</sup> . vampire

۶

خورشید چیست؟



درخشندگی‌اش خیره‌کننده، در هوای سرد مایه آرامش، و سوزندگی‌اش در تابستان بی‌رحمانه است؛ این است خورشید. تعجبی ندارد که بسیاری از انسان‌ها خورشید را خدا دانسته و آن را پرستیده‌اند. پرستش خورشید معمولاً در کنار پرستش ماه وجود داشته است. اغلب هم این دو را دو جنس مخالف قلمداد کرده‌اند. قبیله تيو<sup>۱</sup> در نیجریه<sup>۲</sup> و دیگر بخش‌های غرب آفریقا بر این باورند که خورشید و ماه پسر و دختر خدای بزرگ آن‌ها، اوندو<sup>۳</sup>، هستند. قبیله باروتسه<sup>۴</sup>، ساکن جنوب شرقی آفریقا، خورشید را شوهر ماه می‌انگارد، نه برادر آن. در اسطوره‌ها معمولاً خورشید مذکر و ماه مؤنث تلقی می‌شوند، اما برعکس آن نیز ممکن است. در آیین شینتوی<sup>۵</sup> ژاپنی‌ها، خورشید ایزدانویی به نام *آماتراسو*<sup>۶</sup> است و ماه برادر اوست که *اوگتسونو*<sup>۷</sup> نام دارد.

پیش از ورود اسپانیولی‌ها به آمریکای جنوبی و مرکزی در قرن شانزدهم، تمدن‌های بزرگی در این نواحی زندگی می‌کردند که خورشید را می‌پرستیدند. اینکاهای<sup>۸</sup> ساکن رشته‌کوه‌های آند<sup>۹</sup> بر این باور بودند که خورشید و ماه نیاکان آن‌ها بوده‌اند. آزتک‌های<sup>۱۰</sup> مکزیک<sup>۱۱</sup> خدایان مشترکی با تمدن‌های پیش از خود، مانند مایاها<sup>۱۲</sup>، داشتند. برخی از این خدایان یا به گونه‌ای به خورشید ارتباط پیدا می‌کردند و یا، در مواردی، خود خورشید بودند. طبق اسطوره آزتکی «اسطوره پنج خورشید<sup>۱۳</sup>»، پیش از این جهان پنج دیگر وجود داشته است که هر یک خورشید منحصر به خود را داشته است. بلاایی که معمولاً از سوی خدایان نازل شده بودند چهار جهان پیشین را، یکی پس از دیگری، نابود کرده بودند. نخستین خورشید خدایی بود که *تزکاتلیپوکای* سیاه<sup>۱۴</sup> نام داشت. میان او و برادرش *کتسالکوآتیل*<sup>۱۵</sup> نبردی در گرفت و برادرش با گرز او را از آسمان‌ها بیرون انداخت. پس از دوره‌ای تاریکی و نبود خورشید، *کتسالکوآتیل* خورشید دوم شد. *تزکاتلیپوکا*، از سر خشم، تمام آدمیان را به میمون تبدیل کرد و *کتسالکوآتیل* نیز تمام میمون‌ها را نابود کرد و از خورشید دوم بودن کناره گرفت.

سپس، خدایی دیگر، به نام *تالوک*<sup>۱۶</sup>، خورشید سوم شد. او نیز، وقتی که *تزکاتلیپوکا* همسرش *شوجیکتسال*<sup>۱۷</sup> را ربود، ناراحت شد و قهر کرد و دیگر نگذاشت باران ببارد. از این رو قحطی سختی در گرفت. مردم پیوسته برای باران نزد او التماس و زاری می‌کردند. عاقبت *تالوک* از دست لابه<sup>۱۸</sup> مردم کلافه شد و، به جای آب، بارانی از آتش بر آن‌ها فرو فرستاد. به همین دلیل کل جهان نابود شد و خدایان مجبور شدند که همه چیز را از نو آغاز کنند.

چهارمین خورشید همسر جدید *تالوک* بود که *چالچیوتلیکوئه*<sup>۱۸</sup> نام داشت. او ابتدای کار خوب بود، اما بعد *تزکاتلیپوکا* آن قدر عذابش داد که ۵۲ سال یک‌بند خون گریست. به این دلیل، دنیا را خون گرفت و باز هم خدایان مجبور شدند که همه چیز را از صفر شروع کنند. در ضمن، عجیب نیست که اسطوره‌ها چقدر جزئیات را دقیق شرح می‌دهند؟ مثلاً به چه دلیل آرتک‌ها تصمیم گرفتند که بگویند *چالچیوتلیکوئه* ۵۲ سال خون گریسته و نه ۵۱ یا ۵۳ سال؟

<sup>۱</sup> . Tiv

<sup>۲</sup> . Nigeria

<sup>۳</sup> . Awondo

<sup>۴</sup> . Barotse

<sup>۵</sup> . Shinto

<sup>۶</sup> . Amaterasu

<sup>۷</sup> . Ogetsuno

<sup>۸</sup> . Inca

<sup>۹</sup> . the Andes

<sup>۱۰</sup> . Aztec

<sup>۱۱</sup> . Mexico

<sup>۱۲</sup> . the Maya

<sup>۱۳</sup> . Myth of the Five Suns

<sup>۱۴</sup> . Black Tezcatlipoca

<sup>۱۵</sup> . Quetzalcoatl

<sup>۱۶</sup> . Tlaloc

<sup>۱۷</sup> . Xochiquetzal

<sup>۱۸</sup> . Chalchihuitlicue

پنجمین خورشید، که به باور آرتک‌ها همین خورشیدی است که در آسمان می‌بینیم، خدای دیگری است به نام *توناتیو*<sup>۱</sup> که گاه *ویتسیلوپوچلی*<sup>۲</sup> نیز خوانده می‌شود. مادرش *کوآتلیکوئه*<sup>۳</sup> نام داشت که اتفاقی با توده‌ای پُر حامله شد و او را زایید. این گونه چیزها عجیب به نظر می‌رسند، اما برای کسانی که با این اسطوره‌های قدیمی بزرگ شده‌اند عادی هستند (یکی دیگر از ایزدبانوهای آرتک نیز با پوست خشک‌شده میوه‌ای شبیه به کدو تنبل حامله شده بود). ۴۰۰ پسر *کوآتلیکوئه* از این که مادرشان باز هم باردار شده بود چنان بر آشفتند که بر آن شدند سرِ مادرِ خود را از تن جدا کنند. ولی درست سرِ بزنگاه مادرشان *ویتسیلوپوچلی* را زایید. *ویتسیلوپوچلی* نیز تا بن دندان مسلح به دنیا آمد و لحظه‌ای در تار و مار کردن ۴۰۰ برادرخوانده‌اش درنگ نکرد و فقط انگشت‌شماری از آن‌ها توانستند «به سمت جنوب» بگریزند. سپس *ویتسیلوپوچلی* مسئولیتِ خود را به عنوان خورشیدِ پنجم بر عهده گرفت.

آرتک‌ها معتقد بودند که برای خشنود کردن خدای خورشید می‌بایست انسان قربانی کرد، وگرنه خورشید دیگر صبح‌ها از مشرق طلوع نمی‌کند. گویا حتی یک بار هم به ذهن‌شان خطور نکرده بود که امتحان کنند و ببینند که اگر قربانی نکنند خورشید باز هم بالا می‌آید یا نه! مراسم قربانی نیز خود داستانی بود هولناک و پر آب چشم. زمانی که ورود اسپانیولی‌ها (که آن‌ها نیز، با خود، فجایع هولناک خاص خودشان را آوردند) به دوران شکوه آرتک‌ها پایان داد، این فرهنگ معتقد به آیین خورشیدی جنایت و قساوت را به اوج رسانده بود. تخمین زده شده است که در سال ۱۴۸۷ چیزی بین ۲۰۰۰۰ تا ۸۰۰۰۰۰ انسان برای معبد بزرگ *تنوچیتیلان*<sup>۴</sup> قربانی شده‌اند. هدایای مختلفی باعث خشنودی خدای خورشید می‌شد، اما این خدا خون انسان و قلب او را، که همچنان پس از کشته شدن در تپش بود، بیش از هر چیز دوست می‌داشت. اصلاً آرتک‌ها بیشتر به این هدف جنگ راه می‌انداختند که اسرای بسیاری را برای قربانی کردن به چنگ بیاورند؛ معمولاً هم آن‌ها را، با بیرون کشیدن قلب‌شان، قربانی می‌کردند. این مراسم بیشتر بر روی بلندی برگزار می‌شد (برای این که به خورشید نزدیک‌تر باشند)؛ مثلاً این کار را روی یکی از اهرام شکوه‌مندی انجام می‌دادند که آرتک‌ها، مایاها، و اینکاها به داشتن‌شان معروف بودند. چهار کاهن قربانی را روی قربانگاه نگاه می‌داشتند و کاهنی دیگر نیز با کارد کار را تمام می‌کرد. او با چنان سرعتی این کار را انجام می‌داد که بتواند قلب را، هم‌چنان که می‌تپد، روبروی خورشید بگیرد. در همین حال، بدن خونین و بدون قلب از شیب تپه یا هرم به پایین می‌غلتید و، در آن جا، پیرمردان آن را می‌گرفتند و قطعه قطعه می‌کردند که اغلب در مناسک آیینی خورده می‌شد.

هنگامی که سخن از اهرام به میان می‌آید به یاد تمدن دیگری هم می‌افتیم: تمدن مصر<sup>۵</sup>. مصری‌های باستان نیز خورشید را می‌پرستیدند. یکی از بزرگترین خدایان آن‌ها خدای خورشید بود که *را*<sup>۶</sup> نام داشت.

در یکی از افسانه‌های مصری آمده است که قوس آسمان بدن یکی از ایزدبانوها به نام *نوت* است که مانند طاقی بالای زمین قرار گرفته است. به باور آن‌ها، این ایزدبانو هر شب خورشید را می‌بلعید و هر روز صبح او را می‌زایید.

در افسانه‌های بسیاری از مردم، از جمله یونانیان و اسکاندیناوی‌های<sup>۷</sup> باستان، آمده است که خورشید ارا به‌ای تازان در آسمان است. نام خدای خورشید یونان *هلیوس* بود که، همان‌گونه که در فصل ۵ هم دیدیم، در چند اصطلاح علمی به کار رفته است.

در دیگر اسطوره‌ها، خورشید خدا نیست، اما یکی از نخستین مخلوقات یکی از خدایان است. در اسطوره آفرینش قبیلهٔ عبری صحرائی خاورمیانه<sup>۸</sup>، خدای قبیله، *یهوه*<sup>۱</sup>، نور را در نخستین روز از شش روز آفرینش می‌آفریند؛ اما شگفتا که خورشید را در

<sup>۱</sup> . Tonatiuh

<sup>۲</sup> . Huitzilopochtli

<sup>۳</sup> . Coatlicue

<sup>۴</sup> . Tenochtitlan

<sup>۵</sup> . Egypt

<sup>۶</sup> . Ra

<sup>۷</sup> . Scandinavia

<sup>۸</sup> . the Middle East

روز چهارم خلق می‌کند! «خدا دو چراغ عظیم بساخت: چراغ بزرگ همچون قدرتِ روز و چراغ کوچک همچون قدرتِ شب، و اختران.» در این باره که در روز اول، پیش از آفرینش خورشید و ستارگان، نور از کجا آمده است، چیزی گفته نشده است. حال وقت آن رسیده است که به واقعیت بازگردیم؛ به ماهیت واقعی خورشید آن چنان که شواهد علمی نشان می‌دهند.

### خورشید واقعاً چیست؟

خورشید یک ستاره است. فرقی هم با دیگر ستاره‌ها ندارد؛ به جز این که ما به آن نزدیک هستیم به طوری که بزرگتر و روشن‌تر از دیگر ستارگان به نظر می‌رسد. به همین دلیل هم، بر خلاف دیگر ستارگان، خورشید برای ما گرما دارد، اگر مستقیم به آن نگاه کنیم چشم‌مان آسیب می‌بیند، و اگر زیادی زیر آن بمانیم پوست‌مان می‌سوزد و ملتهب می‌شود. این گونه نیست که فقط اندکی نزدیک‌تر از دیگر ستارگان باشد؛ خورشید نسبت به بقیه ستاره‌ها فوق‌العاده به ما نزدیک است. درک فاصله ستارگان با ما و یا بزرگی فضا برای ما دشوار است. در واقع، از دشوار فراتر است؛ تقریباً غیرممکن است. کتاب خوبی به نام *جست و جوی زمینی*<sup>۱</sup>، نوشته جان کاسیدی<sup>۲</sup>، وجود دارد که، به کمک قیاس، تلاش می‌کند درک این مطلب را ممکن سازد. با یک توپ فوتبال به محیطی باز بروید و توپ را به عنوان خورشید روی زمین قرار دهید. ۲۵ متر از آن فاصله بگیرید و در آن جا یک دانه فلفل بگذارید. این دانه اندازه زمین نسبت به خورشید و فاصله زمین با آن را نشان می‌دهد.

بر اساس همین مقیاس، ماه یک نوک سوزن است و فقط ۵ سانتی‌متر با دانه فلفل فاصله دارد. اما، غیر از خورشید، نزدیک‌ترین ستاره به ما، که پروکسیما قنطورس نام دارد، بر اساس همین مقیاس، به اندازه توپ فوتبالی خواهد بود (البته اندکی کوچک‌تر) که در فاصله حدوداً... صبر کنید... شش و نیم هزار کیلومتری قرار خواهد گرفت. شاید سیاره‌ای به گرد پروکسیما قنطورس بگردد، شاید هم نگردد، اما به طور قطع سیاره‌هایی هستند که گرد دیگر ستارگان، شاید بیشتر ستارگان، می‌گردند. و فاصله هر ستاره تا سیاره‌هایی که در مدارش قرار دارند معمولاً کمتر از فاصله آن ستاره با دیگر ستارگان است.

### طرز کار ستارگان

تفاوت میان یک ستاره (مانند خورشید) و یک سیاره<sup>۳</sup> (مانند مریخ یا مشتری) این است که ستارگان درخشان و داغ هستند و ما آن‌ها را با نوری که از شان ساطع می‌شود می‌بینیم. اما سیاره‌ها، به نسبت ستارگان، سرد هستند و آن‌ها را به کمک نور ستاره‌ای می‌بینیم که در نزدیکی آن‌ها قرار دارد و سیاره به گردش می‌گردد. و این تفاوت به سبب تفاوت در اندازه است. دلیلش این است:

هر چه جسمی بزرگتر باشد، کشش گرانشی آن به سمت مرکز بیشتر است. هر چیزی چیزهای دیگر را به کمک گرانش به سمت خود می‌کشد. حتی من و شما هم نسبت به هم کشش گرانشی داریم. اما این کشش آن قدر ضعیف است که متوجه آن نمی‌شویم. این نیرو فقط زمانی حس می‌شود که یکی از اجسام بزرگ باشد. کره زمین بزرگ است و به این دلیل کششی قوی را به سمت آن احساس می‌کنیم و وقتی که چیزی از دست‌مان رها می‌شود «به سمت پایین»، یعنی به سمت مرکز زمین، سقوط می‌کند.

<sup>۱</sup> . YHWH

<sup>۲</sup> . عهد عتیق، سفر پیدایش (۱، ۱۶)، جلد اول، کتاب‌های شریعت یا تورات، ترجمه پیروز سیار، نشر هرمس، چاپ اول، ۱۳۹۳

<sup>۳</sup> . Earthsearch

<sup>۴</sup> . John Cassidy

<sup>۵</sup> . planet

یک ستاره از سیاره‌ای چون زمین به مراتب بزرگتر است و از این رو، کشش جاذبه‌ای آن نیز به مراتب قوی‌تر است. هسته ستاره‌های بزرگ تحت فشار عظیمی است، چون کشش گرانشی سترگی اجزاء درون ستاره را به سمت مرکز می‌کشد. و هر چه فشار درون ستاره بیشتر باشد، دمای آن نیز بالاتر می‌رود. وقتی که دما به شدت بالا رفت (گرم‌تر از چیزی که در تصور من و شما بگنجد) ستاره به تدریج به صورت یک بمب هیدروژنی<sup>۱</sup> کندکار عمل می‌کند و مقادیر زیادی گرما و نور از خود ساطع می‌کند و ما آن را به صورت شیئی درخشان در آسمان می‌بینیم. حرارت شدیداً بالا باعث می‌شود که ستاره مثل بادکنک باد کند، اما در عین حال، نیروی گرانش آن را به سمت خود می‌کشد. میان فشار به بیرون حاصل از گرما، از یک سو، و کشش به داخل ناشی از گرانش، از سوی دیگر، تعادل وجود دارد. ستاره همچون دمایا<sup>۲</sup> <ترموستاتی> برای خود عمل می‌کند. هر چه گرم‌تر می‌شود، بیشتر متورم می‌شود؛ و هر چه بزرگ‌تر می‌شود، تمرکز جرم آن در مرکز کمتر می‌شود؛ و به این دلیل از دمایش کاسته می‌شود. این بدان معناست که ستاره دوباره شروع به کوچک شدن می‌کند و دمایش افزایش می‌یابد و این چرخه باز تکرار می‌شود. از این توضیحات چنین بر می‌آید که یک ستاره، مانند قلبی تپنده، بزرگ و کوچک می‌شود، اما چنین نیست. در عوض، اندازه ستاره روی یک حد وسط ثابت می‌شود و به این دلیل دمایش نیز روی دمایی می‌ماند که اندازه‌اش را در همان حد ثابت نگه دارد.

در آغاز گفتیم که خورشید ستاره‌ای است همچون ستارگان دیگر، اما در واقع، ستارگان انواع و اندازه‌های مختلفی دارند. خورشید ما، در مقایسه با سایر ستاره‌ها، چندان بزرگ نیست. اندکی از پروکسیما قنطورس بزرگ‌تر است، اما از بسیاری از ستارگان دیگر کوچک‌تر است.

بزرگ‌ترین ستاره‌ای که می‌شناسیم کدام است؟ پاسخ به این بستگی دارد که بزرگی ستارگان را بر چه اساس بسنجیم. ستاره‌ای که بزرگترین قطر را دارد وی‌وی‌سگ بزرگ<sup>۳</sup> (کلب اکبر) نام دارد. اندازه‌اش از یک سمت تا سمت دیگر (قطر آن) حدوداً ۲۱۰۰۰ برابر خورشید است. و قطر خورشید ۱۰۰ برابر زمین است. ولی وی‌وی‌سگ بزرگ چنان تَنک و سبک است که، به‌رغم جثه عظیمش، جرم آن فقط ۳۰ برابر خورشید است؛ در صورتی که اگر غلظت مواد سازنده‌اش به اندازه خورشید بود، میلیاردها بار بزرگ‌تر از خورشید می‌شد. سایرین، مثل ستاره تپانچه<sup>۴</sup> و ستارگان دیگری که اخیراً کشف شده‌اند - به نام‌های اِتا کارینا<sup>۵</sup> و R۱۳۶a۱ (که خیلی نام دلربایی نیست!) - جرمی ۱۰۰ برابر خورشید و یا حتی بیش از ۱۰۰ برابر آن دارند. و جرم خورشید ۳۰۰۰۰۰ برابر جرم زمین است؛ پس به عبارتی، جرم اِتا کارینا ۳۰ میلیون برابر زمین است.

اگر ستاره گول‌پیکری چون R۱۳۶a۱ سیاره‌ای داشته باشد، باید سیاره‌های خیلی از آن فاصله داشته باشند، وگرنه در چشم به هم زدن تبدیل به بخار می‌شوند. گرانش این ستاره (به دلیل جرم بالای آن) چنان قوی است که می‌تواند سیاره‌هایش را، با وجود فاصله بسیار زیاد، همچنان در مدار خود نگاه دارد. اگر چنین سیاره‌ای وجود داشته باشد و موجودات زنده‌ای بر روی آن زندگی کنند، از دید ساکنان آن، R۱۳۶a۱ به اندازه خورشید خودمان به نظر خواهد آمد، چرا که با وجود این که این ستاره از خورشید بزرگ‌تر است، فاصله‌اش هم باید از آن سیاره به مراتب بیشتر باشد تا فاصله مناسب برای وجود حیات برقرار باشد، وگرنه حیات بی‌حیات!

### داستان زندگی یک ستاره

به‌رغم آن‌چه گفته شد، وجود سیاره‌هایی در مدار R۱۳۶a۱ بسیار نامحتمل است، چه رسد به آن که بر روی آن‌ها حیات وجود داشته باشد. علتش هم آن است که ستاره‌های فوق‌العاده بزرگ عمر بسیار کمی هم دارند. شاید فقط یک میلیون سال از عمر R۱۳۶a۱ گذشته باشد که حتی از یک هزارم عمر خورشید نیز کم‌تر است. این زمان برای فرگشت حیات کافی نیست.

<sup>۱</sup> . hydrogen bomb

<sup>۲</sup> . thermostat

<sup>۳</sup> . VY Canis Majoris

<sup>۴</sup> . Pistol Star

<sup>۵</sup> . Eta Carinae

خورشید ستاره کوچک‌تر و «متعارف»تری است: ستاره‌ای است که داستان و پیشینه‌ی حیاتش چند میلیارد سال (نه فقط چند میلیون سال) قدمت دارد؛ در این مدت فرآیندهایی بسیار طولانی را پشت سر گذاشته است؛ تقریباً مانند کسی است که کودکی را پشت سر گذاشته، جوان شده، به میان‌سالی رسیده و پیری و مرگ را در پیش دارد. ستارگان متعارف عمدتاً از هیدروژن ساخته شده‌اند که ساده‌ترین عناصر است. «بمب هیدروژنی گندکاری» که درون یک ستاره قرار دارد هیدروژن را به هلیوم<sup>۱</sup> (یکی دیگر از چیزهایی که بر اساس نام خدای خورشید یونانی، هلیوس، نام‌گذاری شده است) تبدیل می‌کند که دومین عنصر ساده است. این فرایند انرژی عظیمی را در قالب گرما، نور، و دیگر تشعشعات آزاد می‌کند. به یاد دارید که گفتیم بزرگی یک ستاره تعادلی است میان فشار رو به بیرون گرما و کشش به داخل ناشی از گرانش؟ این تعادل تقریباً ثابت باقی می‌ماند و ستاره را با «شعله‌ای متناسب تا چندین میلیارد سال (تا زمان تمام شدن سوختش) روشن نگه می‌دارد. سپس، چیزی که معمولاً اتفاق می‌افتد این است که ستاره، تحت نیروی لجام‌گسیخته گرانش، در خود فرو می‌ریزد. در این زمان جهنمی برپا می‌شود (البته اگر تصور چیزی جهنمی‌تر از درون ستاره ممکن باشد).

داستان زندگی یک ستاره طولانی‌تر از آن است که عمر اخترشناسان به دیدن کل آن قد دهد، بلکه آن‌ها فقط شمه‌ای از آن را می‌بینند. خوش‌بختانه، وقتی اخترشناسان با تلسکوپ‌هایشان آسمان را رصد می‌کنند با ستاره‌های مختلفی مواجه می‌شوند که هر یک مرحله خاصی از زندگی خود را پشت سر می‌گذارند: برخی ستاره‌ها همچون «جنین»ی در حال شکل‌گیری از ابرهای گاز و غبار هستند، یعنی وضعیتی که خورشید خودمان چهار میلیارد و نیم سال پیش داشته است؛ بسیاری از آن‌ها ستارگانی «میان‌سال» همچون خورشید هستند؛ و برخی ستارگانی پیر و رو به مرگند که قابی از آینده خورشید در چند میلیارد سال آینده را به تصویر می‌کشند. اخترشناسان «باغ‌وحش»ی غنی از ستارگان درست کرده‌اند، ستارگانی در اندازه‌ها و مراحل مختلف زندگی خود. هر عضو این «باغ‌وحش» بیان‌گر حال و روز و گذشته یا آینده دیگر ستارگان است.

ستاره‌ای معمولی چون خورشید سرانجام سوخت هیدروژنش تمام می‌شود و، همان‌گونه که شرح دادم، به جای آن شروع به «سوزاندن» هلیوم می‌کند (به این دلیل این واژه را در گیومه به کار برده‌ام که هلیوم سوزانده نمی‌شود، بلکه اتفاقی رخ می‌دهد که گرمای به مراتب بالاتری را تولید می‌کند). در این مرحله، به ستاره «غول سرخ»<sup>۲</sup> گفته می‌شود. خورشید حدود پنج میلیارد سال دیگر تبدیل به غول سرخ می‌شود، یعنی اکنون اواسط عمر خورشید است. خیلی پیش از این مرحله، سیاره بیچاره ما چنان داغ شده است که دیگر چیزی روی آن قادر به حیات نیست. در دو میلیارد سال آینده، خورشید ۱۵ درصد روشن‌تر از حال خواهد شد، که یعنی در نتیجه آن، زمین چیزی مانند زهره کنونی می‌شود. هیچ کس نمی‌تواند روی سیاره زهره زندگی کند: دمای آن بیش از ۴۰۰ درجه سلسیوس است. اما دو میلیارد سال زمانی بس طولانی است و مطمئناً نسل بشر مدت‌ها پیش از آن منقرض شده است. از این رو، دیگر کسی روی زمین نمانده است که جزغاله شود. یا شاید هم، تا آن زمان، چنان در عرصه فناوری پیشرفت کرده باشیم که بتوانیم زمین را از مدار خود به مدار دورتری انتقال دهیم که وضعیت مساعدتری داشته باشد. بعدها، وقتی که هلیوم هم تمام شد، خورشید به ابری از آوار و غبار تبدیل و ناپدید می‌شود و هسته‌ای کوچک از آن باقی می‌ماند که به آن «کوتوله سفید»<sup>۳</sup> می‌گویند. کوتوله سفید هم سرانجام سرد و نابود می‌شود.

## آبرنواخترها<sup>۴</sup> و غبار ستاره<sup>۵</sup>

پایان داستان ستارگانی که به مراتب بزرگ‌تر و داغ‌تر از خورشید هستند (مثل ستارگان غول‌پیکری که در سطور پیش به آن‌ها اشاره کردیم) به گونه دیگری است. این هیولاها هیدروژن خود را خیلی زودتر «می‌سوزانند» و کوره‌های هسته‌ای «بمب

<sup>۱</sup> . helium

<sup>۲</sup> . red giant

<sup>۳</sup> . white dwarf

<sup>۴</sup> . Supernova

<sup>۵</sup> . stardust

هیدروژن «ی‌شان فراتر از این می‌رود که فقط هسته‌های هیدروژن را به هم بزند تا هسته هلیوم بسازد. کوره داغ ستارگان بزرگ هسته‌های هلیوم را نیز با هم ترکیب می‌کند و عناصر سنگین‌تری را می‌سازد و به این کار ادامه می‌دهد و طیفی وسیع‌تر از عناصر سنگین را تولید می‌کند. این عناصر ساده‌تر کربن، اکسیژن، نیتروژن، و آهن هستند (اما تا این جای کار چیزی سنگین‌تر از آهن پدید نمی‌آید). این‌ها همان عناصری هستند که بر روی کره زمین و در ساختار هر یک از ما به کار رفته‌اند. پس از زمانی نسبتاً کوتاه، ستاره‌ای به این بزرگی، سرانجام، طی انفجاری عظیم خود را منهدم می‌کند که به این انفجار «آبرنواختر» می‌گویند؛ و در این انفجارهاست که عناصر سنگین‌تر از آهن تشکیل می‌شوند.

اگر همین فردا/تا کارینا با یک انفجار آبرنواختری منفجر شود چه می‌شود؟ چنین انفجاری مادر تمام انفجارها خواهد بود. اما نگران نباشید: ۸۰۰۰ سال طول می‌کشد تا ما خبردار شویم؛ چرا که این هشت هزار سال مدت زمانی است که نور برای طی مسافت بین تا کارینا و ما لازم دارد (و هیچ چیز دیگری هم سریع‌تر از نور حرکت نمی‌کند). خوب، حال اگر تا کارینا ۸۰۰۰ سال پیش منفجر شده بود چه می‌شد؟ در آن صورت، نور و تشعشعات حاصل از انفجار، یکی از همین روزها، به ما می‌رسید. به محض این‌که آثار آن را ببینیم، متوجه می‌شویم که تا کارینا ۸۰۰۰ سال پیش منفجر شده است. فقط رؤیت ۲۰ آبرنواختر در تاریخ مکتوب ثبت شده است. دانشمند بزرگ آلمانی، یوهانس کپلر، یکی از این انفجارها را در ۹ اکتبر ۱۶۰۴ شاهد بود: بقایای انفجار از آن زمان تا کنون همین‌طور گسترش پیدا کرده‌اند. خود انفجار در واقع چیزی حدود ۲۰۰۰۰ سال پیش رخ داده بود؛ تقریباً همزمان با انقراض انسان‌های نئاندرتال<sup>۱</sup>.

بر خلاف ستارگان معمولی، آبرنواخترها می‌توانند عناصری سنگین‌تر از آهن را نیز به وجود آورند، مثل سرب و اورانیوم. یک انفجار غول‌آسای آبرنواختری تمام عناصری را که ستاره و سپس آبرنواختر ساخته‌اند تا دور دست‌ها در فضا پراکنده می‌کند. این عناصر شامل عناصر ضروری برای حیاتند. سرانجام، ابرهای گرد و غبار، که آکنده از عناصر سنگین‌اند، چرخه را از نو آغاز می‌کنند؛ متراکم می‌شوند و ستارگان و سیارات جدیدی را پدید می‌آورند. مواد سازنده سیاره ما نیز از همین راه به دست آمده‌اند و به همین دلیل است که سیاره ما عناصر لازم را برای ساختن ما در اختیار داشته است، عناصری همچون کربن، نیتروژن، اکسیژن، و غیره. این عناصر، سال‌ها پس از این‌که انفجاری آبرنواختری کیهان را روشن کرده و خود از بین رفته است، از غبار آن انفجار بر جای مانده‌اند. این امر خاستگاه این عبارت شاعرانه است: «ما غبار ستارگانیم»<sup>۲</sup> که به معنای واقعی کلمه درست است. بدون انفجارات گه‌گاه و البته بسیار نادر آبرنواختری، عناصر ضروری برای حیات وجود نمی‌داشتند.

### چرخش پیوسته

حقیقتاً نمی‌توانیم این واقعیت را نادیده بگیریم که زمین و تمام سیارات خورشید روی یک «صفحه» گرد خورشید می‌چرخند. معنایش چیست؟ به صورت نظری، ممکن است تصور شود که مدار یک سیاره می‌تواند، نسبت به مدار سیاره‌ای دیگر، هر زاویه‌ای داشته باشد. اما چنین نیست. انگار دایره‌ای نامرئی در فضا وجود دارد که خورشید در مرکز آن و سیارات، در فواصل مختلف، روی آن دایره قرار دارند. افزون بر این، تمام سیارات، در یک جهت، به گرد خورشید می‌گردند.

چرا؟ شاید به این دلیل که حرکت خود را به همین شکل آغاز کردند. نخست، بیایید جهت گردش را مد نظر قرار دهیم. کل منظومه شمسی، یعنی خورشید و تمام سیاراتش، در آغاز ابری از گاز و غبار بودند (احتمالاً بقایایی از انفجاری آبرنواختری) که به آهستگی در فضا می‌چرخیدند. این ابر، تقریباً مانند هر جسمی که آزادانه در گیتی معلق است، گرد محور خود می‌چرخیده است. و بله، درست حدس زدید: جهت گردش اولیه با جهت گردش کنونی سیارات به گرد خورشید یکسان است.

حال به این موضوع می‌پردازیم که چرا همه آن سیارات، روی آن «صفحه دایره» ای صاف، در یک سطح قرار دارند. به دلیل کشش‌های گرانشی پیچیده‌ای که به جزئیاتش نمی‌پردازم (ولی دانشمندان به خوبی از آن آگاهند) یک ابر بزرگ گاز و غبار،

<sup>۱</sup> . Neanderthal

<sup>۲</sup> . “We are stardust”



که در حال گردش نیز هست، در فضا به این سمت می‌گردد که صفحه‌ای در حال گردش با توده‌ای عظیم در میان آن تشکیل دهد. و این چیزی است که ظاهراً برای منظومه شمسی ما هم رخ داده است. گاز و تکه‌های کوچکی ماده به صورت گاز و غبار باقی نمی‌مانند. نیروی گرانش آن‌ها را (به همان شکلی که در فصل گذشته شرح دادم) به سمت همسایگان‌شان می‌کشاند. این غبارها و ذرات با همسایگان خود یکی می‌شوند و توده‌های بزرگ‌تری از ماده پدید می‌آورند. هر چه توده بزرگ‌تر باشد، نیروی کشش گرانشی آن نیز بیشتر خواهد بود. از این رو، اتفاقی که در صفحه چرخان ما افتاد این بود که آن توده‌های بزرگ، با بلعیدن همسایگان کوچک خود، بزرگ‌تر شدند.

تا این جای کار، خورشید بزرگ‌ترین توده در مرکز این صفحه است. دیگر توده‌ها (که به اندازه‌های بزرگ بودند که بتوانند توده‌های کوچک‌تر را به خود جذب کنند و همچنین به اندازه‌ای از خورشید دور بودند که خورشید آن‌ها را نبلعد) تبدیل به سیاره شدند. این سیارات، به ترتیب فاصله‌شان از خورشید، از این قرارند: عطارد<sup>۱</sup> <تیر>، زهره<sup>۲</sup> <ناهید>، زمین، مریخ<sup>۳</sup> <بهرام>، مشتری<sup>۴</sup> <هرمز>، اورانوس<sup>۵</sup> <آهوره>، و نپتون<sup>۶</sup>. در فهرست‌های قدیمی‌تر، پلوتو را نیز پس از نپتون می‌آوردند، اما پلوتو، به این دلیل که زیادی کوچک است، امروزه دیگر سیاره محسوب نمی‌شود.

### سیارک‌ها<sup>۷</sup> و ستاره‌های دنباله‌دار<sup>۸</sup>

تحت شرایطی خاص، این امکان وجود داشت که سیاره دیگری هم میان مدار مریخ و مشتری شکل گیرد. اما عاملی جلوی به هم پیوستن ذرات کوچک و تشکیل سیاره‌ای دیگر را گرفته است. احتمالاً عامل بازدارنده سیطره نیروی گرانش مشتری است و به این دلیل، آن تکه‌ها به صورت حلقه‌ای از آوار در مداری قرار گرفته‌اند که به آن کمربند سیارکی<sup>۹</sup> می‌گویند. این سیارک‌ها در حلقه‌ای بین مدار مریخ و مشتری قرار دارند؛ یعنی جایی که اگر تکه‌های معلق به هم می‌پیوستند، امکان به وجود آمدن سیاره‌ای دیگر وجود داشت. حلقه‌های معروف سیاره زحل نیز به دلیلی مشابه گرد آن شکل گرفته‌اند. این احتمال وجود داشت که این تکه‌های جدا از هم متراکم شوند و ماه دیگری را تشکیل دهند (زحل ۶۲ ماه دارد، پس این تکه‌ها می‌توانستند شصت و سومین ماه آن باشند)، اما اتفاقی که افتاد این بود که به صورت حلقه‌ای از سنگ و غبار جدا از هم باقی ماندند. در کمربند سیارکی (که حکم حلقه‌های زحل را برای خورشید دارد) بعضی از آوارها به قدری بزرگ هستند که می‌توان آن‌ها را خرده‌سیاره<sup>۱۰</sup> (چیزی توی مایه‌های «نیمچه سیاره») به شمار آورد. بزرگ‌ترین این خرده‌سیاره‌ها سیرس<sup>۱۱</sup> نام دارد که پهنای آن ۱۰۰۰۰ کیلومتر است. به اندازه‌ای بزرگ است که تقریباً، مانند سیارات، کروی است، اما بقیه خرده‌سیاره‌ها عمدتاً سنگ‌ها و غبارهایی بدشکل و ریخت هستند. آن‌ها هر از گاهی، مانند توپ‌های بیلیارد، به یکدیگر برخورد می‌کنند و گهگاه یکی از آن‌ها از کمربند سیارکی بیرون رانده می‌شود. حتی این امکان وجود دارد که به سیاره‌ای دیگر، همچون زمین، نیز نزدیک شود. ما بارها آن‌ها را در حال سوختن در جو بالای کره زمین می‌بینیم و به آن‌ها «ستاره دنباله‌دار» یا «شهاب‌سنگ» می‌گوییم.

به ندرت پیش می‌آید که یک شهاب‌سنگ به اندازه‌ای بزرگ باشد که بتواند از پس گذر از جو بر آید و به زمین برخورد کند. در ۹ اکتبر ۱۹۹۲، شهاب‌سنگی در جو متلاشی شد و تکه‌ای از آن (که به اندازه آجری بزرگ بود) به یک ماشین در

<sup>۱</sup> . Mercury

<sup>۲</sup> . Venus

<sup>۳</sup> . Mars

<sup>۴</sup> . Jupiter

<sup>۵</sup> . Uranus

<sup>۶</sup> . Neptune

<sup>۷</sup> . asteroid

<sup>۸</sup> . shooting star

<sup>۹</sup> . asteroid belt

<sup>۱۰</sup> . planetesimal

<sup>۱۱</sup> . Ceres

پیکسکیل<sup>۱</sup>، در ایالت نیویورک<sup>۲</sup>، برخورد کرد. در ۳۰ ژوئن ۱۹۰۸، شهاب‌سنگی به مراتب بزرگ‌تر، حدوداً به اندازه یک خانه، بر فراز سیبری<sup>۳</sup> منفجر شد و یک منطقه وسیع جنگلی را به آتش کشید.

دانشمندان شواهدی را به دست آورده‌اند که نشان می‌دهد شهاب‌سنگی از این بزرگ‌تر نیز، ۶۵ میلیون سال پیش، به یوکاتان<sup>۴</sup>، در آمریکای مرکزی، برخورد کرده است و فاجعه‌ای جهانی را به بار آورده است. احتمالاً هم همین حادثه باعث انقراض دایناسورها شده است. طبق محاسبات، انرژی آزاد شده از این اصابت مصیبت‌بار در یوکاتان صدها برابر بیشتر از انرژی حاصل از انفجار همزمان تمام بمب‌های هسته‌ای جهان بوده است. احتمالاً به موجب آن، زمین‌لرزه‌های ویران‌گر، سونامی‌های تاریخی، و جنگل‌سوزی‌های جهانی رخ داده‌اند و ابری غلیظ از دود و غبار غلیظ بر سطح زمین سیاهی افکنده است.

این اتفاق می‌توانسته گیاهانی را که برای غذاسازی به نور خورشید نیاز داشته‌اند بخشکاند و حیوانات نیازمند به گیاهان را، از گرسنگی، بمیراند. این که دایناسورها مرده‌اند تعجبی ندارد؛ چیزی که عجیب است این است که چطور نیاکان پستان‌دار ما جان سالم به در برده‌اند؟ احتمالاً جمعیت اندکی، با فرو رفتن به خواب زمستانی، زنده مانده‌اند.

### نور زندگی ما

می‌خواهم این فصل را با صحبت کردن درباره اهمیت خورشید برای حیات به پایان برسانم. ما نمی‌دانیم که جایی دیگر در گیتی حیات وجود دارد یا نه (در یکی از فصل‌های آینده به این موضوع خواهم پرداخت) اما می‌دانیم که اگر حیاتی وجود داشته باشد، تقریباً به طور قطع، باید آن را در نزدیکی یک ستاره جست. همچنین می‌توانیم بگوییم که اگر حیاتی شبیه به حیات ما وجود داشته باشد، حداقل، این احتمال وجود دارد که روی سیاره‌ای یافت شود که فاصله ظاهری آن از ستاره‌اش هم‌اندازه فاصله ما از خورشیدمان باشد. منظورم از «فاصله ظاهری» فاصله‌ای است که گونه‌های زنده آن جا حسش کنند. فاصله مطلق ممکن است خیلی بیشتر باشد، چنان چه در مثال مربوط به ستاره فوق‌گول‌پیکر R۱۳۶a۱ هم دیدیم. اما اگر فاصله ظاهری یکی باشد، خورشیدشان را به همان بزرگی خواهند دید که ما خورشیدمان را می‌بینیم. این بدان معناست که مقدار گرما و نوری که از آن می‌گیرند تقریباً با ما یکسان است.

چرا حیات باید نزدیک یک ستاره یافت شود؟ به این دلیل که همه گونه‌های حیات به انرژی نیاز دارند و منبع آشکار انرژی نیز نور ستاره است. گیاهان بر روی زمین نور خورشید را می‌گیرند و انرژی حاصل از آن را در دسترس دیگر موجودات زنده قرار می‌دهند. می‌توان گفت که گیاهان از نور خورشید تغذیه می‌کنند. آن‌ها به چیزهای دیگری هم نیاز دارند، مثل دی‌اکسید کربن موجود در هوا، و آب، و دیگر مواد معدنی حاصل از خاک. اما انرژی خود را از نور خورشید می‌گیرند و از آن برای تولید انواع قند<sup>۵</sup> استفاده می‌کنند. قند سوخت لازم را برای تمام فعالیت‌های گیاه فراهم می‌کند.

بدون مصرف انرژی نمی‌توان قند ساخت. و وقتی که قند داشته باشید می‌توانید آن را بسوزانید و انرژی آن را باز پس بگیرید (البته هیچ‌گاه کل انرژی را نمی‌توانید بگیرید؛ همیشه مقداری انرژی در این فرآیند تلف می‌شود). و این که از «سوزاندن» سخن می‌گوییم منظورمان این نیست که چیزی تبدیل به دود می‌شود. سوزاندن، به معنای واقعی کلمه، فقط یکی از راه‌های آزاد کردن انرژی موجود در یک سوخت است. روش‌های کنترل‌شده بسیاری برای آزاد کردن تدریجی و مفید انرژی وجود دارد.

می‌توان یک برگ سبز را کارخانه‌ای کم‌ارتفاع و پهن در نظر گرفت که روی سقف صاف آن یک پنل خورشیدی<sup>۶</sup> وجود دارد. این پنل نور خورشید را گیر می‌اندازد و از آن برای گرداندن خط تولیدی استفاده می‌کند که زیر سقف قرار دارد. به این دلیل است که برگ‌ها نازک و صاف هستند: برای داشتن سطحی بزرگ به منظور گرفتن نور خورشید. فرآورده‌های نهایی این کارخانه

<sup>۱</sup> . Peekskill

<sup>۲</sup> . New York State

<sup>۳</sup> . Siberia

<sup>۴</sup> . Yucatán

<sup>۵</sup> . sugar

<sup>۶</sup> . solar panel

گونه‌های مختلف قند است. این قندها معمولاً از رگبرگ‌ها<sup>۱</sup> به بقیه قسمت‌های گیاه منتقل می‌شوند و در آن‌جا برای تولید چیزهای دیگر، مثل نشاسته<sup>۲</sup>، مصرف می‌شوند. ذخیره انرژی در قالب نشاسته، در مقایسه با قند، راه مناسب‌تری برای ذخیره انرژی است. سرانجام، انرژی موجود در نشاسته یا قند، برای ساختن دیگر اجزای گیاهان، آزاد می‌شود.

وقتی که موجودات گیاه‌خوار<sup>۳</sup>، همچون شاخ‌درازان یا خرگوش‌ها، گیاهی را می‌خورند، انرژی ذخیره‌شده به آن موجودات منتقل می‌شود. در این‌جا نیز، بخشی از انرژی تلف می‌شود. همین‌طور که این گیاه‌خواران به فعالیت‌های عادی خود ادامه می‌دهند، انرژی موجود در گیاهان صرف پروار کردن آن‌ها و سوخت‌رسانی به عضله‌های‌شان می‌شود. فعالیت‌های عادی این حیوانات نیز چریدن و خوردن گیاهان مختلف است. همزمان با این‌که گیاه‌خواران مشغول فعالیت‌هایی چون راه‌رفتن، جویدن، جنگیدن، و جفت‌گیری هستند، سرچشمه انرژی‌ای که به عضلات آن‌ها نیرو می‌رساند به خورشید می‌رسد که از طریق گیاهان به بدن آن‌ها منتقل شده است.

سپس، حیوانات دیگر، یعنی گوشت‌خواران<sup>۴</sup>، سر و کله‌شان پیدا می‌شود و از گیاه‌خواران تغذیه می‌کنند. باز هم انرژی از موجود قبلی به موجود بعدی می‌رسد (و باز هم مقداری از آن، طی این فرآیند، تلف می‌شود). سپس، همان‌طور که این حیوانات به فعالیت‌های عادی خود ادامه می‌دهند، این انرژی صرف انرژی‌رسانی به عضلات‌شان می‌شود. فعالیت‌های عادی گوشت‌خواران شامل این موارد می‌شود: شکار گیاه‌خواران بیشتر برای تغذیه، جفت‌گیری، مبارزه، بالا رفتن از درخت؛ و در مورد پستان‌داران: شیرسازی برای فرزندان‌شان. باز هم، سرخ انرژی مصرفی این حیوانات به خورشید می‌رسد، هر چند که این انرژی از مسیر غیرمستقیم‌تری به بدن‌شان منتقل می‌شود. و در هر مرحله از این مسیر غیرمستقیم کسر قابل‌توجهی از انرژی، به صورت گرما، تلف می‌شود. این گرما یکی از موجبات فعالیت بی‌هوده گرمایش گیتی است.

دیگر موجودات، همچون انگل‌ها<sup>۵</sup>، هم از بدن گوشت‌خواران تغذیه می‌کنند و هم از بدن گیاه‌خواران. باز هم، انرژی‌ای که به انگل‌ها نیرو می‌بخشد از خورشید تأمین می‌شود؛ و باز هم، کل انرژی مصرف نمی‌شود، چرا که بخشی از آن به صورت گرما تلف می‌شود.

سرانجام، هر موجود زنده‌ای (اعم از گیاهان، گیاه‌خواران، گوشت‌خواران، یا انگل‌ها) پس از مرگ یا طعمه مردارخوارهایی<sup>۶</sup> چون سوسک‌های دفن‌کننده<sup>۷</sup> می‌شود یا می‌پوسد (که در این صورت نیز خوراک باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌شود که خود انواع دیگری از مردارخواران هستند). باز هم، این انرژی خورشید است که دست به دست می‌شود؛ و باز هم، بخشی از آن به صورت گرما نشت می‌کند. به این دلیل است که پوسال‌ها<sup>۸</sup> <کمپوست‌ها> گرمند. کل گرمای پوسال‌ها از خورشید به آن‌ها رسیده است، گرمایی که از سال قبل در صفحه‌های خورشیدی برگی‌شان حبس شده است. نوعی پرنده استرالزیایی<sup>۹</sup> وجود دارد که مرغ پابزرگ<sup>۱۰</sup> نام دارد. این پرنده شگفت‌انگیز از گرمای پوسال‌ها برای جوجه کردن تخم‌هایش استفاده می‌کند. برخلاف دیگر پرندگان که روی تخم‌های خود می‌خوابند و با گرمای بدن خود آن‌ها را گرم می‌کنند، مرغ‌های پابزرگ کومه‌ای از پوسال درست می‌کنند و در آن تخم می‌گذارند. آن‌ها، برای تنظیم دمای کومه، پوسال‌های روی آن را کم و زیاد می‌کنند: برای گرم کردنش، پوسال بیشتری روی کومه قرار می‌دهند و، برای خنک کردن آن، از مقدار پوسال‌ها می‌کاهند. ولی بالاخره هر پرنده‌ای، برای جوجه کردن تخم‌هایش (خواه از طریق گرمای بدنش باشد، خواه از طریق ساخت کومه‌ای پوسالی) انرژی‌اش را از خورشید می‌گیرد.

<sup>۱</sup>. vein

<sup>۲</sup>. starch

<sup>۳</sup>. herbivore

<sup>۴</sup>. carnivore

<sup>۵</sup>. parasite

<sup>۶</sup>. scavenger

<sup>۷</sup>. burying beetle

<sup>۸</sup>. compost heap

<sup>۹</sup>. Australasia

<sup>۱۰</sup>. megapode

ممکن است گیاهی خورده نشود و در باتلاقی از پوده<sup>۱</sup> «تورب» فرو رود. پس از گذر قرن‌ها، این برگ‌ها نیز تبدیل به لایه‌های متراکمی از پوده شده‌اند که لایه‌های پوده دیگری نیز روی سرشان قرار دارد. مردم غرب ایرلند یا جزایر اسکاتلند این پوده‌ها را بیرون می‌آورند و آن‌ها را در قالب قطعاتی در اندازه آجر برش می‌دهند. سپس، در زمستان، برای گرم نگاه داشتن خانه‌های‌شان، پوده‌ها را می‌سوزانند. باز هم، این گرما حاصل از نور خورشید به دام افتاده است (در این مورد، چند قرن از این رخداد می‌گذرد) که بعد، انرژی آن به صورت گرما در قالب آتش و پخت و پز در جزایر گالوی<sup>۲</sup> و هبرید<sup>۳</sup> آزاد می‌شود. در شرایط مناسب و پس از گذشت میلیون‌ها سال، پوده ممکن است فشرده شده سرانجام به ذغال سنگ<sup>۴</sup> تبدیل شود. ذغال سنگ، در مقایسه با پوده، سوخت کارآمدتری است و، هنگام سوختن، حرارت به مراتب بیشتری تولید می‌کند. این کوره‌ها و شعله‌های ذغال سنگ بودند که، در سده‌های هجدهم و نوزدهم، انقلاب صنعتی<sup>۵</sup> را پیش راندند.

گرمای شدید کارخانه‌های فولاد یا کوره‌های ذوب آهن، کوره‌های پرنوری که ماشین‌های بخار عهد ویکتوریا را بر ریل‌های آهنی به جلو می‌رانند یا کشتی‌های این عصر را از دریاها عبور می‌داد؛ باری، منشاء تمام این گرما از خورشید است که، به واسطه برگ سبز گیاهانی که ۳۰۰ میلیون سال پیش وجود داشته‌اند، به ما رسیده است.

بسیاری از «آسیاب‌های سیاه شیاطینی»<sup>۶</sup> انقلاب صنعتی با نیروی بخار کار می‌کردند، ولی بسیاری از آسیاب‌های قدیمی کارخانه‌های نخ‌ریسی با چرخ‌های آبی<sup>۷</sup> کار می‌کردند. این آسیاب‌ها نزدیک رودخانه‌ای ساخته می‌شدند که جریانی نیرومند داشت. سپس، جریان آب را به گونه‌ای هدایت می‌کردند که از روی چرخ حرکت کند. این چرخ آبی یک محور یا میل لنگ بزرگ را به حرکت در می‌آورد. آن محور نیز از کل کارخانه می‌گذشت. در امتداد این محور، تسمه‌ها و چرخ‌دنده‌هایی قرار داشتند که انواع و اقسام ماشین‌های نخ‌ریسی، پارچه‌بافی، و نساجی را به حرکت در می‌آوردند. منشاء نیروی این ماشین‌ها هم باز به خورشید می‌رسید. دلیلش این است:

این چرخ‌ها را آبی به حرکت در می‌آورد که با نیروی گرانش به سمت پایین کوهستان آمده بود. البته لازمه‌اش این بود که پیوسته منبع آبی در ارتفاعات وجود داشته باشد که از آن‌جا به پایین جاری شود. این آب از بارانی تأمین می‌شد که از ابرها بر تپه‌ها و کوهستان‌ها باریده بود. و آب موجود در ابرها از تبخیر آب دریاها، دریاچه‌ها، رودخانه‌ها، و گودال‌های روی زمین به دست می‌آید. تبخیر نیازمند انرژی است و این انرژی از خورشید به دست می‌آید. پس منشاء انرژی‌ای که چرخ‌های آبی را به حرکت می‌آورد (چرخ‌هایی که تسمه‌ها و چرخ‌دنده‌های ماشین‌های نخ‌ریسی و نساجی را به حرکت وا می‌دارند) از خورشید است.

بعدها آسیاب‌های کارخانه‌های نخ‌ریسی ساخته شدند که با ماشین‌های بخار ذغال سنگی کار می‌کردند؛ باز هم با استفاده از انرژی‌ای که منشاء آن خورشید بود. اما قبل از این که برای راه‌اندازی کارخانه‌ها کاملاً از نیروی بخار استفاده شود، یک مرحله بینابینی وجود داشت. چرخ‌های آبی بزرگی که دستگاه‌های نساجی و ماکوها را به حرکت در می‌آوردند یکباره کنار گذاشته نشدند. در عوض، از ماشین بخار برای پمپاژ آب به یک مخزن استفاده می‌کردند. بعد، آب از مخزن روی چرخ آبی می‌ریخت و بعد دوباره به مخزن پمپاژ می‌شد. پس، چه زمانی که خورشید آب را به ابرها ببرد، چه زمانی که ماشین بخار ذغال سنگی آب را به مخزن پمپاژ کند، انرژی لازم از خورشید می‌آید. یگانه تفاوت‌شان این است که ماشین بخار را نور خورشیدی به حرکت در می‌آورد که گیاهان میلیون‌ها سال پیش آن را جذب و در زیر زمین، به صورت ذغال سنگ، ذخیره کرده‌اند، ولی چرخ آبی‌ای را که در نزدیکی رودخانه کار گذاشته‌اند نور خورشیدی به حرکت در می‌آورد که چند هفته پیش تابیده و به صورت آب در بالای تپه‌ها ذخیره شده است. به

<sup>۱</sup>. peat bog

<sup>۲</sup>. Galway

<sup>۳</sup>. the Hebrides

<sup>۴</sup>. coal

<sup>۵</sup>. industrial revolution

<sup>۶</sup>. این عبارت، در انگلیسی «dark Satanic Mills» است که در یکی از اشعار ویلیام بلیک با عنوان «And did those feet in ancient time» آمده است.

<sup>۷</sup>. water wheel

این نوع از «انرژی خورشیدی ذخیره شده» انرژی بالقوه گفته می‌شود، چون بالقوه می‌تواند (این توانایی را در خود دارد) که، هنگام سرازیر شدن از ارتفاعات، کار انجام دهد.

این مثال، به خوبی، به ما کمک می‌کند که بفهمیم خورشید چگونه زندگی را به جریان می‌اندازد. وقتی گیاهان به کمک نور خورشید قند می‌سازند مانند پمپاژ آب به بالای یک بلندی یا داخل یک مخزن بر روی سقف کارخانه است. وقتی گیاهان (یا گیاه‌خوارانی که گیاهان را می‌خورند و یا گوشت‌خوارانی که گیاه‌خواران را می‌خورند) از قند ذخیره شده در گیاه (یا نشاسته تولید شده از قند و یا گوشت تولید شده از نشاسته) استفاده می‌کنند، می‌توانیم چنین تصور کنیم که قند سوزانده می‌شود؛ به آرامی می‌سوزد تا عضلات را به حرکت در آورد، درست مثل زمانی که، برای مثال، ذغال سنگ سریع سوزانده می‌شود تا بخار تولید کند و، به مدد این بخار، محور کارخانه بچرخد.

اگر، به معنای واقعی کلمه، قند موجود در بدن مان و یا دیگر سوخت‌های گیاهی را به آتش می‌کشیدیم فایده‌ای برای مان نداشت! آتش زدن روشی اسراف‌کارانه و مخرب برای بازبایی نیروی ذخیره شده خورشید است. اتفاقی که در سلول‌های ما رخ می‌دهد چنان به آرامی و با ظرافت تنظیم شده است که مثال آبی است که از کوهساران سرازیر می‌شود و چندین چرخ آبی را به حرکت در می‌آورد. واکنش شیمیایی<sup>۱</sup> که با نیروی خورشید در برگ‌های سبز، برای ساخت قند، رخ می‌دهد مشابه پمپاژ آب به بالای تپه است. واکنش‌های شیمیایی‌ای که در سلول‌های حیوانات و گیاهان انرژی مصرف می‌کنند (فی‌المثل، حرکت عضلات) انرژی را با دقت و گام‌به‌گام و تدریجی استفاده می‌کنند. سوخت‌های پرنرژی، مثل قند یا سوخت‌های مشابه، به صورتی چندمرحله‌ای و با گذر از واکنش‌های شیمیایی پله پله، انرژی‌شان آزاد می‌شود، به طوری که انرژی از مرحله‌ای به مرحله دیگر دست به دست می‌شود، همچون جریان آبی که از چند آبشار کوچک گذر می‌کند و چرخ‌های آبی کوچکی را، یکی پس از دیگری، به حرکت در می‌آورد.

فارغ از ریزه‌کاری‌های این فرایند، تمام چرخ‌های آبی و چرخ‌دنده‌ها و میل‌لنگ‌های حیات انرژی خود را از خورشید می‌گیرند. شاید اگر انسان‌های عهد باستان می‌دانستند که حیات تا چه حد به خورشید وابسته است مخلصانه‌تر خورشید را می‌پرستیدند. چیزی که کنجاوم بدانم این است که آیا ستارگان دیگری هم هستند که موتور حیات را، در سیاره‌هایی که در مدارشان قرار دارند، به حرکت در آورند؟ ولی بحث درباره این موضوع را به دیگر فصول وا می‌گذاریم.

---

<sup>۱</sup> . chemical reaction

۷

رنگین کمان چیست؟



حماسه گیل‌گمش<sup>۱</sup> یکی از قدیمی‌ترین داستان‌های مکتوب بشر است؛ حتی قدیمی‌تر از اسطوره‌های یونانی و یهودی. قصه‌ای است کهن و پهلوانی از تمدن سومر<sup>۲</sup> که بین ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ سال پیش، در بین‌النهرین<sup>۳</sup> (عراق کنونی) مستقر بود. گیل‌گمش شاه بزرگ و پهلوان اسطوره سومری است و شباهت اندکی با شاه آرتور<sup>۴</sup>، در افسانه‌های بریتانیایی، دارد، از این لحاظ که هیچ کس نمی‌داند که آیا واقعاً وجود داشته است یا نه، اما، در عین حال، داستان‌های زیادی درباره‌اش گفته‌اند. همچون قهرمان یونانی، اولیس<sup>۵</sup>، و قهرمان عرب، سندباد بحری<sup>۶</sup>، گیل‌گمش نیز سفرهایی حماسی در پیش گرفت و در این سفرها با وقایع و آدم‌هایی عجیب روبرو شد. یکی از این افراد عجیب یک پیرمرد بود (پیرمردی که عمر زیادی از او گذشته بود، چیزی در حد چند قرن) به نام اوتنپیشستیم<sup>۷</sup> که داستان عجیبی را از زندگی خود برای گیل‌گمش نقل کرد. البته این داستان برای گیل‌گمش عجیب می‌نمود، برای شما شاید خیلی عجیب نباشد؛ چرا که احتمالاً مشابه آن را شنیده‌اید... البته درباره پیرمردی دیگر با نامی دیگر. اوتنپیشستیم برای گیل‌گمش واقعه‌ای را نقل کرد که چندین قرن پیش از آن‌ها رخ داده بود. داستان از این قرار بود که خدایان به شدت از انسان‌ها خشمگین شده بودند، چون ما آدم‌ها آن قدر سر و صدا به پا می‌کردیم که خدایان نمی‌توانستند بخوابند.

خدای خدایان، انلیل<sup>۸</sup>، پیشنهاد داد که سیل عظیمی را بر مردم فرود آورند تا همه نابود شوند و، در نتیجه، خدایان بتوانند شبی را با خاطر آسوده سر به بالین نهند. اما خدای آب، ای<sup>۹</sup>، تصمیم گرفت که به اوتنپیشستیم هشدار دهد. ای<sup>۹</sup> به اوتنپیشستیم گفت که خانه خود را خراب کند و با آن قایقی بسازد. قایق هم باید بزرگ می‌بود؛ چرا که اوتنپیشستیم می‌بایست «نطفه تمام موجودات زنده» را بر آن سوار کند. اوتنپیشستیم به موقع ساخت قایق را به پایان رساند، پیش از این که شش روز و شش شب باران ببارد. سیل حاصل هر چیز و هر کسی را که داخل حریم امن قایق نبود در خود غرق کرد. روز هفتم، باد از وزیدن افتاد و آب آرام شد و قرار گرفت.

در قایق دریچه‌هایی کار گذاشته بودند با چفت و بست محکم. اوتنپیشستیم یکی از آن‌ها را باز کرد و کبوتری را از آن بیرون آورد. کبوتر در جست و جوی خشکی به پرواز در آمد، اما تلاشش ثمری نداشت و سرانجام به قایق برگشت. اوتنپیشستیم این بار پرستویی را در آسمان رها کرد، اما باز هم نتیجه‌ای عاید نشد. سرانجام، اوتنپیشستیم کلاغی را به جست و جو فرستاد. کلاغ بر نگشت و اوتنپیشستیم چنین نتیجه گرفت که خشکی‌ای وجود دارد و کلاغ آن را پیدا کرده است. سرانجام، کشتی بر نوک قله‌ای که از آب بیرون زده بود لنگر گرفت. یکی دیگر از خدایان، ایشتر<sup>۱۰</sup>، نخستین رنگین‌کمان<sup>۱۱</sup> را به وجود آورد که نشانه‌ای بود از وعده خدایان که از آن به بعد دیگر سیل سهمگینی را نازل نخواهند کرد. چنین بود که نخستین رنگین‌کمان به وجود آمد، البته به روایت این افسانه کهن سومری.

در آغاز هم گفته بودم که داستان داستان آشنایی است. تمام بچه‌هایی که در کشورهای مسیحی، یهودی، یا اسلامی بزرگ شده‌اند بی‌درنگ متوجه خواهند شد که این داستان، با یکی دو مورد اختلاف کوچک، همانند داستان متأخرتر کشتی نوح است. نام سازنده قایق، به جای اوتنپیشستیم، نوح است. چندین و چند خدایی که در آن افسانه قدیمی وجود داشتند جای خود را به

<sup>۱</sup> . Gilgamesh

<sup>۲</sup> . Sumer

<sup>۳</sup> . Mesopotamia

<sup>۴</sup> . King Arthur

<sup>۵</sup> . Odysseus/Ulysses

<sup>۶</sup> . Sinbad the Sailor

<sup>۷</sup> . Utnapashtim

<sup>۸</sup> . Enlil

<sup>۹</sup> . Ea

<sup>۱۰</sup> . Ishtar

<sup>۱۱</sup> . rainbow

خدای یکتای یهود می‌دهند. عبارت «نطفه تمام موجودات زنده» به صورت «از همه جانداران، از هر ذی‌جسدی، جفتی از هر گونه» بازنویسی شده است (یا همان‌گونه که در ترانه کودکان آمده است «حیوان‌ها دو تا دو تا سوار شدند»). مطمئناً منظور حماسه گیل‌گمش هم چنین چیزی بوده است. در واقع، واضح است که داستان نوح در آیین یهود چیزی جز بازگویی افسانه قدیمی اوتنپیشتم نیست. این افسانه داستانی عامیانه<sup>۱</sup> = فولکلور > بوده است که دست به دست شده و از پس اعصار به دست ما رسیده است. گاه به افسانه‌هایی به ظاهر قدیمی بر می‌خوریم که از افسانه‌های قدیمی‌تری اقتباس شده‌اند و معمولاً تفاوت‌شان در چند نام و پاره‌ای از جزئیات است. و این داستان، در هر دو نسخه، با رنگین‌کمان به پایان می‌رسد.

هم در حماسه گیل‌گمش و هم در سفر پیدایش، رنگین‌کمان یکی از اجزای مهم داستان است. کتاب پیدایش به صراحت این نکته را بیان می‌کند که رنگین‌کمان کمان خداوند بود که آن را، به نشانه پیمانش با نوح و اعقابش، در آسمان بر افراشت. این مورد یکی دیگر از تفاوت‌های میان داستان نوح و داستان سومری اوتنپیشتم است که قبل از آن آمده است. در نسخه نوح، دلیل ناخشنودی خداوند از انسان‌ها این بود که ما انسان‌های شروری بودیم و امیدی هم به هدایت‌مان نبود. در نسخه سومری داستان، گناه آدمیان به این سنگینی نبود. یگانه کار بدمان این بود که سر و صدای مان موجب بی‌خوابی خدایان بود! به نظر من که خنده‌دار است! و این درون‌مایه سر و صدا کردن آدمیان و مانع خواب خدایان شدن، به طور کاملاً مستقل، در افسانه مردم چوماش<sup>۲</sup> نیز سر و کله‌اش پیدا می‌شود. چوماش‌ها در جزیره سانتا کروز<sup>۳</sup>، نزدیک به ساحل کالیفرنیا<sup>۴</sup>، سکونت داشتند. به باور این مردم، ایزدبانوی زمین، هوتاش<sup>۵</sup>، آن‌ها را روی این جزیره (آن زمان، نام جزیره سانتا کروز نبود، چون این نام اسپانیایی است)، از بذر گیاهی جادویی خلق کرده بود. هوتاش همسر مار آسمان<sup>۶</sup> بود، چیزی که ما به عنوان کهکشان راه شیری<sup>۷</sup> می‌شناسیمش (خارج از شهر که آلودگی نوری کم است و وقتی که آسمان واقعاً تاریک باشد، می‌توان کهکشان راه شیری را در آسمان رصد کرد). باری، جمعیت مردم جزیره به شدت افزایش یافت و، مانند آنچه در حماسه گیل‌گمش آمده بود، آن قدر سر و صدای‌شان زیاد شده بود که آسایش را از ایزدبانو هوتاش گرفته بود. شلوغ‌کاری‌های‌شان خواب شب را از او ربوده بود. اما هوتاش از خدایان سومری و خدای یهود مهربان‌تر بود و همه مردم را به کشتن نداد. او تصمیم گرفت که بعضی از آن‌ها را از سانتا کروز به سرزمین‌های خارج از جزیره منتقل کند تا دیگر صدای‌شان را نشنود. از این رو برای عبور آن‌ها پلی زد. و این پل چیزی نبود، جز ... بله، یک رنگین‌کمان!

این اسطوره پایان عجیبی دارد. هنگام عبور مردم از روی پل رنگین‌کمان، بعضی از همان شلوغ‌کارها به پایین نگاه کردند و ترس افتادن مایه سرگیجه آن‌ها شد. از این رو، از روی رنگین‌کمان به دریا افتادند و به دلفین تبدیل شدند.

ایده استفاده از رنگین‌کمان به عنوان پل در دیگر اسطوره‌ها هم آمده است. در اسطوره‌های اسکاندیناویایی باستان<sup>۸</sup> (وایکینگی<sup>۹</sup>)، رنگین‌کمان‌ها پل‌های شکننده‌ای تلقی می‌شدند که خدایان از آن‌ها، برای سفر از دنیای آسمان به زمین، استفاده می‌کردند. بسیاری از مردم پارس<sup>۱۰</sup> «یران قدیم»، غرب آفریقا، مالزی<sup>۱۱</sup>، استرالیا، و قاره آمریکا رنگین‌کمان را ماری بزرگ می‌دانستند که برای خوردن آب باران از زمین سر بر می‌آورد.

این‌که این اسطوره‌ها از کجا شروع می‌شوند برایم جای سؤال است. چه کسی آن‌ها را سر هم می‌کند و چطور بعضی مردم

<sup>۱</sup> . folk tale  
<sup>۲</sup> . Chumash  
<sup>۳</sup> . Santa Cruz Island  
<sup>۴</sup> . California  
<sup>۵</sup> . Hutash  
<sup>۶</sup> . Sky Snake  
<sup>۷</sup> . the Milky Way  
<sup>۸</sup> . Old Norse  
<sup>۹</sup> . Viking  
<sup>۱۰</sup> . Persia  
<sup>۱۱</sup> . Malaysia



دستِ آخر باور می‌کنند که این‌ها واقعاً زمانی اتفاق افتاده‌اند؟ این‌ها سؤالاتی هستند که کنجکاوی آدم را بر می‌انگیزند، اما پاسخ به آن‌ها کار ساده‌ای نیست. اما پاسخ دادن به این پرسش برای ما ممکن است: رنگین کمان واقعاً چیست؟

### جادوی واقعی رنگین کمان

ده سالم که بود، من را به تماشای نمایشی برای کودکان بردند که نامش بود انتهای رنگین کمان. احتمالاً شما این نمایش را ندیده‌اید، زیرا رنگ میهن پرستانه‌اش آن قدر غلظت داشت که نمایش خانه‌های امروزی دیگر اصلاً آن را اجرا نمی‌کنند. کل نمایش به این خلاصه می‌شد که انگلیسی‌ها چقدر خاص‌اند. در اوج داستان هم سنت جورج<sup>۱</sup> = > جرجیس < سر می‌رسد و کودکان قصه را نجات می‌دهد. ناگفته نماند که سنت جورج قدیس حامی انگلیس است (و نه بریتانیا، چون اسکاتلند، ولز، و ایرلند قدیس‌های حامی خود را دارند). اما چیزی که به روشنی در خاطر من مانده سنت جورج نیست، بلکه رنگین کمان است. بچه‌ها در واقع محل برخاستن رنگین کمان را پیدا می‌کنند و همین‌طور از بین رنگین کمان می‌روند و می‌آیند. صحنه هوشمندانه طراحی شده بود. داخل می‌هی که روی صحنه ایجاد شده بود، رقص نورهایی تابانده بودند و بچه‌ها نیز مات و مبهوت در این فضا از این سو به آن سو می‌رفتند. فکر کنم در این لحظات بود که سنت جورج با زره براق و کلاه خودِ نقره‌فام خود وارد شد. نفس در سینه ما بچه‌ها حبس شد وقتی که بچه‌های روی صحنه با صدای بلند گفتند: «سنت جورج! سنت جورج! سنت جورج!»

اما این رنگین کمان بود که توجه من را به خود واداشته بود. سنت جورج را بی‌خیال! این که پای یک رنگین کمان فوق‌العاده بزرگ باشیم چه حس عجیبی دارد!

بد نیست بدانید که این ایده چطور به ذهن نمایشنامه‌نویس خطور کرده است. رنگین کمان به‌راستی به یک شیء تمام و کمال می‌ماند که تا چند کیلومتر آن‌سوتر معلق است. چنین به نظر می‌رسد که پای چپش را، مثلاً، در یک مزرعه گندم گذاشته باشد و پای راستش را روی یک تپه (البته اگر شانس‌تان بزند و رنگین کمان کاملی را ببینید). این احساس به ما دست می‌دهد که می‌توان مستقیماً به سمت آن رفت و، مانند بچه‌های نمایش، کنار جایی که رنگین کمان پا بر زمین گذاشته ایستاد. این تصور در همه افسانه‌هایی که تا این جا شرح داده‌ام وجود دارد. تلقی‌شان چنین است که رنگین کمان چیزی معین، در مکانی معین، و در مسافتی معین است.

ولی، خوب، احتمالاً به این نتیجه رسیده‌اید که چنین نیست! نخست این که، اگر سعی کنید که به یک رنگین کمان نزدیک شوید، هر چقدر هم که سریع این کار را انجام دهید، هیچ‌گاه به آن نخواهید رسید: رنگین کمان از شما دورتر و دورتر می‌شود تا جایی که یکسره ناپدید گردد. نمی‌توان به رنگین کمان رسید. در واقع، رنگین کمان از دست ما در نمی‌رود، زیرا اصلاً جا و مکان ثابتی ندارد. رنگین کمان یک توهم است، اما توهمی شگفت‌انگیز. درک آن به چیزهای جالب دیگری ختم می‌شود و، در این فصل، به بعضی از این موارد خواهیم پرداخت.

### اجزای سازنده نور<sup>۲</sup>

نخست باید طیف<sup>۳</sup> را بشناسیم. آیزاک نیوتن<sup>۴</sup>، در زمان شاه چارلز دوم<sup>۵</sup> (یعنی حدود ۳۵۰ سال پیش)، طیف را کشف کرد. اغراق نکرده‌ایم اگر نیوتن را بزرگ‌ترین دانشمند تاریخ بنامیم (افزون بر طیف، همان‌گونه که در بخش مربوط به شب و روز دیدیم، خیلی چیزهای دیگر را نیز کشف کرده است). نیوتن کشف کرد که نور سفید ترکیبی از رنگ‌های متفاوت است. سفید، برای یک دانشمند، چنین معنایی دارد.

<sup>۱</sup> . St George

<sup>۲</sup> . light

<sup>۳</sup> . spectrum

<sup>۴</sup> . Isaac Newton

<sup>۵</sup> . King Charles II

نیوتن چگونه به این نتیجه رسید؟ او آزمایشی کرد. نخست، اتاقش را به حدی تاریک کرد که ذره‌ای نور وارد آن نشود. سپس، روی پرده باریکه‌ای باز کرد؛ به طوری که نور، به قطر یک مداد، مجال گذر داشته باشد. بعد، آن نور را از یک منشور<sup>۱</sup>، که شیشه‌ای مثلثی است، گذراند.

کار منشور این است که، اگر شعاعی نور سفید بر آن بتابد، آن را می‌گستراند. ولی نور گسترش یافته، که از آن سوی منشور خارج می‌شود، دیگر سفید نیست؛ مانند یک رنگین کمان چندرنگ است. نیوتن رنگین کمان ساخته خود را «طیف» نامید. حال به شرح سازوکار آن می‌پردازیم.

وقتی که پرتو نوری از هوا عبور می‌کند و به شیشه می‌خورد خم می‌شود. به این خمش «شکست نور<sup>۲</sup>» می‌گویند. فقط شیشه نیست که شکست نور را پدید می‌آورد؛ آب هم می‌تواند همین کار را بکند و این مطلب در بحث رنگین کمان اهمیت پیدا می‌کند. به دلیل شکست نور است که وقتی پارو را وارد رودخانه می‌کنید به نظر می‌آید که خم شده است. اما نکته این جاست. زاویه خمش نور، بسته به رنگ نور، اندکی متفاوت خواهد بود. نور سرخ با زاویه بسته‌تری نسبت به نور آبی خم می‌شود. پس اگر، آن گونه که نیوتن حدس زده بود، نور سفید واقعاً ترکیبی از نورهایی با رنگ متفاوت باشد، هنگام خمش نور سفید، موقع گذر از منشور، چه اتفاقی می‌افتد؟ نور آبی از نور سرخ بیشتر خم خواهد شد و، به این دلیل، در آن سوی منشور از یکدیگر جدا می‌شوند. نورهای زرد و سبز هم میان این رنگ‌ها قرار می‌گیرند. نتیجه‌اش می‌شود طیف نیوتن: همان رنگ‌های رنگین کمان با ترتیبی یکسان؛ سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، و بنفش.

نیوتن نخستین کسی نبود که با منشور رنگین کمان درست کرد. افراد دیگری هم این کار را کرده بودند، اما بسیاری از آن‌ها تصور می‌کردند که منشور، به نحوی، نور سفید را «رنگی» می‌کند؛ چیزی شبیه رنگ زدن. نیوتن نظر دیگری داشت. به باور او، نور سفید ترکیبی از همه رنگ‌ها بود و منشور آن‌ها را از یکدیگر جدا می‌ساخت. او درست می‌گفت و با دو آزمایش تر و تمیز حرفش را ثابت کرد. نخست، مانند دفعه قبل، منشوری را آورد و شکاف باریکی را در مسیر رنگ‌هایی که از آن خارج می‌شدند قرار داد؛ به گونه‌ای که فقط یکی از رنگ‌ها، مثلاً رنگ سرخ، از شکاف عبور کند. سپس منشور دیگری را در مسیر این پرتو باریک نور سرخ قرار داد. منشور دوم نیز، مطابق معمول، نور را خم کرد. اما از سمت دیگر آن فقط نور سرخ خارج شد. هیچ رنگ اضافه‌ای وجود نداشت؛ در صورتی که اگر منشور رنگ اضافه می‌کرد، می‌بایست این اتفاق می‌افتاد. نتیجه آزمایش درست همان چیزی بود که نیوتن انتظارش را داشت. این نتیجه نظریه او را، مبنی بر این که نور سفید ترکیبی از نورهایی از همه رنگ‌هاست، ثابت می‌کرد. نیوتن آزمایش دیگری را نیز طراحی کرد که از این هم هوشمندانه‌تر بود و در آن سه منشور به کار می‌رفت. این آزمایش Experimentum Crucis <اکسپریمنتوم کروسیس> نیوتن نام گرفت که عبارتی لاتین به معنی «آزمایش حیاتی» است. به زبان خودمانی می‌شود «آزمایشی که بی برو برگرد هر گونه حرف و حدیث را تمام می‌کند».

آزمایش بدین صورت بود که نور سفید، پس از گذشت از شکاف پرده، از منشور نخست رد می‌شد که نور سفید را به صورت تمام رنگ‌های رنگین کمان می‌گستراند. سپس، رنگ‌های گسترده رنگین کمان از لنزی عبور داده می‌شدند. این لنز، تمام رنگ‌ها را یکجا جمع می‌کرد، و سپس، این نور، از منشور دوم، عبور داده می‌شد. اثر این منشور به این صورت بود که رنگ‌های رنگین کمان را دوباره، به صورت نور سفید، به هم پیوند می‌داد. این نتیجه، به خوبی ادعای نیوتن را ثابت می‌کرد، اما برای اطمینان، این پرتو نور سفید از یک منشور سوم نیز عبور داده شد؛ که دوباره، نور را، به صورت رنگ‌های رنگین کمان، از هم تفکیک کرد. دیگر آزمایشی از این تر و تمیزتر ممکن نبود، آزمایشی که ثابت می‌کرد نور سفید، در واقع، ترکیبی از همه رنگ‌هاست.

### قطره‌های باران چگونه رنگین کمان درست می‌کنند؟

منشورها به خوبی نور سفید را تفکیک می‌کنند، اما وقتی که رنگین کمانی در آسمان تشکیل می‌شود خبری از یک منشور

<sup>۱</sup> . prism

<sup>۲</sup> . refraction

بزرگ در آسمان نیست. نه، منشوری وجود ندارد، اما میلیون‌ها قطره باران در آسمان هست. پس آیا هر قطره باران مانند یک منشور کوچک عمل می‌کند؟ چیزی توی این مایه‌ها، اما دقیقاً این طور نیست.

برای این که رنگین‌کمان را ببینیم، هنگام نگرستن به بارش باران، خورشید باید پشت سرمان باشد. هر قطره باران بیشتر مانند تویی کوچک است تا یک منشور. نور هم، هنگام برخورد با یک توپ، رفتارش متفاوت خواهد بود با زمانی که به یک منشور برخورد می‌کند. تفاوتش در این است که آن سمتی از قطره باران که دورتر قرار دارد مانند یک آینه عمل می‌کند. و به این دلیل است که، برای دیدن رنگین‌کمان، خورشید باید پشت سرتان قرار داشته باشد. نور خورشید در هر قطره باران پشتک و وارو می‌زند و به سمت پشت و پایین بازتاب داده می‌شود و به چشم ما برخورد می‌کند.

حال به شرح سازوکار آن می‌پردازیم. وقتی که خورشید پشت و بالای سرتان قرار دارد و شما هم دارید به بارش باران در دور دست‌ها می‌نگرید، نور خورشید به یک قطره باران برخورد می‌کند (البته به خیلی قطره‌های دیگر هم برخورد می‌کند، اما اندکی صبر، به آن‌جا خواهیم رسید). این قطره خاص را «آ» می‌نامیم. پرتو نور سفید به سطح بالایی «آ»، که به آن نزدیک‌تر است، برخورد می‌کند. سپس، نور خم می‌شود، همان گونه که در نزدیکی سطح منشور نیوتن خم می‌شد. و البته نور سرخ کمتر از نور آبی خم می‌شود؛ پس طیف شروع به تشکیل شدن کرده است. حال تمام پرتوهای رنگی از قطره باران می‌گذرند تا زمانی که به سمت دیگر آن، که دورتر است، برخورد کنند. به جای این که از هوا رد شوند، بازتاب داده می‌شوند و به آن سمتی از قطره برخورد می‌کنند که نزدیک‌تر است؛ این بار، پرتوها به قسمت پایین سمت نزدیک برخورد می‌کنند. و نور، هنگام عبور از سمت نزدیک قطره باران هم، دوباره خم می‌شود. باز هم نور سرخ کمتر از نور آبی خم می‌شود.

پس، همین طور که نور از قطره باران عبور می‌کند، پیش از آن به طیفی تمام و کمال و کوچک تبدیل شده است. پرتوهای رنگی جدا شده، پس از بازتاب دوباره در داخل قطره، به حوالی محل ایستادن ما پرتاب می‌شوند. اگر چشم ما در مسیر یکی از پرتوها، مثلاً پرتو سبز، قرار داشته باشد، نور سبز و خالصی را خواهید دید. کسی که از شما قد کوتاه‌تر است، احتمالاً پرتو سرخی را می‌بیند که از «آ» به سمت او می‌آید. و کسی که از شما بلندتر باشد، احتمالاً پرتو آبی را می‌بیند که از «آ» به سمت او می‌آید.

هیچ کس کل طیف ساطع‌شونده از یک قطره را نمی‌بیند. هر یک از شما فقط یکی از رنگ‌های خالص را خواهد دید. با وجود این، همه شما خواهید گفت که رنگین‌کمانی را با همه رنگ‌هایش دیده‌اید. چطور ممکن است؟ خوب، تا این جای کار فقط داشتیم درباره یکی از قطره‌های باران، به نام «آ»، صحبت می‌کردیم. میلیون‌ها قطره باران وجود دارد و همگی به طریق مشابهی رفتار می‌کنند. هم‌زمان که دارید به پرتو سرخ «آ» نگاه می‌کنید، قطره دیگری هم، به نام «ب»، وجود دارد که پایین‌تر از «آ» قرار دارد. شما پرتو سرخ «ب» را نخواهید دید، چرا که آن پرتو به شکم شما برخورد می‌کند. اما پرتو آبی «ب» درست در تیررس چشم شما قرار دارد. و قطرات دیگری هم وجود دارند که بالا یا پایین قطرات «آ» و «ب» باشند و پرتوهای سرخ و آبی آن‌ها به شما نرسد، اما پرتوهای زرد و سبز آن‌ها را خواهید دید. پس قطرات فراوانی، با هم، طیفی کامل را تشکیل می‌دهند و بالا و پایین یک ردیف را می‌پوشانند.

اما یک ردیف بالاتر یا پایین‌تر از این ردیف، رنگین‌کمانی وجود ندارد. پس بقیه رنگین‌کمان از کجا می‌آید؟ فراموش نکنید که قطره‌های دیگری هم وجود دارند که در ارتفاع‌های مختلف، از یک سمت بارش تا سمت دیگر آن، امتداد دارند. و البته این قطرات هستند که بقیه رنگین‌کمان را تکمیل می‌کنند. در ضمن، هر رنگین‌کمانی که می‌بینید می‌خواهد دایره‌ای کامل، به مرکزیت چشم شما، درست کند، مانند رنگین‌کمان مدوری که هنگام آب دادن به باغچه با شیلنگ و با تابیدن نور خورشید به افشانه‌های آب تشکیل می‌شود. فقط به یک دلیل دایره کامل را نمی‌بینیم: زمین سد راه می‌شود.

پس به این دلیل است که در هر کسری از ثانیه رنگین‌کمانی را می‌بینید. اما کمتر از یک ثانیه بعد، تمام قطرات تشکیل دهنده رنگین‌کمان به مکان پایین‌تری رسیده‌اند. اکنون قطره «آ» جای قطره «ب» را گرفته است؛ پس دیگر، به جای پرتو سبز «آ»، پرتو آبی آن را می‌بینید. و دیگر نمی‌توانید هیچ یک از پرتوهایی را که از «ب» ساطع می‌شوند ببینید (اما سگی که کنار پایتان است می‌تواند آن‌ها را ببیند). و قطره‌ای جدید (به نام «پ» که قبلاً اصلاً آن را نمی‌دیدید) اکنون جای قطره «آ» را گرفته

است و حال پرتو سرخ آن را می‌بینید.

به همین دلیل رنگین‌کمان ثابت به نظر می‌رسد، با وجود این که قطره‌های سازنده آن مدام در حال فرو افتادن‌اند.

### در طول موج<sup>۱</sup> مناسب؟

حال ببینیم طیف (رنگ‌هایی که به ترتیب کنار هم چیده شده‌اند: سرخ، نارنجی، زرد، سبز، آبی، و بنفش) واقعاً چیست. رنگ سرخ چه ویژگی‌ای دارد که باعث می‌شود، نسبت به نور آبی، با زاویهٔ بسته‌تری خم شود؟ نور را می‌توان نوعی ارتعاش<sup>۲</sup> تلقی کرد؛ یعنی موج. همان‌گونه که صوت<sup>۳</sup> حاصل ارتعاشات در هواست، نور نیز از ارتعاشات الکترومغناطیسی<sup>۴</sup> تشکیل شده است. تصمیم ندارم که ارتعاشات الکترومغناطیس را توضیح دهم، چون زمان زیادی می‌برد (و خودم هم مطمئن نیستم که به خوبی آن را بلد باشم). نکتهٔ مهم این است که، به رغم تفاوت‌های زیاد میان نور و صدا، در مورد ارتعاشات نور هم می‌توانیم از بسامد<sup>۵</sup> بالا (طول موج کوتاه) و بسامد پایین (طول موج بلند) سخن بگوییم، درست همان‌طور که این اصطلاحات را دربارهٔ ارتعاشات صوت به کار می‌بریم. وقتی می‌گوییم صدایی زیر<sup>۶</sup> (تربل<sup>۷</sup> یا سوپرانو<sup>۸</sup>) است، منظور این است که ارتعاشاتش بسامدی بالا یا طول موجی کوتاه دارند. صداهایی هم که بسامدی پایین، یا طول موجی بلند، داشته باشند بم<sup>۹</sup> یا باس<sup>۱۰</sup> هستند. معادل این حرف برای نور این است که سرخ (طول موج بلند) بم، نور زرد باریتون<sup>۱۱</sup>، سبز تنور<sup>۱۲</sup>، آبی آلتو<sup>۱۳</sup>، و بنفش (طول موج کوتاه) زیر است.

بعضی صداها نیز آن قدر زیر هستند که توانایی شنیدن آن‌ها را نداریم. به این صداها فراصوت<sup>۱۴</sup> می‌گویند (ولی خفاش‌ها می‌توانند آن‌ها را بشنوند و از آن‌ها در مسیریابی استفاده کنند). بعضی صداها را هم نمی‌توانیم بشنویم چون زیادی بم هستند. به این صداها فروصوت<sup>۱۵</sup> می‌گویند (فیل‌ها، وال‌ها، و شماری دیگر از حیوانات، برای برقراری ارتباط با یکدیگر، از صداهای بم استفاده می‌کنند). تقریباً بم‌ترین کلیدهای بم ارگ‌های کلیسا آن قدر ضعیفند که نمی‌توان آن‌ها را شنید: فقط می‌توان ارتعاش آن‌ها را بر روی تن خود «احساس» کرد. دامنهٔ صداهایی که ما انسان‌ها می‌توانیم بشنویم یک محدودهٔ بسامدی است که میان فراصوت (که شنیدنش برای ما ناممکن اما برای خفاش‌ها ممکن است) و فروصوت (که شنیدنش برای ما ناممکن اما برای فیل‌ها ممکن است) قرار دارد.

همین مطلب دربارهٔ نور هم صدق می‌کند. معادل رنگی جیر جیر فراصوت خفاش‌ها فرابنفش<sup>۱۶</sup> است که یعنی «بالتر از بنفش». ما انسان‌ها نمی‌توانیم نور فرابنفش را ببینیم، اما حشرات بر این کار توانا هستند. بعضی گل‌ها رگه‌ها یا الگوهای مشابه دارند که حشرات را برای گرده‌افشانی بر روی آن‌ها به خود جذب می‌کنند. این الگوها فقط در ناحیهٔ فرابنفش طول موج قرار دارند. حشرات می‌توانند آن‌ها را ببینند، اما ما برای دیدن آن‌ها به ابزاری نیاز داریم که بتواند این الگوها را به رنگ‌هایی «ترجمه» کنند

<sup>۱</sup> . wavelength

<sup>۲</sup> . vibration

<sup>۳</sup> . sound

<sup>۴</sup> . electromagnetic

<sup>۵</sup> . frequency

<sup>۶</sup> . high-pitched

<sup>۷</sup> . treble

<sup>۸</sup> . soprano

<sup>۹</sup> . low-pitched

<sup>۱۰</sup> . bass

<sup>۱۱</sup> . baritone

<sup>۱۲</sup> . tenor

<sup>۱۳</sup> . alto

<sup>۱۴</sup> . ultrasound

<sup>۱۵</sup> . infrasound

<sup>۱۶</sup> . ultraviolet

که در طیف مرئی ما انسان‌ها قرار دارند. برای نمونه، گل مغربی<sup>۱</sup> به دید ما زرد است و هیچ الگو یا رگه خاصی روی آن وجود ندارد. اما اگر با نور فرابنفش از آن‌ها عکس‌برداری شود، رگه‌هایی ستاره‌ای شکل را خواهید دید.

بسامدهای به مراتب بالاتری هم در طیف وجود دارد، حتی بالاتر از فرابنفش؛ به مراتب فراتر از چیزی که، برای حشرات، مرئی است. پرتو ایکس<sup>۲</sup> را می‌توان «نور»ی در نظر گرفت که «زیر»ی آن از فرابنفش هم فراتر است. پرتوهای گاما<sup>۳</sup> از این هم فراترند.

در سر دیگر طیف، نور سرخ وجود دارد که برای ما مرئی اما برای حشرات نامرئی است. به طول موج‌هایی که پس از نور سرخ می‌آیند «فروسرخ»<sup>۴</sup> می‌گویند که برای ما قابل دید نیستند، اما آن‌ها را به صورت گرما حس می‌کنیم (و بعضی مارها حساسیت ویژه‌ای به فروسرخ دارند و از آن برای پیدا کردن طعمه استفاده می‌کنند). از دید زنبور عسل، رنگ سرخ «فرونارنجی» است. به «نت‌های بم»<sup>۵</sup> تر از فروسرخ «ریزموج»<sup>۶</sup> در علوم تجربی مدارس ایران، «مایکرو ویو» نیز ترجمه شده است<sup>۷</sup> می‌گویند که از آن‌ها برای پخت و پز استفاده می‌شود. حتی موج‌های بم‌تر از این (دارای طول موج بلندتر) هم داریم که موج‌های رادیویی<sup>۸</sup> از این قبیلند.

کمی شگفت‌انگیز است که نورهایی که برای انسان مرئی هستند - طیف یا «رنگین‌کمان» رنگ‌های مرئی که بین رنگ بنفش (که اندکی «زیر» است) و سرخ (که اندکی «بم» است) قرار دارند - فقط دامنه‌ای بسیار محدود از طیفی وسیع است. در یک طرف این طیف زیرترین موج‌ها، یعنی پرتوهای گاما، قرار دارند و، سمت دیگرش، که بم‌ترین موج‌ها محسوب می‌شوند، موج‌های رادیویی. تقریباً کل طیف برای ما نامرئی است.

خورشید و ستارگان، در هر بسامدی، از خود پرتوهای الکترومغناطیس ساطع می‌کنند که کل دامنه بسامدی را پوشش می‌دهد: از موج‌های رادیویی گرفته، که «بم»ترین موج‌ها هستند، تا پرتوهای گاما، که «زیر»ترین موج‌های پیوستارند. درست است که نمی‌توانیم رنگ‌های خارج از محدوده باریک نور مرئی را (که از سرخ تا بنفش را شامل می‌شود) ببینیم، اما ابزاری در اختیار داریم که به کمک آن‌ها می‌توانیم این پرتوهای نامرئی را رؤیت کنیم.

دانشمندانی که «اخترشناسان رادیویی»<sup>۷</sup> نام دارند با استفاده از موج‌های رادیویی (به جای موج‌های سبک یا پرتوهای ایکس) از ستارگان «عکس‌برداری» می‌کنند. نام ابزاری هم که به کار می‌برند «تلسکوپ رادیویی»<sup>۸</sup> است. دانشمندان دیگری هم هستند که با موج‌های آن سر طیف، یعنی پرتوهای ایکس، از آسمان عکس‌برداری می‌کنند. با استفاده از بخش‌های گوناگون طیف، می‌توانیم مطالب مختلفی درباره ستارگان و گیتی به دست بیاوریم. این حقیقت که چشمان ما فقط می‌تواند باریکه‌ای ناچیز از این طیف وسیع را ببیند، این حقیقت که، از میان پرتوهای قابل دید برای ابزار علمی، ما فقط می‌توانیم دامنه لاغری را ببینیم، همه و همه به زیبایی نشان می‌دهند که علم چه قدرتی در برانگیختن تصوراتمان دارد: همه و همه مثالی زیباست از جادوی امر واقعی.

در فصل بعد مطالب شگفت‌انگیزتری درباره رنگین‌کمان خواهیم آموخت. با تفکیک نور ساطع‌شونده از یک ستاره دور، در قالب یک طیف، نه تنها می‌توانیم به اجزای سازنده آن ستاره پی ببریم، بلکه سن آن را هم می‌توانیم بفهمیم. و این گونه شواهد، یعنی شواهد رنگین‌کمانی، هستند که ما را قادر می‌سازند قدمت گیتی را محاسبه کنیم؛ بفهمیم که نقطه آغاز همه ماجراها چه زمانی بوده است. شاید چنین چیزی به نظر تان ناممکن بیاید، اما، در فصل بعد، از همه این مطالب پرده بر خواهیم داشت.

<sup>۱</sup> . primrose flower

<sup>۲</sup> . X-rays

<sup>۳</sup> . gamma rays

<sup>۴</sup> . infrared

<sup>۵</sup> . microwave

<sup>۶</sup> . radio wave

<sup>۷</sup> . radio astronomer

<sup>۸</sup> . radio telescope

چه زمان و چگونه همه چیز آغاز شد؟



بگذارید بحث را با اسطوره‌های آفریقایی از قبیله‌ای بان‌تو<sup>۱</sup>، به نام بوشونگو<sup>۲</sup> از کشور کنگو<sup>۳</sup>، آغاز کنیم. در آغاز هیچ خشکی‌ای وجود نداشت، فقط تاریکی بود و آب و همچنین (این جایش خیلی مهم است) خدایی به نام بومبا<sup>۴</sup>. بومبا دچار دل‌درد شد و خورشید را قی کرد. نور خورشید تاریکی را در هم شکست و گرمای آن بخشی از آب را بخار کرد و خشکی به جای گذاشت. البته دل‌درد بومبا همچنان پابرجا بود؛ به همین دلیل ماه، ستارگان، حیوانات و انسان‌ها را هم قی کرد.

بسیاری از اسطوره‌های منشاء چینی شخصیتی دارند به نام پان‌گو<sup>۵</sup> که گاه به صورت مردی غول‌پیکر و پشمالو با سر سگ ترسیم می‌شود. یکی از اسطوره‌های پان‌گو بدین شرح است. در آغاز تمایز روشنی میان بهشت و زمین نبود: آشفته‌بازاری بود که تخمی بزرگ و سیاه را احاطه کرده بود. و پان‌گو بود که درون آن تخم چمباتمه زده بود. پان‌گو ۱۸,۰۰۰ سال را، داخل تخم، به خواب گذرانده بود. گاه بیدار شدن، قصد فرار کرد؛ پس، تبرزش را برداشت و راهی برای فرار خویش باز کرد. بعضی از محتویات تخم مرغ، به دلیل سنگینی، پایین رفتند و زمین را پدید آوردند. ولی بعضی از محتویات سبک بودند و به حالت معلق در آمدند و آسمان را تشکیل دادند. به مدت ۱۸,۰۰۰ سال دیگر، زمین و آسمان، با سرعتی (معادل) ۳ متر در روز، متورم شدند.

در بعضی از نسخه‌های داستان آمده است که پان‌گو زمین و آسمان را از هم جدا کرد و پس از آن، از شدت خستگی و کوفتگی، جان داد. سپس، قسمت‌های مختلف بدنش گیتی‌ای را که می‌شناسیم تشکیل دادند. نفسش باد شد، صدایش تندر؛ دو چشمانش ماه و خورشید، و عضلاتش زمین‌های کشاورزی، و رگ‌هایش نیز به راه و جاده تبدیل شدند. عرقش باران گشت و موهایش تبدیل به ستاره شدند. انسان‌ها نیز نوادگان کک و شپشی بودند که زمانی بر روی بدن او زندگی می‌کردند. در ضمن، ماجرای جدا کردن زمین و آسمان به دست پان‌گو تقریباً به اسطوره (شاید بی‌ارتباط) اطلس<sup>۶</sup> شباهت دارد. اطلس آسمان را معلق نگه می‌داشت (با وجود این، عجیب است که در تصاویر و مجسمه‌ها معمولاً او را در حال به دوش کشیدن زمین می‌بینیم).

حال به شرح یکی از بی‌شمار اسطوره‌های منشاء هندی می‌پردازیم. پیش از آغاز زمان، اقیانوسی گسترده و سیاه از نیستی بود و ماری عظیم بر روی آن چنبره زده بود. ایزد ویشنو<sup>۷</sup> در پیچ و تاب این مار آرمیده بود. سرانجام، همه‌های مبهم از عمق اقیانوس نیستی ایزد ویشنو را بیدار کرد و یک لاله مردابی<sup>۸</sup> معمولاً در متون فارسی به آن «نیلوفر آبی» می‌گویند<sup>۹</sup> از ناف ویشنو سر بر آورد. در میان لاله مردابی، برهما<sup>۱۰</sup>، خدمتکار ویشنو، نشسته بود. ویشنو به برهما امر کرد که جهان را بسازد. و برهما چنین کرد. مثل آب خوردن! همین طور که دستش به کار بود، تمام موجودات زنده را هم به طرفه‌العینی ساخت. کاری نداشت برایش!

چیزی که قدری مرا از این اسطوره‌های منشاء ناامید می‌کند این است که وجود موجودی زنده را، پیش از پدید آمدن گیتی، فرض می‌گیرند: بومبا، برهما، یا پان‌گو، یا اون‌کولون‌کولو<sup>۱۱</sup> (پدیدآورنده در اسطوره زولو<sup>۱۱</sup>) یا آباسی<sup>۱۲</sup> (نیجریه) یا «پیرمرد

<sup>۱</sup>. Bantu

مردمان بان‌تو کسانی هستند که به زبان بان‌تو سخن می‌گویند و محل زندگی‌شان پهنه وسیعی از قاره آفریقا، از آفریقای مرکزی گرفته تا دریاچه‌های بزرگ آفریقا و جنوب این قاره، را در بر می‌گیرد. (دانشنامه اینترنتی ویکی‌پدیا - ویراستار

<sup>۲</sup>. Boshongo

<sup>۳</sup>. Congo

<sup>۴</sup>. Bumba

<sup>۵</sup>. Pan Gu

<sup>۶</sup>. Atlas

<sup>۷</sup>. Lord Vishnu

<sup>۸</sup>. lotus

<sup>۹</sup>. Brahma

<sup>۱۰</sup>. Unkulukulu

<sup>۱۱</sup>. Zulu

<sup>۱۲</sup>. Abassie

آسمان‌نشین<sup>۱</sup>» (اسطوره سالیسی<sup>۲</sup>، یکی از قبایل بومی قاره آمریکا که ساکن کانادا بوده‌اند). به نظر شما نباید این چنین باشد که اول نوعی گیتی وجود داشته باشد که مأمّن و مکانی را برای آن موجود خلاق فراهم کند؛ و بعد آن موجود خلاق آفرینش خود را آغاز کند؟ هیچ یک از اسطوره‌ها نمی‌گویند که پدیدآورنده گیتی (که معمولاً هم مرد است) خودش چگونه به وجود آمده است. از این رو، ما را به جایی نمی‌رسانند. پس، بیایید نگاهی بیاندازیم به آن چه از داستان واقعی آغاز گیتی می‌دانیم.

### آغاز همه چیز، واقعاً، چه بوده است؟

به یاد دارید که در فصل ۱ گفتیم که کار دانشمندان این است که، برای سازوکار احتمالی امور در واقعیت، مدل می‌سازند؟ سپس، مدل را بدین گونه می‌آزمایند: با فرض درستی مدل، پیش‌بینی می‌کنند که چه چیزهایی را باید شاهد باشیم یا چه مقادیری را باید به دست آوریم. در میانه‌های قرن بیستم، دو مدل رقیب برای چگونگی آغاز گیتی وجود داشت: یکی مدل «حالت پایدار<sup>۳</sup>» و دیگری مدل «مهبانگ<sup>۴</sup>». مدل حالت پایدار مدل برانده‌ای بود، اما سرانجام مشخص شد که اشتباه است؛ یعنی پیش‌بینی‌هایی که بر اساس آن شده بودند رد شدند. مدل حالت پایدار هیچ آغازی را برای گیتی متصور نیست: گیتی همیشه، شبیه به همین چیزی که اکنون هست، وجود داشته است. ولی نظریه مهبانگ می‌گوید که گیتی، در زمانی معین و با انفجاری عجیب، آغاز شده است. تا کنون، پیش‌بینی‌هایی که بر مبنای مدل مهبانگ شده‌اند درست از آب در آمده‌اند و به این دلیل، بیشترین دانشمندان آن را پذیرفته‌اند.

بر پایه نسخه امروزی مدل مهبانگ، کل گیتی قابل مشاهده، چیزی بین ۱۳ یا ۱۴ میلیارد سال پیش، با یک انفجار، به وجود آمده است. چرا عبارت «قابل مشاهده» را به کار می‌بریم؟ در واقع، «گیتی قابل مشاهده» یعنی هر آن چه برای آن گواهِ وجودی در دست داریم. این احتمال وجود دارد که گیتی‌های دیگری نیز وجود داشته باشند که با ابزار و حواس ما قابل درک نباشند. بعضی دانشمندان گمان می‌برند (که چه بسا از روی خیال‌پردازی باشد) که شاید «گیتی‌هایی چندگانه<sup>۵</sup>» وجود داشته باشند: «کفی» از چندین گیتی که گیتی ما هم یکی از حباب‌های آن‌هاست. شاید هم گیتی قابل مشاهده (گیتی‌ای که در آن زندگی می‌کنیم و یگانه گیتی‌ای که شواهدی برایش داریم) یگانه گیتی باشد. فارغ از این که کدام یک از این دو نظریه درست است، در این بخش، بحث خود را به گیتی قابل مشاهده محدود می‌کنیم. چنین بر می‌آید که گیتی قابل مشاهده به سبب مهبانگ به وجود آمده باشد؛ و این رخداد جالب توجه صرفاً کمتر از ۱۴ میلیارد سال پیش رخ داده است.

برخی دانشمندان بر این باورند که زمان هم با مهبانگ آغاز شد و نباید پرسید که پیش از مهبانگ چه چیزی رخ داده است؛ همان‌گونه که نمی‌توان پرسید شمال قطب شمال کجاست؟ فهمش برای تان مشکل است؟ برای من هم همین‌طور. اما چیزی که برایش، تا حدودی، قابل درک است شواهدی هستند که رخدادن و زمان رخدادن مهبانگ را نشان می‌دهند. در این فصل به شرح این شواهد می‌پردازیم.

نخست، باید «کهکشان» را تعریف کنیم. در فصل ۶ مقایسه‌ای با زمین فوتبال کردیم. همان‌گونه که در این مثال دیدید، فاصله ستارگان از هم (در مقایسه با فاصله سیاره‌هایی که به گرد خورشید می‌گردند) به اندازه غیر قابل تصویری زیاد است. اما هر چقدر هم که این ستارگان از یکدیگر فاصله داشته باشند، مانند دانه‌های یک خوشه گرد هم می‌آیند و گروه‌هایی را تشکیل می‌دهند. به هر یک از این گروه‌ها «کهکشان» گفته می‌شود. تلسکوپ‌های قوی اخترشناسی کهکشان‌ها را به صورت طرح‌هایی چرخنده نشان می‌دهند که از میلیاردها ستاره (و همچنین ابرهایی از غبار و گاز) تشکیل شده‌اند.

خورشید ما فقط یکی از خیل ستاره‌های کهکشانی است به نام «کهکشان راه شیری». دلیل این نام‌گذاری این است که

<sup>۱</sup> . Abassie

<sup>۲</sup> . Salish

<sup>۳</sup> . steady state

<sup>۴</sup> . big bang

<sup>۵</sup> . multiverse



در شب‌های خیلی تاریک می‌توانیم بخشی از انتهای آن را ببینیم. ما آن را به شکل خط یا مسیری شیری‌رنگ در آسمان می‌بینیم و ممکن است آن را با ابری طویل و تَنک اشتباه بگیریم. وقتی که می‌فهمیم واقعاً چیست، از شگفتی عظمت آن متحیر می‌شویم. از آن‌جا که ما خود در کهکشان راه شیری زندگی می‌کنیم، هیچ‌گاه نمی‌توانیم عظمت و شکوهش را به صورت تام و تمام ببینیم. گیتی (یا گیتی قابل مشاهده) خیلی بزرگ است.

نکته مهم بعدی این است: ما می‌توانیم فاصله دیگر کهکشان‌ها را از خود محاسبه کنیم. چگونه؟ حالا که بحثش پیش آمد، اصلاً چطور می‌توانیم فاصله هر چیزی را در گیتی، از خود، بسنجیم؟ بهترین روش برای اندازه‌گیری فاصله ستاره‌های نزدیک استفاده از دیدگشت<sup>۱</sup> (= اختلاف منظر) است. انگشت‌تان را روبروی خود قرار دهید و چشم چپ خود را ببندید. حال چشم چپ خود را باز کنید و چشم راست‌تان را ببندید. بعد، چند بار چشم‌تان خود را، یکی یکی، باز و بسته کنید. متوجه خواهید شد که مکان ظاهری انگشت‌تان از نقطه‌ای به نقطه‌ای دیگر می‌جهد. این اتفاق حاصل تفاوت جایگاه دو چشم شماست. اگر انگشت‌تان را به صورت‌تان نزدیک‌تر کنید، این فاصله بیشتر می‌شود، ولی اگر آن را از صورت‌تان دور کنید، جهش کمتر می‌شود. کافیست که فاصله چشمان‌تان از یکدیگر را بدانید؛ به کمک آن و با داشتن مقدار جهش، خواهید توانست فاصله چشمان‌تان را از انگشت خود بیابید. این روش روش دیدگشت برای تخمین فاصله است.

حال به جای نگاه کردن به انگشت خود، به ستاره‌ای در آسمان شب خیره شوید و چشمان‌تان را، به نوبت، باز و بسته کنید. هیچ‌گونه جهشی در ستارگان دیده نمی‌شود، به این دلیل که فاصله‌شان با ما خیلی زیاد است. برای این که ستاره‌ها جهشی نشان دهند، باید فاصله چشمان‌تان از یکدیگر میلیون‌ها کیلومتر باشد! برای ستاره‌ای که میلیون‌ها کیلومتر از ما فاصله دارد، چگونه می‌توانیم حالتی مشابه باز و بسته کردن چشمان خود را ایجاد کنیم؟ با استفاده از این نکته که مدار زمین به گرد خورشید قطری برابر با ۳۰۰ میلیون کیلومتر دارد. نخست، موقعیت یک ستاره نزدیک <به زمین> را نسبت به ستاره‌های دیگر می‌سنجیم. سپس، شش ماه بعد، وقتی که زمین حدود ۳۰۰ میلیون کیلومتر پیمود و به سمت دیگر مدار خود رفت، دوباره موقعیت ظاهری ستاره را می‌سنجیم. اگر ستاره خیلی نزدیک باشد، جهشی در جایگاه ظاهری‌اش دیده خواهد شد. با داشتن طول جهش، می‌توانیم به آسانی فاصله ستاره را به دست آوریم.

ولی شوربختانه، روش دیدگشت فقط برای ستارگان نزدیک جواب می‌دهد. برای سنجش فاصله ستارگان دور و، بدون شک، برای سنجش فاصله دیگر کهکشان‌ها، فاصله چشمان‌مان باید به مراتب بیشتر از ۳۰۰ میلیون کیلومتر باشد. باید روش دیگری پیدا کرد. شاید بگویید که با سنجش میزان درخشش کهکشان‌ها می‌توان فاصله را تخمین زد؛ چون، بی‌گمان، کهکشان‌ها که دورتر باشد کم‌نورتر به نظر می‌رسد. مشکل این جاست که ممکن است میزان درخشش دو کهکشان واقعاً متفاوت باشد. این کار مانند تخمین وزن فاصله شمعی است روشن در دور دست. اگر بعضی شمعه‌ها درخشش بیشتری، نسبت به دیگر شمعه‌ها، داشته باشند، چطور می‌توانیم تشخیص دهیم که داریم به شمعی درخشان در دور دست نگاه می‌کنیم یا به شمعی کم‌نورتر در نزدیکی؟ خوش‌بختانه، اخترشناسان شواهدی دارند مبنی بر این که گونه‌های خاصی از ستارگان «شمعه‌های استاندارد» هستند. آن‌ها از اتفاقاتی که درون این ستارگان می‌افتد اطلاعات کافی دارند و به کمک این اطلاعات می‌توانند بفهمند که میزان درخشش یک ستاره چقدر است؛ نه این که ما آن‌ها را چقدر درخشان می‌بینیم، بلکه تشخیص می‌دهند که درخشش واقعی، شدت نور ساطع‌شونده از آن‌ها (یا شاید میزان تابش پرتوهای ایکس آن‌ها یا تشعشعات مشابهی که قادر به اندازه‌گیری‌شان هستیم)، پیش از این که راهی سفر درازشان به تلسکوپ‌های ما شوند، به چه میزان است. همچنین، اخترشناسان می‌دانند که چگونه این «شمعه‌های خاص را تشخیص دهند و، مادامی که دست‌کم یکی از این گونه ستارگان را در کهکشان‌ی سراغ داشته باشند، به کمک محاسبات ریاضی ثابت‌شده، می‌توانند فاصله آن کهکشان را تخمین بزنند.

پس به کمک روش دیدگشت می‌توانیم فواصل خیلی کوتاه را اندازه بگیریم؛ و برای سنجش فواصل به مراتب دورتر، به اصطلاح، «نردبان»ی از انواع شمعه‌های استاندارد در اختیار داریم که به کهکشان‌های دور دست هم می‌رسند.

<sup>۱</sup>. parallax

## رنگین کمان‌ها و سرخ‌گرایی<sup>۱</sup>

بسیار خوب، حال تعریف کیهانشان را می‌دانیم و با روش سنجش فاصله آن آشنا شدیم. در گام بعدی بحث، به طیف نوری نیاز پیدا می‌کنیم، که در فصل ۷، که درباره رنگین کمان بود، با آن آشنا شدیم. یک بار از من خواستند که فصلی را برای کتابی بنویسم. در نوشتن این کتاب، از دانشمندان دعوت به عمل آمده بود که مهم‌ترین اختراعات تاریخ را بر شمرند. کار جالبی بود، اما مشکل این‌جا بود که من دیر به این پروژه رسیده بودم و تقریباً تمام اختراعات بدیهی را دیگران گفته بودند: چرخ، دستگاه چاپ، تلفن، رایانه، و مانند آن‌ها. از این رو، ابزاری را انتخاب کردم که مطمئن بودم کس دیگری آن را انتخاب نمی‌کند. این ابزار، بدون شک، ابزار بسیار مهمی است، با این که کمتر کسی از آن استفاده کرده است (باید اعتراف کنم که خودم هم هیچ‌گاه از آن استفاده نکرده‌ام). من طیف‌نما<sup>۲</sup> را انتخاب کردم.

طیف‌نما گونه‌ای ماشین رنگین کمان است. اگر آن را به یک تلسکوپ وصل کنیم، نور ستاره یا کیهانشانی خاص را از خود عبور می‌دهد و آن را به صورت طیف می‌گستراند؛ درست مانند کاری که نیوتن با منشورش می‌کرد. ولی طیف‌نما از منشور نیوتن به مراتب پیچیده‌تر است؛ چرا که اندازه‌گیری‌های دقیقی را، در امتداد طیف گسترده شده نور ستاره، ممکن می‌سازد. اندازه‌گیری چه چیزی؟ مگر رنگین کمان چه چیزی دارد که بخواهیم آن را اندازه بگیریم؟ خوب، از اینجاست که قضایا جالب می‌شود. نور ستاره‌های مختلف «رنگین کمان»هایی را تولید می‌کنند که با یکدیگر تفاوت‌های خاصی دارند و این تفاوت‌ها اطلاعات بسیاری را، درباره ستارگان، به ما می‌دهد.

آیا این بدین معناست که نور ستارگان رنگ‌های عجیبی را به وجود می‌آورند که نظیرشان را روی زمین ندیده‌ایم؟ نه، مطمئناً چنین نیست. روی زمین، هر رنگی را که چشم‌مان می‌توانست ببیند دیده‌ایم. ناامیدکننده است، نه؟ برای خودم که چنین بود وقتی نخستین بار به این مطلب پی بردم. در دوران کودکی، عاشق کتاب‌های دکتر دولیتل<sup>۳</sup>، نوشته هیو لافتینگ<sup>۴</sup>، بودم. در یکی از کتاب‌ها، دکتر دولیتل به ماه سفر می‌کند و با رنگ‌های کاملاً جدیدی روبرو می‌شود، که هیچ بشری مانندش را ندیده بود. خیلی از این ایده خوشم آمد. برای من این تعبیر هیجان‌انگیز را داشت که شاید زمین نماینده تمام عیار چیزهایی نباشد که در گیتی وجود دارند. شوربختانه، با این که ایده ایده جذابی بود، این داستان حقیقت نداشت؛ یعنی نمی‌توانست حقیقت داشته باشد. این نتیجه‌ای است که از کشف نیوتن گرفته می‌شود: همه رنگ‌هایی که می‌بینیم در نور سفید وجود دارند و همگی، با گذراندن نور سفید از منشور، گسترده می‌شوند. خارج از گستره‌ای که به آن خو گرفته‌ایم، هیچ رنگی وجود ندارد. نقاشان ممکن است رنگ‌ها و سایه‌های پرشمار و متفاوتی را خلق کنند، اما هر یک از آن‌ها ترکیبی است از همان رنگ‌های بنیادین حاصل از نور سفید. رنگ‌های درون ذهن ما صرفاً برچسب‌هایی هستند ساخته و پرداخته ذهن بشر. هدف از ساخت این برچسب‌ها ایجاد تمایز میان رنگ‌های مختلفی است که طول موج متفاوتی دارند. روی زمین، تا کنون، به گستره کامل این طول موج‌ها بر خورده‌ایم. نه ماه و نه هیچ ستاره‌ای رنگ جدیدی در چنته ندارد که ما را با آن غافل‌گیر کند. افسوس!

پس این که می‌گویم ستارگان مختلف رنگین کمان‌های مختلفی را ایجاد می‌کنند که با طیف‌نما قابل سنجش‌اند منظورم چیست؟ واقعیت این است که وقتی طیف‌نما نور ستارگان را تفکیک می‌کند الگوهای عجیبی را به وجود می‌آورد. در جاهای خاصی از این الگوها، خطوط باریک و سیاهی وجود دارند. یا گاه خطوطی ایجاد می‌شوند که سیاه نیستند، بلکه رنگی‌اند، و پس‌زمینه‌ای سیاه دارند. این الگوهای خطی شبیه بارکد هستند، همان بارکدهایی که، در فروشگاه‌ها، روی اجناس می‌زنند و هنگام پرداخت مبلغ اجناس خوانده می‌شوند. ستارگان مختلف رنگین کمان‌های یکسانی دارند، اما الگوی خط‌هایی که روی آن‌ها می‌افتد متفاوت است. این الگوها هستند که همچون گونه‌ای بارکد هستند؛ چرا که اطلاعات زیادی درباره ستارگان و اجزای سازنده آن‌ها به ما

<sup>۱</sup> . red shift

<sup>۲</sup> . spectroscope

<sup>۳</sup> . Doctor Dolittle

<sup>۴</sup> . Hugh Lofting

می‌دهند.

فقط نور ستارگان چنین بارکدهایی را ایجاد نمی‌کند. نورهایی که روی زمین ایجاد می‌شوند هم چنین ویژگی‌ای دارند و به این دلیل است که می‌توانیم آن‌ها را، در آزمایشگاه، مطالعه کنیم و اجزای تشکیل دهنده آن‌ها را بشناسیم. و مطابق کشفیات انجام شده، چیزی که باعث به وجود آمدن بارکدهای مختلف می‌شود تفاوت در عناصر سازنده است. برای نمونه، سدیم خط‌های واضحی را بر روی بخش زردرنگ طیف ایجاد می‌کند. نور حاصل از سدیم (که با ایجاد قوس الکتریکی<sup>۱</sup> در بخار سدیم ایجاد می‌شود) زردرنگ است. دلیلش را فیزیک‌دانان می‌دانند، اما من از درک آن عاجز؛ چرا که تخصص زیست‌شناسی است و نظریه‌ی کوآنتوم<sup>۲</sup> را نمی‌فهمم.

به یاد دارم که وقتی که در شهر سالزبری<sup>۳</sup>، واقع در جنوب انگلیس، دانش‌آموز بودم، رنگ سرخ و براق کلاه مدرسه‌ام در زیر نور زرد لامپ‌های خیابان رنگ عجیبی به خود می‌گرفت که بسیار برایم جالب توجه بود. رنگ کلاه دیگر سرخ نبود، بلکه قهوه‌ای مایل به زرد بود. برای اتوبوس‌های دوطبقه هم، که سرخ براق بودند، همین اتفاق رخ می‌داد. دلیلش چنین بود: لامپ‌های خیابان‌های سالزبری، همچون بسیاری از شهرهای دیگر انگلیس، لامپ‌های بخار سدیم بودند. این لامپ‌ها فقط قسمت باریکی از نور طیف را از خود متصاعد می‌کنند، همان قسمتی که وجه مشخصه انوار سدیم است. و می‌دانیم که درخشان‌ترین انوار سدیم هم زرد هستند. در هر حال، لامپ‌های سدیمی نوری تماماً زرد را از خود ساطع می‌کنند که با نور سفید خورشید یا نور زرد و مات لامپ‌های الکتریکی رایج بسیار متفاوتند. از آن‌جا که هیچ‌گونه رنگ سرخی در نور حاصل از لامپ‌های سدیمی وجود نداشت، هیچ نور سرخی هم از کلاه مدرسه من بازتاب داده نمی‌شد. اگر برای‌تان این سؤال پیش آمده است که اصلاً چه چیزی باعث می‌شود که یک کلاه، اتوبوس، یا هر چیز دیگری، سرخ دیده شود، دلیلش این است که مولکول‌های رنگ سرخ تقریباً همه نورها را در خود جذب می‌کنند مگر نور سرخ را. پس زیر نور سفید، که همه طول موج‌ها را دارد، معمولاً نور سرخ بازتاب داده می‌شود. ولی در نور لامپ‌های بخار سدیم خیابان هیچ‌گونه نور سرخی وجود ندارد؛ از این رو، رنگ سرخ به صورت قهوه‌ای مایل به زرد دیده می‌شود. سدیم فقط یک نمونه است. همان‌گونه که در فصل ۴ خواندیم، هر عنصر «عدد اتمی» ویژه خود را دارد که بیانگر تعداد پروتون‌های موجود در هسته (و همچنین، تعداد الکترون‌های موجود در مدار آن) است. بنا به دلایلی که به مدار الکترون‌های یک اتم مربوط می‌شود، هر عنصر اثر منحصر به خود را بر روی نور می‌گذارد. اثری خاص همچون یک بارکد؛ در واقع، بارکد شباهت زیادی به الگوهای خطی موجود در طیف نور ستارگان دارد. با گسترش نور یک ستاره، به کمک طیف‌نما، و بررسی خطوط بارکد موجود در طیف آن می‌توان تشخیص داد که کدام عناصر از ۹۲ عنصر طبیعی در آن ستاره وجود دارند.

از آن‌جا که هر عنصر الگوی بارکد متفاوتی دارد، می‌توانیم با بررسی نور هر ستاره به عناصر موجود در آن ستاره پی ببریم. راستش را بخواهید، این کار بس دشوار است؛ چرا که ممکن است بارکدهای بعضی از عناصر با یکدیگر قاطی شوند. اما راه‌هایی برای حل این مشکل وجود دارد. وه که چه ابزار فوق‌العاده‌ای است این طیف‌نما!

همچنان قسمت جالب‌تر ماجرا مانده است. طیف سدیم حاصل از نور چراغ‌های خیابانی سالزبری درست مانند طیف سدیمی است که از ستاره‌ای نه چندان دور ساطع می‌شود. عمده ستاره‌هایی که قادر به دیدن‌شان هستیم (مانند ستاره‌های پیکره‌های آسمانی<sup>۴</sup> = > صورت فلکی < واقع در منطقه البروج<sup>۵</sup>) در کهکشان خودمان هستند. اما اگر به طیف سدیم حاصل از ستاره‌ای در کهکشانی دیگر نگاه کنید، به تصویر متفاوت و جالب توجهی برخورد خواهید خورد. الگوی خطوط طیف نور سدیمی که از کهکشانی دور دست به ما می‌رسد یکی است و فاصله بین خطوط هم با چیزی که این‌جا می‌بینیم یکسان است، اما کل الگو به

<sup>۱</sup> . electric arc

<sup>۲</sup> . quantum theory

<sup>۳</sup> . Salisbury

<sup>۴</sup> . constellation

<sup>۵</sup> . zodiac

این واژه «گردآسمان» هم ترجمه شده است.

قسمتِ سرخ طیف منتقل می‌شود. حال از کجا می‌فهمیم که این نور همچنان بیان‌گر حضورِ سدیم است؟ پاسخ این است که فاصلهٔ بین خطوط الگوی یکسانی دارد. اگر این موضوع فقط در موردِ سدیم صدق می‌کرد، خیلی قانع‌کننده نمی‌بود؛ اما این حالت برای تمام عناصرِ دیگر نیز برقرار است. در هر مورد، فاصله‌ای که یک عنصر بین خطوط ایجاد می‌کند الگوی یکسانی دارد، اما این الگو به قسمتِ سرخ طیف منتقل شده است. افزون بر این، در هر کهکشانی، بارکدهای تمام عناصر، به یک میزان، در طیف جابجا می‌شوند. اگر به بارکدِ سدیم حاصل از نورهایِ ساطع‌شونده از کهکشانی نگاه کنیم که تقریباً به ما نزدیک است (نزدیک‌تر از کهکشان‌های دوری که الآن از آن‌ها سخن به میان آوردم، اما دورتر از ستاره‌هایی که در کهکشانِ راه شیریِ خودمان قرار دارند) شاهدِ یک جابجایی متوسط خواهید بود. باز هم، در فاصلهٔ میان خطوط، الگوی یکسانی را می‌بینید که امضاءِ سدیم محسوب می‌شود، اما میزانِ جابجایی زیاد نیست. خطِ اولِ طیف جابجا گشته و از آبی تیره دور شده است، اما نه به اندازه‌ای که واردِ قسمتِ سبزرنگِ طیف شود؛ فقط به اندازه‌ای که از آبی تیره به آبی روشن انتقال پیدا کند. و رنگِ زردی که عاملِ درخششِ زردرنگِ لامپ‌هایِ خیابانِ سالزبری بود، در جهتی یکسان، به سمتِ قسمتِ سرخِ طیف منتقل می‌شود؛ اما مثلِ نوری که از این عنصر، از کهکشان‌های دور، به ما می‌رسد، تا قسمتِ سرخ‌رنگِ طیف پیش نمی‌رود، بلکه فقط ذره‌ای واردِ محدودهٔ نارنجی‌رنگ می‌شود. سدیم فقط یک نمونه است. تمام عناصرِ دیگر نیز همین انتقال را، به سمتِ قسمتِ سرخ رنگِ طیف، نشان می‌دهند. هر چه کهکشان دورتر از ما باشد، جابجایی به سمتِ رنگِ سرخ نیز بیشتر است. به این پدیده «انتقالِ هابل<sup>۱</sup>» < = قانونِ هابل > می‌گویند؛ زیرا اخترشناسِ آمریکایی، ادوین هابل<sup>۲</sup>، آن را کشف کرده است. تلسکوپِ هابل<sup>۳</sup> نیز، پس از مرگِ هابل، نام خود را از این اخترشناس گرفت. نامِ دیگرِ این پدیده «سرخ‌گرایی» < = انتقال به سرخ > نیز هست؛ چرا که جابجاییِ الگو رویِ طیف همواره به سمتِ قسمتِ سرخ‌رنگِ طیف است.

### اما مه‌بانگ

سرخ‌گرایی یعنی چه؟ خوش‌بختانه، دانشمندان آن را به خوبی درک می‌کنند. سرخ‌گرایی نمونه‌ای است از پدیده‌ای به نام «انتقالِ دوپلر<sup>۴</sup>». هر جا که موج وجود داشته باشد، انتقالِ دوپلر هم رخ می‌دهد (و همان‌گونه که در فصلِ پیش دیدیم، نور هم از موج ساخته شده است). به این پدیده بیشتر «اثرِ دوپلر<sup>۴</sup>» گفته می‌شود و عموماً در مبحثِ صوت به آن برخوردیم. هنگامی که کنارِ جاده ایستاده‌اید و به ماشین‌هایی که با سرعتِ زیاد از کنارتان عبور می‌کنند نگاه می‌کنید، زیر و بمیِ صدایِ موتورِ ماشین‌ها، هنگامِ دور شدن از شما، تغییر می‌کند. می‌دانیم که نُتِ صدایِ موتورِ ماشین تغییر نمی‌کند؛ پس چرا صدایِ آن بم‌تر شنیده می‌شود؟ پاسخِ انتقالِ دوپلر و شرحِ آن چنین است:

صوت در قالبِ موج از هوا عبور می‌کند، موج‌هایی که فشارِ هوا را تغییر می‌دهند. هنگامی که صدایِ نتِ موتورِ ماشین (یا بگذارید بگوییم ترومپت، چرا که صدایش دل‌نشین‌تر است) را می‌شنوید، امواجِ صدا، از سمتِ منبعِ صوت، به همهٔ جهات گسیل می‌شوند. گوشِ شما در یکی از این جهات قرار دارد و، بدین ترتیب، تغییراتی را که ترومپت در فشارِ هوا ایجاد می‌کند می‌گیرد و مغزتان آن‌ها را به صورتِ صوت می‌شنود. تصور نکنید که مولکول‌هایِ هوا، از سمتِ ترومپت، کلِ مسیر را، تا رسیدن به گوشِ شما، طی می‌کنند. به هیچ وجه چنین نیست. این تعریفِ باد است و باد فقط در یک جهت حرکت می‌کند؛ ولی امواجِ صوت در تمام جهات حرکت می‌کنند؛ مثل موجی که از برخوردِ یک سنگ‌ریزه رویِ سطحِ برکه ایجاد می‌شود.

موجی که فهمش از همهٔ امواج ساده‌تر است «موجِ مکزیکی<sup>۵</sup>» است. در ورزشگاه‌هایِ بزرگ، تماشاچیان، به ترتیب، از جایِ خود بلند می‌شوند و دوباره می‌نشینند. هر نفر، همین کار را، بلافاصله پس از نفرِ کناریِ خود (مثلاً نفرِ سمتِ چپِ خود)،

<sup>۱</sup> . Hubble shift  
<sup>۲</sup> . Edwin Hubble  
<sup>۳</sup> . Doppler shift  
<sup>۴</sup> . Doppler effect  
<sup>۵</sup> . Mexican Wave

انجام می‌دهد. موج ایستادن و نشستن، به سرعت، در ورزشگاه حرکت می‌کند. هیچ کس جای خود را عوض نمی‌کند، اما باز هم شاهد حرکت موج هستیم. در واقع، سرعت حرکت این موج از سرعت سریع‌ترین دونده هم بیشتر است.

حرکتی که بر روی برکه شاهدش هستیم موجی، با ارتفاع‌های متغیر، بر سطح آب است. به این دلیل به آن موج می‌گوییم که خود مولکول‌های آب به سرعت از سنگ‌ریزه دور نمی‌شوند. مولکول‌های آب فقط بالا و پایین می‌شوند؛ درست مثل تماشاچیان حاضر در ورزشگاه. در واقع، چیزی از سمت ریگ به خارج حرکت نمی‌کند، بلکه این گونه به نظر می‌رسد؛ چرا که نقاط قله و دره تشکیل شده روی آب به سمت خارج حرکت می‌کنند.

امواج صوت اندکی متفاوتند. در مورد صوت، چیزی که حرکت می‌کند موج تغییرات فشار هواست. مولکول‌های هوا اندکی از ترومپت، یا هر منبع صوتی دیگر، دور می‌شوند و دوباره به سمت آن بر می‌گردند. در این فرآیند، با مولکول‌های کنار خود برخورد می‌کنند و باعث می‌شوند که آن‌ها نیز همین حرکت به عقب و جلو را تکرار کنند. آن مولکول‌ها نیز به مولکول‌های همسایه خود برخورد می‌کنند و موجی از ضربه به مولکول را ایجاد می‌کنند (که همان موج تغییر فشار است) که در همه جهات، از سمت ترومپت، حرکت می‌کنند. و همین امواج هستند که از سمت ترومپت به گوش شما می‌رسند، نه خود مولکول‌های هوا. این موج با سرعت یکسانی حرکت می‌کند، خواه منبع آن ترومپت باشد یا صدای انسان، و یا یک خودرو. سرعت صوت در هوا ۱۰۲۳۶ کیلومتر بر ساعت است (که این سرعت زیر آب چهار برابر می‌شود و در بعضی از جامدات سخت از این هم بیشتر می‌شود). اگر نت زیرتری با ترومپت نواخته شود، سرعت حرکت امواج ثابت می‌ماند، اما فاصله میان قله‌های موج (طول موج<sup>۱</sup>) کمتر می‌شود. حال اگر نت بم‌تری نواخته شود، فاصله بیشتری میان قله‌ها ایجاد می‌شود، اما سرعت حرکت همانی که هست باقی می‌ماند. پس، طول موج نت‌های زیر از نت‌های بم کمتر است.

این از بحث امواج صوت؛ حال به انتقال دوپلر می‌پردازیم. تصور کنید که یک نوازنده ترومپت، بر فراز تپه‌ای پوشیده از برف، ایستاده است و نت طولانی و بدون وقفه را اجرا می‌کند. شما هم، سوار بر سورت‌مه، با سرعت می‌روید تا از کنار نوازنده عبور کنید (برای این گفتم سورت‌مه که از ماشین کم‌صداتر است و به این دلیل صدای ترومپت را می‌شنوید). صدا را چگونه خواهید شنید؟ قله‌های موج، با فاصله یکسانی از یکدیگر از جانب ترومپت، به حرکت در می‌آیند. فاصله قله‌ها از یکدیگر به این بستگی دارد که چه نتی در حال نواخته شدن است. اما، نسبت به زمانی که ثابت بر روی قله ایستاده‌اید، وقتی به سرعت به سمت نوازنده نزدیک می‌شوید، گوش‌تان با سرعت بیشتری قله‌های موج را دریافت می‌کند. از این رو، نت ترومپت زبرتر از چیزی که هست به گوش می‌رسد. سپس، پس از این که از کنار نوازنده گذشتید، گوش‌تان با سرعت کمتری با قله‌های موج برخورد می‌کند (فاصله‌شان بیشتر به نظر می‌آید؛ چرا که هر قله در جهتی حرکت می‌کند که سورت‌مه شما در حال حرکت است). از این رو، نت بم‌تر از آن چه هست به گوش می‌رسد. اگر مکان گوش شما هم ثابت بماند، ولی منبع صوت جابجا شود، باز همین اتفاق خواهد افتاد. می‌گویند که (البته نمی‌دانم که این داستان حقیقت دارد یا نه، اما داستان جالبی است) کریستیان دوپلر<sup>۲</sup>، دانشمند اتریشی کاشف این پدیده، برای اثبات این اثر، یک گروه نوازنده سازهای بادی را استخدام کرده بود تا بر روی یک واگن قطار بنوازند. همزمان با گذر قطار از روبروی حضار شگفت‌زده، نوایی که گروه اجرا می‌کرد، ناگهان به یک کلید پایین‌تر انتقال پیدا کرد.

امواج نوری با موج‌های گفته‌شده هم فرق دارند؛ نه شبیه موج مکرکی‌اند و نه شبیه امواج صوتی. اما باز هم نوع خاصی از اثر دوپلر در آن‌ها دیده می‌شود. به یاد داشته باشید که قسمت سرخ طیف طول موج بالاتری از قسمت آبی دارد و قسمت سبز طول موجی بین این دو دارد. تصور کنید که تمام نوازنده‌هایی که کریستیان دوپلر استخدام کرده است لباس فرم زرد به تن دارند. وقتی که قطار به سمت شما حرکت می‌کند، نسبت به زمانی که قطار ثابت ایستاده است، چشمان‌تان قله‌های موج را با سرعت بیشتری «می‌بلعند». از این رو، انتقالی جزئی به قسمت سبز طیف، در رنگ لباس‌ها، دیده می‌شود. ولی وقتی که قطار از روبروی شما می‌گذرد و، به سرعت، از شما دور می‌شود، خلاف این حالت روی می‌دهد؛ لباس فرم نوازندگان اندکی سرخ‌تر به نظر می‌رسد.

<sup>۱</sup> . wavelength

<sup>۲</sup> . Christian Doppler

البته این مثال یک ایراد دارد. برای این که انتقال به آبی یا سرخ محسوس شود، قطار باید با سرعت میلیون‌ها کیلومتر بر ساعت حرکت کند. سرعت قطار به گرد پای سرعت لازم برای محسوس شدن اثر دوپلر هم نمی‌رسد؛ اما کهکشان‌ها به چنین سرعتی می‌رسند. انتقال طیف به سمت سرخ نشان می‌دهد که کهکشان‌های خیلی دور هم، با سرعتی معادل صدها میلیون کیلومتر بر ساعت، در حال دور شدن از ما هستند. و نکته مهم این است که هر چه از ما دورتر باشند (که سنجش آن به کمک «شمع‌های استاندارد»<sup>۱</sup>ی که پیشتر شرح‌شان رفت ممکن است)، با سرعت بیشتری هم از ما دور می‌شوند (سرخ‌گرایی بیشتری هم دارند). همه کهکشان‌های گیتی در حال دور شدن از یکدیگرند و این بدان معناست که از ما نیز دارند فاصله می‌گیرند. به هر سمتی که با تلسکوپ نگاه کنید، کهکشان‌های دور، با سرعتی فزاینده، در حال دور شدن از ما (و از یکدیگر) هستند. کل گیتی (خود فضا) با سرعتی باورنکردنی در حال گسترش است.

در این صورت، ممکن است برای‌تان سؤال شود که چرا فقط در مورد کهکشان‌هاست که این گسترش حس می‌شود؟ چرا ستارگان یک کهکشان از یکدیگر دور نمی‌شوند؟ چرا دو نفر، که روبروی هم‌اند، از یکدیگر دور نمی‌شوند؟ پاسخ این است که مجموعه چیزهایی که به یکدیگر نزدیک‌اند (مانند تمام چیزهایی که در یک کهکشان قرار دارند) قوی‌ترین کشش گرانشی را از چیزهای نزدیک به خود دریافت می‌کنند. این نیرو آن‌ها را کنار هم نگه می‌دارد، اما اجسامی که از هم دورند (مثل دیگر کهکشان‌ها) با گسترش گیتی، نسبت به یکدیگر، عقب‌نشینی می‌کنند.

و حال به نکته‌ای جالب و شگفت‌انگیز می‌رسیم. اخترشناسان گسترش گیتی را مطالعه کرده و توانسته‌اند چند و چون آن را در گذشته تخمین بزنند. گویی فیلمی را از گیتی در حال گسترش درست کرده باشند که در آن کهکشان‌ها در حال دور شدن از یکدیگرند. سپس، فیلم را به عقب برگردانده باشند. در این حالت، کهکشان‌ها، به جای این که در حال گریز از یکدیگر دیده شوند، به سمت یکدیگر حرکت می‌کنند. و اخترشناسان، به کمک این فیلم، می‌توانند حساب کنند که نقطه آغاز این گسترش چه زمانی است. حتی می‌توانند حساب کنند که آن لحظه کی بوده است. به این دلیل است که می‌دانند این لحظه زمانی بین ۱۳ یا ۱۴ میلیارد سال پیش بوده است؛ یعنی زمان آغاز گیتی: زمانی که به آن «مه‌بانگ» گفته می‌شود.

در مدل‌های امروزی گیتی چنین در نظر گرفته می‌شود که مه‌بانگ صرفاً آغازگر گیتی نیست: زمان و فضا نیز با مه‌بانگ آغاز شده‌اند. توضیحش را از من نخواهید؛ چرا که کیهان‌شناس<sup>۱</sup> نیستم و خودم هم از درک آن عاجزم. اما احتمالاً دستگیرتان شده است که چرا طیف‌نما را به عنوان یکی از مهم‌ترین اختراعات تاریخ انتخاب کرده بودم. رنگین‌کمان‌ها فقط زیبایی ظاهری ندارند. به نحوی، شروع همه چیز را، از جمله زمان و فضا، به ما می‌گویند. به نظرم این باعث می‌شود که رنگین‌کمان از آن چیزی هم که هست زیباتر جلوه کند.

---

<sup>۱</sup>. cosmologist

۹

آیا ما تنها هستیم؟



تا کنون تقریباً به هیچ اسطوره کهنی درباره حیات در دیگر نقاط گیتی بر نخورده‌ام؛ شاید دلیلش این است که این اندیشه، این که جهانی بزرگ‌تر از جهان ما انسان‌ها وجود دارد، قدمت چندانی ندارد. اوایل قرن شانزدهم، تازه بر دانشمندان روشن شد که زمین در مدار خورشید می‌گردد و سیارات دیگری نیز وجود دارند که دور خورشید می‌چرخند. اما در آن زمان، فاصله و تعداد ستارگان هم نامشخص بود، دیگر چه رسد به وجود کهکشان‌های دیگر. این موارد تقریباً در عصر حاضر کشف شده‌اند. همچنین، خیلی وقت نیست که فهمیده‌ایم جهتی را که در جایی از جهان (مثلاً در بورتو<sup>۱</sup>) «بالا» خطاب می‌کنیم در جایی دیگر از جهان (مثلاً در برزیل) «پایین» است. پیش از آن، مردم فکر می‌کردند که واژه «بالا» در همه جای دنیا به یک سمت اشاره دارد؛ به سمتی که محل زندگی خدایان است؛ بر فراز آسمان‌ها.

از دیرباز، افسانه‌ها و همچنین باورهای بی‌شمار وجود داشتند که از وجود موجوداتی بیگانه و عجیب، در نزدیکی خودمان، حکایت داشتند: دیو، روح، اجنه، اشباح... و آلا ما شاء الله. اما در این فصل، منظور من از طرح پرسش «آیا ما تنها هستیم؟» این است که «آیا در نقاط دیگری از این گیتی گونه‌های حیاتی بیگانه‌ای<sup>۲</sup> وجود دارند؟» همان گونه که گفتم، چنین اسطوره‌هایی (اسطوره‌هایی که درباره موجودات فضایی باشند) در نزد گذشتگان نادرند. اما، در میان شهرنشینان امروزی، تا دل‌تان بخواهد، چنین داستان‌هایی رواج دارد. این اسطوره‌های مدرن «معاصر» جالبند، زیرا، بر خلاف اسطوره‌های کهن، نقطه آغاز آن‌ها را می‌دانیم. می‌بینیم که این اسطوره‌ها درست در برابر چشمان‌مان سر هم می‌شوند. از این رو، اسطوره‌هایی که در این فصل می‌آیند اسطوره‌هایی معاصرند.

فرقه‌ای مذهبی، به نام دروازه بهشت<sup>۳</sup>، در کالیفرنیا، وجود داشت که در ماه مارس ۱۹۹۷ با پایانی تلخ از میان رفت. در واقع، تمام ۳۹ پیرو آن، با سم، خودکشی کردند. علت خودکشی‌شان این بود که عقیده داشتند بشقاب پرنده‌ای از فضا خواهد آمد و روح آن‌ها را به جهانی دیگر خواهد برد. در آن زمان، دنباله‌داری به نام هیل-باپ<sup>۴</sup> در آسمان به وضوح رصد می‌شد و این فرقه باور داشت (چون رهبر معنوی‌شان چنین چیزی را به آن‌ها گفته بود) که فضاپیمایی بیگانه، در کنار این دنباله‌دار، در راه است. پیروان این فرقه، برای رصد این دنباله‌دار، تلسکوپی خریدند، بعد آن را پس دادند، چون «خراب بود». از کجا می‌دانستند که تلسکوپ‌شان خراب است؟ از آن‌جا که با آن نمی‌توانستند فضاپیمایی کذایی را ببینند.

آیا رهبر این فرقه، مردی به نام مارشال آپل‌وایت<sup>۵</sup>، به‌راستی به چرندیاتی که می‌گفت اعتقاد داشت؟ احتمالاً چنین بوده است وگرنه همراه دیگران سم نمی‌خورد. پس انگار جدی جدی به حرف‌هایش اعتقاد داشته است! خیلی از رهبران فرقه‌ای اصولاً این دکان را باز کرده‌اند تا پیروان مؤنث خود را قُر بزنند، اما مارشال آپل‌وایت به همراه چند عضو دیگر این فرقه از قبل خود را اخته کرده بود. از این رو، احتمالاً مسائل جنسی مهم‌ترین دغدغه‌اش نبوده است.

چیزی که در میان بیشتر این گونه آدم‌ها دیده می‌شود علاقه به ژانر علمی-تخیلی<sup>۶</sup> است. پیروان فرقه دروازه بهشت شدیداً به پیش‌تازان فضا<sup>۷</sup> علاقه داشتند. تا دل‌تان بخواهد داستان‌های علمی-تخیلی داریم درباره بیگانه‌هایی که از دیگر سیارات آمده‌اند. در این هیچ شکی نیست؛ اما اکثر ما از ماهیت این داستان‌ها خبر داریم. می‌دانیم که آن‌ها خیالی‌اند، ساخته و پرداخته ذهن‌اند و شرح واقعیات نیستند. اما افراد زیادی هم هستند که قویاً، جداً و بی هیچ تزلزل عقیده‌ای باور دارند که موجوداتی فضایی آن‌ها را ربوده‌اند. چنان به این عقیده خود شوق و رغبت دارند که برای حفظش به سست‌ترین «شواهد» هم چنگ می‌زنند.

برای مثال، مردی اعتقاد داشت که بیگانه‌ها او را ربوده‌اند؛ قوی‌ترین دلیلی هم که برای اثبات مدعایش داشت این بود که

<sup>۱</sup> . Borneo

<sup>۲</sup> . alien

<sup>۳</sup> . Heaven's Gate

<sup>۴</sup> . Hale-Bopp

<sup>۵</sup> . Marshall Applewhite

<sup>۶</sup> . science fiction

<sup>۷</sup> . Star Trek



مرتب خون‌دماغ می‌شد. نظریه‌اش هم این بود که بیگانه‌ها فرستنده‌ای رادیویی در بینی‌اش جاسازی کرده بودند که جاسوسی‌اش را بکنند. همچنین، عقیده داشت که ممکن است خودش هم نیمه‌بیگانه باشد؛ چرا که پوستش اندکی از پدر و مادرش تیره‌تر بود. مایه شگفتی است که این همه آمریکایی (آمریکایی‌هایی که از هر لحاظ دیگر افرادی عادی به نظر می‌رسند) به‌جد باور دارند بشقاب‌پرنده‌ای آن‌ها را ربوده است و مردمانی کوتوله و خاکستری، با سرهایی گنده و چشمانی ورقلمبیده، آزمایشاتی هولناک بر روی آن‌ها انجام داده‌اند. اسطوره‌های فراوانی درباره «آدم‌ربایی‌های بیگانه‌ها» وجود دارد که به اندازه اسطوره‌های یونان باستان و خدایان کوه المپ<sup>۱</sup> پر شاخ و برگ و متنوع هستند. اما این داستان‌های ربایش توسط بیگانه‌ها متأخرند؛ واقعاً می‌توان نزد این آدم‌هایی که گمان می‌کنند ربوده شده‌اند رفت و پیش‌شان نشست و باهاشان صحبت کرد. خواهید دید که به ظاهر افرادی عادی، از نظر عقلی سالم، و آرام و معقول هستند. برای‌تان خواهند گفت که به چشم خود و رو در رو بیگانه‌ها را دیده‌اند؛ همچنین برای‌تان تعریف خواهند کرد که بیگانه‌ها چه شکلی بوده‌اند و، وقتی که مشغول انجام آزمایش‌های چندش‌آور و فرو کردن سوزن در تن آدم‌ها بوده‌اند، چه می‌گفته‌اند (البته که بیگانه‌ها مثل بلبل انگلیسی حرف می‌زنند!).

سوزان کلنسی<sup>۲</sup> یکی از روان‌شناسانی است که پژوهش‌های دقیقی را، روی افرادی که ادعای ربوده شدن دارند، انجام داده است. همه این افراد خاطره روشنی و، حتی گاه، هیچ خاطره‌ای از آن «اتفاق» به یاد ندارند. می‌گویند که لابد بیگانه‌ها، پس از این‌که روی بدن‌های‌شان آزمایش کرده‌اند، با روش‌هایی شیطانی خاطرات‌شان را پاک کرده‌اند؛ این افراد با این قبیل گفته‌ها فراموشی‌شان را توجیه می‌کنند. گاهی حتی به نزد هیپنوتیست یا روان‌درمان‌گر می‌روند تا در «بازیابی خاطرات از دست رفته» یاری‌شان کند.

در ضمن، این بازیابی خاطرات «از دست رفته» هم خود داستانی دارد که جالب است. وقتی که فکر می‌کنیم داریم اتفاقی واقعی را به خاطر می‌آوریم، ممکن است صرفاً در حال یادآوری خاطره دیگری باشیم... و به چیزی ارجاع داده شویم که ممکن است اتفاقی واقعی باشد و ممکن هم هست که نباشد. ممکن است خاطراتی که از خاطرات خاطرات داریم مرتباً دچار تحریف شوند. شواهد خوبی وجود دارند مبنی بر این که بعضی از واضح‌ترین خاطره‌های‌مان، در واقع، خاطراتی کاذب هستند. ضمن این‌که «درمان‌گران» فریب‌کار و بی‌اخلاق نیز می‌توانند خاطرات کاذب را عامدانه در ذهن‌مان بنشانند.

شناخت نشانگان < = سندروم > خاطرات کاذب<sup>۳</sup> دست‌کم به ما کمک می‌کند بفهمیم که چرا بعضی از افرادی که گمان می‌کنند بیگانه‌ها آن‌ها را ربوده‌اند چنین خاطرات واضحی از این رویداد دارند. چیزی که معمولاً رخ می‌دهد این است که فرد در روزنامه‌ها و مجلات داستان‌هایی را درباره آدم‌زدی‌های بیگانه‌ها می‌خواند و، بدین ترتیب، فکر و ذکرش بیگانه‌ها می‌شود. همان‌گونه که گفتیم، این افراد معمولاً از طرفداران پر و پا قرص *پیش‌تازان فضا* یا دیگر داستان‌های علمی-تخیلی هستند. یکی از واقعیات تکان‌دهنده این است که بیگانه‌هایی را که این افراد گمان می‌کنند دیده‌اند بسیار شبیه بیگانه‌هایی هستند که در آخرین برنامه‌های تلویزیونی مربوط به بیگانه‌ها نشان داده شده‌اند. بیگانه‌های ادعایی نیز معمولاً همان نوع «آزمایش‌ها»ی را انجام می‌دهند که اخیراً در تلویزیون نشان داده شده است.

اتفاق دیگری که ممکن است رخ دهد این است که فرد دچار تجربه‌ای ترسناک به نام «فلج خواب»<sup>۴</sup> شود <در میان عوام به «بختک» هم معروف است>. اتفاق خیلی غریبی نیست. ممکن است حتی خود شما هم آن را تجربه کرده باشید. اگر چنین است، امیدوارم توضیحاتم از هولناکی این تجربه، در دفعات بعد، بکاهد. در حالت عادی، وقتی که خواب هستید و دارید خواب می‌بینید، بدن‌تان فلج است. به نظرم، فلجی برای این است که نگذارد بدن‌تان مطابق با چیزهایی که در خواب می‌بینید از خود حرکت نشان دهد و باعث شود که در خواب راه بروید (با وجودی که، بی‌گمان، گاه چنین اتفاقی می‌افتد). و، در حالت عادی، وقتی که بیدار می‌شوید و خوابی که می‌دیدید محو می‌شود، فلجی هم برطرف می‌شود و می‌توانید عضلات خود را حرکت دهید.

<sup>۱</sup> . Mount Olympus

<sup>۲</sup> . Susan Clancy

<sup>۳</sup> . false memory syndrome

<sup>۴</sup> . sleep paralysis

اما هر از گاهی ممکن است میان بازگشت به آگاهی ذهن و بازگشت به حرکت عضلات تأخیر رخ دهد که به این پدیده «فلج خواب» می‌گویند. همان‌طور که لابد می‌توانید تصور کنید، اتفاق ترسناکی است. بیدار هستید و می‌توانید اتاق خود و تمام چیزهایی را که در آن است ببینید، اما قادر به حرکت نیستید. فلج خواب معمولاً با توهمات ترسناک همراه است. هراس از خطری سهمگین فرد را در بر می‌گیرد و به او حالتی توصیف‌نشده‌ی دست می‌دهد. حتی ممکن است چیزهایی را پیرامون خود ببیند که وجود خارجی ندارند، درست مثل رؤیا. و مانند رؤیا، به چشم بیننده آن، کاملاً واقعی به نظر می‌رسند.

حال اگر موقع فلج خواب توهمی دست دهد، آن توهم چگونه خواهد بود؟ کسی که طرفدار داستان‌های علمی-تخیلی امروزی است موجوداتی خاکستری را می‌بیند که سرهای گنده و چشم‌های قلمبه دارند. در سده‌های گذشته، پیش از ظهور ژانر علمی-تخیلی، توهمات افراد هم متفاوت بود: غول‌های شب‌گرد<sup>۱</sup>، گرگینه<sup>۲</sup>، خون‌آشام<sup>۳</sup>، یا (اگر فرد متوهم خوش‌شانس بود) فرشتگانی زیبا با بال‌های افراشته.

نکته این‌جاست که تصاویری که افراد هنگام فلج خواب می‌بینند وجود خارجی ندارند، بلکه بر اساس ترس‌ها، افسانه‌ها، و یا داستان‌های خیالی‌ای که فرد با آن‌ها سر و کار داشته است به ذهن او متبادر می‌شوند. این تجربه آن‌قدر مخوف است که وقتی فرد سرانجام بیدار می‌شود، حتی وقتی که توهمی هم در کار نباشد، فکر می‌کند که اتفاق هولناکی برایش رخ داده است. اگر از لحاظ ذهنی آمادگی باور داستان‌های خون‌آشامی را داشته باشید، احتمالاً موقع بیدار شدن قویاً بر این عقیده خواهید بود که خون‌آشامی به شما حمله کرده است. اگر من از لحاظ ذهنی آمادگی باور داستان‌های آدم‌دزدی بیگانه‌ها را داشته باشم، احتمالاً موقع بیدار شدن قویاً باور خواهم داشت که بیگانه‌ها مرا ربوده‌اند و حافظه‌ام را هم پاک کرده‌اند.

معمولاً برای کسانی که فلج خواب را تجربه می‌کنند اتفاق دیگری نیز رخ می‌دهد و آن این است که حتی اگر توهم دیدن بیگانه‌ها و آزمایش‌های مهیب به آن‌ها دست ندهد، ممکن است تصویری که از اتفاقات ترسناک احتمالی در ذهن خود دارند به صورت خاطره‌ای کاذب در ذهن‌شان تثبیت گردد. دوستان و آشنایان هم معمولاً به این فرآیند کمک می‌کنند؛ از این طریق که، با شور و اشتیاق، مدام از قربانیان جزئیات بیشتری درباره ماجرا می‌خواهند و حتی، با طرح پرسش‌های جهت‌دار، پاسخ‌های خاصی را بر می‌انگیزند: «آیا بیگانه‌ها هم آن‌جا حضور داشتند؟ چه رنگی بودند؟ خاکستری بودند؟ آیا، مثل فیلم‌ها، چشم‌های قلمبه و کشیده داشتند؟» حتی سؤالات هم می‌توانند به تنهایی خاطره‌ای کاذب را در ذهن القاء یا تثبیت کنند. اگر از این زاویه به قضیه نگاه کنید، دیگر برای‌تان خیلی عجیب نخواهد بود که، طبق نتیجه یک نظرسنجی در سال ۱۹۹۲، چهار میلیون آمریکایی معتقد باشند بیگانه‌ها آن‌ها را ربوده‌اند.

دوست روان‌شناسم، سو بلک‌مور<sup>۴</sup>، اشاره می‌کند که، پیش از رواج ایده بیگانه‌ها، فلج خواب، به احتمال قوی، عامل بسیاری از تصورات هولناک در گذشته بوده است. در قرون وسطا<sup>۵</sup>، مردم ادعا می‌کردند که در نیمه‌های شب «ینکوبوس<sup>۶</sup>» (دیوی مذکر که به سراغ قربانیان مؤنث می‌رفت تا با آن‌ها هم‌خوابه شود) به آن‌ها حمله کرده است. بعضی دیگر هم ادعا می‌کردند که «سوکوبوس<sup>۷</sup>» (عفریته‌ای که به سراغ قربانیان مذکر می‌رفته است تا با آن‌ها هم‌خوابه شود) به آن‌ها حمله کرده است. یکی از تأثیرات فلج خواب این است که اگر فرد تلاش کند بدنش را حرکت دهد، حس می‌کند که چیزی بر بدنش فشار می‌آورد. قربانی وحشت‌زده ممکن است به سادگی این حس را تجاوز جنسی تعبیر کند. در یکی از افسانه‌های نیوفاندلند<sup>۸</sup> سخن از «عجوزه»‌ای به

<sup>۱</sup> . hobgoblin

<sup>۲</sup> . werewolf

<sup>۳</sup> . vampire

<sup>۴</sup> . Sue Blackmore

<sup>۵</sup> . medieval times

<sup>۶</sup> . incubus

<sup>۷</sup> . succubus

<sup>۸</sup> . Newfoundland

میان می‌آید که شب‌ها به سراغ آدم‌ها می‌آید و بر سینه‌های آن‌ها فشار می‌آورد. و یکی از افسانه‌های هندوچین<sup>۱</sup> از «شبحی خاکستری»<sup>۲</sup> سخن می‌گوید که در تاریکی به سراغ آدمیان می‌رود و آن‌ها را فلج می‌کند.

پس به خوبی می‌توانیم بفهمیم که چرا برخی عقیده دارند بیگانه‌ها آن‌ها را ربوده‌اند. همچنین، می‌توانیم پیوندی برقرار کنیم میان اسطوره‌های امروزی دربارهٔ آدم‌ریایی بیگانه‌ها و اسطوره‌های قدیمی دربارهٔ/ینکوبوس‌ها و سوکوبوس‌های متجاوز یا خون‌آشام‌هایی که دندان‌هایی تیز همچون دندان گرگ دارند و شب‌ها به سراغ آدم‌ها می‌آیند و خون‌شان را می‌مکند. شواهد محکمی وجود ندارد که تا کنون بیگانه‌ها (یا حال که بحثش مطرح است،/ینکوبوس‌ها و سوکوبوس‌ها و یا اهریمن‌هایی از هر نوع) پا به این سیاره گذاشته باشند. اما همچنان این سؤال بی‌پاسخ مانده است که آیا روی دیگر کرات حیات وجود دارد یا نه؟ چون سراغ‌مان نیامده‌اند دلیل نمی‌شود که وجود نداشته باشند. آیا این امکان وجود دارد که در سیارات دیگر فرآیند فرگشتی مشابه رخ داده باشد، مشابه چیزی که ما تجربه کرده‌ایم، یا فرآیندی که فقط شباهت اندکی به فرگشت ما داشته باشد؟

### آیا واقعاً روی دیگر کرات حیات وجود دارد؟

هیچ کس نمی‌داند. ولی اگر وادارم سازید که نظرم را در این باره بدهم، پاسخ مثبت خواهد بود و احتمال می‌دهم که روی میلیون‌ها سیاره هم حیات وجود داشته باشد. اما چه کسی به یک «نظر» واقعی می‌نهد؟ شواهد مستقیمی در این زمینه وجود ندارد. یکی از فضائل بزرگ علم این است که دانشمندان می‌دانند چه چیزی را نمی‌دانند. با شغف اقرار می‌کنند که نمی‌دانند. این شغف به این دلیل است که ندانستن پاسخ خود چالشی هیجان‌انگیز برای یافتن آن است.

شاید روزی شواهدی قطعی مبنی بر وجود حیات در دیگر کرات پیدا کردیم و آن گاه از پاسخ‌مان خاطر جمع خواهیم بود. فعلاً، بهترین کاری که از دانشمندان بر می‌آید این است که اطلاعاتی را ذکر کنند که از عدم قطعیت می‌کاهند و به جای حدس و گمان ما را به تخمینی از امری محتمل رهنمون می‌کنند. و این کار، به خودی خود، امری جالب و چالش‌برانگیز است. اولین پرسش می‌تواند این باشد که چند سیاره در گیتی وجود دارند؟ تا گذشته‌ای نه چندان دور، می‌شد عقیده داشت که یگانه سیارات موجود همان سیاراتی هستند که در مدار خورشید قرار دارند؛ چرا که حتی بزرگ‌ترین تلسکوپ‌ها هم قادر به کشف سیارات دیگر نبودند. امروزه شواهد خوبی داریم که بسیاری از ستارگان در مدار خود سیاراتی دارند و تقریباً هر روز سیاراتی «فرا خورشیدی»<sup>۳</sup> کشف می‌شوند. سیارهٔ فرا خورشیدی (extra-solar) سیاره‌ای است که گرد ستاره‌ای به جز خورشید خودمان بچرخد («sol» و «extra» واژه‌هایی لاتین هستند که به ترتیب «خورشید» و «بیرون» معنی می‌دهند).

ممکن است گمان کنید که راه بدیهی کشف یک سیاره این است که آن را از طریق تلسکوپ رصد کنیم. متأسفانه، سیارات آن‌قدر تاریکند که از فاصله‌های دور قابل دید نیستند؛ چرا که آن‌ها نوری از خود ندارند و فقط نور ستارهٔ خود را باز می‌تابند. از این رو، نمی‌توانیم سیارات را به صورت مستقیم ببینیم. پس مجبوریم به روش‌های غیرمستقیم رو بیاوریم و در بهترین روش موجود نیز از طیف‌نما<sup>۴</sup> استفاده می‌شود، همان ابزاری که در فصل ۸ با آن آشنا شدیم. به این شیوه:

وقتی جرمی آسمانی دور جرم آسمانی دیگری، با جرمی تقریباً برابر، بچرخد، هر دو دور یکدیگر می‌چرخند. دلیل گردش‌شان این است که نیروی جاذبهٔ تقریباً برابری را بر یکدیگر وارد می‌کنند. چند تا از ستاره‌های روشنی که در آسمان می‌بینیم، در واقع، دو ستاره هستند (معروفند به ستاره‌های دوتایی<sup>۵</sup>) شبیه دو وزنهٔ دمیل که میله‌ای نامرئی آن‌ها را به هم وصل کرده است. وقتی که یکی از اجرام جرم خیلی کمتری از دیگری داشته باشد (که برای سیارات و ستاره‌شان نیز چنین حالتی وجود دارد)، جرم کوچک‌تر دور جرم بزرگ‌تر می‌گردد، ولی جرم بزرگ‌تر صرفاً حرکات محسوس اندکی در واکنش به کشش گرانشی جرم کوچک از

<sup>۱</sup> . Indochina

<sup>۲</sup> . Grey Ghost

<sup>۳</sup> . extra-solar

<sup>۴</sup> . spectroscope

<sup>۵</sup> . binary

خود نشان می‌دهد. ما می‌گوییم که زمین به دور خورشید می‌گردد، اما، در واقع، خورشید نیز حرکاتی جزئی در واکنش به گرانش زمین از خود نشان می‌دهد.

و سیاره‌ای به بزرگی مشتری تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر وضعیت ستاره خود دارد. این حرکات محسوس ستارگان به قدری جزئی‌اند که نمی‌توان آن‌ها را «چرخیدن به دور سیاره» تلقی کرد، اما آن قدر بزرگ هستند که ابزارهای مان قادر به تشخیص‌شان باشد، گو این که خود سیاره را اصلاً نمی‌توانیم ببینیم.

این که این حرکت‌ها را چگونه رصد می‌کنیم خود داستان جالبی است. تمام ستارگان آن قدر از ما دورند که حتی با قوی‌ترین تلسکوپ‌ها نیز نمی‌توانیم به‌واقع حرکت‌شان را ببینیم. اما با وجود این که قادر به دیدن حرکت یک ستاره نیستیم، می‌توانیم سرعت حرکتش را محاسبه کنیم. این امر عجیب به نظر می‌رسد، اما این جاست که طیف‌ما به یاری‌مان می‌شتابد. انتقال دوپلر را، که در فصل ۸ شرح دادیم، به خاطر دارید؟ وقتی که ستاره در حال دور شدن از ما باشد، نوری که از آن به ما می‌رسد به طرف طیف سرخ می‌گراید. اما وقتی که آن ستاره در حال نزدیک شدن به ما باشد، نورش به طرف طیف آبی می‌گراید. پس اگر ستاره‌ای سیاره‌ای را در مدار خود داشته باشد، طیف‌ما الگویی ریتمیک و متغیر از طیف‌های سرخ-آبی-سرخ-آبی را نشان خواهد داد و زمان این تغییرات منظم به ما نشان می‌دهد که هر سال سیاره چقدر طول می‌کشد. البته که وقتی که بیش از یک سیاره در مدار ستاره باشد، کار پیچیده‌تر می‌شود. ولی اخترشناسان در ریاضیات قوی هستند و می‌توانند از پس این پیچیدگی‌ها بر بیایند. در زمان نوشته شدن این سطور (مه ۲۰۱۷) تعداد ۷۰۱ سیاره از این طریق کشف شده‌اند که به دور ۵۵۹ ستاره می‌چرخند. حال که دارید این سطور را می‌خوانید، مطمئناً تعدادشان بیشتر هم شده است.

روش‌های دیگری هم برای کشف سیارات وجود دارد. برای نمونه، وقتی که سیاره‌ای از روبروی ستاره‌اش رد می‌شود، قسمت کوچکی از ستاره پوشیده یا دچار گرفتگی می‌شود، مانند زمانی که ماه باعث گرفتگی خورشید می‌شود، با این تفاوت که ماه، به دلیل نزدیکی‌اش به ما، به مراتب بزرگ‌تر دیده می‌شود.

وقتی که سیاره‌ای بین ما و ستاره‌اش قرار گرفت، آن ستاره به مراتب تاریک‌تر می‌شود؛ گاه ابزارهای ما به حدی حساس‌اند که می‌توانند میزان این تاریکی را بسنجند. تا کنون، تعداد ۲۳۰ سیاره به این روش کشف شده‌اند. و روش‌های دیگری هم وجود دارند، که به کمک آن‌ها، ۶۲ سیاره دیگر نیز کشف شده‌اند. بعضی سیارات هم با ترکیب دو یا تعداد بیشتری از این روش‌ها کشف شده‌اند تا جایی که اکنون، مجموع ۷۶۳ سیاره در کهکشان ما وجود دارند که به دور ستارگانی به غیر از خورشید می‌چرخند.

مشخص شده که، در کهکشان ما، بیشتر ستارگانی که تا به حال بررسی شده‌اند سیاره دارند. بنابراین، اگر فرض بگیریم که کهکشان ما نمونه متعارفی از یک کهکشان است، می‌توانیم نتیجه بگیریم که بیشتر ستارگان گیتی سیاراتی دارند که به دور آن‌ها می‌چرخند. در کهکشان ما چیزی حدود ۱۰۰ میلیارد ستاره وجود دارد و تعداد کهکشان‌های موجود در گیتی هم چیزی در این مایه‌هاست. معنایش آن است که جمعاً چیزی حدود ۱۰۰۰۰۰ میلیارد ستاره وجود دارد. اخترشناسان ۱۰ درصد از ستارگان شناخته‌شده را «خورشیدگونه» توصیف کرده‌اند. ستاره‌هایی که تفاوت زیادی با خورشید دارند، حتی اگر سیاره‌ای هم در مدارشان باشد، به چند دلیل احتمالش کم است که امکان حیات را در این سیارات به وجود آورند: برای نمونه، ستاره‌هایی که خیلی از خورشید بزرگ‌ترند معمولاً به اندازه لازم عمر نمی‌کنند و خیلی زود منفجر می‌شوند. ولی حتی اگر دایره بحث را به سیاراتی محدود کنیم که دور ستارگان خورشیدگونه می‌چرخند، احتمالاً با میلیاردها میلیارد ستاره سر و کار داشته باشیم (حتی همین رقم تخمینی نیز ممکن است کمتر از مقدار واقعی باشد).

خیلی خوب، اما در چند تا از آن سیاره‌هایی که دور «نوع مناسبی از ستارگان» می‌چرخند احتمال وجود حیات می‌رود؟ اکثر سیاره‌های فرا خورشیدی که تا کنون کشف شده‌اند سیاراتی مشتری‌سان هستند. این بدان معناست که این سیارات «غول‌هایی گازی» هستند؛ یعنی از گازهایی تحت فشار بالا تشکیل شده‌اند. این امر مایه شگفتی نیست؛ چرا که روش‌های ما در کشف سیارات معمولاً آن قدر حساس نیستند که بتوانند سیاراتی کوچک‌تر از سیارات مشتری‌سان را کشف کنند. و مشتری‌سانان

(غول‌های گازی) برای حیات، تا آن‌جا که ما حیات را شناخته‌ایم، مناسب نیستند. البته، این بدین معنی نیست که حیاتی که ما می‌شناسیم یگانه نوع ممکن حیات است. حتی ممکن است روی مشتری هم حیات وجود داشته باشد، با این که شک دارم چنین باشد. ما نمی‌دانیم که چه کسری از آن میلیاردها میلیارد سیاره غول‌های گازی مشتری‌سان نیستند و، در عوض، سیاراتی زمین‌سان و سنگی هستند. اما حتی اگر کسری خیلی کوچکی از سیارات هم زمین‌سان باشند، باز تعدادشان زیاد خواهد بود؛ چرا که مجموع این رقم خود عدد بزرگی است.

### در جست و جوی گلدی‌لاکس<sup>۱</sup>

حیاتی که ما از آن اطلاع داریم به آب وابسته است. باز هم تأکید می‌کنم: پیوسته باید از این نکته آگاه باشیم که تمرکز ما بر آن نوع حیات است که می‌شناسیم، اما در حال حاضر، اخترزیست‌شناسان<sup>۲</sup> (دانشمندانی که در جست و جوی حیات فرازمینی هستند) آب را برای حیات ضروری تلقی می‌کنند، تا حدی که عمده تلاش‌شان معطوف به یافتن نشانه‌هایی از وجود آب در فضا است. یافتن آب به مراتب ساده‌تر از یافتن حیات است. اگر موفق به یافتن آب شدیم، به طور قطع به معنی وجود حیات نیست، اما به این معناست که داریم در جهت درستی گام بر می‌داریم.

برای حیاتی که می‌شناسیم، دست‌کم کسری از آب موجود باید به حالت مایع باشد. نه یخ مناسب است و نه بخار. بررسی‌هایی که از نزدیک روی مریخ صورت گرفته است شواهدی یافته‌اند مبنی بر این که اگر نه در امروز، اما در گذشته، آب در حالت مایع بر روی این سیاره وجود داشته است. و چند سیاره دیگر نیز حداقل مقداری آب دارند، حتی اگر در حالت مایع نباشد. اویروپا<sup>۳</sup>، یکی از قمرهای مشتری، پوشیده از یخ است و گفته شده است که احتمال وجود دریایی از آب مایع در زیر این پوشش وجود دارد که معقول هم هست. قبلاً، تصور عموم بر این بود که مریخ بهترین مکان برای حیات فرازمینی در منظومه شمسی است و یکی از اخترشناسان مشهور، به نام پرسپیوال لویول<sup>۴</sup>، حتی طرح‌هایی از کانال‌هایی کشید که باور داشت روی سطح مریخ کشیده شده‌اند. امروزه، فضاپیماها هم عکس‌های دقیقی از مریخ گرفته‌اند و هم توانسته‌اند بر سطح آن فرود بیایند و مشخص شده است که وجود آن کانال‌ها صرفاً تصورات لویول بوده‌اند. امروزه، اویروپا جای مریخ را گرفته است (به عنوان بهترین گزینه در منظومه شمسی که گمان حیات فرازمینی در آن می‌رود) اما بیشتر دانشمندان بر این باورند که باید دایره جست‌وجوی خود را از این فراتر ببریم. شواهد نشان می‌دهد که وجود آب روی سیارات فرا خورشیدی امری نادر نیست.

وضع دما باید چگونه باشد؟ دمای یک سیاره باید چگونه تنظیم شده باشد که حیات بتواند روی آن شکل گیرد؟ دانشمندان، در این باره، از چیزی به نام «منطقه گلدی‌لاکس<sup>۵</sup>» = کمربند حیات < سخن به میان می‌آورند: «درست به اندازه» (مثل فرنی بچه خرس)؛ چیزی بین دو حد بیش از اندازه گرم (مثل فرنی بابا خرسه) و بیش از اندازه سرد (مثل فرنی مامان خرسه)<sup>۶</sup>. مدار زمین برای حیات «درست به اندازه» است: نه آن‌قدر به خورشید نزدیک است که آب آن به جوش آید و نه آن‌قدر دور است که کل آب آن منجمد و سخت گردد و نور کافی برای تغذیه به گیاهان نرسد. با وجود این که میلیاردها میلیارد سیاره وجود دارد، نمی‌توان انتظار داشت که چیزی جز اقلیتی از سیارات، دما و فاصله آن‌ها از ستاره‌شان، درست به اندازه باشد. اخیراً (مه ۲۰۱۱) یک «سیاره گلدی‌لاکس» کشف شده است که در مدار ستاره‌ای، به نام Gliese ۵۸۱ خوانده

<sup>۱</sup>. Goldilocks  
<sup>۲</sup>. exobiologist

<sup>۳</sup>. Europa

که عموماً «اروپا» ترجمه شده است، اما برای شباهت زدایی بین قاره اروپا و این جرم آسمانی، املاي «اویروپا» که به تلفظ انگلیسی آن نزدیکتر است، انتخاب شده است. - مترجم

<sup>۴</sup>. Percival Lowell  
<sup>۵</sup>. Goldilocks Zone

<sup>۶</sup>. نام «گلدی‌لاکس» از یکی از داستان‌های کودکان به نام «گلدی‌لاکس و سه خرس» گرفته شده است. - مترجم

می‌شود «گلایز»<sup>۱</sup>، قرار دارد و فاصله‌اش با ما ۲۰ سال نوری است (برای یک ستاره فاصله خیلی زیادی نیست، اما طبق استانداردهای بشری خیلی دور است). این ستاره «کوئوله سرخ»ی است که بسیار از خورشید کوچک‌تر و منطقه‌گلدی‌لاکس آن نیز به همان نسبت نزدیک‌تر است. گلایز ۵۸۱ (دست‌کم) شش سیاره دارد که f، b، c، g، d و نام دارند. بسیاری از آن‌ها سیارات سنگی و کوچکی مانند زمین هستند و تصور می‌شود که یکی از آن‌ها، Gliese ۵۸۱d، در منطقه‌گلدی‌لاکس آب قرار دارد. مشخص نیست که Gliese ۵۸۱d آب دارد یا نه، اما اگر داشته باشد، احتمال می‌رود که آب آن در حالت مایع باشد، نه در حالت یخ یا بخار. هیچ کس نمی‌گوید که در واقع در Gliese ۵۸۱d حیات وجود دارد؛ اما این که، اندکی پس از شروع جست و جو برای چنین سیاراتی، این سیاره کشف شد، می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً سیاره‌های گلدی‌لاکس زیادی وجود دارند.

اندازه سیاره چطور؟ آیا اندازه‌گلدی‌لاکسی وجود دارد (نه بیش از حد بزرگ و نه بیش از حد کوچک، بلکه «درست به اندازه»؟) اندازه یک سیاره (دقیق‌تر بخواهیم بگوییم، جرم آن) به سبب جاذبه، تأثیر زیادی روی حیات دارد. اگر سیاره‌ای قطرش با زمین یکسان باشد، اما عمدتاً از طلا تشکیل شده باشد، جرم آن بیش از سه برابر زمین خواهد بود. کشش گرانشی این سیاره بیش از سه برابر چیزی خواهد بود که در زمین به آن عادت کرده‌ایم. وزن هر چیز سه برابر خواهد شد که شامل هر موجود زنده روی آن سیاره نیز می‌شود. قدم از قدم بر داشتن کاری خواهد بود طاقت‌فرسا. حیوانی به اندازه موش باید استخوان‌هایی سه برابر قوی‌تر داشته باشد که بتواند وزن بدنش را تحمل کند و مانند یک کرگدن مینیاتوری سلانه سلانه راه می‌رفت؛ حال آن که حیوانی به بزرگی کرگدن اصلاً زیر وزن خودش خفه می‌شد.

طلا از آهن، نیکل، و دیگر عناصر عمده سازنده زمین سنگین‌تر است، اما ذغال‌سنگ به مراتب از آن‌ها سبک‌تر است. سیاره‌ای که هم‌اندازه زمین باشد اما عمدتاً از ذغال‌سنگ تشکیل شده باشد، کشش گرانشی‌ای حدود یک پنجم کشش گرانشی زمین خواهد داشت. روی چنین سیاره‌ای، حیوانی به بزرگی کرگدن می‌توانست، روی پاهایی به باریکی و لاغری پاهای عنکبوت، به سرعت این سو و آن سو برود. و در صورت مناسب بودن دیگر شرایط روی آن سیاره، حیواناتی به غایت بزرگ‌تر از دایناسورها می‌توانستند به خوبی فرگشت یابند. نیروی گرانش ماه حدود یک ششم نیروی گرانش زمین است. به همین دلیل است که فضانوردان با جهش‌هایی عجیب و جالب توجه روی ماه گام بر می‌داشتند، که به سبب حجم بزرگ لباس فضانوردی‌شان خنده‌دار به نظر می‌رسید. اگر قرار باشد حیوانی، روی سیاره‌ای با چنین گرانش ضعیفی، فرگشت پیدا کند، آن حیوان بسیار متفاوت خواهد بود (انتخاب طبیعی این وظیفه را بر عهده می‌گرفت).

اگر کشش گرانشی بیش از حد قوی باشد، مانند کشش گرانشی ستاره‌های نوترونی<sup>۱</sup>، به هیچ وجه امکان حیات وجود نخواهد داشت. ستاره نوترونی نوعی ستاره فرو پاشیده است. همان گونه که در فصل ۴ خواندیم، در حالت عادی، ماده عمدتاً از فضای خالی تشکیل شده است. فاصله بین هسته‌های اتم، در مقایسه با اندازه خود هسته‌ها، زیاد است. اما غرض از «فروپاشی» در یک ستاره نوترونی این است که این فضای خالی کلاً از بین رفته است. یک ستاره نوترونی چه بسا جرمی برابر خورشید داشته باشد، اما بزرگی‌اش فقط به اندازه یک شهر باشد؛ از این رو جاذبه‌اش بی‌اندازه نیرومند و خردکننده است. اگر شما را روی ستاره‌ای نوترونی بگذارند، وزن‌تان در آن جا صد میلیارد برابر وزن‌تان در زمین خواهد شد. یعنی صاف می‌شوید. اصلاً نمی‌توانید جُم بخورید. تنها کسر کوچکی از کشش گرانشی یک ستاره نوترونی کافی است که سیاره‌ای را از منطقه‌گلدی‌لاکس خارج کند؛ نه این که دیگر شرایط برای حیاتی که ما می‌شناسیم مساعد نباشد، شرایط برای هیچ گونه حیاتی که قادر به تصورش هستیم مساعد نخواهد بود.

### دارد به تو نگاه می‌کند

اگر موجودات زنده‌ای روی دیگر سیارات وجود داشته باشند چه شکلی خواهند بود؟ اغلب می‌گویند که نویسندگان داستان‌های علمی-تخیلی از سرنوشتی فزاینده را مانند آدم‌ها توصیف می‌کنند، حال با تغییراتی اندک: سرهای بزرگ‌تر، چشم‌های اضافی، و شاید هم بال. حتی اگر این موجودات تخیلی انسان‌نما هم نباشند، شباهت بسیار زیادی به موجودات آشنا

<sup>۱</sup> . neutron star

(همچون عنکبوت، هشت‌پا، یا قارچ‌های خودمان) دارند. اما شاید این کار از روی تنبلی نباشد؛ از روی بی‌بهرگی از قوهٔ تخیلی قوی هم نباشد. دلایلی قوی وجود دارد که احتمالاً بیگانه‌ها، در صورت وجود داشتن (و من احتمال می‌دهم که وجود دارند)، آن‌قدرها هم با ما فرق نخواهند داشت. بیگانه‌های خیالی معمولاً موجوداتی با چشم‌های قلمبه ترسیم و توصیف می‌شوند. از این رو، مبحث چشم را در این جا بررسی می‌کنم. می‌شد پا، بال، یا گوش را هم برای این کار انتخاب کرد (حتی به این هم فکر کرده‌ام که چرا حیوانات چرخ ندارند). اما همین چشم را بررسی می‌کنیم و نشان می‌دهیم که تصور این که بیگانه‌ها، در صورت وجود داشتن، چشم داشته باشند از روی تنبلی نیست.

چشم عضو بسیار به‌دردبخوری است و این موضوع در اکثر سیارات صدق می‌کند. نور عملاً در خط راست حرکت می‌کند. هر جا که نور وجود داشته باشد، مثلاً در نزدیکی یک ستاره، اصولاً استفاده از پرتوهای نور برای یافتن مسیر و یافتن محل اجسام کار آسانی است. هر سیاره‌ای که حیات داشته باشد به احتمال قریب به یقین در نزدیکی یک ستاره واقع شده است؛ چرا که ستارگان منبع بدیهی انرژی برای تأمین انرژی مورد نیاز هر نوع حیات هستند. پس، به احتمال زیاد، هر جا که حیات باشد، نور هم هست؛ و هر جا که نور باشد، احتمال فرگشت چشم هم بالاست، زیرا چشم عضو بسیار مفیدی است. تعجبی ندارد که روی سیارهٔ خودمان، چشم در موجودات مختلف، مستقل از یکدیگر، فرگشت یافته است.

تنها چند مسیر به ساخت چشم منجر می‌شود و فکر می‌کنم که هر یک از این روش‌ها در جایی از قلمروی حیوانات زمین به کار گرفته شده است. یکی از گونه‌های چشم دوربینی<sup>۱</sup> است. این نوع چشم، مانند یک دوربین، از اتاق تاریک تشکیل شده است که سوراخی کوچک، برای ورود نور، در جلوی خود دارد. این نور از لنزی می‌گذرد و وضوح می‌یابد و تصویری وارونه را پشت اتاقک، بر روی یک پرده (شبکیه چشم<sup>۲</sup>)، ایجاد می‌کند. حتی وجود لنز هم ضروری نیست. یک سوراخ کوچک هم کار را راه می‌اندازد، اما در چنین حالتی، نور کمی می‌تواند از سوراخ عبور کند. در نتیجه، تصویر حاصل بسیار مات خواهد بود؛ مگر این که آن سیاره، در مقایسه با زمین، نور بسیار بیشتری از ستاره‌اش بگیرد. البته که چنین چیزی ممکن است. در این حالت، بیگانه‌ها چشمانی نوک‌سوزنی خواهند داشت. چشم انسان دارای لنزی است که مقدار نور متمرکز بر روی شبکیه را افزایش می‌دهد. شبکیه، که پشت چشم قرار دارد، پوشیده از سلول‌های حساس به نور است و، از طریق عصب‌ها، گزارش نورهای دریافتی را به مغز می‌دهد. چشم تمام مهره‌داران از نوع دوربینی است. این نوع چشم، به صورت مستقل، در بسیاری از گونه‌های دیگر حیوانی، همچون هشت‌پا، نیز فرگشت یافته است. و البته انسان‌های طراح هم چنین چشمی را اختراع کرده‌اند.

عنکبوت‌های جهنده نوعی چشم اسکنرمانند<sup>۳</sup> عجیب و غریب دارند. این نوع چشم مانند چشم دوربینی است؛ با این تفاوت که شبکیهٔ آن، به جای این که پرده‌ای پوشیده از سلول‌های وابسته به نور باشد، نواری باریک است. این شبکیهٔ نواری به عضلاتی متصل است که می‌توانند آن را به جهات مختلف حرکت دهند تا بتواند تصویر روبروی عنکبوت را «اسکن» کند. جالب این جاست که نحوهٔ کار این نوع چشم اندکی به نحوهٔ کار دوربین‌های تلویزیونی شبیه است؛ چرا که این دوربین‌ها هم، برای فرستادن کل تصویر، فقط از یک کانال استفاده می‌کنند. دوربین تلویزیونی تصویر را به صورت عمودی و افقی اسکن می‌کند، اما آن قدر این کار را سریع انجام می‌دهد که تصویر حاصل یک تصویر واحد به نظر می‌رسد. چشمان عنکبوت جهنده به این سرعت اسکن نمی‌کنند و معمولاً هم روی قسمت‌های «جذاب» صحنه (مثلاً مگس‌ها) تمرکز می‌کنند، اما اصل مورد استفاده یکی است.

یکی دیگر از گونه‌های چشم چشم ترکیبی<sup>۴</sup> است. حشرات، میگوها، و تعدادی از حیوانات دیگر چنین چشمی دارند. چشم ترکیبی از صدها لوله تشکیل شده است که همگی به مرکز یک نیمکره می‌رسند و هر یک از این لوله‌ها، با اختلافات جزئی، رو به جهات مختلف قرار دارند. در جلوی هر یک از این لوله‌ها یک لنز ریز قرار دارد. از این رو، می‌توان هر یک از لوله‌ها را یک چشم مینیاتوری در نظر گرفت. اما این لنزها تصاویر قابل استفاده به دست نمی‌دهند، بلکه فقط نور را در لوله‌ها متمرکز می‌کنند. از

<sup>۱</sup> . camera eye

<sup>۲</sup> . retina

<sup>۳</sup> . scanning eye

<sup>۴</sup> . compound eye

آن جا که هر لوله از سمت متفاوتی نور می‌گیرد، مغز حیوان می‌تواند تمام اطلاعات دریافتی از لوله‌ها را با هم ترکیب کند و یک تصویر بسازد. تصویر حاصل نسبتاً زمخت و ساده است، اما آن قدر کیفیت دارد که مثلاً به سنجاقک کمک کند طعمه متحرکی را با گرفتن بال‌هایش شکار کند.

در بزرگ‌ترین تلسکوپ‌ها، به جای لنز، از آینه‌ای کاو  $\langle = \text{مقعر} \rangle$  استفاده می‌شود، اصلی که در چشم حیوانات نیز به کار رفته است، مخصوصاً در گوش‌ماهی‌ها. در ساختمان چشم گوش‌ماهی، آینه‌ای کاو قرار دارد که تصویر را روی شبکیه، که در جلوی آینه قرار دارد، متمرکز می‌کند. آینه، ناگزیر، جلو مقداری از نورهای دریافتی را می‌گیرد (چنین چیزی در تلسکوپ‌های بازتابی نیز رخ می‌دهد) ولی این اتفاق خیلی مهم نیست، چرا که اکثر پرتوهای نور به آینه راه می‌یابند.

در واقع، روش‌هایی که برای ساخت چشم به ذهن دانشمندان خطور کرده به همین چند مورد خلاصه می‌شود؛ و همه این موارد هم در حیوانات روی کره زمین فرگشت یافته‌اند. بیشتر آن‌ها هم در بیش از یک گونه یافت می‌شوند. اگر موجوداتی، با توانایی بینایی، روی دیگر سیارات وجود داشته باشند، به احتمال زیاد به گونه‌ای از چشم مجهزند که برای‌مان آشناست.

حال بیابید کمی به قوه تخیل‌مان بیشتر فشار بیاوریم. روی سیاره‌ای که بیگانه‌های فرضی ما زندگی می‌کنند، انرژی ساطع‌شونده از ستاره‌شان احتمالاً چیزی بین موج‌های رادیویی (که در سمت طول موج‌های بلند قرار دارند) و پرتوهای ایکس (که در سمت طول موج‌های کوتاه قرار دارند) است. بیگانه‌ها چرا باید خود را به نوار باریکی محدود کنند که ما نور می‌خوانیمش؟ شاید چشمان آن‌ها رادیویی باشد. شاید هم چشمان پرتو ایکسی داشته باشند.

تصویر خوب متکی به وضوح<sup>۱</sup>  $\langle = \text{رزولوشن} \rangle$  بالاست. معنایش چیست؟ هر چه وضوح تصویر بالاتر باشد، دو نقطه در عکس می‌توانند به هم نزدیک‌تر باشند و، در عین حال، از یکدیگر متمایز باشند. بدیهی است که طول موج‌های بلند وضوح بالایی ارائه نمی‌دهند. طول موج‌های نور کسرهای کوچکی از میلی‌متر هستند و وضوح بالایی را رقم می‌زنند، اما طول موج‌های رادیویی بر حسب متر سنجیده می‌شوند. از این رو، امواج رادیویی به درد تشکیل تصویر نمی‌خورند، ولی، به دلیل داشتن قابلیت<sup>۲</sup> مدولاسیون<sup>۳</sup>، برای برقراری ارتباط بسیار کارآمدند. یعنی این امواج قابلیت تغییر، به صورت ناگهانی و کنترل‌شده، را دارند. تا جایی که می‌دانیم، هیچ موجود زنده‌ای روی کره خاکی ما نتوانسته است، با فرگشت، سیستمی طبیعی برای انتقال، مدولاسیون، یا دریافت امواج رادیویی برای خود درست کند. این کار فقط به برکت پیشرفت در فناوری انسان ممکن شد. اما شاید بیگانه‌هایی روی دیگر کرات باشند که به صورت طبیعی ارتباط رادیویی را فرگشت داده باشند.

امواجی که طول موج کوتاه‌تری دارند چطور؟ مثل پرتوهای ایکس؟ متمرکز کردن پرتوهای ایکس کار دشواری است. به همین دلیل است که تصاویر حاصل از دستگاه‌های عکس‌برداری پرتو ایکس بیشتر به سایه می‌مانند تا تصویر. اما غیر ممکن نیست که گونه‌های جاندار که روی سیارات دیگر زندگی می‌کنند دید پرتو ایکسی داشته باشند.

هر گونه دید به پرتوهای متکی است که حرکتی در خط راست یا، دست‌کم، قابل پیش‌بینی داشته باشند. اگر به هر جهتی که دل‌شان خواست حرکت کنند فایده‌ای ندارد. پرتوهای نور در هنگام مه‌گرفتنی چنین ویژگی‌ای دارند. سیاره‌ای که مدام در مه غلیظ فرو رفته است شرایط مناسبی را برای فرگشت چشم ایجاد نمی‌کند. در عوض، چنین سیاره‌ای شرایط را برای استفاده از سیستم‌های پژواک‌یابی مه‌یاب می‌کند، مثل سامانه «سونار»<sup>۳</sup> خفاش‌ها، دلفین‌ها، و زیردریایی‌های ساخت بشر. دلفین‌های رودخانه‌ای می‌توانند خیلی خوب از سونار استفاده کنند، چون آب‌های محل زندگی‌شان پر از گل و لای است. گل و لای در آب حکم مه در هوا را دارد. سونار دست‌کم در چهار حیوان سیاره ما فرگشت یافته است (در خفاش‌ها، وال‌ها، و دو نوع مختلف پرندگان غارزی). این که ببینیم سونار در سیاره‌ای بیگانه فرگشت یافته است تعجبی ندارد، مخصوصاً در سیاره‌ای که همواره پوشیده از مه است.

<sup>۱</sup> . resolution  
<sup>۲</sup> . modulation  
<sup>۳</sup> . sonar



همچنین، اگر در بیگانه‌ها اندام‌هایی فرگشت یافته باشد که توانایی پخش و پردازش امواج رادیویی را، برای ارتباط، داشته باشد، ممکن است بدن آن‌ها قادر به فرگشت رادارهایی تمام و کمال باشد. و می‌دانیم که رادارها در مه نیز کار می‌کنند. روی سیاره خودمان، برخی ماهی‌ها این توانایی را در فرگشت به دست آورده‌اند که از روی اعوجاج در میدان الکتریکی تولیدشده توسط خودشان مسیرشان را پیدا کنند. در واقع، این روش دو بار به صورت مستقل فرگشت یافته است: در گروهی از ماهی‌های قاره آفریقا و در گروه کاملاً مجزایی از ماهی‌های آمریکای جنوبی. پلاتیپوس‌ها، که منقاری شبیه به منقار اردک دارند، در منقارهای خود حس‌گرهایی دارند که آشفتگی‌های الکتریکی ناشی از حرکت ماهیچه‌های طعمه‌شان را دریافت می‌کنند. هیچ بعید نیست که این حساسیت الکتریکی دیده‌شده در ماهی‌ها و پلاتیپوس‌ها در یک گونه حیاتی بیگانه هم فرگشت یافته باشد، اما در سطحی پیشرفته‌تر.

این فصل با فصل‌های دیگر تفاوت‌هایی داشت، از این جهت که به جای دانسته‌های مان بر نادانسته‌های مان تأکید داشت. با این که تا کنون روی سیارات دیگر حیاتی نیافته‌ایم (و واقعاً شاید هیچ‌گاه هم به این کار نائل نیاییم) امیدوارم گستره چیزهایی که علم می‌تواند درباره گیتی به ما بگوید به چشم‌تان آمده باشد و از آن الهام گرفته باشید. ما، در جست و جو به دنبال حیات در دیگر نقاط گیتی، اتفاقی و الله‌بختی عمل نمی‌کنیم: در جست و جو به دنبال اطلاعات معنادار راجع به ستارگان و سیاره‌هایی که در دوردست‌ها قرار دارند و تشخیص سیاراتی که دست‌کم امکان وجود حیات بر روی آن‌ها وجود دارد، علوم فیزیک، شیمی، و زیست‌شناسی به ما یاری می‌رسانند. بسیارند چیزهایی که همچنان برای مان ناشناخته‌اند؛ کشف همه رازهای گیتی‌ای چنین وسیع که در آن زندگی می‌کنیم نا محتمل است، ولی به کمک دانش، دست‌کم، می‌توانیم سؤالاتی معقول و معنادار درباره گیتی طرح کنیم و بدانیم چه هنگام به پاسخ‌هایی معتبر رسیده‌ایم. کسی مجبورمان نکرده است که داستان‌هایی را سر هم کنیم که هیچ با عقل جور در نمی‌آیند. ما از لذت و هیجان تحقیق علمی و اکتشاف واقعی بهره‌مندیم تا قوه تخیل ما را تحت کنترل قرار دهد. و سرانجام، چنین چیزی هیجان‌انگیزتر از داستان‌های خیالی است.

۱۰

زلزله چیست؟



تصور کنید که از همه جا بی‌خبر در اتاق‌تان نشست‌اید؛ مثلاً در حال کتاب خواندن، تماشای تلویزیون، یا بازی کردن با رایانه‌تان هستید. ناگهان صدایی مهیب و غرآن بلند می‌شود و کل اتاق به لرزه می‌افتد. لامپ سقفی به تندی به این سو و آن سو حرکت می‌کند؛ تزییناتی که روی قفسه‌ها گذاشته‌اید به زمین می‌افتند؛ اثاثیه منزل روی زمین کشیده می‌شوند، و خودتان نیز از روی صندلی‌تان به زمین می‌افتید. پس از حدود دو دقیقه همه چیز آرام می‌گیرد و سکوتی آرامش‌بخش همه جا را فرا می‌گیرد، اما صدای گریه هراسان یک کودک و پارس یک سگ سکوت را می‌شکند. بلند می‌شوید و به خود می‌گویید که چقدر خوش‌اقبال بوده‌اید که کل خانه فرو نریخته است. اگر زلزله<sup>۱</sup> خیلی شدید می‌بود، هیچ بعید نبود که خانه هم فرو بریزد.

اوایل که شروع به نوشتن این کتاب کرده بودم، زلزله مهیبی جزیره کارائیبی هائیتی<sup>۲</sup> را لرزاند و بخش اعظم پایتخت این کشور، پورتو پرنس<sup>۳</sup>، را ویران کرد. تخمین می‌زنند که دویست و سی هزار نفر کشته شدند و بسیاری دیگر، از جمله کودکان پدر و مادر از دست داده، بی‌خانمان و آواره خیابان‌ها گشتند یا به اردوگاه‌های موقت پناه آوردند.

بعداً، هنگامی که داشتم این کتاب را بازخوانی می‌کردم، زلزله دیگری، این بار قوی‌تر از زلزله پیشین، در زیر دریای ساحل شمال شرقی ژاپن رخ داد. زمین‌لرزه موجی سهمگین، یک «سونامی»<sup>۴</sup>، راه انداخت که هنگام عبور از ساحل خسارات غیرقابل‌تصوری را به بار آورد. سونامی، در سر راهش، شهرها را با خود برد و هزاران نفر را کشت و میلیون‌ها نفر را بی‌خانمان کرد. همچنین، انفجارات مهیبی را در یکی از نیروگاه‌های هسته‌ای، که به دلیل زلزله آسیب دیده بود، به وجود آورد.

زلزله‌ها و سونامی‌های حاصل از آن‌ها چیز غریبی در ژاپن نیستند (اصلاً خود واژه «سونامی» ژاپنی است)، اما چنین سونامی‌ای در تاریخ معاصر این کشور نظیر نداشت. به گفته نخست‌وزیر ژاپن، این واقعه بدترین تجربه این کشور پس از جنگ جهانی دوم بود، زمانی که شهرهای هیروشیما<sup>۵</sup> و ناگاساکی<sup>۶</sup> در بمباران هسته‌ای ویران شدند. در واقع، زلزله در تمامی سرزمین‌های مجاور اقیانوس آرام امر راجی است. یک ماه پیش از زلزله ژاپن، زلزله‌ای در شهر کرایست‌چرچ<sup>۷</sup>، در نیوزلند، خسارات مالی و جانی شدیدی وارد آورد. این منطقه، که به آن «حلقه آتش»<sup>۸</sup> گفته می‌شود، بخش عمده‌ای از کالیفرنیا و قسمت غربی آمریکا را در بر دارد. زلزله‌ای معروف، در سال ۱۹۰۶، شهر سان فرانسیسکو، در غرب آمریکا، را لرزاند. لس آنجلس، که شهر بزرگ‌تری هم هست، نیز در معرض خطر است و روی گسل بدنام سان آندریاس<sup>۹</sup> قرار دارد.

در هنگام زلزله، کل ناحیه تحت تأثیر رفتاری شبیه مایع از خود نشان می‌دهد؛ همچون دریایی که موجی در آن در حال عبور است. امواج خروشان زمین سخت و خشک را، همچون دریایی، در بر می‌گیرند؛ زلزله این است. روی زمین که باشید امواج را نمی‌بینید، چون بیش از اندازه به آن‌ها نزدیکید و اندازه شما، در مقایسه با بزرگی امواج، بسیار ناچیز است. فقط حرکت و لرزش زمین را، زیر پای خود، احساس می‌کنید.

به زودی به تعریف دقیق زلزله و گسل<sup>۱۰</sup> (مثل گسل سان آندریاس و گسل‌های مشابه در اقصی نقاط جهان) می‌پردازیم. اما نخست، بگذارید به بررسی چند اسطوره بپردازیم.

## اسطوره‌های زلزله

<sup>۱</sup> . earthquake

<sup>۲</sup> . Haiti

<sup>۳</sup> . Port au Prince

<sup>۴</sup> . tsunami

<sup>۵</sup> . Hiroshima

<sup>۶</sup> . Nagasaki

<sup>۷</sup> . Christchurch

<sup>۸</sup> . ring of fire

<sup>۹</sup> . San Andreas Fault

<sup>۱۰</sup> . fault

نخست به بررسی اسطوره‌هایی می‌پردازیم که درباره زلزله‌هایی خاص رخ داده‌اند، یعنی زلزله‌هایی که در زمان‌هایی خاص از تاریخ اتفاق افتاده‌اند.

اسطوره‌ای یهودی داستان ویرانی دو شهر سودوم<sup>۱</sup> و گومورا<sup>۲</sup> = > عموره< را بیان می‌کند، این که خدای قوم یهود چگونه این دو شهر را، به سبب شرارت مردمان‌شان، نابود کرد. یگانه انسان خوب آن شهر مردی بود به نام لوط<sup>۳</sup>. خداوند دو فرشته را نازل کرد که به لوط هشدار دهند که تا فرصت هست، از شهر سودوم خارج شود. لوط و خانواده‌اش، درست پیش از آن که خداوند بر اهل سودوم باران آتش و گوگرد فرو فرستد، به سمت کوه‌ها رهسپار شده بودند. به آن‌ها فرمان اکید داده شده بود که پشت سرشان را نگاه نکنند، اما متأسفانه همسر لوط از فرمان خداوند سرپیچی کرد. سرش را برگرداند و نیم نگاهی به شهر انداخت. خداوند هم معطل نکرد و زن را به ستونی از نمک تبدیل کرد، که عده‌ای می‌گویند حتی امروزه هم می‌توان آن را دید.

بعضی باستان‌شناسان می‌گویند شواهدی را یافته‌اند که نشان می‌دهد زلزله‌ای شدید مکانی را که طبق باورها ۴۰۰۰ سال پیش سودوم و گومورا نامیده می‌شده لرزانده است. اگر این حرف درست باشد، افسانه نابودی این شهرها را می‌توان از جمله افسانه‌های زلزله تلقی کرد.

یکی دیگر از اسطوره‌های کتاب مقدس، که چه بسا عامل شکل‌گیری‌اش زلزله‌ای خاص باشد، داستان ویرانی اریحا<sup>۴</sup> است. اریحا، واقع در شمال دریای مرده<sup>۵</sup> = > بحر المیت< در اسرائیل، یکی از قدیمی‌ترین شهرهای دنیاست. این منطقه، حتی در عصر حاضر نیز، شاهد زلزله‌هایی بوده است. در سال ۱۹۲۷، این شهر نزدیک مرکز لرزه‌ای شدید بود که کل منطقه را لرزاند و جان‌صدها نفر را در اورشلیم<sup>۶</sup>، در ۲۵ کیلومتری آن، گرفت.

این داستان کهن عبری از قهرمانی افسانه‌ای، به نام یوشع<sup>۷</sup>، سخن به میان می‌آورد که رؤیای فتح مردمی را در سر داشت که هزاران سال پیش در اریحا زندگی می‌کردند. دیوارهای ستبری از شهر اریحا محافظت می‌کردند و مردم هم دروازه‌های شهر را قفل و بند می‌زدند که کسی نتواند به آن‌ها حمله کند. زیردستان یوشع نمی‌توانستند از دیوار عبور کنند. از این رو، یوشع به کاهنانش دستور داد که در شاخ قوچ‌ها بدمند و همه افرادش نیز با تمام توان فریاد بکشند.

صدا چنان بلند بود که از هیبتش دیوارهای شهر فرو ریخت و با خاک یکسان شد. بعد، سربازان یوشع به شهر حمله‌ور شدند و همه را به خاک و خون کشیدند؛ حتی زنان و کودکان را؛ حتی گاوها، گوسفندان، و خرها را. همه چیز را هم به آتش کشیدند؛ به جز نقره‌ها و طلاها را. در عوض، آن‌ها را، مطابق دستور یوشع، به خدای‌شان پیشکش کردند. داستان به گونه‌ای نقل می‌شود که انگار این‌ها وقایع خوبی هستند: خدای یوشع و مردمانش می‌خواست که چنین شود؛ که مردمش آن سرزمین را، که پیشتر متعلق به مردم اریحا بود، تسخیر کنند.

از آن جا که اریحا تا این حد زلزله‌خیز است، امروزه می‌گویند که احتمالاً زلزله منشأ افسانه یوشع و اریحا بوده است، زلزله‌ای چنان شدید که دیوارهای شهر را فرو ریخته است. به سادگی می‌توانید ببینید که چطور خاطره‌ای از گذشته‌های دور، از زلزله‌ای مهیب، ممکن است (همین‌طور که دارد سینه به سینه از نسلی به نسل دیگر، که خواندن و نوشتن نمی‌دانستند، منتقل می‌شود) دستخوش اغراق و تحریف گردد و بعدها به افسانه‌ای بدل شود درباره پهلوانی قبیله‌ای و عربده کشیدن و دمیدن در شیپور کاهنان را!

این احتمال وجود دارد که سرآغاز این دو اسطوره‌ای که شرح‌شان رفت دو زلزله در تاریخ باشد. در سایر نقاط جهان نیز اسطوره‌های فراوانی وجود دارند که اصلاً دلیل موجودیت‌شان تلاش بشر برای فهم زلزله بوده است.

<sup>۱</sup> . Sodom

<sup>۲</sup> . Gomorrah

<sup>۳</sup> . Lot

<sup>۴</sup> . Jericho

<sup>۵</sup> . the Dead Sea

<sup>۶</sup> . Jerusalem

<sup>۷</sup> . Joshua

از آن جا که ژاپن بسیار زلزله به خود دیده است، عجیب نیست که اسطوره‌های جورواجور و پر شاخ و برگ درباره زلزله داشته باشد. در یکی از این اسطوره‌ها، زمین بر پشت یک گربه‌ماهی غول‌پیکر،<sup>۱</sup> به نام *نامازو*، قرار دارد. هر بار که *نامازو* دُمش را تکان می‌دهد، زمین به لرزه در می‌آید.

هزاران کیلومتر پایین‌تر، مائوری‌ها<sup>۲</sup> در نیوزلند زندگی می‌کردند. این قوم، قرن‌ها پیش از دریانوردان اروپایی، با کانو<sup>۳</sup> <نوعی قایق> به آن سرزمین آمده و در آن جا ساکن شده بودند. آن‌ها باور داشتند که زمین آبستن فرزندش، ایزد رو<sup>۴</sup>، است. هر بار که رو در رحم مادرش جابجا می‌شود یا لگد می‌زند، زلزله می‌آید.

در شمال زمین، بعضی قبایل اهل سیرری بر این باور بودند که زمین بر روی سورت‌های قرار دارد که سگ‌ها آن را می‌کشند و خدایی به نام *تول*<sup>۵</sup> بر آن سوار است. بدن سگ‌های بیچاره کک داشت و هر بار که خود را می‌خاراندند مساوی بود با یک زلزله.

در یکی از افسانه‌های غرب آفریقا، زمین همچون صفحه‌ای دوار است که یک طرف آن به کوهی بزرگ بند است و سمت دیگرش را هیولایی سهمگین نگه داشته است که همسرش هم آسمان‌ها را بر افراشته. هر از گاهی این هیولا و همسرش یکدیگر را در آغوش می‌کشند و، همان گونه که حتماً خودتان می‌توانید تصور می‌کنید، زمین، در پی آن، حرکت می‌کند. سایر قبایل غرب آفریقا عقیده داشتند که روی سر یک غول زندگی می‌کنند. جنگل موهایش بود و انسان‌ها و حیوانات هم حکم کک‌هایی را داشتند که روی سرش ولو بودند. زلزله هم حاصل سرفه‌های این غول بود. حداقل قرار بر این بوده است که چنین چیزی را باور داشته باشند، اما من که شک دارم که خودشان هم چنین چیزی باورشان شده باشد. امروزه واقعاً می‌دانیم که زلزله چیست و وقت آن رسیده است که اسطوره‌ها را کنار بگذاریم و به حقیقت بنگریم.

### حقیقت زلزله

نخست، لازم است که با ماجرای مهم تکتونیک صفحه‌ای<sup>۶</sup> آشنا شویم.

همه می‌دانند که نقشه جهان چه شکلی است. شکل قاره آفریقا و آمریکای جنوبی را می‌دانیم و این را هم می‌دانیم که اقیانوس پهناور اطلس بین آن‌ها فاصله انداخته است. می‌توانیم قاره استرالیا را روی نقشه پیدا کنیم و می‌دانیم که نیوزلند در جنوب شرقی استرالیا قرار دارد. می‌دانیم که ایتالیا شبیه به چکمه‌ای است که گویی می‌خواهد توپ سیسیل را شوت کند و به عقیده بعضی گینه نو شبیه پرده است. به راحتی می‌توانیم خط دور اروپا را تشخیص دهیم، با این که مرزهای داخل آن مدام در حال تغییرند. امپراتوری‌هایی پدید می‌آیند و از بین می‌روند و مرزهای میان کشورها، طی قرون، مدام جابجا می‌شوند. اما خط دور قاره‌ها همواره ثابت می‌ماند؛ مگر نه؟ نه، ثابت نمی‌ماند و نکته اصلی همین است. این خطوط در حال حرکتند، اما خیلی آرام و تدریجی؛ همچنین، مکان رشته‌کوه‌ها هم در حال تغییر است؛ رشته‌کوه‌های آلپ، هیمالیا، آند، و راکی<sup>۷</sup> در حرکتند. بی شک، این عوارض جغرافیایی بزرگ، با مقیاس تاریخ بشر، ثابت به نظر می‌آیند، اما به نظر خود زمین (اگر توانایی فکر کردن داشت)، چنین چیزی درست نیست. تاریخ مکتوب فقط ۵۰۰۰ سال قدمت دارد. اگر یک میلیون سال به عقب بازگردیم (یعنی ۲۰۰ برابر تاریخ مکتوب)، به چشم ما، شکل قاره‌ها بسیار شبیه شکل امروزی‌شان خواهد بود. اما اگر ۱۰۰ میلیون سال به عقب برگردیم چطور؟

جنوب اقیانوس اطلس، در مقایسه با عصر حاضر، مجرای باریک به چشم می‌آید و به نظر می‌رسد که می‌توان فاصله میان آفریقا و آمریکای جنوبی را شنا کرد. شمال اروپا تقریباً با گرین‌لند مماس است و گرین‌لند هم تقریباً با کانادا مماس است. و

<sup>۱</sup> . Namazu

<sup>۲</sup> . Maori

<sup>۳</sup> . canoe

<sup>۴</sup> . Ru

<sup>۵</sup> . Tull

<sup>۶</sup> . plate tectonics

<sup>۷</sup> . the Rockies

هند اصلاً بخشی از آسیا نبود، بلکه آن پایین در کنار ماداگاسکار قرار داشت و به یک طرف خم شده بود. قاره آفریقا هم چنین انحرافی داشت؛ بر خلاف عصر حاضر که کاملاً صاف به نظر می‌رسد.

حالا که حرفش شد، آیا تا به حال، هنگام نگریستن به نقشه‌های امروزی، متوجه شده‌اید که قسمت شرقی آمریکای جنوبی، به طرز مشکوکی، شبیه به قسمت غربی آفریقاست، چنان دو تکه پازل که «می‌خواهند» با هم جور شوند؟ در واقع، اگر اندکی بیشتر به گذشته برگردیم (مثلاً حدود ۵۰ میلیون سال قبل‌تر، که در مقیاس زمانی زمین‌شناسی، که خیلی آرام جلو می‌رود، «اندک» به حساب می‌آید)، خواهیم دید که واقعاً با هم چفت می‌شده‌اند.

صد و پنجاه میلیون سال پیش، آفریقا و آمریکای جنوبی کاملاً به یکدیگر متصل بوده‌اند؛ نه تنها به یکدیگر، بلکه به ماداگاسکار، هند، و جنوبگان هم وصل بوده‌اند؛ و همچنین به استرالیا و نیوزلند که آن سوی جنوبگان قرار داشتند. همه این سرزمین‌ها سرزمینی وسیع و یکه به نام گوندوانا<sup>۱</sup> بودند که بعدها به تکه‌های مجزایی تقسیم شدند که قاره‌های دختری را، یکی پس از دیگری، به وجود آوردند.

به نظر قصه‌ای خیالی می‌آید، چنین نیست؟ منظورم این است که مسخره به نظر می‌آید که قاره‌ها، با این عظمت‌شان، هزاران کیلومتر جابجا شده باشند؛ اما امروزه می‌دانیم که چنین چیزی رخ داده است و از آن مهم‌تر، می‌دانیم که این اتفاق چگونه رخ داده است.

### زمین چگونه جابجا می‌شود؟

همچنین، می‌دانیم که قاره‌ها فقط از یکدیگر دور نمی‌شوند؛ بلکه گاه با هم تصادف هم می‌کنند و، در پی این تصادفات، رشته‌کوه‌های عظیم سر به آسمان می‌کشند. هیمالیا همین طور تشکیل شد: از برخورد هند با آسیا. البته، درست نیست که بگوییم که هند با آسیا برخورد کرد. به زودی خواهیم گفت که چیزی که با آسیا برخورد کرد، چیزی به مراتب بزرگ‌تر بود، چیزی به نام «صفحه آ»، که عمده آن زیر آب است و هند روی نوکش قرار دارد. همه قاره‌ها بر روی «صفحه‌ها» قرار دارند. به زودی به این مبحث خواهیم پرداخت، اما نخست بگذارید بیشتر به این «تصادف»‌ها و دور شدن قاره‌ها از هم بپردازیم.

وقتی که از «تصادف» سخن می‌گوییم، ممکن است سانحه رانندگی به ذهن متبادر شود؛ مثل برخورد یک کامیون با یک خودروی سواری. قضیه چنین نبوده و نیست. حرکت قاره‌ها به طرز غیر قابل وصفی آرام و تدریجی است. فردی گفته بود که حرکت آن‌ها شبیه به رشد ناخن‌هاست. اگر بنشینید و به ناخن‌های دست‌تان خیره شوید، متوجه رشد آن‌ها نخواهید شد. اما اگر بگذارید چند هفته بگذرد، خواهید دید که ناخن‌های‌تان بلند شده‌اند و باید آن‌ها را کوتاه کنید. به طریق مشابه، نمی‌توان دور شدن آمریکای جنوبی را از آفریقا حس کرد، اما اگر ۵۰ میلیون سال صبر کنید، خواهید دید که این دو قاره بسیار از هم دور شده‌اند.

«سرعت رشد ناخن» برابر با سرعت متوسط حرکت قاره‌هاست، اما سرعت رشد ناخن نسبتاً ثابت است؛ در حالی که قاره‌ها با تکان‌های ناگهانی جابجا می‌شوند: یک تکان ناگهانی و، سپس، حدود صد سال سکون، که طی این مدت، فشار برای تکان بعدی روی هم انباشته می‌شود، و سپس تکان دیگری رخ می‌دهد، و این سیر، به همین شکل، ادامه می‌یابد.

احتمالاً دارید کم کم حدس می‌زنید که زلزله واقعاً چیست؟ درست است: زلزله همان چیزی است که هنگام رخ دادن این تکان‌ها حس می‌کنیم.

چیزی که می‌گوییم حقیقتی شناخته شده است، اما چطور به آن پی برده‌ایم؟ و اولین بار چگونه آن را کشف کردیم؟ داستان جالب است و اکنون آن را تعریف خواهیم کرد.

در گذشته، افرادی بوده‌اند که متوجه هماهنگی پازل‌گونه خطوط حاشیه‌ای آمریکای جنوبی و آفریقا شده بودند، اما

<sup>۱</sup> . Gondwana  
<sup>۲</sup> . plate

نمی‌توانستند نتیجه‌ای از آن بگیرند. حدود ۱۰۰ سال پیش، دانشمندی آلمانی، به نام *آلفرد وِگنر*<sup>۱</sup> مطلبِ جسورانه‌ای را عنوان کرد. آن قدر حرفش جسورانه بود که خیلی‌ها گمان کردند عقلش پاره‌سنگ برداشته است. حرفِ وِگنر این بود که قاره‌ها، همچون کشتی‌هایی غول‌پیکر، جابجا شده‌اند. از دیدِ وِگنر، آفریقا، آمریکای جنوبی، و دیگر سرزمین‌های بزرگ جنوبی زمانی به هم متصل بوده‌اند. سپس از یکدیگر جدا شده‌اند و در آب‌ها مسیرهای متفاوتی را در پیش گرفته‌اند. این عقیدهٔ وِگنر بود و مردم هم به این دلیل او را به بادِ استهزاء گرفتند. اما حالا مشخص شده است که حرفش درست بوده است؛ البته تا اندازه‌ای و، بی‌شک، از کسانی که مسخره‌اش می‌کردند حرفش درست‌تر بوده است.

ایدهٔ امروزیِ تکتونیکِ صفحه‌ای، که شواهدِ بسیاری برای آن وجود دارد، دقیقاً با حرفِ وِگنر یکی نیست. وِگنر درست می‌گفته است که آفریقا و آمریکای جنوبی و هند، ماداگاسکار، جنوبگان، و استرالیا زمانی همگی به هم متصل بوده‌اند اما بعدها از هم جدا شده‌اند. اما، مطابقِ نظریهٔ تکتونیکِ صفحه‌ای، نحوهٔ رخ دادنِ این جدایی اندکی با چیزی که وِگنر تصور می‌کرده متفاوت است. او قاره‌ها را همچون اجرامی که بر رویِ دریا معلقند تصور می‌کرد، اما نه این که رویِ آب معلق باشند، بلکه تصور می‌کرد که قاره‌ها رویِ لایه‌های نرم، مذاب، یا نیمه‌مذابِ پوستهٔ زمین شناورند. در نظریهٔ جدیدِ تکتونیکِ صفحه‌ای، کلِ پوستهٔ زمین و همچنین اعماقِ دریاها همچون صفحاتی به هم پیوسته در نظر گرفته می‌شوند. پس فقط قاره‌ها نیستند که حرکت می‌کنند؛ صفحاتی که قاره‌ها بر روی‌شان قرار دارند هم حرکت می‌کنند و هیچ قسمتی از سطحِ زمین نیست که بخشی از این صفحات نباشد. عمدهٔ سطحِ بیشترِ صفحات زیرِ دریاها قرار دارند. توده‌های خشکی، که ما به عنوانِ قاره می‌شناسیم‌شان، بخش‌هایی از آن صفحات هستند که از آب بیرون زده‌اند. قارهٔ آفریقا بالایِ صفحهٔ بزرگ‌ترِ آفریقا قرار دارد که تا میانه‌های اقیانوسِ اطلسِ جنوبی امتداد دارد. آمریکای جنوبی بخشِ بالاییِ صفحهٔ آمریکای جنوبی است که تا نیمهٔ دیگرِ اقیانوسِ اطلسِ جنوبی امتداد دارد. دیگر صفحاتِ هند و استرالیا هستند؛ صفحهٔ اوراسیا<sup>۲</sup> (که کلِ اروپا و آسیا را، به جز هند، در بر دارد)؛ صفحهٔ عرب<sup>۳</sup>، که نسبتاً کوچک است و بینِ صفحهٔ اوراسیا و آفریقا قرار دارد؛ و صفحهٔ آمریکای شمالی، که گرین‌لند و آمریکای شمالی را در بر می‌گیرد و تا میانه‌های پایینیِ شمالِ اقیانوسِ اطلس را در بر دارد. همچنین، صفحاتی هم هستند که به ندرت خشکی‌ای روی‌شان قرار دارد، مثلِ صفحهٔ اقیانوسِ آرام که صفحه‌ای پهناور هم هست.

شکافِ بینِ صفحهٔ آمریکای جنوبی و آفریقا درست از وسطِ اقیانوسِ اطلسِ جنوبی می‌گذرد و کیلومترها از هر دو قاره دور می‌شود. به یاد داشته باشید که این صفحه‌ها کفِ دریاها را نیز، که سنگ‌هایی سخت هستند، شامل می‌شوند. پس چطور ممکن است که، ۱۵۰ میلیون سال پیش، آمریکای جنوبی و آفریقا زمانی در آغوشِ یکدیگر بوده باشند؟ وِگنر در این جا به مشکلی بر نمی‌خورد؛ چرا که تصورش این بود که قاره‌ها مستقلاً جابجا می‌شده‌اند. اما اگر آمریکای جنوبی و آفریقا زمانی به هم وصل بوده‌اند، نظریهٔ تکتونیکِ صفحه‌ای چگونه می‌تواند سنگ‌های زیرِ دریا را، که امروزه این دو قاره را از هم جدا می‌کنند، توجیه کند؟ آیا قسمت‌های زیرِ دریاییِ صفحه‌های سنگی به نحوی رشد کرده‌اند؟

### گسترشِ بسترِ اقیانوس

بله، پاسخ را می‌توان در پدیده‌ای به نام «گسترشِ بسترِ اقیانوس»<sup>۴</sup> یافت. حتماً تا به حال به پیاده‌راه‌های متحرک در فرودگاه‌های بزرگ بر خورده‌اید، همان پیاده‌راه‌هایی که به افرادی که بار دارند کمک می‌کند فاصله‌های زیاد، مثلاً فاصلهٔ بینِ درِ ورودی تا ترمینال یا سالنِ خروج، را بپیمایند. به جای این که مسافر مجبور باشد کلِ مسیر را پیاده برود، می‌تواند پایش را رویِ تسمه‌ای متحرک بگذارد و این تسمه او را به نقطهٔ دیگری می‌رساند که از آنجا دوباره باید راه رفتن را شروع کند. پیاده‌راه‌های متحرکِ فرودگاه فقط به اندازه‌ای جا دارند که دو نفر بتوانند در کنارِ هم بایستند. ولی حال پیاده‌راهِ متحرکی را در نظر بگیرید که

<sup>۱</sup> . Alfred Wegener

<sup>۲</sup> . Eurasian plate

<sup>۳</sup> . Arabian plate

<sup>۴</sup> . sea-floor spreading

عرض آن هزاران کیلومتر است و عمده فاصله میان شمالگان و جنوبگان را پوشش می‌دهد. همچنین، تصور کنید که سرعتش نه به اندازه پیاپاده روی انسان که به اندازه رشد ناخن‌ها باشد. بله، درست حدس زده‌اید. قاره آمریکای جنوبی و کل صفحه آمریکای جنوبی، با حرکت بر روی چیزی شبیه به پیاده‌راه متحرک، در حال دور شدن از قاره آفریقا و صفحه آفریقا است. این پیاده‌راه متحرک در عمق‌های پایین و زیر بستر دریا قرار دارد، از شمالی‌ترین تا جنوبی‌ترین نقطه اقیانوس اطلس امتداد یافته و با سرعت بسیار آرامی در حال حرکت است.

آفریقا چطور؟ چرا صفحه آفریقا در جهتی یکسان حرکت نمی‌کند و چرا هم‌گام با صفحه آمریکای جنوبی پیش نمی‌رود؟ پاسخ این است که آفریقا روی پیاده‌راه متحرک دیگری قرار دارد، پیاده‌راهی که در جهتی مخالف حرکت می‌کند. پیاده‌راه متحرک آفریقا از غرب به شرق در حال حرکت است، اما پیاده‌راه متحرک آمریکای جنوبی از شرق به غرب حرکت می‌کند. پس میان این‌ها چه اتفاقی دارد می‌افتد؟ دفعه بعدی که به یک فرودگاه بزرگ رفتید، پیش از این که پاهای‌تان را روی پیاده‌راه متحرک بگذارید، اندکی تأمل کنید و به آن نگاه کنید. پیاده‌راه از شکافی در زمین بیرون می‌آید و از شما دور می‌شود. این پیاده‌راه تسمه‌ای است که مدام در حال گردش است؛ روی زمین به سمت جلو حرکت می‌کند و از زیر زمین به سمت شما باز می‌گردد. حال تسمه‌ای دیگر را در نظر بگیرید که از همان شکاف خارج می‌شود، اما جهت آن برعکس است. اگر یکی از پاهای‌تان را روی یکی از تسمه‌ها و پای دیگر را بر روی تسمه دیگر قرار دهید، پاهای‌تان به زور ۱۸۰ درجه باز می‌شود.

چیزی شبیه شکاف تسمه پیاده‌راه در فرودگاه در کف اقیانوس اطلس قرار دارد که کل بستر اقیانوس را، از جنوبی‌ترین نقطه تا شمالی‌ترین نقطه، در بر می‌گیرد. نامش «پشته میانی اقیانوس اطلس»<sup>۱</sup> است. دو «تسمه»<sup>۱</sup> یاد شده از پشته میانی اقیانوس اطلس بالا می‌آیند و در جهات مختلف حرکت می‌کنند؛ یکی از آن‌ها آمریکای جنوبی را پیوسته به سمت غرب و دیگری آفریقا را به سمت شرق می‌برد. همچنین، مثل تسمه‌های فرودگاه، این تسمه‌های عظیم نیز، که صفحه‌های تکتونیک را جابجا می‌کنند، بر می‌گردند و دوباره از اعماق زمین سر بر می‌آورند.

دفعه بعد که وارد فرودگاه شدید، همزمان که روی پیاده‌راه متحرک قرار گرفتید و در حال حرکت بودید، تصور کنید که آفریقا هستید (یا شاید هم ترجیح بدهید آمریکای جنوبی باشید). وقتی که از سمت دیگر پیاده‌رو خارج شدید، به تسمه پیاده‌راه نگاه کنید که به زیر زمین می‌رود و آماده می‌شود که به جایی رود که نقطه آغاز حرکت شما بوده است.

تسمه‌های متحرک فرودگاه را موتورهای الکتریکی جابجا می‌کنند. ولی تسمه‌های متحرکی که حامل صفحات عظیم هستند و بارشان قاره‌های مختلف است چه؟ آن‌ها را چه چیز تکان می‌دهد؟ کیلومترها زیر سطح زمین، چیزهایی به نام جریان‌های همرفتی<sup>۲</sup> وجود دارند. جریان همرفتی چیست؟ شاید در خانه، بخاری‌های همرفتی برقی داشته باشید. این بخاری‌ها بدین صورت اتاق را گرم می‌کنند: هوا را گرم می‌کنند. هوای گرم، به سبب غلظت کمترش نسبت به هوای سرد، بالا می‌رود (طرز کار بال‌ها هم همین است). هوای گرم تا جایی بالا می‌رود که به سقف برخورد کند. آن‌جا دیگر مجال حرکت به سمت بالا را ندارد و جریان هوای گرم تازه‌ای که از پایین می‌آید آن را به حرکت جانبی وا می‌دارد. هوای گرم، همین‌طور که به جانب حرکت می‌کند، دمایش کاهش می‌یابد و در نتیجه پایین می‌رود. وقتی که به زمین برخورد کرد، باز هم به جانب حرکت می‌کند، روی زمین می‌خزد تا زمانی که گیر بخاری بیافتد و دوباره به سمت بالا حرکت کند. در این توضیح، مسئله را خیلی ساده کرده‌ایم، اما چیزی که برای‌مان مهم است ایده اصلی پشت آن است: در شرایط ایده‌آل، یک بخاری همرفتی می‌تواند هوا را مدام، در یک چرخه، به گردش در آورد. به این نوع گردش «جریان همرفتی» می‌گویند.

مشابه همین فرآیند در آب هم اتفاق می‌افتد. در واقع، جریان همرفتی در هر نوع مایع یا گازی می‌تواند رخ دهد. اما چگونه ممکن است که زیر سطح زمین جریان همرفتی وجود داشته باشد؟ مگر آن‌جا هم مایع است؟ بله، خوب، یک جوهرایی مایع است. مثل آب مایع نیست، اما مانند عسل غلیظ یا شیرۀ قند نیمه مایع است؛ چرا که آن‌جا، از فرط گرما، همه چیز به صورت

<sup>۱</sup> . mid-Atlantic ridge

<sup>۲</sup> . convection current



مذاب در آمده است. گرما از اعماق زمین می‌آید. مرکز زمین فوق‌العاده داغ است و تا نزدیکی‌های سطح زمین هم باز دما بالاست. هر از گاهی، این حرارت، از مکان‌هایی که به آن‌ها آتشفشان<sup>۱</sup> می‌گوییم، بیرون می‌زند.

### حرکت با گرما

صفحه‌ها از سنگ سخت ساخته شده‌اند و، همان‌گونه که دیدیم، عمده آن‌ها زیر دریا قرار دارند. ضخامت هر یک از صفحات چندین کیلومتر است. به این لایه ضخیم از صفحه، که مانند زره است، سنگ‌کره<sup>۲</sup> = > لیتوسفر<sup>۳</sup> می‌گویند که یعنی «کره سنگی». زیر این کره سنگی لایه‌ای قرار دارد که شاید باورش برای‌تان سخت باشد، اما از سنگ‌کره هم ضخیم‌تر است. به این لایه کره شیره قندی نمی‌گویند، با این که این اسم به آن می‌خورد (در واقع، نامش «گوشته بالایی<sup>۴</sup>» است). می‌توان گفت که صفحه‌های سنگی سخت کره سنگی روی کره شیره قندی «شناور» هستند. گرمایی که در اعماق و درون کره شیره قندی قرار دارد موجب بروز جریان‌های همرفتی می‌شود که بی‌نهایت کند هستند. در واقع، این جریان‌های همرفتی هستند که صفحات سنگی را، که روی آن‌ها قرار دارند، حرکت می‌دهند.

جریان‌های همرفتی در مسیرهای بسیار پیچیده‌ای حرکت می‌کنند. برای درک پیچیدگی آن کافی است به جریان‌های مختلف اقیانوس و حتی باد فکر کنید، که در واقع نوعی جریان‌های همرفتی سریع هستند. پس تعجبی ندارد که صفحات مختلف روی سطح زمین در جهات مختلف حرکت کنند و حرکت‌شان مانند چرخ فلک نباشد. تعجبی ندارد که این صفحات به یکدیگر بر می‌خورند، به شدت از یکدیگر جدا می‌شوند، زیر یکدیگر سر می‌خورند یا با گذر از کنار هم یکدیگر را رنده می‌کنند. و همچنین، تعجبی ندارد که ما این نیروهای غول‌آسا (نیروهای آسیاب‌کننده، توفنده، غرنده، و خراش‌دهنده) را به صورت زلزله می‌بینیم. درست است که زلزله‌ها ویرانگرند، لیکن جای تعجب اینجاست که از این حد ویران‌گرتر نیستند.

گاهی اوقات صفحه‌ای متحرک زیر صفحه‌ای هم‌جوار سر می‌خورد، که به این رخداد «فُرورانش<sup>۵</sup>» می‌گویند. مثلاً بخشی از صفحه آفریقا در حال فُرورانش زیر صفحه اوراسیاست. یکی از دلایل زلزله‌های ایتالیا همین است و یکی از دلایل فوران کوه وزوو<sup>۶</sup> در زمان روم باستان، که شهرهای پُمپیی<sup>۷</sup> و هرکولانیوم<sup>۸</sup> را نابود کرد، همین است (چرا که آتشفشان‌ها معمولاً در امتداد لبه‌های صفحه‌ها پدید می‌آیند). کوه‌های هیمالیا، از جمله کوه اورست<sup>۸</sup>، تحت فشارهای ناشی از فُرورانش پیوسته صفحه هند زیر صفحه اوراسیا، به ارتفاعات بلند فعلی رسیده‌اند.

بحث را با گسل سان آندریاس آغاز کردیم، پس بگذارید بحث را با همین گسل ببندیم. گسل سان آندریاس یکی از خطوط «لغزیدگی» نسبتاً صاف و بلند است که صفحه اقیانوس آرام و صفحه آمریکای شمالی را از یکدیگر جدا می‌کند. هر دو این صفحه‌ها به سمت شمال غربی در حرکت‌اند، اما حرکت صفحه اقیانوس آرام سریع‌تر است. شهر لس آنجلس روی صفحه آمریکای شمالی قرار ندارد، بلکه روی صفحه اقیانوس آرام واقع شده است و مدام در حال کشیده شدن از کنار سان فرانسیسکو است که عمده آن روی صفحه آمریکای شمالی قرار دارد. در کل این منطقه انتظار زلزله می‌رود و، بنا به پیش‌بینی کارشناسان، طی حدود ده سال آینده زلزله شدیدی در این منطقه رخ خواهد داد. خوش‌بختانه، برعکس هائیتی، کالیفرنیا به امکانات فراوانی برای مقابله با قربانیان ناگهانی و فزاینده زلزله مجهز است.

شاید روزی بخش‌هایی از لس آنجلس از سان فرانسیسکو سر در آورند. اما تا وقوع این رویداد زمان زیادی مانده است و

<sup>۱</sup> . volcano

<sup>۲</sup> . lithosphere

<sup>۳</sup> . upper mantle

<sup>۴</sup> . subduction

<sup>۵</sup> . Mount Vesuvius

<sup>۶</sup> . Pompeii

<sup>۷</sup> . Herculaneum

<sup>۸</sup> . Mount Everest

هیچ یک از ما آن را نخواهد دید.

دلیلِ اتفاقاتِ بد چیست؟



به راستی، دلیل اتفاقات بد چیست؟ پس از واقعه‌ای ناگوار همچون زلزله یا طوفان، معمولاً چنین حرف‌هایی را از مردم می‌شنوید:

«این اتفاق خیلی ناعادلانه است. مگر آن مردم بی‌چاره چه کرده بودند که به چنین عقوبتی گرفتار شدند؟»  
وقتی که یک انسان خوب دچار یک بیماری سخت می‌شود و جان خود را از دست می‌دهد، در حالی که می‌بینیم انسان خیلی بدی هم هست که در سلامت کامل به سر می‌برد، باز فغان بر می‌آوریم که چنین چیزی «ناعادلانه است!»  
یا ممکن است بگوییم «کجای این اتفاق عادلانه است؟»

سخت می‌شود در برابر این احساس مقاومت کرد که، یک جورهایی، نوعی عدالت طبیعی در جهان وجود دارد. اتفاقات خوب باید برای افراد خوب رخ دهند و اگر قرار است اتفاق بدی بیفتد باید به سر آدم‌های بد بیاید. در نمایشنامه دلچسب/اسکار وایدل<sup>۱</sup>، به نام اهمیت/رنست بودن<sup>۲</sup>، یک معلم سرخانه به نام دوشیزه پیریزم<sup>۳</sup>، که زنی سال‌خورده است، ماجرای رمانی را تعریف می‌کند که خودش سال‌ها قبل نوشته است. از او می‌پرسند که آیا رمانش پایان خوشی داشت؟ خانم پیریزم هم پاسخ می‌دهد: «خوب‌ها پایان خوبی داشتند و بد‌ها هم پایانی بد. داستان خیالی یعنی همین.» اما قضایا در دنیای واقعی متفاوت است. اتفاقات بد رخ می‌دهند و هم به سر آدم‌های خوب می‌آیند و هم به سر آدم‌های بد. چرا؟ چرا زندگی واقعی مثل داستان خانم پیریزم نیست؟ به راستی، دلیل اتفاقات بد چیست؟

خیلی‌ها عقیده دارند که نیت خدای‌شان این بوده است که دنیایی بی‌عیب و نقص را بیافریند، اما از بد ماجرا، جایی از کار لنگیده و چنین نشده است. حال بر سر این که کجای کار لنگیده اختلاف نظر بسیار است. به اعتقاد قبیله دوگون<sup>۴</sup> ساکن غرب آفریقا، در آغاز جهان، تخمی کیهانی وجود داشت که دوقلویی از آن تخم بیرون آمدند. اگر این دو همزمان سر از تخم در می‌آوردند همه چیز درست می‌شد، اما متأسفانه یکی از قل‌ها زودتر از تخم سر بر آورد و طرح خدا برای برقراری کمال به هم خورد. علت رخ دادن وقایع بد، به عقیده قبیله دوگون، این است.

اسطوره‌های زیادی درباره به وجود آمدن مرگ وجود دارند. در پهنه آفریقا، قبایل مختلفی عقیده دارند که خیر حیات جاودان به آفتاب‌پرست داده شده بود و به او گفته شده بود که این خبر را به همه انسان‌ها برساند. بدبختانه، آفتاب‌پرست آن قدر کند راه می‌رفت که خبر مرگ زودتر رسید (آفتاب‌پرست‌ها واقعاً هم کند راه می‌روند، این را می‌دانم: بچه که بودم در آفریقا زندگی می‌کردم و یک آفتاب‌پرست خانگی داشتم که اسمش هوکاریا<sup>۵</sup> بود). ناگفته نماند که قاصد خبر مرگ سوسماری بود که تند و تیزتر راه می‌رفت (در نسخه‌های دیگر این افسانه حیوانات دیگری هم، که از آفتاب‌پرست سریع‌تر هستند، آمده‌اند). در یکی از افسانه‌های غرب آفریقا، پیام‌آور خبر حیات وزغی کند بود و، شوربختانه، سگی تیز و چالاک، که قاصد مرگ بود، از او پیشی گرفت. من در عجبم که اصلاً ترتیب رسیدن این اخبار چرا این همه مهم بوده است! خبر بد است، حالا چه فرقی می‌کند کی برسد.

بیماری هم یکی دیگر از اتفاقات بد است و اسطوره‌های بسیاری درباره آن ساخته‌اند. یکی از دلایل این است که مدت زمانی طولانی بیماری‌ها نسبتاً ناشناخته و رازآلود بودند. نیاکان ما با خطرات دیگری هم مواجه بودند (مثل شیر و تمساح و قبایل دشمن و یا مردن از قحطی) اما این‌گونه خطرات برای‌شان قابل فهم و پیش‌بینی بودند. در عوض، معلوم نبود آبله، طاعون، یا مالاریا از کجا می‌آیند؛ این بیماری‌ها از قبل هشدار نمی‌دادند، و روش مشخصی هم برای مقابله با آن‌ها وجود نداشت. خلاصه که معمایی هولناک بودند. منشأ بیماری چه بوده است؟ مگر ما چه کرده‌ایم که مستحق چنین مرگ دردآوری شده‌ایم؟ برای چه این

<sup>۱</sup> . Oscar Wilde

<sup>۲</sup> . *The Importance of Being Earnest*

واژه «Ernest» هم نام پسر است و هم به معنای «جدی». پس عنوان این کتاب ایهام دارد و برداشت دوم از آن «اهمیت جدی بودن» است.

<sup>۳</sup> . Miss Prism

<sup>۴</sup> . Dogon

<sup>۵</sup> . Hookariah

دندان درد به سراغمان آمده است؟ این لکه‌های کریه و ترسناک برای چه روی بدن مان ظاهر شده‌اند؟ وقتی آدم‌ها از فهم این بیماری‌ها ناامید باشند و به هر دری بزنند که راهی برای رهایی از آن‌ها بیابند، تعجبی ندارد که به خرافات چنگ بزنند. در بسیاری از قبایل آفریقایی، تا همین اواخر، هر کسی که خودش یا کودکش بیمار می‌شد فوراً دنبال جادوگر یا ساحره‌ای خبیث می‌گشت تا تقصیر را گردن او بیندازد.

اگر بچه‌ام دارد در تب می‌سوزد، به این دلیل است که یکی از بدخواهان جادوگری را اجیر کرده است تا فرزندم را طلسم کند. یا شاید هم دلیلش این باشد که وقتی بچه‌ام به دنیا آمده است، پولش را نداشته‌ام که بزی برایش قربانی کنم. یا شاید به این دلیل است که کرم ابریشمی سرِ راهم سبز شده بوده است و فراموش کرده‌ام که ارواح خبیث را به بیرون تف کنم.

در یونان باستان، وقتی زائران بیمار می‌شدند شب را در پرستش‌گاهی سپری می‌کردند که وقفِ آسکلیپیوس<sup>۱</sup>، خدای درمان و طب، شده بود. به باور آن‌ها، یا خدا خود آن‌ها را شفا می‌داد و یا راه درمان را در رؤیایی بر آن‌ها آشکار می‌ساخت. حتی امروزه هم افرادی، که تعدادشان ناباورانه زیاد است، به مکان‌هایی همچون لوردس<sup>۲</sup> می‌روند تا در استخر مقدس شنا کنند به این امید که آب مقدس شفای‌شان دهد (در واقع، چه بسا این اندیشه به ذهن خطور کند که شاید به بیماری افراد دیگری که در آب هستند نیز مبتلا شوند). حدود ۲۰۰ میلیون نفر، طی ۱۴۰ سال گذشته، به امید شفا گرفتن، به زیارت لوردس رفته‌اند. در بسیاری از موارد، افراد دچار بیماری خاصی نیستند و خوش‌بختانه حال‌شان بهتر می‌شود، که در هر صورت هم حال‌شان بهتر می‌شد، چه با زیارت رفتن، چه بدون آن.

تُقراط<sup>۳</sup> = هیپوکراتس، ملقب به «پدر علم پزشکی»، در یونان باستان می‌زیست. «سوگند بُقراط»، که شامل آداب درست حرفه‌ای است و همه پزشکان ملزم به رعایت آن هستند، نام خود را از وی گرفته است. به باور بُقراط، زلزله از عوامل مهم بیماری بود. در قرون وسطا، بسیاری از مردم بر این عقیده بودند که حرکت سیارات در پس‌زمینه‌ای از ستارگان عامل بیماری است. این باور بخشی از یک نظام اعتقادی است که به آن اختربینی<sup>۴</sup> = طالع‌بینی می‌گویند. به رغم وجهه مضحک، این نظام حتی در عصر حاضر هم طرفداران زیادی دارد.

ماندگارترین اسطوره درباره سلامت و بیماری، که از قرن پنجم پیش از میلاد تا قرن هجده پس از میلاد تداوم یافت، باور نادرست به وجود چهار «طبع»<sup>۵</sup> یا «مزاج» بود. با این که این باور کنار گذاشته شده است، بقایای آن هنوز در زبان باقی مانده است، چنان‌که عبارت «او امروز حال<sup>۶</sup> خوشی دارد» از آن ریشه گرفته است. این چهار مزاج سوداوی<sup>۸</sup>، صفراوی<sup>۹</sup>، دموی<sup>۱۰</sup>، و بلغمی<sup>۱۱</sup> نام دارند. باور بر این بود که سلامت زمانی حاصل می‌شود که میان این مزاج‌ها «تعادل» خوبی برقرار باشد؛ امروزه هم حرف‌های مشابهی را از «درمان‌گران و شفادهنده‌های» قلابی می‌شنوید که دست‌های‌شان را نزدیک بدن شما حرکت می‌دهند تا به «انرژی‌ها» یا «چاکرا»<sup>۱۲</sup>ی شما «تعادل» بخشند.

نظریه چهار مزاج قطعاً در درمان بیماری به پزشکان کمکی نمی‌کرد، اما احتمالاً خیلی هم آسیب‌رسان نبود، به جز وقتی که منجر به انجام «حجامت»<sup>۱۳</sup> روی بیماران می‌شد. در حجامت، با ابزاری تیز، به نام نیشتَر، روی رگ بیمار منفذی ایجاد می‌شد و

<sup>۱</sup> . Asclepius

<sup>۲</sup> . Lourdes

<sup>۳</sup> . Hippocrates

<sup>۴</sup> . astrology

<sup>۵</sup> . humour

<sup>۶</sup> . این باور در ایران نیز وجود دارد و همچنان نیز دوام دارد. - مترجم

<sup>۷</sup> . در انگلیسی، واژه «homour» به معنی «حال» نیز می‌باشد. - مترجم

<sup>۸</sup> . black bile

<sup>۹</sup> . yellow bile

<sup>۱۰</sup> . blood

<sup>۱۱</sup> . phlegm

<sup>۱۲</sup> . chakra

<sup>۱۳</sup> . bleeding

مقداری از خون بیمار را در ظرف خاصی می‌ریختند. بدون شک، چنین کاری حال بیمار بی‌چاره را بدتر هم می‌کرد (عامل مرگ جورج واشنگتن<sup>۱</sup> هم همین بود)، اما اطبا چنان اعتقادِ راسخی به اسطورهٔ چهار مزاج داشتند که دست بردار نبودند. افزون بر این، بعضی افراد فقط هنگام بیماری حجامت نمی‌کردند، بلکه، گاهی اوقات، از پزشک می‌خواستند که پیش از بیمار شدن این کار را برای‌شان انجام دهد، به این امید که از بروز بیماری پیشگیری کنند.

وقتی که دانش‌آموز بودم، یک بار معلم‌مان از ما خواست که دربارهٔ علتِ بروز بیماری بیاندیشیم. یکی از پسرها دستش را بلند کرد و گفت که «گناه» عاملِ بیماری است! حتی امروزه هم افرادِ زیادی بر این باورند که چنین چیزی، به طورِ کل، عاملِ رخدادهایِ بد است. بنا به بعضی اسطوره‌ها، به دلیلِ کارهایِ شرورانه‌ای که نیاکان‌مان انجام داده‌اند، اتفاقاتِ بد رخ می‌دهند. قبلاً دربارهٔ اسطورهٔ یهودیِ نیاکانِ اولیه، آدم و حوا، گفته‌ام. به یاد دارید که از آدم و حوا یک کارِ بدِ خیلی معمولی سر زد: گذاشتند مار آن‌ها را بفریبد و از میوهٔ درختِ ممنوعه خوردند. این گناهِ اسطوره‌ای، نسل به نسل منتقل شده است و هنوز هم افرادی بر این باورند که این «گناه» عاملِ تمام اتفاقاتِ بدی است که تا به امروز در این دنیا رخ می‌دهند.

در بسیاری از اسطوره‌ها سخن از نزاعِ بین خدایانِ خوب و خدایانِ بد (یا شیاطین و اهریمنان) به میان می‌آید. خدایانِ بد مسئولِ اتفاقاتِ بدِ دنیا هستند. در برخی از اسطوره‌ها، فقط یک موجودِ خبیث، به نامِ ابلیس<sup>۲</sup> یا چیزی شبیه آن، وجود دارد که با خدا یا خدایانِ خوب می‌جنگد. اگر این نزاعِ بین شیاطین و خدایان (یا خدایانِ خوب و خدایانِ بد) وجود نداشت، اتفاقاتِ بد هم رخ نمی‌دادند.

### واقعاً علتِ بروزِ اتفاقاتِ بد چیست؟

اصلاً عاملِ اتفاق چیست؟ پاسخ به این پرسش دشوار است، اما از این که بپرسیم «علتِ بروزِ اتفاقاتِ بد چیست؟» پرسشی معقولانه‌تری است. گفتم پرسشِ بهتری است چون دلیلی ندارد که به اتفاقاتِ بد توجه ویژه‌تری بکنیم، مگر این که اتفاقاتِ بد، تصادفاً، بیشتر از آن چه انتظارش را داریم رخ دهند؛ یا مگر آن که تصور کنیم باید نوعی عدالتِ طبیعی وجود داشته باشد، که بدان معناست که اتفاقاتِ بد باید فقط برای انسان‌هایِ بد رخ دهند.

آیا اتفاقاتِ بد، از آن چه انتظار داریم تصادفاً رخ دهند، بیشتر روی می‌دهند؟ اگر چنین است، واقعاً توجیهی برای آن داریم. احتمالاً شنیده‌اید که مردم به طنز اسمِ «قانونِ مورفی»<sup>۳</sup> (که گاه به آن «قانونِ ساد»<sup>۴</sup> هم گفته می‌شود) را می‌برند. این قانون می‌گوید: «اگر تکه‌ای نانِ برشتهٔ مرابایی از دست‌تان به زمین بیافتد، حتماً از همان سمتِ مریخ‌خورده روی زمین می‌افتد.» یا به طورِ کلی: «اگر این امکان وجود داشته که گرهی در کار بیافتد، حتماً چنین خواهد شد.» معمولاً مردم به طنز از این قانون صحبت می‌کنند، اما گاهی حس می‌کنید که دارند فراتر از یک جوک به آن نگاه می‌کنند. انگار به‌راستی باور دارند که دنیا کمر بسته به این که بلایی سرشان بیاورد.

من زیاد برایِ تلویزیون مستند می‌سازم؛ یکی از چیزهایی که می‌تواند در محلِ فیلم‌برداری مشکل ایجاد کند آلودگی صوتی است. وقتی که صدای حرکتِ هواپیمایی از دور می‌آید، مجبور می‌شویم فیلم‌برداری را متوقف کنیم و صبر کنیم تا هواپیما رد شود. این اتفاق می‌تواند خیلی آزاردهنده باشد. در فیلم‌هایِ تاریخی که دربارهٔ قرن‌هایِ پیشین است، اندک اثری از صدای هواپیما کار را خراب می‌کند. دست‌اندرکاران این باور غیرمنطقی را دارند که هواپیماها درست زمانی از بالای سر ما رد می‌شوند که سکوت از هر زمان دیگری مهم‌تر است؛ و این گونه به قانونِ ساد اشاره می‌کنند.

اخیراً، با یک گروه فیلم‌سازی محلی را برای فیلم‌برداری انتخاب کردیم که مطمئن بودیم کمترین میزانِ آلودگی صوتی را

<sup>۱</sup> . George Washington

<sup>۲</sup> . the Devil

<sup>۳</sup> . Murphy's Law

<sup>۴</sup> . Sod's Law

دارد: چمن‌زاری بزرگ و خالی از اغیار در نزدیکی آکسفورد<sup>۱</sup>. محض محکم‌کاری، صبح زود هم به آن‌جا رفتیم تا مطمئن باشیم سکوت و آرامش برقرار است، ولی نگو که یک مرد اسکاتلندی تنها داشت نی‌انبان تمرین می‌کرد (احتمالاً زنش او را از خانه بیرون انداخته بود). همگی با هم گفتیم: «قانون ساد!» ولی حقیقت این است که بیشتر اوقات آلودگی صوتی وجود دارد، اما ما فقط زمانی متوجه آن می‌شویم که مزاحمان باشد؛ مثل زمانی که در فیلم برداری مان‌خلل ایجاد می‌کند. در واقع، به صورت سوگیرانه‌ای توجه‌مان به مزاحمت جلب می‌شود و این باعث می‌شود که فکر کنیم دنیا با ما سر ناسازگاری دارد.

در مورد نان برشته‌ای آغشته به مربا، خیلی تعجبی ندارد که بیشتر اوقات از طرف مربایی‌اش با زمین برخورد کند؛ چرا که ارتفاع میز خیلی زیاد نیست و هنگام سقوط، قسمت مربایی رو به بالاست و تا زمانی که به پایین برسد، فقط برای نیم دور چرخش فرصت دارد. اما مثال نان برشته‌ای صرفاً روشی سهل و روشن برای بیان این تصور غم‌انگیز است که «اگر این امکان وجود داشته باشد که گرهی در کار بیافتد، حتماً چنین خواهد شد.»

شاید نمونه زیر مثال بهتری برای قانون ساد باشد: «وقتی که سکه‌ای را بالا می‌اندازید، هر چه بیشتر مایل باشید که شیر بیاید، احتمال خط آمدن بیشتر است.» دست‌کم، دید بدبینانه این است. افراد خوش‌بینی هم هستند که می‌گویند هر چه بیشتر مایل باشید که شیر بیاید، احتمال شیر آمدن هم بیشتر است. شاید بتوان این طرز فکر را «قانون پولیاننا<sup>۲</sup>» قلم‌داد کرد؛ باوری خوش‌بینانه که، بنا بر آن، امور معمولاً ختم به خیر می‌شوند. یا می‌توان آن را، مطابق نام شخصیتی که ولتر<sup>۳</sup>، نویسنده بزرگ فرانسوی، خلق کرده است، «قانون پانگلو<sup>۴</sup>» نامید. شخصیت دکتر پانگلو<sup>۵</sup> عقیده داشت که «در این دنیا، که بهترین دنیای ممکن است، همه چیز به بهترین نحو رخ می‌دهد.»

وقتی موضوع را این‌طور بیان کنیم، فوراً متوجه می‌شویم که قوانین ساد و پولیاننا چقدر بی‌معنی‌اند. سکه و نان برشته به هیچ وجه نه می‌توانند شدت میل انسان را به چیزی درک کنند و نه می‌توانند میلی به جلوگیری از وقوع (یا کمک به برآورده شدن) آرزوهای ما داشته باشند. افزون بر این، چیزی که به نظر یک نفر بد است، ممکن است از نظر دیگری خوب تلقی شود. دو نفر که با هم مسابقه تنیس می‌دهند ممکن است از ته دل آرزوی برد داشته باشند، اما یکی از طرفین خواه ناخواه باید بازد. دلیل خاصی وجود ندارد که بپرسیم: «دلیل اتفاقات بد چیست؟» یا اصلاً دلیلی ندارد که بپرسیم «دلیل اتفاقات خوب چیست؟» آن چه در بستر این دو پرسش قرار دارد این پرسش کلی‌تر است: «اصلاً عامل هر اتفاقی چیست؟»

### بخت، شانس، و علت

مردم گاه می‌گویند که «هر اتفاقی علتی دارد». این حرف، به یک معنا، درست است. هر چیز علتی دارد (یا به عبارتی، برای هر رخدادی عاملی وجود دارد و این عامل همیشه پیش از رخداد می‌آید). سونامی‌ها به سبب زلزله‌های زیر دریا رخ می‌دهند و، همان‌گونه که در فصل ۱۰ خواندیم، زلزله به دلیل جابجایی صفحات تکتونیک زمین پدید می‌آید. این برداشت درست از عبارت «هر اتفاقی دلیلی دارد» است، برداشتی که در آن «علت» یعنی «عاملی پیشینی». اما گاه مردم منظور خیلی متفاوتی از «علت» دارند؛ منظورشان چیزی از جنس «هدف» است. می‌گویند که «سونامی عقوبت گناهان ما بوده است» یا «سونامی برای این رخ داده است تا کلوب‌های برهنگی<sup>۶</sup> استریپ‌تیز، دیسکوها، می‌خانه‌ها، و دیگر اماکن فسق و فساد را نابود کند.» جالب است که مردم خیلی به این گونه اراجیف متوسل می‌شوند.

چه بسا این اعتقادات مرده‌ریگ دوران کودکی باشد. روانشناسان کودک نشان داده‌اند که وقتی از خردسالان پرسیده می‌شود که چرا برخی سنگ‌ها نوک‌تیز هستند، توجیهات علمی را نمی‌پذیرند و در عوض این پاسخ را ترجیح می‌دهند: «برای این

<sup>۱</sup>. Oxford

<sup>۲</sup>. Pollyanna's Law

<sup>۳</sup>. Voltaire

<sup>۴</sup>. Pangloss's Law

<sup>۵</sup>. Dr Pangloss

<sup>۶</sup>. strip club

که حیوانات بتوانند خودشان را با این سنگ‌ها بخاراند.» اکثر بچه‌ها، وقتی که بزرگ می‌شوند، دیگر چنین توجیهاتی را برای سنگ‌های نوک‌تیز نمی‌آورند. اما وقتی پای اتفاقات بزرگ و ناگواری چون زلزله به میان می‌آید یا وقتی که از اتفاقات خوب، مانند جان سالم به در بردن از زلزله، حرف می‌زنیم، خیلی از بزرگسالان همچنان نمی‌توانند چنین توجیهاتی را کنار بگذارند. در مورد «بدشانسی» چگونه؟ آیا چیزی به عنوان بدشانسی یا خوش‌شانسی وجود دارد؟ آیا بعضی افراد خوش‌شانس‌تر از دیگران هستند؟ ممکن است کسی بگوید که دارد «یک سره» بدشانسی می‌آورد. یا کسی ممکن است بگوید «اخیراً اتفاقات خیلی بدی برایم افتاده است؛ پس نوبتی هم باشد نوبت این است که اتفاق خوبی برایم بیفتد.» یا می‌گویند «فلانی آدم خیلی بدشانسی است. همیشه اتفاقات بد برایش می‌افتد.»

این که بگوییم «پس بخت خوشی در انتظارم است» نمونه‌ای از فهم نادرست «قانون میانگین‌ها»<sup>۱</sup> است. در بازی کریکت<sup>۲</sup>، معمولاً این که کدام تیم بازی را شروع کند تفاوت محسوسی را ایجاد می‌کند. کاپیتان‌های دو تیم شیر یا خط می‌کنند تا تعیین کنند که این امتیاز نصیب چه کسی می‌شود؛ و طرفداران هر تیم هم آرزو می‌کنند که قرعه به نام تیم آن‌ها بیافتد. پیش از یکی از آخرین مسابقه‌های بین هند و سری‌لانکا، در یکی از صفحه‌های یاهو<sup>۳</sup> این پرسش مطرح شده بود:

«آیا در شیر و خط، دوباره بخت با دونی<sup>۴</sup> [کاپیتان تیم هند] یار خواهد بود؟»

از میان پاسخ‌های داده شده، این پاسخ به عنوان «بهترین پاسخ» انتخاب شد:

«من شدیداً به قانون میانگین‌ها اعتقاد دارم، پس شرط می‌بندم که این بار قرعه به نام سانگاک کارا<sup>۵</sup> [کاپیتان سری‌لانکا] می‌افتد.»

ملاحظه می‌کنید که این حرف چقدر مزخرف است؟ چند بار پشت سر هم، شیر یا خط به نفع دونی آمده است. قرار است سکه‌ها عادل<sup>۶</sup> باشند. پس «قانون میانگین‌ها»، که درباره‌اش بسی دچار سوءتفاهم شده‌ایم، چنین حکم می‌کند که دونی باید قرعه را ببازد تا تعادل برقرار شود چون چند بار پشت سر هم در شیر و خط پیروز شده است. این را بدین صورت هم می‌توان گفت که «این بار نوبت سانگاک کارا است که شیر یا خط را ببرد.» یا می‌شود گفت که «بی‌عدالتی است اگر باز هم دونی ببرد.» اما واقعیت این است که هر چند بار هم که دونی، پشت سر هم، برنده شده باشد، احتمال این که این بار هم ببرد پنجاه پنجاه است. در این جا، خبری از «نوبت» و «عدالت» نیست. ممکن است که «عدالت» یا «بی‌عدالتی» برای ما مهم باشند، اما برای سکه این چیزها پیشیزی هم ارزش ندارد! برای کل کائنات هم ندارد.

درست است که اگر یک سکه را ۱۰۰۰۰ بار بالا بیاندازید، انتظار می‌رود که ۵۰۰ بار شیر بیاید و ۵۰۰ بار خط. اما فرض کنید که ۹۹۹ بار سکه را انداخته‌اید و تا این جای کار همه‌اش شیر آمده است. شرط می‌بندید که بار آخر چه چیزی می‌آید؟ مطابق سوءتفاهم رایجی که از «قانون میانگین‌ها» وجود دارد، باید شرط ببندید که خط می‌آید؛ به این دلیل که حالا دیگر نوبت خط است که رو شود و اگر باز هم شیر بیاید، ناعادلانه است. اما من روی شیر شرط خواهم بست و شما هم، اگر عاقل باشید، باید همین کار را بکنید. وقتی که ۹۹۹ بار پشت سر هم شیر بیاید نشان از این دارد که کسی سکه را دست‌کاری کرده است یا در نحوه انداختنش تقلب می‌کند. عامل به باد رفتن زندگی خیلی از قماربازها همین درک نادرست از «قانون میانگین‌ها» بوده است.

باید اقرار کرد که وقتی که به گذشته نگاه می‌کنیم، این جمله بر زبان رانده می‌شود که «سانگاک کارا خیلی بدشانس بود که قرعه به نامش نیافتاد؛ چرا که در نتیجه آن هند این فرصت را پیدا کرد که در زمین ایده‌آل توپ بزند و امتیاز بالایی بگیرد.»

<sup>۱</sup> . Law of Averages

<sup>۲</sup> . cricket

<sup>۳</sup> . Yahoo

<sup>۴</sup> . Dhoni

<sup>۵</sup> . Sangakkara

<sup>۶</sup> . در مبحث جبر و احتمال، وقتی که می‌گوییم سکه یا تاسی «عادل» است، مراد این است که عدم تقارنی در آن وجود ندارد و احتمال رو شدن هر یک از نتایج (شیر یا خط و یا اعداد ۱ تا ۶) با یکدیگر برابر است. - مترجم



هیچ جای این قضیه نمی‌لنگد. مفهوم این حرف این است که این بار، بردن شیر یا خط خیلی مهم بود، پس هر کس که برنده شد خیلی خوش‌شانس بود. چیزی که گفتنش اشتباه است این است که بگوییم «چون دونی چندین بار شیر یا خط را برده است، الآن نوبت سانگاک‌کارا است که برود!» همچنین نباید گفت: «دونی کریکت‌باز خوبی است، بر منکرش لعنت، اما ما باید به این دلیل او را کاپیتان تیم کنیم چون در قرعه‌کشی خوش‌شانس است.» بخت و اقبال در شیر یا خط ملکِ طلقِ هیچ کس نیست. می‌شود گفت که یک کریکت‌باز چوگان‌باز ماهری است، یا بولرِ <بازیکن بولینگ> بدی است؛ اما نمی‌توان گفت که در شیر و خط مهارت دارد یا در آن ضعیف است.

به همین دلیل، این که کسی فکر کند انداختن چیزی دور گردن یا روی هم قرار دادن انگشتان در پشت سر برای شگون می‌آورد، فکر چرندی کرده است. این گونه چیزها به هیچ وجه تأثیری روی اتفاقاتی که قرار است بیافتند ندارند؛ مگر این که از طریق احساسی که به شما می‌دهند اثری بگذارند: مثلاً، پیش از سرویس زدن در تنیس، به شما اعتماد به نفس بیشتری بدهند. اما این تأثیر هیچ ربطی به شانس ندارد، بلکه کاملاً روانشناختی است.

می‌گویند که فلائی و بهمانی «مستعدِ سانحه» اند. قبول! اگر منظور این است که آن فرد «دست و پا چلفتی» است، همیشه خدا زمین می‌خورد، یا دچار اتفاقات بد دیگری می‌شود، گفتن چنین چیزی درست است. اگر به دنبال نمونه خنده‌داری از فرد «مستعدِ سانحه» می‌گردید، فیلم سراسر خنده پلنگِ صورتی<sup>۱</sup> را پیشنهاد می‌کنم که در آن، پیتر سلرز<sup>۲</sup> نقش بازرس ژاک کلوزو<sup>۳</sup> را بازی می‌کند. مدام برای بازرس کلوزو اتفاقات خنده‌دار و خجالت‌آور می‌افتد، اما به این دلیل که همیشه ناشی‌بازی در می‌آورد، نه به این دلیل که، به قول بعضی‌ها، «بدشانسی» می‌آورد. (در ضمن، حتماً سعی کنید نسخه اصلی پلنگِ صورتی را ببینید، نه انبوه فیلم‌های بی‌کیفیتی که با عناوین مشابه - همچون پسر پلنگِ صورتی<sup>۴</sup> یا انتقام پلنگِ صورتی<sup>۵</sup>، و مانند آن - در دنباله فیلم اصلی ساخته شدند.)

### پولیانا و بدگمانی

پس دریافتیم که بخت و اقبال تأثیری بر وقوع اتفاقات بد، و نیز اتفاقات خوب، ندارد. گیتی دارای ذهن، احساس، یا شخصیت نیست، از این رو در جهت ضربه زدن به فلان کس، یا خشنودی بهمان کس، کاری نمی‌کند. اتفاقات بد رخ می‌دهند به این دلیل که اتفاق به هر حال روی می‌دهد. این که اتفاقات، از دید ما، خوب باشند یا بد تأثیری بر احتمال روی دادنشان ندارد. پذیرش این حقیقت برای بعضی دشوار است. آن‌ها ترجیح می‌دهند که فکر کنند گناه‌کاران عقوبت کارشان را می‌بینند و پرهیزکاران پاداش می‌گیرند. شوربختانه، گیتی به این که مردم چه چیزی را ترجیح می‌دهند و قعی نمی‌نهد.

اما حال که همه این‌ها را گفتیم، اندکی درنگ می‌کنیم تا درباره موضوعی بیان‌دیشیم. خنده‌دار به نظر می‌آید، اما باید اقرار کنم که چیزی توی مایه‌های قانون ساد حقیقت دارد. درست است که آب و هوا یا زلزله قصد آسیب رساندن به ما را ندارند (چون اصلاً ما را به حساب نمی‌آورند) و چنین باوری کاملاً خطاست، اما وقتی که از دید فرگشت به قضایا نگاه می‌کنیم، مسئله عوض می‌شود. اگر خرگوش باشید، روباهی در کمین شماست. اگر ماهی قنات<sup>۶</sup> باشید، اردک‌ماهی<sup>۷</sup> در کمین شماست. منظورم این نیست که روباه یا اردک‌ماهی به این کار فکر می‌کنند، هر چند که بعید هم نیست. به طریق مشابه، می‌گوییم که ویروس هم در کمین ماست و کسی نیست که تصور کند ویروس اصلاً به چیزی فکر می‌کند. اما فرگشت به کمک انتخاب طبیعی کاری کرده است که ویروس‌ها، روباه‌ها، و اردک‌ماهی‌ها، فعالانه، طوری رفتار کنند که برای قربانی‌هایشان بد باشد؛ طوری رفتار کنند که گویی

<sup>۱</sup> . *The Pink Panther*

<sup>۲</sup> . Peter Sellers

<sup>۳</sup> . Inspector Jacques Clouseau

<sup>۴</sup> . *Son of Pink Panther*

<sup>۵</sup> . *The Pink Panther's Revenge*

<sup>۶</sup> . minnow

<sup>۷</sup> . pike

از عمد می‌خواهند به آن‌ها آسیب برسانند؛ در صورتی که درباره زلزله، طوفان، یا بهمن نمی‌توان چنین گفت. طوفان و زلزله موجب بدبختی برای قربانیان‌شان هستند، اما فعالانه و خودخواسته گامی در این جهت بر نمی‌دارند: اصلاً فعالانه هیچ گامی بر نمی‌دارند، صرفاً اتفاق می‌افتند.

انتخاب طبیعی یا، به قول داروین، تنازع برای بقاء، بدین معنی است که هر موجود زنده‌ای دشمنانی دارد که خود را برای نابودی او به آب و آتش می‌زنند. و گاه حقه‌هایی که دشمنان طبیعی سوار می‌کنند طوری به نظر می‌رسد که گویی هوشمندانه طراحی شده‌اند. برای نمونه، تار عنکبوت تله‌ای هوشمندانه است که برای حشرات از همه جا بی‌خبر تنیده شده است. حشره‌ای کوچک و ترسناک، به نام مورچه‌گیر، برای طعمه‌هایش تله در زمین حفر می‌کند. مورچه‌گیر خود در کف حفره مخروطی که درست کرده است پنهان می‌شود و هر مورچه‌ای را که در آن می‌افتد شکار می‌کند. منظور این نیست که عنکبوت یا مورچه‌گیر باهوش است؛ کسی نگفته است که آن‌ها دام‌هایی خلاقانه را ابداع کرده‌اند. اما انتخاب طبیعی مغز آن‌ها را به گونه‌ای فرگشت داده که رفتارشان به نظر ما هوشمندانه می‌آید. به طریق مشابه، به نظر می‌رسد که بدن شیر به طرز هوشمندانه‌ای این‌گونه طراحی شده است که دمار از روزگار شاخ‌درازان و گوراسبان در آورد. و اگر خودمان را جای یکی از شاخ‌درازان بگذاریم، از دیدمان، شیری که ما را دنبال می‌کند، به دنبال مان می‌افتد، و یا به سمت ما می‌جهد، از قصد می‌خواهد بلایی به سرمان بیاورد.

به سادگی می‌توان متوجه شد که درندگان (حیواناتی که دیگر حیوانات را شکار می‌کنند و می‌خورند) در جهت نابودی طعمه خود تلاش می‌کنند. اما از طرفی، طعمه‌ها هم در جهت نابودی درندگانی که به دنبال‌شان هستند تلاش می‌کنند. آن‌ها خود را به آب و آتش می‌زنند تا از خورده شدن حذر کنند و اگر همه آن‌ها موفق به فرار می‌شدند، درندگان از گرسنگی می‌مردند. همین رابطه بین انگل‌ها و میزبانان‌شان نیز برقرار است. افزون بر این، میان اعضای یک گونه هم چنین رابطه‌ای هست؛ همه آن‌ها عملاً یا بالقوه در حال رقابت با یکدیگر هستند. اگر زندگی آسان بگذرد، انتخاب طبیعی، به کمک فرگشت، اصلاحاتی در دشمنان ایجاد می‌کند؛ خواه این دشمنان درندگان، طعمه‌ها، انگل‌ها و میزبانان باشند و خواه رقبا. این اصلاحات دوباره زندگی را سخت می‌کنند. زلزله و گردباد ناخوشایندند و ای بسا «دشمن» خوانده شوند، اما به نحوی که درندگان و انگل‌ها، مطابق «قانون ساد»، می‌خواهند «شما را گیر بیاورند» عمل نمی‌کنند.

برای هر حیوان وحشی (همچون شاخ‌درازان) و ذهنیتی که از آن‌ها انتظار می‌رود، چنین حقیقتی پیامدهایی خواهد داشت. اگر شاخ‌درازی، میان علف‌های بلند، متوجه خش‌خشی شود، احتمال می‌دهد که صدا صدای باد باشد. نگران نمی‌شود؛ چرا که باد قرار نیست گیرش بیاورد؛ باد کاملاً به شاخ‌درازان و سلامتی‌شان بی‌اعتناست. اما ممکن است حرکت پلنگی، که به دنبال طعمه است، عامل این خش‌خش باشد و قطعاً پلنگ می‌خواهد که حیوان را به چنگ آورد؛ شاخ‌دراز به کام پلنگ خوش می‌آید و انتخاب طبیعی به نفع پلنگ‌هایی عمل کرده است که در شکار شاخ‌درازان مهارت داشته‌اند. از این رو، شاخ‌درازان، خرگوش‌ها، ماهیان قنات، و اکثر حیوانات دیگر مجبورند که همیشه گوش به زنگ باشند. دنیا پر از درندگان خطرناک است و، اگر فرض را بر درستی چیزی شبیه قانون ساد بگذاریم، امنیت بیشتری خواهیم داشت. بگذارید همین را به زبان چارلز داروین بگوییم؛ زبان انتخاب طبیعی: آن دسته از حیوانات که رفتارشان مطابق قانون ساد است، در مقایسه با حیواناتی که مطابق قانون پولیان عمل می‌کنند، بخت بیشتری برای زنده ماندن و تولید مثل دارند.

نیاکان ما عمده زندگی خود را در خطرهایی مرگ‌آور، همچون شکار شدن توسط شیر، کروکودیل، مار پایتون<sup>۱</sup>، و پلنگ، سپری کرده‌اند. پس احتمالاً منطقی بوده است که هر کس دیدی شکاکانه (یا حتی می‌توان گفت بدگمانانه) به جهان داشته باشد؛ در هر جنبشی در علفزار یا تکان هر شاخه خطری را ببیند؛ فکر کند که چیزی می‌خواهد او را گیر بیندازد؛ عاملی از قصد دارد برای کشتنش نقشه می‌کشد. سخن گفتن از «نقشه کشیدن»، اگر منظورمان طرح نقشه عمدی باشد، نادرست است؛ اما همین مطلب را می‌توان به سادگی به زبان انتخاب طبیعی بیان کرد: «انتخاب طبیعی دشمنانی را در طبیعت به وجود آورده که رفتارشان طوری است که گویی دارند برای کشتن من نقشه می‌کشند. جهان به من و آسایش من بی‌اعتنا نیست. جهان قصدش این است که

<sup>۱</sup>. python

به من آسیب برساند. قانون ساد ممکن است درست باشد، ممکن هم هست که نادرست باشد؛ اما اگر طوری رفتار کنیم که گویی این قانون درست است، امن تر از این است که تصور کنیم قانون پولیانا درست است.»  
شاید به این دلیل است که، تا به امروز، بسیاری این باور خرافی را دارند که دنیا قصدش این است که به آن‌ها آسیب برساند. اگر کسی بیش از حد چنین تفکری داشته باشد، می‌گوییم که دچار «بدگمانی»<sup>۱</sup> = پارانویا است.

### بیماری و فرگشت: فرآیندی همچنان در حال اجرا؟

همان‌گونه که گفتیم، درندگان یگانه موجوداتی نیستند که می‌خواهند به ما آسیب برسانند. انگل‌ها تهدیداتی پنهان اما، به همان اندازه درندگان، خطرناکند. انگل‌ها<sup>۲</sup> (کرم‌های نواری<sup>۳</sup>، کپک‌ها<sup>۴</sup>، باکتری‌ها، و ویروس‌ها) با تغذیه از بدن ما زندگی‌شان را می‌گذارند. درندگان هم از بدن ما تغذیه می‌کنند، اما تمایز میان موجودات درنده و انگل‌ها معمولاً روشن است. انگل‌ها از بدن موجوداتی تغذیه می‌کنند که همچنان زنده‌اند (گرچه ممکن است سرانجام موجب مرگ میزبان‌شان شوند) و معمولاً از قربانیان خود کوچک‌ترند. درندگان یا از قربانیان خود بزرگ‌ترند (مثل گربه که از موش بزرگ‌تر است) یا اگر کوچک‌تر باشند (مثل شیر که از گورخر کوچک‌تر است)، خیلی کوچک‌تر نیستند. درندگان بی‌درنگ طعمه خود را می‌کشند و می‌خورند، ولی انگل‌ها به مراتب آرام‌تر قربانیان خود را می‌خورند و ممکن است قربانی مدتی زیادی، در حالی که انگل دارد او را از درون می‌خورد، زنده بماند.

انگل‌ها معمولاً به تعداد زیاد حمله می‌کنند؛ مثل زمانی که بدن دچار عفونتی گسترده از آنفلوآنزا<sup>۵</sup> یا ویروس سرماخوردگی می‌شود. به انگل‌هایی که به اندازه‌ای ریز هستند که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده نیستند «میکروب» می‌گویند؛ اما این واژه خیلی دقیق نیست. میکروب‌ها شامل ویروس‌ها می‌شوند که بی‌نهایت کوچکند؛ شامل باکتری‌ها می‌شوند که آن‌ها هم خیلی کوچکند، اما از ویروس‌ها بزرگ‌ترند (حتی ویروس‌هایی داریم که انگل باکتری هستند)؛ و شامل ارگانیسم‌های تک‌سلولی دیگر هم می‌شوند، مانند انگل مالاریا که به مراتب بزرگ‌تر از باکتری‌هاست، اما آن قدر کوچک است که نمی‌توان آن را بدون میکروسکوپ دید. در زبان روزمره نامی عمومی برای انگل‌های تک‌سلولی که بزرگ‌تر هستند وجود ندارد. به بعضی از آن‌ها می‌توان «پروتوزوا»<sup>۶</sup> = تک‌یاختگان گفت، اما این واژه دیگر تقریباً قدیمی شده است. قارچ‌ها<sup>۷</sup> از دیگر انگل‌های مهم هستند، مثل قارچ پوستی<sup>۸</sup> یا قارچ عامل بیماری پای ورزشکاران<sup>۹</sup> (چیزهای بزرگی مثل قارچ‌های خوراکی و سمی باعث شده‌اند برداشت اشتباهی از شکل بخش اعظم قارچ‌ها پیدا کنیم).

سِل<sup>۱۱</sup>، بعضی از گونه‌های سینه‌پهلو<sup>۱۲</sup>، سیاه‌سرفه<sup>۱۳</sup>، وبا<sup>۱۴</sup>، دیفتری<sup>۱۵</sup>، جذام<sup>۱۶</sup>، مخملک<sup>۱۷</sup>، کورک<sup>۱۸</sup>، و تیفوس<sup>۱۹</sup>

---

<sup>۱</sup> . paranoia  
<sup>۲</sup> . parasite  
<sup>۳</sup> . tapeworm  
<sup>۴</sup> . fluke  
<sup>۵</sup> . flu  
<sup>۶</sup> . germ  
<sup>۷</sup> . protozoa  
<sup>۸</sup> . fungus  
<sup>۹</sup> . ringworm  
<sup>۱۰</sup> . athlete's foot  
<sup>۱۱</sup> . tuberculosis  
<sup>۱۲</sup> . pneumonia  
<sup>۱۳</sup> . whooping cough  
<sup>۱۴</sup> . cholera  
<sup>۱۵</sup> . diphtheria  
<sup>۱۶</sup> . leprosy  
<sup>۱۷</sup> . scarlet fever  
<sup>۱۸</sup> . boils  
<sup>۱۹</sup> . typhus

نمونه‌هایی از بیماری‌های باکتریایی هستند. بیماری‌های ویروسی شامل این موارد هستند: سرخک<sup>۱</sup>، آبله‌مرغان<sup>۲</sup>، اوریون<sup>۳</sup>، آبله<sup>۴</sup>، تب‌خال<sup>۵</sup>، هاری<sup>۶</sup>، فلج اطفال<sup>۷</sup>، سرخجه<sup>۸</sup>، چند سویهٔ مختلف آنفلوآنزا، و دسته‌ای از بیماری‌ها که به آن‌ها «سرماخوردگی»<sup>۹</sup> می‌گوییم. مالاریا<sup>۱۰</sup>، آمیبیاز<sup>۱۱</sup>، و بیماری خواب<sup>۱۲</sup> از جمله بیماری‌هایی هستند که از «پروتوزوا»ها ناشی می‌شوند. گونه‌های دیگری از انگل‌ها هستند که بزرگ‌ترند (به اندازه‌ای که بتوان آن‌ها را با چشم غیرمسلح دید)؛ این‌ها گونه‌های مختلف کرم<sup>۱۳</sup> هستند: کرم‌های پهن<sup>۱۴</sup>، کرم‌های لوله‌ای<sup>۱۵</sup>، و کپلک‌ها<sup>۱۶</sup>. در دوران کودکی که در مزرعه زندگی می‌کردم، خیلی اوقات به لاشهٔ حیواناتی چون راسو یا موش کور بر می‌خوردم. در مدرسه، زیست‌شناسی می‌خواندیم و علاقه‌ام به حدی بود که وقتی این لاشه‌ها را پیدا می‌کردم، آن‌ها را تشریح می‌کردم. چیزی که بیش از همه مرا تحت تأثیر قرار می‌داد این بود که بدن آن‌ها به شدت آکنده از کرم‌های زنده‌ای بود که در هم می‌لولیدند (کرم‌های لوله‌ای بودند که در زبان علمی به آن‌ها نماتد<sup>۱۷</sup> <نخ‌سان‌تباران> گفته می‌شود). در لاشهٔ موش‌ها و خرگوش‌هایی که در خانه نگهداری می‌شدند و در مدرسه تشریح‌شان می‌کردیم، چنین چیزی دیده نمی‌شد.

بدن سیستمی هوشمند و معمولاً کارآمد دارد که از ما، در برابر انگل‌ها، دفاع می‌کند. به این سیستم سیستم ایمنی<sup>۱۸</sup> می‌گویند. سیستم ایمنی آن قدر پیچیده است که یک کتاب کامل را باید به آن اختصاص داد. اگر بخواهیم به طور خلاصه بگوییم، وقتی سیستم ایمنی متوجه حضور انگلی خطرناک می‌شود، بدن را وا می‌دارد که سلول‌های خاصی را تولید کند. خون این سلول‌ها را همچون لشکری به نبرد انگل‌ها می‌برد چون اختصاصاً برای جنگ با این انگل‌ها ساخته شده‌اند. معمولاً سیستم ایمنی برنده می‌شود و فرد بهبود می‌یابد. پس از آن، سیستم ایمنی تجهیزات مولکولی را، که برای آن نبرد تولید کرده بود، «به خاطر می‌سپارد» و اگر بدن بعداً دچار همان نوع از انگل شود، چنان سریع شکستش می‌دهد که خودمان هم متوجه نمی‌شویم. به این دلیل است که اگر یک بار به بیماری‌هایی چون سرخک، اوریون، یا آبله‌مرغان مبتلا شوید، احتمال ابتلای دوباره به آن‌ها بسیار کم خواهد بود. مردم بر این عقیده بودند که خوب است بچه‌ها، در همان دوران کودکی، مثلاً دچار اوریون شوند؛ چرا که «حافظه»ی سیستم ایمنی از ابتلای دوباره به آن‌ها در بزرگسالی جلوگیری می‌کند. علی‌الخصوص بیماری‌ای چون اوریون که برای بزرگسالان، نسبت به کودکان، ناخوش‌آیندتر است (مخصوصاً برای مردها، چرا که بیضه‌ها را مورد حمله قرار می‌دهد). واکسیناسیون<sup>۱۹</sup> روشی هوشمندانه است که در آن فرآیندی مشابه، به صورت عمدی، انجام می‌شود. پزشکان، به جای خود بیماری، نسخهٔ تضعیف‌شدهٔ آن، یا در صورت امکان، میکروب‌های مرده را به بدن فرد تزریق می‌کنند تا سیستم ایمنی، بدون ابتلاء به بیماری، تحریک شود. نسخهٔ ضعیف بیماری به مراتب کم دردسرت‌تر از اصل بیماری است: در واقع، بیشتر اوقات اصلاً متوجه آثارش

- 
۱. measles
  ۲. chickenpox
  ۳. mumps
  ۴. smallpox
  ۵. herpes
  ۶. rabies
  ۷. polio
  ۸. rubella
  ۹. common cold
  ۱۰. malaria
  ۱۱. amoebic dysentery
  ۱۲. sleeping sickness
  ۱۳. worm
  ۱۴. flatworm
  ۱۵. roundworm
  ۱۶. fluke
  ۱۷. nematode
  ۱۸. immune system
  ۱۹. vaccination

نمی‌شود. اما سیستم ایمنی میکروب‌های مرده یا عفونت ناشی از نسخه‌ی تضعیف‌شده‌ی بیماری را «به خاطر می‌سپارد» و، در صورتی که بدن در معرض بیماری اصلی قرار بگیرد، از پیش برای مبارزه با آن مسلح خواهد بود.

سیستم ایمنی وظیفه دارد که «تصمیم‌گیری کند» که چه چیزی «بیگانه» است و، در نتیجه، باید با آن مبارزه شود (مثلاً چیزی که گمان می‌رود انگل باشد)، و چه چیزی باید به عنوان جزئی از بدن پذیرفته شود. این تصمیم‌گیری وظیفه‌ای دشوار است. برای نمونه، وقتی زنی آبستن است این کار به شدت دشوار می‌شود. جنین درون بدن وی «بیگانه» است (جنین، از لحاظ ژنتیکی، با مادرش یکسان نیست؛ چرا که نیمی از ژن‌هایش را از پدرش به ارث می‌برد). اما مهم است که سیستم ایمنی به نوزاد حمله نکند. وقتی آبستنی در نیاکان پستان‌داران فرگشت یافت، این مسئله دشوار نیز می‌بایست حل می‌شد. و حل هم شد: بسیاری از جنین‌ها می‌توانند، مدتی کافی، تا زمان زایمان، در رحم زنده بمانند. اما سقط جنین همچنان به وفور روی می‌دهد که چه بسا نشان از این داشته باشد که فرگشت در حل این مشکل با دشواری‌هایی روبرو بوده است و راه‌حل همچنان مانده که تکمیل شود. حتی امروزه هم بعضی نوزادان به برکت وجود پزشکان است که زنده می‌مانند؛ مثلاً، در مواردی که سیستم ایمنی واکنشی افراطی نشان می‌دهد، پزشکان، به محض تولد کودک، خونش را به طور کامل عوض می‌کنند.

یکی دیگر از مواردی که سیستم ایمنی ممکن است دچار خطا شود این است که بیش از حد به «مهاجم»ی فرضی حمله می‌کند. آلرژی‌ها<sup>۱</sup> حاصل چنین حملاتی هستند: سیستم ایمنی بی‌خود و بی‌جهت، و حتی به شیوه‌ای مخرب، با چیزهایی مبارزه می‌کنند که بی‌ضررند. برای نمونه، گرده‌های گیاهان که در هوا پراکنده‌اند اصولاً بی‌ضررند، اما سیستم ایمنی بعضی افراد واکنشی افراطی به آن نشان می‌دهد و به این دلیل است که فرد دچار واکنش آلرژیک می‌شود: فرد عطسه می‌کند و از چشمانش آب جاری می‌شود که حالات بسیار ناخوشایندی هستند. بعضی افراد به گربه یا سگ آلرژی دارند: سیستم ایمنی‌شان به مولکول‌های بی‌ضرری که درون یا روی موی این حیوانات وجود دارند واکنشی افراطی نشان می‌دهد. گاه آلرژی ممکن است به جاهای باریک و خطرناکی بکشد. بعضی افراد چنان به بادام‌زمینی آلرژی دارند که حتی خوردن یک عدد بادام‌زمینی هم می‌تواند موجب مرگ‌شان شود.

گاه واکنش افراطی سیستم ایمنی به جایی می‌رسد که فرد به خودش هم آلرژی پیدا می‌کند! این حالت عامل بیماری‌هایی هست که به بیماری‌های خودایمنی<sup>۲</sup>  $\langle \text{auto-immune} \rangle$  معروف هستند (*auto* واژه‌ای یونانی و به معنای «خود» است). ریزش مو<sup>۳</sup> (حالتی است که مو دسته دسته می‌ریزد چون بدن به فولیکول‌های مو<sup>۴</sup> حمله می‌کند) و پسوریازیس<sup>۵</sup> (زمانی است که واکنش افراطی سیستم ایمنی قسمت‌هایی صورتی رنگ و لایه لایه را روی پوست ایجاد می‌کند).

تعجبی ندارد که سیستم ایمنی گاه واکنشی افراطی نشان دهد؛ چرا که مرز میان حمله نکردن، در زمانی که حمله ضروری است، و حمله کردن، در زمانی که حمله‌ای نباید صورت گیرد، بسیار باریک است. مشابه وضعیتی است که برای یک شاخ‌دراز مثال زدیم که صدای خش‌خشی را از میان علف‌های بلند می‌شنود. حیوان باید بین گریز یا ماندن یکی را انتخاب کند. آیا ممکن است پلنگی میان علف‌ها پنهان شده باشد؟ یا این که صرفاً نسیمی بی‌خطر است که علف‌ها را به حرکت در آورده است؟ سیستم ایمنی هم باید تصمیم بگیرد که چیزی که با آن روبروست باکتری‌ای مضر است یا گرده گیاهی بی‌ضرر؟ برایم سؤال شده که آیا افرادی که سیستم ایمنی‌شان افراطی واکنش نشان می‌دهد و بهای آن را با آلرژیک شدن یا حتی ابتلاء به بیماری‌های خودایمنی می‌پردازند، احتمال ابتلاء‌شان به ویروس‌هایی خاص یا دیگر انگل‌ها کم‌تر است یا خیر؟

نمونه‌های بسیار زیادی از معضل برقراری «تعادل» وجود دارد. می‌شود بیش از حد «ریسک‌گریز» بود: از هر چیزی فراری بود؛ هر خش‌خش علفزار را خطر تلقی کرد یا واکنش دفاعی گسترده‌ای را ضد دانه بادام‌زمینی بی‌ضرر یا اندام بدن خود بسیج کرد. همچنین، می‌شود بی‌خیال بود: وقتی که خطر زیادی جدی است، واکنشی نشان نداد یا وقتی که انگلی خطرناک بدن را تهدید

<sup>۱</sup> . allergy

<sup>۲</sup> . auto-immune disease

<sup>۳</sup> . alopecia

<sup>۴</sup> . hair follicle

<sup>۵</sup> . psoriasis

کرد، واکنشی دفاعی اتخاذ نکرد. رعایتِ مرزِ بین این‌ها امری است بس دشوار و انحراف به هر سو بی‌مجازات نخواهد ماند. سرطان<sup>۱</sup> موردی خاص از یکی از چیزهایِ بدی است که ممکن است رخ دهد، موردی عجیب، اما بسیار مهم. علتِ سرطان دسته‌ای از سلول‌هایِ بدن‌مان هستند که از انجامِ وظیفهٔ خود در بدن سر باز می‌زنند و تبدیل به انگل می‌شوند. معمولاً سلول‌هایِ سرطانی به صورتِ گروهی تشکیل می‌شوند و دسته‌هایی را به نامِ «تومور<sup>۲</sup>» ایجاد می‌کنند. تومورها از کنترل خارج می‌شوند و از بقیهٔ بخش‌هایِ بدن تغذیه می‌کنند. در بدترین حالت، سرطان به اندام‌هایِ دیگر سرایت می‌کند (که به آن فراگستری یا متاستاز<sup>۳</sup> می‌گویند) و دستِ آخر موجبِ مرگِ آن اندام‌ها می‌شود. به تومورهایی که به چنین مرحله‌ای می‌رسند «تومورِ بدخیم<sup>۴</sup>» بدخیم<sup>۴</sup> می‌گویند.

سرطان خطرناک است چون سلول‌هایِ سرطانی سلول‌هایِ بدنِ خودِ فرد هستند. سلول‌هایِ سرطانی، در واقع، سلول‌هایِ خودمان هستند که اندکی تغییر کرده‌اند. این بدان معناست که سیستمِ ایمنی به سختی می‌تواند آن‌ها را به عنوانِ عواملِ بیگانه تشخیص دهد. همچنین، یافتنِ راهِ درمانی که بتواند سلول‌هایِ سرطانی را بکشد دشوار است؛ چرا که هر درمانی که فکرش را بکنید، مثلاً درمان با سم، به احتمالِ زیاد، موجبِ مرگِ سلول‌هایِ سالم نیز می‌شود. کشتنِ باکتری به مراتب ساده‌تر است؛ چرا که سلول‌هایِ باکتریایی با سلول‌هایِ ما فرق دارند. به سم‌هایی که سلول‌هایِ باکتریایی را می‌کشند، اما کاری به سلول‌هایِ بدنِ ما ندارند، «آنتی‌بیوتیک<sup>۵</sup>» گفته می‌شود. شیمی‌درمانی<sup>۶</sup> سلول‌هایِ سرطانی را مسموم می‌کند، اما در همان حین، سلول‌هایِ سالمِ ما را هم مسموم می‌کند؛ چرا که شباهت‌شان به یکدیگر خیلی زیاد است. اگر دوزِ سم از حدی بالاتر رود، شاید بتواند سرطان را از بین ببرد، اما اول بیمارِ بی‌چاره را می‌کشد.

باز هم مسئلهٔ رعایتِ مرزِ میانِ حمله به دشمنی واقعی (سلول‌هایِ سرطانی) و حمله نکردن به خودی‌ها (سلول‌هایِ عادیِ خودمان) مطرح می‌شود؛ باز هم همان مسئلهٔ پلنگِ پنهان در میانِ علف‌هایِ بلند.

بگذارید این فصل را با طرحِ یک حدس و گمان به پایان برم. آیا ممکن است که بیماری‌هایِ خودایمنی محصولِ جانبیِ جنگی فرگشتی علیه سرطان باشد، جنگی که نسل‌ها در نیاکان‌مان برقرار بوده است؟ سیستمِ ایمنی در جنگ‌هایِ بسیاری علیه سلول‌هایِ پیش‌سرطانی<sup>۷</sup> پیروز می‌شود و آن‌ها را، پیش از این که فرصتِ بدخیم شدن بیابند، از بین می‌برد. حدسِ من این است که سیستمِ ایمنی، در هوشیاری‌اش نسبت به <خطر> سلول‌هایِ پیش‌سرطانی، گاه افراطی عمل می‌کند و به بافت‌هایِ بی‌ضرر حمله‌ور می‌شود؛ به سلول‌هایِ خودِ بدن حمله می‌کند و حالتی را پدید می‌آورد که به آن بیماریِ خودایمنی می‌گوییم. آیا ممکن است که بیماری‌هایِ خودایمنی شاهدهی بر فرگشتِ سلاحی کارآمد در برابرِ سرطان باشند، فرگشتی که همچنان در جریان است؟  
نظرِ شما چیست؟

---

<sup>۱</sup> . cancer

<sup>۲</sup> . tumour

<sup>۳</sup> . metastasis

<sup>۴</sup> . malignant

<sup>۵</sup> . antibiotic

<sup>۶</sup> . chemotherapy

<sup>۷</sup> . pre-cancerous cell

۱۲

معجزه چیست؟



در فصل نخست دربارهٔ جادو صحبت کردم و میان جادوی ماوراءالطبیعی (قورباغه‌ای را با جادوجنبیل به شاهزاده‌ای تبدیل کردن یا دست کشیدن بر چراغ برای احضارِ غول) و شعبده (چشم‌بندی، مثل تبدیل دستمالی ابریشمی به خرگوش یا نصف کردن زنی با اره) تمایز قائل شدم. امروزه هیچ کس به جادویی که در قصه‌های شاه پریان از آن سخن به میان می‌آید اعتقاد ندارد. همه می‌دانند که تبدیل کدو تنبل به کالسکه فقط در قصهٔ سیندرلا ممکن است. و همه می‌دانیم که بیرون آوردن خرگوش از کلاهی ظاهراً خالی فقط با حقه شدنی است، اما داستان‌هایی ماوراءالطبیعی هستند که هنوز هم جدی گرفته می‌شوند و از «رخداد»هایی که در آن‌ها مطرح می‌شود به عنوان «معجزه»<sup>۱</sup> یاد می‌شود. این فصل دربارهٔ معجزات است، داستان‌هایی از اتفاقاتی فراطبیعی که عده‌ای آن‌ها را باور دارند، برعکس جادوجنبیل‌های قصه‌های شاه پریان که کسی باورشان ندارد و چشم‌بندی که شبیه به جادو است ولی می‌دانیم که حقه‌ای بیش نیست.

بعضی از این داستان‌ها راجع به ارواح هستند، شایعات رعب‌آور یا قصهٔ تقارن‌های مرموز. داستان‌هایی مانند این: «یک شب خواب یکی از افراد معروف را دیدم که سال‌ها بود اصلاً به او فکر هم نکرده بودم. صبح که از خواب بیدار شدم، شنیدم که او در همان شب مرده است.» نمونه‌های فراوانی از این‌گونه داستان‌ها، در صدها دین و مذهبی که در جهان وجود دارند، یافت می‌شوند و معمولاً به این داستان‌هاست که «معجزه» می‌گویند. افسانه‌ای که می‌خواهم ذکر کنم مشتق است نمونهٔ خروار. حدود ۲۰۰۰ سال پیش، یک واعظ دوره‌گرد یهودی، به نام عیسی<sup>۲</sup>، در جشنی عروسی حضور داشت. شراب در عروسی تمام شد. پس گفت که مقداری آب برایش بیاورند و، با قدرت معجزآسایش، آن آب را به شراب تبدیل کرد. این طور که داستان می‌گوید، شراب خیلی خوبی هم از آب در آمده است. همان مردمی که تبدیل کدو تنبل به کالسکه را به استهزاء می‌گیرند و نیک می‌دانند که دستمال ابریشمی ممکن نیست به خرگوش تبدیل شود، در عوض، به راحتی می‌پذیرند که پیامبری آب را به شراب تبدیل کرده است یا، آن‌گونه که مؤمنان به دینی دیگر باور دارند، پیامبری سوار بر اسبی بال‌دار در آسمان به معراج رفته است.

### شایعه، تقارن و داستان‌هایی که یک کلاغ چهل کلاغ می‌شوند

معمولاً وقتی که داستان معجزه‌ای را می‌شنویم، آن داستان را از شاهدی عینی نمی‌شنویم، بلکه از فردی می‌شنویم که آن را از فردی دیگر شنیده است و آن فرد هم آن را از فردی دیگر شنیده است، و او هم باز آن را از کسی دیگری شنیده است که آن را از پسرعموی دوست زنی کسی دیگر شنیده است و الی آخر. هر داستانی چند بار دهان به دهان بچرخد دچار تحریف می‌شود. منبع داستان هم معمولاً شایعه‌ای بوده است که سال‌ها پیش آغاز شده و چنان در بازگویی‌ها تحریف شده است که تقریباً نمی‌توانیم دریابیم کدام رخداد واقعی (اگر اصلاً چنین رخدادی در کار باشد) جرقهٔ اولیهٔ داستان بوده است.

تقریباً پس از مرگ هر انسان مشهوری، چه قهرمان باشد چه فردی نابکار، داستان‌هایی در سراسر جهان دهان به دهان می‌چرخد که چه نشسته‌اید که فلان فرد زنده رؤیت شده است! این ماجرا برای *لویس پریسلی*<sup>۳</sup>، *میرلین مونرو*<sup>۴</sup>، و حتی *آدولف هیتلر*<sup>۵</sup> هم رخ داده است. به دشواری می‌توان درک کرد که چرا آدم‌ها از پخش شایعه‌ای که به گوش‌شان می‌رسد لذت می‌برند. اما در هر حال ما از این کار لذت می‌بریم و دلیل اصلی گسترش شایعات هم همین است.

در این‌جا نمونه‌ای متأخر را می‌آورم تا نشان دهم این‌گونه شایعات چگونه آغاز می‌شوند. اندکی پس از مرگ *مایکل جکسون*<sup>۶</sup> در ۲۰۰۹، گروهی از دست‌اندرکاران شبکه‌ای آمریکایی را به بازدید از عمارت معروفش، *نورلند*<sup>۷</sup> بردند. از این بازدید

<sup>۱</sup> . miracle

<sup>۲</sup> . Jesus

<sup>۳</sup> . Elvis Presley

<sup>۴</sup> . Marilyn Monroe

<sup>۵</sup> . Adolf Hitler

<sup>۶</sup> . Michael Jackson

<sup>۷</sup> . Neverland



فیلمی تهیه شد و برخی از بینندگان هم تصور کردند که روح *مایکل جکسون* را، در یکی از صحنه‌های فیلم، در انتهای یکی از راهروهای طولانی عمارت، دیده‌اند. از آن صحنه‌گذاری اصلاً نمی‌شد چنین برداشتی کرد، اما همین کافی بود که این شایعه گسترش پیدا کند. روح *مایکل جکسون* رها شده است! چیزی نگذشت که سیل صحنه‌های مشابه جاری شد. برای نمونه، عکسی هست که مردی آن را از بدنه پالش‌خورده ماشینش گرفته است. برای من و شما، مخصوصاً وقتی که «چهره»ی ادعایی را با ابرهایی که در اطراف آن قرار دارد مقایسه می‌کنیم، تصویر، بی شک، تصویر ابر است. اما در تصوراتِ واهی طرفدارانِ پر و پا قرصِ *مایکل جکسون*، این تصویر چیزی جز روح *مایکل جکسون* نمی‌توانست باشد، طوری که تصویر پخش شده روی یوتیوب<sup>۱</sup> بیش از ۱۵ میلیون بازدید داشت!

در واقع، اینجا اتفاق جالبی روی داده که جا دارد به آن بپردازیم. انسان حیوانی اجتماعی است و مغز انسان هم به گونه‌ای برنامه‌ریزی شده است که تصویر دیگر انسان‌ها را ببیند حتی در جاهایی که اصلاً چنین تصاویری در کار نیست. به این دلیل است که افراد معمولاً در شکل‌هایی که ابرها به وجود می‌آورند، در برش‌های نان برشته، یا روی قسمت‌های نم‌کشیده دیوار چهره دیگران را می‌بینند.

تعریف کردن داستان‌های دلهره‌آور درباره ارواح کار مفرد و سرگرم‌کننده‌ای است؛ مخصوصاً اگر واقعاً ترسناک باشند؛ و مخصوصاً اگر ادعا کنید که واقعی‌اند. وقتی که هشت‌ساله بودم، با خانواده‌ام، در خانه‌ای، به نام کاکوس<sup>۲</sup>، زندگی می‌کردیم که ۴۰۰ سال قدمت داشت و ستون‌های تودور<sup>۳</sup> سست و سیاهی داشت. بالطبع درباره این خانه افسانه‌ای هم وجود داشت: کشیشی که خیلی وقت پیش مرده بود در راهرویی مخفی در خانه پنهان شده بود. می‌گفتند که گاه صدای گام‌هایش، وقتی که روی پله‌ها راه می‌رود، به گوش می‌رسد و البته اضافه می‌کردند که صدای یک گام اضافی هم شنیده می‌شود. چرا؟ چون، در قرن شانزدهم، راه‌پله خانه یک پله اضافه داشته است (و طوری هم می‌گفتند که مو بر تن آدم سیخ شود!). هنوز یادم هست که وقتی این داستان را برای هم‌مدرسه‌ای‌هایم تعریف می‌کردم چه کیفی می‌کردم. اصلاً برایم سؤال نشد که چقدر شواهد محکم برای این مدعا وجود دارد. خانه قدیمی بود و دوستانم هم تحت تأثیر داستان قرار می‌گرفتند؛ همین برایم کافی بود.

از نقل داستان‌های ارواح، لذتی خاص سراپای وجودمان را فرا می‌گیرد. همین موضوع درباره داستان‌های معجزات هم صدق می‌کند. اگر شایعه‌ای حاکی از یک معجزه، به صورت مکتوب، در کتابی نوشته شود، به چالش کشیدن آن شایعه دشوار می‌شود؛ مخصوصاً اگر آن کتاب کتابی بسیار قدیمی هم باشد. اگر شایعه قدمت زیادی داشته باشد، دیگر جزئی از «سنت» می‌شود و اعتقاد مردم هم به آن قوی‌تر می‌شود. این موضوع شاید برای تان عجیب باشد، زیرا به گمان تان مردم باید این حقیقت را بدانند که شایعات کهنه‌تر بیشتر دچار تحریف شده‌اند (چون زمان بیشتری داشته‌اند) حال آن‌که شایعات تازه به رویدادهایی که به آن‌ها منتسب هستند نزدیک‌ترند. *الویس پرسلی* و *مایکل جکسون* بسیار متأخرند و، به این دلیل، فرصت کافی پیدا نکرده‌اند که جزئی از سنت شوند. از این رو، داستان‌هایی چون «دیده شدن *الویس پرسلی* روی مریخ» برای افراد اندکی باورپذیر است. اما ۲۰۰۰ سال دیگر چطور؟

آن داستان‌های عجیب چطور، که فردی می‌گوید خواب کسی را دیده است که سال‌ها بوده که او را ملاقات نکرده یا به او فکر نکرده است، و صبح که از خواب بیدار شده دیده است که نامه‌ای از او جلوی در خانه است؟ یا بیدار که شده به او خبر رسیده است که آن فرد، همان شب، فوت شده است؟ شاید چنین اتفاقاتی برای خودتان هم رخ داده باشد. چنین تقارن‌هایی را چگونه می‌توان توجیه کرد؟

خوب، محتمل‌ترین توجیه این است که این اتفاقات همانی است که از نام‌شان بر می‌آید: تقارن و دیگر هیچ. نکته اصلی

<sup>۱</sup> . YouTube

<sup>۲</sup> . Cuckoos

<sup>۳</sup> . Tudor

خانه‌های تودور خانه‌هایی هستند که با چوب‌هایی ساخته شده‌اند، که به جای ماشین، با اره‌های دستی بریده شده‌اند.

این است که ما فقط زمانی زحمت بازگویی تقارن‌های عجیب را به خود می‌دهیم که اتفاق بیافتند، نه زمانی که اتفاق نمی‌افتند. نمی‌شود کسی بگوید: «دیشب خواب دایمی‌ام را دیدم که سال‌ها بود به او فکر هم نکرده بودم و صبح که بیدار شدم دیدم که شب پیش نمرده است!».

هر چه این تقارن مرموزتر باشد، احتمال پخش خبرش بیشتر است. گاه این‌گونه اتفاقات چنان به چشم فرد مهم جلوه می‌کنند که بی‌معطلی نامه‌ای به یکی از روزنامه‌ها می‌فرستد. مثلاً برای اولین بار بانوی هنرپیشه‌ای به خوابش می‌آید که مدت‌ها پیش معروف بوده و خیلی وقت است که دیگر به فراموشی سپرده شده است. سپس، وقتی که بیدار می‌شود، باخبر می‌شود که آن بازیگر، همان شب، مرده است. «آخرین دیدار» در رؤیا؛ چقدر مرموز! اما لحظه‌ای به اتفاقی که افتاده است بیاندیشید. برای این که یک تقارن (هم‌زمانی) به روزنامه گزارش شود، لازم است فقط یک نفر، از میان میلیون‌ها خواننده‌ای که ممکن است به روزنامه نامه ارسال کنند، آن تقارن را تجربه کند. فقط در بریتانیا، روزانه ۲۰۰۰ نفر می‌میرند و حتماً، هر شب، صد میلیون نفر هم خواب می‌بینند. وقتی که از این منظر به قضیه بنگریم، مطمئناً باید انتظار داشت که هر از گاهی کسی از خواب برخیزد و متوجه شود که کسی که خوابش را می‌دیده است، همان شب، مرده است. فقط همین‌ها هستند که ماجرای‌شان را برای روزنامه‌ها ارسال می‌کنند. مسئله دیگری که باید مدّ نظر قرار داد این است که داستان‌ها، در بازگویی‌های چندباره، یک کلاغ و چهل کلاغ می‌شوند. مردم آن قدر داستان خوب دوست دارند که وقتی داستانی را می‌شوند، چیزهایی را به آن اضافه می‌کنند که داستان حاصل، از چیزی که شنیده بودند، زیباتر شود. موی تن دیگران را سیخ کردن آن قدر لذت‌بخش است که بابتش، در داستان‌مان، بزرگ‌نمایی می‌کنیم؛ فقط به اندازه‌ای که داستان جذاب‌تر شود. نفر بعدی هم کمی بیشتر بزرگ‌نمایی می‌کند؛ و همین سیر ادامه می‌یابد. مثلاً وقتی که کسی از خواب بیدار و باخبر می‌شود که فرد مشهوری در آن شب مرده است، پرس و جوهای بیشتری می‌کند تا از زمان دقیق مرگش آگاهی یابد. پاسخ ممکن است چنین باشد: «خوب، حتماً حدود ۳ نیمه شب بوده است». بعد، آن فرد با خود فکر می‌کند که احتمالاً چیزی حدود ۳ نیمه شب بوده است که خواب آن فرد مشهور را می‌دیده است. و تا به خودتان بیایید، این واژه «حدود» و «چیزی دور و بر»، در بازگویی‌های داستان، حذف می‌شوند و به چیزی شبیه به این تبدیل می‌شوند: «آن بازیگر دقیقاً ۳ بامداد مرده بود و دقیقاً در همین زمان بوده که نوه دختری زن دوست پسرعموم خوابش را دیده بوده است.»

گاه می‌توانیم برای تقارن‌های عجیب و غریب توضیحی بیابیم. یکی از دانشمندان بزرگ آمریکا، ریچارد فاینمن<sup>۱</sup>، همسر خود را، به طرز غم‌انگیزی، به سبب سیل از دست داد؛ ساعتی که در اتاق همسرش قرار داشت هم درست در زمان مرگ او از کار افتاد. اتفاقی که مو بر تن آدم سیخ می‌کند! اما دکتر فاینمن الکی دانشمند بزرگی نشده بود. او توجیه واقعی این اتفاق را پیدا کرد. ساعت مشکل داشت؛ اگر آن را بر می‌داشتید و کجش می‌کردید، معمولاً از کار می‌افتاد. زمان مرگ خانم فاینمن، پرستار وی می‌بایست، برای گواهی رسمی فوت، زمان واقعه را ثبت می‌کرد. اتاق بیمار نسبتاً تاریک بود، پس پرستار مجبور بود که ساعت را به سمت پنجره کج کند تا بتواند آن را بخواند. و این زمان بود که ساعت از حرکت ایستاده بود. هیچ معجزه‌ای هم در کار نبوده است؛ مکانیزم ساعت ایراد داشته است.

حتی اگر چنین توجیهی هم وجود نداشت، حتی اگر کوک ساعت، درست در زمان مرگ خانم فاینمن، تمام شده بود، دلیلی برای تعجب نداشت. بی‌گمان، در هر دقیقه از شبانه‌روز، ساعت‌های بی‌شماری در آمریکا از کار می‌افتند و افراد زیادی هم همه روزه جان خود را از دست می‌دهند. دوباره حرف قبلی‌ام را تکرار می‌کنم: ما به خود زحمت نمی‌دهیم که چنین «خبر»ی را نقل کنیم که «ساعت ما درست در ساعت ۴ و ۵۰ دقیقه بامداد از کار افتاد و (باورت می‌شود؟) هیچ کس هم نمرد».

در فصلی که درباره جادو بود از فردی شارلاتان سخن به میان آوردم. او تظاهر می‌کرد که می‌تواند «با قدرت ذهن» هر ساعتی را دوباره به کار بیاندازد. از مخاطبان تلویزیونی پرشماری که داشت می‌خواست که بروند و هر ساعت کهنه‌ای را که در خانه دارند بیاورند. سپس، آن را محکم در دست خود نگه دارند و او نیز هم‌زمان تلاش می‌کرد که، از راه دور و با قدرت ذهن، ساعت‌ها را به کار بیاندازد. تقریباً همان لحظه، تلفن استودیو زنگ می‌خورد و صدایی در آن سوی خط، با نفس‌های بریده و لحنی شگفت‌زده،

<sup>۱</sup> . Richard Feynman

می‌گفت که ساعتش به کار افتاده است.

یکی از توجیحات می‌تواند شبیه به همان توجیهی باشد که برای ساعتِ خانمِ فاینمن بیان شد. شاید چنین توجیهی برای ساعت‌های دیجیتالی امروزی خیلی درست نباشد، اما آن روزها که ساعت‌ها چرخ‌دنگ<sup>۱</sup> داشتند، صرفِ بلند کردنِ ساعت ممکن بود باعثِ به کار افتادنش شود؛ چرا که این حرکتِ ناگهانی باعثِ فعال شدنِ چرخِ بالانسیهٔ چرخ‌دنگ<sup>۲</sup> می‌شد. اگر ساعت گرم شود، این اتفاق آسان‌تر هم رخ می‌دهد؛ گرمایِ دستِ فرد می‌تواند، گاهی اوقات، چنین کاری کند؛ همیشه نه، اما وقتی ۱۰,۰۰۰ نفر بیننده در سراسر کشور داشته باشید که همگی ساعتِ خود را می‌آورند و احتمالاً تکانی هم به آن می‌دهند و بعد هم در گرمایِ دستان‌شان نگهش می‌دارند، حتماً از این میان یکی دو ساعت به کار می‌افتد. کافی است که فقط یکی از آن ۱۰,۰۰۰ ساعت به کار بیافتد تا صاحبِ آن، با هیجانِ شدید، خبرش را تلفنی گزارش دهد و کلِ مخاطبانِ برنامه را تحتِ تأثیر قرار دهد؛ اما کسی چیزی دربارهٔ ۹,۹۹۹ ساعتی که به کار نمی‌افتند نمی‌شنود.

### شیوه‌ای درست برای اندیشیدن به معجزات

در قرن هجدهم، اندیشمندِ شهیر اسکاتلندی، دیوید هیوم<sup>۳</sup>، نکتهٔ هوشمندانه‌ای را دربارهٔ معجزات بیان کرد. نخست، معجزه را نوعی «انحراف» (یا تخطی) از قانونِ طبیعت تعریف کرد. راه رفتن بر روی آب، تبدیلِ آب به شراب، از کار انداختن یا به کار انداختنِ ساعت فقط با قدرتِ ذهن، یا تبدیلِ قورباغه به شاهزاده نمونه‌های خوبی برای تخطی از قانونِ طبیعت هستند. معجزاتی از این دست برای علم بسیار آزاردهنده هستند؛ دلایلی را در فصلی که دربارهٔ جادو بود گفتیم. یعنی اگر اتفاق افتاده بودند، آزار دهنده می‌بودند! پس به داستان‌های معجزات چه واکنشی باید نشان دهیم؟ این همان پرسشی است که هیوم به آن پرداخته بود و پاسخش هم همان نکتهٔ هوشمندانه‌ای بود که ذکر کردم.

اگر مایل به دانستنِ عینِ عباراتِ هیوم هستید، آن‌ها را در این جا آورده‌ایم، اما به یاد داشته باشید که هیوم این جملات را حدودِ دو قرن پیش نوشته است و سبکِ زبانِ انگلیسی، از آن زمان تا کنون، تغییر کرده است. «برای اثباتِ معجزه هیچ مدرکی کافی نیست؛ مگر مدرکی که نادرستیِ آن معجزه‌آساز از حقیقتی باشد که آن مدرک عزم به اثباتش دارد».

حال بیایید حرفِ هیوم را به زبانِ دیگری بیان کنیم. اگر جان<sup>۴</sup> ماجرایِ معجزه‌ای را برای شما تعریف کرد، فقط در صورتی باید باورش کنید که دروغ (یا خطا و توهم) بودنِ آن ماجرا خود معجزهٔ بزرگ‌تری باشد. مثلاً، ممکن است بگویید که «من به اندازهٔ چشمانم به جانِ اطمینان دارم؛ او هیچ گاه دروغ نمی‌گوید. اگر دروغ بگوید، حتماً معجزه‌ای در کار است.» خوب، تا این جای کار مشکلی نیست. حال اگر هیوم بود، چنین چیزی می‌گفت: «هر چقدر هم که دروغ گفتنِ جان نامحتمل باشد، آیا از معجزه‌ای که ادعا می‌کند شاهدش بوده هم نامحتمل‌تر است؟» فرض کنید که جان ادعا می‌کند که گاوی را دیده است که از رویِ ماه پریده است. هر چقدر هم که جان، در حالتِ عادی، قابلِ اعتماد و راست‌گو باشد، تصورِ این که او دروغ گفته باشد (یا صادقانه توهمش را بازگو کرده باشد)، از این که یک گاو از رویِ ماه پریده باشد، معجزهٔ کمتری به حساب می‌آید. پس باید این توجیه را پذیرفت که جان دروغ گفته است (یا اشتباه کرده است).

این مثالِ مثالیِ خیالی و افراطی بود، ولی بیایید اتفاقی واقعی را موردِ بررسی قرار دهیم تا ببینیم که ایدهٔ هیوم، در عمل، چگونه خواهد بود. در سال ۱۹۱۷، دو خویشاوند، به نامِ فرانسس گریفیث<sup>۵</sup> و اِلسی رایت<sup>۱</sup> عکس‌هایی گرفتند و مدعی شدند که

<sup>۱</sup> . spring

<sup>۲</sup> . hairspring balance wheel

<sup>۳</sup> . David Hume

<sup>۴</sup> . انتخابِ نامِ جان نباید تصادفی باشد. جان همان یوحنا است که داستانِ معجزهٔ مربوط به تبدیلِ آب به شراب در انجیل او آمده است. - ویراستار

<sup>۵</sup> . Frances Griffiths

عکس‌ها از پریان گرفته شده است. از دید آدم‌های امروزی، این عکس‌ها، بی تردید، قلابی تلقی می‌شوند، اما در آن زمان که عکاسی پدیده تازه‌ای بود، حتی نویسنده بزرگ، سِر آرتور کونان دوویل<sup>۲</sup>، پدیدآورنده شرلوک هلمز<sup>۳</sup>، شخصیتی که کلاه سرش نمی‌رفت، این عکس‌ها را باور کرد و بسیاری دیگر از مردم هم آن‌ها را باور کردند. سال‌ها بعد، وقتی که دیگر فرانسس و اِلسی بانوان سالمندی شده بودند، حقیقت را اقرار کردند و گفتند که «پریان» ادعایی چیزی جز اشیاء ساخته شده با مقوا نبوده‌اند. اما بیایید مثل هیوم فکر کنیم و ببینیم چرا کونان دوویل و دیگران نمی‌بایست فریب این حقه را می‌خوردند. در صورتِ درستی این حرف، از دید شما، کدام یک از گزینه‌های زیر معجزه‌آساست؟

واقعاً در آن عکس‌ها پریانی ظاهر شده‌اند، پریانی بالدار به هیئت آدمیان که در میان گل و بوته پرسه می‌زده‌اند.

اِلسی و فرانسس این ماجرا را از خودشان در آورده بودند و عکس‌ها را جعل کرده بودند.

آیا اصلاً شکی باقی می‌ماند؟ بچه‌ها همیشه در حالِ تصور چیزهای خارق‌العاده هستند که کار سختی هم نیست. حتی اگر سخت هم بود، حتی اگر عقیده داشتید که اِلسی و فرانسس را خیلی خوب می‌شناسید و به راستگویی آن‌ها ایمان دارید و هرگز ممکن نیست به فکر حقه زدن بیفتند، حتی اگر داروی راستگویی به این دو دختر بچه داده بودند و با سربلندی از آزمونِ دروغ‌سنج بیرون آمده بودند، حتی اگر دروغ گفته بودند و با دروغ‌گویی‌شان معجزه بودن این ماجرا بیشتر قوت می‌گرفت، در چنین موقعیتی، هیوم چه می‌گفت؟ او می‌گفت این‌که آن‌ها دروغ گفته باشند «معجزه»ی کوچک‌تری به حساب می‌آید تا پریان مورد ادعای این دو کودک.

حقه‌ای که اِلسی و فرانسس سوار کردند به هیچ کس آسیبی جدی وارد نکرد و حتی جالب هم هست که توانستند کونان دوویل بزرگ را هم سر کار بگذارند. اما گاه حقه‌های مشابهی که جوانان سوار می‌کنند، خیلی با ارفاق خواهیم نگاه کنیم، اصلاً چیزی نیستند که بشود به آن‌ها خندید. در قرن هفدهم، در یکی از روستاهای نیو انگلند<sup>۴</sup>، به نام سیلم<sup>۵</sup>، چند دختر جوان، علاقه‌ای بیمارگونه به مقوله «جادوگران» پیدا کرده بودند. ماجراهای خیلی زیادی را سر هم کرده و به هم بافته بودند. متأسفانه، بزرگسالان آن جامعه، که خیلی هم خرافاتی بودند، این حرف‌ها را باور کردند. چندین زن بزرگسال، و همچنین چند مرد، به جادوگری و هم‌دستی با شیطان و طلسم کردن آن دختران جوان متهم شدند. دخترها مدعی بودند که آن‌ها را در حال پرواز در آسمان یا انجام کارهای محیرالقول دیگری دیده‌اند، اموری که به اعتقاد عوام فقط از جادوگران سر می‌زند. پیامدهای این حرف‌ها فوق‌العاده جدی بود: شهادت این دختران موجب شد که نزدیک به بیست نفر به دار آویخته شوند. حتی یکی از مردان را سنگسار کردند که برای کسی که گناهی از او سر نزده، سرانجام هولناکی است؛ آن هم فقط به این دلیل که چند بچه داستان‌هایی برایش ساخته و پرداخته بودند. برایم پرسش شده که انگیزه دخترها از این کار چه بوده است. آیا قصدشان این بوده است که یکدیگر را تحت تأثیر قرار دهند؟ آیا کارشان شبیه پدیده بی‌رحمانه «قلدری مجازی»<sup>۶</sup> = > زورگیری مجازی< است که در ایمیل‌ها و محیط‌های مجازی با آن‌ها مواجهیم؟ آیا آن‌ها به راستی قصه‌های شاخ‌دار خودشان را باور کرده بودند؟

بیایید به بحث کلی داستان‌های معجزات و نحوه پا گرفتن‌شان برگردیم. شاید مشهورترین مثال از این که دختر بچه‌ای ادعای عجیب و غریبی بکند و دیگران هم باور کنند، ماجرای موسوم به «معجزه فاتیما»<sup>۷</sup> باشد. در سال ۱۹۱۷، در شهر فاتیما، در پرتغال، دختر چوپانی ده‌ساله، به نام لوسیا<sup>۸</sup>، با دو تا از خویشاوندانش، به نام‌های فرانسیسکو<sup>۹</sup> و خاسیتا<sup>۱۰</sup>، ادعا کردند که بر فراز

<sup>۱</sup> . Elsie Wright

<sup>۲</sup> . Sir Arthur Conan Doyle

<sup>۳</sup> . Sherlock Holmes

<sup>۴</sup> . New England

<sup>۵</sup> . Salem

<sup>۶</sup> . cyber-bullying

<sup>۷</sup> . Fatima

<sup>۸</sup> . Lucia

<sup>۹</sup> . Francisco

<sup>۱۰</sup> . Jacinta

کوهی مکاشفه‌ای به آن‌ها دست داده است. آن‌ها می‌گفتند که زنی به نام «مریم باکره<sup>۱</sup>» به آن کوه سر زده بود و علی‌رغم این که مدت‌ها پیش مرده بود، به ایزدبانوی مهربان دین آن منطقه بدل شده بود. بنا به مدعای لوسیا، مریم، با حالت شبح‌گونه‌ای که داشت، با او حرف زده بود و به او و دیگر بچه‌ها گفته بود که، سیزدهم هر ماه تا سیزدهم اکتبر، به آن جا سر می‌زند و در آن زمان معجزه‌ای خواهد آورد که نشان دهد واقعاً همان کسی است که ادعا می‌کند. شایعه معجزه معهود در سراسر پرتغال پخش شد. می‌گویند که در روز موعود، جمعیتی عظیم، بیش از ۷۰۰۰۰۰ نفر، در آن نقطه گرد هم آمدند. خورشید در آن معجزه دخیل بود. روایت‌های متفاوتی از حرکت ادعایی خورشید می‌شود. به گفته بعضی، خورشید انگار به «رقص» آمده بوده است و به گفته عده‌ای دیگر، خورشید، همچون چرخ کاترین<sup>۲</sup>، دور خود چرخیده بوده است. شگرف‌ترین ادعا این‌گونه بود:

خورشید گویی داشت خود را از آسمان‌ها جدا می‌کرد و بر سر جمعیت هراسان فرود می‌آمد ... درست لحظه‌ای که این گوی آتشین نزدیک بود که بر سرشان بریزد و آن‌ها را نابود کند، معجزه متوقف شد و خورشید به مکان اولیه خود در آسمان بازگشت و همچون گذشته، مهرورزانه، تابیدن از سر گرفت.

حال، به نظر شما، به راستی چه روی داده بوده است؟ آیا واقعاً معجزه‌ای در فاتیما رخ داده بود؟ آیا واقعاً مریم، در هیئت یک شبح، بر حاضران ظاهر شده بود؟ خوش‌بختانه، مریم از دید همه پوشیده بود، به جز آن سه طفل؛ پس لازم نیست آن بخش از داستان را زیاد جدی بگیریم. اما ادعا شده است که معجزه حرکت خورشید را ۷۰۰۰۰۰ نفر شاهد بوده‌اند؛ این را چه کنیم؟ آیا واقعاً خورشید حرکت کرده بود (یا زمین، نسبت به آن، به گونه‌ای حرکت کرده بود که خورشید، در حال حرکت، به نظر آمده بود)؟ بیایید از دید هیوم به قضیه نگاه کنیم. سه گزینه پیش روی ماست.

یک، این که خورشید واقعاً در آسمان جابجا شده بوده است، به جمعیت هراسان نزدیک شده، و بعد به جای اولیه خود بازگشته است. (یا گردش زمین به گونه‌ای تغییر کرده بود که به نظر آمده خورشید حرکت کرده است.)

گزینه دوم این است که نه خورشید حرکت کرده بود و نه زمین و ۷۰۰۰۰۰ نفر، همزمان، دچار توهم شده بودند. گزینه سوم هم این است که هیچ اتفاقی نیافتاده بوده و کل رخداد اشتباه گزارش شده بوده است، در اصل ماجرا اغراق شده بوده، و یا ماجرا، به کل، ساختگی بوده است.

به نظر شما، کدام یک از این گزینه‌ها محتمل‌تر است؟ هر سه آن‌ها بسیار نامحتمل به نظر می‌آیند، اما مطمئناً حالت سوم آن چنان بعید به نظر نمی‌رسد و، نسبت به دیگر گزینه‌ها، کمتر سزاوار آن است که «معجزه» خطابش کنیم. برای پذیرش گزینه ۳، کافی است بپذیریم که کسی، به دروغ، چنین گزارش کرده است که ۷۰۰۰۰۰ نفر دیدند که خورشید حرکت کرد؛ و این دروغ تکرار شد و به جاهای مختلف رسید؛ درست مانند شایعات دیگری که این روزها در اینترنت پخش می‌شوند. احتمال درستی گزینه ۲ کمتر است. برای پذیرش آن باید باور کنیم که ۷۰۰۰۰۰ نفر، همزمان، دچار توهمی شده‌اند که خورشید هم در آن نقش داشته است. نسبتاً بعید به نظر می‌رسد. اما هر چقدر هم که این حالت نامحتمل باشد (تقریباً معجزه‌آسا باشد)، نسبت به گزینه ۱، کم‌تر معجزه به حساب می‌آید.

خورشید، در طول روز، در نیمی از کره زمین دیده می‌شود، نه فقط از شهری در پرتغال. اگر واقعاً خورشید حرکت کرده بود، میلیون‌ها نفر در سراسر دنیا (نه فقط اهالی فاتیما) از ترس برق از کله‌شان می‌پرید. دلایل قوی‌تری هم برای رد گزینه ۱ وجود دارد. اگر خورشید واقعاً، به آن سرعت گزارش شده، جابجا شده بود (به سمت جمعیت «سقوط کرده بود») یا اگر گردش زمین، بر اثر رویدادی، آن چنان دستخوش تغییر شده بود که به نظر برسد خورشید، با آن سرعت وحشتناک جابجا شده است، فاتحه همه ما، به طرز فجیعی، خوانده شده بود. در چنین حالتی، یا زمین از مدار خورشید خارج شده بود و به گره‌ای عاری از حیات و سنگی سرد تبدیل شده بود که در فضایی تاریک در فضایی خالی و تاریک سرگردان بود؛ یا ما از روی زمین به سمت خورشید پرتاب و جزغاله

<sup>۱</sup> . Virgin Mary

<sup>۲</sup> . Catherine wheel

ابزاری برای شکنجه و نهایتاً اعدام مجرمان که با شکستن استخوان‌های قربانی او را می‌کشته است.

شده بودیم. همان‌طور که در فصل ۵ گفتیم، زمین با سرعت چند صد کیلومتر در ساعت (در صورتی که خط استوا را مبداء قرار دهیم، سرعت گردش زمین حدود ۱۰۶۷۵ کیلومتر بر ساعت خواهد بود) در حال گردش به دور خود است؛ اما با وجود این، حرکت خورشید آرام به نظر می‌رسد؛ چرا که فاصله‌اش از ما خیلی زیاد است. اگر خورشید و زمین، ناگهان نسبت به یکدیگر، آن‌گونه حرکت می‌کردند (طوری که جمعیتی ببینند که «خورشید بر سر آن‌ها فرود می‌آید») سرعت حرکت آن باید هزاران برابر بیشتر از چیزی می‌شد که در حالت عادی است؛ و اگر چنین می‌شد، دنیا به آخر می‌رسید.

می‌گویند لوسیا به حصار گفته بوده است که به خورشید خیره شوند. این را هم بگویم که اصلاً چنین کاری فوق‌العاده احمقانه است، زیرا ممکن است به چشم آسیبی دائمی بزند. همچنین، می‌تواند این توهم را ایجاد کند که خورشید در آسمان تلو تلو می‌خورد. حتی اگر فقط یک نفر دچار توهم شده بود یا، به دروغ، گفته بود که دیده است که خورشید جابجا شده، و بعد به کس دیگری گفته بود، که او هم به کس دیگری گفته بود، آن نفر هم به نفر دیگری گفته بود، و او هم به خیلی‌های دیگر گفته بود، و هر یک از آن افراد هم برای خیلی‌های دیگر تعریف کرده باشند ... همین برای شروع شایعه‌ای همه‌گیر کافی می‌بود. سرانجام نیز، یکی از آن افرادی که شایعه را شنیده احتمالاً آن را می‌نویسد و مکتوب می‌کند. اما برای هیوم، این که واقعاً چنین اتفاقی افتاده است یا نه اهمیتی ندارد. آن چه برای او مهم است این است که احتمال اشتباه ۷۰۰۰۰۰ نفر بسیار بیشتر از احتمال حرکت خورشید به آن وضع و سیاق است (هر چند که احتمال اشتباه این همه آدم بسیار غیر معقول است).

هیوم به صراحت نگفت که معجزات ناممکن‌اند. در عوض، خواست که معجزه را امری نامحتمل قلمداد کنیم (امری که می‌توانیم میزان نامحتمل بودنش را تخمین بزنیم). لزومی ندارد که این تخمین دقیق باشد. کافی است که نامحتمل بودن معجزه را در یک کفه ترازو قرار دهیم و در کفه دیگر هم گزینه‌هایی دیگر (همچون توهم یا دروغین بودن معجزه) بگذاریم.

حال برگردیم به همان بازی ورقی که در فصل نخست از آن سخن گفتیم. گفتیم که هر چهار بازیکن دستی کامل و تک خال گیرشان آمده است: یک دست کامل گشنیز، یک دست کامل دل، یک دست کامل پیک، و یک دست کامل خشت. اگر چنین چیزی در واقعیت رخ داد، باید چگونه به آن نگاه کنیم؟ در این جا نیز، باید سه گزینه را در نظر بگیریم.

گزینه نخست این است که امری ماوراءالطبیعی رخ داده است که عاملش جادوگر، غول، یا خدایی با قدرت‌های خاص بوده است؛ و آن نیرو به گونه‌ای قوانین علمی را نقض کرده است که همه خال‌های دل و پیک و خشت و گشنیز روی کارت‌ها عوض شده‌اند و، در پی آن، هر بازیکن یک دست کامل گیرش آمده است.

با تقارنی بسیار استثنائی روبرو هستیم. بُر زدن کارت‌ها، به صورت اتفاقی، چنین دست‌های یکسانی را رقم زده است. کسی حقه‌ای زیرکانه سوار کرده است؛ مثلاً یک دست ورق را، که از قبل دست‌کاری شده بوده‌اند، در آستین خود پنهان کرده است، و آن را، با ورق‌هایی که شاهد بُر زده شدن‌شان بوده‌ایم، عوض کرده است.

حال، با در نظر گرفتن حرف هیوم، نظراتان در این باره چیست؟ باور کردن هر یک از این سه گزینه دشوار است؛ اما به نظر می‌آید که گزینه ۳ از همه باورپذیرتر باشد. احتمال رخ دادن گزینه ۲ می‌رود، اما نامحتمل بودن آن را قبلاً حساب کرده‌ایم و انصافاً خیلی نامحتمل است: ۴۴۰،۰۰۰،۲۳۷،۸۳۹،۷۹۲،۴۸۸،۷۶۵،۷۳۷،۶۴۴،۵۳ به ۱. نامحتمل بودن گزینه ۱ را، با این دقت، نمی‌توانیم اندازه‌گیری کنیم، اما یک لحظه فکرش را بکنید: نیرویی، که هیچ کس درست وجودش را ثابت نکرده است و هیچ کس هم آن را درک نمی‌کند، جوهرهای سرخ و سیاه روی همه کارت‌ها را، به صورت هم‌زمان، دستکاری کرده است. شاید در به کار بردن واژه‌ای تند، مانند «غیر ممکن» مردّد باشید، اما هیوم هم چنین چیزی از ما نمی‌خواهد: همه حرف هیوم این است که این گزینه را با دیگر گزینه‌های موجود مقایسه کنید، که، در این مورد، حقه شعبده‌بازی و یا یک خوش‌شانسی خارق‌العاده، از گزینه‌های موجود، هستند. مگر تا حالا شعبده‌بازی ندیده‌ایم (دست بر قضا در بیشتر چشم‌بندی‌ها هم از ورق استفاده می‌شود)؟ مگر نه این است که، دست‌کم، به همین اندازه مهیوت‌کننده هستند؟ بدیهی است که نمی‌توان شانس محض را محتمل‌ترین توجیه برای این چنین دست‌هایی دانست (با این که از اختلال در قوانین گیتی معجزه‌آسار نیست)، بلکه محتمل‌ترین گزینه این است که شعبده‌باز یا کارت‌پخش‌کنی دغل‌باز حقه‌ای را سوار کرده باشد.

حال بیابید به یکی از معجزات معروف دیگر بردازیم؛ همانی که پیشتر درباره‌اش صحبت کردیم که در آن واعظی یهودی، عیسی، آب را به شراب تبدیل کرد. در این جا نیز، سه نوع توجیه ممکن می‌توانیم بیاوریم. واقعاً چنین چیزی رخ داده است؛ یعنی آب واقعاً به شراب تبدیل شده است. یک حقه شعبده‌بازی هوشمندانه در کار بوده است.

یا این که، به هیچ وجه، چنین چیزی رخ نداده است. این ماجرا داستانی خیالی بیش نیست که کسی آن را از خود در آورده است. یا این که سوءتفاهمی پیش آمده است و در واقعیت، چیزی به مراتب خفیف‌تر رخ داده است. به نظر من، درباره ترتیب این گزینه‌ها، از نظر احتمال، تردیدی وجود ندارد. اگر توجیه ۱ درست باشد، برخی از پایه‌ای‌ترین اصول علمی، که می‌شناسیم، نقض شده‌اند که دلیل آن را در فصل نخست، در بحثی که درباره کدو تنبل و کالسکه و قورباغه و شاهزاده داشتیم، توضیح دادم. مولکول‌های آب خالص باید به ترکیب پیچیده‌ای از مولکول‌های دیگر تبدیل شوند (ترکیبی شامل الکل، تانن<sup>۱</sup>، قندهای مختلف، و بسیاری از مولکول‌های دیگر). دیگر گزینه‌ها باید خیلی نامحتمل باشند که بتوانیم چنین چیزی را به آن‌ها ترجیح دهیم.

ممکن است یک حقه شعبده‌بازی پیاده شده باشد (حقه‌ای به مراتب زیرکانه‌تر از حقه‌هایی که روی سن و در تلویزیون می‌بینیم)؛ اما احتمال چنین توجیهی کمتر از توجیه ۳ است. وقتی هیچ شاهدهی نداریم که نشان دهد چشم‌بندی در کار بوده است، اصلاً چرا به خود زحمت بدهیم که بگوییم یک حقه شعبده‌بازی در میان بوده است؟ وقتی توجیه ۳ این همه محتمل است، چرا اصلاً به حقه شعبده‌بازی فکر کنیم؟ یک نفر این داستان را سر هم کرده است. این کاری است که همیشه از مردم سر می‌زند. داستان خیالی یعنی همین. از آن جا که احتمال خیالی بودن این داستان خیلی زیاد است، نیازی نیست که زحمت فکر کردن به حقه شعبده‌بازی را به خود بدهیم، چه برسد به معجزات واقعی که اصولاً مخالف تمام قوانین علم هستند و تمام دانسته‌های مان درباره ساز و کار گیتی را یکسره کن فیکون می‌کنند.

همان‌گونه که می‌دانیم، داستان‌های زیادی درباره این واعظ کذابی، عیسی، ساخته و پرداخته‌اند. یکی از نمونه‌های آن آهنگی کوتاه و زیباست به نام سرود درخت گیلان که احتمالاً شما هم آن را خوانده یا شنیده‌اید. این ترانه درباره زمانی است که عیسی هنوز در شکم مادرش، مریم، بود (راستی، این همان مریمی است که در داستان فاتیما هم معرف حضورتان شد). مریم داشت با شوهرش، یوسف<sup>۲</sup>، از کنار یک درخت گیلان رد می‌شد. مریم هوس کرد چند گیلان بچیند، اما گیلان‌ها بر سر شاخه‌های بالای درخت بودند و دست مریم به آن‌ها نمی‌رسید. یوسف هم حس از درخت بالا رفتن نداشت، اما ...

از بطن مادرش مریم،  
به زبان آمد آنکه عیسی:  
«خم شو ای بلندترین شاخه،  
تا بچیند مادرم گیلان.  
خم شو، ای بلندترین شاخه،  
تا بچیند مادرم گیلان.»  
خم شد آنک بلندترین شاخه  
و نشست بر دستان مریم.  
با صدای بلند گفت مریم: «آه، یوسف، بنگر،  
تحت امر من اند گیلان.»

<sup>۱</sup> . tannin

<sup>۲</sup> . Joseph

با صدای بلند گفت مریم: «آه، یوسف، بنگر،  
تحتِ امرِ من اند گیلاسان.»

در هیچ یک از نسخ قدیمی کتاب مقدس، اثری از داستان درختِ گیلاس نیست. هیچ کس (به معنای واقعی) «هیچ کس»، چه تحصیل کرده چه بی‌سواد) نیست که نداند این داستان فقط تخیل است و بس. خیلی‌ها معتقدند داستان تبدیل آب به شراب واقعی است، اما همه قبول دارند که داستان درختِ گیلاس تخیلی است. داستان درختِ گیلاس عمری حدوداً پانصدساله دارد، ولی داستان تبدیل آب به شراب قدمتِ بیشتری دارد. این داستان فقط در یکی از چهار انجیل دین مسیح آمده است (انجیل یوحنا<sup>۱</sup>؛ در هیچ یک از سه انجیل دیگر ذکر از آن نیست)، ولی باز هم دلیلی ندارد که فکر کنیم این داستان چیزی فراتر از یک داستان ساختگی است (صرفاً چند قرن پیش از داستان درختِ گیلاس سر هم شده است). در ضمن، هر چهار انجیل سال‌ها پس از وقایعی که ادعای شرح‌شان را دارند نوشته شده‌اند و هیچ یک را هم شاهده‌ی عینی ننوشته است. پس می‌توان به درستی نتیجه گرفت که داستان تبدیل آب به شراب افسانه‌ای بیش نیست، درست مثل داستان درختِ گیلاس.

چنین است درباره‌ی تمامی معجزات ادعایی و تمامی توجیهاتِ ماوراءالطبیعی که برای هر چیزی ارائه می‌شود. فرض کنید نمی‌توانیم چیزی را بفهمیم و نیز نمی‌توانیم متوجه شویم چه حقه، نیرنگ یا دروغی پشت آن است؛ آیا درست است که نتیجه بگیریم با پدیده‌ای ماوراءالطبیعی سر و کار داریم؟ نه! همان‌گونه که در فصل یک گفته شد، چنین اندیشه‌ای راه هر گونه بحث و کاوشگری را می‌بندد. چنین نتیجه‌ای از روی تبلی و حتی عدم صداقت است، چون مانند این است که بگوییم هرگز توضیحی طبیعی فرا چنگ نخواهد آمد. وقتی کسی در مواجهه با پدیده‌ای عجیب ادعا کند که آن پدیده «ماوراءالطبیعی» است، معنای حرفش فقط این نیست که، اکنون، از درک آن عاجز است، بلکه می‌گوید از تلاش دست کشیده است و درک آن پدیده هیچ‌گاه ممکن نیست.

### معجزه امروز، فناوری فردا

اموری هستند که حتی بزرگ‌ترین دانشمندان امروز نیز از توضیح‌شان عاجزند. معنایش این نیست که باید با توسل به «توضیحات»ی کاذب و سخن گفتن از جادو و جنبل و ماوراءالطبیعه (که به هیچ وجه آن پدیده را توجیه نمی‌کنند)، در راه روی هر گونه تحقیق و بررسی بست. تصور کنید که اگر یکی از انسان‌های قرون وسطی (حتی باسوادترین انسان‌های آن عصر) هواپیما، لپ‌تاپ، تلفن همراه، یا دستگاه GPS می‌دید چه واکنشی نشان می‌داد؟ ممکن بود آن‌ها را ماوراءالطبیعی و معجزه‌آسا تلقی کند، در حالی که چنین چیزهایی امروزه عادی‌اند و همه جا یافت می‌شوند. ما هم از نحوه کارشان آگاهی داریم؛ چرا که ساخته دست بشرند و مطابق اصول علمی ساخته شده‌اند. هیچ نیازی هم نیست که پای جادو، معجزه، و یا ماوراءالطبیعه را وسط بکشیم. پس می‌بینید که اگر انسان قرون وسطایی چنین می‌کرد، کارش اشتباه می‌بود.

برای بیان این مطلب، نیازی هم نیست که از قرون وسطی مثال بیاوریم. اگر باندی از تبه‌کاران بین‌المللی در عصر ویکتوریا وجود می‌داشت که به گوشی همراه مجهز بود و، به کمک آن، فعالیت‌های خود را هماهنگ می‌کرد، شرلوک هلمز تصور می‌کرد که آن‌ها با هم تله‌پاتی<sup>۲</sup> دارند. در جهان شرلوک هلمز، اگر فرد مظنون به قتل رخ داده در لندن می‌توانست ثابت کند که عصر روز قتل در نیویورک بوده است بی‌گناهی‌اش ثابت می‌شد، چون در اواخر قرن نوزدهم، امکان نداشت که بتوان در یک روز هم در نیویورک بود و هم در لندن. اگر کسی ادعایی خلاف این می‌کرد، چنین برداشت می‌شد که دارد از ماوراءالطبیعه حرف می‌زند. با این حال، هواپیماهای امروزی انجام این کار را میسر ساختند. نویسنده بزرگ داستان‌های علمی-تخیلی، آرتور سی. کلارک<sup>۳</sup>، این نکته را، در قالب قانونی به نام قانون سوم کلارک، بیان کرده است: **تمايزِ میانِ فناوریِ بسیار پیشرفته از جادو ناممکن است.**

<sup>۱</sup> . Gospel of John

<sup>۲</sup> . telepathy

<sup>۳</sup> . Arthur C. Clarke



اگر ماشین زمانی بود که ما را، حدود یک قرن، به آینده می‌برد، چیزهای عجیبی می‌دیدیم که به نظرمان ناممکن می‌رسیدند؛ چیزهایی که ممکن بود آن‌ها را معجزه بیانگریم. اما از این حرف نباید نتیجه گرفت که هر چیزی که امروز ناممکن به نظر می‌آید، در آینده حتماً رخ خواهد داد. خیلی وقت‌ها، نویسندگان داستان‌های علمی-تخیلی از ماشین زمان، ماشین‌های ضد جاذبه، و یا موشک‌هایی که سرعت‌شان بیش از سرعت نور است، سخن به میان می‌آورند. اما این که تصور چنین چیزی برای ما ناممکن است به این معنی نیست که این چیزها، زمانی، به واقعیت می‌پیوندند. بعضی از چیزهایی که می‌توانیم امروزه تصور کنیم ممکن است به حقیقت بپیوندند؛ بیشترشان هم رخ نخواهند داد.

هر چه بیشتر به این امر فکر کنید، ایده معجزه ماوراءالطبیعی مهم‌تر به نظر می‌رسد. در مواجهه با چیزی که علم قادر به توجیه آن نیست، می‌توان یکی از این دو گزینه را نتیجه گرفت. یا آن پدیده اصلاً رخ نداده است (شاهد آن اشتباه کرده است، دروغ گفته است، یا کلاه سرش گذاشته‌اند) و یا این که نقصانی در علم حاضر یافته‌ایم. اگر علم امروز قادر به توجیه یک واقعه یا نتیجه یک آزمایش نبود، آن‌گاه ما نباید آرام بگیریم؛ باید از پاننشینیم تا زمانی که علم را اصلاح کنیم به گونه‌ای که قادر به ارائه توجیهی برای آن پدیده باشد. اگر لازم باشد که علمی یکسره جدید به وجود بیاوریم، علمی چنان انقلابی و دگرگون‌شده که دانشمندان گذشته هم، به سختی، آن را علم بدانند، هیچ اشکالی ندارد. این اتفاق قبلاً نیز رخ داده است. اما هیچ‌گاه آن قدر تنبل، واداد، یا ترسو نباشیم که بگوییم «این پدیده ماوراءالطبیعی است» یا «حتماً معجزه‌ای رخ داده است». به جای آن بگوییم که «این پدیده معماست»، «این پدیده عجیب است»، یا «با چالشی مواجهیم که باید برای رفع آن به پا خیزیم». چالش‌ها را این‌گونه حل و رفع می‌کنند: یا به واقعی بودن پدیده مشاهده‌شده شک می‌کنند و یا علم را به سمت افق‌هایی تازه و هیجان‌انگیز می‌گسترانند. در هر صورت، پاسخ درست و جسورانه به هر چالشی رویارویی با آن است. و تا زمانی که پاسخی مناسب برای آن معما پیدا نکرده‌ایم، هیچ ایرادی ندارد که، خیلی ساده، بگوییم: «همچنان توانایی درک این مسئله را نداریم، اما داریم برای حل آن تلاش می‌کنیم». در واقع، این یگانه کار صادقانه‌ای است که می‌توان انجام داد.

معجزه، جادو، و اسطوره می‌توانند جذاب و سرگرم‌کننده باشند؛ در سراسر این کتاب هم با آن‌ها تفریح کردیم. همه از داستان خوب خوش‌شان می‌آید؛ من هم امیدوارم از اسطوره‌هایی که در آغاز هر بخش آوردم لذت برده باشید. اما امیدوارم که از مطالب علمی لذت بیشتری برده باشید، مطالبی که در هر فصل پس از طرح اسطوره‌ها آمدند. امیدوارم شما هم با این حرف موافق باشید که حقیقت افسون خاص خود را دارد. حقیقت (منظورم از «حقیقت» بهترین و مهیج‌ترین وجه معنایی این واژه است) از تمام اساطیر، رازها و اسرار ساختگی، یا معجزات جادویی تر است. علم جادوی منحصر به خود را دارد: جادوی واقعیت.

## قدردانی

با تشکر از لالا وارد، لاورنس کراوس، سالی گامینارا، جیلیان سامرسکیلز، فیلیپ لورد، کاترینا وون، هیلاری ردمون؛ کین زتی، تام لاوس، اُون تولر، ویل ویلیامز، و سام روبرتس از مدرسه سنت پُل لندن؛ آلن تاونسند، بیل نای، الیزابت کورنول، کارولین پورکو، کریستوفر مک کی، جکلین سیمپسون، روزالیند تمپل، آندی تامسون، جان بروکمن، کیت کیتلول، مارک پیگل، مایکل آند، تود استیفل، گرگ کنگر، روبرت جیکایز، مایکل یادکین، آلیور پیپاس، زند راسل، ادوارد آشکرافت، گرگ استایکلدر، پائولا کربی، آنی کول-همیلتون، و کارکنان و دانش آموزان مدرسه موری فرث.

The page references in this index correspond to the printed edition from which this ebook was created. To find a specific word or phrase from the index, please use the search feature of your ebook reader.

- accident prone', ۲۲۶'
- Adam (and Eve), ۳۵-۷, ۵۸, ۵۹, ۲۲۰
- agriculture, ۴۶
- aliens: abduction by, ۱۸۲-۶; fictional, ۱۸۱, ۱۹۳-۴; life on other planets, ۱۴-۱۵, ۱۸۶-۹۳; myths and legends, ۱۸۰-۱, ۱۸۵-۶; vision, ۱۹۴-۸
- allergies, ۲۳۳-۴
- amphibians, ۵۰
- ancestors, ۳۸-۴۳, ۴۶-۵۰, ۵۲-۳, ۷۰
- Andersen, Hans Christian, ۱۹
- Anguilla, ۶۶-۷, ۶۸
- ant lion, ۲۲۷-۸
- apes, ۴۸-۹, ۶۰, ۷۲
- aphelion, ۱۱۵-۱۶, ۱۱۸, ۱۲۰
- Applewhite, Marshall, ۱۸۱
- Arctic tern, ۱۰۷
- Asclepius, ۲۱۸
- asteroids, ۱۳۶-۷
- astrology, ۲۱۹
- Atlas, ۱۶۳
- atomic number, ۹۲, ۱۷۱
- atoms: compounds, ۷۹-۸۰; crystals, ۸۰-۳, ۸۸; elements, ۷۹; inside the atom, ۸۵-۹۱; knowledge of, ۱۵, ۷۹; mass, ۹۱-۲, ۹۳; models, ۸۶-۸; nucleus, ۸۷-۹, ۹۱-۳; radioactive isotopes, ۴۴; splitting, ۸۶
- Australian aborigines, ۱۰۰-۲
- Aztec religion, ۱۲۴-۶
- Babel, Tower of, ۵۶, ۶۱-۲
- bacteria, ۱۲-۱۳, ۶۵, ۹۶, ۱۴۰, ۲۳۰-۱, ۲۳۵
- bad things, ۲۱۶-۱۷, ۲۲۰-۳, ۲۲۶-۷
- Barotse tribe, ۱۲۴
- bats, ۱۵۷, ۱۹۷
- Beagle*, HMS, ۶۷
- big bang model, ۱۶۴-۵, ۱۷۷

birds, 50, 57, 107, 140, 197  
Blackmore, Sue, 185  
Bohr, Niels, 87  
Boshongo myth, 162  
Brahma, 163  
breeding: between different species, 42, 59, 65, 68-9; gene pools, 73-5; horses and  
donkeys, 42, 59, 65; interbreeding, 47, 49, 71; Mendel's experiments, 16-17; natural selection,  
30-1; selective, 28-9  
Brown, Derren, 20  
Buckyballs and Buckytubes, 94-5  
cancers, 234-5  
carbon, 79, 80-1, 88, 92-3, 94-5  
carbon-14, 46, 93  
cards, shuffling and dealing, 25-6, 251-2  
carnivores, 72, 139-40, 142  
Cassini space probe, 116  
chameleon, 217  
chance, 23-6, 220-1, 223-5  
chimpanzees, 18, 48, 51, 52-3, 72  
Chinese myths, 162-3  
chlorine ions, 82  
chromosomes, 17, 51  
Chumash people, 148-9  
Clancy, Susan, 182  
Clarke, Arthur C., 256  
clocks and watches, 243-4  
clouds, 141-2  
coaches, 19, 23-4, 26, 31, 238-9, 253  
coal, 141-2, 192  
Coatllicue, 125-6  
coin tossing, 222, 224-6  
coincidence, 238, 241-3, 251  
colours, 90, 151-8, 169-72, 176  
comets, 115-17, 181  
Conan Doyle, Sir Arthur, 246-7  
conjurors, 20-1, 252

continental drift, 208, 210  
 continents, 205-9, 210, 212  
 convection currents, 211-12, 213  
 Crick, Francis, 17-18  
 cricket, 224-6  
 crystals, 80-3, 84, 88, 90  
 Darwin, Charles: on evolution, 27, 29-30; Galapagos visit, 67-8; on natural selection, 29-30, 74, 227, 229; tree picture, 60-1, 64  
 dates, 45-6, 93  
 day-night cycle, 100-2, 106-7  
 death, 217  
 Demeter, 102-3  
 Democritus, 79  
 Devil, 220, 247  
 dialects, 62, 64, 71  
 diamond, 80-1, 82, 88  
 dinosaurs, 12, 13, 14, 50, 137  
 disease, 217-20, 231-5  
 distance, measuring, 166-8  
 diversity, 57-8  
 DNA, 16-18, 50-3, 64-5, 67, 70, 73  
 Dogon tribe, 217  
 dogs, 18, 59, 156, 217, 233  
 dolphins, 72, 149, 197  
 Doppler, Christian, 175-6  
 Doppler shift, 173, 175-6, 188  
 dreams, 184, 241-3  
 Dreamtime, 100  
 duck-billed platypus, 49, 198  
 dust mites, 96  
 Earth: axis, 104-5, 111, 118-20; centre, 85, 212; convection currents, 212, 213; orbit, 103, 108-9, 115, 118-19, 134, 166-7, 191; sea-floor spreading, 210-12; spinning, 103-5; tectonic plates, 209-14, 223  
 earthquakes: causes, 208, 213-14, 223; diseases, 219; experiences of, 200-1; myths, 202-5  
 Eden, 36  
 Egyptian religion, 127

electrons, 117–9, 91–3, 171  
elements, 78, 79, 92–3, 133–4, 170–2  
ellipses, 113–15, 117  
emotions, 18  
energy, 138–43  
Eta Carinae, 130, 133–4  
Europa, 190, 191  
evaporation, 141  
evolution: auto-immune diseases, 235; Galapagos islands, 67–71; gene pools, 74–5;  
gradual, 26–7; languages, 57, 63–5, 66, 68, 71; natural selection, 30–1, 68, 70, 75, 227–9;  
pregnancies, 233; selective breeding, 28–9; tree picture, 61  
eyes, 194–7  
faces, seeing, 240  
fairies, photographs of, 245–6  
fairy godmother, 23–4  
false memory syndrome, 183, 185  
Fatima, miracle of, 247–9  
Feynman, Richard, 243  
fish, 40–1, 43, 48, 50, 66, 198  
fossils, 13, 43–5, 60, 93  
Franklin, Rosalind, 18  
frogs, 23, 26, 27–31, 50, 52, 66  
fungi, 140, 230  
Galapagos islands, 67–71  
galaxies, 13, 14, 165–8, 172–3, 176–7  
gas giants, 190  
gases, 79, 83, 85, 89  
gene: flow, 64, 66, 73; pool, 73–5  
genes, 16–17, 29–30, 51–3, 68, 71, 73–5  
genus, 59–60  
ghost stories, 240–1  
Gilgamesh, 146–8, 149  
Gliese 581, 191–2  
gold, 79, 81, 82, 192  
Goldilocks zone, 191–3  
Gondwana, 206

gravity, 109, 111–12, 115–16, 129–32, 141, 192  
Greek: medicine, 218–19; myths, 102, 127, 163  
    Griffiths, Frances, 245–6  
    Grimm, the Brothers, 19  
        Hades, 102–3  
Haiti, earthquake, 200, 214  
    Hale–Bopp comet, 181  
    Halley’s Comet, 117  
hallucinations, 184, 249, 250–1  
    health, 219  
    Heaven’s Gate cult, 181  
Hebrew myths, *see* Jewish myths  
    Helios, 116, 127, 131  
    helium, 131, 132, 133  
    herbivores, 139–40, 142  
    heredity, 16  
    hibernation, 108  
Himalayas, formation, 207, 213  
    Hippocrates, 218–19  
    60–3–42 *Homo erectus*,  
    60–59, 3–42 *Homo sapiens*,  
    Hopi people, 57  
    Hubble, Edwin, 173  
    Hubble shift, 173  
    Hubble telescope, 14, 173  
    Huitzilopochtli, 125–6  
Hume, David, 244–5, 246, 248, 250–2  
    humours, four, 219  
    hunter-gatherers, 46–7  
hydrogen: atom, 92; element, 79; octane, 94; stars, 129, 131–2, 133  
    iguanas, 66–70  
    immune system, 231–5  
    Inca religion, 124, 126  
    incubus, 185–6  
    Indian myths, 163  
    insects, 57, 69, 157, 195

ions, 82  
 iron, 79, 81, 82, 85, 88, 133-4, 192  
 islands, 65-71  
 isotopes, 44-5, 93  
 Jackson, Michael, 240, 241  
 Japan: earthquake and tsunami, 200-1; earthquake myths, 204  
 Jericho, walls of, 202-3  
 Jesus, 239, 252, 253-4  
 Jewish myths: Adam and Eve, 35-6, 58, 220; creation, 58, 127; naming the animals, 59;  
 Noah's Ark, 147-8; Sodom and Gomorrah, 202; Tower of Babel, 56  
 Jupiter, 129, 135, 136, 188, 190  
 Kepler, Johannes, 113, 134  
 lakes, 66, 69, 71  
 languages, 56-7, 61-5, 66, 71, 74  
 Law of Averages', 224-5  
 lead, 79, 81, 86, 88, 92, 134  
 lead-206, 45  
 Lear, Edward, 78  
 leaves, 138-9, 141, 143  
 lemurs, 49, 60  
 light: beams, 90; spectrum, 151-3, 154-9, 168-73; speed of, 14; wavelength, 156-8, 169,  
 171, 196-7; waves, 176  
 liquids, 83-4, 89  
 Lourdes, 218  
 Lowell, Percival, 191  
 luck, 223-6  
 lunar cycles, 121  
 magic: poetic, 19, 21; stage, 19, 20; supernatural, 19, 20, 25, 238  
 Magic Circle, 20  
 mammals, 49-50, 51-3, 60, 72, 107-8, 233  
 Maori myths, 204  
 Mars, 129, 136, 190  
 mass, 91-2  
 Maya religion, 124, 126  
 Mayr, Ernst, 57  
 memories, false, 183, 185



Mendel, Gregor, 16–17, 18  
     mercury, 79, 85  
     metals, 79  
     meteors, 136–7  
     methane, 85  
 Mexican Wave, 174  
     mice, 51, 52, 71  
 microscopes, 18, 86, 95, 96, 230  
     migration, 107–8  
 Milky Way, 14, 35, 148–9, 165–6, 172  
 miracles: definition, 244; examples, 244–5, 251–5; Fatima, 247–9; Jesus's, 239, 252–4;  
     playing cards, 25, 251–2; photographs of fairies, 245–6; rumours and traditions, 239–41;  
     supernatural magic, 19, 238; technology and, 255–7; witch trials, 247  
     mirrors, 90  
     models, 15–18, 22, 86–8, 164, 177  
 molecules: atoms in, 80; Buckyballs and Buckytubes, 94–5; colours, 171; diamond  
 crystal, 80, 88; fossils, 44; immune system, 233; miracles, 253; movement, 83–4; waves, 173–4  
     molybdenum, 79  
     monkeys, 48–9, 52, 60  
 moon, 121, 124, 128, 189, 192–3  
     multiverse, 165  
     myoglobin, 95  
     naphthalene, 94  
 natural selection, 30–1, 68, 70, 75, 193, 227–9  
     Navajo people, 57  
     neutron star, 193  
     neutrons, 91–3  
     New Guinea, 57, 205  
 New Zealand: earthquake myths, 204; earthquakes, 201  
     Newton, Sir Isaac, 109, 151–3, 154, 168–9  
     newts, 28–30, 31, 50  
     Nigerian myths, 124, 163  
     Noah's Ark, 147–8  
     Norse myths, 37, 127, 149  
     North American myths, 57, 102  
 nucleus, nuclei, 87–9, 91–2, 171, 193

oases, 58, 66, 69, 71  
 octane, 94  
 orbits: comets, 115-16, 117; Earth's orbit, 103, 108-9, 115, 118-19, 134, 166-7, 188, 191;  
 ellipses, 113-14, 117; planets, 109-11, 117, 129, 130-1, 134-5, 187-9; satellites, 111; space station  
     in, 106, 111-12  
 original sin, 36-7  
 ozone, 80  
 Pan Gu myths, 162-3  
 parallax method, 166-8  
 paranoia, 229-30  
 parasites, 140, 228, 230-2, 234  
 peat, 140-1  
 Penn and Teller, 20  
 perihelion, 116, 117, 118, 120  
 Persephone, 102-3  
 photons, 90, 121  
 pilgrimage, 218  
     226 *Pink Panther, The*,  
 planets: detecting, 187-9; distance from star, 191; extra-solar, 187, 189-90, 191;  
 gravitational pull, 129, 192-3; life on other planets, 186-7, 193-8; mass, 192; orbits, 109-11, 117,  
     129, 130-1, 134-5, 187-9; size, 129, 192; temperature, 85, 191  
 plate tectonics, 205, 208-11, 223  
 Pluto, 115, 117, 118, 135  
 Pollyanna's Law, 222, 229  
 Pompeii and Herculaneum, 214  
 potential energy, 142  
 predators, 228-9, 230  
 pregnancy, 232-3  
 Presley, Elvis, 239, 241  
 prisms, 151-3, 154, 168-9  
 protons, 91-3, 171  
 Proxima Centauri, 14, 128, 130  
 Pueblo people, 57  
 pyramids, 126-7  
 quarks, 93  
 Quetzalcoatl, 125

radar, 197-8  
radio telescope, 13, 15, 158  
radio waves, 13, 158, 196-7; modulated, 197  
radioactive clocks, 45-6  
rainbow: myths, 147-9; real magic, 150-1; spectrum, 152-3, 154-6, 156-9, 168  
raindrops, 153-6  
Randi, James 'The Amazing', 20  
red: dwarf, 191; giant, 132; shift, 173, 176, 188  
relative movement, 103-5  
reptiles, 50  
rivers, 141  
rocks: age of, 44-5; hardness, 88-9; igneous, 43-4; opacity, 90; pointy, 223; sedimentary,  
43-4, 82; types, 43-4  
Rowling, J. K., 19  
rumours, 239-41, 248  
Rutherford, Ernest, 86, 87  
Salem witch trials, 247  
Salish tribe, 163  
salt, 82-3  
San Andreas Fault, 201-2, 214  
San Francisco earthquake, 201  
sand, 82  
satellites, 111  
Saturn, 85, 116, 136  
scallops, 196  
scavengers, 140  
sea-floor spreading, 210-12  
seasons, 102, 108-9, 118-21  
selective breeding, 28  
Shinto religion, 124  
shooting stars, 136-7  
Siberian myths, 204  
simulation, computer, 16  
sleep paralysis, 183-5  
sodium: ions, 82; light, 170-2  
Sodom and Gomorrah, 202

Sod's Law, 221-2, 227, 228-9  
     solar wind, 117  
 solids, 84-5, 88-9, 90, 175  
     sonar, 197  
 sound: speed of, 14; wavelength, 156-7, 158, 175-6; waves, 173-6  
     space station, 106, 111-13  
     species, 42-3, 59-61, 64-72, 73-5  
 spectroscopy, 168-9, 171, 178, 187, 188  
 spectrum, 151-3, 154-9, 168-73, 176  
 spiders: jumping, 195; webs, 227-8  
     standard candles, 167-8, 176  
     stardust, 133-4  
     starlight, 138, 168-71  
 stars: distances away, 12, 166-7; galaxies, 14, 165-6; gravitational pull, 129; life story of a  
     star, 131-2; neutron, 193; planetary orbits, 134-5; shooting stars, 136-7; size, 129, 130, 131;  
     supernovas, 133-4; temperature, 129-30  
         183, 181 *Star Trek*,  
         steady state model, 164  
         steam engines, 141, 142  
         subduction, 213  
         succubus, 185-6  
         sugar, 138-9, 142-3  
         Sumerian myths, 146-9  
     summer, 100, 102-3, 107-9, 118-21  
 sun: day and night, 106-7, 118-20; gravitational pull, 129; importance for life, 137-43;  
 life story of a star, 131-2; myths, 100-3; planetary orbits, 109, 115, 117, 118-19, 134-5, 166; solar  
     wind, 117; star, 128, 130, 131, 165; summer and winter, 103, 107, 118-21; worship, 124-7  
     supernovas, 133-4, 135  
     Tahltan people, 102  
     Tasmanian origin myths, 34-5  
     tectonic plates, 208-9, 209-11, 223  
 telescopes: curved mirror, 196; detecting reality, 18; Hubble, 173; observing stars, 132,  
     188; photographs, 158; radio, 13, 158; as time machines, 14-15; X-ray, 13, 158  
     Tezcatlipoca, 125  
     Thomson, J. J., 87  
 time: beginning of, 164-5; measuring, 44-6, 100

time machine, 14, 46-9, 256  
     Tiv tribe, 124  
     Tlaloc, 125  
 tossing a coin, 222, 224-6  
     tradition, 241  
     tsunami, 200-1, 223  
 universe: alien life forms, 180-1; big bang, 164-5, 177; distances, 166-7; expanding, 177;  
     laws of, 252-3; observable, 164-5; origin myths, 162-4  
     uranium, 92, 134  
     uranium-238, 44-5, 46  
     Utnapashtim, 146-8  
     vaccination, 232  
     Venus, 116, 132  
     Vesuvius, eruption, 214  
     viruses, 227, 230, 234  
     Vishnu, 163  
     vision, 194-7  
 volcanoes, 43, 67, 69-70, 212, 214  
     watches, 243-4  
 water on other planets, 190-2  
     water wheels, 141-2, 143  
     Watson, James, 17-18  
     Wegener, Alfred, 208-9, 210  
     weightlessness, 111-12  
 West African legends, 124, 149, 204-5, 217  
     whales, 18, 58, 72, 157, 197  
     white dwarf, 133  
     Wilde, Oscar, 216  
     Wilkins, Maurice, 18  
     wind, 90, 173, 213, 229  
 winter, 100, 102-3, 107-9, 118-21  
     Wittgenstein, Ludwig, 105  
     Wright, Elsie, 245-6  
 X-rays, 18, 157, 158, 167, 196-7  
     Zulu creation myth, 163

## درباره نویسنده و تصویرگر

**ریچارد داوکینز**، نخست، با کتاب موفق خود، *ژن خودخواه*، به شهرت رسید. پس از آن، کتاب‌های پرفروش دیگری هم به چاپ رساند که کتاب منحصر به فرد *پندار خدا* یکی از آنهاست. *جادوی واقعیت* نخستین کتاب *داوکینز* است که برای مخاطبی کم سن و سال‌تر و عام‌تر نوشته شده است. نسخه اصلی کتاب، با تصاویر رنگی‌اش، از همان چاپ اول، پرفروش شد. *داوکینز* یکی از همکاران انجمن سلطنتی و، همچنین، انجمن سلطنتی ادبیات است و جوایز بسیاری را از آن خود کرده است. او، تا سال ۲۰۰۸، از اساتید دانشگاه آکسفورد بود و هم‌اکنون نیز با نیو کالج همکاری دارد. همچنین، متن چند مستند تلویزیونی را نوشته و مجری‌شان بوده است؛ از این جمله‌اند: *تابه‌ای به نام چارلز داروین* (که *نبوغ چارلز داروین* هم ترجمه شده است) در سال ۲۰۰۸ و *خطر مدرس دینی* در ۲۰۱۰.

**دیو مک‌کین** تصویرگری و طراحی کتاب‌ها و رمان‌های جایزه‌گرفته زیادی را بر عهده داشته است. او پدیدآورنده صدها آلبوم، کتاب، و داستان کُمیک است و طراحی شخصیت‌های دو تا از فیلم‌های هری پاتر را بر عهده داشته است. *دیو مک‌کین* دو فیلم سینمایی را نیز کارگردانی کرده است: *ماسک آینه* و *لونا*.