جهان ریاضیِ ما

جست‌وجوی من در پی ماهیتِ غاییِ واقعیت

مکس تگمارک

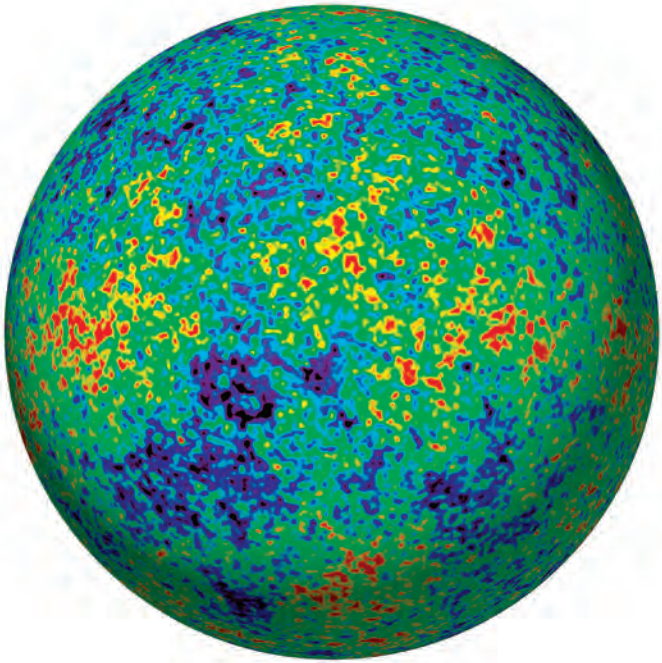
(استاد MIT)

ترجمهٔ

میثم محمدامینی

فرهنگ نشرنو

با همکاری نشر آسیم



فهرست

چند نکته دربارهٔ ترجمه / یازده

۱. واقعیت چیست؟ / ۱
آن‌طور که به نظر می‌رسد نیست / ۱
پرسش غایی چیست؟ / ۷
سفر آغاز می‌شود / ۱۲

بخش اول: نگاه از دور

۲. جایگاه ما در فضا / ۲۳
پرسش‌های کیهانی / ۲۳
فضا چقدر بزرگ است؟ / ۲۵
اندازهٔ زمین / ۲۹
فاصله تا ماه / ۳۰
فاصله تا خورشید و سیارات / ۳۲
فاصله تا ستاره‌ها / ۳۴
فاصله تا کهکشان‌ها / ۴۰
فضا چیست؟ / ۴۲

۳. جایگاه ما در زمان / ۴۹
منظومهٔ خورشیدی ما از کجا آمده؟ / ۵۰
کهکشان‌ها از کجا آمده‌اند؟ / ۵۹
این ریزموج‌های رازآمیز از کجا آمده‌اند؟ / ۷۳
اتم‌ها از کجا آمده‌اند؟ / ۹۳

۴. جهان ما در قالب اعداد / ۱۰۱
تحت تعقیب: کیهان‌شناسی دقیق / ۱۰۲
اندازه‌گیری دقیقِ افت‌وخیزهای پس‌زمینهٔ ریزموج / ۱۰۶
خوشه‌سازی کیهانی با اندازه‌گیری‌های دقیق / ۱۱۸
نقشهٔ نهایی جهان ما / ۱۳۰
مه‌بانگ ما از کجا آمده؟ / ۱۳۹

۵. خاستگاه‌های کیهانی ما / ۱۴۳
مه‌بانگ ما چه ایرادی دارد؟ / ۱۴۴
طرز کار تورم / ۱۵۱
نعمتی که مواهبش همچنان ادامه دارد / ۱۵۹
تورم همیشگی / ۱۶۵

۶. به چندجهانی خوش آمدید / ۱۷۹
چندجهانیِ سطح I / ۱۷۹
چندجهانیِ سطح II / ۱۹۹
جمع‌بندیِ بین‌دونیمهٔ چندجهانی / ۲۲۶

بخش دوم: نگاه از نزدیک

۷. لِگوهای کیهانی / ۲۳۵
لِگوهای اتمی / ۲۳۶
لِگوهای هسته‌ای / ۲۳۹
لِگوهای فیزیک ذرات / ۲۴۱
لِگوهای ریاضی / ۲۴۴

لگوهای فوتونی / ۲۴۹
فراتر از قانون؟ / ۲۵۱
کوانتوم‌ها و رنگین‌کمان‌ها / ۲۵۴
به راه انداختنِ امواج / ۲۵۷
غرابتِ کوانتومی / ۲۶۲
فرو ریختن اجماع / ۲۶۴
غرابت را نمی‌توان محدود کرد / ۲۶۸
سردرگمی کوانتومی / ۲۷۰

۸. چندجهانی سطح III / ۲۷۳
چندجهانیِ سطح III / ۲۷۵
تصور باطلِ تصادفی بودن / ۲۸۴
سانسور کوانتومی / ۲۹۲
خوشی‌های واگذار کردن رقابت / ۳۰۰
چرا مغزتان رایانهٔ کوانتومی نیست؟ / ۳۰۴
سوژه، ابژه و محیط / ۳۰۹
خودکشی کوانتومی / ۳۱۶
نامیراییِ کوانتومی؟ / ۳۲۳
وحدت چندجهانی‌ها / ۳۲۶
دیدگاه‌های متغیر: دنیاهای متعدد یا کلمات متعدد؟ / ۳۳۵

بخش سوم: گامی به عقب

۹. واقعیت درونی، واقعیت بیرونی و واقعیت اجماعی / ۳۴۵
واقعیت بیرونی و واقعیت درونی / ۳۴۷
حقیقت، تمام حقیقت و فقط حقیقت / ۳۴۹
واقعیت اجماعی / ۳۵۱
فیزیک: پیوند دادن واقعیت بیرونی با واقعیت اجماعی / ۳۵۵

۱۰. واقعیت فیزیکی و واقعیت ریاضی / ۳۶۱
ریاضی، ریاضی همه‌جا! / ۳۶۶

فرضیهٔ جهان ریاضی / ۳۷۷
ساختار ریاضی چیست؟ / ۳۸۷

۱۱. آیا زمان خیالی باطل است؟ / ۴۰۳
چطور ممکن است واقعیتِ فیزیکیْ ریاضی باشد؟ / ۴۰۴
شما چه هستید؟ / ۴۱۶
کجا هستید؟ (و چه ادراک می‌کنید؟) / ۴۳۱
شما کِی هستید؟ / ۴۴۴

۱۲. چندجهانی سطح IV / ۴۷۳
دلیل عقیده‌ام به چندجهانی سطح IV / ۴۷۳
کاوش در چندجهانی سطح IV: آن بیرون چه هست؟ / ۴۷۹
استلزام‌های چندجهانی سطح IV / ۴۹۸
آیا ما در یک شبیه‌سازی زندگی می‌کنیم؟ / ۵۱۳
رابطهٔ میان فرضیهٔ جهان ریاضی، چندجهانی سطح IV و فرضیه‌های دیگر / ۵۱۹
آزمودن چندجهانی سطح IV / ۵۲۰

۱۳. زندگی، جهان ما و همه‌چیز / ۵۳۱
واقعیت فیزیکی ما چقدر بزرگ است؟ / ۵۳۱
آیندهٔ فیزیک / ۵۴۲
آیندهٔ جهان ما ــ چطور پایان خواهد یافت؟ / ۵۴۳
آیندهٔ حیات / ۵۵۰
آیندهٔ شما ــ آیا شما بی‌اهمیتید؟ / ۵۸۲

سپاسگزاری / ۵۹۳
پیشنهادهایی برای مطالعهٔ بیشتر / ۵۹۵
نمایه / ۶۰۳

۱

واقعیت چیست؟

...درخت‌ها، بیش از هرچیز، از هوا ساخته شده‌اند. وقتی سوزانده می‌شوند دوباره به هوا بازمی‌گردند، و با حرارت سوزان شعله، حرارت سوزانِ خورشید آزاد می‌شود که برای تبدیل هوا به درخت درونش محبوس شده بود. و در خاکسترش آن بخش کوچکی به جا مانده که نه از هوا بلکه از زمینِ سخت آمده.

ـــ ریچارد فاینمن[1]

هوراشیو، در زمین و آسمان بسا چیزها هست که در فلسفه‌تان به خواب هم ندیده‌اند.

ـــ ویلیام شکسپیر[2]، هملت، پردهٔ ۱، صحنهٔ ۵

آن‌طور که به نظر می‌رسد نیست

یک ثانیه بعد مُردم. دیگر پا نزدم و ترمز گرفتم، اما خیلی دیر بود. چراغ‌های جلو. جلوپنجره. چهل تُن فولاد که مانند اژدهایی امروزی خُرناسی هولناک می‌کشید. وحشت را در چشم‌های رانندهٔ کامیون دیدم. احساس کردم زمان کُند شد و زندگی‌ام از پیش چشم‌هایم گذشت، و آخرین فکرم در زندگی این

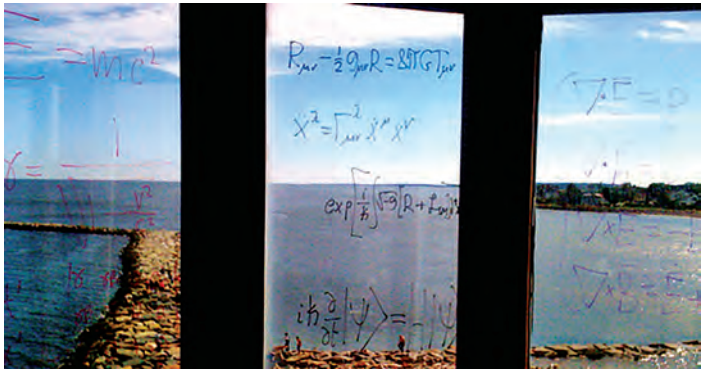
1. Richard Feynman
2. William Shakespeare, *Hamlet*

بود: «کاش همه‌اش کابوس باشد.» افسوس، با تمام وجود حس می‌کردم که واقعی است.

اما چطور می‌توانستم کاملاً مطمئن باشم که خواب نمی‌بینم؟ چه می‌شد اگر درست پیش از برخورد، متوجه چیزی می‌شدم که جز در رؤیا ممکن نبود رخ بدهد، مثلاً اینکه معلمِ مرده‌ام، اینگرید، سالم و سرحال تَرک دوچرخه‌ام نشسته است؟ یا چه می‌شد اگر پنج ثانیه قبلش در گوشهٔ بالا سمت چپِ میدانِ بینایی‌ام پنجره‌ای ظاهر می‌شد با این پیام متنی که «آیا مطمئنید که گرداندنِ نگاهتان از این زیرگذر بی نگاه کردن به سمت راست فکر خوبی است؟» که زیرش دکمه‌های «ادامه» یا «لغو» می‌بود که می‌شد رویشان کلیک کرد؟ اگر فیلم‌هایی مثل مِیتریکس[1] و طبقهٔ سیزدهم[2] زیاد نگاه کرده بودم، شاید به این فکر می‌افتادم که نکند کل زندگی‌ام نوعی شبیه‌سازیِ رایانه‌ای بوده، و بعضی از اساسی‌ترین پیش‌فرض‌هایم دربارهٔ ماهیت واقعیت را زیر سؤال می‌بردم. اما اصلاً چنین تجربه‌هایی نداشتم و در حالی مُردم که مطمئن بودم مشکلم واقعی است. اصلاً می‌شود چیزی سفت‌تر و واقعی‌تر از یک کامیونِ چهل‌تُنی باشد؟

اما چنین نیست که همه‌چیز همان‌طور باشند که در نگاه اول به نظر می‌آیند، و این قضیه حتی در مورد کامیون‌ها و خود واقعیت صادق نیز است. چنین نظراتی فقط از ذهن فیلسوف‌ها و نویسنده‌های داستان‌های علمی‌تخیلی درنمی‌آید، بلکه حاصل آزمایش‌های فیزیک هم هست. یک قرنی هست که فیزیکدانان می‌دانند بیشترِ فولادِ جامد درواقع فضای خالی است، زیرا هسته‌های اتمی‌ای که 99.95% جرم آن را تشکیل می‌دهند گلوله‌های کوچکی هستند که فقط 0.0000000000001% حجم را اشغال می‌کنند، و این خلأِ تقریبی فقط به این علت جامد احساس می‌شود که نیروهای الکتریکی‌ای که این هسته‌ها را سر جای خود نگه می‌دارند خیلی قوی‌اند. به‌علاوه، اندازه‌گیری‌های دقیقِ ذراتِ زیراتمی آشکار کرده‌اند که این ذرات

1. *Matrix* 2. *The Thirteenth Floor*



شکل ۱.۱: وقتی با عینک معادله‌های فیزیک به واقعیت نظر می‌کنیم، می‌بینیم که این معادلات الگوها و قاعده‌مندی‌هایی را توصیف می‌کنند. اما از نظر من، ریاضیات چیزی بیش از پنجره‌ای رو به جهان بیرون است: در این کتاب، می‌خواهم از این ادعا دفاع کنم که جهانِ فیزیکیِ ما نه‌تنها با ریاضیات توصیف می‌شود، بلکه اصلاً ریاضیات است: دقیق‌تر بگویم، نوعی ساختار ریاضی است.

ظاهراً می‌توانند در یک لحظهٔ واحد در چند جای مختلف باشند، و این معمای مشهوری است در دل فیزیکِ کوانتومی (در فصل ۷ به آن خواهیم پرداخت). اما من نیز از همین ذرات ساخته شده‌ام، پس اگر آنها می‌توانند در آنِ واحد در دو جا باشند، آیا من هم نمی‌توانم همین‌طور باشم؟ درحقیقت، حدود سه ثانیه قبل از تصادف، ناخودآگاه داشتم به این فکر می‌کردم که آیا فقط به سمت چپ نگاه کنم ــ که همیشه در مسیرم به بلاک‌بریس یوماناسیوم[1]، دبیرستان سوئدی‌ام، به آن سو می‌پیچیدم، چون تقریباً هیچ‌وقت سرِ آن چهارراه شلوغ نبود ــ یا محض احتیاط به سمت راست هم نگاه کنم. تصمیمِ ناگهانیِ بدعاقبتم در آن صبح در سال ۱۹۸۵ به آنجا ختم شد که خطر بسیار بزرگی از بیخ گوشم گذشت. دست آخر همه‌چیز وابسته بود به اینکه آیا یک تک‌اتم کلسیم وارد یک پیوندِ سیناپسیِ خاص در قشرِ پیش‌پیشانیِ مغزم می‌شود یا خیر، تا سبب شود سلول عصبیِ خاصی سیگنالی الکتریکی صادر

1. Blackebergs Gymnasium

کند که محرک مجموعهٔ کاملی از فعالیت‌ها در دیگر سلول‌های عصبیِ مغزم شود که برایند همگی در این جمله خلاصه می‌شد: «بی‌خیال.» پس اگر آن اتم کلسیم در یک لحظه از دو مکان قدری متفاوت حرکتش را شروع می‌کرد، آن‌گاه یک ثانیه بعد، مردمک‌های من همزمان به دو جهت مخالف نگاه می‌کردند، و دو ثانیه بعد دوچرخه‌ام در یک لحظه در دو جای مختلف می‌بود، و کمی بعدش هم من در آنِ واحد هم مرده می‌بودم هم زنده. پیشروان فیزیک کوانتومی در جهان با شور و حرارت در این باره بحث می‌کنند که آیا چنین چیزی واقعاً رخ می‌دهد و جهان ما را عملاً به دو دنیای موازی با سوابق و تاریخ‌های متفاوت تقسیم می‌کند، یا آیا اصطلاحاً معادلهٔ شرودینگر، قانون عالیِ حرکت کوانتومی، را باید به نحوی تکمیل و اصلاح کرد. پس آیا من واقعاً مُردم؟ در این جهانِ خاص، به‌زحمت جان به‌در بردم، اما آیا در جهان دیگری همین اندازه واقعی، که آنجا این کتاب هرگز نوشته نشده، مُردم؟ اگر من، هم مرده باشم هم زنده، آیا می‌شود برداشتمان را از اینکه واقعیت چیست طوری اصلاح کنیم که همهٔ این چیزها معقول بنماید؟

اگر احساس می‌کنید چیزی که الآن گفتم بی‌معنی است و فیزیک مسائل را بی‌جهت پیچیده و سخت کرده، وقتی در نظر بگیریم که خود من شخصاً چه دریافت و ادراکی از این حادثه داشتم، وضع حتی از این هم بدتر می‌شود. اگر من در این دو مکان مختلف در دو جهان موازی باشم، آن‌گاه یک نسخه از من زنده خواهد ماند. اگر در مورد تمام حالت‌های مختلفی که ممکن است در آینده بمیرم همین استدلال را به کار بگیرید، آن‌گاه به نظر می‌رسد که همیشه دست‌کم یک جهان موازی خواهد بود که در آن هرگز نخواهم مُرد. با در نظر داشتن اینکه آگاهی‌ام فقط آنجایی که زنده هستم وجود دارد، آیا این به معنای آن است که از منظر سوبژکتیو احساس جاودانی بودن خواهم داشت؟ اگر این‌طور باشد، آیا شما هم از منظر سوبژکتیو خود را جاودانی و نهایتاً پیرترین آدم روی زمین می‌یابید؟ در فصل ۸ به این پرسش‌ها پاسخ می‌دهیم.

آیا تعجب کرده‌اید از اینکه فیزیک نشان داده واقعیتِ ما از آنچه خیال می‌کردیم به‌مراتب عجیب‌تر است؟ خب، راستش این موضوع خیلی هم عجیب نخواهد بود اگر تکامل داروینی را جدی بگیریم! تکاملْ شهودی به ما داده که فقط برای درک آن جنبه‌هایی از فیزیک به کار می‌آید که برای اجدادِ دورمان ارزش بقا داشته‌اند، مثل مسیرهای سهمی‌شکلِ سنگ‌های پرتاب‌شده (همین علاقهٔ شدید ما به بیسبال را توضیح می‌دهد). زنِ غارنشینی که سخت مشغول فکر کردن در این باره است که ماده نهایتاً از چه ساخته شده احتمالاً متوجه ببری نمی‌شود که نرم و آهسته از پشت دارد به او نزدیک می‌شود، و در چشم‌برهم‌زدنی از خزانهٔ ژنتیکی حذف می‌شود. درنتیجه، نظریهٔ داروین این پیش‌بینیِ آزمون‌پذیر را دارد که هرگاه از فناوری استفاده کنیم تا به واقعیتِ فراتر از مقیاس انسانی نگاهی بیندازیم، شهودِ حاصل تکاملمان فرومی‌پاشد. این پیش‌بینی را بارها آزموده‌ایم، و نتیجهٔ این آزمون‌ها حمایت قاطع از نظریهٔ داروین بوده است. آینشتاین دریافت که در سرعت‌های بالا زمان کُند می‌شود و برای پیرمردهای عنقِ کمیتهٔ سوئدیِ نوبل این فکر چنان عجیب و غریب بود که از اهدای جایزهٔ نوبل به خاطر نظریهٔ نسبیت به او خودداری کردند. در دماهای پایین، هلیومِ مایع می‌تواند سربالا برود. در دماهای بالا، ذراتی که به هم برخورد می‌کنند ممکن است هویت دیگری پیدا کنند. از نگاه من، اینکه الکترونی به یک پوزیترون برخورد کند و به بوزونِ Z تبدیل شوند همان‌قدر شهودی است که دو اتومبیل به هم بخورند تبدیل به یک کشتی کروز بشوند. در مقیاس میکروسکوپی، ذرات در حالتی اسکیزوفرنی‌وار همزمان در دو مکان مختلف ظاهر می‌شوند و دردسرهای کوانتومی‌ای را به وجود می‌آورند که در بالا اشاره شد. چندان غیرمنتظره نباید باشد که در ابعاد بزرگِ نجومی، باز هم چیزهای عجیب و غریب می‌بینیم: اگر شما همهٔ جنبه‌های سیاهچاله‌ها را به‌طور شهودی می‌فهمید، فکر می‌کنم متعلق به گروه اقلیتی تک‌نفره باشید، و باید همین حالا این کتاب را زمین بگذارید و یافته‌هایتان را منتشر کنید، پیش از اینکه کسی روی دستتان بلند

شود و جایزهٔ نوبل برای گرانش کوانتومی را به دست آورد. مقیاس دید را از این هم بزرگ‌تر کنید، می‌بینید که غرایب دیگری در انتظارتان است، با واقعیتی به‌مراتب بزرگ‌تر از هرآنچه با بهترین تلسکوپ‌هایمان می‌توانیم ببینیم. چنان‌که در فصل ۵ بررسی خواهیم کرد، نظریهٔ پیشرو دربارهٔ اینکه در آغاز چه اتفاقی افتاد تورم کیهانی[1] خوانده می‌شود، و می‌گوید صرفاً این‌طور نیست که فضا چیزِ خیلی‌خیلی بزرگی باشد، بلکه درحقیقت نامتناهی است و بی‌نهایت کپیِ دقیق از شما را شامل می‌شود، و حتی به تعداد بیشتر، کپی‌های نسبتاً شبیه از شما را در خود دارد که هر شکل متفاوتِ ممکن از زندگی شما را در دو نوع جهان موازیِ مختلف ادامه می‌دهند. اگر معلوم شود این نظریه درست است، آن‌گاه به معنای آن خواهد بود که حتی اگر استدلالم در بالا بنا بر فیزیک کوانتومی ایرادی داشته باشد، همان استدلالی که می‌گفت یک کپی از من هرگز به مدرسه نرسیده، باز هم بی‌نهایت مکسِ دیگر در منظومه‌های خورشیدی در اقصی‌نقاط فضا خواهند بود که تا آن لحظهٔ سرنوشت‌ساز، زندگی‌ای دقیقاً همانند زندگی من داشته‌اند و سپس تصمیم گرفته‌اند که به سمت راست نگاه نکنند.

به بیان دیگر، کشفیات فیزیک برخی از مبنایی‌ترین نظرات ما دربارهٔ واقعیت را به چالش می‌کشند، هم وقتی در مقیاس بسیار ریز نگاه می‌کنیم و هم وقتی در مقیاس خیلی بزرگ. همان‌طور که در فصل ۱۱ بررسی خواهیم کرد، بسیاری از نظرات دربارهٔ واقعیت حتی در مقیاسِ میانیِ ما انسان‌ها نیز به چالش کشیده می‌شوند اگر با استفاده از عصب‌شناسی طرز کار مغزهایمان را دقیق و عمیق بررسی کنیم.

و مورد آخر و در عین حال مهم اینکه، همان‌گونه که به‌صورتی استعاری در شکل ۱.۱ نشان داده شده، معادله‌های ریاضی دریچه‌ای رو به‌طرز کار طبیعت باز می‌کنند. اما چرا جهان فیزیکیِ ما چنین قاعده‌مندیِ ریاضیِ

1. cosmological inflation

فوق‌العاده‌ای نشان می‌دهد تا جایی که ابرقهرمانِ اخترشناسی گالیلئو گالیله[1] مدعی شد طبیعت «کتابی است که به زبان ریاضیات نوشته شده»، و برندهٔ جایزهٔ نوبل یوجین ویگنر[2] تأکید داشت که «کاراییِ نامعقولِ ریاضیات در علوم فیزیکی» رازی است که تبیین می‌طلبد؟ همان‌طور که عنوان کتاب هم نشان می‌دهد، هدف اصلی این کتاب پاسخ به این پرسش است. در فصل‌های ۱۰ تا ۱۲، روابط شگفت‌انگیزِ میان محاسبات و ریاضیات و فیزیک و ذهن را می‌کاویم و این باورِ به‌ظاهر جنون‌آمیزِ مرا دقیق بررسی می‌کنیم که جهانِ فیزیکیِ ما نه‌تنها با ریاضیات توصیف می‌شود، بلکه اصلاً ریاضیات است، و این ما را تبدیل می‌کند به بخش‌هایی خودآگاه از یک موجود ریاضیِ غول‌آسا. خواهیم دید که این به مجموعهٔ نهایی و جدیدی از جهان‌های موازی می‌انجامد که چنان گسترده و عجیب است که تمام چیزهای عجیب و غریبی که بالاتر گفتیم در مقابلش رنگ می‌بازند و ما را ناچار می‌کند بسیاری از عمیق‌ترین و ریشه‌دارترین برداشت‌هایمان از واقعیت را کنار بگذاریم.

پرسش غایی چیست؟

از زمانی که اجداد ما انسان‌ها پا بر این کرهٔ خاکی نهاده‌اند، بی‌تردید به این فکر کرده‌اند که واقعیت اساساً چیست و در مورد پرسش‌های وجودی غرق اندیشه شده‌اند. این چیزها همه از کجا آمده؟ در نهایت چطور تمام می‌شود؟ کل اینها چه اندازه بزرگ است؟ این پرسش‌ها چنان جذاب‌اند که تقریباً همهٔ فرهنگ‌های بشری در سراسر زمین با آنها دست و پنجه نرم کرده‌اند و پاسخ‌هایی را در قالب اسطوره‌ها و افسانه‌ها و آموزه‌های دینیِ متنوع دربارهٔ آفرینش از نسلی به نسل دیگر انتقال داده‌اند. همان‌طور که شکل ۱.۲ نشان می‌دهد، این پرسش‌ها چنان دشوارند که دربارهٔ پاسخ‌ها هیچ اجماع فراگیری پدید نیامده است. به عوض آنکه همهٔ فرهنگ‌ها بر سر جهان‌بینی

1. Galileo Galilei
2. Eugene Wigner

واحدی که بالقوه می‌تواند حقیقت غایی باشد به توافق برسند، پاسخ‌هایشان تفاوت شگرفی داشته‌اند و به نظر می‌رسد دست‌کم برخی از این اختلاف‌ها بازتاب‌دهندهٔ تفاوت‌هایشان در سبک زندگی است. مثلاً اساطیر آفرینش متعلق به مصر باستان، جایی که رود نیل سبب حاصلخیز ماندن زمین بود، همگی منشأ پیدایش جهان را از آب می‌دانند. از آن سو، در زادگاه خودم سوئد، جایی که آتش و یخ تأثیر فراوانی بر بقا داشتند، طبق اسطوره‌های شمالی، زندگی از آتش و یخ پدید آمده است. (تعجب کردید؟)

شکل ۱.۲: بسیاری پرسش‌های کیهان‌شناختی که در این کتاب به آنها خواهیم پرداخت در طول تمام اعصار متفکران را مجذوب خود کرده، اما هیچ اجماع فراگیری در پاسخ به آنها پدید نیامده است. طبقه‌بندیِ بالا مبتنی بر ارائهٔ دانشجوی تحصیلات تکمیلی اِم‌آی‌تی دیوید هرناندز[1] در سال ۲۰۱۱ در کلاس کیهان‌شناسی من است. البته با نگاه دقیق، این‌گونه طبقه‌بندی‌های ساده‌انگارانه اساساً ناممکن است، بنابراین باید با مقدار زیادی تسامح به آن نگریست. بسیاری از مذاهبْ شاخه‌های متعدد و تفسیرها و خوانش‌های فراوان دارند، و بعضی از آنها در چند گروه مختلف جای می‌گیرند. مثلاً آیین هندو جنبه‌هایی از هر سه گزینهٔ یادشده دربارهٔ آفرینش را در خود دارد: طبق یکی از افسانه‌ها، هم خدای آفرینش برهما (که در شکل نشان داده شده) و هم جهان، هردو، از یک تخم‌مرغ پدید آمده‌اند که خودش احتمالاً از آب به وجود آمده است.

1. David Henandez

برخی پرسش‌های بزرگ دیگر نیز که فرهنگ‌های باستان سراغشان رفته‌اند دست‌کم همین اندازه ریشه‌ای‌اند. چه چیزی واقعی است؟ آیا واقعیت چیزی بیش از آن است که به چشم می‌بینیم؟ پاسخ افلاطون[1] به این پرسش بیش از دوهزار سال پیش این بود: بله! او در تمثیل مشهور غار، ما را به کسانی تشبیه می‌کند که کل زندگی‌شان را بسته به غل و زنجیر در غاری گذرانده‌اند و روی به دیواری صاف و یکدست دارند و سایهٔ چیزهایی را می‌بینند که از پشت سرشان می‌گذرند، و نهایتاً به‌خطا گمان می‌کنند این سایه‌ها کل واقعیت‌اند. افلاطون استدلال می‌کند که به همین سان، آنچه ما انسان‌ها واقعیت روزمره‌مان می‌خوانیم فقط بازنمودی محدود و تحریف‌شده از واقعیت راستین است، و مدعی است باید خود را از غل و زنجیرهای ذهنی‌مان رها کنیم تا بتوانیم در راه درک این واقعیت قدم بگذاریم.

اگر زندگی‌ام در مقام فیزیکدان فقط یک چیز به من آموخته باشد، این است که حق با افلاطون بود: فیزیک جدید کاملاً روشن کرده که ماهیتِ غاییِ واقعیت آن چیزی نیست که به نظر می‌آید. اما اگر واقعیت آن چیزی نیست که تصور می‌شد باشد، پس چیست؟ میان واقعیتِ درونیِ ذهنِ ما و واقعیت بیرونی چه رابطه‌ای برقرار است؟ تمام چیزها نهایتاً از چه ساخته شده‌اند؟ همهٔ اینها چطور کار می‌کنند؟ چرا؟ آیا اینها همه معنایی دارند؟ اگر بله، چه معنایی؟ به قول داگلاس ادمز[2] در راهنمای کهکشان برای مسافر آس و پاس[3]، که نقیضه‌ای است بر داستان‌های علمی‌تخیلی، «پاسخ پرسشِ غاییِ زندگی و جهان و همه‌چیز چیست»؟

متفکران در طول اعصار در پاسخ به این پرسش که «واقعیت چیست؟» طیف جذابی از پاسخ‌ها عرضه کرده‌اند ــ چه وقتی قصد جواب دادن به این سؤال را داشته‌اند چه وقتی در پی کنار گذاشتن این پرسش بوده‌اند. چند

1. Plato
2. Douglas Adams
۳. *The Hitchhiker's guide to the Galaxy*؛ این کتاب با نام راهنمای کهکشان برای اتواستاپ‌زن‌ها به فارسی ترجمه شده است. ــ م.

نمونه از این پاسخ‌ها از این قرار است (این فهرست مدعی جامعیت نیست، و این‌طور هم نیست که تمام گزینه‌ها دوبه‌دو ناسازگار باشند).

این کتاب (و به‌واقع حرفهٔ علمی‌ام) کوشش شخصی من است برای پرداختن به این پرسش. یکی از دلایل اینکه متفکرانْ طیفی چنین گسترده از پاسخ‌ها ارائه داده‌اند آشکارا این است که تصمیم گرفته‌اند که این پرسش را به شکل‌های مختلف تفسیر کنند، بنابراین من هم این توضیح را به شما بدهکارم که چه تفسیری از این پرسش و چه رویکردی به آن دارم. واژهٔ واقعیت[1] می‌تواند دلالت‌های ضمنیِ متعددِ متفاوتی داشته باشد. منظور من از این کلمه ماهیتِ غاییِ جهانِ فیزیکیِ بیرونی است که ما نیز بخشی از آن هستیم و من شیفتهٔ کوشش برای درک بهتر آن هستم. حالا می‌رسیم به اینکه رویکرد من چیست.

دبیرستانی که بودم، یک شب، شروع کردم به خواندن رمانِ جنایی مرگ روی نیل از آگاتا کریستی[2]. اگرچه با ناراحتی می‌دانستم زنگ ساعتم هفت صبح به صدا درخواهد آمد، حاضر بودم جانم را بدهم اما پیش از روشن شدن راز جنایت، که حدود چهار صبح معلوم شد، رمان را زمین نگذارم. از وقتی بچه بودم با کششی مقاومت‌ناپذیر جذب داستان‌های کارآگاهی می‌شدم، و وقتی دوازده‌ساله بودم، با همکلاسی‌هایم، آندرئاس بتی[3] و ماتیاس بوتنر[4] و اُلا هنسن[5]، یک باشگاه کارآگاهی راه انداختم. هیچ‌وقت مجرمی را نگرفتیم، اما فکرِ حل معما و گشودنِ رازها دست از سرم برنداشت. از نظر من، پرسشِ «واقعیت چیست؟» بازنمای اصلی‌ترین و بنیادی‌ترین داستان کارآگاهی است، و خودم را بی‌نهایت خوش‌اقبال می‌دانم که می‌توانم این‌همه از وقتم را برای دنبال کردن آن بگذارم. در فصل‌های پیش رو، از موقعیت‌های دیگری برایتان خواهم گفت که کنجکاوی‌ام مرا نصفه‌شب بیدار نگه داشته و نمی‌توانسته‌ام دست از خواندن بکشم تا وقتی مسأله حل

1. reality
2. Agatha Christie, *Death on the Nile*
3. Andreas Bette
4. Mathias Bothner
5. Ola Hansson

شود. البته دیگر کتاب نمی‌خواندم، بلکه داشتم چیزی را می‌خواندم که دستم می‌نوشت، و دستم هم داشت قطاری از معادله‌های ریاضی می‌نوشت که می‌دانستم نهایتاً مرا به سوی یک پاسخ راهنمایی خواهند کرد.

	برخی پاسخ‌ها به پرسشِ «واقعیت چیست؟»
این پرسش پاسخِ بامعنا دارد.	ذرات بنیادیِ در حال حرکت خاک، آب، آتش، باد و عنصر پنجم اتم‌های در حال حرکت ذرات بنیادیِ در حال حرکت ریسمان‌های در حال حرکت میدان‌های کوانتومی در فضازمان خمیده نظریهٔ M[1] (به جای M حرف بزرگ مورد علاقهٔ خودتان را قرار دهید...) آفریده‌ای الهی برساختی اجتماعی برساختی نوروفیزیولوژیک یک رؤیا اطلاعات یک شبیه‌سازی (به سبک و سیاق فیلم میتریکس) یک ساختار ریاضی چندجهانیِ سطح چهار[2]
این پرسش پاسخِ بامعنا ندارد.	واقعیت وجود دارد، ولی ما انسان‌ها نمی‌توانیم به‌طور کامل بشناسیمش: به چیزی که ایمانوئل کانت[3] به آن می‌گفت «das Ding an sich» (شیء فی‌نفسه) دسترسی نداریم. واقعیت اساساً ناشناختنی است. نه‌تنها واقعیت را نمی‌شناسیم، بلکه حتی اگر می‌شناختیم هم نمی‌توانستیم بیانش کنیم. علم چیزی نیست جز یک داستان (پاسخ پست‌مدرن از جانب ژاک دریدا[4] و دیگران). واقعیت تماماً در سرِ ما است (پاسخ برساخت‌گرایانه). واقعیت وجود ندارد (خودتک‌انگاری[5]).

1. M-theory
2. The Level IV Multiverse
3. Immanuel Kant
4. Jacques Derrida
5. solipsism

من فیزیکدانم، و رویکردی فیزیکی به رازهای واقعیت دارم. از نگاه من، این یعنی با این پرسش‌های بزرگ شروع می‌کنم که «جهان ما چقدر بزرگ است؟» و «همهٔ چیزها از چه ساخته شده‌اند؟» و با آنها درست مثل معماهای کارآگاهی برخورد می‌کنم: یعنی ترکیب مشاهده‌های هوشمندانه و استدلال و دنبال کردن پیوستهٔ این‌گونه سرنخ‌ها به هر کجا که ما را ببرند.

سفر آغاز می‌شود

رویکرد فیزیکی؟ آیا این راهی عالی برای تبدیل کردن یک چیز هیجان‌انگیز به چیزی خسته‌کننده نیست؟ وقتی نفر بغل‌دستی‌ام در هواپیما از من می‌پرسد شغلم چیست، دو گزینه دارم. اگر حالِ حرف زدن داشته باشم، می‌گویم: «اخترشناسی» که بی‌برو‌برگرد جرقهٔ آغاز گفت‌وگویی جذاب می‌شود.[۱] اگر حوصله نداشته باشم، می‌گویم: «فیزیک»، که در این صورت معمولاً این‌طور پاسخ می‌شنوم: «اَه، در دبیرستان بدترین درسم بود.» و بعد هم تا آخر پرواز مرا به حال خودم می‌گذارند.

درحقیقت، فیزیک درسی بود که در دبیرستان برای خودم هم هیچ جذابیتی نداشت. هنوز آن اولین کلاس فیزیکم را به یاد دارم. معلممان با صدایی یکنواخت و خواب‌آور اعلام می‌کرد که قرار است یاد بگیریم چگالی چیست. اینکه چگالی می‌شود جِرم تقسیم بر حجم. پس اگر جرم چنین باشد و حجم چنان باشد، آن‌گاه می‌توانیم محاسبه کنیم که چگالی چنین و چنان است. از اینجا به بعد تنها چیزی که یادم می‌آید یک لکهٔ بزرگ تار و مبهم است. و اینکه هر موقع آزمایش‌هایش خراب می‌شد، می‌انداخت گردن رطوبت و می‌گفت: «همین امروز صبح کار کرد.» و اینکه بعضی دوست‌هایم نمی‌فهمیدند چرا آزمایششان درست انجام نمی‌شود تا

۱. گاهی این گفت‌وگو این‌طور آغاز می‌شود: «وای، اختربینی! من متولد برج سنبله‌ام.» وقتی پاسخ دقیق‌تری می‌دهم و می‌گویم «کازمولوژی» (کیهان‌شناسی)، گاهی پاسخ‌هایی می‌شنوم مانند اینکه «آهان، کازمتولوژی!» (آرایش و زیباسازی چهره) و بعد چیزهایی می‌پرسند دربارهٔ خط‌چشم و ریمل.

وقتی که متوجه می‌شدند من از روی شیطنت آهنربایی زیر اُسیلوسکوپشان چسبانده‌ام... .

وقتی موقع کالج رفتنم شد، فیزیک و بقیهٔ رشته‌های فنی را کنار گذاشتم، و در نهایت از مدرسهٔ اقتصاد استکهلم سر درآوردم، و روی موضوعات مربوط به محیط زیست متمرکز شدم. می‌خواستم من هم سهم کوچکی داشته باشم در تبدیل کردن سیاره‌مان به مکانی بهتر، و احساسم این بود که مشکل اصلی این نیست که راه‌حل‌های فنی نداریم، بلکه مسأله این است که از فناوریِ موجودمان استفادهٔ مناسب نمی‌کنیم. دریافتم که بهترین راه برای اثرگذاری بر رفتار مردم از طریق کیف پولشان است و مجذوب این ایده بودم که مشوق‌هایی اقتصادی ایجاد کنیم که خودخواهیِ فردی را با خیر عمومی هم‌راستا کند. افسوس، خیلی زود از خواب غفلت بیدار شدم و به این نتیجه رسیدم که اقتصاد تا اندازهٔ زیادی نوعی خودفروشیِ فکری است که در آن، شخص بابت گفتنِ چیزهایی که صاحبان قدرت می‌خواهند بشنوند پاداش می‌گیرد. فرقی ندارد سیاستمدار چه کاری دلش می‌خواهد بکند، به هر حال همیشه می‌تواند مشاوری اقتصادی پیدا کند که دقیقاً در دفاع از همان کار استدلال می‌آورد. فرانکلین د. روزولت[1] می‌خواست هزینه‌های دولت را افزایش دهد، پس به حرف جان مینارد کینز[2] گوش داد، در حالی که رانلد ریگن[3] می‌خواست هزینه‌های دولت را کاهش دهد، پس به حرف میلتن فریدمن[4] گوش داد.

همان زمان همکلاسی‌ام یوهان الدهوف[5] کتابی به من داد که زندگی‌ام را عوض کرد: حتماً دارید شوخی می کنید، آقای فاینمن![6] هیچ‌وقت نتوانستم ریچارد فاینمن را ببینم، اما او دلیل روی آوردنِ من به فیزیک است. با اینکه کتاب واقعاً دربارهٔ فیزیک نبود و بیشتر به موضوعاتی می‌پرداخت مثل اینکه

1. Franklin D. Roosevelt
2. John Maynard Keynes
3. Ronald Reagan
4. Milton Friedman
5. Johan Oldhoff
6. *Surely You're Joking, Mr. Feynman!*

چطور می‌شود بدون کلید قفلی را باز کرد یا چطور می‌شود زنی را بلند کرد، من از فحوای کلامش درمی‌یافتم که این مرد به‌راستی عاشق فیزیک است و همین واقعاً کنجکاوم کرد. اگر ببینید مردی با قیافهٔ معمولی دارد بازوبه‌بازوی زنی بسیار زیبا راه می‌رود، احتمالاً پیش خودتان فکر می‌کنید چیزی از نظرتان دور مانده. شاید آن خانم متوجه ویژگی‌ای پنهانی در آن مرد شده است. ناگهان به من هم دربارهٔ فیزیک چنین احساسی دست داد: فاینمن چه دیده که من در دبیرستان ندیده بودم؟

باید این راز را کشف می‌کردم، پس نشستم به خواندن جلد ۱ از درسگفتارهای فاینمن دربارهٔ فیزیک[1] که در کتابخانهٔ بابا پیدا کردم و این‌طور شروع می‌شد: «اگر در فاجعه‌ای همهٔ معرفت علمی از میان برود و فقط یک جمله به موجوداتِ نسل بعد منتقل شود، چه گزاره‌ای حاوی بیشترین مقدار اطلاعات در کمترین تعداد کلمات خواهد بود؟»

وای ــ این بابا اصلاً شبیه معلم فیزیک دبیرستانم نبود! فاینمن در ادامه می‌گفت: «به عقیدهٔ من، آن گزاره این است که... همهٔ چیزها از اتم ساخته شده‌اند ــ ذرات ریزی که دائماً در حال حرکت‌اند، و وقتی در فاصلهٔ کمی از هم قرار دارند یکدیگر را جذب می‌کنند اما اگر به هم فشرده شوند یکدیگر را دفع می‌کنند.»

ناگهان همه‌چیز برایم روشن شد. با حالتی افسون‌شده همین‌طور به خواندن ادامه دادم. احساس می‌کردم که دارم تجربه‌ای دینی را از سر می‌گذرانم. بالاخره فهمیدم! تجلی‌ای برایم رخ داد که توضیح می‌داد چه چیزی تا آن لحظه از نظر من دور مانده و فاینمن متوجه چه چیزی شده است: فیزیک اعلی‌درجهٔ ماجراجوییِ فکری است، جست‌وجو در پی کشف عمیق‌ترین رازهای جهان ما. این‌طور نیست که فیزیک چیز جذابی را بگیرد و به موضوعی خسته‌کننده تبدیل کند؛ بلکه به ما کمک می‌کند دید روشن‌تری داشته باشیم و به زیبایی و شگفتیِ جهان پیرامونمان می‌افزاید.

1. *The Feynman Lectures on Physics*

وقتی در پاییز با دوچرخه سرِ کار می‌روم، در درختانی که سرخ و نارنجی و طلایی شده‌اند زیبایی می‌بینم. اما دیدنِ همین درخت‌ها از دریچهٔ فیزیک زیبایی‌ای حتی از این هم بیشتر را آشکار می‌کند که در این قولی که در آغاز این فصل از فاینمن نقل کردم بیان شده است. و هرچه عمیق‌تر نگاه می‌کنم، شکوه بیشتری به چشمم می‌آید: در فصل ۳ خواهیم دید که چطور درختان در نهایت از ستارگان می‌آیند، و در فصل ۸ خواهیم دید که چطور مطالعهٔ ساختار آنها این گمان را تقویت می‌کند که در جهان‌های موازی هم وجود داشته باشند.

آن زمان دوستی داشتم که در مؤسسهٔ سلطنتی فناوری، فیزیک می‌خواند، و کتاب‌های درسی‌اش به‌ظاهر خیلی جذاب‌تر از کتاب‌های من بود. رابطه‌مان دوام نداشت، اما عشق من به فیزیک ادامه یافت. چون در سوئد، تحصیل در کالج رایگان بود، بدون اینکه به مدیران مدرسهٔ اقتصاد استکهلم دربارهٔ زندگیِ پنهانیِ دومم اطلاع بدهم، در کلاس‌های دانشگاه دوستم شرکت می‌کردم. تحقیقات کارآگاهی‌ام به‌طور رسمی آغاز شده بود، و این کتاب گزارش من است که یک ربع قرن بعد نوشته می‌شود.

خب حالا واقعیت چیست؟ هدف من در این فصل، با این عنوانِ جسورانه، این نیست که مغرورانه تلاش کنم پاسخی نهایی را به خورد شما بدهم (هرچند در بخش آخر کتاب، به بررسی امکان‌هایی جذاب خواهیم پرداخت)، بلکه می‌خواهم از شما دعوت کنم در سفر شخصیِ اکتشافیِ من همراهم شوید و می‌خواهم هیجان و اندیشه‌هایم را دربارهٔ این رازهای بصیرت‌بخش در اختیار شما بگذارم. تصور می‌کنم شما هم مثل من به این نتیجه خواهید رسید که واقعیت هرچه باشد، بسیار بسیار متفاوت با آن چیزی است که زمانی خیال می‌کردیم، و چیزی است رازآلود و جذاب در دل همین زندگی روزمرهٔ ما. امیدوارم شما هم مثل من دریابید که این امر مسائل روزمره‌ای مانند برگ جریمهٔ توقف‌ممنوع و قلب‌درد را در چشم‌اندازی تازه قرار می‌دهد که روبه‌رو شدن با آنها و پذیرششان را برایمان

راحت‌تر می‌کند و اجازه می‌دهد بر لذت بردن از زندگی و رازهایش به کامل‌ترین وجه تمرکز کنیم.

وقتی نخستین بار دربارهٔ فکرهایم برای این کتاب با جان براکمن[1] صحبت کردم، که حالا وکیلم در امور مربوط به کتاب است، دستورِ روشن و صریحی به من داد: «من کتاب درسی نمی‌خواهم ــ کتاب خودت را می‌خواهم.» درنتیجه این کتاب نوعی زندگینامهٔ خودنوشت علمی نیز هست: اگرچه بیشتر دربارهٔ فیزیک است تا من، اما بی‌تردید از آن نوع کتاب‌های ترویج علمِ استانداردی نیست که می‌کوشند مروری عینی بر فیزیک داشته باشند و نظرات مورد اجماع جامعهٔ علمی را بیان کنند و به همهٔ دیدگاه‌های متعارضْ فضای برابری اختصاص دهند؛ بلکه این کتاب جست‌وجوی شخصی من است در پی ماهیت غاییِ واقعیت که امیدوارم دیدنش از نگاه من برایتان لذتبخش باشد. ما با هم سرنخ‌هایی را که من شخصاً جذاب‌ترین موارد می‌دانم بررسی خواهیم کرد و می‌کوشیم سر دربیاوریم که اینها همه چه معنایی دارند.

سفرمان را با بررسی این نکته آغاز می‌کنیم که کل متن و پس‌زمینهٔ پرسشِ «واقعیت چیست؟» را تحولات علمیِ عظیمِ اخیر چطور متحول کرده و فیزیک چطور بر واقعیت بیرونی ما از بزرگ‌ترین ابعاد گرفته (فصل‌های ۲ تا ۶) تا کوچک‌ترین ابعاد (فصل‌های ۷ و ۸) پرتو تازه‌ای افکنده است. در بخش اول کتاب، این پرسش را دنبال می‌کنیم که «جهان ما چقدر بزرگ است؟» و برای رسیدن به نتیجهٔ نهایی به سوی ابعادِ هرچه بزرگ‌ترِ کیهانی سفر می‌کنیم، و هم به بررسی خاستگاه‌های کیهانی‌مان خواهیم پرداخت و هم دو نوع جهان موازی را می‌کاویم و سرنخ‌هایی خواهیم یافت از اینکه فضا به یک معنا ریاضی است. در بخش دوم کتاب، این پرسش را با جدیت دنبال می‌کنیم که «همهٔ چیزها از چه ساخته شده‌اند؟»، به این شکل که به دنیای کوچکِ زیراتمی سفر خواهیم کرد و نوع سومی از جهان موازی را

1. John Brockman

۱	۱	۱	واقعیت چیست؟	معرفی	جریان غالب
۲			جایگاه ما در فضا	فضا چه اندازه است؟	
۳			جایگاه ما در زمان	تاریخ جهان ما	
۴			جهان ما در قالب اعداد	کیهان‌شناسی دقیق	
۵	۵		خاستگاه‌های کیهانی ما	تورم کیهانی	
۶	۶	۶	به چندجهانی خوش آمدید	جهان‌های موازی سطح I و II	مناقشه‌انگیز
۷	۷		لِگوهای کیهانی	مکانیک کوانتومی	جریان غالب
۸	۸	۸	چندجهانی سطح III	جهان‌های موازیِ کوانتومی	مناقشه‌انگیز
۹	۹	۹	واقعیت درونی و بیرونی	نقش آگاهی	
۱۰	۱۰	۱۰	واقعیت فیزیکی و ریاضی	ایدهٔ «واقعیت ریاضیات است»	بسیار مناقشه‌انگیز
۱۱	۱۱	۱۱	آیا زمان توهم است؟	ارائهٔ فهم معقول از زمان	
۱۲	۱۲	۱۲	چندجهانیِ سطح IV	چندجهانی غایی	
۱۳	۱۳	۱۳	حیات، جهان ما و همه‌چیز	آیندهٔ جهان و بشری	مناقشه‌انگیز

شکل ۱.۳: راهنمای مطالعهٔ این کتاب. اگر کتاب‌های ترویج علم جدید زیادی خوانده‌اید و احساس می‌کنید می‌دانید فضای خمیده، مهبانگ ما، پس‌زمینهٔ ریزموج کیهانی، انرژی تاریک، مکانیک کوانتومی و غیره چیست، آن‌گاه می‌توانید پس از مرور بخش چکیدهٔ پایان فصل‌ها، از خیر فصل‌های ۲ و ۳ و ۴ و ۷ بگذرید، و اگر فیزیکدان حرفه‌ای هستید، شاید بخواهید از فصل ۵ هم صرف نظر کنید. اما بسیاری از مفاهیمی که آشنا به نظر می‌آیند ظرافت اعجاب‌انگیزی دارند، و اگر نمی‌توانید همهٔ پرسش ۱ تا ۱۶ در فصل ۲ را پاسخ دهید، امیدوارم از مطالب اولیهٔ این کتاب چیزهایی بیاموزید و همچنین ببینید که فصل‌های بعد چگونه به‌شکل منطقی بر پایهٔ آنها استوار شده‌اند.

بررسی می‌کنیم و سرنخ‌هایی می‌یابیم از اینکه اجزاء سازندهٔ بنیادیِ ماده نیز به یک معنا ریاضی هستند. در بخش سوم کتاب، یک گام به عقب بازمی‌گردیم تا ببینیم همهٔ اینها در بحث از ماهیتِ غاییِ واقعیت چه معنایی می‌تواند داشته باشد. با این استدلال شروع می‌کنیم که ناکامیِ ما در درک آگاهی مانعی سر راه فهم کاملمان از واقعیتِ فیزیکیِ بیرونی به شمار نمی‌آید. سپس سراغ انقلابی‌ترین و مناقشه‌انگیزترین ایدهٔ من می‌رویم: اینکه

واقعیتِ غایی منحصراً ریاضی است و، به این ترتیب، مفاهیم آشنایی از قبیل تصادفی بودن، پیچیدگی، و حتی تغییرْ چیزی جز وهم و خطا نخواهند بود، و اینکه سطح چهارم و نهایی‌ای از جهان‌های موازی وجود دارد. سفر خود را در فصل ۱۳ با بازگشت به خانه به پایان می‌رسانیم و به این مسأله می‌پردازیم که همهٔ اینها برای چشم‌اندازهای آیندهٔ ما در زندگی در جهان ما، و برای ما انسان‌ها، و شخصاً برای خودتان، چه معنایی دارد. برنامهٔ سفرمان را، به همراه توصیه‌های من هنگام مطالعه، در شکل ۱.۳ می‌توانید ببینید. سفری بسیار جذاب در انتظارمان است. راه بیفتیم!

خلاصهٔ فصل

- احساس می‌کنم مهم‌ترین درسی که فیزیک دربارهٔ ماهیت غایی واقعیت به ما می‌آموزد این است که، این ماهیت هرچه باشد، با آنچه که به نظر می‌آید بسیار متفاوت است.
- در بخش اول این کتاب، از دور نگاه می‌کنیم و واقعیت فیزیکی را در بزرگ‌ترین مقیاس‌ها بررسی می‌کنیم، از سیارات گرفته تا ستاره‌ها و کهکشان‌ها و اَبَرخوشه‌ها تا جهان ما و دو سطح ممکن از جهان‌های موازی.
- در بخش دوم کتاب، نگاهمان را نزدیک‌تر می‌کنیم و واقعیت فیزیکی را در کوچک‌ترین مقیاس‌ها بررسی می‌کنیم، از اتم‌ها گرفته تا حتی اجزاء سازندهٔ بنیادی‌تر، و با سطح سومی از جهان‌های موازی مواجه می‌شویم.
- در بخش سوم، گامی به عقب برمی‌داریم و ماهیت غاییِ این واقعیت عجیب فیزیکی را با تحقیق در این امکان بررسی می‌کنیم که این ماهیت نهایتاً چیزی منحصراً ریاضی است، به‌طور مشخص ساختاری ریاضی که بخشی است از یک سطح چهارم و غاییِ جهان‌های موازی.
- واقعیت برای افراد مختلف معانی بسیار متفاوتی دارد. من این کلمه را به معنای ماهیتِ غاییِ جهان فیزیکیِ بیرونی که ما هم جزئی از آن

هستیم به کار می‌برم، و از وقتی بچه بودم، کوشش در پی فهم بهتر آن برایم شوق‌انگیز و مجذوب‌کننده بوده است.

- این کتاب دربارهٔ سفر شخصی من است برای کاوش در ماهیت واقعیت ــ پس لطفاً با من همراه شوید!

۲

جایگاه ما در فضا

فضا... بزرگ است. واقعاً بزرگ. اصلاً باور نمی‌کنی چقدر پهناور و گسترده و عظیم است.

ـــ داگلاس ادمز، در راهنمای کهکشان برای مسافر آس و پاس

پرسش‌های کیهانی

دستش را بلند می‌کند، و من به او اشاره می‌کنم که می‌تواند سؤالش را بپرسد. می‌پرسد: «آیا فضا بی‌نهایت ادامه دارد؟»

دهانم از تعجب باز می‌ماند. تازه صحبت مختصری دربارهٔ اخترشناسی را در کیدزکُرنر، کلاس فوق‌برنامهٔ بچه‌هایم در وینچستر، تمام کرده‌ام و این گروهِ بسیار بامزه از بچه‌های مهدکودکی روی زمین نشسته‌اند و با چشم‌های درشتِ کنجکاوشان به من نگاه می‌کنند و منتظر پاسخ‌اند. و این پسربچهٔ پنج‌ساله سؤالی از من پرسیده که نمی‌توانم جواب بدهم! درواقع سؤالی پرسیده که هیچ‌کس در این سیاره نمی‌تواند پاسخ بدهد. ولی این پرسشی متافیزیکی نیست که پاسخ به آن هیچ راهی نداشته باشد، بلکه یک سؤال علمیِ جدی است که در موردش نظریه‌هایی، که به‌زودی از آنها برایتان خواهم گفت، پیش‌بینی‌های مشخصی دارند، و سؤالی است که آزمایش‌های در جریان دارند پرتوهای بیشتری بر آن می‌افکنند. درواقع، فکر

می‌کنم پرسشی به‌راستی عالی است دربارهٔ ماهیت بنیادینِ واقعیت فیزیکی ما ــ چنان‌که در فصل ۵ خواهیم دید، این پرسش ما را به سوی دو نوع جهان موازی هدایت می‌کند.

من در طول این سال‌ها با دنبال کردن اخبار جهان، به انسان‌ها پیوسته بدبین‌تر شده بودم، اما در طول فقط چند ثانیه، این مهد کودک توانست ایمانم به توانایی و استعداد نوع بشر را جان دوباره‌ای دهد. اگر کودکی پنج‌ساله می‌تواند چنین حرف‌های عمیقی بزند، پس تصور کنید که ما بزرگسالان در کنار یکدیگر و در موقعیت‌های مناسب، قابلیت دستیابی به چه موفقیت‌هایی را داریم! او به من اهمیت شیوهٔ مناسب آموزش را نیز یادآوری کرد. ما همه به‌صورت مادرزاد کنجکاویم، اما مدرسه یک موقعی معمولاً موفق می‌شود که این کنجکاوی را در ما از میان ببرد. احساس می‌کنم در مقام معلم مسئولیت اصلی‌ام انتقال واقعیات نیست، بلکه دوباره روشن کردن آتشِ این اشتیاقِ ازمیان‌رفته برای سؤال پرسیدن است.

من عاشق سؤالم، مخصوصاً سؤال‌های بزرگ. احساس می‌کنم خیلی خوشبختم که می‌توانم این‌همه از وقتم را صرف دست و پنجه نرم کردن با این پرسش‌های جذاب کنم. اینکه می‌توانم این فعالیت را شغل بنامم و از راه آن درآمد داشته باشم خوش‌اقبالی‌ای است که حتی به خواب هم نمی‌دیدم. این فهرست شانزده سؤال اصلی‌ای است که خیلی اوقات از من می‌پرسند:

۱. چطور ممکن است فضا نامتناهی نباشد؟
۲. چطور ممکن است فضایی نامتناهی در زمانی متناهی ساخته شده باشد؟
۳. جهان ما در حال انبساط و تبدیل شدن به چه چیزی است؟
۴. انفجار مِهبانگ ما در کجای فضا رخ داد؟
۵. آیا مِهبانگ ما در یک نقطهٔ واحد رخ داد؟
۶. اگر جهان ما فقط 14میلیارد سال دارد، چطور ممکن است بتوانیم چیزهایی را در فاصلهٔ 30میلیارد سال نوری ببینیم؟

۷. آیا کهکشان‌هایی که سریع‌تر از سرعت نور از ما دور می‌شوند نظریهٔ نسبیت را نقض نمی کنند؟
۸. آیا کهکشان‌ها واقعاً از ما دور می‌شوند، یا فقط فضا در حال انبساط است؟
۹. آیا راه شیری در حال انبساط است؟
۱۰. آیا ما شاهدی برای یک تکینگی[1] مه‌بانگ داریم؟
۱۱. آیا به وجود آمدنِ ماده در اطراف ما از تقریباً هیچ، از طریق تورم، پایستگی انرژی را نقض نمی کند؟
۱۲. علت مه‌بانگ ما چه بود؟
۱۳. پیش از مه‌بانگ ما چه اتفاقی رخ داد؟
۱۴. سرنوشت نهایی جهان ما چیست؟
۱۵. مادهٔ تاریک و انرژی تاریک چه هستند؟
۱۶. آیا ما موجوداتی بی‌اهمیتیم؟

بیایید با هم به این پرسش‌ها بپردازیم. در چهار فصل آینده، به یازده تا از آنها پاسخ خواهیم داد، و متوجه پیچش‌های جالبی در پنج پرسش باقیمانده خواهیم شد. اما ابتدا بازگردیم به پرسش آن بچهٔ کودکستانی، که درون‌مایهٔ محوریِ کل بخش نخست این کتاب را تشکیل می‌دهد: آیا فضا بی‌نهایت ادامه دارد؟

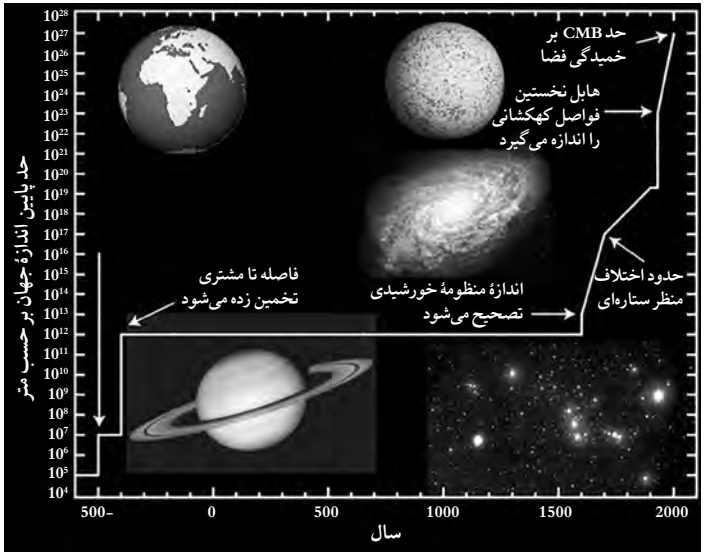
فضا چقدر بزرگ است؟

یک بار پدرم این‌طور نصیحتم کرد: «اگر سؤال سختی داری که نمی‌توانی جوابش را پیدا کنی، اول برو سراغ سؤال ساده‌تری که نمی‌توانی به آن جواب بدهی.» با همین نگاه، اول از این پرسش شروع می‌کنیم که حداقل‌اندازه‌ای که فضا باید داشته باشد چقدر است که با مشاهداتمان در تعارض قرار

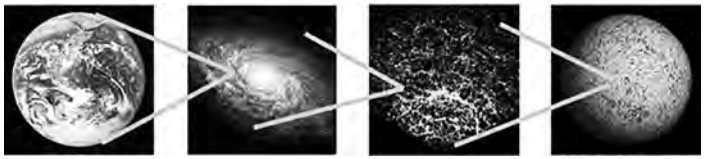
1. singularity

نگیرد؟ شکل ۲.۱ نشان می‌دهد که مقدار پاسخ پیشنهادی برای این سؤال در طول قرن‌ها افزایش چشمگیری داشته است: می‌دانیم که فضای ما دست‌کم یک‌میلیاردتریلیون (10^{21}) بار بزرگ‌تر از بزرگ‌ترین فواصلی است که اجداد شکارگر-خوراکجویمان می‌شناختند ــ که درواقع کل مسافتی بود که در طول عمرشان با پای پیاده می‌پیمودند. به‌علاوه، این شکل نشان می‌دهد این گسترش افق‌های ما چیزی نبوده که ناگهانی و یک‌مرتبه اتفاق افتاده باشد، بلکه مکرر و به‌دفعات رخ داده است. هر بار ما انسان‌ها توانسته‌ایم از عقب نگاه کنیم و جهانمان را در مقیاس‌های کلان‌تری ترسیم کنیم، کشف کرده‌ایم که تمام آن چیزهایی که پیشتر می‌شناخته‌ایم بخشی بوده از چیزی بزرگ‌تر. همان‌طور که در شکل ۲.۲ نشان داده شده، کشور ما بخشی است از یک سیاره، که خودش بخشی است از یک منظومهٔ خورشیدی، که آن هم بخشی است از یک کهکشان، که بخشی است از یک الگوی کیهانیِ خوشه‌های کهکشانی، که آن هم بخشی است از جهان مشاهده‌پذیر ما، که استدلال خواهیم کرد که آن هم بخشی است از یک یا چند سطح از جهان‌های موازی.

ما انسان‌ها مثل کبکی که سرش را زیر برف کرده، مرتب خیال کرده‌ایم آنچه ما می‌بینیم تمام آن چیزی است که وجود دارد، و مغرورانه تصور کرده‌ایم ما در مرکز همه‌چیز واقع شده‌ایم. از همین رو، در جست‌وجویمان برای فهم کیهان، برآوردهای کمتر از واقعیت چیزی است که دائم به آنها برمی‌خوریم. اما بصیرت‌های نشان‌داده‌شده در شکل ۲.۱ نکتهٔ دیگری را نیز منعکس می‌کند که از نظر من الهام‌بخش است: ما به‌کرات نه‌تنها اندازهٔ کیهانمان را، بلکه توانایی ذهن بشری خودمان برای درک آن را نیز دست‌کم گرفته‌ایم. اجدادِ غارنشینِ ما مغزهایی داشتند درست به اندازهٔ مغزهای ما، و چون عصرها نمی‌نشستند پای تلویزیون، مطمئنم سؤال‌هایی می‌پرسیدند مانند اینکه «آن چیزهایی که بالا در آسمان‌اند چه هستند؟» و «همهٔ این چیزها از کجا آمده‌اند؟» در مورد آنها افسانه‌ها و قصه‌های زیبا تعریف



شکل ۲.۱: همان‌طور که در این فصل توضیح خواهیم داد، کران پایین ما روی اندازهٔ جهان پیوسته در حال افزایش است. توجه داشته باشید که مقیاس محور عمودی بسیار بزرگ است و در هر واحد ده‌برابر می‌شود.



شکل ۲.۲: هر بار ما انسان‌ها توانسته‌ایم در مقیاس‌هایی بزرگ‌تر نگاه کنیم، کشف کرده‌ایم که تمام آنچه می‌شناخته‌ایم بخشی از یک چیز بزرگ‌تر بوده: کشورمان بخشی از یک سیاره است (چپ)، که خودش بخشی از یک منظومهٔ خورشیدی است، که آن هم بخشی از یک کهکشان است (وسط چپ)، که آن هم بخشی از یک الگوی کیهانیِ خوشهٔ کهکشانی است (وسط راست)، که آن هم بخشی از جهان مشاهده‌پذیر ما است (راست)، و آن هم بخشی از یک یا چند سطح از جهان‌های موازی است.

می‌کردند، اما چندان متوجه نبودند که این توانایی در وجودشان هست که پاسخ این پرسش‌ها را واقعاً خودشان پیدا کنند. و راز قضیه در این نیست که بتوانند به سوی فضا پرواز کنند تا اجرام آسمانی را بررسی کنند، بلکه در این است که بتوانند ذهنِ بشری‌شان را به پرواز درآورند.

هیچ تضمینی برای شکست محکم‌تر از این نیست که خودتان را قانع کنید که موفقیت ناممکن است، و بنابراین هرگز حتی کوشش هم نکنید. با نگاه به گذشته می‌توان دریافت که بسیاری از پیشرفت‌های شگرف در فیزیک ممکن بود زودتر رخ دهند، زیرا ابزارهای لازم برای آنها از پیش موجود بوده است. اگر بخواهم از هاکی روی یخ مثال بزنم، مثل این است که دروازه‌خالی را گل نکنی چون فکر می‌کنی چوبت شکسته است. در فصل‌های پیش رو، می‌خواهم برایتان از چند نمونهٔ شگفت‌انگیز بگویم که چطور آیزاک نیوتن[1]، الکساندر فریدمن[2]، جورج گاموف[3] و هیو اِورِیت[4] بر این مشکل اعتماد به نفس غلبه کردند. با همین نگاه، این گفته از استیون واینبرگ[5]، برندهٔ جایزهٔ نوبل فیزیک، برای من طنین مشابهی دارد: «خیلی وقت‌ها در فیزیک این‌طوری است ــ اشتباهمان این نیست که نظریه‌های خودمان را خیلی جدی می‌گیریم، بلکه این است که آنها را آن‌قدر که باید جدی نمی‌گیریم.»

اول ببینیم چطور می‌شود اندازهٔ زمین و فاصله‌اش با ماه و خورشید و ستاره‌ها و کهکشان‌ها را پیدا کرد. شخصاً تصور می‌کنم این یکی از قشنگ‌ترین داستان‌های کارآگاهی است و می‌توان نشان داد آغازگر علم جدید نیز بوده، بنابراین مشتاقم که پیش از شروع وعدهٔ غذای اصلی، که به آخرین تحولات در کیهان‌شناسی می‌پردازد، برای تحریک اشتهایتان از اینجا آغاز کنم. همان‌طور که خواهید دید، در چهار مثال اول، هیچ کاری پیچیده‌تر

1. Isaac Newton
2. Alexander Friedmann
3. George Gamow
4. Hugh Everett
5. Steven Weinberg