

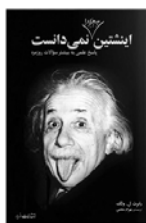
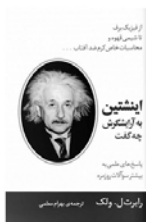
Telegram @eat_book
BRIEF ANSWERS TO
THE BIG QUESTIONS
Stephen Hawking

پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی

استیون هاکنگ ترجمه‌ی جمیل آریایی



زمشاتل مازیار



دنيا همه هيچ و اهل دنيا همه هيچ / ای هيچ برای هيچ بر هيچ هيچ (اولی)

مردم از دیرباز پرسش‌های کلان‌شان، از جمله «آیا خدا هست؟» را بیشتر از عالمان دین، فلاسفه، و عالمان علم پرسیده‌اند. عالمان دینی از گذشته‌های دور با این پرسش‌ها، به ویژه این یکی، آشنا هستند و با آموزه‌های کتب مقدس و تفاسیری که دانشمندان طراز اول دین بر این کتب نوشته‌اند آن‌ها را توضیح می‌دهند.

عالمان علم از پاسخ دادن به این گونه پرسش‌ها طفره می‌روند، چون می‌دانند که چنین پرسش‌هایی در قلمرو علم جای ندارند. حال دانشمندی چون استیون هاکنگ را در نظر بگیرید که به قول خودش بعد از اینشتین، سرشناس‌ترین دانشمند قرن بیستم است و در رشته‌ی کیهان‌شناسی نیز پژوهش کرده است و از نادر کسانی است که توانسته علم مدرن را به زبان همگان فهم بنویسد. از یک سو او تلاش می‌کند، آغاز جهان هستی را در قالب ریاضیات بسیار پیچیده‌ای که درک آن از عهده خیلی‌ها خارج است درک کند و طبیعی است خود نیز به این پرسش کلان علاقه‌مند باشد و از سوی دیگر مدام مردم هم از او انتظار پاسخ داشته باشند. ریچارد فاینمن نیز با چنین چالشی روبرو بوده و هر چند همواره خواسته از آن دوری گزیند، دست‌آخر ناچار سناریوی زیبایی را در جستاری با عنوان «رابطه‌ی میان علم و دین» پرداخته است. او بر این باور است که با علم نمی‌شود هستی یا نیستی خدا را ثابت کرد. اروین شرودینگر، یکی از بنیانگذاران مکانیک کوانتومی در آغاز کتاب «جهان‌بینی من» چنین می‌گوید «کنار زدن کل متافیزیک کم و بیش کار آسانی است و این کاری است که کانت کرد. کوچک‌ترین تلنگری (فوتی) آن را از میان برمی‌دارد و برای این کار به بازوئی (یک جفت ریه‌ی) قوی نیاز نیست بلکه اندکی جسارت می‌طلبد تا این بنای جاودانه‌ی کاغذی مقدس را فرو ریخت. با وجود این، نباید فکر کنیم که این کار متافیزیک را به راستی از محتوای تجربی دانش بشری بیرون می‌راند. در واقع اگر همه‌ی متافیزیک را از آن خارج کنیم، در خواهیم یافت که تبیین هر زیرشاخه‌ای در هر رشته‌ی خاصی از علم، مشکل یا چه بسا ناممکن می‌شود... متافیزیک بخشی از خانه‌ی شناخت ما را نمی‌سازد، بلکه داربستی است که ساخت این خانه بدون آن ممکن نیست.» بیشتر دانشمندان فیزیک، از گالیله و نیوتون گرفته تا ماکس پلانک و ورنر هایزنبرگ و دیگر دانشمندان قرن بیستمی فیزیک یا درباره‌ی خدا و دین صحبت نکرده‌اند و یا آنگاه که صحبت کرده‌اند باورمندی به خدا و دین را با علم سازگار دانسته‌اند. گالیله می‌گوید کتب مقدس راهنمای رفتن به بهشت و کتب علمی راهنمای درک رفتار طبیعت هستند. چطور که شاخه‌های مختلف علم، هریک اصول موضوعه‌ی خود را دارد که مستقیماً قابل اثبات نیستند، دین نیز اصول موضوعه خاص خود را دارد که نخستین آن‌ها باورمندی به خالق هستی است. تنها افتراق میان دین و علم در قطعیت و عدم قطعیت است که نمی‌توان آن را دلیل ناسازگاری میان این دو پنداشت، زیرا دین و علم هر یک مسائلی را بررسی می‌کنند که به لحاظ ماهیت با هم فرق دارند.

باید توجه کنیم که اغلب دانشمندان، از جمله اینشتین، واژه‌ی «خدا» را به عنوان استعاره‌ای برای «طبیعت» به کار می‌برند. آبراهام یایس در کتابی با عنوان *Subtle is the Lord* زندگانی خصوصی و علمی اینشتین را شرح می‌دهد. عنوان این کتاب از گفته‌های معروف

باید توجه کنیم که اغلب دانشمندان، از جمله اینشتین، واژه‌ی «خدا» را به عنوان استعاره‌ای برای «طبیعت» به کار می‌برند. آبراهام پایس در کتابی با عنوان *God is the Lord* زندگانی خصوصی و علمی اینشتین را شرح می‌دهد. عنوان این کتاب از گفته‌های معروف اینشتین اخذ شده است که می‌گوید «خدا پنهان کار است، اما بدخواه نیست». در اینجا نیز اینشتین از واژه‌ی Lord به عنوان استعاره‌ای برای «طبیعت» استفاده می‌کند و می‌خواهد بگوید که هر چند طبیعت اسرارش را از ما پنهان می‌کند، اما سرنخ‌هایی را نیز پیش روی ما می‌گذارد که اگر آن‌ها را دنبال کنیم به اسرار (قوانین) طبیعت پی خواهیم برد.

با وجود این، استیون هاکنینگ گاهی واژه‌ی God را به معنی آفریدگار هستی به کار می‌برد. نتیجه‌ای که او می‌گیرد این است که چون مهبانگ، لحظه‌ی آغاز زمان است و پیش از مهبانگ زمان معنایی ندارد، بنابراین خدا وقت نداشته تا بتواند جهان هستی را خلق کند. آنگاه که هاکنینگ دیدگاه‌اش را پیش‌پاپ مطرح می‌کند، پاپ در پاسخ او می‌گوید خدا پیش از مهبانگ داشته دوزخ را برای آنانی که چنین پرسش‌هایی را مطرح می‌کنند، آماده می‌کرده است. به گمان من که هاکنینگ در اینجا خدا را موجودی این‌جهانی، مثل ما انسان‌ها می‌پندارد که در چهار بُعد زندگی می‌کند. خود هاکنینگ از واپسین نظریه‌ای به نام نظریه‌ی M صحبت می‌کند که در آن طبیعت یازده بُعد دارد و شرح می‌دهد که به خاطر تاب‌خوردگی بیش‌از اندازه‌ی هفت بُعد آن، ما قادر نیستیم این هفت بُعد را تجربه کنیم. فیلپ گوف در مقاله‌ای که روز ۴ ماه می سال ۲۰۱۸ در روزنامه‌ی گاردین چاپ شد می‌گوید، هاکنینگ در واپسین مقاله‌ای که با همکارش هر تاگ درباره‌ی فرضیه‌ی چندجهانی نوشته، وجود خالق هستی را محتمل‌تر دانسته است. شاید اگر هاکنینگ بیشتر عمر می‌کرد، این محتمل‌تر را باز هم محتمل‌تر می‌ساخت. استفن هاکنینگ کتاب معروفی دارد به نام تاریخچه‌ی مختصر زمان که در روزگار خود یکی از پرفروش‌ترین‌ها بود و در آنجا می‌گوید «هم‌چنان می‌شود بر این باور بود که خدا جهان را در لحظه‌ی مهبانگ آفریده است، یا حتی زمانی بعد از مهبانگ چنان آفریده که گویی مهبانگی وجود داشته است، اما معنی نمی‌دهد که فرض کنیم جهان قبل از مهبانگ آفریده شده باشد. جهان در حال انبساط نقش خالق هستی را انکار نمی‌کند بلکه بر این که خالق چه زمانی جهان را آفریده باشد، حد و مرزی قائل می‌شود.» هاکنینگ جایی می‌گوید خدا هست و جایی دیگر می‌گوید خدا نیست. جان سی لنوکس، ریاضیدانی از دانشگاه آکسفورد، در کتاب خدا و هاکنینگ از دیدگاه‌های هاکنینگ به شدت انتقاد کرده است.

دانشمندان خود اقرار می‌کنند که هنوز به ذره‌ای از اسرار طبیعت پی نبرده‌اند. ریچارد فاینمن می‌گوید «آنگاه که چرایی را حل می‌کنیم، چراهای بی‌شمار تازه‌ای سر برمی‌آورند، پس چگونه است که عده‌ای از هستی یا نیستی چیزی به پیچیدگی خدا حرف می‌زنند، خدایی که خود از اسرار حل‌ناشدنی جهان هستی است. خواننده‌ی تیزبین باید بداند که همه‌ی حرف‌های دانشمندان، آنگاه که از قلمرو علم فراتر می‌روند، چه بسا اساس منطقی نداشته باشند. در پندار نمی‌گنجد که جهان هستی، با این همه شکوه، ظرافت، و پیچیدگی، معماری توانا نداشته باشد.

دانشمندان، کارآفرینان تکنولوژی، بازرگانان برجسته، رهبران سیاسی، و مردم عادی مدام از استیون هاکنینگ نظرش را درباره‌ی «پرسش‌های اساسی» می‌پرسیدند. استیون هاکنینگ آرشیو شخصی گسترده‌ای از پاسخ‌هایی که به این پرسش‌ها می‌داد نگه می‌داشت که به شکل سخنرانی‌ها، مصاحبه‌ها، و جستارها بودند.

کتاب حاضر از این آرشیو شخصی او که تا پایان عمرش هم‌چنان بر حجم آن می‌افزود، برداشته شده است. این کتاب با همکاری اطرافیان دانشگاهی وی، خانواده‌اش و کارکنان بنیاد استیون هاکنینگ آماده شده است.

درصدی از حق‌التألیف این کتاب به انجمن بیماری نوروئید و موتور و بنیاد استیون هاکنینگ اختصاص خواهد یافت.

یادداشت ناشر

پاسخ‌های کوتاه به
پرسش‌های اساسی

پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی



استیون هاکنگ

ترجمه‌ی جمیل آدیایی

انتشارات مازیار

فهرست مطالب

۷	پیش درآمد
۹	مقدمه: آشنایی با استیون هاکنینگ
۱۷	چرا باید پرسش های اساسی را بپرسیم؟
۳۱	فصل ۱: آیا آفریننده ای هست؟
۴۱	فصل ۲: جهان هستی چگونه آغاز شد؟
۵۷	فصل ۳: آیا حیات هوشمند دیگری در جهان هست؟
۶۹	فصل ۴: آیا می توانیم آینده را پیشگویی کنیم؟
۷۵	فصل ۵: درون هر سیاهچاله چیست؟
۸۹	فصل ۶: آیا سفر در زمان ممکن است؟
۱۰۱	فصل ۷: آیا ما روی زمین نجات خواهیم یافت؟
۱۱۳	فصل ۸: آیا باید به فضا کوچ کنیم؟
۱۲۵	فصل ۹: آیا هوش مصنوعی بر ما چیره خواهد شد؟
۱۳۵	فصل ۱۰: آینده را چگونه بسازیم؟
۱۴۳	پس درآمد: لوسی هاکنینگ

پیش در آمد

نخستین باری که استیون هاکنینگ را ملاقات کردم، توان فوق العاده و شکنندگی او مرا تکان داد. از پژوهش‌هایی که کرده بودم، با نگاه مصمم او که با جسم بی حرکت‌اش یکی شده بود، آشنا بودم، چون اخیراً قرار بود نقش استیون هاکنینگ را در فیلم نظریه‌ی همه چیز بازی کنم و چند ماه بود آثار و ماهیت ناتوانی جسمانی او را مطالعه می‌کردم تا یاد بگیرم که چنان بدنم را حرکت دهم تا بیماری نوروئ موتور او را در گذر زمان تقلید کنم.

با وجود این، آنگاه که استیون، این نماد و دانشمند سرشار از استعدادی مثال‌زدنی را ملاقات کردم مبهوت ماندم که تنها با صدای کامپیوتری شده و جفت ابروانی که به طور خارق العاده‌ای سخن می‌گفتند، ارتباط برقرار می‌کرد. من از سکوت بیزارم و زیاد حرف می‌زنم، اما استیون با قدرت سکوت آشنا بود و آن قدرت احساسی است که به هنگام کشف و شهود دقیق به انسان دست می‌دهد. با دستپاچگی خواستم به او بگویم که ما دو نفر با اختلاف چند روز از هم به دنیا آمده‌ایم و دو تایی در نشانه‌ی منطقه البروجی یکسانی قرار داریم. دقایقی گذشت تا استیون پاسخ داد، «من اخترشناسم، نه طالع‌بین.» او اصرار داشت که من او را به جای استاد، استیون صدا بزنم. به من گفته بودند که ...

ایفای نقش استیون برای من فرصتی استثنایی بود. دوگانگی پیروزی بیرونی استیون در پژوهش‌های علمی و نبرد درونی‌اش با بیماری نوروئ موتور که از اوایل بیست سالگی گریبانگیر او شده بود، مرا به بازی کردن نقش استیون مشتاق کرده بود. او تمام عیار استثنایی، پیچیده، تاریخچه‌ی غنی میراث انسانی، زندگی خانوادگی، صاحب دست‌آوردهای علمی حیرت‌انگیز و مبارزی نستوه در برابر همه‌ی مشکلات بود. در عین حال که می‌خواستیم این الهام را به تصویر بکشیم، می‌خواستیم استقامت و جسارت استیون و آنانی را نیز نشان دهیم که در طول زندگی استیون از او مراقبت کرده‌اند.

به همان اندازه مهم بود که ویژگی شوْمن بودن استیون نیز به تصویر کشیده شود. می‌بایست سه نقش را ایفا می‌کردم. یکی نقش اینشتین که زبان‌اش را بیرون می‌آورد، چون همین شیطنت‌بازی را هاکنینگ نیز دارد. نقش دیگر، نقش ژوکر در ورق بود که

عروسک‌گردان است، چون احساس می‌کردم استیون نیز مردم را در کف دست‌اش نگه می‌داشت. نقش بعدی، نقش جیمز دین (هنرپیشه‌ی فقید آمریکایی) بود و آن کورسوی نبوغ و شوخ‌طبعی است که من در چهره‌ی استیون نیز می‌دیدم. اگر انسان نقش کسی را بازی می‌کند که زنده است، بیشترین فشار بر او وارد می‌شود، چون باید نقش‌اش را پیش روی این شخص اجرا کند. در مورد استیون، من می‌بایست نقش استیون را جلو خانواده‌ی او نیز اجرا می‌کردم که در طول فیلم‌برداری سخاوتمندانه به من کمک کرده بودند. پیش از این که استیون به تماشای فیلم برود، به من گفت «نظرم را، چه خوب باشد چه بد، به تو خواهم گفت.» در پاسخ گفتم اگر نظرتان «بد» بود می‌توانید بگویید «بد» بود، اما مرا ملامت نکنید. استیون آن قدر سخاوتمند بود که بگوید از فیلم لذت برده است. فیلم او را تحت تأثیر قرار داده بود، اما آن‌گونه که انتظار می‌رفت، او این را نیز گفته بود که کاش کمتر از احساسات و بیشتر از فیزیک صحبت می‌شد. باید هم این حرف را می‌زد.

از آن زمان که فیلم نظریه‌ی همه‌چیز اکران شد، من هم‌چنان با خانواده‌ی هاکنینگ در تماس بوده‌ام. خوشحال شدم که از من خواستند تا در مراسم خاکسپاری استیون سخنرانی کنم. از سویی روز بس غم‌انگیزی بود، اما از سویی دیگر هم روزی استثنایی، مملو از عشق و خاطرات و افکار مسرت‌بخش انسانی که جسورترین انسان‌ها بود و دنیا را با علم و تلاش‌اش برای شناساندن توانایی انسان‌های معلول و این که باید فرصت‌هایی برای آن‌ها فراهم کرد تا به بالندگی برسند، رهبری کرده بود.

ما به راستی ذهن زیبایی را از دست داده بودیم، دانشمندی شگفت‌انگیز و مردی شوخ‌طبع که من افتخار آشنایی‌اش را داشته‌ام. اما آن‌گونه که خانواده‌اش گفته‌اند، آثار علمی و میراث او تا ابد با ما خواهد بود و از این‌رو از سویی با اندوه و از سویی دیگر با شادمانی فراوان مجموعه‌ای از نوشته‌های استیون درباره‌ی موضوعات متنوع و فکروانه را به شما معرفی می‌کنم. امیدوارم از خواندن این نوشته‌های او لذت ببرید و از باراک اوباما نقل‌قول می‌کنم که گفته امیدوارم استیون آن بالا در میان ستارگان اوقات خوشی را بگذراند.

ارادتمند، ادی ردماين

آشنایی با استیون هاکنینگ



نخستین بار در سال ۱۹۶۵ در لندن، انگلستان، در کنفرانس نسبیت عام و کیهان‌شناسی بود که استیون هاکنینگ را ملاقات کردم. استیون در میانه‌ی راه مطالعات دوره‌ی دکتریش در دانشگاه کمبریج بود و من آن روزها تازه مدرک دکتریم را از دانشگاه پرینستون گرفته بودم. شایعه‌ای در تالارهای کنفرانس به گوش می‌رسید که استیون استدلال قانع‌کننده‌ای دارد که جهان هستی ما در زمان معینی در گذشته متولد شده است و می‌گوید جهان هستی نمی‌تواند ازلی بوده باشد.

از این رو من هم همراه با عده‌ای در حدود ۱۰۰ نفر در تالاری که تنها گنجایش چهل نفر را داشت، تنگاتنگ در کنار هم نشسته بودیم تا سخنرانی استیون را بشنویم. استیون با عصا وارد شد و جویده جویده حرف می‌زد که اگر این‌گونه نبود، تنها نشانه‌های کوچکی از بیماری نورون موتور در او دیده می‌شد که دوسال پیش دکترها تشخیص داده بودند. آشکارا ذهن او از این بیماری تأثیر پذیرفته بود. استیون استدلال روشنی داشت که بر معادلات نسبیت عام، مشاهدات اخترشناسان حاکی از این که جهان ما در حال انبساط است، و چند فرض ساده‌ی به ظاهر درست متکی بود و از روش‌های ریاضی‌ای استفاده می‌کرد که راجر پن‌روز آن روزها ابداع کرده بود. استیون با آمیزه‌ای از این‌ها، به شیوه‌ای هوشمندانه، قدرتمند و پذیرفتنی، نتیجه گرفت که جهان هستی می‌بایست از نوعی حالت تکینگی، در حدود ده میلیارد سال پیش آغاز شده باشد. (در طول دهه‌ی بعد از آن کنفرانس، استیون و راجر دست به دست هم دادند و پذیرفتنی‌ترین زمان آغازین تکینگی را اثبات کردند و نیز به مراتب پذیرفتنی‌تر، ثابت کردند که در مرکز هر سیاهچاله، نقطه‌ای تکینگی جای دارد که در آن، زمان از حرکت می‌ایستد.)

از سخنرانی سال ۱۹۶۵ استیون که بیرون آمدم، به شدت تحت تأثیر قرار گرفته بودم، آن هم نه از بابت استدلال و نتیجه‌گیری او، بلکه مهم‌تر از آن، ژرفای بینش

و خلاقیت او بر من اثر گذاشته بود. این شد که بعد از سخنرانی به دنبال‌اش رفتم و ساعتی را در خلوت با او حرف زدم. آغاز یک عمر دوستی میان ما دو نفر رقم خورد، نوعی دوستی که نه تنها به لحاظ علایق علمی مشترک‌مان، بلکه همدردی متقابل چشمگیر ما، نوعی توانایی ناشناخته‌ای که ما دو نفر داشتیم تا یکدیگر را به عنوان دو انسان درک کنیم. دیری نگذشت که اوقات زیادی را با هم می‌گذراندیم و به جای علم، از زندگی، عشق، و حتی مرگ حرف می‌زدیم، هر چند علم بود که پیوند میان ما را مستحکم‌تر می‌ساخت.

در ماه سپتامبر سال ۱۹۷۳، استیون و همسرش جین را به مسکو پایتخت روسیه، بردم. با این که اوج جنگ سرد بود، من از سال ۱۹۶۸، هر دو سال در حدود یک ماه به مسکو می‌رفتم و در پژوهش با اعضای گروهی به سرپرستی یاکوف بوریسوویچ زلدوویچ همکاری می‌کردم. زلدوویچ اخترشناسی برجسته و نیز پدر بمب هیدروژنی شوروی بود. از آنجا که وی اسرار هسته‌ای را در سینه داشت از سفر به اروپای غربی یا آمریکا منع بود. او آرزو داشت با استیون به بحث بنشیند و چون نمی‌توانست پیش استیون برود، ما به ملاقات او رفتیم.

استیون در مسکو، زلدوویچ و صدها دانشمند دیگر را از ژرفای بینش خود به تحسین واداشت و در بازگشت یکی دو چیز هم از زلدوویچ آموخت. خاطره‌انگیزترین آن‌ها عصری بود که من و استیون با زلدوویچ و دانشجوی دکترای‌اش آلکسی استروبنسکی در اتاق استیون در هتل روسیا گذراندیم. زلدوویچ با بی‌زبانی از کشف‌های شگفت‌انگیزش گفت و استروبنسکی با ریاضی آن‌ها را برای ما توضیح داد.

برای این که سیاهچاله‌ای را به دوران درآوریم، انرژی لازم داریم. ما پیش‌تر آن را می‌دانستیم. آن‌ها توضیح دادند که می‌توان با استفاده از انرژی دورانی سیاهچاله، ذرات را خلق کرد و این ذرات هنگام بیرون رفتن از سیاهچاله، انرژی دورانی آن را به همراه می‌برند. این یکی چیز تازه و شگفت‌انگیزی بود، اما نه خیلی شگفت‌انگیز. آنگاه که شیئی انرژی حرکتی دارد، طبیعت معمولاً راهی پیدا می‌کند تا این انرژی را استخراج کند. ما پیش‌تر راه‌های دیگری را می‌شناختیم که می‌شد به کمک آن‌ها، انرژی دورانی سیاهچاله را استخراج کرد و گرچه این یکی تازه بود، اما نمی‌شد گفت دور از انتظار می‌نمود.

حال، ارزش بزرگ گفتگوهای چون این یکی، در این است که می‌تواند مسیرهای فکری تازه‌ای را در برابر ما بگسترانند. در مورد استیون، همین اتفاق

مقدمه: آشنایی با استیون هاکنینگ ۱۱

هم افتاد. استیون چند ماهی با کشف زلدوویچ و استروبنسکی کلنجر رفت و از مسیرهای فکری مختلف، یکی پس از دیگری، آن را سبک و سنگین کرد تا این که ناگهان روزی ایده‌ی جدید و بنیادینی در ذهن او جرقه زد: آنگاه که سیاهچاله‌ای از دوران بازایستد، چاله می‌تواند هم‌چنان ذره گسیل کند. چاله می‌تواند تابش کند، چندان که گویی سیاهچاله مثل خورشید داغ است، اما نه آن‌چنان داغ، بلکه اندکی داغ. سیاهچاله هر چه سنگین‌تر باشد، دمای کمتری دارد. دمای چاله‌ای به وزن خورشید در حدود 0.0000006 کلوین، یا 0.06 میلیونیم درجه‌ی بالای صفر مطلق است. هم‌اینک فرمول محاسبه‌ی این دما روی سنگ مزار استیون در گورستان وست‌مینستر لندن حک شده است و در دل این گورستان، خاکستر او پهلوی به پهلوی مردانی چون آیزاک نیوتون و چارلز داروین آرمیده است.

این «دمای هاکنینگ» سیاهچاله و «تابش هاکنینگ» آن به راستی که بنیادین بودند و چه بسا از بنیادی‌ترین کشف‌های فیزیک نظری نیمه‌ی دوم قرن بیستم. این دو مفهوم، چشمان ما را به رابطه‌ی ژرف میان نسبیت عام (سیاهچاله‌ها) ترمودینامیک (فیزیک گرما) و فیزیک کوانتومی (خلق ذراتی که وجود خارجی نداشتند) باز کردند. برای مثال، این دو مفهوم استیون را به جایی رساندند که ثابت کرد، هر سیاهچاله‌ای آنتروپی دارد، یعنی جایی در درون سیاهچاله یا در اطراف آن هست که در آن بی‌نظمی فوق‌العاده زیادی حکمفرماست. استیون استنتاج کرد که مقدار آنتروپی (لگاریتم مقدار بی‌نظمی چاله) با مساحت سطح چاله متناسب است. فرمول آنتروپی او، روی سنگ یادبود استیون در کالج گانویل و کایوس کمبریج، جایی که او کار می‌کرد، حک شده است.

از چهل و پنج سال پیش، استیون و صدها فیزیکدان دیگر تلاش کردند تا سرشت واقعی بی‌نظمی در سیاهچاله‌ها را درک کنند. این پرسشی است که مدام سرنخ‌های تازه‌ای از پیوند میان نظریه‌ی کوانتومی و نسبیت عام به ما می‌دهد که همان قوانین ناشناخته‌ی گرانش کوانتومی هستند.

استیون در فصل پائیز سال ۱۹۷۴، دانشجویان دوره‌ی دکترا و خانواده‌اش (همسرش جین و دو فرزندشان رابرت و لوسی) را به مدت یک سال با خود به پاسادنا در کالیفرنیا آورد تا او و دانشجویان‌اش با زندگی آکادمیکی من در دانشگاه، کلتک، آشنا شوند و موقتاً به گروه پژوهشی من بپیوندند. آن سال، سال طلایی بود که از آن پس «عصر طلایی پژوهش‌های سیاهچاله‌ها» نام گرفت.

در آن سال، استیون و دانشجویان‌اش و عده‌ای از دانشجویان من و نیز تا اندازه‌ای

خود من، تلاش کردیم سیاهچاله‌ها را ژرف‌تر درک کنیم. اما حضور استیون و رهبری او در گروه مشترک پژوهشی سیاهچاله‌ها، این آزادی را به من داد تا در مسیر تازه‌ای حرکت کنم که چند سال بود به آن فکر می‌کردم و آن امواج گرانشی بود.

تنها دو نوع موج هست که می‌توانند در قلمرو کیهانی حرکت کنند و اطلاعاتی از چیزهای دوردست در اختیار ما بگذارند. این دو گونه‌ی موج، یکی امواج الکترومغناطیسی (شامل امواج نور، پرتوهای ایکس، پرتوهای گاما، مایکروویو، رادیویی، ...) و دیگری امواج گرانشی است.

امواج الکترومغناطیسی از نیروهای الکتریکی و مغناطیسی نوسانی تشکیل شده‌اند که با سرعت نور حرکت می‌کنند. آنگاه که این امواج بر ذرات بارداری چون الکترون‌های آنتن‌های رادیویی و تلویزیونی بتابند، این ذرات را به ارتعاش درمی‌آورند و اطلاعاتی را که با خود حمل می‌کنند در این ذرات ذخیره می‌سازند. این اطلاعات را می‌توان تقویت کرد و به بلندگو یا صفحه‌ی تلویزیون داد تا انسان‌ها بتوانند آن‌ها را بفهمند.

بنا بر اینشتین، امواج گرانشی از بسته‌ی فضایی نوسان‌کننده تشکیل شده‌اند که همان کشیدگی و فشردگی نوسانی فضا است. در سال ۱۹۷۲ راینر (رای) ویس در انستیتو تکنولوژی ماساچوست آشکارساز موج گرانشی را ابداع کرده بود که در آن آئینه‌های آویزان از گوشه‌ها و پایانه‌های درون لوله‌ی خلاء L —شکل، در امتداد یکی از بازوهای لوله‌ی L —شکل بر اثر کشیدگی فضا از هم دور و در امتداد بازوی دیگر لوله بر اثر فشردگی فضا به یکدیگر نزدیک می‌شوند. راینر برای اندازه‌گیری الگوی نوسانی فشردگی و کشیدگی، از باریکه‌های لیزری استفاده کرد. نور لیزر می‌تواند اطلاعات موج گرانشی را استخراج و آنگاه این سیگنال را می‌توان تقویت کرده و برای استفاده‌ی انسان‌ها به کامپیوتر داد.

گاليله تلسکوپ اپتیکی کوچکی ساخت و آن را به سوی مشتری نشانه گرفت و چهار قمر بزرگ مشتری را کشف کرد و توانست برای نخستین بار، جهان را با تلسکوپ‌های الکترومغناطیسی مطالعه کند (اخترشناسی الکترومغناطیسی). اینک که ۴۰۰ سال از آن زمان می‌گذرد، اخترشناسی الکترومغناطیسی درک ما از جهان هستی را دگرگون ساخته است.

در سال ۱۹۷۲، من و دانشجویانم به این فکر افتادیم که با استفاده از امواج گرانشی، جهان هستی را مطالعه کنیم و چشم‌انداز اخترشناسی امواج گرانشی را بنیان نهادیم. از آنجا که امواج گرانشی نوعی بسته‌ی فضایی هستند، اجسامی

مقدمه: آشنایی با استیون هاکنینگ ۱۳

می‌توانند مقدار زیادی از آن‌ها را تولید کنند که به طور کامل یا جزئی، از بسته‌ی فضا-زمان ساخته شده باشند. چون یقین داریم که این اجسام سیاهچاله‌ها هستند، پس نتیجه گرفتیم که امواج گرانشی ابزاری آرمانی برای مطالعه و راستی‌آزمایی نگرش‌هایی هستند که استیون از سیاهچاله‌ها داشت.

به طور کلی گمان می‌کردیم امواج گرانشی با امواج الکترومغناطیسی تفاوت بنیادینی دارند و کم و بیش قطعی می‌نمود که در درک جهان هستی چنان انقلابی به پا کنند که چه بسا در حد و اندازه‌های انقلاب گسترده‌ی امواج الکترومغناطیسی بعداز گالیلو باشد. البته اگر می‌شد این امواج خیالی را آشکارسازی و ثبت کرد. اما که اگر بزرگی بود: چون برآورد کردیم که امواج گرانشی اطراف زمین به قدری ضعیف هستند که آئینه‌های پایانه‌های لوله‌ی L-شکل را بیش از یک صدم قطر پروتون (یعنی یک ده میلیونیم قطر اتم) پس و پیش نمی‌کنند، ولو این که جدایی میان آئینه‌ها چند کیلومتر هم باشد. اندازه‌گیری این حرکت‌های بسیار کوچک چالش بزرگی بود.

من آن سال طلایی بیشتر اوقات‌ام را با گروه‌های پژوهشی یکی‌شده‌ی من و استیون، به مطالعه‌ی چشم‌اندازهای کامیابی امواج گرانشی گذراندم. در این مورد، استیون به من یاری رساند، چون چند سال پیش او و دانشجوی‌اش، گری گیونز، آشکارساز امواج گرانشی خودشان را طراحی کرده بودند (که هیچ‌گاه ساخته نشد). اندک زمانی پس از این که استیون به کمبریج برگشت، مطالعات من، با بحث داغی که سراسر شب با رای ویس در اتاق هتل رای در واشینگتن دی سی داشتم، به ثمر نشست. قانع شدم که چشم‌اندازهای موفق ایده‌ای که داشتم چنان گسترده‌اند که می‌بایست در بیشتر اوقات حرفه‌ای خود و دانشجویان پژوهشی آینده‌ام به رای و آزمایشگران دیگر کمک کنم تا به ایده‌ی امواج گرانشی دست یابیم. از آن پس هر چه گذشت، بر همگان آشکار است.

روز ۱۴ ماه سپتامبر سال ۲۰۱۵، آشکارسازهای امواج گرانشی LIGO^۱ (طرح هزار نفره‌ای که من و رای و رونالد درور بنیان‌گذاری کردیم، و بری باریش آن را سازمان‌دهی، پیاده‌سازی، و رهبری کرد) نخستین امواج گرانشی را ثبت کردند. گروه ما پس از این که الگوهای این امواج را با پیشگویی‌های شبیه‌سازی‌های کامپیوتری مقایسه کرد، نتیجه گرفت این امواج بر اثر برخورد میان دو سیاهچاله‌ی

1. Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO)

سنگین که با زمین $1/3$ میلیارد سال نوری فاصله داشتند، تولید شده‌اند. این آغاز اخترشناسی امواج گرانشی بود. گروه ما به چیزی دست یافته بود که گاليله با امواج الکترومغناطیسی به آن دست یافته بود.

من بر این عقیده‌ام که با گذشت چند دهه، نسل بعدی اخترشناسان امواج گرانشی، از این امواج نه تنها برای راستی‌آزمایی قوانین فیزیک سیاهچاله‌ی استیون، بلکه برای آشکارسازی و ثبت امواج گرانشی به‌جامانده از تولد تکینگی جهان هستی نیز استفاده خواهند کرد و از آنجا ایده‌های استیون و دیگران را درباره‌ی آفرینش جهان هستی خواهند آزمود.

در اثنای سال طلایی ۵-۱۹۷۴ که من امواج گرانشی را سبک و سنگین می‌کردم و استیون گروه به‌هم‌پیوسته‌ی ما را هدایت می‌کرد، خود استیون ایده‌ای به مراتب بنیادی‌تر از تابش هاکینگ را در سر می‌پروراند. استیون ثابت کرد آنگاه که سیاهچاله‌ای شکل می‌گیرد و سپس با گسیل تابش سرانجام به طور کامل بخار می‌شود و از میان می‌رود، اطلاعاتی را که سیاهچاله در سینه داشت، نمی‌توان بازیافت کرد و این اطلاعات ناگزیر گم می‌شود. اثبات استیون پذیرفتنی بود و کم و بیش مولای درزش نمی‌رفت.

این ایده‌ی وی، بنیادی بود چون قوانین فیزیک کوانتومی به روشنی نشان می‌دهند که اطلاعات نمی‌شود به کل از بین برود. بنابراین اگر استیون راست گفته باشد، سیاهچاله‌ها یکی از بنیادی‌ترین قوانین کوانتوم مکانیکی را نقض می‌کنند. آیا این امر ممکن است؟ تبخیر سیاهچاله از ترکیب قوانین مکانیک کوانتومی و نسبیت عام پیروی می‌کند که قوانین ناشناخته‌ی گرانش کوانتومی هستند و از این‌رو استیون استدلال کرد که آمیزش میان نسبیت و فیزیک کوانتومی می‌بایست به نابودی اطلاعات منجر شده باشد.

اکثریت فیزیکدانان نظری این نتیجه را نمی‌پذیرند و آن را گمانه‌زنی می‌پندارند. همین باعث شده که آن‌ها به مدت چهل و چهار سال با این معمای گم شدن اطلاعات دست و پنجه نرم کنند. این کشمکش ارزش تلاش و اضطرابی را دارد که صرف آن شده است، چون حل چنین معمایی کلید درک قوانین گرانش کوانتومی است. در سال ۲۰۰۳ خود استیون راهی را یافت که اطلاعات می‌توانست در حین تبخیر سیاهچاله از دست برود، اما نتوانست کشمکش‌های نظریه‌پردازان را سرکوب کند. استیون فرار اطلاعات را ثابت نکرد و کشمکش هم‌چنان ادامه یافت. من در ثنای استیون، به هنگام خاکسپاری توتیای او در گورستان وست‌مینستر،

مقدمه: آشنایی با استیون هاکنینگ ۱۵

با این واژگان از این گونه کشمکش‌ها یاد کردم، «نیوتون پاسخ‌ها را به ما داد و هاکنینگ پرسش‌ها را. پرسش‌های هاکنینگ تا دهه‌ها انقلاب‌هایی به پا خواهند کرد. دست‌آخر که ما به قوانین گرانث دست یابیم و تولد جهان هستی را کامل درک کنیم، بیش‌تر از این بابت خواهد بود که بر شانه‌های هاکنینگ ایستاده‌ایم.»



آن‌گونه که سال طلایی ۱۹۷۵-۱۹۷۴ برای من آغاز کنکاش امواج گرانشی بود، برای استیون نیز آغاز کاوشی بود که بر اساس آن می‌شد قوانین گرانث کوانتومی را درک کرد و به سرشت واقعی اطلاعات و بی‌نظمی سیاهچاله‌ها و نیز سرشت واقعی تولد تکینگی جهان هستی، و سرشت راستین تکینگی‌های درون سیاهچاله‌ها، یعنی سرشت راستین تولد و مرگ زمان، پی برد.

این‌ها، پرسش‌های اساسی هستند. بسیار اساسی.

من از پرسش‌های اساسی دوری جست‌ام، چون مهارت، خرد یا اعتماد به نفس کافی برای حل آن‌ها را ندارم. بر عکس من، استیون مدام جذب پرسش‌های اساسی شده است. خواه این پرسش‌ها ریشه در ژرفای علم او داشته، خواه نداشته‌اند، او مهارت، خرد و اعتماد به نفس لازم را برای حل آن‌ها داشت.

کتاب حاضر، گردآوری پاسخ‌های او به این پرسش‌های اساسی است، پاسخ‌هایی که او به هنگام مرگ هنوز روی آن‌ها کار می‌کرد.

پاسخ‌های استیون به شش تا از این پرسش‌ها عمیقاً ریشه در علم او دارند. (آیا خدایی هست؟ جهان هستی چگونه آغاز شد؟ آیا ما می‌توانیم آینده را پیشگویی کنیم؟ درون هر سیاهچاله چیست؟ آیا سفر در زمان امکان‌پذیر است؟ آینده را چگونه باید شکل دهیم؟). در این کتاب، استیون را می‌بینید که از ژرفای مطالبی سخن می‌گوید که من در این پیش‌گفتار، به اختصار از آن‌ها گذشته‌ام. فزون بر این‌ها، او به مطالب دیگری نیز می‌پردازد.

پاسخ‌های او به چهار پرسش اساسی دیگر، تمام و کمال ریشه در علم او ندارند. (آیا روی زمین نجات خواهیم یافت؟ آیا در جهان هستی، حیات هوشمند دیگری نیز وجود دارد؟ آیا ما باید فضا را سکونت‌پذیر کنیم؟ آیا هوش مصنوعی از ما پیشی خواهد گرفت؟)

پروفسور کیپ اس. ثورن

جولای ۲۰۱۸

Telegram @eat_book



؟

چرا باید پرسش‌های اساسی را بپرسیم؟



مردم همواره پاسخ پرسش‌های اساسی را خواسته‌اند. ما از کجا آمده‌ایم؟ جهان هستی چگونه آغاز شده است؟ طرح جهان هستی چگونه است و معنی آن چیست؟ آیا آن بالا کسی هست؟ توضیح پیشینیان از آفرینش، امروزه بی‌معنی و بی‌اعتبار است. این توضیح‌ها با تنوعی از آنچه می‌توان خرافات نامید، از باورهای دینی گرفته تا فیلم پیشتازان فضا، جایگزین شده‌اند. اما علم راستین عجیب و غریب‌تر از علم خیالی و به مراتب قانع‌کننده‌تر از آن است.

من دانشمند هستم، دانشمندی که شیفته‌ی ژرفای فیزیک، کیهان‌شناسی، جهان هستی، و آینده‌ی انسان است. پدر و مادرم مرا چنان بار آورده‌اند که کنجکاوی تزلزل‌ناپذیری داشته باشم و مثل پدرم پژوهش کنم و به پرسش‌های بسیاری که علم از ما می‌پرسد پاسخ دهم. من تمام عمر در ذهنم به جای جای جهان هستی سفر کرده‌ام. من که فیزیکدان نظری هستم، به تعدادی از پرسش‌های اساسی پاسخ گفته‌ام. زمانی فکر می‌کردم که فیزیک، آن‌گونه که امروزه می‌شناسیم، به بن‌بست رسیده است، اما حالا بر آن هستم که شگفتی کشف تا مدت‌ها از آن پس که من رفته باشم، هم‌چنان تداوم خواهد یافت. ما به پاسخ بعضی از پرسش‌های اساسی نزدیک شده‌ایم اما هنوز به آن‌ها نرسیده‌ایم.

مشکل اینجاست که خیلی‌ها بر این باورند علم راستین به اندازه‌ای دشوار و پیچیده است که نمی‌شود آن را درک کرد. اما من این‌گونه فکر نمی‌کنم. برای این که درباره‌ی قوانین بنیادی پژوهش کنیم، باید زیاد حوصله کنیم که خیلی از مردم این حوصله را ندارند که اگر می‌داشتند فیزیک نظری به پایان می‌رسید. با وجود این، بیشتر مردم می‌توانند ایده‌های بنیادین را درک کنند و آن‌ها را ارج بدارند، مشروط بر این که می‌شد این ایده‌ها را بدون استعانت از معادلات ریاضی، به زبان

روزمره بیان کرد و من باور دارم امکان‌پذیر است چون خود در همه عمر این کار را کرده و از آن لذت برده‌ام.

چه روزگار شکوهمندی که زنده باشی و به پژوهش‌های فیزیک نظری بپردازی. در پنجاه سالی که گذشت، تصویری که از جهان هستی داشتیم، به کل تغییر کرده است و من شاد از این که خود در آن سهم داشته‌ام. یکی از کشف و شهودهای عصر فضا این بوده که دورنمایی از انسانیت را به خود ما نشان داده است. آنگاه که از فضا به نظاره‌ی زمین می‌نشینیم، خودمان را یکپارچه می‌یابیم. وحدت را می‌بینیم، نه گسستگی‌ها را. چه تصویر ساده‌ای با چه پیام دلنشینی: یک سیاره، یک نژاد انسانی.

می‌خواهم با آنان که می‌خواهند بلافاصله به پا خیزند و برای حل چالش‌های اساسی جامعه‌ی جهانی گام بردارند، هم‌صدا شوم. امیدوارم مردم به‌پاخواسته‌ای که قدرت دارند، حتی آن زمان که من در میان آن‌ها نیستم، بتوانند خلاقیت، جسارت، و رهبری به خرج دهند. بگذار که این مردم برای چالش پیشرفت مداوم اهداف‌شان به پا خیزند و عمل کنند، البته نه از برای منافع شخصی، بلکه از برای منافع مشترک همه‌ی انسان‌ها. من به ارزشمندی زمان کاملاً آگاهم. دم را غنیمت شمردید. همین الان آستین‌ها را بالا بزنید.



درباره‌ی زندگانی‌ام پیش از این نوشته‌ام اما برخی از تجربه‌های آغازین من مثل عمری شیفتگی من به پرسش‌های اساسی، ارزش تکرار دارند.

من درست ۳۰۰ سال پس از مرگ گالیله به دنیا آمده‌ام و می‌خواهم فکر کنم که این تصادف در آینده‌ی زندگانی علمی من بی‌تأثیر نبوده است. با وجود این، برآورد من این است که در همان روزی که من به دنیا آمدم، ۲۰۰,۰۰۰ نوزاد نیز متولد شده‌اند و نمی‌دانم که آیا از آن‌ها کسی بوده که بعدها به اخترشناسی علاقه‌مند شده باشد یا نه.

من در خانه‌ی ویکتوریایی بلند و باریکی در های‌گیت لندن بزرگ شدم که پدر و مادرم زمان جنگ جهانی دوم آن را ارزان خریده بودند، روزهایی که مردم فکر می‌کردند لندن بر اثر بمباران با خاک یکسان خواهد شد. در واقع یکی از موشک‌های ۷۲ چند خانه آن طرف‌تر از خانه‌ی ما فرود آمد. آن لحظه من و خواهر و مادرم بیرون بودیم و خوشبختانه پدرم هم آسیب ندید. در محل اصابت

چرا باید پرسش‌های اساسی را بپرسیم؟ ۱۹

بمب گودال بزرگی ایجاد شده بود که سال‌ها من و دوستم هوارد در آن بازی می‌کردیم. با همان کنجکاوای که تمام عمر گریبانم را گرفته بود، آثار انفجار را بررسی می‌کردیم.

در سال ۱۹۵۰ محل کار پدرم به کرانه‌ی شمالی لندن، به ساختمان تازه‌ساز انستیتو ملی پژوهش‌های پزشکی در میل هیل انتقال یافت و از این‌رو خانواده‌ی ما به شهر کلیسایی سنت آلبانز در آن نزدیکی نقل مکان کرد. مرا به دبیرستان دخترانه فرستادند که علی‌رغم نام آن، پسر بچه‌ها را تا سن ده سالگی می‌پذیرفت. بعدها به مدرسه‌ی سنت آلبانز رفتم. همیشه در کلاس جزو شاگردان متوسط بودم، چون همه‌ی بچه‌ها باهوش بودند، با این حال در کلاس مرا اینشتین صدا می‌کردند، شاید آن‌ها نشانه‌هایی از چیزی بهتر را در من می‌دیدند. دوازده ساله که بودم، یکی از دوستانم، سر بسته‌ای آب نبات با دوست دیگرم شرط بستند که من در آینده چیزی نمی‌شوم.

در مدرسه‌ی سنت آلبانز، شش یا هفت دوست صمیمی داشتم و یاد دارم که با هم درباره‌ی همه چیز، از مدل‌های کنترل رادیویی گرفته تا مسائل دینی، بحث‌های درازدانی داشتیم. یکی از پرسش‌های اساسی‌یی که از آن بحث می‌کردیم منشأ جهان هستی بود و این که آیا برای آفرینش و به جریان انداختن آن به خدایی نیاز بود یا نه. شنیده بودم نور کهکشان‌های دور به سوی انتهای سرخ طیف جابه‌جا می‌شود که از قرار معلوم نشانه‌ای از انبساط جهان بود. با وجود این، یقین داشتم این جابه‌جایی به سوی سرخ دلایل دیگری هم دارد. نکند این نور خسته می‌شد و به ما که می‌رسید به سرخی می‌گرایید؟ جهان به ظاهر لایتغیر و ازلی، چقدر طبیعی می‌نمود. (سال‌ها بعد، دو سالی که از پژوهش‌های دکترای من می‌گذشت، زمینه‌ی ریزموج کیهانی کشف شد و دانستم که در اشتباه بودم.)

همیشه علاقه‌ی زیادی داشتم بدانم چیزها چگونه کار می‌کنند و این بود که آن‌ها را قطعه قطعه می‌کردم تا ببینم چگونه کار می‌کنند، اما نمی‌تواستم به درستی آن‌ها را دوباره سرجمع کنم. توانایی‌های عملی من به گرد توانایی‌های نظری‌ام نمی‌رسید. پدرم مرا در علاقه‌ای که به علم داشتم تشویق می‌کرد و مشتاق بود من به آکسفورد یا کمبریج بروم. او خود نیز در یونیورسیتی کالج آکسفورد درس خوانده بود و فکر می‌کرد من هم باید برای رفتن به آنجا اقدام کنم. آن زمان، یونیورسیتی کالج کرسی ریاضی نداشت و برای من گزینه‌ای نبود جز این که سعی کنم برای علوم طبیعی بورس بگیرم. تعجب کردم که مرا پذیرفتند.

نگرش غالب آن روزهای آکسفورد بسیار ضد-تلاش بود. یا تو باید بدون این که تلاش کنی خیلی باهوش باشی، یا ناتوانایی خود را بپذیری و به مدرک درجه چهار راضی شوی. من این طور فهمیدم که که نباید زیاد تلاش کنم. من از چنین نگرشی به خود نمی‌بالم، بلکه دارم نگرشی را توصیف می‌کنم که آن روزها من و دیگر دانشجویان داشتیم. یکی از پیامدهای بیماری من این شد که این طرز فکر را به کل تغییر دهم. آنگاه که انسان با امکان مرگ زودرس روبروست، پی می‌برد که کارهای زیادی دارد و نمرده باید انجام‌شان دهد.

از آنجا که تلاشی نکرده بودم، با خودم برنامه ریختم تا در امتحان نهایی به پرسش‌هایی درباره‌ی دانش عملی پاسخ ندهم و تنها روی پرسش‌هایی تمرکز کنم که به مسائل فیزیک نظری مربوط می‌شدند. اما شب امتحان خوابم نبرد و امتحانم را خیلی خوب ندادم. در مرز میان مدرک درجه‌ی یک و درجه‌ی دو قرار گرفته بودم و ناچار باید ممتحنین با من مصاحبه می‌کردند تا درجه‌ی مدرکم تعیین شود. در این مصاحبه از برنامه‌هایی که برای آینده داشتم پرسیدند. در پاسخ گفتم که می‌خواهم پژوهش کنم. اگر به من مدرک درجه‌ی یک می‌دادند، می‌توانستم به کمبریج بروم و اگر مدرک درجه‌ی دو می‌دادند در آکسفورد می‌ماندم. به من مدرک درجه‌ی یک دادند.

در تعطیلات بلندمدت بعد از امتحان نهایی‌ام، کالج تعدادی بورس مسافرتی کوچک به دانشجویان پیشنهاد کرد. فکر کردم که اگر مقصد دوری را انتخاب کنم، شانس بیشتری برای گرفتن یکی از این بورس‌ها خواهم داشت و گفتم که می‌خواهم به ایران سفر کنم. سفر من تابستان سال ۱۹۶۲ آغاز شد و با قطار به استانبول و از آنجا به ارzurum در شرق ترکیه رفتم، و آنگاه به تبریز، تهران، اصفهان، شیراز و تخت جمشید، پایتخت پادشاهان ایران باستان سفر کردم. در راه بازگشت به کشورم، من و همسفرم، ریچارد شین، در زلزله‌ی بوئین‌زهره گرفتار شدیم که زلزله‌ای ۷/۱ ریشتری بود و جان بیش از ۱۲,۰۰۰ انسان را گرفت. می‌بایست من در مرکز زلزله بوده باشم اما از آنجا که مریض بودم و در جاده‌های ناهموار آن روزگاران ایران اتوبوس زیاد بالا و پائین می‌رفت، متوجه این زلزله نشده بودم.

ناچار شدیم چند روز در تبریز بمانیم تا بیماری اسهال خونی شدید و دنده‌ی شکسته‌ام بهبود پیدا کند. دنده‌ام در اتوبوس شکست، چون وقتی زلزله شد من به سوی صندلی جلویی پرت شدم و چون فارسی نمی‌دانستیم نفهمیدیم که زلزله شده است. به استانبول که رسیدیم از این فاجعه آگاه شدیم. کارت پستالی برای

چرا باید پرسش‌های اساسی را بپرسیم؟ ۲۱

پدر و مادرم فرستادم که ده روز با نگرانی منتظر خبری از من بودند و آخرین باری که به آن‌ها نامه نوشتم از تهران بود که می‌خواستیم به سوی ناحیه‌ی زلزله‌ای که همان روز اتفاق افتاد حرکت کنیم. از این زلزله که بگذریم، خاطرات شیرین زیادی از سفرم به ایران دارم. کنجکاوی بیش از اندازه درباره‌ی جهان، گاهی انسان را در مسیر خطر قرار می‌دهد و در طول زندگی‌ام این تنها خطری بود که با آن روبرو شدم.

در ماه اکتبر سال ۱۹۶۲ بیست سالم بود که به دپارتمان ریاضیات کاربردی و فیزیک نظری کمبریج وارد شدم. خواسته بودم زیر نظر فرد هویل کار کنم که مشهورترین اخترشناس بریتانیایی آن زمان بود. اخترشناس که می‌گویم از این بابت است که آن روزها کیهان‌شناسی را رشته‌ی دانشجویی به حساب نمی‌آوردند. با وجود این، هویل از پیش دانشجو زیاد داشت و من با دلسردی پذیرفتم زیر نظر دنیس اسپاما کار کنم که او را نمی‌شناختم. اما از سویی هم بهتر شد دانشجوی هویل نشدم، چون ناچار بودم از نظریه‌ی حالت ایستای او دفاع کنم که از دفاع کردن بر له خروج بریتانیا از اتحادیه‌ی اروپا (برگزیت) هم دشوارتر بود. کارم را با خواندن کتاب‌های درسی قدیمی نظریه‌ی نسبیت عام آغاز کردم و باز هم به سوی پرسش‌های اساسی کشانده شدم.

شاید عده‌ای از شما فیلم نظریه‌ی همه‌چیز را دیده باشید که در آن ادی ردمان در هیئت خوشگل‌تری از من ظاهر می‌شود و در سال سوم در آکسفورد به نظر می‌رسد که دارم دست‌وپاچلفتی می‌شوم. یکی دو بار زمین خوردم و ندانستم چرا و متوجه شدم که دیگر نمی‌توانم خوب پارو بزنم. بدیهی بود که علتی داشت و وقتی آن روزها دکتر به من گفت که «از میکده‌ی بیرون شو» اندکی دلگیر شدم.

زمستان سالی که وارد کمبریج شدم، سرمای شدیدی بود. تعطیلات کریسمس خانه بودم که مادرم اصرار کرد بروم روی دریاچه‌ی سنت آلبانز اسکی سواری کنم و من می‌دانستم که اسکی‌بازی از من ساخته نیست. زمین خوردم و نمی‌توانستم از زمین بلند شوم. مادرم فهمید که من مشکلی دارم و مرا پیش دکتر برد.

چند هفته در بیمارستان سنت بارثولومئو بستری شدم و آزمایش‌های زیادی از من گرفتند. در سال ۱۹۶۲، آزمایش‌های بالینی، بدوی‌تر از آزمایش‌های امروزی بودند. از عضله‌ی بازوی من نمونه‌برداری کردند، در بدنم الکترودهایی گذاشتند و ماده‌ی حاجب در نخاع‌ام تزریق کردند و دکترها با خم و راست کردن تخت، بالا و پائین شدن پرتوهای ایکس را مشاهده کردند. به من نگفتند که مشکلم چیست،

اما می‌توانستم حدس بزنم که وضع خیلی خراب است و همین بود که از آن‌ها نمی‌پرسیدم چه مشکلی دارم. از حرف‌هایی که دکترها با هم می‌زدند دستگیرم شد که مشکلم هر چه بود تنها می‌توانست روز به روز وخیم‌تر شود و کاری هم از دست آن‌ها ساخته نبود به جز این که به من ویتامین بدهند. در واقع، دکتري که آزمایش‌ها را از من گرفت، دست از من شسته بود و من اورا هرگز دوباره ندیدم. در مرحله‌ای می‌بایست فهمیده باشم که تشخیص دکترها، آمیوتروفیک لترال اسکلوئوسیس (ALS)، نوعی بیماری نورو موتور بود که در آن یاخته‌های عصبی مغز و ستون فقرات تحلیل می‌روند و آنگاه زخم یا سفت می‌شوند. این هم دستگیرم شد که افراد مبتلا به این بیماری اندک اندک توانایی کنترل حرکات‌های‌شان، صحبت کردن‌شان، خوردن‌شان، و دست‌آخر نفس کشیدن‌شان را از دست می‌دهند. چنین می‌نمود که بیماری من به سرعت در حال پیشروی است. چندان که انتظارش می‌رفت، افسرده شده بودم و دلیلی برای ادامه‌ی پژوهش‌های دوره‌ی دکتري‌ام نمی‌دیدم، زیرا فکر نمی‌کردم که آن قدرها زنده بمانم که تمام‌اش کنم. اما پیشروی بیماری‌ام به کندی گرایید و اشتیاق ادامه‌ی مطالعات‌ام را دوباره در من برافروخت. پس از این که انتظارات‌ام به صفر تقلیل یافت، هر روز تازه برای من موهبتی بود تا آنچه را داشتم عزیز بدارم. آنجا که حیات باشد، امید هست.

البته دختر جوانی به نام جین بود که در یکی از میهمانی‌ها با او آشنا شده بودم. او بسیار مصمم بود که ما با هم می‌توانیم بر بیماری من غلبه کنیم. اعتماد به نفس جین، به من امید می‌داد. با هم که نامزد کردیم، روحیه‌ام بالا گرفت و پی بردم که اگر می‌خواستم با جین ازدواج کنم باید پس از گرفتن مدرک دکترا شغلی پیدا می‌کردم. مثل همیشه آن پرسش‌های اساسی ما را پیش می‌راندند. سخت دست به کار شدم و از آن لذت بردم.

برای کمک‌خرج دوره‌ی دکتري، تقاضانامه‌ای برای استخدام در کالج گانویل و کایوس دادم. در کمال شگفتی، پذیرفته شدم و تا به امروز هم چنان عضو این کالج بوده‌ام. استخدام شدنم نقطه‌ی عطفی در زندگانی‌ام بود، چون در عین حال که ناتوانی جسمانی‌ام روز به روز وخیم‌تر می‌شد، می‌توانستم به مطالعات‌ام ادامه دهم و به این معنی نیز بود که من و جین می‌توانستیم ازدواج کنیم، که در ماه جولای سال ۱۹۶۵ همین کار را کردیم. نخستین فرزندمان، رابرت، که به دنیا آمد، دو سال بود با هم ازدواج کرده بودیم. دومین فرزندمان، لوسی، سه سال بعد به دنیا آمد. در سال ۱۹۷۹ سومین فرزندمان، تیموتی متولد شد.

چرا باید پرسش‌های اساسی را بپرسیم؟ ۲۳

من که پدر شده بودم، مدام اهمیت پرسشگری را به فرزندانم گوشزد می‌کردم. پسر، تیم، روزی در مصاحبه‌ای داستانی را درباره‌ی پرسشگری نقل کرد که به گمان من در زمان خود او نگران بود که نکند پرسش احمقانه‌ای پرسیده است. او می‌خواست بداند که آیا ممکن است جهان‌های بسیار ریزی در اطراف پراکنده شده باشند. به او گفتم هرگز از این که ایده یا فرضیه‌ای به ذهن‌اش خطور می‌کند نباید هراس داشته باشد، هر چند این ایده‌ی او احمقانه به نظر برسد.



پرسش اساسی در کیهان‌شناسی در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ این بود که آیا جهان هستی آغازی داشته است؟ بسیاری از دانشمندان به طور غریزی با این ایده مخالف بودند، زیرا احساس می‌کردند نقطه‌ی آفرینش جایی است که علم با شکست روبرو می‌شود و برای این که معلوم شود جهان هستی چگونه آغاز شده است، ناچار می‌بایست دلیل آن را در مذهب جستجو می‌کردند یا می‌گفتند به دست خدا بوده است. این پرسش، آشکارا پرسش بنیادینی بود و من تنها به پاسخ این پرسش نیاز داشتم تا پایان‌نامه‌ی دکتری‌ام را تمام کنم.

راجر پن‌رُز نشان داده بود همین که ستاره‌ای تا شعاع خاصی متراکم شود، ناگزیر تکینگی وجود خواهد داشت و آن نقطه‌ی پایان فضا و زمان است. من فکر کردم که درست است چون ما از پیش می‌دانستیم نمی‌توان مانع آن شد که ستاره سرد سنگینی تحت گرانش‌اش به نقطه‌ی تکینگی با چگالی بی‌نهایت فرونریزد. پی بردم که همین استدلال را می‌توان درباره‌ی انبساط جهان نیز به کار برد. در این مورد، می‌توانستیم ثابت کنیم تکینگی وجود خواهد داشت و آن آغاز فضا و زمان است.

چند روز پس از تولد دخترم لوسی در سال ۱۹۷۰، لحظه‌ی یافتن یافتم فرا رسید. آنگاه که شبی می‌خواستم بخوابم و به خاطر ناتوانی‌ام دیر به خواب می‌رفتم، پی بردم که می‌توانم از آن چارچوب نظری که برای قضایای تکینگی ساخته بودم در سیاهچاله‌ها استفاده کنم. اگر نسبیت عام درست و چگالی انرژی مثبت باشد، مساحت روبه‌ی افق رویداد (کرانه‌ی سیاهچاله) همواره این خاصیت را دارد که اگر ماده یا تابش اضافی وارد سیاهچاله شود، افزایش یابد. فزون بر آن، هرگاه دو سیاهچاله با یکدیگر برخورد و در سیاهچاله‌ی تنهایی ادغام شوند، مساحت افق رویداد سیاهچاله‌ی حاصل بزرگتر از مجموع مساحت‌های افق‌های رویدادهای اطراف سیاهچاله‌های اولیه است.

آن روزها، عصری طلایی بودند و ما بیشتر مسائل عمده‌ی نظریه‌ی سیاهچاله‌ها را بدون این که از آن‌ها مدرک رصدی در دست داشته باشیم، حل کردیم. در واقع، با نظریه‌ی نسبیت عام کلاسیک چندان کامیاب بودیم که در سال ۱۹۷۳ پس از انتشار کتاب‌مان ساختار بزرگ مقیاس فضا-زمان با جورج الیس فکر می‌کردم کاری نمانده که انجام نداده باشیم. پژوهش‌های من با پین‌رُز نشان داده بودند نظریه‌ی نسبیت عام در تکینگی‌ها با شکست روبرو می‌شود و از این‌رو در گام بعدی بدیهی می‌نمود که می‌بایست نسبیت عام (نظریه‌ی بزرگ مقیاس‌ها) را با نظریه‌ی کوانتومی (نظریه‌ی کوچک مقیاس‌ها) ترکیب می‌کردیم. به ویژه، در این فکر بودم که آیا می‌شود اتم‌هایی داشت که هسته‌ی آن‌ها سیاهچاله‌ی ریز اذلی و در جهان آغازین تشکیل شده باشد؟ مطالعات من از رابطه‌ی ژرف پیش‌بینی‌نشده‌ای میان گرانش و ترمودینامیک (علم گرما) پرده برداشتند و باطل‌نمایی را گشودند که سی سال تلاش نتوانسته بود آن را بگشاید: تابش بازمانده از سیاهچاله‌ی متراکم‌شونده چگونه می‌تواند حاوی اطلاعاتی باشد که این سیاهچاله از چه ساخته شده است؟ من کشف کردم که این اطلاعات از میان نمی‌رود، بلکه نمی‌توان آن را به روش مفیدی برگرداند، مثل دانشنامه‌ای که در آتش بسوزد و از آن تنها خاکستر و دود به جای ماند.

برای پاسخ به این پرسش، پراکندگی میدان‌ها یا ذرات کوانتومی از سیاهچاله‌ها را مطالعه کردم. انتظار داشتم بخشی از موج فرودی جذب و باقی‌مانده‌ی آن پراکنده شود. با وجود این، در کمال شگفتی دریافتم که گسیل از خود سیاهچاله است. ابتدا فکر کردم که باید محاسبات من خطا بوده باشند. اما آنچه مرا به درست بودن گسیلی که یافته بودم ترغیب کرد این بود که برای به دست آوردن رابطه‌ی میان مساحت افق رویداد و آنترופی، تنها به همین گسیل نیاز بود. این آنترופی، یا معیار بی‌نظمی هر سامانه‌ای، را می‌توان در فرمول ساده‌ی زیر خلاصه کرد:

$$S = \frac{Akc^3}{4G\hbar}$$

که آنترופی را برحسب مساحت افق رویداد و سه ثابت بنیادی طبیعت، $\hbar$ ، سرعت نور، G ، ثابت گرانش نیوتون، و k ، ثابت پلانک بیان می‌کند. امروزه گسیل این تابش گرمایی از سیاهچاله به تابش هاکینگ شهرت دارد و من از کشف آن به خود می‌بالم.

در سال ۱۹۷۴ مرا به عضویت انجمن سلطنتی برگزیدند. این گزینش برای

اعضای دپارتمان تعجب آور بود، زیرا من جوان و دستیار پژوهشی تازه کاری بودم. با این حال، سه سال که گذشت به مقام استادی ارتقا یافتم. پژوهش های من درباره ی سیاهچاله ها این امید را در من زنده کرد که نظریه ی همه چیز را کشف کنم و تلاش برای یافتن این نظریه به من انگیزه داد.

همان سال، دوستم کیپ ثورن، من و خانواده ام و تنی چند از کسانی را که در نظریه ی نسبیت عام کار می کردند به انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا (کلتک) دعوت کرد. از چهار سال پیش، از نوعی صندلی چرخ دار دستی و نیز خودرو سه چرخ برقی استفاده کرده بودم که سرعت اش به اندازه ی سرعت دوچرخه بود و گاهی غیرقانونی مسافر هم سوار می کردم. به کالیفرنیا که رفتیم در خانه ای متعلق به کلتک در نزدیکی دانشگاه سکونت داشتیم که به سبک دوران استعماری ساخته شده بود و در آنجا من می توانستم برای نخستین بار تمام وقت از خودرو سه چرخ استفاده کنم و تا اندازه ی زیادی استقلال داشته باشم، به ویژه که در ساختمان ها و پیاده روهای ایالات متحده در مقایسه با بریتانیا، برای افراد معلول امکانات زیادی فراهم بود.

در سال ۱۹۷۵ که از کلتک برگشتیم، من در ابتدا کمی افسرده حال بودم. در آمریکا دست و بال آدم باز بود و هر کاری که می خواستی می کردی، اما در بریتانیا همه چیز کوتاه بینانه و دست و پاگیر بود. آن زمان، همه جا پر بود از لاشه درختانی که آفت بیماری نارون هلندی از بین شان برده بود و همه جای کشور اعصاب بود. با وجود این، من که پژوهش ام در حال پیشرفت بود و در سال ۱۹۷۹ به کرسی استادی لوکاسی ریاضیات مفتخر شده بودم که روزگاری نیوتون و دیراک بر آن تکیه زده بودند، سرحال بودم.

در دهه ی ۱۹۷۰ بیشتر مطالعاتم روی سیاهچاله ها متمرکز بود، اما بر اثر پیشنهاداتی که می شد مبنی بر این که جهان آغازین دستخوش انبساط تورمی سریعی شده و در اثنای این تورم، جهان با آهنگ فزاینده ای گسترش یافته است (چطور که پس از خروج بریتانیا از اتحادیه ی اروپا، قیمت کالاها افزایش یافت)، بار دیگر اشتیاق به کیهان شناسی در من زنده شد. مدتی را نیز با جیم هارتل صرف فرمول بندی نظریه ی تولد جهان کردم که آن را نظریه ی «بدون کرانه» نامیدیم. تا اوایل دهه ی ۱۹۸۰ سلامتی ام مدام بدتر می شد و از آنجا که عضلات نایام ضعیف شده بودند، هنگام صرف غذا مقداری از آن به ریه های من می رفت و ناچار باید مدت ها به پشت من ضربه می زدند تا تکه های غذا از آن خارج شوند. در

سال ۱۹۸۵ در سفری به سِرِن، سازمان اروپایی پژوهش‌های هسته‌ای در سوئیس، ذات‌الریه گرفتم. لحظه‌ی مرگم فرا رسیده بود. مرا سریع به بیمارستان لوسرن کانتونال رساندند و زیر دستگاه تهویه گذاشتند. پزشکان به جین گفتند که بیماری من تا مرحله‌ای پیشرفته که کاری از دست آن‌ها ساخته نیست و بهتر است دستگاه تهویه را قطع کنند و به زندگانی من پایان دهند. اما جین نپذیرفت و مرا با آمبولانس هوایی به بیمارستان آدنبروک در کمبریج انتقال داد.

تصورش را بکنید که چه ساعات سختی بر من گذشت، اما خدا را شکر در بیمارستان آدنبروک دکترها با تلاش فراوان مرا به وضعیتی برگرداندند که پیش از سفر به سوئیس داشتم. با وجود این، از آنجا که نایم هم‌چنان غذا و آب دهانم را به ریه‌های من هدایت می‌کرد، پزشکان ناچار نای مرا مسدود کردند (عمل جراحی تراکیوتومی). چه بسا بسیاری از شما بدانید که با عمل جراحی تراکیوتومی، انسان صحبت کردن را از دست می‌دهد. صدای انسان، برای او خیلی ارزش دارد. اگر انسان بریده بریده صحبت کند، مردم او را معلول مغزی می‌پندارند و جور دیگری با او رفتار می‌کنند. قبل از عمل تراکیوتومی گفتار من چنان بریده بریده بود که تنها کسانی که مرا خوب می‌شناختند می‌توانستند مرا درک کنند. فرزندان من جزو این کسان بودند. تا مدتی پس از عمل جراحی تراکیوتومی تنها راهی که می‌توانستم با دیگران ارتباط برقرار کنم این بود که واژه‌ها را حرف به حرف برای دیگران هجی کنم و آن این بود که حروف الفبا را حرف به حرف به من نشان می‌دادند و من آنگاه که به حرف درست اشاره می‌شد، ابرویم را تکان می‌دادم.

اتفاقی یکی از متخصصین کامپیوتر در کالیفرنیا، به نام والت ولتوزتس، از ناتوانی‌هایی من شنیده بود. او برنامه‌ای نوشته بود به نام ایکولایز و آن را برای من فرستاد. با این برنامه می‌توانستم از منوهای روی مانیتور کامپیوتری که روی صندلی چرخ‌دار من نصب بود، واژه‌ها را با فشردن کلیدی که دست‌ام می‌گرفتم، انتخاب کنم. از آن زمان تا حالا، این برنامه مدام به‌روزرسانی شده است. امروزه از برنامه‌ای به نام آکات استفاده می‌کنم که شرکت ایتل ساخته است و با حسگر کوچکی روی عینک‌ام آن را از طریق حرکت‌های گونه‌ام کنترل می‌کنم. این ابزار تلفن موبایلی دارد که مرا به اینترنت وصل می‌کند. حالا می‌توانم ادعا کنم که بیش از هر کس دیگری با دنیا در تماس هستم. با وجود این، صحبت‌ساز اولیه‌ای را که داشتم هم‌چنان نگه داشتم، چون از سویی وسیله‌ای ندیده‌ام که جمله‌بندی‌های آن بهتر از صحبت‌ساز من باشد و از سویی هم همه مرا با صوت آن می‌شناسند هر

چند که لهجه‌ی آمریکایی دارد. در سال ۱۹۸۲ که روی نظریه‌ی «بدون کرانه» کار می‌کردم، بر آن شدم تا کتابی

درباره‌ی جهان هستی بنویسم که همگان آن را درک کنند. فکر کردم که بتوانم با آن بخشی از هزینه‌های مدرسه‌ی فرزندانم و هزینه‌های فزاینده‌ی درمانم را تأمین کنم، اما بیشتر از این بابت می‌خواستم چنین کتابی را بنویسم که توضیح دهم تا چه اندازه ما امروزه جهان هستی را درک می‌کنیم، یعنی تا چه اندازه به نظریه‌ی کاملی نزدیک شده‌ایم که بتواند جهان هستی و آنچه در آن است را توضیح دهد. من که دانشمند هستم، به پرسشگری و یافتن پاسخ پرسش‌ها اهمیت می‌دهم و می‌خواهم با دنیا در میان بگذارم که ما دانشمندان چه چیزهایی را درباره‌ی جهان هستی تاکنون آموخته‌ایم.

در این راستا کتاب تاریخچه‌ی مختصر زمان برای نخستین بار ماه آوریل سال ۱۹۸۸ در روز دروغ منتشر شد. در آغاز عنوان این کتاب را از مه‌بانگ تا سیاهچاله‌ها: تاریخچه‌ی مختصر زمان گذاشتم که بعدها به «مختصر» اکتفا شد و مابقی داستان سرایی است.

هرگز انتظار آن را نداشتم که این کتاب من چنین پرفروش شود. بی‌تردید همه می‌خواستند بدانند که آدمی چون من با این همه ناتوانی چگونه توانسته چنین کتاب پرفروشی بنویسد. چه بسا همه آن را تا آخر نخوانده یا همه‌ی مطالب آن را درک نکرده‌اند، اما دست‌کم پرسش‌های اساسی‌ای درباره‌ی هستی ما دستگیرشان شده است و پی برده‌اند بر جهانی که ما در آن زندگی می‌کنیم قوانینی منطقی حاکم هستند که از راه علم می‌توانیم آن‌ها را کشف و درک کنیم.

از دیدگاه همکارانم، من هم مثل دیگران یک فیزیکدان هستم، اما برای مردم شاید من مشهورترین دانشمند دنیا باشم. از سویی دانشمندان، به استثنای اینشتین، مثل ستارگان سینما و آواز مشهور نیستند و از سویی هم من نمونه‌ی بارزی از یک نابغه‌ی معلول هستم. من نمی‌توانم خودم را زیر کلاه گیس و پشت عینک دودی پنهان کنم، چون صندلی چرخ‌داری که دارم راز مرا فاش می‌کند. مشهور بودن و به سادگی شناسایی شدن، بدی‌ها و خوبی‌هایی دارد، اما بدی‌های آن به مراتب بیش از خوبی‌های آن است. مردم که مرا می‌بینند از ته دل خوشحال می‌شوند. من بیشترین مخاطب را آنگاه داشتم که بازی‌های پارالمپیک سال ۲۰۱۲ لندن را افتتاح کردم.

من روی این سیاره، زندگانی پرنشیب و فرازی داشته‌ام و در عین حال با استفاده از ذهنم و قوانین فیزیک، به اقصا نقاط عالم سفر کرده‌ام. به دورترین کرانه‌های کهکشان‌مان رفته‌ام، به درون سیاهچاله‌ها سفر کرده‌ام و به آغاز زمان برگشته‌ام. روی زمین، فرازاها و فرودها، اغتشاش‌ها، صلح‌ها، کامیابی‌ها و رنج‌ها را تجربه کرده‌ام. زمانی ثروتمند و زمانی فقیر، زمانی در عین سلامتی و زمانی معلول بوده‌ام. گاهی تحسینم کرده‌اند و گاهی نقد، اما هیچ‌گاه به دست فراموشی سپرده نشده‌ام. من این افتخار را داشته‌ام که با پژوهش‌هایی که کرده‌ام توانسته‌ام در درک جهان هستی سهمی داشته باشم. با این حال اگر نبودند کسانی که من به آن‌ها عشق می‌ورزم و آن‌ها به من عشق می‌ورزند، آنگاه جهان تهی بود. بدون آن‌ها، همه‌ی شگفتی‌های جهان هستی برای من بی‌معنی بودند.

از این‌ها همه که بگذریم، پیروزی بزرگ برای ما انسان‌ها که خود از مجموعه‌ای از ذرات بنیادی طبیعت ساخته شده‌ایم، این است که قادر بوده‌ایم قوانین حاکم بر ما و بر جهان‌مان را درک کنیم. می‌خواهم در هیجانی که از این پرسش‌های اساسی و کشف و شهود به من دست داده است، دیگران را نیز شریک کنم.

امیدوارم روزی پاسخ همه‌ی این پرسش‌ها را بدانیم. اما چالش‌های دیگر و پرسش‌های اساسی دیگری روی این سیاره هستند که باید پاسخ داده شوند و نسل جدید علاقه‌مند و پشت‌کارداری را می‌طلبند که از علم سر رشته داشته باشند. جمعیت روزافزون را چگونه می‌خواهیم تغذیه کنیم؟ برای‌شان آب شرب و انرژی تجدیدپذیر فراهم آوریم و از بیماری‌ها نجات‌شان دهیم و تغییرات اقلیمی را کند سازیم؟ امیدوارم که علم و تکنولوژی به این پرسش‌ها پاسخ دهد، اما این علم و تکنولوژی انسان‌های فهمیده و بادانشی را می‌طلبند که بتوانند پاسخ‌ها را به فعل برسانند. بیایید برای هر زن و مردی فرصت زندگی سالم، ایمن، مملو از امکانات و عشق فراهم کنیم. ما مسافران زمان هستیم و با هم به آینده سفر می‌کنیم. بیایید دست به دست هم دهیم تا آینده را چندان بسازیم که می‌خواهیم.

بی‌باک، کنجکاو، و مصمم باشید تا بتوانید بر مشکلات پیروز شوید. این کار به راستی شدنی است.

آنگاه که کودکی بیش نبود، چه رؤیایی داشتی،
آیا رؤیایت به واقعیت پیوسته است؟

می خواستم دانشمند بزرگی شوم. اما در مدرسه دانش آموز خوبی نبودم و به زحمت می توانستم بالاتر از متوسط باشم. درس خواندنم بی نظم و دست خطم خیلی خوب نبود. اما در مدرسه دوستان خوبی داشتم. ما درباره ی همه چیز بحث می کردیم و، به ویژه، از منشأ جهان هستی می پرسیدیم. اینجا بود که رؤیای من شکل گرفت، و خوش شانس بودم که به واقعیت پیوسته است.

Telegram @eat_book



فصل ۱

آیا آفریننده‌ای هست؟

علم روز به روز به پرسش‌های بیشتری پاسخ می‌دهد که روزگاری قلمرو دین بودند. دین تلاش آغازینی برای پاسخ به پرسش‌هایی بود که همه‌ی ما می‌پرسیم: چرا ما اینجا هستیم، ما از کجا آمده‌ایم؟ در روزگاران گذشته، پاسخ کم و بیش همیشه یکسان بود و آن این که خدایان همه چیز را ساختند. جهان جای چنان ترسناکی بود که حتی مردانی قوی چون وایکینگ‌ها هم برای درک پدیده‌های طبیعی چون آذرخش، طوفان‌ها، یا خسوف و کسوف به موجودات ماوراءالطبیعی باور داشتند. امروزه، علم پاسخ‌های به مراتب بهتر و سازگارتری دارد، اما مردم همیشه به دین متوسل می‌شوند چون به آن‌ها آرامش روان می‌دهد و آن‌ها به علم یا اعتماد ندارند یا درک‌اش نمی‌کنند.

چند سال پیش، روزنامه‌ی تایمز در عنوان صفحه‌ی اول خود نوشت «هاکینگ: خدا جهان را نیافرید.» این مقاله را با تصاویری آراسته بودند. خدا در تابلویی از میکس لانژ، از آن بالا نگاهی رعدآسا داشت. تصویری از من را هم کشیده بودند که از خودراضی نشان می‌داد. این دو تصویر را چنان درست کرده بودند که گویی ما با هم دعوا داشتیم. اما من با خدا مشکلی نداشتم. نمی‌خواهم این‌گونه برداشت شود که پژوهش‌های من در اثبات یا نفی هستی خداست. من در پژوهش‌هایم کوشیده‌ام چارچوبی منطقی برای درک جهان اطراف‌مان پیدا کنم.

قرن‌ها باور بر این بوده که افراد معلولی چون من به نفرین خدا گرفتار شده‌ایم. خُب، می‌شود تصور کرد که من آن بالا کسی را آزرده باشم، اما خودم ترجیح می‌دهم جور دیگری فکر کنم و بگویم هر چیزی را می‌توان با قوانین طبیعت توضیح داد. اگر شما هم مثل من علم‌باور باشید، می‌پذیرید که همه‌ی پدیده‌ها همواره از قوانین خاصی پیروی می‌کنند. چنان‌چه بخواهید می‌توانید بگویید که

این قوانین کار خدا هستند، اما این را که بگویید خدا را تعریف کرده‌اید نه اثبات هستی یا نیستی‌اش را. فیلسوفی به نام آریستارخوس که ۳۰۰ سال قبل از میلاد می‌زیسته، شیفته‌ی گرفتگی ماه و خورشید، به ویژه ماه‌گرفتگی بود. او جسارت به خرج داد و به این فکر کرد که آیا به راستی خدایان این گرفتگی‌ها را به وجود می‌آورند یا نه. آریستارخوس یکی از پیشگامان راستین علم بود. وی آسمان‌ها را به دقت مطالعه کرد و به این نتیجه‌ی جسورانه رسید که ماه‌گرفتگی در واقع سایه‌ی زمین به هنگام گذر از روبروی ماه است و رویدادی الهی نیست. وی که با این کشف احساس آزادی می‌کرد توانست پی ببرد که بالای سرش چه می‌گذرد و نمودارهایی کشید که رابطه‌ی میان خورشید، زمین، و ماه را نشان می‌دادند. وی از آنجا به نتایج چشمگیرتری دست یافت. آریستارخوس پی برد که زمین مرکز عالم نیست، بلکه در مداری به گرد خورشید می‌گردد. در واقع درک چنین آرایشی همه‌ی گرفتگی‌ها را می‌توانست توضیح دهد. آنگاه که ماه سایه‌اش را بر زمین می‌اندازد، خورشید گرفتگی روی می‌دهد و آنگاه که زمین سایه‌اش را بر ماه می‌اندازد ماه‌گرفتگی پیش می‌آید. آریستارخوس از این هم فراتر رفت. وی بر خلاف معاصرین‌اش، پیشنهاد کرد که ستارگان شکاف‌هایی در بستر آسمان نیستند بلکه آن‌ها ستارگانی غیر از خورشید ما هستند که با ما فاصله‌ی بسیار زیادی دارند. آنچه آریستارخوس دریافته بود چه درک والایی بوده است. جهان هستی، ماشینی است که اصول یا قوانین بر آن حاکم هستند — قوانینی که ذهن آدمی می‌تواند آن‌ها را درک کند.

من اعتقاد دارم که کشف این قوانین بزرگترین دست‌آورد آدمی بوده است، چون این قوانین طبیعت هستند که به ما خواهند گفت آیا برای توضیح جهان هستی به آفریننده نیاز داریم یا نه. قوانین طبیعت توصیف می‌کنند که هر چیزی در گذشته چگونه رفتار می‌کرده، در حال حاضر چگونه رفتار می‌کند، و در آینده چگونه رفتار خواهد کرد. در بازی تنیس، توپ همیشه دقیقاً جایی خواهد رفت که این قوانین می‌گویند و در این جا قوانین زیادی دخیل هستند. این قوانین بر هر آنچه رخ می‌دهد حاکم‌اند، از چگونگی تولید انرژی ضربه در عضلات بازیکنان گرفته تا آهنگ رشد چمن زیر پای بازیکنان. اما آنچه در واقع مهم است این است که نه تنها این قوانین تغییرناپذیرند، بلکه جهان‌شمول نیز هستند. این قوانین را می‌توان برای توصیف هر نوع حرکت پرتابی، حرکت هر سیاره، و هر آنچه در جهان می‌جنبد، به کار برد. بر خلاف قوانینی که انسان‌ها وضع می‌کنند، قوانین طبیعت را نمی‌توان

شکست و همین ویژگی است که قوانین طبیعت را چنین قدرتمند می‌کند و آنگاه که از جایگاه دینی به آن‌ها نگاه می‌کنیم، بحث‌انگیز می‌شوند.

هرگاه مثل من شما هم بپذیرید که قوانین طبیعت تغییرناپذیرند، آنگاه از خود می‌پرسید که در این میان خدا چه نقشی دارد؟ بخش بزرگ تناقض میان علم و دین همین جاست و هر چند دیدگاه‌های من خبرساز شده‌اند، اما این تناقض از زمان‌های باستان وجود داشته است. می‌توان خدا را مظهر قوانین طبیعت تعریف کرد. با وجود این، بسیاری از مردم این‌گونه درباره‌ی خدا فکر نمی‌کنند. دیدگاه آن‌ها از خدا، موجود انسان‌گونه‌ای است که می‌تواند با وی رابطه‌ی شخصی برقرار کنند. آنگاه که به جهان هستی بی‌کران می‌نگریم و این که حیات تصادفی انسان در آن چه بی‌ارزش است، چنین دیدگاهی ناموجه‌ترین دیدگاه به نظر می‌رسد.

من هم چونان اینشتین واژه‌ی «خدا» را به معنای بی‌طرفانه‌ی آن برای قوانین طبیعت به کار می‌برم و از این‌رو اگر ذهن خدا را بدانیم، قوانین طبیعت را خواهیم دانست. پیشگویی من این است که تا اواخر قرن حاضر، به ذهن خدا پی خواهیم برد.

یک چیز می‌ماند که امروزه دین می‌تواند مدعی آن باشد و آن منشأ جهان هستی است، اما در اینجا نیز علم در حال پیشرفت است و به زودی به این پرسش که جهان هستی چگونه به وجود آمده، پاسخی قاطع خواهد داد. من کتابی منتشر کردم و در آن پرسیدم آیا خدا بوده که جهان را خلق کرده است. این کتاب مایه‌ی دردسر من شد. مردم می‌گفتند که دانشمند نباید در موضوع دین دخالت کند. من نمی‌خواهم به مردم بگویم که به چه چیزی باور داشته باشند، اما برای من پرسیدن این که آیا خدایی هست یا نه، پرسش علمی معتبری است. گذشته از آن، اسراری مهم‌تر و بنیادی‌تر از این نیست که چه چیزی یا چه کسی جهان را خلق کرده و آن را کنترل می‌کند.

من با توجه به قوانین علم، فکر می‌کنم که جهان، خودبه‌خودی و از هیچ آفریده شده است. فرض بنیادی علم، جبرباوری علمی است. اگر حالت جهان در لحظه‌ی مفروضی معلوم باشد، قوانین علم تحول جهان هستی را در هر لحظه بعدی تعیین می‌کنند. این قوانین را خواه خدا فرمان داده باشد، خواه نه، اما خدا نمی‌تواند دخالت کرده و آن‌ها را نقض کند که اگر این‌گونه بود، نمی‌شد آن‌ها را قانون نامید. از این‌رو خدا تنها آزادی آن را دارد که حالت اولیه‌ی جهان هستی را انتخاب کند، اما در اینجا نیز ممکن است قوانینی حاکم باشند. بنابراین خدا هر گونه آزادی عمل

را از خود سلب کرده است.

هر چند جهان هستی پیچیده و متنوع است، اما برای ساختن آن تنها به سه ماده‌ی اولیه نیاز است. حال فرض کنید که می‌خواهیم این سه ماده‌ی اولیه را در نوعی کتاب آشپزی کیهانی فهرست کنیم. این سه ماده کدام‌اند که می‌خواهیم با آن‌ها جهان را بسازیم؟ نخستین ماده، ماده‌ای است که جرم دارد. این ماده همه‌جای اطراف ما، از زیر پا تا فضای بالای سرمان را پر کرده است. همه جا پر است از گرد و خاک، سنگ، یخ، مایعات. ابرهای عظیم گازی، کهکشان‌های غول‌آسای مارپیچی، هر یک با میلیاردها ستاره که در پهنه‌ی آسمان از این سو تا آن سو پراکنده‌اند.

دومین ماده‌ای که به آن نیاز است انرژی است. شاید تاکنون به انرژی فکر نکرده باشید، اما همه آن را می‌شناسید و روزانه با آن روبرو می‌شوید. به خورشید که نگاه کنید، انرژی آن را روی صورت‌تان احساس خواهید کرد. ستاره‌ای که با ما ۱۴۹ میلیون کیلومتر فاصله دارد، این انرژی را تولید می‌کند. انرژی جهان هستی را پر کرده است و راننده‌ی فرایندهایی است که مدام آن را پویا و در حال تغییر نگه می‌دارند.

بنابراین ماده داریم و انرژی داریم. سومین چیزی که نیاز داریم تا جهان را بسازیم، فضا است، آن هم مقدار زیادی فضا. می‌توانید جهان را هر چه خواستید بنامید، باشکوه، زیبا، خشن، اما نمی‌توانید آن را جایی تنگ توصیف کنید. هر جا که نگاه می‌کنیم، فضا است و فضا که در همه‌ی جهت‌ها بساط پهن کرده است. آن قدر فضا هست که سر انسان گیج می‌رود. حال این همه ماده، انرژی، و فضا از کجا پدید آمده؟ تا قرن بیستم پاسخ آن را نمی‌دانستیم.

پاسخ این پرسش را اندیشه‌های مردی داد که به احتمال زیاد والاترین دانشمندی بود که تاکنون زمین به خود دیده است. نام او آلبرت اینشتین بود. ای کاش که او را می‌دیدم، اما چنین نشد چون وقتی که من سیزده سال‌ام بود او درگذشت. اینشتین به چیز فوق‌العاده عجیبی پی برد و آن این بود که دو ماده‌ی اصلی که برای ساختن نیاز است — جرم و انرژی — اساساً یک چیز و می‌شود گفت دو روی یک سکه‌اند. معادله‌ی معروف او $E = mc^2$ به این معنی است که جرم را می‌توان به انرژی و انرژی را می‌توان به جرم تبدیل کرد. از این‌رو به جای سه ماده‌ی اولیه، اینک می‌توانیم بگوییم که برای ساختن جهان تنها به دو ماده، انرژی و فضا، نیاز است. حال این انرژی و فضا از کجا می‌آید؟ پاسخ به این پرسش از پس دهه‌ها پژوهش‌های دانشمندان به دست آمد: فضا و انرژی خودبه‌خودی در

رویدادی که امروزه آن را مهبانگ می‌نامیم خلق شدند. در لحظه‌ی مهبانگ، کل جهان، و همراه آن فضا، هستی یافتند. هر آنچه بود مثل بالونی که باد شود، متورم شد. این همه انرژی و فضا از کجا پیدا شد؟ چگونه جهانی پر از انرژی، فضایی چنین فراخ، و هر آنچه در آن است، از هیچ پدید آمد؟ به گمان عده‌ای، این همان جایی است که خدا به صحنه برمی‌گردد. خدا بود که انرژی و فضا را آفرید. مهبانگ لحظه‌ی آفرینش بود. اما علم داستان متفاوتی را نقل می‌کند. خطر را به جان می‌خرم و می‌گویم که می‌توانیم پدیده‌های طبیعی به مراتب بیش از آنچه واکینگ‌ها را به وحشت می‌انداختند، درک می‌کنیم. حتی می‌توانیم فراتر از تقارن زیبای میان جرم و انرژی برویم که اینشتین کشف کرد. می‌توانیم با استفاده از قوانین طبیعت ریشه‌های جهان هستی را درنوردیم و کشف کنیم که آیا تنها راه توضیح آن پذیرفتن هستی آفریدگار است یا نه.

من که پس از جنگ جهانی دوم در انگلستان بزرگ می‌شدم، ما دوران ریاضت اقتصادی را می‌گذرانیدیم. به ما گفته بودند که به رایگان، چیزی گیر کسی نمی‌آید. اما امروزه پس از عمری کار پژوهشی، به این نتیجه رسیده‌ام که در واقع کل جهان هستی را می‌توان رایگان به دست آورد.

بزرگترین اسراری که در دل مهبانگ نهفته این است که توضیح دهیم چگونه این جهان عظیم شکوهمند مملو از انرژی و فضا می‌تواند از هیچ پدیدار شود. این راز در یکی از عجیب‌ترین واقعیتهای کیهان نهفته است. قوانین فیزیک، هستی مفهومی به نام «انرژی منفی»^۱ را مجاز می‌دانند.

برای این که به شما کمک کنم تا این مفهوم ناآشنا، اما مهم را درک کنید، به مقایسه‌ی ساده‌ای از آن اشاره می‌کنم. تصور کنید که کسی بخواهد روی قطعه زمینی تخت، تپه‌ای بسازد. این تپه جهان هستی را می‌ماند. برای ساختن این تپه، او چاله‌ای در زمین می‌کند و با خاک آن این تپه را می‌سازد. اما این فرد تنها تپه را نمی‌سازد، بلکه به معنایی، نسخه‌ای منفی از تپه را نیز می‌سازد که همان چاله است. خاکی که در این چاله بود، حالا تپه شده است و از این‌رو میان این تپه و چاله توازن کاملی برقرار است. آنچه در آغاز جهان هستی رخ داده، در اصل به همین منوال بوده است.

۱. پیوست الف «انرژی گرانشی» در کتاب جهان تودمی، آلن گوث، ترجمه‌ی جمیل آریایی، انتشارات مازیار، ۱۳۹۶، را نیز ببینید. مترجم.

آنگاه که مهبانگ مقادیر زیادی انرژی مثبت تولید کرده، همزمان با آن همان مقدار هم انرژی منفی تولید کرده است. از این راه، همیشه مجموع انرژی مثبت و انرژی منفی صفر می‌شود. آنچه گفتیم، یکی دیگر از قوانین طبیعت است. حال این مقدار انرژی منفی، امروزه کجاست؟ این مقدار انرژی منفی امروزه در سومین ماده‌ی اولیه‌ی کتاب آشپزی کیهانی ماست. شاید درک این مطلب دشوار باشد، اما بنا بر قوانین طبیعت حاکم بر گرانش و حرکت — قوانینی که جزو قدیمی‌ترین قوانین علم هستند — خود فضا انبار بزرگ انرژی منفی است. این انبار به اندازه‌ای بزرگ است که مجموع محتوای آن با انرژی مثبت موجود در جهان صفر می‌شود.

قبول دارم که اگر با ابزار ریاضی آشنا نباشید، درک مطالبی را که گفتم مشکل خواهید یافت، اما بدانید که آنچه گفته‌ام درست است. شبکه‌ی بی‌پایان میلیاردها میلیارد کهکشان که با نیروی گرانش یکدیگر را این سو و آن سو می‌کشند، شبیه به انبار ذخیره‌ساز عظیمی عمل می‌کند. چالهی متناظر آن، یا سوی منفی آن، در سرتاسر فضا توزیع شده است.

آنچه گفته‌ام، در کشف و شهود این که آیا آفریننده‌ای هست یا نه، چه معنایی دارد؟ معنی آن این است که اگر مجموع انرژی مثبت و منفی جهان صفر باشد، آنگاه برای آفرینش جهان نیازی به آفریننده نیست. جهان هستی بوفه‌ی رایگان ازلی است. از آنجا که می‌دانیم مجموع انرژی‌های مثبت و منفی جهان هستی صفر است، تنها کاری که باید بکنیم این است که بدانیم چه کسی یا چه فرایندی در آغاز، جهان هستی را راه انداخته است. چه عاملی می‌تواند سبب پیدایش خودبه‌خودی جهان شده باشد؟ در نگاه اول، این پرسش پیچیده به نظر می‌رسد، چون در زندگی روزمره ندیده‌ایم که چیزی ناگهانی و از هیچ پدیدار شده باشد. آنگاه که دل‌تان یک فنجان قهوه می‌خواهد، با تکان دادن انگشت‌تان، یک فنجان قهوه جلو شما سبز نمی‌شود. می‌توانید قهوه را از موادی چون دانه‌های قهوه، شاید هم اندکی شیر و شکر بسازید. اما در درون فنجان قهوه که سفر کنید و به ذرات شیر برسید و از آنجا راهی اتم‌های آن شوید و سپس به دنیای زیراتمی برسید، آنگاه وارد دنیایی شده‌اید که اجزای آن می‌توانند، دست‌کم به مدت کوتاهی، از هیچ خلق شوند. در چنین مقیاسی، ذراتی چون پروتون‌ها بر طبق قوانین مکانیک کوانتومی رفتار می‌کنند و به راستی که می‌توانند تصادفی پدیدار شده، مدتی در آن اطراف پرسه زده و سپس دوباره ناپدید شوند و آنگاه بار دیگر از جای دیگری سر برآورند.

چون می‌دانیم که خود جهان روزگاری بسیار کوچک بوده است — شاید کوچکتر از پروتون — آنچه گفتیم مصداق پیدا می‌کند. بنابراین خود جهان هستی، با آن همه پیچیدگی و گستردگی گیج‌کننده‌ای که در او سراغ داریم، چه بسا توانسته بدون این که قوانین شناخته‌شده‌ی طبیعت را نقض کند، از هیچ پا به عرصه هستی بگذارد. از آن لحظه به بعد، با گسترش فضا، مقادیر زیادی انرژی آزاد شده و این فضا، برای ایجاد توازن در حساب و کتاب‌ها، مقدار انرژی منفی لازم را در خود ذخیره کرده است. حال در اینجا بار دیگر این پرسش مهم مطرح است که آیا خدا قوانین کوانتومی را آفرید تا مهبانگ بتواند رخ دهد؟ آیا ما در پوسته‌ی گردو نیاز داریم که خدا چنان ترتیبی دهد تا مهبانگ رخ دهد؟ خدای ناکرده دوست ندارم به ایمان کسی توهین کنم، اما من فکر می‌کنم علم توضیح قانع‌کننده‌تری دارد تا آفریننده‌ی الهی.

از تجربه‌ی روزمره فکر می‌کنیم هر رویدادی که بخواهد رخ دهد سبب آن می‌بایست در گذشته رخ داده باشد و از این رو طبیعی است که فکر کنیم چیزی، چه بسا خدا، باید جهان را آفریده باشد. با وجود این، وقتی که در کل به جهان نگاه می‌کنیم، الزاماً چنین نیست. توضیح می‌دهم. رودخانه‌ای را در نظر بگیرید که در کوه‌پایه‌ای جریان دارد. چه عاملی رودخانه را به وجود آورده است؟ خُب، بارانی که پیش‌تر بر کوه باریده است. حال، چه چیزی باران را آفریده است؟ می‌گویید که خورشید بر اقیانوس‌ها تابیده و بخار آب آن به آسمان رفته و ابرها را تشکیل داده است. خُب، حالا چه عاملی سبب شده تا خورشید بدرخشد؟ خواهید گفت که اگر به درون خورشید بنگریم، فرایندی به نام همجوشی را خواهیم دید که اتم‌های هیدروژن را به هم متصل می‌کند تا هلیوم تشکیل شود و این فرایند انرژی زیادی آزاد می‌کند. تا به اینجا درست است. حالا، هیدروژن از کجا آمده است؟ پاسخ: از مهبانگ. اینک به بخش مهم داستان می‌رسیم. قوانین طبیعت خود به ما می‌گویند که نه تنها جهان هستی بی هیچ کمکی و بی هیچ انرژی، مثل آن پروتون، به هستی رسیده است، بلکه شاید چیزی هم سبب‌ساز مهبانگ نبوده است. هیچ چیز. توضیح را می‌توان در نظریه‌های اینشتین یافت و بینش وی در این که چگونه فضا و زمان در جهان هستی چنین بنیادی درهم‌تنیده‌اند. در لحظه‌ی مهبانگ، سرنوشت شکوهمندی برای زمان رقم خورده است و آن این که زمان، خود آغاز شده است.

برای درک این ایده‌ی فکربرانگیز، سیاهچاله‌ای را در نظر بگیرید که در فضا

شناور است. هر سیاهچاله‌ی نوعی، ستاره چنان سنگینی است که روی خودش می‌رُمبد. سیاهچاله به اندازه‌ای سنگین است که نور را یارای گریز از گرانش آن نیست و از این بابت است که کاملاً سیاه است. کشش گرانشی سیاهچاله چنان قوی است که تاب برمی‌دارد و نه تنها نور، بلکه زمان را نیز مختل می‌کند. برای این که ببینیم چگونه، ساعتی را در نظر می‌گیریم که در کام سیاهچاله فرو می‌رود. این ساعت که به سیاهچاله نزدیک و نزدیک‌تر می‌شود، کندتر و کندتر کار می‌کند. زمان خود نیز کند می‌شود. حال تصور کنید که این ساعت وارد سیاهچاله می‌شود — بسیار خوب، به فرض این که نیروهای فوق‌العاده قوی آن را تاب بیاورد — به راستی متوقف می‌شود. نه به لحاظ این که خراب می‌شود از کار می‌افتد، بلکه از این بابت که درون سیاهچاله خود زمان وجود ندارد و این همان چیزی است که در آغاز جهان رخ داده است.

در صد سالی که گذشت، پیشرفت‌های شایانی را در درک جهان هستی داشته‌ایم. امروزه قوانینی را می‌دانیم که بر همه چیز، به جز در جاهایی که شرایط استثنایی بوده‌اند، مثل آغاز جهان یا در سیاهچاله‌ها، حاکم هستند. به باور من، نقشی را که زمان در آغاز جهان هستی بازی کرده، کلیدی نهایی برای این بوده که نیاز به آفریدگار بزرگ را از میان برده و نشان دهد که جهان خود آفریننده‌ی خود بوده است.

در زمان که به سوی لحظه‌ی مهبانگ عقب می‌رویم، جهان مدام کوچکتر می‌شود تا این که سرانجام به نقطه‌ای می‌رسد که در آن کل جهان هستی فضای بی‌نهایت کوچک و سیاهچاله‌ای بی‌نهایت چگال می‌شود و درست آن‌گونه که در مورد سیاهچاله‌های مدرن شناور در فضا چنین بود، قوانین طبیعت چیزی کاملاً استثنایی را درباره‌ی آن حکم می‌کنند. این قوانین به ما می‌گویند که زمان خود نیز باید در لحظه‌ی مهبانگ از حرکت ایستاده باشد. در لحظه مهبانگ نمی‌شده به زمانی قبل از آن رفت چون پیش از آن زمانی در کار نبوده است. دست‌آخر چیزی را پیدا کرده‌ایم که علتی نداشته است، چون زمانی نبوده که این علت وجود داشته باشد. آنچه گفتیم از دیدگاه من به این معنی است که آفریننده‌ای نبوده است، زیرا زمانی نبوده که آفریننده‌ای وجود داشته باشد.

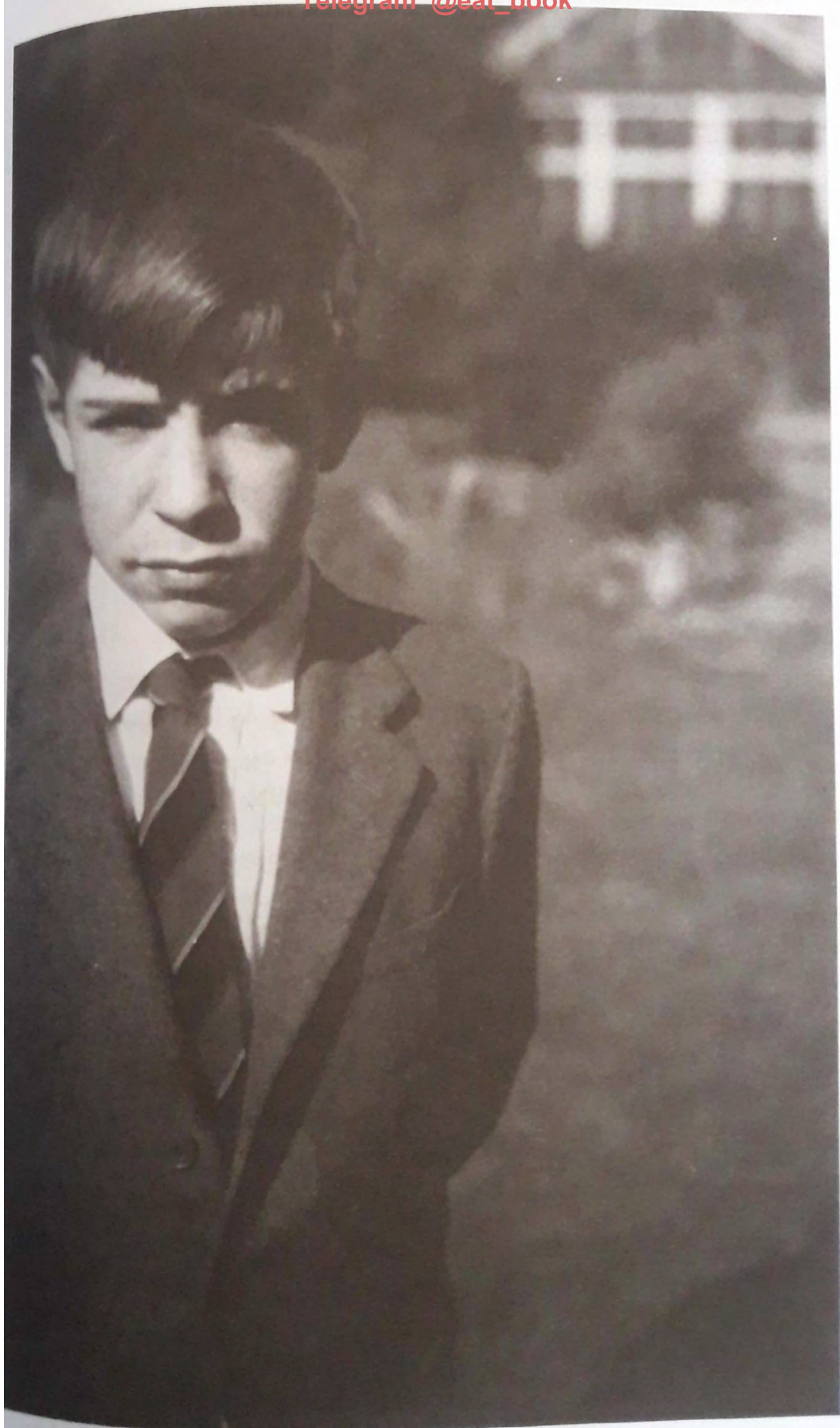
مردم پاسخ پرسش‌های کلانی چون «چرا ما اینجا هستیم؟» را می‌خواهند. آنان انتظار ندارند که این پاسخ‌ها ساده باشند و از این رو باید اندکی تقلا کنند. آنگاه که مردم از من می‌پرسند «آیا خدا جهان را آفریده است؟» به آن‌ها می‌گویم که این

فصل ۱: آیا آفریننده‌ای هست؟ ۳۹

پرسش بی‌معنی است، زیرا پیش از مهبانگ، زمان وجود نداشت که خدا وقت پیدا کرده و جهان را بیافریند. انگار که بپرسیم لبه‌ی زمین در کدام جهت است، چون زمین کروی است و لبه‌ای ندارد و گشتن به دنبال لبه‌ی آن کار بیهوده‌ای است. آیا من به چیزی ایمان دارم؟ ما آزادیم تا به هر آنچه می‌خواهیم ایمان داشته باشیم و این دیدگاه من است که آفریننده‌ای وجود ندارد. کسی جهان را نیافریده و کسی باورهای ما را هدایت نمی‌کند. از اینجا به ایده‌ی بنیادینی می‌رسم و آن این که به احتمال زیاد دنیا و آخرتی نیز وجود ندارد. به گمان من باور به آخرت نوعی خیال‌پردازی است. مدرک قانع‌کننده‌ای دال بر وجود آن نیست و با هر آنچه از علم می‌دانیم، سازگاری ندارد. به گمان من آنگاه که ما بمیریم به خاک تبدیل می‌شویم. تنها چیزی که به امید آن زنده‌ایم این است که تجربه و ژن‌مان را به فرزندان‌مان منتقل کنیم. ما عمری فزون‌تر نداریم تا طرح کلان جهان هستی را قدر بدانیم و من از آن بسیار شادمان هستم.

هستی خدا چه جایگاهی در آغاز و انجام جهان هستی دارد؟
و اگر قرار بود خدایی باشد و شما شانس آن را داشتید
که او را ملاقات می‌کردید، از خدا چه می‌پرسیدید؟

پرسش این است که «آیا، به دلایلی که ما نمی‌دانیم، خدا خواسته تا جهان هستی این‌گونه آغاز شود یا قوانین علم آن را تعیین کرده‌اند؟» گمان می‌برم که گزینه‌ی دوم درست باشد. خواستید می‌توانید قوانین طبیعت را «خدا» بنامید، اما او خدای شخصی نخواهد بود که او را ملاقات می‌کنید و پرسش‌های‌تان را از او می‌پرسید. حال اگر چنین خدایی می‌بود، دوست داشتم از او بپرسم که آیا به چیزی به پیچیدگی نظریه‌ی M در یازده بُعد فکر کرده است.



فصل ۲

جهان هستی چگونه آغاز شد؟



هملت گفت، «می‌توانستم در پوست گردویی محبوس باشم و خود را پادشاه فضای بی‌نهایت بخوانم.» گمان می‌کنم منظور هملت این است که هر چند ما انسان‌ها به لحاظ فیزیکی بسیار محدود هستیم، به ویژه در مورد خودم، اما ذهن ما می‌تواند کل جهان را بکاود و جسورانه جاهایی برود که حتی پیشتازان فضا از رفتن به آنجاها هراس دارد. آیا جهان هستی به راستی بی‌نهایت است یا خیلی بزرگ است؟ آیا آغازی دارد؟ آیا تا ابد ادامه خواهد یافت یا تا مدت زیادی؟ چگونه ذهن متناهی ما می‌تواند این جهان نامتناهی را درک کند؟ آیا خودنمایی نیست که دست به این تلاش بزنیم؟

خطر دچار شدن به سرنوشت پرومته را به جان می‌خرم که آتش را از خدایان دزدید تا انسان‌ها از آن استفاده کنند، و می‌گویم که ما می‌توانیم و باید هم تلاش کنیم جهان هستی را درک کنیم. مجازات پرومته این بود که او را تا ابد به تخته سنگی زنجیر کردند، اما خوشبختانه هرکول دست‌آخر توانست او را آزاد کند. تا به حال در درک کیهان پیشرفت شایانی کرده‌ایم. اما تصویر کامل آن را هنوز نداریم. فکر می‌کنم که به آن نزدیک باشیم.

به روایت مردم بوشونگوی آفریقای مرکزی، در آغاز فقط تاریکی بود، آب بود، و بومبا خدای بزرگ. روزی بومبا، از درد شکم، خورشید را استفراغ کرد. خورشید که مقداری از آب را خشک کرد، دشت ماند. بومبا که هنوز شکم درد داشت، ماه، ستارگان و آنگاه تعدادی حیوان از جمله پلنگ، کروکودیل، لاک‌پشت، و آخر از همه انسان را استفراغ کرد.

این افسانه‌های آفرینش، مثل بسیاری از افسانه‌های دیگر، می‌کوشند به پرسش‌هایی پاسخ دهند که همه‌ی ما می‌پرسیم. چرا ما اینجا هستیم؟ از کجا

آمدیم؟ در کل پاسخی که داده می‌شد این بود که انسان‌ها دیرگاهی نیست پدیدار شده‌اند، چون آشکار بود که نژاد آدمی داشت هم‌چنان بر دانش و تکنولوژی‌اش می‌افزود. از این رو نمی‌توانست مدتی طولانی پدیدار شده باشد، زیرا اگر چنین بود آنگاه پیشرفت بیشتری می‌کرد. برای مثال، اسقف اعظم جیمز اش می‌گوید که کتاب انجیل آغاز زمان را ساعت ۶ بعدازظهر روز ۲۲ ماه اکتبر سال ۴۰۰۴ پیش از میلاد قرار داده است. از سوی دیگر، محیط فیزیکی که انسان‌ها در آن زندگی می‌کنند، از جمله کوه‌ها و رودخانه‌ها، در طول عمر آدمی چندان تغییری نمی‌کنند. بنابراین این مناظر زمینه‌ی ثابتی پنداشته می‌شد که یا به عنوان چشم‌اندازی عاری از سکنه از ازل بوده‌اند یا همزمان با انسان‌ها آفریده شده‌اند.

با وجود این، همگان از این که جهان هستی آغازی داشته خرسند نبودند. برای مثال، ارسطو از مشهورترین فلاسفه‌ی یونان، بر این باور بود که جهان هستی از ازل بوده است. آنچه ازلی باشد کامل‌تر از چیزی است که آفریده شده باشد. به قول ارسطو، دلیل این که ما شاهد پیشرفت تمدن هستیم این است که سیل یا دیگر بلایای طبیعی، مدام تمدن را به آغاز آن کشانده‌اند. انگیزه‌ی باور به جهان ازلی از این بابت بود که دست الهی از آفرینش و راه‌اندازی جهان هستی کوتاه شود. عده‌ای هم که اعتقاد داشتند جهان هستی آغازی داشته است، آن را مدرکی دال بر اثبات وجود خدا به عنوان علت غایی، یا حرکت‌دهنده‌ی اصلی جهان هستی می‌پنداشتند.

هرگاه باور بر این بود که جهان آغازی داشته، پرسش‌های بدیهی این بودند که «پیش از آغاز چه رخ داده است؟ خدا پیش از آفریدن جهان چه می‌کرده؟ آیا او دوزخ را برای آنانی آماده می‌کرده که این پرسش‌ها را مطرح می‌کنند؟» امانوئل کانت، فیلسوف آلمانی، به این که جهان هستی آغازی داشته یا نه، زیاد فکر کرده است. به باور من هر یک از این دو حکم تناقضاتی با خود دارند و احکام معارض هستند. اگر جهان هستی آغازی داشته، پس چرا پیش از این که آغاز شود، بی‌نهایت صبر کرده است؟ وی آن را تز می‌نامد. از سوی دیگر، اگر جهان هستی از ازل بوده، چرا بی‌نهایت زمان برده تا به مرحله کنونی برسد؟ وی آن را آنتی‌تز می‌نامد. هم تز و هم آنتی‌تز به فرض کانت و عده‌ای دیگر مبنی بر این که زمان مطلق است، بستگی دارند. یعنی، زمان از بی‌نهایت در گذشته تا بی‌نهایت در آینده، مستقل از این که جهانی بوده یا نبوده، جریان می‌یابد.

امروزه هنوز بسیاری از دانشمندان چنین تصویری را در ذهن دارند. با وجود

فصل ۲: جهان هستی چگونه آغاز شد؟ ۴۳

این، در سال ۱۹۱۵ اینشتین نظریه‌ی نسبیت عام انقلابی‌اش را پیش کشید. در این نظریه، فضا و زمان بستر ثابتی برای رویدادها نیستند، بلکه این دو کمیت‌های پویایی هستند که ماده و انرژی جهان هستی آن‌ها را شکل می‌دهد. این دو تنها در درون جهان هستی تعریف می‌شود و معنی نمی‌دهد که از زمان پیش از آغاز جهان هستی صحبت کنیم، گویی بخواهیم دنبال نقطه‌ای در جنوب قطب جنوب بگردیم که تعریف شده نیست.

هر چند نظریه‌ی اینشتین، فضا و زمان را وحدت بخشید، اما درباره‌ی خود فضا چیزی به ما نمی‌گوید. آنچه درباره‌ی فضا بدیهی می‌نماید این است که همه جا هست. نمی‌توانیم انتظار داشته باشیم که جهان هستی در جلو دیواری آجری پایان پذیرد، اگرچه دلیلی منطقی هم ندارد که چرا نتواند. با وجود این، ابزارمندی مدرنی چون تلسکوپ فضایی هابل ما را قادر می‌سازد تا ژرفای فضا را بکاویم. آنچه می‌بینیم میلیاردها میلیارد کهکشان، در اندازه‌ها و اشکال گوناگون است که کهکشان‌های بیضی‌شکل غول‌پیکر و کهکشان‌های مارپیچی چون کهکشان ما هستند. هر کهکشان میلیاردها میلیارد ستاره دارد و بسیاری از این ستاره‌ها تعدادی سیاره دورشان می‌گردد. کهکشان ما در بعضی جهت‌ها جلوی دید ما را سد می‌کند، اما از این که بگذریم کهکشان‌ها در سرتاسر فضا کم و بیش یکنواخت توزیع شده‌اند و هریک برخی تراکم‌های محلی و فضا‌های تهی دارند. به نظر می‌رسد که چگالی کهکشان‌ها در فواصل بسیار دور افت می‌کند، از این بابت که چنین کهکشان‌هایی به قدری از ما فاصله دارند و کم‌سو هستند که از دید ما پنهان می‌مانند. تا چشم کار می‌کند، در جهان فضا هست و همه جا، هر قدر هم دور، یکسان به نظر می‌رسد.

اگرچه جهان در هر نقطه‌ای از فضا یکسان می‌نماید، اما با گذشت زمان قطعاً تغییر می‌کند. تا اوایل قرن‌ی که گذشت، مردم به این نکته پی نبرده بودند. تا بدان روزها، باور بر این بوده که با گذشت زمان، جهان اساساً ثابت می‌ماند. چه بسا جهان از زمانی بی‌نهایت دور در گذشته وجود داشته است، اما چنین باوری به نتایج متناقضی می‌انجامید. هرگاه بی‌نهایت زمان بوده که ستارگان درخشیده‌اند، آنگاه جهان هستی را چندان داغ می‌کردند که دمای آن به دمای خود این ستارگان می‌رسید. اگر چنین می‌بود، شب‌هنگام نیز پهنه‌ی آسمان به روشنی خورشید می‌شد، چون هر خط دید ما به ستاره یا ابری ختم می‌شد که خود به اندازه‌ی ستارگان داغ بود. ما همه رصد کرده‌ایم که آسمان شب تاریک است و این نتیجه

بسیار مهم است، چون حکایت از آن دارد که جهان هستی نمی‌توانسته، به حالتی که امروزه آن را می‌بینیم، از ازل بوده باشد. چیزی در گذشته می‌بایست رخ داده باشد که در لحظه‌ی معینی در گذشته این ستارگان را روشن کند. اگر چنین بوده باشد، آنگاه نور ستارگان دوردست هنوز وقت کافی نداشته‌اند تا به ما برسند. آنچه گفتیم توضیح می‌دهد که چرا آسمان شب در همه‌ی جهت‌ها نمی‌درخشد.

اگر ستارگان از ازل همان جا نشسته بوده باشند، پس چرا چند میلیارد سال پیش به ناگه درخشیدن آغازیده‌اند؟ چه ساعتی در کار بوده که لحظه‌ی درخشیدن را به آن‌ها اعلام کرده است؟ چنین پرسشی فیلسوفانی چون امانوئل کانت را به چالش کشیده است که به ازلی بودن جهان هستی اعتقاد داشتند، اما بیشتر مردم جهان هستی را آن‌گونه که امروزه هست و به قول اسقف اعظم تنها چند هزار سال از عمرش می‌گذرد می‌پذیرند، چون با این ایده که جهان هستی آفریده شده است، سازگاری دارد. با این حال، در دهه‌ی ۱۹۲۰ با رصدهایی که تلسکوپ یک صد اینچی رصدخانه‌ی ماونت ویلسون انجام داد، تناقضاتی که این ایده داشت پدیدار گشتند. نخست این که ادوین هابل کشف کرد که بسیاری از لکه‌های نور که سحابی نامیده می‌شدند، در واقع کهکشان‌هایی بودند با مجموعه‌ی بزرگی از ستارگانی چون خورشید ما که فاصله‌ی بسیار زیادی با ما داشتند. برای این که لکه‌ها تا این اندازه کوچک و کم‌سو بوده باشند، می‌بایست فاصله‌ی آن‌ها از ما آن قدر دور باشد که نورشان میلیون‌ها یا حتی میلیارد‌ها سال طول بکشد تا به ما برسد. این یافته نشان از آن داشت که آغاز جهان هستی نمی‌توانست تنها چند هزار سال پیش بوده باشد.

اما کشف دوم هابل از کشف نخست او نیز چشمگیرتر بود. هابل با مطالعه‌ی نور کهکشان‌های دیگر توانست اندازه بگیرد که آیا کهکشان‌ها از ما دور یا به ما نزدیک می‌شوند. هابل در کمال شگفتی دریافت که قریب به اتفاق کهکشان‌ها از ما دور می‌شوند. فزون بر آن، او پی برد که هرچه فاصله‌ی آن‌ها از ما بیشتر باشد، سریع‌تر از ما دور می‌شوند. به بیان دیگر، جهان در حال انبساط است. کهکشان‌ها از یکدیگر می‌گریزند.

کشف انبساط جهان یکی از بزرگترین انقلاب‌های علمی قرن بیستم بود. این کشف حیرت‌آور بود و بحث منشأ جهان هستی را به کل دگرگون ساخت. اگر کهکشان‌ها از یکدیگر دور می‌شوند، به این معنی است که آن‌ها در گذشته به یکدیگر نزدیک بوده‌اند. از آهنگ کنونی انبساط جهان می‌شود برآورد کرد که در

حدود ۱۰ تا ۱۵ میلیارد سال پیش کهکشان‌ها به یکدیگر بسیار نزدیک بوده‌اند، گویی جهان هستی آن زمان آغاز شده است و در آن لحظه همه چیز در نقطه‌ی واحدی از فضا بوده‌اند.

بسیاری از دانشمندان که می‌دیدند جهان هستی آغازی داشته، ناخشنود بودند، چون به نظر می‌رسید فیزیک شکست خورده است. برای تعیین این که جهان چگونه آغاز شده است، نیاز به عامل بیرونی بود که مناسبت داشت خدا باشد. بنابراین، این دانشمندان نظریه‌هایی ساختند که در آن‌ها جهان در حال حاضر انبساط می‌یافت اما آغازی نداشت. یکی از این نظریه‌ها نظریه‌ی حالت ایستا نام داشت که در سال ۱۹۴۸، هرمان باندی، توماس گولد، و فرد هوپل ساخته بودند. در نظریه‌ی حالت ایستا، با دور شدن کهکشان‌ها از یکدیگر، فرض بر این بود که کهکشان‌های جدید از ماده‌ای که مدام در سرتاسر فضا خلق می‌شد، ساخته می‌شوند. در این نظریه، جهان ازلی و در همه‌ی زمان‌ها یکسان دیده می‌شد. این خاصیت آخرین نوع پیشگویی مشخصی بود که می‌شد آن را با مشاهده راستی آزمایی کنند. گروه اخترشناسی رادیویی کمبریج به سرپرستی مارتین رایل در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰ از چشمه‌های ضعیف امواج رادیویی نقشه‌برداری کرد. این چشمه‌ها کم و بیش در پهنه‌ی آسمان یکنواخت شده بود که حکایت از آن داشت بیشتر آن‌ها بیرون از کهکشان ما قرار دارند. به طور میانگین، هر چه چشمه‌ای ضعیف‌تر بود، از ما بیشتر فاصله داشت.

نظریه‌ی حالت ایستا رابطه‌ی میان تعداد این چشمه‌ها و شدت آن‌ها را پیشگویی کرد. اما مشاهدات نشان دادند که تعداد چشمه‌های ضعیف بیش از تعدادی بود که این رابطه پیشگویی می‌کرد و نتیجه می‌شد که چگالی این چشمه‌ها در گذشته بیشتر بوده است. این نتیجه با فرض بنیادی نظریه‌ی حالت ایستا که بر طبق آن می‌بایست همه چیز با گذشت زمان ثابت بماند، ناسازگار بود. به همین دلیل و دلایل دیگر، نظریه‌ی حالت ایستا را کنار گذاشتند.

تلاش دیگری نیز شد که بگویند جهان هستی آغازی نداشته و آن این بود که گفتند جهان هستی پیش‌تر مرحله‌ای انقباضی را پشت سر گذاشته است، اما بر اثر دوران و بی‌نظمی‌های محلی امکان نداشته که همه‌ی ماده، آنگاه که جهان مرحله‌ی انبساطی را آغاز می‌کرده، در نقطه‌ی واحدی متمرکز بوده باشد. به جای آن، بخش‌های مختلف ماده بدون این که با یکدیگر برخورد کرده و در نقطه‌ی واحدی تجمع کنند، از کنار هم گذشته و جهان دوباره با چگالی همواره معینی

مرحله‌ی انبساط را آغاز کرده است. دو دانشمند روسی، اوگین لیفشیتز و آیاسی خالاتانیکوف، مدعی شدند که ثابت کرده‌اند اگر بخش‌های مختلف ماده دقیقاً از همه سو به طرف نقطه‌ی واحدی روانه نشده باشند، از یکدیگر چنان می‌جهند که چگالی ثابت می‌ماند. این نتیجه با منطق مادی‌گرایانه‌ی مارکسیستی و لنینیستی جفت و جور بود، چون با سازوکار آفرینش جهان هستی سروکاری نداشت و از این‌رو دانشمندان روسی به آن ایمان آوردند.

من زمانی پژوهش‌های کیهان‌شناختی‌ام را شروع کردم که لیفشیتز و خالاتانیکوف نتیجه‌ی پژوهش‌های‌شان را که می‌گفت جهان هستی آغازی ندارد، منتشر کردند. دانستم که پرسش بسیار مهمی مطرح است، اما استدلال‌هایی که لیفشیتز و خالاتانیکوف به کار برده بودند به دلام ننشستند.

ما عادت داریم که بگوییم علت رویدادهای کنونی، رویدادهایی در گذشته هستند که خود معلول رویدادهایی در گذشته‌ای دورتر بوده‌اند. این زنجیره‌ی علیت تا گذشته‌ی بی‌نهایت دور ادامه می‌یابد. حال فرض کنیم که این زنجیره آغازی داشته و رویداد نخستینی وجود داشته است. این رویداد آغازین معلول چه رویدادی بوده است؟ این پرسشی نیست که خیلی از دانشمندان بخواهند خود را با آن درگیر کنند. بیشتر دانشمندان سعی می‌کنند از آن طفره برونند و مثل دانشمندان روسی ادعا کنند که جهان آغازی نداشته و یا بگویند که پرسش درباره‌ی منشأ جهان در قلمرو علم نیست بلکه به متافیزیک یا دین تعلق دارد. به عقیده‌ی من، دانشمند راستین نباید چنین دیدگاهی داشته باشد. اگر قوانین علم نتوانند آغاز جهان را توضیح دهند، چه تضمینی هست که در جاهای دیگر نیز با شکست روبرو نشوند؟ اگر قانونی هر از گاه پاسخ‌گو باشد، دیگر قانون نیست. به باور من، ما باید تلاش کنیم تا با استدلال‌های علمی آغاز جهان هستی را درک کنیم. چه بسا این کار ورای توانایی‌های ما باشد، دست‌کم ما باید تلاش خودمان را بکنیم.

من و پرن‌رژ توانستیم با اثبات چند قضیه‌ی هندسی نشان دهیم که جهان هستی باید آغازی داشته باشد، مشروط بر این که نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین درست بوده باشد و چند شرط معقول خاص برآورده شوند. با قضیه‌ی ریاضی نمی‌شود یکی دو کرد و این بود که لیفشیتز و خالاتانیکوف دست‌آخر پذیرفتند جهان آغازی داشته است. هر چند این ایده که جهان آغازی داشته است به مذاق کمونیست‌ها خوش نمی‌آمد، اما قرار نبود که ایدئولوژی سد راه علم در فیزیک شود. برای ساختن بمب، به فیزیک نیاز بود و مهم این که فیزیک امتحان‌اش را پس داد. با

وجود این، ایدئولوژی شوروی مانع پیشرفت علم در زیست‌شناسی شد و درستی ژنتیک را انکار کرد.

قضایایی که من و پن‌رُز ثابت کردیم نشان دادند جهان هستی آغازی داشته است، اما اطلاعاتی درباره‌ی سرشت این آغاز به دست نمی‌دادند. این قضایا می‌گفتند که جهان هستی با مهبانگی آغاز شده است و آن نقطه‌ای بود که در آن کل جهان و هر آنچه در درون جهان بود در نقطه‌ای با چگالی بی‌نهایت، یعنی نقطه‌ی تکینگی فضا-زمان، درهم فرو رفته بود. در این نقطه، نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین شکست می‌خورد. بنابراین به کمک این نظریه‌ی اینشتین نمی‌توان پیشگویی کرد که جهان چگونه آغاز شده است. تنها می‌ماند که بگوییم که منشأ جهان علی‌الظاهر ورای قلمرو علم است.

نوعی مدرک رصدی که تأیید می‌کرد جهان آغازی بس چگال داشته است در ماه اکتبر سال ۱۹۶۵ فراهم آمد و آن زمانی بود که از نخستین نتیجه‌ی تکینگی من چند ماهی بیش نمی‌گذشت. کشف شده بود که مایکروویو زمینه‌ای ضعیفی همه فضا را پر کرده است. این‌ها همان مایکروویوهای دستگاه مایکروویو خانگی شما هستند، اما به مراتب ضعیف‌تر از آن‌ها. این امواج زمینه‌ی مایکروویو پیتزای شما را تنها تا منهای $270/4$ درجه‌ی سانتی‌گراد (منهای $518/72$ درجه‌ی فارنهایت) می‌توانند گرم کنند، یعنی نه آن قدر که بتواند حتی یخ پیتزای شما را باز کند، چه رسد به این که آن را بپزد. شما خودتان هم این مایکروویوها را دیده‌اید. کسانی از شما که تلویزیون‌های آنالوگ را به یاد می‌آورید به احتمال زیاد شاهد این مایکروویو بوده‌اید. اگر تلویزیون‌تان را روی کانالی خالی می‌بردید، چند درصد از برفکی که روی صفحه تلویزیون می‌دیدید، این مایکروویوهای زمینه‌ی کیهانی بودند. تنها تعبیر پذیرفتنی این زمینه، تابشی است که از آن حالت بسیار چگال و داغ آغازین به جا مانده است. با انبساط جهان، این تابش سرد شده و سرانجام به جا مانده‌ی کم‌سویی تبدیل شده است که امروزه می‌بینیم.

این که جهان هستی از نوعی تکینگی آغاز شده است، نتیجه‌ای نبود که من و دیگران را خوشحال کرده باشد. دلیل این که نسبیت عام اینشتین در نزدیکی مهبانگ شکست می‌خورد، این است که این نظریه، نوعی نظریه‌ی کلاسیکی است، یعنی با عقل سلیم سازگار است و در آن به هر ذره‌ای مکان و سرعت خوش‌تعریفی نسبت داده می‌شود. در چنین نظریه‌ی کلاسیکی اگر مکان‌ها و سرعت‌های همه‌ی ذرات را در لحظه‌ای بدانیم، می‌توانیم مکان‌ها و سرعت‌های این ذرات را در هر لحظه‌ای

در گذشته یا آینده حساب کنیم. با وجود این، دانشمندان در اوایل قرن بیستم بی‌بردند که نمی‌توانند به دقت حساب کنند که در فواصل بسیار کوتاه چه رخ می‌دهد. تنها این نبود که دانشمندان به نظریه‌های بهتری نیاز دارند. به نظر می‌رسید هر اندازه هم که نظریه‌ها خوب باشند، سطح خاصی از کاتوره‌ای بودن یا عدم قطعیت در ذات طبیعت هست که نمی‌توان آن را از میان برد. این کاتوره‌ای بودن را در سال ۱۹۲۷ دانشمند آلمانی ورنر هایزنبرگ در اصل عدم قطعیت خلاصه کرد. مکان و تندی هر ذره را نمی‌توان همزمان با دقت اندازه‌گیری کرد. هر قدر دقیق که مکان ذره را پیشگویی کنیم، همان اندازه تندی ذره را با دقت کمتری پیشگویی خواهیم کرد، و بر عکس.

اینشتین به شدت با این ایده مخالف بود که شانس بر جهان هستی حاکم است. وی نظرات‌اش را در گفته‌ی معروف «خدا شیر یا خط بازی نمی‌کند» بیان می‌کند. اما همه چیز گواهی می‌دهد که خدا قمارباز قهاری است. جهان هستی کازینوی عظیمی است که در همه جای آن، تاس می‌اندازند یا چرخ‌ها را به گردش درمی‌آورند. صاحب کازینو با هر گردش تاس یا چرخش چرخ‌های میزهای رولت خطر باخت را تجربه می‌کند. اما تعداد شرط‌بندی‌ها که زیاد شود، تعداد برد و باخت‌ها تقریباً برابر می‌شود و صاحب کازینو مطمئن می‌شود که در کل به نفع او تمام خواهد شد. همین است که صاحبان کازینوها ثروتمند هستند. تنها راه بردن از آن‌ها این است که همه‌ی پول‌تان را در چند گردش تاس یا چرخش چرخ‌های رولت خطر کنید.

با جهان هستی نیز همین‌طور است. آنگاه که جهان بزرگ است، تعداد گردش‌های تاس‌ها زیاد است و نتیجه‌ی میانگین آن‌ها، چیزی است که می‌شود پیشگویی کرد. اما جهان که کوچک باشد، یعنی در حد مهبانگ، تعداد گردش‌های تاس‌ها اندک است و اصل عدم قطعیت از اهمیت زیادی برخوردار می‌شود. بنابراین، برای درک منشأ جهان هستی، ناچار باید اصل عدم قطعیت را در دل نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین جای داد. این امر دست‌کم در سی سال گذشته چالش بزرگی برای فیزیک نظری بوده است. ما هنوز نتوانسته‌ایم آن را حل کنیم، اما پیشرفت شایانی کرده‌ایم.

حال فرض کنید که بخواهیم آینده را پیشگویی کنیم. از آنجا که تنها چند ترکیب مکان و تندی ذره‌ای را می‌دانیم، نمی‌توانیم مکان و تندی ذرات را در آینده دقیق پیشگویی کنیم. تنها کاری که می‌توانیم انجام دهیم این است که احتمال

ترکیب‌های خاصی از مکان‌ها و تندی‌ها را حساب کنیم. از این‌رو آینده‌ی خاصی از جهان، احتمال خاصی دارد. اینک فرض کنید که می‌خواهیم به همین منوال گذشته را درک کنیم.

از سرشت مشاهداتی که هم‌اینک می‌توانیم انجام دهیم پیداست که ما تنها می‌توانیم احتمال تاریخچه‌ی خاصی از جهان را حساب کنیم. بنابراین جهان می‌بایست تاریخچه‌های زیادی داشته باشد که هر یک احتمال خاص خود را دارد. تاریخچه‌ای از جهان هست که در آن انگلستان دوباره قهرمان جام جهانی شود، هر چند احتمال آن کم است. این که می‌گوییم جهان می‌تواند چندتاریخچه‌ای باشد، به نظر علم خیالی می‌آید، اما امروزه همگان پذیرفته‌اند که علم واقعی است و آن را ریچارد فاینمن فیزیکدان مشهور انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا که در کوچه‌ها طبل بانگو می‌نواخت، ابداع کرد. رهیافت فاینمن برای درک سازوکار پدیده‌ها، این است که به هر تاریخچه‌ی مجاز، احتمال خاصی نسبت داده شود. این رهیافت در پیشگویی آینده فوق‌العاده کامیاب عمل می‌کند. بنابراین با این پیش‌فرض، گذشته را نیز بازپسگویی می‌کنیم.

در حال حاضر دانشمندان می‌خواهند با ترکیبی از نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین و ایده‌ی چندتاریخچه‌ای فاینمن، نظریه‌ی وحدت‌یافته‌ی کاملی بسازند تا هر آنچه را در جهان رخ می‌دهد، توصیف کنند. با این نظریه‌ی وحدت‌یافته قادر خواهیم بود تحول زمانی جهان را حساب کنیم، مشروط بر این که حالت جهان را در لحظه‌ی مفروضی بدانیم. اما این نظریه‌ی وحدت‌یافته به ما نمی‌گوید که جهان چگونه آغاز شده یا حالت اولیه‌ی آن چه بوده است. بدین منظور، به چیزی اضافی نیاز داریم. باید شرایط مرزی را بدانیم، یعنی شرایطی را که به ما می‌گویند در کرانه‌های جهان، لبه‌های فضا و زمان، چه رخ می‌دهد. حال اگر کرانه‌ی جهان تنها نقطه‌ای معمولی در فضا و زمان بود، می‌توانستیم از آن عبور کنیم و سرزمین آن سوی آن را بخشی از جهان بپنداریم. از سوی دیگر، اگر کرانه‌ی جهان در لبه‌ی ناهمواری بود که در آن فضا یا زمان درهم فشرده و چگالی بی‌نهایت می‌شد، امکان نداشت که بشود شرایط مرزی را دقیق تعریف کرد. بنابراین معلوم نیست که به چه شرایط اولیه‌ای نیاز است و به نظر نمی‌رسید که بتوان بر اساس هیچ منطقی، شرایط اولیه‌ای را بر شرایط اولیه‌ی دیگر ترجیح داد.

با این حال، من و جیم هارتل از دانشگاه کالیفرنیا در سانتا باربارا، پی بردیم که امکان سومی نیز هست. چه بسا جهان در فضا و زمان کرانه‌ای ندارد. در نگاه اول،

به نظر می‌رسید میان این ایده و قضایای هندسی که پیش از به آن‌ها اشاره کردیم، آشکارا ناسازگاری وجود دارد. این قضایا ثابت می‌کردند که جهان آغازی داشته است، یعنی جهان در زمان کرانه‌ای دارد. با وجود این، برای این که روش‌های فاینمن به لحاظ ریاضی خوش‌تعریف باشند، ریاضیدان‌ها مفهوم زمان موهومی را ابداع کردند. زمان موهومی با زمان واقعی که ما تجربه می‌کنیم، هیچ سروکاری ندارد و تنها نوعی شگرد ریاضی است که انجام محاسبات را راحت می‌کند و در جای زمان واقعی که ما تجربه می‌کنیم، می‌نشیند. ایده‌ی ما این بود که بگوییم در زمان موهومی کرانه‌ای وجود ندارد. با این ایده توانستیم ابداع شرایط مرزی را دور بزنیم و آن را پیشنهاد بی‌کرانه نامیدیم.

هرگاه شرط مرزی جهان این باشد که در زمان موهومی کرانه‌ای ندارد، آنگاه جهان تک‌تاریخچه‌ای نخواهد بود. در زمان موهومی تاریخچه‌های زیادی خواهند بود و هر یک از آن‌ها در زمان واقعی تاریخچه‌ای را مشخص خواهند کرد. بنابراین برای جهان تنوعی از تاریخچه‌ها را داریم. حال آن چیست که از میان این تاریخچه‌های مجاز جهان بتواند تاریخچه‌ی خاص یا مجموعه‌ای از تاریخچه‌ها را گلچین کند که ما در آن زندگی می‌کنیم؟

نکته‌ای که بلافاصله به آن پی می‌بریم این است که بسیاری از این تاریخچه‌های مجاز جهان از مسیر تشکیل کهکشان‌ها و ستارگان نمی‌گذرند که وجود آن‌ها برای تکامل ما ضرورت دارد. احتمال آن ضعیف است که موجودات هوشمند بتوانند بدون کهکشان‌ها و ستارگان تکامل یابند. این حقیقت که ما موجوداتی هستیم که می‌توانیم بپرسیم «چرا جهان آنگونه هست که باید باشد؟» خود قیدی است بر تاریخچه‌ای که ما در آن زندگی می‌کنیم. این قید ایجاب می‌کند تاریخچه‌ی ما آن باشد که کهکشان‌ها و ستارگان را در خود دارد. آنچه گفتیم، مثالی از اصل انسان‌مداری است. اصل انسان‌مداری می‌گوید که جهان باید کم و بیش آنی باشد که می‌بینیم، چون اگر متفاوت می‌بود، کسی پیدا نمی‌شد آن را مشاهده کند.

بسیاری از دانشمندان اصل انسان‌مداری را نمی‌پسندند، چون می‌گویند اصل پیش‌پاافتاده‌ای است و توان پیشگویی چندانی ندارد. اما اصل انسان‌مداری را می‌توان دقیق فرمول‌بندی کرد و آنگاه که با منشأ جهان هستی سروکار داریم، ضروری به نظر می‌آید. نظریه‌ی M که بهترین گزینه‌ی ما برای نظریه‌ی وحدت‌یافته‌ی کامل است، برای جهان هستی، تاریخچه‌های بی‌شماری را مجاز می‌شمارد. بسیاری از این تاریخچه‌ها به هیچ‌روی برای تکامل حیات هوشمند مناسب نیستند، زیرا با

تهی هستند یا طول عمر بسیار کوتاهی دارند، یا بسیار خمیده‌اند، و یا به طریقی درست نیستند. با وجود این، بنا بر ایده‌ی چندتاریخچه‌ای ریچارد فاینمن، احتمال این تاریخچه‌های سکونت‌ناپذیر بسیار بالاست.

مهم نیست که تعداد زیادی از این تاریخچه‌ها حیات هوشمند نداشته باشند. ما تنها به زیرمجموعه‌ای از این تاریخچه‌ها علاقه‌مند هستیم که در آن‌ها امکان تکامل حیات هوشمند هست. لازم نیست این حیات هوشمند حتماً به شکل ما انسان‌ها باشد. مردان سبز کوچک نیز چه بسا کارگشا باشند. در واقع، شاید هم بهتر عمل کنند، چون نژاد آدمی پرونده‌ی خوبی از رفتار هوشمندانه از خود به جا نگذاشته است.

به عنوان مثالی از توانمندی اصل انسان‌مداری، تعداد جهت‌های فضا را در نظر می‌گیریم. تجربه به ما می‌گوید جهانی که در آن زندگی می‌کنیم، سه بُعدی است، یعنی مکان هر نقطه‌ای در فضا را می‌توانیم با سه عدد نمایش دهیم، برای مثال، با عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، و ارتفاع از سطح دریا. حال چرا فضا، سه بُعدی است؟ چرا دو، یا چهار، یا مثل داستان‌های علمی تخیلی چند ده بُعدی نیست؟ در واقع، فضا در نظریه‌ی M ده بُعدی است (این نظریه، یک بُعد هم برای زمان دارد)، اما تصور بر این است که هفت جهت از این ده جهت فضایی به هم پیچ خورده و بسیار کوچک شده‌اند و سه بُعد دیگر را رها کرده‌اند تا بزرگ و تخت بمانند. مثل نی نوشابه است. سطح نی، دو بُعدی است. با وجود این، یکی از این دو جهت به شکل دایره‌ای خم برداشته و کوچک شده است. از این رو اگر از فاصله‌ی دور به این نی نگاه کنیم، خطی یک بُعدی به نظر می‌رسد.

چرا ما در تاریخچه‌ای زندگی می‌کنیم که هشت بُعد آن مجاله و کوچک شده‌اند و ما تنها دو بُعد آن را می‌بینیم؟ حیوان دو بُعدی نمی‌تواند غذا را هضم کند، چون اگر مثل ما معده‌ی او از بدن‌اش بگذرد، این حیوان را به دو نیم تقسیم می‌کند و حیوان بیچاره از هم می‌گسلد. بنابراین برای موجود پیچیده‌ای چون حیات هوشمند، دو جهت تخت تکافوی نیازهای او را نمی‌کند. سه بُعد فضا، ویژگی خاصی دارد. در سه بُعد، سیارات می‌توانند در مدارهای پایدار دور ستارگان بگردند. این مدارهای پایدار نتیجه‌ی پیروی گرانش از قانون عکس مجذور فاصله است که آن را در سال ۱۶۶۵ رابرت هوک کشف و آیزاک نیوتون کامل کرد. نیروی گرانش جاذبه‌ای میان دو ذره را در نظر بگیرید که به فاصله‌ی مفروضی از یکدیگر قرار دارند. اگر این فاصله دو برابر شود، نیروی گرانشی میان

آن‌ها یک چهارم برابر می‌شود. اگر این فاصله سه برابر شود، نیروی گرانشی یک نهم برابر، و اگر فاصله چهار برابر شود، این نیرو یک شانزدهم برابر می‌شود، و همین‌طور الی آخر. این نیروی گرانشی جاذبه‌ای که از قانون عکس مجذور فاصله پیروی می‌کند، به مدارهای سیاره‌ای پایدار منجر می‌شود. حالا به فضای چهار بُعدی فکر کنیم. در چهار بُعد، نیروی گرانشی جاذبه‌ای از قانون عکس کعبی پیروی می‌کند. در چنین فضای چهار بُعدی، اگر فاصله‌ی میان دو ذره دو برابر شود، آنگاه نیروی گرانشی یک هشتم برابر، اگر فاصله سه برابر شود، نیروی یک بیست و هفتم برابر، و اگر فاصله چهار برابر شود، نیروی یک شصت و چهارم برابر می‌شود. چنین تغییری از قانون عکس مجذوری به قانون عکس کعبی، نمی‌گذارد سیارات در مدارهای پایداری خورشیدهای خود را دور بزنند و این سیارات یا در این خورشیدها سقوط می‌کنند و یا از آن‌ها می‌گریزند و به فضای سرد و تاریک بیرون پناه می‌برند. به همین منوال، مدارهای الکترونی اتم‌ها نیز ناپایدار می‌شوند و ماده، به آن شکلی که امروزه می‌شناسیم، نمی‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین هر چند ایده‌ی چندتاریخچه‌ای هر تعدادی از جهت‌های کم و بیش تخت را مجاز می‌داند، اما تنها تاریخچه‌هایی با سه جهت تخت می‌توانند موجودات هوشمند داشته باشند. تنها در چنین تاریخچه‌هایی پرسش «چرا فضا سه بُعدی است؟» مطرح می‌شود.

یکی از جنبه‌های چشمگیری از جهان که ما رصد می‌کنیم، تابش زمینه‌ی مایکروویو است که آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون کشف کردند. در واقع این تابش نوعی مدرک فسیلی است که از زمانی که جهان هستی جوان بود به جا مانده است. از هر جهت که به این تابش زمینه نگاه کنیم، کم و بیش یکسان به نظر می‌رسد. اختلاف میان جهت‌های مختلف در حدود یک در صد هزار است. این اختلاف‌ها فوق‌العاده ناچیز هستند و باید توضیح داده شوند. توضیح همگان‌پسند این یکنواختی، این است که جهان در آغازین مراحل تاریخ خود، گرفتار دوران انبساطی فوق‌العاده سریعی شده و در مدت بسیار کوتاهی دست‌کم میلیارد میلیارد برابر شده است.^۱ این فرایند، تورم نام دارد و بر خلاف تورم کنونی قیمت‌ها که اغلب بلای جان ما می‌شود، به نفع جهان تمام شده است. اگر تنها رویدادی که رخ داده همین بود، آنگاه تابش مایکروویو زمینه در همه‌ی جهت‌ها کاملاً یکسان

۱. جهان تورمی، آلن گوث، ترجمه‌ی جمیل آریایی، انتشارات مازیار، ۱۳۹۶. مترجم.

دیده می‌شد. پس این انحراف‌های ناچیز از کجا سرچشمه گرفته‌اند؟ در اوایل سال ۱۹۸۲، مقاله‌ای نوشته و پیشنهاد کردم که این اختلاف‌ها ناشی از افت و خیزهای کوانتومی در طول دوران تورم هستند. افت و خیزهای کوانتومی نتیجه‌ای از اصل عدم قطعیت هستند. فزون بر آن، این افت و خیزها دانه‌هایی بودند که ساختارهای جهان ما چون کهکشان‌ها، ستارگان، و خود ما از آن‌ها رشد کرده‌ایم. این ایده‌ی من در اساس با ایده‌ی تابش هاکینگ که یک دهه پیش برای افق رویداد سیاهچاله‌ها پیشگویی کرده بودم، یکی بود، به جز این که این بار برای افق کیهان‌شناختی بود و آن سطحی است که جهان را به بخش‌هایی که می‌توانیم ببینیم و بخش‌هایی که نمی‌توانیم ببینیم، تقسیم می‌کند. تابستان آن سال کارگاهی در کمبریج برگزار کردیم که در آن بازیگران اصلی این رشته شرکت کرده بودند. در این کنفرانس تصویر کاملی را که از تورم داشتیم، از جمله همه‌ی افت و خیزهای مهم چگالی را که سبب تشکیل کهکشان‌ها و همین‌طور پیدایش ما بودند، ثبت کردیم. عده‌ای از شرکت‌کنندگان در پاسخ نهایی سهم شدند. آن روزها ده سال مانده بود تا افت و خیزهای میکروویو زمینه را ماهواره‌ی کاوشگر تابش میکروویو زمینه‌ی کیهانی (COBE) در سال ۱۹۹۳ کشف کند و از این‌رو نظریه سال‌ها از آزمایش جلوتر بود.

ده سال دیگر که گذشت، در سال ۲۰۰۳، با نخستین نتایجی که ماهواره‌ی کاوشگر ناهمسانگردی میکروویو ویلکینسون (WMAP) مخبره کرد، کیهان‌شناسی از جمله علوم دقیقه شد. این کاوشگر، نقشه‌ی زیبایی از دمای میکروویو کیهانی آسمان را تهیه کرده بود که تصویر جهان بود، آنگاه که سن‌اش به یک صدم سن کنونی‌اش می‌رسید. بی‌نظمی‌هایی که در این نقشه دیده می‌شد همان‌هایی بود که نظریه‌ی تورمی پیشگویی می‌کرد و این بی‌نظمی‌ها حکایت از آن داشتند که در آغازین لحظات جهان هستی، بعضی از مناطق آن چگال‌تر از مناطق دیگر بودند. جاذبه‌ی گرانشی چگالی اضافی منطقه‌ای، انبساط در آن منطقه را کند می‌کند و دست‌آخر به این منجر می‌شود که منطقه فروریزد و کهکشان‌ها و ستارگان را تشکیل دهد. باید به این نقشه‌ی میکروویو آسمان دقیق نگاه کرد، چون نشانه‌ای از همه‌ی ساختارهای جهان هستی در آن هست. ما محصول افت و خیزهای کوانتومی جهان بسیار آغازین هستیم. به راستی که خدا شیر یا خط بازی می‌کند. جایگزین امروزی کاوشگر ناهمسانگردی میکروویو ویلکینسون، ماهواره‌ی پلانک است که قرار است نقشه‌ای با قدرت تفکیک به مراتب بالاتری از جهان را

تهیه کند. ماهواره‌ی پلانک با جدیت به راستی‌آزمایی نظریه‌های ما مشغول است و چه بسا حتی نشانه‌ای از امواج گرانشی را بیابد که نظریه‌ی تورم پیشگویی کرده است و آن گرانش کوانتومی است که در پهنه‌ی آسمان نوشته شده است.

شاید جهان‌های دیگری هم باشند. نظریه‌ی M پیشگویی می‌کند که جهان‌های بی‌شماری نیز هستند و از هیچ آفریده شده‌اند. هریک از این جهان‌ها تاریخچه‌های مجاز متفاوت بسیاری دارند. هر جهان که با گذشت زمان، از سن کنونی‌اش بگذرد و به آینده برود، تاریخچه‌ها و حالت‌های مجاز بسیاری را طی می‌کند. بیشتر این حالت‌ها با حالت‌های جهانی که ما مشاهده می‌کنیم، کاملاً متفاوت هستند.

هنوز این امید هست که در شتاب‌دهنده‌ی ذرات LHC، برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون، در سرن ژنو، نخستین نشانه‌های درستی نظریه‌ی M را بیابیم. از چشم‌انداز نظریه‌ی M ، این برخورددهنده تنها انرژی‌های پائین را مطالعه می‌کند، با وجود این شاید خوش‌شانس بودیم و نشانه‌ی کم‌سویی از نظریه‌ای بنیادین چون اَبَرَتقارن را یافتیم. گمان می‌کنم که کشف الگوهای اَبَرَتقارنی ذرات شناخته‌شده، درک ما از جهان هستی را دگرگون خواهند کرد.

در سال ۲۰۱۲ اعلام شد که ذره‌ی هیگز در برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون در سرن ژنو کشف شده است. ذره‌ی هیگز، نخستین ذره‌ی بنیادی جدید در قرن بیستم بود که کشف می‌شد. هنوز امید آن می‌رود که برخورددهنده بزرگ هادرون، اَبَرَتقارن را کشف کند. اگر هم این برخورددهنده ذرات بنیادی جدیدی را نتواند کشف کند، چه بسا اَبَرَتقارن در نسل‌های بعدی شتاب‌دهنده‌های در حال ساخت کشف خواهد شد.

خود آغاز جهان در مه‌بانگ داغ، آزمایشگاه انرژی بالای نهایی راستی‌آزمایی نظریه‌ی M و ایده‌های ما درباره‌ی واحدهای ساختمانی فضا-زمان و ماده است. نظریه‌های مختلف از خود نشانه‌هایی در ساختار کنونی جهان هستی به جای می‌گذارند و همین‌طور داده‌های اخترشناسی نیز درباره‌ی وحدت همه‌ی نیروهای طبیعت سرنخ‌هایی به ما می‌دهند. بنابراین شاید جهان‌های دیگری باشند، اما متأسفانه ما هرگز قادر نخواهیم بود آن‌ها را کندوکاو کنیم.

درباره‌ی منشأ جهان مطالبی آموخته‌ایم. حال دو پرسش مطرح است. آیا جهان هستی پایان می‌پذیرد؟ آیا جهان هستی یگانه است؟

رفتار آینده‌ی محتمل‌ترین تاریخچه‌های جهان هستی چگونه خواهد بود؟ به نظر می‌رسد امکانات زیادی باشند که با پیدایش موجودات هوشمند سازگار

فصل ۲: جهان هستی چگونه آغاز شد؟ ۵۵

هستند. این امکانات به مقدار ماده در جهان بستگی دارند. اگر مقدار ماده در جهان بیش از مقدار بحرانی خاصی باشد، آنگاه جاذبه‌ی گرانشی میان کهکشان‌ها، انبساط را کند خواهد کرد.

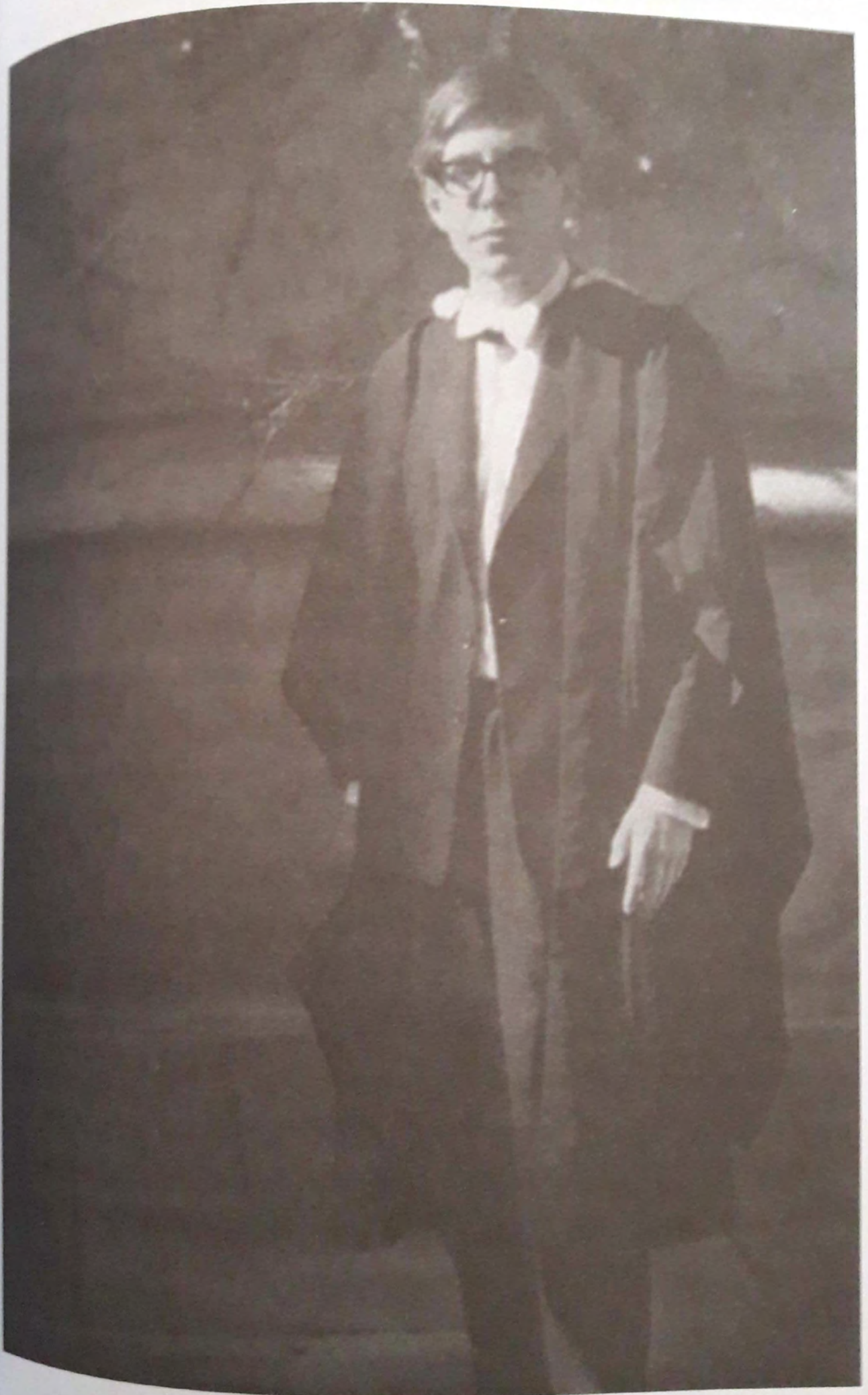
دست‌آخر کهکشان‌ها به سوی یکدیگر کشیده می‌شوند و مه‌چپیدگی (چپیدگی بزرگ) رخ می‌دهد که پایان تاریخچه‌ی جهان هستی در زمان واقعی است. آنگاه که در شرق دور بودم، از من خواستند تا از مه‌چپیدگی حرف نزّم، چون می‌توانست بر نرخ بورس سهام اثر بگذارد. اما بازارها افت کردند، انگار که خبر مه‌چپیدگی به بیرون درز کرده بود. در بریتانیا، مردم سرنوشت بیست میلیارد سال آینده‌ی جهان هستی را جدی نمی‌گیرند. تا آن زمان، می‌توانید هر قدر خواستید بخورید و بنوشید و خوش باشید.

اگر چگالی جهان هستی کمتر از مقدار بحرانی باشد، گرانش آن قدر ضعیف می‌شود که نمی‌تواند جلو گریز کهکشان‌ها از یکدیگر را بگیرد. همه‌ی ستارگان می‌سوزند، و جهان تهی‌تر و تهی‌تر و سردتر و سردتر می‌شود. این بار نیز همه چیز پایان می‌پذیرد، اما نه چندان فاجعه‌بار. تا آن زمان، هنوز چند میلیارد سال وقت داریم.

در این فصل تلاش کرده‌ام تا مطالبی را درباره‌ی منشأ، آینده، و سرشت جهان هستی توضیح دهم. جهان در گذشته، کوچک و چگال بوده است و درست پوسته‌ی گردویی را تداعی می‌کند که با آن این فصل را آغاز کردم. شاید هملت راست گفته باشد. می‌توانیم در پوست گردویی حبس باشیم و در عین حال خود را پادشاه فضای بی‌نهایت بینداریم.

قبل از مهبانگ چه بود؟

بر طبق پیشنهاد «بی کرانه»، پرسیدن این که قبل از مهبانگ چه بوده بی‌معنی است، گویی که پرسشی جنوب قطب جنوب کجاست، چون قبل از مهبانگ زمان مفهوم ندارد. مفهوم زمان تنها در درون جهان هستی ما معنی پیدا می‌کند.



فصل ۳

آیا حیات هوشمند دیگری در جهان هست؟

در اینجا می‌خواهم اندکی راجع به تکامل حیات در جهان هستی و، به ویژه، تکامل حیات هوشمند، گمانه‌زنی کنم. منظورم نژاد آدمی است، ولو این که رفتار او در طول تاریخ بسیار احمقانه بوده و چنان حساب شده نبوده که در راستای کمک به نجات گونه‌ها باشد. از دو پرسش، بحث به میان می‌آورم، یکی «احتمال این که در جای دیگری از جهان هستی حیات باشد، چقدر است؟» و دیگری «حیات در آینده چگونه تکامل خواهد یافت؟»

از تجربه‌ی روزمره می‌دانیم که با گذشت زمان همه چیز رو به بی‌نظمی و آشوب می‌رود. این مشاهده‌ی ما قانون خود را دارد که قانون دوم ترمودینامیک است. این قانون می‌گوید که مقدار کل بی‌نظمی، یا آنتروپی، با گذشت زمان همیشه افزایش می‌یابد. با وجود این، این قانون به مقدار کل بی‌نظمی اشاره دارد. نظم هر سامانه‌ای را می‌توان به بهای افزایش بیشتر بی‌نظمی محیط آن، افزایش داد. آنچه گفتیم چیزی است که در هر موجود زنده رخ می‌دهد. می‌توانیم حیات را سامانه‌ی نظم‌یافته‌ای تعریف کنیم که بر خلاف تمایلی که به بی‌نظم شدن دارد می‌تواند هم‌چنان به تکامل خود ادامه دهد و تولیدمثل کند. بنابراین این سامانه قادر است سامانه‌های نظم‌یافته‌ی مشابه و مستقلى را بسازد. بدین منظور این سامانه باید انرژی نظم‌یافته‌ای چون غذا، نور خورشید، و توان الکتریکی را به شکل بی‌نظمی از انرژی چون گرما تبدیل کند. از این راه، سامانه هم می‌تواند شرط افزایش مقدار کل بی‌نظمی را برآورده کند و در عین حال، هم‌زمان با آن، نظم خود و فرزندش را افزایش دهد. گویی پدر و مادری در خانه‌ای زندگی می‌کنند که هر بار کودکی تازه‌ای به دنیا می‌آید، به هم‌ریخته‌تر از پیش می‌شود.

موجود زنده‌ای چون من و شما معمولاً دو بخش داریم: یک بخش مجموعه‌ی

دستوراتی است که به ما می‌گویند چگونه زندگی و تولیدمثل کنیم و بخش دیگر، مکانیسمی است که این دستورات را اجرا می‌کند. در زیست‌شناسی، این دو بخش، ژن‌ها و متابولیسم هستند. اما باید تأکید کنم که چیزی زیست‌شناختی درباره‌ی آنها نیست. برای مثال، ویروس کامپیوتری برنامه‌ای است که در حافظه‌ی کامپیوتر خود را تکثیر و به کامپیوترهای دیگر منتقل می‌کند. بنابراین ویروس در تعریفی که برای سامانه‌های زنده داده‌ام، می‌گنجد. ویروس کامپیوتری نیز مثل ویروس زیست‌شناختی، گونه‌ی فاسدی است، زیرا تنها دستورات یا ژن‌ها را دارد و هیچ متابولیسمی از خود ندارد. به جای آن، ویروس برنامه‌ی متابولیسم کامپیوتر، یا یاخته‌ی میزبان را بازنویسی می‌کند. بسیاری از مردم می‌پرسند که آیا می‌شود ویروس‌ها را نوعی حیات به حساب آورد، چون آنها انگل هستند و نمی‌توانند مستقل از میزبان‌شان زنده بمانند. اگر چنین باشد، آنگاه بیشتر اشکال حیات، از جمله خود ما، انگل هستیم، چون برای زنده ماندن باید از اشکال دیگر حیات تغذیه کنیم و به آنها وابسته باشیم. به گمان من که ویروس کامپیوتر را باید شکلی از حیات دانست. ویروس‌ها چه بسا تبلوری از سرشت انسان‌ها باشند که تنها شکل ویرانگر حیات را آفریده‌اند. از آفریدن حیاتی می‌گویم که تصویری از ماست. بعداً به گونه‌ی الکترونیکی حیات خواهیم پرداخت.

آنچه ما معمولاً «حیات» می‌گوییم، بر پایه‌ی زنجیره‌های اتم‌های کربن، همراه با چند اتم دیگر چون ازت یا فسفر است. می‌توان گمانه‌زنی کرد که بر پایه‌ی عناصر شیمیایی دیگری چون سیلیکون نیز شاید بشود حیات داشت، اما به نظر می‌رسد که کربن مناسب‌ترین آنهاست چون شیمی غنی‌تری دارد. این که اتم‌های کربنی، با آن خواصی که دارند، وجود داشته باشند، مستلزم آن است که ثابت‌های فیزیکی، چون مقیاس کرومودینامیک کوانتومی، بار الکتریکی، و ابعاد فضا-زمان دقیق تنظیم شده باشند. هرگاه این ثابت‌ها مقادیر متفاوتی می‌داشتند، هسته‌ی اتم کربن پایدار نمی‌ماند، یا الکترون‌های آن در هسته سقوط می‌کردند. در بادی امر، باورکردنی نیست که جهان هستی تا این اندازه دقیق تنظیم شده باشد. شاید بشود آن را گواهی بر این دانست که جهان هستی این‌گونه طراحی شده تا نژاد آدمی را تولید کند. با وجود این، در آوردن این‌گونه استدلال‌ها، به لحاظ اصل انسان‌مداری باید دقت به خرج داد که می‌گویند نظریه‌هایی که ما برای جهان هستی می‌سازیم، باید با هستی خود ما سازگار باشند. اصل انسان‌مداری بر این حقیقت آشکار استوار است که اگر جهان هستی برای حیات مناسب نبود، ما نمی‌پرسیدیم که چرا تا این

اندازه دقیق تنظیم شده است. می توان هم نسخه ی قوی و هم نسخه ی ضعیف اصل انسان مداری را به کار برد. هرگاه نسخه ی قوی آن را به کار ببریم، آنگاه فرض را بر این گذاشته ایم که جهان های مختلف زیادی، هریک با ثابت های فیزیکی ویژه ی خود، وجود دارند. اگر تعداد این جهان ها اندک باشد، مقادیر ثابت های فیزیکی، هستی اشیا یی چون اتم های کربن را امکان پذیر خواهند کرد که می توانند واحدهای ساختمانی سامانه های زنده باشند. از آنجا که ما می بایست در یکی از این جهان ها زندگی کنیم، جای شگفتی نیست که ثابت های فیزیکی دقیق تنظیم شده باشند، چون اگر چنین نبود، ما اینجا نبودیم. بنابراین اصل انسان مداری قوی، چندان دلچسب نیست، چون هستی آن همه جهان دیگر توجیه ندارد. حال اگر این جهان ها از جهان ما جدا بودند، آنچه در آن ها رخ می داد، چه تأثیری می توانست بر جهان ما داشته باشد؟ من اصل معروف به اصل انسان مداری ضعیف را اختیار خواهم کرد، یعنی من ثابت های فیزیکی را آنچه هستند می پذیرم. حال خواهیم دید که از این حقیقت که در این مرحله از تاریخچه ی جهان هستی در این سیاره حیات می تواند وجود داشته باشد، چه نتایجی می توانیم بگیریم.

در حدود ۱۳/۸ میلیارد سال پیش که جهان هستی در مهبانگ آغاز شد، هیچ کربنی وجود نداشت. جهان هستی به قدری داغ بود که همه ی ماده ی آن به شکل ذراتی به نام پروتون ها و نوترون ها بود. در آغاز تعداد پروتون ها و نوترون ها کم و بیش با هم برابر بود. با وجود این، جهان انبساط یافت و سرد شد. در حدود یک دقیقه که از مهبانگ گذشت، دما تقریباً به یک میلیارد درجه، در حدود یک صد برابر دمای خورشید، افت کرد. در این دما، نوترون ها اندک اندک به پروتون های بیشتری واپاشیدند.

اگر این تنها اتفاقی بود که می افتاد، همه ی ماده ی جهان هستی می بایست به ساده ترین عنصر، یعنی هیدروژن که هسته اش تنها یک پروتون دارد، تبدیل می شد. اما تعدادی از نوترون ها با پروتون ها برخورد کردند و به یکدیگر چسبیدند و ساده ترین عنصر بعدی، یعنی هلیوم، را ساختند که هسته اش دو پروتون و دو نوترون دارد. اما هیچ عنصر سنگین تری، مثل کربن یا اکسیژن، در جهان آغازین ساخته نشد. تصور آن مشکل است که بشود تنها از هیدروژن و هلیوم، سامانه ی زنده ای ساخت و از این گذشته، جهان آغازین به قدری داغ بود که اتم ها نمی توانستند با هم ترکیب شوند و مولکول ها را بسازند.

جهان هستی به انبساط ادامه داد و سردتر شد. مناطقی بودند که چگالی آن ها

از مناطق دیگر اندکی بیشتر بود و جاذبه‌ی گرانشی ماده‌ی اضافی در این مناطق، انبساط آن‌ها را کند کرد و دست‌آخر متوقف ساخت. در حدود دو میلیارد سال که از مه‌بانگ گذشت، این مناطق فروریختند و کهکشان‌ها و ستارگان را شکل دادند. تعدادی از ستارگان آغازین سنگین‌تر و داغ‌تر از خورشید ما بودند و هیدروژن و هلیم اولیه‌ی خود را سوزاندند و به عناصر سنگین‌تری چون کربن، اکسیژن، و آهن تبدیل کردند. این فرایند می‌توانسته تنها چند صد میلیون سال طول کشیده باشد. از آن پس، بعضی از ستارگان به شکل ابرنوا منفجر شدند و عناصر سنگین را در فضا پراکندند تا ماده‌ی خام برای ساختن ستارگان نسل‌های بعدی فراهم آید.

ستارگان دیگر از ما دور هستند و نمی‌توانیم مستقیماً ببینیم آیا سیاره‌هایی دارند که به گردش‌شان بگردند یا نه. با وجود این، دو روش هست که با آن‌ها می‌توانیم سیارات اطراف ستارگان دیگر را کشف کنیم. روش اول این است که به ستاره نگاه کنیم و ببینیم آیا مقدار نوری که از آن می‌آید، با گذشت زمان ثابت می‌ماند یا نه. هرگاه سیاره از جلو ستاره بگذرد، اندکی راه نور ستاره را می‌بندد و ستاره کم‌سوتر می‌شود. اگر این امر با نظم انجام شود، از این بابت است که مدار سیاره به تناوب آن را از جلو ستاره می‌گذراند. روش دوم این است که مکان ستاره را دقیق اندازه‌گیری کنیم. هرگاه سیاره‌ای ستاره‌ای را دور بزند، سبب می‌شود مکان ستاره اندکی تکان بخورد. می‌توان این تکان‌ها را رصد کرد و در این روش نیز اگر این تکان‌ها به تناوب باشند، آنگاه می‌شود استنتاج کرد که سیاره‌ای به گرد آن ستاره می‌گردد. این روش‌ها نخستین‌بار در حدود بیست سال پیش به کار برده شدند و تا حالا چند هزار سیاره کشف شده‌اند که ستارگان دوردست را دور می‌زنند. برآورد شده است که از هر پنج ستاره، یک ستاره سیاره‌ی زمین‌گونه‌ای دارد و آن را در فاصله‌ای سازگار با حیاتی که می‌شناسیم، دور می‌زند. منظومه‌ی شمسی ما در حدود چهار و نیم میلیارد سال پیش، یا اندکی بیش از نه میلیارد سال پس از مه‌بانگ، از گازی آلوده به بقایای ستارگان پیشین تشکیل شده است. بخش بزرگی از زمین از عناصر سنگین‌تری چون کربن و اکسیژن ساخته شد. به طریقی، تعدادی از این اتم‌ها به آرایش مولکول‌های DNA درآمدند. این مولکول ساختار مشهور مارپیچی دوگانه را دارد که در دهه‌ی ۱۹۵۰ آن را فرانسیس کریک و جیمز واتسون در کلبه‌ای واقع در محل نیو میوزیم کمبریج کشف کردند. دو زنجیره‌ی مارپیچ را جفت‌هایی از بازهای نیتروژنی به یکدیگر پیوند می‌دهند. چهار نوع باز نیتروژنی داریم که عبارت‌اند از آدنین، سیتوزین، گوانین، و تیمین. همیشه آدنین و

گوانین یک زنجیره، به ترتیب، با تیمین و سیتوزین زنجیره‌ی دیگر ارتباط برقرار می‌کند. آنگاه این دو زنجیره می‌توانند از یکدیگر جدا شوند و هریک الگویی را برای ساختن زنجیره‌های بیشتر فراهم کند. بنابراین مولکول‌های DNA می‌توانند اطلاعات ژنتیکی را که در رشته‌های بازهای نیتروژنی آن‌ها رمزگذاری شده‌اند، تکثیر کنند. بخش‌هایی از این رشته نیز می‌توانند برای ساختن پروتئین‌ها و دیگر مواد شیمیایی به کار روند که حامل دستوراتی هستند که در این رشته رمزگذاری شده‌اند و مواد خام تکثیر DNA را فراهم کنند.

پیش از این گفتم که ما نمی‌دانیم مولکول DNA نخستین بار چگونه پدیدار شد. چون احتمال این که مولکول DNA از افت و خیزهای کاتوره‌ای پدید آمده باشد بسیار اندک است، عده‌ای گفته‌اند که حیات از جای دیگری به زمین آمده است، برای مثال، روی سنگ‌هایی از مریخ، آنگاه که هنوز ناپایدار بود، به زمین آمده‌اند و نیز دانه‌های حیات همه جای کهکشان شناورند. با وجود این، بعید است که DNA مدتی طولانی بتواند در برابر تابش فضا دوام بیاورد.

هرگاه پیدایش حیات روی سیاره‌ی مفروضی تا این اندازه نامحتمل باشد، باید مدت زمان زیادی طول بکشد تا پا به عرصه‌ی هستی بگذارد. دقیق‌تر خواسته باشیم بگوییم، باید انتظار آن را داشت که حیات دیر پدیدار شود و در عین حال حیات هوشمند، مثلاً ما انسان‌ها، قبل از این که خورشید باد کند و زمین را فرا گیرد، هم‌چنان وقت کافی داشته باشیم تا به تکامل برسیم. این امر در بازه‌ی زمانی طول عمر خورشید که ده میلیارد سال است، می‌تواند رخ دهد. در این مدت، گونه‌ی هوشمند حیات می‌تواند بر مشکلات سفرهای فضایی چیره شود و به ستاره دیگری بگریزد. حال اگر این گریز ممکن نشود، حیات روی زمین محکوم به فنا خواهد بود.

گواه فسیلی در دست داریم که نشان می‌دهد گونه‌ای از حیات در حدود سه و نیم میلیارد سال پیش روی زمین می‌زیسته است. آن زمان که شاید تنها ۵۰۰ میلیون سال از عمر زمین می‌گذشت، زمین به اندازه‌ای پایدار و سرد شده بود که حیات بتواند تکامل یابد. اما حیات می‌توانسته هفت میلیارد سال در جهان هستی تکامل یابد و هنوز وقت کافی داشته باشد تا به موجوداتی چون ما تکامل پیدا کند که می‌توانیم از منشأ حیات صحبت کنیم. اگر احتمال حیات در سیاره‌ی مفروضی بسیار کم است، پس چرا توانسته است روی زمین در حدود یک چهاردهم این مدت رخ دهد؟

پیدایش آغازین حیات بر روی زمین حکایت از آن دارد که پیدایش خودبه‌خودی حیات در شرایط مناسب بسیار محتمل است. شاید گونه‌ای از سازمانی ساده‌تر وجود داشته که مولکول DNA را ساخته است. با پیدایش مولکول DNA، کامیابی بزرگی بود اگر این مولکول می‌توانست کاملاً جایگزین گونه‌های اولیه شود. نمی‌دانیم که گونه‌های اولیه چه بوده‌اند، اما یکی از گزینه‌ها شاید ملکول RNA بوده است.

مولکول RNA به مولکول DNA شباهت دارد، اما از آن ساده‌تر است و ساختار مارپیچی دوگانه ندارد. طول‌های کوتاه RNA می‌توانند مثل DNA خود را تکثیر کنند و دست‌آخر شاید DNA بسازند. ما نمی‌توانیم این نوکلئیک اسیدها را از مواد بی‌جان در آزمایشگاه تهیه کنیم. اما در طول ۵۰۰ میلیون سال و در حالی که اقیانوس‌ها در این مدت بیشتر سطح زمین را پوشانده بودند، به احتمال زیاد RNA به طور تصادفی ساخته شده است.

مولکول DNA که خود را تکثیر کرد، احتمال آن بوده خطاهای کاتوره‌ای رخ داده باشند که بسیاری از آن‌ها زیان‌آور و از میان رفته‌اند. تعدادی نیز خنثی بوده و بر عملکرد ژن اثر نگذاشته‌اند. چه بسا تعداد اندکی از این خطاها هم به نفع بقای گونه‌ها بوده‌اند که انتخاب طبیعی داروینی آن‌ها را برگزیده است.

فرایند تکامل زیست‌شناختی در ابتدا بسیار کند بود. دو و نیم میلیارد سال طول کشیده تا یاخته‌های آغازین به ارگانیسم‌های چندیاخته‌ای تکامل یابند. اما کمتر از یک میلیارد سال دیگر طول کشیده تا تعدادی از این ارگانیسم‌ها به ماهی تکامل یافته و این ماهی‌ها نیز به نوبه‌ی خود به پستانداران تکامل پیدا کرده‌اند. آنگاه تنها یک صد میلیون سال گذشته تا این پستانداران آغازین به ما انسان‌ها تکامل یابند. دلیل آن این بوده که پستانداران آغازین نسخه‌هایی از اندام‌های ضروری را داشته‌اند که ما داریم. آنچه لازم بوده تا پستانداران آغازین به انسان تکامل یابند، اندکی دستکاری دقیق است.

حال تکامل نژاد انسان به مرحله‌ای بحرانی رسیده است که با اهمیت تکامل DNA قابل قیاس است. این مرحله تکامل زبان و به ویژه، زبان نوشتاری است. اطلاعات را فزون بر طریق ژنتیکی DNA، از راه دیگری نیز می‌توان از نسلی به نسل دیگر منتقل کرد. در تاریخ ده هزار ساله‌ی مستند، بر اثر تکامل زیست‌شناختی تغییرات اندکی در DNA انسان به وجود آمده است، اما مقدار دانشی که از نسلی به نسل دیگر انتقال یافته، رشد فوق‌العاده زیادی داشته است. من در حرفه‌ی

علمی طولانی‌ام، کتاب‌های زیادی نوشته‌ام تا به شما از آنچه درباره‌ی جهان هستی آموخته‌ام بگویم و با این کار دانشم را از مغزم به روی کاغذ آورده‌ام تا شما بتوانید آن را بخوانید.

DNA موجود در تخمک یا اسپرم انسان در حدود سه میلیارد جفت باز نیتروژنی دارد. با وجود این، بیشتر اطلاعاتی که در این رشته رمزگذاری شده، زائد یا غیرفعال است. بنابراین مقدار کل اطلاعات سودمند در ژن‌های ما به احتمال زیاد چیزی به اندازه‌ی یک صد میلیون بیت است. هر بیت اطلاعات برابر است با پاسخ پرسش آری یا نه. بر خلاف آن، هر کتاب داستان در حدود دو میلیون بیت اطلاعات دارد. بنابراین هر انسان تقریباً هم‌ارز تعداد پنجاه تا از کتاب‌های هری پاتر است و هر کتابخانه‌ی ملی بزرگ که حاوی پنج میلیون کتاب باشد، در حدود ده هزار میلیارد بیت اطلاعات دارد. اطلاعاتی که کتاب‌ها یا اینترنت انتقال می‌دهند، صد هزار مرتبه بیش از اطلاعاتی است که DNA انتقال می‌دهد.

مهم‌تر از آن این واقعیت است که اطلاعات کتاب‌ها می‌توانند به سرعت تغییر کنند و به‌روز شوند. چند میلیون سال طول کشیده تا ما از میمون‌های اولیه‌ی عقب‌افتاده، به انسان‌های امروزی تبدیل شویم. در این مدت، اطلاعات سودمند موجود در DNA ما، احتمالاً تنها چند میلیون بیت تغییر کرده است و از این‌رو آهنگ تکامل زیست‌شناختی انسان‌ها سالانه در حدود یک بیت است. در مقابل آن، سالانه در حدود پنجاه هزار کتاب به زبان انگلیسی منتشر می‌شود که حاوی یک صد میلیارد بیت اطلاعات هستند. البته بیشتر این اطلاعات آشغال است و به درد هیچ حیاتی نمی‌خورد. با وجود این، آهنگ انباشت اطلاعات سودمند، اگر میلیاردها بیت نباشد، دست‌کم میلیون‌ها بیت است.

آنچه گفتم به این معنی است که ما وارد مرحله‌ی جدیدی از تکامل شده‌ایم. تکامل در آغاز با انتخاب طبیعی، یعنی با جهش‌های کاتوره‌ای، پیش می‌رفت. این مرحله‌ی داروینی تکامل مدت زمانی در حدود سه و نیم میلیارد سال به طول انجامید و در نهایت ما انسان‌ها را تولید کرد که برای تبادل اطلاعات زبان را ابداع کردیم. اما در ده هزار سال بعدی آن، در مرحله‌ای بوده‌ایم که می‌شود آن را مرحله‌ی انتقال بیرونی اطلاعات نامید. در این مرحله، گزارش درونی اطلاعات که از راه DNA به نسل‌های بعدی سپرده می‌شود، تا اندازه‌ای تغییر کرده است. اما گزارش بیرونی اطلاعات، از راه کتاب‌ها و اشکال بادوام دیگر ذخیره‌سازی، به شدت رشد کرده است.

عده‌ای از واژه‌ی «تکامل» تنها در مورد انتقال ژنتیکی درونی اطلاعات استفاده می‌کنند و کاربرد آن را در مورد انتقال بیرونی اطلاعات مجاز نمی‌دانند. اما من این نگرش را دست‌وپاگیر می‌دانم. ما چیزی بیش از ژن‌های مان هستیم. چه بسا ما قوی‌تر یا ذاتاً باهوش‌تر از پیشینیان غارنشین مان نباشیم. آنچه ما را از آن‌ها متمایز می‌کند، دانشی است که در طول ده هزار سال گذشته، به ویژه در سی صد سال واپسین آن، اندوخته‌ایم. به گمان من که باید نگرش وسیع‌تری را اتخاذ کنیم و نه تنها DNA، بلکه انتقال بیرونی اطلاعات را نیز در تکامل نژاد آدمی بگنجانیم. مقیاس زمانی تکامل در دوران انتقال بیرونی، مقیاس زمانی انباشت اطلاعات است که صد یا حتی هزار سال در نظر گرفته می‌شد. اما در حال حاضر این مقیاس زمانی به پنجاه سال یا کمتر تنزل یافته است. از سوی دیگر، مغزهای ما که محل پردازش این اطلاعات است، تنها در مقیاس زمانی داروینی تکامل یافته است که صدها هزار سال است. اینجاست که مشکلات بروز می‌کنند. در قرن هجدهم نقل می‌کنند مردی بوده که هر کتابی را که تا آن زمان چاپ شده بود، خوانده است. امروزه اگر شما روزی یک کتاب بخوانید، ده‌ها هزار سال طول می‌کشد تا همه‌ی کتاب‌های کتابخانه‌ی ملی را بخوانید و در این مدت کتاب‌های به مراتب زیادتری نیز نوشته می‌شوند.

بنابراین هیچ کس نمی‌تواند بیش از پاره‌ی کوچکی از دانش بشر را یاد بگیرد. مردم باید در رشته‌های باریک‌تر و باریک‌تری متخصص شوند و به احتمال زیاد این خود یکی از محدودیت‌های عمده در آینده است. ضعف و خطر به مراتب بزرگ‌تر برای نسل‌های آینده این است که ما هنوز همان غریزه‌های دوران غارنشینی مان، به ویژه غریزه‌ی خشونت را داریم. خشونت، به شکل استیلا یافتن و کشتن مردان دیگر و به یغما بردن زنان و غذای آن‌ها، در گذشته یقیناً به بقای ما کمک کرده است. اما این خشونت، می‌تواند امروزه چه بسا کل نسل آدمی و بیشتر گونه‌های حیات روی زمین را نابود کند. خطر آبی، جنگ هسته‌ای است، اما خطرات دیگری چون آزاد شدن ویروسی که مهندسی ژنتیک شده باشد یا اثر گلخانه‌ای کنترل نشده نیز کماکان با ما است.

وقت نداریم تا صبر کنیم که تکامل داروینی از ما انسان‌های باهوش‌تر و خوش‌رفتارتری بسازد. امروزه وارد مرحله‌ی تازه‌ای به نام تکامل خوداصلاحی شده‌ایم و در این مرحله قادر خواهیم بود DNA خودمان را تغییر دهیم و اصلاح کنیم. ما امروزه از DNA نقشه‌برداری کرده‌ایم، به این معنی که ما «کتاب حیات»

را خوانده‌ایم و از این رو می‌توانیم آن را غلط‌گیری کنیم. در ابتدا، این تغییرات به تعمیر نواقص ژنتیکی چون سیستمیک فیروز و ضعف عضلانی محدود خواهد بود که با ژن‌های تنها کنترل می‌شوند و شناسایی و درمان آن‌ها آسان است. کیفیت‌های دیگری چون هوش احتمالاً با تعداد بیشتری از ژن‌ها کنترل می‌شوند و یافتن آن‌ها و پی بردن به ارتباط میان‌شان دشوار است. با این حال، اطمینان دارم در قرن حاضر دانشمندان کشف خواهند کرد که چگونه هوش و غریزه‌هایی چون خشونت را اصلاح کنند.

احتمالاً قوانینی وضع خواهند شد تا با مهندسی ژنتیک روی انسان‌ها مخالفت شود. اما عده‌ای قادر نخواهند بود در برابر وسوسه‌ی اصلاح ویژگی‌های آدمی چون اندازه‌ی حافظه، مقاومت در برابر بیماری‌ها، و افزایش طول عمر ایستادگی کنند. آنگاه که چنین ابرانسانی پدیدار شود، مشکلات سیاسی عمده‌ای با انسان‌های اصلاح‌ناشده‌ای که توانایی رقابت ندارند، پیش می‌آید. به احتمال زیاد اصلاح‌ناشده‌ها می‌میرند یا بی‌اهمیت می‌شوند. به جای آن‌ها، نژادی از موجودات خوداصلاح را خواهیم داشت که پیوسته با آهنگ روزافزونی خود را اصلاح می‌کنند.

هرگاه نژاد آدمی بتواند خود را بازطراحی کند و در عین حال خطر خودنابودی را تقلیل دهد یا حذف کند، به احتمال زیاد گسترش می‌یابد و سیارات و ستارگان دیگر را به تصرف درمی‌آورد. با وجود این، برای گونه‌هایی از حیات چون ما که بر پایه‌ی شیمیایی، یعنی بر پایه‌ی DNA، ساخته شده‌اند، سفرهای فضایی طولانی ناممکن خواهد بود. طول عمر طبیعی چنین موجوداتی در مقایسه با زمان این گونه سفرها، بسیار کوتاه است. بنا بر نظریه‌ی نسبیت، هیچ چیز نمی‌تواند سریع‌تر از نور حرکت کند و از این رو زمان سفر از روی زمین تا نزدیک‌ترین ستاره دست‌کم به مدت هشت سال و تا مرکز کهکشان در حدود پنجاه هزار سال طول می‌کشد. در داستان‌های علمی تخیلی با خم‌های فضایی یا سفر از راه ابعاد اضافی، بر این مشکل چیره می‌شوند. به گمان من هر قدر هم که حیات هوشمندتر باشد، باز هم چنین چیزی امکان‌پذیر نخواهد بود. نظریه‌ی نسبیت می‌گوید که اگر با سرعتی بیش از سرعت نور حرکت کنیم، می‌توانیم به گذشته نیز سفر کنیم و این مشکل‌ساز می‌شود چون مردم به گذشته سفر می‌کنند و آن را به میل خود تغییر می‌دهند. امکان این نیز هست تا گردشگران آینده را ببینیم که با کنجکاوی به روش زندگی عجیب و غریب و عقب‌مانده‌ی ما می‌نگرند.

امکان آن نیز هست که با مهندسی ژنتیک ترتیبی بدهیم که حیات DNA-

محور تا ابد یا دست‌کم تا صد هزار سال زنده بماند. با وجود این، راه ساده‌تری که کم و بیش توانایی آن را داریم، این است که ماشین‌ها را برای این منظور به کار بگیریم. این ماشین‌ها را می‌توانیم چنان بسازیم که سفرهای طولانی میان ستاره‌ای را تاب آورند. این ماشین‌ها که به ستاره‌ی جدیدی رسیدند، می‌توانند روی سیاره‌ی مناسبی فرود آیند و در آنجا برای تولید ماشین‌های بیشتری که بتوانند به ستارگان دیگری بروند، دست به استخراج مواد بزنند. این ماشین‌ها گونه جدیدی از حیات خواهند بود که به جای ماکرومولکول‌ها، بر پایه‌ی اجزای مکانیکی و الکترونیکی آفریده شده‌اند. دست‌آخر این ماشین‌ها می‌توانند جایگزین حیات DNA-محور شوند، آن‌گونه که DNA جایگزین شکل آغازین حیات شد.

آنگاه که مشغول کندوکاو کهکشان هستیم، احتمال این که با گونه‌ی بیگانه‌ای از حیات روبرو شویم، چقدر است؟ هرگاه آنچه درباره‌ی مقیاس زمانی پیدایش حیات بر روی زمین گفتیم درست باشد، می‌بایست ستارگان بسیاری باشند که روی سیارات‌شان حیات هست. تعدادی از این منظومه‌های ستاره‌ای می‌توانسته‌اند پنج میلیارد سال قبل از زمین تشکیل شده باشند و اگر چنین است، پس چرا کهکشان مالا مال از گونه‌های مکانیکی یا زیست‌شناختی حیات خودتکثیر نیست؟ چرا تاکنون گونه‌های حیات بیگانه زمین را ملاقات نکرده یا حتی به تصرف درنیاورده‌اند؟ بشقاب پرنده‌هایی را در نظر نمی‌گیرم که با موجوداتی فضایی آمده باشند، چون فکر می‌کنم که دیدار آن‌ها از زمین بسیار مشهود و احتمالاً ناخوشایند خواهد بود.

پس چرا حیات بیگانه به ما سر نزده است؟ شاید احتمال پیدایش خودبه‌خودی حیات آن قدر ناچیز است که در میان سیارات کهکشان — یا جهان قابل مشاهده — تنها سیاره‌ی زمین باشد که در آن حیات رخ داده است. امکان دیگر این است که هر چند ممکن است شکل‌گیری سامانه‌های خودتکثیر، چون یاخته‌ها، محتمل بوده باشد، اما بیشتر این گونه‌های حیاتی، به گونه‌های هوشمندی تکامل نیافته‌اند. ما فکر می‌کنیم حیات هوشمند پیامد اجتناب‌ناپذیر تکامل است، ولی اگر چنین نباشد، چه می‌شود؟ اصل انسان‌مداری به ما هشدار می‌دهد که درباره‌ی چنین استدلال‌هایی محتاط عمل کنیم. به احتمال زیاد، تکامل فرایندی کاتوره‌ای است و هوشمند شدن یکی از بی‌شمار پیامدهای مجاز آن است.

حتی آشکار نیست که هوشمندی دوام طولانی مدت داشته باشد. اگر اعمال ما همه‌ی گونه‌های حیاتی به جز باکتری‌ها و سایر ارگانیسم‌های تک‌یاخته‌ای را نابود کند، چه بسا این گونه‌ها به بقای خود ادامه دهند. زمان‌بندی تکامل را که مطالعه می‌کنیم و می‌بینیم زمانی بس طولانی کشیده تا تک‌یاخته‌ها به موجودات چندیاخته‌ای تبدیل شوند که برای پیدایش هوش ضروری هستند، به این نتیجه می‌رسیم که شاید هوشمندی یکی از ویژگی‌های نامحتمل شکل‌گیری حیات است. این مدت زمان کسر بزرگی از کل زمانی است که خورشید تا نابودی‌اش دارد و از این رو با این فرضیه سازگار است که احتمال هوشمند شدن حیات ناچیز است. در این مورد، چه بسا انتظار داشته باشیم که گونه‌های حیاتی زیادی را در کهکشان بیابیم، ولی احتمال یافتن حیات هوشمند ضعیف است.

راه دیگری که حیات نتواند به مرحله هوشمندی برسد این است که سیارک یا دنباله‌داری با سیاره برخورد کند. در سال ۱۹۹۴ شاهد برخورد دنباله‌دار شومیکر-لوی با مشتری بودیم. این برخورد رشته‌ای آتش‌گوی عظیم تولید کرد. باور بر این است که برخورد جسم نسبتاً کوچکی با زمین در حدود شصت و شش میلیون سال پیش، نسل دایناسورها را برچید. در این برخورد عده‌ای از پستانداران آغازین جان سالم به در بردند، اما هر آنچه به اندازه‌ی انسان بود، قریب به یقین نابود شده است. نمی‌توان حدس زد که هر از چند گاه این برخوردها رخ می‌دهند، اما حدس معقول این است که به طور متوسط هر بیست میلیون سال یک بار احتمال چنین برخوردهایی وجود دارد. اگر این رقم درست باشد، حکایت از آن خواهد داشت که حیات هوشمند از این بابت در زمین شکل گرفته است که در بیست میلیون سال گذشته ما خوش‌شانس بوده‌ایم که چنین برخوردی روی نداده است. اگر در سیارات دیگر کهکشان حیاتی بوده باشد، دوره‌های عاری از برخورد در آن‌ها آن قدر کوتاه بوده که حیات نتوانسته به گونه‌های هوشمند تکامل یابد.

امکان سوم این است که احتمال داشته حیات شکل بگیرد و به حیات هوشمند تکامل یابد، اما سامانه ناپایدار شده و حیات هوشمند خود را نابود کرده است. چنین نتیجه‌ای بسیار بدبینانه است و من امیدوارم درست نبوده باشد.

من امکان چهارم را ترجیح می‌دهم و آن این است که آن بالا گونه‌های حیاتی هوشمند دیگری وجود دارند، ولی ما خوب دنبال آن‌ها نگشته‌ایم. در سال ۲۰۱۵ من در راه‌اندازی برنامه‌ی پژوهشی Breakthrough Listen شرکت داشتم. در این برنامه‌ی پژوهشی از رصدهای رادیویی استفاده می‌کنند تا حیات

۶۸ پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی

هوشمند برون‌زمینی را جستجو کنند و تأسیسات آن مدرن و روزآمد، با بودجه‌ای کلان، و هزاران ساعت زمان رصد در اختیار دانشمندان است. بزرگترین برنامه‌ی پژوهشی علمی است که هدف از آن یافتن تمدن‌های برون‌زمینی است. بریکثرو مسج، رقابتی است بین‌المللی برای خلق پیام‌هایی که تمدن‌های پیشرفته بتوانند بخوانند. تا زمانی که اندکی بیشتر پیشرفت نکرده‌ایم، باید با احتیاط پاسخ دهیم. در مرحله‌ای که ما هستیم، ملاقات با هر تمدن پیشرفته‌تر چه بسا شبیه به ملاقات ساکنین اصلی آمریکا با کریستف کلمب باشد و گمان نمی‌کنم آن‌ها فکر کرده‌اند از این ملاقات چیزی نصیب‌شان خواهد شد.

اگر حیات هوشمند، غیر از زمین جای دیگری نیز وجود داشته باشد،
آیا به شکل گونه‌هایی خواهد بود که ما می‌شناسیم،
یا با آن‌ها فرق خواهد داشت؟

مگر حیات هوشمندی هم روی زمین یافت می‌شود؟
اما دور از شوخی، اگر جایی حیات هوشمندی باشد، خیلی
از ما دور خواهد بود، چون اگر نزدیک بود تا حالا به ملاقات زمین
آمده بود و من گمان می‌کنم که از آمدن‌اش باخبر
می‌شدیم. یاد فیلم روز استقلال می‌افتم.

فصل ۴

آیا می‌توانیم آینده را پیشگویی کنیم؟



در روزگاران باستان، دنیا می‌بایست در کل، جای بی‌حساب و کتابی بوده باشد. مدام بلایایی چون سیل، طاعون، زلزله یا آتشفشان، بی‌هیچ هشدار یا علت ظاهری رخ می‌دادند. مردم بدوی این‌گونه پدیده‌های طبیعی را به خدایان و الهه‌ها نسبت می‌دادند که رفتار بی‌ثبات و شیطنت‌آمیزی داشتند. از هیچ راهی نمی‌شد پیشگویی کرد که چه خواهند کرد و تنها امید آن می‌رفت که با اعمال درست یا هدایا دل‌شان را به دست آورند. بسیاری از مردم هنوز که هنوز است بر این باور مانده‌اند و تلاش می‌کنند شانس‌شان را امتحان کنند. آنان با خود عهد می‌کنند که اگر در درس‌شان نمره‌ی اول کلاس را آوردند یا در امتحان رانندگی قبول شدند، از آن پس درست رفتار کنند و مهربان‌تر باشند.

اما مردم اندک‌اندک باید پی برده باشند که رفتار طبیعت قانونمندی‌های ویژه‌ای دارد. این قانونمندی‌ها در حرکت اجرام آسمانی در پهنه‌ی آسمان کاملاً مشهود بود. بنابراین، اخترشناسی نخستین علمی بوده که پیشرفت کرده است. سیصد سال پیش، نیوتون آن را بر پایه‌ی ریاضی مستحکمی استوار ساخت و ما امروزه هنوز از نظریه‌ی گرانش او برای پیشگویی حرکت قریب به اتفاق اجرام آسمانی استفاده می‌کنیم. از مثال اخترشناسی که بگذریم، مردم کماکان پی می‌برند که پدیده‌های طبیعی دیگری نیز از قوانین علمی خاصی پیروی می‌کنند. این امر به جبرباوری علمی منجر شد که به نظر می‌رسد دانشمند فرانسوی، پیئر-سیمون لاپلاس باشد که آن را علنی بیان کرد. می‌خواستم عین گفته‌های لاپلاس را برای شما نقل قول کنم، اما لاپلاس نیز مثل پروست جملات را مطول و پیچیده می‌نوشت. بنابراین ناچارم گفته‌ی او را برای شما تفسیر کنم. در واقع آنچه لاپلاس گفت به این معنی بود که اگر در لحظه‌ای از زمان، مکان‌ها و سرعت‌های همه‌ی ذرات دنیا را بدانیم،

خواهیم توانست در هر لحظه‌ی دیگری در گذشته یا آینده رفتار این ذرات را محاسبه کنیم. داستانی هست، احتمالاً ساختگی، که می‌گوید ناپلئون از لاپلاس پرسید که نقش خدا در این نظام شما چیست و لاپلاس در پاسخ گفت «قربان، به این فرضیه نیازی نداشته‌ام.» فکر نمی‌کنم منظور لاپلاس این بوده باشد که خدا وجود ندارد، بلکه می‌خواسته بگوید خدا در کار قوانین علم دخالت نمی‌کند. همه‌ی دانشمندان نیز باید این‌گونه فکر کنند. هر قانون علمی، قانون علمی نیست که اگر با تصمیم نوعی موجود ماوراءالطبیعی گاهی کارگر باشد و گاهی نه.

این ایده که حالت جهان در یک لحظه، حالت جهان را در هر لحظه‌ی دیگری تعیین می‌کند، از زمان لاپلاس به این سو، اصل اساسی علم به حساب می‌آید. این اصل ایجاب می‌کند که دست‌کم در اصل، ما بتوانیم آینده را پیشگویی کنیم. با وجود این، پیچیدگی معادلات و نیز این واقعیت که این معادلات بیشتر اوقات جواب‌های آشوبناکی دارند، در عمل دست و پای ما را می‌بندند. شاید کسانی که فیلم پارک ژوراسیک را دیده‌اند بدانند آنچه گفتیم به این معنی است که گاهی اختلالی هر چند ناچیز که در جایی رخ می‌دهد، می‌تواند تغییر عظیمی در جای دیگر بیار آورد. پروانه‌ای که در استرالیا بال می‌زند، می‌تواند سبب شود تا در سانترال پارک نیویورک باران بیارد. مشکل اینجاست که چنین فرایندی تکرارپذیر نیست. دفعه‌ی بعد که این پروانه بال بزند، حادثه‌ی کاملاً متفاوتی را ممکن است رقم بزند، برای مثال، در وضعیت آب و هوا اثر بگذارد. از بابت همین عامل آشوب است که پیشگویی آب و هوا نمی‌تواند دقیق باشد.

علی‌رغم این مشکلات عملی، جبرباوری علمی در طول قرن نوزدهم کماکان به عنوان اصلی اعتقادی پابرجا ماند. با وجود این، دو پیشرفت رخ داد که نشان می‌دادند نگرش لاپلاس دال بر پیشگویی دقیق آینده، نمی‌تواند درست باشد. یکی از این پیشرفت‌ها، مکانیک کوانتومی نامیده شد. ماکس پلانک، فیزیکدان آلمانی، در سال ۱۹۰۰ آن را به عنوان فرضیه‌ای دم‌دستی مطرح ساخت تا معمای بسیار مهمی را حل کند. بر اساس ایده‌های کلاسیک قرن نوزدهم که به لاپلاس برمی‌گردد، هر جسم داغ، مثلاً نوعی فلز گداخته، باید تابش گسیل کند. این جسم داغ، امواج رادیویی، فروسرخ، نور مرئی، فرابنفش، پرتوهای ایکس، و پرتوهای گاما را با آهنگ یکسانی گسیل می‌کند و انرژی از دست می‌دهد. با این کار همه از سرطان پوست می‌میریم، که به این معنی هم هست که دمای همه چیز در جهان هستی یکسان می‌شود که آشکارا چنین نیست.

با وجود این، پلانک نشان داد که برای برون‌رفت از این مهلکه، باید بپذیریم که مقدار تابش، هر مقدار که خواست نمی‌تواند باشد، بلکه تابش تنها می‌تواند به شکل بسته‌ها یا کوانتوم‌هایی که اندازه‌ی معینی دارند، عرضه شود. مثل این است که به سوپرمارکت برویم و بخواهیم مقداری قند فله بخریم و فروشنده به ما بگوید سوپرمارکت قند را در بسته‌های کیلوگرمی می‌فروشد. انرژی بسته‌ها یا کوانتوم‌های فرابنفش و پرتوهای ایکس از انرژی بسته‌ها یا کوانتوم‌های فروسرخ یا نور مرئی بیشتر است، یعنی اگر جسمی خیلی داغ، مثلاً به داغی خورشید نباشد، انرژی کافی نخواهد داشت که حتی یک کوانتوم فرابنفش یا پرتو ایکس گسیل کند. به همین دلیل است که با فنجان قهوه، آفتاب سوخته نمی‌شویم.

پلانک ایده‌ی کوانتوم‌ها را نوعی شگرد ریاضی می‌پنداشت، نه واقعیتهای فیزیکی، حال این کوانتوم‌ها به هر معنایی که می‌خواستند باشند. اما فیزیکدان‌ها پدیده‌های دیگری را نیز یافتند که تنها می‌شد آن‌ها را برحسب کمیت‌های گسسته توضیح داد، نه متغیرهایی که مقادیر پیوسته‌ای اختیار می‌کردند. برای مثال، ثابت شد که ذرات بنیادی مثل فرفره‌های کوچکی رفتار می‌کردند و حول محوری می‌چرخیدند. با وجود این، مقدار این چرخش (اسپین) هر مقداری نمی‌توانست باشد، بلکه می‌بایست مضرب درستی از نوعی یکای بنیادی می‌بود. از آنجا که این یکا بسیار کوچک بود، ما متوجه نمی‌شویم که فرفره‌ی معمولی پله پله سرعت‌اش را کم می‌کند، نه با روندی پیوسته. حال اگر فرفره به اندازه‌ی اتم کوچک باشد، سرشت گسسته‌ی اسپین بسیار مهم می‌شود.

هنوز مانده بود تا دانشمندان پی ببرند که این رفتار کوانتومی چه پیامدی برای جبرابوری دارد. در سال ۱۹۲۷ ورنر هایزنبرگ، فیزیکدان دیگری از آلمان، گفت که ما نمی‌توانیم همزمان مکان و تندی ذره‌ای را دقیق اندازه‌گیری کنیم. برای این که ببینیم ذره کجاست، ناچاریم بر آن نور بتابانیم. بدین منظور باید دست‌کم یک کوانتوم نور به کار ببریم. اگر بر ذره نور بتابانیم، مکان آن مختل می‌شود و تندی‌اش چنان تغییر می‌کند که به هیچ‌روی قابل پیشگویی نیست. حال اگر خواسته باشیم مکان ذره را دقیق‌تر اندازه بگیریم، باید از نوری استفاده کنیم که طول‌موج‌اش کوتاه باشد، مثلاً از فرابنفش، پرتوهای ایکس، یا پرتوهای گاما. اما اینجا نیز بنا به فرضیه‌ی پلانک، انرژی این کوانتوم‌ها از انرژی کوانتوم نور مرئی بیشتر است و از این رو تندی ذره بیشتر مختل می‌شود. در بازی بدون بُردی گرفتار می‌شویم، یعنی هر چه دقیق‌تر بخواهیم مکان ذره را اندازه بگیریم، دقتی که با آن می‌توانیم تندی

ذره را اندازه بگیریم، کمتر می‌شود، و بر عکس. آنچه را گفتیم هایزنبرگ در اصل عدم قطعیت فرمول‌بندی کرد. این اصل بیان می‌کند که عدم قطعیت (خطا) در اندازه‌گیری مکان هر ذره، ضربدر عدم قطعیت در اندازه‌گیری تندی ذره، همواره از کمیتی به نام ثابت پلانک تقسیم بر دو برابر جرم آن ذره بیشتر است.

نگرش جبرباوری علمی لاپلاس این بود که مکان‌ها و تندی‌های ذرات در جهان در لحظه‌ی مفروضی معلوم باشند، اما اصل عدم قطعیت هایزنبرگ به شدت این فرض را زیر سؤال می‌برد. اگر مکان‌ها و تندی‌های ذرات را نتوانیم در حال حاضر همزمان دقیق اندازه‌گیری کنیم، پس چگونه می‌توانیم آینده را پیشگویی کنیم؟ هر قدر هم که کامپیوتر شما قوی باشد، اگر داده‌های غلط به آن بدهید، پیشگویی‌های غلط از آن خواهید گرفت.

اینشتین از این رفتار دلبخواهی ظاهری طبیعت، بسیار ناخشنود بود. نگرش‌های او در گفته‌ی معروف‌اش بازتاب یافته‌اند که می‌گفت «خدا شیر یا خط بازی نمی‌کند.»^۱ به گمان اینشتین، اصل عدم قطعیت موقتی می‌نمود و او اعتقاد داشت واقعیت این است که ذرات، مکان‌ها و تندی‌های خوش‌تعریفی دارند که با قوانین جبرباوری لاپلاس تحول می‌یابند. چه بسا این واقعیت را خدا می‌داند، اما سرشت کوانتومی نور مانع می‌شود که ما آن را ببینیم، مگر خواسته باشیم از پشت عینک دودی به آن نگاه کنیم.

دیدگاه اینشتین چیزی است که امروزه نوعی نظریه‌ی متغیرهای پنهان نام دارد. نظریه‌های متغیرهای پنهان بدیهی‌ترین روش الحاق اصل عدم قطعیت به فیزیک هستند. این نظریه‌ها بنیان تصویر ذهنی بسیاری از دانشمندان و کم و بیش همه‌ی فلاسفه از جهان هستی هستند. با وجود این، این نظریه‌های متغیرهای پنهان غلط هستند. جان بل، فیزیکدان بریتانیایی، نوعی راستی‌آزمایی آزمایشگاهی را ترتیب داد که غلط بودن نظریه‌های متغیرهای پنهان را ثابت می‌کرد. آنگاه که این آزمایش را به دقت انجام داد، نتایج آن با متغیرهای پنهان ناسازگار بودند. بنابراین به نظر می‌رسید که خدا نیز گرفتار اصل عدم قطعیت است و نمی‌تواند همزمان مکان و تندی ذره‌ای را بداند. همه‌ی قراین حکایت از آن دارند که خدا قمارباز کهنه‌کاری است و هر جا که ممکن باشد شیر یا خط بازی می‌کند.

دانشمندان دیگر مشتاق‌تر از اینشتین بودند تا آستین‌ها را بالا بزنند و دیدگاه

۱. منظور اینشتین از واژه‌ی «خدا» همان طبیعت است. مترجم.

جبرباوری قرن نوزدهمی کلاسیک را اصلاح کنند. هاینبرگ، اروین شرودینگر از اتریش، و پل دیراک فیزیکدان بریتانیایی نظریه‌ی جدیدی به نام مکانیک کوانتومی را مطرح ساختند. دیراک، پیش از من صاحب کرسی استادی لوکازین کمبریج بود. نزدیک به هفتاد سال از ابداع مکانیک کوانتومی می‌گذرد، حتی کسانی که آن را در محاسبات‌شان به کار می‌برند، هنوز کامل درک‌اش نمی‌کنند. با وجود این، همه‌ی ما باید به آن فکر کنیم، چون در کل با تصویر کلاسیکی جهان فیزیکی و خود واقعیت فرق دارد. در مکانیک کوانتومی، ذرات مکان‌ها و تندی‌های خوش‌تعریفی ندارند، بلکه با چیزی به نام تابع موج توصیف می‌شوند. تابع موج به هر نقطه از فضا عددی نسبت می‌دهد. مقدار تابع موج هر ذره در هر نقطه، احتمال بودن ذره در آن نقطه را معلوم می‌کند. آهنگ تغییر تابع موج از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر، تندی ذره را به دست می‌دهد. می‌توان تابع موجی داشت که در ناحیه‌ی کوچکی قله‌ی تیزی دارد. معنی چنین تابع موجی این است که عدم قطعیت در مکان کوچک است، اما این تابع موج در نزدیکی قله‌اش بسیار سریع تغییر می‌کند، در یک طرف قله سریع بالا می‌رود و در طرف دیگر آن سریع پائین می‌آید. بنابراین عدم قطعیت در سرعت آن بزرگ می‌شود. به همین منوال، می‌توان توابع موجی داشت که در آن‌ها عدم قطعیت در سرعت کوچک و عدم قطعیت در مکان بزرگ است.

تابع موج همه‌ی اطلاعاتی را که خواسته باشیم درباره‌ی ذره بدانیم، هم مکان و هم سرعت آن را، در خود دارد. اگر تابع موج را در لحظه‌ی مفروضی بدانیم، مقدار آن را در هر لحظه‌ی دیگر می‌توانیم از معادله‌ی شرودینگر به دست بیاوریم. بنابراین اینجا نیز با نوعی جبرباوری روبرو هستیم، اما این نوع جبرباوری با جبرباوری لاپلاس فرق دارد. به جای این که قادر باشیم مکان‌ها و تندی‌های ذره را پیشگویی کنیم، تنها چیزی که می‌توانیم پیشگویی کنیم تابع موج ذره است، یعنی تنها نیمی از آنچه را که می‌توانستیم با دیدگاه قرن نوزدهمی کلاسیک پیشگویی کنیم.

گرچه مکانیک کوانتومی، آنگاه که بخواهیم همزمان مکان و تندی ذره‌ای را پیشگویی کنیم، به عدم قطعیت منجر می‌شود، اما ما را قادر می‌سازد که با قطعیت یک ترکیب از مکان و تندی را پیشگویی کنیم. با این حال، حتی این درجه از قطعیت را نیز پیشرفت‌های اخیر تهدید می‌کنند. مشکل از آنجایی ناشی می‌شود که گران‌ش می‌تواند فضا-زمان را چنان پیچاند که ناحیه‌هایی از فضا را نتوان مشاهده کرد.

۷۴ پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی

چنان ناحیه‌هایی درون سیاهچاله‌ها هستند. به این معنی که ما حتی در اصل نیز نمی‌توانیم ذرات درون سیاهچاله‌ای را مشاهده کنیم. به هیچ‌روی نمی‌توانیم مکان‌ها و سرعت‌های ذرات را اندازه‌گیری کنیم. حالا با این مسئله روبرو هستیم که آیا در اینجا با پیشگویی ناپذیری بیشتری، ورای آنچه در مکانیک کوانتومی داشتیم، روبرو هستیم یا نه.

در پایان، نگرش کلاسیکی که آن را لاپلاس بنیان نهاد، می‌گفت آینده‌ی حرکت ذرات را می‌توان کامل پیشگویی کرد، مشروط بر این که مکان‌ها و تندی‌های ذرات را در لحظه‌ی مفروضی بدانیم. آنگاه که هاینبرگ اصل عدم قطعیت را پیش کشید که می‌گفت نمی‌توان همزمان مکان و تندی ذره را دقیق اندازه‌گیری کرد، نگرش کلاسیک لاپلاس می‌بایست اصلاح می‌شد. با وجود این، هنوز می‌شد یک ترکیب از مکان و تندی را پیشگویی کرد. جایی که پای سیاهچاله به میان می‌آید، شاید این پیشگویی‌پذیری محدود نیز ممکن نباشد.

آیا قوانین حاکم بر طبیعت ما را قادر می‌سازند تا آنچه را در آینده رخ می‌دهد، دقیق پیشگویی کنیم؟

پاسخ کوتاه، هم نه است و هم آری. در اصل، قوانین ما را قادر می‌سازند که آینده را پیشگویی کنیم. اما در عمل، در بیشتر موارد، محاسبات دشوار می‌شوند.

فصل ۵

درون هر سیاهچاله چیست؟



می‌گویند واقعیت گاهی غریبه‌تر از تخیل است و این گفته در مورد سیاهچاله‌ها بیش از هر مورد دیگری مصداق دارد. سیاهچاله‌ها غریبه‌تر از آنند که در تصور نویسندگان کتاب‌های علمی تخیلی بگنجند، اما از هر لحاظ واقعیت‌های علم هستند. نخستین بار در سال ۱۷۸۳ مرد کمبریجی، جان میچل، بود که بحث سیاهچاله را به میان کشید. استدلال وی به قرار زیر بود. هرگاه ذره‌ای چون گلوله‌ی توپ را در راستای عمودی شلیک کنیم، گرانش حرکت آن را کند می‌کند. این ذره سرانجام از حرکت می‌ایستد و دوباره به روی زمین سقوط می‌کند. با وجود این، اگر سرعت اولیه‌ی رو به بالای ذره بیش از مقداری بحرانی که به آن سرعت فرار می‌گوییم باشد، گرانش یارای آن را نخواهد داشت که ذره را متوقف کند و ذره خواهد گریخت. سرعت فرار در روی زمین ۱۱ کیلومتر بر ثانیه و در روی خورشید ۶۱۷ کیلومتر بر ثانیه است. این دو سرعت فرار به مراتب بزرگتر از تندی گلوله‌های واقعی توپ هستند، اما در مقایسه با سرعت نور که ۳۰۰,۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه است ناچیزند. بنابراین نور بی‌هیچ مشکلی می‌تواند از زمین و خورشید بگریزد. با وجود این، استدلال میچل این بود که شاید ستارگانی به مراتب سنگین‌تر از خورشید باشند که سرعت فرار از آن‌ها از سرعت نور بیشتر است. ما نخواهیم توانست آن‌ها را ببینیم، چون گرانش، نور این ستارگان را به سمت خودشان برمی‌گرداند. میچل این ستارگان را ستارگان سیاه گفت که امروزه به سیاهچاله‌ها معروف هستند.

برای درک سیاهچاله‌ها باید از گرانش شروع کنیم. گرانش را نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین توصیف می‌کند که فزون بر نظریه‌ی فضا و زمان، نظریه‌ی گرانش نیز هست. بر رفتار فضا و زمان، دسته معادلاتی به نام معادلات اینشتین حاکم است که اینشتین در سال ۱۹۱۵ آن‌ها را گزارش کرد. هر چند گرانش ضعیف‌ترین

نیروهای شناخته‌شده‌ی طبیعت است، اما دو برتری ویژه بر نیروهای دیگر دارد. نخست این که بلندبرد است. خورشید که ۱۴۹ کیلومتر از ما دور است زمین را روی مدارش نگه می‌دارد، و مرکز کهکشان که با خورشید در حدود ۱۰,۰۰۰ سال نوری فاصله دارد خورشید را روی مدارش نگه می‌دارد. دومین برتری گرانش این است که همواره جاذبه‌ای است، بر خلاف نیروی الکتریکی که هم جاذبه‌ای و هم دافعه‌ای است. این دو ویژگی به این معنی است که برای ستارگان بسیار سنگین، جاذبه‌ی گرانشی میان ذرات می‌تواند بر همه‌ی نیروهای دیگر چیره شود و سبب رُمبش گرانشی شود. علی‌رغم این واقعیت‌ها، جامعه‌ی علمی درک نمی‌کرد که ستارگان سنگین می‌توانند بر اثر گرانشی که دارند روی خودشان برُمبند و آنچه از آن‌ها به جا می‌ماند چه رفتاری دارد. اینشتین حتی در سال ۱۹۳۹ مقاله‌ای نوشت و در آن ادعا کرد که ستارگان نمی‌توانند بر اثر گرانش برُمبند، چون ماده نمی‌تواند بیش از اندازه‌ی خاصی متراکم شود. بسیاری از دانشمندان این ادعای سُست اینشتین را پذیرفتند. در میان آن‌ها، جان ویلر دانشمند آمریکایی استثنای بزرگی بود که از بسیاری جهات شاید بشود او را قهرمان داستان سیاهچاله‌ها نامید. وی با پژوهش‌هایی که در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ انجام داد به این نتیجه رسید که دست‌آخر بسیاری از ستارگان می‌رُمبند و بسیاری از مسائلی را که رُمبش ستاره‌ای، فیزیک نظری را با آن‌ها روبرو می‌کند، حل کرد. ویلر بسیاری از خواص اجسامی را که از رُمبش ستاره‌ای به جای می‌مانند، یعنی سیاهچاله‌ها، پیشگویی کرد.

هر ستاره‌ی معمولی در طول عمر چند میلیارد ساله‌اش، با فشار گرمایی ناشی از فرایندهای هسته‌ای تبدیل هیدروژن به هلیوم، از خود در برابر رُمبش گرانشی حفاظت می‌کند. با وجود این، دست‌آخر سوخت هسته‌ای ستاره تمام می‌شود. ستاره اندک اندک منقبض می‌شود. بعضی از ستاره‌ها به ستاره‌ی کوتوله‌ی سفید، بازمانده‌ی چگال مغز ستاره‌ای، تبدیل می‌شوند. در سال ۱۹۳۰ سوبراهمانیان چاندراسخار نشان داد که بیشینه جرم ستاره‌ی کوتوله‌ی سفید، $\frac{1}{4}$ برابر جرم خورشید است. کم و بیش همین جرم بیشینه را فیزیکدان روسی، لو لاندائو، برای ستارگان نوترونی حساب کرد.

سرنوشت آن دسته از بی‌شمار ستارگانی که جرم‌شان بیش از جرم بیشینه‌ی ستارگان کوتوله‌ی سفید یا ستارگانی نوترونی است و سوخت هسته‌ای خود را تمام کرده‌اند، چه می‌شود؟ این مسئله را رابرت اوپنهاایمر، سرپرست گروه

سازنده‌ی بمب اتمی اخیر، مطالعه کرد. وی در چند مقاله‌ای که به سال ۱۹۳۹ با همکاری جورج ولکوف و هارتلند اشنایدر نوشت، نشان داد که فشار گرمایی قادر نیست چنین ستارگانی را از رُمبش بازدارد و اگر فشار گرمایی را نادیده بگیریم، هر ستاره‌ی کروی متقارن و یکنواخت به تک‌نقطه‌ای با چگالی بی‌نهایت منقبض می‌شود. چنین نقطه‌ای را نقطه‌ی تکینگی می‌نامیم. همه‌ی نظریه‌های ما درباره‌ی فضا بر این فرض بنیانگذاری شده‌اند که فضا-زمان هموار و تخت است و از این‌رو چنین نظریه‌هایی در نقاط تکینگی که در آن‌ها فضا-زمان بی‌نهایت خمیده است، جواب ندارند. در واقع، نقاط تکینگی پایان خود فضا و زمان هستند و این چیزی است که اینشتین نمی‌پذیرفت.

جنگ جهانی دوم پادرمیانی کرد. بسیاری از دانشمندان، از جمله رابرت اوپنهاইمر، توجه‌شان را به فیزیک هسته‌ای معطوف ساختند و موضوع رُمبش گرانشی کم و بیش به دست فراموشی سپرده شد. با کشف اجرام دوردستی به نام کوازارها، موضوع سیاهچاله‌ها عمری دوباره یافت. نخستین کوازار، به نام 3C273 در سال ۱۹۶۳ کشف شد. طولی نکشید که کوازارهای زیادی کشف شدند. کوازارها علی‌رغم فاصله‌ی زیادی که از زمین داشتند، نورانی بودند. فرایندهای هسته‌ای نمی‌توانستند خروجی انرژی کوازارها را توجیه کنند، چون آن‌ها تنها کسر اندکی از جرم سکون‌شان را به انرژی ناب تبدیل می‌کردند. تنها پاسخ دیگر این بود که انرژی اضافی، انرژی گرانشی بود که بر اثر رُمبش گرانشی آزاد می‌شد. رُمبش گرانشی ستارگان، بازیافت می‌شد. آنگاه که چنین رویدادی رخ دهد، گرانش جسم ماده‌ی اطراف‌اش را به درون می‌کشد. آشکارا هر ستاره‌ی کروی یکنواخت به نقطه‌ای با چگالی بی‌نهایت می‌رُمبد که همان نقطه‌ی تکینگی است. حال اگر ستاره‌ای کروی و یکنواخت نباشد، چه رخ می‌دهد؟ آیا توزیع نابرابر ماده‌ی ستاره سبب رُمبش نایکنواخت می‌شود و از تکینگی اجتناب می‌کند؟ در مقاله‌ای به یادماندنی به سال ۱۹۶۵، پَن‌رُز تنها با در نظر گرفتن این که گرانش ویژگی جاذبه‌ای دارد، نشان داد در این مورد نیز تکینگی وجود دارد.

معادلات اینشتین نمی‌توانند در نقاط تکینگی خوش‌تعریف باشند، یعنی در نقطه‌ای با چگالی بی‌نهایت نمی‌توان آینده را پیشگویی کرد. از اینجا پیداست هر بار که ستاره‌ای می‌رُمبد، اتفاق ناآشنایی رخ می‌دهد. اگر این تکینگی‌ها برهنه نباشند، یعنی اگر در برابر بیرون محافظت نشده باشند، ما متوجه شکست پیشگویی نمی‌شویم. پَن‌رُز حدس سانسور کیهانی را مطرح کرد که بر طبق آن

همه‌ی تکنیکی‌هایی که بر اثر رُمبش ستارگان یا اجرام دیگر تشکیل شده‌اند، در درون سیاهچاله‌ها از دیده پنهان هستند. سیاهچاله ناحیه‌ای است که در آن گرانش چندان قوی است که نور را نیز یارای گریز از آن نیست. حدس سانسور کیهانی کم و بیش قطعاً درست است، چون خیلی‌ها تلاش کردند خلاف آن را ثابت کنند، اما ناکام ماندند.

آنگاه که جان ویلر در سال ۱۹۶۷ عبارت «سیاهچاله» را شناساند، این عبارت جایگزین نام پیشین‌اش «ستاره‌ی منجمد» شد. نامگذاری ویلر نشان از آن داشت که بازمانده‌های ستارگان رُمبیده، جدا از این که چگونه تشکیل می‌شوند، فی‌الغیره جالب هستند. این نام جدید به سرعت جا افتاد.

از بیرون نمی‌توان گفت که درون هر سیاهچاله چیست. هر چه را به درون آن‌ها بیندازید، یا هر جوری هم تشکیل شده باشند، سیاهچاله‌ها یکسان به نظر می‌رسند. معروف است که جان ویلر این اصل را چنین بیان می‌کند (قضیه‌ی بی‌مو)، «سیاهچاله مو ندارد».

هر سیاهچاله‌ای کرانه‌ای دارد که به آن افق رویداد سیاهچاله می‌گویند. افق رویداد، جایی است که گرانش در آن به قدری قوی است که نور را به درون سیاهچاله برمی‌گرداند و نمی‌گذارد که نور فرار کند. از آنجا که هیچ چیز نمی‌تواند سریع‌تر از نور حرکت کند، هر چیز دیگری نیز به درون سیاهچاله کشانده می‌شود. سقوط در افق رویداد اندکی شباهت به این دارد که بخواهیم از آبشار نیاکارا با قایقی عبور کنیم. اگر بالای این آبشار باشید و بتوانید سریع پارو بزنید می‌توانید از آن دور شوید، اما اگر در لبه‌ی آن باشید سقوط می‌کنید. راه برگشتی نیست. هر چه به لبه نزدیک‌تر شوید، جریان آب تندتر می‌شود، به این معنی که جلو قایق بیشتر از پشت قایق به جلو کشیده می‌شود. این خطر نیز هست که قایق تکه و پاره شود. وضع در سیاهچاله‌ها نیز بر همین منوال است. اگر نخست پاهای‌تان به سوی سیاهچاله باشد، گرانش پاهای‌تان را بیش از سرتان می‌کشد، چون آن‌ها به سیاهچاله نزدیک‌ترند. نتیجه این می‌شود که شما طولی کشیده شده و از پهلوها فشرده می‌شوید. هرگاه جرم سیاهچاله چند برابر جرم خورشید باشد، تکه و پاره می‌شوید و پیش از این که به افق رویداد آن برسید به شکل اسپاگتی درمی‌آید. حال اگر در سیاهچاله‌ای بیفتید که جرم‌اش بیش از یک میلیون برابر جرم خورشید است، کشش گرانشی وارد بر شما در همه جای بدن‌تان یکسان است و بی‌هیچ مشکلی به افق رویداد این سیاهچاله می‌رسید. بنابراین اگر قصد دارید درون

فصل ۵: درون هر سیاهچاله چیست؟ ۷۹

سیاهچاله‌ای را مطالعه کنید، بدین منظور سیاهچاله‌ی گنده‌ای را انتخاب کنید. در مرکز کهکشان راه شیری سیاهچاله‌ای هست که جرم‌اش در حدود چهار میلیون برابر جرم خورشید است.

به ویژه آنگاه که در سیاهچاله‌ای سقوط می‌کنید هر چند متوجه چیزی نمی‌شوید اما کسی که شما را از راه دور نگاه می‌کند هرگز نمی‌بیند که شما از افق رویداد بگذرید، بلکه به نظر او می‌رسد که کند حرکت می‌کنید و بیرون آن پرسه می‌زنید. تصویرتان کم‌سوتر و کم‌سوتر، و قرمزتر و قرمزتر می‌شود تا این که اندکی اندکی محو می‌شوید. از دید آنان که از بیرون شما را نگاه می‌کنند، شما تا ابد از دیده‌ها پنهان خواهید شد.

اندکی زمانی پس از این که دخترم لوسی به دنیا آمد، چه هنگامه‌ی یافتن یافته‌ی داشتم. قضیه‌ی مساحت را کشف کردم. اگر نسبت عام درست و چگالی انرژی ماده مثبت باشد که معمولاً هست، آنگاه مساحت سطح افق رویداد، یعنی کرانه‌ی هر سیاهچاله، این خاصیت را دارد که وقتی ماده یا تابش در سیاهچاله می‌افتد، افزایش می‌یابد. فزون بر آن، آنگاه که دو سیاهچاله با هم برخورد کنند و در تک سیاهچاله‌ای ادغام شوند، سطح افق رویداد سیاهچاله‌ی برآیند، از مجموع افق‌های رویداد دو سیاهچاله‌ی اولیه بیشتر می‌شود. قضیه‌ی مساحت را می‌توان با رصدخانه‌ی تداخل سنج لیزری امواج گرانشی (LIGO) راستی‌آزمایی کرد. روز ۱۴ ماه سپتامبر سال ۲۰۱۵ این رصدخانه از آشکارسازی امواج گرانشی ناشی از برخورد و ادغام دو سیاهچاله خبر داد. از شکل موج این امواج می‌توان جرم‌ها و تکانه‌های زاویه‌ای این دو سیاهچاله را برآورد کرد و از قضیه‌ی بی‌مو که پیش‌تر به آن اشاره کردم، این دو کمیت مساحت‌های افق‌های رویداد سیاهچاله‌ها را تعیین می‌کنند.

از این خواص پیداست که شباهتی میان مساحت افق رویداد هر سیاهچاله و فیزیک کلاسیک رایج، به ویژه مفهوم آنتروپی در ترمودینامیک، وجود دارد. آنتروپی را می‌توان معیاری از بی‌نظمی هر سامانه، یا هم‌ارز آن معیاری از عدم شناخت دقیق حالت آن، دانست. قانون دوم معروف ترمودینامیک می‌گوید آنتروپی با گذشت زمان همواره افزایش می‌یابد. این کشف نخستین سرخ این ارتباط مهم بود.

مانستگی میان خواص سیاهچاله‌ها و قوانین ترمودینامیک را می‌توان گسترش داد. قانون اول ترمودینامیک می‌گوید که اگر آنتروپی سامانه‌ای دستخوش تغییر کوچکی شود، انرژی سامانه نیز به همان نسبت تغییر می‌کند. برندون کارتر، جیم باردین، و من قانون مشابهی را یافتیم که تغییر در جرم سیاهچاله را به تغییر در

مساحت افق رویداد مربوط می‌کند. در اینجا ضریب تناسب، شامل کمیتی است که گرانش سطح نام دارد و آن معیاری از شدت میدان گرانشی در افق رویداد است. اگر بپذیریم مساحت افق رویداد مشابه آنتروپی است، آنگاه به نظر می‌رسد که گرانش سطح نیز مشابه دما باشد. این که گرانش سطح در همه‌ی نقاط افق رویداد یکسان است (مثل دما که در همه جای جسمی که در حال تعادل گرمایی باشد یکسان است)، بر استحکام این تشابه می‌افزاید.

هر چند تشابه آشکاری میان آنتروپی و مساحت افق رویداد وجود دارد، اما برای ما روشن نیست که چگونه سطح را بتوان با آنتروپی خود سیاهچاله شناسایی کرد. منظور از آنتروپی سیاهچاله چیست؟ یاکوپ بکنشتاین در سال ۱۹۷۲ دانشجوی دوره‌ی تحصیلات تکمیلی دانشگاه پرینستون بود، پیشنهاد مهمی مطرح کرد. او گفت آنگاه که سیاهچاله‌ای بر اثر رُمبش گرانشی خلق می‌شود، به سرعت به حالت ایستایی می‌رسد. این حالت ایستا با سه پارامتر مشخص می‌شود: جرم، تکانه‌ی زاویه‌ای، و بار الکتریکی.

گویی حالت نهایی سیاهچاله مستقل از آن است که جسم فرو ریخته از ماده ساخته شده است یا پادماده، شکل کروی مقارنی داشته است یا بی‌نظم. به بیان دیگر، هر سیاهچاله‌ای با جرم، تکانه‌ی زاویه‌ای، و بار الکتریکی مفروض می‌توانسته از رُمبش یکی از پیکربندی‌های گوناگون ماده تشکیل شود. بنابراین از رُمبش انواع مختلف ستاره‌ها، سیاهچاله‌ی یکسانی آفریده می‌شود. به راستی اگر اثرهای کوانتومی را نادیده بگیریم، تعداد این پیکربندی‌ها بی‌نهایت خواهد بود، چون سیاهچاله می‌تواند از رُمبش ابری متشکل از تعداد بی‌نهایت ذره، هریک با جرم بی‌نهایت کوچک، ساخته شود. اما آیا تعداد پیکربندی‌ها به راستی بی‌نهایت است؟ در مکانیک کوانتومی، اصل عدم قطعیت را داریم. این اصل می‌گوید که امکان ندارد بتوان هم مکان و هم تندی هر جسمی را همزمان اندازه گرفت. اگر دقیق اندازه بگیریم که جسمی کجاست، آنگاه تندی را نخواهیم دانست. اگر تندی شیء را دقیق اندازه بگیریم، آنگاه مکان آن را نمی‌توانیم دقیق تعیین کنیم. یعنی در عمل نمی‌توان شیء را جایگزیده کرد. فرض کنید بخواهیم اندازه‌ی شیء را اندازه بگیریم، آنگاه لازم است بدانیم که دو انتهای در حال حرکت شیء کجا هستند. این کار را هرگز نمی‌توان دقیق انجام داد، زیرا باید همزمان هم مکان و هم تندی دو انتهای شیء را اندازه‌گیری کرد. بنابراین امکان‌پذیر نیست که اندازه شیء را تعیین کرد. تنها کاری که می‌توانیم انجام دهیم این است که بگوییم اصل

عدم قطعیت نمی‌گذارد که بدانیم اندازه شیء دقیقاً چقدر است. بنابراین اصل عدم قطعیت محدودیتی را بر اندازه‌ی هر شیء تحمیل می‌کند. پس از اندک محاسبه‌ای درمی‌یابیم که برای جرم مفروضی از هر شیء، اندازه‌ی کمینه‌ای هست. این اندازه‌ی کمینه برای اجسام سنگین کوچک است، اما آنگاه که اجسام کوچکتر و کوچکتری را مطالعه می‌کنیم به این نتیجه می‌رسیم که اندازه‌ی کمینه بزرگتر و بزرگتر می‌شود. این اندازه‌ی کمینه را می‌توان نتیجه‌ی واقعی دانست که در مکانیک کوانتومی هر شیء را می‌توان هم موج و هم ذره پنداشت. شیء هر چه سبک‌تر باشد، طول‌موج‌اش بلندتر و از این‌رو پخش‌تر است. شیء هر چه سنگین‌تر باشد، طول‌موج‌اش کوتاه‌تر و از این‌رو جایگزیده‌تر است. آنگاه که این ایده‌ها را با ایده‌های نسبیت عام ترکیب کنیم، به این نتیجه می‌رسیم که اجسام سنگین‌تر از وزن خاصی می‌توانند سیاهچاله تشکیل دهند. این وزن به اندازه‌ی وزن ذره‌ی نمک است. نتیجه‌ی دیگر این ایده‌ها این است که تعداد پیکربندی‌هایی که می‌توانند سیاهچاله‌ای به جرم، تکانه‌ی زاویه‌ای، و بار الکتریکی مفروض را تشکیل دهند، هر چند بسیار زیاد، چه بسا معین نیز می‌تواند باشد. یاکوپ بکنشتاین پیشنهاد کرد که از این تعداد پیکربندی معین، می‌توان آنتروپی سیاهچاله را این‌گونه تعبیر کرد که معیاری از مقدار اطلاعات بازیافت‌ناپذیری است که به هنگام رُمبش و تشکیل سیاهچاله از دست می‌رود.

خطای به ظاهر مهم پیشنهاد بکنشتاین این بود که اگر سیاهچاله، آنتروپی معینی متناسب با مساحت افق رویداد خود دارد، ناچار باید دمای غیرصفری متناسب با سطح گرانش‌اش را نیز داشته باشد. از این‌رو هر سیاهچاله‌ای می‌تواند در دمایی غیر از صفر با تابش گرمایی در حال تعادل باشد. از سوی دیگر، بنا بر مفاهیم کلاسیکی، چنین تعادلی امکان‌پذیر نیست، زیرا سیاهچاله هر تابش گرمایی را که بر او بتابد جذب می‌کند اما طبق تعریف نمی‌تواند چیزی را به بیرون گسیل کند. سیاهچاله نمی‌تواند چیزی گسیل کند و از این‌رو نمی‌تواند گرما را گسیل کند. آنچه گفتیم به معمایی درباره‌ی سرشت سیاهچاله‌ها، اجسام فوق‌العاده چگالی که از رُمبش ستارگان خلق می‌شدند، بدل شد. نظریه‌ای می‌گفت سیاهچاله‌هایی که خواص یکسانی دارند می‌توانند از رُمبش تنوع بی‌شماری از ستارگان خلق شوند. نظریه‌ای دیگر می‌گفت که این تعداد می‌تواند بی‌شمار نبوده و معین باشد. در اینجا با مشکل اطلاعات روبرو هستیم و آن این ایده است که هر ذره یا نیرویی در جهان هستی حاوی اطلاعات است.

چون سیاهچاله‌ها، آن‌گونه که جان ویلر گفته بود، مو ندارند، نمی‌توان از بیرون سیاهچاله فهمید که درون آن چیست، به جز جرم، بار الکتریکی، و دوران آن، یعنی هر سیاهچاله باید حاوی مقدار زیادی اطلاعات باشد که از دنیای بیرون پنهان است. اما مقدار اطلاعاتی را که می‌توان در ناحیه‌ای از فضا جا داد، محدود است. اطلاعات مستلزم انرژی است و انرژی طبق معادله‌ی معروف اینشتین جرم دارد. بنابراین اگر اطلاعات در ناحیه‌ای از فضا بیش از اندازه زیاد باشد، آن ناحیه به سیاهچاله‌ای می‌رُمد (فرو می‌ریزد) و اندازه‌ی سیاهچاله بازتابی از مقدار اطلاعات موجود در سیاهچاله است. گویی در کتابخانه‌ای مدام کتاب تلنبار کنیم. دست‌آخر قفسه‌های کتابخانه می‌شکنند و کتابخانه به سیاهچاله‌ای می‌رُمد.

هرگاه مقدار اطلاعات پنهان در درون سیاهچاله‌ای با اندازه‌ی آن متناسب باشد، از اصول کلی می‌توان به این نتیجه رسید که سیاهچاله دمایی خواهد داشت و مثل هر قطعه فلز داغ گداخته خواهد شد. اما چنین امری محال می‌نمود، زیرا همه می‌دانستند، یا تصور می‌کردند که چیزی از سیاهچاله بیرون نمی‌آید.

این مسئله تا اوایل سال ۱۹۷۴ هم‌چنان لاینحل ماند و آن زمانی بود که من با مکانیک کوانتومی رفتار ماده را در نزدیکی سیاهچاله‌ها مطالعه می‌کردم. در کمال شگفتی دریافتم که به نظر می‌رسد سیاهچاله‌ها با آهنگ یکنواختی ذراتی گسیل می‌کنند. مثل هر کسی در آن زمان، من هم پذیرفته بودم که سیاهچاله‌ها نمی‌توانند چیزی گسیل کنند. بنابراین زیاد تلاش کردم تا این نتیجه شرم‌آور را به طریقی عوض کنم. اما هر چه بیشتر تلاش کردم از شر آن خلاصی یابم، نتیجه‌ای نگرفتم و دست‌آخر ناچار آن را پذیرفتم. آنچه در پایان مرا قانع کرد که با نوعی فرایند فیزیکی واقعی سر و کار دارم، این بود که طیف ذرات خروجی دقیقاً گرمایی بود. محاسبات من پیشگویی کردند که سیاهچاله‌ها ذرات و تابش خلق و گسیل می‌کنند، گویی جسم داغ معمولی هستند و دمای‌شان با سطح گرانش تناسب مستقیم و با جرم نسبت معکوس دارد. محاسبات من با پیشنهاد مشکل‌ساز یاکوب بکنشتاین مبنی بر این که سیاهچاله‌ها آنتروپی معینی دارند، کاملاً سازگار بود، چون مضمون آن این بود که هر سیاهچاله‌ای می‌تواند در دمای معین غیرصفری در حال تعادل گرمایی باشد.

از آن پس، عده‌ای از دانشمندان با رهیافت‌های مختلف نتیجه‌ی ریاضی مرا که نشان می‌داد سیاهچاله‌ها تابش گرمایی گسیل می‌کنند، تأیید کرده‌اند. این گسیل را به شرح زیر می‌توان درک کرد. مکانیک کوانتومی ایجاب می‌کند که کل فضا مملو

از ذرات و پادذرات مجازی باشد که مدام به شکل جفت پا به عرصه‌ی هستی می‌گذارند، از یکدیگر جدا می‌شوند و آنگاه دوباره به هم می‌رسند و یکدیگر را نابود می‌کنند. این ذرات را مجازی می‌نامیم، چون بر خلاف ذرات واقعی نمی‌شود آن‌ها را با آشکارسازهای ذرات مستقیماً مشاهده کرد. با این حال، آثار غیرمستقیم آن‌ها را می‌توان اندازه‌گیری کرد و هستی آن‌ها با جابه‌جایی کوچکی به نام جابه‌جایی لمب که در طیف انرژی نور گسیلی اتم‌های برانگیخته‌ی هیدروژن به وجود می‌آورند، تأیید شده است. حال تصور کنید یک جفت از این ذرات مجازی در نزدیکی سیاهچاله باشد و عضوی از آن در این سیاهچاله بیفتد و عضو دیگر جفت تنها بماند و شریکی نداشته باشد که دوتایی همدیگر را نابود کنند. این ذره‌ی بیچاره چاره‌ای ندارد جز این که به دنبال شریک‌اش در سیاهچاله بیفتد یا به بی‌نهایت بگریزد که اگر بگریزد همان تابشی است که سیاهچاله گسیل می‌کند. راه دیگر درک چنین فرایندی این است که فرض کنیم عضوی از این جفت ذره که در سیاهچاله می‌افتد، مثلاً پادذره، ذره‌ای واقعی باشد که در زمان به عقب سفر می‌کند. بنابراین می‌توان تصور کرد این پادذره که در سیاهچاله افتاده، ذره‌ای است که از سیاهچاله بیرون می‌آید و در زمان به عقب سفر می‌کند. آنگاه که این ذره به نقطه‌ای برسد که در آن جفت ذره و پادذره در آغاز آنجا خلق شده بودند، از میدان گرانشی پراکنده می‌شود و از این‌رو در زمان به جلو سفر می‌کند. از سیاهچاله‌ای به جرم خورشید، ذرات با چنان آهنگ کُندی به بیرون نشت می‌کنند که نمی‌شود آن‌ها را آشکارسازی کرد. با وجود این، چه بسا ریزسیاهچاله‌های کوچکی، مثلاً به جرم یک کوه، داشته باشیم. هرگاه جهان آغازین آشوبناک و بی‌نظم بوده باشد، این ریزسیاهچاله‌های کوچک می‌توانسته‌اند خلق شده باشند. سیاهچاله‌ای به جرم کوه، با آهنگی در حدود ده میلیون مگاوات (که می‌تواند برق کل زمین را تأمین کند) پرتوهای ایکس و گاما گسیل می‌کند با وجود این، خلق چنین ریزسیاهچاله کار ساده‌ای نیست. نمی‌شود آن را در تأسیسات تولید برق نگهداری کرد چون از کف اتاق سقوط می‌کند و به مرکز زمین می‌رود. اگر چنین ریزسیاهچاله‌ای می‌داشتیم تنها می‌توانستیم در مداری به دور زمین آن را نگهداری کنیم.

دانشمندان ریزسیاهچاله‌هایی به جرم کوه را جستجو کرده‌اند، اما تاکنون آن‌ها را نیافته‌اند. افسوس می‌خورم، چون اگر می‌یافتند، من جایزه نوبل می‌گرفتم. با وجود این، امکان دیگر این است که شاید بتوانیم ریزسیاهچاله‌ها را در ابعاد اضافی فضا-زمان خلق کنیم. در تعدادی از نظریه‌ها، جهانی که ما تجربه می‌کنیم

تنها نوعی سطح چهار بُعدی در فضای ده یا یازده بُعدی است. فیلم میان‌ستاره‌ای ایده‌ای از این که چنین فضای یازده بُعدی چگونه می‌تواند باشد، به دست می‌دهد. ما این ابعاد اضافی را نمی‌بینیم، چون نور نمی‌تواند در آن‌ها منتشر شود، بلکه نور فقط در فضای چهار بُعدی منتشر می‌شود. با وجود این، گرانش بر این ابعاد اضافی اثر می‌گذارد و شدت آن به مراتب بیشتر از چیزی است که در جهان ما هست و از این‌رو ساختن سیاهچاله‌های کوچک در این ابعاد اضافی بسیار ساده می‌شود. شاید بشود در برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون در سِرِن سوئیس آن‌ها را ساخت. این برخورددهنده تونلی دایره‌ای شکل طولی به اندازه‌ی بیست و هفت کیلومتر دارد. دو باریکه در دو جهت مخالف در این تونل به سوی هم می‌آیند و با یکدیگر برخورد می‌کنند. تعدادی از این برخوردها چه بسا ریزسیاهچاله‌هایی خلق کنند. این ریزسیاهچاله‌ها ذراتی گسیل خواهند کرد که الگوی آشنایی دارند. اگر چنین شود، من جایزه‌ی نوبل را می‌برم.^۱

همین‌که ذرات از سیاهچاله فرار کنند، سیاهچاله جرم از دست می‌دهد و جمع می‌شود. با این کار آهنگ گسیل ذرات افزایش می‌یابد. دست‌آخر سیاهچاله همه‌ی جرم‌اش را از دست می‌دهد و ناپدید می‌شود. آنگاه چه بر سر آن همه ذره و فضا‌نورد بدشانسی می‌آید که در سیاهچاله افتاده‌اند؟ وقتی که سیاهچاله محو شود، آن‌ها دوباره پدیدار نمی‌شوند. ذراتی که از سیاهچاله بیرون می‌آیند کاملاً کاتوره‌ای هستند و رابطه‌ای با چیزی که در سیاهچاله افتاده، ندارند. به نظر می‌رسد اطلاعات درباره‌ی آنچه در سیاهچاله افتاده از دست رفته باشد، به جز مقدار کل جرم و دوران. حال اگر اطلاعات از دست رفته باشد، مشکلی جدی پیش می‌آید که درک ما از علم را خدشه‌دار می‌کند. بیش از دویست سال است که به جبرباوری علمی معتقد بوده‌ایم و آن این که قوانین علم تکامل جهان هستی را تعیین می‌کنند. هرگاه به راستی اطلاعات در سیاهچاله‌ها از دست برود، قادر نخواهیم بود آینده را پیشگویی کنیم، چون سیاهچاله‌ها می‌توانند هر مجموعه‌ای از ذرات را گسیل کنند. سیاهچاله می‌تواند دستگاه تلویزیون سالم یا مجلدی چرمی از آثار شکسپیر را گسیل کند، هر چند احتمال این‌گونه گسیل‌های عجیب و غریب اندک است. به احتمال زیاد سیاهچاله تابش گرمایی گسیل می‌کند، درست مثل تابشی که از قطعه

۱. جایزه‌ی نوبل را بعد از مرگ کسی به او نمی‌دهند و تأسف می‌خورم که این آرزوی من هرگز تحقق نخواهد یافت.

فصل ۵: درون هر سیاهچاله چیست؟ ۸۵

فلزی گداخته گسیل می‌شود. حال که ما نمی‌توانیم پیشگویی کنیم چه چیزی از سیاهچاله‌ها بیرون می‌تراود، مهم نیست که آن‌ها چه چیزهایی باشند. سیاهچاله‌ای در نزدیکی‌های ما نیست. برای ما اصول مهم هستند. هرگاه جبرباوری، یعنی پیشگویی‌پذیری جهان هستی، در سیاهچاله‌ها کارگر نباشد، در موارد دیگر نیز ممکن است کار نکند. امکان دارد سیاهچاله‌های مجازی باشند که به شکل افت و خیزهای خلاء سر برمی‌آورند، دسته‌ای از ذرات را جذب و دسته‌ای را گسیل می‌کنند و بار دیگر در خلاء ناپدید می‌شوند. از این بدتر این که اگر جبرباوری شکست بخورد، نمی‌توانیم از تاریخ گذشته‌ی خود نیز مطمئن باشیم و کتاب‌های تاریخ و حافظه‌ی ما چه بسا توهماتی بیش نباشند. این گذشته است که به ما می‌گوید که هستیم. بدون گذشته، ما هویت‌مان را از دست می‌دهیم.

بنابراین بسیار مهم است که بدانیم آیا اطلاعات به راستی در سیاهچاله‌ها از دست می‌روند، یا در اصل می‌توانیم آن‌را بازیافت کنیم. بسیاری از دانشمندان بر آنند که اطلاعات از دست نمی‌رود، اما سال‌هاست کسی پیدا نشده سازوکاری را پیشنهاد کند که بشود با آن اطلاعات را برگرداند. این نابودی ظاهری اطلاعات که به معمای اطلاعات معروف است، چهل سال است که دانشمندان را به دردسر انداخته است و کماکان یکی از بزرگترین مسائل لاینحل فیزیک نظری به حساب می‌آید.

اخیراً کشف‌های جدیدی که درباره‌ی وحدت میان گرانش و مکانیک کوانتومی به وقوع پیوسته، بار دیگر این امید زنده شده است که شاید بشود معمای اطلاعات را حل کرد. یکی از مهم‌ترین این کشف‌ها، درک تقارن‌های فضا-زمان بوده است. فرض کنید گرانشی وجود نمی‌داشت و فضا-زمان کاملاً تخت بود. این چیزی جز صحرای برهوتی را تداعی نمی‌کرد. چنین مکانی دو نوع تقارن دارد. یکی از آن‌ها، تقارن انتقالی است. اگر در این صحرا از نقطه‌ای به نقطه دیگر می‌رفتیم، نمی‌دیدیم که چیزی تغییر کند. تقارن دیگر، تقارن دورانی است. اگر در این صحرا جایی می‌ایستادیم و دور خودمان می‌چرخیدیم، هیچ چیز متفاوتی را نمی‌دیدیم. این تقارن‌ها را در فضا-زمان «تخت» نیز داریم و آن فضا زمانی است که ماده‌ای در آن حضور ندارد.

هرگاه چیزی را در این صحرا بگذاریم، این تقارن‌ها می‌شکنند. فرض کنید که کوهی بود و آبادی‌ای و کاکتوسی، آنگاه این صحرا از مکانی به مکان دیگر و در جهت‌های مختلف، متفاوت دیده می‌شد. در مورد فضا-زمان نیز اوضاع به همین منوال است. اگر شیء را در فضا-زمان بگذاریم، تقارن‌های انتقالی و دورانی

می‌شکنند. حال گذاشتن اشیایی در فضا-زمان، چیزی است که گرانش تولید می‌کند. هر سیاهچاله ناحیه‌ای است در فضا-زمان که در آن گرانش قوی است و فضا-زمان به شدت به هم ریخته است و از این‌رو انتظار داریم که تقارن‌های آن شکسته باشند. با وجود این، آنگاه که از سیاهچاله دور شویم، خمیدگی فضا-زمان اندک اندک از میان می‌رود. در فاصله‌های دور از سیاهچاله، فضا-زمان کم و بیش شبیه به فضا-زمان تخت است.

در دهه‌ی ۱۹۶۰، هرمان باندی، ای دابلیو کنث متسنر، ام. جی. وان در بورگ، و راینر زاکس به کشف مهمی نائل آمدند و آن این بود که فضا-زمان به دور از هر ماده‌ای، مجموعه‌ای از بی‌نهایت تقارن دارد که به ابرانتقال‌ها معروف هستند. هریک از این تقارن‌ها به نوعی کمیت پایسته، به نام ابرانتقال بارها، وابسته است. هر کمیت پایسته، کمیتی است که با تحول سامانه، تغییر نمی‌کند. این کمیت‌های پایسته، تعمیم‌های کمیت‌های پایسته‌ی آشنا هستند. برای مثال، اگر فضا-زمان با گذشت زمان تغییر نکند، انرژی پایسته می‌ماند. هرگاه فضا-زمان در نقاط مختلف فضا یکسان به نظر آید، آنگاه تکانه پایسته می‌ماند.

آنچه درباره‌ی کشف ابرانتقال‌ها حیرت‌آور بود این است که دور از هر سیاهچاله، تعداد کمیت‌های پایسته بی‌نهایت است. همین قوانین پایستگی هستند که در فیزیک گرانش عجیب و غریب و دور از انتظار عمل می‌کنند.

در سال ۲۰۱۶ من با همکارانم مالکوم پری و اندی استرومینگر، می‌خواستیم با استفاده از این نتایج جدید و کمیت‌های پایسته‌ی وابسته به آن‌ها، معمای اطلاعات را حل کنیم. می‌دانیم که سه خاصیت قابل فهم سیاهچاله‌ها عبارت‌اند از جرم، بار، و تکانه‌ی زاویه‌ای آن‌ها. این بارها، بارهای کلاسیکی هستند که مدت‌هاست آن‌ها را می‌شناسیم. با وجود این، سیاهچاله‌ها بار ابرانتقالی نیز دارند. چه بسا سیاهچاله‌ها خواص زیادی داشته باشند که ما از آن‌ها بی‌خبریم. آن‌ها بی‌مونیستند یا فقط سه لاخ مونی دارند، بلکه انبوهی موی ابرانتقالی دارند.

این موی ابرانتقالی شاید درباره‌ی آنچه ممکن است درون سیاهچاله باشد، مقداری اطلاعات به ما بدهد. به احتمال زیاد این بارهای ابرتقارنی حاوی همه‌ی اطلاعات نیستند، بلکه مابقی آن را کمیت‌های پایسته دیگر توضیح می‌دهند، چون بارهای ابردورانی وابسته به تقارن‌های اضافی مربوطه که ابردوران‌ها نام دارند و ما هنوز آن‌ها را به درستی درک نمی‌کنیم. اگر آنچه گفتیم درست باشد و همه‌ی اطلاعات درباره‌ی سیاهچاله را بتوان برحسب «موی»های آن درک کرد، آنگاه شاید

فصل ۵: درون هر سیاهچاله چیست؟ ۸۷

اطلاعات از میان نروند. این ایده‌ها را آخرین محاسبات ما تأیید می‌کنند. من، استرومینگر، پری، همراه با ساشا هاگو، دانشجوی دوره‌ی تحصیلات تکمیلی، کشف کرده‌ایم که این بارهای اَبَر‌دورانی آنروپی کل هر سیاهچاله‌ای را توضیح می‌دهند. مکانیک کوانتومی کماکان برقرار و اطلاعات در افق رویداد، سطح سیاهچاله، ذخیره است.

سیاهچاله‌ها هم‌چنان فقط با جرم کل، بار الکتریکی، و اسپین خارج از افق رویدادشان شناسایی می‌شوند، اما افق رویداد حاوی اطلاعاتی است درباره‌ی آنچه در سیاهچاله افتاده و ما با استفاده از این سه خاصیت سیاهچاله‌ها هنوز نمی‌دانیم که اطلاعات چگونه در افق رویداد ذخیره می‌شوند. دانشمندان این موضوعات را مطالعه می‌کنند و معمای اطلاعات هم‌چنان لاینحل مانده است. با وجود این، من خوش‌بین هستم که ما به سوی راه حل این معما گام برمی‌داریم. افق رویداد حرف‌ها دارد که بزند.

آیا سقوط در سیاهچاله‌ای خبر ناخوشایندی برای گردشگران فضا است؟

قطعاً خبر ناخوشایندی است. هر گاه در سیاهچاله‌ی ستاره‌ای بیفتید، پیش از این که به افق آن برسید به شکل اسپاگتی درمی‌آیید. از سوی دیگر اگر این سیاهچاله‌ی اَبَر‌سنگین باشد، از افق آن به راحتی خواهید گذشت، اما به نقطه‌ی تکینگی آن که برسید، از صحنه‌ی روزگار ناپدید خواهید شد.



فصل ۶

آیا سفر در زمان ممکن است؟

در داستان‌ها و فیلم‌های علمی تخیلی تونل‌های فضا و زمان متداول هستند. از این تونل‌ها برای سفرهای سریع در پهنه‌ی کهکشان و سفر در زمان استفاده می‌شود. بیشتر مواقع علمی-تخیلی^۱ امروز، علم واقعی فردا است. حال احتمال سفرهای زمانی چقدر است؟

این ایده که فضا و زمان می‌توانند خم بردارند و پیچ بخورند، از ایده‌های نوین هستند. بیش از ۲,۰۰۰ سال است که اصول موضوعه‌ی هندسه‌ی اقلیدسی بدیهی می‌نمایند. عده‌ای از شما که به ناچار در مدرسه هندسه آموخته‌اید، شاید به یاد داشته باشید یکی از نتایج این اصول موضوعه این است که مجموع زوایای هر مثلث ۱۸۰ درجه است.

با وجود این، در قرن گذشته مردم پی بردند اشکال دیگری از هندسه نیز وجود دارند که در آن‌ها لازم نیست مجموع زوایای هر مثلث ۱۸۰ درجه باشد. برای مثال، سطح زمین را در نظر بگیرید. نزدیکترین چیز به خط راست روی سطح زمین دایره‌ی بزرگ نام دارد. این‌ها کوتاه‌ترین مسیرها میان دو نقطه هستند و از این‌رو مسیرهایی هستند که خطوط هوایی از آن‌ها استفاده می‌کنند. اینک مثلی را روی سطح زمین در نظر بگیرید که از استوا، خط طول جغرافیایی صفر درجه‌ای که از لندن، و خط طول جغرافیایی صفر درجه‌ای که از بنگلادش می‌گذرد. دو خط طول جغرافیایی، استوا را تحت زاویه قائمه، یا ۹۰ درجه، قطع می‌کنند. این دو خط طول جغرافیایی در قطب شمال با یکدیگر زاویه‌ی قائمه، یا ۹۰ درجه، می‌سازند. بنابراین در اینجا مثلی داریم که هر سه زاویه‌ی رئوس آن قائمه هستند. مجموع زوایای

۱. برای آگاهی از نقش ادبیات علمی-تخیلی در پیشبرد علم واقعی، کتاب علم در ادبیات علمی-تخیلی، رابرت دبلیو بلای، ترجمه میثم زینلی طهرانی و نگار بزرگمهر، انتشارات مازیار، ۱۳۹۳ را ببینید.

این مثلث ۲۷۰ درجه می‌شود که بدیهی است از مجموع زوایای مثلث‌ها در روی سطوح تخت، یعنی ۱۸۰ درجه، بیشتر است. هرگاه مثلثی روی سطح زمین شکل رسم کنیم متوجه خواهیم شد که مجموع زوایای آن از ۱۸۰ درجه کمتر می‌شود. سطح روی زمین را سطح دو بُعدی می‌گوییم. یعنی در سطح زمین می‌توانیم در دو جهت عمود بر هم حرکت کنیم، می‌توانیم در جهت شمال-جنوب یا شرق-غرب حرکت کنیم. البته جهت سوم هم هست که بر این دو عمود است و آن بالا یا پائین است. به بیان دیگر، سطح زمین در فضای سه بُعدی قرار دارد. فضای سه بُعدی تخت است، یعنی از هندسه‌ی اقلیدسی پیروی می‌کند و در آن مجموع زوایای مثلث ۱۸۰ درجه است. حال می‌توانیم موجوداتی دو بُعدی را تصور کنیم که می‌توانند روی سطح زمین حرکت کنند اما جهت سوم بالا یا پائین را تجربه نمی‌کنند. این موجودات از فضای سه بُعدی تخت که سطح زمین در آن زندگی می‌کند خبر نخواهند داشت. برای این موجودات دو بُعدی، فضا خمیده و هندسه نااقلیدسی است.

آن‌گونه که می‌توان موجودات دو بُعدی را در نظر گرفت که روی سطح زمین زندگی می‌کنند، همان‌طور هم می‌توان تجسم کرد که در فضای سه بُعدی، ما روی سطح کره‌ای در بُعد دیگر زندگی می‌کنیم و آن را نمی‌بینیم. هرگاه این کره خیلی بزرگ باشد، فضا تقریباً تخت و در فواصل کوتاه، هندسه‌ی اقلیدسی تقریب بسیار خوبی خواهد بود. با وجود این، در فواصل بلند متوجه می‌شویم که هندسه‌ی اقلیدسی برقرار نیست. برای درک آنچه گفتیم گروهی از نقاشان را تجسم کنید که دارند سطح توپ بزرگی را رنگ می‌کنند.

ضخامت لایه‌های رنگ که افزایش می‌یابد، مساحت سطح زیاد می‌شود. هرگاه این توپ در فضای سه بُعدی تخت قرار داشته باشد و آن را تا مدت زمان نامعینی رنگ کنند، توپ بزرگتر و بزرگتر می‌شود. با وجود این اگر فضای سه بُعدی در واقع سطح کره‌ای در بُعد دیگر بود، آنگاه حجم‌اش بزرگ می‌شد اما معین می‌ماند. با افزودن هر چه بیشتر لایه‌های رنگ، دست‌آخر این توپ نیمی از فضا را اشغال می‌کند. از آن پس نقاشان درمی‌یابند در ناحیه‌ای گرفتار شده‌اند که اندازه‌اش مدام در حال افزایش است و کم و بیش همه‌ی فضا را توپ و لایه‌های رنگ آن اشغال می‌کنند. بنابراین خواهند فهمید که در فضای خمیده‌ای زندگی می‌کرده‌اند، نه در فضای تخت.

این مثال نشان می‌دهد که هندسه‌ی جهان را نمی‌توان از اصول اولیه استنتاج

کرد و این خلاف چیزی است که یونانیان باستان می‌پنداشتند. باید فضایی را که در آن زندگی می‌کنیم اندازه بگیریم و هندسه‌اش را از راه آزمایش دریابیم. با وجود این، در سال ۱۸۵۴ برنهارت ریمان روشی را برای توصیف فضای خمیده پیشنهاد کرد، اما روش او تا شصت سال به عنوان قطعه‌ای از ریاضیات به دست فراموشی سپرده شد. روش ریمان می‌توانست فضاها را خمیده انتزاعی را توصیف کند، اما کسی دلیلی نمی‌دید که فضای فیزیکی محل زندگی ما، نوعی فضای خمیده باشد. در سال ۱۹۱۵ اینشتین که نظریه‌ی نسبیت عام را مطرح کرد، دلیل آن را یافت. نظریه‌ی نسبیت عام نگاه ما به جهان هستی را به کل دگرگون ساخت. این نظریه نه تنها نظریه‌ی فضای خمیده، بلکه نظریه‌ی تونل زمان نیز بود. اینشتین در سال ۱۹۰۵ پی برده بود که فضا و زمان رابطه‌ای ناگسستنی با یکدیگر دارند و آن زمانی بود که نظریه‌ی نسبیت خاص او تولد یافت و فضا و زمان را به هم پیوند داد. جای هر رویدادی را می‌توان با چهار عدد توصیف کرد. سه تا از این اعداد مکان رویداد را توصیف می‌کنند. این سه می‌تواند کیلومترها به سمت شرق یا شمال محله‌ی آکسفورد سیرکس لندن و کیلومترها بالا یا پائین سطح دریا باشند. در مقیاس بزرگ می‌توانند عرض‌ها و طول‌های جغرافیایی کیهانی و فاصله تا مرکز کهکشان باشند.

عدد چهارم، زمان وقوع رویداد است. بنابراین می‌توان فضا و زمان را تک موجودیتی به نام فضا-زمان پنداشت. هر نقطه‌ی فضا-زمان با چهار عدد برچسب می‌خورد که مکان رویداد را در فضا و زمان تعیین می‌کنند. ترکیب فضا و زمان در فضا-زمان پیش‌پا افتاده می‌شود اگر به شیوه‌ای یگانه بشود آن‌ها را از هم تفکیک کرد، یعنی اگر بشود گفت تنها یک راه هست که می‌توان زمان و مکان رویدادی را تعریف کرد. اینشتین در سال ۱۹۰۵ که منشی اداره‌ی ثبت اختراعات بود، در مقاله‌ای به یادماندنی نشان داد مکان و زمانی که رویدادی در آن رخ می‌دهد، به این بستگی دارد که کسی که آن‌ها را اندازه می‌گیرد با چه سرعتی نسبت به این رویداد حرکت می‌کند. آنچه گفتیم به این معنی است که فضا و زمان به طرز تفکیک‌ناپذیری به یکدیگر پیوند خورده‌اند.

زمان‌هایی که ناظرین مختلف به رویدادها نسبت می‌دهند، اگر نسبت به یکدیگر حرکت نکنند، یکی خواهد بود. هر قدر که تندی نسبی این ناظرین بیشتر باشد، زمان‌هایی که برای رویدادها گزارش می‌کنند، فرق بیشتری با هم خواهند داشت. حال پرسش این است که اگر ناظری بخواهد زمانی که او برای رویدادی

گزارش می‌کند نسبت به زمانی که ناظری دیگر برای آن رویداد گزارش می‌کند، به عقب باشد، با چه سرعتی باید حرکت کند. پاسخ را شعرفکاهی زیر می‌دهد:

بانوی افسانه‌ای جوانی بود
که سریع‌تر از نور سفر می‌کرد
او روزی به طرزی نسبیتی راه افتاد
و به شب گذشته رسید.

بنابراین به تنها چیزی که نیاز داریم تا در زمان سفر کنیم، نوعی کشتی فضایی است که سریع‌تر از نور حرکت کند. متأسفانه اینشتین در همان مقاله نشان داد که هر چه سرعت کشتی فضایی به سرعت نور نزدیک‌تر شود به نیروی پیش‌ران موشکی بیشتری نیاز خواهد بود. از این‌رو اگر کشتی فضایی بخواهد با سرعتی بیش از سرعت نور حرکت کند، نیروی پیش‌ران‌اش باید بی‌نهایت باشد که ممکن نیست.

به نظر می‌رسد که مقاله‌ی سال ۱۹۰۵ اینشتین، سفر در زمان به گذشته را منتفی کرده باشد. در این مقاله اشاره شده است که سفر فضایی به ستارگان نیز بسیار کند و کار بیهوده‌ای است. اگر نتوانیم با سرعتی سریع‌تر از نور سفر کنیم، آنگاه سفر رفت و برگشت ما به نزدیکترین ستاره دست‌کم هشت سال و به مرکز کهکشان در حدود ۵۰,۰۰۰ سال طول می‌کشد. هرگاه کشتی فضایی با سرعتی نزدیک به سرعت نور حرکت کند، از دید مسافران کشتی سفر آن‌ها به مرکز کهکشان تنها چند سال طول خواهد کشید. آنگاه که از این سفر برگردید و پی ببرید کسانی را که می‌شناختید هزاران سال است مرده و فراموش شده‌اند، تسلیت گفتن را چه سود. خبر خوبی برای علمی-تخیلی‌نویس‌ها نیز نخواهد بود و آن‌ها ناچارند برای دوری از این مشکل چاره‌ای بیندیشند.

در سال ۱۹۱۵ اینشتین در نظریه‌ای به نام نسبیت عام نشان داد که اثرهای گرانشی را می‌توان این‌گونه توصیف کرد که ماده و انرژی موجود در فضا-زمان، آن را تاب می‌دهد و مختل می‌کند. در انحراف نور یا امواج رادیویی که از نزدیکی خورشید می‌گذرند، می‌توانیم این تاب‌خوردگی فضا-زمان را ببینیم که جرم خورشید به وجود می‌آورد.

آنگاه که خورشید میان زمین و چشمه‌ی نور یا رادیویی قرار می‌گیرد، این پدیده سبب می‌شود تا مکان ظاهری ستاره یا چشمه‌ی رادیویی اندکی جابه‌جا

فصل ۶: آیا سفر در زمان ممکن است؟ ۹۳

شود. این جابه‌جایی بسیار کوچک، در حدود یک هزارم درجه است و با حرکتی به اندازه‌ی یک اینچ در فاصله‌ی یک مایلی هم‌ارز است. با این حال می‌توان آن را با دقت بسیار زیاد اندازه گرفت و با پیشگویی‌های نسبیت عام سازگار است. ما مدرک آزمایشگاهی داریم که فضا و زمان تاب می‌خورند.

مقدار این تاب‌خوردگی در نزدیکی ما بسیار کوچک است، زیرا همه‌ی میدان‌های گرانشی منظومه‌ی شمسی ضعیف هستند. میدان‌های گرانشی بسیار قوی نیز داریم، برای مثال در مهبانگ یا در سیاهچاله‌ها. آیا تاب‌خوردگی فضا و زمان می‌تواند آن قدر باشد که نیازهای نویسندگان علمی تخیلی را برای چیزهایی مثل رانندگی در فضای هاپری، کرمچاله‌ها یا سفر در زمان به گذشته برآورده کند؟ در نگاه نخست به نظر ممکن می‌رسد. برای مثال، در سال ۱۹۴۸ کورت گودل جوابی را برای معادلات نسبیت عام اینشتین یافت که جهانی را نمایش می‌داد که در آن همه‌ی ماده در حال چرخش بود. در چنین جهانی امکان‌پذیر است که کشتی فضایی سفری را آغاز کند و قبل از این که راه افتاده باشد به آنجا برگردد. گودل در انستیتو مطالعات پیشرفته‌ی پرینستون پژوهش می‌کرد و آن جایی بود که اینشتین واپسین سال‌های عمرش را آنجا می‌گذراند. معروف بود که گودل هر چیزی را که شما ثابت می‌کردید نادرست است، او ثابت می‌کرد درست است، حتی در مباحث به ظاهر ساده‌ای چون چهار عمل اصلی. حال آنچه را او درباره‌ی نسبیت عام ثابت کرده بود این بود که سفر در زمان امکان‌پذیر است و این امر اینشتین را آزرده چون فکر می‌کرد سفر در زمان امکان‌پذیر نیست.

امروزه می‌دانیم که جواب گودل نمی‌توانست جهانی را نمایش دهد که ما در آن زندگی می‌کنیم، زیرا جهان او منبسط نمی‌شد. فزون بر آن، جواب او مقداری را که برای کمیتی به نام ثابت کیهان‌شناختی به دست می‌داد رقم نسبتاً بزرگی بود، حال آن که باور عمومی بر آن است که مقدار این کمیت بسیار کوچک است. از آن زمان دانشمندان جواب‌های به ظاهر معقول‌تری هم یافته‌اند که در آن‌ها سفر در زمان امکان‌پذیر بوده است. یکی از جالب‌ترین این جواب‌ها از نظریه‌ای به نام نظریه‌ی ریمان به دست آمده است که در آن دو ریمان کیهانی با سرعتی نزدیک به سرعت نور از یکدیگر می‌گذرند. ریمان‌های کیهانی ایده‌ی جذابی هستند که نویسندگان علمی تخیلی از آن‌ها خبر ندارند. آن‌گونه که از نام آن‌ها پیداست، شبیه به ریمان هستند به این لحاظ که طول دارند اما سطح مقطع آن‌ها بسیار کوچک است. در واقع آن‌ها بیشتر به نوارهای لاستیکی شبیه هستند، زیرا کشش بسیار

زیادی در حدود میلیارد میلیارد تن به آن‌ها وارد می‌شود. هرگاه یکی از این ریسمان‌ها را به خورشید وصل کنیم، در عرض یک سی‌ام ثانیه شتاب آن را از صفر به شصت می‌رساند.

ریسمان‌های کیهانی دور از دسترس و علمی تخیلی به نظر می‌رسند، اما دلایل علمی خوبی داریم که باور کنیم این ریسمان‌ها می‌توانسته‌اند اندکی پس از مه‌بانگ در آغازین لحظات جهان تشکیل شده باشند و از آنجا که تحت کشش زیادی بوده‌اند انتظار می‌رود کم و بیش به سرعت نور شتاب گرفته باشند.

جنبه‌ی مشترک جهان گودل و ریسمان کیهانی سریع فضا-زمان این است که این دو چنان خمیده و به هم ریخته آغاز می‌شوند که خمیدگی فضا-زمان به روی خودش برمی‌گردد و سفر به گذشته همیشه امکان‌پذیر می‌شود. شاید خدا بوده باشد که چنین جهان تاب‌خورده‌ای را خلق کرده است، اما دلیلی ندارد که این‌گونه فکر کنیم. همه‌ی شواهد نشان می‌دهند که جهان در مه‌بانگ آغاز شده است و در آن نیازی به چنان تاب‌خوردگی نبوده که سفر به گذشته را امکان‌پذیر کند. از آنجا که نمی‌توانیم شیوه‌ی آغاز جهان را تغییر دهیم، پرسش این که آیا امکان سفر به گذشته وجود خواهد داشت یا نه، برمی‌گردد به این که آیا می‌توانیم بعداً فضا-زمان را چنان تاب‌خورده کنیم تا سفر به گذشته امکان‌پذیر شود. من این پرسش را یکی از مباحث مهم پژوهشی می‌دانم، اما باید دقت کرد که انسان مضحکه نشود. اگر بخواهید برای دریافت بورس پژوهشی در زمینه‌ی سفر در زمان تقاضانامه پر کنید، بلافاصله آن را رد می‌کنند. هیچ سازمان دولتی حاضر نمی‌شود منابع مالی عمومی را روی موضوع پرتی مثل سفر در زمان هزینه کند. باید به جای عبارت «سفر در زمان» نام رمزی آن «خم‌های زمان‌گونه‌ی بسته» به کار ببرید. با وجود این، این پرسش بسیار جدی است. از آنجا که نسبیت عام می‌تواند سفر در زمان را امکان‌پذیر کند، آیا این امکان را در جهان ما فراهم می‌کند؟ و اگر نه، چرا نه؟ آنچه ارتباط نزدیکی با سفر در زمان دارد این است که توانایی آن را داشته باشیم تا از جایی در فضا به جای دیگر آن با سرعت هر چه بیشتر سفر کنیم. آن‌گونه که پیش از این گفتم، اینشتین نشان داد اگر خواسته باشیم سرعت نوعی کشتی فضایی را به بیش از سرعت نور برسانیم، به بی‌نهایت توان موشکی نیاز داریم. بنابراین تنها راه سفر از یک سو به سوی دیگر کهکشان در مدت زمانی معقول این است که بتوانیم فضا و زمان را چنان تاب دهیم که تونل یا کر مه‌چاله‌ی کوچکی ایجاد شود. این تونل یا کر مه‌چاله می‌تواند دو سوی کهکشان را به یکدیگر

مرتبط سازد و میان‌بری برای رفت و برگشت از این سو به آن سوی کهکشان باشد تا ما که از این سفر برمی‌گردیم دوستانمان هم چنان زنده باشند. دانشمندان قویاً پیشنهاد کرده‌اند که چنین کرمچاله‌هایی از توانایی‌های تمدن آینده هستند. حال اگر بتوان در عرض یکی دو هفته از یک سو به سوی دیگر کهکشان سفر کرد آنگاه می‌شود از راه کرمچاله‌ی دیگری به لحظه‌ای پیش از لحظه‌ی آغاز سفر رسید. اگر دو انتهای کرمچاله نسبت به یکدیگر در حال حرکت باشند، می‌توان از راه تک کرمچاله‌ای در زمان به گذشته سفر کرد.

می‌توان نشان داد که برای خلق هر کرمچاله‌ای باید فضا-زمان را چنان تاب داد که وارونه‌ی تابی باشد که ماده‌ی معمولی به آن می‌دهد. ماده‌ی معمولی فضا-زمان را چنان تاب می‌دهد که مثل سطح زمین، روی خودش برمی‌گردد. اما برای خلق هر کرمچاله، به ماده‌ای نیاز است که فضا-زمان را مثل سطح زین تاب دهد. اگر جهان هستی چنان تاب‌خورده آغاز نشده است که سفر در زمان امکان‌پذیر شود، آنچه گفتیم تنها راه تاباندن فضا-زمان است که سفر در زمان را فراهم می‌سازد. به آنچه نیاز خواهد بود تا با این روش فضا-زمان را تاب داد، ماده‌ای با جرم منفی و چگالی انرژی منفی است.

انرژی، کم و بیش مانند پول است. هرگاه تراز بانکی شما مثبت باشد می‌توانید به روش‌های مختلف آن را توزیع کنید. اما طبق قوانین کلاسیک که تا همین اواخر ما به آن‌ها ایمان داشتیم، تراز انرژی منفی ممکن نیست. بنابراین قوانین کلاسیک نمی‌گذارند جهان را چنان تاب دهیم که سفر در زمان ممکن شود. اما نظریه‌ی کوانتومی بر قوانین کلاسیک چیره گشت و در کنار نسبیت عام، انقلاب دیگری در نگرش ما به جهان هستی به وجود آورد. نظریه‌ی کوانتومی سخت‌گیری نمی‌کند و این اجازه را می‌دهد یکی دو حساب بانکی ما تراز منفی نشان دهد. البته اگر بانک‌ها همراهی کنند و با ما کنار بیایند. به بیان دیگر، مکانیک کوانتومی این اجازه را می‌دهد که چگالی انرژی منفی باشد، مشروط بر این که جاهای دیگر مثبت بوده باشد.

دلیل این که نظریه‌ی کوانتومی می‌تواند چگالی انرژی منفی را مجاز بشمارد، به خاطر اصل عدم قطعیت است. این اصل بیان می‌کند که کمیت‌های خاصی مثل مکان و تندی هر ذره، همزمان نمی‌توانند مقادیر خوش‌تعریفی داشته باشند. هر چه دقیق‌تر بتوانیم مکان ذره‌ای را تعریف کنیم، عدم قطعیت در تندی ذره بیشتر می‌شود و بر عکس. اصل عدم قطعیت را می‌توان درباره‌ی میدان‌هایی چون میدان

الکترومغناطیسی و میدان گرانشی نیز به کار برد. اصل عدم قطعیت ایجاب می‌کند که این میدان‌ها، حتی در جاهایی چون فضای تهی نتوانند صفر باشند، چون اگر دقیقاً صفر می‌بودند آنگاه هم مکان خوش‌تعریف صفر می‌داشتند هم تندی خوش‌تعریف صفر و اصل عدم قطعیت نقض می‌شد. به جای آن این میدان‌ها می‌بایست مقدار کمینه‌ی خاصی افت و خیز داشته باشند. می‌توان این افت و خیزهای خلاء را جفت‌های ذرات و پادذرات تعبیر کرد که ناگهانی با هم به دنیا می‌آیند، از یکدیگر جدا می‌شوند و آنگاه دوباره به یکدیگر می‌پیوندند و هم را نابود می‌کنند.

این جفت‌های ذره و پادذره را مجازی می‌گویند چون نمی‌توان آن‌ها را در آشکارسازهای ذرات مستقیماً اندازه‌گیری کرد. اما اثرهای غیرمستقیم آن‌ها را می‌توان مشاهده کرد و یکی از راه‌های آن اثر کاسیمیر (کازیمیر) نام دارد. تصور کنید دو ورقه‌ی فلزی موازی دارید که به فاصله‌ی کوتاهی از هم قرار دارند. این دو ورقه برای ذرات و پادذرات مجازی مثل دو آئینه عمل می‌کنند، یعنی ناحیه‌ی میان دو ورقه اندکی به لوله‌ی ارگان شبیه است و تنها امواج نوری را می‌پذیرد که فرکانس‌های تشدیدی خاصی داشته باشند. در نتیجه اندک اختلافی در تعداد افت و خیزها یا ذرات مجازی فضای میان دو ورقه و فضای خارج آن‌ها وجود دارد، زیرا افت و خیزهای خلاء در خارج از فضای میان دو ورقه هر طول‌موجی را می‌توانند داشته باشند. اختلاف در تعداد ذرات مجازی فضای میان دو ورقه و خارج آن‌ها به این معنی است که فشار بیشتری بر یک سوی ورقه وارد می‌شود تا سوی دیگر آن. بنابراین نیروی اندکی از بیرون به این دو ورقه فشار می‌آورد و آن‌ها را به هم می‌چسباند. دانشمندان با آزمایش این فشار را اندازه گرفته‌اند. بنابراین، ذرات مجازی به راستی وجود دارند و اثرهای واقعی تولید می‌کنند.

از آنجا که تعداد ذرات مجازی یا افت و خیزهای خلاء در فضای میان دو ورقه کمتر از افت و خیزهای خلاء فضای بیرون دو ورقه است، چگالی انرژی آن‌ها در فضای میان دو ورقه کمتر است. حال چگالی انرژی فضای تهی در فاصله‌ای دور از دو ورقه باید صفر باشد، چون اگر نباشد فضا-زمان تاب برمی‌دارد و جهان هستی از حالت کم و بیش تختی که دارد خارج می‌شود. بنابراین چگالی انرژی در فضای میان دو ورقه باید منفی باشد.

بنابراین ما از سویی قرآینی آزمایشگاهی از انحراف نور در دست داریم که ثابت می‌کند فضا-زمان خمیده است و از سویی هم اثر کاسیمیر را داریم که آزمایش

فصل ۶: آیا سفر در زمان ممکن است؟ ۹۷

آن را تأیید کرده است و می‌گوید می‌توان فضا-زمان را در جهت منفی تاب داد. بنابراین با پیشرفت علم و تکنولوژی شاید بتوانیم کرمچاله‌هایی بسازیم یا فضا و زمان را به طرق دیگر چنان تاب دهیم که سفر به گذشته در زمان امکان‌پذیر شود. اگر چنین شود، با پرسش‌ها و دشواری‌های عدیده‌ای روبرو خواهیم شد. یکی از این پرسش‌ها این است که اگر در آینده سفر به گذشته ممکن شود، پس چرا کسی از آینده برنگشته تا به ما بگوید چگونه باید این کار را انجام دهیم.

گیرم دلایل متقنی در دست باشد که موجودات آینده بخواهند ما را نادان نگه دارند، اما سرشت آدمی چنان است که مشکل بتوان باور داشت کسی از آینده به ملاقات ما نیاید و به ما خوش‌نشینان کوردل از راز و رمز سفر به گذشته در زمان چیزی نگوید. البته، کسانی پیدا می‌شوند که بگویند تاکنون آیندگان به ملاقات ما آمده‌اند. آنان می‌گویند که بشقاب‌پرنده‌ها از آینده می‌آیند و دولت‌ها با دودوزه‌بازی بر آنها سرپوش می‌گذارند تا دانش علمی‌ای را که این بازدیدکنندگان همراه می‌آورند، پیش خود نگه دارند. یگانه چیزی که من می‌توانم بگویم این است که اگر قرار باشد دولت‌ها اطلاعات سودمندی را از بیگانگان فضایی کسب کنند و آنها را پیش خود پنهان نگه دارند، چه کار بیهوده‌ای کرده‌اند. من به این نظریه‌های دودوزه‌بازی اعتقادی ندارم، چون نظریه‌ی به خطا رفتن دولت‌ها را محتمل‌تر می‌دانم. علت گزارش‌های رؤیت بشقاب‌پرنده‌ها همه نمی‌تواند از برون‌زمینی‌ها بوده باشد، چون گزارش‌ها با هم سازگار نبوده‌اند. اما، همین‌که بپذیریم تعدادی از آنها خطا یا توهم بوده‌اند، محتمل‌تر نیست که آنها همه چیزی غیر از آن بوده‌اند که مردم آینده یا آن سوی کهکشان آمده باشند تا ما را ملاقات کنند؟ اگر آنها به راستی می‌خواستند وقوع حادثه‌ای را به ما هشدار دهند، کامیاب عمل نکرده‌اند.

راه آشتی میان سفر به گذشته در زمان و این واقعیت که ما ندیده‌ایم کسی از آینده به ملاقات ما آمده باشد، می‌تواند این باشد که سفر زمانی به گذشته تنها در آینده امکان‌پذیر خواهد بود. از این دیدگاه می‌توان گفت که فضا-زمان در گذشته‌ی ما ثابت بوده است، چون آن را مشاهده کرده و دیده‌ایم آن قدر تاب برنمی‌دارد که سفر به گذشته در زمان را امکان‌پذیر کند. از سوی دیگر، آینده باز است و ما شاید بتوانیم فضا-زمان را آن‌چنان تاب دهیم که این‌گونه سفرها ممکن شود. حال که تاب‌دار کردن فضا-زمان تنها در آینده امکان‌پذیر خواهد بود، امروزه قادر نخواهیم بود که در زمان به حال یا گذشته سفر کنیم.

چنین تصویری توضیح می‌دهد که چرا گردشگران از آینده به ملاقات ما

نیامده‌اند و از سویی نیز معماهای زیادی را پیش روی ما می‌گسترانند. فرض کنید امکان آن را داشتید با نوعی کشتی فضایی به سفری می‌رفتید و به زمانی پیش از لحظه‌ی آغاز سفر برمی‌گشتید. چه عاملی جلو شما را گرفته است تا کشتی‌تان را در سکوی پرتاب منفجر نکنید که اگر منفجر می‌کردید ناچار نبودید به این سفر بروید؟ این معما انواع دیگری نیز دارد، مثلاً این که در زمان به گذشته سفر کنید و پیش از این که به دنیا بیایید، پدر و مادرتان را به قتل برسانید، اما با معمای پیشین هم‌ارز است. این معماها دو راه حل دارند.

یکی از این راه حل‌ها چیزی است که من به آن رهیافت تاریخچه‌های سازگار می‌گویم. این رهیافت به ما می‌گوید حتی اگر فضا-زمان آن قدر تاب‌خورده باشد که سفر به گذشته را امکان‌پذیر کند، ما باید جواب سازگار معادلات فیزیک را پیدا کنیم. از این دیدگاه، شما نمی‌توانید با کشتی فضایی‌تان به گذشته سفر کنید، مگر این که برگشته و سکوی پرتاب کشتی فضایی را منفجر نکرده باشید. چنین تصویری سازگار است، اما ایجاب می‌کند که ما کاملاً جبر باور باشیم، یعنی نتوانیم فکرمان را عوض کنیم. خوش به حال اختیارباوری.

امکان دیگری هم هست که من آن را رهیافت تاریخچه‌های دیگرگونه‌ای می‌نامم. فیزیکدانی به نام دیوید دویچ از این رهیافت حمایت کرده است و به نظر می‌رسد خالق فیلم بازگشت به آینده به همین رهیافت فکر می‌کرده است. با این دیدگاه، در یک تاریخچه‌ی دیگرگونه، پیش از این که کشتی راه نیفتد و در نتیجه امکان منفجر کردن سکو را نداشته باشد، بازگشتی از آینده وجود نخواهد داشت. اما وقتی که گردشگر از آینده برمی‌گردد، وارد تاریخچه‌ی دیگرگونه‌ی دیگری می‌شود. در این ماجرا، نژاد آدمی با تلاش فراوان نوعی کشتی فضایی را می‌سازد، اما درست پیش از این که آن را به پرواز درآورد، کشتی فضایی مشابهی از دیگر سوی کهکشان از راه می‌رسد و آن را نابود می‌کند.

دیوید دویچ ادعا می‌کند که از مفهوم جمع تاریخچه‌های ریچارد فاینمن فیزیکدان بوده که او از این رهیافت حمایت می‌کند. ایده‌ی فاینمن این است که بر طبق نظریه‌ی کوانتومی، جهان تاریخچه‌ی یگانه‌ای ندارد، بلکه می‌تواند هر تاریخچه‌ای را، هریک با احتمال خاص خود، داشته باشد. تاریخچه‌ای باید باشد که در آن خاورمیانه در صلح و آرامش بادوامی است، اما احتمال آن اندک است. در تعدادی از تاریخچه‌ها، فضا-زمان به اندازه‌ای تاب‌خورده خواهد بود که اشیایی چون موشک‌ها خواهند توانست به گذشته‌های خود سفر کنند. اما هر

تاریخچه‌ای کامل و خودکفاست که نه تنها فضا-زمان خمیده، بلکه اشیای درون آن را نیز توصیف خواهد کرد. بنابراین هر موشکی نمی‌تواند وقتی که برمی‌گردد به تاریخچه‌ی دیگرگونه‌ی دیگری برود و کماکان در تاریخچه‌ی یکسانی که می‌بایست خودسازگار باشد می‌ماند. بنابراین بر خلاف آنچه دیوید دویج ادعا می‌کند، به گمان من ایده‌ی جمع تاریخچه‌ها از فرضیه‌ی تاریخچه‌های سازگار پیروی می‌کند، نه ایده‌ی تاریخچه‌های دیگرگونه.

بنابراین به نظر می‌رسد که ما گرفتار تصویر تاریخچه‌های سازگار هستیم. با وجود این، اگر احتمال تاریخچه‌هایی که در آن‌ها فضا-زمان به قدری تاب‌خورده است که امکان سفر زمانی در ناحیه‌ای بزرگ مقیاس فراهم است، بسیار اندک باشد، آنگاه تصویر تاریخچه‌های سازگار مشکلی با جبر و اختیار نخواهد داشت. این چیزی است که من به آن حدس حفاظت از زمان‌بندی می‌گویم، یعنی قوانین فیزیک دسیسه می‌کنند تا نگذارند سفر زمانی بزرگ مقیاس امکان‌پذیر شود.

به نظر می‌رسد آنچه رخ می‌دهد این است که وقتی فضا-زمان آن قدر تاب می‌خورد که سفر به گذشته ممکن می‌شود، ذرات مجازی می‌توانند کم و بیش به ذرات واقعی تبدیل شوند که روی مسیرهای بسته‌ای حرکت می‌کنند. چگالی ذرات مجازی و انرژی آن‌ها بسیار زیاد می‌شود، به این معنی که احتمال این تاریخچه‌ها بسیار پائین است. بنابراین شاید دست عامل حفاظت از زمان‌بندی در کار است تا دنیا را برای تاریخدان‌ها جای ایمنی کند. اما این موضوع تاب‌خوردگی‌های فضا و زمان هنوز دوران طفولیت خود را می‌گذرانند. بر طبق گونه‌ی وحدت‌یافته‌ای از نظریه‌ی ریسمان، به نام نظریه‌ی M که بهترین امید ما برای وحدت میان نسبیت عام و نظریه‌ی کوانتومی است، فضا-زمان می‌بایست یازده بُعدی باشد، نه چهار بُعدی که ما آن را تجربه می‌کنیم. ایده این است که هفت تا از این یازده بُعد به قدری خمیده و در فضایی چنان کوچک در هم چپیده‌اند که ما متوجه‌شان نمی‌شویم. از سوی دیگر، چهار بُعد باقی‌مانده کم و بیش تخت هستند و ما آن‌ها را فضا-زمان می‌نامیم. اگر چنین تصویری درست باشد، شاید بتوان ترتیبی داد که چهار بُعد تخت با هفت بُعد کاملاً خمیده و تاب‌دار اختلاط کنند. هنوز معلوم نیست که اختلاط این ابعاد چه چیزی به دست خواهد داد، اما امکانات هیجان‌انگیزی را می‌شود انتظار داشت.

به طور خلاصه، بر طبق درک کنونی ما، سفر فضایی سریع و سفر به گذشته را نمی‌توان رد کرد. این دو چه بسا مشکلات منطقی عدیده‌ای را به بار آورند و از

۱۰۰ پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی

این‌رو امیدواریم قانون حفاظت از زمان‌بندی در کار باشد و نگذارد مردم به گذشته سفر کنند و پدر و مادرشان را به قتل برسانند. اما طرفداران داستان‌های علمی تخیلی نباید ناامید شوند چون نظریه‌ی M در راه است.

ارزش آن را دارد که برای استقبال از گردشگران زمان،
جشن به پا کنیم؟ فکر می‌کنید کسی
در آن شرکت می‌کند؟

در سال ۲۰۰۹ در فیلمی من برای استقبال از گردشگران زمان در کالج، گانویل و کایوس در کمبریج، جشنی به پا کردم. برای این که مطمئن شوم یگانه گردشگران راستین زمان در این جشن شرکت کنند، تا جشن تمام نشد دعوت‌نامه‌ها را نفرستادم. روز جشن در کالج نشستم به این امید که می‌آیند اما کسی نیامد. دلسرد شدم اما تعجب نکردم، چون ثابت کرده بودم که اگر نسبت عام درست باشد و چگالی انرژی مثبت، آن سفر زمانی به گذشته امکان‌پذیر نیست. شادمان می‌شدم اگر کی از فرض‌های من غلط می‌بود.

فصل ۷

آیا ما روی زمین نجات خواهیم یافت؟

در ماه ژانویه سال ۲۰۱۸، بولتن دانشمندان اتمی، نشریه‌ای که بنیانگذاران آن عده‌ای از فیزیکدانانی بودند که روی پروژه‌ی منهتن کار می‌کردند تا نخستین سلاح‌های هسته‌ای را تولید کنند، ساعت روز رستاخیز را دو دقیقه جلوتر کشیدند و به نیمه‌شب نزدیک‌تر کردند. این ساعت اندازه‌گیری آن‌ها از قریب‌الوقوع بودن فاجعه‌ی نظامی یا اقلیمی است که زمین با آن روبرو بود.

این ساعت تاریخچه‌ی جالبی دارد و در سال ۱۹۴۷ در لحظه آغاز عصر اتمی شروع به کار کرد. رابرت اوپنهاইمر، دانشمند ارشد پروژه‌ی منهتن بعدها از نخستین انفجار بمب اتمی که دو سال جلوتر در ماه جولای ۱۹۴۵ رخ داده بود چنین یاد می‌کند «می‌دانستیم که جهان دیگر آنجایی نخواهد بود که پیش‌تر بود. عده‌ای می‌خندیدند، عده‌ای می‌گریستند، عده‌ی زیادی هم سکوت اختیار کرده بودند. یاد آیه‌ای از کتاب مقدس هندوها، بهگواد-گیتا افتادم که می‌گوید، «من اینک مرگم، نابودگر دنیاها»^۱.

در سال ۱۹۴۷، این ساعت را در ابتدا روی هفت دقیقه به نیمه‌شب تنظیم کردند. از اوایل دهه‌ی ۱۹۵۰ بگذریم که جنگ سرد آغاز شد، امروزه این ساعت از هر زمان دیگری به روز رستاخیز نزدیک‌تر شده است. البته این ساعت و تیک تاک‌های آن همه نمادین هستند، اما ناچار باید اشاره کنم چنین هشدار از جانب دانشمندان دیگر، دست‌کم بخشی به خاطر انتخاب دونالد ترامپ، را می‌بایست جدی گرفت. آیا این ساعت و ایده‌ی تیک تاک‌های آن که برای نژاد انسان می‌تپند

۱. رابرت اوپنهاইمر آلمانی است و این آیه را از آلمانی به انگلیسی ترجمه کرده و انگلیسی آن نیز ابراد گرامری دارد. این آیه چنین می‌گوید «من زمانم، درهم‌نورنده‌ی جهانم/ که چون ساعت‌شان فرارسد، همه را فنا گردانم». گیتا (بهگودگیتا) سرود خدایان، ترجمه‌ی محمدعلی موحد، انتشارات خوارزمی، چاپ سوم، ۱۳۸۵. مترجم.

۱۰۲ پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی
و چه بسا به نفس نفس افتاده‌اند، واقعی، یا هوچی‌گری است؟ آیا هشدار آن به موقع است، یا اتلاف وقت؟

من علاقه‌ی شخصی به زمان دارم. نخست، کتاب پرفروش و دلیل محبوبیت من در خارج از جامعه‌ی علمی، تاریخچه‌ی مختصر زمان نام داشت. شاید عده‌ای فکر کنند که من متخصص زمان هستم، هر چند که امروزه متخصص بودن الزاماً چیز خوبی نیست. دوم، به عنوان کسی که در سن بیست و یک سالگی پزشکان‌اش به او گفته‌اند تنها پنج سال زنده خواهد ماند و حالا در سال ۲۰۱۸ هفتاد و شش ساله می‌شوم، من از جنبه‌ی دیگری در زمان تخصص دارم. من با نگرانی و تیزی از گذر زمان آگاهم و بیشتر عمرم را با این حس زیسته‌ام که زمانی که به من اهداء شده قرضی است.

بی‌تردید دنیای ما، تا جایی که حافظه‌ام یاری می‌دهد، از هر زمان دیگری در شرایط سیاسی ناپایدارتر به سر می‌برد. عده‌ی زیادی از مردم احساس می‌کنند که به لحاظ اقتصادی و اجتماعی فراموش شده‌اند. این است که دست به دامان سیاستمداران پوپولیست، یا دست‌کم محبوب، می‌شوند و این‌ها سیاستمدارانی هستند که تجربه‌ی اندکی از دولت‌داری دارند و تصمیماتی که در موارد بحرانی می‌گیرند، سوال برانگیز است. از آنچه گفتم پیداست که باید ساعت رستاخیز را باید تا نزدیکی‌های نقطه‌ی بحرانی جلو بکشیم، چون قدرت‌های بی‌مسئولیت و اهریمنی شرایط را برای نابودی بشریت سرعت می‌بخشند.

زمین از ناحیه‌های زیادی تهدید می‌شود و من خوش‌بین نیستم. تهدیدها کلان و بی‌شمار هستند.

نخست این که زمین برای ما تنگ‌تر و تنگ‌تر می‌شود. منابع فیزیکی ما با آهنگ هشداردهنده‌ای رو به اتمام هستند. ما سیاره‌ی خود را در معرض تغییرات فاجعه‌بار آب و هوایی قرار داده‌ایم. افزایش دما، کاهش کلاهک‌های یخی قطبی، جنگل‌زدایی، ازدیاد جمعیت، بیماری، جنگ، قحطی، کمبود منابع آبی و کشتار گونه‌های جانوری. این مشکلات همه قابل حل هستند اما تاکنون حل نشده‌اند.

گرمایش جهانی تقصیر همه‌ی ماست. ما خودرو، سفر، و استاندارد زندگی بهتر می‌خواهیم. مشکل اینجاست که شاید آنگاه که مردم آگاه شوند چه رخ می‌دهد، دیر شده باشد. از آنجا که ما در آستانه‌ی جنگ هسته‌ای دوم و دورانی با تغییرات آب و هوایی باورنکردنی ایستاده‌ایم، یک بار دیگر دانشمندان مسئولیت ویژه‌ای بر عهده دارند که از مخاطراتی که انسان با آن‌ها روبروست مردم را آگاه کنند و

۷. آیا ما روی زمین نجات خواهیم یافت؟ ۱۰۳

درباره‌ی آن‌ها به رهبران مشاوره بدهند. ما که دانشمند هستیم، با خطرات ناشی از سلاح‌های هسته‌ای و اثرهای ویرانگر آن‌ها آشنا هستیم و می‌آموزیم که چگونه فعالیت‌های انسان و تکنولوژی‌ها می‌توانند بر سامانه‌های آب و هوایی چنان تأثیری بگذارند که حیات روی زمین را تا ابد دگرگون سازند. ما که شهروندان این دنیا هستیم، وظیفه داریم دانش‌مان را به اشتراک بگذاریم و به یکدیگر از خطرات غیرضروری زندگانی روزمره بگوییم. اگر دولت‌ها و اجتماعات همین امروز دست به کار نشوند تا سلاح‌های هسته‌ای را منع کنند و جلو تغییرات آب و هوایی بیشتر را بگیرند، فردا دیر خواهد بود.

در عین حال، درست در هنگامه‌ای که بشر با بحران‌های زیست محیطی جدی دست به گریبان است بسیاری از همان سیاستمدارانی که در بالا گفتیم واقعیت تغییرات اقلیمی به دست بشر را کتمان می‌کنند و بشر را برای وارونه کردن این تغییرات ناتوان می‌شمارند. خطر اینجاست که گرمایش جهانی خودنگهدار شود، که امیدواریم تاکنون نشده باشد. ذوب شدن کلاهک‌های یخی قطب شمال و قطب جنوب کسری از انرژی خورشیدی را که به فضا بازتابانده می‌شود کاهش می‌دهد و دمای زمین بیشتر افزایش می‌یابد. تغییرات اقلیمی چه بسا جنگل‌های آمازون و دیگر جنگل‌های بارانی را نابود کند و یکی از راه‌های عمده‌ی دفع کربن دی‌اکسید جو را از بین ببرد. افزایش دمای دریا سبب آزاد شدن مقادیر زیادی کربن دی‌اکسید می‌شود. این پدیده‌ها هر دو اثر گلخانه‌ای را افزایش می‌دهند و از این‌رو گرمایش جهانی حادثتر می‌شود. این دو اثر جو زمین را به جو سیاره‌ی زهره تبدیل می‌کنند که سوزان است و باران‌های اسیدی با دمای ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد (۴۸۲ درجه‌ی فارنهایت) در آن می‌بارند. حیات انسان ناممکن می‌شود. ما باید از پروتکل کیوتو، توافق بین‌المللی که در سال ۱۹۹۷ امضا شد، حمایت کنیم و از همین حالا جلو گسیل‌های کربنی را بگیریم. ما تکنولوژی آن را داریم. تنها به همت سیاسی نیاز داریم.

می‌توانیم جماعتی نادان و بی‌فکر باشیم. در طول تاریخ که با بحران‌های مشابهی روبرو شده‌ایم، معمولاً جایی بوده که بتوانیم آنجا را استعمار کنیم. کریستف کلمب در سال ۱۴۹۲ با کشف دنیای تازه همین کار را انجام داد. حالا دیگر دنیای تازه‌ای نمانده که کشف نکرده باشیم. این نزدیکی‌ها آرمان‌شهری نیست. همه‌ی جاها پر شده‌اند و تنها جاهایی که مانده دنیا‌های دیگر هستند.

جهان هستی جای خشنی است. ستارگان، سیارات را احاطه می‌کنند، ابرنواخترها

پرتوهای مرگ‌آور را در فضا می‌پراکنند، سیاهچاله‌ها به یکدیگر برخورد می‌کنند، و سیارک‌ها با سرعت صدها کیلومتر بر ثانیه در اطراف ما پرسه می‌زنند. با وجود این‌ها، فضا جای خوشایندی نیست که به آنجا دعوت شویم، اما این‌ها دلایلی نیز هستند که به جای راکد ماندن در اینجا، به فضا سفر کنیم. در برخورد با سیارک‌ها، ما بی‌دفاع هستیم. این برخورد عظیم واپسین در حدود شصت و شش میلیون سال پیش روی داد و باور بر این است که نسل دایناسورها را برچید و این‌گونه برخوردها بار دیگر نیز رخ خواهند داد. آنچه گفتم داستان علمی تخیلی نیست، بلکه آن را قوانین فیزیک و احتمال تضمین می‌کنند.

در حال حاضر به احتمال زیاد جنگ هسته‌ای بزرگترین تهدید برای بشریت است. خطری است که تا اندازه‌ای ما آن را فراموش کرده‌ایم. روسیه و ایالات متحده مثل سابق دست به ماشه نیستند، اما فرض کنید حادثه‌ای رخ دهد یا تروریست‌ها کنترل سلاح‌هایی را که این کشورها هنوز دارند، در اختیار بگیرند. هر چه تعداد کشورهایی که این‌گونه سلاح‌ها را دارند بیشتر شود، خطر جنگ هسته‌ای نیز بیشتر می‌شود. پس از پایان جنگ سرد آن قدر سلاح هسته‌ای در انبارها تلنبار شده که همه‌ی ما، حتی چند برابر ما را نابود کند. ملت‌های جدید هسته‌ای نیز به بی‌ثباتی دامن خواهند زد. با گذشت زمان شاید تهدید هسته‌ای کاهش یابد، اما تهدیدهای دیگری جای آن را خواهند گرفت و بر ماست که آماده دفاع باشیم.

تصور من این است که هر جوری شده، رویارویی هسته‌ای پیش خواهد آمد، یا فاجعه‌ای زیست‌محیطی روزی در ۱,۰۰۰ سال آینده که در مقیاس زمان‌های زمین‌شناختی چشم‌به‌هم‌زدنی بیش نیست، زمین را فلج خواهد کرد. تا آن زمان، من امیدوارم و باور دارم که نسل نابغه‌ی ما راهی را برای گریز از زندان زمین خواهد یافت و از این مهلکه جان سالم به در خواهد برد. البته میلیون‌ها گونه‌ی حیاتی دیگر روی زمین این امکان را ندارند و بر ذمه‌ی نسل ما خواهد بود که برای آن‌ها نیز چاره‌ای تدبیر کنیم.

به گمان من ما درباره‌ی آینده‌ای که روی سیاره‌ی زمین خواهیم داشت بی‌تفاوت هستیم. در حال حاضر، جای دیگری نداریم که به آنجا برویم، اما در درازمدت نباید هم و غم‌مان را به زمین یا تنها یک سیاره معطوف کنیم. یگانه امید من این است که پیش از این که تصمیم بگیریم کجا برویم، باید بیاموزیم که چگونه از زمین بگریزیم. ما ذاتاً کاشف بوده‌ایم. کنجکاوی به ما انگیزه می‌دهد و این یکی از صفات منحصربه‌فرد ماست. همین کنجکاوی بود که به ما انگیزه داد تا اقفا

نقاط زمین را زیر پا بگذاریم و ثابت کنیم زمین تخت نیست و همین غریزه است که ما را با سرعتی خیالی راهی ستارگان می‌کند تا در آن‌ها سکونت‌گاهی برای خود پیدا کنیم. هر بار که گامی بزرگ برمی‌داریم، مثلاً فرود بر سطح کره‌ی ماه، انسانیت را ارتقا می‌دهیم، ملت‌ها را به هم نزدیک می‌کنیم، به کشف‌ها و تکنولوژی‌های تازه‌ای دست پیدا می‌کنیم. ترک زمین همتی جهانی می‌طلبد، یعنی همه باید در آن شرکت کنند. نیاز است که آن هیجان روزهای آغازین سفرهای فضایی دهه‌ی ۱۹۶۰ را دوباره زنده کنیم. تکنولوژی آن هنوز در چنگ ماست. زمان آن فرا رسیده تا منظومه‌های شمسی دیگر را کشف کنیم. پراکنده شدن در فضا یگانه چیزی است که ما را در برابر خودمان حفظ می‌کند. من به این نتیجه رسیده‌ام که انسان‌ها باید زمین را ترک کنند. اگر روی زمین بمانیم، با خطر نابودی روبرو خواهیم شد.



بگذریم از آن امیدی که من به کشف فضا دارم، آینده چه شکلی خواهد بود و علم چه کمکی به ما خواهد کرد؟

سریال‌های علمی تخیلی چون جنگ ستارگان، تصویر همگان‌پسندی از علم در آینده را به ما نشان می‌دهند. تولیدکنندگان سریال جنگ ستارگان حتی مرا ترغیب کردند در آن نقشی ایفا کنم که کار مشکلی نبود.

آینده ظاهر زیبایی در آن داشت، اما توصیه کردم که باید اندکی به واقعیت نزدیک باشد. قریب به اتفاق جلوه‌های آینده که از زمان اچ جی ولز، نویسنده‌ی انگلیسی، تاکنون به ما نشان داده‌اند، جملگی ایستا بوده‌اند. همه جامعه‌ای را به تصویر می‌کشند که به لحاظ علم، تکنولوژی، و ساختار سیاسی از ما پیشرفته‌تر هستند. (مسئله‌ی سیاست شاید مشکل‌آفرین نباشد.) در این تصویر می‌بایست هر از گاه تحولات بزرگی، با چالش‌ها و کشمکش‌های خاص خود، به وقوع پیوسته باشند. اما همین که آینده را به ما نشان می‌دهند، علم، تکنولوژی، و ساختار سیاسی یک‌باره کم و بیش به سطح کمال رسیده‌اند.

من این تصویر را زیر سؤال می‌برم و می‌پرسم شاید ما هرگز نتوانیم به حالت نهایی پایداری در علم و تکنولوژی برسیم. در طول ۱۰,۰۰۰ سال از واپسین دوران یخبندان، دوره‌ای نبوده که دانش و تکنولوژی نسل انسان در حالت یکنواختی مانده باشد. در این دوران موانعی هم بوده است، مثلاً دورانی پس از سقوط امپراتوری روم که به عصر تاریکی مشهور است. اما جمعیت دنیا که آن را معیاری از توانمندی

تکنولوژیکی ما در حفظ حیات و تغذیه خودمان می‌دانیم، افزایش یکنواختی داشته است، به جز در دوره‌های خاصی چون دوران مرگ سیاه (یا طاعون سیاه که کل اروپا را در سال‌های ۱۳۴۷ تا ۱۳۵۰ میلادی فرا گرفت و در حدود ۲۵ میلیون نفر را کشت). در ۲۰۰ سال گذشته رشد جمعیت دنیا در زمان‌هایی نمایی بوده است و در کل از ۱ میلیارد نفر به ۷/۶ میلیارد نفر افزایش یافته است. معیارهای دیگر رشد تکنولوژیکی در سال‌های اخیر مصرف برق یا تعداد مقالات علمی دانشمندان بوده است. این دو نیز رشدی نزدیک به نمایی داشته‌اند. در واقع امروزه انتظارات ما به قدری بالا رفته که عده‌ای احساس می‌کنند سیاستمداران و دانشمندان سر آن‌ها را کلاه گذاشته‌اند چون ما هنوز به آرمان‌شهروندی آینده دست نیافته‌ایم. برای مثال، فیلم ۲۰۰۱: اُدیسه‌ی فضایی پایگاهی را در کره‌ی ماه به ما نشان می‌دهد که از آن پروازهای سرنشین‌دار به سیاره‌ی مشتری فرستاده می‌شوند.

هیچ نشانه‌ای نیست که پیشرفت علمی و تکنولوژی در آینده‌ای نزدیک به شدت کند یا متوقف شود. این امر قطعاً در دوران جنگ ستارگان رخ نخواهد داد که ۳۵۰ سال از زمان ما جلو است. اما آهنگ کنونی رشد نمی‌تواند تا هزاره‌ی بعدی هم‌چنان ادامه یابد. تا سال ۲۶۰۰ جمعیت دنیا دوشادوش هم خواهد ایستاد و مصرف برق، زمین را سرخ و برافروخته خواهد کرد. هرگاه کتاب‌هایی را که تازه منتشر می‌شوند کنار هم بگذاریم، با آهنگ تولید کنونی کتاب ناچارید با سرعت ۱۴۴ کیلومتر حرکت کنید تا به جلو کتاب‌ها برسید. البته تا سال ۲۶۰۰ آثار علمی و هنری به جای کتاب‌ها و کاغذهای فیزیکی، به شکل الکترونیکی خواهند بود. با این حال، هرگاه رشد نمایی تداوم یابد، در رشته‌ی فیزیک نظری که من کار می‌کنم، ثانیه‌ای تعداد ده مقاله منتشر خواهد شد و کسی وقت خواندن آن‌ها را نخواهد داشت.

بدیهی است که آهنگ رشد کنونی نمی‌تواند تا بی‌نهایت ادامه پیدا کند. حال، چه رخ خواهد داد؟ یک امکان این است که ما خودمان، خودمان را مثلاً در نوعی فاجعه‌ی جنگ هسته‌ای، نابود کنیم. حتی اگر کاملاً هم را نابود نکنیم، این امکان هست که شبیه به صحنه آغازین فیلم نابود گر به خشونت و بربریت روی آوریم. در هزاره‌ی بعدی، در علم و تکنولوژی چه پیشرفتی خواهیم کرد؟ مشکل بتوان به این پرسش پاسخ گفت. اما به خودم این جسارت را می‌دهم که آینده را پیشگویی کنم. شاید پیشگویی‌های من برای یک صد سال آینده درست از آب درآیند، اما برای بقیه‌ی هزاره، گمانه‌زنی‌هایی بیش نخواهند بود.

دری مدرن ما از علم، همزمان با استقرار اروپایی‌ها در آمریکای شمالی آغاز شد و در پایان قرن نوزدهم چنین می‌نمود که برحسب آنچه امروزه به قوانین کلاسیک معروف است، به توصیف کاملی از جهان هستی دست یافته‌ایم. اما، آن‌گونه که دیده‌ایم، در قرن بیستم مشاهدات نشان دادند که انرژی به شکل بسته‌های گسسته‌ای موسوم به کوانتوم‌هاست و ماکس پلانک و دیگران نظریه‌ی جدیدی به نام مکانیک کوانتومی را فرمول‌بندی کردند. این نظریه تصویری کاملاً متفاوت از واقعیت را به نمایش گذاشت که در آن اشیاء، تاریخچه‌ی یگانه‌ی منحصربه‌فردی نداشتند، بلکه می‌توانستند هر تاریخچه‌ای را که مجاز باشد، با احتمالی که خاص آن تاریخچه است، داشته باشند. آنگاه که تک‌تک ذرات را در نظر می‌گیریم، تاریخچه‌های مجاز ذره باید شامل مسیرهایی نیز باشند که در آن‌ها ذره با سرعتی بیش از سرعت نور حرکت می‌کند و نیز مسیرهایی که در آن‌ها سفر در زمان به گذشته امکان‌پذیر است. مسیرهایی که در آن‌ها ذره می‌تواند در زمان به گذشته سفر کند، خیالی و مثل رقص فرشتگان بر نوک سوزن نیستند، بلکه نتایج واقعی قابل مشاهده‌ای دارند. حتی آنچه ما فضای تهی می‌پنداریم، پر است از ذراتی که در حلقه‌های بسته‌ای از فضا و زمان حرکت می‌کنند. یعنی ذرات در یک سوی حلقه در زمان پیش می‌روند و در سوی دیگر آن در زمان به گذشته برمی‌گردند.

مشکل اینجاست که چون فضا و زمان بی‌نهایت نقطه دارد، تعداد حلقه‌های بسته‌ی مجاز ذرات نیز بی‌نهایت است. مقدار انرژی تعداد بی‌نهایت حلقه‌ی بسته از ذرات، بی‌نهایت می‌شود و فضا و زمان را چنان می‌تاباند که به نقطه‌ی واحدی تبدیل می‌شود. چنین اوضاع عجیب و غریبی به ذهن نویسندگان علمی تخیلی نیز خطور نمی‌کند. سروکار داشتن با این انرژی بی‌نهایت توضیح خلاقانه‌ای می‌طلبد و بیشتر پژوهش‌های فیزیک نظری بیست سال گذشته این بوده که چنان نظریه‌ای بسازند که در آن این تعداد بی‌نهایت حلقه‌ی بسته در فضا و زمان یکدیگر را به طور کامل حذف کنند. این نظریه خواهد توانست نظریه‌ی کوانتومی را با نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین وحدت بخشد و نظریه‌ی کامل قوانین بنیادی جهان هستی را فراهم آورد.

احتمال این که ما این نظریه‌ی کامل را در هزاره‌ی پیش‌رو کشف کنیم، چقدر است؟ من که آدم خوش‌بینی هستم می‌گویم زیاد. در سال ۱۹۸۰ گفتم که به احتمال پنجاه پنجاه ما در بیست سال آینده این نظریه‌ی وحدت‌یافته را کشف می‌کنیم. از آن زمان تا حالا ما پیشرفت‌های چشمگیری کرده‌ایم، اما این نظریه‌ی

نهایی به همان اندازه از ما فاصله گرفته است. آیا این جام مقدس فیزیک همواره دور از دسترس ما خواهد ماند؟ من که می‌گویم نه.

در آغاز قرن بیستم ما پدیده‌های طبیعی را با قوانین فیزیک کلاسیک درک کردیم که در مقیاسی در حدود یک صدم میلی‌متر درست عمل می‌کنند. پژوهش‌های فیزیک اتمی سی سال نخست قرن بیستم، درک ما را به ابعادی در حدود یک میلیونیم میلی‌متر کشاندند. از آن پس، پژوهش‌های فیزیک هسته‌ای و انرژی‌های بالا، این مقیاس طول را به میلیارد مرتبه کوچکتر رساندند. گویی خواهیم توانست تا ابد ساختارهایی را در مقیاس‌های طولی کوچکتر و کوچکتر کشف کنیم. اما مثل مورد عروسک‌های چوبی تودرتوی روسی، اینجا نیز ما محدودیت داریم. این عروسک‌ها را که یکی یکی باز کنیم، دست‌آخر به کوچکترین عروسک می‌رسیم که نمی‌شود آن باز کرد و از دل‌اش عروسک باز هم کوچکتری بیرون کشید. کوچکترین عروسک در فیزیک، طول پلانک نام دارد و آن طولی است برابر با یک تقسیم بر ۱۰۰,۰۰۰ میلیارد میلیارد. ما قادر نیستیم چنان شتاب‌دهنده‌هایی را بسازیم که بتوانیم چنین فاصله‌های کوتاهی را مطالعه کنیم. این چنین شتاب‌دهنده‌هایی از منظومه‌ی شمسی نیز بزرگتر می‌شوند و با این اوضاع اقتصادی خراب که دولت‌ها دارند، نمی‌توانند بودجه‌ی ساخت آن‌ها را تأمین کنند. با وجود این، تعدادی از پیشگویی‌های نظریه‌های ما را می‌شود با ماشین‌های به مراتب کوچکتری نیز راستی‌آزمایی کرد.

در آزمایشگاه امکان ندارد بتوانیم پدیده‌هایی را مطالعه کنیم که در طول پلانک رخ می‌دهند، اما می‌توانیم مهبانگ را مطالعه کنیم تا از آنچه در انرژی‌های بالا و مقیاس‌های طولی کوتاه رخ می‌دهد و در روی زمین امکان آن نیست، سرنخ‌هایی به دست آوریم. با وجود این، ناچار خواهیم بود که بیشتر به زیبایی و سازگاری ریاضی متکی باشیم تا نظریه‌ی نهایی همه‌چیز را پیدا کنیم.

چه بسا نگاه فیلم پیش‌تازان فضا به آینده که در آن ما به سطحی پیشرفته، لیکن الزاما ایستا، می‌رسیم، با دانش کنونی ما از قوانین بنیادینی که بر طبیعت حاکم هستند، امکان‌پذیر باشد. اما من گمان نمی‌کنم که با به کار بردن این قوانین ما به حالت ایستایی خواهیم رسید. نظریه‌ی نهایی بر پیچیدگی سامانه‌های که ما می‌توانیم بسازیم، هیچ حد و مرزی قائل نمی‌شود و در این پیچیدگی است که ما به مهم‌ترین پیشرفت‌های هزاره‌ی پیش‌رو دست خواهیم یافت.

پیچیده‌ترین سامانه‌ای که داریم، بدن ماست. به نظر می‌رسد حیات در اقیانوس‌های آغازینی شکل گرفته باشد که چهار میلیارد سال پیش سطح زمین را فرا گرفته‌اند. این‌ها همه چگونه آغاز شد، ما نمی‌دانیم. شاید برخوردهای کاتوره‌ای میان اتم‌ها، ماکرومولکول‌هایی ساخته‌اند که می‌توانستند خود را تکثیر کنند و در ساختارهای پیچیده‌تری گردهم آیند. آنچه ما می‌دانیم این است که سه و نیم میلیارد سال پیش، مولکول بسیار پیچیده‌ی DNA پدیدار شده است. مولکول DNA بن‌مایه‌ی همه‌ی گونه‌های حیات در زمین است. این مولکول ساختار مارپیچی دوگانه‌ای، لنگه‌ی راه‌پله‌های مارپیچی دارد و آن را فرانسویس کریک و جیمز واتسون در سال ۱۹۵۳ در آزمایشگاه کاواندیش کمبریج کشف کرده‌اند. دو نوار مارپیچ دوگانه با جفت بازهای نیتروژنی، مثل پلکان‌های راه‌پله‌های مارپیچی، به هم متصل می‌شوند. چهار نوع باز نیتروژنی وجود دارد که عبارت‌اند از سیتوزین، گوانین، آدنین، و تیمین. ترتیب قرارگیری بازهای نیتروژنی مختلف بر روی راه‌پله‌ی مارپیچی حامل اطلاعات ژنتیکی است که مولکول DNA را قادر می‌سازند تا ارگانیسمی در اطراف‌اش بتند و خود را تکثیر کند. گاهی که مولکول DNA خود را تکثیر می‌کند خطاهایی در ترتیب قرارگیری بازهای نیتروژنی در امتداد مارپیچ رخ می‌دهند. در بیشتر موارد این خطاهای کپی‌کاری نمی‌گذارند مولکول DNA خود را تکثیر کند. این‌گونه خطاهای ژنتیکی که به آن‌ها جهش نیز می‌گویند، می‌میرند. اما در مواردی اندک نیز این خطاها یا جهش‌ها شانس زنده ماندن و تکثیر کردن مولکول DNA را بالا می‌برند. بنابراین محتوای اطلاعاتی زنجیره‌ی بازهای نیتروژنی اندک اندک تکامل می‌یابند و پیچیده‌تر می‌شوند. این‌گونه جهش‌های انتخابی را نخستین‌بار مرد دیگری از کمبریج، به نام چارلز داروین، در سال ۱۸۵۸ پیشنهاد کرد، هر چند او مکانیسم این جهش‌ها را نمی‌دانست.

از آنجا که تکامل زیست‌شناختی ذاتاً نوعی گام کاتوره‌ای^۱ در فضای همه‌ی امکانات ژنتیکی است، فرایند بسیار کُندی است. پیچیدگی، یا تعداد بیت‌های اطلاعات که در مولکول DNA رمزگذاری شده است، کم و بیش برابر است با تعداد بازهای نیتروژنی در این مولکول. می‌توان گفت که هر بیت اطلاعات هم‌ارز پاسخ آری یا نه به هر پرسش است. در دو میلیارد سال نخست، آهنگ افزایش

۱. گام کاتوره‌ای نوعی فرایند آماری است که در آن متغیری در هر گام به اندازه‌ی دلخواه یا کاتوره‌ای تغییر می‌کند، مثل آدم مست که بی‌هیچ نظم خاصی گام برمی‌دارد. مترجم.

پیچیدگی باید از مرتبه‌ی یک بیت اطلاعات در هر صد سال بوده باشد. در چند میلیون سال اخیر، آهنگ افزایش پیچیدگی مولکول DNA اندک اندک به یک بیت در سال رسیده است. امروزه ما در آغاز عصر جدیدی هستیم که در آن می‌توانیم بدون این که منتظر فرایند کند تکامل زیست‌شناختی باشیم، پیچیدگی مولکول DNA مان را افزایش دهیم. در ده هزار سال گذشته، مولکول DNA آدمی دستخوش تغییر نسبتاً اندکی شده است. به احتمال زیاد در هزاره‌ی پیش‌رو، قادر خواهیم بود این مولکول را کاملاً بازطراحی کنیم. البته، بسیاری از مردم خواهند گفت که مهندسی ژنتیک روی انسان‌ها باید ممنوع شود، اما من شک دارم که بتوانند جلو آن را بگیرند. به لحاظ اقتصادی، مهندسی ژنتیکی روی گیاهان و حیوانات مجاز خواهد بود و شاید کسی هم پیدا شود که آن را روی انسان‌ها بیازماید. اگر حکم جهانی تمامیت‌خواهی نداشته باشیم، کسی پیدا خواهد شد که جایی انسان‌های اصلاح‌یافته طراحی کند.

بدیهی است که تولید انسان‌های اصلاح‌یافته مشکلات اجتماعی و سیاسی عدیده‌ای را برای انسان‌های معمولی به وجود خواهد آورد. من ترویج نمی‌کنم که مهندسی ژنتیک انسان چیز خوبی است، بلکه می‌خواهم بگویم که چه ما بخواهیم، چه نخواهیم، در هزاره‌ی پیش‌رو این امر به وقوع خواهد پیوست. به همین دلیل است که من به فیلم‌های علمی تخیلی چون پیشتازان فضا اعتقاد ندارم چون در این فیلم‌ها انسان‌ها در ۳۵۰ سال آینده اساساً یکسان می‌مانند. گمان می‌برم که پیچیدگی نسل آدمی و مولکول DNA او به سرعت افزایش خواهد یافت.

اگر نسل آدمی بخواهد با پیچیدگی روزافزون محیط اطراف‌اش و چالش‌هایی جدید چون سفرهای فضایی کنار آید، نیاز دارد که کیفیت‌های ذهنی و فیزیکی‌اش را اصلاح کند. هم‌چنین اگر سامانه‌های زیست‌شناختی خواسته باشند از سامانه‌های الکترونیکی پیشی بگیرند، نسل آدمی ناچار است بر پیچیدگی‌اش بیفزاید. در حال حاضر کامپیوترها به لحاظ سرعت از انسان جلو زده‌اند، اما نشانه‌ای از هوشمندی در آن‌ها دیده نمی‌شود. این امر جای تعجب ندارد، زیرا پیچیدگی کامپیوترهای کنونی ما، پیچیدگی مغز کرم‌های خاکی را نیز ندارند که در میان جانداران هوشمند از همه کم‌هوش‌تر هستند. اما کامپیوترها کم و بیش از قانون مور پیروی می‌کنند که می‌گوید هر هجده ماه، سرعت و پیچیدگی کامپیوترها دو برابر می‌شود. بدیهی است که یکی از این دو رشد نمایی نمی‌تواند تا ابد ادامه داشته باشد و به راستی که این اواخر کند شده است. با وجود این، به احتمال زیاد آهنگ رشد اصلاح

فصل ۷: آیا ما روی زمین نجات خواهیم یافت؟ ۱۱۱

تا زمانی ادامه خواهد داشت که کامپیوترها به پیچیدگی مغز آدمی برسند. عده‌ای می‌گویند که کامپیوترها، هر چه که باشند، هرگز هوشمندی راستینی از خود نشان نخواهند داد. اما من گمان می‌کنم که اگر قرار باشد مولکول‌های شیمیایی بسیار پیچیده در مغز انسان‌ها درکار باشند و آن‌ها را هوشمند سازند، چرا نتوانند در مدارهای الکترونیکی بسیار پیچیده، کامپیوترها را هوشمند کنند و اگر انسان‌ها هوشمند هستند به احتمال زیاد خواهند توانست کامپیوترهایی طراحی کنند که از پیچیدگی و هوشمندی بیشتری برخوردارند.

این است که من تصویر علمی تخیلی آینده‌ای پیشرفته و در عین حال ایستا را باور ندارم. به جای آن، انتظار من این است که در دوایر زیست‌شناختی و الکترونیکی، پیچیدگی با آهنگ روزافزونی افزایش یابد. از صد سال آینده که می‌توانیم آن را دقیق پیشگویی کنیم، نمی‌شود چنین انتظاری را داشت. اما در پایان هزاره‌ی پیش‌رو، اگر به آن برسیم، شاهد تغییری بنیادین خواهیم بود.

خبرنگار آمریکایی حامی کمونیسم، لینکلن استفنز، روزی می‌گفت «من آینده را دیده‌ام. دیده‌ام که کار می‌کند.» او در واقع از جماهیر شوروی می‌گفت که دیدیم کمونیسم در آن چندان کارگر نیفتاد. با این حال، من فکر می‌کنم که نظم کنونی دنیا، آینده‌ای دارد، اما آینده‌ای که بسیار متفاوت خواهد بود.

بزرگترین تهدید آینده‌ی این سیاره چیست؟

شاید بزرگترین تهدید برای این سیاره در آینده برخورد با سیارک باشد، چون ما در برابر آن بی‌دفاع هستیم. اما واپسین برخورد سیارکی در حدود شصت و شش میلیون سال پیش رخ داد و دایناسورها را نابود کرد. خطری نزدیک‌تر، خطر تغییر لجام گسیخته‌ی اقلیمی است. افزایش دمای اقیانوس‌ها کلاهک‌های یخی را آب می‌کند و سبب آزاد شدن مقادیر معتابهی کربن دی‌اکسید می‌شود. این دو فاجعه می‌توانند شرایط اقلیمی زمین را مثل سیاره مشتری کنند که دمای آن 25.0°C (482°F) است.



فصل ۸

آیا باید به فضا کوچ کنیم؟^۱

چرا باید به فضا برویم؟ این همه تلاش و هزینه برای آوردن چند تکه سنگ از ماه، چه توجیهی دارد؟ آیا چیزهای بهتری روی زمین نیست که تلاش و پول مان را صرف شان کنیم؟ پاسخ بدیهی این است که بگوییم، ماه‌ها آن بالا در انتظار ما هستند. ماندن بر روی زمین مثل این است که در جزیره‌ای متروک، کشتی شکستگانی باشیم و نخواهیم از آنجا بگریزیم. ما نیاز داریم منظومه‌ی شمسی را کشف کنیم تا ببینیم که انسان در کجاها می‌تواند زندگی کند.

وضع کنونی ما از جنبه‌ای، اوضاع انگلستان پیش از سال ۱۴۹۲ را می‌ماند. مردم آن دوران حق داشتند بگویند هدر دادن پول است که کریستف کلمب را دنبال نخود سیاه بفرستیم. اما امروزه شاهد هستیم که کشف دنیای جدید اوضاع ما را نسبت به آن روزگاران به کلی دگرگون ساخته است. به این فکر کنید که ساندویچ بیگ مک یا مرغ کتتاکی نداشتیم. پراکنده شدن در فضا اثری به مراتب شگفت خواهد داشت. آینده نسل بشر را به کل زیر و رو خواهد کرد و چه بسا معلوم کند که آیا می‌خواهیم آینده‌ای داشته باشیم یا خیر. رفتن به فضا هیچ یک از مشکلات آنی روی سیاره‌ی زمین را حل نخواهد کرد، بلکه چشم‌انداز تازه‌ای از آن‌ها در برابر ما خواهد گذاشت و سبب خواهد شد که به جای درون، به بیرون نگاه کنیم. خوشبختانه، ما را در رویارویی با چالشی مشترک، متحد خواهد ساخت. رفتن به فضا، راه‌کاری بلندمدت است و منظورم از بلندمدت صدها یا حتی هزارها سال است. در عرض سی سال می‌توانیم در کره‌ی ماه پایگاه بسازیم،

۱. استیون واینبرگ، فیزیکدان نام‌آشنای معاصر مخالف ایده‌هایی است که هاکینگ در این جستار مطرح می‌کند. به مقاله‌ی «علیه پروازهای فضایی» در کتاب افکار سوم، استیون واینبرگ، ترجمه‌ی جمیل آریایی، انتشارات مازیار، در دست انتشار، رجوع کنید. مترجم.

در عرض پنجاه سال به سیاره‌ی مریخ برسیم و در عرض دویست سال ماه‌های سیارات دیگر را اکتشاف کنیم. منظورم از رسیدن با فضاپیماهای سرنشین‌دار است. ما پیش از این مریخ‌گردها را به گردش درآورده‌ایم و کاوشگری نیز بر روی تایتان، یکی از ماه‌های زحل نشانده‌ایم، اما اگر به آینده‌ی نسل بشر فکر می‌کنیم، باید خود به اینجاها سفر کنیم.

رفتن به فضا ارزان نیست، با وجود این کسر کوچکی از منابع دنیا را می‌طلبید. بودجه‌ی ناسا از زمان فرودهای آپولو به این طرف، با احتساب نرخ تورم، کم و بیش ثابت مانده است، اما از ۰/۳ درصد درآمد ناخالص ملی در سال ۱۹۷۰ به ۰/۱ درصد در سال ۲۰۱۷ کاهش یافته است. حتی اگر ناچار بودیم بودجه‌ی بین‌المللی را بیست برابر کنیم تا رفتن به فضا حالت جدی‌تری به خود بگیرد، رقم آن تنها کسر کوچکی از درآمد ناخالص دنیا می‌شد.

کسانی خواهند بود که بگویند بهتر است پول‌مان را صرف نیازهای سیاره‌ی خودمان بکنیم و به جای هدر دادن آن در جستجوی بی‌حاصل سیاره‌ای جدید، مشکل تغییرات اقلیمی و آلودگی را حل کنیم. من اهمیت رویارویی با تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی را انکار نمی‌کنم، بلکه می‌گویم ما می‌توانیم هم این کار را بکنیم و هم یک چهارم درصد درآمد ناخالص دنیا را صرف رفتن به فضا کنیم. آیا آینده‌ی ما ارزش این یک چهارم درصد را ندارد؟

در دهه‌ی ۱۹۶۰ فکر می‌کردیم، فضا ارزش تلاشی کلان را دارد. در سال ۱۹۶۲، رئیس‌جمهور کندی دستور داد ایالات متحده تا پایان این دهه انسان را روی ماه بنشانند. روز ۲۰ ماه جولای سال ۱۹۶۹، باز آلدرین و نیل آرمسترانگ بر سطح کروی ماه فرود آمدند. این فرود، آینده‌ی نسل آدمی را تغییر داد. آن روزها من پژوهشگر بیست و هفت ساله‌ای در کمبریج بودم و این فرود را ندیدم، چون در کنفرانسی درباره‌ی تکنیکی در لیورپول شرکت کرده بودم و هنگام فرود فضانوردان داشتم به سخنرانی رِنه توم راجع به نظریه‌ی کاتاستروف (فاجعه) گوش می‌کردم. آن روزها تلویزیون برنامه‌ها را بازپخش نمی‌کرد و ما تلویزیون نداشتیم، اما پسر دو ساله‌ام آن را برای من توصیف کرد.

رقابت‌های فضایی نمودی از شکوه علم بودند و پیشرفت تکنولوژیکی ما را شتاب بخشیدند. بسیاری از دانشمندان امروزی به خاطر فرود انسان بر سطح کروی ماه وارد علم شدند، با این هدف که درباره‌ی خودمان و جایگاهی که در فضا داریم بیشتر بدانند. این فرود چشم‌اندازهای تازه‌ای از جهان هستی را به

فصل ۸ آیا باید به فضا کوچ کنیم؟ ۱۱۵

روی ما باز می کرد و ما سیاره‌ی زمین را یکجا می دیدیم. با وجود این، از آنجا که پس از واپسین فرود بر سطح ماه در سال ۱۹۷۲، برای فرودهای آینده‌ی فضایی سرنشین‌دار برنامه‌ای نداشتیم، علاقه‌ی عموم به فضا فروکش کرد. بی‌برنامگی پروازهای فضایی سرنشین‌دار با قطع امید مردم غرب از علم همراه شد، زیرا علی‌رغم این که برنامه‌های فضایی فواید بزرگی داشت اما مشکلات اجتماعی را که روز به روز بیشتر گریبان‌گیر مردم می شدند، حل نمی کرد.

برنامه‌های پرواز فضایی سرنشین‌دار جدید می توانند دوباره اشتیاق به فضا و در کل به علم را در مردم زنده کنند. مأموریت‌های رباتی به مراتب ارزان‌تر هستند و چه بسا اطلاعات علمی بیشتری را نیز فراهم آورند، اما به اندازه‌ای که باید توجه مردم را به خود جلب نمی کنند و نسل بشر را در فضا نمی پراکنند که گفتم باید راهکار بلندمدت ما باشد. با ساختن پایگاهی در کره‌ی ماه تا سال ۲۰۵۰ و آنگاه فرود انسان بر سطح سیاره‌ی مریخ تا سال ۲۰۷۰، برنامه‌های فضایی دوباره برقرار می شوند و امید به آینده را در مردم زنده می کنند، درست آن گونه که برنامه‌ی فضایی کره‌ی ماه رئیس جمهور کندی در دهه‌ی ۱۹۶۰ این کار را کرد. در اواخر سال ۲۰۱۷، الون ماسک برنامه‌های شرکت اسپیس‌ایکس را برای ساختن پایگاه در ماه و مأموریت سرنشین‌دار به مریخ تا سال ۲۰۲۲ اعلام کرد، و رئیس جمهور ترامپ نیز با امضای دستوری ناسا را ملزم کرد تا برای اکتشافات فضایی بار دیگر برنامه‌ریزی کند و از این رو شاید انتظارات ما زودتر از موعود برآورده شوند.

اشتیاق تازه به فضا چه بسا جایگاهی را که علم در میان مردم دارد، ارتقا دهد. اگر پایگاه اجتماعی علم و دانشمند پائین باشد، پیامدهای ناگواری خواهد داشت. ما در جامعه‌ای زندگی می کنیم که تحت حاکمیت روزافزون علم و تکنولوژی است، اما از تعداد جوانانی که به علم روی می آورند، روز به روز کاسته می شود. برنامه‌ی فضایی جدید و غرورآمیز می تواند جوانان را به هیجان آورد و آنان را تحریک کند تا نه تنها در رشته‌های اخترفیزیک و علوم فضایی، بلکه در یکی از رشته‌های طیف گسترده‌ی علوم وارد شوند.

برای من نیز همین‌طور بوده است. من همیشه رؤیای پرواز فضایی را در سر می پرورانده‌ام. اما سال‌ها بود فکر می کردم پرواز فضایی برای من رؤیایی بیش نخواهد بود. من که در این صندلی چرخ‌دار زندانی زمین شده‌ام، چگونه می توانستم شکوه و جلال فضا را، به جز در خیال و پژوهش‌های فیزیک نظری‌ام، تجربه کنم. هرگز فکر نمی کردم که این فرصت را خواهم داشت تا سیاره‌ی

زیبای‌مان را از فضا بینم یا به بی‌نهایت آن سوی زمین نیم‌نگاهی بیندازم. آن بالا جولانگاه فضانوردان بود و این‌ها انسان‌های خوش‌شانسی بودند که می‌توانستند شگفتی و هیجان پروازهای فضایی را تجربه کنند. با وجود این، مرا جزو آنانی به حساب نمی‌آوردند که انرژی و اشتیاق آن را دارد تا نخستین گام ماجراجویانه را به خارج از زمین بردارد. شانس با من یار بود و در سال ۲۰۰۷ از من دعوت شد تا برای نخستین بار به پرواز گرانش صفر بروم و بی‌وزنی را تجربه کنم. این پرواز تنها چهار دقیقه طول کشید اما شگفت‌انگیز بود. دلام می‌خواست تا ابد آن بالا بی‌وزن می‌ماندم.

از من نقل‌قول شد که اگر به فضا کوچ نکنیم نسل آدمی به آینده نخواهد رسید. آن زمان به این حرف‌ام باور داشتم، و هنوز هم باور دارم. امیدوار بودم در عمل نشان داده بودم که هر کسی می‌تواند در سفرهای فضایی شرکت کند. باورم این است که دانشمندانی چون خود من، همراه با کارآفرینان تجاری نوآور وظیفه داریم تا هر چه در توان داریم تلاش کنیم که هیجان و شگفتی سفرهای فضایی را به مردم نشان دهیم.

اما آیا انسان توان آن را دارد مدت‌های مدیدی از زمین دور بماند؟ تجربه‌ی ما از ایستگاه فضایی بین‌المللی نشان می‌دهد که انسان قادر است ماه‌ها دور از زمین زندگی کند. با وجود این، گرانش صفر مدار، تغییرات فیزیولوژیکی ناگواری به همراه دارد، از جمله ضعف استخوانی و نیز به هم خوردن تراز مایعات در بدن و غیره. بنابراین هر پایگاهی که بخواهد برای زندگی انسان مناسب باشد باید روی سیاره یا ماه مستقر شود. با رفتن به زیر سطح این سیاره یا ماه، انسان می‌تواند از گرما و خطر برخوردهای سیارکی و پرتوهای کیهانی در امان بماند. این سیاره یا ماه می‌تواند منبعی برای مواد خام مایحتاج هر جامعه‌ی برون زمینی نیز باشد که می‌خواهد خودکفا زندگی کند و نیازی به زمین نداشته باشد.

چه مکان‌های مناسبی در منظومه‌ی شمسی هستند که انسان بتواند به آن‌ها کوچ کند؟ بدیهی‌ترین این مکان‌ها کره‌ی ماه است، چون به خاطر نزدیکی با زمین، رسیدن به آن کار دشواری نیست. ما پیش‌تر روی آن فرود آمده‌ایم و چهارچرخه‌ای را در پهنه‌ی آن به حرکت درآورده‌ایم. اما کره‌ی ماه کوچک است و برخلاف زمین جو یا میدان مغناطیسی ندارد تا در برابر ذرات تابش خورشیدی از ما محافظت کند. کره‌ی ماه آب مایع ندارد، ولی شکاف‌های قطب شمال و قطب جنوب آن پر از یخ است. کوچنده‌ای که بخواهد روی کره‌ی ماه زندگی کند، می‌تواند از

این منابع یخی، اکسیژن استخراج کند و نیازهای برق خود را از انرژی هسته‌ای یا سلول‌های خورشیدی تأمین کند. کروی ماه می‌تواند پایگاهی برای سفر به سایر نقاط منظومه‌ی شمسی باشد.^۱

هدف آشکار بعدی، سیاره‌ی مریخ است. فاصله‌ی آن از خورشید دو برابر فاصله‌ی زمین تا خورشید است و از این رو تنها نیمی از گرمای خورشیدی را دریافت می‌کند. روزگاری میدان مغناطیسی داشت، اما در حدود چهار میلیارد سال پیش آن را از دست داد و در برابر تابش خورشیدی بی‌دفاع ماند و در نتیجه بیشتر جو آن به یغما رفت و امروزه فشار جو مریخ یک درصد فشار جو زمین است. با وجود این، فشار جوی مریخ در گذشته می‌بایست بیشتر از این بوده باشد، چون در سطح آن شاهد بسترهای رودخانه‌ای و دریاچه‌ای خشک هستیم. امروزه آب مایع نمی‌تواند در سطح مریخ وجود داشته باشد، زیرا فشار جوی آن به فشار خلاء نزدیک است و آب مایع را بخار می‌کند. از آنچه گفتیم پیداست که سیاره‌ی مریخ در گذشته دوران مرطوب گرمی را پشت سر گذاشته است و در این دوران حیات می‌توانسته، خواه خودبه‌خودی در آن شکل گرفته باشد، خواه از نقطه‌ی دیگر جهان هستی به آنجا آمده باشد. در حال حاضر نشانه‌ای از حیات را روی سیاره‌ی مریخ نمی‌بینیم، اما اگر مدرکی پیدا کنیم که حکایت از وجود حیات بر روی این سیاره در گذشته باشد، به این نتیجه می‌رسیم که این سیاره چه بسا برای شکل‌گیری حیات جای بسیار مناسبی بوده است. با وجود این، باید دقت کنیم تا این سیاره را با حیات زمینی آلوده نکنیم. به همین منوال، باید خیلی دقت کنیم که حیات مریخی را روی زمین نیاوریم، چون در برابر آن بی‌دفاع می‌مانیم و نسل حیات زمینی را از بین می‌برد.

ناسا که برای نخستین بار در سال ۱۹۶۴ فضایی‌های مارینر ۴ را به مریخ فرستاد، از آن پس تعداد زیادی فضایی‌ها را روانه‌ی این سیاره کرده است و با تعدادی از مدارگردها از آن نقشه برداری کرده است که آخرین آن‌ها مدارگرد شناسایی مریخ بود. این مدارگردها در سیاره‌ی مریخ کانال‌های عمیق و بلندترین کوه‌های منظومه‌ی شمسی را شناسایی کرده‌اند. ناسا تعدادی کاوشگر را نیز بر سطح مریخ نشاند که آخرین آن‌ها دو مریخ‌گرد بوده‌اند. این مریخ‌گردها تصاویری چند از

۱. جهت کسب اطلاعات جامع‌تر در این زمینه‌ها به کتاب آینده‌ی انسان، میچو کاکو، ترجمه‌ی جمیل آریایی، انتشارات مازیار، ۱۳۹۷، رجوع کنید.

چشم‌انداز خشک صحرایی مریخ را به زمین مخابره کرده‌اند. در مریخ نیز مثل کره‌ی ماه، می‌توان اکسیژن و آب را از یخ‌های قطبی به دست آورد. مریخ فعالیت آتشفشانی داشته است. این فعالیت‌ها می‌توانسته مواد معدنی و فلزات را به سطح مریخ آورده باشد که به درد استعمارگرها می‌خورند.

کره‌ی ماه و مریخ مکان‌های مناسبی برای مهاجران فضا در منظومه‌ی شمسی هستند. عطارد و زهره بسیار داغ و مشتری و زحل غول‌های گازی هستند و رویه‌ی جامدی ندارند. ماه‌های مریخ مکان‌های بسیار کوچکی هستند و هیچ برتری بر خود مریخ ندارند. تعدادی از ماه‌های مشتری و زحل شاید مکان‌های مناسبی باشند. یوروپا، ماه مشتری، پوسته‌ی یخی منجمدی دارد. شاید زیر این پوسته‌ی یخی، آب باشد و حیات بتواند در آن تکامل یابد. از کجا بدانیم؟ آیا باید بر سطح یوروپا فرود آییم و آن را سوراخ کنیم؟

تایتان، یکی از ماه‌های سیاره‌ی زحل، بزرگتر و سنگین‌تر از ماه زمین است و جو غلیظی دارد. سفینه‌ی کاسینی-هویگنس، محصول مشترک ناسا و آژانس فضایی اروپا، کاوشگری را بر سطح تایتان نشانده که تصاویری از سطح این ماه را به زمین فرستاد. تایتان که فاصله‌ی زیادی از خورشید دارد بسیار سرد است و دوست ندارم که در کنار دریاچه‌ای پر از متان زندگی کنم.

حال چه می‌شود اگر جسارت به خرج دهیم و به فراسوی منظومه‌ی شمسی برویم؟ رصدهای ما حکایت از آن دارند که بسیاری از ستارگان سیاراتی دارند که آن‌ها را دور می‌زنند. در حال حاضر ما تنها می‌توانیم سیارات بزرگی چون مشتری و زحل را شناسایی کنیم، اما بخردانه است که فرض کنیم همراهان کوچکتر و زمین‌گونه‌ای داشته باشند. تعدادی از این سیارات در مناطق زیست‌پذیر قرار خواهند داشت که در آن‌ها فاصله از ستاره‌ی مادر چنان است که آب مایع می‌تواند در سطح آن‌ها وجود داشته باشد. در فاصله‌ی سی سال نوری ما، در حدود هزار ستاره هست. هرگاه یک درصد این ستارگان، سیاراتی هم اندازه‌ی زمین در منطقه‌ی زیست‌پذیرشان داشته باشند، آنگاه ده نامزد دنیای جدید خواهیم داشت.^۱ برای مثال، سیاره پروکسیمای b را در نظر بگیرید. این سیاره‌ی برون منظومه‌ی شمسی، هر چند چهار و نیم سال نوری از ما فاصله دارد، اما نزدیکترین سیاره به زمین است که ستاره‌ی پروکسیما قنطورس را در منظومه‌ی ستاره‌ای آلفا قنطورس

۱. منظور از دنیای جدید در اینجا سرزمین آمریکاست که کریستف کلمب کشف کرد. مترجم.

دور می‌زند و پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که شباهت‌هایی به زمین دارد. چه بسا به خاطر تکنولوژی عقب‌مانده‌ی امروزی، سفر به این نامزدهای دنیای جدید ممکن نباشد، اما با به کارگیری قوه‌ی تخیل مان می‌توانیم آن را جزو اهداف بلندمدت مان قرار دهیم و در عرض ۲۰۰ تا ۵۰۰ سال آینده به آن دست یابیم. دو عامل بر سرعت موشک‌های ما حاکم هستند، یکی سرعت سوختی است که از آگروز موشک بیرون رانده می‌شود و دیگری کسری از جرم این سوخت که موشک هنگام شتاب گرفتن از دست می‌دهد. سرعت آگروز موشک‌های شیمیایی که ما تاکنون از آن‌ها استفاده کرده‌ایم، در حدود سه کیلومتر بر ثانیه است. اگر این موشک‌ها بتوانند ۳۰ درصد از جرم‌شان را بیرون برانند به سرعتی در حدود نیم کیلومتر بر ثانیه می‌رسند و سپس دوباره از سرعت‌شان بکاهند. به گفته ناسا در حدود ۲۶۰ روز، با ده روز کمتر یا بیشتر، می‌توان به سیاره‌ی مریخ رسید و تعدادی از دانشمندان ناسا نیز مدت زمان این سفر را در حدود ۱۳۰ روز پیشگویی می‌کنند. حال اگر خواسته باشیم به نزدیکترین منظومه‌ی ستاره‌ای سفر کنیم، سه میلیون سال طول خواهد کشید. بخواهیم سریع‌تر برویم به سرعتی بیش از آنچه از موشک‌های شیمیایی برمی‌آید، یعنی سرعت نور نیاز داریم. نور لیزر پر قدرتی که از پشت موشک بیرون بزند، می‌تواند موشک را پیش براند. جوش هسته‌ای می‌تواند ۱ درصد انرژی جرم فضاپیما را تأمین کند و سرعت آن را به یک دهم سرعت نور برساند. از این که سریع‌تر خواسته باشیم سفر کنیم یا به نابودی ماده و پادماده نیاز داریم یا شکل کاملاً جدیدی از انرژی. در واقع، فاصله ما از آلفا قنطورس آن قدر زیاد است که رسیدن به آن در مقیاس طول عمر انسان، فضاپیمایی را نیاز دارد که جرم سوخت آن به اندازه جرم همه‌ی ستارگان کهکشان باشد. به بیان دیگر، با تکنولوژی کنونی سفرهای میان‌ستاره‌ای به هیچ‌روی عملی نیست. آلفا قنطورس هرگز نمی‌تواند مقصد گردشگری باشد.

به خاطر قدرت خیال‌پردازی و نبوغ مان، شانس آن را داریم تا اوضاع را تغییر دهیم. در سال ۲۰۱۶ من به یوری میلنر کارآفرین پیوستم تا برنامه‌ی بریکثرو استارشات^۱ را اجرا کنیم که برنامه‌ی بلندمدت پژوهش و توسعه است تا سفرهای میان‌ستاره‌ای را واقعیت بخشد. اگر ما در اجرای این برنامه کامیاب شویم، کاوشگری را در طول عمر انسان‌هایی که امروزه زنده‌اند، به آلفا قنطورس روانه

خواهیم کرد. پس از این که مطلبی را گفتم دوباره به این موضوع برمی‌گردم. این سفر را چگونه آغاز می‌کنیم؟ تا به حال، اکتشافات ما به همسایگی کیهانی محلی مان محدود بوده است. چهل سال از حالا که بگذرد، بی‌باک‌ترین کاوشگر ما که ویجر نام دارد به فضای میان‌ستاره‌ای می‌رسد. با سرعت $۱۷/۶$ کیلومتر در ثانیه که دارد، $۷۰,۰۰۰$ سال طول خواهد کشید به آلفا قنطورس برسد. این صورت فلکی در فاصله‌ی $۴/۳۷$ سال نوری، یعنی در چهل هزار میلیارد کیلومتری ما قرار دارد. اگر امروزه موجودات زنده‌ای روی آلفا قنطورس باشند، هم‌چنان از روی کار آمدن موجودی به نام دونالد ترامپ بی‌خبر می‌مانند.

ما آشکارا وارد عصر فضایی جدیدی شده‌ایم. نخستین فضانوردان خصوصی پیشگام خواهند شد و نخستین پروازهای بسیار گران‌بها راه خواهند افتاد، اما زمان که بگذرد امیدوارم پروازهای فضایی برای بیشتر مردم دنیا امکان‌پذیر شود. بردن هر چه بیشتر مردم به فضا، معنای تازه‌ای به جایگاه ما روی زمین و مسئولیت‌مان به عنوان خدمتکاران آن خواهد بخشید و به ما کمک خواهد کرد تا سکونت‌گاه و آینده‌ی خود را در کیهان تعیین کنیم که به باور من، دست‌آخر سرنوشت ما آنجا رقم خواهد خورد.

برنامه‌ی بریکثرو استارشات فرصتی است راستین برای انسان تا فضای بیرون را غارت و امکانات مستعمره‌سازی آن را سبک و سنگین کند. این برنامه نوعی راستی‌آزمایی سه مفهومی است که بر آن‌ها استوار است: فضایی‌مینیاتوری، پیش‌ران نوری، و لیزرهای قفل‌شده‌ی فازی. استار چیپ، نوعی کاوشگر فعال است که به اندازه‌ی چند سانتی‌متر کاهش یافته و به بادبان نوری متصل است. این بادبان نوری که از متمرکز ساخته شده چند گرم بیشتر وزن ندارد. خیال داریم هزار استار چیپ و بادبان نوری را که نانوفضاپیما می‌هستند، به مدار بفرستیم. روی زمین در جایی به ابعاد کیلومتری، نورهای آرایه‌ای از لیزرها با هم ترکیب می‌شوند و باریکه‌ی نوری بسیار قدرتمند واحدی می‌سازند. این باریکه‌ی نوری به سوی جو نشانه رفته و با توان ده‌ها گیگاوات در فضا خود را به بادبان‌ها می‌زند.

ایده‌ی بُن‌مایه‌ی این نوآوری این است که نانوفضاپیما بر باریکه‌ی نور سوار شود، همان رؤیایی که اینشتین در شانزده سالگی داشت و می‌خواست روی باریکه‌ی نور سواری کند. سرعت این نانوفضاپیما به نور نمی‌رسد، اما یک پنجم آن، یعنی ۱۶۰ میلیون کیلومتر بر ساعت است. چنین سامانه‌ای در عرض کمتر از یک ساعت به مریخ، در عرض چند روز به پلوتو، در عرض یک هفته از ویجر

جلو می‌افتد، و در عرض اندکی بیش از بیست سال به آلفا قنطورس می‌رسد. نانوفضاپیما همین که به آلفا قنطورس برسد می‌تواند از هر سیاره‌ای که در این سامانه می‌بیند عکس بگیرد، میدان‌های مغناطیسی و مولکول‌های آلی آنجا را مطالعه کند، و داده‌هایی را که جمع‌آوری کرده است با باریکه‌ی لیزری دیگری به زمین بفرستد. این سیگنال ناچیز را همان آرایه‌ی بشقاب‌هایی دریافت می‌کنند که برای ارسال باریکه‌ی پیش‌ران به کار رفتند و برآورد شده است که بازگشت این سیگنال در حدود چهار سال نوری طول بکشد. مهم‌تر از آن، مسیر استار چیپ ممکن است از کنار پروکسیمای b بگذرد که سیاره‌ای هم‌اندازه‌ی زمین است و در منطقه‌ی سکونت‌پذیر ستاره‌ی میزبان در آلفا قنطورس قرار دارد. در سال ۲۰۱۷، شرکت بریکثرو و رصدخانه‌ی اروپای جنوبی به هم پیوستند تا به جستجوی سیارات سکونت‌پذیر در آلفا قنطورس بپردازند.

برنامه‌ی بریکثرو استارشات اهداف ثانویه‌ای را نیز دنبال می‌کند. این برنامه به اکتشاف منظومه‌ی شمسی می‌پردازد و سیارک‌هایی را شناسایی می‌کند که مسیر مدار زمین به دور خورشید را قطع می‌کنند. فزون بر آن، فیزیکدان آلمانی کلاودیوس گروس پیشنهاد کرده است که این تکنولوژی چه بسا برای ایجاد جوزیستی متشکل از میکروب‌های تک‌یاخته‌ای در سیارات برون منظومه‌ی شمسی به کار برده شود که زیست‌پذیری گذرایی دارند.

تاکنون، همین قدر ممکن بوده است. اما چالش‌های عمده‌ای بر سر راه است. لیزری به قدرت یک گیگاوات تنها چند نیوتون نیروی پیش‌ران تولید می‌کند. با وجود این، نانوفضاپیما با جرم اندک چند گرمی که دارد، آن را جبران می‌کند. چالش‌های مهندسی زیاد هستند. نانوفضاپیما باید شرایط کرانه‌ای چون شتاب بالا، سرمای شدید، خلأ، پروتون‌ها، و نیز برخورد با گرد و غبار فضا را دوام بیاورد. فزون بر آن، کانونی کردن در مجموع ۱۰۰ گیگاوات بر روی بادبان‌های خورشیدی آن هم در جو متلاطم بسیار دشوار است. در جوی که حرکت می‌کند چگونه صدها لیزر را با هم ترکیب کنیم، چگونه نانوفضاپیما را بدون سوزاندن پیش برانیم، و چگونه آن را در جهت درست هدایت کنیم؟ آنگاه ناچاریم نانوفضاپیما را به مدت بیست سال در فضای تهی منجمد فعال نگه داریم تا بتواند سیگنال‌ها را در مسیری به طول چهار سال نوری به زمین بفرستد. این‌ها همه از مشکلات مهندسی هستند و دست‌آخر حل می‌شوند. آنگاه که این تکنولوژی پیشرفت کند و به تکنولوژی مادر تبدیل شود، می‌توان مأموریت‌های هیجان‌انگیز دیگری را مطرح ساخت. حتی

با آرایه‌های لیزری کم‌قدرت نیز زمان سفر به سیارات دیگر، به خارج از منظومه شمسی یا فضای میان‌ستاره‌ای می‌تواند به شدت کاهش یابد.

البته، آنچه گفتیم سفر میان‌ستاره‌ای سرنشین‌دار نخواهد بود، حتی اگر بتوانیم اتاق سفینه را بزرگ کنیم تا خدمه‌ی پرواز را در خود جای دهد. این فضاپیما قادر نخواهد بود که بایستد. با وجود این، آنگاه که در پایان به کیهکشان برسیم، لحظه‌ای خواهد بود که فرهنگ آدمی میان‌ستاره‌ای می‌شود. و آنگاه که برنامه‌ی بریکثرو استارشات بتواند تصاویری از سیاره‌ای سکونت‌پذیر را به ما بفرستد که نزدیک‌ترین ستاره‌ی همسایگی ما را دور می‌زند، برای آینده‌ی بشریت فوق‌العاده مهم خواهد بود.

در پایان به اینشتین برمی‌گردم. هرگاه در منظومه‌ی آلفا قنطورس سیاره‌ای بیابیم و تصویر آن را دوربینی بگیرد که با سرعت یک پنجم سرعت نور در حرکت است، این تصویر به خاطر اثرهای نظریه‌ی نسبیت خاص اندکی اعوجاج خواهد داشت. آن هنگام، نخستین‌باری خواهد بود که فضاپیمایی توانسته است چنان سریع حرکت کند که این اثرها را ببیند. در کل این مأموریت، نظریه‌ی اینشتین از اهمیت محوری برخوردار است. بدون آن، نه لیزرها را خواهیم داشت و نه خواهیم توانست محاسباتی را انجام دهیم که برای هدایت، تصویربرداری، و ارسال داده‌ها در مسیری به طول چهل هزار میلیارد کیلومتر با سرعت یک پنجم سرعت نور لازم است.

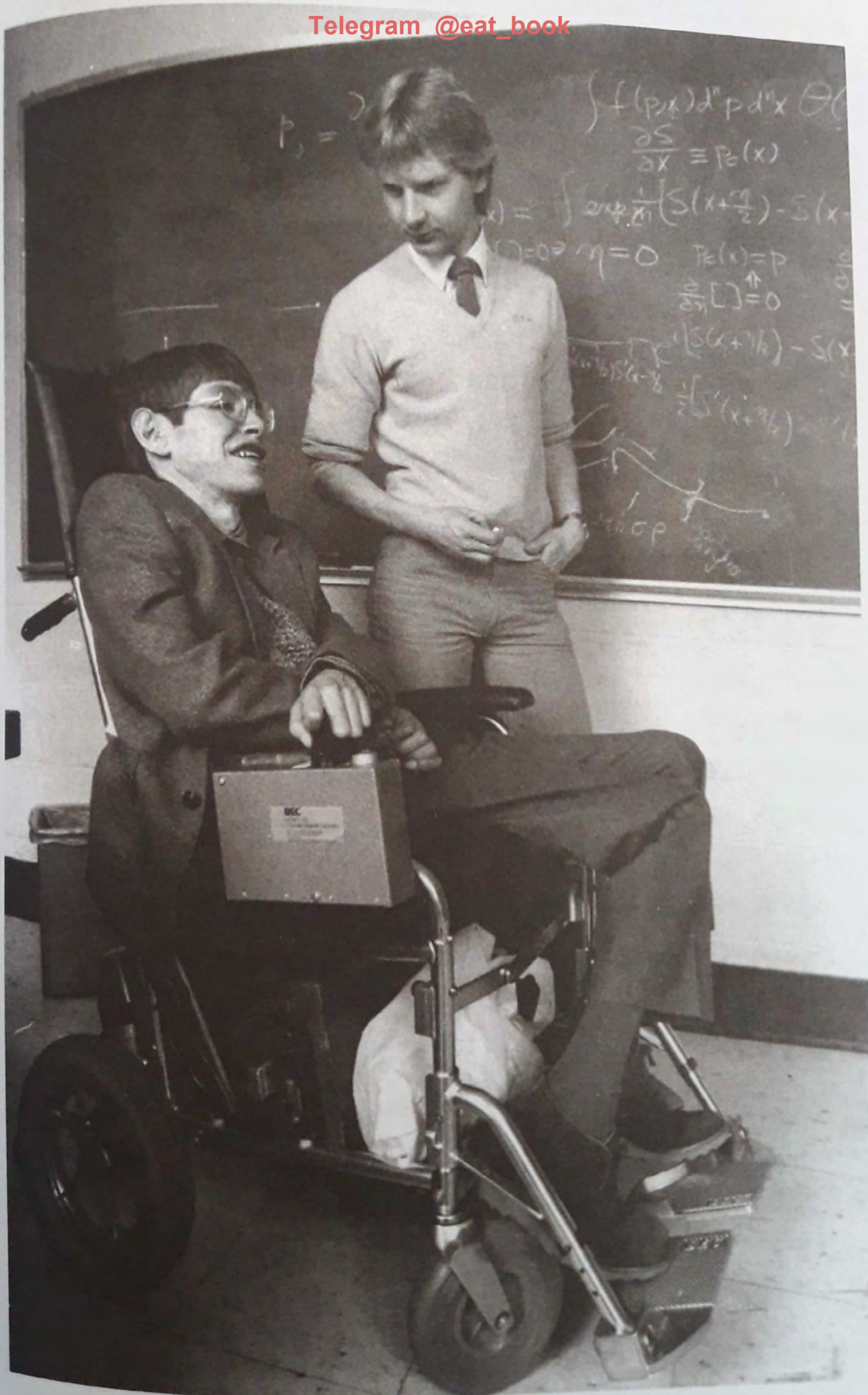
اینک می‌توانیم کوره‌راهی را ببینیم که از رؤیای پسر بچه‌ی شانزده ساله‌ای آغاز می‌گردد که می‌خواست بر باریکه‌ی نور سواری کند و به رؤیای امروزی ما ختم می‌شود که برنامه‌ریزی می‌کنیم تا به آن تحقق بخشیم و سوار بر باریکه‌ی نور به ستارگان سفر کنیم. ما در آستانه‌ی عصر تازه‌ای ایستاده‌ایم. امروزه کوچ انسان به سیارات دیگر، کوچ علمی تخیلی نیست، بلکه می‌تواند نوعی واقعیت علمی باشد. نسل آدمی در حدود دو میلیون سال است که به عنوان گونه‌ای جداگانه وجود داشته است. تمدن در حدود ده هزار سال پیش آغاز شد و آهنگ تکامل آن کماکان رو به افزایش بوده است. اگر نسل آدمی بخواهد هم‌چنان یک میلیون سال دیگر نیز تداوم داشته باشد، آینده‌ی ما به جایی تعلق خواهد داشت که کسی پیش از این آنجا نرفته است.

بهترین‌ها را آرزو می‌کنم. ناچارم. ما گزینه‌ی دیگری نداریم.

فصل ۸: آیا باید به فضا کوچ کنیم؟ ۱۲۳

عصر سفرهای فضایی سرنشین دار از راه رسیده است.
این سفرها برای ما چه معنایی دارند؟

من در انتظار سفر فضایی هستم. من جزو کسانی خواهم بود
که نخستین بلیطها را می خرند. به گمان من در یک صد سال آینده
خواهیم توانست به هر نقطه‌ای از منظومه‌ی شمسی سفر کنیم، اما برای سفرهای
سیاره‌ای برون منظومه‌ی شمسی هنوز زود خواهد بود. سفر به ستارگان
زمان بیشتری می‌طلبد. فکر کنم در عرص پانصد سال بتوانیم از
تعدادی از ستارگان نزدیک دیدن کنیم. سفر ما چیزی شبیه
به سفرهای فیلم پیشتازان فضا نخواهد بود. نخواهیم
توانست با سرعتی بیش از سرعت نور سفر کنیم.
از این رو هر سفر رفت و برگشت ما دست کم
ده سال، شاید هم به مراتب بیش از آن
طول خواهد کشید.



فصل ۹

آیا هوش مصنوعی بر ما چیره خواهد شد؟^۱

هوش برای انسان بودن معنایی محوری دارد. هر آنچه تمدن بخواهد عرضه کند، محصول هوش آدمی است.

مولکول DNA طرح کلی حیات را از نسلی به نسل دیگر منتقل می‌کند. اشکال پیچیده‌تر گونه‌های حیاتی نیز اطلاعات ورودی را از حسگرهایی چون چشم و گوش دریافت و در مغز یا سامانه‌های دیگری پردازش می‌کنند تا، برای مثال با دادن اطلاعات خروجی به عضلات، تصمیم بگیرند که چه واکنشی از خود نشان دهند و با دنیای بیرون چگونه رفتار کنند. لحظه‌ای در تاریخ کیهانی ۱۳/۸ میلیارد ساله‌ی ما، واقعه‌ی زیبایی رخ داد. این پردازش اطلاعات چنان هوشمند شد که گونه‌های حیات خودآگاه شدند. جهان ما هم اینک بیدار و خودآگاه شده است. من این را پیروزی می‌دانم که خود ما که غبار ستاره‌ای بیش نبودیم، جهانی را که در آن زندگی می‌کنیم، چنین ژرف درک می‌کنیم.

به گمان من فرق زیادی نیست میان این که مغز کرم‌خاکی چگونه کار می‌کند و کامپیوتر چگونه محاسبه می‌کند. من بر این باور نیز هستم که تکامل متضمن آن است که میان مغز کرم‌خاکی و مغز انسان نمی‌تواند اختلاف کیفی وجود داشته باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در اصل کامپیوترها می‌توانند از هوش انسان تقلید کنند یا حتی بهتر از آن عمل کنند. آشکارا امکان‌پذیر است که چیزی از پیشینیانش هوشمندتر باشد، برای مثال ما از پیشینیانمان و اینشتین از پدر و مادرش باهوش‌تر بوده‌ایم.

هرگاه کامپیوترها هم‌چنان از قانون مور که می‌گوید ظرفیت حافظه‌ی کامپیوترها

۱. برای کسب اطلاعات جامع‌تر در این زمینه به کتاب حیات ۳/۱۰ انسان در عصر هوش مصنوعی، ماکس نگمارک، ترجمه‌ی جمیل آریایی، انتشارات مازیار، ۱۳۹۷، رجوع کنید.

هر هجده ماه دو برابر می‌شود، پیروی کنند، در صد سال آینده لحظه‌ای فرا خواهد رسید که به احتمال زیاد کامپیوترها از هوش آدمی جلو بزنند. آنگاه که هوش مصنوعی در طراحی هوش مصنوعی از انسان‌ها بهتر عمل کند و بتواند، بدون دخالت انسان، مدام خود را اصلاح کند، آنگاه با انفجار هوش روبرو می‌شویم و در نهایت ماشین‌هایی ساخته می‌شوند که هوش آن‌ها، بیش از آنچه هوش ما از هوش صدف بیشتر است، از هوش انسان‌ها پیشی می‌گیرد. این اتفاق که بیفتد، باید اطمینان حاصل کنیم که اهداف کامپیوترها با اهداف ما هم‌سو باشند. وسوسه‌انگیز است که مفهوم ماشین‌های فوق‌العاده هوشمند را صرفاً علمی تخیلی تصور کنیم و آن‌ها را نادیده بگیریم، اما چنین طرز فکری اشتباه خواهد بود و آن هم بزرگترین اشتباهی که تاکنون مرتکب شده‌ایم.

در عرض بیست سال گذشته، هوش مصنوعی به مسائلی درباره‌ی ساخت عوامل هوشمندی پرداخته است و این عوامل سامانه‌هایی هستند که شرایط محیطی ویژه‌ای را درک و در آن‌ها عمل می‌کنند. از این دیدگاه، هوشمندی با مفاهیم آماری و اقتصادی خردمندی رابطه دارد، یعنی، اگر بخواهیم عامیانه بگوییم هوش، همان توانایی تصمیم‌گیری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها، یا استنتاج‌های درست است. به خاطر دست‌آورد پژوهش‌های اخیر، رشته‌هایی چون هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی، آمار، نظریه‌ی کنترل، علم اعصاب، و سایر رشته‌ها درهم تنیده و از یکدیگر بهره‌مند می‌شوند. بنای چارچوب‌های نظری مشترک، همراه با فراوانی داده‌ها و قدرت پردازش، سبب شده تا در انجام وظایف گوناگونی چون، تشخیص گفتار، طبقه‌بندی تصاویر، وسایل خودکار، ترجمه‌ی ماشینی، وسایل حرکتی پادار، و سامانه‌های پاسخگو، پیشرفت شایانی به وقوع پیوندد.

همین‌که پیشرفت در این شاخه‌ها و شاخه‌های دیگر از محدوده‌ی آزمایشگاه‌های پژوهشی فراتر رفته و به عرصه‌ی تکنولوژی‌های ارزشمند اقتصادی کشانده شود، چرخه‌ی رشد و سرمایه‌گذاری تکامل می‌یابد و در نتیجه، اصلاحات هر چند کوچکی در هریک از این زمینه‌ها، ارزش سرمایه‌گذاری‌های کلان را دارد و بودجه‌های پژوهشی هر چه بیشتری را می‌طلبد. امروزه همگان پذیرفته‌اند که پژوهش‌های هوش مصنوعی آرام آرام در حال گسترش هستند و به احتمال زیاد تأثیر آن‌ها بر جامعه روز به روز مشهودتر می‌شود. سودمندی‌های بالقوه‌ی آن فراوان هستند و ما عاجز از آن هستیم پیشگویی کنیم که وقتی پژوهش‌های هوش مصنوعی ابزاری با هوشمندی بالاتر را در اختیار ما بگذارند، دست‌آوردهای

آن‌ها چه خواهند بود. ریشه‌کن شدن بیماری و فقر امکان‌پذیر می‌شود. از آنجا که توانمندی هوش مصنوعی زیاد است، مهم است پژوهش کنیم که چگونه از سودمندی‌های آن استفاده و از خطرات بالقوه‌ی آن دوری کنیم. کامیابی در خلق هوش مصنوعی، بزرگترین رویداد تاریخ آدمی خواهد بود.

متأسفانه اگر نیاموزیم چگونه از خطرات آن بر حذر بمانیم، شاید این فرجامین دست‌آورد در تاریخ آدمی نیز باشد. هرگاه از هوش مصنوعی به عنوان ابزار استفاده کنیم خواهیم توانست بر هوش کنونی‌مان افزوده و در رشته‌های مختلف علم و جامعه به پیشرفت‌های شایانی دست یابیم. با وجود این، هوش مصنوعی همراه خود خطراتی هم خواهد آورد. حال که اشکال بدوی هوش مصنوعی این‌همه دست‌آورد سودمند داشته است، من از پیامدهای خلق چیزی که هوش آن هم‌تراز با هوش آدمی یا بیشتر از آن باشد، می‌ترسم. نگرانی من از این است که هوش مصنوعی راهش را از ما جدا کرده و با آهنگی فزاینده، مدام به بازطراحی خود دست بزند. انسان‌ها که به تکامل زیست‌شناختی کُندی محکوم هستند، نمی‌توانند با هوش مصنوعی رقابت کنند و از آن عقب می‌مانند. در آینده هوش مصنوعی می‌تواند خواسته‌های خود را داشته باشد و این خواسته‌ها چه بسا با خواسته‌های ما انسان‌ها هم‌سو نباشند. عده‌ای بر این باور هستند که انسان‌ها می‌توانند آهنگ رشد تکنولوژی را تا مدت زمان معقولی در اختیار بگیرند و هوش مصنوعی را وادارند که مشکلات دنیا را حل کند. اگرچه من در رابطه با نسل انسان آدم خوش‌بینی هستم، اما در این مورد چندان مطمئن نیستم.

برای مثال، ارتش‌های دنیا در کوتاه‌مدت می‌خواهند برای سامانه‌های آتش‌به‌اختیاری که می‌توانند هدف‌های‌شان را گزینشی حذف کنند، مسابقه‌ی تسلیحاتی راه بیندازند. در حالی که سازمان ملل قصد دارد پیمان منع چنین سلاح‌هایی را به تصویب برساند، مدافعان سلاح‌های آتش‌به‌اختیار معمولاً فراموش می‌کنند که مهم‌ترین پرسش را بپرسند. دست‌آورد نهایی هر مسابقه تسلیحاتی چیست و آیا برای نسل انسان سودی دارد؟ آیا ما به راستی می‌خواهیم سلاح‌های ارزان‌قیمت هوش مصنوعی کلاشینکوف‌های امروزی شوند و در بازارهای آزاد به جنایتکاران و تروریست‌ها فروخته شوند؟ با در نظر گرفتن نگرانی ما درباره‌ی توانایی کنترل درازمدت سامانه‌های هوش مصنوعی پیشرفته‌تر، آیا باید آن‌ها را به سلاح مجهز کنیم تا از ما دفاع کنند؟ در سال ۲۰۱۰، سامانه‌های تجارت الکترونیکی سبب سقوط ناگهانی سهام بازار بورس (فلش کرش) شدند. حال اگر در صحنه‌ی

دفاعی نیز کامپیوتر سبب ساز سقوط ناگهانی باشد، پیامد آن چه خواهد بود؟ همین حالا بهترین وقت آن است که جلو ساخت سلاح‌های آتش به‌اختیار را بگیریم. در میان‌مدت، هوش مصنوعی خواهد توانست شغل‌های ما را اتومات کند و ثروت و برابری به بار آورد. در آینده محدودیتی بر آنچه می‌توانیم به دست آوریم، وجود ندارد. هیچ قانون فیزیکی نداریم که مجاز نداند ذرات چنان آرایش یابند تا محاسبات پیشرفته‌تری انجام دهند که آرایش ذرات مغز انسان‌ها قادر به انجام آن‌ها نیستند. چنین گذار انفجاری امکان‌پذیر است، هر چند که عملکرد آن با آنچه در فیلم‌ها می‌بینیم متفاوت است. در سال ۱۹۶۵، ابروینگ گود گفته است که ماشین‌هایی با هوش ابرانسانی می‌توانند خود را پیوسته بهتر از گذشته اصلاح کنند و این رویداد را نویسنده‌ی داستان‌های علمی تخیلی، ورنور وینگ، تکینگی تکنولوژیکی می‌نامد. می‌توان تصور کرد که این تکنولوژی بازارهای مالی را به کنترل درمی‌آورد، از پژوهشگران ابداع‌گر انسانی گوی سبقت را می‌رباید، رهبران انسانی را به سخره می‌گیرد و با سلاح‌هایی که حتی نمی‌توانیم درک‌شان کنیم ما را مطیع خود می‌گرداند. در حالی که تأثیر کوتاه‌مدت هوش مصنوعی به این بستگی دارد که چه کسی آن را تحت کنترل دارد، تأثیر درازمدت آن به این بستگی دارد که آیا می‌شود هوش مصنوعی را به کنترل درآورد یا نه.

به طور خلاصه، ابداع هوش مصنوعی ابرهوشمند از سویی می‌تواند بهترین نعمت برای بشریت باشد و از سویی هم بدترین آن. خطر واقعی هوش مصنوعی، نه بدخواهی آن، بلکه توانایی آن است. هر هوش مصنوعی ابرهوشمند در به انجام رساندن اهداف‌اش فوق‌العاده خوب عمل خواهد کرد و اگر این اهداف هم‌سو با اهداف ما نباشند، به مشکل برمی‌خوریم. شما احتمالاً از مورچه‌ها آن قدرها متنفر نیستید که از روی عمد آن‌ها را زیر پا له کنید، اما اگر سرپرست پروژه‌ی ساخت تأسیسات انرژی پاک هیدروالکتریک باشید و جایی که باید با آب پر شود تپه‌ی مورچه‌ها باشد، آن وقت بدا به حال مورچه‌ها. نباید انسان‌ها را در جای مورچه‌ها گذاشت. ما باید از پیش برنامه‌ریزی کنیم. هرگاه تمدن برتری پیامی نوشتاری به ما بفرستد و بگوید «ما در عرض چند دهه خواهیم رسید»، آیا تنها به این اکتفا می‌کنیم که پاسخ دهیم «باشد، هر وقت اینجا رسیدید اطلاع دهید تا چراغ‌ها را روشن بگذاریم»؟ به احتمال زیاد نه، اما کم و بیش این همان کاری است که با هوش مصنوعی کرده‌ایم. خارج از جرگه‌ی چند سازمان غیرانتفاعی، کسی در این باره پژوهش عمده‌ای انجام نمی‌دهد.

خوشبختانه، اوضاع در حال تغییر است. پیشگامان تکنولوژی بیل گیتس، استیو وُزنیاک، و الون ماسک به نگرانی‌های من لبیک گفته‌اند و فرهنگ سالم ارزیابی خطرات و آگاهی از پیامدهای اجتماعی هوش مصنوعی اندک اندک در جامعه‌ی هوش مصنوعی ریشه می‌دواند. در ماه ژانویه‌ی ۲۰۱۵، من به اتفاق الون ماسک و عده‌ی کثیری از متخصصین نام‌هی سرگشاده‌ای را درباره‌ی هوش مصنوعی امضاء کردیم که فراخوانی برای پژوهش‌های جدی تأثیر آن بر جامعه بود. در گذشته، الون ماسک هشدار داده بود که هوش مصنوعی ابرانسان قادر است سودمندی‌های بی‌حد و حصری برای انسان فراهم آورد، اما اگر نسنجیده به کار گرفته شود تأثیر وارونه‌ای بر نسل انسان خواهد داشت. من و او عضو کمیته‌ی مشاورین علمی انستیتو آینده‌ی حیات هستیم. این سازمان تلاش می‌کند از خطرات بالقوه‌ی هوش مصنوعی که بشریت را تهدید می‌کند بکاهد و سازمانی است که نام‌هی سرگشاده را تهیه کرده است. این نام‌هی فراخوانی بود برای پژوهش‌های اساسی درباره‌ی این که چگونه می‌توانیم از مشکلات بالقوه‌ی هوش مصنوعی بر حذر بمانیم و در عین حال سودمندی‌های بالقوه‌ی آن برای انسان را حفظ کنیم و نام‌هی بود که از پژوهشگران و سازندگان هوش مصنوعی می‌خواست که به ایمنی آن بیشتر توجه کنند. فزون بر آن، این نام‌هی به سیاستگذاران و مردم می‌گفت که به جای هوشیگری، روشنگری کنند. ما فکر می‌کنیم بسیار مهم است همگان بدانند که پژوهشگران هوش مصنوعی، این نگرانی‌ها و مسائل اخلاقی را جدی می‌گیرند. برای مثال، هوش مصنوعی این توانایی را دارد که بیماری و فقر را ریشه‌کن کند، با این حال پژوهشگران باید تلاش کنند تا هوش مصنوعی را چنان خلق کنند که بتوان آن را کنترل کرد.

در ماه اکتبر سال ۲۰۱۶ من نیز مرکز تازه‌ای در کمبریج باز کردم که تلاش خواهد کرد برخی از پرسش‌های بی‌پاسخ را پاسخ دهد که آهنگ سریع پیشرفت پژوهش‌های هوش مصنوعی پیش آورده است. مرکز لورهولم برای آینده‌ی هوش، انستیتوی چندرشته‌ای است و اختصاص دارد به مطالعات آینده‌ی هوش به عنوان رشته‌ای که برای آینده‌ی تمدن ما و گونه‌ی ما مهم است. ما وقت زیادی را صرف مطالعه‌ی تاریخ می‌کنیم که الحق بیشتر آن تاریخ حماقت است. از این‌رو تغییر ذائقه‌ی خوبی است که مردم به جای آن به مطالعه‌ی آینده‌ی هوش پردازند. ما از خطرات بالقوه‌ی آن آگاه هستیم، اما امکان دارد با ابزار این انقلاب تکنولوژیکی جدید ما حتی قادر باشیم مقداری از خسارتی را که صنعتی شدن به طبیعت ما

زده، ترمیم کنیم.

از جمله پیشرفت‌های اخیر در ترویج هوش مصنوعی، فراخوانی از جانب پارلمان اروپا برای تهیه‌ی پیش‌نویس مجموعه مقررات است که بر تولید روبات‌ها و هوش مصنوعی حاکم باشند. شاید جای تعجب باشد که هوش مصنوعی در این پیش‌نویس نوعی شخصیت الکترونیکی شمرده شده است تا حقوق و مسئولیت‌های توانمندترین و پیشرفته‌ترین هوش مصنوعی به رسمیت شناخته شود. یکی از سخنگویان پارلمان اروپا گفته است که چون روبات‌ها بر فعالیت‌های زندگی ما تأثیر روزافزونی دارند، باید مطمئن شویم که روبات‌ها در خدمت انسان‌ها هستند و خواهند بود. گزارشی به پارلمان داده شده که دنیا در آستانه‌ی انقلاب روبات‌های صنعتی جدیدی است. در این گزارش بررسی شده است که آیا می‌شود حقوق روبات‌ها را، هم‌تراز با تعریف قانونی شخصیت حقوقی دانست یا نه. اما این گزارش تأکید دارد که پژوهشگرها و طراحان باید در همه‌ی زمان‌ها طرح‌های روباتی‌شان را به سویچ‌های قطع مجهز کنند.

کلید قطع روی هال، کامپیوتر روباتی معیوب در فیلم استانلی کوبریک ۲۰۰۱: اودیسه‌ی فضایی، به درد دانشمندان داخل فضاپیما نخورد، اما این روبات تخیلی بود. ما با واقعیت سروکار داریم. در گزارش فوق، لورنا برازل که مشاور شرکت حقوق چندملیتی ازبورن کلارک است، می‌گوید ما نهنگ‌ها و گوریل‌ها را به عنوان شخصیت حقیقی و حقوقی نمی‌شناسیم، پس نیازی نیست که شخصیت روبات‌ها را به رسمیت بشناسیم. با وجود این، ما از روبات‌ها نگرانی داریم. در این گزارش اعلام شده است که امکان دارد در عرض چند دهه هوش مصنوعی بتواند از گنجایش هوشی انسان جلو بزند و رابطه‌ی میان انسان و روبات را به چالش بکشد. تا سال ۲۰۲۵ در حدود سی کلان‌شهر خواهیم داشت که جمعیت هریک از آن‌ها از مرز ده میلیون نفر خواهد گذشت. هرگاه این جماعت مایل باشند هر زمان که خواستند کالا و خدمات دریافت کنند، آیا تکنولوژی می‌تواند به ما کمک کند تا با آهنگ رو به رشد این‌گونه داد و ستدهای لحظه‌ای هماهنگ شویم؟ قطعاً روبات‌ها فرایند داد و ستدهای آنلاین را سرعت خواهند بخشید. اما برای این که روبات‌ها فرایند خرید را بنیادی دگرگون کنند باید آن قدر سریع عمل کنند که بتواند هر سفارش را همان روز به مشتری برسانند.

فرصت‌های برهم‌کنش با دنیا، بدون حضور فیزیکی، به سرعت رو به افزایش است. آن‌گونه که می‌توانید تصور کنید من آن را می‌پسندم، به ویژه که زندگی

شهری پر مشغله است. شده آرزو کرده باشید که ای کاش می توانستید دو نفر باشید و کارهای محوله را انجام می دادید؟ خلق همتای واقعی دیجیتالی خودمان، رؤیای غرور انگیزی است، اما از تکنولوژی های امروزی پیداست این امر چندان هم که فکر می کنیم دور از دسترس نیست.

جوان که بودم، پیدایش تکنولوژی به آینده ای تعلق داشت که همه در آن خوش می گذرانندیم. اما هر چه بیشتر بتوانیم کار کنیم، پر مشغله تر می شویم. شهرهای ما مملو از ماشین هاست که بر توانایی های ما می افزایند، حال چه می شد اگر می توانستیم همزمان دو جا باشیم؟ ما با سامانه های تلفن های پاسخگو و اطلاعاتی عمومی آشنا هستیم. امروزه مخترعی به نام دانیل کرافت بررسی می کند که آیا امکان دارد بتوانیم کپی تصویری خودمان را بسازیم. سوال اینجاست که کپی تصویری ما چقدر قانع کننده می تواند باشد؟

مدرسین اینتراکتیو می توانند برای دوره های درسی آنلاین آزاد و تفریحی توده ای بسیار سودمند باشند. چقدر هیجان انگیز است که هنرپیشه های دیجیتالی تا ابد جوان می مانند و می توانند نقش های محیرالعقولی را بازی کنند. چه بسا نمادهای آینده ای ما حتی واقعی نباشند.

این که چگونه با دنیای دیجیتال رابطه برقرار کنیم، رمز پیشرفت ما در آینده خواهد بود. هوشمندترین خانه های هوشمندترین شهرها، به وسایل چنان باهوشی مجهز خواهند بود که ارتباط برقرار کردن با آنها کار آسانی است.

ماشین تحریر که اختراع شد، برهم کنش با ماشین ها را برای ما راحت کرد. از آن زمان تقریباً ۱۵۰ سال می گذرد و حالا صفحات لمسی راه ارتباط با دنیای دیجیتال را باز کرده اند. چشم اندازهای اخیر چون خودروهای خودران، یا کامپیوتری که گو بازی می کند، نشانه هایی از وسایل آینده هستند. سرمایه گذاری در این تکنولوژی که اندک اندک بخش بزرگی از زندگی ما را می سازد، کلان است. این تکنولوژی در دهه های پیش رو در همه جای جامعه ای ما رخنه خواهد کرد و در بسیاری از زمینه ها چون بهداشت و درمان، کار، آموزش و پرورش، و علوم، کمک یار و مشاور ما خواهد بود. به یقین دست آوردهایی که تاکنون شاهد آنها بوده ایم در برابر آنچه در دهه های پیش رو خواهیم دید، بی فروغ خواهند شد و نمی توانیم از حالا پیشگویی کنیم آنگاه که مغزمان را هوش مصنوعی تقویت کند به چه چیزهایی دست خواهیم یافت.

شاید بتوانیم با ابزاری که این انقلاب تکنولوژیکی جدید در اختیار ما می گذارد،

کیفیت حیات انسان را ارتقا دهیم. برای مثال، پژوهشگران در حال ساخت نوعی هوش مصنوعی هستند که کمک می‌کند تا کسانی که بر اثر آسیب‌دیدگی ستون فقرات فلج شده‌اند به زندگی عادی برگردند. این تکنولوژی با استفاده از تراشه‌های سیلیکونی و مدارهای بی‌سیم رابط میان مغز و بدن، مردم را قادر می‌سازد که با فکر کردن، حرکت‌های بدن‌شان را کنترل کنند.

به گمان من آینده‌ی ارتباطات، مدارهای رابط میان مغز و کامپیوتر خواهند بود. دو راه وجود دارد که یکی الکترودها و دیگری پیوندها هستند. الکترودها به این می‌مانند که از پشت عینک مه‌گرفته‌ای بیرون را نگاه کنیم و پیوندها بهتر هستند اما خطر عفونت دارند. هرگاه بتوانیم مغز انسان را به اینترنت وصل کنیم، مغز به همه‌ی اطلاعات دانشنامه‌ی ویکیپدیا دسترسی خواهد داشت.

با زیاد شدن ارتباط میان مردم، ابزار، و اطلاعات، دنیا نیز با آهنگ بیشتری تغییر کرده است. قدرت محاسباتی در حال رشد است و کامپیوترهای کوانتومی به سرعت دسترس‌پذیرتر می‌شوند. این کامپیوترها هوش مصنوعی را با آهنگی نمایی دگرگون و رمزگذاری اطلاعات کامپیوتری را پیچیده‌تر خواهند کرد. کامپیوترهای کوانتومی همه چیز، از جمله زیست‌شناسی انسان، را تغییر خواهند داد. هم‌اینک روش دقیقی برای ویرایش DNA هست که کریسپر نام دارد. اساس این تکنولوژی ویرایش ژنوم، نوعی سامانه‌ی دفاعی باکتریایی است. این سامانه می‌تواند به دقت بندهای کد ژنتیکی را شناسایی و ویرایش کند. بهترین هدفی که دستکاری ژنتیکی می‌تواند داشته باشد این است که با اصلاح کردن ژن‌ها دانشمندان می‌توانند علل ژنتیکی بیماری‌ها را با تصحیح جهش‌های ژنی از میان ببرند. با وجود این، روش‌های نوآورانه‌ای برای دستکاری DNA در اختیار نداریم. این که با مهندسی ژنتیک چه توفیقی نصیب ما می‌شود، پرسشی است که پاسخ عاجل می‌طلبد. با در نظر داشتن خطرات ناشی از مهندسی ژنتیک، روشی برای درمان بیماری‌های موتور نورو، مثل بیماری ALS من، وجود ندارد.

هوشمندی، با توانایی تطابق با تغییر توصیف می‌شود. هوش انسان نتیجه‌ی نسل‌ها انتخاب طبیعی از میان آنانی است که با شرایط تغییر یافته خود را تطبیق داده‌اند. ما نباید از تغییر بترسیم، بلکه باید از آن به نفع خودمان استفاده کنیم.

نقش همه‌ی ما این است چنان کنیم تا مطمئن شویم خود و نسل بعدمان، نه تنها فرصت بلکه تصمیم آن را داشته باشیم که با تمام قوا از دوران آغازین در طلب علم بکوشیم تا بتوانیم از ظرفیت‌های مان استفاده کنیم و برای نسل آدمی

فصل ۹: آیا هوش مصنوعی بر ما چیره خواهد شد؟ ۱۳۳

جهان بهتری بیافرینیم. ما نیاز داریم گام را فراتر از بحث‌های نظری ماهیت هوش مصنوعی بگذاریم و کاری کنیم که هوش مصنوعی آن‌گونه باشد که ما می‌خواهیم. ما این توانایی را داریم که مرزها را از آنچه هست یا انتظار می‌رود، گسترده‌تر کنیم. ما در آستانه‌ی دنیای تازه‌ی متهورانه‌ی ایستاده‌ایم. دنیا گرچه بی‌ثبات است، اما جای هیجان‌انگیزی است و ما پیشاهنگانیم.

روزی که آتش را اختراع کردیم، تا مدت‌ها همه جا را به آتش کشیدیم تا این که سرانجام آتش‌نشان را اختراع کردیم. با تکنولوژی‌های قدرتمندتری چون سلاح‌های هسته‌ای، زیست‌شناسی سنتزی، و هوش مصنوعی قوی، ما باید بتوانیم آینده را برنامه‌ریزی کنیم و هدف‌مان این باشد که کارها در مرحله‌ی نخست درست از آب درآیند، چون این بار تنها یک بار فرصت داریم. آینده‌ی ما رقابت میان قدرتمندی روزافزون تکنولوژی ما و خردی است که با آن از این تکنولوژی استفاده می‌کنیم. کاری کنیم که خرد برنده‌ی میدان رقابت باشد.

چرا باید تا این اندازه نگران هوش مصنوعی باشیم؟ آیا انسان همیشه می‌تواند آن را از برق بکشد و خاموش کند؟

مردم از کامپیوتری پرسیدند، «آیا خدایی هست؟» و کامپیوتر در پاسخ گفت: «حالا هست» و پریز را وصل کرد.

فصل ۱۰

آینده را چگونه بسازیم؟



یک قرن پیش، آلبرت اینشتین درک ما از فضا، زمان، انرژی، و ماده را دگرگون ساخت. ما کماکان قراین متقنی برای پیشگویی‌های او پیدا می‌کنیم، از جمله امواج گرانشی را که آزمایش رصدخانه‌ی امواج گرانشی تداخل سنج لیزری (LIGO) در سال ۲۰۱۶ کشف کرد. هر وقت که به نبوغ فکر کنم، بی‌اختیار نام اینشتین در ذهنم تداعی می‌شود. ایده‌های نابغه‌گونه‌ی او از کجا سرچشمه می‌گرفتند؟ شاید از ویژگی‌هایی چون درک مستقیم، اصالت فکری، و هوشمندی که او داشت. اینشتین لایه‌های زیرین سطح را درمی‌نوردید و ساختار زیربنایی را هویدا می‌کرد. او به عقل سلیم که می‌گفت اشیاء باید آن‌گونه که به چشم می‌آیند باشند، بی‌اعتنا بود. این جسارت را داشت که آنچه را به نظر دیگران ناآشنا می‌آمد، پی‌گیری کند و همین او را از بند می‌رهانید تا نه تنها نابغه روزگار خود، بلکه نابغه‌ی همه‌ی دوران شود.

صفت بارز اینشتین، خیال‌پردازی او بود. بسیاری از کشف‌های او از آن جا سرچشمه می‌گرفتند که او می‌توانست جهان را از راه آزمایش‌های فکری مطالعه کند. شانزده ساله بود که رؤیای سواری بر باریکه‌ی نور را در سر داشت تا این نور برتر را موج منجمدی ببیند. چنین دیدگاهی در نهایت به نظریه‌ی نسبیت خاص انجامید.

یک صدسال بعد، فیزیکدان‌ها درباره‌ی جهان هستی به مراتب بیش از اینشتین می‌دانند. امروزه ما ابزار بزرگتری برای کشف داریم، از جمله شتاب‌دهنده‌های ذره‌ای، ابرکامپیوترها، تلسکوپ‌های فضایی، و آزمایش‌هایی چون پژوهش‌های آزمایشگاه رصدخانه‌ی امواج گرانشی تداخل سنج لیزری. با وجود این، خیال‌پردازی هم‌چنان یکی از قدرتمندترین ابزار ماست. با خیال‌پردازی می‌توانیم به هر نقطه

از فضا و زمان که خواستیم برویم. با خیال‌پردازی می‌توانیم آنگاه که با خودرو رانندگی می‌کنیم یا در میهمانی در حالی که تظاهر می‌کنیم داریم به حرف‌های خسته‌کننده‌ی کسی گوش می‌دهیم، در ذهن‌مان شاهد پدیده‌های شگفت‌انگیز طبیعت باشیم.

زمان نوجوانی، با شور و حرارت تمام علاقه داشتم بدانم که اسباب‌بازی‌ها چگونه کار می‌کنند. آن روزها می‌شد به آسانی هر نوع اسباب‌بازی را قطعه قطعه کرد و فهمید چگونه کار می‌کند. من همیشه در سرجمع کردن قطعات اسباب‌بازی‌هایی که قطعه قطعه می‌کردم کامیاب نبودم، اما فکر می‌کنم بیش‌تر از هر دختر و پسر امروزی که بخواهد با گوشی موبایل‌اش همین کار را بکند، چیز یاد می‌گرفتم. پیشه‌ی من هنوز این است که بدانم اشیاء چگونه کار می‌کنند، اما در مقیاسی دیگر. امروزه من قطارهای اسباب‌بازی را نابود نمی‌کنم، بلکه تلاش می‌کنم تا با به کار بردن قوانین فیزیک بدانم جهان هستی چگونه کار می‌کند. هرگاه بدانیم که شیء چگونه کار می‌کند، خواهیم توانست آن را به کنترل درآوریم. این‌طوری که می‌گویم، کار ساده‌ای به نظر می‌رسد! این کار تلاش مسحورکننده و پیچیده‌ای بوده که مرا در بزرگسالی شیفته و مجذوب خود ساخته است. من با تعدادی از دانشمندان بزرگ دنیا کار کرده‌ام. شانس با من یار بوده تا در دوران باشکوه رشته‌ی مورد علاقه‌ام، کیهان‌شناسی، زنده باشم که ریشه‌های جهان هستی را مطالعه می‌کند. ذهن آدمی سامانه‌ی عجیب و غریبی است که می‌تواند شکوه و جلال آسمان‌ها و ظرافت‌های اجزای بنیادی ماده را درک کند. با وجود این، برای این که ذهن به اوج توانمندی‌اش برسد، جرقه‌ای لازم دارد که جرقه‌ی کشف و شهود و سرگشتگی است.

بانی این جرقه اغلب آموزگاران هستند. بگذارید توضیح دهم. درس دادن به من کار ساده‌ای نبود، چون در خواندن کُند بودم و دست‌خط خوبی هم نداشتم. به سن چهارده سالگی که رسیدم آموزگارم در مدرسه‌ی سنت آلبنز، آقای دیگران تاهتا بود که به من نشان داد چگونه از انرژی‌ام استفاده کنم و مرا تشویق کرد تا درباره‌ی ریاضیات خلاقانه فکر کنم. او چشمان مرا به ریاضیات باز کرد که زبان خود جهان هستی بود. هر انسان استثنایی را که در نظر بگیرید، پشت سرش آموزگاری استثنایی خوابیده است. آنگاه که هریک از ما فکر کنیم در زندگی می‌خواهیم چکاره شویم، به احتمال زیاد به آموزگارمان بستگی دارد. با وجود این، امروزه آموزش و پرورش و علوم و پژوهش‌های تکنولوژیکی

بیش از گذشته در معرض خطر قرار گرفته‌اند. به لحاظ بحران‌های اخیر مالی در جهان و معیارهای اقتصاد ریاضتی، سرمایه‌گذاری در شاخه‌های علوم، به ویژه در علوم پایه به شدت افول کرده است. خطر دیگری که ما را تهدید می‌کند انزوای فرهنگی و جزیره‌نشینی است و روز به روز ما را از کانون‌های پیشرفت دور می‌کند. در زمینه‌ی پژوهش، تبادل دانشمند با آن سوی مرزها می‌تواند به تبادل مهارت‌ها سرعت دهد و همکاری با دانشمندانی را که از فرهنگ‌های دیگر با ایده‌های نو می‌آیند، تسهیل بخشد. تبادل دانشمند، در جایی که پژوهش مشکل شده است، به پیشرفت کمک خواهد کرد. متأسفانه، نمی‌توانیم به گذشته برگردیم. امروزه با پیدایش برگزیت و ترامپ که در برابر مهاجرت و توسعه‌ی آموزش و پرورش فشار وارد می‌کنند، ما شاهد بی‌مهری فراگیر به متخصصین، از جمله دانشمندان، هستیم. حال برای تضمین جایگاه آینده‌ی آموزش علم و تکنولوژی چه باید کرد؟ به آموزگارم آقای تاهتا برمی‌گردم. آموزش و پرورش آینده را باید در مدارس و آموزگاران الهام‌بخش بنیان نهاد. اما مدارس تنها می‌توانند چارچوب اولیه را فراهم آورند که در آن گاهی یادگیری به شیوه‌ی حفظی، معادلات، و امتحانات می‌تواند کودکان را از علم بیزار کنند. عده‌ای آموزش کیفی را به آموزش کمی ترجیح می‌دهند که در آن نیازی به معادلات پیچیده نیست. کتاب‌ها و مقالات عامه‌فهم چه بسا ایده‌هایی به ما بدهند که چگونه زندگی کنیم. با وجود این، حتی کامیاب‌ترین این‌گونه کتاب‌ها را درصد اندکی از مردم می‌خوانند. مستندها و فیلم‌های علمی که مخاطبین توده‌ای دارند، اما آن‌ها نیز از ارتباطات یک‌طرفه هستند.

در دهه‌ی ۱۹۶۰ که من پژوهش‌های کیهان‌شناسی را آغاز کردم، این علم از شاخه‌ی مطالعات علمی مبهم و زهواردررفته‌ای بود. امروزه با دست‌آوردهای نظری و آزمایشگاهی چون برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون و کشف بوزون هیگز، کیهان‌شناسی دریچه‌ای به جهان هستی را پیش‌روی ما گشوده است. هنوز پرسش‌های کلانی هستند که باید پاسخ داده شوند و کارهای زیادی هست که باید انجام دهیم. با وجود این، در این فضا و زمان تنگ ما به شناختی دست یافته‌ایم که نمی‌شود تصورش را نیز کرد.

حال آنچه جوانان پیش‌رو دارند چیست؟ با اطمینان می‌توانم بگویم که آینده‌ی آن‌ها بیش از نسل گذشته به علم و تکنولوژی وابسته خواهد بود. جوانان بیش از گذشتگان نیاز دارند علم بدانند، چون علم نقشی باورنکردنی در زندگی روزمره‌ی آن‌ها دارد.

بدون این که نیاز باشد به گمانه‌زنی‌های بیش از اندازه خیالی بپردازیم، می‌توانیم شاهد پیدایش الگوها و پرسش‌هایی باشیم که در حال حاضر و در آینده با آنها سروکار خواهیم داشت. اگر خواسته باشیم به تعدادی از آنها اشاره کنم می‌گویم گرمایش جهانی، یافتن فضا و منابع مورد نیاز جمعیت انسانی رو به افزایش زمین، نابودی سریع گونه‌های حیاتی دیگر، دسترسی به منابع انرژی تجدیدپذیر، فرسایش اقیانوس‌ها، جنگل‌زدایی، و بیماری‌های همه‌جاگیر.

اختراعات بزرگی در آینده هستند که روش زندگی، کار، تغذیه، ارتباطات، و سفرهای ما را دگرگون خواهند ساخت. در هر زمینه از زندگی، به نوآوری‌های خارق‌العاده‌ای نیاز خواهیم داشت. این نوآوری‌ها هیجان‌انگیز هستند. می‌توانیم فلزات نایاب کره‌ی ماه را استخراج کنیم، بر روی مریخ نشانه‌ای از انسان برافرازیم، و برای شرایطی که امروزه درمانی ندارند، چاره‌ای تدبیر کنیم. پرسش‌های کلان هستی هم‌چنان بی‌پاسخ مانده‌اند. حیات چگونه بر روی زمین پدیدار گشت؟ آگاهی چیست؟ آیا آن بالا کسی هست یا این که ما در جهان هستی تنها هستیم؟ این‌ها پرسش‌هایی است که نسل آینده باید به آنها پاسخ دهد.

عده‌ای بر این باور هستند که انسان امروزی در اوج تکامل است و تکامل بیش از این امکان‌پذیر نیست. من مخالف هستم. شرایط مرزی جهان هستی ما می‌بایست بسیار خاص بوده باشد و چه چیزی خاص‌تر از این که مرزی وجود نداشته باشد. تلاش آدمی نباید مرزی داشته باشد. آن‌گونه که من می‌بینم برای آینده‌ی انسان بیش از دو گزینه نمی‌شود متصور شد. یکی این که فضا را کشف کنیم و سیارات دیگری را برای زندگی پیدا کنیم، و دیگری این که با استفاده‌ی سودمند از هوش مصنوعی، دنیای مان را بهتر کنیم.

زمین برای ما جای تنگی شده است. منابع فیزیکی ما با آهنگ هشداردهنده‌ای رو به اتمام هستند. نوع بشر، برای سیاره‌ی ما هدایای ویرانگری چون تغییرات اقلیمی، آلودگی، افزایش دما، کاهش کلاهک‌های یخی قطبی، جنگل‌زدایی و نابودی گونه‌های حیوانی را به ارمغان آورده است. جمعیت ما نیز با آهنگ هشداردهنده‌ای رو به افزایش است. با چنین تهدیدهایی آشکار است که رشد نزدیک به نمایی جمعیتی نمی‌تواند تا هزاره‌ی بعدی ادامه یابد.

دلیل دیگری که ما را وادار می‌کند به سیاره‌ای دیگر کوچ کنیم، امکان جنگ هسته‌ای است. نظریه‌ای هست که می‌گوید دلیل این که تاکنون برون‌زمینی‌ها با ما تماس نگرفته‌اند این است که وقتی تمدنی به مرحله‌ی کنونی پیشرفت ما رسید

بی‌ثبات می‌شود و خود را نابود می‌کند. ما هم‌اینک این قدرت تکنولوژیکی را داریم که هر جنبنده‌ای روی زمین را نابود سازیم. از رویدادهای اخیر که در کره‌ی شمالی اتفاق افتاد، آنچه گفتیم فکر نگران‌کننده و تأمل‌برانگیزی است. باور من این است که ما می‌توانیم از این توانمندی نبرد سرنوشت‌ساز در امان بمانیم و بهترین راه این است که به فضا کوچ کنیم و با زندگی بر روی سیارات دیگر توانایی‌های بیشتر انسان را کندوکاو کنیم. دومین پیشرفتی که بر آینده‌ی انسان اثر خواهد گذاشت، پیدایش هوش مصنوعی است.

پژوهش‌های هوش مصنوعی هم‌اینک به سرعت در حال پیشرفت هستند. از جمله دست‌آوردهای اخیر این پژوهش‌ها خودروهای خودران، بازیکن کامپیوتری بازی گو و ظهور دستیاران دیجیتالی چون سیری، گوگل ناو، و کورتانا، نشانه‌هایی از نوعی رقابت تکنولوژی اطلاعات هستند که با سرمایه‌گذاری‌های کلان و بر اساس بنیان نظری مدام به‌روزشونده‌ای ساخته شده‌اند. به احتمال زیاد چنین دست‌آوردهایی در برابر دست‌آوردهایی که دهه‌های پیش‌رو به ارمغان می‌آورد، پیش‌پاافتاده خواهند بود.

حال اگر هوش مصنوعی ابرهوشمند تحقق یابد، بهترین یا بدترین رویدادی خواهد بود که برای انسان رخ می‌دهد. ما از پیش نمی‌توانیم پی ببریم که آیا از سودمندی‌های این هوش مصنوعی تا ابد بهره‌مند خواهیم بود، یا ما را نادیده گرفته و گوشه‌گیر می‌کند، یا هم به کل ما را از پیش رو برمی‌دارد. من که آدم خوش‌بینی هستم، بر این باورم که ما می‌توانیم نوعی هوش مصنوعی خلق کنیم که به درد دنیا بخورد و هم‌سو با اهداف ما کار کند. تنها باید از خطرهای آن آگاه باشیم، آن‌ها را شناسایی کنیم، و در عمل و مدیریت نهایت تلاش‌مان را به خرج دهیم و از پیش آمادگی رویارویی با عواقب آن را داشته باشیم.

تکنولوژی بر زندگانی من تأثیر به‌سزایی داشته است. من از طریق کامپیوتر حرف می‌زنم. من از سودمندی‌های تکنولوژی بهره‌برده‌ام، چون صدایم را که بیماری از من گرفته بود، به من بازگردانده است. من خوش‌شانس بودم که بیماری آن هنگام صدای مرا به یغما برد که تازه عصر کامپیوتر داشت آغاز می‌شد. بیست و پنج سال اینتل از من پشتیبانی کرد و به من امکان را داد که از هر روز آن لذت ببرم. در طول این سال‌ها دنیا و تأثیری که تکنولوژی بر آن گذاشته، از بیخ و بن دگرگون شده است. تکنولوژی شیوه‌ی زندگانی ما را تغییر داده است

و از پژوهش‌های ارتباطاتی گرفته تا ژنتیکی، تا دسترسی به اطلاعات، و غیره، همه و همه به یاری ما شتافته‌اند. باهوش‌تر شدن تکنولوژی چنان امکاناتی را برای ما فراهم خواهد کرد که من از پیشگویی آن‌ها عاجزم. تکنولوژی‌ای که هم‌اینک برای حمایت از انسان‌های معلول ساخته شده، موانعی را شکسته است که روزگاری سد راه ارتباطی این انسان‌ها بود. این تکنولوژی زمینه‌ساز تکنولوژی آینده است. تکنولوژی‌های تبدیل صدا به متن و متن به صدا، اتوماسیون خانگی، رانندگی به کمک کامپیوتر، حتی سِگ‌وی^۱، سال‌ها قبل از این که عموم از آن‌ها استفاده کنند، برای افراد معلول ساخته شدند. این دست‌آوردهای تکنولوژیکی ناشی جرقه‌ی آتشی هستند که در درون ما زده شده که همان قوه‌ی خلاقیت است. این خلاقیت می‌تواند اشکال گوناگونی، چون دست‌آوردهای فیزیکی و فیزیک نظری، به خود بگیرد.

تکنولوژی‌های زیادی سربرخواهند آورد. رابط‌های مغزی روشی برای ارتباطات سریع‌تر و مؤثرتر خواهند بود که روز به روز مردم بیشتری از آن‌ها استفاده خواهند کرد. حالا من از فیس‌بوک استفاده می‌کنم و می‌توانم مستقیم با دوستان و طرفدارانم در سراسر دنیا تماس برقرار کنم تا بتوانند با نظریه‌های جدید من آشنا شوند و عکس‌های سفرهای مرا ببینند. با فیس‌بوک حتی می‌توانم ببینم که فرزندانم چکار می‌کنند و به این قانع نمی‌شوم که خودشان می‌گویند چکار می‌کنند.

آن‌گونه که اینترنت، گوشی‌های موبایل ما، تصویربرداری پزشکی، ماهواره نوردی، و شبکه‌های اجتماعی برای جامعه‌ی چند نسل پیشین ما قابل درک نیستند، همان طور دنیای آینده ما چنان روش‌های زندگانی را متحول خواهند کرد که تنها در آغاز درک آن‌ها هستیم. اطلاعات، فی‌النفسه نه به تنهایی، بلکه با استفاده‌ی هوشمندانه و خلاق از آن است که به تکنولوژی‌های آینده خواهد انجامید.

انتظار دست‌آوردهای زیادی را داریم و من امیدوارم این چشم‌انداز، الهام‌بخش بزرگی برای دانش‌آموزان امروزی باشد. حال نقش ما این است که کاری کنیم تا این نسل نوباوه‌گان نه تنها فرصت استفاده از تکنولوژی‌های مدرن را داشته باشند بلکه با آنچه در توان دارند در سطوح اولیه‌ی مدارس به مطالعه‌ی علم کمر همت

۱. سِگ‌وی (Segway) نوعی دوچرخه‌ی الکتریکی است که در آن فرد روی پایه‌ای میان دو چرخ به طور قائم می‌ایستد و دسته‌ی فرمان آن را در دست می‌گیرد. مترجم.

بیندند تا ظرفیت‌های درون‌زادشان را به فعل رسانده و برای همه‌ی نسل بشر آینده‌ای بهتر را رقم بزنند. به باور من، آینده یادگیری و آموزش و پرورش اینترنت است. مردم می‌توانند از طریق اینترنت با یکدیگر در ارتباط باشند. از جنبه‌ای اینترنت نیز مثل نوروهای مغزی غول‌پیکر می‌تواند همه‌ی ما را به یکدیگر پیوند دهد و با چنین بهره‌ی هوشی، چکاری هست که نتوانیم انجام دهیم؟

در دوران نوجوانی من، هنوز پذیرفتنی بود، البته نه از نظر خودم بلکه از دیدگاه جامعه، که کسی بگوید به علم علاقه ندارد و دلیلی نمی‌بیند که به علم علاقه داشته باشد. حالا وقت آن روزها گذشته است. موضوع را روشن می‌کنم. من نمی‌گویم که همه‌ی جوان‌ها باید رشد کنند و دانشمند شوند. من این را آرمانی نمی‌دانم چون دنیا به انسان‌هایی با مهارت‌های گوناگون نیاز دارد. آنچه من می‌گویم این است که جوان‌ها باید با موضوعات علمی آشنا و به آن‌ها اعتماد داشته باشند، حالا هر کاری خواستند بکنند. آن‌ها نیاز دارند به لحاظ علمی باسواد باشند و انگیزه آن را داشته باشند که پیشرفت‌های علمی را دنبال کنند تا بیشتر بیاموزند.

به اعتقاد من، دنیایی که در آن تنها عده‌ی خیلی‌قلبی قادر باشند علم و تکنولوژی پیشرفته و کاربردهای آن‌ها را درک کنند، دنیای خطرناک و محدودی است. فکر نمی‌کنم که در دنیای در حال توسعه‌ای، به طرح‌های درازمدت چون پاک‌سازی اقیانوس‌ها یا درمان بیماری‌ها الویت داده شود. بدتر از آن، ممکن است دریابیم که از تکنولوژی به ضرر ما استفاده می‌کنند و ما توان مقابله با آن را نداریم.

من برای آنچه می‌توانیم در زندگانی شخصی‌مان انجام دهیم یا برای آنچه حیات و هوش می‌تواند در جهان ما انجام دهد، به مرزها اعتقاد ندارم. ما در آستانه‌ی کشف‌های مهم در همه‌ی شاخه‌های علم ایستاده‌ایم. بی‌تردید ظرف پنجاه سال آینده دنیای ما دستخوش تغییرات خارق‌العاده‌ای خواهد شد. درخواهیم یافت که در لحظه‌ی مهبانگ چه روی داده است. خواهیم فهمید که حیات چگونه در روی زمین شکل گرفت. چه بسا پی ببریم که آیا حیات در جاهای دیگر جهان هستی نیز وجود دارد یا نه. در حالی که احتمال ارتباط با گونه‌های برون‌زمینی هوشمند ضعیف است، اهمیت چنین کشفی به این معنی است که ما نباید از پای بنشینیم. ما به کاوش در زیستگاه کیهانی‌مان ادامه خواهیم داد، روبات‌ها و انسان‌ها را به فضا خواهیم فرستاد. ما نمی‌توانیم مدام در این سیاره‌ی آلوده و پرجمعیت به خودمان مشغول باشیم. از طریق تلاش‌های علمی و نوآوری‌های تکنولوژیکی، به دنیای فراخ‌تر بیرون نظر داشته باشیم و در عین حال در حل مشکلات زمین

بکوشیم. من خوش‌بین هستم که ما در نهایت خواهیم توانست برای نسل آدمی در سیاره‌های دیگر زیستگاه‌هایی درست کنیم. ما فراتر از زمین خواهیم رفت و ماندن در فضا را خواهیم آموخت.

این پایان داستان نیست، بلکه آغاز راه است برای میلیاردها سال نشو و نما، حیات در کیهان.

و اینک واپسین نکته. ما به راستی نمی‌دانیم که بزرگترین کشف علمی از کجا خواهد آمد و چه کسی بانی آن خواهد بود. اگر بتوانیم به شیوه‌ای نوآورانه و با سهولت، جوانان هر چه بیشتری را با شور و شگفتی کشف علمی آشنا کنیم، احتمال یافتن و برانگیختن اینشتین‌های جدیدی را به شدت بالا برده‌ایم، حالا این اینشتین‌ها هر که می‌خواهند باشند.

بنابراین به یاد بسپارید که ستارگان را بنگرید، نه سرتان را به زیر بگیرید و پاهای‌تان را ببینید. بکوشید به هر آنچه می‌بینید معنا ببخشید و از آنچه جهان را هستی می‌بخشد در شگفت آید. زندگانی هر اندازه هم مشکل باشد، کاری خواهد بود که شما بتوانید انجام دهید و در آن کامیاب شوید. مهم این است که هرگز تسلیم نشوید. افسار خیال‌پردازی را رها کنید. آینده را بسازید.

چه ایده‌ای، خواه کوچک و خواه بزرگ، می‌تواند دنیا را دگرگون سازد؟

پاسخ این پرسش ساده است. من می‌خواهم شاهد آن باشم که تأسیسات هم‌جوشی هسته‌ای بنا شود تا ما به انرژی پاک بی‌پایان دسترسی داشته باشیم و نیز به خودروهای الکتریکی روی آوریم. ساختن تأسیسات قدرت جوش هسته‌ای شدنی است و منبع لا‌بزال انرژی است و در عین حال باعث آلودگی یا گرمایش جهانی نمی‌شود.



در آن روز خاکستری غم‌انگیز بهاری کمبریج، ما در رکاب خودروهایی سیاه‌رنگ به سوی کلیسای بزرگ سنت ماری، کلیسای دانشگاه راه افتادیم که بنا بر سنت، پیکر بزرگان دانشگاهی را برای اجرای مراسم خاکسپاری به آنجا می‌برند. سال تحصیلی تمام شده بود و خیابان‌ها خلوت بودند. گویی کمبریج تهی شده است، تا دوردست‌ها گردشگر سرگردانی را نیز نمی‌دید. تنها تیغ نور آبی رنگ چراغ‌های چشمک‌زن موتورسیکلت‌های پلیس به چشم می‌خورد که لیموزین حامل تابوت پدرم را اسکورت می‌کردند و ترافیک را برای عبور ما متوقف می‌ساختند.

لحظه‌ای به چپ پیچیدیم و من جماعتی را دیدم که در امتداد یکی از سرشناس‌ترین خیابان‌های دنیا، کینگز پاراد در قلب خود کمبریج، تنگاتنگ در کنار هم ایستاده بودند. چنین جمعیتی را تا آن زمان این‌گونه ساکت ندیده بودم. تعداد زیادی از مردم با پلاکاردها، پرچم‌ها، دوربین‌ها، گوشی‌های موبایل در دست در سکوتی به نشانه‌ی احترام صف کشیده بودند که دربان ارشد گانویل و کایوس، کالج پدرم در کمبریج، در لباسی رسمی با کلاه لگنی و عصایی از چوب آبنوس به دست، در امتداد خیابان تا نزدیکی لیموزین تابوت پدرم جلو آمد تا تابوت را به درون کلیسا حمل کند.

عمه‌ام آنگاه که دو نفری گریستیم، دست مرا فشرد و آهسته در گوشام گفت «پدرت اگر می‌دید، لذت می‌برد.»

از آن روز که پدرم مرد، اتفاقات زیادی افتاده که او دوست می‌داشت ببیند و من آرزو می‌کنم زنده بود و آن‌ها را می‌دید. ای کاش می‌توانست این همه محبت را ببیند که مردم از سراسر دنیا به او ابراز می‌داشتند. کاش می‌شد ببیند میلیون‌ها نفر که او آنان را هرگز ندیده بود، چقدر او را دوست دارند و به او احترام می‌گذارند.

کاش می‌دانست او را در گورستان وست‌مینستر در میان دو قهرمان دانشمندش، آیزاک نیوتون و چارلز داروین، دفن خواهند کرد و آنگاه که در دل خاک آرمید، صدای او را با تلسکوپ رادیویی به سوی سیاهچاله‌ای پخش می‌کنند.

از سویی هم شگفت‌زده می‌شد که این همه هیاهو برای چیست. او انسان فروتنی بود و در عین حال که به شهرت علاقه داشت، اما نمی‌دانست این شهرت از برای چیست. جمله‌ای در این کتاب‌اش به ذهنم خطور می‌کند که چکیده‌ی شخصیت اوست «من که سهمی ندارم.» هر کس به جای او بود چنین حرفی نمی‌زد. به گمان من همه فکر می‌کنند که او به راستی سهم داشته است.

حال این چه سهمی است. او هم در شکوه گسترده‌ی پژوهش‌های خود در کیهان‌شناسی، یعنی کندوکاو ساختار و ریشه‌های خود جهان هستی و هم در شجاعت و طنز تمام و کمال انسانی، در برابر مشکلاتی که با آن‌ها روبرو بود، سهم دارد. او راهی پیدا کرد تا به ورای محدودیت‌های شناخت برسد و در عین حال از مرزهای بردباری گذشت. به باور من این سهم او بود که از او چنین شخصیت بارزی ساخت و در عین حال او را این چنین دست‌یافتنی و پذیرا کرد. او رنج برد اما عزم راسخی داشت. به زحمت ارتباط برقرار می‌کرد و هر چه ناتوان‌تر می‌شد مدام ابزارمندی‌اش را به‌روزتر می‌کرد تا بتواند هم‌چنان ارتباط‌اش را برقرار کند. او واژگان‌اش را دقیق انتخاب می‌کرد تا در قالب آن صدای یکنواخت دیجیتالی که وقتی از او شنیده می‌شد اثر ناباورانه‌ای داشت، بیشترین تأثیر را داشته باشند. آنگاه که صحبت می‌کرد، خواه در انتقاد از خدمات ملی درمانی باشد خواه از انبساط جهان، فرصت شوخ‌طبعی را از دست نمی‌داد که به شکلی بی‌روح اما با برق آشنایی در چشمانش ادا می‌شد.

پدرم مرد خانواده دوستی نیز بود که آن را مردم تا زمانی که فیلم نظریه‌ی همه‌چیز در سال ۲۰۱۴ اکران نشده بود نمی‌دانستند. در دهه‌ی ۱۹۷۰ به هیچ‌روی معمول نبود که انسان‌های معلول از خود زن و بچه‌ای داشته باشند، آن هم با چنان حس خودمختاری و استقلال که پدرم داشت. وقتی بچه بودم به شدت دل‌آزده می‌شدم که می‌دیدم مردم به خود اجازه می‌دهند به ما زُل بزنند، گاهی هم دهان‌شان باز می‌ماند که می‌دیدند پدرم در کنار دو فرزند موطلائی که بستنی به‌دست به دنبال‌اش می‌دویدند، دیوانه‌وار صندلی چرخ‌دارش را در کمبریج می‌رانند. این طرز رفتار مردم بی‌ادبانه بود. من هم در جواب به آن‌ها زُل می‌زدم اما این انزجار مرا، به ویژه از سوی کودکی که آب شکلات از لب و لوچه‌اش آویزان بود، جدی

نمی گرفتند.

با هیچ معیاری نمی شد گفت که کودکی من، کودکی معمولی نبود. من آن را، هم می دانستم و هم نمی دانستم. برای من کاملاً طبیعی بود که بچه ها از بزرگترها پرسش های چالش برانگیز بپرسند، چون در خانه همین کار را می کردیم. یک بار که اثبات کشیش محله از هستی خدا را زیرسوال بردم او گریست و من دانستم که این حرف ها را نباید بچه ها بزنند.

در کودکی فکر نمی کردم بچه ی پرسشگری بوده باشم، اما برادرم چرا. او به رسم برادر بزرگ ها از هر جنبه ای باهوش تر از من بود (و هنوز هم هست). یادم می آید در یکی از تعطیلات که خانوادگی به خارج از کشور رفته بودیم، این یکی نیز مثل بسیاری از تعطیلات دیگر که خانوادگی می رفتیم، به طور اسرارآمیزی با یکی از کنفرانس های فیزیک مصادف شده بود. من و برادرم در تعدادی از سخنرانی های آن شرکت کردیم تا مادرمان بتواند به کارهای خودش برسد. آن روزها سخنرانی های فیزیک برای مردم جذابیت نداشت، به ویژه برای بچه ها. من نشسته بودم و در دفترم نقاشی می کردم و برادرم دست لاغر کودکانه اش را بالا برده بود و از یکی از سخنرانان برجسته ی دانشگاهی سوال می پرسید و آن طرف تر پدرم با غرور او را می نگریست.

از من زیاد می پرسند که «دختر استیون هاکنینگ بودن چه حسی دارد؟» پاسخ به این پرسش ناگزیر کوتاه نخواهد بود. می توانم بگویم که حس خوب آن واقعا خوب و حس بد آن عمیقاً بد است و میان این دو حس جایی هست که ما به آن «حس معمولی» می گفتیم و به عنوان بزرگسال می پذیرفتیم که آنچه ما معمولی می پنداشتیم چه بسا از دیدگاه دیگران معمولی نبود. از آنجا که زمان زخم رنج ها را التیام می بخشد، فکر می کنم که تا ابد نتوانم آنچه را بر ما گذشته، تجزیه و تحلیل کنم. شاید هم دوست نداشته باشم این کار را بکنم. گاهی به این فکر می افتم به آخرین واژگانی بچسبم که پدرم به من گفت و آن این بود که من دختری دوست داشتنی برای او بوده ام و هرگز نباید بترسم. من هیچ گاه به اندازه ی او شجاع نخواهم بود چون ذاتاً چنین انسانی نیستم، اما او به من نشان داد که می توانم بکوشم تا شجاع شوم و همین کوشیدن، مهم ترین بخش شجاعت است.

پدرم هرگز تسلیم نشد، و هیچ گاه به نبرد پشت نکرد. در سن بیست و هفت سالگی آنگاه که به کل فلج شده بود و تنها می توانست عضلات گونه های اش را اندکی تکان دهد، هم چنان هر روز صبح از خواب برمی خاست، لباس می پوشید و

۱۴۶ پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی

سرکار می‌رفت. کارهایی داشت که باید انجام می‌داد و نمی‌گذاشت چند ناتوانایی دست و پاگیر او را از کار بازدارد. حال اگر او می‌دانست که مراسم خاکسپاری‌اش را پلیس موتورسیکلت‌سوار می‌خواست اسکورت کند، از آن‌ها خواهش می‌کرد هر روز در ترافیک صبح او را تا دفتر کارش اسکورت کنند.

خوشحال هستم که او از این کتاب خبر داشت. این کتاب یکی از طرح‌هایی بود که او روی آن کار کرد و گویا تقدیر بود آخرین سالی باشد که او بر روی زمین کار می‌کرد. او می‌خواست همه‌ی نوشته‌های اخیرش را در مجلد واحدی گردآوری کند. از زمانی که او فوت کرد، اتفاقات زیادی رخ داده و ای کاش نسخه‌ی چاپ‌شده‌ی این کتاب را می‌دید. به گمان من از این کتاب احساس غرور می‌کرد و چه بسا دست‌آخر می‌پذیرفت که سهمی داشته است.

لوسی هاکنینگ

جولای ۲۰۱۸

نمایه

- ۲۶ Lucerne Cantonal Hospital
بیمارستان آدنبروک
- ۲۶ Addenbrooke's Hospital ✓
- ۸۰ Bekenstein, Jacob بکنشتاین، یاکوب
- ۴۶ Penrose, Roger پن‌رُز، راجر
- ۸۶ Perry, Malcolm پری، مالکوم
- ۵۲ Penzias, Arno پنزیاس، آرنو ✓
- ۱۳۶ Tahta, Dikran تاهتا، دیکران
- ۱۱۴ Thom, René توم، رنه
- ۶۰ Thymine تیمین ✓
- ۱۰۹ Darwin, Charles داروین، چارلز
- ۱۳ Drever, Ronald درور، رونالد
- ۹۸ David Deutsch دیوید ✓
- ۴۵ Ryle, Martin رایل، مارتین
- ۲۱ Redmayne, Eddie ردماین، ادی
- رصدخانه‌ی تداخل‌سنج لیزری امواج
گرانشی
- Laser Interferometer Gravitational-wave
۷۹ Observatory (LIGO)
- ۹۱ Riemann, Bernhard ریمان، برنهارت ✓
- ۶۰ Adenine آدنین
- ۱۱۴ آرسترانگ، نیل
- ۲۶ Acet آکات
- ۱۱۴ Aldrin, Buzz آلدین، باز
- ۲۲ آمیوتروفیک لترال اسکلروسیس
- Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS)
- ۹۶ Casimir Effect اثر کاسیمیر
- ۱۱۱ Steffens, Lincoln استفنز، لینکلن
- ۸۶ Strominger, Andy استرومینگر، اندی
- استروبنسکی، آلکسی Strobinsky, Alexei ۱۰
- ۲۱ Sciama, Dennis اسیاما، دنیس
- ۷۷ Snyder, Hartland اشنايدر، هارتلند
- ۷۶ Oppenheimer, Robert اوپنهایمر، رابرت
- ایکولایزر Equalizer ۲۶ ✓
- ۷۹ Bardeen, Jim باردین، جیم
- ۱۳ Barish, Barry باریش، بری
- ۴۵ Bondi, Herman باندی، هرمان
- ۱۳۰ Brazell, Lorna برازل، لورنا
- ۶۸ Breakthrough Message بریکترو مسج
- بوریسویچ زلدوویچ، یاکوف
- ۱۰ Borisovich Zel'dovich, Yakov
- بیمارستان سنت بارثولومئو
- ۲۱ St Bartholomew's Hospital
- بیمارستان لوسرن کانتونال

۱۴۸ پاسخ‌های کوتاه به پرسش‌های اساسی

۸۶ Sachs, Rainer زاکس، راینر ✓

۶۰ Cytosine سیتوزین ✓

چاندرا سِخار، سوبراهمانیان

۷۶ Chandrasekhar, Subrahmanyan ✓

۲۰ Chiin, Richard شین، ریچارد ✓

خالاتائیکوف، ایساک Khaladnikov, Issak

۴۶ ✓

فاینمن، ریچارد Feynman, Richard ۹۸، ۴۹

فلش کرش ۱۲۷ Flash Crash ✓

کارت، برندون Carter, Brandon ۷۹

کرافت، دانیل ۱۳۱ Craft, Daniel

کریسپر ۱۳۲ Crisper

کریک، فرانسیس ۶۰ Crick, Francis

کلارک، اوزبورن ۱۳۰ Clarke, Osborne

گیبونز، گری ۱۳ Gibbons, Gary ✓

گروس، کلاودیوس Gros, Claudius ۱۲۱

گلد، توماس ۴۵ Gold, Thomas

گو (بازی کامپیوتری) ۱۳۱ Go

گوانین ۶۰ Guanine

گود، ایروینگ ۱۲۸ Good, Irving

گودل، کورت ۹۳ Gödel, Kurt

کورتانا ۱۳۹ Cortana

گوگل ناو ۱۳۹ Google Now

گیتس، بیل ۱۲۹ Gates, Bill ✓

لاندائو، لو ۷۶ Landau, Lev

لیفشیتز، اوگین ۴۶ Lifshitz, Evgeny ✓

ماسک، الون ۱۲۹ Mask, Elon

ماهواره‌ی کاوشگر زمینه‌ی کیهانی ۵۳

Cosmic Background Explorer (COBE)

ماهواره‌ی کاوشگر ناهمسانگردی

مایکروویو ویلکینسون

Wilkinson Microwave Anisotropy Probe

۵۳ (WMAP)

متسرنر، ای دابلیو کنث Metzner, A. W.

۸۶ Kenneth

مرکز لور هولم برای آینده‌ی هوش

The Leverhulme Centre for the Future

۲۹ of Intelligence

میلنر، یوری ۱۱۹ Milner, Yuri ✓

نظریه‌ی بدون کرانه

۲۵ No Boundary Theory ✓

وانسون، جیمز ۶۰ Watson, James

وان در بورگ، ام جی

۸۶ van der Burg, M. G. I

وزنیاک، استیو ۱۲۹ Wozniak, Steve

نمایه ۱۴۹

- ۸۷ Haco, sasha هاکو، ساشا ✓
- ۱۱ Hawking, Lucy هاکنگ، لوسی ✓
۱۴۳، ۷۹، ۲۲
- ۴۸ Heisenberg, Werner هایزنبرگ، ورنر
- ۵۱ Hooke, Robert هوک، رابرت
- ۲۱ Hoyle, Fred هویل، فرد
- ۱۲ Weiss, Rainer (Rai) ویس، راینر (رای)
- ۲۶ Woltosz, Walt ولتوزتس، والت
- ۷۷ Volkoff, George ولکوف، جورج
- ۵۲ Wilson, Robert ویلسون، رابرت
- ۷۶ Wheeler, John ویلر، جان
- ۱۲۸ Vinge, Vernor وینگ، ورنور ✓
- ۴۸ Hartle, James هارتل، جیمز