آیندهٔ جهان

استیفن هاوکینگ
مترجم: دکتر ناصر موفقیان

سخن برسر آیندهٔ جهان است، یا بهتر گفته باشم دربارهٔ این مطلب که از دیدگاه علم، آینده چگونه خواهدبود. پیشگویی آینده بی‌گمان کاری است دشوار و پرپیچ وخم. مدتها پیش آرزویم این بود که کاش می‌توانستم کتابی بنویسم با عنوان **فردای دیروز: تاریخچه آینده**[1] این کتاب در حقیقت تاریخچهٔ پیشگوییهایی می‌شد که دربارهٔ آینده به عمل آمده؛ پیشگوییهایی که دامنه‌ای بسیار گسترده می‌داشتند.

پیشگویی آینده در عهد عتیق کار هاتفان غیب[2] یا طالع بینان بود. بیشتر اینان زنانی بودند که در پرستشگاههای معینی تحت تأثیر بعضی موادمخدر یا بر اثر تنفس دود و دَم آتشفشانها از طریق نی‌ها یا منفذهای ویژه‌ای به حالت خلسه یا تشنج در می‌آمدند، و آنگاه کاهنان معبد هذیانها و گفته‌های پراکنده و نامفهوم آنان را تفسیر می‌کردند. مهارت واقعی در همین تفسیرها بود. هاتف یا سروش مشهور معبد دلفی در یونان باستان به دلیل طفره رفتن از پاسخهای صریح یا غیب‌گوییهایی مشروط و تفسیرپذیر شهرتی بسزا داشت.

هنگامی که بزرگان اسپارت، پس از حملهٔ ایرانیان به یونان، از سروش غیب پرسیدند که آیندهٔ این جنگ چه خواهدبود، سروش پاسخ گفت: «یا اسپارت ویران خواهدگشت، یا پادشاهش کشته خواهدشد.» حدس من این است که کاهنان معبد مطمئن بودند اگر هیچ کدام از این دو حالت پیش نیاید مردم اسپارت چنان از خدای خود، آپولو، خشنود و سپاسگزار خواهند شد که به کلی فراموش خواهند کرد پیشگویی هاتف درست از آب درنیامده است. در عمل، پادشاه به هنگام دفاع از تنگهٔ ترموپیل کشته شد، ولی همین دفاع سرسختانه اسپارت را نجات داد و به شکست نهایی ایرانیان انجامید.

در موقعیتی دیگر، کرزوس[3]، پادشاه لیدیه ـ که ثروتمندترین مرد دنیا محسوب می‌شد ـ از سروش غیب پرسید که اگر به ایران حمله کند چه پیش خواهدآمد. پاسخ این بود که سلطنت بزرگی سقوط خواهدکرد. کرزوس تصور کرد که منظور از «سلطنت» امپراتوری ایران است، ولی در عمل سلطنت خود او بود که از هم پاشید. خود او نیز سرنوشتی فجیع پیدا کرد و کم مانده بود که برفراز توده‌های هیزم زنده زنده در شعله‌های آتش بسوزد.

تاکنون تاریخهای گوناگونی برای پایان دنیا ذکر کرده‌اند، ولی تا اینجا همهٔ این سررسیدهابدون بروز واقعه‌ای گذشته است. ولی غیب‌گویان و پیام آوران روزرستاخیز اغلب توضیحهایی برای شکستهای آشکار خود داشته‌اند. برای مثال، ویلیام میلر[4]، بنیانگذار فرقهٔ مسیحی «بازگشت روز هفتم»[5] پیشگویی می‌کرد که بازگشت مسیح به زمین بین ۲۱ مارس ۱۸۴۳ و ۲۱ مارس ۱۸۴۴ رخ خواهدداد. هنگامی که بین ۲۱ مارس ۱۸۴۳ و ۲۱ مارس ۱۸۴۴ اتفاقی نیفتاد، تاریخ **ظهور دوّم** مسیح را مورد تجدیدنظر قرارداد و ۲۲ اکتبر ۱۸۴۴ را روز معهود اعلام کرد. وقتی این روز هم بدون رویداد قابل توجهی گذشت، تفسیر دیگری راپیش کشید. به موجب این تفسیر، سال ۱۸۴۴ را می‌بایست سرآغاز **ظهور دوّم** دانست. اما نخست می‌بایست نامهای «کتاب زندگی» را برشمرد. فقط آنگاه است که روز جزا برای کسانی که نامشان در کتاب نیست فراخواهد رسید. خوشبختانه برای بقیهٔ ما، شمارش نامها ظاهراً مدتهای مدیدی به درازا خواهدکشید.

البته پیشگوییهای علمی ممکن است به همان دقت و اعتبار پیشگوییهای هاتفان غیب و دیگر پیام آوران خدایان نباشد: برای نمونه کافی است به پیش‌بینیهای هواشناسی نگاه کنیم. ولی موقعیتهایی هم هست که در محدودهٔ آنها می‌توان به پیشگوییهای معتبر پرداخت و آیندهٔ جهان به مقیاس کلان یکی از آنهاست.

در طول سیصدسال گذشته ما قوانین علمی حاکم بر ماده را در تمام موقعیتهای عادی کشف کرده‌ایم. امّا هنوز به قوانین حاکم برماده در شرایط کرانه‌ای[6] پی‌نبرده‌ایم و شناخت این قوانین برای پی‌بردن به چگونگی شروع عالم هستی اهمیتی اساسی دارد. با این حال، قوانین مورد بحث تأثیری بر تحول آیندهٔ جهان نخواهندداشت، مگرهنگامی که جهان هستی از نوبه حالتی با چگالی بسیار بالا[7] درآید. در عمل، این امر نشان دهندهٔ آن است که قوانین حاکم بر انرژیهای بالا تا چه حدّ ناچیزی بر جهان تأثیر می‌گذارند آن هم زمانی که ما ناچاریم مبالغ هنگفتی پول برای ساختن شتاب دهنده‌های[8] غول‌آسای ذرات خرج کنیم تابتوانیم قوانین مفروض را به محک تجربه بیازماییم.

حرکت نامنظم

حتی اگر به قوانین معتبر حاکم بر جهان هم دست یابیم، ممکن است نتوانیم از آنها برای پیشگویی آیندهٔ بسیار دوردست استفاده کنیم. علت هم این است که جوابهای معادله‌های فیزیکی ممکن است با کیفیت ویژه‌ای سروکارداشته باشند که آن را بی‌نظمی یا هرج‌ومرج[9] می‌نامند. مفهوم مطلب این است که معادله‌هایی که بیانگر این قوانین

باشند در برابر هرگونه تغییر خفیف و ناچیز در شرایط آغازین تکوین جهان بسیار ناپایدار خواهند بود. وضع و حال دستگاه[10] معینی را در زمانی خاص اندکی تغییر دهید تا ملاحظه کنید که پس از مدت کوتاهی رفتار دستگاه به مقیاس زیادی تفاوت خواهدیافت. برای مثال، اگر طرز گرداندن یک چرخ مخصوص بازیهای لاتاری را اندکی تغییر دهید، چرخ در برابر شمارهٔ دیگری متوقف خواهدشد. به این ترتیب، پیشگویی شماره‌ای که چرخ در برابر آن از حرکت خواهد ایستاد عملاً ناممکن می‌شود.

درمورد دستگاهها و نظامهای دستخوش بی‌نظمی، به طور معمول مقیاس زمانی خاصی وجود دارد که در محدودهٔ آن هر گونه تغییر ولو ناچیز در حالت آغازینِ دستگاه به تغییری دو برابر بزرگتر مبدل خواهد شد. در مورد جوّ کرهٔ زمین این مقیاس زمانی در حدود پنج روز است، یعنی مدت زمانی که برای هوا لازم است تا در اطراف زمین به گردش درآید. بنابراین، برای دوره‌های زمانی یک تا پنج روز می‌توان پیش بینیهای نسبتاً معتبری دربارهٔ تغییرات آب و هوا به عمل آورد. ولی برای پیش‌بینی وضع هوا طی دوره‌های زمانی بیش از پنج روز، هم به اطلاعات بسیار دقیقی دربارهٔ حالت کنونی جوّ زمین نیاز خواهیم داشت و هم به محاسباتی بسیار پیچیده و ناممکن. به هیچ روی وسیله یا روشی وجود ندارد که به یاری آن بتوانیم وضع هوای شش‌ماه بعد را، جز در حدّ میانگینهای فصلی، پیشگویی کنیم.

قوانین اساسی حاکم بر شیمی و زیست‌شناسی را هم می‌شناسیم. بنابراین، به طور اصولی باید قادر باشیم طرز کار مغز را هم شرح دهیم. ولی معادله‌های حاکم بر طرز کار مغز به احتمال نزدیک به یقین دارای رفتاری فاقد نظم است که موجب می‌شود هر تغییر ناچیزی در حالت آغازین به نتیجه‌هایی کاملاً متفاوت منتهی شود. پس، در عمل، با آنکه معادله‌های متناظر با رفتار آدمی را می‌شناسیم، اما با این حال قادر به پیشگویی آن نیستیم. علم قادر به پیشگویی آیندهٔ جامعهٔ بشری نیست و حتی نمی‌تواند حدس بزند که جامعهٔ بشری اصلاً آینده‌ای در پیش دارد یا نه. از این نظر، خطر واقعی در آنجاست که قدرت ما برای ویرانگری و تباه‌سازی محیط‌زیست یا نابود کردن همدیگر با سرعت بسیار بیشتری افزایش می‌یابد تا تعقل و خِردورزی ما در کاربرد این قدرت.

هر اتفاقی روی کرهٔ زمین بیفتد، بقیهٔ جهان بی‌اعتنا به آن حرکت خود را ادامه خواهدداد. چنین به نظر می‌رسد که حرکت سیارات در اطراف خورشید در نهایت امر کیفیتی نامنظم دارد ـ هر چند به مقیاس زمانی بسیار دراز مدت. معنای سخن آن است که خطاهایی که در هر پیشگویی روی دهد با گذشت زمان بزرگتر می‌شوند. از یک حدّ زمانی معین به بعد، پیشگویی دقیق و تفصیلی حرکت ناممکن می‌شود. مابا اطمینان تقریباً قاطعی می‌توانیم پیشگویی کنیم که تا مدتهای مدید کرهٔ زمین برخوردی با کرهٔ زهره نخواهد داشت. ولی نمی‌توانیم مطمئن باشیم که اختلالهای کوچکی در مدارها وضع و حال را به جایی نخواهند رساند که چنین برخوردی در یک میلیارد سال دیگر رخ دهد.

حرکت خورشید و دیگر ستارگان در اطراف کهکشان و حرکت کهکشان در گروههای منطقه‌ای کهکشانی نیز کیفیتی فاقد نظم دارد. برعکس، چنین به نظر می‌رسد که حرکت کل جهان به مقیاسهای بسیار بزرگ، یکنواخت و عاری از بی‌نظمی است. به مشاهده دریافته‌ایم که کهکشانهای دیگر درحال دور شدن از ما هستندو هر چه دورتر از ما باشند، سرعت دورشدنشان بیشتر است. مفهوم مطلب آن است که جهان در همسایگی ما گسترش می‌یابد و یا به عبارت دیگر، فاصله‌های بین کهکشانهای مختلف با گذشت زمان افزایش می‌یابد.

همچنین شاهد آن هستیم که پسزمینه‌ای متشکل از تابش امواج بسیار ریز[11] از فضاهای خارجی به فضای قابل رؤیت ما می‌رسد. با میزان کردن تلویزیون روی یک کانال آزاد می‌توان این تابشهای پسزمینه‌ای را مشاهده کرد. درصد اندکی از برفکهایی که روی پردهٔ تلویزیون مشاهده می‌شود ناشی از تابش ریز موجهایی هستند که از فراسوی منظومهٔ شمسی به ما می‌رسند. این امواج نیز از نوع همان تابشی هستند که در اجاقهای ریزموج (مایکروویو) مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ منتها بسیار ضعیفتر: آنها فقط می‌توانند دمای غذا را به ۲/۷ درجه بالای صفر مطلق برسانند و بنابراین، برای گرم کردن یا پختن پیتزا چندان مناسب نیستند. تصورمی‌رود که این تابشها بازماندهٔ یکی از نخستین مراحل بسیار داغ پیدایش جهان باشند. ولی در این زمینه جالب توجه‌ترین نکته آن است که مقدار تابش در تمام جهتها ظاهراً یکسان است. مقدار این تابش با کمال دقت به وسیلهٔ «ماهوارهٔ کاوشگر پسزمینهٔ کیهانی»[12] اندازه‌گیری شده و چنین به نظر می‌رسد که این مقدار در تمام جهتها یکی است. تفاوتهای مشاهده شده مربوط به عوامل آشوب‌زا در آزمایشهاست. تا سطح یک واحد در ده‌هزار هیچ نوع دلیل و مدرکی دالّ بر تغییر پسزمینه بر حسب جهت به دست نیامده‌است.

در زمانهای قدیم مردم معتقد بودند که کرهٔ زمین در مرکز عالم قراردارد. بنابراین، اگر در آن زمانها به چنین کشفی دست می‌یافتند، بیگمان از یکسان بودن پسزمینه در تمام جهتها متعجب نمی‌شدند. ولی از زمان کوپرنیک[13]، زمین مبدل به سیارهٔ کوچکی شده است که گِرد ستارهٔ متوسطی، واقع در لبهٔ خارجی یک کهکشان معمولی می‌چرخد؛ کهکشانی که تنها یکی از صدمیلیارد کهکشان قابل مشاهده است. اینک ما چنان به فروتنی افتاده‌ایم که دیگر هیچ جایگاه ویژه‌ای در جهان هستی برای خود قائل نیستیم. بنابراین، باید فرض کنیم که پسزمینهٔ اطراف هر کهکشان دیگری هم در تمام جهتها یکسان است. این امر فقط هنگامی ممکن است که چگالی متوسط جهان و آهنگ گسترش آن، همه جا یکی باشد. هر گونه تغییری در چگالی متوسط یا در آهنگ گسترش منطقهٔ وسیعی از جهان موجب بروز تفاوتهایی در تابش امواج پسزمینه در جهتهای مختلف خواهدشد. این امربدان معناست که به مقیاس کلان رفتار جهان هستی ساده است و نه توأم با هرج ومرج وبی‌نظمی. اگر واقعاً چنین باشد، می‌توان رفتار جهان در آینده‌های بسیار دور را نیز پیشگویی کرد.

درهم شکستگی بزرگ

از آنجاکه گسترش و انبساط جهان کاملاً یکنواخت به نظر می‌رسد، می‌توان آن را فقط با یک عدد بیان کرد: فاصلهٔ بین دو کهکشان. در حال حاضر، این فاصله در حال افزایش است، ولی می‌توان انتظار داشت که کشش گرانشی بین کهکشانهای مختلف آهنگ گسترش جهان را رفته رفته کُند و کُندتر کند. اگر چگالی جهان بیشتر از اندازهٔ معینی بشود که آن را «مقدار بحرانی» می‌نامیم، کشش گرانشی به احتمال زیاد گسترش جهان را متوقف خواهدکرد و درحالت عکس آن، موجبات تراکم و انقباض مجدد جهان را فراهم خواهد آورد و درنهایت، این روند چیزی نخواهد بود جز نوعی «درهم شکستگی بزرگ»[14] این درهم ریختن و خردشدن عظیم چیزی خواهد بود شبیه به «انفجار بزرگ»[15]ی که سرآغاز پیدایش جهان بوده است. درهم شکستگی بزرگ به حالتی منجر خواهد شد که آن را تکینگی[16] می‌نامند ـ حالتی که در آن چگالی مادهٔ موجود در جهان به چنان حدّی خواهد رسید که کلیهٔ قوانین فیزیکی از تأثیر خواهند افتاد. این نکته بدان معنا خواهد بود که حتی اگر رویدادهایی هم پس از درهم شکستگی بزرگ وجود داشته باشد، چونی و چندی آنها قابل پیش‌بینی نخواهدبود. ولی بدون رابطهٔ عِلّی بین رویدادها روش معتبری وجود ندارد که ما را یاری دهد تا بگوییم فلان رویداد پس از بهمان رویداد تحقق خواهدیافت. مطلب را می‌توان به این صورت هم

گفت که با وقوع درهم شکستگی بزرگ، جهان ما به پایان کار خود خواهدرسید و هررویدادی هم‌که پس‌از آن‌پیش آید مربوط‌به جهانی دیگر، سوای جهان ما، خواهد بود. ماجرا تا حدّی شبیه به تجدّد مجدد[17] است. این داعیه که کودکی نورسیده عیناً همان کسی است که از دنیا رفته عملاً چه معنایی می‌تواند داشت؛ اگر کودک صفات یا خاطراتی از زندگی پیشین خود به ارث نبرده باشد. در چنین شرایطی آیا نمی‌توان گفت که کودک فردی کاملاً متفاوت است؟

چنانچه چگالی متوسط جهان کمتر از حد بحرانی باشد، درهم شکستگی روی نخواهد داد و جهان تا ابد به گسترش خود ادامه خواهدداد. پس از مدتی، چگالی جهان چنان کاهش خواهد یافت که کشش گرانشی دیگر تأثیر قابل توجهی از نظر کاهش سرعت گسترش نخواهدداشت و کهکشانها باسرعت ثابتی به دورشدن از یکدیگر ادامه خواهند داد.

به این ترتیب، پرسش حیاتی درمورد آیندهٔ جهان این است که «چگالی متوسط چقدر است؟» اگر این چگالی کمتر از حدّ بحرانی باشد، جهان برای ابد انبساط خواهدیافت. ولی اگر این چگالی بیشتر از حدّ بحرانی باشد، جهان در هم فشرده خواهد شد و با وقوع درهم شکستگی بزرگ خود زمان نیز به پایان خواهد رسید.

این امکان وجود دارد که چگالی متوسط جهان را از طریق مشاهدات و محاسبات برآورد کنیم. هرگاه ستارگانی را که می‌توانیم دید بشماریم و جرم آنها را با هم جمع بزنیم به کمتر از یک صدم چگالی بحرانی پی خواهیم برد. حال اگر جرم همهٔ توده‌های انبوه گاز قابل رؤیت در جهان را هم به حاصل جمع بالا بیفزاییم، نتیجهٔ کلی تقریباً به یک صدم مقدار چگالی بحرانی خواهد رسید.

با این حال، می‌دانیم که جهان ما حاوی مقادیری مادهٔ سیاه[18] هم هست ـ منظور ماده‌ای است که مشاهدهٔ مستقیم و بی‌واسطه آن برای ما میسر نیست. یکی از شواهد مسلم این مادهٔ سیاه از کهکشانهای مارپیچ به دست می‌آید. این کهکشانها در واقع مجموعه‌های عظیمی از ستاره‌ها و گازها هستند که در اطراف مرکزهای خود می‌چرخند. ولی سرعت چرخش آنها چنان زیاد است که اگر فقط حاوی ستارگان و گازهای متراکمی باشند که ما می‌بینیم، بدون شک هر تکهٔ آنها تحت تأثیر نیروی گریز از مرکز به گوشه‌ای می‌گریخت. بنابراین، باید شکل نامشهود دیگری از ماده هم در این مجموعه باشد که کشش گرانشی نیرومندش پیوستگی اجزای درحال گردش کهکشانها را تضمین کند.

مدرک دیگری که دال بر وجود مادهٔ سیاه است از خوشه‌های کهکشانی به ما می‌رسد. از مشاهدات ما چنین برمی‌آید که کهکشانهابه طرز یکنواختی در سرتاسر فضای کیهانی توزیع نشده‌اند، بلکه به صورت خوشه‌هایی کوچک و بزرگ با همدیگر گردآمده‌اند؛ خوشه‌هایی که اندازهٔ آنها از چند کهکشان تا میلیونها کهکشان متفاوت است. به احتمال قوی، شکل‌گیری این خوشه‌ها بدان علت است که کهکشانها یکدیگر را جذب می‌کنند و تشکیل گروههای خوشه مانند می‌دهند. با وجود این، ما قادریم سرعت چرخش هر یک از کهکشانهای تشکیل دهندهٔ خوشه‌ها را به طور جداگانه محاسبه کنیم و دریافته‌ایم که این سرعتها چنان زیاد است که اگر کشش گرانشی کهکشانها نباشد، هر یک از آنها در فضای نامتناهی به گوشه‌ای فراخواهند رفت. جرم لازم برای کشش‌های گرانشی مورد نیاز بیشتر از مجموع اجرام همهٔ کهکشانهاست و این در صورتی است که فرض کنیم جرم هر یک از کهکشانها آنقدر هست که آنها را در حین گردش کنار یکدیگر نگاه دارد. نتیجه اینکه، قاعدتاً باید مادهٔ نامشهود دیگری نیز، علاوه بر کهکشانهای قابل مشاهده، در خوشه‌ها وجود داشته‌باشد.

جرم مادهٔ سیاه موجود در کهکشانها و خوشه‌های قابل رؤیت را می‌توانیم‌بادقت‌نسبتاًقابل قبولی‌برآوردکنیم. ولی این رقم نیز حداکثر معادل ده درصد از چگالی بحرانی است. بنابراین، اگر تنها به شواهد و مدارک مشاهداتی متکی باشیم می‌توانیم پیش‌گویی کنیم که جهان همواره در حال انبساط خواهد بود. پس از پنج میلیارد سال دیگر، یا چیزی در همین حدود، خورشید به پایان سوخت هسته‌ای خود خواهد رسید. آنگاه شروع خواهد کرد به متورم شدن تا بابلعیدن کرهٔ زمین و دیگر سیارات نزدیکتر به صورت چیزی درآید که غول سرخ نامیده می‌شود. سپس چند هزار کیلومتر دورتر به صورت ستاره‌هایی که «کوتولهٔ سفید»[19] نامیده می‌شوند رحل اقامت خواهد افکند. در هر حال، تا هنگامی که خورشید به صورت جسم تاریکی متلاشی شود ما باید فوت و فن سفرهای میان ـ ستاره‌ای را مهار کرده باشیم ـ البته اگر تا آن موقع خودمان را به تباهی و نابودی نکشانده باشیم.

پس از ده میلیارد سال یا چیزی در همین حدود، بیشتر ستارگان جهان کاملاً خواهند سوخت. ستارگانی با جرمهای معادل جرم خورشید مبدل به کوتوله‌های سفید یا ستاره‌های نوترونی[20] خواهند شد که حتی کوچکتر و چگالی‌تر هستند. ستارگان بزرگتر ممکن است مبدل به سیاهچاله‌هایی[21] شوند که باز هم کوچکتر و چگالی‌ترند و نیروی گرانشی آنها به اندازه‌ای است که حتی نور هم قادر به گریز از آنها نیست. با وجود این، حتی همین اجسام بسیار چگال نیز همچنان به گردش در اطراف کهکشان ما ادامه خواهندداد و مدار خود را در هر صدمیلیون سال یکبار خواهند پیمود برخوردهای نزدیک بین این بازماندگان موجب متلاشی شدن و گریز بخشی از آنها از محدودهٔ کهکشان ما خواهد شد، و آنهایی که باقی بمانند در مدارهایی نزدیکتر به مرکز جای خواهند گرفت و به گردش خود ادامه خواهند داد، و احتمالاً بعضی از آنها به یکدیگر خواهند پیوست تا سیاهچاله‌های عظیمی در مرکز کهکشان ما تشکیل دهند. هر چه مادهٔ سیاه در کهکشانها و خوشه‌ها وجود دارد نیز ممکن است به دام این سیاهچاله‌های بسیار عظیم بیفتند.

به این ترتیب، می‌توان انتظار داشت که بیشتر مادهٔ موجود در کهکشانها و خوشه‌ها سرانجامی شبیه به سیاهچاله‌ها داشته‌باشند. براساس اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتومی ذرات نمی‌توانند هم موقعیت معینی داشته‌باشند و هم سرعت معینی. هر چه موقعیت یک ذرهٔ خاص دقیقتر تعیین شود، دقت اندازه‌گیری سرعت آن کمتر خواهد بود و برعکس. چنانچه ذره‌ای در یک سیاهچاله باشد، موقعیت آن در داخل سیاهچاله به خوبی قابل تعیین است. این امر

بدان معناست که سرعت آن را نمی‌توان به دقت معین کرد. بنابراین، این امکان وجود دارد که سرعت ذره بیشتر از سرعت نور باشد. این سرعت، ذره را قادر خواهدساخت که از میدان گرانشی سیاهچاله بگریزد. پس، ذره‌ها و پرتوها می‌توانند به کندی از سیاهچاله به خارج نشد کنند. سیاهچالهٔ غول‌آسایی که در مرکز یک کهکشانی قرار گرفته باشد، میلیونها کیلومتر قُطر دارد و بنابراین عدم قطعیت بسیار زیادی در مورد موقعیت هریک از ذرات درونی آن وجود خواهدداشت. از این نظر عدم قطعیت در مورد سرعت آن بسی کمتر خواهدبود. این امر بدان معناست که فرار ذرات از سیاهچاله مدتهای مدید به درازا خواهدکشید. ولی این فرار به احتمال زیاد صورت خواهدگرفت: یک سیاهچالهٔ بزرگ در مرکز یک کهکشان ممکن است 10^{90} سال برای بخارشدن یا نابودی قطعی وقت لازم داشته‌باشد. این مدت زمان بسیار بیشتر از عمر کنونی جهان است که آن را به 10^{10} سال تخمین می‌زنند. درهرحال، اگر قرارباشد جهان ما تاابد به گسترش خود ادامه دهد، تابخواهید وقت خواهیم داشت.

فروریزی مجدد

آیندهٔ جهانی که تا ابد در حال گسترش باشد، تا اندازه‌ای ملال‌آور خواهد بود. ولی به هیچ وجه مسلم نیست که جهان تا ابد گسترش یابد. تاکنون، ما فقط در حدود یک دهم چگالی لازم برای فروریزی و انقباض مجدد جهان راکشف کرده‌ایم. ولی این امکان وجود دارد که انواع دیگری مادهٔ سیاه وجود داشته‌باشد که ما به وجودشان پی‌نبرده باشیم و روزی برسد که همین مواد چگالی متوسط جهانی را به حدّ بحرانی یا بیشتر از آن برسانند. ممکن است این مادهٔ تاریک اضافی در خارج از کهکشانها و خوشه‌های کهکشانی جای داشته‌باشد. درغیر این صورت تأثیر آن را بر گردش کهکشانها یا حرکات کهکشانها در خوشه‌ها متوجه می‌شدیم.

چرا باید به این فکر بیفتیم که مقدار مادهٔ سیاه موجود در فضا آنقدر هست که موجب فروریزی و انقباض مجدد جهان شود؟ چرا باید در مورد ماده‌ای که با شواهد قطعی به وجودش پی‌برده‌ایم دچار تردید شویم؟ علت این است که نسبت بین چگالی بحرانی و روند گسترش بسیار ناپایدار است. کوچکترین تغییری در چگالی بحرانیِ نخستین مراحل پیدایش جهان با گسترش عالم به شدت افزایش می‌یافت. برای آنکه میزان چگالی متوسط کنونی در حدّ ده درصد مقدار بحرانی باشد، لازم می‌آید که چگالی آغازین و سرعت گسترش جهان به طرزی باور نکردنی دقیق و محتاطانه انتخاب شده باشد. چنانچه چگالی جهان یک ثانیه از انفجار بزرگ به اندازهٔ یک در هزارمیلیارد بیشتر می‌بود، جهان پس از گذشت فقط ده سال از نو فرومی‌ریخت و به مرحلهٔ پیش از انفجار بزرگ می‌رسید. از طرف دیگر، اگر در همان زمان چگالی جهان به همان اندازه‌ای که گفتیم کمتر می‌بود جهان پس از گذشت ده سال اساساً تهی می‌شد. بنابراین، نخستین پرسشی که پیش می‌آید این است که چگالی آغازین جهان چگونه به این دقت و احتیاط انتخاب شده است. شاید دلیلی وجودداشته باشد که به موجب آن جهان می‌بایست دقیقاً دارای چگالی بحرانی معینی باشد که از آن سخن گفتیم.

در این زمینه دونوع توضیح ممکن به نظر می‌رسد. یکی از آنها اصل مشهور به **آنتروپی**[22] است که می‌توان آن را چنین بیان کرد: «جهان ما چنین است که هست بدان علت که اگر غیر از این بود ما اینجا نمی‌بودیم تا به مشاهدهٔ آن بپردازیم.» مفهوم این اصل آن است که در آغاز این امکان وجود داشته که جهانهایی با چگالیهای متفاوت پدید آید. اما فقط آنهایی که چگالی‌شان بسیار نزدیک به چگالی بحرانی می‌بود عمر درازی می‌یافتند و مادهٔ کافی برای شکل‌گرفتن ستارگان و سیارات در آنها به وجود می‌آمد. و فقط در چنین جهانهایی است که پیدایش موجوداتی هوشمند قابل تصور خواهد بود؛ موجوداتی که بتوانند بپرسند: «چرا چگالی جهان ما تا بدین حدّ نزدیک چگالی بحرانی است؟» اگر این توضیح را در مورد چگالی جهان بپذیریم، دلیلی ندارد که معتقد باشیم مقدار مادهٔ موجود در جهان بیش از حدّی است که تاکنون ردیابی کرده‌ایم. چون یک دهم چگالی بحرانی مقدار مادهٔ لازم و کافی برای تشکیل کهکشانها و ستارگان را فراهم می‌آورد.

با این حال، بسیارند کسانی که اصل آنتروپی را چندان جدّی نمی‌گیرند چراکه این اصل ظاهراً اهمیت زیاده از حدّی برای موجودیت خود ما قائل است. بنابراین، کوششهای دیگری برای یافتن توضیح پذیرفتنی‌تری درمورد نزدیکی چگالی و جرم بحرانی جهان به عمل آمده و می‌آید. این کوششها به نظریهٔ تورم در جهان آغازین منتهی شده است. مبنای نظریهٔ تورم این است که اندازهٔ جهان همانند افزایش قیمتها که در بعضی کشورها هر چند ماه یکبار دوبرابر می‌شود، احتمالاً هرچندگاه یک بار دو برابر می‌شود. با این تفاوت که تورم جهان بسی‌سریعتر و حادتر بوده است: برای مثال، افزایشی با ضریب حداقل یک میلیارد میلیارد میلیارد در کسر ناچیزی از هر ثانیه.

این مقدار تورم احتمالاً موجب ترمیم و تعدیل انواع اغتشاشها و ناهمگنیها در نخستین لحظات عمر جهان شده است. بر همین منوال، ممکن است تورم مورد بحث موجب شده باشد که روند گسترش جهان این همه نزدیک به روند جرم بحرانی باشد تا چگالی جهان و روند گسترش آن هنوز هم در رابطه‌ای بحرانی قرارگیرند. به این ترتیب، اگر نظریهٔ تورم درست باشد، جهان باید آنقدر مادهٔ سیاه در خود داشته باشد تا چگالی را، نسبت به روند کنونی انبساط، در حدّ بحرانی نگاه دارد. اما به سبب اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتومی، ممکن نیست که جهان درهمه جا یکسان و مشابه باشد و بنابراین ممکن نیست چگالی آن دقیقاً در حدّ بحرانی باشد. از این دیدگاه، قاعدتاً باید نوسانات یا عدم قطعیتهای کوچکی در چگالی و روند گسترش جهان وجود داشته باشد تا تفاوتهایی در جای جای آن پدید آید. این سخن بدان معناست که جهان به احتمال قوی در هم فرو خواهد ریخت ولی نه در سر رسیدی بیشتر از تقریباً پانزده میلیارد سالی که در حال گسترش بوده است.

امّا اگر نظریهٔ تورم درست باشد، مادهٔ سیاه اضافی مورد نیاز چه خواهد بود؟ چنین به نظر می‌رسد که مادهٔ سیاه احتمالاً با مادهٔ

معمولی فرق دارد ـ منظور از مادهٔ معمولی همان است که ستارگان و سیارات را به وجود آورده و می‌آورد. ما می‌توانیم مقادیر عناصر سبک گوناگونی را که در نخستین مراحل داغ جهان، یعنی در طول سه دقیقهٔ پس از انفجار بزرگ، تولید شده‌اند محاسبه کنیم. مقادیر این عناصر سبک بسته به مقدار مادهٔ معمولی در جهان است. نسبت این مقادیر را می‌توان در نموداری، با مقدار عناصر سبک روی محور عمودی و مقدار مادهٔ معمولی جهان روی محور افقی، نمایش داد.

چنانچه مقدار کلی مادهٔ معمولی فقط در حد یک دهم مقدار بحرانی کنونی باشد، همخوانی خوبی با فراوانیهای مشاهده شده به دست خواهدآمد. ممکن است این محاسبات غلط باشد، ولی همین که ما می‌توانیم فراوانی مشاهده شده [تجربی] را برای چند عنصر مختلف به دست آوریم خودبه‌خود امری توجه برانگیز است.

حال اگر واقعاً نوعی چگالی بحرانی برای مادهٔ سیاه وجود داشته باشد و مادهٔ سیاه از نوع همان ماده‌ای نباشد که کهکشانها و ستارگان را تشکیل داده، پس واقعاً چه خواهد بود؟ نامزدهای اصلی به ظنّ قوی عبارت خواهند بود از پسمانده‌های نخستین مراحل تکوین جهان. یکی از امکانهای موجود در این زمینه، ذرات اولیه[۲۳] است. بعضی نامزدهای مفروض وجود دارند ـ منظور ذراتی هستند که ما فکر می‌کنیم احتمالاً وجود دارند، ولی هنوز به ردیابی و کشف دقیق آنها توفیق نیافته‌ایم. نوید بخشتر از همه، ذره‌ای است به نام نوترینو[۲۴] که شواهد خوبی برای آن در دست داریم. هر چند تصور می‌رفت که این ذره جرمی خاص خود نداشته‌باشد، از بعضی مشاهدات اخیر چنین برمی‌آید که نوترینو درواقع دارای جرمی اندک است. اگر این مشاهدات تأیید شود و کمیت جرم نوترینو معین گردد، این ذره آنقدر جرم فراهم خواهد آورد که چگالی جهان را به مقدار بحرانی برساند.

یکی دیگر از امکانها، سیاهچاله‌هاست. این امکان وجود دارد که جهان آغازین تغییر حالتهایی مرحله‌ای[۲۵] را از سرگذرانده باشد. به جوش آمدن و یخ بستن آب را می‌توان نمونه‌هایی ازاین تغییر حالتها دانست: در یکی از این تغییر حالتهای گذرا، نوعی محیط فراگیر[۲۶] یکنواخت مانند آب بیقاعدگیها و ناهمواریهایی نظیر برآمدگیهای یخ یا حبابهای بخار به وجود می‌آورد. این بیقاعدگیها ممکن است به شکل سیاهچاله‌هایی فروریزد. چنانچه سیاهچاله‌ها بسیار کوچک بوده باشند ممکن است تا به حال به سبب اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتومی تبخیر شده باشند. ولی اگر سیاهچاله‌های مورد بحث بیش از چند میلیارد تن وزن داشته باشند (جرم یک کوه)، ممکن است هنوز هم در فضا دوروبر ما باشند و ردیابی آنها بسیار دشوار است.

تنها راه ردیابی مادهٔ سیاه که به طرزی یکنواخت در سرتاسر جهان توزیع شده، شناسایی و بررسی تأثیرات آن برانبساط جهان خواهدبود. برای تعیین کاهش تدریجی سرعت انبساط جهان ما می‌توانیم سرعت دور شدن کهکشانهای دوردست از کرهٔ زمین را اندازه‌گیری کنیم. نکته این است که در حال حاضر ما به واقع نظاره‌گر این کهکشانها در گذشته‌هایی بسیار دور هستیم؛ یعنی در زمانی که نور از آنها صادر شده به سوی ما حرکت کرده است. می‌توان نموداری از سرعت کهکشانها در برابر درخشش ظاهری، یا بزرگی، آنها رسم کرد که در واقع اندازهٔ فاصلهٔ آنها از ماست.

خطهای مختلف روی این نمودار متناظر با روندهای مختلف کاهش سرعت انبساط جهان است. نموداری که به خط مستقیم پیش می‌رود، یا تخت می‌شود، متناظر است با جهانی که تا ابد گسترش می‌یابد و نموداری که خم برمی‌دارد متناظر با جهانی است که منقبض می‌شود و سرانجام فروخواهدریخت. درنگاه اول، مشاهدات حاکی از فروریزی مجدد جهان است. ولی مسأله اساسی آن است که درخشندگی ظاهری یک کهکشان نشانهٔ خوبی از فاصلهٔ آن نسبت به ما نیست. نه فقط تغییرات قابل ملاحظه‌ای در درخشندگی ذاتی کهکشانها وجود دارد، بلکه شواهدی در دست است که نشان می‌دهند درخشندگی آنها با زمان نیز تغییر می‌یابد. از آنجا که هنوز نمی‌توانیم بگوییم تحولات درخشندگی را به چه میزانی باید در محاسبات ملحوظ داشت، تعیین روند کاهش انبساط جهان نیز در حال حاضر نیز ناممکن می‌شود، به طوری که نه می‌توان گفت جهان مسلماً فروخواهد ریخت و نه می‌توان مدعی شد که انبساط جهان همواره ادامه خواهد یافت. بنابراین، پاسخ این مسأله می‌ماند برای زمانی که توانسته باشیم راههای بهتری برای اندازه‌گیری فاصله کهکشانها پیداکنیم. ولی با اطمینان می‌توان گفت که روند کاهش انبساط آنقدر سریع نیست که جهان ما را در طول چند میلیارد سال آینده به انقباض و فروریزی بکشاند. همین مهلت به ما امکان می‌دهد که به بعضی بحرانهای فوریتر برسیم!

توانایی بالقوه برای سفر در زمان

ناممکن بودن انبساط همیشگی جهان و همچنین عدم امکان انقباض و فروریزی جهان تا صد میلیارد سال آینده، هر دو پیشگوییهایی بسیار هیجان‌انگیز هستند و پیش از هر چیز این فکر را به مغز خطور می‌دهند که آیا می‌توانیم کاری انجام دهیم تا آینده را جالب توجه‌تر سازیم؟ عملی که به طور قاطع به این نتیجه برسد عبارت خواهد بود از راندن خویشتن به درون سیاهچالهٔ عظیمی که جرم آن بیش از یک میلیون بار بیشتر از جرم خورشید باشد. در غیر این صورت، با توجه به تفاوت بین کشش گرانشی روی سر و روی پاها، پیش از آنکه به داخل سیاهچاله برسیم ما را به صورت رشته فرنگی در خواهد آورد. ولی شانس زیادی وجود دارد که سیاهچاله‌ای به بزرگی یادشده در مرکز کهکشان منتظرمان باشد.

ما دقیقاً نمی‌دانیم درون یک سیاهچاله چه می‌گذرد. براساس بعضی راه حلهای معادلات نسبیت عام[۲۷]، این امکان وجود دارد که به درون یک سیاهچاله بیفتیم و جایی دیگر سر از یک سفیدچاله[۲۸] درآوریم. سفیدچاله عبارت است از معکوس زمان[۲۹] یک سیاهچاله؛ یعنی چیزی که اشیاء می‌توانند از آن خارج شوند ولی نمی‌توانند به درون آن بیفتند.

سفیدچاله ممکن است در بخش دیگری از جهان باشد و این امر ظاهراً امکان سفرهای سریع میان ـ کهکشانی را فراهم می‌آورد. مشکل قضیه این است که چنین سفرهایی احتمالاً بیش از حدّ سریع

خواهند بود: اگر سفر در داخل سیاهچاله ممکن باشد، قاعدتاً هیچ چیز مانع از آن نخواهد شد که پیش از خروج کامل از سیاهچاله به عقب برگردیم. به طور نظری می‌توان در آن حالت کاری انجام داد تا دیگر نتوان به جای اوّل خود برگشت. راه چاره فقط ایـن است کـه آینده را در گذشته نظاره کنیم تا مسائل ناشی از سفر در زمـان[30] را ببینیم.

ولی خوشبختانه چنین به نظر می‌رسد که قوانین فیزیک اجـازهٔ این گونه سفر در زمان را به مـا نـمی‌دهند. ظـاهراً نـوعی «سـازمان حمایت از وقایع‌نگاری» وجود دارد که با ایجاد ممنوعیت برای سفر به‌گذشته‌ها، دنیا را برای تاریخ نگاران امن و امان نگاه می‌دارد. آنچه اتفاق می‌افتد این است که اصل عدم قـطعیت مسـتلزم آن است کـه فضازمان[31] مملو از زوجهایی مرکب از ذره‌ها و ضدذره‌ها باشد که همراه یکدیگر پدید می‌آیند، به طرفی حرکت می‌کنند و دوبـاره بـا همدیگر بازمی‌گردند و ناپدید می‌شوند. این ذره‌هـا و ضـدذره‌ها را مجازی[32] می‌گویند چون به طور عادی نمی‌توان به وجود آنها پی‌برد یا با استفاده از ایستگاه ردیابی ذره‌ها به مشاهدهٔ آنها نشست. با این حال، اگر ساختار فضا - زمان چـنان بـاشد کـه ذره‌هـا بتوانـند بـه نقطه‌های آغازین تاریخ موجودیت خود بازگردند، چگالی ذره‌های مجازی افزایش خـواهـدیافت زیـرا مـی‌توان در یک زمـان خـاص رونوشتهای بسیاری از یک ذره معین در اختیارداشت. این چگالی اضافی ذره‌های مجازی یا فضا ـ زمان را به حدی دچار اعـوجاج و چولگی[33] خواهدکرد که بازگشت به عقب در زمان امکان نـداشـته باشد و یا موجب خواهد شد که فضا ـ زمان درنوعی تکینگی، مانند انفجار بزرگ یا درهم شکستگی بزرگ، به پـایان بـرسد. در هـر دو حال، گذشتهٔ ما از شرّ افراد بدسرشت در امان خواهد ماند. فـرضیهٔ «حمایت از وقایع‌نگاری» از طریق بعضی محاسبات کمابیش به تایید رسیده است. ولی بهترین دلیلی که می‌توان برضد ممکن بودن سفر در زمان پیش کشید و حتی مدعی شد که چنین سفری درآینده هـم امکان نخواهد داشت، ایـن است کـه مـا در مـعرض هـجوم امـواج جهانگردهایی که از آینده بیایند قرارنگرفته‌ایم.

آیندهٔ جهان

دانشمندان معتقدند که جهان به وسـیلهٔ قـوانـین کـاملاً مـعینی اداره می‌شود که به طور اصولی به ما امکان مـی‌دهند آیـنده را پـیشگویی کنیم. ولی حرکتهای ناشی از قوانین اغـلب مـصون از اغـتشاش و بی‌نظمی نیستند. این سخن بدان معناست که تغییر مختصری دروضع و حال آغازین ممکن است به تغییری دررفتار بعدی پدیدهٔ مورد نظر منجر شود که به سرعت بر دامنهٔ آن افزوده خواهدشد. پس، در عمل، پیشگویی تقریباً معتبر آینده فقط برای مدت زمـان بسـیار کـوتاهی امکانپذیرخواهدبود. با این حال، چنین به نظر می‌رسد که رفتار جهان به مقیاس بسیار کلان، ساده و عاری از هرج و مرج است. بنابراین، می‌توان پیشگویی کرد که آیا جهان برای ابدگسترش خواهدیافت، یا احتمالاً درهم فروخواهدریخت؟ پاسخ این پرسش بسته به چگالی کنونی جهان است. به واقع، چگالی کنونی جهان ظاهراً بسیار نزدیک به چگالی بحرانی است، یعنی مقدار چگالی معینی که مرز بین انبساط ابدی جهان و فروریزی مجدد آن محسوب می‌شود. اگر نظریهٔ تورم درست باشد، جهان کنونی درست بر لبهٔ تیغهٔ چاقو قرارگرفته است. به این ترتیب، براساس سنّت پابرجای هـاتفان و غـیب‌گویان مـعابد کهن و دیگر پیام‌آوران آینده، من نیز اینک در موقعیتی قرارگرفته‌ام که می‌توانم بدون نگرانی از نادرست درآمدن پیشگویی خود اعلام کنم که هر دو امکان فوق‌الذکر وجود دارد.

یادداشتها

1- Yesterday's tomorrow
2- Oracle
3- Croesus
4- William Miller
۵ـ Seventh Day Adventists، پیروان فرقهٔ مسیحی معتقد به بـازگشت عیسی مسیح به زمین در روز آخرالزمـان کـه «ظـهور دوّم» نـیز خـوانـده می‌شود. ـ م.
6- Extreme conditions
7- Very high density
8- Particle accelerators
۹ـ Chaos، در اینجا به معنای هـرگونه آشـفتگی و بـی‌نظمی در حـرکت است. در متون فلسفی سنّتی ایـن مـفهوم را خـواء گـفته‌انـد کـه ظـاهراً مستعرب واژهٔ یونانی Chaos و به معنای آشفتگی و بی‌نظمی حاکم بـر فضای نامتناهی پیش از ظهور نظم درجهان است. ـ م.
10- System
۱۱ـ Background radiations یا Bacground of microwave radiation. در این مبحث، اصطلاح بالا را تابشهای پسزمینه تـرجمه کـرده‌ایـم. در ضـمن، یـادآورمی‌شود کـه در زبـان فـرانسـه هـمین پـدیدهٔ کـیهانی را radiations fossiles یـا تـابشهای فسیل شـده گـویند کـه در بـعضی از ترجمه‌های فارسی نیز با همین اصطلاح آمده است. ـ م.
12- Cosmic Background Explorer Satellite
13- Copernicus
14- Big Crunch
15- Big Bang
16- Singularity
17- Reincarnation
18- Dark matter
19- White dwarf star
20- Neutron stars
21- Black hole
۲۲ـ Anthropy، از ریشه یونانی Anthropos به معنای انسان، آدمی، بشر. ـ م.
23- Elementary particles
24- Neutrino
25- Phase transitions
26- Medium
27- General relativity
28- White hole
29- Time reverse
30- Time travel
31- Spacetime
32- Virtual
33- Distortion

منبع

The Predication of the Future, Cambirdge, 1992.