

آیندهٔ جهان

استیفن هاوکینگ

مترجم: دکتر ناصر موفقیان

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 غیبگوهایی مشروط و تفسیرپذیر شهرتی بسزا داشت. هنگامی که بزرگان اسپارت، پس از حمله ایرانیان به یونان، از سروش غیب پرسیدند که آینده این جنگ چه خواهد بود، سروش پاسخ گفت: «یا اسپارت ویران خواهد گشت، یا پادشاهش کشته خواهد شد.» حدس من این است که کاهنان معبد مطمئن بودند اگر هیچ کدام از این دو حالت پیش نیاید مردم اسپارتچنان از خدای خود، آپولو، خشنود و سپاسگزار خواهند شد که به کلی فراموش خواهند کرد

سخن بر سر آینده جهان است، یا بهتر گفته باشم در مورد این مطلب که از دیدگاه علم، آینده چگونه خواهد بود. پیشگویی آینده بی گمان کاری است دشوار و پر پیچ و خم. مدتها پیش آرزویم این بود که ای کاش می‌توانستم کتابی بنویسم با عنوان فردای دیروز: تاریخچه آینده¹ این کتاب در حقیقت تاریخچه پیشگوییهای می‌شد که درباره آینده به عمل آمده؛ پیشگوییهای که دامنه ای گسترده می‌داشتند.

پیشگویی آینده در عهد عتیق کار هاتفان غیب² یا طالع بینان بود. بیشتر اینان زنانی بودند که در پرستشگاههای معینی تحت تأثیر مواد مخدر یا بر اساس تنفس دود و دم آتشفشانها از طریق نی‌ها یا منفذهای ویژه ای به حالت خلسه یا

((بازگشت روز هفتم))⁵ پیشگویی می‌کرد که بازگشت مسیح به زمین بین 21 مارس 1843 و 21 مارس 1844 رخ خواهد داد. هنگامی که بین 21 مارس 1843 و 21 مارس 1844 اتفاقی نیفتاد، تاریخ ظهور دوم مسیح را مورد تجدیدنظر قرار داد و 22 اکتبر 1844 را روز معهود اعلام کرد. وقتی این روز هم بدون رویداد قابل توجهی گذشت، تفسیر دیگری را پیش کشید. به موجب این تفسیر، سال 1844 را می‌بایست سرآغاز ظهور دوم 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 بقیه ما، شمارش نامها ظاهراً مدتهای مدیدی به درازا خواهد کشید.

البته پیشگوییهای علمی ممکن است به همان دقت و اعتبار پیشگوییهای هاتفان غیب و دیگر نام‌آوران خدایان نباشد: برای نمونه کافی است به پیش بینیهای هواشناسی نگاه کنیم. ولی موقعیتهایی هم هست که در محدوده آنها می‌توان به

پیشگویی هاتف درست از آب درآمده است. در عمل، پادشاه به هنگام دفاع از تنگه ترموپیل کشته شد، ولی همین دفاع سرسختانه اسپارت را نجات داد و به شکست نهایی ایرانیان انجامید.

در موقعیتی دیگر، کرزوس³، پادشاه لیدیه - که ثروتمندترین مرد دنیا محسوب می‌شد - از سروش غیب پرسید که اگر به ایران حمله کند چه پیش خواهد آمد. پاسخ این بود که سلطنت بزرگی سقوط خواهد کرد. 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 بر فراز توده‌های هیزم زنده زنده در شعله‌های آتش بسوزد.

تاکنون تاریخهای گوناگونی برای پایان دنیا ذکر کرده‌اند، ولی تا اینجا همه این سررسیدها بدون بروز واقعه‌ای گذشته است. ولی غیبگویان و پیام‌آوران روز رستاخیز اغلب توضیح‌هایی برای شکستهای آشکار خود داشته‌اند. برای مثال، ویلیام میلر⁴، بنیان‌گذار فرقه مسیحی

پیشگوییهای معتبر پرداخت و آینده جهان به مقیاس کلان یکی از آنهاست.

در طول سیصد سال گذشته ما قوانین علمی حاکم بر ماده در شرایط کرانه‌ای⁶ پی نبرده‌ایم و شناخت این قوانین برای پی بردن به چگونگی شروع عالم هستی اهمیتی اساسی دارد. با این حال، قوانین مورد بحث تأثیری بر تحول آینده جهان نخواهند داشت، مگر هنگامی که جهان هستی از نو به حالتی با چگالی بسیار بالا⁷ درآید. در عمل، این امر نشان دهنده آن است که قوانین حاکم بر انرژیهای بالا تا چه حد ناچیزی بر جهان تأثیر می‌گذارند آن هم زمانی که ما ناچاریم مبالغ هنگفتی پول برای ساختن شتاب دهنده‌های⁸ غول آسای ذرات خرج کنیم تا بتوانیم 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 آینده بسیار دوردست استفاده کنیم. علت هم این است که

جوابهای معادله‌های فیزیکی ممکن است با کیفیت ویژه‌ای سروکار داشته باشند که آن را بی‌نظمی یا هرج و مرج⁹ می‌نامند. مفهوم مطلب این است که معادله‌هایی که بیانگر این قوانین باشند در برابر هر گونه تغییر خفیف و ناچیز در شرایط آغازین تکوین جهان بسیار ناپایدار خواهند بود. وضع و حال دستگاه¹⁰ معینی را در زمان خاص اندکی تغییر دهید تا ملاحظه کنید که پس از مدت کوتاهی رفتار دستگاه به مقیاس زیادی تفاوت خواهد یافت. برای مثال، اگر طرز گرداندن یک چرخ مخصوص بازیهای لاتاری را اندکی تغییر دهید، چرخ در برابر شماره دیگری متوقف خواهد شد. به این ترتیب، پیشگویی شماره‌ای که چرخ در برابر آن از حرکت خواهد ایستاد عملاً ناممکن می‌شود.

در مورد دستگاهها و نظامهای دستخوش بی‌نظمی، به طور معمول مقیاس زمانی خاصی وجود دارد که در محدوده آن هر گونه تغییر ولو ناچیز در حالت آغازین دستگاه به تغییری دو برابر بزرگتر مبدل خواهد شد. در مورد جو کره

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 پیش‌بینی‌های نسبتاً معتبری درباره تغییرات آب و هوا به عمل آورد. ولی برای پیش‌بینی وضع هوا طی دوره‌های زمانی بیش از پنج روز، هم به اطلاعات بسیار دقیقی درباره حالت کنونی جو 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 شش ماه بعد را، جز در حد 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 معادله‌هایی متناظر با رفتار آدمی را می‌شناسیم، اما با این حال قادر به پیشگویی آن نیستیم. علم قادر به پیشگویی آینده جامعه بشری نیست اصلاً آینده‌ای در پیش دارد یا نه. از این نظر، خطر واقعی در آنجاست که قدرت ما برای ویرانگری و تباہ سازی محیط زیست یا نابود کردن همدیگر با سرعت بسیار بیشتری افزایش می‌یابد تا تعقل و خردورزی ما در کاربرد این قدرت.

هر اتفاقی روی کره زمین بیفتد، بقیه جهان بی‌اعتنا به آن حرکت خود را ادامه خواهد داد. چنین به نظر می‌رسد که حرکت سیارات در اطراف خورشید در نهایت امر کیفیتی نامنظم دارد - هر چند به مقیاس زمانی درازمدت. معنای سخن آن است که خطاهایی که در حد پیشگویی روی دهد با گذشت زمان بزرگتر می‌شوند. از یک حد زمانی معین به بعد، پیشگویی دقیق و تفصیلی حرکت ناممکن می‌شود. ما با اطمینان تقریباً قاطعی می‌توانیم پیشگویی کنیم که تا مدت‌های مدید کره زمین برخوردی با کره زهره نخواهد

داشت. ولی نمی توانیم مطمئن باشیم که اختلالاتی 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 منطقه ای کهکشانی نیز کیفیتی فاقد نظم دارد. برعکس، چنین به نظر می رسد که حرکت کل جهان به مقیاسهای بسیار بزرگ، یکنواخت و عاری از بی نظمی است. به مشاهده دریافته ایم که کهکشانهای دیگر در حال دور شدن از ما هستند و هر چه دورتر از ما باشند، سرعت دورشدنشان بیشتر است. مفهوم مطلب آن است که جهان در همسایگی ما گسترش می یابد و یا به عبارت دیگر، فاصله های بین کهکشانهای مختلف با گذشت زمان افزایش می یابد.

همچنین شاهد آن هستیم که پسزمینه-ای متشکل از تابش امواج بسیار ریز¹¹ از فضاهاى خارجى به فضای قابل رؤیت ما می رسد. با میزان کردن تلویزیون روی

یک کانال آزاد می توان این تابشهای پسزمینه ای را مشاهده کرد. درصد اندکی از برفکهایی که روی پرده تلویزیون مشاهده می شود ناشی از تابش ریزموجهایی هستند که از فراسوی منظومه شمسی به ما می رسند. این امواج نیز از نوع همان تابشی هستند که در اجاقهای ریزموج (مایکروویو) مورد استفاده قرار می گیرد؛ منتها بسیار ضعیفتر: آنها فقط می توانند دمای غذا را 2/7 درجه بالای صفر مطلق برسانند و بنابراین، برای گرم کردن یا پختن پیتزا چندان مناسب نیستند. تصور می رود که این تابشها بازمانده یکی از نخستین مراحل بسیار داغ پیدایش جهان باشند. ولی در این زمینه جالب توجه ترین نکته آن است که مقدار تابش در تمام جهتها ظاهراً یکسان است. مقدار این تابش با کمال دقت به وسیله «ماهواره کاوشگر پسزمینه کیهانی»¹² اندازه گیری شده و چنین به نظر می رسد که این مقدار در تمام جهتها یکی است. تفاوتهای مشاهده شده مربوط به عوامل آشوبزا در آزمایشهاست. تا سطح یک واحد در ده



در زمانهای قدیم مردم معتقد بودند که کره زمین در مرکز عالم قرار دارد. بنابراین، اگر در آن زمانها به چنین کشفی دست می‌یافتند بی‌گمان از یکسان بودن

هزار هیچ نوع دلیل و مدرکی دالّ بر تغییر پسزمینه بر حسب جهت به دست نیامده است.

پسزمینه در تمام جهتها متعجب نمی‌شدند ولی از زمان کوپرنیک¹³ زمین مبدل به سیاره کوچکی شده است که گرد ستاره متوسطی، در لبه خارجی یک کهکشان معمولی می‌چرخد؛ کهکشانی که تنها یکی از صد میلیارد 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 پسزمینه 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 یکسان باشد. هر گونه تغییری در چگالی متوسط یا در آهنگ گسترش منطقه وسیعی از جهان موجب بروز تفاوت‌هایی در تابش امواج پسزمینه در جهتهای مختلف خواهد شد. این امر بدان معناست که به مقیاس کلان رفتار جهان هستی ساده است و نه توأم با هرج و مرج و بی‌نظمی. اگر واقعاً چنین باشد، می‌توان رفتار جهان در آینده‌های بسیار دور را نیز پیشگویی کرد.

درهم شکستگی بزرگ

از آنجا که گسترش و انبساط جهان کاملاً یکنواخت به نظر می‌رسد، می‌توان آن را فقط با یک عدد بیان کرد: فاصله 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 کند و کندتر کند. اگر چگالی جهان بیشتر از اندازه معینی بشود که آن را ((مقدار بحرانی)) می‌نامیم، کشش گرانشی به احتمال زیاد گسترش جهان را متوقف خواهد کرد و در حالت عکس آن، موجبات تراکم و انقباض مجدد جهان را فراهم خواهد آورد و در نهایت، این روند چیزی نخواهد بود جز نوعی ((درهم شکستگی بزرگ))¹⁴ این درهم ریختن و خرد شدن 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 تکینگی¹⁶ می‌نامند. - حالتی که در آن چگالی ماده موجود در جهان به چنان حدی خواهد

رسید که کلیه 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 نخواهد بود. ولی بدون رابطه علی بین رویدادها روش معتبری وجود ندارد که ما را یاری دهد تا بگوییم فلان رویداد پس از بهمان رویداد تحقق خواهد یافت. مطلب را می توان به این صورت هم گفت که با وقوع درهم شکستگی بزرگ، جهان ما به پایان کار خود خواهد رسید و هر رویدادی هم که پس از آن پیش آید مربوط به جهانی دیگر، سوای جهان ما، خواهد بود. ماجرا تا حدی شبیه به تجدّد مجدد¹⁷ 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 خواهد داد. پس از مدتی، چگالی جهان چنان کاهش خواهد یافت که کشش گرانشی دیگر تأثیر قابل توجهی از نظر کاهش سرعت گسترش نخواهد داشت و کهکشانش با سرعتی ثابت به دور شدن از یکدیگر ادامه خواهند داد.

به این ترتیب، پرسش حیاتی در مورد آینده جهان این است که «چگالی متوسط چقدر است؟» اگر این چگالی کمتر از حد بحرانی باشد، جهان برای ابد انبساط خواهد یافت. ولی اگر این چگالی بیشتر از حد بحرانی باشد، جهان درهم 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. هر گاه 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 همه توده‌های انبوه گاز قابل رؤیت

در جهان را هم به حاصل جمع بالا بیفزاییم، نتیجه کلی تقریباً به یک صدم مقدار چگالی بحرانی خواهد رسید.

با این حال، می‌دانیم که جهان ما حاوی مقادیری ماده سیاه¹⁸ هم هست - منظور ماده‌ای است که مشاهده مستقیم و بی واسطه آن برای ما میسر نیست. یکی از شواهد مسلم این ماده 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 تکه 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 در حال گردش کهکشانها را تضمین کند.

مدرک دیگری که دال بر ماده سیاه است از خوشه‌های کهکشانی به ما می‌رسد. از مشاهدات ما چنین برمی‌آید که

کهکشانها به طرز یکنواختی در سرتاسر فضای کیهانی توزیع نشده‌اند، بلکه به صورت خوشه‌هایی کوچک و بزرگ با همدیگر گرد آمده‌اند؛ خوشه‌هایی که اندازه آنها از چند کهکشان تا میلیونها کهکشان متفاوت است. به احتمال قوی شکل گیری 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 دهنده 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 قابل مشاهده در خوشه‌ها قاعداً باید ماده نامشهود دیگری نیز، علاوه بر کهکشانهای قابل مشاهده، در خوشه‌ها وجود داشته باشد.

جرم ماده سیاه موجود در کهکشانها و خوشه‌های قابل رؤیت را می‌توانیم با دقت نسبتاً قابل قبولی برآورد کنیم. 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 با بلعیدن کره زمین و دیگر سیارات نزدیکتر به صورت چیزی درآید که غول سرخ نامیده می‌شود. سپس چند هزارکیلومتر دورتر به صورت ستاره‌هایی که «کوتوله 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 - ستاره‌ای را مهار کرده باشیم - 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 نوترونی²⁰ خواهند شد که حتی کوچکتر و چگالتر هستند. ستارگان بزرگتر ممکن است مبدل به سیاهچاله‌هایی²¹ شوند که بازهم کوچکتر و چگالترند 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 خواهند داد و مدار خود را در هر صد میلیون سال یکبار خواهند پیمود برخورد‌های نزدیک بین این بازماندگان موجب متلاشی شدن و گریز بخشی از آنها از محدوده کهکشان ما خواهد شد، و آنهایی که باقی بمانند در مدارهای 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 چند ماده سیاه در کهکشانها و خوشه‌ها وجود دارد نیز ممکن است به دام این سیاهچاله‌های بسیار عظیم بیفتند.

آن وجود خواهد داشت. از این نظر عدم قطعیت در مورد سرعت آن بسی کمتر خواهد بود. این امر بدان معناست که فرار ذرات از سیاهچاله‌ها مدتهای مدید به درازا خواهد کشید. ولی این فرار به احتمال زیاد صورت خواهد گرفت: یک سیاهچاله بزرگ در درون یک کهکشان ممکن است 10^{90} سال برای بخار شدن یا نابودی قطعی وقت لازم داشته باشد. این مدت زمان بسیار از عمر کنونی جهان است که آن را به 10^{10} سال تخمین می‌زنند. در هر حال، اگر قرار باشد جهان ما تا ابد به گسترش خود ادامه دهد، تا بخواهید وقت خواهیم داشت.

فروریزی مجدد

آینده 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 را کشف کرده‌ایم. ولی این امکان وجود دارد که انواع دیگری ماده

به این ترتیب، می‌توان انتظار داشت که بیشتر ماده موجود در کهکشانها و خوشه‌ها سرانجامی شبیه به سیاهچاله‌ها داشته باشند. بر اساس اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتومی ذرات نمی‌توانند هم موقعیت معینی داشته باشند و هم سرعت معینی. هر چه موقعیت یک ذره خاص دقیقتر تعیین شود، دقت اندازه‌گیری سرعت آن کمتر خواهد بود و بر عکس. چنانچه ذره‌ای در یک سیاهچاله باشد، موقعیت آن در داخل سیاهچاله به خوبی قابل تعیین است. این امر بدان معناست که سرعت ما آن را نمی‌توان به دقت معین کرد. بنابراین، این امکان وجود دارد که سرعت ذره بیشتر از نور باشد. این سرعت، ذره را قادر خواهد ساخت که از میدان گرانشی سیاهچاله بگریزد. پس، ذره‌ها و پرتوها می‌توانند به کندی از سیاهچاله به خارج نشد کنند. سیاهچاله غول‌آسایی که در مرکز یک کهکشانی قرار گرفته باشد، میلیونها کیلومتر قطر دارد و بنابراین عدم قطعیت بسیار زیادی در مورد موقعیت هر یک از ذرات درونی

باورنکردنی دقیق و محتاطانه انتخاب شده باشد. چنانچه چگالی جهان یک ثانیه از انفجار بزرگ به اندازه یک در هزار میلیارد بیشتر می‌بود، جهان پس از گذشت فقط ده سال از نو فرومی‌ریخت و به مرحله 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 وجود داشته باشد که به موجب آن جهان می‌بایست دقیقاً دارای چگالی بحرانی معینی باشد که از آن سخن گفتیم.

در این زمینه دو نوع توضیح 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 مشاهده آن پردازیم.» مفهوم این اصل آن است که در آغاز این

سیاه وجود داشته باشد که ما به وجودشان پی نبرده باشیم و روزی برسد که همین مواد چگالی متوسط جهانی را به حد بحرانی یا بیشتر از آن برسانند. ممکن است این ماده تاریک اضافی در خارج از کهکشانها و خوشه های کهکشانی جای داشته باشد. در غیر این صورت تأثیر آن را بر گردش کهکشانها یا حرکات کهکشانها در خوشه‌ها متوجه می‌شدیم.

چرا باید به این فکر بیفتیم که مقدار ماده سیاه موجود در فضا آنقدر هست که موجب فروریزی و انقباض مجدد جهان شود؟ چرا باید در مورد ماده ای که با شواهد قطعی به وجودش پی برده‌ایم دچار تردید شویم؟ علت این است که نسبت بین چگالی بحرانی و روند گسترش بسیار ناپایدار است. کوچکترین تغییری در چگالی بحرانی نخستین مراحل پیدایش جهان با گسترش عالم به شدت افزایش می‌یافت. برای آنکه میزان چگالی متوسط کنونی در حد ده درصد مقدار بحرانی باشد، لازم می‌آید که چگالی آغازین و سرعت گسترش جهان به طرزی

جرم بحرانی جهان به عمل آمده و می‌آید. این کوششها به نظریه تورم در جهان آغازین منتهی شده است. مبنای نظریه تورم این است که اندازه جهان همانند افزایش قیمتها که در بعضی کشورها هر چند ماه یکبار دو برابر می‌شود، احتمالاً هر چند ماه یکبار دو برابر می‌شود. با این تفاوت که تورم جهان بسی سریعتر و حادثر بوده است: برای مثال، افزایشی با ضریب حداقل یک 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 رابطه ای بحرانی قرار گیرند. به این ترتیب، اگر نظریه تورم درست باشد، جهان باید آنقدر ماده سیاه در خود داشته باشد تا چگالی را، نسبت به روند کنونی انبساط، در حد بحرانی نگه دارد. اما به

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 ماده کافی برای شکل گرفتن 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 حد نزدیک چگالی بحرانی است؟» اگر این توضیح را در مورد چگالی جهان بپذیریم، دلیلی ندارد که معتقد باشیم مقدار ماده موجود در جهان بیش از حدی است که تاکنون ردیابی کرده‌ایم. چون یک دهم چگالی بحرانی مقدار ماده لازم و کافی برای تشکیل کهکشانها و ستارگان را فراهم می‌آورد. با این حال، بسیاری کسانی که اصل آنتروپی را چندان جدی نمی‌گیرند چرا که این اصل ظاهراً اهمیت زیاده از حدی برای موجودیت خود ما قائل است. بنابراین، کوششهای دیگری برای یافتن توضیح پذیرفتنی‌تری در مورد نزدیکی چگالی و

سبب اصل عدم قطعیت مکانیک کوانتومی، ممکن نیست که جهان در همه جا یکسان و مشابه باشد و بنابراین ممکن نیست چگالی آن دقیقاً در حد 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 درهم فرو خواهد ریخت ولی نه در سررسیدی بیشتر از تقریباً پانزده میلیارد سالی که در حال گسترش بوده است.

اما اگر نظریه تورم درست باشد، ماده سیاه اضافی مورد نیاز چه خواهد بود؟ چنین به نظر می‌رسد که ماده سیاه احتمالاً با ماده معمولی فرق دارد - منظور از ماده معمولی همان است که ستارگان و سیارات به وجود آورده و می‌آورد. ما می‌توانیم مقادیر عنصر سبک گوناگونی را که در نخستین مراحل داغ جهان، یعنی در طول سه دقیقه پس از انفجار بزرگ، تولید شده‌اند محاسبه کنیم. مقادیر این عناصر سبک بسته به مقدار ماده معمولی در

جهان است. نسبت این مقادیر را می‌توان در نموداری، با مقدار عناصر سبک روی محور عمودی و مقدار ماده معمولی جهان روی محور افقی، نمایش داد.

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

حال اگر واقعاً نوعی چگالی بحرانی برای ماده سیاه وجود داشته باشد و ماده سیاه از نوع همان ماده‌ای نباشد که کهکشانها و ستارگان را تشکیل داده، پس واقعاً چه خواهد بود؟ نامزدهای اصلی به ظن قوی عبارت خواهند بود از پسمانده-های نخستین مراحل تکوین جهان. یکی از امکانها موجود در این زمینه، ذرات اولیه²³ است. بعضی نامزدهای مفروض وجود دارند - منظور ذراتی هستند که ما فکر می‌کنیم احتمالاً وجود دارند، ولی هنوز به

ردیابی آنها توفیق نیافته‌ایم. نوید بخشتر از همه، ذره‌ای است به نام نوترینو²⁴ که شواهد خوبی برای آن در دسترس داریم. هر چند تصور می‌رفت که این ذره جرمی خاص خود نداشته باشد، از بعضی مشاهدات اخیر چنین بر می‌آید که نوترینو در واقع 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، سیاهچاله هاست. این امکان وجود دارد که جهان آغازین تغییر حالتهایی مرحله‌ای²⁵ را از سر گذرانده باشد. به جوش آمدن آب و یخ بستن آب را می‌توان نمونه‌هایی از این تغییر حالتها دانست: در یکی از این تغییر حالتهای گذرا، نوعی محیط فراگیر²⁶ 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 ماده سیاه که به طرزی یکنواخت در سرتاسر جهان توزیع شده، شناسایی و بررسی تأثیرات آن بر انبساط جهان خواهد بود. برای تعیین کاهش تدریجی سرعت انبساط جهان ما می‌توانیم سرعت دور شدن کهکشانهای دوردست از کره زمین را اندازه‌گیری کنیم. نکته این است که در حال حاضر، ما به واقع نظاره‌گر این کهکشانها در گذشته-هایی 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 اندازه فاصله 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 بر می‌دارد متناظر با جهانی است که منقبض می‌شود و سرانجام فرو خواهد ریخت. در نگاه اول، مشاهدات حاکی از فروریزی مجدد جهان است. ولی مسأله اساسی آن است که درخشندگی ظاهری یک کهکشان نشانه خوبی از فاصله 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 ممکن می‌شود، به طوری که نه می‌توان گفت جهان مسلماً فرو خواهد 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 پیدا کنیم. 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 بکشانند. همین مهلت به ما امکان می‌دهد که به بعضی بحرانهای فویتر برسیم!

توانایی بالقوه برای سفر در زمان

ناممکن بودن انبساط همیشگی جهان و همچنین عدم امکان انقباض و فروریزی جهان تا صد 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 توجه تر سازیم؟ عملی که به طور قاطع به این نتیجه برسد عبارت خواهد بود از راندن خویش به درون سیاهچاله 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 سیاهچاله‌ها 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. بر اساس بعضی راه‌حلهای معادلات نسبیت عام²⁷، این امکان وجود دارد که به درون یک سیاهچاله بیفتیم و جایی دیگر سر از یک سفیدچاله²⁸ درآوریم. سفیدچاله عبارت است از معکوس زمان²⁹ 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 - کهکشانی را فراهم می‌آورد. مشکل قضیه این است که چنین سفرهایی احتمالاً بیش از حد سریع خواهند بود: اگر سفر در داخل سیاهچاله ممکن باشد، قاعدتاً هیچ 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 اول خود برگشت. راه چاره فقط این است که آینده را در گذشته نظاره کنیم تا مسائل ناشی از سفر در زمان³⁰ را ببینیم.

ولی خوشبختانه چنین به نظر می‌رسد که قوانین فیزیک اجازه این گونه سفر در زمان را به ما نمی‌دهند. ظاهراً نوعی ((سازمان حمایت از وقایع نگاری)) وجود دارد که با ایجاد ممنوعیت برای سفر به گذشته‌ها، دنیا را برای تاریخ نگاران امن و امان نگاه می‌دارد. آنچه اتفاق می‌افتد این است که اصل عدم قطعیت آن است که فضا زمان³¹ مملو از زوجهایی مرکب از ذره‌ها و ضد ذره‌ها باشد که همراه یکدیگر پدید می‌آیند، به طرفی حرکت می‌کنند و دوباره با همدیگر باز می‌گردند و ناپدید می‌شوند. این ذره‌ها و ضد ذره‌ها را مجازی³² می‌گویند چون به طور عادی نمی‌توان به وجود آنها پی برد یا با استفاده از ایستگاه ردیابی ذره‌ها به مشاهده آنها نشست. با این حال، اگر ساختار فضا-زمان چنان باشد که ذره‌ها

آینده جهان

دانشمندان معتقدند که جهان به وسیله قوانین کاملاً معینی اداره می‌شود که به طور اصولی به ما امکان می‌دهند آینده را پیشگویی کنیم. ولی حرکت‌های ناشی از قوانین اغلب مصون از اغتشاش و بی‌نظمی نیستند. این سخن بدان معناست که تغییر مختصری در وضع و حال آغازین ممکن است به تغییری در رفتار بعدی پدیده موردنظر منجر شود که به سرعت بر دامنه آن افزوده خواهد شد. پس، در عمل، پیشگویی تقریباً معتبر آینده فقط برای مدت زمان بسیار کوتاهی امکانپذیر خواهد بود. با این حال، چنین به نظر می‌رسد که رفتار جهان به مقیاس بسیار کلان، ساده و عاری از هرچ و مرج است. بنابراین، می‌توان پیشگویی کرد که آیا جهان برای ابد گسترش خواهد یافت، یا احتمالاً درهم فرو خواهد ریخت؟ 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

بتواند به نقطه‌های آغازین تاریخ موجودیت خود بازگردند، چگالی ذره‌های مجازی افزایش خواهد یافت زیرا می‌توان در یک زمان خاص رونوشت‌های بسیاری از یک ذره معین در اختیار داشت. این چگالی اضافی ذره‌های مجازی یا فضا-زمان را به حدی دچار اعوجاج و چوگی³³ خواهد کرد که بازگشت به عقب در زمان امکان نداشته باشد و یا موجب خواهد شد که فضا-زمان در نوعی تکینگی، مانند انفجار بزرگ یا درهم شکستگی بزرگ، به پایان برسد. در هر دو حال، گذشته ما از شر افراد بدسرشت در امان خواهد ماند. فرضیه ((حمایت از وقایع نگاری)) از طریق بعضی محاسبات کمابیش به تأیید رسیده است. ولی بهترین دلیلی که می‌توان بر ضدممکن بودن سفر در زمان پیش کشید و حتی مدعی شد که چنین سفری در آینده هم امکان نخواهد داشت، این است که ما در معرض هجوم امواج جهانگردهایی که از آینده بیایند قرار نگرفته‌ایم.

11. Background radiations —
Background of microwave radiation در این مبحث، اصطلاح بالا را تابشهای پس‌زمینه ترجمه کرده‌ایم. در ضمن، یادآور می‌شود که در زبان فرانسه همین پدیدهٔ کیهانی را radiation fossiles یا تابشهای فسیل شده گویند که در بعضی از ترجمه‌های فارسی نیز با همین اصطلاح آمده است. - 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
22. Anthropy, از ریشه یونانی Anthropos به معنای انسان، آدمی، بشر - 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, Cambridge, 1992.

مجدد آن محسوب می‌شود. اگر نظریه تورم درست باشد، جهان کنونی درست بر لبه تیغه چاقو قرار گرفته است. به این ترتیب، بر اساس سنت پابرجای هاتفان و غیب‌گویان معابد کهن و دیگر پیام‌آوران آینده، من نیز اینک در موقعیتی قرار گرفته‌ام 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
5. Seventh Day Adventist، پیروان فرقهٔ مسیحی معتقد به بازگشت عیسی به زمین در روز آخرالزمان که «ظهور دوم» نیز خوانده می‌شود. - م.
6. Extreme conditions
7. Very high density
8. Particle accelerators
9. Chaos، در اینجا به معنای هرگونه آشفتگی و بی‌نظمی در حرکت است. در متون فلسفی سنتی این مفهوم را خواء گفته‌اند که ظاهراً مستعرب واژهٔ یونانی Chaos و به معنای آشفتگی و بی‌نظمی حاکم بر فضای نامتناهی پیش از ظهور نظم در جهان است. - م.
10. System