

آغاز بی علت جهان

نوشته ی کوئنتین اسمیت

ترجمه ی امیر غلامی

این مقاله نخست در ژورنال PHILOSOPHY OF SCIENCE منتشر شده است (جلد 55، شماره ی 1، صص. 39-57، 1988)

گردآوری: شارمین مهرآذر

Sh.mehrazar@gmail.com

امروزه شواهد کافی برای توجیه اینکه جهان بدون علتی آغاز شده وجود دارد. این شواهد شامل نظریه های تکینگی (singularity) هاوکینگ - پنروز، که مبتنی بر نظریه ی نسبیت عام انشتین هستند، و نیز مدل ها ی کوانتومی کیهان شناختی از آغاز جهان است که اخیراً ارائه شده اند. این نظریه های تکینگی به تبیینی از آغاز جهان منجر می شوند که مستلزم انگاره ی تکینگی بیگ بنگ، و مدل های کوانتومی کیهان شناختی است که آغاز جهان را به سان خلأی نوسان کننده می نمایانند. معلوم شده که نظریه هایی که جهان را بی نهایت قدیم یا معلول می شمارند با این نظریه ها و دیگر نظریه های کیهان شناختی فعلی در تضاد اند یا دست کم قابل حمایت نیستند. مقصود من از این مقاله محاجه به نفع این مطلب است که در حال حاضر به قدر کافی شواهد وجود دارد که بتوان نتیجه گرفت جهان بیش از ده میلیارد سال پیش، و بدون علتی به وجود آمده است. به همین خاطر معتقد ام موضع بسیاری از فیلسوفان معاصر در این مورد ناموجه است، زیرا باورهای آنها نوعاً در یکی از سه مقوله ی دودو مانع زیر می گنجد، (1) شاید جهان بی نهایت قدیم باشد، (2) جهان آغازی دارد، و خدا علت این آغاز است، و (3) به اندازه ی کافی شواهد در دست نداریم تا بتوانیم در مورد اینکه جهان آغازی داشته یا ازلی بوده تصمیم گیری کنیم.

1. پیش بینی یک تکینگی فضا- زمانی در گذشته. امروزه اغلب فیلسوفان آگاه اند که نظریه ی کیهان شناختی بیگ بنگ (= انفجار بزرگ)، نظریه ی حالت پایدار (Steady State theory) را از اعتبار انداخته است، اما بسیاری از آنان به اشتباه معتقد اند که یا انبساط و انقباض های جهان چرخه (cycle) های بینهایتی دارد، یا اینکه شواهد کافی برای تصمیم گیری در این مورد وجود ندارد که کدامیک از این مدل ها درست هستند: این مدل که چرخه ی انقباض و انبساط جهان تا ابد ادامه می یابد یا این مدل که تنها یک انبساط اولیه ی واحد وجود داشته، یا اینکه یک انبساط واحد بوده که تبیین آن نیازمند علیتی الهی بوده است. به محض اینکه شواهد به نفع پیش بینی یک تکینگی در گذشته را که مدل کیهان شناختی بیگ بنگ ارائه می دهد به قدر کافی روشن کنیم، معلوم می شود که این باورها بی بنیاد اند.

مهم ترین مشاهده ای که نظریه ی بیگ بنگ را تأیید می کند سرخ گرَوی (redshift) پرتوهای نوری است که از خوشه های کهکشانی دور دست دریافت می شود. البته این به هیچ وجه تنها شاهد موجود نیست. پدیده ی سرخ گرَوی، که نخستین بار توسط اسلیفر و هابل کشف شد، نشانگر آن است که جهان در همه ی جهات به طور یکنواختی منبسط می شود [1]. این بدان معناست که در گذشته همه ی خوشه های کهکشانی، یا همه ی ماده ی این خوشه ها، کاملاً نزدیک به هم بوده اند، و این زمانی بوده که جهان آغاز شده است. این مطلب را در قالب مدل هایی از جهان که حل های فریدمن از معادلات میدان نظریه ی نسبیت عام انشتین (GTR) ارائه می دهند دقیق تر می توان فهمید. معادلات میدان نشان می دهند که متریک فضا- زمان، وابسته به مقدار ماده ی موجود در فضا- زمان است [2]. اگر اشکال نشانگر مقادیر مشاهده شده ی جهان را در معادلات میدان قرار دهیم می توان این معادلات را برای کل جهان حل کرد. از آنجا که جهان ایزوتروپیک است (در تمام جهات همسان است) و همگن (homogeneous) است (ماده به طور مساوی در

جهان توزیع شده)، می توان آن را توسط متریک رابرتسون-واکر توصیف کرد [3]، که بر معادلات میدان اعمال می شود و می توان آن معادلات را به صورت زیر فروکاست (با حذف ثابت کیهانی \bar{U}):

$$3 - d^2a/dt^2 = 4 * \pi * G (p + 3P/c^2)a$$

$$(3da)^2/dt = 8 * \pi * Gpa^2 - 3kc^2$$

a فاکتور مقیاس است که نشانگر شعاع جهان در یک زمان معین است. da/dt نرخ تغییرات a در واحد زمان است؛ که همان نرخ انبساط و انقباض جهان باشد. d^2a/dt^2 نرخ تغییرات da/dt است، یعنی شتاب انبساط یا انقباض است. G ثابت گرانش و c سرعت نور است. P فشار ماده و p چگالی آن است. k ثابتی است که یکی از سه مقدار زیر را می پذیرد: 0 برای فضای اقلیدسی (که در این حالت جهان باز است، یعنی تا ابد انبساط می یابد)، 1- برای فضای هذلولی (هایپربولیک) (در این نیز حالت جهان باز است)، یا 1+ برای فضای کروی (که در این حالت جهان بسته است، یعنی منقبض خواهد شد).

نکته ی مهم در معادلات فریدمن این است که اگر p ، یعنی چگالی جهان، مثبت باشد، آنگاه سمت راست معادله ی اول مثبت است، و این بدان معناست که شتاب انبساط یا انقباض نمی تواند صفر باشد. پس d^2a/dt^2 باید منفی باشد، یعنی شتاب انبساط یا انقباض باید کاهش یابد. به بیان لفظی، اگر ماده ای در جهان باشد، جهان باید با شتابی متغیر انقباض یا انبساط یابد. از آنجا که اکنون جهان در حال انبساط است، مسئله ی انبساط برای ما جالب تر است. اگر شتاب انبساط کاهش یابد، بدان معناست که هر چه بیشتر به گذشته برگردیم، این شتاب بیشتر و فاکتور مقیاس a که نشانگر شعاع جهان است کمتر می شود، تا اینکه به زمان t_0 برسیم که در آن $a = 0$ است. با افزایش d^2a/dt^2 و کاهش a ، چگالی ماده افزایش می یابد، تا اینکه در زمان t_0 مقدار p بی نهایت می شود. در این هنگام کل جهان به دست کم یک نقطه ی با چگالی بی نهایت، دمای بی نهایت، و انحنای بی نهایت فشرده می شود. در اینجا به تکینگی فضا-زمان می رسیم. در بخش بعد محاجه خواهیم کرد که این ملاحظات حامی این ایده اند که جهان آغازی بی علت دارد. در باقی این بخش به بحث در مورد این مسئله خواهیم پرداخت که آیا تکینگی واقعیت دارد یا خیر.

ابتدا تصور می شد که تکینگی ای که معادلات فریدمن پیش بینی می کنند تخیلی است، زیرا پیش بینی این معادلات برپایه ی این فرض بود که جهان دقیقاً همگن و ایزوتروپیک است، در حالی که جهان در واقع فقط به تقریب چنین است. جهان انقباض یابنده ای را تصور کنید: هنگامی که شعاع آن به صفر میل می کند، ذرات همگرا به خاطر ناهمگونی توزیع شان در یک نقطه متمرکز نخواهند شد، بلکه از هم می گذرند و "برگشتی" ایجاد می کنند که منجر به مرحله ی جدیدی از انبساط می شود. به بیان ای. ام. لیفشیتز و آی. ام. خالاتنیکوف، که یکی از جدید ترین سناریوهای این پدیده را ارائه داده اند، این نوسان "امکان وجود یک تکینگی در آینده ی انقباضی جهان را از میان می برد و حاکی از آن است که انقباض جهان (اگر قرار باشد چنین انقباضی رخ دهد) باید سرانجام به انبساط دیگری بیانجامد" (لیفشیتز و خالاتنیکوف، 1963، ص. 207). این مبنای ایده ی جهان نوسانی است، که مطابق آن جهان دستخوش چرخه های پیاپی انبساط و انقباض می شود. در نتیجه مرحله ی انبساطی فعلی را می توان ناشی از یک مرحله ی انقباضی قبلی دانست. پیش از اینکه توضیح دهم که چگونه می توان نشان داد که استدلال بالا اشتباه است، و حتی اگر جهان به طور ناقص متقارن باشد باز هم تکینگی باید رخ دهد، باید ابتدا نشان دهم که این فرض که تکینگی خیالی و جهان نوسانی است، ثابت نمی کند که جهان بی نهایت قدیم (ازلی) است.

معمولاً مدل های نوسانی جهان پیش بینی می کنند که شعاع، میزان پرتو موجود، و انتروپی جهان در هر چرخه ی جدید افزایش می یابد [4]. پرتوهای چرخه های قبلی در هر چرخه ی جدید انباشته می شود، و فشار ناشی از آن موجب می شود که چرخه ی جدید بیش از چرخه ی قبلی اش طول بکشد؛ در هر چرخه ی جدید، جهان با شعاع بزرگ تری انبساط می یابد و زمان بیشتری طول می کشد تا یک چرخه را طی کند. این نکته، پس روی بی نهایت به گذشته را ناممکن می سازد، زیرا پس روی سرانجام به چرخه ای می رسد که بی نهایت کوتاه و شعاع آن بی نهایت کوچک است؛ این چرخه، یا آغاز چرخه هایی که مقادیرشان به مقادیر این

چرخه میل می کنند، آغاز نوسانی جهان به شمار خواهد آمد. از اندازه گیری میزان پرتو موجود در جهان نیز می توان محدود بودن قدمت آن را نتیجه گرفت؛ اگر بینهایت چرخه ی قبلی وجود می داشت، میزان پرتو در چرخه ی فعلی باید بینهایت می بود، اما مقدار پرتو اندازه گیری شده محدود است. طبق محاسبه ی جوزف سیلک از پرتوهای اندازه گیری شده ی فعلی، می توان "حدود صد انبساط و فروریزی قبلی" را انتظار داشت (سیلک 1980، ص. 311).

از میزان انترویی جهان نیز می توان نتیجه گرفت که جهان ازلی نیست. زیرا اگر جهان قبلاً بینهایت بار فروریخته بود، چرخه ی فعلی حاوی انترویی بینهایت می بود - اما در واقع انترویی حالت فعلی جهان نسبتاً اندک است. جان ویلر می گوید که در پایان هر انقباضی تمام قوانین و ثابت های آن چرخه ناپدید می شود و جهان "به نحوی احتمالاتی بازفرآیند می کند" و مطابق ثوابت و قوانین جدیدی کار می کند، به این ترتیب او همه ی این ایرادها بر وجود جهانی بینهایت نوسان کننده را انکار می کند (مینسر، ترون و ویلر 1973، ص. 1214). هیچ اطلاعاتی در مورد یک چرخه ی قبلی به چرخه ی بعد منتقل نمی شود. به این ترتیب، بر مبنای جهان فعلی نمی توان هیچ استنباطی از قوانین و ثابت های بینهایت جهان قبلی داشت.

امروزه هیچ دلیل منطقی بر امکان ناپذیری منطقی چنین جهان هایی وجود ندارد، اما این به بحث ما ربطی ندارد. بحث ما به اثبات باور احتمالاتی به محدود بودن یا بی نهایت بودن جهان ها مربوط می شود. منطقاً ممکن است که در نقطه ی آغاز هر چرخه ی جدید، تمام ثوابت و قوانین تغییر یابند، اما از آنجا که این تغییر را با هیچ قانون فیزیکی نمی توان پیش بینی کرد، هیچ دلیلی وجود ندارد که فکر کنیم که این تغییر ها انجام می گیرند. در حقیقت (اگر قرار باشد میان مدل های نوسانی یکی را انتخاب کنیم) یک دلیل نظری برای ترجیح مدل هایی که در آنها جهان تعداد محدودی مرتبه نوسان می کند بر مدل ویلر یافت می شود. مدل های محدود، که بر ساخته ی قوانین و ثوابت شناخته شده اند، از اصلی تبعیت می کنند که به اصل استقرا مربوط است؛ و آن اصل این است که قوانین فیزیکی و ثابت هایی که در اصل به طور استقرایی برای یک دسته رخدادهای فیزیکی ساخته شده اند، اگر هیچ شاهد مشاهدتی حاکی از وجود تفاوتی در یک حیطه ی مشاهدهتی جدید نباشد، باید بر آن حیطه نیز قابل اعمال باشد. در این مورد، حیطه ها همان چرخه ها هستند؛ از آنجا که هیچ شاهد مشاهدتی بر تفاوت میان چرخه ها وجود ندارد، نمی توانیم به طور موجهی فرض کنیم که قوانین و ثوابت استقرایی چرخه ی ما بر چرخه های سابق قابل اعمال نیست.

در میانه ی دهه ی 1960 که نظریه ی های تکینگی هاوکینگ - پنروز ارائه شد (پنروز 1965؛ هاوکینگ 1965، 1966، 1970)، این مسئله که آیا تعداد نوسانات جهان بینهایت است یا محدود، اهمیت خود را از دست داد. زیرا نظریه ی هاوکینگ - پنروز پیش بینی می کند که جهانی با همگنی ناکامل و ایزوتروپیک نیز باید دارای یک تکینگی باشد. یک فضا-زمان هنگامی تکینگی می یابد که (1) آن فضا-زمان معادلات نظریه ی نسبیت عام را ارضا کند، (2) سفر زمانی به گذشته غیرممکن باشد و اصل علیت نقض نشود (هیچ منحنی زمانی بسته ای وجود نداشته باشد)، (3) چگالی جرم و فشار ماده هرگز منفی نشود [5]، (4) جهان بسته باشد و/یا ماده ی کافی برای ایجاد یک سطح محصور (trapped surface) موجود باشد، و (5) مینفولد فضا-زمان خیلی متقارن نباشد [6].

معقول است فرض کنیم که همه ی این شرایط، احتمالاً به استثنای (4) برای جهان ما صادق اند. شرط (4) هنگامی سؤال برانگیز می شود که جهان بسته نباشد و شرط وجود یک سطح محصور بر آورده نشود. سطح محصور سطحی است که به علت شدت نیروهای گرانشی، ماده و نور نمی توانند از آن بگریزند، به طوری که تحت تأثیر این نیروها، مسیرهای فضا-زمانی پرتو و ماده ی درون سطح محصور به یک تکینگی همگرا می شوند. اگر در گذشته تکینگی ای بوده باشد، تمام ژئودزیک های پرتوها و ذرات از آن منشعب شده اند، و اگر این تکینگی در آینده باشد، این ژئودزیک ها به آن منتهی می شوند. در مورد جهان ما، اگر به قدر کافی ماده در جهان موجود باشد که سطح محصور را ایجاد کند، این تکینگی در گذشته بوده است (چه جهان باز باشد و چه بسته). و ماده به قدر کافی موجود است: مشاهدات اخیر پس زمینه ی میکروویو نشانگر آن است که به

قدر کافی ماده در جهان هست که سطح محصور بسته ی زمانی را ایجاد کند. این حاکی از وجود تکینگی در گذشته است. [7]

2. تعریف آغاز جهان. برای اینکه نشان دهیم چگونه ملاحظات بالا درستی ایده ی آغاز یکباره ی جهان را امکان پذیر می سازند، باید ابتدا تعریف دقیقی از آغاز جهان ارائه داد. مقصود از این بخش همین است.

دست کم می توان سه تعریف ممکن را با ایده های بخش قبل همساز دانست. جهان یا (1) هنگام تکینگی، یا (2) پس از تکینگی، یا (3) نه هنگام تکینگی و نه پس از آن ایجاد شده است.

(1) اگر جهان بسته، کاملاً همگن و ایزوتروپیک بود، آنگاه تعریف آغاز جهان "هنگام تکینگی" نسبتاً آسان می بود. در زمان نخست t_0 ، که در آن $a = 0$ بوده، نقطه ی یگانه ای بوده که همه ی جهان در آن فشرده شده بوده است، و وجود این نقطه آغاز جهان محسوب می شود. این نقطه یک لحظه پیش از انفجار بزرگ وجود داشته اما از آنجا که جهان کاملاً همگن و ایزوتروپیک نیست، به تعریف پیچیده تری نیاز داریم. اینکه جهان کاملاً متقارن نیست نشان می دهد که جهان به نحوی غیرهمزمان در یک رشته نقاط آغاز شده است [8]. به علاوه، اگر جهان باز و فضا بینهایت باشد، لازم می آید که تعداد این نقاط بینهایت باشد، زیرا در یک نقطه تنها حجم محدودی از فضا می تواند فشرده شود. با توجه به این عوامل، تعریف مناسب آغاز جهان این است که جهان در نخستین تکینگی آغاز شده است، این تکینگی شامل وجود نخستین نقطه (ها)ی انبساط یابنده در t_0 است که در بیگ بنگ منفجر شده اند. آغاز جهان در این زمان به این معناست که این نخستین زمانی بوده که در آن بخش هایی از جهان وجود داشته اند [9].

(2) آغاز جهان در این تعریف، انفجار یک فضا-زمان 4-بُعدی از درون نخستین تکینگی است، تکینگی ای که در t_0 بوده است. به بیان دیگر، بیگ بنگ آغاز جهان است. بیگ بنگ نخستین حالت جهان است.

بیگ بنگ در $t > t_0$ رخ می دهد. با این حال بیگ بنگ در هیچ لحظه ی مشخصی رخ نمی دهد. زیرا (با فرض اینکه زمان چگال و پیوسته است) پس از نخستین لحظه، یعنی لحظه ی t_0 ، هیچ لحظه ی پیش تری نیست؛ زیرا اگر هر لحظه ای که در آن $t_0 > t_a$ باشد، لحظه ی دیگری هست که در آن $t_b < t_a$ است. به این ترتیب، اگر قرار باشد عبارت "بیگ بنگ" بدون ابهام به کار رود، باید به حالتی اطلاق شود که بیانگر حالتی در یک بازه ی زمانی باشد، یعنی بازه ای که قدری پس از سپری شدن t_0 به طول انجامیده است. به رغم اینکه نمی توان به نحو پیشینی (a priori) هیچ مبنایی برای انتخاب ابتدای این بازه ی زمانی اختیار کرد، اما بنا به دلایل تجربی می توان ابتدای این بازه ی بیگ بنگ پس از t_0 در نخستین 10-43 ثانیه ی پس از t_0 در نظر گرفت. ابتدایی ترین حالت جهان را که کیهان شناسان به عنوان زمان پیش بینی نشده ی حالتی از قسمی دیگر و برساننده ی دوره ی پلانک تعیین کرده اند در بازه ی 10-43 ثانیه ای پس از t_0 رخ می دهد. یک حالت کیهان شناختی از قسم K ، تنها حالتی است که در آن همه ی انواع ذرات و نیروهای وجود دارند. بسیاری از کیهان شناسان برآنند که در خلال دوره ی پلانک، و فقط در خلال این دوره، تنها یک قسم نیرو، به نام ابرنیرو (superforce)، و یک نوع ذره، به نام ابرذره (superparticle) وجود داشته است؛ ابرنیرو نیرویی است که از آن گرانث و نیروهای الکترومغناطیس قوی و ضعیف پی در پی در اثر شکست تقارن ایجاد شده اند؛ و به همین ترتیب، ابرذره نیز به انواع مختلفی از بوسون ها و فرمیون ها بدل شده است. در پی دوره ی پلانک، دوره ی GUT است که از 10-43 تا 10-35 ثانیه به طول می انجامد (انبساط تورمی در 10-35 در پایان دوره ی GUT رخ می دهد)، دوره ی الکتروضعیف از 10-35 تا 10-10 ثانیه، و دوره ی کوارک آزاد از 10-10 تا 10-4 ثانیه است و همینطور ادامه می یابد تا به زمان حاضر برسیم.

برای اینکه از بروز ابهام در مورد بیگ بنگ اجتناب کنیم، باید توجه داشت که انفجار مورد نظر، انفجار 4-بعدی نقطه (ها) در t_0 است؛ در زمان های پس از t_0 نیز انفجارهایی وجود دارد. بیگ بنگی که از تکینگی t_0 آغاز شده، بیگ بنگ نخستین است، و می توان آن را "بیگ بنگ 1" خواند. این بیگ بنگ 1 است که آغاز جهان است.

اینکه بیگ بنگ 1 نخستین حالت جهان است، دو معنا دارد. در معنای نخست، بیگ بنگ 1 پیش از آغاز اقسام دیگر حالات آغاز می شود و پایان می یابد؛ در معنای دیگر بیگ بنگ 1 پیش از هر بیگ بنگ دیگری آغاز می شود؛ به این معنا، نخستین حالت جهان حالتی است که به طور جزئی با حالات دیگر همپوشانی دارد، زیرا ممکن است بیگ بنگ دیگری پیش از خاتمه ی بیگ بنگ 1 آغاز شده باشد.

(3) یک تعریف ممکن دیگر این است که جهان با بیگ بنگ 1 در نخستین دوره ی 10-43 ثانیه ای آغاز شده باشد، اما هنگام یا پس از نخستین تکینگی آغاز نشده باشد. این تعریف، آغاز جهان پیش از تکینگی را لازم نمی دارد، زیرا ممکن است که جهان نه پیش از، و نه پس از تکینگی آغاز شده باشد؛ این امکان هنگامی حقیقت می یابد که هیچ زمانی نبوده باشد که در آن تکینگی وجود داشته باشد. با این دیدگاه، مفهوم تکینگی مفهومی محدودکننده است که راجع به هیچ چیز موجودی نیست. در این صورت پیش بینی معادلات فریدمن در مورد زمان t_0 که در آن $a = 0$ است، به عنوان پیش بینی حدی بر زمان و شعاع جهان تعبیر می شود. " t_0 " راجع به زمان نیست بلکه بیانگر مفهومی از یک حد ایده آل است که می توان به قدر دلخواه به آن نزدیک شد اما نمی توان به آن دست یافت؛ هر زمان حقیقی t چنان است که $t > t_0$ است. همین مطلب در مورد مفهوم $a = 0$ ، چگالی، زمان و انحنای بینهایت نیز مراد می شود.

ریچارد سوینبرن نظر دیگری در مورد آغاز جهان مطرح کرده که حاکی از "نه پیش از، و نه پس از تکینگی" بودن آن است. مطابق این نظر، هیچ زمانی نیست که در آن تکینگی موجود باشد، اما زمانی هست، زمانی خالی، که پیش از بیگ بنگ 1 است. اگر t_0 زمانی باشد که در آن نخستین تکینگی موجود وجود داشته است، آنگاه مطابق معادلات فریدمن می توان پیش بینی کرد که "جهان پیش از t_0 ایجاد شده است" (سوینبرن 1981، ص. 254). پاول فیتزجرالد سخن سوینبرن را به گونه ای تعبیر می کند که به نظر او پوچ است، یعنی "جهان پس از سپری شدن زمان خالی محدودی پا به عرصه ی حیات نهاد!" (فیتزجرالد 1976، ص. 635). اما این تعبیر صحیحی از نظر سوینبرن نیست، زیرا سوینبرن محاجه می کند که منطقاً لازم است که زمان سپری شده بینهایت باشد (سوینبرن 1981، صص. 172-173)، و بنابراین اگر جهان در $t > t_0$ آغاز شده باشد باید مقدار بینهایتی از زمان خالی پیش از بیگ بنگ 1 یا t_0 وجود داشته باشد.

من در جای دیگر نشان داده ام که اثبات های اقبال یافته ی سوینبرن و دیگران، بر ضرورت بی نهایت بودن زمان مغالطه آمیز هستند، لذا لازم نیست توصیف سوینبرن از آغاز جهان را بپذیریم (اسمیت 1985 c). اما این بدان معنا نیست که رخ دادن بیگ بنگ 1 پس از یک بازه ی بینهایت یا با نهایت زمانی منطقاً غیرممکن است.