جهانی از عدم

چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟

نویسنده : لاورنس کراوس

نوشته پایانی از ریچارد داوکینز

مترجم : سیامک عطاریان

جهانی از عدم

چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟

عنوان اصلی : A UNIVERSE FROM NOTHING

WHY THERE IS SOMETHING RATHER THAN NOTHING

نویسنده : Lawrence M. Krauss

مترجم : سیامک عطاریان

ناشر الکترونیکی : سایت علمی بیگ بنگ (www.bigbangpage.com)

تاریخ انتشار : تیر ۱۳۹۳

استفاده از مطالب کتاب با ذکر منبع بلامانع است

فهرست مطالب

مقدمه مترجم III

مقدمه ناشر IV

مقدمه مولف V

فصل اول - قصه اسرار آمیز کیهانی: سرآغاز ۱

فصل دوم - داستان مرموز کیهان: وزن کردن جهان ۱۹

فصل سوم – نوری از آغاز زمان ۳۱

فصل چهارم – مطالب بیشتری درباره هیچ چیز ۴۴

فصل پنجم – جهانِ گریزان ۶۰

فصل ششم – ناهار مجانی در پایان جهان ۷۱

فصل هفتم – جهان بیچاره ما ۸۲

فصل هشتم – تصادف بزرگ؟ ۹۴

فصل نهم – "هیچ چیز" چیزی است ۱۰۹

فصل دهم – "هیچ چیز" ناپایدار است ۱۱۸

فصل یازدهم – جهان های شگفت انگیز جدید ۱۳۱

سخن پایانی ۱۳۸

نوشته پایانی از ریچارد داوکینز ۱۴۱

درباره نویسنده ۱۴۵

مقدمه مترجم:

با در نظر گرفتن مقدمه ناشر، مولف و همچنین نوشته پایانی ریچارد داوکینز[1]، دیگر نیازی به توضیح بیشتر کتاب و مطالب آن توسط مترجم دیده نمی شود. به همین بسنده می کنیم که این کتاب که در تاریخ ۱۰ ژانویه ۲۰۱۲ انتشار یافت پس از دو هفته جزو پرفروش ترین کتاب های ایالات متحده توسط روزنامه نیویورک تایمز[2] انتخاب شد. در طی ۲ سالی که از انتشار این کتاب می گذرد اکتشافات جدیدی در حوزه های مرتبط با این کتاب به وقوع پیوسته که در موارد نیاز توسط مترجم اضافه شده است. واژه Universe که در این کتاب زیاد به کار برده شده، در سطور مختلف کتاب با واژه های "جهان، کیهان، عالم و دنیا" جایگزین شده است و واژه Earth نیز با "زمین" معادل سازی شده است. نکته قابل ذکر دیگر اینکه بعضی نتیجه گیری های فلسفی کتاب (درباره وجود خدا و ...) ممکن است برای بعضی خوانندگان خوشایند نباشد. مطالب علمی کتاب که حاصل سالها تلاش دانشمندان (از جمله خود لاورنس کراوس) است، بسیار حائز اهمیت بوده و دانستن این دستاورد ها برای تمامی علاقه مندان به علم توصیه می شود. اما مترجم و ناشر الکترونیکی کتاب نتیجه گیری های فلسفی و دینی کتاب را تایید نکرده و آن را صرفا نظرات شخصی خود نویسنده می دانند. نویسنده کتاب از قول خدا باوران بحث هایی را مطرح کرده و به آنها پاسخ داده است در حالیکه می دانیم چنین بحث هایی همواره باید دو طرفه بوده و استدلالات دو طرف را همزمان بررسی کرد. به جهت امانتداری، تمامی مطالب کتاب اعم از علمی و فلسفی ترجمه شده، اما نتیجه گیری های فلسفی کتاب به خواننده واگذار شده و مترجم و ناشر الکترونیکی مسئولیتی در قبال آنها نمی پذیرند. خوانندگان عزیز می توانند جهت ارسال پیشنهادات خود با آدرس camc_1987@yahoo.com در تماس باشند.

سیامک عطاریان

۹۳/۰۴/۰۴

ای بی خبران شکل مجسم هیچ است .... وین طارم نه سپهر ارقم هیچ است

خوش باش که در نشیمن کون و فساد .... وابسته یک دمیم و آن هم هیچ است

(خیام)

[1] . Richard Dawkins

[2] . The New York Times

مقدمه ناشر[1]:

جهان از کجا آمده است؟ قبل از آن چه بوده است؟ آینده چه چیزی را با خود به همراه خواهد داشت؟ و نهایتا چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟

جواب های هیجان انگیز لاورنس کراوس به این سوالات و دیگر سوالات بی انتها در یک ویدیویی در یوتیوب[2] نزدیک به یک میلیون بیننده را به وجد آورد. خصوصا آخرین این سوالات که در مرکز مباحث ادیان و فلسفه در بحث های مرتبط با خالق قرار دارند و احتمالا پاسخ های این کتاب برای کسانی که برای توجیه هر مسئله ای در جهان متوسل به خدا می شوند، دلایل تازه ای می آورد. همانطور که کراوس بحث می کند، دانشمندان به صورت تاریخی بر روی مسائل دیگری مانند چگونگی عملکرد جهان تمرکز داشتند که در نهایت بتوانند زندگی ما را بهبود بخشند.

حال در یک داستان کیهان شناسانه که هر چه جلوتر می رود خواننده را میخکوب می کند، لاورنس کراوس، فیزیکدان نظری پیشگام پیشرفت های شگفت انگیز جدید علمی را که می تواند جواب بسیاری از سوالات فلاسفه را بدهد، توضیح می دهد.کراوس که یکی از مشهورترین دانشمندان عصر حاضر است و توانسته شکاف بین علم و فرهنگ عامه را از بین ببرد، معتقد است علم جدید توانایی پاسخ به این سوال که "چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد" را به طور شگفت انگیزی دارد. مشاهدات تجربی زیبا و نظریات پیچیده جدید درکتاب "جهانی از عدم" به طرز قابل فهمی آورده شده اند و می گویند نه تنها چیزی می تواند از هیچ چیز بوجود آید، بلکه همواره این اتفاق می افتد.

کراوس با لحنی شوخ طبعانه و توضیحات شفافش ما را به ابتداترین ابتدا می برد و جدید ترین شواهد را در رابطه با تکامل جهانمان ارائه می دهد و همچنین بحث می کند که چگونه این جهان به پایان خواهد رسید. این مباحث خوانندگان را به وجد آورده و جزئی ترین علل وجود را به طریق کاملا جدیدی روشن می سازد. این مطلب که جهان ما در آینده کاملا متفاوت خواهد بود پی آمد های ژرفی دارد که بر نحوه زندگی امروز ما اثر گذار است. بنا به گفته ریچارد داوکینز: این کتاب این قابلیت را دارد که به عنوان بهترین کتاب علمی از زمان داروین نام برده شود که به طور ضمنی اشاراتی به ماورالطبیعه گرایی دارد.

[1] . SIMON & SCHUSTER
[2] . www.youtube.com

مقدمه مولف :

رویا یا کابوس، ما باید به همین نحو که پیش می رود زندگی کنیم و مجبوریم در طول زندگی بیدار باشیم. ما در جهانی زندگی می کنیم که علم در جای جای آن نفوذ کرده و کاملا واقعی است. ما نمی توانیم زندگی را تبدیل به بازی ای کنیم که در آن طرف دیگری [غیر از علم] را بگیریم.

جاکوب برونوفسکی[1]

صرفا جهات شفاف سازی در ابتدای مطلب بگویم من با این عقیده موافق نیستم که خلقت نیاز به خالق داشته باشد، که البته این نکته در صدر عقاید ادیان قرار دارد. همه روزه اشیاء زیبا و شگفت انگیزی ناگهان پدید می آیند، از دانه های برف در صبح سرد زمستانی گرفته تا رنگین کمان های بی نظیر در عصر یک روز بارانی. اما هیچ کس به جز بنیادگرایان سرسخت معتقد نیستند که این اتفاقات همه ناشی از خلقت زیبا، پر زحمت و مهمتر از آن هدفدار الهی است. در حقیقت بسیاری از انسان ها به مانند دانشمندان، از توانایی ما در توضیح علل پدیدار شدن ناگهانی برف و رنگین کمان، بر اساس قوانین زیبای فیزیکی لذت می برند.

البته ممکن است این سوال پرسیده شود که " این قوانین فیزیک از کجا آمده اند؟" و مشابه با آن "چه کسی قوانین فیزیک را بوجود آورده است؟" و اگر به این سوالات اولیه نیز پاسخ داده شود، کسی که سوال می پرسد باز می تواند بگوید " خب، آن از کجا آمده؟" و به همین منوال.

نهایتا بسیاری از انسان های خردمند مانند افلاطون، آکوییناس[2] یا کلیسای جدید کاتولیک، متوسل به ایده علت اول[3] می شوند و متعاقبا یک موجود الهی را فرض خواهند کرد: خالق هر چیزی که وجود دارد و هر چیزی که بوجود خواهد آمد؛ کسی که همیشه و همه جا هست.

با این وجود ایده علت اول همواره می تواند این سوال را به همراه داشته باشد که "چه کسی خالق را خلق کرد؟" در حقیقت چه تفاوتی میان اثبات به نفع وجود یک خالق جاودان هست با استدلال برای وجود یک جهان جاودان و بدون خالق؟

[1] . Jacob Bronowski
[2] . Saint Aquinas
[3] . First Cause

این استدلالات همواره این داستان معروف را به خاطر من می آورد که یک عالِمی در باره منشا جهان در حال صحبت بود (بعضی می گویند برتراند راسل [1]بوده و بعضی ویلیام جیمز[2]) و او در حال بحث با دو نفر بود که معتقد بودند جهان بر روی یک لاک پشت بزرگ است که آن هم بر روی یک لاک پشت بزرگ دیگر است و ... تا ابد لاک پشت ها ادامه دارند! بازگشت به بی نهایت برای یک نیروی خالق که خودش را نیز خلق کرده باشد، حتی یک نیروی ماورای لاک پشت ها، ما را ذره ای به این مطلب که جهان از کجا آمده نزدیک نمی کند.

با این وجود این سلسله بازگشتی به بی نهایت در باره چگونگی فرایند پدید آمدن جهان واقعی تر از وجود یک خالق می تواند جوابگو باشد.

پاسخ دادن به این سوال با بحث درباره خدا، می تواند مشکل تسلسل علل را رفع کند، اما من در اینجا می خواهم درباره این مطلب صحبت کنم که: جهان همینی هست که هست، چه بخواهیم چه نخواهیم. وجود یا عدم وجود یک خالق مستقل از خواست ماست. جهانی بدون خدا یا غایت نهایی ممکن است ناگوار و بی هدف به نظر آید، اما این دو دلیل، الزامی به وجود واقعی خدا ایجاد نمی کند.

به طور مشابه، اذهان ما شاید نتواند به سادگی با مقوله بینهایت کنار بی آید (گرچه ریاضیات که توسط ذهن ما ساخته شده است، به خوبی با این مسئله کنار می آید)، باز این به این معنی نیست که بینهایتی وجود ندارد. جهان ما می تواند از لحاظ مکانی و زمانی بی انتها باشد. یا به قول ریچارد فاینمن[3] قوانین فیزیک مانند یک پیاز با بی نهایت لایه است که هر قدر ما جلوتر می رویم و مقیاس های جدید را بررسی می کنیم، قوانین جدید ممکن است کاربردی تر باشند. به سادگی نمی توان فهمید!

برای بیشتر از دو هزار سال سوال "چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد" به عنوان چالشی در مقابل این پیشنهاد که جهان ما – که از مجموعه عظیمی از ستارگان، کهکشان ها و انسان ها و بسیاری چیز ها که نمی دانیم تشکیل شده است – ممکن است بدون هیچ گونه طراحی قبلی، منظور و هدف خاصی برخاسته است، قرار گرفته است. گرچه این سوال معمولا در قالب فلسفی یا دینی مطرح شده است، اما در ابتدا این سوالی در باره جهان طبیعی بود و بهترین زمینه برای پاسخ دادن به آن نیز علم است.

هدف این کتاب ساده است. من می خواهم نشان دهم که چگونه علم جدید در عرصه های مختلف می تواند و در عین حال نشان می دهد که چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد: جوابی که حاصل شده است – و به طرز شگفت انگیز و زیبایی با آزمایشات نیز مشاهده شده و همزمان با نظریه های فیزیک جدید نیز بدست آمده – تماما نشان می دهد که بدست آوردن "چیز" از "هیچ چیز" مشکلی ندارد. در حقیقت برای پدید آمدن جهان،

[1] . Bertrand Russell
[2] . William James
[3] . Richard Feynman

بوجود آمدن چیز از هیچ چیز الزامی است. علاوه بر این تمامی شواهد نشان می دهد که جهان ما احتمالا به این صورت بوجود آمده است.

من از واژه احتمالا استفاده کردم زیرا ممکن است ما هرگز به اندازه کافی شواهد تجربی نداشته باشیم که به این سوال به طور کاملا صریح پاسخ دهیم. اما این حقیقت که بوجود آمدن جهانی از عدم،[با دانش امروزی] قابل قبول است مسلما مسئله مهمی است، حداقل برای من.

قبل از اینکه به ادامه بحث بپردازیم من می خواهم زمانی را به بحث در باره مفهوم "هیچ چیز[1]" اختصاص دهم، که البته در داخل فصول کتاب نیز به این مطلب خواهم پرداخت. بنا به تجربه من، زمانی که در محافل عمومی این بحث مطرح می شود، هیچ چیزی فلاسفه و الهی دانانی که مخالف من هستند را به این اندازه آزار نمی دهد وقتی می بینند منِ دانشمند مفهوم "هیچ چیز" را به طور واقعی نمی فهمم. (در اینجا منظورم این است که الهی دانان[2]، متخصص "هیچ چیز" هستند). "هیچ چیز" به آن صورت که آنها اصرار در تعریفش دارند، فقدان تمام چیز هایی است که من تعریفشان خواهم کرد. "هیچ چیز" مترادف با "عدم وجود[3]" است که در هاله ای از ابهام بوده و تعریف بدی دارد. این قضیه مرا یاد تلاشهایم می اندازد که در تعریف "طراحی هوشمندانه[4]" داشتم که مربوط به زمانی می شد که با خلقت باوران بحث می کردم. پس از مدتی برایم مشخص شد که این واژه [طراحی هوشمندانه] تعریف مشخصی ندارد و تنها می توان در تعریفش گفت که چه چیزهایی نیست. [یعنی درباره اینکه خود این واژه چه چیزی هست، تعریف مشخصی وجود نداشت]. "طراحی هوشمندانه" صرفا یک چتری است که مخالفین تکامل را متحد می کند. به طور مشابهی بعضی فلاسفه و بسیاری از الهی دانان در تعریف "هیچ چیز" می گویند "هیچ چیز" هیچ کدام از چیز هایی نیست که دانشمندان تعریف می کنند.

این گونه تعاریف به نظر من ناشی از فقدان هوشمندی در ادیان و فلسفه جدید است. مسلما در علم فیزیک "هیچ چیز" به همان اندازه یک تعریف فیزیکی است که "چیز" را در نظر می گیریم، مخصوصا وقتی تعریف می کنیم : "هیچ چیز" یعنی "نبود چیز". این تعریف ما را مجاب می کند که دقیقا طبیعت فیزیکی هر دوی این کمیت ها را به دقت بفهمیم. و بدون علم، هر تعریفی تنها تعدادی واژه است.

یک قرن پیش، اگر کسی "هیچ چیز" را تعریف می کرد، منظورش فضای کاملا خالی بود که هیچ ماده ای در آن نباشد که در آن صورت بحث بسیار ساده می شد. اما نتایج حاصل از یک قرن اخیر به ما یاد داد که فضای خالی بسیار دور تر از مفهوم عدمی است که ما از قدیم فرض می کردیم و این به دلیل دانش بیشتر ما درباره

[1] . Nothing
[2] . Theologians
[3] . Nonbeing
[4] . Intelligent Design

چگونگی عملکرد طبیعت است. حال منتقدین مذهبی به من می گویند که تو حق نداری فضای خالی را به عنوان "هیچ چیز" در نظر بگیری و برای تمایز آن از "هیچ چیز" ایده آل فلاسفه و دین شناسان باید از واژه "خلا کوانتومی[1]" استفاده کنی.

خیلی خوب قبول. حال اگر ما بخواهیم که "هیچ چیز" را برابر با فقدان زمان و مکان تعریف کنیم چه؟ آیا این کفایت می کند؟ البته می دانم روزی فرا می رسد که این نیز [برای الهی دانان] کفایت نخواهد کرد. همانطور که در ادامه کتاب توضیح خواهم داد ما امروزه می دانیم که فضا و زمان می توانند ناگهان ظاهر شوند و جالب است که الان به ما می گویند حتی این "هیچ چیز" آن "هیچ چیزی" نیست که در نظر ماست. به ما می گویند برای فرار از مفهوم "واقعی" هیچ چیز شما نیازمند خدا هستید و "هیچ چیز" را طوری تعریف کنید که "حالتی است که تنها خدا می تواند از آن حالت، چیزی را بوجود آورد".

همچنین بسیاری از افرادی که با آنها به مباحثه پرداختم می گویند اگر "پتانسیلی" [استعداد یا قابلیتی] برای وجود چیزی وجود داشته باشد، آن وضعیت یک "هیچ چیز" واقعی محسوب نمی شود. و مسلما وجود قوانین طبیعت که چنین قابلیتی را می دهند، آن وضعیت را از "عدم وجود" واقعی دور می سازند. حال اگر من بیایم و بگویم که احتمالا آن قوانین هم ناگهان ظاهر شده اند، که توضیح خواهم داد ممکن است یکی از حالت ها باشد، مسلما آن نیز ارضا کننده نخواهد بود زیرا سیستمی که بتواند قوانین را تولید کند یک "هیچ چیز" واقعی نخواهد بود.

لاک پشت ها تا بینهایت؟ من که باور ندارم. اما لاک پشت ها جذابیت یافته اند به این دلیل که علم عرصه را به سمتی برده که با احساس عمومی مردم ناسازگار است. البته که این یکی از اهداف علم است (در زمان سقراط به آن فسلفه طبیعی می گفتند). فقدان آرامش [احساس نا امنی] به این معنی است که ما در مرز بینش جدیدی قرار داریم. قطعا یاری جستن از ایده "خدا" برای دوری از سوالات مشکل "چگونه"، واقعا تنبلی هوشمندانه محسوب می شود. آخر، اگر پتانسیلی برای خلقت وجود نمی داشت، خود خدا نیز نمی توانست چیزی بیآفریند. این به معنی واقعی کلمه حقه بازی است که برای خودداری از بحث تسلسل علل، خدایی را خارج از طبیعت تصور کنیم و در نتیجه بگوییم "پتانسیل" برای وجود، جزئی از آن "هیچ چیزی" نیست که همه چیز از آن بوجود آمد.

پیشنهاد اصلی من این است که این واقعیت را بگوییم که علم، زمینه بازی را تغییر داده است تا این گونه بحث های خیالی و بی فایده در باره ماهیت عدم[2]، تبدیل به تلاش های مفید و عملیاتی برای توضیح چگونگی

[1] . Quantum Vacuum
[2] . Nothingness

شکل گیری جهان ما شود. من همچنین خواهم گفت که تبعات احتمالی این اتفاق برای حال و آینده ما چه خواهد بود.

این قضیه واقعیت مهمی را بازگو می کند. زمانی که بحث در رابطه با نحوه نمو[1] [یا تکامل] جهان ماست، ادیان و مذاهب، مقوله هایی کاملا غیر مرتبط هستند. آنها صرفا بحث را به حاشیه کشانده و مثلا واژه هایی مثل "عدم" را به میان می آورند که هیچ تعریف تجربی ای برایش ندارند. با اینکه ما هنوز منشا جهانمان[2] را به طور کامل نمی دانیم، دلیلی ندارد که انتظار تغییر در این باب را داشته باشیم. علاوه بر آن من انتظار دارم چنین اتفاق مشابهی در فهم ما در زمینه هایی بی افتد که ادیان آنها را حیطه خود می دانند، مانند اخلاقیات انسان.

علم در پیشبرد فهم ما از طبیعت موثر بوده است زیرا خصوصیات علم بر اساس سه اصل زیر می باشد:

(۱) : شواهد را دنبال کن و ببین تو را به کجا می برد

(۲) : اگر کسی نظریه ای ارائه داد همواره دو نفر باید باشند که یکی در تلاش برای رد نظریه باشد و دیگری در تلاش برای اثبات آن

(۳) : نهایی ترین قاضی برای اثبات حقیقت آزمایش است، نه احساس اطمینان خاطری که از باور های پیشین به دست می آید و نه زیبایی و انعطاف پذیری ای که کسی به یک نظریه نسبت دهد.

نتایج آزمایشاتی که من در اینجا شرح خواهم داد نه تنها به موقع بودند، بلکه به دور از انتظار نیز بودند. فرشی که علم در رابطه با تکامل جهانمان ساخته است، بسیار محکمتر و زیباتر از سایر تصاویری است که از الهامات نشات گرفته یا زاییده ذهن بشری است. طبیعت غافلگیری هایی را با خود می آورد که بسیار فراتر از تصوراتی است که ذهن انسان می تواند تولید کند.

در طی دو دهه اخیر، مجموعه ای هیجان انگیز از پیشرفت ها در کیهان شناسی[3]، نظریه ذرات [4] و گرانش[5] نگرش ما را نسبت به دنیا به کلی عوض کرده است که قسمت اعظم آن مربوط به فهم ما از آغاز و آینده جهان می شود.

انگیزه اصلی من از نوشتن این کتاب این نبوده که با اساطیر به مخالفت بپردازم یا به جنگ عقاید بروم، بلکه می خواستم تا دانش را پاس بداریم و در کنار آن درباره جهان شگفت انگیز و غافلگیر کننده مان بیشتر بدانیم.

---

[1] . Evolve
[2] . Origin Of Universe
[3] . Cosmology
[4] . Particle Theory
[5] . Gravitation

این جستجو، ما را بر روی گردبادی قرار خواهد داد و به دورترین نقاط جهان منبسط شونده [1]خواهد برد، از اولین لحظات انفجار بزرگ[2] تا آینده دور را خواهیم دید و همچنین شامل احتمالا عجیب ترین کشف قرن اخیر در علم فیزیک خواهد بود.

در حقیقت، علتی که من اقدام به نوشتن این کتاب کردم، اکتشاف ژرفی در باره جهان بود که بیشترین وقت مرا در طی سه دهه اخیر به خود اختصاص داده بود و در نهایت منجر به نتیجه تکان دهنده ای شد که می گفت بیشتر انرژی موجود در جهان به طور مرموز و غیر قابل توضیحی (البته در حال حاضر) در فضای خالی پخش شده است. اغراق نیست اگر بگویم این کشف زمینه بازی را در کیهان شناسی مدرن تغییر داد.

به عنوان مثال این کشف تاییدی بود بر اینکه جهان ما دقیقا از هیچ بوجود آمده است. همچنین باعث شد تا نگرشی دوباره درباره مفروضاتی کنیم که فکر می کردیم حاکم بر تکامل جهان است و نهایتا به این سوال نیز فکر کنیم که قوانین طبیعت تا چه حد بنیادی هستند.

نه به راحتی، اما هر کدام از اینها به نوبه خود از اهمیت سوال "چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارند" می کاهند که در ادامه خواهم گفت.

شروع نوشتن این کتاب باز می گردد به اکتبر ۲۰۰۹ که من در لوس آنجلس مقاله ای با همین عنوان ارائه دادم. جالب تر اینکه ویدیو یوتیوب این مقاله که توسط بنیاد ریچارد داوکینز[3] قرار داده شده بود تا این لحظه که من کتاب را می نویسم به یک میلیون نفر رسیده است و کپی های زیادی از قسمت های مختلف آن توسط هر دو گروه خدا باوران و ناباوران در مناظرات استفاده شده است.

به دلیل علاقه ای که به این زمینه داشتم و البته ابهام زدایی از سوالاتی که در فضای وب در راستای مقاله من مطرح شده بود، به ذهنم خطور کرد که ارزشش را دارد که مجوعه ای کامل تر از این ایده ها را در کتابی توضیح دهم. همچنین اینجا این امکان را دارم که به بحث هایی که آن موقع ارائه داده بودم، اضافه کنم که عمدتا مربوط به انقلابات جدید کیهان شناسی می شود که دید ما را نسبت به جهان تغییر داد، یعنی بحث انرژی و هندسه فضا[4] که در دو سوم ابتدایی کتاب مطرح خواهم کرد.

در طول این مدت من بسیار درباره مقدمات و ایده هایی که استدلالات من را تشکیل می دهند فکر کردم؛ با کسانی که عکس العمل هیجان انگیزی درباره این بحث داشتند – که واگیر دار هم بود – بحث کردم. همچنین آخرین پیشرفت های رخ داده در فیزیک ذرات را بررسی کردم تا تاثیر این دستاورد ها را بخصوص درباره منشا و

[1] . Expanding Universe
[2] . Big Bang
[3] . Richard Dawkins Foundation for Reason and Science
[4] . Geometry Of Space

طبیعت جهان بدانم. نهایتا بعضی از استدلالاتم را برای کسانی که با حرارت زیادی با من مخالفت می کردند انتشار دادم تا درک کاملتری از استدلالاتم داشته باشم و آنها را ارتقا ببخشم.

در راستای افزایش ایده هایی که در این کتاب توضیح دادم، من به خوبی از بحث با تعدادی از همکاران خردمندم در زمینه فیزیک بهره بردم. مخصوصا می خواهم از آلن گوت[۱] و فرانک ویلکزک[۲] تشکر کنم که زمانشان را در اختیار من گذاشتند تا بحث هایی را توسعه دهم و همچنین برخی ابهامات که در ذهن خودم بود را نیز برطرف کنم و بعلاوه بعضی تفاسیرم را استحکام بخشم.

پس از اینکه توسط لزلی مردیت[۳] و دومینیک انفوسو[۴] برای چاپ کتابی در اینباره در انتشارات سایمون اند شوستر تشویق شدم، با دوستم کریستوفر هیچنز[۵] که نویسنده و انسانی برجسته است تماس گرفتم که او نیز از بعضی استدلالات من در مجموعه فوق العاده ای که در باره علم و دین تدارک دیده بود استفاده کرد. کریستوفر علیرغم حال ناخوشش، با محبت، علاقه و شجاعت زیادی برای نوشتن مقدمه ای بر این کتاب موافقت کرد. به خاطر این حرکت دوستانه و صادقانه اش همواره سپاس گذارش خواهم بود. متاسفانه بیماری کریستوفر نهایتا آنقدر او را گرفتار کرد که علیرغم تلاش فراوانش نتوانست متنی را که نوشته بود به پایان برساند. به دلیل داشتن دوستان فراوان، دوست خوبم، دانشمند برجسته، ریچارد داوکینز قبلا موافقتش را برای نوشتن متن پایانی اعلام کرده بود. پس از اینکه نسخه چرک نویس اولیه ام به اتمام رسید، او شروع به نوشتن متنی مختصر کرد که زیبایی و وضوحش تحسین برانگیز بود و در عین حال فروتنانه نیز بود. من همچنان متحیرم. تقدیم به کریستوفر، ریچارد و تمام کسانی که نام بردم که حمایت و تشویق آنها این انگیزه را به من داد که دوباره پشت کامپیوترم بنشینم و بنویسم.

[1] . Alan Guth
[2] . Frank Wilczek
[3] . Leslie Meredith
[4] . Dominic Anfuso
[5] . Christopher Hitchens

فصل اول

قصه اسرار آمیز کیهانی:

سرآغاز

اولین معمای قابل طرح در هر سفری این است که : مسافر چگونه به نقطه آغاز سفر رسید؟

لوییس بوگان، گردشی در اتاقم[1]

شب طوفانی و تاریکی بود

اوایل سال ۱۹۱۶ آلبرت انیشتین[2] بهترین دستاورد علمی زندگیش را تکمیل کرد؛ یک دهه توام با کشمکش شدید فکری برای استخراج نظریه جدیدی از گرانش، که آن را نظریه نسبیت عام[3] نامید. با این حال این نظریه صرفا یک نظریه جدید در باره گرانش نبود، بلکه نظریه جدیدی برای زمان و مکان نیز بود و همچنین این اولین نظریه علمی بود که نه تنها می‌توانست حرکت اجرام را در کیهان توضیح دهد، بلکه می‌توانست توضیح دهد که کیهان چگونه نمو پیدا کرد.

اما مشکلی وجود داشت؛ زمانی که انیشتین شروع به اعمال نظریه‌اش برای تشریح کل عالم کرد، مشخص شد که این نظریه جهان را به آن صورت که ظاهرا ما در آن زندگی می کنیم توضیح نمی‌دهد.

امروزه، تقریبا ۱۰۰ سال بعد، سخت است که بتوان پذیرفت در طول این زمان که به میزان عمر یک آدمیزاد است تصور ما از عالم چقدر تغییر کرده است. چیزی که برای جامعه علمی در سال ۱۹۱۷ پذیرفته شده بود این بود که جهان، یک مجموعه ثابت و ازلی است که از یک کهکشان (یعنی راه شیری) تشکیل شده و توسط یک فضای خالی و تاریک بینهایت احاطه شده است. زیرا این چیزی بود که می‌توان با نگاه ساده به آسمان شب، یا با یک تلسکوپ کوچک حدس زد و همچنین دلایل ناچیزی برای شک کردن به این تصور وجود داشت.

[1] . Louise Bogan, Journey Around My Room
[2] . Albert Einstein
[3] . General relativity

در نظریه انیشتین، همانند نظریه نیوتون[1] در باره گرانش که قدیمی تر است، گرانش یک نیروی جاذبه خالص است که میان تمام اجسام وجود دارد. این به این معنی است که نمی‌توان مجموعه‌ای از اجرام را داشت که به طور ثابت در مکان خود باقی بمانند. نیروی گرانش متقابل آنها نهایتا باعث برخوردشان به یکدیگر خواهد شد که این در تضاد آشکار با جهان ظاهرا ساکن است.

این مساله که نظریه نسبیت عام انیشتین با تصور آن زمان از جهان سازگار نبود، ضربه بسیار بزرگی برای او بود که برای شما غیر قابل تصور است. این مساله به دلایلی مرا از اظهار شایعه‌ای در باره انیشتین که برایم آزار دهنده است معاف می کند که عموما تصور بر این است که انیشتین سالیان سال در اتاقی بسته با استفاده از تفکر محض و منطق به این نظریه زیبا دست یافت. (احتمالا مانند بعضی از نظریه پردازان امروزی نظریه ریسمان[2] !) با این حال هیچ چیز بهتر از بیان واقعیت نیست.

ذهن انیشتین همواره توسط مشاهدات و آزمایشات هدایت می‌شد و در کنار آن او آزمایشات فکری بسیاری را در ذهنش انجام می داد و برای یک دهه زحمت فراوانی کشید. او ریاضیات جدیدی نیز یاد گرفت و نظریه های اشتباه زیادی را نیز دنبال کرد، تا سرانجام به نظریه‌ای دست یافت که از لحاظ ریاضی واقعا زیبا بود. مهمترین لحظه ای که او در طول رابطه عاشقانه‌اش با نظریه نسبیت عام داشت زمانی بود که او با استفاده از مشاهدات، درستی نظریه‌اش را دید. در طی هفته های آخر پر تلاطمی که او در حال تکمیل نظریه‌اش بود، که به موازات در حال رقابت با دیوید هیلبرت[3] ریاضیدان آلمانی نیز بود، او معادلاتش را برای پیشبینی پدیده ای مبهم در اختر فیزیک[4] به کار برد. نتایج حاصله دقت بسیار ظریفی در پیشبینی نقطه حضیض[5] سیاره عطارد در مدارش به دور خورشید نشان می داد. (نقطه حضیض به نزدیک ترین فاصله مدار سیارات به دور خورشید گفته می شود).

مدت مدیدی بود که اخترشناسان می دانستند مدار عطارد اندکی با پیش بینی هایی که توسط نیوتون ارائه شده بود تفاوت دارد. به جای اینکه یک بیضی کامل بوده و پس از یک دور کامل به جای اولیه بازگردد، مدار عطارد با زاویه بسیار اندک ۴۳ ثانیه در هر قرن تغییر جهت پیدا می کند. (چیزی حدود یک صدم درجه). یعنی مدار بیضوی عطارد در هر دور کمی تغییر یافته و نسبتا حالت مارپیچی به خود می گیرد.

زمانی که انیشتین این مدار را توسط نظریه نسبیت عام محاسبه کرد، عدد حاصله کاملا درست از آب درآمد. با توجه به گفته آبراهام پایس[6] نویسنده زندگی نامه انیشتین " این کشف، به گمان من، عمیقترین لحظه عاطفی

[1] . Newton
[2] . String Theory
[3] . David Hilbert
[4] . Astrophysics
[5] . Perihelion
[6] . Abraham Pais

انیشتین در زندگی علمی خود و حتی در طول دوران زندگی اش بود". او مدعی شده بود که در آن لحظه قلبش آنچنان به تپش افتاد که گویی "چیزی در درونش متلاشی شد". یک ماه بعد، زمانی که او نظریه‌اش را به عنوان یک زیبایی منحصر به فرد به یکی از دوستانش توضیح می داد، هنوز لذتی که از فرم ریاضی نظریه‌اش می برد آشکار بود ولی در باره تپش قلب چیزی گزارش نداد.

ناسازگاری ظاهری بین نسبیت عام و باوری که در آن دوران نسبت به ساکن بودن جهان وجود داشت، دیری نپایید. (گرچه این ناسازگاری انیشتین را مجبور به اصلاحاتی در نظریه اش کرد که بعد ها از آن اصلاح به عنوان بزرگترین اشتباهش یاد کرد. در این باره بعدا صحبت خواهیم کرد) . همه (به جز تعدادی از انجمن های مدارس در ایالات متحده) امروزه می دانند که جهان ساکن نبوده، بلکه در حال انبساط می باشد و این انبساط توسط انفجار بزرگی که به طرز شدیدی چگال و داغ بود در ۱۳/۷۲ میلیارد سال پیش آغاز شده است[تا این لحظه آخرین تخمینی که توسط فضاپیمای پلانک صورت گرفته (۲۱ مارس ۲۰۱۳) این عدد را برابر با ۱۳/۷۹۸ میلیارد سال با عدم قطعیت ۳۷ میلیون سال محاسبه کرده اند]. همچنین با همین میزان اهمیت ما می دانیم که کهکشان ما تنها یکی از احتمالا ۴۰۰ میلیارد کهکشان در جهان قابل رویت[1] است. ما شبیه نقشه کش های اولیه ای در این کره خاکی هستیم که به تازگی شروع به طرح نقشه کامل عالم در بزرگترین مقیاسش کرده ایم. تعجبی کمی دارد که دهه‌های اخیر شاهد تغییراتی انقلابی در تصویر ما از جهان بوده است.

کشف اینکه جهان ما ثابت[2] نبوده، بلکه در حال انبساط است اهمیت ژرفی از لحاظ فلسفی و دینی دارد، زیرا بیان می کند که جهان ما آغازی دارد. آغاز داشتن به طور ضمنی به خلقت اشاره دارد و بحث خلقت احساسات را برانگیخته می کند. با اینکه پس از کشف انبساط جهان در سال ۱۹۲۹و ایده انفجار بزرگ، دهه ها طول کشید تا شواهد تجربی تایید کننده مستقلی نیز بدست آید، پاپ پایوس دوازدهم[3] در سال ۱۹۵۱ اعلام کرد این کشف، مدرکی برای اثبات خلقت[4] [پیدایش] است. به این صورت که :

به نظر می آید که علم امروز، با یک جهش به قرن ها پیش، موفق به دستیابی به شواهدی در باره لحظه با شکوه آغازین "فیت لوکس" (روشنایی بشود)[5] شده است، که از عدم، ماده به همراه دریایی از نور و تشعشع طی انفجاری پراکنده شده و عناصر جدا شده، پیوسته شده و به شکل میلیون ها کهکشان درآمده است. بنابراین با توجه به این اثبات های فیزیکی که ملموس بودن از خواص آنهاست، [علم] وقوع پیدایش عالم را تایید کرده و

[1] . Observable Universe
[2] . Static
[3] . Pop Pius XII
[4] . Genesis
[5] . Fiat Lux (Let There Be Light) یکی از آیات بخش اول کتاب عهد قدیم یا تورات

همچنین استدلال مستحکمی برای مبدا تاریخ یعنی زمانی که جهان از دستان خالق ظاهر می شود را ارائه می کند. از اینرو خلقت اتفاق افتاده است. ما می گوییم " بنابراین خالقی وجود دارد. بنابراین خدا وجود دارد"

اتفاقا داستان کامل کمی جالب تر است. در حقیقت اولین کسی که انفجار بزرگ را پیشنهاد داد، کشیش و فیزیکدانی بلژیکی به نام جرج لمایتر[1] بود. لمایتر ترکیبی از مهارت های فوق العاده بود. او مطالعاتش را به عنوان یک مهندس آغاز کرد. در جنگ جهانی اول سرباز توپخانه بود و مدال افتخار داشت و زمانی که در اوایل دهه ۱۹۲۰ مشغول مطالعات کشیشی بود، مطالعاتش را به ریاضیات تغییر داد. سپس او به سمت کیهان شناسی سوق پیدا کرد و قبل از عزیمت به هاروارد، نزد اختر شناس مشهور بریتانیایی سر آرتور استنلی ادینگتون[2] به تحقیق می پرداخت. او نهایتا دومین مدرک دکتری خود را در رشته فیزیک از دانشگاه ام آی تی دریافت کرد.

در سال ۱۹۲۷، قبل از دریافت دومین مدرک دکتری، لمایتر معادلات نسبیت عام انیشتین را حل کرده و ثابت کرد که این نظریه یک جهان غیر ثابت را پیش بینی می کند و در حقیقت پیشنهاد می کند که جهانی که ما در آن زندگی می کنیم در حال انبساط است. این ایده آنچنان تکان دهنده بود که خود انیشتین با لحن بدی به مخالفت پرداخت و گفت "ریاضیات شما درست اما فیزیکتان ناپسند است"

به هر حال لمایتر پیشروی کرده و در سال ۱۹۳۰ مجددا پیشنهاد داد که جهان منبسط شونده ما در حقیقت از یک نقطه بسیار ریز که او آن را "اتم اولیه[3]" نامید نشات گرفته و این آغاز احتمالا نشانه ای از پیدایش است. "روزی بدون دیروز"

بنابراین انفجار بزرگ که پاپ پایوس آن را اعلام کرده بود، در ابتدا توسط یک کشیش پیشنهاد شده بود. ممکن است این تصور پیش بیاید که لمایتر از تایید پاپ به هیجان آمده باشد، اما او قبل از آن، این مساله را در ذهن خودش باطل کرد که این نظریه علمی ممکن است تبعات مذهبی نیز داشته باشد، و آن بخشی که مربوط به مباحث مذهبی ناشی از این نظریه بود را از پیش نویس مقاله ای که در سال ۱۹۳۱ درباره انفجار بزرگ ارائه داده بود، حذف کرد.

در واقع لمایتر با ادعایی که پاپ در سال ۱۹۵۱ مبنی بر اثبات پیدایش با استفاده از انفجار بزرگ کرده بود، اعلام مخالفت کرد. (به این دلیل که او فهمید اگر در آینده نظریه اش از لحاظ علمی رد شود، کلیسای روم مدعی خواهد شد که پیدایش به چالش کشیده شده است). تا این موقع او به عنوان یکی از اعضای جامعه اسقفی انتخاب شده بود و بعد ها به ریاست این جامعه منصوب شد. به گفته خودش " تا آنجایی که من می فهمم، این

[1] . Georges Lemitre
[2] . Sir Arthur Stanley Eddington
[3] . Primeval Atom

نظریه کاملا خارج از حیطه متافیزیک و مذهب قرار می گیرد". پاپ نیز این موضوع را دیگر در محافل عمومی مطرح نکرد.

درس ارزشمندی در این ماجرا نهفته است. همانگونه که لمایتر فهمید، چه انفجار بزرگ اتفاق افتاده باشد چه نیافتاده باشد، این بحث یک بحث علمی است و نه یک بحث دینی. علاوه بر این اگر انفجار بزرگ رخ داده باشد (که تمام شواهد تا به امروز عمیقا این را نشان می دهد)، هر کسی می تواند این موضوع را با توجه به عقاید مذهبی یا متافیزیکی خود به طور متفاوتی تفسیر کند. شما حق انتخاب دارید که انفجار بزرگ را به عنوان دلیلی برای وجود خالق استنباط کنید، و یا ادعا کنید که ریاضیات نسبیت عام، سیر تکامل جهان را به صورت برعکس تا نقطه شروع آن بدون نیاز به خالق شرح می دهد. اما این قبیل تفکرات متافیزیکی مستقل از اعتبار فیزیکی انفجار بزرگ است و ربطی به فهم ما از این نظریه ندارد. البته هر قدر که ما فراتر از بحث انبساط جهان پیشروی کنیم و به سمت کشف قوانین فیزیکی که منجر به آغاز آن شده است برویم، علم می تواند این قبیل تفکرات را روشن تر کند، و همانطور که بحث خواهم کرد، این اتفاق می افتد.

به هر حال نه لمایتر و نه پاپ پایوس توانستند جامعه علمی را متقاعد کنند که جهان در حال انبساط است. در عوض مانند سایر دستاورد های خوب علمی، شواهد ناشی از رصد های دقیق که در این مورد توسط ادوین هابل[1] صورت پذیرفته بود، منجر به متقاعد کردن دانشمندان شد. او کسی است که باعث شد من هنوز به بشریت شدیدا ایمان داشته باشم، زیرا او در ابتدا به عنوان یک حقوقدان شروع به کار کرد و پس از مدتی اخترشناس شد.

هابل پیش تر در سال ۱۹۲۵ با استفاده از تلسکوپ هوکر ۱۰۰ اینچ مانت ویلسون[2] که در آن زمان بزرگترین بود، به پیشرفت بزرگی نائل شد. (برای مقایسه، ما امروزه تلسکوپ‌هایی می سازیم که بیشتر از ۱۰ بار بزرگتر از این در قطر و ۱۰۰ بار بزرگتر در سطح می باشد!) تا آن زمان با تلسکوپ های موجود اخترشناسان این توانایی را داشتند که اجرام تیره و تاری را تشخیص دهند که مانند ستاره های معمولی موجود در کهکشان ما نبودند. آنها نام سحابی[3] را بر این اجرام نهادند که در اصل در زبان لاتین به معنی شیئ تار (در حقیقت ابر) می باشد. آنها همچنین بر سر اینکه این اجرام در کهکشان ما قرار دارند یا خارج از آن هستند بحث می کردند.

از آنجا که تصور شایع آن زمان در باره کهکشان ما این بود که تنها چیز موجود در عالم است، بسیاری از اخترشناسان در گروه "داخل کهکشان ما" قرار می گرفتند که توسط اخترشناس معروف هارلو شیپلی[4] از

[1] . Edwin Hubble
[2] . Mount Wilson 100-inch Hooker telescope
[3] . Nebulae
[4] . Harlow Shapley

دانشگاه هاروارد هدایت می‌شد. شیپلی از کلاس پنجم مردود شده بود و پس از آن خود به مطالعه می پرداخت که در نهایت وارد پرینستون شد. او به این دلیل شروع به مطالعه اخترشناسی کرد که اولین واحد درسی بود که در برنامه درسی با آن مواجه شد. در اولین کار او نشان داد که راه شیری بسیار بزرگتر از چیزی بود که تا قبل از آن تصور می‌شد، و همچنین خورشید نه در مرکز آن، بلکه در گوشه ای پرت و غیر قابل اهمیت قرار دارد. او به عنوان مهره قابل توجهی در علم اخترشناسی به شمار می رفت و به همین دلیل دیدگاه او در رابطه با ماهیت سحابی ها چیرگی قابل توجهی داشت.

در روز سال نوی میلادی ۱۹۲۵ هابل نتایج دو سال مطالعات خود را در باره چیزی که به عنوان سحابی مارپیچ[۱] نام برده می‌شد منتشر کرد، که او توانسته بود نوع خاصی از ستاره متغیر را در این سحابی شناسایی کند که ستاره متغیر قیفاووسی[۲] نام‌گذاری شد و این سحابی امروزه با عنوان آندرومدا[۳] شناخته می شود.

ستاره های متغیر قیفاووسی که اولین بار در سال ۱۷۸۴ مشاهده شده اند، ستاره هایی هستند که قدر[۴] آنها در بازه های زمانی مشخصی تغییر می کند. در سال ۱۹۰۸ اختر شناس نا معروفی به نام هنریتا سوان لویت[۵] در رصد خانه کالج هاروارد به عنوان کامپیوتر استخدام شد. (کامپیوتر [به معنی محاسبه گر] به خانم هایی گفته می شد که قدر ستاره هایی که توسط صفحه های عکاسی رصدخانه ها ثبت شده بود را وارد کاتالوگ می کردند. در آن زمان خانم ها حق استفاده از تلسکوپ های رصد خانه ها را نداشتند). لویت که دختر یک کشیش کلیسا و از نوادگان مهاجرین انگلیسی به آمریکا بود، به کشف شگفت انگیزی دست یافت که بعدها در سال ۱۹۱۲ آن را ارائه داد. او متوجه شد که رابطه معینی بین قدر ستاره های قیفاووسی و دوره تناوب تغییر آنها وجود دارد. بنابراین اگر کسی بتواند فاصله یکی از این قیفاووس ها که دوره آن مشخص است را تعیین کند (که متعاقبا در سال ۱۹۱۳ تعیین شد)،سپس با استفاده از تعیین قدر دیگر قیفاووس ها که دوره تناوب مشابهی دارند، من می توانم فاصله سایر ستاره ها را محاسبه کنم!

از آنجایی که درخشندگی ظاهری[۶] ستارگان با افزایش فاصله به طور معکوس و به نسبت مجذور فاصله کاهش می یابد (نور به صورت یکنواختی در سطحی کروی پراکنده می شود که سطح این کره به نسبت مجذور فاصله از مرکز آن افزایش می یابد و از آنجایی که نور در سطح بزرگتری پراکنده خواهد شد، شدت نور ظاهری در هر نقطه به طور معکوس با افزایش سطح، کاهش خواهد یافت)، تعیین فاصله ستاره های دور همواره بزرگترین چالش در اخترشناسی بوده است. کشف لویت انقلابی در این عرصه ایجاد کرد. (هابل، که خود از

[1] . Spiral Nebulae
[2] . Cepheid Variable Star
[3] . Andromeda
[4] . Brightness
[5] . Henrietta Swan Leavitt
[6] . Observed Brightness

دریافت جایزه نوبل محروم ماند، معمولا می گفت که کار لویت مستحق دریافت جایزه است. البته خود هابل به قدری خودخواه بود که احتمالا این پیشنهاد را به این علت می داد که در آن صورت او نیز به دلیل پیشرفتهای بعدیش در این زمینه می توانست نوبل را با او تقسیم کند). کارهای اداری برای نامزدی لویت برای جایزه نوبل در سال ۱۹۲۴ در آکادمی سلطنتی سوئد آغاز شده بود که فهمیدند وی ۳ سال پیش بر اثر سرطان درگذشته است. هابل با توجه به نوع شخصیتش، تلاشش برای ترفیع رتبه و همچنین توانایی هایش در رصد کردن اجرام ، توانست شخصیت بنامی شود، اما متاسفانه نام لویت تنها به عنوان یکی از علاقه مندان این عرصه به جای ماند.

هابل توانست با استفاده از محاسبه قیفاووس ها و همچنین رابطه دوره تناوب – تابندگی[1] لویت اثبات کند که قیفاووس های موجود در آندرومدا و همچنین سایر سحابی ها آنقدر دور هستند که نمی توانند داخل راه شیری باشند. آندرومدا به عنوان یک دنیای جزیره ای دیگری کشف شد، کهکشان مارپیچی دیگری که تقریبا شبیه به کهکشان ماست و یکی از ۱۰۰ ها میلیارد کهکشان دیگری که تا به امروز شناخته شده و در جهان قابل دید ما قرار دارد. نتایج هابل به قدری واضح بود که جامعه اختر شناسان – به انضمام شیپلی که در آن دوران بر حسب اتفاق مدیر رصدخانه کالج هاروارد شده بود، جایی که لویت کار علمی ارزشمندش را به انجام رساند – به سرعت این واقعیت را پذیرفتند که راه شیری تنها چیزی نیست که دور و بر ماست. ناگهان اندازه جهان شناخته شده با یک جهش به میزان زیادی بزرگ شد که قرنها بود اتفاق نیافتاده بود! مشخصاتش و همچین تقریبا هر چیز مرتبط دیگری نیز تغییر یافت. پس از این کشف هیجان انگیز، هابل می توانست دست از کار کشیده و در کنار افتخارات کسب شده به استراحت بپردازد، اما او به دنبال ماهی های بزرگتر یا به عبارت دیگر کهکشان های دیگری بود. با محاسبه قیفاووس های ضعیف تر در کهکشان های دورتر او توانست نقشه دنیا را با مقیاس بزرگتری طراحی کند. با این حال وقتی او مشغول ترسیم نقشه جهان بود او موفق به کشف شگفت انگیز تری شد: جهان در حال انبساط است!

هابل با مقایسه اعدادی که برای فواصل کهکشانی به دست آورده بود و همچنین اعدادی که توسط اخترشناس آمریکایی به نام وستو اسلیفر[2] برای طیف نوری که از ستاره ها خارج می شود به دست آمده بود، این نتایج را به دست آورد. فهمیدن وجود و طبیعت این قبیل طیف ها مرا ملزم می کند که شما را به ابتدای اخترشناسی مدرن ببرم.

یکی از مهمترین اکتشافات در اخترشناسی این بود که مواد تشکیل دهنده ستارگان و زمین، به میزان قابل توجهی یکسان است. این واقعه به مانند بسیاری از وقایع دیگر در علوم مدرن با نیوتن شروع شد. در سال ۱۶۶۵ نیوتن که دانشمند جوانی بود، در اتاقی تاریک که تنها پرتو باریک نوری از پنجره آن به داخل می تابید، با

[1] . Period-Luminosity
[2] . Vesto Slipher

استفاده از یک منشور اقدام به شکست نور کرده و رنگ های آشنای رنگین کمان را مشاهده کرد. او به این نتیجه رسید که نور سفید منتشر شده از خورشید، شامل تمامی این رنگها می شود که نتیجه درستی بود.

صد و پنجاه سال بعد، دانشمند دیگری، نور شکسته شده را با دقت بیشتری آزمایش کرد و متوجه خطوط تاریکی در میان طیف رنگی نور شد. او اینگونه استدلال کرد که این خطوط ناشی از موادی است که در سطح اتمسفر خارجی خورشید قرار دارند و رنگها و طول موج های خاصی را جذب می کنند. اینها که با نام خطوط جذب[1] شناخته می شوند، می توانند توسط طول موجهایی شناسایی شوند، که توسط مواد روز زمین مانند هیدروژن، اکسیژن، آهن، سدیم و کلسیم جذب می شوند.

در سال ۱۸۶۸ دانشمند دیگری دو خط جذب جدید در محدوده زرد رنگ طیف خورشیدی پیدا کرد که به هیچ عنصری روی زمین تعلق نداشت. او فکر کرد که این خطوط باید مربوط به عنصر جدیدی باشد و آن را هلیوم نام گذاری کرد. یک نسل بعد هلیوم بر روی زمین کشف شد.

مشاهده تابش هایی که از دیگر ستارگان به ما می رسد، یک ابزار علمی مهمی در فهم ترکیبات، دما و تکامل ستارگان به شمار می رود. در سال ۱۹۱۲ اسلیفر طیف منتشر شده از سحابی های مارپیچی دیگر را بررسی می کرد و متوجه شد که این طیف های شبیه طیف ستارگان اطراف هستند با این تفاوت که تمامی خطوط جذب به میزان طول موج ثابتی در یک جهت حرکت کرده اند.

در آن زمان این پدیده را ناشی از اثر شناخته شده دوپلر[2] دانستند، که به نام فیزیکدان استرالیایی کریستین دوپلر نامگذاری شده بود. او در سال ۱۸۴۲ توضیح داده بود که امواجی که توسط یک منبع متحرک به سمت شما نزدیک می شوند، زمانی که منبع از شما دور می شود کشیده شده، و زمانی که منبع به سمت شما حرکت می کند فشرده می شوند. این توضیح پدیده ای است که همگی با آن آشنا هستیم و مرا معمولا به یاد کارتون سیدنی هریس[3] می اندازد که دو کاو بوی روی اسبهایشان نشسته بودند و در حال حرکت در دشتی بودند و به قطاری در دور دست نگاه می کردند و یکی از آنها به دیگری گفت : من عاشق شنیدن آن سوت افسرده قطار هستم که دامنه اش ناشی از اثر دوپلر تغییر می کند! واقعا سوت قطار و آژیر آمبولانس زمانی که به شما نزدیک می شوند زیرتر شده و زمانی که از شما دور می شوند بم تر می شود.

به نظر می آید همان پدیده مانند امواج صوتی برای امواج نور نیز اتفاق می افتد اگرچه تا حدی به دلایل دیگر. امواج نوری که از یک منبع دور شونده از شما ساطع می شود، یا به دلیل سرعت محلی اش در فضا یا به

[1] . Absorption Lines
[2] . Doppler Effect
[3] . Sydney Harris

دلیل تاثیر انبساط فضا، کشیده شده و در نتیجه نسبت به حالت معمولی قرمز تر دیده می شوند، زیرا رنگ قرمز بلندترین طول موج را در بین امواج مرئی داراست و همچنین موجی که از سمت منبع نزدیک شونده به شما می رسد، فشرده شده و آبی تر به نظر می رسد.

اسلیفر در سال ۱۹۱۲ مشاهده کرد که خطوط جذبی که در نور حاصل از تمامی سحابی های مارپیچی وجود دارد تقریبا به صورت سازمان یافته ای به سمت طول موجهای بلندتر جا به جا شده اند. (البته بعضی مانند آندرومدا به سمت طول موجهای کوتاهتر حرکت کرده اند). او به درستی استنباط کرد که اکثر این اجسام با سرعت قابل توجهی از ما دور می شوند.

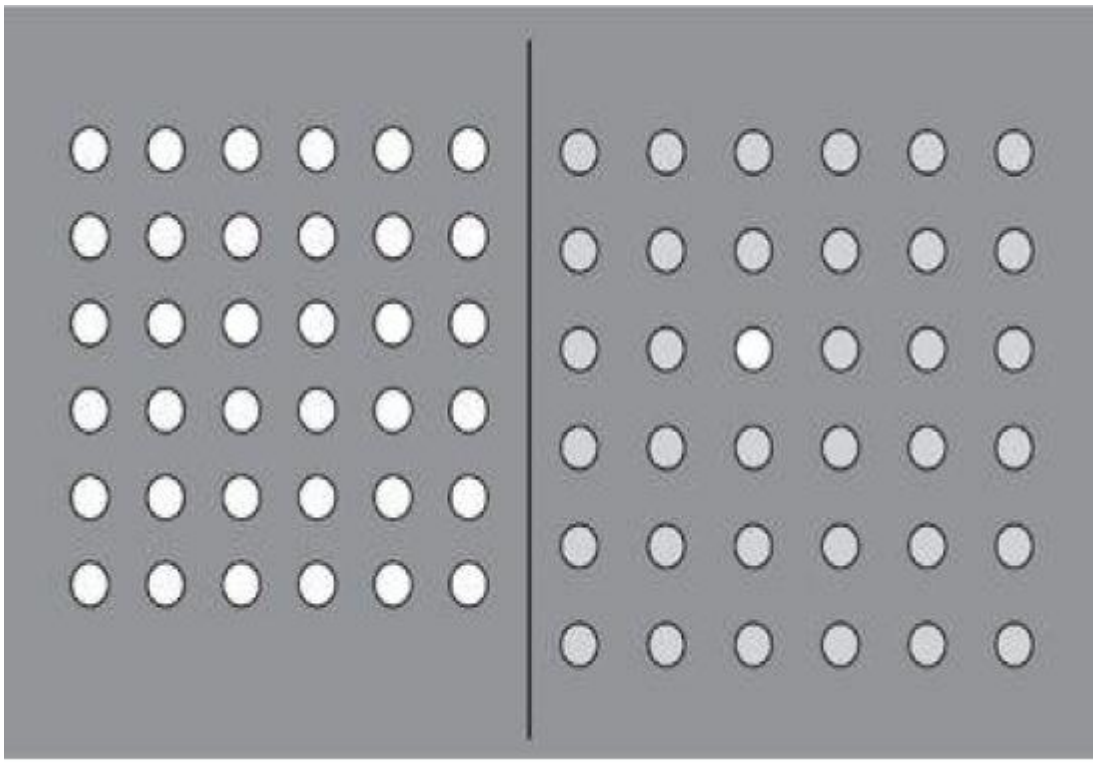
هابل توانست نتایج حاصل از مشاهده فاصله این کهکشان های مارپیچی را (که تا آن روز شناخته شده بودند) با اندازه گیری های سرعت های دور شونده ای که اسلیفر انجام داده بود مقایسه کند. در سال ۱۹۲۹ با کمک یکی از اعضای مانت ویلسون به نام میلتون هیوماسون[1] (که آنقدر نبوغ داشت که حتی بدون داشتن دیپلم دانشگاهی به استخدام مانت ویلسون در آمده بود) هابل کشف قابل توجهی را درباره رابطه تجربی ای که امروزه قانون هابل نامیده می شود اعلام کرد: میان سرعت های پس رونده و فاصله کهکشان ها رابطه خطی وجود دارد. یعنی کهکشان هایی که دورتر از ما هستند با سرعت بیشتر از ما دور می شوند.

زمانی که اولین بار این واقعیت شگفت انگیز ارائه می شد که تقریبا تمام کهکشان ها در حال دور شدن از ما هستند و آنهایی که دو برابر دورتر هستند با سرعت دو برابر بیشتر حرکت می کنند و آنهایی که سه برابر دورتر هستند با سرعت سه برابر بیشتر حرکت می کنند و به همین ترتیب، نتیجه ضمنی که به وضوح از این قانون بر می آمد این بود که : *ما در مرکز جهان هستیم!*

به گفته دوستانم، من هر از چند گاهی باید تاکید کنم که موضوع بحث ما این نیست. [مرکزیت کره زمین]. این یافته دقیقا با رابطه ای که لمایتر پیشبینی کرده بود سازگار بود. جهان ما واقعا در حال انبساط است.

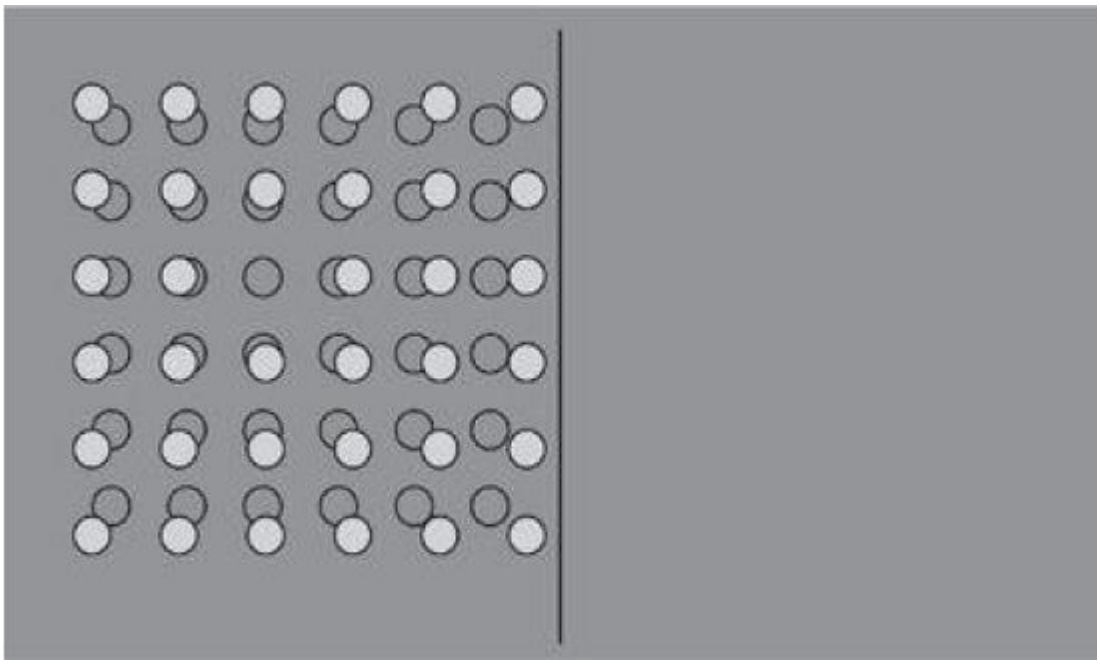
من روش های زیادی را برای توضیح این مطلب امتحان کردم و واقعا معتقدم تا زمانی که از خارج از جعبه به این قضیه نگاه نکنیم، راه بهتری نداریم- یعنی در این مورد خارج از جعبه جهان. برای اینکه بدانیم قانون هابل به چه چیزی اشاره می کند شما باید دیدگاه خود برتر بینی انسان ها و کهکشانشان را کنار گذاشته و به کل عالم از خارج از آن نگاه کنید. از آنجایی که خارج شدن از فضای سه بعدی جهان سخت است، ما از فضای دو بعدی که خارج شدن از آن ساده تر است را امتحان می کنیم. در صفحه بعد من جهان انبساطی مشابهی را در دو زمان متفاوت رسم کردم. همانطور که مشاهده می کنید، کهکشان ها در زمان دوم از همدیگر دورتر هستند.

[1] . Milton Humason



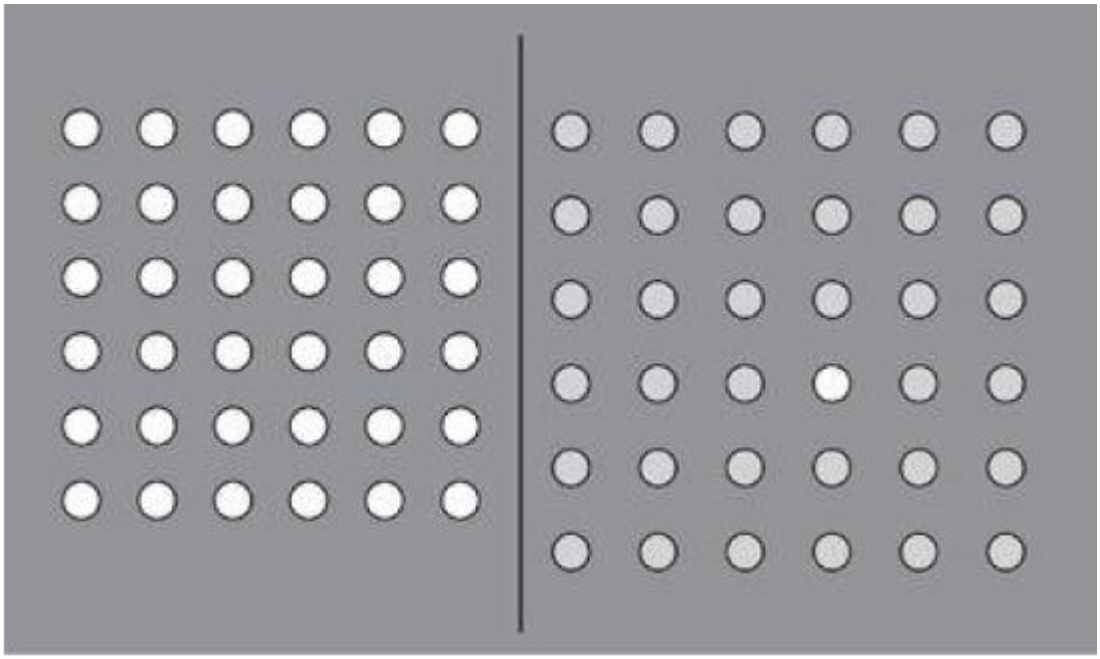
حال تصور کنید که شما در زمان t2 در یکی از کهکشان ها زندگی می کنید که من در زمان t2 آن را با رنگ سفید مشخص کردم.

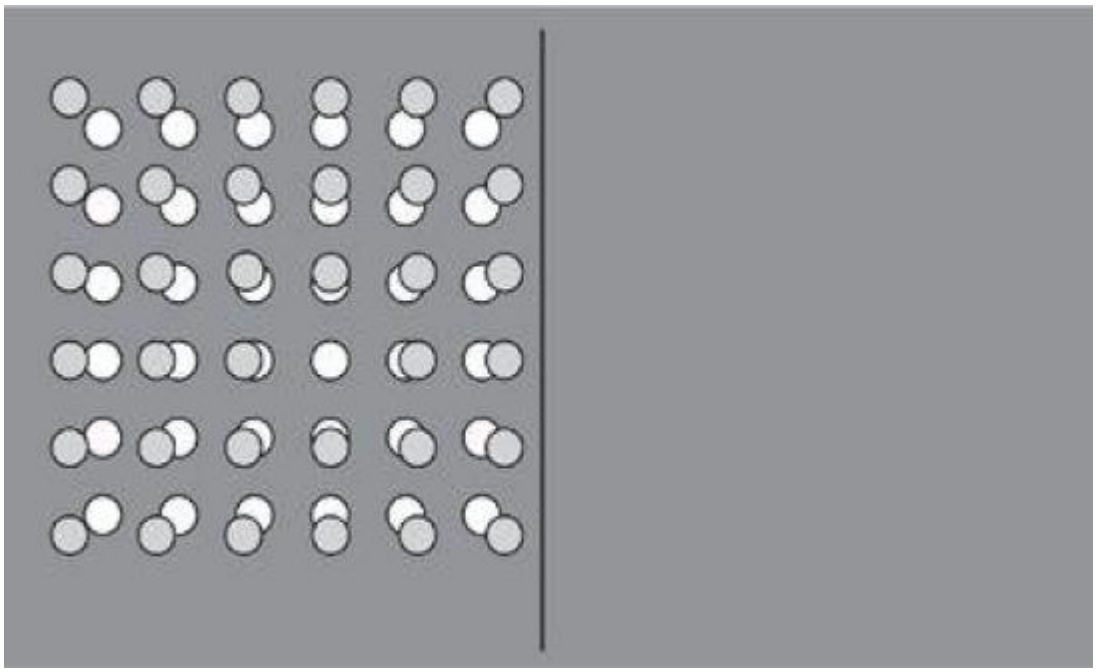
برای اینکه بدانیم از دید مرجعیت این کهکشان، تکامل جهان به چه صورت بوده است، من به سادگی عکس سمت راست را بر روی عکس سمت چپ طوری قرار دادم که کهکشان سفید رنگ روی خودش بی افتد.



نگاه کنید! از دید این کهکشان تمامی کهکشان ها در حال دور شدن هستند و آنهایی که دو برابر فاصله دارند، در همان زمان دو برابر دور شده و آنهایی که سه برابر فاصله دارند سه برابر دور شده اند و به همین ترتیب. تا زمانی که انتهایی وجود نداشته باشد، کسانی که روی کهکشان قرار دارند فکر می کنند که در مرکز انبساط قرار دارند.

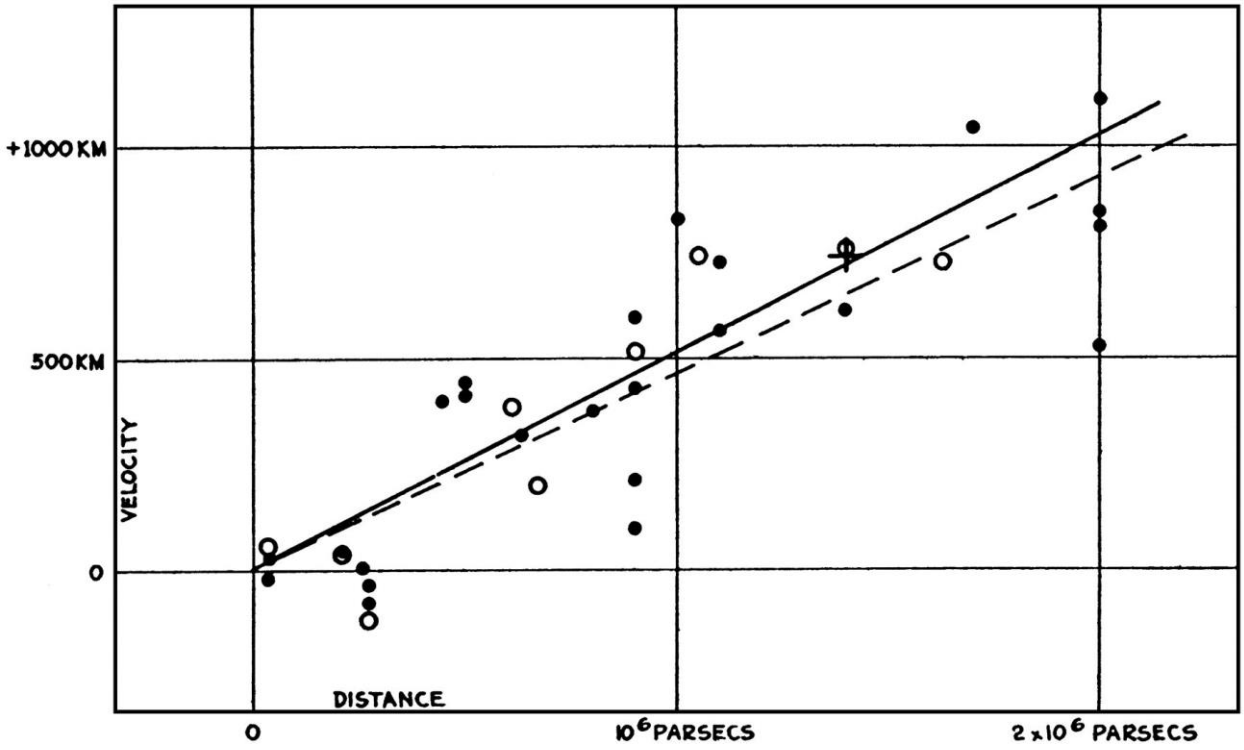
فرقی نمی کند که کدام کهکشان انتخاب شود. کهکشان دیگری انتخاب کنید و تکرار کنید :





بسته به دیدگاه شما، یا همه نقاط در مرکز قرار دارند، یا هیچ نقطه ای در مرکز قرار ندارد. اهمیتی هم ندارد؛ قانون هابل با جهانی که در حال انبساط است سازگار می باشد.

حال، زمانی که هابل و هیوماسون نتایج تحلیل خود را در سال ۱۹۲۹ اعلام کردند، آنها نه تنها یک رابطه خطی بین فاصله و سرعت پس رونده گزارش دادند، بلکه یک تخمین عددی نیز برای سرعت انبساط ارائه دادند. در زیر نتایج واقعی را که آنها ارائه دادند می بینیم:



همانطور که مشاهده می کنید، حدس هابل مبنی بر برازش یک خط راست روی داده های به دست آمده کمی همراه با خوش شانسی است. (به وضوح رابطه ای وجود دارد، اما اینکه خط راست را برای این حجم داده به عنوان بهترین برازش در نظر بگیریم کمی غیر واقعی است). عددی که آنها برای سرعت انبساط به دست آوردند که از نمودار حاصل شده بود، این را بیان می کرد که کهکشانی که یک میلیون پارسک[1] (سه میلیون سال نوری) از ما فاصله دارد - فاصله متوسط بین کهکشان ها – با سرعت ۵۰۰ کیلومتر بر ثانیه از ما دور می شود. این حدس البته توام با خوش شانسی نبود.

علت این امر به نسبتا ساده است. اگر امروز همه چیز در حال دور شدن است، در زمان های دور آنها به هم نزدیک تر بوده اند. حال اگر گرانش را به عنوان یک نیروی جاذبه در نظر بگیریم، این نیرو باید سرعت انبساط را

[1] . parsec

کاهش دهد. این به این دلیل است که کهکشانی که امروزه با سرعت ۵۰۰ کیلومتر بر ثانیه از ما دور می شود، در زمان قدیم تر، با سرعت بیشتری دور می شده است.

اگر برای لحظه ای تصور کنیم که این کهکشان همواره با همان سرعت در حال دور شدن از ما بوده است، ما می توانیم عقب تر رفته و ببینیم که چه زمانی این کهکشان در مکان کهکشان ما قرار داشته است. از آنجایی که کهکشان هایی که دو برابر فاصله دارند، با سرعت دو برابر حرکت می کنند، اگر ما آنها را نیز به عقب برگردانیم متوجه می شویم که دقیقا در همان زمانی که کهکشان قبلی در مکان ما قرار داشت این کهکشان نیز روی آن می افتد. در حقیقت کل جهان قابل رویت زمانی در یک نقطه قرار داشت، زمان انفجار بزرگ، که اگر به این روش محاسبه کنیم.

چنین تخمینی به وضوح یک کران بالا برای عمر جهان است، زیرا اگر کهکشان ها زمانی سریعتر حرکت می کردند، آنها قطعا باید زمان زودتری نسبت به روشی که در بالا محاسبه کردیم به جایی که اینک قرار دارند می رسیدند.

با توجه به این تقریب که ناشی از تحلیل هابل می باشد، انفجار بزرگ تقریبا ۱/۵ میلیارد سال قبل اتفاق افتاده است. حتی در سال ۱۹۲۹ شواهد کاملا واضح بود که زمین بیشتر از ۳ میلیارد سال عمر دارد. (به جز معتقدین به کتب مقدس در تنسی، اوهایو و تعداد دیگری از ایالتها)

خب این برای دانشمندان تاسف بار است که عمر زمین را بیشتر از عالم محاسبه کنند. مهمتر از این، این مطلب نشان می دهد که در انجام تحلیل ها اشتباهی رخ داده است.

ریشه این ابهامات این نکته ساده بود که روش محاسبه فاصله ای که هابل استفاده می کرد، از روابط قیفاووسی ها در کهکشان مااستخراج شده بود که از لحاظ ساختاری اشتباه بود. این نحوه محاسبه که از قیفاووسی های نزدیک استفاده می کرد تا قیفاووسی های دورتر را محاسبه کند، سپس به این طریق فاصله کهکشان های دیگری را محاسبه کند که در آنها قیفاووسی های دورتری رصد شده است، خطا دارد.

داستان این که چگونه بر این تاثیرات ساختاری غلبه شد بسیار طولانی و پیچیده است که در اینجا مطرح شود، و همچنین اهمیتی ندارد زیرا امروزه ما روش های بهتری برای تخمین فواصل داریم.

یکی از عکسهای مورد علاقه من که توسط تلسکوپ فضایی هابل گرفته شده است، در زیر دیده می شود:

این تصویر یک کهکشان مارپیچی در مکان بسیار بسیار دور را در زمان بسیار بسیار دوری نشان می دهد (زمان بسیار بسیار دور، به این علت که نوری که از آن کهکشان به ما می رسد زمان زیادی – بیش از ۵۰ میلیون سال – طول می کشد تا به ما برسد).

کهکشان مارپیچی مشابه تصویر، که شبیه کهکشان خود ما نیز هست، دارای حدود ۱۰۰ میلیارد ستاره می باشد. هسته نورانی درون آن احتمالا ۱۰ میلیارد ستاره دارد. دقت کنید که نقطه نورانی که در سمت چپ و پایین تصویر قرار دارد، با درخششی برابر با ۱۰ میلیارد ستاره در حال تابش است. در نگاه اول ممکن است شما با دلایل منطقی تصور کنید که این نقطه مربوط به ستاره ای بسیار نزدیک در کهکشان خود ماست که در مسیر

تصویر قرار گرفته است. اما در حقیقت این ستاره در همان فاصله کهکشان مورد نظر قرار دارد، یعنی بیش از ۵۰ میلیون سال نوری.

مسلما این یک ستاره معمولی نیست. این ستاره ای در حال فروپاشی است، ابر نو اختر[1]، یکی از به اصطلاح روشن ترین آتش بازی هایی که در جهان مشاهده می شود. زمانی که یک ستاره منفجر می شود، مدتی (تقریبا یک ماه یا بیشتر) با نوری برابر با تقریبا ۱۰ میلیارد ستاره می درخشد.

خوشبختانه، ستارگان به ندرت منفجر می شوند. تقریبا در هر کهکشان در هر صد سال، این اتفاق برای یک ستاره می افتد. البته باید خوش شانس باشیم که این اتفاق می افتد، زیرا در غیر این صورت ما نیز در اینجا نبودیم. یکی از اتفاقات شاعرانه ای که من از این جهان سراغ دارم این است که اصولا هر کدام از اتم های موجود در بدن شما روزی درون ستاره ای بودند که منفجر شده است. علاوه بر این اتم های موجود در دست چپ و راست شما هر کدام از ستاره متفاوتی آمده اند. همه ما به معنی واقعی کلمه فرزندان ستارگانیم و بدن های ما از گرد و غبار ستاره ای تشکیل یافته اند.

از کجا این را می دانیم؟خب ما می توانیم تصویر خودمان را از انفجار بزرگ تا زمانی که عمر جهان یک ثانیه است عقب ببریم و حساب کنیم که تمام مواد موجود، در پلاسمایی چگال با دمایی که احتمالا ۱۰ میلیارد درجه بوده (در مقیاس کلوین)، فشرده بوده اند. در این دما واکنشهای هسته ای به سرعت بین پروتون و نوترون اتفاق می افتند به این صورت که آنها به هم متصل شده و در ادامه طی برخوردی، از هم جدا می شوند. در طی این فرایند که جهان خنک تر می شود، ما می توانیم تخمین بزنیم که با چه تعداد دفعاتی این اجزای اولیه اتم به هم متصل شده و اتم های سنگین تر از هیدروژن را به وجود آورده اند.(یعنی هلیم، لیتیم، و به همین ترتیب).

اگر این کار را بکنیم، ما می فهمیم که ضرورتا هیچ اتمی بعد از لیتیم، سومین اتم سبک موجود در طبیعت، طی تشکیل گلوله آتشین اولیه یعنی زمان انفجار بزرگ، به وجود نیامده اند. ما اطمینان داریم که محاسباتمان درست است، زیرا پیشبینی های ما از فراوانی اتم های سبک جهان با این مشاهدات توافق کامل دارد. فراوانی این اتم های سبک- هیدروژن دوتریم (اتم سنگین ترین هیدروژن)، هلیم و لیتیم- از مرتبه ۱۰ تفاوت دارد(تقریبا ۲۵ درصد اتم پروتون ها و نوترون ها ،از لحاظ وزنی، در نهایت تبدیل به هلیم شده اند در حالی که از هر ۱۰ میلیارد نوترون و پروتون یکی شان به اتم لیتیم منجر شده است). در طول این بازه گسترده، مشاهدات و پیشبینی های نظری با هم توافق دارند.

این یکی از معروف ترین، مهمترین و موفق ترین پیش بینی هایی است که به ما می گوید انفجار بزرگ واقعا اتفاق افتاده است. تنها یک انفجار بزرگ داغ می تواند این نسبت فراوانی مشاهده شده از عناصر سبک را به

[1] . Supernova

وجود بیاورد و همزمان با انبساط جهان توافق داشته باشد. من یک کارت کوچکی در جیب عقبم همراه خود دارم که مقدار فراوانی عناصر سبک را در دو حالت تئوری و تجربی با هم مقایسه کرده است و زمانی که با کسی برخورد کنم که منکر انفجار بزرگ است، این کارت را به او نشان می دهم. البته معمولا زیاد درگیر این بحث ها نمی شوم، زیرا این داده ها کسانی را که پیشداوری می کنند قطعا در نظریه انفجار بزرگ اشتباهی وجود دارد، به ندرت تحت تاثیر قرار می دهند. بهر حال من این کارت را همراه خودم دارم و در ادامه این کتاب آن را ارائه خواهم داد.

گرچه لیتیم برای بعضی ها مهم است، اتم های سنگین تری مثل کربن، نیتروژن، اکسیژن، آهن و ... برای ما بسیار مهمتر است. اینها در انفجار بزرگ تشکیل نشده اند. تنها جایی که امکان تشکیل اینها وجود دارد درون هسته های آتشین ستارگان است و تنها راهی که امکان دارد این عناصر امروزه وارد بدن ما شوند، وقتی است که این ستارگان آنقدر مهربان باشند که منفجر شده و محصولات خود را به جهان خارج پراکنده کنند تا شاید روزی این عناصر با هم یکی شده و در سیاره آبی رنگی دور هم جمع شوند که نزدیک ستاره ای که ما خورشید می نامیم قرار بگیرند. در طول تاریخ کهکشان ما حدود ۲۰۰ میلیون ستاره منفجر شده اند. اگر برایتان خوشایند است، این ستارگان بیشمار خودشان را قربانی کردند تا روزی شما به وجود بیایید. از دید من آنها را می توانیم در رده ناجیان خود به شمار آریم.

نوع خاصی از ستاره در حال انفجار به نام ابرنواختر آی-اِی[1]، با مطالعات دقیقی در دهه ۱۹۹۰ مشاهده شد که مشخصات شگفت انگیزی دارد: با دقت بالا، این ابرنواختر های آی-اِی که به طور ذاتی نورانی تر هستند، زمان بیشتری نیز نورانی می مانند. رابطه بین این دو، که از لحاظ نظری هنوز کاملا شناخته نشده است، از لحاظ تجربی بسیار تنگاتنگ است. این به این معنی است که این ابرنواختر ها را می توان به عنوان "شمع های استاندار[2]" خوبی در نظر گرفت. یعنی این ابرنواختر ها می توانند برای مدرج کردن فواصل به کار آیند، زیرا درخشش ذاتی[3] آنها را می توان به طور قطع با محاسباتی که مستقل از فاصله آنهاست به دست آورد. اگر ما یک ابرنواختری را در یک کهکشان مشاهده کنیم - که می توانیم، زیرا بسیار درخشان هستند- با توجه به مدت زمان درخشانی آن، ما می توانیم میزان درخشندگی ذاتی آن را محاسبه کنیم. حال با محاسبه درخشندگی ظاهری[4] آن با استفاده از تلسکوپ های مان، ما می توانیم به دقت فاصله آن ابرنواختر و کهکشان میزبانش را محاسبه کنیم. سپس با محاسبه میزان تغییر طیف قرمز (انتقال به سرخ[5] یا سرخ گروی) نور ستارگان آن

[1] . Ia Supernova
[2] . Standard Candle
[3] .Intrinsic Brightness
[4] . Apparent Brightness
[5] . Red Shift

کهکشان، ما می توانیم سرعتش را محاسبه کنیم و بنابراین می توانیم فاصله و سرعت آن کهکشان را مقایسه کرده و شدت انبساط جهان را استنتاج کنیم.

تا اینجا که خوب پیش رفت، اما در صورتی که انفجار ابرنواختر ها در طول هر ۱۰۰ سال در هر کهکشان یک بار اتفاق بی افتد، چقدر احتمال دارد که ما یکی از آنها را ببینیم؟ نهایتا آخرین ابرنواختری که در کهکشان ما و از روی زمین مشاهده شده است در سال ۱۶۰۴ توسط یوهانس کپلر[1] رصد شده است! در حقیقت می گویند که ابرنواختر ها معمولا در طول زندگی اخترشناسان بزرگ دیده می شوند و کپلر مطمئنا در این جایگاه قرار می گیرد. او با یک شغل ساده تدریس ریاضیات شروع کرد و بعد ها به عنوان دستیار اختر شناسی به نام تیکو براهه[2] (که خود او نیز یک ابرنواختر قدیمی تر را در کهکشان ما رصد کرده و در عوض آن از پادشاه دانمارک یک جزیره کامل به عنوان جایزه دریافت کرد) مشغول به کار شد. با استفاده از داده های براهه در باره موقعیت سیارات در آسمان که در طی یک دهه جمع آوری شده بود، کپلر در اوایل قرن هفدهم سه قانون معروفش را درباره حرکت سیارات استخراج کرد:

۱. سیارات در مدارهای بیضوی به دور خورشید حرکت می کنند.
۲. خط واصل بین خورشید و هر سیاره در طول زمان های مساوی، مساحت های مساوی را جاروب می کند
۳. مجذور دوره گردش هر سیاره به دور خورشید با مکعب (توان ۳) محور شبه بزرگ آن ، رابطه مستقیم دارد. (محور شبه بزرگ آن یعنی نصف فاصله قطر بزرگ بیضی، یا نصف بزرگترین فاصله در درون بیضی)

این قوانین تقریبا یک قرن بعد به عنوان مبنایی برای استخراج قوانین جهانی گرانش نیوتون قرار گرفت. در کنار این سهم عملی بزرگ، کپلر با موفقیت توانست در دادگاه جادوگری، از مادرش دفاع کرده و احتمالا اولین داستان علمی تخیلی در باره سفر به ماه را نیز نوشته است.

امروزه یکی از روش های رصد ابرنواختر ها این است که فارغ التحصیلان لیسانس را برای رصد هر کهکشان در آسمان بگماریم. در هر حال اگر از دید کیهانی نگاه کنیم، ۱۰۰ سال زمان، تفاوت چندانی با مدت زمانی که برای اخذ درجه دکتری صرف می شود ندارد و همچنین فارغ التحصیلان لیسانس فراوان و ارزان هسستند. خوشبختانه ما نیاز نداریم که به این مقیاس های عجیب پناه ببریم و این یک دلیل ساده دارد: جهان، بزرگ و قدیمی است و در نتیجه حوادث نادر نیز در این عالم به وفور اتفاق می افتند.

[1] . Johannes Kepler
[2] . Tycho Brahe

شبی به جنگل یا صحرایی بروید که بتوانید ستاره ها را ببینید و دستتان را درهوا قرار دهید، طوری که با استفاده از انگشت اشاره و شصتتان یک حلقه در اندازه یک سکه ایجاد کرده اید. این حلقه را به سمت قسمت تاریک آسمان که در آن ستاره ای دیده نمی شود نشانه بگیرید. در آن قسمت کوچک تاریک، با تلسکوپ های قدرتمندی که امروزه به کار می بریم، چیزی حدود ۱۰۰۰۰۰ کهکشان دیده می شود که هر کدام میلیارد ها ستاره دارد. از آنجایی که به ازای هر صد سال در هر کهکشان یک ابرنواختر منفجر می شود، با در نظر گرفتن عدد ۱۰۰۰۰۰، شما می توانید انتظار داشته باشید که به طور متوسط در هر شب انفجار ۳ ستاره را مشاهده کنید.

اخترشناسان دقیقا همین کار را می کنند. آنها وقت تلسکوپ ها را رزور می کنند و بعضی شبها یک ستاره در حال انفجار[1]، بعضی شبها ۲ و بعضی شبها به علت ابری بودن هوا چیزی مشاهده نمی کنند. با این تفاسیر گروه های مختلفی توانسته اند ثابت هابل را با عدم قطعیت کمتر از ۱۰٪ محاسبه کنند. عدد جدید، تقریبا ۷۰ کیلومتر بر ثانیه برای کهکشان هایی است که به طور متوسط ۳ میلیون سال نوری از هم فاصله دارند، که تقریبا یک دهم مقداری است که توسط هابل و هیوماسون استخراج شده بود. [آخرین تخمین این عدد برابر با ۶۷/۸ با عدم قطعیت ۰/۷۷ کیلومتر بر ثانیه می باشد] در نتیجه ما عمر جهان را به جای ۱,۵ میلیارد سال چیزی نزدیک به ۱۳ میلیارد سال محاسبه می کنیم.

همانگونه که بعدا اشاره خواهم کرد این مقدار، در توافق کامل با مقادیر محاسبه شده مستقلی است که برای عمر پیر ترین ستاره ها در کهکشان خودمان محاسبه شده است. از براهه تا کپلر، از لمایتر تا انیشتین و هابل و از طیف ستارگان تا فراوانی عناصر سبک، ۴۰۰ سال علم مدرن توانسته است تصویر شگفت انگیز و سازگاری از جهان در حال انبساط به وجود اورد. همه چیز با هم توافق دارد. تصویر انفجار بزرگ در وضعیت خوبی به سر می برد.

[1] . Exploding Star

فصل دوم

داستان مرموز کیهان: وزن کردن جهان

واقعیت هایی موجود است که می دانیم. این ها چیز هایی هستند که می دانیم می دانیم. واقعیت های موجود است که نمی دانیم. به این معنی که چیز هایی هستند که می دانیم نمی دانیم. اما واقعیت هایی هستند که حتی از وجودشان نا آگاهیم. یعنی چیزهایی که نمی دانیم نمی دانیم.

دونالد رامسفلد[1]

با علم بر اینکه جهان آغازی دارد و این آغاز، محدود و قابل اندازه گیری از بابت زمان است، سوالی که به طور طبیعی پس از این پیش می آید این است که "چگونه این جهان به انتها می رسد؟"

در حقیقت این اصلی ترین سوالی بود که باعث شد من از محدوده خودم، یعنی فیزیک ذرات[2]، به کیهان شناسی[3] روی بیاورم. در طی دهه های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ با توجه به اندازه گیری های دقیق حرکت ستاره ها و گاز های در کهکشان ما و همچنین حرکت کهکشان ها در گروه کهکشان های بزرگ که به خوشه[4] معروف هستند، کاملا واضح بود که جهان، بسیار بزرگتر از چیزیست که با چشم یا تلسکوپ دیده می شود.

گرانش مهمترین نیرویی است که در مقیاس بزرگ کهکشان ها عمل می کند، بنابراین اندازه گیری حرکت اجرام در این مقیاس ها به ما کمک می کند تا نیروی گرانشی را که این حرکت ها را بوجود می آورند بررسی کنیم. این اندازه گیری ها با پیشگامی اخترشناس آمریکایی ورا روبین[5] و هم تیمی هایش در اوایل دهه ۱۹۷۰ آغاز شد. روبین پس از طی کردن کلاس های شبانه با درجه دکتری از دانشگاه جورج تاون فارغ التحصیل شد. در طول کلاس های شبانه اش، همسرش در ماشین منتظر او بود، زیرا رانندگی بلد نبود. او ابتدا اقدام به تحصیل در دانشگاه پرینستون کرده بود که پذیرفته نشد، زیرا این دانشگاه تا سال ۱۹۷۵ در رشته اختر شناسی[6] پذیرای بانوان نبود. روبین تا جایی پیش رفت که دومین زنی شد که مدال طلای جامعه اخترشناسی سلطنتی را از آن

[1] . Donald Rumsfeld
[2] . Particle Physics
[3] . Cosmology
[4] . Cluster
[5] . Vera Rubin
[6] . Astronomy

خود می کند. این جایزه و بسیاری از جوایز ارزشمند دیگر او، ناشی از کار بسیار مهمش در اندازه گیری سرعت چرخش کهکشان ما بود. با رصد ستارگان و گاز های داغی که از مرکز کهکشان ما دور بودند، روبین متوجه شد در صورتی که ما نیروی گرانش ناشی از اجرام قابل رویت در کهکشانمان را عامل حرکت این نواحی بدانیم، سرعت این نواحی بسیار کمتر از چیزی محاسبه می شود که مشاهدات آن را نشان می دهند. با توجه به تحقیقات او، نهایتا مشخص شد که تنها راه موجود برای توضیح این حرکات این است که ما جرم بسیار زیادی را فراتر از چیزی که از مجموع جرم ستارگان و گاز ها بدست می آید، برای کهکشانمان در نظر بگیریم.

با این حال مشکلی در این راه وجود داشت. محاسبات مشابهی که به زیبایی میزان وفور عناصر سبک را در جهان به دست می دهد (هیدروژن، هلیم و لیتیوم) نیز در باره تعداد پروتون و نوترون هایی که اجزای ماده متداول هستند و در جهان وجود دارند اطلاعاتی به ما می دهد. این به این دلیل است که مانند دستور پخت غذا – در اینجا پخت و پز اتمی – مقدار محصولات نهایی، به مقدار مواد اولیه ای که برای ساختشان استفاده شده، بستگی دارد. اگر شما مواد اولیه را دو برابر کنید، مثلا برای پخت املت به جای ۲ تخم مرغ از ۴ تخم مرغ استفاده کنید، مقدار محصول به دست آمده نیز ۲ برابر خواهد شد. اما چگالی اولیه پروتون ها و نوترون ها در جهانی که از انفجار بزرگ حاصل شده است، که توسط تطبیق با عناصر سبک یعنی هیدروژن ، هلیوم و لیتیوم بدست آمده است، دو برابر میزانی را به دست ما می دهد که از ستارگان و گاز های قابل رویت به دست می آوریم. پس آن ذرات کجا هستند؟

ساده ترین کار این است که ما روش هایی را تصور کنیم که این پروتون ها و نوترون ها را قایم کرده است (گلوله برفی، سیارات، اخترشناسان،... هیچ کدام نوری ندارند)، فیزیکدان های بسیاری پیشبینی کردند که همان میزان ماده که در اجرام نورانی وجود دارد، به همان میزان نیز در اجرام تاریک وجود دارد. اما زمانی که ما می خواهیم این "ماده تاریک" را جمع و حرکت اجرام داخل کهکشانمان را محاسبه کنیم، به این نتیجه می رسیم که نسبت کل ماده به ماده نورانی ۲ به ۱ نیست بلکه تقریبا ۱۰ به ۱ است. اگر این محاسبه اشتباه نباشد، در نتیجه ماده تاریک[1] نمی تواند از پروتون و نوترون تشکیل شده باشد. ما به تعداد کافی از این ذرات نداریم.

به عنوان یک فیزیکدان ذرات جوان و تازه کار در اوایل دهه ۱۹۸۰، مطالعه در باره امکان وجود این ماده تاریک و عجیب و غریب برای من بسیار هیجان انگیز بود. این ماده تصریح می کرد که ذرات غالب در جهان همان ذرات معروف و متداول پروتون و نوترون نیستند، بلکه احتمالا ذرات بنیادی جدیدی نیز وجود دارند؛ ذراتی که امروزه در کره زمین وجود ندارند، اما به طور مرموزی در فضای بین ستارگان در جریان هستند و به آرامی نقش خود را در تشکیل و حرکت گرانشی اجرام ایفا می کنند که ما به آن کهکشان می گوییم.

[1] . Dark Matter

حتی از این جالب تر، حداقل برای من، این بود که این قضیه، سه زمینه تحقیقاتی جدید که می تواند دیدگاه ما را از واقعیت متحول کند را پیش پا می گذارد:

۱. اگر این ذرات مانند عناصر سبکی که قبلا توضیح دادم، در طی انفجار بزرگ به وجود آمده باشند، پس ما باید بتوانیم از نظریاتی که در باره نیروی حاکم بر اندرکنش ذرات بنیادی وجود دارد استفاده کنیم (به جای استفاده از اندرکنش مرتبط با هسته که فراوانی عناصر را نشان می داد) و فراوانی ممکن این ذرات جدید و مرموز را در جهان امروزی بدست آوریم.

۲. ممکن است که بتوان کل میزان ماده تاریک جهان را با توجه به نظریات موجود در فیزیک ذرات محاسبه کنیم، یا ممکن است بتوانیم آزمایشاتی برای شناسایی ماده تاریک ارائه کنیم – که در هر دو حالت میزان کل ماده تاریک را به دست خواهیم آورد و به تبع آن مشخصات و مختصات جهانمان را خواهیم فهمید. وظیفه فیزیک این نیست که ما از خودمان چیزهایی که نمی بینیم اختراع کنیم تا چیزهایی که می بینیم را توجیه کنیم، بلکه ما باید روشی بیابیم که چیزهایی که نمی بینیم را ببینیم ، یعنی دیدن چیزی که قبلا نامرئی بوده، یعنی دانستن واقعیت هایی که می دانیم وجود دارند ولی نمی دانیم چه هستند. هر ذره بنیادی جدیدی که برای ماده تاریک داوطلب می شود، آزمایشات جدیدی را برای کشف این ماده که در حال رژه رفتن در میان کهکشان است، پیشنهاد میکند و شناسایی این ماده باعث ساخت تجهیزاتی بر روی کره زمینی می شود که خود مانعی برای حرکت ماده تاریک در فضاست. به جای استفاده از تلسکوپ برای جستجوی اجرام دوردست، اگر مواد تاریک مانند خوشه های پراکنده ای در کل کهکشان در حال حرکت باشند، هم اکنون در کنار ما قرار دارند و تجهیزات زمینی ممکن است وجود آنها را آشکار کنند.

۳. اگر ما بتوانیم ماهیت ماده تاریک را بفهمیم، و همچنین مقدار آن را، ما می توانیم بفهمیم که جهان چگونه به پایان خواهد رسید.

این امکان آخر به نظر بسیار هیجان انگیزتر از بقیه می آید، بنابراین من با همین شروع می کنم. در حقیقت من به این دلیل وارد کیهان شناسی شدم که اولین کسی باشم که بدانم جهان چگونه به پایان خواهد رسید.

در حال حاظر این به نظر ایده خوبی می آید.

زمانی که انیشتین نظریه نسبیت عام خود را تدوین کرد، در قلب آن این امکان وجود داشت که فضا در حضور ماده یا انرژی خم شود. زمانی که دو گروه از منجمین که برای رصد یک خورشید گرفتگی در سال ۱۹۱۹ اعزام شده بودند، متوجه انحنای نور ستارگان در اطراف خورشید شدند که زاویه این انحنا دقیقا با محاسباتی که از روابط انیشتین برای انحنای ناشی از جرم در فضا به دست می آمد، یکسان بود که باعث شد این ایده [انحنای

فضا ناشی از جرم] از حالت یک تفکر محض خارج شود. انیشتین به طرز ناگهانی مشهور و بنام شد. (خیلی ها فکر می کنند که رابطه $E=mc^2$ انیشتین را مشهور کرد، اما این رابطه مربوط به ۱۵ سال قبلتر از این اتفاق بود و عامل شهرت انیشتین نشده بود)

حال اگر فضا به صورت بالقوه ای منحنی است، ناگهان هندسه کل عالم بسیار جذاب تر می شود. با توجه به میزان کل ماده موجود در جهان ما، این جهان می تواند از لحاظ هندسی به یکی از سه حالت باز[۱]، بسته[۲] و مسطح[۳] باشد.

مواجه شدن با این موضوع که یک جهان سه بعدی منحنی به چه صورت می تواند باشد کمی دشوار است. از آنجایی که ما موجودات ۳ بعدی هستیم، ما نمی توانیم به سادگی و مستقیما یک فضای سه بعدی منحنی را درک کنیم. دقیقا همانند شخصیت های دو بعدی کتاب معروف سرزمین مسطح[۴] که تلاش می کردند تصور کنند اگر جهانشان مانند سطح کره منحنی باشد از دید ناظر سه بعدی چگونه به نظر خواهد رسید. علاوه بر این اگر این انحنا بسیار جزئی باشد، سخت است که بتوان آن را به طور محسوسی در زندگی روزمره درک کرد، دقیقا مشابه با قرون وسطی که بسیاری از مردم تصور می کردند جهان مسطح است زیرا از دید آنها مسطح به نظر می رسید.

تصور جهان های سه بعدی منحنی مشکل است – یک جهان بسته، شبیه به یک کره سه بعدی است که اندکی ترسناک به نظر می رسد- اما جنبه هایی از آن را می توان به آسانی تشریح کرد. اگر شما در یک جهان بسته در یک مسیر به دوردست خود نگاه کنید شما می توانید پشت سر خود را ببینید.

اگرچه بحث درباره این هندسه های عجیب به نظر جذاب می آید، در عمل نتایج مهمتری از وجود این فضا ها به دست می آید. نسبیت عام به وضوح به ما می گوید که جهان بسته ای که چگالی انرژی آن تحت تاثیر ستارگان و کهکشان ها و حتی ماده تاریک مرموز قرار می گیرد، روزی باید به درون خود فرو بریزد، مانند فرایند انفجار بزرگ اما برعکس. به دلخواه می توان آن را فروپاشی بزرگ (مِه رُمب[۵]) نام گذاری کرد. جهان باز با سرعت محدودی تا ابد منبسط خواهد شد و جهان مسطح به مرز انبساط خود رسیده و از سرعت انبساطش کاسته می شود اما به صفر نمی رسد.

[1] . Open
[2] . Closed
[3] . Flat
[4] . Flatland
[5] . Big Crunch

محاسبه میزان ماده تاریک و به تبع آن کل چگالی ماده در جهان می تواند پاسخی به سوال قدیمی ما بدهد(حداقل قدیمی در حد تی اس الیوت[1]) : جهان با انفجار به کار خود خاتمه می دهد یا با ناله و زاری؟ قصه یافتن میزان کل ماده تاریک در جهان، حداقل به نیم قرن گذشته بر می گردد و می توان یک کتاب کامل درباره اش نوشت که البته من این کار را در کتاب جوهر پنجم[2] انجام داده ام. با این حال در این مورد همانطور که من نشان خواهم داد(هم با کلمات هم با تصویر) ، این حقیقت که یک تصویر گویا تر از هزاران یا صدها هزار کلمه است، کاملا درست است.

بزرگترین اجرامی که تحت تاثیر گرانش در مرز های جهان قرار دارند ابر خوشه[3] نام گذاری شده اند. این اجرام می توانند شامل هزاران کهکشان مستقل یا بیشتر باشند و می توانند در پهنایی به وسعت ده ها میلیون سال نوری کشیده شوند. اکثر کهکشان ها در این ابر خوشه ها قرار دارند و در حقیقت کهکشان خودمان نیز درون ابر خوشه سنبله[4] قرار دارد که مرکزش حدود ۶۰ میلیون سال نوری از ما قرار دارد.

از آنجایی که ابر خوشه ها بسیار بزرگ و دارای جرم زیاد هستند، هر چیزی که در فضا رها شود وارد یکی از خوشه ها می شود. بنابراین اگر ما بتوانیم جرم ابر خوشه های کهکشانی را محاسبه کنیم و متعاقب آن کل چگالی آن ابر خوشه را تخمین بزنیم، در آن صورت می توانیم جرم کل جهان را که شامل ماده تاریک نیز می شود محاسبه کنیم. سپس با استفاده از معادلات نسبیت عام ما می توانیم بدانیم که آیا ماده به اندازه کافی وجود دارد که جهان ما را ببندد یا نه.

تا اینجا که خوب پیش رفت اما ما چگونه جرم اشیایی که ده ها میلیون سال نوری وسعت دارند را محاسبه کنیم؟ به سادگی. از گرانش کمک می گیریم.

در سال ۱۹۳۶ آلبرت انیشتین با اصرار اخترشناس آماتوری به نام رودی مندل مقاله کوتاهی را در نشریه ساینس[5] با عنوان "عملکرد لنز مانند یک ستاره توسط انحراف نور در میدان گرانشی[6] " به چاپ رساند. در این نوشته کوتاه انیشتین این واقعیت شگفت انگیز را تشریح کرد که خود فضا می تواند به مانند یک لنز عمل کرده و نور را خم کرده یا بزرگنمایی کند، مشابه لنز های عینک مطالعه من.

در آن زمان یعنی سال ۱۹۳۶ اوضاع دلپذیر تر و صمیمی تر بود و جالب است که بدانید انیشتین با اینکه مقاله را در نشریه علمی شاخصی به چاپ می رساند اما به صورت غیر رسمی مطلب را شروع کرد: "چند وقت

[1] . T.S. Eliot
[2] . Quint Essence
[3] . Supercluster
[4] . Virgo
[5] . Science
[6] . Lens-Like Action of a Star by the Deviation of Light in the Gravitational Field

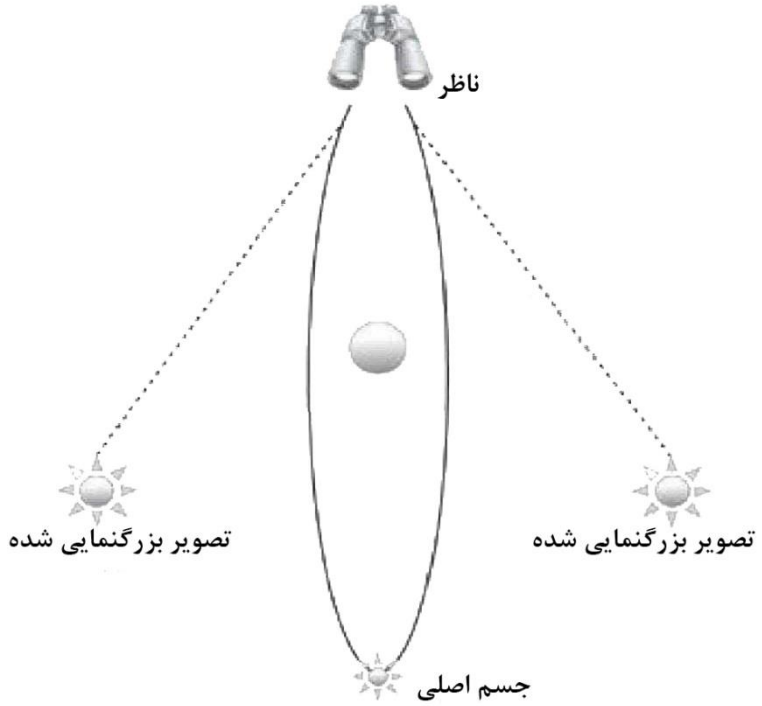
پیش آر.دبلیو. مندل[1] سری به من زد و از من خواست که نتایج محاسبات مختصری که به درخواست او انجام داده بودم را به چاپ برسانم. این متن در راستای موافقت با درخواست او بوده است"

احتمالا این غیر رسمیت ناشی از خود او بود زیرا او انیشتین بود، اما من دوست دارم فرض کنم که علت این امر فضای موجود در آن دوره بود که لزومی نداشت نتایج علمی همواره در قالب ادبیات خاصی ارائه شده و از ادبیات محاوره ای به دور باشد.

به هر حال این واقعیت که در صورت انحنای فضا ناشی از وجود ماده، نور مسیر منحنی را طی می کند، اولین پیشبینی مهم حاصل از نسبیت عام بود و این کشف باعث شهرت جهانی انیشتین شد که قبلا اشاره کردم. بنابراین آنچنان هم عجیب نیست (همانطور که به تازگی کشف شده است) که در سال ۱۹۱۲ قبل از اینکه انیشتین حتی نظریه نسبیت عامش را کامل کند - به موازات تلاش برای یافتن پدیده های قابل رویتی که اختر شناسان را برای آزمایش ایده اش قانع کند - او محاسباتی را انجام داد که کاملا مشابه با ایده ایست که در سال ۱۹۳۶ به درخواست آقای مندل به چاپ رساند. احتمالا به دلیل اینکه او در سال ۱۹۱۲ به نتایج مشابهی رسیده بود او در مقاله ۱۹۳۶ اش ذکر کرده است که " شانس زیادی برای مشاهده این پدیده وجود ندارد" و او هیچ وقت حاضر به این نشده بود که این ایده را به چاپ برساند. در حقیقت پس از بررسی دست نوشته هایش در هر دو دوره، ما نمی توانیم با اطمینان بگوییم که او حتی در دوره دوم محاسباتی را که ۲۴ سال پیش انجام داده بود به خاطر داشت.

چیزی که انیشتین در هر دو بار فهمیده بود این بود که انحنای نور در میدان گرانشی به این معنی است که اگر ما شیء روشنی را در نظر بگیریم که در پشت یک جرمی که گسترده شده است قرار بگیرد، امواج نوری که از آن شیء به جهت های مختلف پراکنده می شود، می توانند در اطراف جرم گسترده شده حائل خم شده و دوباره همگرا گردند، همانطور که این اتفاق هنگام عبور از یک لنز معمولی می افتد و یا باعث بزرگنمایی شیء شده یا تصاویر مختلفی از شیء اصلی تشکیل می دهد که بعضی از آنها ممکن است کج به نظر آیند. (شکل زیر را ببینید)

[1] . R.W Mandl



زمانی که او پیشبینیِ اثر لنز مانند ستاره ای که پشت ستاره دیگر قرار می گیرد را محاسبه کرد، این اثر آنقدر کوچک بود که تقریبا غیر قابل اندازه گیری به حساب می آمد که منجر به بیان این توضیح شد که مشاهده این پدیده ظاهرا امکان پذیر نیست. در نتیجه انیشتین تصور کرد که این مقاله اش ارزش کاربردی کمی دارد. همین طور او در نامه ای که برای ویراستار نشریه ساینس در آن زمان فرستاد گفت : باید از شما نیز بخاطر همکاری در چاپ این مطلب مختصر که آقای مندل از من درخواست کرده بود، تشکر کنم. ارزش این مطلب کم است اما دوست من را خوشحال می کند"

انیشتین اختر شناس نبود، اما این اثر که او آن را پیشبینی کرده بود نه تنها قابل اندازه گیری بود بلکه کاربردی نیز بود. کاربردش در اینجاست که ما این اثر را در مشاهده اجرام دور تر و سیستم های بزرگتر مانند کهکشان ها یا حتی خوشه های کهکشانی به کار ببریم نه برای اثر ستاره بر روی ستاره. چند ماه پس از انتشار مقاله انیشتین، اخترشناس زبده دانشگاه کلتک، فریتز زویکی[1]، مقاله ای را در نشریه "دوره فیزیک[2] " چاپ کرد که در آن کاربرد و توانایی محاسبه دقیق این اثر را توضیح داده بود.(و غیر مستقیم انیشتین را مورد نکوهش قرار داده بود که چرا اینقدر این اثر را بی اهمیت تلقی کرده و چرا به جای ستاره ها، کهکشان ها را در نظر نگرفته است.)

[1] . Fritz Zwicky
[2] . Physical Review

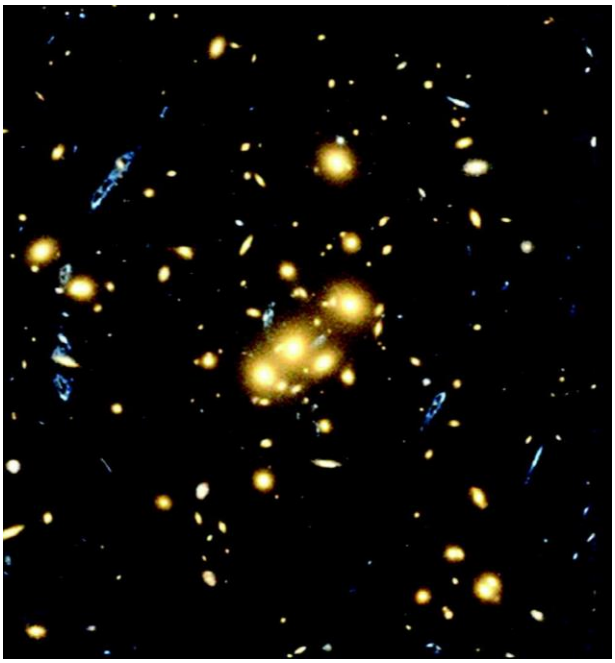
زویکی شخصیتی عصبی بود و بسیار فراتر از زمان خود بود. او در سال ۱۹۳۳ حرکت نسبی کهکشان ها را در خوشه کما[1] با استفاده از قوانین حرکت نیوتون تحلیل کرده بود و به این نتیجه رسیده بود که کهکشان ها با سرعتی که در حال حرکت هستند باید از هم پاشیده شوند و خوشه را به هم بریزند مگر اینکه جرم بسیار زیادی بیش از ۱۰۰ برابر ستاره های موجود در آنها در خوشه موجود باشد. بنابراین بهتر است که او را به عنوان شخصیتی بدانیم که ماده تاریک را کشف کرد، گرچه استنباط او آنقدر قابل توجه بود که بسیاری از اختر شناسان معتقد بودند باید توجیهی برای این نتایج وجود داشته باشد که زیاد عجیب نباشد.

مقاله تک صفحه ای زویکی که در سال ۱۹۳۷ ارائه داد نیز جالب توجه است. او سه پیشنهاد متفاوت برای استفاده از همگرایی گرانشی[2] [تاثیر گرانش بر نور] پیشنهاد داد : (۱) امتحان نسبیت عام (۲) به کار گیری کهکشان هایی که حائل شده اند به عنوان تلسکوپی برای بزرگنمایی اجرام دوردست که از دید تلسکوپ های روی زمین مخفی هستند، و از همه مهمتر (۳) برطرف کردن این ابهام که چرا خوشه ها جرمشان بیشتر از چیزیست که از محاسبه ماده مرئی به دست می آید: " بررسی شکست نور در اطراف سحابی ها می تواند به عنوان مستقیم ترین روشی برای تعیین جرم سحابی ها استفاده شود و اختلافی که در بالا مطرح شد را حل کند"

مقاله زویکی اکنون ۷۴ سال عمر دارد اما مطالبش به مانند پیشنهادِ علمیِ مدرنی به نظر می رسد که برای تحقیق در کیهان از همگرایی گرانشی استفاده می کند. در حقیقت هر پیشنهادی که او داده بود انجام شد و آخرین پیشنهادش از همه مهمتر است. همگرایی گرانشی اختروش[3] های دوردست توسط کهکشان ها برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ مشاهده شد و در ۱۹۹۸، ۶۱ سال پس از پیشنهاد زویکی برای محاسبه جرم سحابی ها توسط همگرایی گرانشی، جرم یک خوشه بزرگ توسط این اثر تعیین شد.

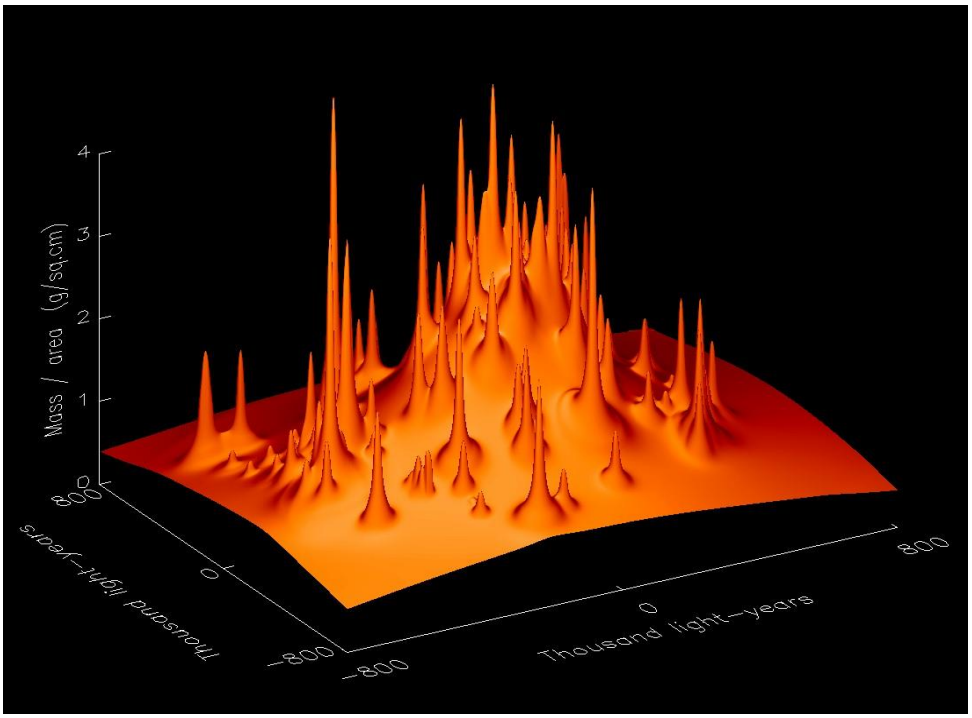
در همان سال فیزیکدانی به نام تونی تایسون[4] و همکارانش در آزمایشگاه بل[5] که اکنون از کار ایستاده است (و زمانی جزو معتبرین آزمایشگاه های علمی به حساب می آمد و کشف تابش زمینه کیهانی[6] در آنجا اتفاق افتاده است) خوشه ای بزرگ را در دوردست مشاهده کردند و آن را CL 0024+1654 نامگذاری کردند که این خوشه حدود ۵ میلیارد سال نوری از ما فاصله دارد. در این تصویر زیبا از تلسکوپ فضایی هابل یک مثال تماشایی از تصاویر چندگانه یک کهکشان که ۵ میلیارد سال نوری پشت سر خوشه مورد نظر وجود دارد دیده می شود که به شدت کج و کشیده شده اند و در میان سایر کهکشان هایی که مدور هستند قابل تشخیص هستند.

[1] . Coma
[2] . Gravitational Lensing
[3] . Quasar
[4] . Tony Tyson
[5] . Bell Laboratories
[6] . Cosmic Microwave Background Radiation (CMBR)



نگاه به این تصویر انگیزه ای برای تخیل ایجاد می کند. اولا اینکه هر نقطه ای در این تصویر یک کهکشان است نه یک ستاره. هر کهکشان شاید دارای ۱۰۰ میلیارد ستاره است که در میان آنها احتمالا صدها میلیارد سیاره وجود دارد و احتمالا تمدن هایی که ما مدتهای مدید است از آنها بی خبریم. به این دلیل از واژه مدتهای مدید استفاده می کنم که این تصویر مربوط به ۵ میلیارد سال قبل می شود. نور مربوط به این تصویر ۵۰۰ میلیون سال قبل از تشکیل خورشید و کره زمین، از این کهکشان تابیده شده است. بسیاری از ستارگان موجود در این تصویر دیگر وجود ندارند و انرژی اتمی شان را میلیون ها سال پیش به اتمام رسانده اند. فراتر از آن، تصاویر کج و منحرف شده نشان می دهد بحثی که زویکی مطرح کرد امکان پذیر است. تصاویری که در سمت چپ تصویر بسیار انحراف یافته اند [به رنگ آبی] ، تصاویر بزرگنمایی شده (و کشیده شده) از کهکشانی هستند که احتمالا در غیر این صورت هرگز دیده نمی شده است.

عقب گرد از این تصویر برای تعیین توزیع جرم در آن خوشه یک فرایند دشوار و نیازمند ریاضیات بسیار پیچیده ایست. برای انجام این کار تایسون اقدام به ساخت مدلی کامپیوتری از خوشه کرده و تشعشعاتی که از منبع به سمت خوشه در تمامی جهات ممکن منتشر می شود را مسیر یابی کرد و با استفاده از قوانین نسبیت عام تا جایی مسیر های مناسب را تعیین کرد که منطبق با مشاهدات محققان باشد. پس از اتمام این فعالیت ها تایسون و همکارانش تصویری را بدست آوردند که به دقت نحوه توزیع جرم را در این سیستم نشان می داد.



چیز عجیبی در این تصویر وجود دارد. نقاط نوک تیز در تصویر نشان دهنده موقعیت کهکشان های قابل رویت در عکس اصلی است اما بسیاری از جرم موجود در سیستم، به صورت هموار و تاریک در بین کهکشان ها گسترده شده است. در حقیقت جرمی بیش از۴۰ برابر جرم اشیای مرئی موجود در سیستم، در میان کهکشان ها پراکنده شده است(۳۰۰ برابر جرم موجود در ستاره ها به همراه باقی مواد مرئی که در گاز های داغ به دورشان محصور شده اند). ماده تاریک محدود به کهکشان ها نیست، بلکه بر چگالی خوشه های کهکشان ها نیز حکمرانی می کند.

فیزیکدانان ذرات، مثل خودم تعجبی نکردیم از اینکه ماده تاریک در خوشه ها نیز موجود باشد. گرچه ما هیچگونه شواهد مستقیمی در دست نداشتیم، امیدوار بودیم که مقدار ماده تاریک به حدی باشد که جهانی مسطح را نتیجه دهد که به این معنی است که باید بیش از ۱۰۰ برابر ماده مرئی موجود در جهان باید ماده تاریک داشته باشیم.

علت مشخص است: یک جهان مسطح زیباترین جهان از لحاظ ریاضیات است. چرا؟ منتظر باشید.

چه میزانِ ماده تاریک برای تشکیل یک جهان مسطح کافی باشد چه نباشد، مشاهداتی به مانند این که توسط همگرایی گرانشی صورت پذیرفته اند (این توضیح را اضافه کنم که همگرایی گرانشی ناشی از انحنای محلی فضا حول اجسام سنگین است؛ مسطح بودن جهان مربوط به متوسط انحنای کلی فضاست که ناهمواری های موجود حول اجسام سنگین صرفنظر می شود) و مشاهدات دیگری که در زمینه های دیگر اختر شناسی به

ثبت رسیده اند، تایید می کنند که مقدار کل ماده تاریک در کهکشان ها و خوشه ها بسیار بیشتر از چیزی است که محاسبات فرایند هسته زایی مه بانگ[1]، به دست ما می دهد. ما امروزه تقریبا مطمئنیم که ماده تاریک – که من دوباره تاکید می کنم که وجودش در زمینه های مختلفی از علم اختر فیزیک در کهکشان ها و خوشه های کهکشانی تایید شده است – باید از چیزی تشکیل شده باشد که کاملا برای ما جدید است، چیزی که به طور متداول بر روز کره زمین وجود ندارد [یافت نمی شود] . این نوع ماده که از جنس ستاره ها نیست، از جنس زمین هم نیست. اما به هر حال یک چیزی است !

نتایج اولیه ای که درباره وجود ماده تاریک در کهکشان ما بدست آمد زمینه جدیدی را در فیزیک تجربی پدید آورد که مفتخرم بگویم خودم نیز در پیشرفت آن نقش داشتم. همانطور که قبلا اشاره کردم، ذرات ماده تاریک در اطراف ما وجود دارند؛ در اتاقی که من در حال تایپ هستم و همینطور در فضای خارج از زمین. از این رو ما می توانیم آزمایشاتی را برای یافتن ماده تاریک و برای یافتن ذرات بنیادی جدیدی که آن را تشکیل داده اند طراحی کنیم. این قبیل آزمایشات در معادن و تونل های عمیق در حال انجام هستند. چرا زیر زمین؟ زیرا بر روی زمین ما به طور مرتب توسط تشعشعات کیهانی ناشی از خورشید و سایر اجرام دوردست بمباران میشویم. از آنجایی که ماده تاریک به خاطر ماهیتش از لحاظ الکترومغناطیسی فعال نیست که نور تولید کند، ما فرض می کنیم که اندرکنش آن با مواد معمولی آنقدر ناچیز است که به سختی قابل شناسایی است. حتی اگر ما روزانه با میلیون ها ذره ماده تاریک بمباران می شدیم، اکثر آنها از درون ما و زمین عبور می کردند بدون اینکه متوجه ما شوند- و بدون اینکه ما متوجه آنها شویم. بنابراین اگر شما بخواهید که اثرات ناچیز این اندرکنش بین ذرات ماده تاریک و اتم های مواد را کشف کنید، باید خود را برای ثبت وقایع بسیار نادر و غیر معمول آماده کنید. در صورتی که این کار به طور کلی امکانپذیر باشد، تنها در درون زمین است که شما به حد کافی می توانید از تشعشعات کیهانی دور شوید.

در طی اینکه من این کتاب را می نویسم یک احتمال بسیار هیجان انگیز در حال پیشرفت است. برخورد دهنده هادرونی بزرگ[2] که در بیرون ژنو در سوییس قرار دارد و بزرگترین و قدرتمند ترین شتابدهنده ذرات است، به تازگی شروع به کار کرده است. ما دلایل زیادی داریم که قبول کنیم در انرژی های بالا که پروتون ها درون دستگاه با هم برخورد می کنند، شرایطی شبیه به شرایط اولیه جهان اگرچه در محدوده های بسیار کوچک بوجود می آید. در این محدوده ها ممکن است اندرکنش های مشابهی که در لحظات اولیه جهان ماده تاریک را تولید کرده است، اتفاق افتاده و بتوانیم ذرات مشابهی را در آزمایشگاه تولید کنیم. بنابراین رقابت فشرده ای در حال انجام است. چه کسی می تواند ذرات ماده تاریک را زودتر کشف کند: آزمایش کنندگان در

[1] .Big Bang
[2] . Large Hadron Collider

اعماق زمین، یا آزمایش کنندگان در برخورد دهنده هادرونی بزرگ؟ [در تاریخ ۴ جولای ۲۰۱۲ پژوهشگران CERN اعلام کردند که بوزون هیگز[1] که وجودش در سال ۱۹۶۴ توسط پیتر هیگز[2] پیشنهاد شده بود را کشف کرده و مدل استاندارد فیزیک را تکمیل کردند]خوبی ماجرا این است که هر کدام از این دو گروه برنده شوند، بازنده ای در کار نداریم. با دانستن اینکه حالت نهایی ماده چیست همه برنده می شویم. اگر چه اندازه گیری های اختر فیزیکی که قبل توضیح دادم ماهیت ماده تاریک را آشکار نمی کند، این محاسبات به ما می گوید که چقدر از این ماده وجود دارد. آخرین تعیین مستقیم میزان کل ماده در جهان از نتایج آزمایش همگرایی گرانشی زیبایی شبیه به همان که قبلا توضیح دادم توام با مشاهده اشعه ایکس که از خوشه ها ساطع می شد به دست آمده است. تخمین مستقل جرم کل خوشه ها امکان پذیر است زیرا دمای گاز موجود در خوشه ها که اشعه ایکس تولید می کنند بستگی به کل جرم آن سیستمی دارد که از آن ساطع می شوند. نتایج شگفت انگیز و همانطور که قبلا گفتم برای بسیاری از دانشمندان تاسف بار بود. زمانی که آزمایش به اتمام رسید کل جرم درون و بیرون کهکشان ها و خوشه ها تنها برابر با ۳۰ درصد میزان لازم برای تشکیل جهان مسطح به دست آمد (دقت کنید که این مقدار حدودا ۴۰ برابر جرمی است که قابت رویت است، یعنی اجسام مرئی تنها ۱٪ جرم مورد نیاز برای وقوع جهان مسطح را تشکیل می دهند).

اگر انیشتین می دانست که "مقاله مختصرش" بسیار فراتر از یک نوشته بلا استفاده است، بسیار ذوق زده می شد. به انضمام ابزار های آزمایشگاهی که پنجره های جدیدی را رو به کیهان باز کرد و پیشرفت های نظری جدید که می تواند او را خوشحال کند و کشف ماده تاریک که می تواند فشار خون او را بالا ببرد، گام کوچک انیشتین روی فضای منحنی[3] نهایتا به یک جهش بزرگ منجر شد. تا اوایل دهه ۱۹۹۰ هدف نهایی و مقدس کیهان شناسی ظاهرا کسب شده بود. مشاهدات ثابت می کرد که ما در یک جهان باز زندگی می کنیم که تا ابد انبساط خواهد یافت. اما آیا این پایان کار بود؟

[1] . Higgs Boson
[2] . Peter Higgs
[3] . Curved Space

فصل سوم

نوری از آغاز زمان

همانطور که در گذشته بود، اکنون نیز هست و همواره خواهد بود

گلوریا پاتری[1]

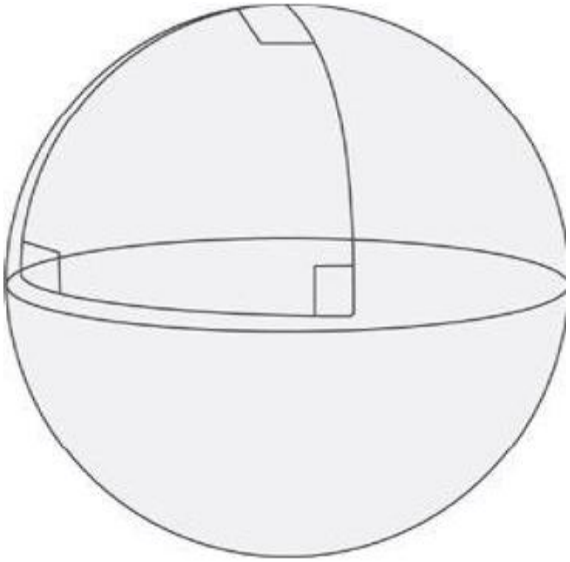
اگر در این باره فکر کنید، می فهمید که تلاش برای محاسبه انحنای خالص جهان با اندازه گیری تمامی جرم موجود در آن و استفاده از معادلات نسبیت عام و حرکت در جهت معکوس، به طور بالقوه دارای مشکلات زیادی است.

مسلما شما تعجب می کنید از اینکه ماده چطور می تواند طوری خود را پنهان کند که نتوان آن را یافت. برای مثال ما تنها درچنین سیستم هایی و با استفاده از دینامیک گرانشی سیستم های مرئی مانند کهکشان ها و خوشه ها می توانیم درباره وجود مواد تحقیق کنیم. اگر جرم زیادی در جای دیگری قرار داشت، ما به آن دسترسی نداشتیم. بهتر بود که می توانستیم هندسه کل جهان مرئی را به طور مستقیم اندازه گیری کنیم.

اما شما چگونه می توانید هندسه سه بعدی جهان مرئی را به طور مستقیم بسنجید؟ راحت تر این است که با یک سوال ساده شروع کنیم: چگونه شما می توانید بدون اینکه زمین را دور بزنید یا با یک ماهواره از بالا نگاه کنید، بفهمید که جسمی دو بعدی مانند سطح کره زمین خمیده است؟

ابتدا باید از یک دانش آموز دبیرستانی بپرسیم، مجموع زوایای مثلث چقدر است؟ (با این حال دبیرستان را به دقت انتخاب کنید، دبیرستان های اروپایی گزینه بهتری هستند.)شما باید بشنوید ۱۸۰ درجه، زیرا بدون شک آن دانش آموز هندسه اقلیدسی – هندسه ای که مرتبط با صفحه صاف است - را فرا گرفته است. بر روی یک سطح دو بعدی خمیده مثل کره، می توانید مثلثی بکشید که مجموع زوایایش بسیار بیش از ۱۸۰ درجه باشد. برای مثال فرض کنید خطی به موازات استوا رسم کنیم، سپس خطی عمود بر آن را تا قطب شمال ادامه می دهیم و خط عمود سومی را از قطب شمال رسم می کنیم تا دوباره به استوا برسد، مانند شکل زیر. سه ضربدر ۹۰ می شود ۲۷۰ که بسیار بیش از ۱۸۰ درجه است. دیدید!

[1] . Gloria Patri



به نظر می آید که این تصور دو بعدی را مستقیما و دقیقا می توان به سه بعد تعمیم داد، زیرا ریاضیدانانی که در ابتدا هندسه غیر صاف یا غیر اقلیدسی را مطرح کردند، فهمیدند که همین احتمال برای فضای سه بعدی نیز وجود دارد. در حقیقت معروفترین ریاضیدان قرن نوزدهم، کارل فردریک گاوس[۱]، از اینکه ممکن است جهان ما انحنا داشته باشد بسیار شگفت زده شده بود. او داده هایی را در دهه های ۱۸۲۰ و ۱۸۳۰ از نقشه های ژئودزیک استخراج کرد تا بتواند مثلث بزرگی را بین نوک قله سه کوه آلمانی هوهر هاگن[۲]، اینسلبرگ[۳] و بروکن[۴] بررسی کند و ببیند که آیا می تواند انحنای فضا را محاسبه کند. مسلما این واقعیت که کوه ها بر روی سطح خمیده زمین قرار دارند به این معنی است که سطح دو بعدی خمیده زمین قطعا بر روی تحقیقی که او بر روی فضای سه بعدی پشت صحنه انجام می داد، تاثیر می گذاشت، که البته او باید این را می دانست. من تصور می کنم او قصد داشت در نتایج نهایی خود این اثرات را از بین ببرد تا ببیند آیا انحنایی برای اختصاص به فضای پشت زمینه باقی می ماند یا نه.

اولین کسی که اقدام به محاسبه انحنای فضا کرد قطعا ریاضیدان نام آشنای روسی به نام نیکولای ایوانوویچ لوباچفسکی[۵] بود. برخلاف گاوس، لوباچفسکی یک از دو ریاضیدانی بود که بی پروا اقدام به انتشار مطالبش در رابطه با امکان وجود فضاهای هندسی انحنا دار هیپربولیک[۶] [هذلولوی] کرد که در آن خطوط موازی ممکن

[1] . Carl Friedrich Gauss
[2] . Hoher Hagen
[3] . Inselberg
[4] . Brocken
[5] . Nikolai Ivanovich Lobachevsky
[6] . Hyperbolic

است واگرا شوند. جالب اینکه لوباچفسکی مقاله اش را در سال ۱۸۳۰ در ارتباط با هندسه هیپربولیک چاپ کرد(چیزی که امروز به آن انحنای منفی یا جهان باز می گوییم).

اندکی بعد، پس از بحث در باره امکان هیپربولیک بودن جهان سه بعدی ما، لوباچفسکی گفت که ممکن است بتوانیم با تحقیق بر روی یک مثلث بین ستارگان، دیدی تجربی در رابطه با این موضوع داشته باشیم. او پیشنهاد داد که می توان موقعیت ستاره نورانی سیریوس[1] را دو بار به فاصله ۶ ماه از هم اندازه گیری کرد. وی بر پایه مشاهداتش نتیجه گرفت که هر گونه انحنای موجود در فضا حداقل برابربا ۱۶۶۰۰۰ برابر شعاع مدار زمین به دور خورشید است.

این عدد بزرگی است، اما در مقیاس کیهانی عدد کوچکی به حساب می آید. متاسفانه گرچه لوباچفسکی ایده درستی داشت، او محدود به تکنولوژی زمان خودش بود. با این حال صد و پنجاه سال بعد پیشرفت حاصل شده بود، با تشکر از مهمترین مشاهدات کل تاریخ کیهان شناسی: اندازه گیری تابش زمینه کیهانی یا سی.ام.بی.آر.[2]

سی.ام.بی.آر چیزی جز آثار باقیمانده از انفجار بزرگ نیست. این تشعشع در صورت لزوم مدرکی مستقیم دال بر انفجار بزرگ را ارائه می دهد و ثابت می کند که انفجار بزرگ واقعا اتفاق افتاده است، زیرا به ما اجازه می دهد که مستقیما به عقب نگاه کرده و ماهیت بسیار جوان و داغ جهان اولیه را درک کنیم که هر آنچه که امروز می بینیم، از آن نشات گرفته است.

یکی از حقایق شگفت انگیز فراوانی که در باره تابش زمینه کیهانی وجود دارد این است که از بین این همه نقطه در دنیا در نیوجرسی کشف شد و توسط دو دانشمندی که هیچ ذهنیتی در باره چیزی که در جستجوی آن بودند نداشتند. نکته دیگراین که این تابش همواره در جلوی چشمان ما قرار داشت و مشاهده آن امکانپذیر بود اما همواره مورد غفلت واقع می شد. در حقیقت اگر شما به اندازه کافی سنتان قد بدهد، ممکن است اثرات این پدیده را درک کرده باشید، بدون اینکه متوجهش شوید. اگر دوران قبل از تلویزیون های کابلی را به خاطر داشته باشید، زمانی که کانال ها برنامه هایشان در طول روز تمام می شد در صورتی که در طول شب پیام های تبلیغاتی پخش نمی کردند، پس از اتمام برنامه ها ابتدا یک الگویی برای تست فرستاده می شد، سپس تلویزیون به حالت برفک می رفت. تقریبا یک درصد از آن برفکی که شما بر روی تلویزیون می دیدید ناشی از تابشی بود که از زمان انفجار بزرگ باقی مانده بود.

منشا تابش زمینه کیهانی نسبتا واضح است. از آنجایی که جهان عمر محدودی دارد (در نظر بگیرید ۱۳/۷۲ میلیارد سال) و هر قدر ما به اجرام دوردست بنگریم، ما در حال نگاه به گذشته هستیم (زیرا مدتی طول می

[1] . Sirius

[2] . Cosmic Microwave Background Radiation (CMBR)

کشد تا نور آن اجرام به ما برسند)، شما ممکن است تصور کنید که اگر ما به اندازه کافی به دوردست نگاه کنیم، می توانیم لحظه انفجار بزرگ را ببینیم. به طور کلی این کار امکان پذیر نیست، اما در عمل میان ما و آن زمان دیواری کشیده شده است. نه آن دیوار ملموسی که در اتاقی وجود دارد که من در حالت نوشتن این مطلب هستم، اما دیواری که به مقدار زیادی همان خاصیت را دارد.

من نمی توانم پشت دیوار های اتاقم را ببینم، زیرا دیوار ها غیر شفاف هستند. آن ها نور را جذب می کنند. حال اگر من به آسمان نگاه کنم، هر چقدر به نقطه دور تری خیره شوم، زمان عقب تری را از جهان می بینم که خب داغ تر نیز هست زیرا از زمان انفجار بزرگ تا به امروز در حال خنک شدن است. اگر من به فاصله دوری خیره شوم که عمر جهان ۳۰۰۰۰۰ سال بوده، دمای جهان حدود ۳۰۰۰ درجه (در مقیاس کلوین) بالاتر از صفر مطلق بوده است. در این دما، تابش محصور شده آنچنان فعال بود که می توانست اتم های شاخص موجود در جهان یعنی هیدروژن را متلاشی کرده و به اجزای آن یعنی پروتون و نوترون در آورد. قبل از این زمان، ماده خنثی وجود نداشت. ماده نرمال در جهان که از هسته اتمی و الکترون ها تشکیل یافته بود، متشکل از یک پلاسمای چگالی می شد که ذرات باردار در آن در حال اندرکنش با تابش بودند.

با این حال پلاسما برای تابش می تواند کدر باشد. ذرات باردار موجود در پلاسما، فوتون ها را جذب کرده و باز می تاباندند که باعث می شد تابش نتواند به راحتی و بدون تخریب از میان آن ماده عبور کند. در نتیجه اگر من قصد نگاه به گذشته را داشته باشم من نمی توانم عقب تر از زمانی برگردم که ماده موجود در جهان هنوز متشکل از چنین پلاسمایی بود.

دوباره ذکر کنم که این قضیه مانند دیوار های اتاقم است. من تنها به این دلیل می توانم آنها را ببینم که الکترون های اتم های سطح دیوار نور حاصل از چراغ مطالعه من را جذب کرده و باز می گردانند و هوای بین من و دیوارها شفاف است، که باعث می شود من کل فاصله ام تا سطح دیواری که نور را باز می تاباند را مشاهده کنم. پس همین گونه اتفاق برای جهان نیز می افتد. وقتی من به آسمان نگاه می کنم من می توانم تا "آخرین سطح پراکندگی[1] " را ببینم که نقطه ای [زمانی] است که جهان به حالت خنثی در آمد و پروتون ها با الکترون ها یک جا جمع شده و اتم های خنثی هیدروژن را بوجود آوردند. پس از آن لحظه جهان در وسعت زیادی برای تابش شفاف شد و من امروز می توانم تابش را توسط جذب و بازتاب الکترون های مواد خنثی موجود در جهان ببینم.

به همین دلیل است که پیشبینی شده بود باید تابشی ناشی از انفجار بزرگ جهان وجود داشته باشد که از "آخرین سطح پراکندگی" از همه جهات به سمت ما بتابد.

[1] . Last Scattering Surface

از آنجایی که جهان با ضریب حدودا ۱۰۰۰ برابر از آن زمان تا کنون انبساط یافته است، این تابش تا خود را به ما برساند از دمایش کاسته شده و اینک حدودا ۳ درجه بالای صفر مطلق دما دارد. و این دقیقا همان سیگنالی است که آن دو دانشمند بیچاره در سال ۱۹۶۵ در نیوجرسی یافتند که بعد ها به کسب جایزه نوبل نایل شدند.

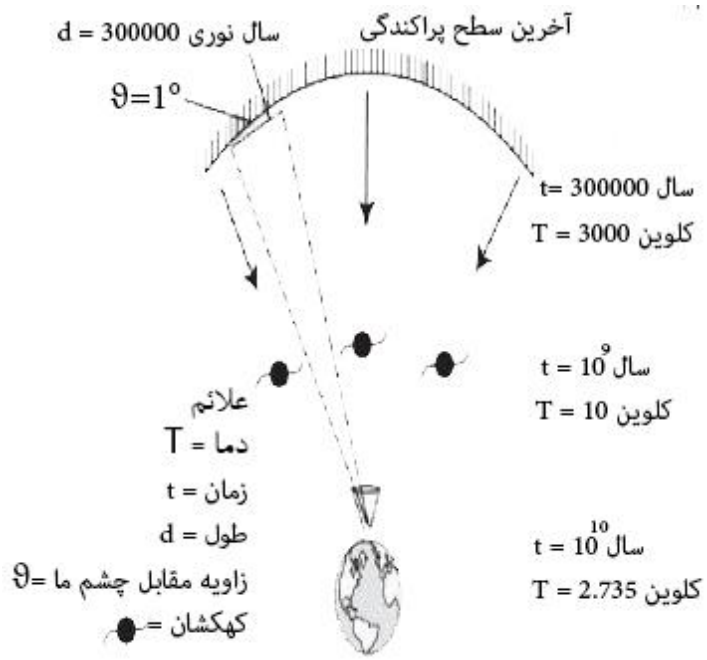
اخیرا جایزه نوبل دیگری نیز برای مشاهده تابش زمینه کیهانی داده شد که دلیل خوبی داشت. اگر ما می توانستیم عکسی از سطح آخرین سطح پراکندگی بگیریم، ما با جهان نوزادی روبرو می شدیم که فقط ۳۰۰۰۰۰ سال عمر دارد [مقدار درست تر این عدد ۳۸۰۰۰۰ سال می باشد] . ما می توانستیم تمامی ساختار هایی را مشاهده کنیم که روزی متلاشی شده و کهکشان ها، ستارگان، سیارات، آدمهای فضایی و بقیه را بوجود آورده اند. مهمتر از آن این ساختار ها از اثرات ناشی از تکامل پویای بعدی که باعث ابهام در مشاهده ماهیت اصلی و ابتدایی و آشفته مواد و انرژی شده است که احتمالا توسط فرایند های عجیب در لحظات اولیه انفجار بزرگ بوجود آمده بودند، مُبرا بودند.

از آن نیز مهمتر در راستای هدف ما، در روی این سطح یک ویژگی مقیاسی وجود دارد که صرفا از گذر زمان تاثیر پذیرفته است. می توان اینگونه در نظر گرفت: اگر کسی از روی کره زمین فاصله ای را بر روی آخرین سطح پراکنده گی که معادل یک درجه باشد را در نظر بگیرد، این مقدار معادل با ۳۰۰۰۰۰ سال نوری بر روی آن سطح است.

حال تکه ای ماده در نظر بگیرید که وسعتش کمتر از ۳۰۰۰۰۰ سال نوری باشد. چنین تکه ای بر اثر گرانش خودش شروع به فروریزش می کند. اما تکه ای که وسعتش بزرگتر از ۳۰۰۰۰۰ سال نوری باشد اقدام به فروریزش نخواهد کرد، زیرا هنوز به عنوان یک تکه شناسایی نشده است. گرانش، که خود با سرعت نور انتشار می یابد، نمی تواند در کل طول این قطعه حرکت کند. بنابراین مانند وایل.ای کایوتی[1] شخصیت کارتونی که در رود رانر[2] به سرعت از روی صخره عبور می کند و به طور معلق در هوا می ماند، این تکه نیز همانگونه باقی می ماند تا زمانی که گذر زمان برایش تصمیم بگیرد که آیا فرو می ریزد یا نه.

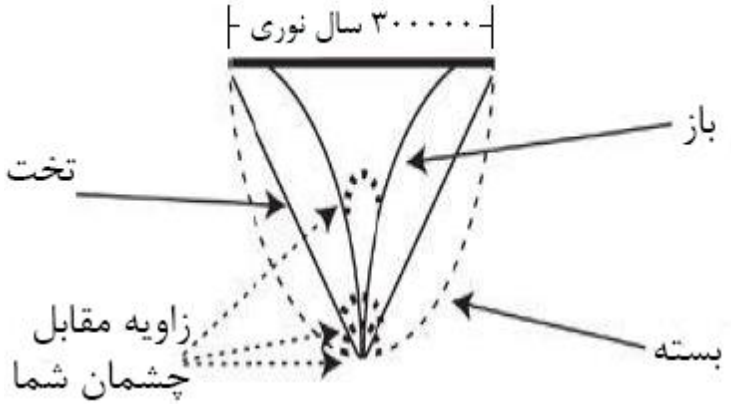
این اتفاق مثلث خاصی را تشکیل می دهد که طول یکی از اضلاعش ۳۰۰۰۰۰ سال نوری است، فاصله شناخته شده ای برای ما، که به عنوان فاصله ما و آخرین سطح پراکندگی شناخته می شود، به شکل زیر:

[1] . Wile E. Coyote
[2] . Road Runner



بزرگترین تکه های ماده که که شروع به فروریزش کرده است و در پی آن باعث ایجاد بی قاعدگی در تصویر تابش زمینه کیهانی می شود در طول این مقیاس درجه پراکنده خواهد شد. اگر ما بتوانیم تصویری از این سطح در آن زمان به دست آوریم، ما انتظار داریم به طور میانگین نقاط داغی وجود داشته باشند که بزرگترین تکه ها را در تصویر تشکیل دهند.

با این حال، چه زاویه مرتبط با این فاصله دقیقا برابر با ۱ درجه باشد، چه نباشد، این مقدار به وسیله هندسه جهان تعیین می شود. در یک جهان تخت، امواج نور در مسیر مستقیم حرکت می کنند. در جهان باز ، هر قدر که در زمان به عقب برگردیم امواج انحنای به بیرون دارند و در یک جهان بسته هر قدر عقب تر برویم، امواج همگرا می شوند. بنابراین زاویه ای که در جلوی چشم ما با خط کشی به طول ۳۰۰۰۰۰ سال نوری در فاصله آخرین سطح پراکندگی گسترده می شود، بستگی به هندسه جهان دارد، به صورت زیر:

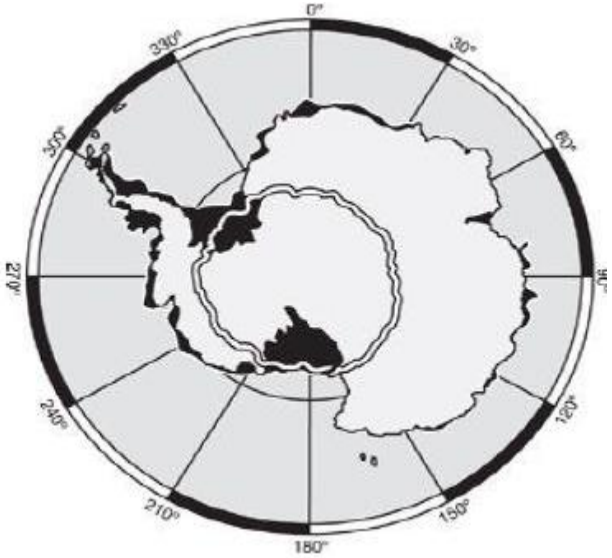


این مساله، روش تحقیق مستقیم و واضحی از هندسه جهان را پیش روی ما می گذارد. از آنجایی که اندازه بزرگترین نقطه داغ در تصویر تابش زمینه کیهانی بستگی به علتی دارد – این علت که گرانش فقط با سرعت نور می تواند انتشار یابد و در نتیجه بزرگترین قطعه که در آن زمان می تواند فروریزد توسط بیشترین فاصله ای که نور در آن زمان می تواند انتشار یابد تعیین می شود- و به این دلیل که زاویه ی پیش روی ما که توسط خط کش مشخصی به فاصله مشخصی از ما تشکیل شده، توسط انحنای جهان تعیین می شود، یک تصویر ساده از آخرین سطح پراکندگی می تواند ماهیت هندسه جهان را برای ما آشکار سازد.

اولین کوششی که برای انجام این آزمایش شد، در سال ۱۹۹۷ توسط بالونی به اسم بومرنگ[1] که از قطب جنوب پرواز کرد صورت پذیرفت. البته دلیل اصلی انتخاب این اسم به دلیل مخفف جمله " مشاهدات میلیمتری تابش فرا کهکشانی و ژئوفیزیکی توسط بالون[2]" می باشد. یک تشعشع سنجِ ریزموج[3] که در تصویر زیر دیده می شود، به این بالون که در ارتفاع زیاد پرواز می کرد، متصل بود.

سپس این بالون دور دنیا را گشت که البته در قطب جنوب کار ساده ایست. در حقیقت کافیست دور یک دایره بچرخید. با این حال از ایستگاه مک موردو[4] گردش دور قطب با کمک باد های قطبی دو هفته طول کشید و بعد از اینکه بالون دوباره به سر جایش بازگشت واژه بومرنگ برازنده اش بود.

[1] . Boomerang
[2] . Balloon Observations of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics
[3] . Microwave Radiometer
[4] . McMurdo Station

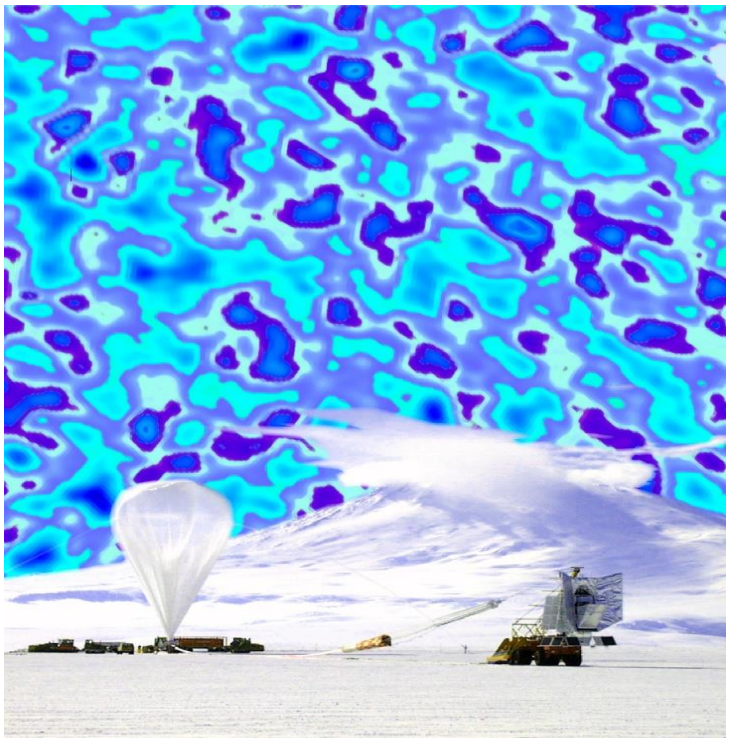


حرکت بومرنگ دور قطب جنوب

هدف این سفر بالونی ساده است. برای کسب اطلاعاتی از تابش زمینه کیهانی که دمای ۳ درجه بالای صفر مطلق (در مقیاس کلوین) را باز می تاباند و درگیر هوای گرمتر مواد روی زمین نشده است (البته دمای قطب جنوب بیشتر از ۲۰۰ درجه از دمای تابش زمینه کیهانی بیشتر است)، ما می خواهیم تا جای ممکن از زمین

ارتفاع بگیریم و حتی فراتر از قسمت اعظم جو زمین. در حالت ایده آل می توان از ماهواره ها برای این کار استفاده کرد، اما بالون های ارتفاع بالا نیز می توانند با هزینه کمتر همان کار را با تقریب خوبی انجام دهند.

به هر حال پس از دوهفته، بومرنگ تصویر قسمت کوچکی از آسمان ریزموج[1] که نقاط گرم و سرد را در الگوی دریافت شده از آخرین سطح پراکندگی نشان می داد، به دست ما داد. در شکل زیر یکی از مناطقی را می بینید که آزمایش بومرنگ آن را بررسی کرده (با نقاط گرم و سردی که به ترتیب با سایه های تیره و روشن مشخص شده است) و هر دو تصویر اصلی منطقه و نقاط سرد و گرم، روی هم انداخته شده اند.



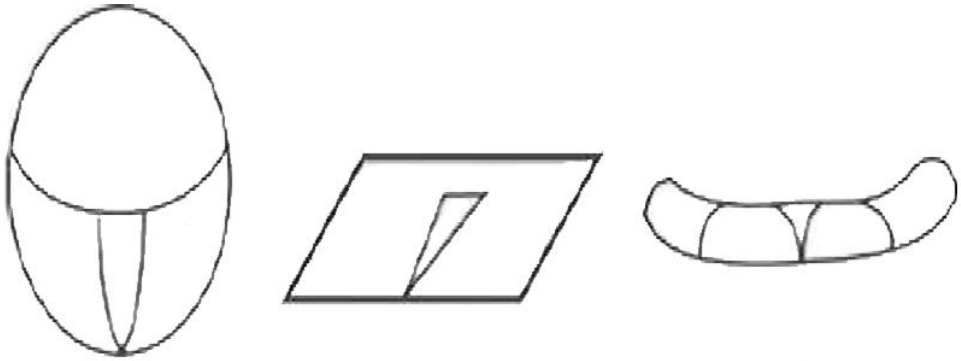
این تصویر تا جایی که به من مربوط می شود دو مطلب را بیان می کند. اول اینکه در مقیاس واقعی نقاط سرد و گرم که در آسمان دیده می شوند و توسط بومرنگ بررسی شده را ، در کنار تصویر واقعی، برای مقایسه نشان می دهد. اما در همان حال این تصویر جنبه مهم دیگری از چیزی که ما می توانیم نزدیک بینی کیهانی[2] بنامیم را نشان می دهد. وقتی که ما در یک روز آفتابی به بالا نگاه کنیم، آسمانی آبی رنگ می بینیم که در تصویر قبلی بالون دیده می شود. دلیل دیدن ما این است که طوری فرگشت یافتیم که نور مرئی را ببینیم. از طرف دیگر امواج خروجی از سطح خورشید در محدوده مرئی قرار دارند و همچنین بسیار از امواج با طول موج های دیگر در جو زمین جذب می شوند و به سطح زمین نمی رسند (که از این بابت خوش شانس هستیم، زیرا

[1] . Microwave Sky
[2] . Cosmic Myopia

بسیاری از این امواج مضرند). به هر نحو، اگر ما طوری فرگشت می یافتیم که می توانستیم تشعشعات ریز موج را ببینیم، تصویری که از آسمان می دیدیم، چه شب و چه روز، اگر مستقیما به خورشید خیره نمی شدیم مستقیما ما را به تصویر آخرین سطح پراکندگی می برد که ۱۳ میلیارد سال نوری از ما دور بود. این همان تصویری است که توسط آشکارگر[1] بومرنگ به دست آمده است.

اولین پرواز بومرنگ که این تصویر را تهیه کرده، بسیار موفقیت آمیز بود. قطب جنوب محیطی خشن و غیر قابل پیشبینی دارد. در پرواز دیگری در سال ۲۰۰۳ کل نتایج حاصل از آزمایش به دلیل نقص فنی بالون و متعاقب آن طوفان، از دست رفت. یک تصمیم لحظه آخری برای پایین آوردن بالون قبل از انفجار آن در محیطی نا معلوم، به خیر گذشت و باعث شد تیم جستجو و نجاتی که به دنبال بقایای بالون در قطب جنوب رفته بودند، بتوانند بالون تحت فشار را که حامل اطلاعات بود، ترمیم کنند.

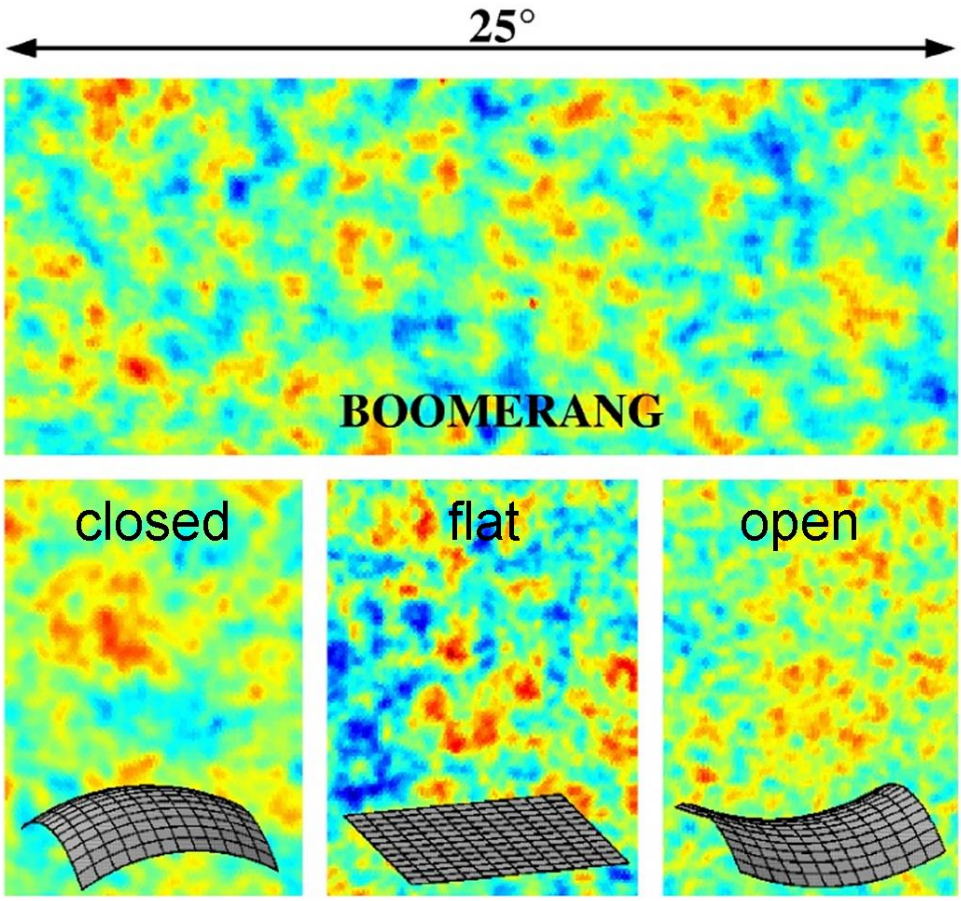
قبل از تفسیر تصویر بومرنگ، می خواهم دوباره روی این نکته تاکید کنم که "اندازه واقعی فیزیکی" نقاط گرم و نقاط سرد که توسط بومرنگ ثبت شد، به دلایل ساده فیزیکی که مربوط به آخرین سطح پراکندگی می شود ثابت هستند، اما "مقادیر اندازه گیری شده" نقاط گرم و سرد در تصویر، از هندسه جهان استخراج می شوند. یک مقایسه ساده در فضای دو بعدی می تواند به توضیح نتایج کمک کند: در فضای دو بعدی یک هندسه بسته همانند یک کره بوده و یک هندسه باز همانند سطح زین اسب است. اگر ما مثلثی بر روی این سطوح رسم کنیم، اثری که من قبلا توضیح داده بودم را مشاهده می کنیم، که خطوط صاف روی سطح کره همگرا بوده و روی سطح زین اسب واگرا می شوند در حالی که این خطوط بر روی سطح صاف، مستقیم هستند.



حال سوال میلیون دلاری این است که نقاط گرم و سرد بر روی تصویر بومرنگ در چه حدی بزرگ هستند؟ برای پاسخ به این سوال، تیم همکاری بومرنگ تصاویر شبیه سازی شده مختلفی را از نقاط گرم و سرد که می

[1] . Detector

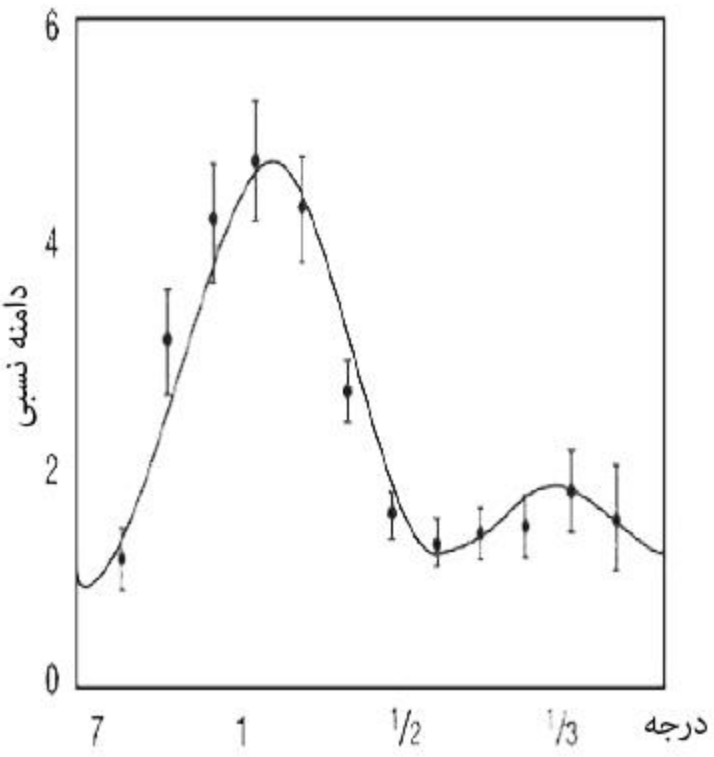
توانند در سه نوع جهان باز، بسته و تخت دیده شوند، بر روی کامپیوتر هایشان تهیه کردند و آن را با تصویر واقعی آسمان ریزموج (که آن هم یک تصویر مصنوعی دیگر است) مقایسه کردند.



اگر شما تصویر سمت چپ در پایین که از یک جهان بسته شبیه سازی شده است را بررسی کنید متوجه خواهید شد که متوسط نقاط از دنیای واقعی بزرگتر است. در تصویر چپ نیز متوسط نقاط کوچکتر است. اما به مانند تخت خواب خرس کوچولو در گلدیلاک[1]، تصویر وسطی که به جهان تخت تعلق دارد ، دقیقا جور در می آید. آن جهانی که از نظر دانشمندان از لحاظ ریاضی زیبا بود و آرزوی وجود آن را داشتند، با این مشاهدات محقق شد، گرچه ظاهرا با محاسبه وزن خوشه های کهکشانی تضاد چشمگیری دارد.

در حقیقت، توافق بین پیشبینی جهان تخت و تصویر حاصل از بومرنگ تقریبا مبهوت کننده است. با آزمایش نقاط و جستجوی نقاط بزرگتر که در صورت عقب گرد زمان بیشتری برای فروریزش در اختیار داشتند (با توجه به زمانی که از آخرین سطح پراکندگی به دست می آید)، تیم بومرنگ نمودار زیر را ارائه کرد:

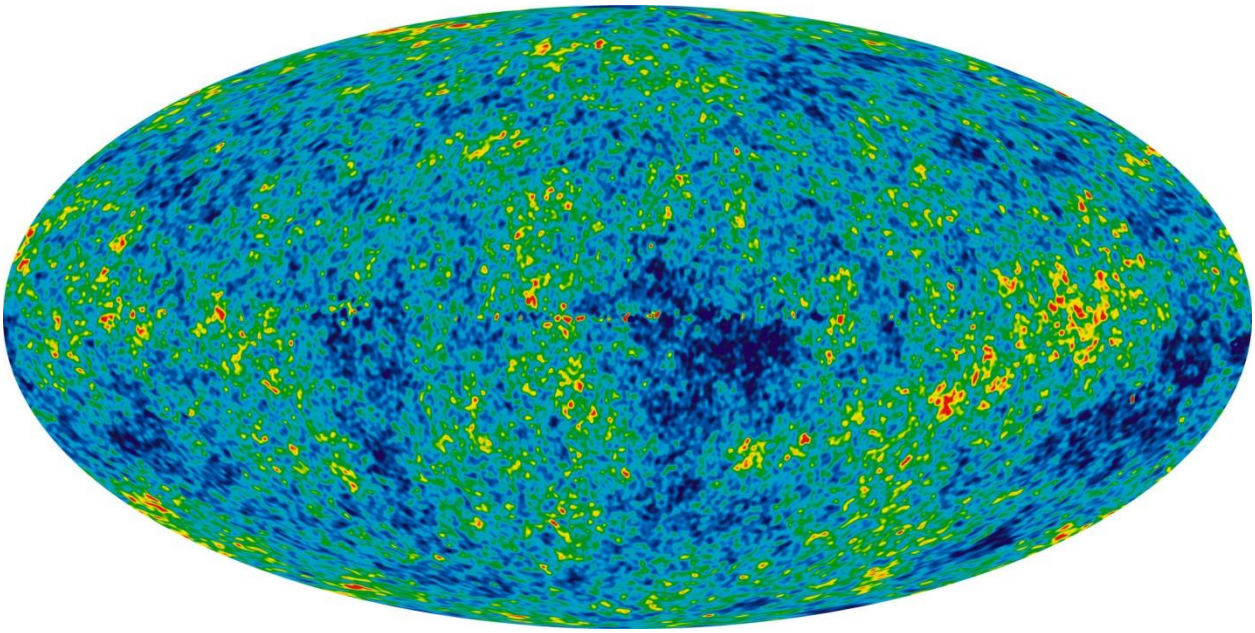
[1] . Goldilocks



نقاط روی تصویر داده ها هستند. خط برازش دنیای تختی را پیش بینی می کند که بزرگترین برآمدگی آن نزدیک به ۱ درجه اتفاق می افتد!

از زمانی که بومرنگ نتایجش را ارائه داد، ماهواره تحقیقاتی دیگری به نام ماهواره تحقیقانی ناهمسانگرد ریز موج ویلکینسون[۱] که بسیار حساس تر بود توسط ناسا پرتاب شد. نام این ماهواره به افتخار دیوید ویلکینسون[۲] گذاشته شده است، که یکی از فیزیکدانان دانان دانشگاه پرینستون بود که اگر تابش زمینه کیهانی توسط دانشمندان آزمایشگاه بل کشف نمی شد، این کشف توسط او اتفاق می افتاد. این ماهواره (WMAP) در ماه جون سال ۲۰۰۱ پرتاب شد. این ماهواره به فاصله ۱ میلیون مایل از زمین پرتاب شد که زمانی که در پشت زمین قرار می گیرد بتواند بدون اثر پذیری از نور خورشید، ریزموج های آسمان را ببیند. در بازه ۷ ساله، این ماهواره تصویری از کل آسمان ریزموج با دقت بی سابقه ای ارائه داد (نه مانند بومبرگ که فقط به قسمت خاصی که در قسمت زیرین زمین بود بسنده کرد) .

[1] . Wilkinson Microwave Anisotropy Probe
[2] . David Wilkinson



در اینجا کل آسمان بر روی یک صفحه ترسیم شده است، دقیقا مانند سطح کره زمین که بر روی صفحه رسم می شود. صفحه کهکشان ما در طول استوا قرار می گیرد و ۹۰ درجه بالای صفحه کهکشان ما قطب شمال و ۹۰ درجه پایین تر از صفحه کهکشان ما قطب جنوب قرار دارد. با این حال تصویر کهکشان ما از روی نقشه برداشته شده است تا بتوانیم به طور خالص تابشی که از آخرین سطح پراکندگی به سطح ما می آید را مشاهده کنیم.

با چنین داده های دقیقی، تخمین بسیار دقیق تری از هندسه فضا می توان زد. نقشه WMAP که مشابه تصویری است که از بومرنگ به دست آمد، با دقت ۱ درصد تایید می کند که ما در یک جهان تخت زندگی می کنیم! انتظار دانشمندان درست از آب در آمد. با این حال هنوز نمی توانیم از ناسازگاری ظاهری این نتیجه با نتیجه ای که در فصل پیش توضیح دادم چشم پوشی کنیم. وزن کردن جهان با اندازه گیری جرم کهکشان ها و خوشه ها عددی را نتیجه می دهد که یک سوم میزان مورد نیاز برای بوجود آمدن جهان تخت است. یکی را باید فدا کرد.

در طی اینکه دانشمندان به خاطر این تناقض و حدس جهان تخت، بهت زده بودند، تقریبا هیچ کس آمادگی این غافلگیری را نداشت طبیعت اندوخته ای را که در درون خود داشت ارائه دهد و مشکل بین هندسه جهان که ناشی از محاسبه جرم و محاسبه انحنا به طور مستقیم بود را حل کند. انرژی غافل مانده که برای نتیجه گیری جهان تخت مورد نیاز بود، جلوی چشمان ما پنهان شده بود، به معنی واقعی کلمه!

فصل چهارم

مطالب بیشتری در باره هیچ چیز

کمتر، بیشتر است.

لودویک میس وندر روه، به یاد رابرت براونینگ[1]

یک گام به جلو و دو گام به عقب؛ اتفاقی است که به نظر می آید در جستجوی ما برای فهم جهانمان و تصور شکل واقعی اش، افتاده است. اگر چه مشاهدات نهایتا بر وجود یک جهان تخت صحه گذاشت – در یک فرایندی که دانشمندان را مدت ها مشکوک باقی گذاشته بود – و اگر چه ما با توجه به فراوانی نوترون ها و پروتون ها فهمیدیم که ده ها برابر جرم بیشتری باید در جهان موجود باشد که این ماده تاریک توانست ۳۰ درصد جرم مورد نیاز برای تخت کردن جهان را تهیه کند، باز این میزان به حدی نبود که بتواند تمامی انرژی جهان را تخمین بزند. محاسبه مستقیم انحنای جهان و فهمیدن اینکه جهان تخت است به این معنی بود که ۷۰ درصد از انرژی جهان هنوز غیر قابل مشاهده است که نه در فضای بین کهکشانی یافت شده بود و نه در خوشه های کهکشانی!

البته اتفاقات آنچنان شوک آور نبود که من تعریف می کنم. حتی قبل از محاسبه انحنای جهان و تعیین کل جرم موجود در آن (همانگونه که در فصل دوم توضیح دادم)، نشانه هایی وجود داشت که آن تصویر قراردادی بین نظریه پردازان از جهان ما – با ماده تاریک کافی (سه برابر چیزی که امروزه می دانیم وجود دارد) که باعث تخت بودن جهان می شد- با مشاهدات سازگار نبود. در حقیقت در سال ۱۹۹۵ من با کمک یکی از همکارانم از دانشگاه شیکاگو، مایکل ترنر[2]، مقاله بدعت آمیزی نوشتم که در آن این بحث را مطرح کرده بودم که این تصور قراردادی نمی تواند درست باشد و تنها راه سازگاری جهان تخت (تصوری قراردادی آن زمان نظریه پردازان) با مشاهدات خوشه های کهکشانی و پویایی درونی آنها، جهانی است که بسیار عجیب باشد، و با بازگشت به عقب و استفاده از ایده عجیب انیشتین در سال ۱۹۱۷ که برای حل اختلاف ظاهری بین پیشبینی های نظریه اش و جهان استاتیکی که ما در آن زندگی می کنیم مطرح کرده و بعد ها آن را رد کرد، می توان مشکل را حل کرد.

[1] . Ludwig Mies Van Der Rohe, After Robert Browning
[2] . Michael Turner

همانطور که اشاره می کنم، انگیزه آن زمان ما بیشتر این بود که نشان دهیم تفکر مرسوم آن زمان که فکر می کرد راه حل قطعی را پیدا کرده اشتباه است. پیشنهاد ما آنقدر عجیب بود که کسی ما را جدی نگرفت، و گمان نکنم کسی به اندازه ما از این واقعیت شوکه شد که سه سال بعد معلوم شد ایده بدعت آمیز ما اکنون خریدار دارد!

بیایید به سال ۱۹۱۷ بازگردیم. به خاطر آورید که انیشتین نسبیت عام را توسعه داد و زمانی که حضیض خورشیدی عطارد را با دقت محاسبه کرد به تپش قلب افتاد، گرچه با این واقعیت روبرو شد که نظریه او نمی تواند جهان استاتیکی را که خودش فکر می کرد در آن زندگی می کند، توضیح دهد.

او می توانست که از نظریه اش این نکته که جهان استاتیک نیست را استخراج کند. اما او این کار را نکرد. در عوض او فهمید که می تواند تغییری جزئی در نظریه اش بدهد که هم محاسبات ریاضی که منجر به این نظریه شد دست نخورد ، هم بتواند با جهان استاتیک سازگار باشد. بدون اینکه وارد جزئیات پیچیده شویم، ساختار کلی معادله نسبیت عام انیشتین، نسبتا سر راست است. قسمت چپ معادله، انحنای جهان را نشان می دهد و در عین حال قدرت نیروی گرانش بر روی ماده و تشعشعات را. این مجهولات توسط قسمت راست معادله تعیین می شوند که شامل چگالی کل انرژی و ماده موجود در جهان است.

انیشتین متوجه شد که اضافه کردن ثابت کوچکی به سمت چپ معادله می تواند نیروی دافعه اضافی ثابتی را مشخص کند که علاوه بر جاذبه عمومی بین اجرام دور که با افزایش فاصله کاهش می یابد، در کل جهان وجود دارد. اگر این مقدار به اندازه کافی کوچک باشد، می تواند از دید محاسبات در مقیاس کاربری انسان ها یا حتی در مقیاس منظومه شمسی که به زیبایی با قوانین نیوتون توافق دارد، پنهان بماند. اما او این دلیل را آورد که چون این مقدار در کل عالم ثابت است، می تواند در وسعت کهکشان ما بزرگ بوده و دافعه ای به اندازه کافی در مقابله با جاذبه بین اجرام دور ایجاد کند. بنابراین او نتیجه گرفت این اتفاق منجر به وجود یک جهان استاتیک در بزرگترین مقیاس ها می شود.

انیشتین اسم این عبارت را عبارت کیهانی[1] نامید. به این دلیل که این عدد ثابتی است که به معادله اضافه شده است، می توان آن را به عنوان ثابت کیهانی نام برد.

پس از اینکه او فهمید جهان واقعا در حال انبساط است انیشتین این ثابت را باطل کرده و گفته می شود که او این تصمیم اضافه کردن ثابت را به عنوان بزرگترین اشتباهش نام برده است.

[1] . Cosmological Term

اما رها شدن از این ثابت کار ساده ای نیست. مانند این است که شما تلاش کنید خمیر دندان خارج شده از تیوب را دوباره به داخل بازگردانید. این به این دلیل است که ما امروزه دید کاملا متفاوتی از ثابت جهانی داریم، به این طریق که اگر انیشتین این عبارت را اضافه نمی کرد، در طول سالیان بعدی شخص دیگری آن را اضافه می کرد.

انتقال عبارت انیشتین از سمت چپ معادله به سمت راست، گامی کوچک برای یک ریاضیدان اما جهشی بزرگ برای یک فیزیکدان محسوب می شود. اگرچه وجود این عبارت سمت راست که تمامی عبارات دیگر آن انرژی کل جهان را نشان می دهند از نظر ریاضی مساله بی اهمیتی است، این نکته بسیار متفاوتی را از منظر فیزیکی در بر دارد. در حقیقت ورود یک سهم جدید در انرژی کل. اما چه جور چیزی می تواند چنین سهمی را ببخشد؟

جواب "هیچ چیز" است

با بیان واژه "هیچ چیز" منظور من هیچ چیز نیست، اما تقریبا هیچ چیز است. در حقیقت نبودی که از آن به عنوان خلا یاد می کنیم. به این معنی که اگر من قسمتی از فضا را در نظر بگیرم و همه چیز را اعم از غبار، گاز، مردم و حتی تشعشعات را از آن خارج کنم، اگر آن قسمت از فضا هنوز جرم داشته باشد، این برابر با وجود همان عبارتی است که انیشتین ابداع کرد.

حال، این اتفاق باعث می شود تا ثابت کیهانی انیشتین عجیب تر به نظر آید! اگر از یک دانش آموز چهارم ابتدایی بپرسید که در هیچ چیز چقدر انرژی موجود است، حتی بدون اینکه با مفهوم انرژی آشنا باشد پاسخ خواهد داد هیچ مقدار.

افسوس که هیچ کدام از دانش آموزان چهارم ابتدایی نه درس مکانیک کوانتومی فرا گرفته اند نه نسبیت را مطالعه کرده اند. زمانی که نتایج نسبیت خاص انیشتین را با جهان کوانتومی ترکیب می کنیم، فضای خالی عجیب تر از قبل می شود. آنقدر عجیب که حتی فیزیک دان هایی که برای اولین بار این رفتار را کشف و تحلیل کردند، بسیار تحت فشار بودند تا بپذیرند چنین چیزی در دنیای واقعی وجود دارد.

اولین کسی که توانست با موفقیت نسبیت را با مکانیک کوانتومی ترکیب کند فیزیکدان انگلیسی نظریه پرداز نابغه و کم حرفی به نام پاول دیراک[1] بود که خود او نقش مهمی را در پیشرفت مکانیک کوانتومی در قالب تئوری ایفا کرده بود.

[1] Paul Dirac

مکانیک کوانتومی بین سالهای ۱۹۱۲ تا ۱۹۲۷ در ابتدا توسط کار های علمی فیزیک دان نخبه و برجسته دانمارکی، نیلز بور[۱] و دو دانشمند جوان و نخبه به نام اروین شرودینگر[۲] استرالیایی و ورنر هایزنبرگ[۳] آلمانی توسعه یافت. دنیای کوانتومی ابتدا توسط بور پیشنهاد شد و توسط شرودینگر و هایزنبرگ از لحاظ ریاضی بهبود یافت، که تمامی تصورات محسوس ما را در تجربه اشیا در مقیاس انسانی به مبارزه می طلبد.

بور ابتدا پیشنهاد کرد که الکترون ها به دور هسته مرکزی در حال دوران هستند، همانطور که سیارات به دور خورشید می گردند، اما توضیح داد که قوانین مشاهده شده از طیف اتمی[۴] (فرکانس نوری که از عناصر مختلف تابیده می شود) تنها در حالتی قابل فهم است که الکترون ها به نوعی بر مدار های پایداری که در "سطوح کوانتومی[۵] " ثابتی هستند محدود شوند و نتوانند آزادانه به سمت اتم حرکت کنند.

آنها تنها می توانند با جذب یا آزاد کردن فرکانس های ثابت یا "کوانتا[۶] " یی از نور، بین سطوح جهش کنند. همان کوانتایی که ماکس پلانک[۷] در سال ۱۹۰۵ برای فهم انواع پرتوهای تابیده شده از اجسام داغ پیشنهاد داده بود.

با این حال "قوانین کوانتیزه شدن[۸] " بور نسبتا خاص بود. در دهه ۱۹۲۰ شرودینگر و هایزنبرگ به طور مستقل تشریح کردند که اگر الکترون ها از دینامیکی که با دینامیک اجسام بزرگتر مثل توپ بیسبال متفاوت باشد تبعیت کنند، می توان این قوانین را از اصول اولیه استخراج کرد. الکترون ها می توانند در عین ذره بودن رفتار موجی نیز داشته باشند و در حال انتشار در فضا باشند(که از اینجا "تابع موج" شرودینگر[۹] برای الکترون ها نتیجه شد)، و نتایج اندازه گیری های مشخصات الکترون ها معلوم کرد که تنها به صورت احتمالاتی قابل تعیین هستند، و ترکیبات مختلفی از مشخصات را دارند که نمی توان همه را در یک لحظه به طور دقیق محاسبه کرد. (که از اینجا "اصل عدم قطعیت" هایزنبرگ[۱۰] نتیجه شد). دیراک نشان داد که ریاضیات پیشنهادی هایزنبرگ برای توضیح سیستم های کوانتومی (که منجر به دریافت جایزه نوبل سال ۱۹۳۲ شد) می توانند با مقایسه دقیق با قوانین کلاسیک شناخته شده دینامیکی در اجسام بزرگ تر به دست آیند. به علاوه، او بعد ها توانست نشان دهد که ریاضیات "مکانیک موجی" شرودینگر نیز قابل استخراج هستند و در حقیقت با

[1] . Niels Bohr
[2] . Erwin Schrodinger
[3] . Werner Heisenberg
[4] . Atomic Spectra
[5] . Quantum Levels
[6] . Quanta
[7] . Max Planck
[8] . Quantization Rules
[9] . Schrodinger’s Wave Function
[10] . Heisenberg’s Uncertainty Principle

معادلات هایزنبرگ مشابه هستند. در عین حال دیراک می دانست که مکانیک کوانتومی بور، هایزنبرگ و شرودینگر، که بسیار نیز شگفت انگیز است، تنها زمانی با مشابه سازی قابل استخراج است که قوانین نیوتون را به عنوان قوانین حرکت کلاسیک بپذیریم و نه قوانین نسبیت انیشتین را.

دیراک علاقه داشت که به جای تصورات ذهنی، از عبارات ریاضی برای تفکر استفاده کند و زمانی که نظرش به سازگار کردن مکانیک کوانتومی با قوانین انیشتین در نسبیت جلب شد ، شروع به بازی با بسیاری از مجموعه معادلات شد. اینها شامل سیستم های چند جزئی پیچیده ریاضی می شد که لازم بود تا اسپین[1] الکترون ها را در نظر بگیرند- یعنی آنها مانند در کتری به دور خود می چرخند و دارای اندازه حرکت زاویه ای هستند. آنها همچنین می توانند هم ساعتگرد هم پاد ساعتگرد به دور هر محوری بچرخند.

در سال ۱۹۲۹ او سرانجام موفق شد. معادله شرودینگر به زیبایی و با دقت زیاد رفتار الکترون ها در سرعت های بسیار کمتر از نور را توضیح داده بود. دیراک متوجه شد که اگر معادله شرودینگر را با اعمال اصلاحاتی با استفاده از ابزاری به نام ماتریس به معادلات پیچیده تری تبدیل کند – که در حقیقت به این معنی بود که معادله او شامل ۴ معادله متفاوت ولی در ارتباط با هم می شد- او می توانست مکانیک کوانتومی را با نسبیت سازگار و متحد کند و بنابراین به طور کلی بتواند رفتار سیستم هایی که در آن الکترون ها با سرعت بالاتر حرکت می کنند را توضیح دهد.

با این حال مشکلی وجود داشت. دیراک معادله ای را نوشته بود که بتواند رفتار اندرکنشی الکترون ها را در میدان های الکتریکی و مغناطیسی را توضیح دهد. اما معادله او ظاهرا نیازمند ذره دیگری بود که مانند الکترون باشد اما بار الکتریکی مخالف داشته باشد.

در آن زمان تنها یک ذره بنیادی در طبیعت شناخته شده بود که مخالف الکترون را داشته باشد-یعنی پروتون. اما پروتون ها اصلا شبیه به الکترون ها نیستند. برای آغاز قابل ذکر است که آنها ۲۰۰۰ برابر سنگین تر هستند!

دیراک گیج شده بود. از روی ناچاری توجیه کرد که این ذرات همان پروتون ها هستند، اما به عللی هنگام عبور از فضا، اندرکنش بین پروتون ها باعث می شود که سنگین تر به نظر بیایند. خیلی برای دیگران مثل هایزنبرگ طول نکشید که نشان دهند این پیشنهاد منطقی نیست.

طبیعت به سرعت به کمکشان آمد. دو سال پس از ارائه معادله دیراک و یکسال پس از تسلیم شدن و پذیرفتن آن که اگر کارش درست باشد پس ذره دیگری باید وجود داشته باشد، فیزیکدانان تجربی که در حال

[1] . Spin

مشاهده امواج کهکشانی در حال بمباران زمین بودند، به شواهدی از ذره ای مشابه الکترون ولی با بار مخالف دست یافتند که پوزیترون[1] لقب گرفت.

بی گناهی دیراک اثبات شد، اما او از عدم اعتماد به نفس قبلی خود نسبت به تئوری اش آگاه شد و بعدها گفت که معادله من از خود من باهوش تر بود!

ما امروزه به پوزیترون " پاد ذره الکترون[2]" نیز می گوییم، زیرا مشخص شد کشف دیراک برای همه چیز موجود است. همان فیزیکی که منجر به وجود پاد ذره برای الکترون شد، باعث وجود چنین ذره ای برای تقریبا تمامی ذرات بنیادی در طبیعت می شود. مثلا پروتون ها، پاد پروتون دارند. حتی ذراتی خنثی مانند نوترون نیز دارای پاد ذره هستند. زمانی که ذرات و پاد ذرات با هم برخورد کنند، از بین رفته و تبدیل به انرژی می شوند. در عین حال که تمامی این گفته ها شبیه به داستان های علمی تخیلی است (و واقعا پاد ماده نقش مهمی در فیلم استار ترک[3] ایفا می کند)، ما همواره قادر به تولید پاد ذره ها در شتاب دهنده های بزرگمان در کل دنیا هستیم. به این دلیل که پاد ذره ها خواص مشابه ذرات دارند، جهان ساخته شده از پاد ماده، مانند جهان مادی رفتار خواهد کرد، با پاد عاشقانی که در پاد ماشین نشسته اند و زیر نور پاد ماه در حال معاشقه هستند. با توجه به شرایط ما این یک تصادف محض است که ما فکر می کنیم در دنیایی زندگی می کنیم که از ماده تشکیل شده است نه پاد ماده و یا با مقدار برابری از هردو. البته عوامل مهمتری دارد که بعدا به آنها خواهیم پرداخت. من منظورم این است که، اینکه پاد ماده عجیب به نظر می آید مانند این است که بلژیکی ها در نظر ما غریبه باشند. آنها واقعا غریبه نیستند بلکه علت غریب بودن آنها برای ما این است که کمتر با آنها دیدار داریم.

وجود پاد ذره جهان قابل رویت را شگفت انگیز تر می کند و در عین حال فضای خالی را پیچیده تر.

ریچارد فاینمن، فیزیکدان افسانه ای، اولین کسی بود که یک درک مستقیم را برای اینکه چرا نسبیت نیاز مند وجود پاد ذرات است فراهم کرد که در نهایت منجر به اثبات این مطلب شد که فضای خالی کاملا خالی نیست.

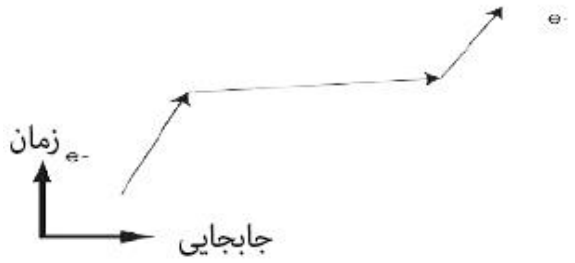
فاینمن فهمید که نسبیت به ما می گوید ناظرینی که با سرعت متفاوتی حرکت می کنند، از کمیت هایی مثل زمان و فاصله اندازه گیری های متفاوتی دارند. برای مثال برای اجسامی که با سرعت حرکت می کنند، زمان آهسته تر می گذرد. اگر به نوعی کسی بتواند سریعتر از نور حرکت کند به نظر می آید او در زمان به عقب باز خواهد گشت، که این یکی از دلایلی است که سرعت نور را به عنوان حد سرعت کیهانی درنظر می گیرند.

[1] . Positron
[2] . Anti-Particle Of Electron
[3] . Star Trek

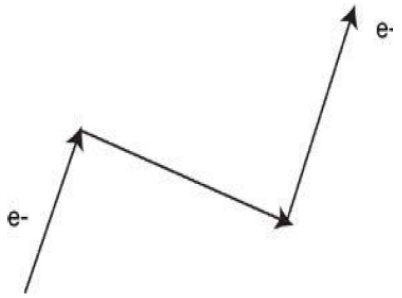
یکی از اصول کلیدی مکانیک کوانتومی، اصل عدم قطعیت هایزنبرگ است، که همانطور که گفتم عنوان می کند که برای یک جفت مشخصات خاص مانند سرعت و موقعیت در یک سیستم داده شده، نمی توان در یک لحظه مقدار قطعی تعیین کرد. یا به لحاظ دیگر، اگر شما یک سیستمی را در یک بازه زمانی ثابت اندازه گیری کنید، نمی توانید انرژی کل اش را به طور دقیق محاسبه کنید.

نکته ای که این مطالب به آن اشاره دارد این است که برای زمان های بسیار کوتاه، آنقدر کوتاه که شما نتوانید سرعتشان را با دقت بالا اندازه گیری کنید، مکانیک کوانتومی این احتمال را جلوی شما می گذارد که این ذرات ظاهرا با سرعت بیش از نور حرکت کنند ! اما اگر سرعتشان بیشتر از نور باشد انیشتین به ما می گوید که آنها باید طوری رفتار کنند که انگار در حال بازگشت در زمان هستند!

فاینمن به حد کافی شجاعت داشت تا این احتمال ظاهرا عجیب را جدی بگیرد و معانی دیگری از آن استخراج کند. او نمودار زیر را برای الکترونی کشید که به طور متناوب در میان مسیر حرکتش، سرعتش از سرعت نور عبور می کند.

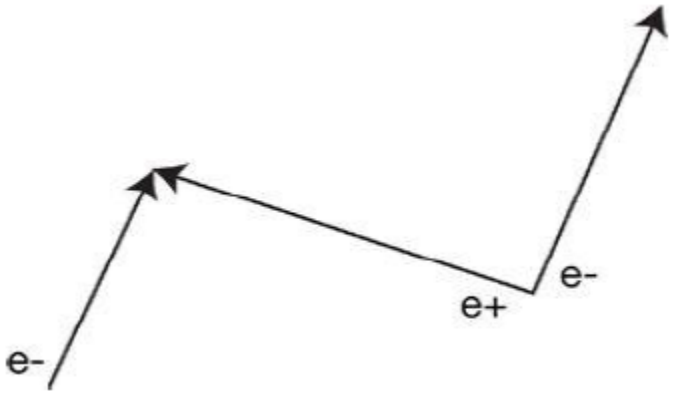


او فهمید که نسبیت به ما می گوید ممکن است ناظر دیگری وجود داشته باشد که به طور متناوب چیزی را مشاهده کند که به مانند زیر دیده شود؛ با الکترونی که در زمان به جلو می رود، بعد عقب می رود و دوباره جلو می رود

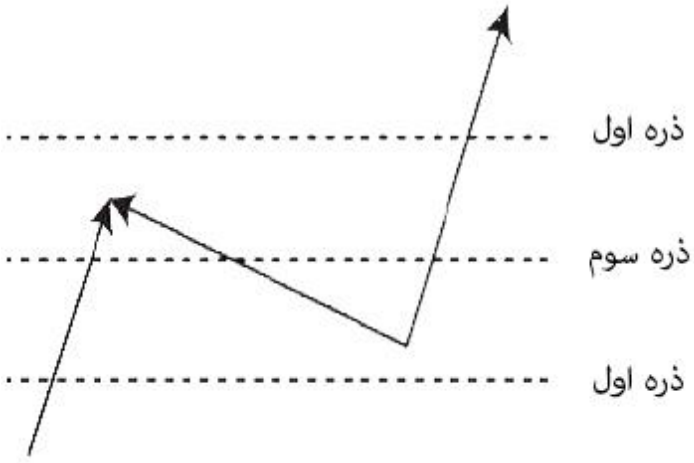


با این حال حرکت در جهت عکس زمان برای بار منفی از لحاظ ریاضی مطابقت دارد با حرکت در جهت مثبت زمان برای بار مثبت! بنابراین نسبیت نیازمند وجود ذرات با بار مثبت است که جرم و سایر مشخصات مشابه با الکترون را دارند.

در این حالت، می توان نمودار دوم فاینمن را به صورت زیر تفسیر کرد: الکترونی در حال حرکت است، سپس در نقطه دیگری از فضا یک جفت الکترون-پوزیترون از هیچ بوجود می آیند، سپس پوزیترون به الکترون اولیه برخورد می کند و هر دو از بین می روند. در نهایت الکترونی به جا می ماند که در حال حرکت است.



اگر اذیت نمی شوید مطلب زیر را نیز در نظر بگیرید: برای مدت کوتاهی اگر حتی شما با یک ذره شروع کنید در نهایت نیز با یک ذره به اتمام برسانید، در لحظه کوتاهی شما ۳ ذره در حال چرخش دارید.



در زمان کوتاهی حداقل برای یک لحظه، چیزی از هیچ چیز اقدام به تولید مثل کرد! فاینمن به زیبایی این تناقض را در مقاله ای در سال ۱۹۴۹ توضیح داد، " نظریه پوزیترون ها[1]"، با تشبیه جالبی که به جنگ کرد:

[1] . A Theory Of Positrons

به مانند این است که شخصی در حال مشاهده یک مسیری از درون دوربین اسلحه اش در هواپیمای بمب افکنی است که در ارتفاع کم پرواز می کند، ناگهان او با سه مسیر مواجه می شود و تنها زمانی که دو مسیر جدید دوباره به مسیر اولیه بازگشته و تشکیل یک مسیر بدهند او متوجه می شود که از بالای قسمت پر پیچ و خم مسیر[1] عبور کرده است.

اگر زمان این اتفاق بسیار کوتاه باشد که ما نتوانیم ذرات را مستقیما بررسی کنیم، مکانیک کوانتومی و نسبیت نه تنها اجازه این اتفاق عجیب را می دهند بلکه آن را ضروری می دانند. ذراتی که در زمان بسیار کوتاه پدید آمده و ناپدید می شوند را ذرات مجازی[2] می نامند.

حال، اختراع مجموعه ذرات جدیدی در فضای خالی که حتی نمی توان آن ها را اندازه گیری کرد مثل این است که مدعی باشید بر روی نوک سوزنی، فرشته های زیادی نشسته اند. مسلما اگر این ذرات هیچ گونه اثری برای بررسی از خود به جای نگذارند، این ایده، ایده ناقصی خواهد بود. با این همه، گرچه این ذرات به طور مستقیم قابل مشاهده نیستند، به نظر می آید اثرات غیر مستقیم آنها، بسیار از مشخصات جهان ما را تشکیل می دهند که ما به طور روزمره تجربه می کنیم. همچنین امروزه می توان اثرات این ذرات را با دقت بسیار بالایی که حتی در سایر محاسبات علمی نیز امکان پذیر نیست، محاسبه کرد.

برای مثال اتم هیدروژن را در نظر بگیرید، همان سیستمی که بور برای پیشبرد نظریه کوانتومش استفاده کرد و شرودینگر برای استخراج معادله معروفش. زیبایی مکانیک کوانتومی آن بود که می توانست رنگ نورهای بخصوصی که هنگام گرم کردن هیدروژن ساطع می شد را توضیح دهد و می گفت الکترون هایی که به دور پروتون در حال حرکت هستند تنها در سطوح انرژی مشخصی می توانند حرکت کنند و وقتی بین سطوح جهش می کنند، فرکانس های مشخصی از نور را یا جذب می کنند یا می تابانند. معادله شرودینگر این اختیار را می دهد که بتوان فرکانس های مورد نظر را محاسبه کرد و جواب را نسبتا دقیق به دست می آورد. اما نه کاملا دقیق.

زمانی که طیف هیدروژن را به دقت بررسی کردند، دیدند که بسیار پیچیده تر از چیزی است که قبلا تخمین زده می شد و شکاف های کوچک اضافی ما بین سطوح مشاهده شد که به آنها "ساختار ظریف[3] " طیف می گویند. از آنجایی که این شکاف ها از زمان بور شناسایی شده بودند و تصور بر آن بود که اثرات نسبیتی عامل آنهاست، تا زمانی که نظریه نسبیتی کاملی وجود نداشت کسی نمی توانست نظری در این باره بدهد. خوشبختانه

[1] . Switchback
[2] . Virtual Particles
[3] . Fine Structure

معادله دیراک نسبت به معادله شرودینگر پیشبینی ها را بهبود بخشید و توانست ساختار عمومی مشاهدات را بازتولید کند که شامل ساختار ظریف نیز می شد.

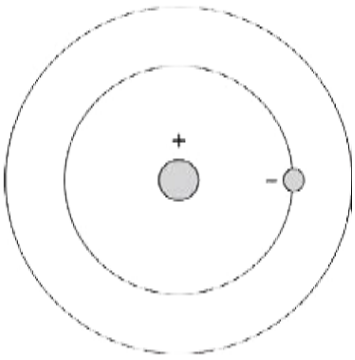
همه چیز داشت خوب پیش می رفت تا آوریل سال ۱۹۴۷، که فیزیکدانان تجربی آمریکایی ویلیس لمب[۱] و دانشجویش رابرت سی.ردرفورد[۲] آزمایشی انجام دادند که ممکن بود کم اهمیت جلوه کند. آنها فهمیدند این فناوری را در اختیار دارند تا ساختار سطوح انرژی را در سطح اتم هیدروژن با دقت یک در میلیون محاسبه کنند.

چرا آنها خود را به زحمت انداختند؟ خب زمانی که دانشمندان تجربی روش جدیدی پیدا کنند که بتوان با دقت بسیار بیشتر از قبل چیزی را اندازه بگیرند، انگیزه کافی برای شروع آن پیدا می کنند. دیدگاه های جدید نسبت به جهان معمولا از لابه لای همین آزمایشات پیش می آید، مثلا زمانی که دانشمند هلندی آنتونی فیلیس ون لیونهوک[۳] در سال ۱۹۶۷ توسط میکروسکوپی به قطره آبی که ظاهرا خالی بود خیره شد، فهمید که پر از انواع حیات است. در این مورد [طیف اتم] نیز آزمایشگران انگیزه لازم را داشتند. تا قبل از آزمایش لمب دقت کار های آزمایشگاهی به حدی نبود که پیشبینی های دیراک را با جزئیات بررسی کنند و سوال کلیدی که در ذهن لمب بود این بود که بداند آیا این جزئیات نیز درست پیشبینی شده اند؟ این تنها راهی است که می توان آن نظریه را امتحان کرد و زمانی که لمب نظریه را امتحان کرد مشخص شد در حد ۱۰۰ در یک میلیارد، جواب اشتباه است، که این عدد از حساسیت آزمایش آنها بالاتر بود.

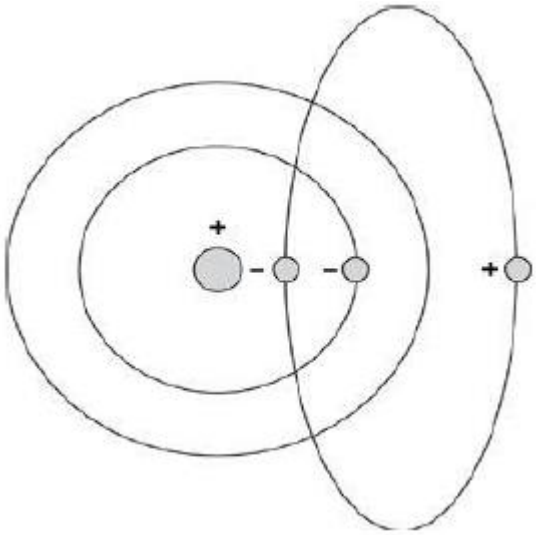
چنین عدم توافق کوچکی در آزمایش، خیلی چشمگیر نیست، اما پیشبینی ساده ترین تفسیر ها از نظریه دیراک کاملا با قطعیت بیان می شد، همینطور که نتایج آزمایش قطعی بود و این دو با هم اختلاف داشتند.

در طول سالهای بعد نظریه پردازان شاخص، خود را به درون گود انداختند تا بتوانند این اختلاف را حل کنند. جواب نهایی پس از کاری طولانی به دست آمد و پس از حل مشکل مشخص شد که معادله دیراک جواب دقیق را می دهد اما به شرطی که شما اثرات ذرات مجازی را نیز در نظر بگیرید. از لحاظ تصویری می توان به صوت زیر مطرح کرد. اتم های هیدروژن معمولا در کتاب های شیمی به صورت زیر کشیده می شوند، با یک پروتون در مرکز و یک الکترون در حال گردش به دور آن که در بین سطوح مختلف می تواند جهش کند:

[1] . Willis Lamb
[2] . Robert C. Retherford
[3] . Antonie Philips van Leeuwenhoek



با این حال اگر ما این امکان را در نظر بگیریم که جفت الکترون-پوزیترون بتوانند ناگهان برای لحظه ای از هیچ بوجود آیند و سپس از بین بروند، آنگاه اتم هیدروژن اینگونه به نظر خواهد آمد:



در قسمت راست تصویر من زوجی را ترسیم کردم که در بالا ناپدید می شوند. الکترون مجازی که بار منفی دارد تمایل دارد که در اطراف پروتون گردش کند و همینطور پوزیترون ترجیح می دهد که دورتر باشد. به هر حال چیزی که از این تصویر بر می آید این است که توزیع بار واقعی در اتم هیدروژن در هیچ لحظه ای به نحوی نیست که بتوان را را به صورت ساده یک الکترون و یک پروتون ترسیم کرد.

خوشبختانه ما فیزیکدانان(پس از کار پر زحمتی که فاینمن و دیگران انجام دادند) یاد گرفتیم که معادله دیراک را با دقت دلخواه استفاده کنیم و تاثیر انواع محتمل ذرات مجازی را که ممکن است متناوبا در محدوده اتم هیدروژن به وجود آیند، بر روی طیف هیدروژن محاسبه کنیم. و وقتی که این کار را انجام دهیم ما می توانیم بهترین و دقیق ترین پیشبینی علمی را انجام دهیم. تمامی پیشبینی های دیگر علمی در مقابل این پیشبینی کمرنگ هستند. در اختر شناسی، جدیدترین مشاهدات تابش زمینه کیهانی به ما این اجازه را می دهد که با دقت ۱ در ۱۰۰۰۰۰ نتایج را با نتایج تئوری مقایسه کنیم که بسیار خوب است. با این حال با استفاده از

معادله دیراک و وجود ذرات مجازی پیش بینی شده ما می توانیم مقدار پارامتر های اتمی را حساب کنیم و آن را با مشاهداتمان مقایسه کنیم و تطابق شگفت انگیزی در حد خطای ۱ در یک میلیارد یا حتی کمتر از این عدد را مشاهده کنیم!

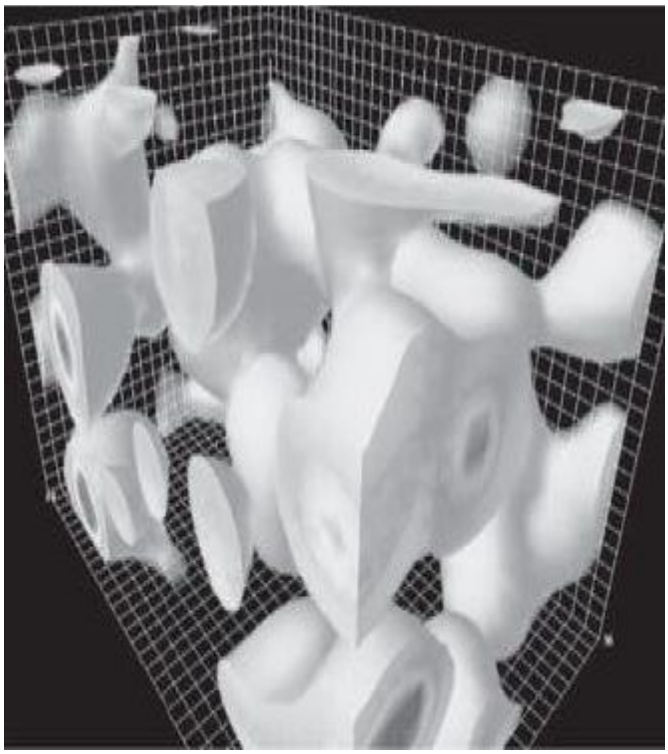
بنابراین ذرات مجازی وجود دارند.

با اینکه دقت باورنکردنی که در فیزیک اتمی وجود دارد بی رقیب است، زمینه دیگری نیز وجود دارد که ذرات مجازی نقش کلیدی را ایفا می کنند که مرتبط با موضوع اصلی این کتاب است. به نظر می آید که آنها مسئول قسمت عظیم جرم شما هستند و همچنین هر چیزی که در این دنیا قابل رویت است.

یکی از بزرگترین موفقیتهای دهه ۷۰ مربوط به فهم ما از ساختار ماده بواسطه کشف نظریه ای بود که با دقت زیاد اندرکنش کوارک ها[1] محاسبه می کند (ذراتی که پروتون ها و نوترون ها را تشکیل می دهند که در ادامه تمام موادی که می بینیم را بوجود می آورند). ریاضیات مرتبط با این نظریه پیچیده است و ده ها سال طول کشید تا تکنیک هایی بوجود آید که بتوان آن را بررسی کرد خصوصا در سیستمی که اندرکنش قدرتمند بین کوارکها قابل ارزیابی باشد. تلاش های دشواری آغاز شد که شامل ساخت پیچیده ترین کامپیوتر های پردازش موازی است که همزمان ده ها هزار پردازنده دیگر را به کار می گیرد تا مشخصات بنیادی پروتون ها و نوترون ها را محاسبه کند؛ ذراتی که ما واقعا اندازه می گیریم.

پس از این همه تلاش، ما امروزه تصویر خوبی از درون پروتون داریم که واقعا چه شکلی است. احتمالا سه کوارک در آن وجود دارد و بسیاری از چیزهای دیگر. خصوصا اینکه ذرات مجازی که ذرات و میدان هایی که نیروی قوی بین کوارک ها را انتقال می دهند، انعکاس می دهند دائما در حال پدیدار و ناپدید شدن هستند. در اینجا تصویری لحظه ای از آنچه که وجود دارد را می بینیم. مسلما این یک تصویر واقعی نیست اما نسبتا ترجمه هنرمندانه ای از ریاضیاتی است که دینامیک بین کوارک ها و میدان های متصل کننده آنها را نشان می دهد. اشکال عجیب و سایه روشن های مختلف نشان دهنده قدرت میدانهایی است که در حال اندرکنش با یکدیگر و با کوارکهای داخل پروتون هایی هستند و در عین حال ذرات مجازی در حال پدیدار و ناپدید شدن هستند.

[1] . Quark



پروتون متناوبا پر از این ذرات مجازی است و درحقیقت زمانی که ما می خواهیم میزان مشارکت این ذرات را در جرم پروتون محاسبه کنیم، در می یابیم که کوارکها به تنهایی جرم کمی را شامل می شوند و میدان هایی که توسط این ذرات به وجود می آیند بقیه انرژی و در حقیقت جرم سکون پروتون را تشکیل می دهند. همین مطلب در مورد نوترون نیز صادق است و از آنجایی که شما از پروتون ها و نوترون ها تشکیل شده اید همین مطلب در مورد شما نیز صادق است!

حال اگر ما بتوانیم اثرات ذرات مجازی را در فضای خالی درون و اطراف اتم محاسبه کنیم و همچنین این اثرات را در فضای خالی درون پروتون محاسبه کنیم، آیا نمی توانیم اثرات ذرات مجازی را در فضای خالی واقعی محاسبه کنیم؟

خب انجام این محاسبات سخت تر است. به این دلیل که زمانی که ما اثرات ذرات مجازی را بر روی اتم یا بر روی جرم پروتون محاسبه می کنیم ما در حقیقت انرژی کل اتم یا پروتون را محاسبه می کنیم که شامل ذرات مجازی نیز می شوند؛ سپس ما انرژی کلی که ذرات مجازی در آن سهیم هستند را بدون در نظر گرفتن اتم یا پروتون حساب می کنیم (یعنی در فضای خالی)؛ سپس این دو عدد را از هم کم کرده و اثرات خالص موجود در اتم یا پروتون را به دست می آوریم. علت انتخاب این روش این است که زمانی که ما این دو انرژی را از طریق معادلات مناسبشان حل می کنیم، به سمت بی نهایت میل می کنند اما زمانی که این دو مقدار را از هم کم کنیم به تفاضل محدودی می رسیم که دقیقا با عدد آزمایش شده برابری می کند!

با این حال زمانی که بخواهیم اثرات ذرات مجازی را به تنهایی در فضای خالی حساب کنیم، چون چیزی ازش کم نمی شود به بینهایت می رسیم.

بینهایت، حداقل در حیطه فیزیکدانها مقدار خوشایندی نیست و تا جای ممکن سعی در دوری از این مقدار داریم. مسلما انرژی فضای خالی (یا هر چیز دیگری را در نظر بگیریم) نمی تواند از لحاظ فیزیکی بینهایت باشد، پس ما باید راهی را بیابیم که با انجام محاسبات به آن طریق به عدد محدودی برسیم.

علت این نامحدودی ساده است. وقتی ما تمام ذرات مجازی را در نظر می گیریم که امکان ظهور داشته باشند، اصل عدم قطعیت هایزنبرگ (یادآوری کنم که می گفت عدم قطعیت در انرژی یک سیستم به طور معکوسی با مدت زمان مشاهده شما از سیستم رابطه دارد) عنوان می کند ذراتی که انرژی بیشتری حمل می کنند توانایی ظهور از عدم را دارند و در عین حال در زمان بسیار کوتاهی ناپدید می شوند. به طور کلی ذرات این توانایی را دارند که تا قبل از اینکه به سرعت ناپدید شوند انرژی تقریبا بینهایت با خود حمل کنند.

با این حال قوانین فیزیک آنگونه که برای ما شناخته شده است، تنها می تواند بر روی فواصل یا زمان هایی اعمال شود که از عدد بخصوصی بزرگتر باشند، که این عدد مرتبط با مقیاسی است که در آن برای فهم گرانش (و اثرات آن بر روی مکان-زمان) ما مجبوریم اثرات مکانیک کوانتومی را نیز در نظر بگیریم. تا وقتی که ما نظریه ای به نام "گرانش کوانتومی[۱]" نداشته باشیم، ما نمی توانیم برونیابی هایی که خارج از این محدوده است را بپذیریم.

بنابراین ما امیدواریم که فیزیک جدیدی که مرتبط با گرانش کوانتومی خواهد بود، بتواند مرزی تعیین کند برای این ذرات مجازی که در زمانی کمتر از "زمان پلانک[۲]" زندگی می کنند. سپس اگر ما بتوانیم اثر ذرات مجازی را با میزان انرژی برابر یا کمتر از مرز تعیین شده به صورت تجمعی محاسبه کنیم، می توانیم به عدد محدودی برسیم که بیانگر سهم ذرات مجازی از انرژی هیچ چیز می باشد.

اما مشکلی وجود دارد. این روش به اندازه تقریبا

۱۰۰
۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰

برابر بزرگتر از انرژی کل ماده شناخته شده موجود در جهان است به انضمام ماده تاریک!

[1] . Quantum Gravity
[2] . Planck-time

اگر محاسبه شکاف سطوح انرژِی اتمی[1] همراه با ذرات مجازی بهترین محاسبه تاریخ فیزیک محسوب می شود، این تخمین فضای انرژی – که با ضریبی از مرتبه ۱۲۰ [یعنی $۱۰^{۱۲۰}$] بزرگتر از کل انرژی موجود در جهان است- قطعا بدترین محاسبات است! اگر انرژی فضای خالی حتی ذره ای به این عدد نزدیک بود، نیروی دافعه نتیجه شده از آن (به خاطر آورید که انرژی فضای خالی برابر با ثابت کیهانی است) به حدی بود که باعث انفجار کره زمین می شد، اما مهم تر از آن، این نیرو آنقدر زیاد می بود که در همان لحظات اولیه انفجار بزرگ آنچنان سریع همه چیز را پراکنده می کرد که دیگر نه هیچ ساختاری، نه ستاره ای، نه سیاره ای و نه انسانی به وجود می آمد.

این مشکل که می توان آن را مشکل ثابت کیهانی نامید، تا زمانی در جریان بود که من هنوز دانشجوی کارشناسی ارشد نبودم و اولین بار توسط کیهان شناس روسی، یاکو زلدوویچ[2] در حوالی سال ۱۹۶۷ مطرح شد. این مسئله هنوز حل نشده و عمیقترین مساله بنیادی حل نشده در فیزیک امروز است.

علی رغم اینکه بیش از ۴۰ سال بود که ما نمی دانستیم چطور این مساله را حل کنیم، ما فیزیکدانان نظری می دانستیم جواب چه باید باشد. مانند شاگرد چهارم ابتدایی که می گوید انرژی فضای خالی صفر است، ما نیز همین احساس را داشتیم که زمانی که نظریه نهایی به دست آمد، این نظریه توضیح خواهد داد که چگونه اثرات ذرات مجازی همدیگر را خنثی کرده و فضای خالی را با انرژی دقیقا صفر باقی خواهد گذاشت. یعنی هیچ چیز، یا نسبتا هیچ چیز.

منطق ما بهتر از شاگرد چهارم ابتدایی بود، یا حداقل خودمان اینطور فکر می کردیم. ما نیازمند بودیم تا بزرگی انرژی فضای خالی را از آن عدد غول آسا که به سادگی تخمین زده شده بود کاهش دهیم و به عددی برسانیم که از حد بالایی که با مشاهدات به دست می آید کمتر باشد. این مطلب احتیاج به این دارد که ما روشی که منجر به تفریق دو عدد بسیار بزرگ می شود بیابیم تا این دو عدد ۱۲۰ رقم همدیگر را خنثی کرده و چیزی غیر صفر در جای ۱۲۱ ام باقی گذارند! اما در تاریخ علم سابقه ندارد که دو عدد بزرگ با چنان دقتی همدیگر را حذف کنند که عدد بسیار جزئی باقی بماند.

با این حال صفر عددی است که به سادگی به دست می آید. تقارن موجود در طبیعت به ما این اجازه را می دهد که ثابت کنیم تعدادی سهم برابر و مخالف از محاسبات مختلف به دست می آید که همدیگر را خنثی کرده و در نهایت دقیقا چیزی باقی نمی گذارد. یعنی دوباره هیچ چیز.

[1] . Atomic Energy Level Spacing
[2] . Yakov Zeldovich

بنابراین ما نظریه پردازان می توانیم به راحتی استراحت کرده و شب را بخوابیم. ما نمی دانستیم که چگونه به آنجا برسیم، اما جواب نهایی را می دانستیم.

با این حال طبیعت چیز دیگری در ذهن داشت.

فصل پنجم

جهانِ گریزان

تفکر درباره منشا حیات اشتباه محض است. باید درباره منشا ماده فکر کرد

چارلز داروین[1]

مطلبی که من و مایکل ترنر در سال ۱۹۹۵ مطرح کردیم به شدت بدعت آمیز بود. برپایه چیزی فراتر از تعصب بر روی نظریات ما احتمال دادیم که جهان ما تخت باشد. (دوباره تاکید کنم که جهان سه بعدی تخت مانند کلوچه ۲ بعدی که تخت باشد نیست، بلکه نسبتا همان فضای سه بعدی است که همه ما به طور پیشفرض تصور می کنیم که امواج نور در آن به صورت مستقیم حرکت می کنند. این تصویر در تضاد با تصویر پیچیده ای از فضای خمیده سه بعدی است که امواج نور در آن به طور منحنی حرکت می کنند.) بعد ما استنتاج کردیم که تمامی داده های کیهانی در آن زمان با یک جهان تخت سازگار است اگر ۳۰ درصد کل انرژی موجود در جهان به شکل ماده تاریک باشد همانطور که مشاهدات وجودش را نشان می دهد که در کهکشان ها و خوشه ها وجود دارد، اما بسیار عجیب تر از این بقیه ۷۰ درصد انرژی باقیمانده نه تنها نباید به شکل ماده باشد بلکه در خود فضای خالی باشد.

ایده ما با هر معیاری که در نظر بگیرید عجیب به نظر می آمد. به منظور به دست آوردن مقداری برای ثابت کیهانی که سازگار با ادعای ما باشد، عدد بدست آمده در فصل قبل باید با ضریبی از مرتبه ۱۲۰ کاسته می شد اما نباید دقیقا صفر می شد. یعنی باید هر کمیتی که در جهان موجود بود را به دقت میزان سازی می کردیم، بدون اینکه حتی تصوری در مورد این میزان سازی داشته باشیم.

به همین دلیل بود که وقتی که من در دانشگاه های مختلف در باره معمای جهان تخت سخنرانی می کردم، تنها می توانستم اندکی لبخند بر روی لب ها بنشانم نه بیشتر. فکر نمی کنم که کسی پیشنهاد ما را جدی می گرفت و حتی در باره خودم و ترنر هم مطمئن نیستم. هدف ما از ارائه این پیشنهاد این بود که به طور واضح به مطلبی اشاره کنیم که نه تنها ما، بلکه بسیاری از نظریه پردازان همکار من در سراسر دنیا به زودی با آن مواجه خواهند شد: در تصویر استانداردی که آن زمان درباره جهان وجود داشت ایرادی وجود دارد که باعث می شود

[1] . Charles Darwin

تقریبا تمام انرژی مورد نیاز برای جهان تخت را به ماده عجیب تاریک نسبت دهیم (و اندکی باریون[1] که شامل ما زمینی ها، ستارگان و کهکشان های مرئی می شود).

یکی از همکارانم اخیرا به من گفت که در طی دو سال بعد از پیشنهاد شما تنها چند مقاله به مقاله شما ارجاع داده بودند که ظاهرا بجز یکی دو تا از آنها بقیه توسط خودم یا ترنر نوشته شده بود! به همان میزان که جهان ما شگفت آور است، به همان میزان نیز جامعه علمی فکر می کرد ایده من و ترنر احمقانه است.

ساده ترین روش جایگزین برای جلوگیری از این تناقض این بود که احتمال دهیم جهان ما به جای تخت، باز باشد (جهانی که امواج نوری موازی اگر مسیرشان را دنبال کنیم به هم پیچ می خورند. البته این قضیه مربوط به قبل از زمانی است که محاسبات تابش زمینه کیهانی برای ما روشن سازد که این گزینه پذیرفتنی نیست.) با این حال گرچه این گزینه مشکلات خودش را داشت، اما به قوت خود باقی ماند.

از هر دانش آموز فیزیک دبیرستانی بپرسید با اطمینان می گوید گرانش، نوعی نیروی جاذبه جهانی است. مسلما مانند بسیاری از چیز های دیگر در علم ما امروزه می دانیم که ما باید افق [تفکراتمان] را گسترش دهیم، زیرا طبیعت قدرت تخیل بیشتر از ما دارد. اگر برای لحظه ای ما تصور کنیم که ماهیت جاذبه ای گرانش باعث می شود تا انبساط جهان در حال کاهش باشد، به یاد آورید که ما با فرض اینکه سرعت کهکشانی که در نقطه خاصی از ما قرار دارد از زمان انفجار بزرگ تا به امروز ثابت است، یک حد بالا برای سن جهان تخمین زدیم. این به این معنی است که اگر جهان در حال کاهش سرعت باشد، کهکشان مورد نظر روزی سریع تر از امروز از ما دور می شده است و بنابراین زمان کمتری طول می کشیده که به جایی که الان قرار دارد برسد. در جهانِ بازی که ماده بر آن حکم فرماست، کاهش سرعت در جهان کمتر از جهان تخت است، و بنابراین سن جهان باید بیشتر از جهان تختی باشد که تحت سلطه ماده و سرعت انبساط مشابهی در این لحظه است. این مقدار تقریبا نزدیک به عددی است که ما با فرض سرعت انبساط ثابت جهان در نظر گرفتیم.

به یاد آورید که انرژی غیر صفر در فضای خالی می تواند یک ثابت کیهانی تولید کند – مانند دافعه گرانشی[2] – که به طور ضمنی می گوید انبساط جهان در طول زمان افزایش خواهد یافت و بنابراین به این معنی است که کهکشان ها در زمان های قدیم سرعت دور شدنشان کمتر از این مقدار بود. یعنی زمان بیشتری طول کشیده تا به جایگاه امروزیشان برسند. در حقیقت با مقداری که امروزه از ثابت هابل در دست داریم، بیشترین سن محتمل جهان (حدود ۲۰ میلیارد سال) با در نظر گرفتن ثابت کیهانی و ماده مرئی و تاریک به دست آمده است که ما مقدار ثابت را آزادانه تطبیق دادیم و با چگالی ماده موجود در جهان همراه کردیم.

[1] . Baryon
[2] . Gravitational Repultion

در سال ۱۹۹۶ من به همراه دوستان و همکارانم برایان چابویر و پیر دامارک از دانشگاه ییل و دانشجوی پسا دکتری پیتر کرنان[1] از کیس وسترن رزرو تلاش کردیم تا عددی را به عنوان حد پایین سن ستارگان تخمین بزنیم که عدد ۱۲ میلیارد سال به دست آمد. ما این کار را با مدل کردن تکامل میلیون ها ستاره در کامپیوتر های پر سرعت انجام داده و سپس با رنگ و تابش ستارگان واقعی که در خوشه های کروی[2] در کهکشان ما وجود دارند که تصور می شد جزء پیرترین اجرام کهکشان ما هستند مقایسه کردیم. با فرض اینکه تشکیل کهکشان ما یک میلیارد سال طول کشیده، این حد پایین به طور شدیدی با یک جهان تخت ناشی از ماده مخالفت کرد و جهان تخت توام با ثابت کیهانی را تایید کرد.(یکی از مواردی که نتیجه گیری های مقاله قبلی ام با ترنر را برجسته کرد) و در عین حال جهان باز در حال پس و پیش رفتن بود.

با این حال، سن پیرترین ستاره ها توسط مشاهداتی که در هر زمان دقت و حساسیت خود را داراست، تعیین می شود و در سال ۱۹۹۷ داده های به دست آمده جدید ما را مجاب کرد که تخمین مان را به اندازه ۲ میلیارد سال کاهش دهیم که ما را به جهان جوانتری سوق داد. شرایط دوباره مبهم شد و هر سه فلسفه کیهان شناسی دوباره جان تازه ای یافتند و خیلی از ما را دوباره به تفکر و گمانه زنی وا داشت. تمام این سردرگمی ها در سال ۱۹۹۸ بر حسب اتفاق همزمان با آزمایش بومرنگ که جهان تخت را نتیجه می داد، پایان یافت.

در طول ۷۰ سال پس از محاسبه سرعت انبساط جهان توسط ادوارد هابل، اختر شناسان هرچه بیشتر کوشیدند تا یک عدد دقیق برای آن پیدا کنند. به خاطر بیاورید که در سال ۱۹۹۰ آنها توانستند یک "شمع استاندارد" بیابند یعنی جسمی که رصد کنندگان احساس کردند درباره درخشش ذاتی اش[3] به طور مستقل می توانند مطمئن باشند، و زمانی که آنها درخشش ظاهری[4] آن را اندازه گرفتند توانستند فاصله اش را نتیجه بگیرند. شمع استاندارد به نظر قابل اعتماد می آمد و جسمی بود که می توان در اعماق فضا و زمان مشاهده اش کرد.

اخیرا ثابت شده است نوع خاصی از ستاره در حال انفجار به نام ابرنواختر آی-اِی رابطه ای بین طول عمر و درخشندگی اش دارد. محاسبه مدت زمان درخشش ابرنواختر آی-اِی نیازمند دخیل کردن اثرات اتساع زمان ناشی از انبساط جهان است، که باعث می شود طول عمر به دست آمده چنین ابرنواختری بیشتر از طول عمر واقعی آن در حال سکون باشد. با این وجود ما می توانیم قدر مطلق[5] آن را نتیجه بگیریم و قدر ظاهری[6] آن را با تلسکوپ محاسبه کنیم و در نهایت فاصله کهکشان میزبانی که ابرنواختر در آن منفجر شده است را محاسبه

[1] . Bryan Chaboyer, Pierre Demarque, Peter Kernan
[2] . Globular Clusters
[3] . Intrinsic Luminosity
[4] . Apparent Luminosity
[5] .Absolute Brightness
[6] . Apparent Brightness

کنیم. محاسبه سرخ گروی آن کهکشان به طور همزمان می تواند سرعتش را به ما بدهد. تلفیق این دو این امکان را به ما می دهد تا به دقت سرعت انبساط جهان را حساب کنیم.

از آنجایی که ابرنواختر ها بسیار درخشان هستند، نه تنها به عنوان ابزاری برای اندازه گیری ثابت هابل استفاده می شوند بلکه به رصد کنندگان این امکان را می دهند که به زمان های بسیار جزئی از کل عمر جهان نگاه کنند.

این قضیه امکان جدید و هیجان انگیزی را پیش روی منجمان گذاشت تا بتوانند تغییرات ثابت هابل را در طول زمان کیهانی اندازه گیری کنند.

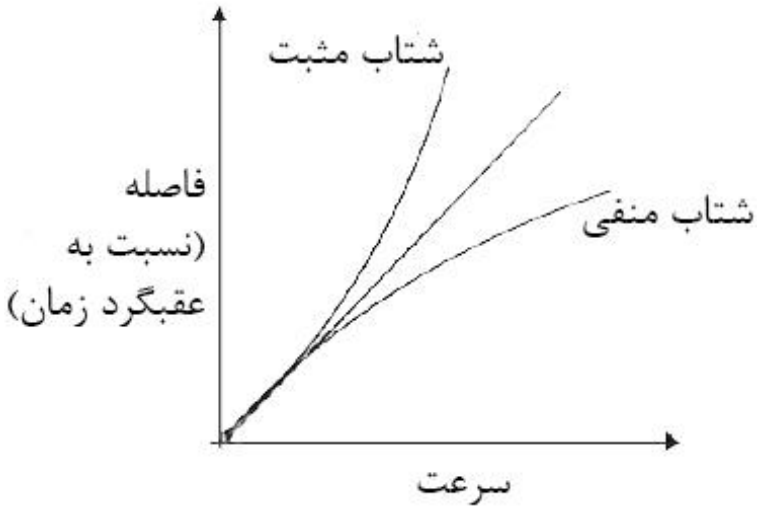
محاسبه اینکه چگونه یک ثابتی تغییر می کند به نظر تناقض می آید و علتش این است که ما انسان ها عمر بسیار کوتاهی در مقیاس عمر کیهان داریم. در طول دوره عمر انسان سرعت انبساط جهان واقعا ثابت است. اما همانطور که گفتم سرعت انبساط جهان در طول زمان کیهانی به علت اثرات گرانش تغییر می کند. اخترشناسان استدلال کردند که اگر بتوانند سرعت و فاصله ابرنواختری که بسیار دورتر از ما قرار دارند را اندازه بگیرند – که در دوردست ترین نقاط قابل رویت جهان وجود دارد- آنها می توانند نرخ کاهش سرعت انبساط جهان را به دست بیاورند (چون تصورشان بر این بود که جهان کاملا قابل پیشبینی رفتار می کند و گرانش غالب جهان جذب کننده است). این مسئله در ادامه هندسه جهان را که باز، بسته یا تخت است برایشان آشکار می کرد، زیرا نرخ کاهش سرعت بر اساس تابعی از زمان برای هر هندسه ای متفاوت است.

در سال ۱۹۹۶ من در حال بازدید از آزمایشگاه لاورنس برکلی بودم و درباره کیهان شناسی و پروژه های مختلف علمی با کمک همکارانم سخنرانی می کردیم. من یک مطلبی را در باره ادعایمان مبنی بر وجود انرژی در فضای خالی به بحث گذاشته بودم که پس از آن سول پرلماتر[1] یک فیزیکدان جوان که بر روی یافتن فاصله ابرنواختر ها کار می کرد به سمت من آمد و گفت " ما ثابت خواهیم کرد که این مطلب اشتباه است!". سول به این قسمت از مطلب من در باره جهان تخت اشاره می کرد که ادعا کرده بودیم ۷۰ درصد انرژی جهان در فضای خالی موجود است. به خاطر آورید که این انرژی باعث ایجاد ثابت کیهانی می شود و در نتیجه نوعی نیروی دافعه تولید می کند و انبساط جهان را تحت تاثیر قرار داده و سرعت آن را افزایش خواهد داد نه کاهش.

همانگونه که توضیح داده ام اگر سرعت انبساط جهان در طول زمان کیهانی افزایش یابد، سنش در حال حاضر بیشتر از زمانی خواهد بود که فرض کنیم سرعتش کاهش خواهد یافت. این یعنی نگاه به عقبی که ما به کهکشان هایی با سرخ گروی مرتبطشان می کنیم، طولانی تر از حالت برعکس می شود. در ادامه چون آنها زمان بیشتری را در حال دور شدن از ما بودند، به این معنی است که نوری که از آنها به ما می رسد از فاصله دورتری

[1] . Saul Perlmutter

می آید. ابرنواختر های موجود در کهکشان ها با سرخ گروی مشخص کم نور تر از حالتی دیده می شوند که نزدیکتر به ما بودند. به صورت نموداری اگر کسی سرعت را در برابر فاصله اندازه بگیرد، شیب نمودار در محدوده کهکشان ها نشان دهنده نرخ انبساط امروز خواهد بود و با توجه به اینکه انحنای نمودار برای ابرنواختر های دور به سمت بالا باشد یا پایین می توانیم بفهمیم که سرعت انبساط جهان در زمان کیهانی زیاد می شود یا کم می شود.



دو سال پس از ملاقات ما، سول و همکارانش که عضوی از تیم بین المللی پروژه کیهان شناسی ابرنواختر[1] بودند، مقاله ای بر پایه داده های اولیه شان منتشر کردند که واقعا ثابت می کرد ما در اشتباه بودیم. (البته آنها درباره اشتباه ما بحث نکردند زیرا آنها به همراه بسیاری از منجمین پیشنهاد ما را زیاد جدی نگرفته بودند). داده های آنها این را بیان می کرد که نمودار فاصله-سرخ گروی انحنای به سمت پایین دارد و درنتیجه حد بالای انرژی فضای خالی آنقدری نیست که بتواند سهم مهمی در انرژی امروز کل جهان بگذارد.

با اینحال، مثل اکثر موارد، داده هایی که در ابتدا به دست می آیند نمی توانند کل داده های را نمایندگی کنند – یا شما از لحاظ آماری بد شانس خواهید بود، یا خطاهای غیر قابل پیشبینی سیستمی بر روی داده هایتان اثر خواهد گذاشت که معلوم هم نخواهد شد مگر زمانی که نمونه های بسیاری داشته باشید. مشابه همین اتفاق برای داده های منتشر شده پروژه کیهان شناسی ابرنواختر افتاد و در نتیجه نتایجشان اشتباه از آب در آمد.

پروژه بین المللی جستجوی ابرنواختر دیگری به نام تیم جستجوی ابرنواختر های-زد[2] به سرپرستی برایان اشمیت[3] در رصد خانه مانت استرومِلو در استرالیا، در حال انجام برنامه ای مشابه با قبلی بود که آنها نتایج

[1] . Supernova Cosmology Project
[2] . High-Z Supernova Search Team
[3] . Brian Schmidt

متفاوتی گرفتند. برایان اخیرا به من گفت زمانی که اولین داده های مهم ابرنواختر های-زد به دست امد که جهانی با شتاب مثبت و با انرژی چشمگیر در خلاء را نتیجه می داد، آنها از ادامه رزرو تلسکوپ انصراف دادند توسط مجله ای اطلاع دادند که باید اشتباه کرده باشند زیرا پروژه کیهان شناسی ابرنواختر نتیجه گرفته بود که واقعا تخت است و ماده بر آن حاکم است.

جزئیات داستان رقابت بین این دو گروه بدون شک می توانست بارها تکرار شود، مخصوصا زمانی که آنها جایزه نوبل را با هم تقسیم کنند که قطعا این اتفاق خواهد افتاد. نیازی به نگرانی در باره حق تقدم نیست. کافی است بگوییم در سال ۱۹۹۸ گروه اشمیت مقاله ای منتشر کردند که ثابت شده بود جهان ظاهرا در حال سرعت گرفتن است. حدود ۶ ماه بعد گروه پرلماتر مقاله ای منتشر کردند و نتایج مشابهی را اعلام کردند و نتایج ابرنواختر های-زد را تایید کردند و اعتراف به اشتباه پیشین خود کردند و در نهایت بر جهانی که انرژی فضای خالی بر آن چیره است که امروزه با انرژی تاریک[1] شناخته می شود مهر تایید زدند.

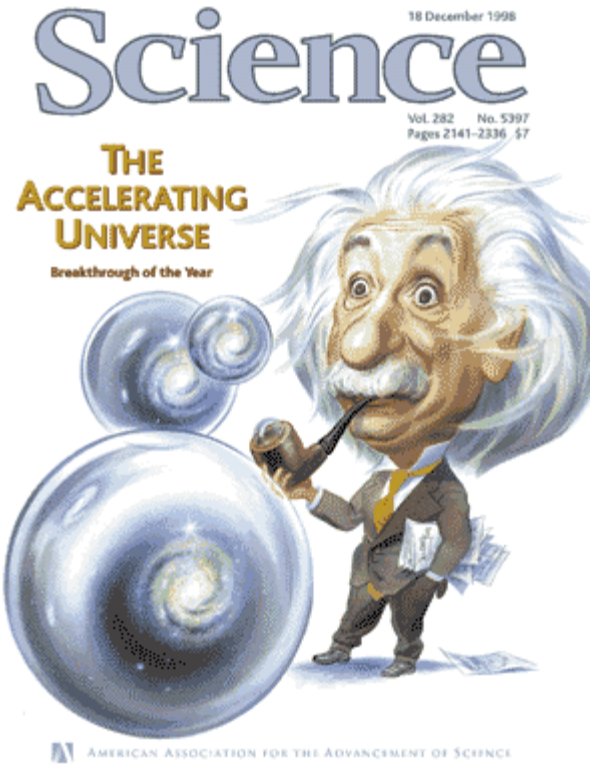
سرعتی که این داده ها توسط جامعه علمی استفاده شد – که گرچه قبل از پذیرفتن این داده ها جامعه علمی نیازمند به روزرسانی کامل تصویر مورد قبول خود از جهان بود - می تواند به عنوان مطالعه جالبی درباره جامعه شناسی علمی باشد. تقریبا در طول یک شب تا صبح به نظر می آمد که اجماع جهانی در پذیرفتن این داده ها بوجود آمد، اگرچه همانطور که کارل سگن[2] تاکید کرده "ادعاهای خارق العاده نیازمند شواهد خارق العاده است". این واقعا یک ادعای خارق العاده بود.

در دسامبر ۱۹۹۸ من زمانی که دیدم نشریه ساینس کشف جهان شتاب دار را به عنوان پیشرفت غیر منتظره علمی سال عنوان کرده است و تصویر متعجبی از انیتشتین را بر روی جلد نشریه گذاشته است شوکه شدم.

از نظر من مطلب آنچنان عجیب نبود که روی جلد نشریه بیاید. دقیقا برعکس. اگر درست باشد، این یکی از مهمترین اکتشافات نجومی زمان ماست، اما داده های آن زمان شدیدا وسوسه انگیز بود. [پذیرفتن این داده ها] نیازمند چنان تغییری در ذهنیت ما از جهان بود که من احساس کردم همه ما باید خیلی محتاط عمل کنیم و قبل از اینکه همه ذهنها به سمت ثابت کیهانی برود، از سایر عللی که ممکن بود عامل این اثر که توسط دو تیم به دست آمده بود، باشند، مطمئن شویم.

خاطرم هست که در آن زمان به حداقل یک روزنامه نگار گفته بودم : اولین باری که من اعتقادم را به ثابت کیهانی از دست دادم زمانی بود که رصد گران ادعای کشفش را کرده بودند.

[1] . Dark Energy
[2] . Carl Sagan



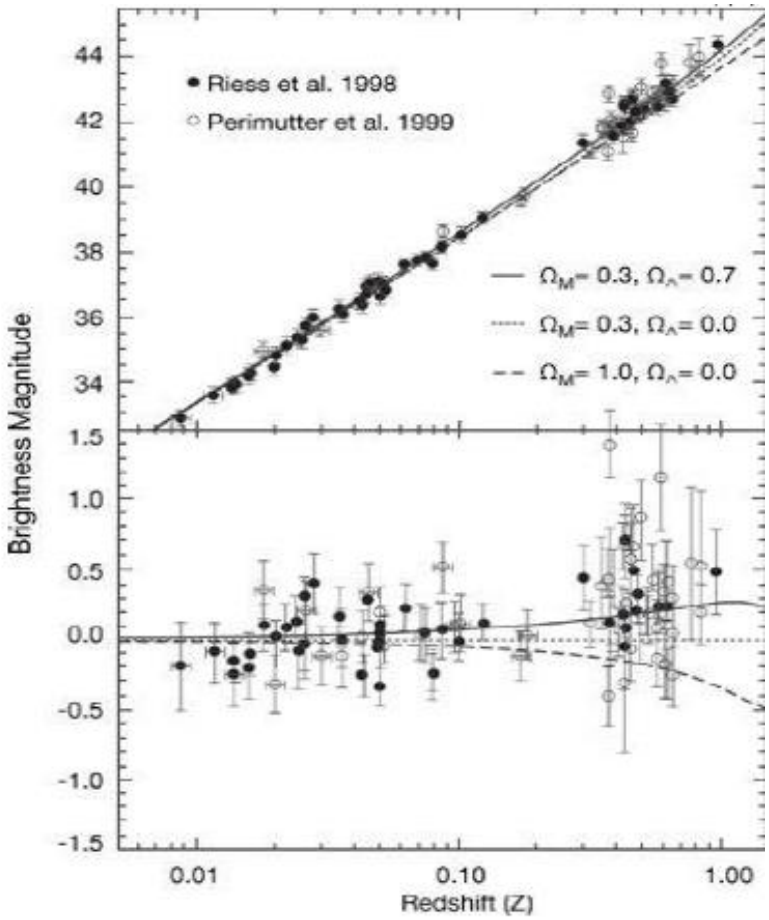
عکس العمل نامناسب من ممکن است عجیب به نظر برسد زیرا من همین احتمال را در طول یک دهه به روش های مختلفی ترویج می دادم. به عنوان یک نظریه پرداز من معتقدم تفکر عمیق خوب است مخصوصا زمانی که روش های جدیدی برای آزمایش می یابَد. اما معتقدم که تا جای ممکن باید هنگام امتحان داده های واقعی محافظه کار بود، شاید به این دلیل که من طی دوره ای به بلوغ علمی رسیدم که بسیاری از ادعاهای تجربی جدید و شگفت انگیز در زمینه خودم که فیزیک ذرات است، نادرست از آب درآمده اند. کشفیاتی از وجود نیروی پنجم در طبیعت گرفته تا کشف ذرات بنیادی جدید تا مشاهده فرضی که می گفت کل جهان ما در حال گردش است. تمام اینها با هیاهوی زیادی آمده و رفته اند.

بزرگترین نگرانی درباره ادعای کشف جهان شتاب دار در آن زمان این بود که ممکن است آن ابرنواختر هایی که کم نور تر از حد انتظار دیده می شوند، دلیلی غیر از شتابدار بودن جهان داشته باشد و دلایلی مانند این دو داشته باشد: (۱) آنها واقعا کم نور هستند (۲) ممکن است غبار کهکشانی[1] یا بین کهکشانی وجود داشته که آنها را نسبتا کم نور جلوه می دهد.

در دهه پیش روی آن بهر حال معلوم شد که شواهد جهان شتاب دار بسیار پیچیده و تقریبا غیر قابل اتهام شد. در ابتدا ابرنواختر های زیادی که سرخ گروی زیادی دارند مورد بررسی قرار گرفتند. از بین این داده ها یک

[1] . Galactic Dust

تحلیل جامع از ابرنواختر ها توسط دو گروه در طی یک سال از مقاله قبلی صورت پذیرفت که نمودار های زیر را نتیجه داد:



به عنوان راهنمایی برای اینکه بدانید منحنی فاصله-سرخ گروی به سمت بالا یا پایین خم می شود، تهیه کنندگان این نمودار خط نقطه چینی را در نیمه بالای نمودار، از گوشه پایین چپ به گوشه بالا راست کشیده اند که از میان داده هایی عبور می کند که ابرنواختر ها را نشان می دهند. شیب این خط سرعت انبساط امروز را می گوید. سپس در نیمه پایین نمودار همان خط را به صورت افقی رسم کرده اند. اگر جهان در حال کاهش سرعت بود که در سال ۱۹۹۸ این عقیده را داشتیم ابرنواختر های دور با سرخ گروی z نزدیک به یک باید زیر خط راست می افتادند. اما همانطور که می بینید اکثر آنها بالای خط افتاده اند. این به یکی از دو دلیل زیر است:

۱. یا داده ها اشتباهند
۲. انبساط جهان شتابدار است [شتاب مثبت]

اگر ما برای لحظه ای گزینه دوم را انتخاب کنیم و بپرسیم "چقدر انرژی باید در فضای خالی موجود باشد تا بتوان شتاب محاسبه شده را تولید کرد؟" جوابی که به دست خواهد آمد جالب توجه است. منحنی توپر که

بهترین برازش داده هاست، مرتبط با جهان تختی است که از ۳۰ درصد انرژی در ماده و ۷۰ درصد انرژی در فضای خالی تشکیل شده است. این اعداد به طرز شگفت انگیزی به طور دقیق همان مقادیری است که برای تشکیل جهان تخت نیاز داریم که با ۳۰ درصد ماده مورد نیاز که در کهکشان ها و خوشه ها موجود است سازگار باشد. تطبیق ظاهرا خوبی بدست آمد.

بهر حال این ادعا که ۹۹ درصد جهان نامرئی است (یک درصد مرئی هم درمیان دریایی از ماده تاریک که خود توسط انرژی تاریک احاطه شده، قرار دارد) در رده ادعاهای خارق العاده قرار می گیرد و بنابراین ما در ابتدا باید گزینه اولی که در بالا مطرح شد را به طور جدی بررسی کنیم، یعنی ممکن است داده ها اشتباه باشند. در دهه گذشته تمامی دیگر داده های کیهان شناسی این تصورعجیب از جهان را استحکام بخشیده اند که ما جهان تختی داریم که فضای خالی آن دارای انرژی است و هر آنچه که می بینیم کمتر از یک درصد انرژی کل جهان است به همراه ماده ای که عموما از ذرات بنیادی ناشناخته ای تشکیل شده است و ما آن را نمی بینیم.

در ابتدا داده های جدیدی که از تکامل ستاره ای به دست آوردیم به دلیل استفاده از ماهواره های جدید، بهبود یافته اند و فراوانی عناصر را در ستاره های پیر به ما داده اند. با استفاده از اینها من و همکارم چابویر در سال ۲۰۰۵ توانستیم نشان دهیم که عدم قطعیتی که در رابطه با سن جهان وجود دارد با وجود این داده ها به قدری کم می شود که امکان عدد های کمتر از ۱۱ میلیارد سال را باید از ذهنمان خارج کنیم. این اعداد با جهانی که فضای خالیش دارای مقدار قابل توجهی انرژی است ناسازگار هستند. دوباره بگویم، از آنجایی که هنوز مطمئن نیستیم این انرژی مرتبط با ثابت کیهانی است، به همین دلیل هنوز با نام ساده تر "انرژی تاریک" مطرح می شود به مانند "ماده تاریک" که در کهکشان ها غالب است.

تخمین سن جهان در سال ۲۰۰۶ پس از اندازه گیری های دقیق ماهواره WMAP از تابش زمینه کیهانی به شدت بهبود پیدا کرد و منجمین این امکان را یافتند که تاریخ انفجار بزرگ را دقیق تر محاسبه کنند. ما امروزه سن جهان را با چهار عدد با معنی می دانیم. این عدد ۱۳/۷۲ میلیارد سال است!

من هیچگاه باور نمی کردم که در طول دوران زندگی من بتوانیم به این عدد دقیق برسیم. اما حالا که این عدد را در اختیار داریم، می توانیم تایید کنیم که نمی توان بدون وجود انرژی تاریک چنین سرعت انبساطی داشت و به طور خاص این انرژی تاریک دقیقا مشابه انرژی یی که ثابت کیهانی آن را نمایندگی می کند رفتار می کند. در حقیقت به نظر می آید که این انرژی است که در طول زمان ثابت خواهد ماند.

در دستاورد مهم بعدی علم، منجمین توانستند به دقت حساب کنند که موادی مانند کهکشان ها چطور در طول زمان کیهانی توانستند به صورت خوشه ای درآیند. نتایج، به سرعت انبساط جهان بستگی دارد و به رقابتی که بین نیروی جاذبه که کهکشان ها را به هم نزدیک می کند با انبساط کیهانی که مواد را از هم دور می

کند، وجود دارد. هر قدر مقدار انرژی فضای خالی بیشتر باشد، این انرژی سریعتر بر انرژی کل دنیا چیره می شود و هرقدر شتاب انبساط جهان بیشتر باشد سریعتر گرانشی را که می خواهد مواد را در هم بکوبد متوقف می کند، حتی در مقیاس های بزرگ.

با محاسبه خوشه شدن ناشی از گرانش[1]، منجمین توانستند دوباره تایید کنند که تنها جهان تختی که با ساختار های بزرگ رصد شده در جهان سازگار است، جهانی است که دارای ۷۰ درصد انرژی تاریک باشد و دوباره بگویم این انرژی تاریک کمابیش مانند انرژی یی که توسط ثابت کیهانی نمایندگی می شود، رفتار می کند.

مستقل از این تحقیقات غیر مستقیم درباره تاریخ انبساط جهان، رصد کنندگان ابرنواختر ها آزمایشات گسترده ای را برای حذف خطاهای محتمل سیستمی که می تواند در تحلیل های آنها وارد شود انجام دادند که یکی از آنها شامل احتمال افزایش غبار در فواصل بزرگ بود که می توانست ابرنواختر ها را کم نور تر نشان دهد و تمامی این خطا ها را یک به یک کنار گذاشتند.

یکی از مهمترین آزمایشات آنها جستجو در زمان بود.

در زمان های عقبتر، زمانی که اندازه جهان ما کوچکتر از امروز بود، چگالی ماده بسیار بیشتر بود. با این حال چگالی انرژی در فضای خالی در طول زمان در صورتی که مانند ثابت کیهانی تغییر نکند، همواره ثابت است. در نتیجه زمانی که جهان کمتر از نصف اندازه امروز خود را داشت چگالی انرژی موجود در ماده بر چگالی انرژی فضای خالی غلبه می کرد. در تمامی زمان های قبل از این، ماده و نه فضای خالی، نیروی گرانش غالب را تولید می کرد که بر روی انبساط تاثیر می گذاشت. در نتیجه جهان در حال کاهش سرعت [شتاب منفی] بود.

در مکانیک کلاسیک نقطه ای که سیستم شتاب خود را عوض می کند و مخصوصا از منفی به مثبت می رود نقطه تغییر شتاب [نقطه عطف نمودار] می گویند. من کنفرانسی در دانشگاهمان ترتیب داده بودم که آینده کیهان شناسی را بررسی کنیم و یکی از اعضای شناسایی ابرنواختر های-زد به نام آدام رایس[2] را نیز دعوت کرده بودم. او به من گفته بود که نکته جالبی را در کنفرانس خواهم گفت و این کار را کرد. روز بعدی روزنامه نیویورک تایمز که گزارش این کنفرانس را به عهده داشت در سر خط اخبار عکس آدام را گذاشته بود با نوشتن این جمله که "موجود پلید کیهانی یافت شد". من این تصویر را نگهداشتم و هر از چند گاهی محض خنده به آن نگاه می کنم.

[1] . Gravitational Clustering
[2] . Adam Riess

بررسی همراه با جزئیات تاریخ انبساط جهان که می گوید جهان از دوره ای با شتاب منفی به دوره ای با شتاب مثبت حرکت کرده است، اهمیت قابل توجهی به این ادعا داد که محاسبات اولیه که انرژی تاریک را پیشبینی می کرد کاملا درست بود. با سایر مدارک موجود که در اختیار داریم و تعصبی که بر این تصویرمان از جهان داریم، خیلی سخت است که روزی بفهمیم که در کل این زمان مسیر را اشتباه طی کرده ایم.[به عبارت دیگر دنبال نخود سیاه بودیم!] چه خوشایند باشد چه نباشد [ایده] انرژی تاریک به نظر ماندنی خواهد بود یا حداقل فرمش عوض خواهد شد.

منشا و ماهیت انرژی تاریک مسلما بزرگترین معمای فیزیک بنیادی امروز است. ما هیچ اطلاعات دقیقی نداریم که این انرژی از کجا امده و چرا این مقدار را دارد. همچنین ما نمی دانیم که چه شد که این انرژی بر انبساط جهان چیره شد و تقریبا در همین زمان های اخیر یعنی ۵ میلیون سال قبل این اتفاق افتاد، خواه کاملا تصادفی بوده باشد. طبیعی است که گمان ببریم منشا این انرژی کاملا در ارتباط با آغاز جهان باشد و تمامی شواهد نشان می دهد [این انرژی] آینده جهان را نیز تعیین می کند.

فصل ششم

ناهار مجانی در پایان جهان

فضا بزرگ است. واقعا بزرگ است. باور نخواهید کرد که چقدر وسیع و پهناور است که در ذهن انسان نمی گنجد. منظورم این است که بعضی ها فکر می کنند وسعت علمی که مربوط به شیمیدان هاست خیلی زیاد است، اما این در مقابل فضا در حد یک دانه بادام زمینی است.

داگلاس آدامز ،راهنمای مسافرین درباره کهکشان ها[1]

فکر کنم پنجاه درصد چیز بدی نیست. ما کیهان شناسان حدسمان در باره تخت بودن جهان درست از آب در آمد، پس ما خیلی هم دستپاچه نشدیم وقتی با این نکته مواجه شدیم که فضای خالی در حقیقت دارای انرژی است و این انرژی به حدی است که انبساط جهان را تحت الشعاع خود قرار می دهد. وجود این انرژی غیر محتمل بود، اما غیر محتمل تر از آن این بود که این انرژی آنقدر زیاد نیست که جهان را غیر قابل سکونت کند. یعنی اگر انرژی فضای خالی در حدی بود که در تخمین اولیه به دست آمده بود و قبلا توضیح دادم، سرعت انبساط جهان آنقدر زیاد می بود که هر چیزی که ما امروزه در جهان می بینیم، همگی به سرعت پخش و پلا شده بودندو جهان سرد، تاریک و فرصتی برای تشکیل ستارگان، خورشید ما و کره زمین ما پیش نمی آمد.

از بین تمام دلایلی که جهان را تخت فرض می کردند، احتمالا قابل فهم ترین شان این بود که جهان همواره تقریبا تخت تصور می شد. حتی قبل تر ها، زمانی که هنوز ماده تاریک کشف نشده بود و کل ماده مرئی موجود در کهکشان ها و اطرافشان در حد ۱ درصد مورد نیاز برای جهان تخت را تشکیل می داد.

خب ۱ درصد عدد زیادی نیست، اما جهان ما پیر است، میلیارد ها سال عمر دارد. با فرض اینکه اثرات گرانشی ماده و تشعشعات بر تکامل این انبساط حاکم بوده باشد، که ما فیزیکدانان همواره بر این باور بودیم، حال که جهان ما کاملا تخت نیست، به تدریج که منبسط می شود از حالت تخت خود خارج می شود.

اگر این جهان باز است، انبساط با سرعت بیشتری از جهان تخت ادامه خواهد یافت، و جهان را از چیزی که می بینیم پراکنده تر خواهد کرد، چگالی خالص آن را کاهش خواهد داد و در نهایت به چگالی بسیار ناچیزی خواهد رسید که بسیار دورتر از چیزی است که برای جهان تخت نیازمندیم.

[1] . DOUGLAS ADAMS, The Hitchhiker's Guide to the Galaxy

اگر جهان بسته باشد، سرعت انبساطش کاهش یافته و در نهایت باعث فروریزشش می شود. در ابتدا چگالی آن با سرعت کمتری نسبت به جهان تخت کاهش می یابد و هنگامی که جهان شروع به فروریزش می کند چگالی آن شروع به افزایش می کند. یک بار دیگر بگوییم که چگالی جهان از چگالی مورد انتظار برای وقوع جهان تخت، به مرور زمان فاصله می گیرد.

جهان از زمانی که سنش ۱ ثانیه بود تا به امروز اندازه اش تقریبا یک تریلیون برابر شده. اگر در آن زمان چگالی جهان از چگالی مورد نیازش برای جهان تخت فاصله داشت، مثلا ۱۰ درصد آن میزان بود، اختلافی که چگالی امروز با چگالی مورد انتظار جهان تخت داشت در حد یک تریلیون برابر بود. این عدد بسیار بیشتر از عدد ۱۰۰ است که نسبت ماده مرئی را به سایر مواد که جهان تخت را الزامی می کند می رساند.

این مساله به خوبی شناخته شده بود، حتی در سال ۱۹۷۰ و به عنوان مشکل تخت بودن نام گذاری شده بود. تصور هندسه جهان مانند تصور مدادی است که بر روی نوکش به طور قائم ایستاده است. کوچکترین عدم تعادلی باعث افتادن مداد می شود. جهان تخت نیز به همین شکل است. کوچکترین انحراف از جهان تخت به سرعت گسترش می یابد. پس چطور ممکن است که جهان امروزه بسیار نزدیک به تخت بودن باشد اما دقیقا تخت نباشد؟

جواب ساده است: جهان امروزه باید لزوما تخت باشد.

جواب در حقیقت خیلی هم ساده نیست، زیرا این سوال را به همراه می آورد که چگونه شرایط اولیه طوری گرد هم آمدند که جهان تخت را نتیجه دهند؟

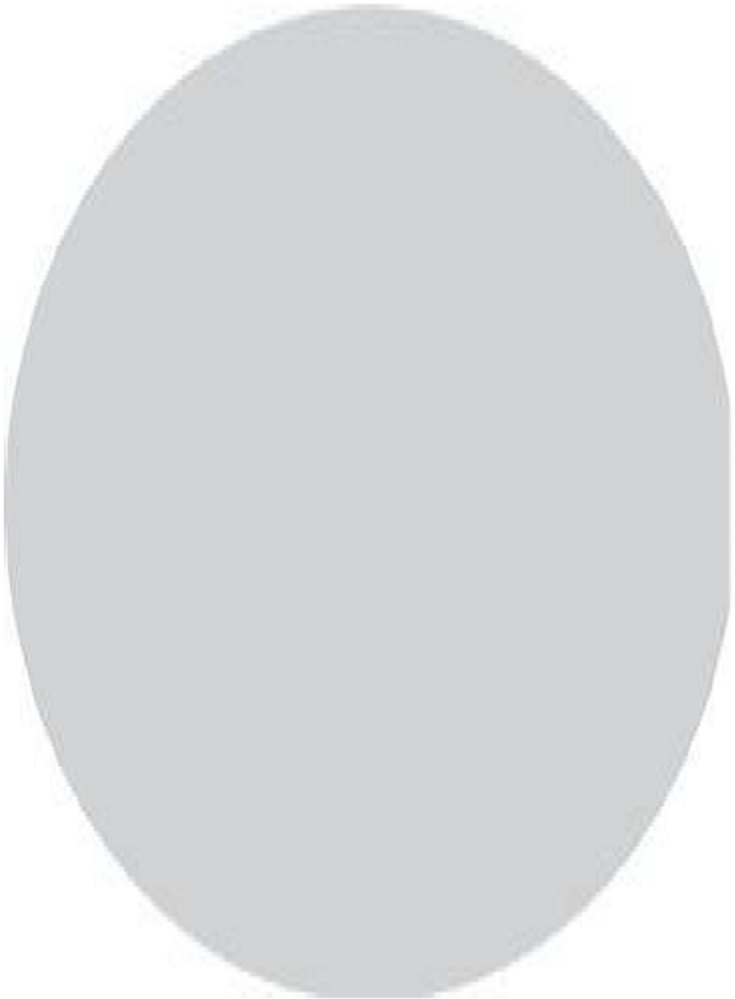
دو جواب برای سوال سخت تر دوم داریم. اولین جواب مربوط به سال ۱۹۸۱ و زمانی است که فیزیک دان نظری و محقق پسا دکتری از دانشگاه استنفورد، آلن گوت، در باره مشکل تخت بودن[1] و دو سوال دیگر مرتبط با تصویر انفجار بزرگ فکر می کرد: مشکل افق[2] و مشکل ذره تک قطبی[3] [در اوایل سال ۲۰۱۴ محققانی از دانشگاه Aalto فنلاند و Amherst آمریکا توانستند به طور مصنوعی، تک قطبی مغناطیسی بسازند] . فعلا کافی است درگیر همان مشکل اول باشیم، زیرا مسئله ذره تک قطبی می تواند مشکلات تخت بودن یا افق را بدتر کند.

مشکل افق مربوط به این واقعیت می شود که تابش زمینه کیهانی به شدت یکنواخت است. انحرافات کوچک دمایی، که همانطور که قبلا گفتم نشان دهنده تغییرات چگالی در ماده و تشعشع در زمان چند صدهزار سالگی

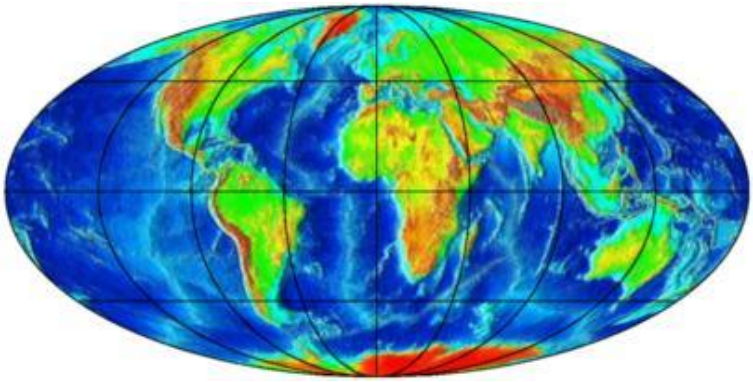
[1] . Flatness Problem
[2] . Horizon Problem
[3] . Monopole Problem

جهان است ، کمتر از یک ده هزارم انحرافاتی است که برای حالات دیگر چگالی و دمای یکنواخت زمینه پیش می آید. زمانی که من بر روی این انحرافات کوچک تمرکز کرده بودم، سوال عمیق تر و مهمتر این بود که جهان چه طور از همان اول یکنواخت بود؟

نهایتا، اگر من به جای تصویر قبل CMBR (که تغییرات دمایی کمتر از چند ده هزارم، با رنگ متفاوت نشان داده شده است)، من تصویری از آسمان ریزموج در مقیاس خطی نشان می دادم (که تغییراتی که در سایه روشن ها دیده می شود حدودا در حد ۰,۰۳ ± کلوین حول میانگین دمای ۲,۷۲ درجه بالای صفر مطلق می باشد، یا تغییرات در حد یک صدم حول میانگین) تصویر شبیه این می شد:



این تصویر را که هیچ چیز قابل تشخیص ساختاری ندارد، با تصویر مشابهی از سطح زمین که حساسیت آن کمی بیشتر باشد و انحرافات ۱ در ۵۰۰ از میانگین را با تغییر رنگ نشان داده شده باشد مقایسه کنید:



پس جهان در مقیاس های بزرگتر به طرز شگفت انگیزی یکنواخت است!

چطور همچین چیزی ممکن است؟ خب ممکن است کسی فکر کند جهان در دوران اولیه اش بسیار داغ، چگال و در تعادل دمایی بوده است. یعنی هر نقطه گرمی سرد شده و هر نقطه سردی گرم شده تا سوپ اولیه به دمای یکسانی در کل حجمش رسیده است.

با این حال، همانطور که قبلا گفتم، زمانی که جهان چند صد هزار سال عمر داشت، نور تنها می توانست چند صد هزار سال نوری حرکت کند که نماینده درصد کوچکی از جهان قابل رویت امروزی است. (این عدد دقیقا زاویه ۱ درجه را در نقشه کامل تابش زمینه کیهانی از آخرین سطح پراکندگی که امروز دیده می شود، نشان می دهد). چون انیشتین به ما می گوید که هیچ اطلاعاتی سریعتر از نور نمی تواند انتقال یابد، در تصویر استاندارد از انفجار بزرگ، راهی وجود ندارد که قسمتی از جهان قابل رویت آن دوران از وجود و دمایی دورتر از زاویه یک درجه از خود، بتواند تاثیر پذیرد. بنابراین امکان ندارد گاز در این مقیاس ها بتواند در طول زمان خود را تطبیق دما داده و چنین تعادل گرمایی را بوجود آورد!

گوت، یک فیزیکدان ذرات، در باره فرایند هایی فکر می کرد می تواند در جهان اولیه رخ داده باشد و مرتبط با فهم این مطلب باشد، که نهایتا به واقعیت هوشمندانه ای رسید. اگر زمانی که جهان در حال خنک شدن بود، تحت یک تبدیل فاز قرار بگیرد – مثلا زمانی که آب تبدیل به یخ می شود یا زمانی که حین سرد شدن مغناطیسه می شود- نه تنها مشکل افق حل می شود بلکه مشکل تخت بودن نیز حل خواهد شد (و همینطور مشکل ذره تک قطبی)

اگر شما قصد نوشیدن یک نوشابه سرد را داشته باشید، احتمالا این تجربه را داشته اید: شما یک شیشه نوشابه از یخچال خارج می کنید و زمانی که آن را باز می کنید و فشار داخل محفظه را خارج می کنید، ناگهان نوشابه کاملا یخ می بندد، که حتی ممکن است شیشه آن ترک بردارد. این به این دلیل است که در فشار بالا، حداقل انرژی نوشابه در حالت مایع اتفاق می افتد، اما زمانی که فشار از بین رفت، این حداقل انرژی در حالت

جامد اتفاق می افتد. در طی تغییر فاز، انرژی می تواند آزاد شود، زیرا حداقل انرژی در یک فاز می تواند کمتر از حداقل انرژی در فاز دیگر باشد. وقتی چنین انرژی آزاد می شود به آن گرمای نهان[1] می گوییم.

گوت فهمید که در طی سرد شدن جهان ناشی از انبساط، شکل ماده و تشعشعات[2] ممکن است در وضعیت پایدار خاصی قرار داشته که نهایتا در طی خنک تر شدن ناگهان، این شکل دچار اثرات ناشی از تغییر فاز شده و انرژی جدیدی را به عنوان انرژی حداقل ماده و تشعشع قبول کرده است.در طی اتمام این تغییر فاز، این انرژی (همان گرمای نهان) که در "خلا کاذب[3] " جهان ذخیره شده به طرز جالبی انبساط جهان قبل از تغییر فاز را تحت تاثیر قرار داده است.

انرژی خلا کاذب می تواند مثل ثابت کیهانی رفتار کند، زیرا می تواند مثل یک انرژی که در فضای خالی در حال نشت است عمل کند. این باعث افزایش سرعت انبساط جهان در حال حاضر می شود که بیشتر و بیشتر می شود. نهایتا جهان قابل رویت ما آنقدر افزایش سرعت می یابد که از سرعت نور نیز عبور می کند. این مطلب از گرچه به نظر نقض نسبیت خاص انیشتین است (که می گوید چیزی سریعتر از نور نمی تواند حرکت کند)، اما از لحاظ نسبیت عام پذیرفتنی است. اما باید اندکی مانند وکلا فکر کنیم و این مطلب را بیشتر بکاویم. نسبیت خاص می گوید هیچ چیز نمی تواند "از میان" فضا فراتر از سرعت نور حرکت کند. اما خود فضا هر کاری دلش بخواهد می تواند انجام دهد، حداقل در رابطه با نسبیت خاص. همانطور که فضا در حال انبساط است، اجسام دوردست داخلش نیز همزمان با او با سرعت زیادی از هم دور می شوند.

احتمالا جهان در دوره تورمش[4] با ضریبی بیشتر از $۱۰^{۲۸}$ منبسط شده است. گرچه این عدد بسیار بزرگ است، اما جالب است که این اتفاق در کسری از ثانیه افتاده است. در این حالت تمام اشیای قابل رویت در جهان ما زمانی، قبل از تورم، در محدوده کوچکی قرار داشتند که اگر تورم اتفاق نمی افتاد، ما نمی توانستیم به دنبال آن بگردیم ومهمتر از آن این اندازه آنقدر کوچک بود که کل محدوده زمان کافی برای هم دما شدن را داشت.

تورم، اتفاق نسبتا عمومی دیگری را پیشبینی کرد. زمانی که یک بادکنک تحت فشار بزرگتر و بزرگتر می شود، انحنای سطحش کمتر و کمتر می شود. اتفاق مشابهی نیز برای جهانی رخ می دهد که اندازه اش به صورت نمایی در حال افزایش است که می تواند در طی تورم اتفاق بیافتد – و این تورم ناشی از یک ثابت و انرژی خلا کاذب فراوان است. در حقیقت زمانی که تورم به اتمام می رسد (و مساله افق حل می شود) انحنای جهان (اگر

[1] . Latent Heat
[2] . Matter And Radiation
[3] . False Vacuum
[4] . Inflationary Period

صفر نباشد) به عدد بسیار کوچکی می رسد که حتی امروزه نیز با انجام آزمایشات دقیق ما جهان تخت را نتیجه می گیریم.

تورم[1]، در حال حاضر تنها توضیح ممکن است که هم یکنواختی هم تخت بودن جهان را توضیح می دهد که بر پایه نظریه های بنیادی و محاسباتی ذرات و اندرکنششان بنا نهاده شده است. اما فراتر از این، تورم پیشبینی شگفت انگیز دیگری نیز می کند. همانطور که توضیح دادم قوانین مکانیک کوانتومی این مطلب را می رساند که در مقیاس های بسیار کوچک و در زمان بسیار کوتاهی، فضای خالی شبیه به مخلوط جوشانی از ذرات مجازی و همچنین میدان های نوسانی از لحاظ بزرگی است. این نوسانات کوانتومی[2] ممکن است برای تعیین پروتون ها و اتم ها مهم باشد، اما آنها در مقیاس های بزرگتر نامرئی هستند و به همین دلیل است که خیلی غیر طبیعی به نظر می آیند.

با این حال در طی تورم، این نوسانات کوانتومی تعیین می کند که چیزی که زمانی قسمتهای ناچیزی از فضا بود چه زمانی انبساط سریع و نمایی اش را به اتمام رساند. زمانی که نقاط مختلف انبساطشان را در زمان های مختلف (البته با اختلاف بسیار ناچیز) به پایان رساندند، چگالی ماده و تشعشع - که توسط اثرات خارج شدن انرژی خلا کاذب مقدارش تغییر می کند- در نقاط مختلف اندکی با هم تفاوت پیدا کرد.

الگوی نوسانات چگالی که پس از تورم به وقوع پیوست – که ناشی از نوسانات کوانتومی در خلا کاذب بود- دقیقا با الگوی به دست آمده از نقاط سرد و گرم در مقیاس بزرگ تابش زمینه کیهانی توافق دارد. گرچه سازگاری دو اتفاق لزوما دلیلی بر اثبات مطلبی نیست، اما در میان کیهان شناسان این دید وجود دارد که اگر چیزی شبیه به اردک راه برود، شبیه به اردک باشد و مثل اردک صدا در آورد، احتمالا اردک است. اگر تورم واقعا مسئول این نوسانات کوچک باشد که در نهایت منجر به وقوع فروپاشی گرانشی و تشکیل کهکشان ها و ستارگان و سیارات و مردم شد، واقعا جا دارد بگوییم ما امروزه به دلیل نوسانات کوانتومی که لزوما در "هیچ چیز" اتفاق افتاده است، اینجا هستیم.

این بسیار شگفت انگیز است. من دوباره تاکید می کنم. نوسانات کوانتومی که از دید ما پنهان هستند، به دلیل تورم خشکشان زد و پس از آن خود را به صورت نوسانات چگالی نشان دادند که هر چیزی که ما می بینیم را بوجود آورد.اگر همه ما متشکل از غبار ستاره ای باشیم که قبلا هم اشاره کرده بودم، ای مطلب نیز درست است که اگر تورم اتفاق افتاده باشد، همه ما به معنی واقعی کلمه از "هیچ چیز" کوانتومی سر بر آوردیم.

[1] . Inflation
[2] . Quantum Fluctuation

این واقعیت به شدت باور نکردنی است و تقریبا سحر آمیز به نظر می آید. اما لا اقل یک جنبه از این تردستی تورمی به نظر آزار دهنده می آید. این همه انرژی از کجا ظاهر شد؟ چگونه یک محدوده ریز میکروسکوپی نهایتا امروزه به یک محدوده به اندازه جهان تبدیل شد که به اندازه کافی ماده و تشعشع برای تولید اشیای قابل دید دارد؟

کلی تر از این ممکن است ما بپرسیم، چگونه است که چگالی انرژی در یک جهان در حال انبساط با یک ثابت کیهانی یا انرژی خلا کاذب می تواند ثابت بماند؟

اصولا در جهانی که به صورت نمایی [یعنی با سرعت بسیار زیاد] در حال انبساط است ، اگر قرار باشد چگالی انرژی ثابت بماند پس انرژی کل در هر محدوده ای باید با افزایش حجم، افزایش یابد. چه اتفاقی بر اصل بقای انرژی می افتد؟

این چیزی است که گوت با نام "ناهار مجانی[1]" نهایی نام گذاری کرد. هنگام تفکر درباره جهان، دخیل کردن اثرات گرانش باعث این اتفاق عجیب می شود که اشیا در کنار انرژی مثبت، انرژی منفی نیز داشته باشند.

این نگاه به گرانش این اجازه را می دهد که اشیای با انرژی مثبت مثل جرم و تشعشع، می تواند مکمل شکل انرژی منفی باشد که می تواند انرژی حاصل اشیای دارای انرژی مثبت را در تعادل نگه دارد. یعنی گرانش از یک دنیای خالی می تواند شروع کند و به دنیایی دارای اشیا ختم شود.

این قضیه به نظر مشکوک می آید، اما در حقیقت این محوری ترین دلیل شگفت ما از جهان تخت است. این چیزی است که ممکن است شما از دوران فیزیک دبیرستان با آن آشنا باشید.

توپ رها شده را در فضا در نظر بگیرید. عموما این توپ به زمین بر می گردد. حال آن را با شدت بیشتری پرتاب کنید (البته اگر در اتاق بسته ای نیستید). این توپ ارتفاع بیشتری می گیرد و زمان بیشتری را در هوا طی می کند تا برگردد. نهایتا اگر آنرا به شدت کافی پرتاب کنید، هیچ وقت به زمین بر نمی گردد. این توپ از میدان گرانشی زمین فرار می کند و در فضای خارج از کره زمین رها می شود.

ما از کجا بدانیم که چه زمانی توپ می تواند فرار کند؟ ما اندکی محاسبه انرژی ساده می کنیم. جسم متحرک در میدان گرانشی زمین دو نوع انرژی دارد. یک، انرژی ناشی از حرکت که به ان انرژی جنبشی[2] می گویند که از لفظ یونانی جنبش گرفته شده است. این انرژی که به سرعت جسم بستگی دارد، همواره مثبت

[1] . Free Lunch
[2] . Kinetic Energy

است. جزء دیگر انرژی که انرژی پتانسیل[1] نامیده می شود (و مربوط به قابلیت انجام کار می شود) عموما منفی است.

به همین دلیل است که انرژی گرانشی[2] جسمی که ساکن بوده و بسیار دورتر از اجسام دیگر قرار دارد را صفر در نظر می گیریم که منطقی به نظر می آید. انرژی جنبشی که به وضوح صفر است و ما انرژی پتانسیل را در این نقطه صفر در نظر می گیریم، بنابراین کل انرژی گرانشی صفر است.

حال اگر این جسم از اشیا بسیار دور نبوده و مثلا به زمین نزدیک باشد، به دلیل جاذبه گرانشی شروع به افتادن به سمت زمین می کند.این جسم در طی افتادن سرعت می گیرد و اگر در راهش به چیزی برخورد کند (مثلا سر شما)، می تواند کاری انجام دهد، مثلا آن را دو تکه کند. هر چقدر که هنگام رها کردن به زمین نزدیک باشد، هنگام برخورد با زمین کار کمتری می تواند انجام دهد. پس انرژی پتانسیل با نزدیک شدن به زمین کاهش می یابد. اما زمانی که انرژی پتانسیل به دلیل بسیار دور بودن از زمین صفر باشد، هرقدر که به زمین نزدیک باشد منفی تر و منفی تر می شود، زیرا قابلیت این جسم برای کار با نزدیک شدن به زمین کاهش می باشد.

در مکانیک کلاسیک همانطور که اینجا گفتم، تعریف انرژی پتانسیل اختیاری است. من می توانم انرژی پتانسیل جسمی بر روی زمین را صفر در نظر بگیرم و وقتی آن را بینهایت از زمین دور کنم، انرژی پتانسیل آن عدد بزرگی به دست آید. قرار دادن عدد صفر به عنوان انرژی در بینهات از لحاظ فیزیکی قابل قبول است اما حداقل در بحث ما، فقط می توان آن را به صورت قرار دادی پذیرفت.

مستقل از اینکه کجا را به عنوان نقطه صفر انرژی پتانسیل قرار دهیم، نکته جالبی درباره اشیایی که فقط تحت تاثیر نیروی گرانش قرار دارند وجود دارد و آن این است که جمع انرژی جنبشی و پتانسیل آنها ثابت می ماند. در طول سقوط اجسام، انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی تبدیل می شود، و زمانی که آنها از سطح زمین به بالا می روند، انرژی جنبشی آنها تبدیل به انرژی پتانسیل می شود و به همین ترتیب .

ما این امکان را داریم تا از این قضیه به عنوان ابزاری استفاده کنیم و محاسبه کنیم که یک جسم را با چه سرعتی باید پرتاب کنیم تا از زمین فرار کند، و چون این جسم در نهایت فاصله بینهایتی از زمین خواهد گرفت انرژی کل آن بیشتر یا برابر با صفر خواهد بود. من این را بگویم که مجموع انرژی گرانشی این جسم در لحظه ای که از دست من رها می شود، برابر یا بیشتر از صفر است. از آنجایی که من فقط می توانم یک جنبه از انرژی کل این جسم را کنترل کنم – منظور همان سرعت جسم در لحظه رها شدن از دست من است- تنها کاری که

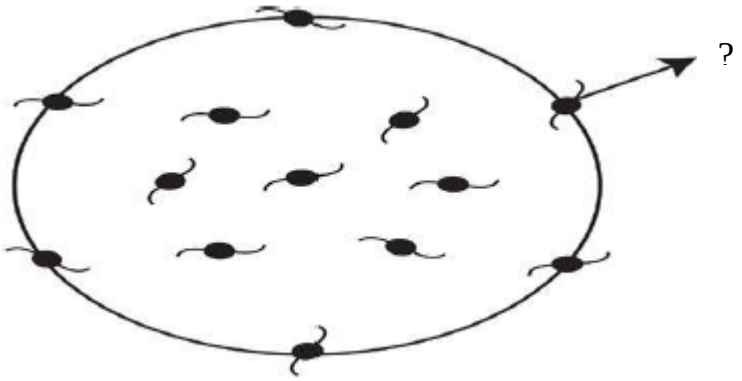
[1] . Potential Energy
[2] . Gravitational Energy

باید بکنم این است که سرعت جادویی را بیابم که در آن سرعت انرژی مثبت جنبشی توپ برابر با انرژی منفی پتانسیل آن بر روی سطح زمین است. هر دوی انرژی های جنبشی و پتانسیل دقیقا به یک نسبت به جرم توپ بستگی دارند، و زمانی که دو طرف معادله را با هم برابر قرار دهیم، این کمیت از معادلات حذف می شود و ما یک "سرعت فرار[1] " یکسان از سطح زمین برای تمامی اجسام به دست می آوریم، که تقریباً برابر با ۷ مایل بر ثانیه [۱۱/۲ کیلومتر بر ثانیه] است که در این حالت کل انرژی گرانشی جسم دقیقا برابر با صفر است.

احتمالا این سوال برای شما پیش امده که این مطالب عموما چه ارتباطی با جهان و خصوصا با تورم دارد؟

خب دقیقاً همان محاسباتی که برای توپی که از دست من و از روی سطح زمین به هوا پرتاب شد، برای هر جسمی در دنیای در حال انبساط ما اعمال می شود.

محدوده کروی ای را در جهان در نظر بگیرید که مرکز جایی باشد که ما قرار داریم (در کهکشان راه شیری) و این محدوده به حدی بزرگ باشد کهکشان های زیادی را در بر بگیرد اما در مقیاس کل جهان قابل رویت ما به اندازه کافی کوچک باشد.



اگر محدوده به اندازه کافی و نه خیلی بزرگ باشد، در نتیجه کهکشان های لبه مرز محدوده طبق انبساط هابل به طور یکسانی از ما دور می شوند، اما سرعتشان بسیار کمتر از سرعت نور خواهد بود. در این حالت قوانین نیوتون حاکم است و می توانیم از اثرات نسبیت عام و خاص چشم پوشی کنیم. یعنی هر جسمی تحت همان قوانین فیزیکی خواهد بود که برای توپی که از سطح زمین پرتاب کردیم، در نظر گرفتیم.

کهکشان مشخص شده دربالا را در نظر بگیرید که از مرکز مجموعه در حال دور شدن است. حال دقیقا مشابه پرتاب توپ از سطح زمین، ما می توانیم بررسی کنیم که آیا این کهکشان می تواند از گرانش مجموعه کهکشان های درون محدوده فرار کند یا نه. و مجموعه محاسباتی که برای تعیین این مطلب انجام خواهیم داد دقیقا

[1] . Escape Velocity

همان مجموعه محاسباتی است که برای توپ انجام دادیم. ما به سادگی مجموع انرژی گرانشی آن کهکشان را بر اساس حرکت به بیرونش حساب می کنیم (آن را به عنوان انرژی مثبت در نظر می گیریم)، و جاذبه گرانشی آن توسط همسایگانش را نیز حساب می کنیم (آن را به عنوان انرژی منفی در نظر می گیریم). اگر مجموع انرژی اش بیشتر از صفر باشد، این کهکشان به بینهایت فرار خواهد کرد و اگر کمتر از صفر باشد این کهکشان زمانی متوقف شده و به درون مجموعه خواهد افتاد.

حال به طرز جالبی این امکان وجود دارد که نشان دهیم معادله ساده نیوتونی برای انرژی گرانشی کل کهکشان را می توان طوری نوشت که دقیقا معادله نسبیت عام انیشتین برای یک جهان در حال انبساط به دست آید. عبارتی که مربوط به انرژی کل گرانشی کهکشان است، در نسبیت عام به عبارتی تبدیل می شود که انحنای جهان را نشان می دهد.

خب حال چه دستاوردی داریم؟ در یک جهان تخت ، و فقط در یک جهان تخت، میانگین کل انرژی گرانشی نیوتونی هر جسمی که در طی انبساط جهان حرکت می کند، دقیقاً صفر است!

این یکی از ویژگی های منحصر به فرد جهان تخت است. در چنین جهانی انرژی مثبت حرکت دقیقا برابر با انرژی منفی جاذبه گرانشی است.

وقتی ما شروع به پیچیده کردن مسائل با فرض وجود انرژی در فضای خالی می کنیم، تشبیه ساده نیوتونی که درباره توپ پرتاب شده به هوا مطرح شد، اشتباه خواهد بود، اما نتایجش هنوز پابرجاست. در یک جهان تخت، حتی با یک ثابت کیهانی کوچک، تا زمانی که مقیاس ما به حدی کوچک باشد که سرعت ها خیلی کمتر از سرعت نور باشند، انرژی گرانشی نیوتونی که به هر جسمی در فضا تعلق می گیرد صفر است.

در حقیقت با وجود انرژی خلا "ناهار مجانی" گوت مهیج تر می شود. هر قدر که هر کدام از ناحیه ها در جهان در طی انبساط به فضای بزرگتری تبدیل شوند، به جهان تخت نزدیک تر و نزدیک تر می شوند، بنابراین کل انرژی گرانشی نیوتونی هر جسمی که ناشی از تبدیل شدن انرژی خلا پس از تورم به ماده و تشعشع است، دقیقا صفر خواهد بود.

اما هنوز جا دارد که شما بپرسید، این همه انرژی برای ثابت نگه داشتن چگالی انرژی در طول تورم، زمانی که جهان در حال انبساط با سرعت نمایی بود، از کجا آمد؟ اینجا جنبه شگفت انگیز دیگری از نسبیت عام مشکل را حل می کند. نه تنها انرژی گرانشی اجسام می تواند منفی باشد، بلکه فشار نسبی[1] آنها نیز می تواند منفی باشد.

[1] . Relativistic Pressure

تصور فشار منفی حتی سخت تر از انرژی منفی است. گاز، مثلا در یک بادکنک به دیواره های بادکنک اعمال فشار می کند. در این حالت اگر باعث انبساط دیواره های بادکنک شود، بر روی بادکنک کار انجام می دهد. کاری که انجام می دهد، باعث کاهش انرژی گاز شده و خنک می شود. با این حال مشخص شده است که انرژی فضای خالی از لحاظ گرانشی، دقیقا دافعه است، زیرا باعث می شود فضای خالی فشار منفی داشته باشد. به عنوان نتیجه ای از این فشار منفی، جهان در حال انجام کار بر روی فضای خالی در طی انبساطش است. این "کار" از چگالی ثابت انرژی در فضا حتی در حال انبساط، نگه داری می کند.

بنابراین حتی در ناحیه بسیار کوچکی از فضای خالی، اگر مشخصات کوانتومی ماده و تشعشع باعث ایجاد انرژی در زمان های اولیه شوند، این ناحیه به صورت دلخواه بزرگ وتخت خواهد شد. زمانی که تورم به پایان می رسد، می توان جهانی پر از اشیا (ماده و تشعشع) بدست آورد، و مجموع انرژی گرانشی آن اشیا در حدی که بتوانید تصور کنید به صفر میل خواهد کرد.

حال، پس از پایان تمام جنجال ها و پس از یک قرن تلاش، ما انحنای جهان را محاسبه کردیم و عدد صفر را به دست آوردیم. می توانید درک کنید که چرا بسیاری از نظریه پردازانی مثل من نه تنها آن را بسیار رضایت بخش یافتیم بلکه بسیار محتمل نیز می دانستیم. جهانی از هیچ ... به واقع.

فصل هفتم:

جهان بیچاره ما

آینده شما چیزی نیست که باید می بود

یوگی بِرا[1]

به نوعی بسیار هیجان انگیز است که بدانیم جهان ما از هیچ ناشی شده است. ساختار هایی مانند ستارگان و کهکشان ها که می بینیم، تماما توسط نوسانات کوانتومی در هیچ چیز بوجود آمده اند و میانگین انرژی گرانشی نیوتونی هر جسمی برابر با هیچ است. می توان تا جای ممکن از این تفکر لذت برد، اما اگر همه اینها درست باشد، ما احتمالا در بدترین دنیای ممکن زندگی می کنیم، مخصوصا زمانی که آینده حیات را مد نظر قرار دهیم. به خاطر آورید که تقریبا یک قرن پیش انیشتین به تازگی اقدام به توسعه نظریه نسبیت عام اش کرده بود. خِرَد عمومی آن روز قائل بر این بود که جهان ما ساکن و همیشگی است. در حقیقت انیشتین نه تنها لمایتر را به خاطر نظریه انفجار بزرگ مسخره کرد، بلکه یک ثابت جهانی نیز اختراع کرد که جهان را ساکن جلوه دهد.

حال، یک قرن بعد ما دانشمندان احساس رضایت و غرور می کنیم از اینکه انبساط جهان، تابش زمینه کیهانی، ماده تاریک و انرژی تاریک را کشف کردیم.

اما آینده برای ما چه خواهد آورد؟

شاید نوعی شاعرانگی.

به یاد آورید که سلطه انرژی موجود در فضای به ظاهر خالی بر انبساط جهان ما، از این مطلب نتیجه گرفته شده بود که سرعت انبساط جهان در حال افزایش است، و همانند تورم که در فصل قبل بررسی شد، جهان قابل رویت ما در مرز انبساطش سرعتی بیشتر از نور دارد و در طول زمان به خاطر شتاب انبساط همه چیز به سمت بدتر شدن پیش می رود.

این یعنی هر چه بیشتر صبر کنیم، چیز های کمتری را می توانیم ببینیم. کهکشان هایی که امروزه ما می بینیم ممکن است زمانی با سرعت بیش از نور از ما دور شوند و این به این معنی است که ما دیگر قادر به دیدنشان

[1] . Yogi Berra

نخواهیم بود. نوری که از آنها ساطع می شود این توان را ندارد که بر انبساط جهان غلبه کرده و خود را به ما برساند. این کهکشان ها از افق ما ناپدید می شوند.

این اتفاق کمی متفاوت از چیزی است که شما شاید تصور کرده باشید. کهکشان ها قرار نیست ناگهان از آسمان شب حذف شوند. هر چقدر که سرعت عقب نشینی آنها به سرعت نور نزدیک شود، نور تابش شده از آنها سرخ گروی بیشتری خواهد داشت. در نهایت تمام نور ساطع از آنها در محدوده مادون قرمز،ریز موج، امواج رادیویی و این قبیل امواج قرار خواهد گرفت، تا جایی که طول موج نور ساطع از آنها از اندازه جهان قابل رویت بزرگتر خواهد شد و به طور رسمی نامرئی می شوند.

ما می توانیم حساب کنیم که چقدر طول می کشد تا این اتفاق بی افتد. از آنجایی که کهکشان های خوشه محلی ما به دلیل جاذبه گرانشی متقابلشان با هم متحد هستند، آنها به واسطه انبساطی که توسط هابل کشف شد از هم جدا نخواهند شد. نزدیک ترین کهکشان های خارج از گروه ما در $\frac{1}{5000}$ مقداری قرار دارند که سرعت عقب نشینی آنها از سرعت نور عبور کند. تقریبا ۱۵۰ میلیارد سال یعنی ۱۰ برابر عمر کنونی جهان طول خواهد کشید تا به این نقطه برسند، و نور تمام ستارگان آن کهکشان ها با ضریب ۵۰۰۰ دچار سرخ گروی شوند. در حدود ۲ تریلیون سال دیگر میزان سرخ گروی نور آنها به حدی خواهد بود که طول موجشان را به اندازه جهان قابل رویت ما خواهد کرد و بقیه جهان واقعا ناپدید خواهد شد.

۲ تریلیون سال به نظر زمان زیادی است و واقعا هم هست. با این حال این عدد در مباحث کیهانی حتی ذره ای نزدیک به بی نهایت هم نیست. پر عمر ترین ستارگان رشته اصلی (که تاریخ تکاملی مشابهی با خورشید ما دارند) طول عمری بسیار بیشتر از خورشید ما دارند و تا ۲ تریلیون سال دیگر خواهند درخشید. (گرچه خورشید ما حدود ۵ میلیارد سال دیگر خاموش خواهد شد). ممکن است در آینده در سیارات دور آنها تمدن هایی وجود داشته باشند که از انرژی خورشیدی (خورشید خودشان) بهره بگیرند و آب و مواد ارگانیک داشته باشند. و ممکن است اختر شناسانی همراه با تلسکوپ در آن سیارات وجود داشته باشند. اما وقتی که آنها به کیهان می نگرند، تمامی چیزی که ما می بینیم، یعنی همه ۴۰۰ میلیارد کهکشانی که ساکن در جهان ما هستند، هیچ کدام دیده نخواهند شد.

من با این استدلال، به کنگره اعلام کردم که بودجه تحقیقاتی در زمینه کیهان شناسی را افزایش دهند، زیرا هنوز زمان داریم که هر آنچه که وجود دارد را ببینیم! برای یک نماینده کنگره ۲ سال زمان زیادی است و ۲ تریلیون سال زمانی غیر قابل تصور.

به هر جهت، آن اخترشناسان در آینده دور اگر متوجه شوند که چه چیزهایی را از دست داده اند بسیار متعجب خواهند شد، اما هرگز متوجه نمی شوند. چون نه تنها بقیه جهان ناپدید خواهد شد، بلکه همانطور که همکارم

رابرت شرر[1] از واندر بیلت و من چند سال پیش فهمیدیم، تمامی شواهدی که امروز ما را به کشف زندگی ما در جهانی در حال انبساط که از انفجار بزرگ ناشی شده است، سوق داد نیز وجود نخواهند داشت، و همچنین است برای شواهد حاکی از انرژی تاریک در فضای خالی که عامل این ناپدیدی است.

با اینکه کمتر از یک قرن پیش خرد عمومی هنوز قائل بر این بود که جهان ما ساکن و همیشگی است و ستارگان و سیارات می آیند و می روند اما خود جهان همیشه خواهد بود، در آینده دور، بسیار پس از اینکه بقایای سیاره ما و تمدنهایش تبدیل به گرد و غباری در تاریخ شده اند، همان فریبی که تا سال ۱۹۳۰ بر ما چیره بود، باز خواهد گشت ولی این بار به قصد انتقام.

سه مشاهده اصلی وجود دارد، که به عنوان پایه هایی برای تایید علمی نظریه انفجار بزرگ مطرح می شوند و اگر حتی انیشتین و لمایتر هرگز زندگی نمی کردند، این شناخت که جهان ما از یک شرایط داغ و متراکم بوجود آمده تا به ما برسد، باز هم برای ما مسجل می شد: انبساط هابلی که دیده شد، کشف تابش زمینه کیهانی، و توافق بین فراوانی مشاهده شده عناصر سبک – هیدروژن، هلیوم، لیتیم- که در جهان اندازه گرفتیم با میزان پیش بینی شده این عناصر که در دقایق اولیه تاریخ جهان تولید شده اند.

بیایید با انبساط هابل شروع کنیم. از کجا می دانیم که جهان در حال انبساط است؟ ما سرعت عقب نشینی اجرام آسمانی را به نسبت فاصله شان از ما اندازه می گیریم. با این حال وقتی که تمامی اشیاء مرئی خارج از خوشه ما (یعنی خارج از خوشه ای که ما در آن تحت گرانش متقابل هستیم) از افق مان ناپدید شدند، هیچ ردپایی از انبساط نخواهد ماند- نه ستاره ای، نه کهکشانی، نه اختر وشی و نه حتی ابر های گازی بزرگ- که منجمین بتوانند آنها را رصد کنند. انبساط به طور کامل تمام اشیایی که از ما دور می شوند را از تیر رس ما خارج می کند.

فراتر از این، در یک بازه زمانی کمابیش یک تریلون ساله، تمامی کهکشان های مستقر در گروه محلی ما با هم ادغام شده و چند ابر کهکشان را بوجود خواهد آورد. منجمین آینده دور دقیقا چیزی را خواهند دید که منجمین سال ۱۹۱۵ فکر می کردند که می بینند: یک کهکشان تنها که تمامی ستارگان و سیارات در آن قرار دارند و توسط جهانی بزرگ و ساکن احاطه شده است.

ضمنا به یاد آورید که تمام شواهدی که حاکی از وجود انرژی تاریک است، از بررسی سرعت افزایش یابنده انبساط جهان استخراج شده است. اما، دوباره، بدون اثری از خود انبساط، شتاب انبساط جهان نیز غیر قابل مشاهده است.

[1] . Robert Scherrer

در حقیقت در یک اتفاق عجیب، به نظر می آید ما در تنها دوره ای از تاریخ جهان زندگی می کنیم که می توانیم وجود انرژی تاریک پخش شده در فضای خالی را درک کنیم. گرچه این دوره چند صد میلیون سال است، اما در قیاس با عمر ابدی جهان در حد یک چشمک زدن است.

اگر فرض کنیم که انرژی فضای خالی ثابت است، همانطور که برای ثابت کیهانی هم همینطور است، در زمان های اولیه چگالی انرژی ماده و تشعشع بسیار بسیار بیشتر از انرژی فضای خالی بود. دلیل ساده ای هم دارد، زیرا هر قدر که جهان منبسط می شود چگالی ماده و تشعشع کاهش می یابد، زیرا فاصله بین اجسام زیاد شده و تعداد اجسام کمی در حجم وجود خواهند داشت. در زمان های قدیمتر، مثلا ۵ الی ۱۰ میلیارد سال پیش، چگالی ماده و انرژی بسیار بیشتر از امروز بود. جهان در آن زمان و قبل تر از آن تحت حاکمیت ماده و انرژی بود که به تبع آن جاذبه گرانشی غالب بود. در این حالت سرعت انبساط جهان در حال کاهش بود و اثر [دافعه] گرانشی فضای خالی به چشم نمی آمد.

دقیقا به همان صورت در آینده دور، زمانی که جهان صدها میلیارد سال عمر دارد، چگالی ماده و تشعشع بسیار کمتر شده و می توان محاسبه کرد که میانگین چگالی انرژی تاریک صدها میلیارد بار بزرگتر از چگالی کل ماده و تشعشع درون جهان خواهد بود. [انرژی تاریک] تا آن موقع دینامیک گرانشی جهان در مقیاس های بزرگ را تحت اثر خود در خواهد آورد. با این حال در آن زمان دور، انبساط شتاب دار جهان مشاهده ناپذیر خواهد بود. با این تفاسیر، انرژی فضای خالی به دلیل طبیعت خاصش تنها دوره محدودی را اجازه می دهد که کشف شود، و از قضا ما در همان دوره کیهانی زندگی می کنیم.

خب، پایه بزرگ دیگر انفجار بزرگ، تابش زمینه کیهانی، که برای ما شواهد مستقیمی از تصویر کودکی جهان را داشت، چه سرنوشتی خواهد داشت؟ اولا در طی بیشتر شدن سرعت انبساط جهان در آینده، دمای CMBR کاهش خواهد یافت. زمانی که جهان قابل رویت امروزی ۱۰۰ برابر بزرگ تر شود، دمای CMBR نیز ۱۰۰ برابر کاهش خواهد یافت و شدت آن یا چگالی انرژی موجود در آن، ۱۰۰ میلیون بار کمتر خواهد شد که به این معنی است که کشف و ردیابی آن ۱۰۰ میلیون بار سخت تر از امروز خواهد بود.

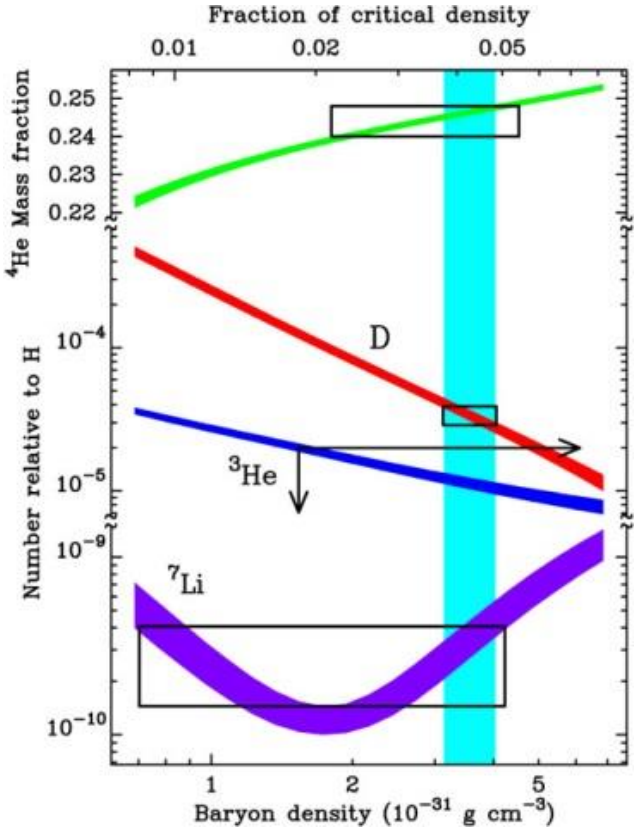
اما به هر حال ما تابش زمینه کیهانی را از لابه لای انواع نویز های الکترونیکی روی زمین توانستیم کشف کنیم و می توانیم تصور کنیم منجمین آینده دور ۱۰۰ میلیون برابر از ما باهوش تر از کسانی باشند که ما از آنها به افتخار یاد می کنیم، پس نباید امیدمان را از دست بدهیم. اما افسوس که حرفه ای ترین منجمی که می توان در نظر گرفت به همراه دقیق ترین ابزار ممکن نیز شانس این اکتشاف را در آینده دور نخواهد داشت. به این دلیل که در کهکشان ما (یا ابر کهکشانی که در آینده از ادغام کهکشان ما با کهکشان های همسایه مثلا آندرومدا که ۵ میلیارد سال دیگر اتفاق خواهد افتاد، تشکیل خواهد شد.) گاز داغی بین ستاره ها وجود دارد و این گاز یونیزه

می شود و دارای الکترون های آزاد است که مانند پلاسما رفتار می کند. همانطور که قبلا گفتم چنین پلاسمایی برای انواع امواج غیر شفاف خواهد بود.

چیزی به نام فرکانس پلاسما[1] وجود دارد که فرکانس های کمتر از آن نمی توانند بدون جذب شدن از پلاسما عبور کنند. برپایه مشاهدات امروزی از الکترون های آزاد در کهکشان ما، ما می توانیم فرکانس پلاسما را در کهکشانمان محاسبه کنیم و می توانیم بفهمیم حجم زیادی از CMBR ناشی از انفجار بزرگ زمانی که جهان ما ۵۰ برابر امروزی خواهد شد، آنقدر کشیده می شوند که طول موجشان بزرگتر شده و به تبع آن فرکانسشان کاهش خواهد یافت که کمتر از فرکانس پلاسمای آینده ابر کهکشانمان خواهد شد. فرقی نمی کند که منجم چقدر دقیق باشد. CMBR نیز محو خواهد شد.

خب پس نه انبساطی مشاهده می شود و نه اثرات باقی مانده از انفجار بزرگ دیده می شود. در باره فراوانی عناصر سبک –هیدروژن،هیلیوم و لیتیوم – که آنها هم نشانه ای بر انفجار بزرگ هستند چطور؟

در حقیقت همانطور که در فصل اول گفتم، من هر وقت کسی را ببینم که انفجار بزرگ را باور نکند، شکل زیر که همواره در کیف پولم نگه می دارم را نشان می دهم و می گویم : ببین! انفجار بزرگ، رخ داده است.



[1] . Plasma Frequency

می دانم این تصویر به نظر خیلی پیچیده می آید، اما در حقیقت فراوانی پیشبینی شده هلیم-۳ و لیتیوم را نسبت به هیدروژن بر پایه دانش امروزی ما از انفجار بزرگ نشان می دهد. منحنی بالا که به سمت بالا و راست می رود فراوانی پیش بینی شده هلیوم، دومین عنصر فراوان جهان، را نسبت به هیدروژن، فراوانترین عنصر، بر اساس وزن نشان می دهد. دو منحنی بعدی که به سمت پایین و راست حرکت می کنند به ترتیب فراوانی پیش بینی شده دوتریم [هیدروژن سنگین] و هلیوم-۳ را نه بر اساس وزن بلکه بر اساس نسبت تعداد اتمهایشان به هیدروژن نشان می دهند. نهایتا منحنی پایینی فراوانی پیش بینی شده عنصر سبک بعدی یعنی لیتیوم را دوباره بر اساس تعداد اتمها نشان می دهد.

فراوانی های پیش بینی شده به صورت توابعی از کل چگالی ماده معمولی (که از اتم ها ساخته شده) در جهان امروزی کشیده شده است. اگر تغییر در این مقدار هیچ ترکیبی از فراوانی های پیش بینی شده ای که با مشاهدات سازگار، است تولید نکند، این می تواند دلیل محکمی بر این باشد که تولید آنها در طی انفجار بزرگ نبوده است. دقت کنید که فراوانی پیش بینی شده این عناصر با توانی از مرتبه ۱۰ (یعنی در حد $۱۰^{۱۰}$)، متفاوت هستند.

مستطیل های روی هر نمودار نماینده محدوده مجاز برای فراوانی اولیه این عناصر بر پایه محاسبات ستارگان پیر و گاز های داغ درون و بیرون کهکشان ماست.

ستون آبی رنگ نیز نماینده محدوده ای است که تمامی مشاهدات و پیشبینی ها با هم توافق دارند. واقعا توافقی بیشتر از این غیر قابل باور است، آن هم برای عناصری که فراوانی شان با توانی از مرتبه ۱۰ با هم تفاوت دارد و پس از انفجاری بزرگ که عناصر سبک را بوجود آورده است.

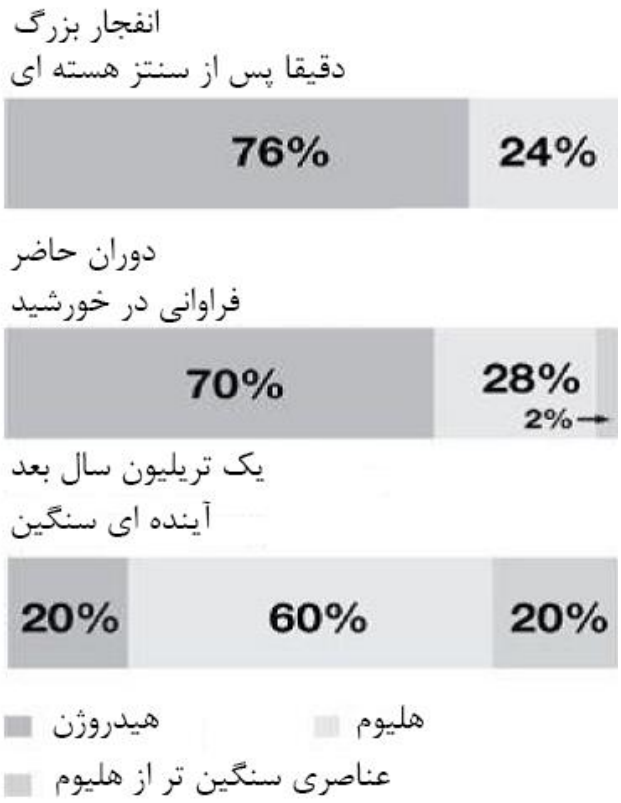
می ارزد که دوباره نتایج این توافق را مو به مو بررسی کنیم: تنها در ثانیه اول یک انفجار داغ بزرگ (با یک فراوانی اولیه ای از پروتون ها و نوترون ها که چیزی بسیار نزدیک به چگالی ماده موجود در کهکشان های قابل رویت امروزی است، و یک چگالی تشعشع که مقدار باقی مانده آن دقیقا برابر با شدت تابش زمینه کیهانی مشاهده شده امروزی است)، ممکن است که واکنش هسته ای یی رخ دهد که دقیقا فراوانی عناصر سبکی مانند هیدروژن و دوتریوم و هلیوم و لیتیوم را تولید کند، و ما بتوانیم اجزای تشکیل دهنده ستارگانی که آسمان شب را پر می کنند نتیجه بگیریم.

مثلا اگر انیشتین بود می گفت تنها یک خالق بد اندیش (و احتمالا در نظر او غیر قابل تصور) است که می تواند جهانی پدید آورد که تمامی شواهد حاکی از انفجار بزرگ باشد، اما واقعا این اتفاق نیافتاده باشد.

در حقیقت وقتی که توافق آشکار بین فراوانی هلیوم پیش بینی شده از انفجار بزرگ و مشاهده شده در جهان، در دهه ۱۹۶۰ کسب شد، یکی از دلایل اصلی بود که باعث شد نظریه انفجار بزرگ بر رقیب مشهورش یعنی نظریه حالت دائمی جهان[1] که توسط فرد هویل[2] و همکارانش پشتیبانی می شد، غلبه کند.

با این حال در آینده دورشرایط کاملا تغییر می کند. به عنوان مثال [امروزه] ستارگان هیدروژن می سوزانند و هلیوم تولید می کنند. در حال حاظر تقریبا ۱۵ درصد هلیوم مشاهده شده در جهان از ابتدای انفجار بزرگ تا کنون توسط ستارگان تولید شده است – که دو باره بگویم یکی از دلایلی است که به ما ثابت کرد انفجار بزرگ باعث تمامی اتفاقاتی است که امروز می بینیم. اما در آینده دور این مسئله دیگر به عنوان دلایل نخواهد بود، زیرا نسل های بسیاری از ستارگان زندگی کرده و از بین رفته اند.

برای مثال زمانی که عمر جهان به یک تریلیون سال برسد، میزان هلیوم تولید شده توسط ستارگان بسیار بیشتر از هلیوم ناشی از خود انفجار بزرگ خواهد بود. این وضعیت در شکل زیر نشان داده شده است:



[1] . Steady-State Model Of The Universe
[2] . Fred Hoyle

زمانی که ۶۰ درصد ماده مرئی موجود در جهام شامل هلیوم باشد، دیگر نیازی به تولید هلیوم در ابتدای انفجار بزرگ نداریم که با مشاهداتمان به توافق برسیم.

با این حال منجمین و نظریه پردازان در تمدن های آینده دور می توانند از این داده ها استفاده کرده و نتیجه بگیرند که جهان عمر محدودی داشته است. از آنجایی که ستارگان هیدروژن سوزانده و هلیوم تولید می کنند، چون هنوز بین میزان هیدروژن و هلیوم نسبتی وجود دارد پس باید حد بالایی برای عمر ستارگان وجود داشته باشد. بنابراین دانشمندان آینده تخمین خواهند زد که جهانی که در آن زندگی می کنند عمری کمتر از یک تریلیون سال دارد. اما شواهدی مبنی بر اینکه آغاز آن توسط انفجار بزرگ بوده و نه روش دیگری که تنها ابر کهکشان آینده را ناگهانی خلق کرده است، وجود نخواهد داشت.

به خاطر آورید که لمایتر ادعای انفجار بزرگش را کاملا بر اساس تفکر درباره نسبیت عام انیشتین به دست آورد. ما می توانیم فرض کنیم که هر تمدن پیشرفته ای در آینده دور قوانین فیزیک، الکترومغناطیس، مکانیک کوانتومی و نسبیت عام را کشف خواهد کرد. آیا لمایتری در آینده خواهد بود که چنین ادعای مشابهی را ارائه دهد؟

نتیجه گیری لمایتر که جهان باید شروعی ناشی از انفجار بزرگ داشته باشد اجتناب ناپذیر بود، اما بر فرضی استوار بود که در جهان مرئی آینده پذیرفتنی نیست. جهانی که ماده در آن به طور یکسان به همه جهات کشیده می شود، همسانگرد و همگن است، و به دلایلی که لمایتر و انیشتین عنوان کردند نمی تواند ثابت باشد. با این حال روش بسیار خوبی برای معادلات انیشتین وجود دارد که یک سیستم سنگینی که توسط فضای خالی ثابتی احاطه شده است را نتیجه دهد. زیرا اگر چنین راه حلی وجود نداشت نسبیت عام نمی توانست اجرام تنهایی مانند ستاره های نوترونی[1] و نهایتا سیاهچاله ها[2] را توضیح دهد.

سیستم هایی با جرم گسترده بزرگ مانند کهکشان ما پایدار نخواهند بود و در نهایت (ابر-) کهکشان ما فرو ریخته شده و سیاهچاله سنگینی را بوجود می آورد. این مساله توسط حل استاتیک معادله انیشتین که به حل شوارزشیلد[3] معروف است، توضیح داده می شود. اما زمان مورد نیاز برای فروپاشی کهکشان ما و تبدیل شدن به سیاهچاله بزرگ بسیار طولانی تر از زمانی است که بقیه جهان ناپدید شود . بنابراین برای دانشمندان آینده بسیار طبیعی خواهد بود که فکر کنند جهان ما یک تریلیون سال در فضای خالی، بدون فروپاشی مهمی و بدون نیاز به وجود جهان منبسط شونده ای در اطرافش، زندگی کرده است.

[1] . Neutron Stars
[2] . Black Holes
[3] . Schwarzschild

البته تفکر درباره آینده مسلما سخت است. اتفاقا من این مطلب را زمانی می نویسم که اجلاس جهانی اقتصادی داووس[1] در حال برگزاری است که جمع کثیری از اقتصاد دانان، همواره با قطعیت آینده بازار ها را پیش بینی می کنند و پس از اینکه دیدند پیش بینی هایشان به طرز فجیعی اشتباه از آب در آمد، آن ها را تغییر می دهند. عموما من معتقدم پیش بینی آینده بسیار دور و حتی آینده نه چندان دور در علم و تکنولوژی، مشکل تر از سایر علوم است. در حقیقت من وقتی سوالی درباره آینده علم یا مهمترین کشف بعدی علم از من پرسیده می شود، جواب می دهم اگر من می دانستم که چه خواهد شد، حتما از الان شروع به تحقیق در آن باره می کردم!

بنابراین، من می خواهم تصویری که در این فصل از آینده ارائه دادم شبیه به تصویری باشد که روح شبه وار سوم در داستان "سرود کریسمس" چارلز دیکنز[2] ارائه داد. این آینده ای است که ممکن است اتفاق بی افتد. از آنجایی که ما هیچ ایده ای درباره انرژی تاریک که در فضای خالی پراکنده است نداریم، نمی دانیم که آیا مانند ثابت کیهانی انیشتین، ثابت خواهد ماند یا نه. اگر ثابت نماند آینده جهان بسیار متفاوت خواهد بود. ممکن از انبساط شتاب نگیرد، بلکه یک بار دیگر از سرعتش کاسته شود که باعث می شود کهکشان های دور ناپدید نشوند. ممکن است شواهد دیگری که امروزه در دسترس ما نیست، اختر شناسان آینده را به نظریه انفجار بزرگ برساند.

بهر حال با علم امروزی مان درباره جهان، آینده ای که من تصویر کردم محتمل ترین حالت است و جالب است که فکر کنیم آیا منطق، دلیل و نتایج تجربی نهایتا دانشمندان آینده را از واقعیت صحیح مخفی در جهان مان با خبر خواهد ساخت یا این راز همواره در پس افق، تاریک خواهد ماند. ممکن است بعضی از دانشمندان نابغه آینده که بر روی نیروهای بنیادی طبیعت و ذرات تحقیق می کنند، نظریه هایی را ارائه کنند که پیشبینی کند تورمی باید اتفاق افتاده باشد یا پیشنهاد دهند که فضای خالی دارای انرژی است و در نهایت توضیح دهند که چرا در افق دید ما هیچ کهکشانی وجود ندارد، که البته من زیاد در این باره خوش بین نیستم.

فیزیک، علمی تجربی و بر پایه مشاهدات و آزمایشات است. اگر ما با توسل به مشاهده اثراتش انرژی تاریک را نتیجه نمی گرفتیم، گمان نمی کنم یک فیزیکدان نظریه پرداز می توانست امروزه وجود آن را پیش بینی کند. اگرچه ممکن است شواهدی مبنی بر اشتباه بودن فرض جهان تک کهکشانی استاتیک و بدون انفجار بزرگ یافت شود (مثلا به نوعی بررسی فراوانی عناصر غیر عادی به نظر برسد) ، من احتمال می دهم با توجه به اصل اوکام[3] این نتیجه گیری پذیرفته خواهد شد که ساده ترین تصویر از جهان صحیح است و موارد غیر عادی را با یک سری اثرات جانبی توجیه خواهند کرد.

[1] . Davos
[2] . A Christmas Carol By Charles Dickens
[3] . Occam’s Razor

از زمانی که من و باب شرر [همان رابت شرر] این بحث را مطرح کردیم که دانشمندان آینده از داده ها و مدلهای جعلی استفاده خواهند کرد و نهایتا به تصویر اشتباهی از جهان خواهند رسید، بسیاری از همکاران من تلاش کردند تا راه هایی را پیشنهاد کنند که ممکن است آیندگان به آن طرق پی به وجود جهان در حال انبساط ببرند. خود من هم راه هایی به ذهنم می رسد، اما بعید می دانم دانشمندان آن دوره انگیزه کافی برای انجام این قبیل آزمایشات را داشته باشند.

برای مثال شما می توانید ستاره های درخشان کهکشان خودمان را خارج کرده و به فضای خالی بفرستید، حدود یک میلیارد سال صبر کنید تا منفجر شوند، سپس اقدام به مشاهده سرعت عقبرگرد آنها به عنوان تابعی از فاصله شان قبل از انفجار بکنید تا در نهایت بفهمید که آیا نیرویی به سبب انبساط جهان به آنها وارد می شود یا نه. روش سختی است اما حتی در صورت امکان نیز، گمان نکنم بنیاد ملی علوم در آینده هزینه چنین آزمایشی را تقبل کند، مگر اینکه انگیزه خاصی برای بحث به نفع انبساط جهان وجود داشته باشد. حتی اگر ستارگان کهکشان ما به طریقی طبیعی خارج شده و در طول مسیرشان به سمت افق هنوز دیده شوند، از نظر من لزومی ندارد که زمانی که شتاب غیر معمول این قبیل اجسام مشاهده شد، اذهان را به سمت یک جهان منبسط شونده ای که توسط انرژی تاریک چیره شده است، ببرد.

ما می توانیم احساس خوش شانسی کنیم که در این دوره زندگی کردیم. یا همانطور که من و باب در یکی از مقاله هایمان آوردیم " ما در یک زمان بسیار خاص زندگی می کنیم... تنها زمانی که ما با مشاهدات می توانیم پی ببریم که در یک زمان بسیار خاص زندگی می کنیم!"

ما به نظر شوخی می کنیم، اما منظورمان این است که ممکن است کسی از بهترین ابزار های رصد و بهترین روش های نظری در دسترس استفاده کند و با این حال تصویر اشتباهی از جهان در مقیاش بزرگ ارائه دهد.

البته این را نیز اشاره کنم که با اینکه داده های ناقص می تواند منجر به نتیجه گیری غلط شود، اما این نتیجه گیری غلط کاملا متفاوت با نتیجه گیری غلطی است که کسی دوست دارد بدون در نظر گرفتن مشاهدات صرفا بر پایه تفکراتش نوعی از آفرینش را اختراع کند که مغایر با واقعیت های امروز است (مانند بعضی مسیحیان که معتقد به پیدایش جهان در فاصله ۵۰۰۰ الی ۱۰۰۰۰ سال قبل هستند[1])، یا کسانی که نیازمند وجود موجود دیگری هستند که هیچ شاهدی دال بر وجودش یافت نشده (مثلا هوش الهی) تا بتوانند عقاید و تعصبات پیشینشان را توجیه کنند ، یا بدتر از آن کسانی که هنوز به باور ها و داستان های قدیمی درباره طبیعت وفادارند و جواب تمام سوالات را قبل از پرسیدن شان می دانند. حداقل دانشمندان آینده تخمین هایشان را بر

[1] . Young Earth

پایه بهترین شواهدی که برایشان محیاست انجام می دهند، و تا آنجایی که همه می دانیم، یا حداقل دانشمندان می دانند، شواهد جدید آن دوره احتمالا تغییری در تصویر واقعیت ایجاد کند.

در اینجا این بحث پیش می آید که شاید ما هم شواهدی را که مثلا ۱۰ میلیارد سال پیش بوده یا ۱۰۰ میلیارد سال دیگر خواهد بود را در اختیار نداریم [و ممکن است تصور امروزه ما نیز غلط باشد]. این را عرض کنم که نظریه انفجار بزرگ بر پایه داده هایی از تمامی اعصار بنا نهاده شده است که بسیار بعید است ویژگی های کلی اش نادرست از آب در آید. اما با بدست آوردن داده های جدید، تغییر در جزئیات گذشته و آینده جهان و درک بهتر منشا انفجار بزرگ و منحصر به فردی احتمالی آن در فضا، امکان پذیر است. در حقیقت من امیدوارم که این اتفاق بی افتد. درسی که ما می توانیم از پایان محتمل زندگی هوشمند در این دنیا فرا بگیریم این است که ما باید همواره در ادعا هایمان، تواضع کیهانی داشته باشیم، گرچه برای کیهان شناسان کار دشواری است.

به هر طریق، سناریویی که من در اینجا شرح دادم قرینه شاعرانه ای نیز دارد و به همان اندازه غم انگیز است. در آینده دور دانشمندان تصویری از جهان خواهد ساخت که مشابه با تصویر موجود از جهان در اوایل قرن گذشته است، که البته خود آن به عنوان مشوقی برای تحقیقات بعدی که منجر به انقلابی در کیهان شناسی شد، قرار گرفت. کیهان شناسی یک دور کامل خواهد زد. شاید به نظر بعضی ها این اتفاق بیهوده باشد، اما برای من جالب است.

با این وجود مشکل اصلی ای که با پایان کیهان شناسی آینده مطرح شد، این است که ما فقط یک جهان برای آزمایش داریم. همانی که در آن زندگی می کنیم. در طی آزمایش آن، ما امیدواریم آن چیزی که می بینیم را بفهمیم، زیرا ما در هر دو مورد اندازه گیری و تفسیر داده ها محدود هستیم.

اگر جهان های زیادی وجود داشت و اگر ما می توانستیم درباره بیش از یکی از این جهان ها تحقیق کنیم، آن موقع بود که ما می توانستیم بفهمیم کدام مشاهدات واقعا مهم و بنیادی هستند و کدام مشاهدات صرفا تصادفی و برپایه شرایط موجود در آن لحظه صورت گرفته اند.

همانطور که در ادامه خواهیم دید، در حالی که احتمال دوم ضعیف است [تحقیق درباره جهان های دیگر]، احتمال اولی وجود دارد [وجود جهان های دیگر] و دانشمندان در حال طرح آزمایشات جدید و نظریات جدیدی هستند که فهم ما را از ویژگی های عجیب و غیر منتظره جهانمان جلو ببرند.

قبل از این که جلوتر برویم، می ارزد که با بحث نسبتا ادبی دیگری مشابه با بحثی که درباره آینده، من اینجا مطرح کردم و البته مرتبط با عنوان این کتاب است، این فصل را به پایان برسانیم. این قضیه مربوط به پاسخ کریستوفر هیچنز در مقابل سناریویی بود که من اینجا مطرح کردم. همانگونه که او گفت " برای کسانی که فکر

می کنند زندگی ما در این جهان محسوسات اتفاق شگفت انگیزی است، توصیه به صبر می کنم. "هیچ بودن" به صورت شاخ به شاخ در حال تصادف با ماست!"

فصل هشتم

تصادف بزرگ؟

زمانی که شما یک خالق و یک برنامه از پیش تعیین شده را در نظر بگیرید، این به این معنی است که انسان ها را تحت آزمایش بی رحمانه ای قرار دادند؛ ما به دنیا آمدیم که مریض باشیم اما به ما دستور می دهند که سالم باش

کریستوفر هیچنز[1]

ما طوری ساخته شدیم که فکر کنیم هر اتفاقی که برایمان می افتد مهم و معنی دار است. ممکن است ما روزی در خیالات مان فکر کنیم که فلان دوستمان دستش شکسته است، و از قضا فردا که او را می بینیم، متوجه می شویم که پایش آسیب دیده. عجب! به من الهام شده بود!

ریچارد فایمن فیزیکدان، عادت داشت به سمت مردم برود و بگوید: " باورتان نمی شود امروز چه اتفاقی برای من افتاد! باورتان نمی شود!" و وقتی از او در مورد اتفاق سوال می شد، او می گفت "دقیقا هیچ چیز!". با این کار منظور او این بود که وقتی اتفاقی مانند چیزی که در بالا گفتم می افتد، مردم اهمیت زیادی به آن می دهند. اما هزاران هزار رویای بیهوده خود را که هیچ چیز را پیش بینی نمی کرد از یاد می برند. با فراموش کردن این رویا ها که هیچ کدام در زندگی روزمره مان اتفاق نمی افتند، زمانی که اتفاقی غیر معمولی می افتد ما تعبیر اشتباهی از طبیعت احتمالات می کنیم. [احتمالات می گوید]: از میان تعداد فراوانی از رخداد ها، وقوع یک چیز غیر معمول، کاملا اتفاقی است [و معنی خاصی ندارد].

حال این مطلب چه کاربردی در دنیای ما دارد؟

تا زمان کشف این نکته ، که هیچ توضیحی هم برایش نداریم، که انرژی فضای خالی نه تنها غیر صفر است، بلکه عددی است که به میزان ده به توان ۱۲۰ کمتر از چیزی است که از ایده های مرتبط با فیزیک ذرات به دست آمد، خرد عمومی میان فیزیکدانان بر این بود که هر پارامتر بنیادی که در طبیعت اندازه می گیریم، مهم است. منظورم این است که به نحوی برپایه اصول بنیادی، ما نهایتا خواهیم فهمید که چرا گرانش از سایر نیروهای طبیعت ضعیفتر است، چرا پروتون ۲۰۰۰ مرتبه از الکترون سنگین تر است و چرا ذرات بنیادی به سه

[1] . Christopher Hitchens

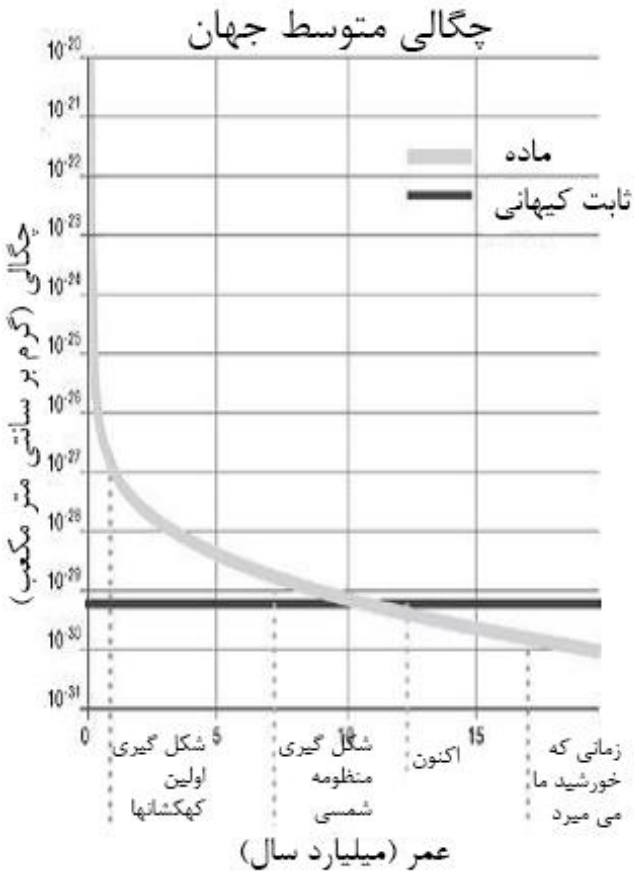
دسته کلی تقسیم می شوند. به عبارت دیگر، زمانی که ما قوانین بنیادی در کوچکترین مقیاس طبیعت که بر نیروها حاکم است را فهمیدیم، تمامی راز های امروزی با نتیجه گیری از این قوانین، برای ما آشکار خواهد شد.

(از طرفی می توان نوع دیگری از تفکر مذهبی را هم داشت که می گوید مقدار ثابت های بنیادی اهمیت خاصی دارند زیرا احتمالا خداوند هر کدام از این مقادیر را به دلیل نقشی که در این دنیا داشت انتخاب کرده است. بنابراین هیچ چیزی تصادفی نیست و ضمنا هیچ چیزی را نمی توان حقیقتا توضیح داد یا پیش بینی کرد. چنین استدلالی [صرفنظر از درست یا نادرست بودنش] برای خداباوران مفید نیست، زیرا به جای این که آنها را به کشف حقیقت در مورد قوانین حاکم بر نیروهای طبیعت نایل کند، تنها تسلی خاطری به آنها می دهد و از ادامه راه منصرفشان می کند)

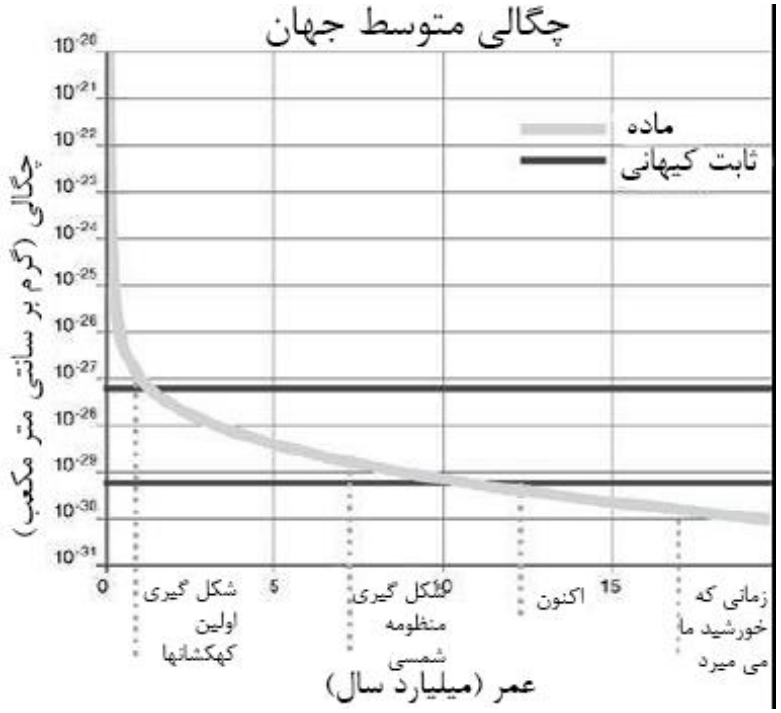
اما کشف اینکه فضای خالی دارای انرژی است، اصلاحاتی را در تفکر فیزیکدانان در باره اینکه چه چیزی در طبیعت اجباری و چه چیزی تصادفی است، ایجاد کرد. علت این تفکر جدید از بحثی که من در فصل قبل کردم ناشی می شود: انرژی تاریک امروز قابل محاسبه است، زیرا "اکنون" تنها دوره ای در تاریخ جهان است که انرژی فضای خالی قابل مقایسه با چگالی انرژی موجود در ماده است.

چه دلیلی دارد که ما باید در چنین دوره "ویژه ای" از دنیا زندگی کنیم؟ در حقیقت این سوال از زمان کوپرنیک تا کنون همواره در مقابل هرکدام از مشخصه های علم پیش آمده است. ما فهمیدیم که زمین در مرکز منظومه شمسی قرار ندارد و خورشید در گوشه ای بی اهمیت از لبه خارجی کهکشانی قرار دارد که تنها یکی از ۴۰۰ میلیارد کهکشان در جهان قابل رویت ماست. ما باید این اصل کوپرنیکی را بپذیریم که هیچ چیز مهمی در رابطه با مکان ما و زمان ما در جهان وجود ندارد.

اما با توجه مقداری که انرژی تاریک دارد ما جداً در دوره ای خاص زندگی می کنیم. این مطلب در تصویر زیر که "تاریخچه مختصری از زمان" است نشان داده شده است.



دو نمودار نشان دهنده چگالی انرژی کل ماده در جهان و انرژی فضای خالی (که فرض می کنیم عدد ثابتی است) در طول زمان است. همانطور که می بینید با انبساط جهان، چگالی ماده کاهش می یابد (هر قدر فاصله بین کهکشان ها افزایش یابد ماده رقیق تر می شود) همانطور که انتظارش را دارید. با این حال چگالی انرژی فضای خالی ثابت می ماند، زیرا اگر بخواهیم دلیل بیاوریم زمانی که صحبت از فضای خالی است، چیزی برای رقیق شدن نداریم! (یا همانطور که من گاهی اوقات به دور از شوخی بیان می کنم، جهان با انبساطش بر روی فضای خالی کار انجام می دهد) . این دو نمودار نسبتا نزدیک به دوره ما همدیگر را قطع می کنند که منشا این همزمانی عجیب است که قبلا گفتم. حال در نظر بگیرید که اگر انرژی فضای خالی مثلا ۵۰ برابر مقدار تقریبی کنونی اش بود چه اتفاقی می افتاد. در این صورت دو نمودار در زمان متفاوت زودتری به هم برخورد می کردند، مانند شکل زیر:



با افزایش انرژی فضای خالی، تقاطع دو نمودار زمانی اتفاق می افتد که کهکشان ها به تازگی شکل گرفته بودند، یعنی حدود یک میلیارد سال پس از انفجار بزرگ. اما به خاطر آورید که انرژی فضای خالی از لحاظ گرانشی، دافعه است. اگر این انرژی قبل از زمان شکل گیری کهکشان ها چیره می شد، نیروی دافعه حاصل از این انرژی بر نیروی جاذبه گرانشی که مواد را دور هم جمع کرده بود غلبه می کرد و کهکشان ها هرگز شکل نمی گرفتند.

اما اگر کهکشان ها شکل نمی گرفتند پس ستاره ها نیز شکل نمی گرفتند و به همین ترتیب سیارات نیز شکل نمی گرفتند و در نهایت اختر شناسان نیز شکل نمی گرفتند!

بنابراین در جهانی که انرژی فضای خالی آن تنها ۵۰ برابر انرژی کنونی آن است، ظاهرا امروزه کسی نبود که این انرژی را اندازه بگیرد.

آیا این قضیه می خواهد نکته ای را به ما برساند؟ اندکی پس از کشف جهان در حال انبساط ما، استیون واینبرگ[1] فیزیکدان، برپایه استدلالی که یک دهه قبل طراحی کرده بود، - و قبل از کشف انرژی تاریک- پیشنهاد کرد "مسئله همزمانی اتفاقات[2] " زمانی حل خواهد شد که شاید ثابت کیهانی که ما امروزه اندازه می گیریم طوری انتخاب شده باشد که ارتباطی با پیدایش انسان ها داشته باشد. یعنی اگر به نوعی جهان های زیادی وجود داشته باشند که هر کدام از آنها مقدار انرژی فضای خالی تصادفی ای را بر پایه توزیع احتمالاتی

[1] . Steven Weinberg
[2] . Coincidence Problem

تمامی انرژی های ممکن داشته باشند، از بین آن جهان ها تنها جهان هایی قادر به تکامل هستند که مقدار انرژی فضای خالیشان شبیه به چیزی باشد که امروزه محاسبه می شود. بنابراین ممکن است ما به این دلیل خود را در جهانی با انرژی فضای خالی کم می بینیم، که ما در جهان هایی با انرژی فضای خالی بالا وجود نداریم. به عبارت دیگر عجیب نیست که ما در جهانی زندگی می کنیم که امکان زندگی کردن روی آن را داریم!

این استدلال به هر حال زمانی مفهوم ریاضی پیدا می کند که احتمال وجود دنیا های دیگر وجود داشته باشد. وجود جهان های دیگر ممکن است تناقض به نظر آید، زیرا ایده عمومی که ما در باره جهان مترادف با "هر چیزی که وجود دارد" است.

اخیرا واژه جهان مفهوم ساده تر و ملموس تری پیدا کرده است. امروزه مرسوم است که از واژه "جهان ما" استفاده کنیم و منظورمان این است که "همه چیز هایی که می توانیم ببینیم یا در نهایت قابل دیدن است". بنابراین از لحاظ فیزیکی جهان ما شامل تمام چیزهایی است که بر روی ما تاثیری داشته یا زمانی می تواند تاثیری داشته باشد.

لحظه ای که کسی این تعریف را برای جهان انتخاب کند، امکان وجود جهان های دیگر – یعنی ناحیه هایی که همواره به طور اتفاقی وجود داشته و خواهند داشت و با ما هیچ ارتباطی ندارند، مثل جزیره هایی که توسط اقیانوسی از فضا ارتباطشان با یکدیگر قطع شده – به طور کلی وجود خواهد داشت.

همانطور که قبلا تاکید کرده ام جهان ما آنقدر وسیع است که از لحاظ نظری می توان با اطمینان گفت هر چیزی که غیر ممکن نباشد، در جایی از جهان در حال وقوع است. رخداد های نادر همواره در حال وقوع هستند. ممکن است برایتان سوال پیش آمده باشد که آیا همین اصول برای وجود جهان های دیگر یا "چند جهانی[1]" نیز قابل اعمال است یا نه. به نظر می آید این ایده نظری، قوی تر از آن است که فقط در حد یک احتمال باشد. تعدادی از ایده هایی که در نظریه ذرات امروزی در حال جریان هستند، نیازمند چند جهانی هستند.

من قصد دارم روی این مساله تاکید کنم، زیرا وجود "چند جهانی" شاید به نظر آید که فیزیکدانان از خود ساخته اند تا با استفاده از آن در مقابل سوال در باره علت آغاز جهان که جوابی برای آن ندارند، طفره روند. اما ممکن است این ایده جواب نهایی ما باشد، اما هنوز قطعی نیست. تقریبا هر احتمال منطقی که بتوانیم در ارتباط با قوانین فیزیک آنگونه که در مقیاس های کوچک می شناسیم برای گسترششان به مقیاس های بزرگتر در نظر بگیریم، نشان می دهد که در مقیاس های بزرگتر جهان ما یگانه نیست.

[1] . Multiverse

احتمالا پدیده تورم اولین و بهترین توجیه این مساله است. در تصویر تورمی، در طی فازی که انرژی زیادی به طور موقتی بر مقداری از جهان حاکم می شود، این منطقه شروع به انبساط به صورت نمایی می کند. در لحظه ای، محدوده کوچکی در این "خلا کاذب" از حالت تورم خارج شده و تغییر فازی در آن اتفاق می افتد و محدوده درون آن به انرژی کمتر و واقعی خود می رسد. سرعت انبساط این محدوده از حالتی نمایی خارج می شود. اما فضای بین این قبیل محدوده ها هنوز در حال انبساط با سرعت نمایی است. تا قبل از اینکه تغییر فاز در کل منطقه اتفاق بیافتد، منطقه در حال انبساط به طور نمایی است و همچنین این منطقه تورمی، محدوده هایی که از تورم خارج شده اند را با فاصله های بسیار زیادی از هم جدا می کند. مثل این می ماند که مواد مذاب از یک آتشفشان خارج می شود. بعضی از سنگ ها خنک شده و سفت می شوند، اما آن سنگ ها توسط دریایی از ماگمای مذاب حرکت کرده و از هم دور می شوند. شرایط می تواند جالب تر نیز شود.

در سال ۱۹۸۶ آندره لینده[1] که به همراه آلن گوت، یکی از معماران نظریه تورمی مدرن است، این تصویر را ارتقاء داد و یک سناریوی محتمل کلی تری را کشف کرد. البته این نکته به نوعی توسط کیهان شناس مبتکر روس تبار، الکس ویلنکین[2]، در آمریکا پیش بینی شده بود. لینده و ویلنکین اعتماد به نفس خاصی داشتند که ممکن است در فیزیکدانان بزرگ روسی یافت شود، اما تاریخچه شان کاملا متفاوت است. لینده قبل از فروپاشی اتحاد جماهیر شوروی و مهاجرت به آمریکا، در تشکیلات فیزیک شوروی سابق رشد یافته بود. او شخصی بی پروا، شوخ طبع و نابغه بود. [در طول دوران زندگی در شوروی] او بر روی کیهان شناسی نظری ذرات تسلط می یافت. ویلنکین بسیار زودتر و قبل از آنکه فیزیکدان شود به ایالات متحده مهاجرت کرده بود و در آمریکا در طول دوران تحصیلش در مشاغل مختلفی کار کرده بود از جمله نگهبانی در شب. با اینکه او همواره به کیهان شناسی علاقه داشت، او به طور تصادفی در دانشگاه اشتباهی اقدام به تحصیل کرد و در نهایت پایان نامه اش را در باره فیزیک مواد متراکم – گرایش فیزیک مواد - به پایان رساند. سپس او به عنوان محقق پسا دکترا در دانشگاه کیس وسترن ریورس اقدام به فعالیت کرد که بعدها من رئیس آن دانشگاه شدم. در طی آن دوران او از سرپرست خود، فیلیپ تیلور[3]، درخواست کرد که روز های بیشتری را علاوه بر پروژه های مرتبط، به کیهان شناسی اختصاص دهد. فیلیپ بعدها به من گفت که با وجود این تحقیقات پاره وقتش، او خلاق ترین محقق پسا دکترایی بود که تا به حال داشته است.

در این حالت، چیزی که لینده به آن دست یافت این بود که زمانی که نوسانات کوانتومی در طی تورم، منطقه را به سمت وضعیت حداقل انرژی اش جلو می برند، که در نهایت خروجی دلپذیری خواهد داشت، همواره این احتمال وجود دارد که در قسمتی از این منطقه، محدوده هایی وجود داشته باشند که نوسانات کوانتومی آن

[1] Andrei Linde
[2] Alex Vilenkin
[3] Philip Taylor

ها را به سمت انرژی های بالاتر هدایت کنند و در نتیجه به مقادیری دورتر از چیزی که تورم پایان یابد می روند و تورم بدون کم و کاستی ادامه می یابد. به دلیل اینکه این محدوده ها زمان بیشتری انبساط می یابند، محدوده ای که در حال تورم است بسیار بزرگ تر از محدوده هایی است که از حالت تورم خارج شده اند. حال در این محدوده ای که در حال تورم است، نوسانات کوانتومی می توانند باعث خروج بعضی زیر محدوده ها از تورم شده و از حالت انبساط نمایی خارج شوند و مجددا محدوده هایی وجود دارند که هنوز در حال انبساط اند و این داستان به همین ترتیب ادامه پیدا می کند.

این تصویر (توصیف) که لینده عنوان " تورم نامنظم[1]" را به آن داد، در حقیقت شبیه به سیستم های نامنظم مشابهی بر روی کره زمین است. برای مثال سوپی در حال جوشیدن را در نظر بگیرید. در هر لحظه حبابی از گاز در سطح آن می ترکد که بیانگر محدوده هایی است که مایع در آن محدوده، به دلیل دمای بالا تغییر فاز کاملی را برای تشکیل بخار گذرانده است. اما در میان حباب ها، سوپ همچنان در حال جریان و گردش است. در مقیاس بزرگتر، ما شاهد نظم هستیم- یعنی همواره نقاطی وجود دارند که حباب بر روی آنها می ترکد- . اما در مقیاس محلی اتفاقات کاملا متفاوت است و بستگی به موقعیت ناظر دارد. مشابه همین نیز در جهان تورمی نامنظم اتفاق می افتد. اگر کسی در حبابی قرار داشته باشد که تورمش به پایان رسیده، جهانی که می بیند بسیار متفاوت از حجم وسیعی است که اطراف آن حباب در حال تورم است.

در این تصویر، تورم تا ابد ادامه دارد. بعضی نواحی، در حقیقت اکثر نواحی همیشه در حال تورم هستند. محدوده هایی که از تورم خارج می شوند، جدا شده و تبدیل به جهان های مستقل، نا مرتبط و تصادفی می شوند. تاکید می کنم که در صورتی که تورم تا ابد ادامه یابد، چند جهانی اجتناب ناپذیر خواهد بود، و البته تاکنون حداقل در بین گزینه های تورمی، تورم ابدی محتمل ترین گزینه است. همانطور که لینده در مقاله سال ۱۹۸۶ اش آورد:

سوال قدیمی که چرا جهان ما تنها گزینه ممکن است، امروزه با این سوال جایگزین شده است که در میان نظریات مرتبط با جهان های کوچک، کدام نظریه وجود جهان هایی مشابه ما را ممکن می داند؟ این سوال هنوز خیلی مشکل است اما به مراتب از سوال قبلی ساده تر است. از دید ما، اصلاح نقطه نظر ما درباره ساختار جهان و جایگاه ما در جهان، یکی از مهمترین عواقب پیشرفت سناریو های جهان تورمی است.

همانطور که لینده تاکید کرد و تاکنون نیز آشکارتر شده است، این تصویر احتمالات جدید را در فیزیک بوجود می آورد. یکی از ساده ترین آنها این است که وضعیت های کوانتومی کم انرژی متفاوت زیادی وجود دارند که جهان تورمی می تواند به آنها تنزل یابد. به دلیل اینکه پیکره بندی موقعیت های کوانتومی این

[1] Chaotic Inflation

محدوده ها متفاوت از ماست، مشخصات نیروهای بنیادی فیزیک در آن محدوده/جهان ها می تواند جور دیگری باشد.

در اینجا اولین چشم اندازی که پیش می آید بحث پیدایش انسان است، که قبلا مطرح شد. اگر وضعیت های متفاوت بسیاری برای جهان، بعد از تورمش امکان پذیر باشد، احتمالا جهانی که ما در آن زندگی می کنیم که انرژی خلا آن غیر صفر و به حدی است که کهکشان ها توانستند شکل بگیرند، عضو یکی از احتمالا بی نهایت خانواده ها است، و جهانی است که برای دانشمندان کنجکاو انتخاب شده است، زیرا این جهان از وجود کهکشان ها، ستارگان، سیارات و زندگی، پشتیبانی می کند.

این اولین متنی نیست که در آن از واژه "چشم انداز[1]" استفاده شده است. این واژه برخاسته از دستگاهی است که در ربع قرن اخیر در حال عملیات تخریب در فیزیک ذرات است- یعنی نظریه ریسمان[2]. نظریه ریسمان ادعا می کند ذرات بنیادی از اجزای بنیادی تری تشکیل یافته اند که ذره مانند نیستند، بلکه اجسامی هستند که مانند ریسمان های در حال ارتعاش رفتار می کنند. همانطور که ارتعاش ریسمان ها بر روی ویولن می تواند نت های متفاوتی را ایجاد کند، به همین ترتیب در این نظریه ارتعاشات متفاوت می توانند به طور کلی ذراتی را که ما امروز به عنوان ذرات بنیادی طبیعت می شناسیم، تولید کنند. با این حال نکته ای که وجود دارد این است که این نظریه از لحاظ ریاضی سازگار با ۴ بعد نیست و برای سازگاری نیازمند ابعاد دیگری است. چه اتفاقی برای سایر ابعاد می افتد، به سرعت آشکار نمی شود و از طرف دیگر این مطلب که در کنار ریسمان ها، سایر اجسام چه نقشی را ایفا می کنند نیز توضیح داده نمی شود. [این نظریه] مشکلات و سوالات حل نشده بسیاری را به همراه خود آورد و مقداری از هیجانی که در ابتدا داشت را کاست.

اینجا مجالی برای بحث کامل درباره نظریه ریسمان ها وجود ندارد و در حقیقت احتمالا بحث کامل امکان پذیر نیست، زیرا تنها چیزی که در طول ۲۵ سال اخیر مشخص شده است این است که چیزی که در ابتدا به عنوان نظریه ریسمان معرفی شد چیزی است که بسیار پیچیده و دارای جزئیات فراوان است و چیزی است که طبیعت بنیادی اش هنوز به عنوان رازی باقی مانده است.

ما هنوز نمی دانیم که ساختار این نظریه شگفت انگیز ربطی به جهان واقعی دارد یا نه. با این حال تا کنون هیچ نظریه ای این قدر موفق نبوده است که بدون اینکه توانایی خودش را برای توضیح حتی یکی از آزمایشات تجربی ناشناخته نشان دهد، در بین جامعه فیزیکدانان رواج پیدا کند.

[1] . Landscape
[2] . String Theory

خیلی از مردم جمله آخرم را به عنوان انتقادی درباره نظریه ریسمان در نظر خواهند گرفت و اگرچه اخیرا من به عنوان مخالف و بدگوی نظریه ریسمان شناخته شدم، اما منظور من نه در اینجا و نه در سخنرانی های بسیاری که داشته ام و مناظراتی که با دوستم برایان گرین[1]، که یکی از طرفداران اصلی این نظریه است داشته ام، این نبوده است. من به این اصل ساده معتقدم که باید از شور و هیجان عامیانه عبور کنیم و واقعیت را ببینیم. نظریه ریسمان ایده ها و ریاضیات بسیار جالبی را ارائه می دهد که می تواند یکی از اساسی ترین ناسازگاری های فیزیک نظری را روشن کند- یعنی توانایی ما در استفاده از نسبیت عام انیشتین به طوری که بتواند با قوانین مکانیک کوانتومی سازگار باشد و پیشبینی های درستی از نحوه عملکرد جهان در کوچکترین مقیاس هایش بدهد.

من کتاب کاملی را درباره چگونگی تلاش نظریه ریسمان برای دور زدن این مشکل نوشتم، اما برای مقاصد ما در این کتاب، شرح مختصری کافیست. پیشنهاد اصلی توضیحش راحت اما به کار گیری اش دشوار است. در مقیاس های بسیار کوچک، یعنی مقیاس هایی که در آن مشکلات بین گرانش و نظریه کوانتوم خود را نشان می دهند، ریسمان های بنیادی می توانند به حلقه های بسته ای تبدیل شوند. در میان مجموعه ای از تحریکات این حلقه های بسته، همواره تحریکاتی وجود دارد که مشخصات ذره ای که در نظریه کوانتوم گرانش را انتقال می دهد، را داراست، یعنی گراویتون[2]. بنابراین نظریه کوانتومِ چنین ریسمان هایی به طور کلی زمینه ای را فراهم می کند که بدانیم چگونه می توان تئوری کوانتوم گرانشی درستی را تولید کرد.

مسلما کشف شد که چنین نظریه ای باید مشکل بی نهایت پیشبینی ها را برای رسیدن کوانتوم استاندارد به گرانش، نداشته باشد. با این حال مانعی وجود داشت. در ساده ترین نسخه از این نظریه این بینهایت پیشبینی می توانست اینگونه رفع گردد که ریسمان هایی که ذرات بنیادی را تشکیل می دهند نه فقط دارای سه بعد فضا و یک بعد زمان که ما با آنها آشنا هستیم، بلکه در ۲۶ بعد در حال ارتعاشند!

ممکن است شما قبول کنید که چنین پیچیدگی ای (وشاید چنین اعتقادی) به اندازه کافی می توانند باعث چشم پوشی فیزیکدانان از این نظریه شود. اما در اواسط دهه ۱۹۸۰ محاسبات ریاضی زیبایی توسط گروه هایی مستقل، از جمله مهمترین آنها ادوارد ویتن[3] از موسسه تحقیقات پیشرفته، صورت پذیرفت که نشان داد این نظریه به طور کلی می تواند اقدامات مهمتری از ارائه نظریه کوانتومی گرانش انجام دهد. با معرفی تقارن های

[1] . Brian Greene
[2] . Graviton
[3] .Edward Witten

جدید ریاضی و مهمتر از آن ساختار جدید ریاضیاتی به نام "ابر تقارن[1]"، این امکان بوجود آمد که تعداد ابعاد مورد نیاز برای سازگاری این نظریه از ۲۶ به تنها ۱۰ بعد کاهش یابد.

با این حال از این مهمتر این بود که به نظر می آمد ممکن است با استفاده از نظریه ریسمان ها بتوان گرانش را با دیگر نیروی های طبیعت به صورت یک نظریه متحد کرد و بتوان علت وجود تک تک ذرات شناخته شده در طبیعت را توضیح داد! در نهایت گفته شد که ممکن است بتوان یک نظریه واحد را در ده بعد ارائه داد تا که بتواند هر آنچه که ما در چهار بعد می بینیم را تولید کند.

ادعای مبنی بر "نظریه همه چیز[2]" نه فقط در جوامع علمی بلکه در میان عموم مردم نیز گسترش یافت. به تبع آن امروزه افراد بیشتری با نظریه "ابر ریسمان ها[3]" آشنا هستند تا اینکه با "ابر رسانا[4]" آشنا باشند که دومی بیانگر این حقیقت شگفت انگیز است که اگر بعضی مواد را تا دمای بسیار پایینی سرد کنیم، می توانند الکتریسیته را بدون کوچکترین مقاومتی انتقال دهند. این نه تنها یکی از شگفت انگیز ترین مشخصات مواد است که تا کنون دیده شده است، بلکه این اتفاق فهم ما را از ساختار کوانتومی مواد تغییر داد.

افسوس که ۲۵ سال اخیر چندان نیز با نظریه ریسمان مهربان نبود. گرچه بهترین متفکرین نظری تمام تلاش خود را در این راه به کار گرفتند و انواع نتایج را ارائه داده و ریاضیات جدیدی را ابداع کردند (برای مثال ویتن به جایی رسید که مهمترین جایزه ریاضیات را از آن خود کرد)، آشکار شد که ریسمان ها در نظریه ریسمان احتمالا بنیادی ترین حالت نیستند. ساختار های پیچیده تر دیگری به نام "غشا[5]" که نامش را از غشای سلولی گرفته بود و در ابعاد بالاتر وجود دارند، رفتار این نظریه را کنترل می کنند.

اتفاق بد این بود که یگانگی نظریه به هم خورد. به هر حال جهان اطراف ما که تجربه اش می کنیم ۱۰ بعدی نبوده بلکه نسبتا ۴ بعدی است. چیزی باید برای سایر ۶ بعد فضایی اتفاق بیافتد و توضیح متعارفی که برای نامرئی بودن آن ها می دهند این است که آنها به نوعی فشرده شده اند؛ یعنی در مقیاس های بسیار زیری فر خورده اند که ما در مقیاس خودمان و حتی در مقیاس های ریزی که با شتاب دهنده های ذرات انرژی بالا تحقیق می شوند نیز قابل شناسایی نیستند.

بین این قلمرو های نا مرئی و بعضی ادعا های معنوی در عین وجود شباهت، تفاوت هایی نیز وجود دارد. در وهله اول این ادعا ها در صورت ساخت شتاب دهنده هایی با انرژی کافی که از لحاظ احتمالاتی امکان پذیرند

[1] . Super Symmetry
[2] . Theory Of Every Thing
[3] . Super String
[4] . Super Conductivity
[5] . Brane

ولی احتمالا ساختشان فراتر از محدوده عملیاتی است، قابل تحقیق است. دوما اینکه همانند ذرات مجازی، می توان امیدوار بود که شواهد غیر مستقیمی وجود داشته باشد که این ابعاد را بتوان در جهان چهار بعدی اندازه گرفت. به عبارت دیگر چون این ابعاد در درون یک نظریه ای که برای تشریح جهان استفاده می شود، به کار گرفته شده اند و نه برای توجیه کردن آن، بنابراین احتمال دارد نهایتا روشی تجربی برای آزمایش آنها وجود داشته باشد، حتی در صورتی که این احتمال بسیار اندک باشد.

اما فراتر از آن، وجود احتمالی این ابعاد اضافی این چالش را بوجود می آورد که بعضی آرزو کنند جهان ما منحصر به فرد باشد. اگر حتی کسی با یک تئوری در ده بعد شروع کند (که تاکید می کنم، ما هنوز نمی دانیم) در نتیجه هر گونه ای از متراکم کردن سایر ۶ بعد می تواند جهان های متفاوت چهار بعدی ای را نتیجه دهد که قوانین فیزیکی متفاوت، نیروهای متفاوت، ذرات متفاوت و تقارن متفاوتی داشته باشند. بعضی از نظریه پردازان تخمین زده اند که احتمالا 10^{500} حالت مختلف و ممکن چهار بعدی سازگار را با توجه به نظریه ریسمان می توان از ۱۰ بعد استخراج کرد. "نظریه همه چیز" ناگهان به "نظریه هر چیز[1]" تغییر یافت!

این حالت به طرز خنده داری در کاریکاتوری از یکی از کتاب های کمیک استریپ علمی مورد علاقه من ایکس-کی-سی-دی[2] بیان شده است. در این کتاب شخصی به شخص دیگر می گوید " من ایده جالبی دارم. ممکن است تمام ماده و انرژی از ریسمان های مرتعشی تشکیل شده باشند". دومی می گوید " خب، در این صورت چه نتیجه خاصی حاصل می شود؟" و اولی جواب می دهد " نمی دانم"

در متن تقریبا جدی تردیگری، فرانک ویلزک[3] برنده جایزه نوبل فیزیک می گوید که دانشمندان حوزه نظریه ریسمان روش جدیدی برای حل مسائل فیزیک اختراع کردند که یاد آور روش جدید بازی دارت است. شخصی دارتی را به سمت یک دیوار خالی پرتاب می کند و نفر بعد به سمت دیوار رفته و دایره هدف را حول نقطه ای که دارت اصابت کرده رسم می کند.

با اینکه حرف فرانک بازتاب دقیقی از اکثر شور و اشتیاقی است که تا به امروز به وجود آمده، باید پذیرفت که کسانی که بر روی نظریه ریسمان کار می کنند، صادقانه در جستجو برای کشف قوانین جهانی هستند که در آن زندگی می کنیم. با این حال ازدیاد جهان های ۴ بعدی که قبلا به عنوان مشکلی در راه نظریه پردازان نظریه ریسمان بود، امروزه به عنوان نقطه قوت آن تلقی می شود. می توان تصور کرد در یک چند جهانی ده بعدی می توان انواع اقسام جهان های چهار بعدی، پنج بعدی، شش بعدی و ... جای داد که هر کدام قوانین فیزیکی خود را دارند و علاوه بر آن انرژی فضای خالی هرکدام از آنها متفاوت است.

[1] . Theory Of Anything
[2] . xkcd
[3] . Frank Wilczek

گرچه ممکن است این حرف کاملا ساختگی به نظر آید، اما به نظر می آید که این قضیه یکی از نتایج مستقیم این نظریه است و این قضیه واقعا یک "چشم انداز" از چند جهانی می سازد که می تواند ساختاری فراهم کند که بتوان انرژی فضای خالی را به پیدایش انسان ربط داد. در این حالت ما نیازی به بی نهایت جهان که در فضای سه بعدی پراکنده شده اند نداریم. بلکه می توانیم در نظر بگیریم که بی نهایت جهان بر روی یک نقطه ای روی هم قرار دارند که از دید ما مخفی هستند اما هر کدام از آنها به طرز خارق العاده ای می توانند مشصات متفاوتی داشته باشند.

باید تاکید کنم که این نظریه با مطلبی بی اهمیتی که توماس آکوییناس مقدس درباره تعداد فرشته هایی که همزمان می توانند در یک مکان روی هم جای بگیرند فکر می کرد متفاوت است. این مطلب حتی توسط حکمای الهی بعدی نیز به عنوان تفکری بی ثمر شناخته شد و با عناوینی مثل چند فرشته می توانند بر روی نوک سوزن قرار گیرند مسخره شد.

البته آکوییناس خودش بدون انجام آزمایشان عملی یا مطالعات نظری به این سوال پاسخ داد که بیش از یک فرشته نمی تواند در یک مکان جای بگیرد! (که البته اگر آنها فرشته های کوانتومی بوزونی باشند جواب غلط خواهد بود)

با داشتن این تصویر در ذهن و همچنین ریاضیات کافی، به طور کلی هر کسی می تواند پیشبینی های فیزیکی بکند. برای مثال شخصی می تواند توزیع احتمالی را استخراج کند که احتمال یافتن انواع مختلف جهان های چهار بعدی را در یک چند جهانی نشان دهد. ممکن است کسی بفهمد که آن جهان هایی که انرژی فضای خالی اندکی دارند، از سه دسته ذرات بنیادی و چهار نوع نیروی مختلف تشکیل شده اند. یا کسی ممکن است به این نتیجه برسد که تنها در جهان های با انرژی فضای خالی اندک است که نیروهای الکترومغناطیسی در گستره وسیع و زمان طولانی می توانند وجود داشته باشند. چنین نتیجه ای می تواند دلایل قانع کننده ای را ارائه دهد که نشان دهد توضیح پیدایش انسان با استفاده از انرژی فضای خالی، از لحاظ فیزیکی معنی دارد. یعنی یافتن جهانی که مانند جهان ما انرژی خلا اندکی داشته باشد غیر محتمل نیست.

تاکنون ریاضیدانان تا این حد جلو نرفته اند و ممکن است هیچ وقت نروند. اما بر خلاف ضعف نظری امروزه ما، این به این معنی نیست که این احتمال از دید طبیعت پنهان مانده باشد.

با این حال در خلال این وقایع، فیزیک ذرات دلایل پیدایش انسان را یک گام به جلوتر برد.

فیزیکدانان ذرات به مراتب جلو تر از کیهان شناسان هستند. کیهان شناسی یک کمیت رازآلودی را ارائه داد: انرژی فضای خالی که ما درباره آن هیچ نمی دانیم. با این حال فیزیک ذرات کمیت های زیادی دارد که مدت هاست درباره آنها چیزی نمی دانیم!

به عنوان مثال: چرا سه نسل از ذرات بنیادی وجود دارند- الکترون و دو پسرعموی سنگینش میون[1] و تاو[2]، یا مثلا چرا سه دسته کوارک موجود است که دسته با کمترین انرژی بیشترین حجم روی کره زمین را ساخته است؟ چرا گرانش از سایر نیروهای طبیعت مانند الکترومغناطیس ضعیفتر است؟ چرا پروتون ۲۰۰۰ برابر سنگین تر از الکترون است؟

بعضی از فیزیکدانان ذرات سریعا بر روی واگن پیدایش انسان نپریدند، شاید به این دلیل که تلاشهایشان برای توضیح این معما ها با توجه به علل فیزیکی هنوز موفقیت آمیز نبوده است. با این همه اگر یکی از کمیت های بنیادی طبیعت کاملا تصادفی باشد، چرا اکثر یا بقیه کمیت ها نباشند؟ شاید تمامی ابهامات فیزیک ذرات توسط این راه حل قابل حل باشد: اگر جهان به شکل دیگری بود، ما نمی توانستیم روی آن زندگی کنیم.

ممکن است برای کسی سوال پیش بیاید که آیا چنین جوابی در باره رازهای طبیعت می تواند قانع کننده باشد یا مهمتر از آن علمی که ما می فهمیم را توضیح دهد. به هر حال هدف علم، خصوصا فیزیک ذرات، در ۴۵۰ سال اخیر بیشتر این بوده است که توضیح دهد چرا جهان جوری است که ما اندازه می گیریم، تا اینکه چرا قوانین طبیعت چنین جهان های متفاوتی را می سازند.

من تلاش کردم که توضیح دهم بحث اصلی این نیست، یعنی چرا دانشمندان قابل احترام زیادی جوابشان در نهایت جواب مرتبط با پیدایش انسان است و چرا دانشمندان دیگری تلاش بیشتری کردند تا شاید بتوانند نکته جدید از جهان را یاد بگیرند.

بگذارید من کمی فراتر بروم و توضیح دهم که چرا جهان های دائمی غیر قابل کشف، هیچ گاه به طرق تجربی قابل دسترسی نیستند (چه آنهایی که با فاصله های بسیار زیاد از ما دورند، چه آنهایی جلوی چشممان هستند و نمی بینیمشان، چه انهایی که در فاصله بسیار کمی از ما اما در ابعاد دیگری قرار دارند)

برای مثال فرض کنید ما نظریه ای بر پایه اتحاد حداقل سه تا از چهار نیروی طبیعت، به عنوان نظریه متحد بزرگ ارائه داده ایم که موضوعی است که هنوز در فیزیک ذرات در جریان است.(در بین کسانی که هنوز از یافتن نظریه های بنیادی در چهار بعد نا امید نشدند)

[1] . Muon
[2] . Tauon

چنین نظریه ای پیشبینی هایی را درباره نیروهای طبیعت که ما اندازه می گیریم ارائه می دهد همچنین درباره طیف ذرات بنیادی که در شتاب دهنده ها بررسی می کنیم، می گوید. آیا چنین نظریه ای امکان پیش بینی آزمایشاتی را که در تحقیقات بعدی مان انجام می دهیم را به ما می دهد؟ این دلیلی است که ما را به امتحان آن نظریه ترغیب می کند.

حال تصور کنید چنین نظریه ای همچنین دوره ای از تورم را در جهان اولیه پیش بینی می کند و در حقیقت می گوید که مبدا تورم ما قسمتی از تورم ابدی چند جهانی است. حتی اگر ما نتوانیم وجود چنین محدوده هایی که از افق مستقیم ما خارج هستند را اثبات کنیم، همانطور که قبلا گفتم، اگر چیزی شبیه به اردک راه برود، صدای اردک را در آورد ... می دانید منظورم چیست.

یافتن شواهد تجربی ممکن برای ایده هایی در باره ابعاد دیگر بسیار غیر محتمل است اما ناممکن نیست. بسیاری از فیزیکدانان نخبه جوان کار حرفه ای خود را وقف این کردند که این نظریه را تا جایی پیش ببرند که شواهدی هر چند غیر مستقیم بدست آید که درست بودن آن را ثابت کند. ممکن است آنها امید واهی داشته باشند، اما هنوز هم در این راه مصمم هستند. شاید شواهدی از شتابدهنده بزرگ هادرونی نزدیک ژنو حاصل شود و پنجره جدیدی از این فیزیک جدید را به روی ما باز کند.

حال، پس از یک قرن پیشرفت بی سابقه و شگفت انگیز ما در فهم جهان، ما توانستیم جهان را در مقیاس هایی تحقیق کنیم که قبل ها غیر قابل تصور بود. ما ماهیت انفجار بزرگ را تا اولین لحظاتش فهمیدیم و وجود صد ها میلیارد کهکشان جدید را کشف کردیم. ما فهمیدیم که ۹۹ درصد از جهان برای ما نامرئی است، که این شامل ماده تاریک می شود که کاملا از ذرات متفاوتی تشکیل یافته است و حتی انرژی تاریک که منشا اش تا به امروز نامعلوم و مرموز مانده است.

و سوای همه اینها ممکن است فیزیک به "علم محیطی[1]" تبدیل شود. ثوابت بنیادی جهانی که تا به امروز از اهمیت خاصی برخوردار بوده اند، ممکن است ار لحاظ محیطی کاملا تصادفی باشند. اگر ما فیزیکدانان تصمیم بگیریم خودمان و علممان را بسیار جدی بگیریم، به نظر می آید که جهانمان را نیز خیلی جدی گرفته ایم. شاید ما واقعا اهمیت زیادی به "هیچ چیز" می دهیم. شاید ما "هیچ چیز" را بیش از اندازه که در جهان ما تاثیر دارد بزرگش کردیم! ممکن است جهان ما یکی از وقایع موجود در اقیانوس احتمالات چند جهانی است. ممکن است ما هیچ وقت نتوانیم به نظریه ای دست یابیم که بگوید چرا جهان اینگونه است.

و شاید ما بتوانیم.

[1] . Environmental Science

در نهایت این دقیق ترین تصویری بود که من می توانستم از واقعیتی که تا به امروز فهمیدیم ترسیم کنم. این تصویر بر پایه ده ها هزار مغز متفکر در قرن اخیر است که یکی از پیچیده ترین دستگاه ها را تا کنون طراحی کرده اند و ایده های بسیار زیبا و پیچیده ای را توسعه می دهند که بشریت تا به امروز با آنها مواجه شده است.

این تصویری است که خلق آن بهترین خصوصیات را درباره انسان آشکار می کند- توانایی ما برای تصور دامنه وسیعی از احتمالات برای وجود و این اتفاق شگفت انگیز که ما به قدری جسارت داریم که آن ها را کشف می کنیم بدون اینکه تمامی این اتفاقات را فقط به خالق نسبت دهیم. ما به خودمان مدیونیم خردمندی را در میان این تجربیات ببینیم. در غیر این صورت به تمام افراد باهوش و شجاعی که علم امروزی مان حاصل تلاش آنها بوده بی احترامی کردیم.

اگر ما بخواهیم نتایجی فلسفی را از وجود خودمان، اهمیت خودمان، و اهمیت جهانمان استخراج کنیم، نتیجه ما باید بر پایه علوم تجربی باشد.داشتن یک ذهن خلاق به این معنی است که بتوانیم تصوراتمان را با شواهدی از دنیای واقعی وفق دهیم و نه برعکس آن. خواه این نتایج برایمان خوشایند باشد، خواه نباشد.

فصل نهم

"هیچ چیز" چیزی است

ندانستن برایم اهمیتی ندارم. مرا نمی ترساند.

ریچارد فاینمن

اسحاق نیوتون، احتمالا بزرگترین فیزیکدان همه ادوار، عمیقا دیدگاه ما را در باره جهان از جهات مختلفی تغییر داد. اما احتمالا مهمترین نقشی که او ایفا کرد این بود که نشان داد جهان ما قابل توضیح و فهم است. با قانون جهانی جاذبه اش، او نشان داد که حتی بهشت نیز باید تابع قوانین طبیعت باشد. جهانی متخاصم، عجیب، تهدید کننده و دمدمی مزاج چیزی غیر قابل قبول است.

اگر قوانین تغییر ناپذیری بر جهان حاکم باشند، خدایان یونان و روم باستان ناتوان خواهند بود. این آزادی را نخواهند داشت که به دلخواه خود برای نوع بشر مشکلات بوجود بیاورند. خورشید نمی تواند در آسمان ظهر ساکن بماند زیرا نه خورشید، بلکه زمین است که با حرکت خود به دور خود، خورشید را متحرک نشان می دهد و اگر زمین ناگهان از حرکت بایستد تمامی ساختمان های مردم به همراه خود مردم را نابود می کند.

معجزات ناشی از اتفاقات فرا طبیعی هستند. آنها اتفاقاتی هستند که قوانین طبیعت را دور می زنند. خالقی که بتوانند قوانین طبیعت را بوجود آورد مسلما می تواند آن قوانین را به دلخواه خود تغییر دهد. البته این معجزات اغلب در زمانی اتفاق افتاده اند که تجهیزات ارتباطی برای ثبتشان وجود نداشته است.

به هر حال، حتی در جهانی بدون معجزات وقتی شما با چنین نظمی روبرو شوید شما می توانید دو جور نتیجه گیری کنید. یکی توسط خود نیوتون و قبل تر از آن گالیله و سایر دانشمندان مطرح شده است که این نظم توسط خالقی هوشمند طراحی شده که نه تنها مسئول خلقت جهان بلکه باعث وجود ما نیز است و ما انسان ها را شبیه خود آفرید (و ظاهرا سایر موجودات زیبا و پیچیده را نه !) .نتیجه دیگر این است که قوانین به خودی خود وجود دارند. این قوانین خود باعث وجود جهان شده و باعث تکامل آن شده است و ما نتایج غیر قابل اجتناب این قوانین هستیم. این قوانین می توانند ازلی باشند یا می توانند از احتمالات فیزیکی ناشناخته ای بوجود آمده باشند.

فلاسفه، الهی دانان و بعضا دانشمندان در مورد این احتمالات بحث می کنند. ما نمی دانیم که کدام یک از آنها جهان ما را به طور واقعی نشان می دهند و شاید هرگز ندانیم. اما همانطور که من در ابتدای این کتاب ذکر کردم پاسخ نهایی این سوال توسط آرزو، امیال، الهام و یا تفکر محض، داده نخواهد شد. این پاسخ در صورتی که وجود داشته باشد تنها از اکتشاف در طبیعت حاصل خواهد شد. همانطور که در ابتدای کتاب نقل قولی از جاکوب برونووسکی آمد که رویای کسی در این زمینه می تواند کابوس کس دیگری باشد، چه خوشایند چه نا خوشایند ما باید با استفاده از تجربیاتمان هرطور که هستند زندگی کنیم و البته با چشمانی باز. جهان به همین شکلی است که می بینیم، چه بخواهیم چه نخواهیم.

و در اینجا فکر می کنم به شدت مهم است که بگویم جهانی از عدم – به شکلی طاقت فرسایی که من توضیح دادم – که به طور طبیعی و غیر قابل اجتناب بوجود آمده است، هر روز با چیزهایی که از دنیا می بینیم سازگار تر می شود. این دانش از تعمقات فلسفی و دینی درباره اخلاقیات و سایر تفکرات در باره انسان به دست نیامده است. بلکه همانطور که توضیح دادم از پیشرفت های شگفت انگیز و قابل توجه تجربی در کیهان شناسی و فیزیک ذرات حاصل شده است.

حال می خواهم که به سوال ابتدای کتاب بازگردم: "چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟" ما احتمالا در این لحظه در شرایط بهتری برای پاسخ به این سوال قرار داریم زیرا نگاهی کلی به علم جدید درباره تصویر جهان کردیم و همچنین تاریخ جهان و آینده محتمل آن را بررسی کردیم و همچنین توصیفی عملیاتی از چیز هایی که ممکن است "هیچ چیز" را تشکیل دهند ارائه دادیم. همانطور که در ابتدای کتاب گفتم این سوال مانند بسیاری از سوالات مشابه فلسفی توسط علم نیز بررسی شده است. بدور از هرگونه طرز فکری که سریعا پاسخ خالق را پیش روی ما بگذارد، بگویم که واژه های دخیل در این سوال معنی اصلی خود را اندکی از دست داده اند. دور از انتظار هم نیست، زیرا دانش تجربی ما نوری بر نقاط تاریک تصورات و تخیلات ما انداخته است.

در علم ما در هر لحظه باید مراقب سوالاتی باشیم که با "چرا" آغاز می شوند. [در علم] ما هر وقت که می پرسیم "چرا" منظورمان "چگونه" است که اگر ما بتوانیم به همان "چگونه" جواب دهیم برایمان کفایت می کند. برای مثال ممکن است بپرسیم " چرا کره زمین ۹۳ میلیون مایل از خورشید فاصله دارد؟" اما چیزی که احتمالا مد نظر ما است این است که " چطور شده است که کره زمین ۹۳ میلیون مایل از خورشید فاصله گرفته است؟" یعنی ما کنجکاو هستیم که بدانیم چه فرایند های فیزیکی ای منجر به قرار گرفتن زمین در موقعیت کنونی اش شده است. "چرا" به طور ضمنی به هدف آن اتفاق اشاره می کند، و زمانی که ما به طریق علمی درباره منظومه شمسی بحث می کنیم، عموما هدفی را برای آن قائل نمی شویم.

بنابراین من این طور در نظر می گیرم که مفهوم واقعی سوالی که پرسیده می شود این است که " چگونه به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟". سوالاتی که در رابطه با "چگونگی" است تنها سوالاتی هستند که ما واقعا با مطالعه طبیعت می توانیم به آنها پاسخ دهیم، اما به دلیل اینکه این سوال کمی به گوش نا آشنا می آید از شما پوزش می طلبم که ممکن است گاهی اوقات در این دام بیافتم که به نظر در باره "چرایی" سوال پاسخ می دهم، اما در حقیقت "چگونگی" آن را مورد بحث قرار داده ام.

حتی دراینجا که از منظر اطلاعات واقعی مان بحث می کنیم، این سوال بخصوص درباره "چگونگی" می تواند توسط دسته ای از سوالات مفید دیگر جایگزین شود مثلا "چه چیزی ممکن است این مشخصات را برای دنیای ما بوجود آورد که باعث شود امروزه این مقادیر را ببینیم؟" یا احتمالا مهمتر از آن "چطور می توانیم این قضیه را بفهمیم؟"

اینجا من دوباره می خواهم بر سر چیزی که ای کاش تا امروز از بین رفته بود بکوبم. پرسیدن سوالات در این قالب باعث تولید دانش و فهم جدید می شود. همین نکته باعث تفاوت این سوالات با سوالات مذهبی می شود زیرا ما وقتی سوالات مذهبی می پرسیم تصورمان بر این است که حتما جوابی شفاف و درست برایش وجود دارد.

اتفاقا من از بسیاری از الهی دانان این سوال را پرسیدم که آیا در ۵۰۰ سال اخیر یعنی از زمان طلوع علم، الهیات توانسته است به دانش روز کمک کند؟ البته تا امروز کسی به من جواب نداده است. البته جوابی که اکثرا با آن برخورد کردم این بوده که " منظورت از علم چیست؟" که از منظر معرفت شناسی این می تواند مسئله پیچیده ای باشد. با این حال من تصور می کنم اگر جواب بهتری بود، قطعا جایگزین این جواب می شد. اگر من این سوال را از زیست شناسان، روان شاسان، تاریخ دانان و اختر شناسان می پرسیدم آنها در جواب دستپاچه نمی شدند.

جواب چنین سوالات مفیدی شامل پیشبینی های نظری که توسط آزمایشات قابل بررسی هستند می شود که نهایتا دانش قابل استفاده ما را مستقیما به جلو می برد. تقریبا به همین دلیل من تا اینجای کتاب بر روی این قبیل سوالات مفید تمرکز کرده بودم. با این حال بحث "چیزی از هیچ چیز" سوالی است که هنوز اذهان زیادی را مشغول کرده و باید با آن مواجه شویم.

چه شما قائل به وجود منطق حاکم بر جهان باشید چه نباشید، دستاورد های نیوتون باعث شد دسته ای از سوالاتی که مستقیما جوابش را به خدا ارتباط می دادند، جواب تازه ای یافتند. همچنین این جواب ها باعث شد امکان یک سری از اتفاقات فرا طبیعی نیز از بین برود. نیوتون کشف کرد که حرکت سیارات به دور خورشید نیازمند این نیست که کسی آنها را دائما در مسیرشان هل بدهد بلکه به طور غیر مستقیم این حرکت ناشی از نیرویی است که سیارات را به سمت خورشید می کشد، که این باعث شد فرشتگانی که برای هدایت سیارات در

مسیرشان به کار گرفته شده بود، معاف شوند. البته این حذف تاثیر اندکی بر باور مردم در باره فرشتگان گذاشت. (نظرسنجی ها نشان می دهد تعداد مردمی از آمریکا که به فرشتگان اعتقاد دارند بیشتر از کسانی است که به تکامل (فرگشت) اعتقاد دارند). درست است اگر بگوییم با پیشرفت علم از زمان نیوتون تا کنون جواب بسیاری از سوالات که قبلا به طور مستقیم به خدا نسبت داده می شد، جوابهایی یافتند که از خود قوانین طبیعت نشات گرفته بودند.

ما می توانیم تکامل جهان را تا اولین لحظات پس از انفجار بزرگ صرفا با قوانین فیزیکی توضیح دهیم و همچنین آینده محتمل جهان را نیز می توانیم توصیف کنیم. مسلما هنوز سوالاتی در باره جهان وجود دارد که ما نمی دانیم اما امیدوارم خوانندگان این کتاب از آن دسته نباشند که وقتی با مشاهداتی در جهان مواجه می شویم که علتشان را هنوز نمی دانیم، سریع آن را به عملکرد خدا نسبت دهند. حتی امروز الهی دانان نیز قبول دارند که نسبت دادن مستقیم جواب هر سوالی به خدا از عظمت او می کاهد.

به همین دلیل بحث "چیزی از هیچ چیز" می خواهد بر روی علل پیدایش یا خلقت تمرکز کند و ببیند که آیا صرفا با توضیحات و اکتشافات علمی که از لحاظ منطقی کامل و راضی کننده باشد می توان به جواب این سوال رسید یا نه.

به نظر می آید با توجه به علم امروز ما از طبیعت، از جمله "چیزی از هیچ چیز" سه معنی متفاوت برداشت می شود. کوتاهترین جواب به هر سه این سوالات این است که " کاملا از دید منطقی امکان پذیر است" و من در ادامه کتاب در مورد هر یک از آنها بحث خواهم کرد و تلاش خواهم کرد که بگویم چرا و به عبارت بهتر چگونه چنین چیزی ممکن است.

اصل اوکام می گوید که اگر اتفاقی از لحاظ فیزیکی، منطقی باشد ما نیازی به توسل به امور ماورایی برای توضیحش نداریم. به عنوان مثال وجود یک قادر مطلق در خارج جهان یا خارج از چند جهانی که همزمان در تمامی اتفاقات درون آن نیز دخالت کند هم در زمره این امور است. یعنی ربط دادن این اتفاقات به مشیت الهی، باید آخرین جواب ما باشد، نه اینکه اولین جوابمان.

در مقدمه نیز این بحث را کرده ام که تعریف کردن "هیچ چیز" با عنوان "عدم وجود" نیز نمی تواند باعث شود تا تحقیق در باره آن را از حوزه فیزیک یا به طور عام علم، خرج کنیم.

بگذاریم بحث را به طور دیگری ارائه کنم. جفت الکترون-پوزیترونی را در نظر بگیرید که ناگهان از فضای خالی نزدیک اتم ظاهر می شود و مشخصات آن اتم را در لحظه کوتاهی که آن جفت وجود دارند تحت تاثیر قرار می دهد. چگونه آن الکترون یا پوزیترون قبلا وجود داشته اند؟ مسلما با توجه به مفهوم وجود، آنها قبلا وجود

نداشتند. مسلما پتانسیل یا عامل بالقوه ای برای وجود آنها وجود داشته، اما امکان وجود بالقوه چیزی با خود وجود آن چیز متفاوت است. مثلا تا قبل از تولید مثل نر و ماده و تولد یک کودک، تنها پتانسیلی برای وجود آن کودک وجود دارد، و خود کودک وجود ندارد. بهترین جوابی که من تا به حال در مورد تصور پس از مرگ شنیده ام این بوده است که حالت خود را قبل از تولد تصور کنم. به هر حال اگر پتانسیل برای وجود با خود وجود برابر بود من مطمئنم که عملی مانند خود ارضایی نیز مثل بحث سقط جنین جنبه حقوقی پیدا می کرد.

پروژه منشآت در دانشگاه ایالتی آریزونا که توسط من مدیریت می شود، اخیرا کارگاهی را در باره مبدا های حیات به راه انداخت که باید بحث های کیهانشناسی در این زمینه را می دیدید. ما هنوز به طور کامل علل تشکیل حیات بر روی کره زمین را نمی دانیم. اما با این حال واکنش های شیمیایی را که می تواند به طور منطقی منجر تشکیل حیات شود را شناخته ایم و هر روز نیز در جهت نیل به این هدف که چگونه زیست مولکول هایی مانند آر.ان.ای[1] ها به طور طبیعی بوجود آمدند، نزدیک تر و نزدیک تر می شویم. علاوه بر این تکامل داروینی که بر انتخاب طبیعی استوار است، تصویر دقیق و قانع کننده ای از این موضوع می دهد که چگونه حیات پیچیده بر روی این سیاره از اولین سلول های تولید مثل کننده ای صرفنظر از این که ساختار شیمیایی شان چه بوده است با متابولیسمی که انرژی را از محیط خود کسب می کردند بوجود آمد. (این بهترین تعریفی از حیات بود که من در این لحظه به ذهنم آمد)

همانند داروین که ولو با بی میلی اش باعث شد نوع خلقتی که قبلا فکر می شد اتفاق افتاده است را با تکاملی که از دنیای جدید حاصل شده جایگزین کرد و این تکامل کل سیاره را با حیات گوناگونی پر کرد (البته او در را برای این امکان باز گذاشته بود که وجود اولین علائم حیاتی را در اولین سلول ها ناشی از کمک مستقیم خدا بدانیم)، دانش امروز ما درباره جهان، گذشته اش و آینده اش این امکان را تقویت می کند که "چیزی" بتواند از "هیچ چیز" بدون دخالت مستقیم کسی بوجود آید.

به خاطر مشکلات آزمایشی و نظریاتی مرتبط با جزئیات آن، من احتمال می دهم که شاید هرگز نتوانیم چیزی بیشتر از منطقی بودن در این باره بدست آوریم. [یعنی ساز و کار آن را نفهمیم، فقط بفهمیم که چنین امکانی قطعا وجود دارد]. اما خود همین باور، به نظر من گام بسیار بزرگی به سمت جلو است و باعث می شود ما تلاش کنیم تا زندگی با مفهومی را در این دنیا داشته باشیم که احتمالا بدون هیچ هدفی بوجود آمده و به همین ترتیب از بین می رود و بدانیم که ما هیچ گونه مرکزیت خاصی در این دنیا نداریم.

حال بیایید به یکی از ویژگی های جالب این جهان بازگردیم: این جهان تا جای ممکن که ما اندازه می گیریم نزدیک به تخت بودن است. من یکی از جنبه های منحصر به فرد جهان تخت را به خاطرتان آورم (حداقل در

[1] . R.N.A

مقیاسی که ماده بر آن به صورت کهکشان ها حاکم شده است و جایی که تقریبات نیوتونی در آن صادق است) : در یک جهان تخت و فقط در یک جهان تخت، میانگین انرژی گرانشی نیوتونی هر جسمی که در انبساط شرکت کرده است دقیقا برابر با صفر است.

من تاکید کنم که این ادعا قابل تامل است. نباید اینطور باشد. الزامی به همچین چیزی وجود ندارد مگر زمانی که تفکراتی نظری مبنی بر این وجود داشته باشد که جهان به طور طبیعی از هیچ یا تقریبا هیچ بوجود آمده است.

من باید خیلی روی این مساله تاکید کنم که زمانی که گرانش را در نظریاتمان در باب طبیعت لحاظ کنیم، دیگر اجازه نداریم به دلخواه مجموع انرژی یک سیستم را تعریف کنیم و از طرفی نمی توان به دلخواه انرژی ها را به صورت منفی و مثبت داخل این سیستم لحاظ کرد. زمانی که انحنای هندسی جهان یکی از داده های ماست دیگر نمی توان مجموع انرژی گرانشی اجسامی که ناشی از انبساط جهان حرکت می کنند را به دلخواه تعریف کرد. با توجه به نسبیت عام این یکی از مشخصات مکان است و این مشخصه مکان با انرژی موجود در آن تعریف می شود.

من این را به این دلیل تاکید کردم، زیرا بار ها با این بحث مواجه شدم که می گفتند این جمله که کل انرژی گرانشی نیوتونی هر کهکشانی در یک جهان تخت برابر با صفر است، کاملا اختیاری است و هر مقدار دیگری را می توان به آن نسبت داد، اما دانشمندان با صفر کردن این مقدار عمدا می خواهند وجود خالق را زیر سوال ببرند. چنین استدلالی را دینش دسوزا[۲] در مقابل کریستوفر هیچنز به کار می برد.

اما هیچ چیزی فراتر از واقعیت نیست. تلاشی که برای تعیین انحنای جهان شده است مسئولیتی بوده که در طول نیم قرن توسط دانشمندانی به عهده گرفته شده است که عمرشان را وقف شناسایی طبیعت واقعی جهان کرده اند، نه اینکه خواسته هایشان را دنبال کنند. حتی زمانی که اولین بحث های نظری درباره اینکه چرا جهان باید تخت باشد ارائه شد، همکاران منجم من در دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ تلاش برای رد این نظریه کردند. در علم اینگونه است که بزرگترین تاثیرات و معمولا بزرگترین دستاورد ها زمانی اتفاق می افتد که کسی بر خلاف جریان عمومی علم حرکت کند .

با این حال، داده ها آخرین حرف را می زنند و داده ها به دست آمده اند. جهان قابل رویت ما تا جای ممکن تخت است. انرژی گرانشی نیوتونی کهکشان ها که با ضریب انبساط هابل حرکت می کنند برابر با صفر است- چه بخواهید، چه نخواهید.

[2] . Dinesh D’Souza

حال من می خواهم توضیح دهم اگر جهان ما از هیچ بوجود آمده است، چگونه وجود جهان تختی که انرژی کل گرانشی هر جسم آن برابر صفر است، چیزی است که دقیقا انتظارش را داریم. این بحث اندکی نیاز به دقت و تیزبینی دارد – یعنی کمی پیچیده تر از چیزی است که من معمولا در سخنرانی های عمومی ام بر روی این موضوع، عنوان می کنم- به همین دلیل خوشحالم که می توانم آن را به دقت اینجا مورد بررسی قرار دهم.

ابتدا من این موضوع را روشن کنیم که در مورد کدام یک از تعاریف "هیچ چیز" در این لحظه بحث می کنم. این ساده ترین تعریف از "هیچ چیز" است یعنی فضای خالی. در این لحظه من در نظر می گیرم که مکان و قوانین فیزیک وجود دارند ولی این مکان خالی از هر چیزی است. می دانم که این تعریف از "هیچ چیز" برای کسانی که دائما با تغییر در تعریف "هیچ چیز" می خواهند هیچ گونه تعریف علمی را برای آن عملی نکنند، راضی کننده نیست. اما فکر کنم در زمان افلاطون یا آکوییناس زمانی که درباره بوجود آمدن چیزی از هیچ چیز فکر می کردند، فضای خالی بدون هیچ چیزی در آن تقریبا بهترین تعریفی بود که آنها مد نظر داشتند.

همانطور که در فصل ۶ دیدیم، آلن گوت به دقت توضیح داد که چطور از این گونه "هیچ چیز" می توان چیزی استخراج کرد- ناهار کاملا مجانی. فضای خالی می تواند انرژی غیر صفری را به خود نسبت دهد، حتی در صورت عدم وجود ماده و تشعشع. نسبیت عام به ما می گوید که فضا در حال انبساط نمایی خواهد بود، پس حتی کوچکترین محدوده در زمان های قدیم می تواند به سرعت آنقدر بزرگ شود که فضایی به بزرگی کل جهان مرئی ما را در بر بگیرد.

همانطور که در همان فصل توضیح دادم در طی چنین انبساط سریعی، محدوده ای که قرار است به وسعت جهان ما شود، تخت تر و تخت تر می شود حتی اگر انرژی فضای خالی با بزرگ شدن جهان، افزایش یابد. این پدیده بدون هیچ گونه حقه بازی و حتی دخالت معجزاتی اتفاق می افتد. این به این دلیل است که فشار گرانشی مرتبط با چنین انرژی ای در فضای خالی در حقیقت منفی است. این "فشار منفی" می گوید هر قدر که جهان منبسط می شود، انبساط انرژی اش را در این فضا خالی می کند نه برعکس.

با توجه به این تصویر، زمانی که تورم پایان می یابد، انرژی ذخیره شده در فضای خالی تبدیل به انرژی ذرات و تشعشعات واقعی می شود که باعث می شود آغاز قابل تعقیبی برای انبساط ناشی از انفجار بزرگ بوجود آید. از واژه آغاز قابل تعقیب به این دلیل استفاده می کنم که خود تورم هر گونه ردپایی از وضعیت جهان قبل از تورم را از بین می برد. هرگونه پیچیدگی و نا مرتبی در مقیاس های بزرگ اولیه (اگر جهان یا فرا جهان اولیه بزرگ و حتی بی نهایت باشد) که خارج از افق دید ماست ملایم تر شده و ما همواره جهانی تقریبا یکنواختی را پس از اینکه انبساط تورمی به حد کافی پیش رفت خواهیم دید.

من به این دلیل می گویم تقریبا یکنواخت که همانطور که در فصل ۶ گفتم مکانیک کوانتومی همواره نوسانات با چگالی کمی از خود باقی می گذارد که در طی تورم خشکشان می زند. این قضیه دومین اتفاق

شگفت انگیز ناشی از تورم را نتیجه می دهد و این نوسانات کم چگالی در فضای خالی به سبب قوانین مکانیک کوانتومی بعدها مسبب تمامی ساختار هایی می شوند که امروزه در جهان می بینیم. بنابراین ما و هر آنچه که می بینیم، ناشی از نوسانات کوانتومی ای هستیم که درون هیچ چیز در ابتدای زمان یعنی در دوره انبساط تورمی وجود داشتند.

بعد از تمامی این اتفاقات، پیکره بندی عمومی ماده و تشعشع طوری شکل خواهد گرفت که جهانی تخت را نتیجه خواهد داد، یعنی جهانی که میانگین انرژی گرانشی نیوتونی تمام مواد برابر با صفر باشد. این قضیه همواره به همین صورت دیده خواهد شد مگر اینکه کسی بتواند میزان بسیار دقیق تورم را بررسی کند.

بنابراین جهان قابل رویت ما می تواند از محدوده های بسیار ریز میکروسکوپی در فضا که لزوما خالی هستند بوجود آید و نهایتا بسیار بزرگ شده و شامل ماده و انرژی فراوانی شود، بدون اینکه انرژی ای برای آنها صرف کند!

در این خلاصه، که مختصری از دینامیک تورمی که در فصل ۶ بحث شده بود را گفتیم، نکته ای که ارزش تاکید دارد این است که چیزی می تواند به طور دقیق از فضای خالی بوجود آید، زیرا فضای خالی انرژی دار در حضور گرانش، چیزی بوده که تاکنون احساس عمومی مان به آن شک نکرده بود و به تازگی پس از کشف قوانین مخفی طبیعت به این زمینه ها توجه کردیم.

اما کسی تا به حال نگفته بود که جهان ممکن است توسط چیزی که از نظر ما معقول است، هدایت شود. برای ما این مساله معقول است که ماده در ابتدا نمی تواند به خودی خود از فضای خالی بوجود آید، یعنی با توجه به این جمله "چیز" از "هیچ چیز" بوجود نمی آید. اما زمانی که ما بحث های دینامیک گرانشی و مکانیک کوانتومی را لحاظ کنیم، می فهمیم که احساس قبلی ما درست نیست. این یکی از زیبایی های علم است و نباید ترسناک به نظر آید. علم همواره ما را به سمت کشف هایی می برد که با جهان سازگار باشند نه برعکس آن.

برای جمع بندی: این مساله که جهان تخت است و همچنین انرژی گرانشی نیوتونی محلی امروزه قطعا صفر است به طور محکمی میگوید که جهان ما از فرایندی شبیه به تورم حاصل شده است، فرایندی که در تمامی مقیاس های قابل اندازه گیری طی زمانی که جهان نزدیک تر و نزدیک تر به تخت بودن می شود، انرژی فضای خالی (هیچ چیز) تبدیل به انرژی ملموسی می شود.

از آنجایی که تورم توضیح می دهد که فضای خالی دارای انرژی می تواند به طور موثری تبدیل به همه چیز هایی شود که ما می بینیم، و همچنین با در نظر گرفتن جهانی باورنکردنی بزرگ و تخت، بی انصافی است که بگوییم فضای خالی دارای انرژی که عامل تورم است، واقعا "هیچ چیز" است. در این تصویر این طور باید تصور کرد که مکان وجود دارد و تنها می تواند در خود انرژی ذخیره کند و می توان با به کار بردن قوانین فیزیک مانند نسبیت عام می توان عواقب این انرژی خالی را پیش بینی کرد. حال اگر داستان را همین جا متوقف کنیم،

ممکن است این طور قضاوت شود که علم جدید هنوز راه بسیار درازی دارد تا به این سوال جواب دهد که چطور چیزی از هیچ چیز بوجود آمد. با این حال این تنها قدم اول بود. اگر ما فهممان را گسترش دهیم، خواهیم دید که تورم، مانند نوک کوه یخی کیهانی در "هیچ بودن" است.

فصل دهم

"هیچ چیز" ناپایدار است

همواره عدالت را رعایت کن، حتی اگر آسمان به زمین بیاید

ضرب المثل باستانی رومی

وجود انرژی در فضای خالی- کشفی که عالم کیهان شناسی را دگرگون کرد و ایده اولیه تورم را ناشی شد- تنها دانشی از جهان کوانتومی که ما با استفاده از تجربیات آزمایشگاهی از قبل می دانستیم و من توضیح دادم را تقویت می کند. فضای خالی بحث پیچیده ای است. مانند ظرفی جوشان از ذرات مجازی است که در زمان بسیار کوتاه و غیر قابل رصدی، ظاهر شده و ناپدید می شود.

ذرات مجازی نشان گر یکی از خصوصیات پایه ای سیستم های کوانتومی هستند. در قلب مکانیک کوانتومی قانونی وجود دارد که گاهی اوقات بر سیاست مداران و مدیران اجرایی نیز حاکم است؛ " تا زمانی که کسی نبیند، همه چیز پیش می رود"

سیستم ها - حتی در لحظات کوتاهی - در حال حرکت ما بین تمامی وضعیت های ممکن هستند، حتی وضعیت هایی که در صورت اندازه گیری واقعی، آن وضعیت مجاز نباشد. این نوسانات کوانتومی نکته ای مهم را درباره جهان کوانتومی بیان می کنند : "هیچ چیز" همواره در حال تولید "چیز" است، حتی برای یک لحظه.

اما مشکل اینجاست. قانون بقای انرژی[1] به ما می گوید که سیستم های کوانتومی تنها برای زمان مشخصی می توانند رفتار درستی نداشته باشند [یعنی عدم رفتار درستشان نمی تواند دائمی باشد]. مانند کسب سود بعضی از دلال ها، اگر وضعیت نوسانی یک سیستمی نیازمند قرض گرفتن (دزدیدن !) اندکی انرژی از فضای خالی باشد، سیستم باید در مدت زمان بسیار کوتاهی که برای کسی قابل اندازه گیری نباشد، آن انرژی را پس بدهد.

در نتیجه شما به راحتی می توانید این طور در نظر بگیرید که این "چیزی" که توسط نوسانات کوانتومی تولید شد در مقابل من، شما یا زمینی که روی آن زندگی می کنیم، بسیار ناچیز و غیر قابل اندازه گیری است. اما این تولید ناچیز تابع شرایطی است که مرتبط با اندازه گیری ماست. به عنوان مثال میدان الکتریکی ناشی از جسمی باردار را در نظر بگیرید. این میدان کاملا واقعی است. شما می توانید نیروی الکتریسیته ساکن را بر روی

[1] . Conservation Of Energy

موهایتان احساس کنید، یا بادکنکی را ببینید که توسط همین نیرو به دیوار چسبیده است. با این حال تئوری کوانتومی الکترومغناطیس می گوید که این میدان استاتیک ناشی از انتشار فوتون های مجازی با مجموع انرژی صفر است که توسط ذرات باردار موجود در میدان تابیده می شوند. این ذرات مجازی به دلیل داشتن انرژی صفر توانایی این را دارند که بدون غیب شدن، در تمامی جهان انتشار یابند و میدان به دلیل مجموع اثرات این ذرات می تواند به طور واقعی احساس شود.

گاهی شرایط آنقدر واقعی است که ذرات سنگین می توانند از فضای خالی بدون هیچ گونه اثرات اضافی بوجود آیند. به عنوان یک مثال، دو صفحه بارداری را در نظر بگیرید که در مقابل هم قرار بگیرند. زمانی که میدان الکتریکی بین آن دو به اندازه کافی قوی شود، این محدوده از لحاظ میزان انرژی مستعد این می شود که یک ذره و پاد ذره واقعی را از خلا بوجود آورد و در عین حال بار منفی به سمت صفحه مثبت رفته و بار مثبت به سمت صفحه منفی می رود. در طی این فرایند ممکن است کاهش انرژی ناشی از کاهش بار خالص صفحات که به تبع آن کاهش میدان الکتریکی را نیز شامل می شود، بیشتر از انرژی ای باشد که برای تولید جرم دو ذره واقعی لازم باشد. واضح است که برای وجود چنین شرایطی به میدان الکتریکی بسیار زیادی نیازمندیم.

در دنیای واقعی مکانهایی وجود دارند که در آن میدان هایی قوی از نوع دیگر می توانند منجر به پدیده ای که در بالا توضیح دادیم شوند، که این بار منظور ما میدان گرانشی است. در حقیقت همین استنباط استفان هاوکینگ[1] را در سال ۱۹۷۴ در میان فیزیک دانان به شهرت رساند. او نشان داد ممکن است سیاهچاله ها – که در غیاب ملاحظات مکانیک کوانتومی، چیزی نمی تواند از آنها فرار کند – بتوانند ذرات فیزیکی متشعشع کنند.

روش های زیادی برای فهم این پدیده وجود دارد، اما یکی از این روش ها به میزان زیادی شبیه موقعیتی است که درباره میدان های الکتریکی توضیح دادم. خارج از هسته سیاهچاله، شعاعی به نام "افق رویداد[2]" وجود دارد. درون افق رویداد به طور کلاسیک هیچ چیزی نمی تواند از آن فرار کند، زیرا سرعت فرار به بیش از سرعت نور می رسد. بنابراین اگر نوری در داخل این محدوده تولید شود نیز توانایی خروج از محدوده را نخواهد داشت. [البته در ژانویه ۲۰۱۴ استفان هاوکینگ طی مقاله ای به رد ایده افق رویداد پرداخت و ایده دیگری با نام افق آشکار[3] را برای آن پیشنهاد داد. تعدادی از دانشمندان نیز در مورد ایده جدید موضع گرفته و آن را قابل قبول ندانسته اند.]

حال جفت ذره و پاد ذره ای را در نظر بگیرید که دقیقا در لبه بیرونی افق رویداد در فضای خالی و ناشی از نوسانات کوانتومی بوجود می آید. در صورتی که یکی از این ذرات در داخل افق رویداد بیافتد، این امکان وجود دارد که به جهت سقوط به درون سیاهچاله، آنقدر انرژی گرانشی از دست بدهد که این مقدار بیشتر از دو برابر

[1] . Stephan Hawking
[2] . Event Horizon
[3] . Apparent Horizon

جرم سکون[1] هر کدام از ذرات باشد. این به این معنی است که ذره متقابل آن می تواند به سمت بینهایت حرکت کرده و بدون هیچ گونه نقض قانون بقای انرژی رصد شود. مجموع انرژی مثبت مرتبط با ذره تابیده شده بیشتر از انرژی ای است که ذره جفتش در حین سقوط به درون سیاهچاله از دست می دهد. بنابراین سیاهچاله ها می توانند باعث تابش ذرات شوند.

موقعیت از این نیز شگفت انگیز تر است، زیرا انرژی از دست رفته توسط ذره در حال سقوط بیشتر از انرژی ناشی از جرم سکونش است. در نتیجه زمانی که به درون سیاهچاله می افتد، کل سیستم پایه سیاهچاله بعلاوه ذره، در مجموع انرژی کمتری از حالت قبل از افتادن ذره دارند! بنابراین سیاهچاله پس از افتادن ذره به درونش سبک تر می شود و این به میزان انرژی ای است که توسط ذره تابیده شده به بیرون حمل می شود. ممکن است سیاهچاله در نهایت تماما تابیده شود. تا این لحظه ما دقیق نمی دانم که چه اتفاقی خواهد افتاد، زیرا آخرین مرحله تبخیر سیاهچاله ها وارد بحث فیزیک در ابعاد بسیار ریزی می شود که نسبیت عام به تنهایی نمی تواند جواب نهایی را به ما بدهد. در این مقیاس ها رفتار گرانش باید به صورت کاملا کوانتومی بررسی شود که دانش امروز ما از نسبیت عام به اندازه ای نیست که بتوانیم به دقت نتیجه نهایی را بگوییم.

به هر حال تمامی این پدیده ها به ما می گوید که در شرایط مناسب نه تنها "هیچ چیز" می تواند "چیزی" شود، بلکه باید هم بشود.

یک مثال اولیه در کیهان شناسی در باره این واقعیت که چرا "هیچ چیز" ناپایدار است و باید چیزی را تشکیل دهد، از تلاش هایی ناشی شد که در پاسخ به این سوال که چرا ما در دنیایی از ماده زندگی می کنیم، صورت گرفت.

مسلما اینطور نیست که شما هر صبح که از خواب بر می خیزید به این سوال فکر کنید، اما این واقعیت که جهان ما پر از ماده است، شگفت انگیز است. نکته ای که این واقعیت را شگفت انگیز کرده این است که تا جایی که ما می توانیم بگوییم جهان ما دارای مقدار قابل توجهی از پاد ماده نیست، و در عین حال با توجه به مکانیک کوانتومی و نسبیت به ازای هر ذره ای در طبیعت ، ذره ی دیگری با بار مخالف و جرم برابر می تواند وجود داشته باشد. می توان تصور کرد که هر جهان ملموسی در آغاز پیدایشش مقدار برابری از این دو داشته باشد. نهایتا پاد ذره ی ذرات معمولی جرم برابر و خصوصیات مشابهی با هم دارند بنابراین اگر در ابتدای زمان ذرات تشکیل شده اند، بسیار طبیعی بود که پاد ذرات نیز به همان میزان بوجود بیایند.

به طور متقابل نیز می توانیم جهانی از پاد ماده را در نظر بگیریم که تمام ذراتی که ستارگان و کهکشان ها را تشکیل داده اند با پار ذره شان جایگزین شوند. چنین جهانی تقریبا مشابه با جهان ما خواهد بود. منجمانِ آن جهان (که خود از پادماده تشکیل شده اند) چیزی که ما پاد ماده می نامیم را ماده خواهند نامید. نامگذاری اختیاری است.

[1] . Rest Mass

حال اگر جهان ما با میزان برابری از ماده و پاد ماده آغاز شده بود و به همان صورت ادامه می داد دیگر امروز ما وجود نداشتیم تا بپرسیم "چرا" و "چگونه". زیرا تمامی ذرات ماده با ذرات پاد ماده در همان آغاز جهان با هم از بین می رفتند و تنها تشعشع خالص را به جای می گذاشتند. هیچ ماده یا پاد ماده ای به جای نمی ماند تا کهکشان ها، ستارگان و انسان های عاشق را بوجود آورد تا شبی در آغوش هم به آسمان خیره شوند. هیچ قصه ای وجود نداشت. تاریخ متشکل از هیچ بود و جهان مملو از تشعشاتی بود که به آرامی سرد شده و نهایتا به جهانی سرد و تاریک و متروکه تبدیل می شد. "هیچ بودن" بر جهان حکمرانی می کرد.

دانشمندان در دهه ۷۰ میلادی متوجه شدند که می توان با میزان برابری از ماده و پادماده در جهان ابتدایی داغ و چگال در حین انفجار بزرگ آغاز کرد و با فرایند های کوانتومی قابل توجیه و با ایجاد یک عدم تقارن کوچک و برتری اندک ماده بر پادماده در آغاز جهان "چیزی از هیچ" بوجود آورد. بدین ترتیب به جای از بین رفتن تمامی ماده و پاد ماده و تشکیل تشعشع خالص، تمامی پاد ماده با ماده خنثی شده و در نهایت اندکی ماده بدون رقیب بماند. در نهایت این ماده منجر به تشکیل تمام موادی شود که کهکشان ها و ستارگانی که امروز در جهان می بینیم را ساخته اند.

در نتیجه بوجود آمدن اندکی عدم تقارن در زمان های ابتدایی را تقریبا می توان به عنوان لحظه خلقت در نظر گرفت. زیرا هر لحظه که اندکی عدم تقارن بین ماده و پاد ماده بوجود آید چیزی نمی تواند جلوی این عدم تقارن را بگیرد. [این عدم تقارن] الزاما تاریخ آینده را برای جهانی مملو از کهکشان ها و ستارگان می نویسد. پاد ماده توسط ماده از بین رفته و ماده باقیمانده تا به امروز پایدار خواهد ماند و خصوصیات جهان قابل رویت ما را که آن را می شناسیم، دوستش داریم و در آن زندگی می کنیم را می سازد.

حتی اگر این عدم تقارن به میزان یک در میلیارد نیز بوده باشد، به اندازه کافی ماده باقیمانده وجود خواهد داشت که تمام چیزهایی که امروز در جهان می بینیم را بسازد. در حقیقت عدم تقارنی در حد یک در میلیارد چیزی است که ما نیازمند آن بوده ایم، زیرا امروزه به ازای هر یک پروتون در تابش زمینه کیهانی، یک میلیارد فوتون[1] وجود دارد. فوتون های موجود در CMBR در حقیقت باقیمانده برخورد ماده و پاد ماده در ابتدای زمان بوده اند.

توضیح قطعی اینکه چگونه این فرایند در ابتدا زمان به وقوع پیوسته هنوز در هاله ای از ابهام است، زیرا ما هنوز به طور کامل و از لحاظ تجربی نتوانسته ایم طبیعت جهان فیزیکی در مقیاس های بسیار کوچک که احتمال به وقوع امدن این عدم تقارن در آنها وجود داشته را بفهمیم. با این وجود سناریو های مختلف و قابل قبولی بر پایه دانش امروزی ما در رابطه با قوانین فیزیکی در مقیاس های کوچک، کشف شده است. گرچه این سناریو ها جزئیات متفاوتی دارند اما خصوصیات عمومی مشابهی دارند. فرایند های کوانتومی مرتبط با ذرات

[1] . Photon

بنیادی در حمام داغ اولیه[1] [ابتدای زمان] می تواند با قاطعیت جهانی خالی (یا جهانی با مقدار برابر ماده و پاد ماده) را به تدریج به سمت جهانی ببرد که در آن ماده یا پاد ماده حاکم است.

اگر [این عدم تقارن] می توانست به هرکدام از طرف ها برود، آیا کاملا اتفاقی بود که جهان ما از ماده تشکیل شده است؟ تصور کنید که در بالای قله ای بلند ایستاده اید و ناگهان می لغزید. جهت افتادن شما از پیش تعیین شده نبوده و تصادفی خواهد بود و احتمالا بستگی به این خواهد داشت که آخرین لحظه حواستان به کدام جهت بوده و یا آخرین گام را در کدام جهت برداشته بودید. احتمالا جهان ما نیز به طور مشابهی است و حتی اگر قوانین فیزیک را ثابت در نظر بگیریم، عدم تقارن نهایی ماده و پاد ماده ناشی از شرایط اولیه تصادفی خواهد بود (دقیقا مثل افتادن شما از قله، قانون جاذبه ثابت است و شما را به افتادن سوق می دهد، اما جهت افتادن تصادفی است). یک بار دیگر نیز می گویم که با این اوصاف وجود ما ناشی از یکی از اتفاقات تصادفی محیطی است.

مستقل از این عدم قطعیت، نکته جالب این است یکی از ویژگی های قوانین فیزیکی موجود، این اجازه را به فرایند های کوانتومی می دهد که جهان را از وضعیت بی خاصیت خارج کند. فرانک ویلزک که یکی از اولین نظریه پردازانی بود که این احتمالات را کشف کرد، به من یاداوری کرد که دقیقا به همین زبانی که من در این فصل استفاده کردم، او در سال ۱۹۸۰ در مجله آمریکن ساینتیفیک[2] مقاله ای را در باره عدم تقارن ماده و پاد ماده در جهان نوشته بود. پس از توضیح اینکه عدم تقارن ماده و پاد ماده طبق دانش امروزی ما از فیزیک ذرات به طور کاملا منطقی در جهان اولیه امکان وقوع دارد، نکته ای اضافه کرد که می تواند به عنوان جوابی برای این سوال باشد که چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد : "هیچ چیز" ناپایدار است.

نکته ای که فرانک بر روی آن تاکید داشت این بود که میزان اضافی ماده نسبت به پاد ماده در جهان، در نگاه اول به عنوان مانعی برای تصور جهانی که از ناپایداری فضای خالی ظهور کرده، خود را نشان می دهد و هیچ چیز نمی تواند منجر به انفجار بزرگ شود. اما اگر این عدم تقارن به صورت دینامیکی پس از انفجار بزرگ رخ دهد، این مانع برداشته می شود. او اینگونه نوشت:

می توان این طور تصور کرد که جهان در متقارن ترین حالت آغاز شد و در این حالت ماده ای وجود نداشت. جهان کاملا خالی بود. سپس حالت دوم بوجود امد که در آن ماده وجود داشت. حالت دوم تقارن کمتری داشت و همچنین انرژی کمتری نیز داشت. نهایتا یک تکه از فاز نامتقارن ظاهر شده و به سرعت رشد کرد. انرژی آزاد شده در طی تبدیل فاز ذرات را تشکیل داد. این اتفاق به نام انفجار بزرگ شناخته می شود. جوابی که به سوال قدیمی "چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد" این است که "هیچ چیز" ناپایدار است.

[1] . Primordial Heat Bath
[2] . American Scientific

قبل از اینکه پیش بروم، به یاد آوردم که بحثی که در اینجا در باره عدم تقارن ماده و پاد ماده کردم شبیه به بحثی بود که در کارگاه منشآت که اخیرا برگزار شد انجام دادم تا دانش امروز ما را در باره طبیعت زندگی در جهان و ابتدای آن، توضیح دهم. جملات من متفاوت بود اما نکات بنیادی آن یکسان بود: کدام فرایند بخصوص فیزیکی باعث تولید زیست مولکول ها و فرایند های حیاتی می شود که قابلیت بازتولید دارند؟ مانند دهه ۷۰ میلادی در فیزیک، دهه اخیز نیز پیشرفت زیادی را در زیست شناسی مولکولی به خود دیده است. ما روش های طبیعی ای یافتیم که توسط آنها مثلا در شرایط مناسبی می توانیم اسید ریبونوکلوئیک تولید کنیم که به عنوان نیاکان جهان مبتنی بر DNA امروزی ما شناخته می شوند. تا همین اواخر احساس بر این بود که چنین روش مستقیمی وجود ندارد و در آن میان حالت های وسطی هم وجود داشته است. [در مارس ۲۰۱۴ دانشمندان دانشگاه NYU نیویورک موفق به ساخت اولین کروموزوم مصنوعی جهان شدند]

امروزه تعداد اندکی از زیست شیمیدان ها و زیست شناس های مولکولی وجود دارند که درباره بوجود آمدن زندگی از حالت غیر زنده به طور طبیعی شک دارند، گرچه هنوز مشخصات زیادی باید کشف شود. اما به مانند بحثی که تا اینجا داشتیم، بحث دیگری در ادامه راه ما وجود دارد: آیا حیاتی که در ابتدا بر روی زمین شکل گرفت باید تنها همان فرم شیمیایی را می داشت [که دارد]، یا اینکه حالت های مختلف زیست پذیر دیگری نیز ممکن است؟

انیشتین زمانی سوالی را مطرح کرد و گفت که این سوال مهمترین چیزی است که می خواهد در باره طبیعت بداند. می پذیرم که این سوال عمیق ترین و بنیادی ترین سوالی است که خیلی از ما ها می خواهیم جوابش را بدانیم. او سوال را اینگونه مطرح کرد: "چیزی که می خواهم بدانم این است که آیا خدا هنگام خلق جهان، گزینه دیگری داشت؟ [اختیاری داشت؟] "

این توضیح را بدهم که منظور انیشتین از خدا ، همان خدای انجیل نیست. وجود نظم در طبیعت، شگفتی عمیقی را در انیشتین بوجود آورده بود که احساس وابستگی روحی به آن داشت، و او –تحت تاثیر اسپینوزا[1]- نام "خدا" را بر روی این نظم گذاشته بود. به هر حال چیزی که در این سوال مد نظر انیشتین بود، چیزی است که من در بسیاری از بحث ها به آن پرداخته ام: آیا قوانین طبیعت منحصر به فرد است؟ و آیا جهانی که ما در آن زندگی می کنیم و البته از این قوانین ناشی شده است، منحصر به فرد است؟ آیا اگر قسمتی از معادلات، یا یک ثابت ، یا یک نیرو را هر چند کوچک، تغییر دهیم، آیا کل سیستم فرو می ریزد؟ به شکل زیست شناسانه اش، آیا نوع زیست حیات منحصر به فرد است؟ آیا ما در جهان یگانه هستیم؟ در این کتاب ما به این سوال بسیار مهم بعدا پاسخ خواهیم داد.

گرچه چنین بحثی می تواند ایده ما را از "چیز" و "هیچ چیز" دچار تغییراتی کند، من می خواهم به همان گام متوسط قبلی برگردم و در باره خلقت غیر قابل اجتناب "چیز" بحث کنم.

[1] . Spinoza

همانطور که تاکنون توضیح دادم تعریف "هیچ چیز" نسبت به "چیز" از فضای خالی نشات می گیرد. با این حال اگر ما بتوانیم نسبیت عام را با مکانیک کوانتومی یکی کنیم، ما می توانیم این بحث را درباره خود فضا انجام دهیم که خود فضای خالی چگونه بوجود آمد.

نسبیت عام به عنوان نظریه ای درباره گرانش، در دل خود نظریه ای برای مکان و زمان نیز هست. همانطور که در ابتدای این کتاب گفتم این اولین تئوری ای بود که نه تنها درباره اجسام متحرک در فضا بحث می کرد، بلکه درباره نمو خود فضا نیز توضیح می داد.

وجود یک نظریه کوانتومی درباره گرانش به این معنی است که می توان قوانین کوانتوم را بر روی خود فضا اعمال کرد و نه مانند مکانیک کوانتوم فعلی که فقط بر روی اجسامی که در فضا وجود دارند اعمال می شود.

توسعه مکانیک کوانتومی به نحوی که این امکانات را نیز شامل شود کار دشواری است، اما ساختاری که ریچارد فاینمن مطرح کرد و منجر به درک جدید ما از منشا ذرات مجازی شد، می تواند به عنوان روش خوبی استفاده شود. روش فاینمن بر پایه این واقعیت کلیدی است که در ابتدای فصل اشاره کردم: سیستم های مکانیک کوانتومی تمامی مسیر ها را به تدریج که در طول زمان شکل می گیرند، بررسی می کنند، حتی آنهایی که از لحاظ کلاسیک ممنوع هستند.

برای توضیح این مطلب فاینمن ساختاری را با عنوان انتگرال مسیر[1] (جمع های مسیر) ارائه داد تا بتواند پیش بینی هایی را انجام دهد. در این روش ما تمامی مسیر های ممکن را بین دو نقطه که ذره می خواهد جابجا شود، در نظر می گیریم. سپس ما یک وزن را به عنوان احتمال برای هر مسیر بر اساس قوانین مکانیک کوانتومی اختصاص می دهیم و در نهایت انتگرالی را بر روی تمامی مسیرها می گیریم تا مسیر نهایی (محتمل ترین مسیر) را برای حرکت ذره پیش بینی کنیم.

استفان هاوکینگ جزو اولین دانشمندانی بود که از این ایده برای نظریه احتمالی مکانیک کوانتومی فضا-زمان بهره گرفت (اتحاد سه بعد مکانی ما با بعد زمان برای تشکیل سیستم یکپارچه چهار بعدی فضا-زمان که توسط تئوری نسبیت خاص انیشتین لازم است). خاصیت روش فاینمن این بود که تمرکز بر روی تمامی مسیر های ممکن، باعث می شد تا نتیجه نهایی مستقل از برچسب های مخصوص مکانی و زمانی باشد که ممکن است کسی برای هر نقطه در هر مسیر انتخاب کند. از آنجایی که نسبیت به ما می گوید ناظرین متفاوت که با سرعت های متفاوت نسبت به هم حرکت می کنند فاصله و زمان را با اعداد متفاوتی برای نقاط ثبت خواهند کرد، در اختیار داشتن ساختاری مستقل از اعداد تخصیص یافته متفاوت برای مکان و زمان ، بسیار به کار خواهد آمد.

مخصوصا زمانی مفید است که ما نسبیت عام را در نظر بگیریم که در آن اختصاص برچسب های زمان و مکان کاملا اختیاری است و ناظرین مختلف در نقاط متفاوت میدان گرانشی، فاصله و زمان را متفاوت ثبت

[1] . Sum Over Paths Formalism

خواهند کرد و تمامی آنها در نهایت مشخص می کند که رفتار سیستم ، یک کمیت هندسی مانند انحنا است که مستقل از برداشت ها و برچسب های متفاوت خواهد بود.

همانطور که بارها اشاره کردم، حداقل تا جایی که ما می توانیم بگوییم نسبیت عام با مکانیک کوانتومی کاملا سازگار نیست و بنابراین هیچ روش کاملا واضحی برای محاسبه انتگرال مسیر فاینمن در نسبیت عام وجود ندارد. بنابراین ما پیشاپیش باید بر پایه واقعیات حدس هایی بزنیم و در نهایت پس از محاسبه ببینیم که آیا جواب منطقی است یا نه.

اگر ما قصد در نظر گرفتن دینامیک کوانتومی را برای فضا-زمان داشته باشیم، می توان تصور کرد زمانی که عدم قطعیت های کوانتومی حاکم است، در "جمع" های فاینمن، باید هر پیکره بندی متفاوت را که ممکن است فضا در میانِ مرحله های فرایند به عنوان هندسه برای خود بپذیرد، در نظر گرفت. یعنی ما باید فضاهایی را در نظر بگیریم که به طور اختیاری حول یک نقطه کوچک در زمان کوتاهی انحنای زیادی دارند. (بسیار کوچک و در زمان بسیار کوتاهی که نتوان حتی اندازه گیری کرد و شگفت انگیزی های کوانتومی لحاظ نشوند). این پیکره بندی های عجیب از دید ناظران کلاسیک و بزرگی مثل ما زمانی که بخواهیم مشخصاتشان را در مقیاس های بزرگ اندازه گیری کنیم، پنهان خواهند ماند.

حال بیاییم و احتمالات عجیب تری را بررسی کنیم. بخاطر بیاورید که در نظریه الکترومغناطیس کوانتوم ذرات می توانند از فضای خالی بوجود آیند و در بازه زمانی تعیین شده توسط اصل عدم قطعیت دوباره ناپدید شوند. در صورت مقایسه، در انتگرال کوانتوم فاینمن بر روی پیکره بندی های ممکن فضا-زمان، آیا باید احتمال فضا های کوچک و فشرده را که به وجود آمده و از بین می رود را نیز در نظر گرفت؟ به طور کلی تر در باره فضاهایی که در خود "چاله" هایی دارند چطور؟ یا اشکالی مانند دونات[1] (نوعی کیک حلقوی شکل) که در فضا غوطه ور هستند؟

سوالات زیادی از این قبیل وجود دارد. بهر حال تا زمانی که کسی دلیل خوبی را برای حذف کردن این پیکره بندی ها از مجموع (انتگرال) مکانیک کوانتومی که مشخصات جهان در حال نمو را نشان می دهد ارائه ندهد – که البته تا جایی که من می دانم هنوز ارائه نشده – طبق قوانین عمومی که بر کل طبیعت حاکم است ، منطقی است که ما آن احتمالات را نیز در نظر بگیریم (حذف نکنیم).

همانطور که استفان هاوکینگ اشاره کرده است، نظریه گرانش کوانتومی حتی برای یک لحظه هم که شده اجازه خلقت فضایی را می دهد که قبلا وجود نداشت. گرچه او در کار علمی اخیرش قصد پاسخ به معمای "چیزی از هیچ" را نداشت، اما مقصد نهایی گرانش کوانتومی پاسخ به این سوال است.

[1] .donut

جهان های "مجازی"[1] – یعنی فضاهای فشرده کوچک که ممکن است در یک لحظه ظاهر شده و در زمانی کمتر از چیزی که ما بتوانیم شناساییشان کنیم از بین بروند – ساختارهای شگفت انگیز نظری هستند، اما آنها توانایی توضیح این را ندارند که چگونه چیزی میتواند از هیچ بوجود امده و برای مدتی طولانی باقی بماند و صرفا می توانند وجود ذرات مجازی را توضیح دهند.

با این حال به خاطر آورید که میدان الکتریکی واقعی غیر صفر که از فاصله بسیار دوری از یک ذره باردار مشاهده می شود می تواند از بر هم نهی تابش های تعداد زیادی فوتون های مجازی با انرژی صفر نتیجه شود. این به این دلیل است که فوتون های مجازی که انرژی صفر را حمل می کنند زمانی که تابیده می شوند، قانون بقای انرژی را نقض نمی کنند. بنابراین اصل عدم قطعیت هایزنبرگ این فوتون را محدود به این نمی کند که در زمان کوتاهی بوجود آمده و از بین بروند. (و این را نیز یاداور شوم که اصل عدم قطعیت هایزنبرگ این را بیان می کند که عدم قطعیتی که ما در اندازه گیری انرژی یک ذره داریم و انرژی این ذره در طول زمان به میزان مختصری با گسیل یا جذب فوتون های مجازی تغییر می کند، نسبت معکوسی با مدت زمان مشاهده آن ذره دارد. بنابراین ذرات مجازی که انرژی صفر حمل می کنند، می توانند مشمول این اصل نشوند، یعنی می توانند به طور دلخواهی زمان بیشتری را تا قبل از جذب (ناپدید) شدنشان پایدار بمانند، که این قضیه منجر به احتمال وجود اندرکنش دور برد بین ذرات باردار می شود. اگر فوتون بدون جرم نبود، همواره انرژی غیر صفری را ناشی از جرم ساکن خود داشت و در آنصورت اصل عدم قطعیت می گفت میدان الکتریکی نزدیک برد خواهد بود زیرا فوتون ها تنها زمان کوتاهی فرصت وجود خواهند داشت و به سرعت جذب خواهند شد)

استدلال مشابهی می گوید نوع خاصی از جهان را می توان تصور کرد که ناگهان بوجود آمده و نیازی به از بین رفتن سریع نداشته باشد، یعنی قیود اصل عدم قطعیت و بقای انرژی شاملش نشود. یعنی جهان فشرده ای با انرژی کل صفر.

حال بهترین کاری که الان می توانم بکنم این است که بگویم این، دقیقا دنیایی است که ما در آن زندگی می کنیم. این ساده ترین روش برای خلاص کردن خود است، اما من ترجیح می دهم با توجه با دانش امروزی مان جواب درست تری بدهم و برای پاسخ به سوال پدید آمدن جهان از هیچ، به ساده ترین ایده متوسل نشوم.

من استدلال کرده ام، و امیدوارم قانع کننده بوده باشد، که متوسط انرژی گرانشی نیوتونی هر جسمی در جهان تخت ما صفر است. و واقعا هم هست. اما این همه ماجرا نیست. انرژی گرانشی، کل انرژی هر جسمی نیست. ما باید انرژی سکون که ناشی از جرم سکون است را نیز با انرژی گرانشی جمع کنیم. به بیان دیگر، همانطور که قبلا گفتم، انرژی گرانشی جسمی که ساکن بوده و فاصله بی نهایتی از بقیه اجسام دارد، صفر است، زیرا اولا که جسم ساکن بوده و انرژی جنبشی ندارد، ثانیا چون فاصله ی بینهایت از سایر ذرات دارد، نیروی گرانشی روی آن ناشی از سایر ذرات، که در حقیقت به عنوان انرژی پتانسیلی برای انجام کار استفاده می رود،

[1] . Virtual Universes

نیز صفر است. با این حال همانطور که انیشتین به ما گفت، کل این انرژی صرفا ناشی از گرانش نیست، بلکه خود جرم نیز انرژی دارد و با رابطه معروف $E=mc^2$ محاسبه می شود.

برای به حساب آوردن این انرژی ساکن، ما باید از گرانش نیوتونی به سمت نسبیت عام حرکت کنیم که اثرات نسبیت خاص را نیز در نظریه گرانش دخیل می کند (و همچنین $E=mc^2$). و اینجاست که مسئله پیچیده تر و حساس تر می شود. در مقیاس های کوچکتر در مقایسه با انحنای احتمالی جهان، و تا زمانی که اجسام نسبت به سرعت نور سرعت به مراتب کمتری دارند، ورژن نسبیت عامانه ی انرژی! تبدیل به همان ورژن آشنای نیوتونی می شود. اما اگر این شرایط ارضا نشود، ماجرا نیز فرق می کند.

قسمتی از مسئله این است که به نظر می آید، انرژی، آنطور که ما در فیزیک و جاهای دیگر تعریفش می کنیم، تعریف بخصوص خوبی در مقیاس های بزرگ در جهان انحنا دار، ندارد. روش های مختلف تعریف سیستم مختصات و به تبع آن مقدار دهی های متفاوت کمیت ها و همچنین ناظران متفاوتی که این مقدار ها را در فضا-زمان اختصاص می دهند (در مجموع یعنی ساختار های مرجع متفاوت) ، در مقیاس های بزرگ می تواند منجر به تعاریف متفاوتی از انرژی کل یک سیستم ارائه دهد. برای لحاظ کردن این اثرات، ما باید تعریفمان را از انرژی تعمیم دهیم و علاوه بر آن اگر بخواهیم کل انرژی موجود در جهان را بیابیم، باید روشی نیز پیدا کنیم که اثرات جهان های دیگر را که ممکن است در وسعت بیکران پراکنده باشند، لحاظ کنیم.

بحث های زیادی درباره روش اعمال دقیق این اثرات وجود دارد. نوشتجات علمی پر از ادعا ها و رد ادعا ها در این زمینه است.

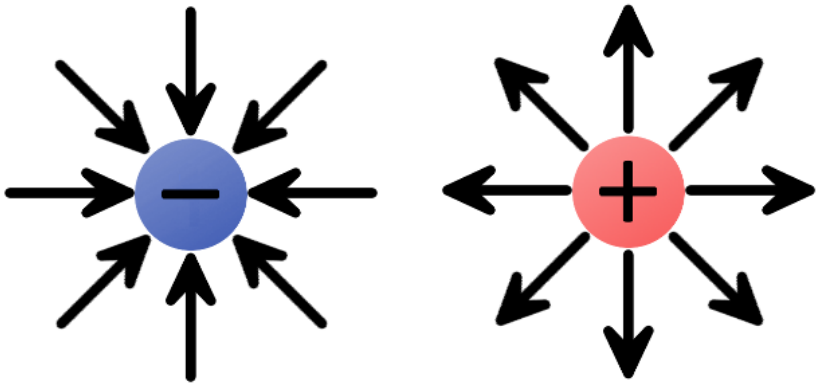
در این میان اما یک چیز قطعی است: تنها یک جهان وجود دارد که مجموع انرژی آن دقیقا صفر است. و البته این جهان، یک جهان تخت نیست، و بطور کلی جهانی نیست که وسعت فضایی بی نهایت دارد و محاسبات انرژی در آن مشکل زاست. بلکه یک جهان بسته است که چگالی جرم و انرژی در آن به حدی باشد که بتواند جهان را دوباره به درون خود برگردانده و ببندد. همانطور که توضیح داده ام، در یک جهان بسته اگرشما در یک جهت تا حد امکان به دوردست نگاه کنید، نهایتا پشت سر خود را می بینید!

دلیل اینکه انرژی یک جهان بسته صفر است، نسبتا ساده است. راحت تر است که نتیجه را از این منظر ببینیم که در یک جهان بسته کل بار الکتریکی نیز باید صفر باشد.

از زمان مایکل فارادی[1] ما فکر می کنیم بار الکتریکی عامل ایجاد میدان الکتریکی است (که البته در مباحث جدید کوانتوم این میدان ها به گسیل فوتون های مجازی نسبت داده می شود که توضیحش را در بالا دادم). به طور تصویری ما این میدان ها را با خطوط میدان نشان می دهیم که به صورت دوار دور ذره باردار قرار دارند، و

[1] . Michael Faraday

هر قدر بار ذره بیشتر باشد، ما خطور متراکم تری را رسم می کنیم و خطوط میدان برای بار های مثبت به صورت خروجی و برای بار های منفی ورودی خواهد بود که در زیر دیده می شود:



تصور ما بر این است که این خطوط تا بی نهایت ادامه دارند و هرقدر که پراکنده تر می شوند، فاصله شان از هم دورتر می شود. یعنی قدرت میدان الکتریکی ضعیفتر و ضعیفتر می شود. با این حال در یک جهان بسته، به عنوان مثال خطوط میدان برای یک بار مثبت گرچه در ابتدا از هم دور می شوند، اما به مانند خطوط طول جغرافیایی موجود در نقشه های کره زمین که در هر دو قطب شمال و جنوب به هم می رسند، خطوط میدان حاصل از بار مثبت نیز، در دورترین قسمت از جهان دوباره به هم می رسند. زمانی که به هم رسیدند، آنها به تدریج قویتر و قویتر شده تا در نهایت به اندازه کافی انرژی وجود خواهند داشت که یک بار منفی تشکیل داده و این بار بتواند در آن سوی جهان اصطلاحا خطوط میدان را ببلعد.

استدلال مشابهی را می توان این بار نه برای جریان خطوط میدان، بلکه جریان انرژی در یک جهان بسته به کار برد که می گوید کل انرژی مثبت به انضمام انرژی سکون ذرات، باید دقیقا با انرژی منفی گرانشی جبران شود، پس کل انرژی دقیقا برابر با صفر است.

بنابراین اگر کل انرژی یک جهان بسته برابر با صفر باشد و همچنین ساختار انتگرال مسیر گرانش کوانتومی را مناسب بدانیم، از لحاظ مکانیک کوانتومی چنین جهان هایی بدون هیچ مشکلی امکان ظهور ناگهانی دارند و هیچ گونه انرژی خالصی را در خود ندارند. باید تاکید کنم که این جهان ها از لحاظ فضا-زمان کاملا مستقل هستند و اتصالی با جهان ما ندارند.

با این حال مشکلی وجود دارد. یک جهان بسته در حال انبساط که با ماده پر شده است، عموما تا حداکثر میزان ممکن خود انبساط یافته و سپس با همان سرعت شروع به فروپاشی می کند و در نهایت به یک تکینگی فضا-زمان می رسد که با توجه به فقدان دانش کافی درباره گرانش کوانتومی، هنوز کسی نمی داند که سرنوشت نهایی چه خواهد بود. پس ویژگی های طول عمر جهان های کوچک مثلا در طول "زمان پلانک" یعنی چیزی

حدود ۱۰ بتوان منهای ۳۴ ثانیه ،میکروسکوپیک خواهد بود، و در این مقیاس ها مشخصات گرانش کوانتومی چیرگی دارد.

راهی برای برون رفت ای این دو راهی وجود دارد. اگر قبل از اینکه چنین جهانی فرو بریزد، پیکره بندی میدان های درون آن بتواند یک دوره ای از تورم را بوجود آورد، حتی یک جهان بسته کوچک نیز می تواند به طور نمایی انبساط یافته و در طول این دوره به یک جهان تخت و بی نهایت نزدیک شود. پس ازگذر زمانی حدود ۱۰۰ برابر، جهان آنقدر به جهان تخت نزدیک می شود که به راحتی می تواند بیشتر از عمر جهان ما، بدون هیچگونه فرو ریزشی زندگی کند.

امکان دیگری نیز وجود دارد که البته مرا به خاطراتم می برد. زمانی که دانشجوی پسا دکتری در هاروارد بودم، من در حال بازی با روش های ممکن مکانیک کوانتومی میدان های گرانشی بودم که از دوست خوبم یان افلک[1] که از فارغ التحصیلان دانشگاه بود، چیز خوبی را یاد گرفتم.او یک کانادایی بود که زمانی که من در دانشگاه MIT مشغول به تحصیل بودم، از دانشگاه هاروارد فارغ التحصیل شده بود و چند سال قبل از من عضو جامعه علمی آنجا بود، و با روش ریاضیاتی فاینمن که ما امروزه در مواجهه با ذرات بنیادی و میدان ها استفاده می کنیم و به نظریه میدان کوانتوم مشهور است، کار می کرد و در تلاش برای محاسبه نحوه تولید ذرات و پاد ذرات در میدان های مغناطیسی قوی بود.

من متوجه شدم شکل راه حلی که یان ارائه داد و نام آن را "اینستانتون[2]" گذاشته بود، در صورتی که این راه حل را بر روی گرانش اعمال کنیم، بسیار شبیه به جهان تورمی می شود. اما این شبیه به جهان تورمی ای می شود که از هیچ بوجود آمده باشد! قبل از ارائه این بحث، من سعی کردم تا سردرگمی ام را در درک فیزیکی یک معادله ریاضی بازگو کنم. پس از آن متوجه شدم که در طول مدتی که من در غرق در این اندیشه ها بودم، کیهان شناس خلاق آلکس ویلنکین که قبلا نامش را برده بودم و امروزه یکی از دوستانم است، مقاله ای منتشر کرده که در آن با همان روش توضیح داده که چگونه گرانش کوانتومی می تواند یک جهان تورمی را از هیچ بوجود آورد. من بهت زده شده بودم اما خیلی هم ناراحت نشدم زیرا اولا در آن دوره که من در افکار مشابهی بودم، واقعا نمی دانستم دارم چه کار می کنم! و ثانیا آلکس آنقدر جسارت داشت تا چنین پیشنهادی دهد و در آن دوران من نداشتم. از آن پس فهمیدم که در صورتی که قصد انتشار مقاله ای را دارم نیازی نیست که تمام جنبه ها و پیامد های آن را بدانم. در حقیقت بسیاری از مهمترین مقالات خودم را زمانی کامل فهمیده بودم که آن ها را به چاپ رسانده بودم.

[1] .Ian Afflek
[2] . Instanton

به هر حال زمانی که استفان هاوکینگ و همکارش جیم هارتل[1] روش کاملا متفاوتی را برای تعیین "شرایط مرزی[2]" برای جهان هایی که ممکن از هیچ بوجود آیند، پیشنهاد کردند، مهم ترین واقعیات این بود:

۱. در گرانش کوانتومی، جهان ها می توانند و در حقیقت همواره در حال ظهور ناگهانی از هیچ هستند. چنین جهان هایی لزوما نیاز به خالی بودن ندارند، بلکه می توانند ماده و تشعشع نیز داشته باشند، اما به شرطی که مجموع انرژی شان (به انضمام انرژی منفی گرانش) برابر با صفر شود.

۲. برای اینکه جهان های بسته ای که در چنین مکانیزمی بوجود می آیند بتوانند زمان بیشتری از یک لحظه را زندگی کنند، به چیزی مثل تورم نیاز است. در نتیجه تنها جهان هایی که توسط این مکانیزم بوجود آمده و عمر طولانی دارند، جهان هایی هستند که امروزه به نظر تخت می آیند، مثل جهان ما.

مطلب واضح است: گرانش کوانتومی نه تنها اجازه پدید آمدن جهان ها را از هیچ می دهد – و منظور ما از هیچ عدم وجود مکان و زمان است – اما ممکن است به مکان و زمان نیازمند شود. "هیچ چیز" که در اینجا به معنی عدم وجود زمان،مکان و سایر اجرام است، ناپایدار است.

علاوه بر آن، مشخصات عمومی چنین جهانی ، در صورتی که زمان بیشتری دوام بیاورد، شبیه به مشخصاتی خواهد بود که ما در این جهان داریم.

آیا این به این معنی است که جهان ما از هیچ بوجود آمده است؟ البته که نه. اما این اطلاعات ما را یک گام جلوتر به سمتی می برد که چنین سناریو هایی را قابل قبول بدانیم. و ضمنا این، یکی از ایراداتی که بر خلق جهان از هیچ وارد می شود و در فصل قبل توضیح دادم را از بین می برد.

در آنجا ما زمانی که از "هیچ" صحبت می کردیم، مکانی را در نظر می گرفتیم که قوانین فیزیک نیز در آن وجود دارند. اما در اینجا به وجود مکان نیز نیازی نیست.

اما عجیب تر از آن بحثی است که در فصل بعد ارائه خواهیم کرد و آن درباره این است که حتی به وجود قوانین فیزیکی نیز ممکن است نیازی نباشد.

[1] Jim Hartle
[2] Boundary Conditions

فصل یازدهم

جهان های شگفت انگیز جدید

بهترین دوران بود. بدترین دوران بود

چارلز دیکنز

مشکل اصلی که در ایده خلقت وجود دارد این است که این ایده نیازمند خالقی است که خارج از سیستم قرار دارد، از قبل حضور داشته و شرایط را برای خلق سیستم مهیا می کند. اینجاست که بحث خدا به عنوان یک موجودی که خارج از فضا، زمان و در کل واقعیت های فیزیکی، پیش می آید، زیرا سلسله علل باید جایی ختم شود. اما این ایده "خدا" از نظر من پاسخ بسیار ساده ای است که در مقابل پرسش عمیق خلقت داده می شود. فکر می کنم این مطلب را می توان با مثال دیگری بیان کرد: بحث منشا اخلاقیات که اولین بار از دوستم استیون پینکر[1] یاد گرفتم.

آیا اخلاق یک مقوله خارج از حیطه انسان و مطلق است، یا صرفا ناشی از بیولوژیک انسان و محیط اطرافش مشتق شده و به تبع آن توسط علم قابل شناسایی است؟ در مناظره ای درباره این موضوع در دانشگاه ایالتی آریزونا، پینکر مسئله زیر را مطرح کرد.

اگر کسی، به مانند بسیاری از معتقدین به ادیان، اینگونه استدلال کند که بدون وجود خدا، هیچ گونه درست و غلطی وجود نخواهد داشت – یعنی خدا برای ما تعیین می کند که چه چیزی درست و چه چیزی غلط است – می توان این سوال را پرسید: اگر خدا، تجاوز و قتل را نیز مجاز می شمرد، آیا از لحاظ اخلاقی قابل پذیرش بود؟ آیا صرفا حکم خدا می توانست در ذهن ما آن مسائل را اخلاقی جلوه دهد؟

گرچه ممکن است بعضی پاسخ مثبت بدهند، اما اکثریت معتقدین به خدا پاسخ منفی داده و می گویند خدا هرگز چنین حکمی را نخواهد داد. اما چرا نه؟ احتمالا به این دلیل که خدا دلیل و منطقی دارد که چنین حکمی نمی کند. یعنی این منطق است که می گوید تجاوز و قتل از لحاظ اخلاقی قابل قبول نیستند. حال اگر خدا منطق را می پذیرد، چرا واسطه ها را از میان بر نمی دارد؟ (احتمالا منظور نویسنده این است که چرا برای شناساندن خود و همچنین احکام اخلاقی، از واسطه هایی مانند پیامبران استفاده کرده و نگذاشته که خود مردم با منطقشان خوب و بد را تشخیص بدهند؟)

[1] . Steven Pinker

ما علاقه مندیم که استدلال مشابهی را برای خلقت جهان به کار گیریم. تمامی مثالهایی که تاکنون زده ام، مربوط می شد به خلق یک شیء از چیزی که خیلی ها آن را "هیچ چیز" می نامند. اما قوانین آن خلقت یعنی قوانین فیزیکی از قبل وجود داشتند. این قوانین از کجا آمده اند؟

دو احتمال وجود دارد. اولی اینکه خدا یا هر موجود الهی دیگری که محدود به این قوانین نیست و خارج از آنها زندگی می کند، آنها را تعیین می کند - چه به صورت عمدی و چه به صورت سهوی - . گزینه دوم هم این است که مکانیزم هایی که به مراتب کمتر فرا طبیعی هستند، عامل این قوانین هستند.

مشکلی که در باره گزینه اول وجود دارد این است که حداقل می توان پرسید چه چیزی یا چه کسی قوانین خدا را بوجود آورده؟ جواب سنتی ای که به این سوال داده می شود به زبان کلیسای کاتولیک این است که خدا سوای بسیاری از صفات خاص خود، علت تمام علت هاست، یا به بیان آکویناس علت اول[1] است، یا به گفته ارسطو محرک اول[2] است.

از قضا خود ارسطو نیز مشکل بحث علت اول را می دانست و برای توجیه آن میگفت که جهان ازلی است. علاوه بر آن خود خدا که ارسطو از آن به عنوان یک تفکر غرق در اندیشه محض نام می برد، یا عشقی که محرک اول را به حرکت دادن وا داشت، باید ازلی باشد و حرکت را با خلق حرکت آغاز نکرده، بلکه با تعیین هدف نهایی (غایی) حرکت، آن را راه انداخته و آن نیز ابدی خواهد بود.

ارسطو بر این باور بود که یکی گرفتن علت اول با خدا، به اندازه کافی راضی کننده نیست، و در حقیقت ایده افلاطونی از علت اول ایراد دارد، مخصوصا اینکه ارسطو فکر می کرد هر معلولی باید علتی داشته باشد و این نیازمند ازلی بودن جهان است. به عبارت دیگر اگر کسی خدا را به عنوان علت العلل در نظر بگیرد و به تبع آن ازلی، گرچه جهان ما ازلی نیست، در نتیجه برهان خلف ناشی از سلسله پرسش های "چرا" به پایان می رسد، اما همانطور که تاکید کردم این به قیمتی تمام می شود که ما بتوانیم یک موجود قدرتمند و خارق العاده تعریف کنیم، که خب مدرک دیگری برایش نداریم. [احتمالا منظور نویسنده این است که تنها دلیلمان برای تعریف این موجود خارق العاده صرفا توجیه یک اصل منطقی یعنی قانون علیت است و هیچ دلیل دیگری در دست نداریم. در عین حال خارق العاده بودن این موجود باعث می شود که سایر قوانین منطقی نقض شود. یعنی توجیه یک اصل، به قیمت نقض سایر اصول، تمام می شود]

در این خصوص نکته مهم دیگری نیز وجود دارد. نیاز ظاهرا منطقی به علت اول، مسئله ای واقعی برای هر جهانی است که آغاز دارد. بنابراین بر مبنای منطق محض کسی نمی تواند چنین دید الهی نسبت به جهان را نادیده بگیرد. اما حتی در همین مورد نیز باید بدانیم خدایی که توسط این اصل منطقی (برهان علیت) تعریف

[1] . First Cause
[2] . Prime Mover

می شود، هیچ ارتباط منطقی به خدایی که در ادیان بزرگ جهان تعریف شده است ندارد، مگر اینکه خداهای هر کدام از ادیان دائما در حال تصدیق همان دین و پیروانش بوده اند.

اگر یک فرد خداپرست مجبور به جستجو به دنبال یک هوشی باشد که نظم را در طبیعت بوجود آورده (برهان نظم)، باز هم به خدایی نخواهد رسید که ادیان تعریف می کنند.

این مسائل در طول هزار سال، از انسان هایی معمولی تا انسان های نابغه، مورد بحث و مجادله قرار گرفته است و حتی این اواخر خیلی ها درامدشان را از این بحث کردن ها کسب می کنند. ما اکنون می توانیم به این مسائل برگردیم، زیرا دانشمان را از واقعیت های فیزیکی اطرافمان گسترش دادیم. نه ارسطو و نه آکویناس درباره وجود کهکشان ما اطلاعی نداشتند، همینطور انفجار بزرگ و همینطور مکانیک کوانتومی. بنابراین مسائلی که آنها و سایر فلاسفه با آن درگیر بودند، باید با توجه به دانش جدید تفسیر شوند.

با توجه به دانش جدید کیهان شناسی ما، مثلا استدلال ارسطو را مبنی بر اینکه علت اولی وجود ندارد و سلسله علل تا بینهایت چه به سمت عقب و چه به سمت جلو، ادامه دارد در نظر بگیرید. او می گوید نه ابتدایی ، نه انتهایی و نه خلقتی در کار بوده.

وقتی که من تاکنون توضیح دادم که چگونه همواره چیزی از هیچ بوجود می آید، من همواره بر این تمرکز کردم که چیزی از فضای خالی بوجود می آید، یا اینکه فضای خالی از هیچ بوجود می آید. در هر دو حالت "فقدان وجود" مشترک بود و هردو می توانند نماینده ای برای هیچ چیز باشند. اما من مستقیما به این مسائل اشاره نکردم که قبل از آن خلقت، چه چیزی ممکن بود وجود داشته باشد، یا مثلا چه قوانینی خلقت را هدایت می کردند یا به طور کلی چیزی که همگان به عنوان علت اول می شناسند. یک جواب ساده این است که فضا خالی، یا حالت بنیادی تری از آن، هیچ چیز که فضای خالی از آن بوجود آمده است، از قبل بوده، یعنی ازلی است. اما خب این سوال - که شاید غیر قابل پاسخ باشد- پیش می آید که چه چیزی قوانین خلقت را بوجود آورده است؟

یک چیز قطعی است. این قانون متافیزیکی "از هیچ، هیچ استخراج می شود" که برای بسیاری از کسانی که من درباره خلقت، با آنها بحث می کنم، مثل سپری آهنی استفاده می شود، در علم جایگاهی ندارد. اصرار بر روی این جمله با این عنوان که این قانون اظهر من الشمس بوده و غیر قابل انکار است، دقیقا مشابه اشتباهی است که داروین انجام داد و گفت که منشا حیات خارج از حیطه علم است و آن را با این مطلب اشتباه مقایسه کرد که ماده نه می تواند تولید شود و نه از بین می رود. تمامی این قبیل بحث ها نشان می دهد که بعضی ها تمایلی به درک این واقعیت ندارند که طبیعت ممکن است زیرک تر از فلاسفه و دین شناسان باشد.

علاوه بر این، کسانی که استدلالشان مبنی بر این اصل است که "از هیچ، فقط هیچ به دست می آید" ، در ذهن خودشان، خدا را مستثنی از این اصل می دانند. دوباره بگویم، اگرکسی تصورش از "هیچ چیز" محض این

باشد که حتی پتانسیلی برای تولید "چیز" وجود نداشته باشد، پس خدا هم نخواهد توانست کاری کند، زیرا اگر او بتواند از هیچ، چیزی بوجود بیاورد، حتما باید چنین قابلیتی در هیچ، وجود داشته باشد. برای ساده سازی می توان گفت که خدا می تواند کاری انجام دهد که طبیعت نمی تواند یا به عبارت دیگر قابلیت فراطبیعی برای وجود با قابلیت طبیعی برای وجود تفاوت دارد. اما این به نظر یک استدلال ساختگی توسط کسانی (معمولا خدا باوران) می آید که به طور پیشفرض موجودی فرا طبیعی را به نام خدا در نظر گرفته اند تا ایده های فلسفی شان (بدون هیچ گونه دلایل تجربی یا شهودی) درست از آب درآمده و در نهایت تمامی گزینه ها بجز وجود خدا را رد کنند.

بهر حال برای فرض کردن وجود خدایی که جوابی برای این معما ها باشد، معمولا این ادعا وجود دارد که خدا خارج از جهان و همچنین همیشگی بوده و مقید به زمان نیست.

با این حال؛ فهم جدید ما از جهان روش قابل قبول و بسیار ملموس تری را برای این مسئله فراهم می کند که البته خواص یک خالق خارجی را در خود دارد اما از لحاظ منطقی سازگار تر است.

من در اینجا به چند جهانی اشاره خواهم کرد. این احتمال که جهان ما یکی از جهان های بیشمار ممکن است که هرکدام از این جهان ها جنبه های فیزیکی منحصر به خود را دارند، دید جدیدی را در باره وجودمان به روی ما می گشاید.

یکی از نتایج ناخوش آیند اما واقعی این تصور این است که فیزیک، در پایه ای ترین حالتش صرفا یکی از علوم محیطی است.(از این بابت می گویم ناخوش آیند که من معتقدم هدف نهایی علم این است که بگوید چرا جهان بدین گونه است و از کجا آمده؟ اگر قوانین فیزیکی که ما می شناسیم کاملا تصادفی بوده و صرفا مرتبط با جهان ما باشد، بدین ترتیب هدف نهایی را گم خواهیم کرد. با این حال اگر این ایده درست باشد، من از تعصبم بر روی این اعتقاد خواهم کاست)

در این حالت نیروهای بنیادی و ثابت های طبیعت دیگر بنیادی نخواهند بود و مانند عددی مثل فاصله زمین تا خورشید، اهمیت خاصی نخواهند داشت. ما به جای مریخ بر روی زمین زندگی می کنیم، نه به این دلیل که فاصله زمین تا خورشید عدد خاص و بنیادی ای است، بلکه اگر فاصله زمین تا خورشید در محدوده دیگری بود، نوع زندگی ای که در زمین فرگشت یافته، اتفاق نمی افتاد.

این استدلالات مرتبط با انسان شناسی، کاملا غیر قابل اتکا هستند و بدون داشتن اطلاعات دقیقی از توزیع احتمالی بر روی تمامی جهان های ممکن از نیروهای بنیادی و ثابت های طبیعی مختلف – که معلوم نیست اختلافی دارند یا نه – و همچنین دانستن این نکته که ما در چه حد در جهان خودمان عمومیت داریم، تقریبا هیچ گونه پیش بینی ای بر پایه آنها نمی توان کرد. اگر ما گونه حیات عمومی ای نیستیم، در نتیجه انتخاب طبیعی – اگر درست باشد – ممکن است بر پایه فاکتور هایی غیر از آنهایی باشد که به ما نسبت داده می شود.

با اینحال، یک چند جهانی، چه به این صورت که در ابعاد دیگر وجود داشته باشد، چه به صورت مجموعه ای از بینهایت جهان باشد که در فضای سه بعدی وجود داشته باشند، که در مورد بحث تورم نیز همینگونه است، زمینه ذهنی ما را در باره چگونگی خلق جهانمان و شرایطی که منجر به خلق آن شد را تغییر می دهد.

در وهله اول، این سوال که چه چیزی قوانین طبیعت را تعیین کرده تا جهان را شکل دهند و رشد و نمو آن را ادامه دهند از اهمیت می افتد. اگر قوانین طبیعت به خودی خود اتفاقی باشند، در نتیجه "علت" قابل پیش بینی ای برای جهان ما وجود نخواهد داشت. بر اساس این قانون عمومی که هر چیزی که ممنوع نباشد، آزاد است، ما مطمئن خواهیم بود که جهان هایی نیز با قوانین جهان ما وجود خواهند داشت. نیازی به هیچ مکانیزم و هیچ موجودی برای تثبیت این قوانین وجود نخواهد داشت. این قوانین می توانستند به هر شکلی باشند. از آنجایی که ما هنوز هیچ نظریه بنیادی ای درباره مشخصات جزئی چند جهانی نداریم، ما نمی توانیم به قطعیت نظر دهیم. (اگرچه اصولا برای هرگونه پیشرفت علمی برای محاسبه احتمالات، ما فرض می کنیم که مشخصات بخصوصی مانند مکانیک کوانتومی، هر اتفاقی را ممکن می سازند. من نمی دانیم که آیا این ایده قابل رد است یا نه، و در کل هیچ کار علمی ای در این زمینه سراغ ندارم)

در حقیقت، شاید هیچ نظریه بنیادی ای وجود نداشته باشد. گرچه من به این دلیل فیزیکدان شدم که امیدوار بودم چنین نظریه ای وجود داشته باشد و روزی خودم در روند کشف این نظریه سهمی ایفا کنم، ممکن است این آرزو امکانپذیر نباشد. من هر وقت یاد این گفته ریچارد فایمن می افتم آرام می گیرم. قبلا مختصرا اشاره کردم اما در زیر به طور کامل بیان می کنم:

مردم به من می گویند " آیا تو به دنبال قوانین نهایی فیزیک هستی"؟ نه، نیستم. من صرفا به دنبال این هستم که نکات بیشتری درباره این جهان بدانم و ممکن است در این میان قانون کلی جهان نیز وجود داشته باشد که آن را نیز خواهم فهمید. کشف قوانین بسیار لذت بخش است. حتی اگر شبیه به پیازی با میلیون ها لایه باشد که پس از مدتی انسان را از دیدن لایه ها خسته کند. علاقه من به علم به این دلیل است که دوست دارم بیشتر درباره جهان بدانم و هر قدر بیشتر می دانم خوشحال تر می شوم. من دوست دارم بدانم.

می توان این بحث را به طریق دیگری بیان کرد که مرتبط با موضوع اصلی این کتاب باشد. در یک "چند جهانی" به هر صورتی که قبلا بحث شد، بینهایت محدوده با اندازه های بسیار بزرگ یا بسیار کوچک می تواند وجود داشته باشد که در آنها "هیچ چیز" وجود داشته باشد و نیز محدوده هایی که در آن "چیزی" وجود دارد. در این حالت در پاسخ به این سوال که چرا به جای هیچ،چیزی وجود دارد، می توان به سادگی گفت، اگر چیزی وجود نمی داشت، ما نمی توانستیم در آن زندگی کنیم!

من می دانم که چنین جواب سطحی ای در مقابل یکی از عمیق ترین سوالات تاریخ بشر، عجیب به نظر می رسد. اما علم به ما گفته است که هر چیزی که بسیار مهم یا کاملا بی اهمیت باشد، می تواند به شدت متفاوت از چیزی باشد که ما در نگاه اول آن را می بینیم.

جهان بسیار عجیب تر و با شکوهتر از چیزی است که در مخیّله کوچک ما بگنجد. کیهان شناسی مدرن، ما را به سمتی برده است که امروزه بر روی ایده هایی فکر می کنیم که حتی تا ۱۰۰ سال پیش قابل تصور نبود. کشفیات بزرگی که در قرون ۲۰ و ۲۱ به وقوع پیوست، نه تنها جهانی که ما در آن زندگی می کنیم را تغییر داده است، بلکه انقلابی در درک ما از جهان یا جهان هایی که وجود دارند، یا ممکن است وجود داشته باشند، حتی جلوی چشم ما، به وجود آورده است: واقعیتی که پنهان شده است و تا زمانی که ما جرات جستجوی آن را نداشته باشیم، پنهان خواهد ماند.

به همین دلیل است که فلسفه و الهیات به هیچ وجه توانایی این را ندارند که اساسی ترین سوال در باره وجود ما را به درستی جواب دهند. زمانی ما می توانیم از این نزدیک بینی که در آن می غلتیم خارج شویم که چشممان را باز کرده و به ندای طبیعت گوش فرا دهیم.

چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟ نهایتا این سوال از آن اهمیت خاص خود پایین آمده و به درجه ای در حد این سوال "چرا بعضی گلها قرمز و بعضی آبی هستند" می رسد. "چیز" ممکن است همواره از هیچ چیز بوجود آید. این جزو الزامات است، و کاملا مستقل از طبیعت نهفته در واقعیت است. شاید "چیز" مسئله خیلی مهمی نباشد و و حتی ممکن است [وجودش] خیلی هم در چندجهانی معمول نباشد. به هر نحو، مسئله مهم این است که زیاد هم در این سوال تعمق نکنیم و به جای آن در سفر هیجان انگیزی که به سمت کشف نحوه نمو جهانی که در آن زندگی می کنیم و قوانینی که نهایتا بر وجود ما حکمرانی می کنند، سهیم باشیم. به همین دلیل است که علوم وجود دارند. ما ممکن است به این علوم اندکی اندیشه ضمیمه کرده و نام فلسفه بر روی آن بگذاریم. اما تنها با ادامه تلاش برای کشف هر گوشه و کنار قابل دسترس جهان است که ما می توانیم به اهمیت جایی که در این کیهان زندگی می کنیم، پی ببریم.

پیش از نتیجه گیری، من می خواهم یک جنبه دیگری از این سوال را نیز مطرح کنم که تا اینجا اشاره نکردم، اما ارزشش را دارد که در خاتمه بحث، بیان شود. به طور ضمنی در سوال "چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد" این مطلب به ظاهر خود بزرگ بینانه نهفته است که انگار ما انتظار داریم "چیز" ادامه دار باشد و جهان به سمتی پیش رفته است که ما را به وجود بیاورد [چیزی را بوجود بیاورد] و در نهایت ما به عنوان هدف نهایی خلقت جای بگیریم. تا به امروز بر پایه دانش ما از جهان، این امکان وجود دارد که در آینده دور، شاید بی نهایت دور، دوباره هیچ چیز یا "عدم" دوباره بر جهان حکم فرما شود.

اگر ما در جهانی زندگی کنیم که انرژی غالب آن انرژی "هیچ چیز" باشد، همانطور که گفتم، آینده به مانند جهان متروکه ای خواهد شد. بهشت ها سرد، تاریک و خالی خواهند شد. اما موقعیت از این هم بدتر خواهد شد. جهانی که انرژی فضای خالی قسمت غالب آن باشد، بدترین جهانی است که برای آینده حیات امکان وقوع دارد. هر تمدنی محکوم به محو شدن از آن جهان خواهد بود و فاقد انرژی ای برای بقا خواهد شد. پس از زمانی طولانی و غیر قابل حساب، مقداری نوسانات کوانتومی یا تحریکات دمایی ممکن است محدوده ای را بوجود آورد

که دوباره حیات، امکان رشد و نمو در آن را داشته باشد. اما آن هم زودگذر خواهد بود. آینده تحت سیطره جهانی خواهد بود که چیزی [موجودی] در آن وجود ندارد که شگفتیهای جهان برایش مهم باشد.

به طور جایگزین، اگر ماده ای که ما را بوجود آورده، در ابتدای زمان توسط فرایند های کوانتومی تولید شده باشد، که قبلا هم گفتم، ما تقریبا مطمئنیم که این ماده دوباره ناپدید خواهد شد. فیزیک مانند یک خیابان دو طرفه است که ابتدا و انتهای آن به هم متصل است. در آینده بسیار بسیار دور، پروتون ها و نوترون ها از بین خواهد رفت، ماده ناپدید خواهد شد و جهان به بالاترین حالت سادگی و تقارن خواهد رسید. این حالت از لحاظ ریاضی زیبا بوده، اما خالی از اجسام خواهد بود. هراکلیتوس[1] یکی از فلاسفه یونان باستان در متنی که کمی متفاوت است نوشته است که " هومر اشتباه می کرد که می گفت : «آیا این ستیزه بین خدایان و آدمیان تمام می شود؟» او نمی دانست که دارد برای از بین رفتن جهان دعا می کند؛ اگر دعایش مستجاب شود، همه چیز از بین خواهد رفت" با بنا به گفته کریستوفر هیچنز " نیروانا[2] همان عدم است"

یک ورژن بدتر این عقب نشینی به سمت عدم ممکن است غیر قابل اجتناب باشد. بعضی از فیزیک دانان نظریه ریسمان بر پایه ریاضیات پیچیده ای، استدلال کرده اند که جهانی به مانند جهان ما که انرژی مثبت در فضای خالی خود داشته باشد، ناپایدار است. نهایتا به سمتی زوال پیدا می کند که انرژی مرتبط با فضای خالی آن منفی باشد. جهان ما در نهایت فرو پاشیده و به نقطه کوانتومی مبهمی می رسد که ممکن است وجود خود ما از آن شروع شده باشد. اگر این استدلالات درست باشند، جهان ما به همان سرعت که بوجود آمده، از بین خواهد رفت.

در این حالت جواب این سوال که "چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد" می تواند این باشد که " چیز، عمر زیادی نخواهد داشت"

[1] . Heraclitus
[2] . Nirvana

سخن پایانی

تایید یک حقیقت تجربی به عنوان چهره ای از واقعیت، مهمترین دلیل و شاه کلید تمام پیشرفت هایی است که از زمان رنسانس تا کنون تمدن ما را به جلو برده است.

جاکوب برونوفسکی

من این کتاب را با یک نوشته دیگر از جاکوب برونوفسکی آغاز کردم:

رویا یا کابوس، ما باید به همین نحو که پیش می رود زندگی کنیم و مجبوریم در طول زندگی بیدار باشیم. ما در جهانی زندگی می کنیم که علم در جای جای آن نفوذ کرده و کاملا واقعی است. ما نمی توانیم زندگی را تبدیل به بازی ای کنیم که در آن طرف دیگری [غیر از علم] را بگیریم.

همچنین این را گفته ام که رویای کسی می تواند کابوس کس دیگری باشد. جهانی بدون هدف و راهنما ممکن است برای بعضی ها زندگی را بی معنی کند. برای دیگران نیز، مانند من، چنین جهانی بسیار لذت بخش است. این جهان وجود ما را بسیار جذاب می کند و باعث می شود ما برای زندگی و کار های خودمان معنی بسازیم و قسمت اعظمی از زندگی مختصرمان را بر وفق مرادمان طی کنیم، و این به این خاطر است که ما اینجا هستیم و موهبت هوشیاری و شانس زندگی نصیبمان شده است. منظور برونوفسکی این است که هیچ کدام از این دو دیدگاه مهم نیست و اینکه ما چه انتظاری از جهان داریم، هیچ ارتباطی به واقعیت جهان ندارد. هر چیزی که اتفاق افتاده، اتفاق افتاده و آن نیز در مقیاس کیهانی اتفاق افتاده. و هر چیزی که در آن مقیاس اتفاق بی افتد کاملا مستقل از خوشایند و ناخوشایند ما اتفاق می افتد. ما نه می توانیم تاثیری در اتفاقات پیشین بگذاریم و نه تاثیری در اتفاقات بعدی.

با این حال، کاری که از دست ما بر می آید این است که شرایط زندگی خودمان را بشناسیم. من در این کتاب یکی از بهترین نمونه هایی که انسان ها در طول تاریخ تکاملی شان کشف کرده اند را شرح دادم. این واقعا یک تلاش حماسی است که بتوان کیهان را در مقیاس هایی کشف کرد و فهمید که یک قرن پیش ناشناخته بود.

این اکتشافات مرزهای روح انسان ها را جلوتر برده و این اشتیاق را در انسان ها بوجود آورده که به دنبال شواهد بگردند، حتی در مواردی کسانی کل عمرشان را وقف کشف ناشناخته ها کردند با اینکه می دانستند ممکن است تلاششان به هیچ جا نرسد و انسان ها با ترکیب خلاقیت و پشتکار، بسیاری از سوالات بی انتها و آزمایشات بیشمار را طبقه بندی کردند [تا مرحله به مرحله به جوابشان دست یابند].

من همواره به داستان افسانه ای سیسیفوس[1] علاقه مند بودم و تلاشهای جامعه علمی را شبیه به تلاش شخصیت داستان می کردم که سنگی را تا نزدیکی نوک قله می برد و آن را رها می کرد تا به پایین بغلتد و این کار تا ابد ادامه می داد. همانطور که کاموس[2] تصور می کرد، سیسیفوس شاد بود و ما نیز باید همینطور باشیم. سفری که ما در راه اکتشافاتمان داریم، هر خروجی ای که داشته باشد، دستاوردهای مختص خودش را نیز داراست.

پیشرفت خارق العاده ای که ما در قرن اخیر داشته ایم ما دانشمندان را به نقطه ای رسانده است که به طور موثری به عمیق ترین سوالاتی که انسان ها در اولین گامهایشان در فهم این که ما که هستیم و از کجا آمده ایم برداشته اند، پاسخ می دهد.

همانطور که در اینجا توضیح دادم، در طی فرایند کشفیات ما، مفهوم این سوالات نیز به تدریج با بیشتر شدن فهم ما از جهان، تغییر کرده است. " چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد" در متون کیهان شناسی مفهوم جدیدی یافته و اختلاف بین "چیز" و "هیچ چیز" به تدریج در حال محو شدن است و تغییر وضعیت از یکی به دیگری، نه تنها امکان پذیر بلکه واجب است.

به همین ترتیب خود سوال به تدریج که ما در کسب دانش تلاش می کنیم، تغییر می یابد. در عوض ما به سمتی می رویم تا فرایند هایی را که بر طبیعت حاکم هستند را بفهمیم و بتوانیم پیش بینی هایی انجام دهیم و صورت امکان بر آینده مان تاثیر گذار باشیم. در طی این مسیر ما کشف کردیم که در جهانی زندگی می کنیم که فضای خالی – که قبلا معادل "هیچ چیز" بود – دینامیک (پویایی) جدیدی دارد که حاکم بر تکامل کنونی کیهان است. ما کشف کردیم که تمامی شواهد نشان می دهند که این جهان به طور قابل قبولی از مفهومی عمیق تر از "هیچ چیز" قبلی (فضای خالی) برخاسته است – که در این "هیچ چیز"، مکان نیز وجود نداشته است – و ممکن است دوباره جهان به دلیل فرایند هایی که قابل درک بوده و نیاز به عامل خارجی و هدفمند نیز ندارند، تبدیل به هیچ شود. در این حالت، علم، به نقل از استیون واینبرگ فیزیکدان، وجود خدا را نفی نمی کند، اما این راه را ممکن می سازد که نیازی به باور به خدا نداشته باشیم. بدون علم، هر چیزی معجزه است. با علم، این احتمال بوجود می آید که هیچ چیز معجزه نباشد. عقاید دینی در این حالت بسیار کم مورد نیاز واقع می شوند و کاملا نیز غیر مرتبط به نظر خواهند آمد.

بازگشت به ایده خلقت الهی بستگی به خودمان دارد و البته من تصور نمی کنم به این زودی ها این گزینه حذف شود. اما به نظر من اگر می خواهیم عاقلانه و صادقانه برخورد کنیم ما باید تصمیمان بر اساس آگاهی باشد و باید واقعیت ها را ببینیم، نه اینکه متوسل به امورات ماورایی شویم.

[1] . Sisyphus
[2] . Camus

این مطلب هدف این کتاب بود که تصویری آگاهانه از جهانی که تا به امروز شناختیم ارائه دهد و تفکرات نظری اخیر را که فیزیک را به جلو می برند، شرح دهد و نشان دهد که ما فیزیکدانان چگونه در تلاشیم که با نظریات و مشاهداتمان، گندم و کاه را از هم جدا کنیم [درست و غلط را از هم تشخیص دهیم].

من عقیده خودم را آشکارا گفته ام: اینکه جهان ما از "هیچ چیز" بوجود آمده تا به امروز عاقلانه ترین و متقاعد کننده ترین گزینه ای است که من پذیرفته ام. شما نیز نتیجه گیری خود را خواهید داشت.

من می خواهم بحثم را با طرح سوالی که به نظرم شگفت انگیز تر از سوال "چیز" از "هیچ چیز" است به پایان برسانم. این سوال که انیشتین پرسید آیا خدا در خلق جهان راه دیگری داشته یا نه [اختیاری داشته یا نه]. این سوال اصلی ترین انگیزه را تقریبا برای تمامی تحقیقاتی مرتبط با ساختار بنیادی ماده، فضا و زمان، می دهد که همان زمینه تحقیقاتی ای است که قسمت اعظم عمر حرفه ای مرا به خود مشغول ساخته است. من معمولا فکر می کردم که جوابی قاطع برای این سوال وجود دارد، اما در طی نگارش این کتاب نظراتم تغییر کرد. به وضوح، اگر یک نظریه ای وجود داشته باشد که مجموعه از قوانین منحصر به فرد را ارائه دهد که توضیح دهند جهان ما واقعا چگونه بوجود آمد و همچنین چگونه تا به امروز تکامل یافته است – یعنی همان هدفی که فیزیک از زمان نیوتون و گالیله پی گیری می کرد – در آن صورت جواب این خواهد بود که "نه، اتفاقات باید به همان صورت که افتادند، می افتادند و همین طور نیز است"

اما اگر جهان ما یکتا نباشد و جزئی از چند جهانی ممکن و بی انتها باشد، آیا می توان این پاسخ را به انیشتین داد که "بله، مجموعه ای از گزینه ها برای وجود، موجود بود" ؟

من زیاد مطمئن نیستم. می تواند این طور باشد که مجموعه ای بینهایت از ترکیبات مختلف قوانین و ذرات و اجزایشان و نیروها و حتی جهان های مجزا می تواند در چند جهانی وجود داشته باشد. ممکن است مجموعه محدودی از این قوانین وجود داشته باشند که بتوانند جهانی شبیه به جهان ما را نتیجه دهند که از تکامل موجوداتی حمایت کند که در نهایت چنین سوالی بپرسند. در این صورت جواب انیشتین همچنان منفی باقی می ماند. خدا یا طبیعتی که چند جهانی را احاطه کرده است، به همان میزان در مقابل سوال انیشتین مقید خواهد بود که در حالت گزینه منحصر به فرد برای جهان فیزیکی سازگار مقید است.

من به طرز عجیبی این احتمال را قانع کننده می یابم که در هر کدام از سناریو های بالا حتی اگر یک خدای کاملا توانا وجود داشته باشد، خدا اختیاری در خلق جهان ما نداشته است. شکی نیست که چنین عقیده ای در ادامه، وجود خدا را غیر لازم می یابد یا در بهترین حالت آن را فقط وجودی اضافی [و بدون عملکرد] خواهد شناخت.

نوشته پایانی از ریچارد داوکینز

هیچ چیزی به مانند یک جهان منبسط شونده، ذهن را باز نمی کند. کُرات به مانند موسیقی موزون کودکانه ای هستند که در سمفونی بزرگ و باشکوه کهکشان ها نواخته می شوند. می توان در ابعاد متفاوت تشبیهات متفاوتی را به کار برد. تاریخ انسان باستان به مانند گرد و خاکی در طول قرن ها بوده است که توسط بادهای دوره های زمین شناسی پراکنده شده اندو حتی عمر جهان ما – با دقتی که لاورنس کراوس به ما می گوید – که برابر با ۱۳/۷۲ میلیارد سال است در مقابل عمر تریلیون ساله ای که جهان خواهد داشت نیز ناچیز به نظر می آید.

اما دیدگاه کیهان شناسانه کراوس در باره آینده دور ترسناک و متناقض نما است. پیشرفت های علمی ظاهرا به عقب باز خواهند گشت و پسرفت خواهند بود. ما طبیعتا باید فکر کنیم اگر کیهان شناسانی در ۲ تریلیون سال بعد از میلاد وجود داشته باشند، دید آنها نسبت به جهان فراتر از ما خواهد بود. اما یکی از عجیب ترین چیزهایی که من با خواندن این کتاب فهمیدم این است که اینگونه نخواهد بود. کمی بیشتر یا کمتر از چند میلیون سال، دوره ای که ما در آن زندگی می کنیم بهترین دوره برای کیهان شناس بودن است. دو تریلیون سال بعد جهان آنقدر منبسط خواهد شد که تمام کهکشان ها بجز کهکشانی که کیهان شناسان در آن زندگی می کنند (هر کدام که می خواهد باشد) در پشت افق انیشتینی به طور کامل محو خواهند شد که نه تنها دیده نخواهند شد، بلکه حتی رد پایی غیر مستقیم نیز از خود به جای نخواهند گذاشت. انگار هرگز وجود نداشته اند. هر اثری از انفجار بزرگ احتمالا از بین خواهد رفت و غیر قابل بازگشت خواهد بود. کیهان شناسان آینده، دستشان از گذشته قطع خواهد شد و از دید آنها ما هرگز نبوده ایم.

ما می دانیم که اکنون در میان ۱۰۰ میلیارد کهکشان قرار داریم و نیز درباره انفجار بزرگ می دانیم، زیرا شواهد در اطراف ماست: تابش نور سرخ گرویده کهکشان های دور، از انبساط هابل به ما می گوید و ما آن را به عقب برونیابی می کنیم. ما توانایی دیدن شواهد را داریم زیرا به جهانی خرد سال می نگریم، و نوری که در این دوران به ما می رسد نوری است که هنوز توانایی رسیدن از کهکشانی به کهکشان دیگر را داراست. همانطور که کراوس و همکارش ویتیلی[1] گفتند " ما در زمان بسیار خاصی زندگی می کنیم ... تنها دوره ای که می توانیم به طریق تجربی بفهمیم در دوره خاصی زندگی می کنیم!". کیهان شناسان تریلیونیوم سوم [مانند هزاره سوم بخوانید] دیدگاهی مشابه دیدگاه ما در ابتدای قرن بیستم خواهند داشت که فکر می کردیم در تنها کهکشان جهان زندگی می کنیم و این کهکشان را مترادف با کل دنیا می دانستیم.

[1] . Wittily

در نهایت و به طور گریز ناپزیری جهان تخت تبدیل به هیچ چیز خواهد شد که تصویری مشابه با ابتدایش است. نه تنها هیچ کیهان شناسی وجود نخواهد داشت که جهان را رصد کند، حتی اگر باشد نیز چیزی برای مشاهده نخواهد داشت. مطلقا هیچ چیز. نه حتی ذره ای اتم. هیچ.

اگر فکر می کنید که بسیار غم انگیز و افسرده خواهد بود، بسیار بد است. جهان به ما آرامش را بدهکار نیست. زمانی که مارگارت فولر[1] احتمالا با آهی ناشی از رضایت خاطر اشاره کرد که " جهان را می پذیرم" جواب توماس کارلیل[2] نا امید کننده بود: " بله! باید هم اینطور باشد". به شخصه فکر می کنم رهایی همیشگی ناشی از "هیچ چیز" بودن بسیار هم با شکوه است و اصطلاحا بهتر است شجاعت روبرو شدن با آن را داشته باشیم.

اما اگر چیزی بتواند به هیچ تبدیل شود، آیا "هیچ" نیز نمی تواند باعث تولد "چیز" شود؟ یا به قول مذهبی ها چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد؟ ما اینجا احتمالا مهمترین درسمان را از خواندن کتاب لاورنس کراوس می گیریم. نه تنها فیزیک به ما می گوید که "چیز" می تواند از "هیچ چیز" بوجود آید، فراتر از آن به گفته کراوس، "هیچ چیز" ناپایدار است: "چیز" تقریبا همواره محکوم به به وجود آمدن از هیچ است. اگر من منظور کراوس را درست فهمیده باشم این اتفاق همواره می افتد: این قانون به مانند ورژن فیزیکی این مطلب است که می گوید دو اشتباه یک درست را می سازند. ذرات و پاد ذرات به مانند چشمک زدن کرم شب تاب بوجود آمده و نا پدید می شوند؛ همدیگر را حذف کرده و دوباره طی یک فرایند معکوس از "هیچ" بوجود می آیند.

پیدایش ناگهانی "چیز" از "هیچ چیز" در ابتدای زمان و مکان در تکینگی ای به نام انفجار بزرگ اتفاق افتاد که به دنبال آن دوره ای از تورم را به همراه داشت که در آن جهان و تمامی ملحقاتش در کسری از ثانیه به اندازه ۱۰ بتوان ۲۸ بار بزرگتر شدند (یعنی عدد ۱ و ۲۸ صفر جلوی آن- در این باره فکر کنید).

چه ایده عجیب و خنده داری! آیا دانشمندان جدی می گویند؟ حرفشان به همان میزان بد است که در قرون وسطی در مدارس بر سر تعداد فرشتگانی که بر روی نوک سوزن جای می گیرند بحث می شد یا بحثی که بر سر مسئله استحاله[3] وجود داشت.

نه، این طور نیست و نباید انقدر نگاه مغرضانه ای داشت. گرچه علم هنوز بسیاری چیز ها را نمی داند (و با آستین های بالا زده در حال کار بر روی آن زمینه هاست)، چیز هایی را که می دانیم نیز تقریبی نیست (مثلا می دانیم عمر جهان چند هزار سال نیست، بلکه چند میلیارد سال است). خیلی شان را ما با اعتماد کامل و دقت مثال زدنی می دانیم. مثلا من اشاره کردم که ما عمر جهان را با ۴ رقم با معنی حساب کرده ایم. همین نیز به اندازه کافی شگفت انگیز است، اما باز در مقایسه با دقت بعضی پیش بینی های لاورنس کراوس و هم کارانش، چیز زیادی نیست. قهرمانِ کراوس، ریچارد فاینمن گفته بود که بعضی پیش بینی های نظریه کوانتوم – که بر

[1] . Margaret Fuller
[2] . Tomas Carlyle
[3] . Transubstantiation

پایه فرضیات بسیار عجیبی است که شاید عجیب تر از بعضی ادعاهای مذهبیون باشد- با دقتی بررسی شده اند که به عنوان مثال انگار فاصله نیویورک تا لوس آنجلس را با دقت یک تار مو اندازه بگیرند.

به طور مساوی الهی دانان ممکن است در باره فرشتگان بر روی نوک سوزن تعمق کنند. فیزیکدانان فرشتگان و نوک سوزن های خود را دارند: کوانتا و کوارک، "شگفت[1]"، "افسون[2]" و "اسپین[3]". اما فیزیکدانان می توانند فرشتگان خود را بشمارند در مقیاسی مانند ۱۰ میلیارد فرشته تا آخرینشان را می شمارند. نه فرشته ای بیشتر و نه فرشته ای کمتر. علم ممکن است عجیب و غیر قابل توضیح باشد – حتی عجیب تر و غیر قابل توضیح تر بودن نسبت به هر مسئله عجیب الهیات – اما علم عملکرد دارد. به ما نتایج را می دهد. می تواند شما را با پرواز به زحل ببرد و سر راه گریزی هم به زهره و مشتری بزند. ما ممکن است نظریه کوانتوم را نفهمیم (باور کنید من نمی دانم) اما نظریه ای که وقایع جهان را تا ۱۰ رقم اعشار درست تقریب می زند نمی تواند کاملا غلط باشد. الهیات نه تنها فاقد نقاط اعشاری است، بلکه حتی کوچکترین سرنخی از ارتباط با این جهان را نیز به دست نمی دهد. بنا به گفته توماس جفرسون[4] زمانی که دانشگاه ویرجینیا را تاسیس می کرد: تدریس الهیات جایی در دانشگاه ما ندارد.

اگر از خداباوران مذهبی بپرسید که چرا معتقدند، ممکن است به تعداد اندکی دین شناسان زرنگ برخورید که در باره خدا با عنوان "اساس تمامی بودن" یا " استعاره ای از ارتباط میان افراد" یا جملات طفره رونده دیگری صحبت می کنند. اما قشر عظیمی از خداباوران – با صداقت بیشتر و البته ایراد بیشتر – همان خدایی را باور دارند که در استدلال نظم یا علت اول وجود دارد. فلاسفه هم رده دیوید هیوم[5] برای نشان دادن ضعف مهلک چنین استدلالی نیازی به برخاستن از صندلی شان نیز نمی بینند: آنها بحث منشا خالق را مطرح می کنند. اما در عین حال همین استدلال الهیون باعث شد تا چارلز داروین با کشتی HMS Beagel وارد دنیای واقعی شود و در نهایت به کشف هوشمندانه و ساده ای که سوال اضافی ای را نیز پدید نمی آورد، به عنوان جایگزینی برای طراحی (خلقت) ارائه داد.این ایده مربوط به عرصه زیست شناسی است. زیست شناسی همواره مورد علاقه ترین شکارگاه الهی دانان طبیعی بوده تا اینکه داروین – نه اینکه عمدی در کار باشد، زیرا او بسیار انسان محترم و مهربانی بود – آنها را از آن عرصه به بیرون راند. نهایتا آنها وارد عرصه پیشرفته فیزیک شدند که در آنجا لاورنس کراوس و پیشینیانش را در مقابل خود دیدند.

آیا قوانین و ثابت های فزیکی به نحوی تنظیم نشده اند که در نهایت ما را بوجود آورند؟ آیا فکر می کنید ماموارنی باعث شروع بوجود آمدن همه چیز شدند؟ اگر نمی دانید ایراد این استدلالات چیست کتاب های

[1] . Strangeness
[2] . Charm
[3] . Spin
[4] . Thomas Jefferson
[5] . David Hume

ویکتور استنجر[1] را بخوانید. کتاب های استیون واینبرگ، پیتر آتکینز[2]، مارتین ریس[3] و استفان هاوکینگ را بخوانید. و امروزه ما می توانیم کتاب لاورنس کراوس را بخوانیم که از نظر من مانند ضربه نهایی است. حتی آخرین پناهگاه الهی دانان که می پرسیدند " چرا به جای هیچ، چیزی وجود دارد" با خواندن این کتاب، در مقابل چشمان شما چروک شده و از بین می رود. اگر کتاب "منشا انواع" مرگبارترین ضربه را به کسانی که به ماورالطبیعه [در باب بوجود آمدن انسان] اعتقاد دارند زد، ما می توانیم کتاب "جهانی از عدم" را به عنوان مشابهی در کیهان شناسی ببینیم. عنوان کتاب دقیقا از محتوی آن خبر می دهد. و چیزی که کتاب می گوید، ویران کننده است.

[1] . Victor Stenger
[2] . Peter Atkins
[3] . Martin Rees

درباره نویسنده

لاورنس کراوس کیهان شناس برجسته و بنیان گذار و مدیر پروژه منشآت دانشگاه ایالتی آریزونا می باشد. وی که توسط موسسه ساینتیفیک آمریکن از اون به عنوان یکی از خردمندان نادر در عرصه گسترش عمومی علم یاد می شود، تاکنون بیش از ۳۰۰ مقاله علمی منتشر کرده و ۸ کتاب به چاپ رسانده که به عنوان نمونه می توان از کتاب پر فروش "فیزیک استار ترک[1]" نام برد و همچنین جوایز بین المللی بسیاری را به خاطر تحقیقات و نوشته هایش کسب کرده است. او یک فیزیکدان نظری مشهور بین المللی است که دامنه تحقیقاتی وسیعی دارد که شامل ارتباط بین فیزیک ذرات بنیادی و کیهان شناسی می شود و زمینه های تخصصی کاری او در باره آغاز جهان، ماهیت ماده تاریک، نسبیت عام و اخترشناسی نوترینو می باشد. او دکتری فیزیک خود را از موسسه فناوری ماساچوست (دانشگاه MIT) در سال ۱۹۸۲ اخذ کرده است و سپس به جامعه علمی هاروارد پیوسته است. در سال ۱۹۸۵ به عضویت هیئت علمی گروه فیزیک دانشگاه ییل در آمد و در سال ۱۹۹۳ به عنوان رئیس دانشکده فیزیک دانشگاه کیس وسترن انتخاب شد و در سال ۲۰۰۸ نیز همین سمت را در دانشگاه ASU از آن خود کرد. کراوس یکی از پرکارترین مقاله نویسان مجلات و روزنامه هاست و مرتبا در برنامه های رادیویی و تلویزیونی حاضر می شود.

[1] . Physics Of Star Trek

"We have been living through a revolution in cosmology as wondrous as that initiated by Copernicus. Here is the essential, engrossing, and brilliant guide."

—IAN MCEWAN

WHY THERE IS SOMETHING RATHER THAN NOTHING

A UNIVERSE FROM NOTHING

Lawrence M. Krauss

Afterword by RICHARD DAWKINS