«به نام خالق آرامش»

نام کتاب: جهان های موازی (بخش اول)

نام نویسنده: میچیو کاکو

نام مترجم: سارا ایزدیار، علی هادیان

تعداد صفحات: ۱۱۰ صفحه

تاریخ انتشار: ــــــــــــــــ

کافئین بوکلی
CaffeineBookly.com

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

Michio Kaku

PARALLEL WORLDS

جهان‌های موازی

سفری به آفرینش، ابعاد بالاتر و آینده جهان

میچیو کاکو | ترجمه‌ی سارا ایزدیار / علی هادیان

انتشارات نیلوفر

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

جهان‌های موازی

سفری به آفرینش، ابعاد بالاتر و آینده جهان

میچیو کاکو

ترجمه‌ی
علی هادیان ــ سارا ایزدیار

انتشارات مازیار

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

سرشناسه : کاکو، میچیو
Kaku, Michio :
عنوان و نام پدید آور : جهان‌های موازی: سفری به آفرینش، ابعاد بالاتر و آینده جهان / میچیو کاکو: ترجمه علی هادیان ــ سارا ایزدیار.
مشخصات نشر : تهران: مازیار، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری : ۴۴۸ ص: مصور، نمودار.
شابک : ۹۷۸-۹۶۴-۵۶۷۶-۹۴-۸
وضعیت فهرست‌نویسی : فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: Parallel Worlds: a journey through creation, higher dimensions, and the future of the cosmos, 2005.
موضوع : کیهان‌شناسی
موضوع : انفجار بزرگ
موضوع : نظریه ابرریسمان‌ها
موضوع : ابرگرانش
شناسه افزوده : هادیان، علی، ۱۳۴۸- ، مترجم
شناسه افزوده : ایزدیار، سارا، ۱۳۵۸- ، مترجم
رده‌بندی کنگره : QB۹۸۱/ک۲۳ج۹ ۱۳۸۹
رده‌بندی دیویی : ۵۲۳/۱
شماره کتابشناسی ملی : ۱۹۹۵۴۲۹

انتشارات مازیار

مقابل دانشگاه تهران، ساختمان ۱۴۳۰، طبقه اول، واحد ۴، تلفن ۶۶۴۶۲۴۲۱

جهان‌های موازی
میچیو کاکو
ترجمه‌ی علی هادیان ــ سارا ایزدیار
چاپ دوم ۱۳۸۹
شمارگان ۲۲۰۰
حروفچینی زهرا پارسا
لیتوگرافی کاری گرافیک
چاپ و صحافی طیف نگار
شابک ۹۷۸-۹۶۴-۵۶۷۶-۹۴-۸
بها ۷۵۰۰ تومان

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

فهرست مطالب

مقدمه	۷
بخش اول: جهان	۱۱
فصل ۱: تصویر دوران کودکی جهان	۱۳
فصل ۲: جهان مرموز	۳۷
فصل ۳: انفجار بزرگ	۶۴
فصل ۴: نظریه تورم و جهان‌های موازی	۱۰۱
بخش دوم: جهان چندگانه	۱۴۱
فصل ۵: بُعدگذرها و سفر در زمان	۱۴۳
فصل ۶: جهان‌های کوانتومی موازی	۱۸۵
فصل ۷: نظریه M مادر تمام ریسمان‌ها	۲۲۶
فصل ۸: جهان طراح؟	۲۹۹
فصل ۹: در جستجوی انعکاس‌های بعد یازدهم	۳۱۷
بخش سوم: فرار به فرافضا	۳۴۹
فصل ۱۰: پایان همه چیز	۳۵۱
فصل ۱۱: فرار از جهان	۳۷۱
فصل ۱۲: فراتر از جهان چندگانه	۴۱۷
منابع و مآخذ	۴۳۹
نمایه	۴۴۳

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

مقدمه

کیهان‌شناسی عبارت است از مطالعه کامل کائنات، شامل تولد و سرنوشت احتمالی آن. تعجبی ندارد که سیر تکاملی کیهان‌شناسی، در سایه عقاید تعصب‌آمیز و خرافات دینی، دستخوش دگرگونی‌های بسیاری شده باشد.

اولین انقلاب در کیهان‌شناسی، با ظهور تلسکوپ در قرن شانزدهم پدید آمد. گالیلئو گالیلئی (گالیله)، پیرو تلاش‌های ستاره‌شناسان بزرگی چون نیکولاس کپرنیک و یوهان کپلر، با کمک تلسکوپ توانست برای اولین‌بار شکوه و جلال افلاک را به محدوده تحقیقات علمی وارد کند. این مرحله از کیهان‌شناسی، در کار ایزاک نیوتون به نقطه اوج خود رسید؛ کسی که سرانجام قوانین بنیادی حاکم بر حرکت اجرام سماوی را مطرح کرد. به‌این‌ترتیب، قوانین حاکم بر اجرام آسمانی، به‌جای سحر و جادو و کشف و شهود، تابع نیروهایی قابل محاسبه و تکرارپذیر شدند.

دومین انقلاب در کیهان‌شناسی، با ظهور تلسکوپ‌های بزرگ قرن بیستم، مثل تلسکوپ مونت ویلسون، با آئینه انعکاسی بزرگ ۲/۵ متری، به وقوع پیوست. در دهه ۱۹۲۰، ستاره‌شناسی به نام ادوین هابل، از این تلسکوپ عظیم‌الجثه برای براندازی قرن‌ها اعتقادات تعصب‌آمیز، مبنی بر اینکه جهان ساکن و فناناپذیر است، استفاده کرد. او نشان داد که کهکشان‌ها در آسمان با سرعت قابل توجهی در حال دور شدن از زمین هستند، به این معنی که جهان در حال انبساط است. این موضوع، نتایج نظریه نسبیت عام اینشتین را تائید می‌کرد، که در آن ساختار فضا-زمان، به‌جای اینکه تخت و خطی باشد، دینامیک و خمیده است. این یافته، اولین توصیف محتمل از منشاء کیهان را ارائه کرد؛ با این شرح که جهان با انفجار عظیمی به نام انفجار بزرگ آغاز شده است، که طی آن ستارگان و کهکشان‌ها در فضا به سمت بیرون پرتاب شدند. تلاش‌های پیشگامانه جورج گاموف و همکارانش در مورد نظریه انفجار بزرگ و همچنین فرد هویل بر روی منشاء مواد، موجب شد طرح کلی فرایند تکاملی جهان پدیدار شود.

هم‌اکنون انقلاب سومی در راه است. عمر این انقلاب اخیر، تنها به پنج

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

سال می‌رسد. این انقلاب به مدد تجهیزات جدید با فناوری بالا، مثل ماهواره‌های فضایی، لیزرها، آشکارسازهای امواج گرانشی، تلسکوپ‌های پرتو x و اَبَررایانه‌های پر سرعت، به وقوع پیوسته است. به عبارت دیگر، در حال حاضر ما به معتبرترین اطلاعات در مورد ماهیت جهان، شامل عمر و اجزاء سازنده جهان و شاید حتی آینده و مرگ احتمالی آن، دسترسی داریم.

ستاره‌شناسان دریافته‌اند که جهان به‌طور فزاینده‌ای در حال گسترش است؛ به‌طور نامحدودی شتاب می‌گیرد، و به مرور زمان سردتر و سردتر می‌شود. در صورت ادامه این روند، در آینده شاهد «انجماد بزرگ» خواهیم بود؛ که در آن صورت، جهان در تاریکی و سرما فرو رفته و حیات هوشمند بکلی از بین خواهد رفت.

در این کتاب، به سومین انقلاب عظیم پرداخته شده است. کتاب موجود با کتاب‌های قبلی من در مورد فیزیک، یعنی فراسوی اینشتین[1] و اَبَرفضا[2]، که به معرفی مفاهیم جدید ابعاد بزرگ‌تر و نظریه ابرریسمان‌ها پرداخته‌اند، تفاوت دارد. در کتاب جهان‌های موازی (کتاب حاضر)، به‌جای تمرکز بر فضا ـ زمان، بر روی پیشرفت‌های انقلابی کیهان‌شناسی در سال‌های اخیر تمرکز شده است که براساس یافته‌های جدید آزمایشگاه‌ها و از دورترین نقاط فضا و همچنین جدیدترین یافته‌های فیزیک نظری گردآوری شده‌اند. هدف این بوده است که این نوشته بدون نیاز به آشنایی قبلی با علم فیزیک یا کیهان‌شناسی قابل مطالعه و فهم باشد.

در بخش اول کتاب، تمرکز اصلی بر روی مطالعه جهان است. در این بخش، پیشرفت‌های انجام گرفته، در مراحل ابتدایی کیهان‌شناسی، به اختصار مطرح شده است. نظریه‌ای به نام تورم، نقطه اوج این پیشرفت‌ها محسوب شده و کامل‌ترین فرمول بندی را برای نظریه انفجار بزرگ ارائه می‌دهد. در بخش دوم، به‌طور ویژه بر روی نظریه نوظهور جهان‌های چندگانه[3] ـ مجموعه‌ای که از چندین جهان تشکیل شده و جهان ما یکی از آن‌هاست ـ

---

۱. Beyond Einstein، ترجمه‌ی رضا خزانه، از سوی انتشارات فاطمی منتشر شده است.

۲. Hyper space، ترجمه‌ی نادر جوانی، محمدرضا مسرور، از سوی انتشارات اشراقیه منتشر شده است.

3. Many-Worlds theory

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تمرکز می‌کنیم و همچنین به بحث در مورد احتمال وجود کرمچاله‌ها[1]، حلقه‌های فضا و زمان می‌پردازیم و اینکه چگونه ابعاد بیشتر، می‌توانند این مفاهیم را به‌هم مرتبط کنند. نظریه اَبَرریسمان‌ها و نظریه M[2] اولین قدم اساسی را فراتر از نظریه اینشتین برداشتند. بر اساس این نظریه‌ها شواهد بیشتری مبنی براینکه جهان ما ممکن است یکی از چندین جهان موجود باشد، در دست خواهد بود. در آخر، در بخش سوم، به احتمال انجماد بزرگ و اینکه هم‌اکنون دانشمندان، سرنوشت این جهان را چگونه می‌بینند، پرداخته‌ام. به‌علاوه بحثی مهم، ولی در عین حال نظری، مطرح شده است در مورد اینکه چگونه تمدنی پیشرفته در آینده دور ممکن است با استفاده از قوانین فیزیک، تریلیون‌ها سال دیگر، از جهان ما خارج شده و برای شروع مجدد فرایند تولید مثل به جهانی مهمان نوازتر وارد شود یا اینکه با سفر در زمان به جهان گرم‌تر گذشته بازگردد.

امروزه با طغیان داده‌های جدید، با کمک ابزارهای جدیدی مثل ماهواره‌های فضایی که می‌توانند آسمان‌ها را بررسی کنند و با استفاده از آشکارسازهای جدید امواج گرانشی و به‌علاوه با کامل شدن اتم‌شکن‌های[3] جدید به بزرگی یک شهر، فیزیکدانان بر این باورند که ما در حال ورود به سال‌های طلایی کیهان‌شناسی هستیم. به‌طور خلاصه، این بهترین زمان برای فیزیکدان بودن است؛ یا اینکه مسافری باشیم در این تحقیق، تا پرده از راز منشاء خود و سرانجامِ جهان برداریم.

---

1. Wormhole
2. M-Theory
3. Atom smasher

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

بخش ۱

جهان

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

فصل ۱ تصویر دوران کودکی جهان

قصد شاعر تنها این است که سر به‌درون افلاک برد. این منطق دان است که در پی فروبردن افلاک در سر خود است؛ و سر اوست که از هم می‌پاشد.

–جی کی چسترسون

در دوران کودکی، من با عقاید شخصی خود درگیر بودم. پدر و مادر من با سنت بودایی بزرگ شده بودند. با این حال، من هر هفته در جلسات یکشنبه‌ها در مدرسه شرکت می‌کردم و از شنیدن داستان‌های کتاب مقدس در مورد نهنگ‌های عظیم‌الجثه، کشتی‌ها، ستون‌هایی از نمک، گرداب‌ها و میوه‌ها لذت می‌بردم. با شنیدن این داستان‌های قدیمی، که بخش مورد علاقه من از کلاس‌های یکشنبه‌ها بود، به هیجان می‌آمدم. به‌نظر می‌رسید که گوش دادن به روایات مربوط به توفان‌های بزرگ، درختان آتش گرفته و آب‌های شکافته شده، بسیار هیجان‌انگیزتر از نیایش‌های دست جمعی و مراقبه‌های بودایی‌ها بود. در حقیقت این داستان‌های باستانی، با محوریت شجاعت و تراژدی، آشکارا درس‌های اخلاقی و معنوی عمیق را به تصویر می‌کشیدند.

روزی در مدرسه مبحث پیدایش به ما آموزش داده می‌شد. تصور اینکه خدا از آسمان‌ها فریاد برآورد که «بگذار آنجا نور باشد!» خیلی مهیج‌تر از مراقبه در سکوت برای نیروانا بود. با کنجکاوی ساده‌لوحانه‌ای، از معلم پرسیدم: «آیا خدا مادر دارد؟» او که همواره با روی باز برای پاسخ دادن به

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

سوآلات آماده بود، این‌بار غافلگیر شد. پس از کمی مکث پاسخ داد: «نه، احتمالاً خدا مادر ندارد.»

من پرسیدم: «پس خدا از کجا آمده است؟» او مِن‌ومِن‌کنان گفت که برای پاسخ به این سوآل باید با کشیش مشورت کند.

من در آن زمان نفهمیدم که تصادفاً بر روی یکی از سوآلات مهم علم الهیات دست گذاشته‌ام. گیج شده بودم، زیرا در آئین بودا، اصلاً خدایی وجود ندارد و تنها جهانی مستقل از زمان وجود دارد، که نه آغازی دارد و نه پایانی. بعدها زمانی که به مطالعه اسطوره‌شناسی جهان پرداختم، آموختم که از دید مذهب، دو نوع کیهان‌شناسی وجود دارد. اولی برپایه یک لحظه مستقل پایه گذاری شده است، و آن لحظه‌ای است که خداوند جهان را آفرید. باور دوم بر این اعتقاد است که جهان همواره بوده و خواهد بود. عقیده من این بود که هیچ‌کدام از این دو نمی‌توانند درست باشند.

بعدها دریافتم که این دو رویکرد در فرهنگ‌های دیگر رایج نیستند. به‌عنوان مثال، در اسطوره‌شناسی چینی، در ابتدا یک تخم کیهانی وجود داشته است. خداوند، پَن کو، از ابتدا درون این تخم، دوران کودکی خود را بر روی دریایی از آشوب و بی‌نظمی شناور بوده است. پَن کو زمانی که بالاخره از تخم بیرون می‌آید، با سرعتی باور نکردنی، بیش از ۳ متر در هر روز، رشد می‌کند. نیمه بالایی پوسته تخم مرغ، به آسمان و نیمه پایینی به زمین بدل می‌شود. بعد از ۱۸۰۰۰ سال، پَن کو می‌میرد تا به دنیای ما زندگی بخشد: خون او در رودخانه‌ها جاری شده، چشمانش به ماه و خورشید تبدیل شده، و صدایش در غرش آسمان انعکاس می‌یابد.

از بسیاری جهات، داستان پَن کو، همان روایتی است که در خیلی از مذاهب دیگر و افسانه‌های باستانی یافت می‌شود؛ جهان به یکباره از هیچ، به عرصه وجود پا گذاشته است. در افسانه‌های یونانی، جهان در حالتی از بی‌نظمی آغاز می‌شود. این فضای خالی بدون شکل، همان‌طور که در افسانه‌های بابِلی و ژاپنی نیز آمده است، اغلب به شکل یک اقیانوس توصیف می‌شود. در افسانه‌های قدیمی مصری نیز زمینه همین است. در آنجا «را»

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

خدای خورشید، از یک تخم شناور بیرون می‌آید. در افسانه‌های پلینزی، تخم کیهانی جای خود را به یک پوسته نارگیل می‌دهد. مایاها به شکل دیگری از این داستان اعتقاد دارند که در آن جهان زاده می‌شود، ولی سرانجام پس از ۵۰۰۰ سال می‌میرد؛ تنها برای اینکه دوباره و دوباره احیا شود و چرخه بدون پایان تولد و مرگ تکرار گردد.

تمام این داستان‌ها با محوریت «وجود از عدم»، در تضاد مشخصی با کیهان‌شناسی بر اساس آئین بودا و اشکال مشخصی از هندوئیسم قرار دارند. در این افسانه‌ها، جهان بی‌ابتدا و بی‌انتها، مستقل از زمان است. گفته می‌شود وجود، مراتب مختلفی دارد که بالاترین آن‌ها نیروانا است. نیروانا، وجودی ابدی است و تنها می‌تواند از طریق خالصانه‌ترین مراقبه‌ها به‌دست آید. در ماهاپورانای هندو نوشته شده است «اگر خدا جهان را آفریده باشد، پس قبل از آفرینش کجا بوده است؟... بدانید که جهان خلق نشده است، همان‌طور که زمان نیز خلق نشده، بلکه بدون ابتدا و انتها است.»

واضح است که این داستان‌ها با هم در تضاد هستند: جهان، یا ابتدا داشته یا نداشته است. واضح است گزینه میانه‌ای وجود ندارد.

به‌نظر می‌رسد امروزه، با ورود نسل جدیدی از تجهیزات علمی قدرتمند به عرصه آسمان‌ها، یک راه حل کاملاً جدید از منظری متفاوت ــ منظر علم ــ در حال ظهور است. در افسانه‌های قدیمی، برای تفسیر منشاء اصلی جهان ما، همواره بر خرد و فرزانگی راویان داستان تکیه شده است. امروزه دانشمندان با کمک نیروی جدید ماهواره‌های فضایی، لیزرها، آشکارسازهای امواج گرانشی، تداخل سنج‌ها[1]، ابَررایانه‌های پر سرعت و اینترنت، سعی در ایجاد تغییری اساسی در فرایند درک ما از جهان دارند و در حال حاضر، می‌توان گفت بهترین توصیف را برای جهان، از زمان ایجاد آن تاکنون، فراهم آورده‌اند.

آنچه که به مرور زمان از داده‌ها به‌دست آمده آشکار می‌شود، ترکیب مهمی از این دو افسانه مخالف می‌باشد. شاید تصور دانشمندان بر این باشد

1. Interferometer

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

که پیدایش، فرایندی است که در اقیانوس مستقل از زمانی از نیروانا، مکرراً رخ می‌دهد. در این تصویر جدید، دنیای ما را می‌توان به حبابی شناور در اقیانوسی بزرگ تشبیه کرد، که حباب‌های جدید در تمام مدت، در آن در حال شکل‌گیری هستند. بر طبق این نظریه، جهان‌ها، مثل حباب‌هایی که در آب جوشان شکل می‌گیرند، دائماً و به‌طور پیوسته ایجاد می‌شوند. این حباب‌ها در پهنه به مراتب بزرگ‌تری، که همان نیروانای اَبَرفضای ۱۱ بعدی است، شناورند. هر روز فیزیکدانان بیشتری به این باور می‌رسند که جهان ما در واقع از یک تحول آتشین، با نام انفجار بزرگ، به بیرون جهیده است؛ ولی در عین حال جهان در اقیانوسی ابدی از جهان‌های دیگر، به حیات خود ادامه می‌دهد. اگر این فرضیه درست باشد، حتی زمانی که شما در حال خواندن این کتاب هستید، انفجارهای بزرگ دیگری در حال رخ دادن هستند.

آنچه که هم‌اکنون فیزیکدانان و ستاره‌شناسان سراسر جهان را به خود مشغول کرده، این است که جهان‌های موازی چه شکلی دارند، از چه قوانینی تبعیت می‌کنند، چگونه زاده شده‌اند، و سرانجام چگونه می‌میرند؟ شاید این جهان‌های موازی، بدون وجود عناصر ابتدایی حیات، پذیرای دنیای زنده نباشند. از طرف دیگر، شاید جهان‌های دیگری باشند که دقیقاً به شکل جهان ما بوده و به‌وسیله یک رخداد کوانتومی از جهان ما جدا شده باشند؛ رخدادی که باعث دور شدن این جهان‌ها از جهان ما شده باشد. تعداد معدودی از فیزیکدانان نیز بر این باورند که شاید روزی اگر با گذر زمان، با سردتر شدن زمین، زندگی در جهان فعلی ما غیرممکن شود، ممکن است مجبور شویم آن را ترک کرده و به جهان دیگری فرار کنیم.

آنچه که باعث ظهور این نظریه‌های جدید شده است، سیل عظیم داده‌های دریافتی از ماهواره‌های فضایی است که با عکس برداری از آثار بجامانده از فرایند آفرینش به‌دست می‌آیند. هم‌اکنون دانشمندان، تمرکز خود را بر روی آنچه که تنها ۳۸۰,۰۰۰ سال پس از انفجار بزرگ رخ داده است، متمرکز کرده‌اند؛ زمانی که برای اولین‌بار «پس‌تاب» آفرینش جهان را فرا گرفت. شاید بتوان گفت که مهیج‌ترین و بهترین تصویر از انعکاس رخداد

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

آفرینش، با کمک ابزار جدیدی به نام ماهواره WMAP، به‌دست آمده است.

ماهواره WMAP[1]

«باورنکردنی!»، «لحظه‌ای تاریخی!»، این‌ها برخی از کلماتی بودند که در فوریه سال ۲۰۰۳ از زبان متخصصین محتاط فیزیک نجومی، در توصیف داده‌های ارزشمند دریافتی از ماهواره WMAP، خارج شد. WMAP، که نام آن از نام یکی از پیشگامان علم کیهان‌شناسی، دیوید ویلکینسون، گرفته شده است، در سال ۲۰۰۱ به فضا پرتاب شد. این فضاپیما موفق شد، با دقتی بی‌سابقه، تصویری از جهان ابتدایی را، تنها زمانی که ۳۸۰,۰۰۰ سال عمر داشت، در اختیار دانشمندان قرار دهد. انرژی بسیار زیاد باقی مانده از گوی آتشین اولیه، که منشاء شکل‌گیری ستارگان و کهکشان‌ها محسوب می‌شود، میلیاردها سال پیرامون جهان ما چرخیده است. امروزه سرانجام با کمک ماهواره WMAP، تصاویر ضبط شده با جزئیات دقیق، نقشه‌ای تهیه شده است که قبلاً دیده نشده بود؛ تصویری از آسمان که با جزئیات حیرت‌آوری، تابش ریزموج ایجاد شده از انفجار بزرگ را نشان می‌دهد؛ چیزی که مجله تایم آن را «انعکاس خلقت» نامید. ستاره‌شناسان هرگز بار دیگر به آسمان اینگونه نخواهند نگریست.

جان باکال، از انستیتوی مطالعات پیشرفته در پرینستون، اظهار می‌دارد که یافته‌های ماهواره WMAP، بیانگر فرایند گذر کیهان‌شناسی از تفکر نظری به علوم دقیق است. سیل عظیم داده‌های به‌دست آمده از این دوره زمانی ابتدایی در تاریخ جهان، برای اولین‌بار کیهان‌شناسان را قادر ساخت تا به دقت به کهن‌ترین سوآلات بشر پاسخ دهند؛ سؤالاتی که، با اولین نگاه‌های انسان به آسمان شب، در ذهن او شکل گرفت. عمر جهان چقدر است؟ از چه ساخته شده است؟ پایان جهان چیست؟

(در سال ۱۹۹۲، یکی از ماهواره‌های پیشین، با نام کوبه[2] کاوشگر زمینه

1. Wilkinson Microwave Anistrapy Probe
2. COBE (Cosmic Background Explorer)

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

کیهان)، توانست اولین تصاویر محو و نامشخص مربوط به تابش پس‌زمینه‌ای که آسمان را پر کرده است تهیه کند. اگرچه این نتایج در زمان خود انقلابی برپا کرد، ولی از طرفی نا امید کننده نیز بود، زیرا تصاویری از جهان ابتدایی به ما می‌داد که وضوح کافی نداشتند. با این حال روزنامه‌ها، با هیجان فراوان، این عکس را «چهره خدا» نامیدند. ولی «عکسی از دوران کودکی جهان» توصیف دقیق‌تری از تصاویر ناواضح و محو به‌دست آمده از COBE است. اگر دنیای امروز را به انسانی ۸۰ ساله تشبیه کنیم، تصاویر به‌دست آمده از COBE و بعدها از WMAP، او را به‌عنوان نوزادی یک روزه نشان می‌دهند.)

علت اینکه ماهواره WMAP می‌تواند تصویری از دوران کودکی جهان به ما بدهد این است که آسمان شب همانند ماشین زمان عمل می‌کند. از آنجا که نور با سرعت محدودی حرکت می‌کند، ستارگانی که در آسمان شب می‌بینیم، آن‌طور دیده می‌شوند که روزی در گذشته بوده‌اند؛ نه آنچه که در حال حاضر هستند. کمی بیشتر از یک ثانیه طول می‌کشد تا نور فاصله بین ماه تا زمین را طی کند. بنابراین وقتی ما به ماه می‌نگریم، در حقیقت آن را به‌گونه‌ای می‌بینیم که یک ثانیه پیش بوده است. تقریباً ۸ دقیقه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد. به‌همین ترتیب، خیلی از ستارگان آشنا که ما در آسمان می‌بینیم، آنقدر از ما دورند که ده‌ها تا صدها سال طول می‌کشد تا نور آن‌ها به چشم ما برسد. (به بیان دیگر، آن‌ها ۱۰ تا ۱۰۰ سال نوری با زمین فاصله دارند. یک سال نوری برابر است با ۶۵/۹ تریلیون کیلومتر یا فاصله‌ای که نور در مدت یک سال طی می‌کند.) کهکشان‌های دور، صدها میلیون تا میلیاردها سال نوری از ما فاصله دارند. در نتیجه، آنچه می‌بینیم نورهایی مربوط به گذشته هستند که برخی از آن‌ها حتی قبل از ظهور دایناسورها منتشر شده‌اند. برخی از دورترین اجرامی که ما می‌توانیم با تلسکوپ‌های خود ببینیم اختروش نام دارند. موتورهای کهکشانی بی‌نهایت بزرگی که مقادیر غیر قابل تصوری نیرو، در مرزهای جهان قابل رؤیت، تولید می‌کنند و در فاصله ۱۲ تا ۱۳ میلیارد سال نوری از زمین قرار دارند. در حال حاضر با کمک ماهواره WMAP، امکان آشکارسازی تابش‌های منتشر شده قبل از این

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

زمان، مربوط به گوی آتشین اولیه، فراهم آمده است.

کیهان‌شناسان گاهی برای توصیف جهان از ساختمان امپایر استیت که با بیش از صدها طبقه برفراز منهتن قرار دارد، استفاده می‌کنند. وقتی شما از بالا به پایین می‌نگرید، بسختی می‌توانید سطح خیابان‌ها را ببینید. اگر زیرزمین ساختمان امپایر استیت را در موقعیت انفجار بزرگ تصور کنیم، آنگاه با نگریستن از بالا به پایین، کهکشان‌های دور در طبقه دهم واقع خواهند شد. اختروش‌های دوردست که با تلسکوپ‌های زمینی دیده می‌شوند، در طبقه هفتم خواهند بود. زمینه کیهانی ثبت شده به‌وسیله ماهواره WMAP، تنها یک سانتیمتر بالاتر از سطح خیابان خواهد بود. هم‌اکنون ماهواره WMAP، سن جهان را با دقت حیرت‌انگیز ۱ درصد، تا ۱۳/۷ میلیارد سال تخمین زده است.

ماموریت ماهواره WMAP، نقطه اوج بیش از یک دهه کار سخت اخترفیزیکدانان است. ایده اصلی ماهواره WMAP، اولین‌بار در سال ۱۹۹۵ به ناسا پیشنهاد و دو سال بعد تصویب شد. در سی ام ژوئن سال ۲۰۰۱، ناسا ماهواره WMAP را با کمک موشک دلتا ۲، در مداری خورشیدی، در فاصله بین زمین و خورشید قرار داد. مقصد ماهواره، دقیقاً نقطه لاگرانژی شماره ۲ زمین و خورشید بود (یا نقطه L2، محل خاصی با پایداری نسبی در نزدیکی زمین). در این مکان، ماهواره همواره از خورشید، زمین و ماه فاصله داشته و در نتیجه منظری باز از جهان خواهد داشت. این ماهواره هر شش ماه یکبار به‌طور کامل، از گنبد آسمان تصویربرداری می‌کند.

تجهیزات این ماهواره، هنرمندانه طراحی شده‌اند. WMAP می‌تواند با استفاده از سنسورهای قدرتمند، تابش‌های خفیف ریزموج باقی مانده از انفجار بزرگ را که کل جهان را پر کرده‌اند، آشکار کند. این ماهواره آلومینیم - کامپوزیتی، دارای ابعاد ۸/۳ در ۵ متر و وزن ۸۴۰ کیلوگرم می‌باشد. WMAP، دارای دو تلسکوپ پشت به پشت است که تابش ریزموج تابیده از آسمان را جمع‌آوری کرده و سرانجام داده‌ها را به زمین می‌فرستد. به‌علاوه، WMAP تنها با توان الکتریکی ۴۱۹ وات (توان ۵ لامپ معمولی) تغذیه می‌شود. ماهواره WMAP، در فاصله میلیون‌ها کیلومتری از زمین، به اندازه کافی دور از

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

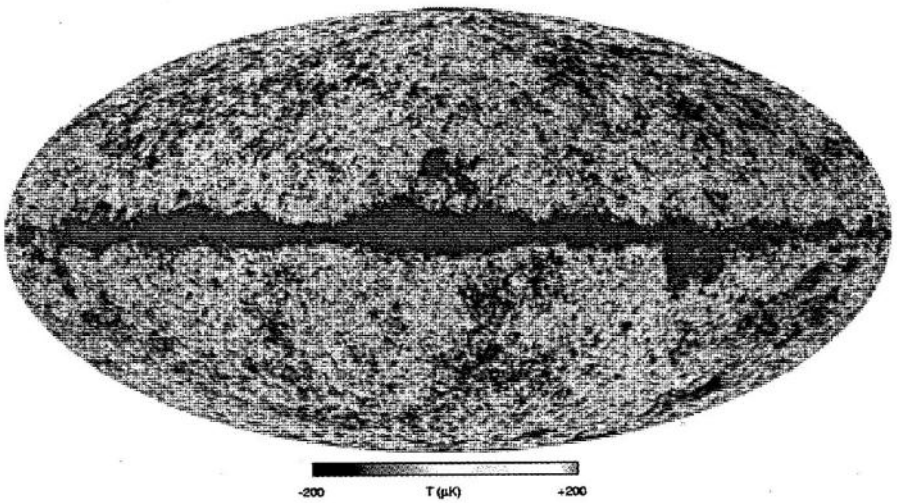
اغتشاشات جوی، که می‌توانند تابش‌های خفیف ریزموج زمینه را به‌راحتی بپوشانند، قرار گرفته و بنابراین امکان مطالعه پیوسته کل آسمان را فراهم می‌آورد. اولین مشاهده WMAP از کل آسمان در آوریل سال ۲۰۰۲ انجام گرفت. شش ماه بعد، دومین مشاهده کامل آسمان صورت پذیرفت. امروزه، ماهواره WMAP، توانسته است جامع‌ترین و جزئی‌ترین نقشه از این تابش را تهیه کند. تابش ریزموج تهیه شده به‌وسیله WMAP، اولین‌بار به‌وسیله جورج گاموف و همکارانش در سال ۱۹۴۸ پیش‌بینی شده بود؛ کسی که همچنین بیان کرد که این تابش، دمای مشخصی دارد. WMAP این دما را کمی بالای صفر مطلق، بین ۲/۷۲۴۹ و ۲/۷۲۵۱ درجه کلوین اندازه‌گیری کرده است.

برای چشم غیرمسلح، نقشه WMAP از آسمان چندان جالب به‌نظر نمی‌رسد؛ این تصویر مجموعه‌ای است از نقاط تصادفی. هرچند که این مجموعه نقاط، برخی ستاره‌شناسان را حتی به گریه نیز انداخته است؛ زیرا که این نقاط بیانگر افت و خیزها و نوسانات یا بی‌نظمی‌های تحول آتشین انفجار بزرگ، در مدت زمان اندکی پس از پدید آمدن جهان هستند. این نوسانات کوچک، همانند دانه‌هایی هستند که از آن زمان به‌طور گسترده‌ای در سراسر کیهان پخش شده‌اند. امروزه، این دانه‌های کوچک به خوشه‌های کیهانی و کهکشان‌هایی که ما در آسمان می‌بینیم تبدیل شده‌اند. به بیان دیگر، خود کهکشان راه شیری ما و تمام خوشه‌های کیهانی که دور و بر خود می‌بینیم، روزی یکی از این نوسانات کوچک بوده‌اند. با مطالعه و اندازه‌گیری توزیع این نوسانات و افت و خیزها، که به مانند نقطه‌هایی رنگی بر پرده آسمان شب نقاشی شده‌اند، می‌توانیم منشاء خوشه‌های کیهانی را بیابیم.

امروزه حجم داده‌های نجومی، از نظریه‌های دانشمندان فراتر رفته است. در حقیقت اعتقاد من بر این است که ما در حال ورود به عصر طلایی کیهان‌شناسی هستیم.

(علی‌رغم تاثیرات انکارناپذیر ماهواره WMAP، انتظار می‌رود با پرتاب ماهواره اروپایی پلانک در سال ۲۰۰۷، از اهمیت دست‌آوردهای WMAP کاسته شود. تصاویر ماهواره پلانک جزئیات بیشتری از این تابش پس‌زمینه

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly



این تصویری از دوران خردسالی جهان است که ماهواره WMAP گرفته است، زمانی که جهان تنها ۳۸۰,۰۰۰ سال سن داشته است. به احتمال زیاد هر نقطه، یک نوسان کوچک کوانتومی در پس‌تاب آفرینش بوده که پس از انبساط، کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی را که امروزه ما در آسمان می‌بینیم، ایجاد کرده است.

ریزموج را در دسترس ستاره‌شناسان قرار خواهد داد.) سرانجام، کیهان‌شناسی از رخوت سال‌ها پژمردگی در باتلاقی از تفکر و تعمق و حدس و گمان ماجراجویانه سر برآورده و از حاشیه علم بیرون می‌آید. از نظر تاریخی، کیهان‌شناسان همواره از اعتبار کمی برخوردار بوده‌اند. نظریه‌های پر آب و تابی که کیهان‌شناسان برای جهان پیشنهاد کردند، همه و همه تنها به‌دلیل فقر اطلاعاتی به چالش کشیده می‌شد. همان‌طور که برنده جایزه نوبل، لِو لانداو، به کنایه می‌گوید: «کیهان‌شناسان اغلب در اشتباه‌اند، ولی نه در شک.» دانشمندان مَثَلی قدیمی دارند که می‌گوید: «ابتدا تفکر و خیال‌پردازی. سپس تفکر و خیال‌پردازی بیشتر، و آنگاه کیهان‌شناسی پدید می‌آید.»

در اواخر دهه ۱۹۶۰، به‌عنوان متخصص علم فیزیک در هاروارد، به تحصیل علم کیهان‌شناسی علاقه‌مند شدم. من از دوران کودکی، همواره شیفته پرداختن به اصل و ابتدای جهان بوده‌ام. اما با نگاه اجمالی به مسئله

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

دریافتم که تاکنون دانسته‌های موجود به‌طور شرم‌آوری ابتدایی بوده‌اند. این علم نه تنها اصلاً یک علم تجربی نبود؛ جایی‌که فرد می‌تواند با تجهیزات پیشرفته صحت فرضیه را مورد آزمایش قرار دهد، بلکه بیشتر مجموعه‌ای از نظریه‌های شدیداً نظری، بی‌قید و بند و دلبخواه بوده است. کیهان‌شناسان به مباحث داغی پرداخته‌اند؛ اینکه آیا جهان در یک انفجار کیهانی متولد شده یا اینکه همواره در یک وضعیت پایدار وجود داشته است. ولی با چنان داده‌های کمی، نظریه‌ها به سرعت از داده‌ها فراتر رفتند. در حقیقت هرچه داده‌ها کم‌تر باشد، بحث و منازعه جدال برانگیزتر خواهد شد.

در طول تاریخ کیهان‌شناسی، مسئله کمبود داده‌های معتبر، منجر به نزاع بین ستاره‌شناسان شده، که اغلب برای چندین دهه بطول انجامیده است. (به‌عنوان مثال تنها لحظاتی قبل از سخنرانی آلَن ساندِیج، ستاره‌شناس رصدخانه مونت ویلسون، در مورد عمر جهان، سخنران قبلی با طعنه و شوخی اعلام کرد: «تمام آنچه را که در ادامه خواهید شنید، اشتباه است.» و ساندِیج، با شنیدن اینکه چگونه گروه رقیب اینگونه برای خود اعتبار کسب کردند، خروشید: «این‌ها همه مزخرف است. این یک جنگ است ــ این یک جنگ است!»)

عمر جهان

ستاره‌شناسان، مخصوصاً در مورد عمر جهان، همواره کنجکاو بوده‌اند. در طول قرن‌ها پژوهشگران، روحانیون، و خداشناسان تلاش کرده‌اند تا با استفاده از تنها روش موجود، یعنی شجره‌نامه انسان از زمان آدم و حوا، عمر جهان را تخمین بزنند. در قرن گذشته، زمین‌شناسان از تابش‌های ذخیره شده در سنگ‌ها، برای محاسبه عمر جهان استفاده کردند. در مقایسه، در قرن حاضر، ماهواره WMAP توانسته است با اندازه‌گیری تابش‌های منتشره از انفجار بزرگ، معتبرترین تخمین را برای عمر جهان در اختیار انسان‌ها قرار دهد. داده‌های WMAP آشکار می‌کنند که جهان در انفجاری آتشین، در ۱۳/۷ میلیارد سال پیش، متولد شده است.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

(در طول تاریخ، یکی از شرم‌آورترین مسائلی که گریبان گیر کیهان‌شناسی بوده به‌دلیل داده‌های ناقص و معیوبی است که عمر جهان را اغلب از سیارات و ستارگان جوان‌تر محاسبه می‌کرده است. آخرین تخمین برای عمر جهان به کوچکی ۱ تا ۲ میلیارد سال بوده که با عمر زمین (۵/۴ میلیارد سال) و پیرترین ستارگان (۱۲ میلیارد سال) در تناقض آشکار قرار داشته است. البته، این تناقضات هم‌اکنون از بین رفته‌اند.)

ماهواره WMAP گره جدیدی را به این مسئله که جهان از چه ساخته شده، افزوده است. سوآلی که یونانی‌ها بیش از ۲۰۰۰ سال پیش از خود پرسیدند. در قرن پیش، دانشمندان عقیده داشتند که پاسخ این سوآل را می‌دانند. پس از هزاران سال پژوهش‌های پر زحمت، دانشمندان به این نتیجه رسیدند که جهان تقریباً از صدها نوع مختلف اتم تشکیل شده است. این اتم‌ها در جدول متناوب و منظمی، که با هیدروژن آغاز می‌شود، تنظیم شده‌اند. پایه علم شیمی جدید همین جدول است و در حقیقت در تمام کلاس‌های درس علوم در دبیرستان تدریس می‌شود. ولی هم‌اکنون WMAP این تصور را به‌هم ریخته است.

در تائید تجربیات قبلی، ماهواره WMAP نشان داد که ماده قابل مشاهده که ما در اطراف خود می‌بینیم (شامل کوه‌ها، سیارات، ستارگان، و کهکشان‌ها) یک بخش ناچیز ۴ درصدی از کل محتویات ماده و انرژی جهان را تشکیل می‌دهند. (بخش اعظم آن ۴ درصد، به شکل هلیم و هیدروژن و احتمالاً تنها ۰/۰۳ درصد آن به شکل عناصر سنگین هستند.) در واقع بخش عمده جهان از ماده‌ای مبهم و غیر قابل مشاهده با منشاء کاملاً ناشناخته تشکیل شده است. عناصر آشنایی که دنیای ما را تشکیل می‌دهند، تنها ۰/۰۳ درصد جهان را پر کرده‌اند. از برخی جهات، از زمانی که فیزیکدانان به این مسئله پرداختند، که جهان به‌وسیله شکل‌های کاملاً ناشناخته و جدیدی از ماده و انرژی احاطه شده است، علم، قرن‌ها به گذشته، به زمان قبل از ظهور فرضیه اتمی باز گشته است.

بر اساس یافته‌های WMAP، ۲۳ درصد جهان از ماده‌ای عجیب و

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

ناشناخته به نام ماده تاریک[1] ساخته شده که با وجود داشتن وزن و اینکه دورتادور کهکشان‌ها حلقه زده است، کاملاً نامرئی است. ماده تاریک آنقدر زیاد است که تنها در کهکشان راه شیری، وزن آن روی هم رفته بیش از ده برابر وزن مجموع ستارگان مرئی است. با وجود غیرقابل رؤیت بودن، دانشمندان می‌توانند این ماده تاریک عجیب را به‌طور غیرمستقیم مشاهده کنند؛ زیرا این ماده درست مانند ذره بین، نور ستارگان را منحرف می‌کند و بنابراین می‌توان مکان آن را از طریق مقدار اعوجاجی که در نور ستارگان زمینه ایجاد می‌کند تعیین کرد.

با استناد به نتایج عجیب به‌دست آمده از داده‌های ماهواره WMAP، ستاره‌شناس پرینستون، جان باکال، گفته است: «امروزه ویژگی‌های معینی را از جهان دیوانه غیر محتملی که در آن زندگی می‌کنیم، می‌دانیم.»

ولی شاید بزرگ‌ترین اعجاب در داده‌های WMAP، داده‌هایی که محافل علمی را متحیر کرد، این بود که ۷۳ درصد جهان، یعنی بخش عمده آن، از نوعی انرژی کاملاً ناشناخته و نامرئی به نام انرژی تاریک[2] ساخته شده که در ساختار فضای خالی پنهان است. انرژی تاریک، انرژی هیچ، یا انرژی فضای خالی، که به‌وسیله اینشتین در سال ۱۹۱۷ معرفی و سپس به‌وسیله خود او رد شد (او آن را بزرگ‌ترین اشتباه خود نامید)، هم‌اکنون به‌عنوان نیروی محرک کل جهان مجدداً مطرح می‌شود. در حال حاضر، این عقیده وجود دارد که انرژی تاریک، میدان ضدگرانشی ایجاد می‌کند که باعث از هم راندن کهکشان‌ها می‌شود. سرنوشت نهایی جهان نیز به‌وسیله این انرژی تاریک تعیین می‌شود.

هیچ کس در حال حاضر نمی‌داند که این انرژی از کجا می‌آید. کریگ هوگان، ستاره‌شناس دانشگاه واشنگتن در سیاتل می‌گوید: «صادقانه بگویم: ما این را نمی‌فهمیم. با اینکه می‌دانیم اثرات آن چه هستند [ولی] سر نخی از این موضوع نداریم.... هیچ‌کس سر نخی ندارد.»

با توجه به‌نظریه اخیر ذرات زیراتمی، در محاسبه مقدار این انرژی

1. Dark matter
2. Dark energy

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تاریک، به عددی فراتر از $۱۰^{۱۲۰}$ (عدد یک با ۱۲۰ صفر در مقابل آن) می‌رسیم. چنین فاصله‌ای بین نتایج نظری و داده‌های تجربی در تاریخ علم بی‌سابقه است. این یکی از بزرگ‌ترین شرمساری‌های تاریخ علم است؛ اینکه بهترین نظریه ما نمی‌تواند مقدار بزرگ‌ترین منبع انرژی در کل جهان هستی را محاسبه کند. مطمئناً، قفسه‌ای مملو از جوایز نوبل در انتظار افراد متهوری است که پرده از راز ماده و انرژی تاریک بگشایند.

تورم

ستاره‌شناسان سخت در تلاشند تا سیل عظیم داده‌های دریافتی از ماهواره WMAPرا مورد مطالعه و بررسی قرار دهند. هم‌زمان که تصویر قدیمی جهان به کناری نهاده می‌شود، تصویری جدید از کیهان‌شناسی شکل می‌گیرد. چارلز اِل بِنِت، هدایتگر تیمی بین‌المللی که به ساخته شدن و تحلیل ماهواره WMAPکمک کرد، می‌گوید: «ما پایه و اساس یک نظریه منسجم و یکپارچه از کیهان را بنا نهاده‌ایم.» معتبرترین و برجسته‌ترین نظریه تاکنون، نظریه «جهان تورمی» است، که صورت تصحیح شده‌ای از نظریه انفجار بزرگ بشمار می‌رود. این نظریه اولین‌بار از سوی فیزیکدانی با نام آلن گوث، از دانشگاه MIT، مطرح شد. در سناریوی جهان تورمی، در اولین یک تریلیون تریلیونیم ثانیه، نیروی ضدگرانش مرموزی، باعث گسترش و انبساط جهان شده است؛ بسیار سریع‌تر از آنچه در ابتدا تصور می‌شد. مدت زمان این تورم به‌طور غیرقابل تصوری آنی و انفجاری بوده است؛ به‌طوری‌که در این مدت جهان بسیار سریع‌تر از سرعت نور انبساط یافته است. (این موضوع ناقض گفته اینشتین نیست که هیچ چیز نمی‌تواند سریع‌تر از نور حرکت کند، زیرا این فضای خالی است که انبساط می‌یابد. تنها برای اجسام مادی است که سد سرعت نور نمی‌تواند شکسته شود.) جهان در کسری از ثانیه با ضریب غیر قابل تصوری برابر $۱۰^{۵۰}$، انبساط یافته است.

برای به تصویر کشیدن قدرت دوره زمانی تورمی، بادکنکی را تصور کنید که کهکشان‌ها بر روی سطح آن نقاشی شده‌اند و به سرعت در حال انبساط

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

است. فرض کنید کل جهان ما، مملو از ستارگان و کهکشان‌ها، تماماً بر روی سطح این بادکنک قرار گرفته‌اند. آنچه از این جهان برای ما قابل مشاهده است، به اندازه یک دایره میکروسکوپی روی بادکنک است. نسبت جهان واقعی به جهان قابل مشاهده توسط ما، برابر است با نسبت سطح کل بادکنک به سطح یک دایره میکروسکوپی. این دایره کوچک بیانگر جهان مرئی است، یعنی تمام آنچه که ما با تلسکوپ‌های خود می‌بینیم. (به عبارت دقیق تر، اگر تمام جهان مرئی به کوچکی یک ذره زیراتمی باشد، آنگاه جهان واقعی بسیار بزرگ‌تر از جهان مرئی فعلی که اطراف خود می‌بینیم می‌بود.) به بیان دیگر، انبساط تورمی آنقدر شدید بوده است، که فراتر از جهان مرئی ما، مناطق دست نخورده‌ای وجود دارند که برای همیشه فراتر از دسترس ما باقی خواهند ماند.

این تورم در حقیقت آنقدر عظیم بوده است، که سطح بادکنکی اطراف ما تخت و صاف به‌نظر می‌آید. این حقیقتی است که از نظر تجربی به‌وسیله ماهواره WMAP، مشخص شده است. همان‌طور که زمین برای ما، به‌دلیل کوچک بودن ابعادمان در مقایسه با ابعاد زمین، تخت به‌نظر می‌رسد، به‌همین ترتیب جهان نیز تخت به‌نظر می‌رسد، تنها با این توضیح که در مقیاس بسیار بزرگ‌تری به شکل منحنی است.

با تصور اینکه جهان اولیه دچار فرایند تورم شده است، به‌راحتی می‌توان به بسیاری از معماهای جهان پاسخ گفت؛ مثل اینکه چرا این جهان تخت و یکپارچه به‌نظر می‌رسد. در تعبیر نظریه تورم، فیزیکدانی با نام جوئل پریماک، گفته است: «تاکنون پیش نیامده که نظریه‌ای به این زیبایی، غلط از آب در آید.»

جهان‌های چندگانه

نظریه جهان تورمی، اگرچه با داده‌های دریافتی از ماهواره WMAP سازگار است، هنوز به این سوآل پاسخ نمی‌دهد که: چه چیزی باعث تورم شده

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

است؟ چه چیزی این نیروی ضد گرانش[1] را که باعث تورم جهان شده، آزاد کرده است؟ بیش از پنجاه نظر مختلف در توضیح اینکه چه چیزی باعث ایجاد تورم و در نهایت خاتمه آن شده و در نتیجه آن دنیای اطراف ما ساخته شده است، وجود دارد. در این مورد اجماع جهانی وجود ندارد. اغلب فیزیکدانان در مورد ایده یک دوره زمانی تورم سریع با یکدیگر هم عقیده هستند، ولی طرحی قطعی برای پاسخ به این سوآل که موتور محرک موجود در پس فرایند تورم چیست، داده نشده است.

از این رو، هیچ کس به‌درستی نمی‌داند پدیده تورم چگونه آغاز شده است. همیشه این احتمال وجود دارد که همین مکانیزم دوباره به وقوع بپیوندد؛ به این معنی که انفجارات تورمی می‌توانند به دفعات اتفاق بیفتند. این ایده‌ای است که فیزیکدان روسی با نام آندرِی لیند، از دانشگاه استانفورد آن را پیشنهاد کرد؛ هر مکانیزمی که روزی باعث شده بخشی از جهان به‌طور ناگهانی متورم شود، هنوز هم وجود دارد و شاید به‌طور تصادفی باعث شود دیگر مناطق دوردست جهان به همان شیوه متورم شوند.

برطبق این نظریه، تکه کوچکی از یک جهان ممکن است ناگهان متورم شده و شروع به رشد کند. به‌این‌ترتیب، فرزندی زاده می‌شود که ممکن است بنوبه خود جهان نوپای دیگری را به دنیا آورد و این پروسه زایش و شروع مجدد تا ابد ادامه یابد. حرکت حباب‌های صابون را در هوا تصور کنید. اگر به سمت حباب‌های صابون محکم فوت کنید، خواهید دید که برخی از حباب‌های صابون نصف شده و حباب‌های جدیدی ایجاد می‌کنند. به‌همین ترتیب جهان‌ها ممکن است به‌طور پیوسته جهان‌های جدیدی را از خود ایجاد کنند. در این فرضیه، انفجار بزرگ دائماً در حال رخ دادن است. اگر این سناریو حقیقت داشته باشد، ممکن است ما در دریایی از این جهان‌ها زندگی کنیم؛ درست مثل حبابی که در اقیانوسی از دیگر حباب‌ها شناور است. در حقیقت کلمه مناسب‌تر نسبت به کلمه «جهان»، کلمه «جهان‌های چندگانه» است.

لیند این نظریه را تورم خودبه‌خودی، یا «تورم پرآشوب» می‌نامد؛ چرا که

---

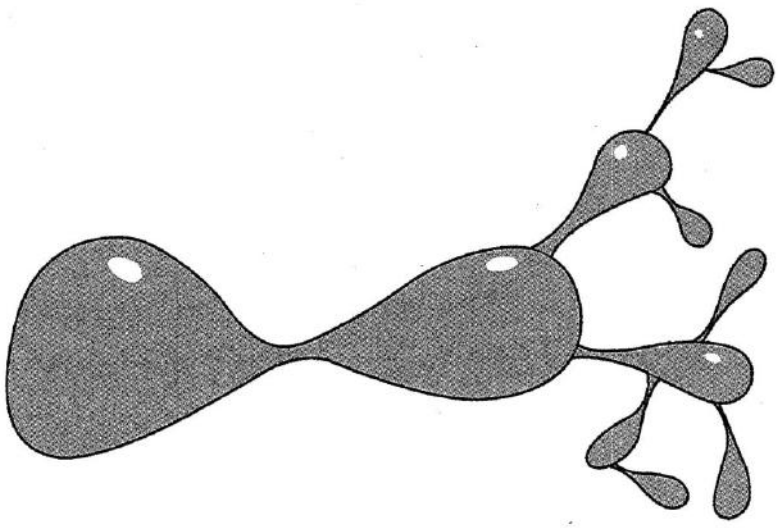
1. Antigravity

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

آنچه او در سر می‌پروراند، فرایند بی‌پایانی از تورم پیوسته جهان‌های موازی است. آلن گوث، کسی که اولین‌بار نظریه تورم را پیشنهاد کرد، معتقد است: «پذیرش نظریه تورم به نوعی ایده جهان‌های چندگانه را برما تحمیل می‌کند.»

پذیرش این نظریه همچنین به این معنی خواهد بود که جهان ما ممکن است در برهه‌ای از زمان، دنیای نوزادی را از درون خود تولید کرده باشد. یا شاید همین جهان ما، حیات خود را با زایش از درون جهانی قدیمی‌تر آغاز کرده باشد.

ستاره‌شناس سلطنتی بریتانیا، سر مارتین ریس، گفته است: «چیزی که آن را جهان می‌نامیم، می‌تواند خود عضوی از یک مجموعه بزرگ‌تر باشد. ممکن است جهان‌های بی‌شمار دیگری وجود داشته باشند، که قوانین متفاوتی بر آن‌ها حاکم باشند. جهانی که ما در آن پدید آمده‌ایم، به زیرمجموعه غیرمعمولی تعلق دارد که در آن هوش، به نوعی امکان رشد و توسعه یافته است.»



شواهد نظری موجود، مهر تائیدی است بر وجود جهان‌های چندگانه، که در آن تمام جهان‌ها به‌طور پیوسته دیگر جهان‌ها را تولید می‌کنند. در صورت حقیقت داشتن این مسئله، دو افسانه بزرگ مذهبی، پیدایش و نیروانا، با هم متحد می‌شوند. به‌این‌ترتیب که پیدایش دائماً، در بستر نیروانای بدون ابتدا و انتها رخ می‌دهد.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تمام فعالیت‌های پژوهشی انجام گرفته در زمینه موضوع جهان‌های چندگانه، به خیال‌پردازی در مورد شکل‌های مختلف جهان‌های دیگر کمک کرده‌اند؛ اینکه آیا در آن‌ها حیات وجود دارد؟ آیا در نهایت امکان برقراری تماس با آن‌ها وجود دارد؟ دانشمندان در دانشگاه‌های کلتِک، MIT، پرینستون، و دیگر مراکز آموزشی، در حال انجام محاسبات لازم هستند تا بفهمند آیا ورود به یک جهان موازی با قوانین فیزیک امکان‌پذیر است یا نه.

نظریه M و بُعد یازدهم

ایده حتمی و محتمل جهان‌های موازی، زمانی به‌دلیل اینکه جولانگاهی بود برای عرفا، فرصت‌طلبان و دیگر افراد سودجو، با تردید به‌وسیله دانشمندان مطرح می‌شد. از آنجا که حتی امروزه نیز هیچ مدرک تجربی دال بر وجود جهان‌های موازی وجود ندارد، در آن زمان هر دانشمندی که جسارت پرداختن به این مسئله را پیدا می‌کرد، مورد تمسخر واقع می‌شد و حتی ممکن بود موقعیت شغلی‌اش به مخاطره بیفتد.

ولی اخیراً ورق برگشته است، چون افراد نخبه به این مسئله توجه کرده‌اند. دلیل این تغییر ناگهانی، ظهور نظریه‌ای جدید به نام نظریه ریسمان و آخرین نسخه آن، یعنی نظریه M است که امید می‌رود نه تنها پرده از راز طبیعت جهان‌های چندگانه بگشاید، بلکه به ما امکان دهد تا به تعبیر اینشتین: «ذهن خدا را بخوانیم.» در صورت اثبات، این نظریه بیانگر نقطه اوج یافته‌های ناشی از دو هزار سال پژوهش در فیزیک خواهد بود؛ از زمانی که یونانی‌ها برای اولین‌بار جستجو برای یافتن یک نظریه مستقل، جامع و منسجم برای جهان را آغاز کردند.

تعداد مقالات منتشر شده در زمینه نظریه ریسمان و نظریه M، از ده‌ها هزار عدد فراتر رفته و روز به روز در حال افزایش است. تاکنون صدها کنفرانس بین‌المللی تحت این نام برگزار شده‌اند. هر یک از دانشگاه‌های بزرگ و مهم جهان، یا دارای گروهی هستند که بر روی نظریه ریسمانی کار می‌کنند، یا به نوعی سعی در فراگیری آن دارند. اگرچه این نظریه با فن‌آوری امروزی ما قابل

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

آزمایش نیست، ولی اشتیاق فراوانی را در بین فیزیکدانان نظری، ریاضیدانان و حتی فیزیکدانان تجربی برانگیخته است؛ کسانی که آرزو دارند در آینده با استفاده از آشکارسازهای قدرتمند امواج گرانشی در فضای خارج از جو، و اتم‌شکن‌های عظیم، این نظریه را به بوته آزمایش بکشانند.

در نهایت، این نظریه ممکن است بتواند به این سوآل پاسخ دهد: قبل از انفجار بزرگ چه اتفاقی افتاده است؟ سوآلی که از زمان طرح نظریه انفجار بزرگ، کیهان‌شناسان را درگیرکرده است.

پاسخ به این سوآل مستلزم آنست که با تمام قوا، دانسته‌ها و کلیه یافته‌های فیزیکی خود را که در طول قرن‌ها جمع‌آوری شده‌اند، به خدمت بگیریم. به بیان دیگر، ما به یک «نظریه همه چیز» نیاز داریم؛ یک نظریه یکپارچه برای تمام نیروهای فیزیکی که جهان را به حرکت وا می‌دارند. اینشتین در سی سال آخر عمر، تلاش خود را بر روی یافتن این نظریه متمرکز کرد، ولی در نهایت موفق نشد.

درحال حاضر، نظریه برجسته و در حقیقت تنها نظریه موجود که می‌تواند گوناگونی همه نیروهای جهان را توضیح دهد، همان نظریه ریسمان، یا آخرین نسخه آن، نظریه M است. نام M از کلمه Membrane به معنی غشاء یا پوسته گرفته شده است، ولی همچنین می‌تواند به کلمات «Mystery» (رمز و راز)، «Magic» (سحر و جادو) یا حتی «Mother» (مادر) مربوط باشد. اگرچه نظریه ریسمان و نظریه M در واقع با هم یکی هستند، ولی نظریه M چارچوب پیچیده‌تر و رمزآمیزتری دارد که نظریه‌های مختلف ریسمان را در خود جای می‌دهد.

حتی از زمان یونانیان باستان، فیلسوفان بر این باور بودند که مواد در سطوح نهایی خود از اجزای کوچکی به نام اتم ساخته شده‌اند. امروزه به مدد اتم‌شکن‌های قدرتمند و شتاب‌دهنده‌های ذره، می‌توان اتم را به اجزاء آن الکترون‌ها و ذرات هسته‌ای، شکست؛ که به نوبه خود می‌توانند به اجزاء زیراتمی حتی کوچک‌تر نیز شکسته شوند. ولی به‌جای یافتن یک چارچوب ساده و شکیل، مشاهده پدیدار شدن صدها ذره زیراتمی در شتاب‌دهنده‌ها باعث نگرانی شد: نوترینوها، کوارک‌ها، مزون‌ها، لپتون‌ها، هادرون‌ها،

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

گلوئون‌ها، بوزون‌های W و غیره. باور این مسئله سخت است که طبیعت در ابتدایی‌ترین سطح خود جنگل انبوهی از اجزاء زیراتمی عجیب و غریب به‌وجود آورد.

نظریه ریسمان و نظریه M، هردو براساس این ایده زیبا و ساده بنا شده‌اند که تنوع گیج کننده اجزاء زیر اتمی که جهان را تشکیل می‌دهند، شبیه حالتی است که کسی با نواختن بر روی سیم‌های ویولون یا پوسته طبل، اصوات متفاوتی تولید کند. (البته باید توجه داشت که این‌ها ریسمان‌ها و پوسته‌های معمولی نیستند و در اَبَرفضای ده یا یازده بعدی واقع شده‌اند.)

فیزیکدانان عموماً الکترون‌ها را، که کوچک و غیرقابل تجزیه هستند، به‌عنوان جزء اصلی ماده معرفی کرده‌اند. بدین ترتیب، فیزیکدانان مجبور شده‌اند برای هرکدام از صدها جزء زیر اتمی، اجزاء اصلی دیگری را معرفی کنند، که این‌کار بسیار گیج کننده و پیچیده است. ولی براساس نظریه ریسمان، اگر یک اَبَرمیکروسکوپ می‌داشتیم که می‌توانستیم به کمک آن درون یک الکترون را مشاهده کنیم، می‌دیدیم که الکترون یک شیء نقطه‌ای نیست، بلکه یک ریسمان مرتعش کوچک است و تنها به‌دلیل عدم توانایی تجهیزات ما به صورت نقطه‌ای دیده می‌شود.

این ریسمان کوچک، می‌تواند با بسامد یا فرکانس‌های مختلفی ارتعاش کند. اگر میزان کشش این رشته مرتعش را تغییر دهیم، فوراً بسامد ارتعاش آن تغییر می‌کند و به ذره زیراتمی دیگری، مثلاً کوارک، تبدیل می‌شود. با تغییر مجدد میزان کشش، این ریسمان به یک نوترینو تبدیل می‌شود. با این روش ما می‌توانیم این مجموعه ذرات زیراتمی را اینگونه تعریف کنیم: که آن‌ها چیزی نیستند جز نت‌های موسیقی مختلف که توسط یک ریسمان مرتعش ایجاد می‌شوند. ما هم‌اکنون می‌توانیم صدها ذره زیراتمی را که در آزمایشگاه مشاهده شده‌اند با یک جزء منفرد، به نام ریسمان جایگزین کنیم.

در این ادبیات جدید، قوانین فیزیکی که پس از هزاران سال تجربه شکل گرفته‌اند، چیزی نیستند جز قوانین هارمونی که می‌توان برای ریسمان‌ها و پوسته‌ها نوشت. قوانین شیمی، ملودی‌هایی هستند که می‌توان با این

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

معادل موسیقیایی	همتای آن در نظریه ریسمان‌ها
نت نویسی	ریاضیات
سیم‌های ویولون	آبَرریسمان‌ها
نت‌ها	ذرات زیراتمی
قوانین هارمونی	فیزیک
ملودی‌ها	شیمی
جهان	سمفونی ریسمان‌ها (سازهای زهی)
افکار خدا (آنچه در ذهن خدا می‌گذرد)	موسیقی طنین‌انداز در آبَرفضا
آهنگ ساز	؟

ریسمان‌ها نواخت. بنابراین، جهان سمفونی این ریسمان‌ها است. و ذهن خدا، همان چیزی که اینشتین به روشنی درمورد آن نوشته بود، نوعی موسیقی کیهانی است که در سراسر فَرافضا[1] طنین می‌اندازد. (سوآل دیگری که در این مرحله به ذهن می‌رسد این است که: اگر جهان سمفونی ریسمان‌هاست، آیا آهنگ سازی هم دارد؟ در فصل ۱۲ به این سوآل خواهیم پرداخت.)

پایان جهان

ماهواره WMAP نه تنها دقیق‌ترین نگاه اجمالی را در مورد سال‌های ابتدایی جهان، برای ما فراهم می‌آورد، بلکه تصویر دقیقی از چگونگی مرگ جهان را نیز ارائه می‌کند. همانگونه که نیروی مرموز ضدگرانش، در ابتدای زمان کهکشان‌ها را از هم دور ساخت، همین نیرو جهان را به سمت سرنوشت نهایی خود سوق می‌دهد. درگذشته ستاره‌شناسان تصور می‌کردند که انبساط جهان به‌تدریج رو به کاهش می‌گذارد. ولی هم‌اکنون ما می‌دانیم که در حقیقت انبساط جهان در حال شتاب گرفتن است و کهکشان‌ها با سرعت فزاینده‌ای در حال دور شدن از ما هستند. همان انرژی تاریکی که ۷۳ درصد مجموع مواد و انرژی موجود در جهان را تشکیل می‌دهد، با راندن کهکشان‌ها از هم، انبساط جهان را سرعت می‌بخشد. آدام ریس، از انستیتوی تلسکوپ جهانی می‌گوید:

1. Hyper space

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

«جهان مانند راننده‌ای رفتار می‌کند که با نزدیک شدن به چراغ قرمز سرعت را کم کرده و سپس با سبز شدن چراغ، پدال گاز را می‌فشارد.»

در طول ۱۵۰ میلیارد سال آینده، درصورتی که عاملی باعث معکوس شدن روند انبساط نگردد، کهکشان راه شیری تقریباً به کهکشانی تنها تبدیل می‌شود؛ در شرایطی که ۹۹/۹۹۹۹ درصد از تمام کهکشان‌های اطراف از مرز قابل رؤیت ما فراتر رفته‌اند. کهکشان‌های آشنای آسمان شب، آنچنان با سرعت از ما دور می‌شوند که نور آن‌ها هرگز به ما نخواهد رسید. خود کهکشان‌ها از بین نمی‌روند، ولی آنقدر از ما دور خواهند شد که رصد آن‌ها از طریق تلسکوپ دیگر امکان‌پذیر نخواهد بود. با اینکه جهان قابل رویت ما تقریباً شامل ۱۰۰ میلیارد کهکشان است، در ۱۵۰ میلیارد سال آینده، تنها چندین هزار کهکشان در اَبَرخوشه محلی کهکشان‌ها، قابل رویت خواهند بود. حتی با فراتر رفتن در زمان، تنها گروه محلی ما، شامل تقریباً ۳۶ کهکشان، تمام جهان قابل رویت را تشکیل خواهند داد. میلیاردها کهکشان از افق دید ما خواهند گریخت. (به این دلیل که گرانش داخل گروه محلی، برای غلبه بر انبساط جهان کافی است. وقتی که کهکشان‌های دوردست از نظر غایب می‌شوند، ستاره‌شناسانی که در آن عصر زندگی خواهند کرد، ممکن است اصلاً قادر به شناسایی هیچ انبساطی نباشند؛ زیرا که گروه محلی کهکشان‌ها، خود به‌طور داخلی انبساط نمی‌یابد. در آینده دور، وقتی ستاره‌شناسان آسمان شب را برای اولین‌بار مورد بررسی قرار دهند، ممکن است نفهمند که انبساطی وجود دارد و نتیجه بگیرند که جهان ایستا است و تنها از ۳۶ کهکشان تشکیل شده است.)

اگر این نیروی ضدگرانش ادامه داشته باشد، جهان عاقبت در یک انجماد بزرگ به پایان خواهد رسید. با نزدیک شدن دمای فضا به صفر مطلق، دمایی که مولکول‌ها در آن خود به سختی حرکت می‌کنند، تمام حیات هوشمند موجود در جهان در نهایت، در یک مرگ دردناک منجمد خواهد شد. میلیاردها میلیارد سال دیگر، ستارگان از درخشش خواهند ایستاد، شعله‌های اتمی آن‌ها با به اتمام رسیدن سوخت‌شان فروکش خواهد کرد و آسمان برای

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

همیشه تاریک خواهد شد. در اثر انبساط کیهانی، جهان مرده سردی از ستاره‌های کوتوله سیاه، ستاره‌های نوترونی، و سیاهچاله‌ها باقی خواهد ماند. و حتی با گذشت زمان، سیاهچاله‌ها نیز انرژی خود را از دست خواهند داد و غبار سرد بی‌جانی از ذرات بنیادین سرگردان باقی خواهند ماند. در چنان جهان سیاه و سردی، حیات هوشمند، با هر تعریف قابل تصوری، از نظر فیزیکی غیرممکن خواهد بود. قوانین پولادین ترمودینامیک انتقال هرگونه اطلاعات در چنین محیط منجمدی را غیرممکن می‌دانند و حیات لزوماً متوقف خواهد شد.

این ایده که جهان سرانجام در انجماد، به عمر خود پایان خواهد داد، اولین‌بار در قرن هجدهم مطرح شد. چارلز داروین، در تفسیر این مفهوم که قوانین فیزیکی ظاهراً تمام زندگی هوشمند را نابود خواهند کرد، نوشته است: «با پذیرش آنچه من به آن معتقدم، که انسان در آینده دور موجود بسیار کاملتری از آنچه امروز هست خواهد بود، این فکر غیرقابل تحملی است که بپذیریم انسان و دیگر موجودات با ادراک، پس از دوره‌ای بلند مدت از پیشرفت تدریجی، محکوم به نابودی کامل باشند.» متأسفانه آخرین داده‌های به‌دست آمده از ماهواره WMAP، ظاهراً تحقق کابوس داروین را تائید می‌کنند.

گریز به آبَرفضا

اینکه سرنوشت حیات هوشمند در جهان، ضرورتاً مرگ است، قانونی فیزیکی است. ولی مطابق قانون تکامل، وقتی محیط تغییر کند، حیات، یا آن را ترک می‌کند، یا خود را تطبیق می‌دهد یا از بین می‌رود. از آنجایی‌که تطبیق با جهانی که در حال انجماد تا حد مرگ است، غیرممکن به‌نظر می‌رسد، تنها گزینه‌های باقی مانده مردن یا ترک این جهان است. با روبرو شدن با مرگ نهایی جهان، آیا این امکان وجود دارد که تمدن‌های تریلیون‌ها سال بعد از ما، پیش از رویارویی با مرگ نهایی، فناوری مورد نیاز را به خدمت گرفته و جهان را با یک «قایق نجات» ترک کرده و به جهان دیگری تغییر مکان دهند؛ جهانی

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

جوان‌تر و گرم تر؟ یا اینکه از فن‌آوری برتر خود برای ساختن یک «حلقه زمانی» استفاده کرده و به گذشته خود، زمانی که دمای جهان بیشتر بود، سفر کنند؟

برخی فیزیکدانان با استفاده از آخرین دستاوردهای فیزیک پیشرفته، روش‌هایی کاملاً نظری ولی محتمل را مطرح کرده‌اند که واقع گرایانه‌ترین نگرش به دروازه‌های ورود به ابعاد بالاتر به دیگر جهان‌ها را فراهم می‌کنند. امروزه تخته سیاه‌های آزمایشگاه‌های فیزیک در سراسر جهان، مملو هستند از معادلات ریاضی فیزیکدانان؛ در پی یافتن این حقیقت که آیا کسی موفق خواهد شد با استفاده از انواع عجیب انرژی و سیاهچاله‌ها[1]، گذرگاهی به دیگر جهان‌ها باز کند؟ آیا ممکن است تمدنی پیشرفته بتواند میلیون‌ها میلیارد سال بعد، برای ورود به جهان‌های دیگر، از قوانین شناخته شده فیزیکی بهره بگیرد؟

استیون هوکینگ، ستاره‌شناس دانشگاه کمبریج، یکبار به طعنه گفته است: «کرمچاله‌ها، درصورتیکه وجود داشته باشند، برای سفرهای فضایی سریع مناسب خواهند بود. شما می‌توانید از درون یک کرمچاله به گوشه دیگر کهکشان بروید و بموقع برای ناهار بازگردید.»

و اگر کرمچاله‌ها و گذرگاه‌های ورود به ابعاد دیگر، کوچک‌تر از آن باشند که امکان مهاجرت از این جهان را فراهم آورند، آنگاه انتخاب دیگری وجود خواهد داشت: کاستن حجم کلی اطلاعات یک تمدن هوشمند پیشرفته به سطح مولکولی و تزریق آن از درون گذرگاه؛ جایی‌که سیستم در طرف دیگر بتواند مجدداً خود را بازسازی کند. به‌این‌ترتیب ممکن است یک تمدن کامل، بذر خود را از درون یک بُعدگذر ارسال نموده و مجدداً در طرف دیگر، با تمام شکوه و جلال، خود را برپا کند. اَبَرفضا، به‌جای اینکه تنها بازیچه‌ای برای فیزیکدانان نظری باشد، این قابلیت را هم دارد که بتواند راه نجات حیات هوشمند در جهانی رو به مرگ باشد.

برای درک کامل مفهوم این واقعه، ما ابتدا باید بفهمیم چگونه

---

1. Black hole

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

ستاره‌شناسان و فیزیکدانان با زحمت زیاد به این نتایج حیرت‌انگیز رسیده‌اند. کتاب جهان‌های موازی، با تمرکز بر روی پارادوکس‌هایی که قرن‌ها به موضوعاتی از این دست پرداخته‌اند و نقطه اوج آن در نظریه تورم تبلور می‌یابد، به مرور تاریخ کیهان‌شناسی پرداخته است. نظریه تورم با تمام داده‌های تجربی سازگار است و ما را به سمت پذیرش مفهوم جهان‌های چندگانه نیز سوق می‌دهد.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

فصل ۲ جهان مرموز

اگر من در زمان خلقت حضور داشتم، حتماً تذکرات مفیدی را برای چیدمان بهتر جهان می‌دادم.

ـ آلفونسِ عاقل

لعنت بر منظومه شمسی. نور نامناسب، سیاره‌های دور از هم، دنباله‌دارهای مزاحم، تمهیدات ضعیف؛ خودم جهان بهتری می‌توانستم بسازم.

ـ لرد جفری

در نمایشنامه «آن‌طور که تو دوست داری»، شکسپیر این کلمات ماندگار را نوشت:

جهان بسان یک صحنه نمایش است،
و تمام زنان و مردان بازیگرانی بیش نیستند.
به صحنه می‌آیند و می‌روند.

در زمان قرون وسطی، جهان واقعاً شبیه به یک صحنه نمایش به‌نظر می‌آمد، ولی صحنه نمایش کوچک و ایستا شامل زمین کوچک مسطحی که در اطراف آن اجرام آسمانی و الهی به‌طور شگفت‌آور و مرموزی در مدارهای مشخص سماوی خود در حرکت بودند. دنباله‌دارها نشانه‌هایی بودند که مرگ پادشاهان را پیش‌گویی می‌کردند. زمانی که دنباله‌دار بزرگ سال ۱۰۶۶ برفراز انگلستان دیده شد، باعث ترس و وحشت سربازان انگلوساکسون در سپاه

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

پادشاه هارولد گردید. پادشاهی که در مقابل نیروهای مهاجم و سرافراز ویلیام فاتح به سرعت مغلوب شد و به‌این‌ترتیب ویلیام، پایه‌های ایجاد انگلستان جدید را بنا کرد.

دنباله‌دار مشابهی، در سال ۱۶۸۲ برفراز انگلستان دیده شد و دوباره در سراسر اروپا ترس و وحشت پراکند. به‌نظر می‌آمد همه مردم، از دهقان تا پادشاه، با مشاهده این میهمان ناخوانده آسمانی مسخ شده بودند. این دنباله‌دار از کجا می‌آمد؟ به کجا می‌رفت؟ و چه پیامی با خود داشت؟

ستاره‌شناس آماتور و ثروتمندی به نام ادموند هالی، چنان شیفته این دنباله‌دار شد که با مشاهده آن به کاوش در نظریات یکی از بزرگ‌ترین دانشمندان زمان، ایزاک نیوتون پرداخت. زمانی که از نیوتون پرسید که چه نیرویی می‌تواند مسیر حرکت دنباله‌دار را کنترل کند، نیوتون با خونسردی پاسخ داد که دنباله‌دار بر طبق قانون عکس مجذور فاصله (که بیان می‌کند نیروی وارده بر دنباله‌دار با مجذور فاصله آن از خورشید کاهش می‌یابد) در یک مسیر بیضی حرکت می‌کند. در واقع نیوتون بیان کرد که پس از بررسی دنباله‌دار با تلسکوپ اختراعی خودش (همان تلسکوپ انعکاسی که امروزه به‌وسیله ستاره‌شناسان در سراسر دنیا مورد استفاده قرار می‌گیرد)، دریافته است که مسیر آن از قانون گرانشی که خودش بیست سال پیش‌تر ارائه کرده بود، تبعیت می‌کند.

هالی متحیر شد. باور کردنی نبود. او اعتراض خود را اینگونه بیان کرد: «چگونه این موضوع را می‌دانی؟» نیوتون پاسخ داد: «خودم آن را محاسبه کرده‌ام.» هالی انتظار نداشت حتی در خواب بشنود که راز اجرام آسمانی، آنچه انسان‌ها را از زمان اولین نگاه‌ها به آسمان گیج کرده بود، به‌وسیله یک قانون جدید با نام گرانش قابل توضیح باشد.

هالی، متحیر از شکوه این کشف تاریخی، سخاوتمندانه پیشنهاد کرد که هزینه‌های انتشار این نظریه جدید را شخصاً بپردازد. در سال ۱۶۸۷، با تشویق و سرمایه گذاری‌هالی، نیوتون اثر حماسی خود را با نام اصول ریاضی فلسفه طبیعی (پرینکیپیا) منتشر کرد. این کتاب، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین آثار

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

منتشر شده تاکنون بشمار می‌رود. تنها با یک گام، دانشمندانی که پیش از این از قوانین اجرام بزرگ منظومه شمسی بی‌اطلاع بودند، ناگهان قادر شدند حرکت اجرام آسمانی را به دقت پیش‌بینی کنند.

تاثیر این کتاب در محافل و مجامع اروپایی چنان عمیق بود که شاعری به نام الکساندر پوپ، نوشت:

قانون طبیعت با خودش پنهان بود در شب،
خداوند گفت بگذار نیوتون باشد! و آنگاه همه جا نور بود.

(هالی دریافت که اگر مدار حرکت دنباله‌دار بیضی باشد، پس باید بتوان حساب کرد کی دوباره از فراز لندن خواهد گذشت. با جستجو در سوابق پیشین، دریافت که دنباله‌دارهای سال‌های ۱۵۳۱، ۱۶۰۷ و ۱۶۸۲ در واقع، همین دنباله‌دار بوده‌اند. بنابراین، مردم دنباله‌داری را که در سال ۱۰۶۶ در ایجاد انگلستان مدرن نقش محوری ایفا کرده بود، در طول تاریخ مکتوب، شامل دوره جولیوس سزار نیز دیده بودند. هالی پیش‌بینی کرد که همین دنباله‌دار در سال ۱۷۵۸ مجدداً باز خواهد گشت؛ سال‌ها پس از اینکه نیوتون و هالی از این دنیا رفته باشند. زمانی که این دنباله‌دار مطابق پیش‌بینی، در روز کریسمس سال ۱۷۵۸ بازگشت، آن را دنباله‌دار هالی نام نهادند.)

نیوتون، قانون جهانی گرانش را بیست سال پیش‌تر کشف کرده بود؛ زمانی که شیوع طاعون (مرگ سیاه) منجر به تعطیلی دانشگاه کمبریج گشته و او مجبور شد به گوشه‌ای در ملک روستایی خود، در وولستورپ، پناه ببرد. وی مشتاقانه به یاد می‌آورد هنگام قدم زدن در باغ شاهد افتادن سیبی از درخت بوده است. سپس سوآلی از خود می‌پرسد، که در نهایت مسیر تاریخ انسان را تغییر داد: اگر یک سیب بیفتد، آیا ماه هم می‌افتد؟ در درخششی از نبوغ، نیوتون دریافت که سیب‌ها، ماه و سیاره‌ها همه از قانون گرانش مشابهی تبعیت می‌کنند؛ یعنی تمام آن‌ها بر طبق قانون عکس مجذور فاصله سقوط می‌کنند. زمانی که نیوتون فهمید که ریاضیات قرن هفدهم برای حل این قانون بسیار ابتدایی است، شاخه جدیدی از ریاضیات را با نام حساب دیفرانسیل اختراع

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

کرد، تا بتواند حرکت سیب‌ها و اقمار در حال سقوط را تعیین کند.

در کتاب پرینکیپیا، نیوتون قوانین مکانیک را نیز نگاشت؛ قوانین مربوط به حرکت که خط سیر تمام اجرام آسمانی و زمینی را تعیین می‌کنند. این قوانین، اساس طراحی ماشین‌ها، استفاده از ماشین‌های بخار و اختراع لکوموتیوها را تشکیل دادند، که به نوبه خود راه را برای وقوع انقلاب صنعتی و تمدن مدرن هموار ساختند. امروزه، هر آسمان خراش بلند، هر پل و هر موشکی که می‌بینیم، با استفاده از قانون حرکت نیوتون ساخته شده است.

نیوتون نه تنها قوانین جاودانه حرکت را بیان کرد، بلکه با ارائه تصویری جدید از جهانی که در آن قوانین مرموز حاکم بر اجرام آسمانی همان قوانین حاکم بر زمین بودند، جهان‌بینی ما را تغییر داد. به‌این ترتیب، مقدرات وحشت‌زای آسمانی دیگر صحنه نمایش زندگی را احاطه نمی‌کردند، بلکه همان قوانینی که بر بازیگران حاکم بودند، در مورد کل مجموعه نمایش نیز صدق می‌کردند.

پارادوکس بِنتلی

کتاب پرینکیپیا، چنان اثر بلندپروازانه‌ای بود که منجر به مطرح شدن اولین پارادوکس‌های مهم در مورد ساختار جهان گردید. اگر جهان یک صحنه نمایش باشد، چقدر بزرگ است؟ کران‌دار است یا بی‌کران؟ این سوآل قدیمی، حتی فیلسوف رومی، لوکرتیوس را نیز به خود مشغول کرده بود. او اینگونه نوشت: «جهان در هیچ راستایی محدود نیست». «اگر اینطور بود لزوماً در یک جایی مرزی وجود داشت. ولی واضح است که یک چیز نمی‌تواند مرزی داشته باشد، مگر آنکه چیز دیگری از بیرون آن را محدود کرده باشد... در تمام جهات همین‌گونه است؛ چپ یا راست، بالا یا پایین، در سرتاسر جهان انتهایی وجود ندارد.»

نظریه نیوتون در اصل، پارادوکس‌های ذاتی هر نوع نظریه مربوط به جهان کران‌دار یا بی‌کران را آشکار کرد. ساده‌ترین سوآل‌ها، به باتلاقی از تناقضات منتهی می‌شد. نیوتون، حتی زمانی که در شهرت ناشی از انتشار این کتاب

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

غـوطه‌ور بـود، دریـافت کـه نـظریه او در مـورد گـرانش، بـه‌ناچار دچـار پارادوکس‌های متعددی است. در سال ۱۶۹۲، کشیشی با نام ریچارد بِنتلی، نامه‌ای ملایمت‌آمیز و در عین حال نگران کـننده بـه نـیوتون نـوشت. بِـنتلی نوشت، از آنجایی‌که گرانش همواره نیرویی جذب‌کننده بوده و نه دفع کننده، پس هـر مـجموعه‌ای از سـتارگان بـه‌طور طـبیعی سـرانـجام بـه‌درون خـود فروخواهد ریخت. اگر جهان متناهی می‌بود، آنگاه آسمان شب به‌جای آنکه جاودان و ایستا باشد، باید به منظره‌ای حیرت‌انگیز تبدیل می‌شد کـه در آن ستارگان به‌درون هم فـروریخته و بـه صـورت یک اَبَرستاره آتشـین در هـم بیامیزند. بِنتلی همچنین اشاره کرد که اگر جهان نامتناهی باشد، آنگاه نیروی وارد برهر شیء که آن را به راست و چپ می‌کشد، نیز بی‌نهایت خواهد بود و بنابراین ستارگان باید طی توفان‌های آتشینی به گرد و غبار تبدیل شوند.

در ابتدا اینطور به‌نظر می‌رسید که بِنتلی، نیوتون را در صفحه شطرنج مات کرده است. چه جهان متناهی باشد (که در این‌صورت باید در خود فرو بپاشد و به توپ آتشینی تبدیل شود) و چه نامتناهی (که در این‌صورت تمام ستارگان از هم می‌پاشند)، هر کدام از این حالات برای نظریه جوانی که نیوتون ارائه کـرده بـود مـبین یک فـاجعه بـود. بـه‌ایـن‌ترتیب، بـرای اولیـن‌بار در تـاریخ، پارادوکس‌های دقیقی مطرح شدند که با اعمال هر نوع نظریه گرانش به کـل جهان ظاهر می‌شدند.

نیوتون، پس از تفکری محتاطانه و دقیق، در پاسخ نامه‌ی بِنتلی چنین بیان کرد که راه حلی برای این ادعا یافته است. او دنیای نامتناهی را ترجیح می‌داد، ولی جهانی که کاملاً یکسان و یکنواخت باشد. بنابراین اگر ستاره‌ای از طریق تعداد نامحدودی ستاره به راست کشیده شود، این نیرو کاملاً به‌وسیله یک کشش برابر از طرف مجموعه نامتناهی دیگری از ستارگان در طـرف چپ، خنثی می‌شود. تمام نیروها در هر جهتی خنثی شده و در نتیجه جهانی ایستا را می‌سازند. بنابراین اگر بپذیریم که نیروی گرانش همواره یک نیروی جـذب کننده باشد، تنها راه حل برای توضیح پارادوکس بِنتلی این است که جـهانی نامتناهی و یکنواخت داشته باشیم.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

نیوتون در واقع توانسته بود راه حلی برای ادعای بِنتلی بیابد. ولی در عین حال نیوتون آنقدر باهوش بود که ضعف پاسخ خود را درک کند. در نامه‌ای اقرار کرد که راه حل او اگرچه از نظر فنی صحیح است، ولی ذاتاً ناپایدار و متزلزل است. جهان یکنواخت و در عین حال نامتناهی نیوتون به خانه‌ای شبیه بود که از کارتهای بازی ساخته شده باشد، در ظاهر پایدار ولی با کوچک‌ترین اختلالی محکوم به فروپاشی است. می‌توان محاسبه کرد که اگر تنها یک ستاره به‌مقدار ناچیزی تلنگری بخورد، منجر به واکنشی زنجیره‌ای خواهد شد و خوشه‌های ستاره‌ای درجا شروع به فروپاشی خواهند کرد. توجیه ضعیف نیوتون نیازمند قدرتی الهی بود تا خانه ناپایدار او را از فروپاشی حفظ کند. او نوشت: «معجزه‌ای مداوم نیاز است تا از هجوم خورشید و ستارگان ثابت به سمت یکدیگر به‌واسطه گرانش، جلوگیری کند.»

از نظر نیوتون، جهان بمنزله یک ساعت غول‌پیکر بود که در ابتدای زمان به‌وسیله خدا کوک شده و از آن به بعد بر اساس سه قانون حرکت نیوتون، بدون دخالت الهی، کار کرده است. ولی در همین زمان، حتی خود خدا باید کمی در جهان دخالت کند تا از فروپاشی آن جلوگیری نماید. (به بیان دیگر، خداوند هر از گاهی باید با دخالت خود، از فروریختن صحنه نمایش زندگی روی سر بازیگران جلوگیری کند.)

پارادوکس اولبِرس

در مورد هر جهان نامتناهی، علاوه بر پارادوکس بِنتلی، پارادوکس مهمتری نیز وجود دارد. پارادوکس اولبِرس این سوآل را مطرح می‌کند که چرا آسمان شب سیاه است. ستاره‌شناسان قدیمی، از جمله یوهان کپلر، دریافتند که اگر جهان یکنواخت و نامتناهی باشد، آنگاه به هر طرف که نگاه کنید، نور ناشی از بی‌نهایت ستاره به چشم شما می‌رسد. با خیره شدن به هر نقطه در آسمان شب، خط دید ما حتماً با تعداد غیرقابل شمارشی ستاره تقاطع پیدا کرده و بنابراین مقدار نامحدودی نور ستاره دریافت می‌کند. بنابراین آسمان شب باید مملو از نور باشد! این حقیقت که آسمان شب سیاه است و نه سفید،

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

پارادوکس کیهانی پیچیده و مهمی را ایجاد می‌کند.

پارادوکس اولبِرس ظاهراً ساده است؛ با این‌حال همانند پارادوکس بِنتلی، نسل‌های متعددی از فیلسوفان و ستاره‌شناسان را درگیر خود کرده است. هر دو پارادوکس بر اساس این مشاهده استوار شده‌اند که در جهانی نامتناهی، نیروهای گرانشی و پرتوهای نوری می‌توانند هم افزایی کنند، تا حدی که به نتایج نامحدود و بی‌معنی منجر شوند. در طول قرن‌ها، پاسخ‌های نادرست بی‌شماری ارائه شدند. کپلر پس از تلاش‌های زیاد نتیجه گرفت که چاره‌ای نیست جز اینکه جهان متناهی بوده و درون پوسته‌ای محدود شده باشد. به‌این‌ترتیب، تنها مقدار محدودی از نور ستارگان می‌توانست به چشم ما برسد.

تلاش‌ها برای حل این پارادوکس چنان گیج کننده بود که طبق مطالعه‌ای در سال ۱۹۸۷، هفتاد درصد کتب درسی رشته ستاره‌شناسی، پاسخ نادرستی به آن داده‌اند.

می‌توان تصور کرد، نور ستارگان در بین راه، به‌وسیله ابرهایی از غبار، جذب می‌شوند. این، راه حلی بود که خود هاینریش ویلهلم اولبِرس، در سال ۱۸۲۳ در زمان طرح پارادوکس، بیان کرد. اولبِرس اینگونه نوشت: «جای خوشبختی است که زمین نور ستارگان را از تمام نقاط گنبد آسمان دریافت نمی‌کند! گرچه حتی در آن صورت، با چنان گرما و نور غیرقابل تصوری، یعنی ۹۰,۰۰۰ بار بیشتر از آنچه ما هم‌اکنون تجربه می‌کنیم، قادر متعال به‌راحتی می‌توانست ارگانیسم‌هایی را طراحی کند که قادر باشند با چنان شرایط سختی سازگار شوند. برای اینکه کره زمین «درمقابل پس‌زمینه‌ای به درخشندگی خورشید» به حمام داغی تبدیل نشود، اولبِرس پیشنهاد کرد که احتمالاً باید ابرهایی از غبار این گرمای شدید را جذب کنند تا حیات را بر روی کره زمین ممکن سازند. به‌عنوان مثال، مرکز آتشین کهکشان راه شیری خود ما، که باید کاملاً بر آسمان شب حکمفرما باشد، در حقیقت در پس ابرهایی از غبار پنهان است. با نگاهی به صورت فلکی قوس، جایی‌که مرکز کهکشان راه شیری قرار دارد، نه تنها توپ آتشینی نمی‌بینیم، بلکه در میان

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

روشنایی خفیف مرکز کهکشان، شاهد وجود بخش‌های کاملاً تاریکی هستیم.

ولی ابرهای غبار نمی‌توانند به‌درستی پارادوکس اولبِرس را توضیح دهند. در طول مدت زمانی نامتناهی، این ابرهای غبار، نور تعداد نامحدودی ستاره را جذب کرده و در نهایت همانند سطح یک ستاره خواهند درخشید. بنابراین حتی ابرهای غبار نیز باید در آسمان شب بدرخشند.

همچنین، می‌توان ادعا کرد که هرچه ستاره‌ای دورتر باشد، کم نورتر است. این درست است، ولی نمی‌تواند پاسخ صحیح باشد. اگر به بخشی از آسمان شب بنگریم، ستارگان بسیار دور، واقعاً کم نور دیده می‌شوند، ولی هرچه دقیق‌تر و عمیق‌تر به آسمان نگاه کنیم باز هم ستارگان بیشتری خواهیم دید. اگر شدت نور ستارگان با مجذور فاصله کاهش می‌یابد، در عوض تعداد ستارگان با مجذور فاصله افزایش پیدا می‌کند. در یک جهان یکنواخت، این دو اثر دقیقاً یکدیگر را خنثی می‌کنند و آسمان شب باید هم‌چنان روشن دیده شود.

باعث شگفتی است که نویسنده آمریکایی داستان‌های معمایی، ادگار آلن‌پو، نخستین کسی بود که این پارادوکس را حل کرد. او که علاقه وافری به ستاره‌شناسی داشت قبل از مرگ، بسیاری از مشاهداتش را در شعر فیلسوفانه خود با نام اورکا: نثر موزون منتشر کرد. در فرازی از آن می‌نویسد:

ستارگان بی‌پایان، یعنی فروغ یکنواخت زمینه آسمان، مانند روشنی کهکشان: نیست نقطه‌ای که نباشد ستاره‌ای در آن. پس چرا در آسمان، می‌بینیم فضای تهی در جهات فراوان، دهد این پاسخ را ژرفای جهان، نرسیده است هنوز نوری به ما از آن.

او خاطرنشان کرد که: «زیبایی فوق‌العاده این ایده، نه به سبب درستی، که به‌دلیل ضرورت وجودی آن است.»

این، کلید پاسخ صحیح است. عمر عالم نامحدود نیست. جهان آغازی (پیدایشی) دارد. برای نوری که به چشم ما می‌رسد، مرزی وجود دارد. نور دورترین ستارگان، هنوز وقت کافی برای رسیدن به چشمان ما نیافته است.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

کیهان‌شناسی با نام ادوارد هریسون، کسی که برای اولین‌بار دریافت که آلن‌پو پارادوکس اولبِرس را حل کرده است، می‌نویسد: «زمانی که من برای اولین‌بار شعر پو را خواندم، متحیر شدم. چگونه یک شاعر که در بهترین حالت می‌تواند یک دانشمند آماتور باشد، توانسته بود ۱۴۰ سال پیش، به توضیح صحیح این پارادوکس دست یابد، درست زمانی که در دانشگاه‌های ما، توضیحات نادرست... هنوز تدریس می‌شود.»

در سال ۱۹۰۱، فیزیکدان اسکاتلندی لُرد کلوین، نیز موفق به یافتن پاسخ صحیح گردید. او دریافت زمانی که شما به آسمان شب می‌نگرید، شاهد چیزی هستید که در گذشته اتفاق افتاده است، و نه آنچه هم‌اکنون هست. زیرا سرعت نور، اگرچه در مقیاس زمینی بسیار زیاد است (۳۰۰,۰۰۰کیلومتر بر ثانیه)، اما به‌هرحال محدود است و برای‌رسیدن نور از ستارگان دوردست به زمین، زمان لازم است. کلوین محاسبه کرد، برای اینکه آسمان شب درخشان باشد، جهان باید صدها تریلیون سال نوری گستردگی داشته باشد. ولی از آنجا که جهان تریلیون‌ها سال عمر ندارد، بنابراین آسمان ضرورتاً سیاه خواهد بود. (دلیل دیگری نیز برای سیاه بودن آسمان شب وجود دارد و آن مدت عمر محدود ستارگان است که در مقیاس چند میلیارد سال است.)

امروزه با استفاده از ماهواره‌هایی مثل تلسکوپ فضایی هابل، تعیین صحت پاسخ پو، از طریق تجربی امکان‌پذیر شده است. این تلسکوپ‌های قدرتمند به ما امکان می‌دهند به سوآلاتی پاسخ دهیم که حتی گاهی کودکان نیز می‌پرسند: دورترین ستاره‌ها کجا هستند؟ و چه چیزی فراتر از دورترین ستاره قرار دارد؟ برای پاسخ دادن به این سوآلات، ستاره‌شناسان تلسکوپ فضایی هابل را به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی کرده‌اند، تا وظیفه‌ای تاریخی را به انجام رساند: تهیه عکسی از دورترین نقاط جهان. این تلسکوپ، برای جمع‌آوری تابش فوق‌العاده ضعیف از دورترین گوشه جهان، باید عملیاتی بی‌سابقه انجام می‌داد: نشانه‌گیری دقیق یک نقطه در صورت فلکی جبار، به مدت مجموعاً صدها ساعت، که لازمه آن حفظ تنظیم تلسکوپ در طول چهارصد بار گردش به دور زمین بود. این پروژه به قدری پیچیده بود که انجام آن چهار ماه

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

به طول انجامید.

در سال ۲۰۰۴، انتشار عکس حیرت‌آوری که هابل تهیه کرده بود، سرخط اخبار روز دنیا را به خود اختصاص داد. این عکس، مجموعه‌ای از ده هزار کهکشان نوزاد را نشان می‌دهد که هنگام فروکش کردن آشفتگی پس از انفجار بزرگ، شکل گرفته‌اند. آنتون کوکمور از انستیتوی علمی تلسکوپ فضایی، اظهار کرد: «ما احتمالاً پایان آغاز را دیده‌ایم.» این عکس توده درهمی از کهکشان‌های نوزاد را نشان می‌دهد که بیش از ۱۳ میلیارد سال نوری از زمین فاصله دارند، یعنی ۱۳ میلیارد سال طول کشیده تا نورشان به زمین برسد. از آنجایی‌که عمر جهان تنها ۱۳/۷ میلیارد سال است، این بدان معناست که آن‌ها تنها در حدود نیم میلیارد سال پس از خلقت شکل گرفته‌اند؛ زمانی که اولین ستاره‌ها و کهکشان‌ها با شروع تراکم در مخلوطی از گازهای باقی مانده از انفجار بزرگ ایجاد شدند. ماسیمو اِستیواوِلّی، ستاره‌شناس انستیتوی تلسکوپ فضایی گفته است: «هابل ما را به نزدیکی خود انفجار بزرگ برده است.»

حال سوآلی مطرح می‌شود: چه چیزی در ورای دورترین کهکشان‌ها وجود دارد؟ با دقت در این عکس جالب توجه، آن چیزی که به وضوح دیده می‌شود این است که بین این کهکشان‌ها را تنها تاریکی پر کرده است. این سیاهی، همان چیزی است که باعث می‌شود آسمان شب سیاه به‌نظر برسد. به عبارت دیگر، همان نقطه نهایی، برای‌رسیدن نور ستارگان دوردست به ماست. به‌هرحال این سیاهی به نوبه خود، در حقیقت تابش ریزموج زمینه است. بنابراین پاسخ نهایی به این سوآل که چرا آسمان شب سیاه است، این است که آسمان شب در واقع اصلاً سیاه نیست. (اگر چشمان ما به‌گونه‌ای می‌توانست تابش ریزموج زمینه را مشاهده کند و نه فقط نور مرئی را، ما تابش ناشی از خود انفجار بزرگ را که تمام آسمان شب را پر کرده است، می‌دیدیم. تابش ناشی از انفجار بزرگ، هر شب در آسمان، بالای سر ما قرار دارد. اگر ما چشمانی داشتیم که قادر به دیدن ریزموج‌ها بود، می‌توانستیم، فراتر از دورترین ستاره، شاهد لحظه پیدایش جهان باشیم.)

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

اینشتین طغیانگر

قوانین نیوتون چنان موفق بودند که بیش از دویست سال طول کشید، تا با تلاش‌های آلبرت اینشتین، علم قدم‌های مهم بعدی خود را به جلو بردارد. اینشتین کسی بود که به‌هیچ‌وجه انتظار نمی‌رفت آغازگر چنین انقلابی باشد. در سال ۱۹۰۰، پس از فارغ‌التحصیلی در مقطع کارشناسی از دانشگاه پلی تکنیک زوریخ در سویس، او ناامید و بیکار بود. استادانش، کسانی که دل خوشی از این دانشجوی از خود راضی و گستاخ، که اغلب باعث اخلال در کلاس‌ها می‌شد نداشتند، در تلاش او برای یافتن شغل کارشکنی کردند. نامه‌های حاکی از یأس و شکایت‌آمیز، نشانه عمق سقوط او به ورطه ناامیدی است. او خود را شکست خورده و باری بر دوش پدر و مادرش احساس می‌کرد. او در نامه‌ای تلخ اعتراف می‌کند که حتی به فکر خاتمه دادن به زندگی‌اش نیز افتاده بوده است. «بدبختی پدر و مادر بیچاره من، کسانی که سال‌های زیادی لحظه خوشی نداشته‌اند، بیشترین باری است که بر دوش من سنگینی می‌کند... من چیزی نیستم جز باری بر دوش خانواده‌ام... مطمئناً بهتر بود اصلاً زندگی نمی‌کردم.»

اینشتین ناامیدانه به فکر تغییر شغل افتاد و به یک شرکت بیمه ملحق شد. او حتی شغل تدریس خصوصی بچه‌ها را نیز امتحان کرد، ولی با کارفرمای خود درگیر و درنتیجه اخراج شد. زمانی که دوست دخترش، میلوا ماریک، به‌طور غیرمنتظره باردار شد، فکر اینکه فرزند آن‌ها به‌طور نامشروع به دنیا خواهد آمد، برای او بسیار دردناک بود. او برای ازدواج با میلوا امکانات کافی نداشت. (هیچ کس نمی‌داند که بعدها برای لیسِرال دختر نامشروعش چه پیش آمد.) زخم عمیقی که هرگز تا آخر عمر او التیام نیافت، ضربه روحی ناشی از مرگ پدرش بود. پدر او در حالی از این دنیا رفت که پسر خود را درمانده می‌دید.

اگرچه سال‌های ۱۹۰۱ و ۱۹۰۲ شاید بدترین سال‌های زندگی اینشتین باشد، اما آنچه زندگی شغلی او را در این سال‌ها نجات داد، پیشنهاد مارسل گروسمَن، یکی از همکلاسی‌هایش بود. مارسل توانست با اعمال نفوذ خود،

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

برای او شغلی به‌عنوان کارمند دون پایه در اداره ثبت اختراعات سویس در برن فراهم آورد.

پارادوکس‌های نسبیت

اینکه بزرگ‌ترین انقلاب در فیزیک، از زمان نیوتون تا به حال، از جایی مثل اداره ثبت اختراعات آغاز شود، بسیار نامحتمل به‌نظر می‌رسد. ولی با این حال، کار در چنین موقعیتی از برخی جهات موثر بود. اینشتین به سرعت به کارهای ثبتی انباشته شده روی میز، رسیدگی می‌کرد. سپس روی صندلی می‌نشست و به رویای دوران کودکی خود باز می‌گشت. او در دوران جوانی کتابی خوانده بود با نام کتاب عوام در علم طبیعی از آرون برنشتاین. او بعدها در مورد کتاب چنین گفت: «کتابی که من با شوقی نفس گیر مطالعه کردم.» برنشتاین از خواننده می‌خواست تصور کند که همراه الکتریسیته در طول سیم تلگراف حرکت می‌کند. زمانی که اینشتین ۱۶ ساله بود سوآل مشابهی را از خود پرسید. اگر بتوانید همراه نور حرکت کنید، این پرتو نوری چگونه به‌نظر خواهد رسید؟ بعد اینگونه پاسخ می‌دهد: «این مفهوم از پارادوکسی که من در سن ۱۶سالگی با آن برخورد کردم، سرچشمه گرفت. اگر من پرتو نوری را با سرعت C (سرعت نور در خلأ) دنبال کنم، باید این پرتو نور را به‌عنوان یک میدان الکترومغناطیسی نوسانگر در فضا، در حال سکون ببینم. به‌هرحال به‌نظر می‌آید، چه از نظر تجربی و چه براساس قوانین مکسول، چنین چیزی صحت ندارد.» اینشتین، به‌عنوان یک کودک اندیشید که اگر می‌توانست در کنار یک پرتو نوری حرکت کند، نور باید بی‌حرکت دیده شود، مثل یک موج ایستا. ولی هیچ کس تاکنون نور ایستا را ندیده است، بنابراین فهمید که یک جای کار ایراد دارد.

هنگام تغییر قرن، همه چیز در فیزیک بر دو ستون بزرگ استوار بود: نظریه‌ی مکانیک و گرانش نیوتون، و نظریه نور مکسول. در دهه ۱۸۶۰، فیزیکدان اسکاتلندی، جیمز کلارک مکسول نشان داد که نور از میدان‌های نوسانگر الکتریکی و مغناطیسی تشکیل شده، که به‌طور مداوم در حال تبدیل

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

به یکدیگر هستند. اینشتین در کمال تعجب دریافت که این دو ستون با یکدیگر در تناقض هستند و یکی از آن‌ها محکوم به فناست.

او با کنکاش در معادلات مکسول، پاسخ معمایی را یافت که او را ده سال به خود مشغول کرده بود. اینشتین چیزی را یافت که خود مکسول فراموش کرده بود. معادلات مکسول نشان می‌دادند که نور با سرعتی ثابت حرکت می‌کند، بدون توجه به اینکه سرعت شما چقدر است. سرعت نور C در تمام چارچوب‌های لَخت یکسان است (منظور چارچوب‌هایی هستند که با سرعت ثابت حرکت می‌کنند). اگر شما ایستا باشید یا در قطاری حرکت کنید یا روی دنباله‌داری پرسرعت نشسته باشید، در هر حالت پرتو نوری را خواهید دید که جلوی شما با همان سرعت نور در حرکت است. با هر سرعتی حرکت کنید، هیچ‌گاه نمی‌توانید از نور سبقت بگیرید.

این مسئله، فوراً انبوهی از پارادوکس‌ها را ایجاد کرد. برای لحظه‌ای تصور کنید فضانوردی سعی دارد به یک پرتو نور برسد. فضانورد در فضاپیمای خود شروع به حرکت می‌کند تا اینکه شانه به شانه با پرتو نور قرار می‌گیرد. ناظری که بر روی زمین به این تعقیب فرضی می‌نگرد، خواهد گفت که فضانورد و پرتو نور در کنار هم حرکت می‌کنند. ولی فضانورد چیزی کاملاً متفاوت خواهد گفت. او می‌گوید که پرتو نور با سرعت از او دور می‌شود، درست مشابه حالتی که فضاپیمای او ساکن باشد.

سوآل پیش‌روی اینشتین این بود که چگونه دو نفر می‌توانند چنین دریافت متفاوتی از یک رخداد داشته باشند؟ در نظریه نیوتون، فرد همواره می‌توانست به پرتوهای نور برسد، ولی در دنیای اینشتین این امر غیرممکن بود. ناگهان اینشتین دریافت که ایرادی اساسی در بنیان‌های ابتدایی فیزیک وجود دارد. در بهار ۱۹۰۵ اینشتین نوشت: «توفانی در ذهن من به پا شد.» سرانجام او ناگهان پاسخ را یافت: سرعت گذشت زمان متغیر است و به سرعت شما بستگی دارد. در واقع، هرچه سریع‌تر حرکت کنید، زمان کندتر می‌گذرد. زمان، آن‌طور که نیوتون فکر می‌کرد، مطلق نیست. از نظر نیوتون، گذشت زمان در سراسر جهان یکنواخت است. یک ثانیه بر روی زمین با یک

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

ثانیه بر روی مشتری یا مریخ برابر است. ساعت‌ها مطلقاً در سراسر جهان هم‌زمانند. اما از نظر اینشتین ساعت‌های مختلف در جهان ضرب آهنگ متفاوت دارند. اینشتین همچنین دریافت که اگر زمان بسته به سرعت شما تغییر می‌کند، آنگاه کمیت‌های دیگری مثل طول، جرم و انرژی نیز باید تغییر کنند. او دریافت که با افزایش سرعت شما، طول‌ها در نظر شما منقبض می‌شوند (که گاهی انقباض لورنتس-فیتزجرالد نامیده می‌شود). به‌طور مشابه هرچه سریع‌تر حرکت کنید، جرم شما نیز بیشتر می‌شود. (در حقیقت با نزدیک شدن شما به سرعت نور، زمان تا توقف کامل کند می‌شود، طول‌ها تا هیچ منقبض می‌شوند و جرم شما بی‌نهایت خواهد شد، که همه آن‌ها نامعقول هستند. به‌همین دلیل شما نمی‌توانید به سرعت نور که حد نهایی سرعت در جهان است، دست یابید.)

همان‌طور که یافته‌های نیوتون، فیزیک زمین و آسمان‌ها را یکپارچه کرد، اینشتین نیز زمان را با فضا یکپارچه کرد. به‌علاوه او نشان داد که جرم و انرژی معادل‌اند و بنابراین می‌توانند به یکدیگر تبدیل شوند. اگر جرم شیء با افزایش سرعت زیاد شود، پس انرژی جنبشی به جرم تبدیل می‌شود. عکس این ماجرا نیز درست است؛ جرم نیز می‌تواند به انرژی تبدیل شود. اینشتین رابطه دقیق تبدیل جرم و انرژی را به صورت $E=mc^2$ محاسبه کرد که به‌موجب آن حتی مقدار ناچیزی از جرم m، زمانی که به انرژی E تبدیل گردد، در عدد بزرگی (مجذور سرعت نور) ضرب می‌شود. به‌این‌ترتیب منبع انرژی مخفی ستارگان آشکار شد؛ تبدیل ماده به انرژی، برطبق همین فرمول، باعث درخشندگی جهان شده است. معمای ستارگان با این عبارت ساده توجیه می‌شود که سرعت نور در تمام چارچوب‌های لَخت یکسان است.

مشابه آنچه نیوتون در زمان خود انجام داد، اینشتین نیز دید ما را نسبت به صحنه نمایش زندگی تغییر داد. در دنیای نیوتون، تمام بازیگران دقیقاً می‌دانستند که در چه زمانی قرار دارند و چگونه فواصل اندازه‌گیری می‌شوند. ضرب آهنگ زمان و ابعاد صحنه هیچ‌گاه تغییر نمی‌کرد. ولی نسبیت تفسیری عجیب از مفهوم فضا و زمان به ما ارائه کرد. در دنیای اینشتین،

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

ساعت‌های مچی هرکدام از بازیگران، زمان‌های متفاوتی را نشان می‌دهند؛ یعنی هم‌زمان کردن تمام ساعت‌های روی صحنه غیرممکن است. توافق برای ساعت تمرین بعدازظهر، برای هریک از بازیگران، معنای متفاوتی دارد. در حقیقت زمانی که بازیگران در طول صحنه حرکت می‌کنند، اتفاقات عجیبی می‌افتد. هرچه سریع‌تر حرکت می‌کنند، ساعت‌هایشان زمان را کندتر ثبت می‌کنند و به‌علاوه وزن‌شان نیز سنگین‌تر می‌شود.

سال‌ها زمان لازم بود تا نوع نگرش اینشتین به‌وسیله جوامع علمی به رسمیت شناخته شود. ولی اینشتین منتظر نماند. او می‌خواست نظریه جدید نسبیت خود را (که نسبیت خاص نام گرفت) به گرانش نیز تعمیم دهد. اینشتین می‌دانست که این‌کار چقدر می‌تواند مشکل باشد. واضح بود که نظریه او از طرف موفق‌ترین نظریه زمان خود تهدید می‌شد. ماکس پلانک، بنیانگذار نظریه کوانتوم، به او اینگونه هشدار داد: «به‌عنوان یک دوست قدیمی باید به تو هشدار دهم که اولاً موفق نخواهی شد و حتی اگر موفق هم شوی، هیچ کس تو را باور نخواهد کرد.»

اینشتین دریافت که نظریه جدید نسبیت او، در نظریه گرانش نیوتون ایجاد اختلال می‌کند. بر طبق نظریه نیوتون، گرانش به‌طور آنی در سراسر جهان منتقل می‌شود. این مسئله منجر به برانگیختن سوآلی می‌شد که حتی کودکان نیز گاهی می‌پرسند: «اگر خورشید ناپدید شود، چه اتفاقی می‌افتد؟» از نظر نیوتون، کل کیهان به‌طور آنی و هم‌زمان، از ناپدید شدن خورشید آگاه می‌شوند. ولی براساس نسبیت خاص، این غیرممکن است، چراکه سرعت انتشار تاثیر ناپدید شدن یک ستاره، به سرعت نور محدود می‌شود. بر اساس نسبیت، ناپدید شدن ناگهانی خورشید باید یک موج ناگهانی کروی از نوع گرانش ایجاد کند که با سرعت نور منتشر می‌شود. بیرون از دایره رو به گسترش این موج، ناظران خواهند گفت که خورشید هنوز در حال درخشش است، زیرا که موج گرانشی هنوز زمان کافی برای رسیدن به آن‌ها نیافته است. ولی درون موج، یک ناظر خواهد گفت که خورشید ناپدید شده است. برای حل این مشکل، اینشتین تصویر کاملاً متفاوتی از فضا و زمان ارائه کرد.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تعبیر نیرو به‌عنوان انحنای فضا ـ زمان

نیوتون، فضا و زمان را به‌عنوان عرصه‌ای وسیع درنظر گرفت که درون آن رخدادها بر اساس قوانین حرکت او به وقوع می‌پیوستند. این عرصه، علی‌رغم اینکه مملو از ناشناخته‌ها و رموز بود، ولی ضرورتاً لَخت و بی‌حرکت بود؛ شاهدی بی‌اراده که تنها ناظر رقص طبیعت است. ولی اینشتین این ایده را متحول کرد. از نظر اینشتین، خود صحنه بخش مهمی از زندگی به شمار می‌رفت. در جهان اینشتین، فضا و زمان، آن‌طور که نیوتون فرض کرده بود، صحنه‌ای بی‌حرکت نبود، بلکه پویا بوده و به فرم‌های عجیبی خم شده و انحنا می‌یافت. صحنه زندگی را به صورت تور آکروبات در نظر بگیرید، به نحوی که بازیگران در اثر وزن خود، به پایین فرو می‌روند. در چنین عرصه‌ای خواهیم دید که خود صحنه نیز به اندازه بازیگران اهمیت خواهد داشت.

توپ بولینگی را تصور کنید که روی یک تخت خواب قرار دارد و به‌آرامی درون تشک فرو رفته است. حال گلوله‌ای شیشه‌ای را به درون سطح خمیده تشک پرتاب کنید. این گوی، در مسیری منحنی، به دور توپ بولینگ حرکت خواهد کرد. ناظری نیوتونی که شاهد چرخش گوی شیشه‌ای به دور توپ بولینگ است، نتیجه می‌گیرد که توپ بولینگ نیروی مرموزی را به گوی اعمال می‌کند. به عبارت دیگر، توپ بولینگ کششی آنی دارد که گوی را به سمت خود می‌کشد.

از نظر ناظری نسبیتی، واضح است که اصلاً نیرویی وجود ندارد. تنها انحنای تخت است که گوی را به حرکت در مسیری منحنی وا می‌دارد. از نظر او کششی وجود ندارد، تنها رانشیِ است که به‌وسیله ملحفه انحنا یافته به گوی اعمال می‌شود. گوی را با زمین، توپ بولینگ را با خورشید و تخت خواب را با فضا ـ زمان تهی جابجا کنید. در این حالت خواهید دید که زمین به‌دور خورشید می‌گردد، نه به‌دلیل کشش گرانش، بلکه به‌دلیل اینکه خورشید فضای اطراف زمین را انحنا می‌دهد و بنابراین فشاری را ایجاد می‌کند که زمین را به چرخش در یک دایره وا می‌دارد.

بنابراین اینشتین به این باور رسید که گرانش بیشتر شبیه به یک ساختار

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

است، تا یک نیروی غیر قابل رویت که به‌طور آنی بر سراسر جهان اثر می‌گذارد. اگر کسی به سرعت این ساختار را تکان دهد، امواجی شکل می‌گیرند که با سرعت محدودی پیش می‌روند. این توضیحی برای پارادوکس ناپدید شدن خورشید بود.

اگر گرانش، محصول ثانویه انحنای ساختار فضا-زمان است، پس ناپدید شدن خورشید را می‌توان با برداشتن ناگهانی توپ بولینگ از روی تخت مقایسه کرد. وقتی فرو رفتگی روی تشک بالا می‌جهد، موجی در طول تشک، با سرعت محدود، به حرکت در می‌آید. بنابراین با وارد شدن گرانش به مسئله انحنای فضا-زمان، اینشتین قادر شد که گرانش را با نسبیت آشتی دهد.

مورچه‌ای را تصور کنید که از روی کاغذی ناصاف و پرچین و چروک عبور می‌کند. چون سطح کاغذ ناهموار است، مورچه، مثل ملوانان مست به چپ و راست تلو تلو می‌خورد. مورچه ادعا می‌کند مست نیستم، بلکه نیرویی مرموز مرا به زحمت می‌اندازد و به چپ و راست تکان می‌دهد. از نظر مورچه، فضای تهی پر است از نیروهای مرموز که او را از قدم برداشتن در مسیر مستقیم باز می‌دارند. با نگریستن به مورچه از فاصله نزدیک می‌بینیم که اصلاً نیرویی وجود ندارد که او را بکشاند، بلکه تا شدگی‌های کاغذ مچاله شده، او را می‌راند. نیروهایی که بر مورچه عمل می‌کنند، توهمی هستند که در اصل ناشی از انحنای خود فضا هستند. نیروی به ظاهر کششی، در حقیقت رانشی است، که با قدم گذاشتن بر روی تاشدگی کاغذ ایجاد می‌شود. به بیان دیگر این گرانش نیست که مورچه را به سمت خود می‌کشد، بلکه این فضاست که او را می‌راند.

در سال ۱۹۱۵، اینشتین بالاخره توانست آنچه را نظریه نسبیت عام می‌نامید، کامل کند. این نظریه، تاکنون ساختار اساسی تمام علم کیهان‌شناسی بوده است. در این تصویر جدید شگفت‌آور، گرانش دیگر نیروی مستقلی نیست که جهان را پر کرده باشد، بلکه اثر ظاهری انحنای ساختار فضا-زمان است. نظریه او چنان قدرتمند بود که او توانست آن را در یک معادله بطول ۲سانتیمتر خلاصه کند. در این نظریه جدید، مقدار انحنای فضا-زمان از

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

طریق مقدار جرم و انرژی موجود در آن، مشخص می‌شود. به پرتاب سنگی در استخر بیاندیشید. مجموعه‌ای از اعوجاجات از این برخورد ایجاد می‌شود. هرچه سنگ بزرگ‌تر باشد، اعوجاجات سطح استخر بیشتر خواهد شد. به‌طور مشابه، هرچه ستاره بزرگ‌تر باشد، انحنای فضا-زمان اطراف ستاره بیشتر خواهد بود.

تولد علم کیهان‌شناسی

اینشتین تلاش کرد تا از این تصویر جدید، برای توصیف جهان به صورت یک مجموعه کامل، استفاده کند. او ناگزیر بود بالاخره با پارادوکس بنتلی، که قرن‌ها پیش ارائه شده بود مواجه شود. در دهه ۱۹۲۰، اغلب ستاره‌شناسان عقیده داشتند که جهان یکپارچه و ایستا است. بنابراین اینشتین با این فرض شروع کرد که جهان، به‌طور یکنواخت از غبار و ستارگان پر شده است. به‌عنوان یک مدل، جهان را می‌توان به بادکنک یا حبابی بزرگ تشبیه کرد. ما بر روی پوسته حباب زندگی می‌کنیم. ستارگان و کهکشان‌هایی را که اطراف خود می‌بینیم، می‌توان به لکه‌هایی که بر سطح بادکنک نقاشی شده‌اند، تشبیه کرد.

هربار اینشتین سعی کرد معادله‌اش را حل کند، با تعجب دریافت جواب، جهانی غیر ایستا است. اینشتین نیز با همان مشکلی، که بنتلی در حدود ۲۰۰ سال پیش مطرح کرده بود مواجه شد. از آنجا که گرانش همواره جذب کننده است و هرگز دفع کننده نیست، هر مجموعه متناهی از ستارگان باید در فاجعه‌ای آتشبار، به‌درون هم فرو بپاشند. این مسئله، با دانش متداول در اوایل قرن بیستم که بیان می‌داشت جهان ایستا و یکنواخت است در تناقض بود.

اینشتین، علی‌رغم روحیه انقلابی‌اش، نمی‌توانست باور کند که جهان در حرکت باشد. همانند نیوتون و بسیاری دیگر، اینشتین به جهانی ایستا باور داشت. بنابراین در سال ۱۹۱۷، مجبور شد که بخش جدیدی را به معادله خود اضافه کند، یک «عامل تصحیح»، که نیروی جدیدی را به نظریه‌اش اضافه می‌کرد. نیروی ضدگرانشی که ستارگان را از هم دور می‌ساخت. اینشتین این عامل را ثابت کیهان‌شناسی نامید؛ جوجه اردک زشتی که چاره‌ای

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

مناسب برای نجات نظریه اینشتین به‌نظر می‌آمد. او سپس این ضد گرانش را به‌طور دلخواه طوری انتخاب کرد که اثر جاذبه را دقیقا خنثی نموده و جهانی ایستا ایجاد کند. به بیان دیگر، جهان به‌طور فرمایشی ایستا شد: انقباض جهان به سمت درون ناشی از گرانش، با نیروی انرژی تاریک که به سمت بیرون عمل می‌کند، خنثی شد.

در سال ۱۹۱۷، فیزیکدان هلندی با نام ویلِم دِسیتِر، جواب دیگری برای معادلات اینشتین ارائه کرد که در آن، جهان نامتناهی ولی کاملاً خالی از ماده است و در اصل تنها شامل انرژی خلأ یا ثابت کیهان‌شناسی است. این نیروی ضدگرانش، به تنهایی کافی است تا چنین جهانی را سریعاً و به‌طور تصاعدی منبسط کند. حتی بدون وجود جرم نیز این انرژی تاریک می‌توانست جهانی در حال انبساط ایجاد کند.

حال فیزیکدانان با معمائی پیچیده روبرو بودند. جهان اینشتین دارای جرم بود، ولی حرکت نداشت. از طرف دیگر، جهان دسیتر حرکت داشت ولی جرم نداشت.

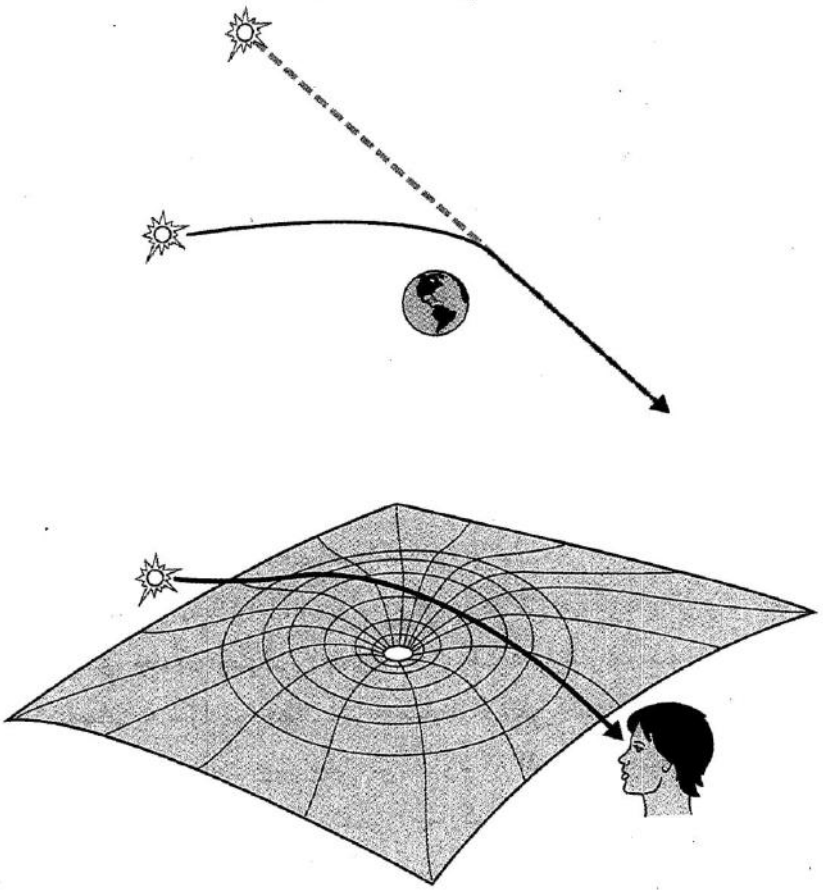
در دنیای اینشتین، ثابت کیهان‌شناسی، برای خنثی کردن جاذبه گرانش و ایجاد جهان ایستا لازم بود. در جهان دسیتر، ثابت کیهان‌شناسی به تنهایی برای ایجاد یک جهان در حال انبساط کافی بود.

بالاخره در سال ۱۹۱۹، زمانی که اروپا تلاش می‌کرد تا از پس اجساد و ویرانه‌های جنگ جهانی اول، حیات خود را باز یابد، چندین تیم از ستاره‌شناسان به سراسر جهان اعزام شدند تا نظریه اینشتین را مورد آزمایش قرار دهند. اینشتین قبلاً پیش‌بینی کرده بود که انحنای فضا-زمان ناشی از حضور خورشید، برای خم کردن نور ستارگانی که از مجاورت آن می‌گذرند، کافی خواهد بود. مقدار انحنای نور ستارگان در اطراف خورشید، مانند انحنای نور در یک عدسی، معین و قابل محاسبه است. ولی از آنجا که نور خورشید در طول روز دیگر ستارگان را محو می‌کند، دانشمندان برای انجام آزمایش‌ها دقیق ناچارند در انتظار رخ‌دادن خورشید گرفتگی باشند.

یک گروه به سرپرستی اخترفیزیکدان انگلیسی، آرتور اِدینگتون، به

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

جزیره پرنسیپ در خلیج گینه در نزدیکی ساحل آفریقای جنوبی رفتند تا انحنای نور ستارگان در اطراف خورشید را هنگام خورشید گرفتگی ثبت کنند. تیم دیگری به سرپرستی آندرو کراملین، به سوبرال در شمال برزیل رفتند. با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده، مقدار میانگین انحراف برای نور ستارگان برابر ۱/۷۹ ثانیه قوسی اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری



در سال ۱۹۱۹، دوگروه پیش‌بینی اینشتین را مبنی بر اینکه نور یک ستاره دوردست در هنگام عبور از کنار خورشید خم خواهد شد، تائید کردند. بدین ترتیب، ستاره با حضور خورشید از دید ناظر تغییر مکان خواهد داد. به این دلیل که خورشید، فضا-زمان اطراف خود را خمیده کرده است. درنتیجه، این گرانش نیست که می‌کشد، بلکه فضاست که می‌راند.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

پیشگویی اینشتین برابر ۱/۷۴ ثانیه قوسی را تائید می‌کرد (با احتساب خطاهای تجربی). به بیان دیگر، نور در نزدیکی خورشید خم می‌شود. ادینگتون بعدها عنوان کرد که تائید صحت نظریه اینشتین، بزرگ‌ترین لحظه زندگی او بوده است.

در ۶ نوامبر ۱۹۱۹، در جلسه مشترک انجمن سلطنتی و انجمن سلطنتی نجوم در لندن، برنده جایزه نوبل و رئیس انجمن سلطنتی، جِی جِی تامپسون، رسماً بیان کرد که این «یکی از ارزشمندترین دستاوردها در تاریخ افکار بشر محسوب می‌شود. در حوزه ایده‌های علمی جدید، این امر کشف یک جزیره دورافتاده نیست، بلکه کشف یک قاره کامل است. این نظریه، بزرگ‌ترین یافته در ارتباط با گرانش از زمانی است که نیوتون این مفهوم را بیان کرده است.»

(سپس، خبرنگاری از ادینگتون پرسید: «شایعه‌ای وجود دارد مبنی براینکه تنها سه نفر در تمام جهان نظریه اینشتین را فهمیده‌اند. شما باید یکی از آن‌ها باشید.» ادینگتون ساکت ماند. خبرنگار گفت: «فروتن نباشید آقای ادینگتون.» ادینگتون شانه را بالا انداخت و گفت: «نه اصلاً. به این فکر می‌کردم که نفر سوم چه کسی می‌تواند باشد.»)

روز بعد، روزنامه تایمز لندن با این تیتر منتشر شد: «انقلابی در علم ــ نظریه جدید جهان ــ عقاید نیوتون سرنگون شد.» این تیتر لحظه‌ای را رقم زد که در آن اینشتین به یک شخصیت شناخته شده جهانی بدل شد؛ پیام‌آوری از ستارگان.

اعلام این خبر مهم، عزیمت از نیوتون به اینشتین، باعث واکنش شدیدی از جانب فیزیکدانان و منجمان برجسته شد. در دانشگاه کلمبیا، چارلز لِین پور، پروفسور در مکانیک نجومی، با گفتن این جمله انتقاد خود را بیان کرد: «احساس من این است که با آلیس در سرزمین عجایب گشته‌ام و با کلاهدوز دیوانه چای خورده‌ام.»

اینکه نظریه نسبیت با احساس عمومی ما در تناقض است، دلیل بر اشتباه بودن آن نیست، زیرا احساس عمومی ما بیانگر واقعیت نیست. در حقیقت «ما» در این جهان عجیب و غریب هستیم. ما در مکان غیر معمولی سکنی

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

گزیده‌ایم که در آن دماها، چگالی‌ها و سرعت‌ها کاملاً متعادلند. درحالی‌که در «دنیای واقعی»، مرکز ستارگان، سوزنده و داغ و فضای خارجی بی‌حس کننده و سرد است و ذرات زیراتمی معمولاً در سراسر فضا با سرعتی نزدیک به سرعت نور حرکت می‌کنند. به بیان دیگر، احساس عمومی ما، در کره زمین تکامل یافته است که بخشی غیرمعمول و مبهم از جهان است، پس تعجبی ندارد که درک احساس عمومی ما از جهان، آن‌طور که هست، دشوار باشد. مشکل در نسبیت نیست، بلکه در فرضیاتی است که احساس عمومی ما در توصیف جهان دارد.

آینده جهان

اگرچه نظریه اینشتین در توضیح پدیده‌های نجومی، مثل انحنای نور ستارگان در اطراف خورشید و انحراف خفیف در مدار سیاره تیر (عطارد) موفق بود، با این حال پیش‌گویی‌های کیهان‌شناسی آن هنوز گیج کننده می‌نمود. فیزیکدان روسی، الکساندر فریدمن، ابهامات را روشن کرد و عمومی‌ترین و واقعی‌ترین راه‌حل‌های معادلات اینشتین را ارائه داد، که حتی امروزه در مباحث درسی نسبیت عام تدریس می‌شود. (فریدمن در سال ۱۹۲۲ به یافته‌های خود دست یافت، ولی در سال ۱۹۲۵ درگذشت و کارهای او تا سال‌ها به فراموشی سپرده شد.)

طبیعتاً، نظریه اینشتین شامل مجموعه‌ای از معادلات فوق‌العاده مشکل است که اغلب برای یافتن جواب آن‌ها به رایانه نیاز است. فریدمن ابتدا فرض کرد که جهان دینامیک است و سپس دو فرض دیگر برای ساده‌سازی در نظر گرفت (که اصول کیهان‌شناسی نامیده می‌شوند): جهان ایزوتروپیک (دارای خواص فیزیکی مشابه) است (از یک نقطه داده شده به هر سو بنگریم، یکسان به‌نظر می‌آید) و دیگر اینکه جهان همگن است (جهان، در همه جا یکنواخت است).

با در نظر گرفتن این دو فرض، معادلات اینشتین ساده می‌شوند. (در حقیقت، هر دو جهان اینشتین و دسیتر حالات ویژه‌ای از جواب عمومی‌تر

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

فریدمن بودند). جهان فریدمن، فقط به سه پارامتر بستگی دارد:

۱. H، که سرعت انبساط جهان را نشان می‌دهد. (امروزه به ثابت هابل معروف است؛ به نام منجمی که در واقع توانست سرعت انبساط جهان را اندازه‌گیری کند.)

۲. امگا (Ω)، که به چگالی متوسط ماده در جهان مربوط است.

۳. لاندا (λ)، که انرژی فضای خالی یا انرژی تاریک است.

بسیاری از کیهان‌شناسان تمام عمر حرفه‌ای خود را صرف تعیین دقیق این سه پارامتر کرده‌اند. اثر متقابل بین این سه ثابت، سیر تکاملی آینده جهان را تعیین می‌کند. به‌عنوان مثال از آنجایی‌که گرانش یک نیروی جذب کننده است، چگالی جهان (امگا) همانند ترمزی عمل می‌کند تا فرایند انبساط جهان را که پس از انفجار بزرگ آغاز شده است کند نماید. فرض کنید که سنگی را به هوا پرتاب کنید. در حالت عادی، قدرت جاذبه زمین به اندازه‌ای است که می‌تواند جهت سنگ را تغییر داده و باعث سقوط آن بر روی زمین شود. ولی اگر فردی سنگ را به اندازه کافی سریع پرتاب کند، سنگ خواهد توانست از جاذبه زمین بگریزد و به فضای بیرون برود. همانند سنگ، جهان نیز در اصل به‌دلیل انفجار بزرگ همواره در حال انبساط بوده است، ولی ماده یا همان امگا، در مقابل انبساط جهان مثل ترمز عمل می‌کند؛ همان‌طور که گرانش زمین برای‌سنگ به صورت ترمز عمل می‌کند.

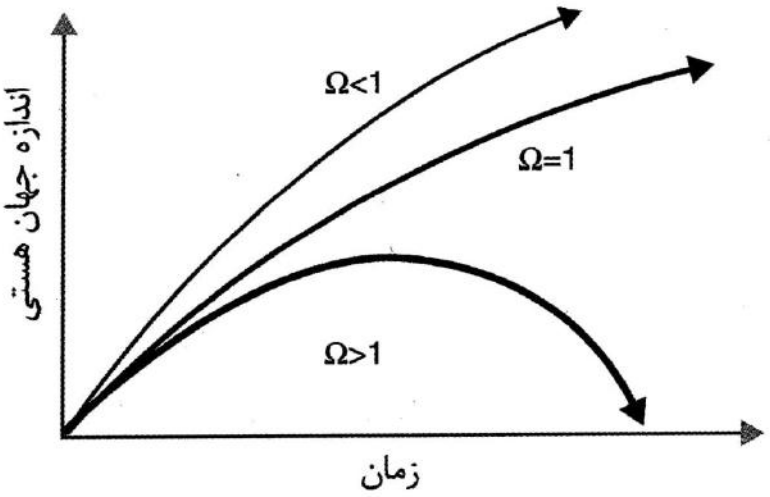
بیایید برای لحظه‌ای تصور کنیم که لاندا، انرژی فضای خالی، برابر صفر باشد. تعریف دقیق پارامتر امگا این است: حاصل تقسیم چگالی جهان بر چگالی بحرانی. (چگالی بحرانی جهان تقریباً برابر است با ۱۰ اتم هیدروژن در متر مکعب. چگالی بحرانی جهان متناظر است با وجود به‌طور میانگین یک اتم هیدروژن تنها در حجمی برابر با سه توپ بسکتبال.)

اگر امگا کم‌تراز ۱باشد، دانشمندان نتیجه می‌گیرند که به اندازه کافی ماده در جهان وجود ندارد تا انبساط اولیه ناشی از انفجار بزرگ را معکوس کند. (شبیه به پرتاب کردن سنگ در هوا؛ اگر جرم زمین به اندازه کافی بزرگ نباشد، سنگ در نهایت زمین را ترک خواهد کرد.) درنتیجه، جهان تا ابد به

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

انبساط ادامه خواهد داد که در نهایت با نزدیک شدن دما به صفر مطلق به انجماد بزرگ منتهی خواهد شد. (این همان اساس کار یخچال یا سیستم تهویه مطبوع است. زمانی که گاز منبسط می‌شود، دمایش کاهش می‌یابد. در کولرهای گازی، گاز جاری در لوله، منبسط شده و در نتیجه لوله و اتاق شما خنک می‌شود.)

اگر امگا از یک بزرگ‌تر باشد، آنگاه ماده و در نتیجه گرانش کافی در جهان موجود خواهد بود تا در نهایت انبساط کیهانی را معکوس کند. در نتیجه، فرایند انبساط جهان در نقطه‌ای متوقف شده و جهان این‌بار شروع به انقباض خواهد کرد. (مثل سنگی که به هوا پرتاب می‌شود؛ اگر جرم زمین به اندازه

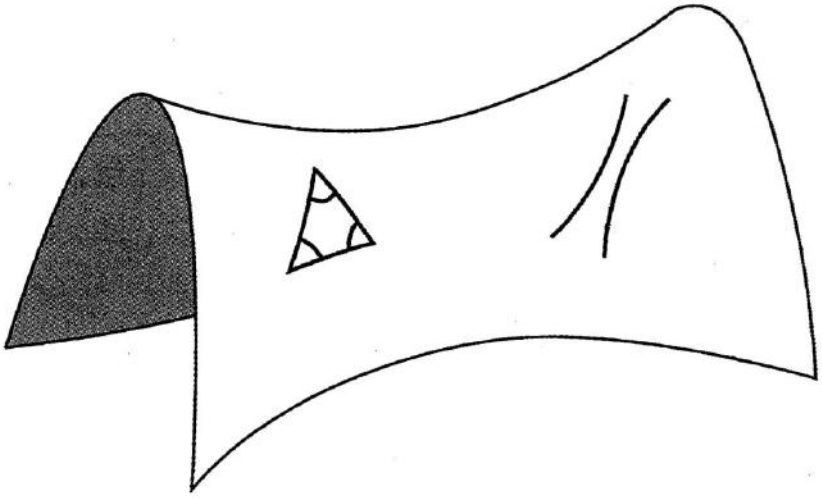


سیر تکاملی جهان، می‌تواند سه مسیر متفاوت را طی کند. اگر امگا کم‌تر از ۱ باشد (و لاندا برابر با صفر)، جهان برای همیشه به سمت انجماد بزرگ انبساط خواهد یافت. اگر امگا از ۱ بزرگ‌تر باشد، جهان به سمت فروپاشی بزرگ، منقبض خواهد شد. اگر امگا برابر با ۱ باشد، آنگاه جهان تخت بوده و برای همیشه انبساط خواهد یافت. (داده‌های ماهواره WMAP نشان می‌دهد که امگا به‌علاوه لاندا برابر با ۱، به این معناست که جهان تخت بوده و با نظریه تورم سازگار است.)

کافی بزرگ باشد، سنگ در نهایت به یک ارتفاع بیشینه رسیده و سپس به سمت زمین سقوط می‌کند.) با سرعت گرفتن کهکشان‌ها و ستارگان به سمت

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

یکدیگر، دماها شروع به افزایش می‌کنند. (اگر تاکنون لاستیک دوچرخه را باد زده باشید، می‌دانید که فشردگی گاز، گرما ایجاد می‌کند. کار مکانیکی انجام گرفته برای فشردن هوا به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود.) در نهایت دما آنقدر زیاد خواهد شد که حیات، رو به خاموشی گذاشته و جهان به سمت «فروپاشی بزرگ»[1] خواهد رفت. (ستاره‌شناسی با نام کن کراسوِل، این فرایند را اینگونه توصیف می‌کند: «از تولد تا تدفین»)



اگر امگا کوچک‌تر از ۱ باشد، (و لاندا برابر با صفر) آنگاه جهان باز است و انحنای آن منفی است، درست مثل یک زین. خطوط موازی هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند و جمع زوایای داخلی مثلث کم‌تر از ۱۸۰ درجه خواهد بود.

احتمال سومی هم وجود دارد که امگا دقیقاً با ۱ برابر باشد. به بیان دیگر، چگالی جهان برابر با چگالی بحرانی باشد که در این حالت جهان بین دو حالت فوق‌الذکر بوده و تا ابد انبساط خواهد یافت. (خواهیم دید که این سناریو با تصویر تورمی جهان سازگاری دارد.)

و در آخر این امکان وجود دارد که جهان، پس از فروپاشی بزرگ، به انفجار

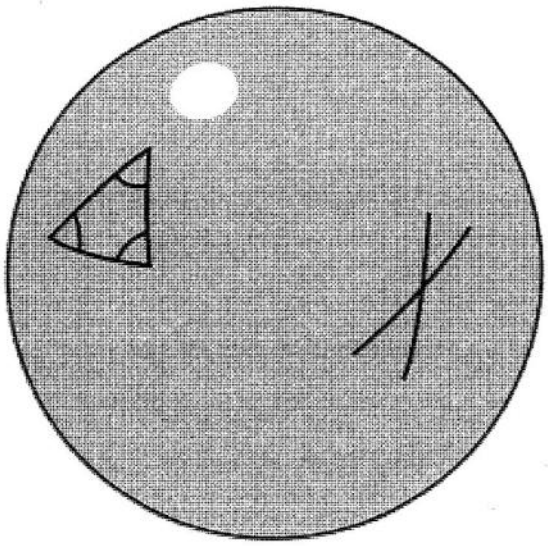
1. Big Crunch

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

بزرگ جدیدی وارد شود. این نظریه، با نام جهان نوسان‌گر شناخته می‌شود.

فریدمن نشان داد که هر کدام از این سناریوها، به نوبه خود انحنای فضا-زمان جهان را تعیین می‌کنند. وی نشان داد که اگر امگا از یک کوچک‌تر باشد و جهان برای همیشه منبسط شود، نه تنها زمان نامتناهی است، بلکه فضا نیز به همان ترتیب نامتناهی خواهد بود. در این‌صورت، گفته می‌شود که جهان «باز» است؛ یعنی هم از نظر زمان و هم از نظر فضا نامتناهی است. فریدمن با محاسبه دریافت انحنای این جهان منفی است. (این جهان شبیه سطح یک زین یا ترومپت است. اگر حشره‌ای بر روی این سطح زندگی می‌کرد، می‌دید که خطوط موازی نه تنها هرگز یکدیگر را قطع نمی‌کنند، بلکه از هم فاصله می‌گیرند و مجموع زوایای یک مثلث کم‌تر از ۱۸۰ درجه است.)

اگر امگا از ۱ بزرگ‌تر باشد، جهان در نهایت در جهت تحقق یک فروپاشی بزرگ، منقبض خواهد شد. زمان و فضا در این حالت متناهی‌اند. فریدمن دریافت که انحنای این جهان مثبت است (شبیه یک کره). در نهایت اگر امگا



اگر امگا بزرگ‌تر از ۱ باشد، آنگاه جهان بسته و انحنای آن مثبت است؛ مانند یک کره. آنگاه خطوط موازی همواره یکدیگر را قطع می‌کنند و جمع زوایای داخلی مثلث بیش از ۱۸۰ درجه خواهد بود.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

برابر با ۱ باشد، آنگاه فضا تخت است و فضا و زمان هیچ‌کدام کرانه (مرز) ندارند. (به اصطلاح بی‌کران هستند.)

فریدمن نه تنها اولین تفسیر جامع از معادلات کیهان‌شناسی اینشتین را فراهم آورد، بلکه توانست واقع‌گرایانه‌ترین تخمین را برای روز رستاخیز ارائه کند. سرنوشت نهایی جهان این است: یا در یک انجماد بزرگ نابود شده، یا در یک فروپاشی بزرگ می‌سوزد یا برای همیشه نوسان می‌کند. پارامترهای تعیین‌کننده این سرنوشت، عبارتند از: چگالی جهان و انرژی خلأ.

ولی تصویر فریدمن سوآلی را در ذهن باقی می‌گذارد. اگر جهان در حال انبساط است، احتمالاً آغازی داشته است. نظریه اینشتین چیزی در مورد این لحظه آغاز نمی‌گوید. آنچه از قلم افتاده، لحظه آفرینش است؛ انفجار بزرگ. سرانجام، سه تن از دانشمندان، ناگزیرترین تصویر از انفجار بزرگ را ارائه کردند.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

فصل ۳ انفجار بزرگ

جهان، نه فقط از آنچه ما تصور می‌کنیم عجیب‌تر است، بلکه از هرآنچه بتوانیم تصور کنیم، عجیب‌تر است.

– جِی بی اِس هالدِین

ما انسان‌ها در جستجوی یافتن راهی هستیم تا با روش تجربی منشاء جهان را کشف کنیم، چونان پنجره‌ای به سوی آگاهی ما از جهانی که خود ما را پدید آورده است. این خواست راستین انسان‌ها، چیزی است که روح انسان می‌طلبد.

– جوزف کمپبِل

روز ششم مارس سال ۱۹۹۵، نشریه تایمز تصویر کهکشان مارپیچی غول‌آسای M۱۰۰ را روی جلد چاپ کرد و نوشت: «سردرگمی کیهان‌شناسی.» آخرین داده‌های تلسکوپ فضایی هابل، نشان می‌دادند که جهان از پیرترین ستاره آن جوان‌تر است. مطابق این داده‌ها، دانشمندان عمر جهان را بین ۸ تا ۱۲ میلیارد سال محاسبه کردند، درحالیکه می‌دانستند پیرترین ستاره‌ها، ۱۴ میلیارد سال عمر دارند. کریستوفر ایمپی از دانشگاه آریزونا در این باره گفته بود: «فرزند نمی‌تواند از مادر خود پیرتر باشد.»

ولی با مطالعه دقیق مطلب، همچنان در می‌یابید که نظریه انفجار بزرگ هنوز به قوت خود باقی است. رد نظریه انفجار بزرگ با مشاهده تنها یک کهکشان، M۱۰۰، روشی علمی نیست. حتی خود مقاله نیز بیان می‌کرد که

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

بـرای تـوجیه دوگـانگی مـوجود، راه‌هـای مـتعددی وجـود دارد. یکـی از روش‌های موجود برای توجیه این تناقض، این حقیقت بود که، با استفاده از داده‌های تلسکوپ فضایی هابل، محاسبه عمر جهان با دقتی بیشتر از ۱۰ الی ۲۰ درصد، امکان‌پذیر نبود.

لازم به ذکر است که نظریه انفجار بزرگ حاصل تفکری نـظری نـیست، بلکه با استناد به صدها داده تجربی مختلف از منابع متعدد شکل گرفته است. (در علم روش‌های گوناگونی برای تولید نظریه‌ها وجود دارد. اگرچه هرکسی آزاد است تا تعبیر خود را از پیدایش جهان ارائه دهد، با این‌حال باید بتواند در نظریه خود صدها داده گردآوری شده را، که با نظریه انفجار بزرگ سازگارند، توضیح دهد.)

برای نظریه انفجار بزرگ، سه مدرک مهم وجود دارد که حاصل تلاش‌های سه دانشمند برجسته هستند: اِدوین هابل، جورج گاموف، و فِرِد هویل.

ادوین هابل، اخترشناس شریف

درست زمانی که پایه‌های نظری علم کیهان‌شناسی به‌وسیله اینشتین در حال شکل‌گیری بود، ادوین هابل، به تنهایی کیهان‌شناسی رصدی مدرن را پیش می‌برد. شاید بتوان گفت او بزرگ‌ترین ستاره‌شناس قرن بیستم بود.

هابل، پسری روستایی، محجوب، با آرزوهای بزرگ و متولد جنگل‌های مارشفیلد میسوری بود. پدر هابل که حقوقدان و کارمند بیمه بود، او را وادار کرد تا شغلی در زمینه حقوق انتخاب کند، ولی هابل در اصل شیفته کتاب‌های ژول ورن و مسحور عالم ستارگان بود. او آثار کلاسیک علمی ـ تـخیلی مـثل بیست هزار فرسنگ زیر دریا و سفر به ماه اثر ژول ورن را با اشتیاق فراوان مطالعه می‌کرد. به‌علاوه، او بوکسوری ورزیده بود. طرفدارانش از او می‌خواستند تا به دنیای حرفه‌ای‌ها وارد شود و با قهرمان سنگین وزن دنیا، جک جـانسون مسابقه دهد.

هابل موفق شد بورسیه تحصیلی معتبر رودز را کسب کند تا در دانشگاه آکسفورد رشته حقوق بخواند. در آنجا آداب مـعاشرت قشـر سـطح بـالای

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

جامعه انگلستان را آموخت. (پوشیدن لباس‌های فاستونی، کشیدن پیپ، صحبت با لهجه خاص بریتانیایی و سخن پراکنی در مورد زخم‌های ناشی از دوئل‌های خود، که شایع است آن‌ها را خودش ایجاد می‌کرد.)

با این‌حال هابل احساس خوشحالی نمی‌کرد. چیزی که واقعاً او را به هیجان می‌آورد مسلماً صحبت در مورد جراحات و طرح دعاوی نبود. تخیلات و علایق او از زمان کودکی به ستارگان مربوط می‌شدند. او با جسارت بسیار شغل خود را تغییر داد و به دانشگاه شیکاگو و رصدخانه مونت ویلسون در کالیفرنیا رفت. این رصدخانه در آن زمان با آیینه‌ای ۲/۵ متری، بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان محسوب می‌شد. هابل که کار خود را دیر آغاز کرده بود، بسیار عجله داشت. برای جبران زمان از دست رفته، سریعاً به برخی از عمیق‌ترین و قدیمی‌ترین معماهای ستاره‌شناسی هجوم برد تا پاسخ آن‌ها را بیابد.

در دهه‌ی سال‌های ۱۹۲۰ جهان مکانی آسایش بخش بود. تصور شایع بر این بود که کل جهان تنها از کهکشان راه شیری تشکیل شده است؛ نوار مه‌آلودی از نور که مانند ردی از شیر، عرض آسمان شب را می‌پوشاند. (در حقیقت لغت Galaxy به معنای کهکشان، از کلمه یونانی به معنای شیر گرفته شده است.) «مناظره‌ای بزرگ» در سال ۱۹۲۰ بین این دو ستاره‌شناس در گرفت: هارلو شِپلی از هاروارد و هِبر کورتیس از رصدخانه لیک. در این مناظره، با عنوان «ابعاد جهان»، آن‌ها به بحث در مورد اندازه کهکشان راه شیری و نیز ابعاد جهان پرداختند. شپلی معتقد بود که کهکشان راه شیری تمام جهان مرئی را تشکیل می‌دهد. از طرف دیگر، کورتیس عقیده داشت که در ورای کهکشان راه شیری «سحابی‌های مارپیچ» قرار دارند؛ توده‌هایی زیبا از ابرهای مارپیچ. (در دهه‌ی سال‌های ۱۷۰۰، امانوئل کانت فیلسوف عقیده داشت که این سحابی‌ها «جهان‌های جزیره‌ای» هستند.)

این مناظره مورد توجه هابل واقع شد. مشکل اینجا بود که اندازه‌گیری فواصل ستارگان یکی از مشکل‌ترین کارها در علم ستاره‌شناسی بوده و (هنوز هم) هست. ستاره درخشانی که در فاصله بسیار دوری قرار دارد، می‌تواند با

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

یک ستاره کم نور نزدیک اشتباه گرفته شود. این مسئله منشاء بسیاری از مجادلات در ستاره‌شناسی بوده است. هابل برای حل این مشکل نیاز به یک «شمع استاندارد» ۲۰ داشت؛ یک شیء که مقدار نور یکسانی را، در هرکجای جهان، ساطع کند. (درواقع بخش عظیمی از تلاش‌های کیهان‌شناسی تا به امروز شامل یافتن و مدرج کردن چنین شمع استانداردی بوده است. بسیاری از مناظره‌های مهم در ستاره‌شناسی حول این مسئله که این شمع‌های استاندارد تا چه حد قابل اطمینان هستند، می‌گردد.) اگر ستاره‌ای شبیه شمع استاندارد داشته باشیم که در سراسر جهان با شدت یکسان و به صورت یکنواخت نور بدهد، در این‌صورت به‌راحتی می‌توان گفت چنین ستاره‌ای اگر در آسمان چهار برابر ضعیف‌تر بدرخشد، پس دو برابر دورتر از زمین قرار دارد.

یک شب هابل هنگام بررسی عکسی از سحابی مارپیچی آندرومدا، کشف بزرگی انجام داد. آنچه که هابل در آندرومدا یافت، نوعی ستاره متغیر به نام قیفاووسی بود که البته قبلاً به‌وسیله هنریتا لِویت شناسایی شده بود. از قبل مشخص شده بود که نور این ستاره به‌طور منظم با زمان کم و زیاد می‌شود و زمان لازم برای یک دوره کامل با درخشندگی آن متناسب است. هرچه ستاره درخشنده‌تر باشد، دوره نوسانات آن طولانی‌تر خواهد بود. بنابراین تنها با اندازه‌گیری طول این دوره می‌توان روشنایی واقعی ستاره را اندازه گرفت و با مقایسه آن با روشنایی ظاهری ستاره در آسمان، فاصله آن را تا زمین تعیین کرد. هابل دوره تناوب این ستاره را برابر ۳۱/۴ روز اندازه گرفت که در کمال شگفتی معادل فاصله‌ای برابر میلیون‌ها سال نوری است؛ یعنی بسیار دورتر از کهکشان راه شیری. (قطر قرص درخشان کهکشان راه شیری تنها ۱۰۰,۰۰۰ سال نوری است. محاسبات بعدی نشان دادند که هابل در حقیقت تخمین نادقیقی از فاصله آندورمدا ارائه کرده است و این فاصله حدود دو میلیون سال نوری است.)

زمانی که هابل همین روش را در مورد دیگر سحابی‌های مارپیچی به‌کار گرفت، دریافت که آن‌ها نیز کاملاً بیرون از کهکشان راه شیری قرار دارند. به بیان دیگر برای او آشکار بود که این سحابی‌های مارپیچی، خود جهان‌هایی

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

جزیره‌ای هستند و کهکشان راه شیری ما، تنها یک کهکشان در مجموعه‌ای از کهکشان‌ها است.

به‌این‌ترتیب ناگهان ابعاد جهان، از آنچه تصور می‌شد، بسیار بزرگ‌تر شد. جهانی تنها با یک کهکشان، ناگاه با میلیون‌ها و شاید میلیاردها کهکشان دیگر پر شد. جهانی به قطر تنها ۱۰۰,۰۰۰ سال نوری، ناباورانه به جهانی به قطر میلیاردها سال نوری بدل شد.

این کشف به تنهایی توانست جایگاه هابل را در میان ستاره‌شناسان مستحکم کند. ولی برای هابل، این کافی نبود. اگرچه تنها یافتن فاصله بین کهکشان‌ها، هابل را به چهره‌ای معروف بدل کرده بود، با این‌حال او تصمیم داشت که سرعت حرکت آن‌ها را نیز محاسبه کند.

اثر دوپلر و جهان در حال انبساط

هابل می‌دانست که ساده‌ترین راه محاسبه سرعت اجرام دوردست، مطالعه تغییرات صدا یا نوری است که از خود منتشر می‌کنند. این روش به اثر دوپلر معروف است. زمانی که ماشین‌ها در بزرگراه از کنار ما می‌گذرند، این اثر را تولید می‌کنند. پلیس از اثر دوپلر برای اندازه‌گیری سرعت ماشین‌ها استفاده می‌کند. آن‌ها پرتو لیزر را به ماشین در حال حرکت می‌تابانند. این پرتو پس از برخورد، به ماشین پلیس باز می‌گردد. با تحلیل و بررسی تغییر در بسامد نور لیزر، پلیس می‌تواند سرعت ماشین را محاسبه کند.

اگر ستاره‌ای در حال حرکت به سمت زمین باشد، امواج نوری که منتشر می‌کند، مانند یک آکاردئون فشرده می‌شوند. در نتیجه طول موج آن کوتاه‌تر می‌شود. به‌این‌ترتیب ستاره زرد اندکی آبی به‌نظر می‌رسد (زیرا رنگ آبی طول موج کوتاه‌تری نسبت به رنگ زرد دارد). به‌طور مشابه اگر ستاره‌ای در حال دور شدن از زمین باشد، امواج نوری آن کشیده می‌شوند و در نتیجه طول موج‌های بلندتری ایجاد می‌کنند. بنابراین، ستاره زرد اندکی قرمز به‌نظر می‌آید. هرچه این تغییر بیشتر باشد سرعت ستاره نیز بیشتر است. بنابراین اگر تغییرات بسامد نور ستاره را بدانیم، می‌توانیم سرعت آن را تعیین کنیم.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

در سال ۱۹۱۲، ستاره‌شناسی با نام وِستو اِسلیفر دریافت که کهکشان‌ها با سرعت بسیار زیادی در حال دور شدن از زمین هستند. جهان نه فقط بسیار بزرگ‌تر از آن چیزی‌بود که تصور می‌شد بلکه با سرعت باورنکردنی در حال انبساط بود. با چشم پوشی از تغییرات کوچک، او دریافت که کهکشان‌ها از خود یک انتقال به سرخ (و نه انتقال به آبی) نشان می‌دهند. این انتقال به سرخ مسلماً به‌وسیله کهکشان‌هایی که در حال دور شدن از ما هستند، ایجاد می‌شود. کشف اسلیفر نشان داد که جهان، برخلاف تصور نیوتون و اینشتین، دینامیک است.

در تمام سال‌هایی که دانشمندان پارادوکس‌های بنتلی و اولبِرس را مورد مطالعه قرار می‌دادند، هیچ کس به‌طور جدی این احتمال را که جهان در حال انبساط باشد، را در نظر نگرفت. در سال ۱۹۲۸، هابل طی سفر مهمی به هلند با ویلهم دسیتر ملاقات کرد. هابل تحت تاثیر محاسبات دسیتر قرار گرفت که مشخص می‌کردند هرچه کهکشانی دورتر باشد، سریع‌تر حرکت می‌کند. بادکنکی را در نظر بگیرید که کهکشان‌ها بر روی سطح آن قرار گرفته‌اند. وقتی بادکنک بزرگ‌تر شود، کهکشان‌هایی که به‌هم نزدیک‌تر هستند، آهسته‌تر از هم دور می‌شوند. به عبارت دیگر، هرچه به‌هم نزدیک‌تر باشند، آهسته‌تر از هم دور می‌شوند. ولی کهکشان‌هایی که از هم دورترند، بسیار سریع‌تر از هم دور می‌شوند.

ملاقات با دسیتر، هابل را واداشت تا در داده‌های خود به جستجوی ردپایی از ادعای او بپردازد. هابل برای این‌کار از تحلیل و بررسی انتقال به سرخ کهکشان‌ها کمک گرفت. هرچه انتقال به سرخ یک کهکشان بیشتر باشد، سریع‌تر حرکت می‌کند و بنابراین باید در فاصله دورتری قرار داشته باشد. (برطبق نظریه اینشتین انتقال به سرخ یک کهکشان به‌دلیل دورشدن آن از زمین اتفاق نمی‌افتد، بلکه به علت انبساط خود فضای بین زمین و کهکشان ایجاد می‌شود. به بیان دیگر، نور ساطع شده از کهکشان‌های دوردست، به‌دلیل انبساط فضا کشیده شده و بنابراین انتقال به سرخ دارند.)

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

قانون هابل

پس از بازگشت به کالیفرنیا، هابل به پیشنهاد دسیتر به جستجوی شواهدی از ادعای او در داده‌های خود پرداخت. پس از بررسی ۲۴ کهکشان، مشاهده کرد همان‌طور که معادلات اینشتین پیشگویی کرده بودند، هرچه کهکشان‌ها دورتر باشند با سرعت بیشتری از زمین دور می‌شوند. نسبت بین این دو (سرعت تقسیم بر فاصله) تقریباً عددی ثابت بود. این عدد به ثابت هابل (H) معروف شد. H مهم‌ترین ثابت در علم کیهان‌شناسی محسوب می‌شود، زیرا ثابت هابل نشان می‌دهد که جهان با چه سرعتی در حال انبساط است.

دانشمندان به این فکر افتادند که اگر جهان در حال انبساط باشد، پس احتمالا آغازی دارد. در حقیقت عکس ثابت هابل، می‌تواند به‌طور تقریبی در محاسبه عمر جهان به ما کمک کند. به‌عنوان مثال، نوار ویدئویی ضبط شده از یک انفجار را در نظر بگیرید. در ویدئوی ضبط شده، ذرات ناشی از انفجار را در حال دور شدن از مرکز انفجار می‌بینیم. به‌این‌ترتیب می‌توانیم سرعت دور شدن ذرات را از مرکز انفجار محاسبه کنیم. ولی از طرف دیگر همچنین می‌توانیم ویدئو را به عقب بازگردانیم تا لحظه‌ای که تمام ذرات در یک نقطه متمرکز شوند. از آنجایی‌که سرعت انبساط را از قبل می‌دانیم، می‌توانیم به عقب بازگشته و زمانی را که در آن انفجار رخ داده است محاسبه کنیم.

(در محاسبات ابتدایی هابل، عمر جهان در حدود ۱/۸ میلیارد سال تخمین زده شده بود. این محاسبات منجر به سردرگمی نسل‌های متعددی از ستاره‌شناسان گردید. زیرا این عدد کم‌تر از عمری بود که برای زمین و ستارگان تصور می‌شد. سال‌ها بعد ستاره‌شناسان دریافتند که علت اندازه‌گیری نادرست ثابت هابل، خطا در اندازه‌گیری متغیرهای قیفاووسی در کهکشان آندرومدا بود. در واقع در طول هفتاد سال گذشته «نبرد هابل» به‌منظور تعیین مقدار دقیق ثابت هابل، جریان داشته است. معتبرترین مقدار، امروزه از داده‌های ماهواره WMAP به‌دست آمده است.)

در سال ۱۹۳۱، اینشتین در سفری پربار برای بازدید از رصدخانه مونت ویلسون، ابتدا با هابل ملاقات کرد. او همینکه دریافت جهان واقعاً در حال

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

انبساط است، ثابت کیهان‌شناسی را «بزرگ‌ترین اشتباه» خود نامید. (متأسفانه حتی یک اشتباه از طرف فرد برجسته‌ای مثل اینشتین، برای متزلزل کردن شالوده کیهان‌شناسی کافی است؛ همانگونه که طی فصل‌های بعدی، هنگام بحث در مورد داده‌های ماهواره WMAP نیز خواهیم دید.) هنگام بازدید همسر اینشتین از رصدخانه ماموت، به او گفته شد که وظیفه این تلسکوپ عظیم‌الجثه تعیین سرانجام نهایی جهان است. خانم اینشتین با بی‌علاقگی پاسخ داد: «همسر من این‌کار را پشت یک پاکت کهنه انجام می‌دهد.»

انفجار بزرگ

کشیش بلژیکی با نام ژرژ لِمِتره، پس از آنکه در مورد نظریه اینشتین مطالبی شنید، مجذوب این ایده شد که این نظریه به‌طور منطقی جهانی در حال انبساط را پیش‌بینی می‌کرد و بنابراین شامل ابتدایی برای جهان نیز می‌شد. از آنجایی‌که دمای گاز با فشرده شدن بالا می‌رود، او دریافت که جهان در ابتدای زمان می‌بایست فوق‌العاده داغ بوده باشد. در سال ۱۹۲۷، او بیان داشت که جهان احتمالاً از یک اَبَراتم با دما و چگالی غیرقابل تصوری نشأت گرفته است. این اَبَراتم ناگهان منفجر شده و جهان در حال انبساطِ هابل را ایجاد کرده است. او چنین نوشت: «سیر تکاملی جهان را می‌توان به یک آتش بازی تشبیه کرد که در حال حاضر به پایان رسیده است؛ آنچه باقی مانده عبارت است از: کمی تکه پاره‌های قرمزرنگ، خاکستر و دود. ما، ناظرانی هستیم که بر روی باقیمانده‌های سرد شده این آتش بازی بزرگ ایستاده‌ایم و افول آهسته خورشیدها را نظاره می‌کنیم و تلاش می‌کنیم درخشندگی از دست رفته منشاء جهان را بیاد آوریم.»

(کسی که برای اولین‌بار ایده اَبَر اتم را مطرح کرد، بازهم کسی نبود، جز ادگار آلن‌پو. او بیان داشت که مواد شکل‌های دیگر ماده را جذب می‌کنند. بنابراین در ابتدای زمان می‌بایست تمرکزی کیهانی از اتم‌ها وجود می‌داشته است.)

لِمِتره با حضور مداوم در کنفرانس‌های فیزیکی و مطرح ساختن ایده

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

خود، دیگر دانشمندان را به ستوه آورده بود. آن‌ها با حوصله به حرف‌های او گوش می‌دادند و سپس به‌راحتی ایده او را رد می‌کردند. آرتور ادینگتون، یکی از برجسته‌ترین فیزیکدانان زمان خود گفته است: «به‌عنوان یک دانشمند، نمی‌توانم به‌راحتی بپذیرم که وضعیت فعلی اجرام تنها با یک شلیک شروع شده باشد... برای من تصور آغازی ناگهانی برای نظم موجود طبیعت، غیرممکن است.»

ولی با گذشت سال‌ها، اصرار او به مرور زمان جامعه فیزیکدانان را به زانو در آورد. سرانجام، اصلی‌ترین مطرح کننده نظریه انفجار بزرگ، توانست قانع‌کننده‌ترین دلیل را برای این نظریه ارائه کند.

جورج گاموف، دلقک کیهانی

تلاش‌های هابل، این نجیب‌زاده خبره علم ستاره‌شناسی، از طریق چهره شاخص دیگری به نام جورج گاموف ادامه یافت. در بسیاری از موارد، گاموف درست نقطه مقابل هابل بود: دلقک، نقاش کارتون، شوخ طبع و مولف بیست کتاب در زمینه علم، که بسیاری از آن‌ها برای نوجوانان نوشته شده بود. نسل‌های متعددی از فیزیکدانان (از جمله خود من) با کتاب‌های مفرح و آموزنده او درباره فیزیک و کیهان‌شناسی، کار خود را آغاز کردند. در زمانی که ظهور نظریه‌های نسبیت و کوانتوم انقلابی را در جامعه علمی بپا کردند، کتاب‌های او در این تلاطم کاملاً مستقل بودند؛ در آن زمان، آن‌ها تنها کتاب‌های معتبر موجود در زمینه علم پیشرفته برای نوجوانان بودند.

گاموف که یکی از نوابغ خلاق زمان خود به شمار می‌رفت، صرفاً از این خشنود بود که در انبوهی از داده‌های خام، به‌کار سخت مشغول است. او «همه چیزدانی» بود که ایده‌هایش به‌سرعت مباحث فیزیک هسته‌ای، کیهان‌شناسی و حتی تحقیقات DNA را تغییر داد. شاید بی‌دلیل نبوده است که اتوبیوگرافی جیمز واتسون، کسی که به‌همراه فرانسیس کریک پرده از راز

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

مولکول‌های DNA برداشت*، «ژن‌ها، گاموف و دختران» نام گرفت. یکی از دوستان گاموف، به نام اِدوارد تِلِر، گفته است: «۹۰ درصد نظریه‌های پیشنهادی گاموف اشتباه بودند و فهمیدن این موضوع هم بسیار ساده بود. ولی او اهمیتی نمی‌داد. گاموف از آن دسته انسان‌هایی بود که تعصب خاصی بر روی‌یافته‌های خود نداشت. او ایده‌های خود را بدون تعصب دور می‌ریخت و مثل یک شوخی به آن‌ها نگاه می‌کرد.» ولی با این‌حال ۱۰ درصد باقی‌مانده ایده‌هایش، ادامه می‌یافتند و چشم انداز علم را تغییر می‌دادند.

گاموف در سال ۱۹۰۴، در سال‌های اولیه انقلاب سوسیالیستی، در اودسای روسیه متولد شد. او در خاطراتش اینگونه نوشته است: «در آن زمان، هنگامی که اودِسا به‌وسیله کشتی‌های دشمن بمباران می‌شد یا زمانی که نیروهای اعزامی یونانی، فرانسوی یا انگلیسی در خیابان‌های اصلی شهر، به نبرد در مقابل نیروهای سنگر گرفته سفید، قرمز یا حتی سبزپوش روسی می‌پرداختند و باز هم زمانی که نیروهای روسی، از رنگ‌های مختلف، با یکدیگر می‌جنگیدند، اغلب کلاس‌های درس تعطیل می‌شدند.»

تحول در زندگی گاموف زمانی رخ داد که او به‌طور مخفیانه کمی از نان مراسم عشاء ربانی را با خود از کلیسا به خانه آورد. زمانی که او از درون یک میکروسکوپ به نان نگریست، نتوانست در تکه‌های نان عشاء ربانی، تفاوتی را نسبت به نان معمولی مشاهده کند، تفاوتی که نشانگر وجود جسمانیت عیسی مسیح باشد. او نوشته است: «فکر می‌کنم چنین آزمایشی مرا به یک دانشمند تبدیل کرد.»

گاموف در دانشگاه لنینگراد در محضر فیزیکدانانی مثل الکساندر فریدمن به تحصیل پرداخت. بعدها در دانشگاه کپنهاگ افتخار آشنایی با بسیاری از بزرگان فیزیک، مثل نیلز بور را پیدا کرد. (در سال ۱۹۳۲ او به‌همراه همسرش تلاشی ناموفق برای ترک اتحاد جماهیر شوروی داشتند. آن‌ها قصد داشتند با استفاده از قایق، از طریق دریا، از کریمه به ترکیه بگریزند. البته

---

* برای اطلاعات بیشتر به ژنوم خوش آمدید و ۶ نظریه‌ای که جهان را تغییر داد از همین مجموعه مراجعه کنید. ناشر

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

بعدها گاموف هنگام شرکت در کنفرانس فیزیک در بروکسل موفق به این‌کار شد که ماحصل آن صدور حکم اعدام از جانب دولت اتحاد جماهیر شوروی برای او بود.)

گاموف به سرودن اشعار هجو برای دوستانش شهرت داشت. اغلب آن‌ها غیرقابل چاپ هستند، ولی یکی از این اشعار که بیانگر تشویش کیهان‌شناسان در برخورد با عظمت اعداد کیهانی و نشانه حیرت در چهره‌هایشان است، این چنین است:

مرد جوانی بود که معتقد به تثلیث بود
کسی که جذر بی‌نهایت را گرفت
ولی تعداد ارقام،
او را چنان نگران کرد که
ریاضیات را به‌دور انداخت و الهیات را برگزید.

در دهه ۱۹۲۰ در روسیه، گاموف با حل معمای چگونگی واپاشی پرتوزا، به اولین موفقیت بزرگ خود نائل آمد. در نتیجه تلاش‌های مادام کوری و دیگران، دانشمندان می‌دانستند که اتم اورانیم ناپایدار است و پرتوهایی را به صورت پرتو آلفا (متشکل از هسته اتم هلیم) منتشر می‌کند. ولی براساس مکانیک نیوتونی، انتظار می‌رود نیروی هسته‌ای مرموزی که هسته را متمرکز نگه می‌دارد، از این انتشار جلوگیری به عمل آورد. سوآل این بود، که این واپاشی چگونه امکان‌پذیر است؟

گاموف (به‌همراه آر دبلیو گورنی و ای یو کاندون) دریافت که دلیل امکان‌پذیر بودن واپاشی پرتوزا این است که در نظریه کوانتوم، مطابق اصل عدم قطعیت، هرگز نمی‌توان مکان و سرعت یک ذره را به دقت تعیین کرد؛ بنابراین احتمال کمی وجود دارد که ذره با تونل زدن از درون یک سد به بیرون نفوذ کند. (امروزه ایده تونل زنی در فیزیک بسیار اهمیت داشته و در تشریح ویژگی‌های وسایل الکترونیکی، سیاهچاله‌ها و انفجار بزرگ به‌کار می‌رود. خود جهان نیز ممکن است از طریق تونل زنی ایجاد شده باشد.)

برای درک بهتر مسئله، گاموف فردی را در زندانی تصور کرد که با

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

دیـوارهـای بـلند مـحصور شـده است. در دنـیای کـلاسیک نـیوتونی، فـرار غیرممکن است. ولی در دنیای مرموز نظریه کـوانـتوم، شـما نـمی‌دانـید کـه زندانی دقیقاً در چه نقطه‌ایست و با چه سرعتی حرکتی می‌کند. اگر زندانی به اندازه کافی با دیوارهای زندان برخورد کند، این امکان را مـی‌توان مـحاسبه کرد که روزی بتواند از درون دیوار عبور کند. این احتمال در تناقض آشکار با مکانیک نیوتونی و همین‌طور عقل سـلیم است. ولی بـا ایـن حـال، احـتمال محدود و قابل محاسبه‌ای وجود دارد که او را بتوان خارج از دیوارهای زندان یافت. برای اجرام بزرگی مثل زندانی، باید مدت زمان طولانی، حتی بیشتر از عمر جهان، صبر کرد تا این رخداد معجزه‌گونه به وقوع بـپیوندد. ولی بـرای ذرات آلفا و ذرات زیراتمی، از آنجا که این ذرات مدام با مقادیر بزرگ انرژی به دیواره‌های هسته برخورد می‌کنند، این پدیده همواره رخ می‌دهد. بسیاری معتقدند که گاموف به خاطر این کشف مهم مستحق دریافت جایزه نوبل بوده است.

در دهه ۱۹۴۰، توجه گاموف از نسبیت به کیهان‌شناسی معطوف شد. از نظر او علم کیهان‌شناسی، تا به آن روز، اقلیمی قدرتمند و کشـف نشـده بـه شمار می‌رفت. تمام آنچه که در آن زمان در مورد جهان می‌دانستند این بود که آسمان تاریک است و جهان در حال انبساط. گاموف با این ایده کار خـود را آغاز کرد: پیداکردن هر مدرک یا فسیلی که نشان‌دهنده وقوع انفجار بزرگ در میلیاردها سال پیش باشد. از آنجا که کیهان‌شناسی، به معنای واقعی کلمه، یک علم تجربی نیست، این ایده مایوس کننده به‌نظر می‌رسید. هیچ آزمایشی را نمی‌توان برای تائید صحت انفجار بزرگ ترتیب داد. کیهان‌شناسی بیشتر شبیه به یک داستان کارآگاهی است. علمی که برخلاف یک علم تجربی، که در آن می‌توانید آزمایش‌های دقیقی ترتیب دهید، تنها مبتنی بر مشاهده است؛ یعنی شما تنها به‌دنبال آثار یا شواهدی در صحنه جرم هستید.

آشپزخانه هسته‌ای جهان

کار بـعدی گـاموف، کشـف بـزرگ او در مـورد واکـنش‌های هسـته‌ای بـود.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

واکنش‌هایی که منشاء تولد سبک‌ترین عناصر موجود در جهان هستند. گاموف این یافته را «آشپزخانه تاریخی جهان» نامید؛ جایی‌که در آن تمام عناصر جهان، در ابتدا با کمک گرمای شدید ناشی از انفجار بزرگ تولید شده‌اند. امروزه این فرایند «سنتز هسته‌ای» یا محاسبه فراوانی نسبی عناصر در جهان نامیده می‌شود. گاموف عقیده داشت که زنجیره‌ای پیوسته وجود دارد که با عنصر هیدروژن آغاز می‌شود. حلقه‌های دیگر آن را می‌توان تنها با افزودن پی در پی ذرات بیشتر به اتم هیدروژن ایجاد کرد. او عقیده داشت تمام عناصر شیمیایی جدول تناوبی مندلیف، می‌توانند در دمای انفجار بزرگ ایجاد شوند.

گاموف و دانشجویانش معتقد بودند جهان در لحظه آفرینش مجموعه فوق‌العاده داغی از پروتون‌ها و نوترون‌ها بوده است، بنابراین ممکن است با وقوع همجوشی هسته‌ای، اتم‌های هیدروژن با هم ترکیب شده و اتم هلیم را ساخته باشند. در ستارگان، یا به‌عنوان مثال در یک بمب هیدروژنی، دما آنقدر زیاد است که پروتون‌های اتم هیدروژن با شدت به‌هم برخورد کرده و پس از ترکیب، هسته اتم هلیم را می‌سازند. به‌همین ترتیب، برخوردهای بعدی بین هیدروژن و هلیم، عناصر بعدی را شامل لیتیم و برلیم، تولید می‌کنند. گاموف اینطور تصور کرد که عناصر بالاتر، با افزودن پی در پی ذرات زیراتمی به هسته ایجاد می‌شوند. به بیان دیگر، تمام عناصر موجود و هر آنچه که جهان مرئی را تشکیل می‌دهد، در گرمای غیرقابل تصور گوی آتشین اولیه شکل گرفته‌اند.

گاموف پس از رسم نمای کلی برنامه بلندپروازانه خود، به رسم معمول، وظیفه پرداختن به جزئیات آن را به رالف آلفِر، یکی از دانشجویان دکترای خود واگذار کرد. او پس از تکمیل این مقاله، دست از شوخ طبعی برنداشت و نام هانس بِته فیزیکدان را بدون اطلاع خودش زیر مقاله قرار داد. این مقاله آلفا ـ بتا ـ گاما نام گرفت و مورد تحسین واقع شد.

کشف گاموف بیانگر این موضوع بود که انفجار بزرگ برای ایجاد هلیم، که حدود ۲۵ درصد جرم جهان را تشکیل می‌دهد، به اندازه کافی داغ بوده است. اگر در جهت عکس نگاه کنیم، یکی از دلایل بزرگ در تائید وجود

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

انفجار بزرگ می‌تواند همین مسئله باشد. با نگریستن به بسیاری از ستارگان و کهکشان‌ها در می‌یابیم که آن‌ها از حدود ۷۵ درصد هیدروژن و ۲۵ درصد هلیم و مقادیر ناچیزی از عناصر دیگر تشکیل شده‌اند. (دیوید اِسپرگِل، اخترفیزیکدان دانشگاه پرینستون، گفته است: «هربار که بادکنکی می‌خرید، اتم‌هایی را در دست می‌گیرید که [برخی از آن‌ها] در اولین دقایق انفجار بزرگ ایجاد شده‌اند.»)

اما گاموف در محاسبات خود با مشکلاتی مواجه شد. نظریه او برای عناصر سبک به خوبی عمل می‌کرد. ولی عناصری با ۵ و ۸ نوترون و پروتون، شدیداً ناپایدار بودند و در نتیجه نمی‌توانستند برای ایجاد عناصری با تعداد بیشتری نوترون و پروتون به‌عنوان واسطه عمل کنند. به‌این‌ترتیب این زنجیره، در اجرام ۵ و ۸ گسسته می‌شد. از آنجایی‌که جهان از عناصر سنگین، با نوترون‌ها و پروتون‌های بسیار بیشتر از ۵ یا ۸ تشکیل شده است، این مسئله به معمایی کیهانی بدل شد. شکست نظریه گاموف در تعمیم به اجرام فراتر از ۵ و ۸، سال‌ها با سرسختی تمام، تصور او را مبنی بر اینکه تمامی عناصر جهان در لحظه انفجار بزرگ ایجاد شده‌اند در هم ریخت.

تابش ریز موج زمینه

در همان زمان، ایده دیگری توجه گاموف را به خود جلب کرد: اگر انفجار بزرگ چنان داغ بوده، شاید هنوز مقداری از گرمای باقی مانده از آن، امروز در جهان موجود باشد. انفجار بزرگ شاید آنقدر بزرگ بوده که پس لرزه آن هنوز جهان را با تابشی یکنواخت پر کرده است.

در سال ۱۹۴۶ گاموف فرض کرد که انفجار بزرگ از گلوله‌ای فوق‌العاده داغ حاوی ذرات هسته‌ای آغاز شده است. از آنجا که در آن زمان در مورد ذرات زیراتمی، غیر از الکترونها، پروتون‌ها و نوترون‌ها، اطلاعات زیادی نداشتند، فرضی که گاموف درنظر گرفت منطقی به‌نظر می‌رسید. او دریافت که با محاسبه دمای این توپ هسته‌ای، می‌توان کمیت و کیفیت پرتوافشانی آن را نیز محاسبه کرد. دو سال بعد گاموف نشان داد که تابش گسیل شده از این

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

هسته اَبَرداغ، درست شبیه به «تابش جسم سیاه»[1] است. تابش جسم سیاه، نوع خاصی از پرتوافشانی است که از یک جسم داغ منتشر می‌شود؛ این جسم تمام نور برخورد کننده با خود را جذب کرده و طبق الگویی مشخص آن‌ها را باز می‌تاباند. به‌عنوان مثال خورشید، گدازه‌های آتشفشان، زغال‌های داغ در آتش یا سرامیک‌های داغ درون کوره همه به رنگ زرد ـ قرمز گداخته می‌شوند دارای تابش جسم سیاه هستند. (تابش جسم سیاه، اولین‌بار در سال ۱۷۹۲، به‌وسیله سازنده مشهور ظروف چینی، توماس وِجوود کشف شد. او مشاهده کرد زمانی که مواد خام درکوره پخته می‌شوند، با افزایش دما، رنگ آن‌ها از سرخ به زرد و سپس به سفید تغییر می‌کند.)

این موضوع از این نظر اهمیت دارد که با اندازه‌گیری طیف رنگی جسم داغ، می‌توان به‌طور تقریبی دمای آن را نیز به‌دست آورد و برعکس. فرمول دقیقی که بیانگر رابطه بین دمای جسم داغ با طیف تابش آن است، اولین‌بار به‌وسیله ماکس پلانک در سال ۱۹۰۰ ارائه شد و به تولد نظریه کوانتوم منجر گردید. (در حقیقت این یکی از روش‌هایی است که دانشمندان به کمک آن دمای خورشید را تعیین می‌کنند. خورشید اساساً نور زرد می‌تاباند. رنگ زرد با دمای حدوداً ۶۰۰۰ درجه کلوین متناظر است. به‌این‌ترتیب دمای اتمسفر خارجی خورشید را تعیین می‌کنیم. همچنین، دمای سطحی ستاره آلفای جبار ـ یک غول سرخ ـ برابر ۳۰۰۰ درجه کلوین است: دمای متناظر با جسم سیاهی به رنگ سرخ یا دمای یک تکه زغال گداخته.)

گاموف، در سال ۱۹۴۸، در مقاله‌ای برای اولین‌بار این فرضیه را مطرح کرد که تابش ناشی از انفجار بزرگ دارای مشخصاتی ویژه، شبیه تابش جسم سیاه است. مهم‌ترین ویژگی تابش جسم سیاه دمای آن است. در مرحله بعدی، گاموف می‌بایست دمای فعلی تابش جسم سیاه را محاسبه می‌کرد.

رالف آلفر، دانشجوی دکترای گاموف، به‌همراه دیگر شاگرد او، رابرت هرمن، تلاش کردند تا محاسبات گاموف را با تعیین دما تکمیل کنند. گاموف نوشت «پس از پیگیری روند طی شده، از زمان لحظات ابتدایی جهان تا به

1. Black body radiation

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

امروز، دریافتیم که از آن زمان تاکنون، جهان باید تا حدود ۵ درجه بالای صفر مطلق، خنک شده باشد.»

در سال ۱۹۴۸، آلفر و هرمن مقاله‌ای منتشر کردند که در آن با جزئیات به دلائلی پرداختند که نشان می‌داد چرا دمای پس‌تاب ناشی از انفجار بزرگ باید در زمان حال ۵ درجه بالای صفر مطلق باشد. (تخمین آن‌ها به‌طور قابل توجهی نزدیک به آن چیزی است که امروزه می‌دانیم؛ دمای صحیح ۲/۷ درجه بالای صفر مطلق است.) بر طبق ادعای آن‌ها، در زمان حال نیز این تابش ریزموج باید هنوز در سراسر جهان موجود باشد و کیهان را با پس‌تابشی یکنواخت پر کند.

(دلیل این امر چنین است: تا سال‌ها پس از انفجار بزرگ، دمای جهان آنقدر زیاد بوده که یک اتم به محض ایجاد، به‌ناچار از هم متلاشی می‌شده است. بنابراین در این دوره، الکترون‌های آزاد زیادی وجود داشتند که می‌توانستند نور را متفرق سازند. به‌این‌ترتیب جهان می‌بایست مات باشد و نه شفاف. هر پرتوی نوری که در این جهان اَبَرداغ حرکت کند، پس از طی مسیر کوتاهی جذب خواهد شد و بنابراین جهان به صورت مات و مه‌آلود دیده می‌شود. بعد از ۳۸۰,۰۰۰ سال، دما به ۳۰۰۰ درجه افت کرد. در دمای پایین‌تر از این، اتم‌ها دیگر به‌دلیل برخورد با یکدیگر متلاشی نمی‌شدند. در نتیجه اتم‌های پایدار توانستند شکل بگیرند و پرتوهای نوری حالا می‌توانستند بدون اینکه توسط الکترون‌ها جذب شوند برای سال‌ها در طول کیهان سفر کنند. به‌این‌ترتیب برای اولین‌بار، فضای خالی شفاف شد. در نتیجه این تابش که دیگر بی‌درنگ پس از انتشار جذب نمی‌شد، هم‌اکنون سراسر جهان را می‌پیماید.)

زمانی که آلفر و هرمن محاسبات نهایی خود را در مورد دمای جهان به گاموف نشان دادند، او شدیداً مایوس شد. دمای محاسبه شده به اندازه‌ای کوچک بود که اندازه‌گیری آن بسیار مشکل به‌نظر می‌رسید. یک سال طول کشید تا گاموف بالاخره صحت جزئیات محاسبات آن دو را پذیرفت. ولی در عین حال گاموف از اینکه روزی بتواند چنین تابش ضعیفی را اندازه‌گیری کند،

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

کاملاً مایوس شد. تجهیزات موجود در دهه ۱۹۴۰ برای اندازه‌گیری این پس‌تاب ضعیف، ناکافی بودند. (در محاسبه‌ای دیگر، گاموف با استفاده از یک فرض ناصحیح، توانست دمای تابش را تا ۵۰ درجه بالا آورد.)

گاموف و شاگردانش مجموعه‌ای از سخنرانی‌ها را برای معرفی کار خود ترتیب دادند. ولی بدبختانه نتایج مبتنی بر پیشگویی آن‌ها پذیرفته نشد. آلفر گفته است «ما انرژی زیادی صرف کردیم تا کار خود مطرح کنیم ولی هیچ کس ذره‌ای ارزش قائل نشد؛ هیچ کس نگفت که این دما را می‌توان اندازه گرفت... بنابراین در فاصله سال‌های ۱۹۴۸ تا ۱۹۵۵ به نوعی دچار یاس شدیم.»

گاموف، با جسارت بسیار، از طریق کتاب‌ها و سخنرانی‌های خود تبدیل به شخصیت پیشتازی شد که به تنهایی نظریه انفجار بزرگ را به پیش می‌بُرد. اما در رقابتی آتشین، همتای خود را بسیار همرتبه خود یافت. درحالیکه گاموف می‌توانست مخاطبان را با بذله گویی‌ها و لطیفه‌های خنده‌دار مجذوب کند، فِرد هویل قادر بود با استعداد و زیرکی مطلق و جسارت سلطه جویانه بر مخاطبان خود غالب شود.

فِرد هویل، مخالف‌خوان

تابش پس‌زمینه ریزموج، دومین دلیل برای تائید صحت نظریه انفجار بزرگ محسوب می‌شود. کسی که برخلاف انتظار و از طریق تشریح سنتز هسته‌ای، سومین دلیل قانع‌کننده را برای وجود انفجار بزرگ ارائه کرد، فرد هویل بود. او تمام زندگی تخصصی خود را در تلاش برای رد کردن نظریه انفجار بزرگ سپری کرد.

هویل تجسم شخصیت یک نخاله آکادمیک بود. مخالف‌خوانی با استعداد که دانش مرسوم را با روش ستیزه جویانه خود، به مبارزه می‌طلبید. درحالیکه هابل، با منش یک نجیب‌زاده آکسفوردی رقابت می‌کرد و گاموف، دلقک سرگرم کننده و دانشمندی همه چیزدان بود که می‌توانست شنوندگان را با لطیفه‌ها، شعرها و شوخی‌های خود مجذوب کند، شیوه هویل به یک سگ بولداگ خشن شبیه بود. به‌نظر می‌رسید که او اصلاً به راهروهای قدیمی

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

دانشگاه کمبریج، یعنی خواستگاه نیوتون، تعلق ندارد.

هویل در سال ۱۹۱۵ در شمال انگلستان متولد شد؛ پسر یک تاجر پارچه، در منطقه‌ای مملو از صنایع پشم. در دوران کودکی، او مبهوت علم بود؛ رادیو تازه به روستا آمده بود و طبق گفته خودش، بیست تا سی تن از افراد روستا مشتاقانه خانه‌های خود را به گیرنده‌های رادیوئی مجهز کرده بودند. ولی نقطه عطف زندگی او زمانی بود که یک تلسکوپ از پدر و مادرش هدیه گرفت.

روش مبارزه‌جویانه هویل از همان دوران کودکی آغاز شد. او در سن سه سالگی جدول ضرب را یاد گرفت. پس از آن معلمش از او خواست که اعداد رومی را هم یاد بگیرد. او به شوخی می‌گوید: «یک نفر چقدر می‌تواند احمق باشد که به‌جای ۸ بنویسد VIII؟» ولی زمانی که فهمید برطبق قانون باید به مدرسه برود، اینگونه نوشت: «در آن زمان من با دلخوری تمام اینگونه نتیجه گرفتم که در دنیایی به دنیا آمده‌ام که به‌وسیله‌ی یک هیولای وحشی بنام قانون احاطه شده که هم کاملاً قدرتمند است و هم کاملاً احمق.»

سرکشی او در مقابل مقامات مسئول در برخوردش با یکی دیگر از معلمانش نیز دیده می‌شود. معلم به دانش آموزان گفت که گل بخصوصی تنها پنج گلبرگ دارد. برای اینکه ثابت کند معلم اشتباه می‌کند، گلی را به کلاس آورد که شش گلبرگ داشت. برای چنین نافرمانی گستاخانه‌ای، معلم سیلی محکمی به گوش چپ او نواخت. (هویل بعدها از ناحیه این گوش ناشنوا شد.)

نظریه حالت پایدار

در دهه ۱۹۴۰، نظریه انفجار بزرگ چیزی نبود که بتواند هویل را قانع کند. یکی از ضعف‌های این نظریه آن بود که هابل به‌دلیل خطا در اندازه‌گیری نور کهکشان‌های دوردست، عمر جهان را به اشتباه ۱/۸ میلیارد سال اندازه گرفته بود. زمین‌شناسان ادعا کردند که زمین و منظومه شمسی احتمالاً میلیاردها سال عمر دارند. چگونه جهان می‌توانست جوان‌تر از سیارگانش باشد؟

هویل مصمم شد به‌همراه توماس گولد و هرمان بوندی، رقیبی برای این نظریه بیابد. شایعاتی وجود دارد مبنی بر اینکه نظریه آن‌ها، یعنی نظریه حالت

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

پایدار، الهام گرفته از یک فیلم ارواح در سال ۱۹۴۵، به نام مرگ شب و با بازی مایکل رِد گِریو، بوده است. این فیلم مجموعه‌ای از داستان‌های ارواح است. نکته مهیج فیلم این است که در صحنه آخر، گره جالبی وجود دارد: فیلم همانگونه که آغاز شده بود، به پایان می‌رسد. بنابراین فیلم دایره‌وار است؛ بدون ابتدا و انتها. برخی معتقدند که این سه نفر، با الهام از این فیلم، نظریه‌ای را برای جهان ارائه کردند که ابتدا و انتهایی نداشت. (گولد بعدها پرده از این داستان برداشت. او به یاد می‌آورد: «فکر می‌کنم ما آن فیلم را ماه‌ها قبل دیده بودیم و بعد از اینکه من حالت پایدار را ارائه کردم، به آن‌ها گفتم آیا این کمی شبیه به مرگ شب نیست؟»)

در مدلی که این سه نفر از جهان ارائه کردند، بخش‌هایی از جهان در حال انبساط است. با این حال ماده جدید به‌طور مداوم از هیچ تولید می‌شود. بنابراین چگالی جهان ثابت باقی می‌ماند. اگرچه این نظریه نمی‌توانست جزئیاتی از نحوه ظاهر شدن رمز آلود ماده را از هیچ ارائه کند، با این حال به سرعت نظر گروهی از سلطنت‌طلبان را که با نظریه انفجار بزرگ مخالف بودند، بخود جلب کرد. از نظر هویل غیر منطقی به‌نظر می‌رسید که یک انفجار آتشین بتواند از «هیچ» ظاهر شود و کهکشان‌ها را به تمام جهات پرتاب کند؛ او پیدایش نرم و آرام جرم را از «هیچ» ترجیح می‌داد. جهان او مستقل از زمان بود. نه آغازی داشت نه پایانی، بلکه فقط وجود داشت.

(جدال بین انفجار بزرگ و حالت پایدار شبیه به جدال بین زمین‌شناسی و علوم دیگر بود. در علم زمین‌شناسی مناقشه کهنی بین یکسان‌گرایی [باور به این موضوع که زمین با تغییرات تدریجی در گذشته شکل گرفته است] و کاتاستروفیسم [که معتقد است که زمین توسط انقلاب‌های ناگهانی طبیعی به این شکل تغییر یافته است] وجود دارد. اگرچه یکسان‌گرایی هنوز ویژگی‌های زمین‌شناسی و بوم شناختی بیشتری از زمین را توضیح می‌دهد، ولی امروزه هیچ کس نمی‌تواند تاثیر برخورد دنباله‌دارها و خرده سیارات را با زمین انکار کند. برخوردهایی که باعث انقراض دسته جمعی گونه‌های زنده شده‌اند یا با رانش صفحات سازنده پوسته زمین موجبات جدا شدن و حرکت قاره‌ها را

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

فراهم آورده‌اند.)

گفتگوهای بی بی سی

هویل هرگز از شرکت در یک مبارزه جانانه طفره نمی‌رفت. در سال ۱۹۴۹، هویل و گاموف از طرف بی بی سی دعوت شدند تا در مورد منشاء جهان به مناظره بنشینند. در طول برنامه، هویل ضربه‌ای به نظریه رقیب وارد کرد که تاریخ ساز شد. او صادقانه گفت: «تمام این نظریه‌ها براساس این فرض بنا شده‌اند که تمام مواد در زمان مشخصی در گذشته دور، در یک انفجار بزرگ ایجاد شده‌اند.» نامگذاری انجام شد. نظریه رقیب به‌وسیله بزرگ‌ترین دشمن آن رسماً «انفجار بزرگ» نام گرفته بود. (در طول سال‌ها طرفداران انفجار بزرگ تلاش کردند تا نام آن را تغییر دهند. آن‌ها از معنای عامیانه نام انفجار بزرگ و این حقیقت که به‌وسیله بزرگ‌ترین دشمنش نام نهاده شده بود، ناراضی بودند. از طرف دیگر، افراد حساس نسبت به ادبیات نامگذاری نیز از این اسم به‌دلیل نادرست بودنش ناراضی بودند. نخست اینکه انفجار بزرگ اصلاً بزرگ نبود چون از یک تکینگی[1] فوق‌العاده کوچک، بسیار کوچک‌تر از یک اتم، نشات می‌گرفت و دوم اینکه انفجاری نیز در کار نبود، زیرا که هوایی در فضا وجود نداشت. در آگوست سال ۱۹۹۳، نشریه *Sky and Telescope* مسابقه‌ای ترتیب داد تا نام جدیدی برای نظریه انفجار بزرگ بیابد. در این مسابقه سیزده هزار پیشنهاد ارائه شد، ولی داوران موفق نشدند نام بهتری را در این بین انتخاب کنند.)

مجموعه برنامه‌های تحسین برانگیز هویل در بی بی سی، باعث شد او نزد یک نسل کامل از مردم اعتبار پیدا کند. در دهه ۱۹۵۰، بی بی سی در بعداز ظهر هر جمعه، گفتگوهای زنده‌ای را ترتیب می‌داد. در یکی از این برنامه‌ها، مهمان اصلی از حضور انصراف داد و تهیه‌کنندگان مجبور شدند جایگزینی بیابند. آن‌ها با هویل تماس گرفتند و او دعوت‌شان را پذیرفت.

---

1. Singularity

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

سپس آن‌ها به پرونده هویل مراجعه کردند و یادداشتی دیدند مبنی بر اینکه «از این شخص استفاده نکنید.»

برحسب اتفاق، تهیه‌کنندگان این برنامه اخطار مکتوب تهیه‌کننده پیشین را نادیده گرفتند. به‌این‌ترتیب هویل موفق به اجرای پنج نطق نافذ برای جهانیان گردید. این برنامه کلاسیک توانست عمیقاً مردم را به خود جذب کند و به نوعی، الهام‌بخش نسل بعدی ستاره‌شناسان باشد. ستاره‌شناسی به نام والاس سارجِنت، تاثیر این مجموعه برنامه را بر روی خود اینگونه به یاد می‌آورد: «زمانی که ۱۵ ساله بودم شنیدم که فرد هویل مجموعه سخنانی را با عنوان طبیعت جهان در بی بی سی ایراد می‌کند. تصور اینکه دما و چگالی مرکز خورشید را می‌دانیم بسیار هیجان انگیز و غیرمنتظره بود. در سن ۱۵ سالگی این گونه چیزها فراتر از دانش بشری به‌نظر می‌آمد. مسئله فقط اعداد شگفت‌آور نبود، بلکه موضوع این بود که آیا اصلاً می‌توانیم این گونه چیزها را بدانیم؟»

سنتز هسته‌ای در ستارگان

هویل، تصمیم گرفت نظریه حالت پایدار خود را مورد آزمایش قرار دهد. او این ایده را برگزید که براساس آن عناصر جهان، آن‌طور که گاموف می‌گوید در کوره انفجار بزرگ ساخته نشده، بلکه در مرکز ستارگان ایجاد می‌شوند. اگر تمام عناصر شیمیایی، همه بتوانند در گرمای شدید ستارگان ساخته شوند، آنگاه دیگر نیازی به‌وجود انفجار بزرگ نخواهد بود.

هویل و همراهانش در مجموعه‌ای از مقالات در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰، با جزئیات روشن نشان دادند چگونه واکنش‌های هسته‌ای، نه در انفجار بزرگ، بلکه در مرکز یک ستاره، می‌توانند پروتون‌ها و نوترون‌های بیشتری را به هسته هیدروژن و هلیم بیافزاید، تا جایی‌که امکان ایجاد تمام عناصر سنگین تر، حداقل تا آهن فراهم آید. (به‌این‌ترتیب آن‌ها توانستند به این سوآل پاسخ دهند که چگونه عناصر با جرم اتمی بالاتر از ۵ ساخته می‌شوند؛ سوآلی که گاموف را کلافه کرده بود. جرقه‌ای در ذهن هویل باعث

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

شد که دریابد اگر حالتی ناپایدار و ناشناخته از کربن، متشکل از سه هسته هلیم وجود داشته باشد، می‌تواند آنقدر دوام بیاورد که به صورت یک پل عمل کرده و امکان ایجاد عناصر سنگین‌تر را فراهم آورد. ممکن است این شکل جدید ناپایدار کربن، بتواند در مرکز ستارگان آنقدر عمر کند که با افزودن پیوسته نوترون‌ها و پروتون‌ها امکان شکل‌گیری عناصر بالاتر از ۵ و ۸ را به‌وجود آورد. کشف این شکل ناپایدار کربن روشن ساخت که سنتز هسته‌ای بیشتر در ستارگان رخ داده است تا در انفجار بزرگ. هویل حتی یک برنامه رایانه‌ای بزرگ نوشت که می‌توانست با کمک اصول اولیه، فراوانی نسبی عناصری را که در طبیعت می‌بینیم، تعیین کند.)

اما حتی گرمای شدید مرکز ستارگان نیز برای ایجاد عناصر فراتر از آهن، مثل مس، نیکل، روی و اورانیم، کافی نیست. (تولید انرژی به وسیله همجوشی عناصر بالاتر از آهن به چند دلیل فوق‌العاده مشکل است، مثلاً دافعه پروتون‌ها در هسته و ضعف انرژی پیوند.) برای این دسته از عناصر سنگین به کوره‌ای بسیار بزرگ‌تر نیاز است: ابرنواختر (انفجار ستارگان غول‌پیکر). از آنجایی‌که در فرایند مرگ یک ستاره غول‌پیکر، زمانی که به شدت از هم می‌پاشد، گرما به میلیاردها درجه می‌رسد، در این حالت انرژی کافی برای «پختن» عناصر بالاتر از آهن مهیا می‌شود. به این معنی که اغلب عناصر فراتر از آهن در حقیقت در اتمسفر ستارگان در حال انفجار یا ابرنواخترها ایجاد شده‌اند.

در سال ۱۹۵۷، هویل به‌همراه مارگارت و جفری بربیج و ویلیام فاولر، مراحل لازم در ساخت عناصر و پیشگویی فراوانی آن‌ها را، با جزئیات دقیق، منتشر کردند. مسائل مطرح شده چنان دقیق، قدرتمند و متقاعدکننده بود که حتی گاموف نیز تصدیق کرد که هویل موفق به ارائه مهیج‌ترین تصویر از سنتز هسته‌ای شده است. گاموف، در همین رابطه، قطعه زیر را به سبک کتاب مقدس بیان کرده است. در ابتدا زمانی که خدا عناصر را می‌آفرید:

«در هیجان شمارش، او فراموش کرد جرم شماره ۵ را بشمرد و بنابراین، طبیعتاً هیچ عنصر سنگین‌تری شکل نگرفت. خدا بسیار ناراحت شد و خواست که جهان

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

را دوباره از ابتدا بسازد و همه چیز را از اول شروع کند. ولی این بیش از حد ساده بود. بنابراین از آنجایی‌که خدا بود، تصمیم گرفت اشتباه خود را به غیرممکن‌ترین روش جبران کند. و خدا گفت: «بگذار هویل باشد» و هویل به‌وجود آمد. سپس خدا به هویل نگریست... و به او گفت آن‌طور که دوست دارد عناصر سنگین را درست کند. و هویل تصمیم گرفت عناصر سنگین را در ستارگان درست کند و آن‌ها را از طریق انفجار ابرنواختران به فضا پرتاب کند.»

شاهدی برعلیه حالت پایدار

در طول چندین دهه، آرام آرام شواهد متعددی در مقابل جهان حالت پایدار قد علم کردند. هویل محکوم به شکست بود. در نظریه او جهان تکامل نمی‌یابد، بلکه به‌طور پیوسته ماده جدید ایجاد می‌کند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که جهان اولیه باید بسیار شبیه به جهان امروز باشد. کهکشان‌هایی که امروزه می‌بینیم باید بسیار شبیه به کهکشان‌های میلیاردها سال پیش باشند. به‌این‌ترتیب اگر نشانه‌هایی از تحولات چشمگیر در مسیر این میلیاردها سال وجود داشته باشد، می‌توان نظریه حالت پایدار را رد کرد.

در دهه ۱۹۶۰، منابعی ناشناخته از نیرویی عظیم در فضا کشف شدند که به اختروش‌ها یا اجرام شبه‌ستاره‌ای معروف شدند. (این اسم چنان مورد توجه واقع شد که بعدها تلویزیونی به این نام تولید شد.) اختروش‌ها مقادیر فوق‌العاده زیادی انرژی تولید کرده و انتقال به سرخ زیادی داشتند که نشان می‌داد آن‌ها در فواصل میلیاردها سال نوری از ما قرار دارند و زمانی که جهان هنوز خیلی جوان بوده است، آسمان را روشن می‌کرده‌اند. (امروزه ستاره‌شناسان بر این باورند که این‌ها کهکشان‌هایی جوان و غول‌پیکراند که محرک آن‌ها نیروی ناشی از سیاهچاله‌های عظیم است.) ما امروزه هیچ مدرکی دال بر وجود اختروش‌ها نمی‌بینیم؛ درحالی‌که برطبق نظریه حالت پایدار آن‌ها باید وجود داشته باشند. این نشان می‌دهد که آن‌ها، در طول میلیاردها سال، از بین رفته‌اند.

مشکل دیگری نیز در مورد نظریه هویل وجود داشت. دانشمندان

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

دریافتند که مقدار هلیم موجود در جهان، بیشتر از آن چیزی است که نظریه حالت پایدار پیش‌بینی می‌کند. هلیم، گاز آشنای موجود در بادکنک بچه‌ها و بالن‌ها، در حقیقت در زمین کمیاب است؛ درحالی‌که بعد از هیدروژن دومین عنصر فراوان در جهان محسوب می‌شود. در حقیقت هلیم آنقدر نادر است که اولین‌بار در خورشید یافت شد و نه در زمین. (در سال ۱۸۶۸، دانشمندان نور خورشید عبور داده شده از درون منشور را تحلیل کردند. نور منحرف شده به رنگین کمانی از رنگ‌ها و خطوط طیفی شکسته شد. با این‌حال دانشمندان خطوط طیفی ضعیفی را شناسایی کردند که گمان می‌رفت به‌وسیله عنصر ناشناخته‌ای، که قبلاً دیده نشده بود، ایجاد شده باشد. آن‌ها به اشتباه تصور کردند که این عنصر ناشناخته، یک فلز است. از آنجا که اسم اغلب فلزها به «یم» ختم می‌شود، مثل لیتیم و اورانیم، این فلز ناشناخته را نیز با اقتباس از هلیوس ــ نام یونانی خورشید ــ هلیم نام نهادند. بالاخره در سال ۱۸۹۵، هلیم بر روی زمین نیز، در رسوبات اورانیم، یافت شد و دانشمندان در کمال شرمساری دریافتند که هلیم گاز است، نه فلز.)

اگر هلیم، آن‌طور که هویل عقیده داشت، بیشتر در ستارگان ساخته می‌شد، باید بکلی نایاب می‌بود و تنها در نزدیکی مرکز ستارگان یافت می‌شد. ولی تمام داده‌های ستاره‌شناسی نشان دادند که هلیم واقعا فراوان است و ۲۵ درصد جرم جهان را تشکیل می‌دهد. به‌علاوه دیده شد که هلیم به صورت یکنواخت در سرتاسر کیهان توزیع شده است (همان‌طور که گاموف عقیده داشت).

امروزه، می‌دانیم که گاموف و هویل هردو به بخش‌های مختلفی از حقیقت سنتز هسته‌ای دست یافتند. گاموف تصور می‌کرد که تمام عناصر شیمیایی، گرد و غبار و خاکسترهای ناشی از انفجار بزرگ هستند. ولی نظریه او قربانی شکاف موجود بین ذره ۵ و ذره ۸ گردید. هویل تصور کرد تنها با نشان دادن این موضوع که ستارگان، خود تمام عناصر را بدون نیاز به هیچ انفجار بزرگی، می‌سازند، می‌تواند نظریه انفجار بزرگ را از صحنه خارج کند. اما نظریه او نیز پس از مشاهده فراوانی قابل توجه هلیم منتفی شد.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تصاویر گاموف و هویل از سنتز هسته‌ای مکمل هم هستند. همان‌طور که گاموف عقیده داشت، عناصر بسیار سبک تا اجرام ۵ و ۸، واقعاً به‌وسیله انفجار بزرگ ایجاد شده‌اند. امروزه می‌دانیم که انفجار بزرگ باعث تولید بخش اعظم دوتریم، هلیم-۳، هلیم-۴، و لیتیم-۷ موجود در طبیعت شده است. ولی آن‌طور که هویل عقیده داشت عناصر سنگین تر، تا آهن، بیشتر در مرکز ستارگان ایجاد شده‌اند. اگر ما عناصر بعد از آهن را (مثل مس، روی و طلا) که به‌وسیله گرمای فوق‌العاده ابرنواختران ایجاد شده‌اند به این ماجرا بیافزاییم، آنگاه تصویر کاملی خواهیم داشت که فراوانی نسبی تمام عناصر جهان را توضیح می‌دهد. (بنابراین هرگونه نظریه جایگزین در کیهان‌شناسی مدرن امروزی، کار سختی پیش‌رو خواهد داشت: توضیح فراوانی نسبی بیش از صد عنصر در جهان و ایزوتوپ‌های بیشمار آن‌ها.)

ستارگان چگونه زاده می‌شوند

یکی از نتایج فرعی مجادله بر سر سنتز هسته‌ای، توصیف تقریباً کاملی است که برای دوره زندگی ستارگان به‌دست می‌آید. یک ستاره معمولی، مثل خورشید ما، زندگی خود را به صورت توپ بزرگی از هیدروژن پراکنده، با نام پیش ستاره آغاز می‌کند و به مرور زمان تحت تاثیر نیروی گرانش به درون کشیده می‌شود. با شروع به فروریزش، ستاره آغازین به سرعت شروع به چرخش می‌کند. (که اغلب منجر به شکل‌گیری یک سیستم ستاره دوتایی در مداری بیضی شکل یا ایجاد سیاره‌هایی در صفحه چرخش ستاره می‌شود). دمای هسته ستاره نیز به سرعت بالا می‌رود، تا تقریباً به ۱۰ میلیون درجه یا بیشتر می‌رسد. این همان نقطه‌ای است که در آن همجوشی هسته‌های هیدروژن و تبدیل آن‌ها به هلیم اتفاق می‌افتد.

از این پس ستاره مشتعل، ستاره اصلی نامیده می‌شود و ممکن است در حدود ده میلیارد سال بسوزد تا طی این فرایند به‌آرامی هسته‌اش از هیدروژن به هلیم تبدیل شود. خورشید ما در حال حاضر در میانه این فرایند قرار دارد. پس از اینکه دوره سوختن هیدروژن به پایان برسد، خورشید شروع به

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

سوزاندن هلیم می‌کند که در نتیجه آن بسیار بزرگ شده و ابعاد آن به مدار مریخ می‌رسد. خورشید در این مرحله به یک «غول سرخ» تبدیل می‌شود. پس از اینکه سوخت هلیم در هسته به پایان رسید، لایه‌های بیرونی خورشید از هم پاشیده می‌شود و هسته ستاره به صورت «کوتوله سفید» در ابعاد حدود کره زمین باقی می‌ماند. ستاره‌های کوچک‌تر مثل خورشید ما در فضا به صورت توده‌ای از مواد هسته‌ای مرده، به شکل ستاره کوتوله سفید، به حیات خود پایان می‌دهند.

ولی در ستاره‌هایی که شاید ده تا چهل برابر خورشید جرم دارند، فرایند همجوشی بسیار سریع‌تر پیش می‌رود. زمانی که ستاره به یک اَبَرغول سرخ تبدیل می‌شود، هسته آن به سرعت عناصر سبک‌تر را ایجاد می‌کند و بنابراین به صورت یک ستاره مرکب به‌نظر می‌آید؛ کوتوله‌ای سفید درون غولی سرخ. در این کوتوله سفید، عناصر سبک‌تر از آهن، در جدول تناوبی عناصر تولید می‌شوند. زمانی که فرایند همجوشی به مرحله‌ای می‌رسد که عنصر آهن تولید شود، دیگر انرژی بیشتری از فرایند همجوشی حاصل نمی‌شود. بدین ترتیب این کوره هسته‌ای پس از میلیاردها سال بالاخره خاموش می‌شود. در این لحظه ستاره ناگهان فرو می‌پاشد و با ایجاد فشار عظیمی الکترون‌ها را به‌درون هسته‌ها می‌راند. (در این حالت چگالی به ۴۰۰ میلیارد برابر چگالی آب می‌رسد.) این امر باعث ایجاد دماهایی بالغ بر میلیاردها درجه می‌گردد. انرژی گرانشی فشرده شده در این جسم کوچک، سبب انفجار و ایجاد یک ابرنواختر می‌شود. گرمای فوق‌العاده شدید این فرایند باعث می‌شود که هم جوشی یکبار دیگر آغاز شده و عناصر بعد از آهن در جدول تناوبی شکل‌گیرند.

به‌عنوان مثال ستاره آلفای جبار، یک اَبَرغول سرخ است که آن را به‌راحتی می‌توان در صورت فلکی شکارچی (جبار) مشاهده کرد. این ستاره ناپایدار است؛ هر لحظه امکان دارد به صورت یک ابرنواختر متلاشی شده و مقادیر زیادی از پرتوهای گاما و ایکس را به اطراف خود گسیل کند. زمانی که این اتفاق بیفتد، این ابرنواختر در طول روز نیز قابل رؤیت خواهد بود و در شب

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

شاید درخشان‌تر از ماه دیده شود. (زمانی تصور می‌شد که ۶۵ میلیون سال پیش، انرژی عظیم ناشی از یک ابرنواختر، باعث از بین رفتن دایناسورها شده است.) در حقیقت یک ابرنواختر، با فاصله حدود ده سال نوری از ما، می‌تواند به تمام حیات موجود در کره زمین خاتمه دهد. خوشبختانه ستاره‌های غول‌پیکری مثل سماک اعزل (آلفای سنبله) و منکب الجبار (آلفای جبار)، بترتیب در فاصله‌های ۲۶۰ و ۴۳۰ سال نوری از ما قرار دارند و به اندازه کافی دور هستند تا در هنگام انفجارشان زمین آسیب جدی نبیند. ولی برخی دانشمندان معتقدند که انهدام جزئی موجودات دریایی در دو میلیون سال پیش با یک انفجار ابرنواختری، مربوط به ستاره‌ای با فاصله ۱۲۰ سال نوری از ما ایجاد شده است.

با این اوصاف، خورشید در حقیقت مادر واقعی زمین نیست. بسیاری از مردم سال‌ها خورشید را به‌عنوان خدا پرستیده‌اند، چون زمین زاده اوست؛ اما فقط بخشی از این امر صحیح است. اگرچه زمین در اصل از خورشید ایجاد شده است (از ذرات گرد و غباری که ۴/۵ میلیارد سال پیش به‌عنوان بخشی از صفحه دایره البروج به دور خورشید می‌چرخیدند)، اما دمای خورشید ما به سختی تنها برای همجوشی هیدروژن به هلیم کافی است. این امر بدان معناست که مادر حقیقی ما، در واقع ستاره‌ای نامشخص یا مجموعه‌ای از ستارگان بوده است که میلیاردها سال پیش در یک انفجار ابرنواختری سحابی‌های اطراف را با عناصر پس از آهن که بدن ما را ایجاد می‌کنند، بنیان گذاشته است. به تعبیری، بدن ما از گرد و غبار باقی مانده از ستارگان درست شده است؛ ستارگانی که میلیاردها سال پیش از بین رفته‌اند.

آنچه از یک انفجار ابرنواختری بر جای می‌ماند، بازمانده کوچکی به نام ستاره نوترونی است. ستاره نوترونی از مواد هسته‌ای جامدی تشکیل شده که در ابعاد شهر منهتن (تقریباً ۳۰ کیلومتر) فشرده شده‌اند. (وجود ستاره‌های نوترونی اولین‌بار در سال ۱۹۳۳، به‌وسیله ستاره‌شناس سویسی، فریتز زوئیکی، پیش‌بینی شدند. اما این ادعا چنان خیالی به‌نظر می‌رسید که تا ده‌ها سال به‌وسیله دانشمندان نادیده گرفته شد.) از آنجا که ستاره‌های نوترونی

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تابش‌های نامنظمی منتشر می‌کنند و به‌علاوه سریعاً به دور خود می‌چرخند، شبیه فانوس دریایی هستند که حین چرخش، به اطراف پرتو گسیل می‌کنند. از کره زمین، ستاره‌های نوترونی به صورت ضربان‌دار دیده می‌شوند و به‌همین دلیل است که تپ اختر نیز نامیده می‌شوند.

زمانی که ستاره‌های فوق‌العاده بزرگ، شاید بزرگ‌تر از ۴۰ برابر جرم خورشید، سرانجام به صورت یک ابرنواختر منفجر می‌شوند، ستاره‌ای نوترونی با سه برابر جرم خورشید باقی می‌گذارند. نیروی گرانش چنین ستاره نوترونی آنقدر قوی است که می‌تواند بر نیروی دافعه بین نوترون‌ها غلبه کرده و موجب فروپاشی نهایی ستاره و ایجاد سیاهچاله ــ هیجان‌انگیزترین جرم جهان ــ شود. در فصل ۵ به سیاهچاله‌ها بیشتر خواهیم پرداخت.

فضله پرندگان و انفجار بزرگ

کشف آرنو پنزیاس و روبرت ویلسون در سال ۱۹۶۵، تیر آخر را به قلب نظریه حالت پایدار وارد کرد. آن‌ها با استفاده از تلسکوپ رادیویی ۷ متری هولمدِل هورن متعلق به آزمایشگاه‌های بِل در نیوجرسی، در جستجوی سیگنال‌های رادیویی از اجرام آسمانی بودند که به امواجی دائمی، ناخواسته و مزاحم برخورد کردند. در ابتدا تصور کردند که احتمالاً خطای دستگاه‌ها باعث دریافت این امواج شده است، زیرا به‌نظر می‌رسید که این امواج به‌طور یکنواخت از تمام جهات آسمان، و نه فقط از جانب یک ستاره یا کهکشان مشخص دریافت می‌شود. با تصور اینکه این امواج ممکن است ناشی از گرد و غبار و آلودگی باشد، آن‌ها به دقت چیزی را که پنزیاس «پوشش سفید مواد عایق» (معمولاً ناشی از فضله پرندگان) می‌نامید و دهانه تلسکوپ رادیویی را می‌پوشاند، کاملاً پاک کردند. با این حال، این امواج حتی بیشتر هم شدند. با اینکه از ماهیت آن اطلاعی نداشتند ولی کاملاً تصادفی به سمت تابش ریز موج زمینه، که گروه گاموف قبلا در سال ۱۹۴۸ پیش‌بینی کرده بود هدایت شدند.

در این مرحله، تاریخ کیهان‌شناسی کمی به کمدی صامت پلیس‌های کیستون

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

شباهت پیدا می‌کند که در آن سه گروه برای یافتن پاسخ یک سوآل، بدون اطلاع از حضور یکدیگر، به جستجو می‌پردازند. در گروه اول، گاموف، آلفر و هرمن، در سال ۱۹۴۸، نظریه تابش ریز موج زمینه را مطرح کردند. آن‌ها پیش‌بینی کردند که دمای تابش ریز موج، ۵ درجه بالای صفر مطلق است. این گروه به‌دلیل اینکه تجهیزات آن زمان برای آشکارسازی چنین دمایی، به اندازه کافی دقیق نبودند از تلاش برای اندازه‌گیری دمای‌این تابش دست برداشتند. گروه دوم در سال ۱۹۶۵، پنزیاس و ویلسون همین تابش جسم سیاه را یافتند، ولی ماهیت آن برایشان ناشناخته بود. هم‌زمان، گروه سومی به رهبری رابرت دیک از دانشگاه پرینستون، به‌طور مستقل، نظریه گاموف و همکارانش را بار دیگر کشف کرده و با تلاش بسیار به جستجوی تابش زمینه پرداختند. ولی تجهیزات آن‌ها برای یافتن این تابش، خیلی ابتدایی و پیش پا افتاده بود.

این وضعیت خنده‌دار وقتی به پایان رسید که دوستی مشترک، ستاره‌شناسی به نام برنارد بِرک، پنزیاس را از فعالیت رابرت دیک مطلع ساخت. بالاخره پس از اینکه این دو گروه به‌هم پیوستند، معلوم شد که پنزیاس و ویلسون امواجی را آشکار کرده‌اند که از خود انفجار بزرگ سرچشمه گرفته‌اند. برای این کشف تاریخی، پنزیاس و ویلسون در سال ۱۹۷۸ موفق به کسب جایزه نوبل شدند.

به سال ۱۹۵۶، در ماشین کادیلاک، بین هویل و گاموف، مشهورترین حامیان دو نظریه متضاد، رویارویی مهمی صورت گرفت. ملاقاتی که می‌توانست مسیر کیهان‌شناسی را تغییر دهد. هویل می‌گوید: «به یاد می‌آورم که جورج با یک کادیلاک سفید مرا در اطراف می‌چرخاند.» گاموف بار دیگر عقیده خود را برای هویل بازگو کرد؛ که انفجار بزرگ پس‌تابشی را به‌جای گذاشته است که امروزه نیز باید مشاهده شود. محاسبات اخیر گاموف دمای این پس‌تابش را برابر ۵۰ درجه نشان می‌داد. سپس هویل موضوع حیرت‌انگیزی را افشا کرد. هویل از مقاله گمنامی خبر داشت که در سال ۱۹۴۱ به‌وسیله اندرو مک کِلِر منتشر شده بود و نشان می‌داد که دمای فضا

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

نمی‌تواند از ۳ درجه کلوین فراتر رود. در دماهای بالاتر، واکنش‌های جدیدی رخ می‌دهند که در فضا، رادیکال‌های برانگیخته کربن-هیدروژن (CH) و کربن-نیتروژن (CN) تولید می‌کنند. با اندازه‌گیری طیف نوری این مواد شیمیایی می‌توان دمای فضا را تعیین کرد. در حقیقت او دریافت که چگالی مولکولهای CN که در فضا شناسایی کرده بود، بیانگر دمایی در حدود ۲/۳ درجه کلوین است. به بیان دیگر، بدون اینکه گاموف مطلع باشد، در سال ۱۹۴۱، دمای تابش زمینه که برابر ۲/۷ درجه کلوین است، به‌طور غیرمستقیم مشخص شده بود.

هویل اینگونه به یاد می‌آورد: «نمی‌ دانم به‌دلیل راحتی فوق‌العاده کادیلاک بود که ما را منحرف کرد یا این امر که جورج مصرانه دمایی بالاتر از ۳ درجه کلوین و من دمایی در حد صفر درجه کلوین می‌خواستم؛ به‌هرحال ما شانس کشفی را که ۹ سال بعد آرنو پنزیاس و باب ویلسون انجام دادند، از دست دادیم.» اگر گروه گاموف اشتباه عددی نمی‌کردند و به دماهای پایین‌تر می‌رسیدند یا اگر هویل اینقدر خصمانه به نظریه انفجار بزرگ نمی‌نگریست، شاید تاریخ به‌گونه دیگری نوشته می‌شد.

پیامدهای شخصی انفجار بزرگ

کشف تابش ریزموج پس‌زمینه به‌وسیله پنزیاس و ویلسون تاثیری قطعی بر مسیر کار حرفه‌ای گاموف و هویل داشت. نتیجه کار پنزیاس و ویلسون برای هویل به منزله تجربه نزدیک به مرگ بود. بالاخره، در سال ۱۹۶۵ هویل رسماً در نشریه نیچر، شکست خود را اعلام کرد. او تابش ریز موج زمینه و فراوانی هلیم را دلایلی برای رها کردن نظریه حالت پایدار خود اعلام کرد. اما آن چیزی که حقیقتاً او را آزار می‌داد این بود که نظریه حالت پایدارش قدرت پیش‌بینی خود را از دست داده بود: «تصور شایع این است که تائید وجود تابش ریزموج زمینه، باعث از بین رفتن کیهان‌شناسی حالت پایدار گردید، ولی آنچه واقعاً نظریه حالت پایدار را منهدم کرد، مسائل روانشناسانه بود... اینجا در تابش ریزموج زمینه پدیده مهمی وجود داشت که پیش‌بینی نشده بود... برای سال‌های متمادی این مسئله هوش را از من ربوده بود.» (هویل بعدها

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

خود را بازیافت و با ارائه نسخه‌های جدید نظریه حالت پایدار، به تلاش برای ترمیم نظریه خود پرداخت؛ ولی باورپذیری هرکدام از نسخه‌های بعدی، کم‌تر و کم‌تر شد.)

متأسفانه، وقتی جایگاه برتر گاموف مورد تهدید واقع شد، احساس بدی به او دست داد. چنانکه از لابلای نوشته‌های گاموف استنباط می‌شود، وی از اینکه کارهای او و آلفر و هرمن به ندرت مطرح شد یا اصلاً مطرح نشد، ناراضی بود. علی‌رغم اینکه گاموف در کمال ادب در مورد این احساسش سکوت اختیار کرد، اما این مسئله در نامه‌های خصوصی او کاملاً مشهود است. او بیان داشت که نادیده گرفته شدن کار آن‌ها به‌وسیله فیزیکدانان و تاریخ نویسان علم، غیرمنصفانه بوده است.

اگرچه کار پنزیاس و ویلسون ضربه بزرگی به نظریه حالت پایدار وارد آورد و از طرف دیگر کمک کرد تا نظریه انفجار بزرگ بر روی پایه‌های تجربی استواری قرار گیرد، اما هنوز خلأهای بزرگی در درک ما از ساختار جهان منبسط شونده وجود داشت. به‌عنوان مثال، در دنیای فریدمن، برای درک سیر تکاملی جهان، باید مقدار اُمگا (توزیع میانگین ماده در جهان) را بدانیم. زمانی که مشخص شد ۹۰ درصد جرم موجود در جهان، نه از اتم‌ها و مولکول‌های شناخته شده بلکه از یک ماده جدید ناشناخته به نام «ماده تاریک» تشکیل شده است، تعیین مقدار اُمگا مشکل ساز شد. این‌بار هم اعضاء جامعه ستاره‌شناسی پیشتازان این امر را جدی نگرفتند.

اُمگا و ماده تاریک

داستان ماده تاریک، شاید یکی از عجیب‌ترین بخش‌های علم کیهان‌شناسی باشد. در دهه ۱۹۳۰، ستاره‌شناس مستقل سویسی، فریتز زوئیکی، از کلتک، مشاهده کرد که حرکت کهکشان‌های موجود در خوشه کهکشانی گیسو، به‌درستی بر قانون گرانش نیوتون منطبق نیست. او دریافت که این کهکشان‌ها چنان سریع حرکت می‌کنند که بر طبق قوانین حرکت نیوتون، اعضاء این مجموعه باید به بیرون پرتاب شده و کل مجموعه از هم بپاشد. او اندیشید که

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تنها راه حفظ اعضاء این خوشه کهکشانی در کنار هم و جلوگیری از واپاشی آن، این است که ماده موجود در این خوشه صدها برابر از آنچه با تلسکوپ دیده می‌شود، بیشتر باشد.

بدین ترتیب، یا قوانین نیوتون در فواصل کهکشانی نادرست بودند یا اینکه مقادیر عظیمی از ماده‌ای گم شده و نامرئی در خوشه گیسو وجود داشت که اجرام را در کنار هم نگه می‌داشت.

این اولین‌بار در تاریخ بود که مشاهدات، بیانگر توزیع نادرست ماده در جهان بودند. متأسفانه ستاره‌شناسان در سراسر جهان، کار پیشتازانه زوئیکی را به دلایل متعددی رد کرده یا نادیده گرفتند.

اولاً، برای ستاره‌شناسان تصور اینکه قانون گرانش نیوتون اشتباه باشد، بسیار مشکل بود، چرا که این قانون قلمرو فیزیک را برای قرن‌های متمادی تصرف کرده بود. پیش از این نیز در ستاره‌شناسی، بحران‌های مشابهی وجود داشته است. زمانی که مدار اورانوس در قرن ۱۹ مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که این مدار به‌مقدار بسیار کوچکی نسبت به مدار محاسبه شده با معادلات ایزاک نیوتون انحراف دارد. بنابراین یا نیوتون اشتباه می‌کرد یا اینکه سیاره جدیدی آنجا قرار داشت که گرانش آن بر روی اورانوس اثر می‌گذاشت. احتمال دوم درست بود و نپتون در سال ۱۸۴۶، در اولین جستجو در مکانی که به‌وسیله قوانین نیوتون پیش‌بینی شده بود، کشف شد.

مسئله بعد به شخصیت زوئیکی مربوط می‌شد و اینکه ستاره‌شناسان با غیر خودی‌ها چگونه رفتار می‌کنند. زوئیکی خیال‌پردازی بود که در طول زندگی خود اغلب نادیده یا به تمسخر گرفته می‌شد. زوئیکی در سال ۱۹۳۳، به‌همراه والتر باد، نام «ابرنواختر» را ابداع کرد و به‌درستی پیش‌بینی کرد که آنچه از یک ستاره در حال انفجار باقی می‌ماند، یک ستاره نوترونی کوچک، با قطر حدود ۲۰ کیلومتر خواهد بود. این ایده چنان عجیب بود که در ۱۹ ژانویه ۱۹۳۴، در کارتونی در لس‌آنجلس تایم به سخره گرفته شد. زوئیکی از دست گروه کوچکی از برجستگان علم ستاره‌شناسی عصبانی بود؛ کسانی که فکر می‌کرد سعی دارند او را از سرشناس شدن باز دارند، ایده‌هایش را به

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

سرقت ببرند و از دسترسی او به تلسکوپ‌های ۲/۵ و ۵ متری جلوگیری کنند. (کمی قبل از مرگش، در ۱۹۷۴ فهرستی از کهکشان‌ها را منتشر کرد. در سر آغاز این کتاب نوشته شده بود: «تذکری برای کشیشان عالیرتبه ستاره‌شناسی آمریکایی و متملقان آن‌ها.» این عبارت، بیانگر انتقادی شدید از طبیعت درونگرا و باشگاهی نخبگان ستاره‌شناسی بود که تمایل داشتند افراد تکرویی مثل او را خفه کنند. او اینگونه نوشته است«به‌نظر می‌رسد امروزه متملقان و دزدان غیررسمی، به ویژه در ستاره‌شناسی آمریکایی، آزاد هستند تا کشف‌ها و ابداعات انجام گرفته به وسیله گرگ‌های تنها و تکرو را برای خود بردارند.» او این افراد را «حرامزاده‌های کروی» نامید، زیرا «از هر طرف که به آن‌ها بنگرید، بازهم حرامزاده‌اند.» وقتی، بدون در نظر گرفتن تلاش‌های او، جایزه نوبل برای کشف ستاره نوترونی به شخص دیگری اعطا شد، زوئیکی بسیار رنجید.

در سال ۱۹۶۲، ستاره‌شناس دیگری، به نام خانم وِرا روبین، با مشکل عجیب حرکت کهکشانی مواجه شد. او حرکت وضعی کهکشان راه شیری را مورد مطالعه قرار داد و به همان مشکل برخورد کرد. واضح است که او نیز با برخورد سرد جامعه ستاره‌شناسان مواجه شد. به‌طور معمول، هرچه سیاره از خورشید دورتر باشد کندتر حرکت می‌کند و هرچه نزدیک‌تر باشد حرکتش سریع‌تر خواهد بود. به‌همین دلیل است که نام سیاره تیر یا عطارد (سیاره بادپا) از نام خدای سرعت گرفته شده است، زیرا به خورشید بسیار نزدیک است. به‌علاوه اینکه سرعت پلوتون ده برابر کم‌تر از سرعت عطارد است، به این دلیل است که بیشترین فاصله را از خورشید دارد. به‌هرحال زمانی که ورا روبین ستاره‌های آبی رنگ را در کهکشان ما بررسی کرد، مشاهده کرد که ستارگان دورتادور کهکشان، مستقل از فاصله‌شان تا مرکز کهکشانی، با یک سرعت می‌چرخند (که منحنی چرخش تخت نامیده می‌شود). بموجب این مشاهده قوانین مکانیک نیوتون به‌هم می‌ریزد. در حقیقت او دریافت که کهکشان راه شیری آنچنان سریع می‌چرخد که چاره‌ای ندارد جز اینکه اجزایش به بیرون پرتاب شوند. اما این کهکشان در مدت زمان حدود ۱۰

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

میلیارد سال کاملاً پایدار بوده است؛ این یک معما بود که چرا منحنی چرخش، تخت است. برای اینکه کهکشان در این حالت از هم پاشیده نشود، جرم آن باید ده برابر سنگین‌تر از چیزی باشد که دانشمندان تصور می‌کردند. واضح بود که ۹۰ درصد جرم کهکشان راه شیری در جایی گم شده بود.

وِرا روبین نیز نادیده گرفته شد؛ شاید بیشتر به خاطر اینکه او یک زن بود. او زمانی را به یاد می‌آورد که به‌عنوان یک کارشناس علوم به کالج سوارتمور مراجعه کرده و تصادفاً به مسئول پذیرش گفت که دوست داشته است نقاشی کند. مصاحبه گر به او گفت: «آیا تاکنون به شغلی فکر کرده‌اید که در آن تصاویری از اجرام نجومی نقاشی کنید؟» او می‌گوید: «این به تکیه کلامی برای خانواده من تبدیل شد؛ تا مدت‌ها هر وقت که مشکلی برای کسی پیش می‌آمد ما می‌گفتیم آیا تاکنون به شغلی فکر کرده‌ای‌که در آن تصاویری از اجرام نجومی نقاشی کنی؟» زمانی که او به معلم فیزیک دبیرستان خود گفت که در واسار پذیرفته شده است، او پاسخ داد: «تا زمانی که از علم دور بمانی خوب عمل خواهی کرد.» او بعدها گفت: «عزت نفس زیادی لازم بود تا به چنین چیزهایی گوش کنی و تخریب نشوی.»

پس از فارغ‌التحصیلی، او برای پذیرش در هاروارد اقدام کرد ولی پس از ازدواج از این تصمیم منصرف شد و به‌همراه همسرش که یک شیمیدان بود به کرنل رفت. (او نامه‌ای از هاروارد دریافت کرد که در زیر آن با دست نوشته شده بود: «لعنت به شما زنان. هربار که یکی از زنان لایق را پیدا می‌کنم، می‌رود و ازدواج می‌کند.») اخیراً او در یک کنفرانس ستاره‌شناسی در ژاپن شرکت کرد و تنها زن حاضر در کنفرانس بود. او اعتراف می‌کند «تا مدت‌ها من واقعاً نمی‌توانستم این داستان را بدون گریه تعریف کنم زیرا مطمئناً با گذشت یک نسل... چیز زیادی تغییر نکرده است.»

علیرغم همه این‌ها، کار دقیق و ارزشمند او و دیگران، به مرور جامعه ستاره‌شناسان را در مورد معمای جرم گم شده متقاعد کرد. تا سال ۱۹۷۸، روبین و همکارانش یازده کهکشان مارپیچی را مورد بررسی قرار داده بودند: تمام آن‌ها سریع‌تر از آن می‌چرخیدند که بتوانند بر طبق قوانین نیوتون در کنار

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

هم باقی بمانند. در همان سال ستاره‌شناس رادیویی هلندی، آلبرت بوسما، کامل‌ترین بررسی از ده‌ها کهکشان مارپیچی را منتشر کرد: تقریباً تمام آن‌ها همان رفتار غیرعادی را نشان می‌دادند. به‌نظر می‌رسید که این مسئله عاقبت بتواند جامعه ستاره‌شناسان را متقاعد کند که ماده تاریک واقعاً وجود دارد.

ساده‌ترین راه حل برای این مشکل بغرنج این بود که فرض کنیم کهکشان‌ها به‌وسیله هاله‌ای نامرئی احاطه شده‌اند که دارای جرمی ده برابر جرم خود کهکشان است. از آن زمان تاکنون، ابزار پیچیده‌تری برای اندازه‌گیری و محاسبه وجود این ماده نامرئی فراهم آمده است. یکی از موثرترین آن‌ها اندازه‌گیری انحراف نورِ ستاره‌های زمینه است؛ هنگامی که نور آنان از درون این ماده نامرئی عبور می‌کند. درست همانند عدسی عینک، ماده تاریک نیز می‌تواند نور را خم کند (به‌دلیل جرم فوق‌العاده زیاد و درنتیجه کشش گرانشی آن). اخیراً با کمک بررسی‌های دقیق رایانه‌ای روی تصاویر گرفته شده به‌وسیله تلسکوپ فضایی هابل، دانشمندان قادر شدند که نقشه توزیع ماده تاریک را در جهان به تصویر بکشند.

هم‌اکنون جدال سختی بر سر اینکه ماده تاریک از چه ساخته شده در جریان است. برخی دانشمندان گمان می‌کنند که ماده تاریک ممکن است از مواد معمولی تشکیل شده باشد با این تفاوت که این ماده بسیار تیره و تار است. (به‌عنوان مثال از ستاره‌های کوتوله قهوه‌ای، ستاره‌های نوترونی، سیاهچاله‌ها و مانند آن‌ها، که همه تقریباً نامرئی هستند.) چنین اجرامی به صورت «ماده باریونیک» در یک جا جمع می‌شوند، یعنی از باریون‌ها (مثل نوترون‌ها و پروتون‌ها) ساخته می‌شوند. در مجموع آن‌ها را ماخو[1] (مخفف اجرام پر جرم و فشرده هاله) می‌نامند.

گروهی دیگر عقیده دارند که ماده تاریک ممکن است از مواد خیلی داغ غیرباریونیک تشکیل شده باشد؛ مثل نوترینوها (به نام ماده تاریک داغ). با این حال نوترینوها چنان سریع حرکت می‌کنند که نمی‌توانند دلیل قانع‌کننده‌ای برای بیشتر توده‌های ماده تاریک و کهکشان‌هایی که ما در

1. MACHOs (Massive Compact Halo Objects)

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

طبیعت می‌بینیم باشند. بقیه نیز دست‌ها را به علامت تسلیم بالا برده و فکر می‌کنند که ماده تاریک از نوع کاملاً جدیدی از ماده با نام «ماده تاریک سرد»، یا (WIMPS[1] مخفف ذرات سنگین با برهم‌کنش ضعیف) ساخته شده است که این گزینه در توضیح بخش اعظم ماده تاریک بر دیگران مقدم است.

ماهواره COBE

احتمالاً نمی‌توان با استفاده از یک تلسکوپ معمولی، همان ابزار همیشگی ستاره‌شناسان از زمان گالیله، پرده از راز ماده تاریک برداشت. با اینکه علم ستاره‌شناسی، با کمک ابزارهای نوری زمینی استاندارد، به‌طور قابل توجهی پیشرفت داشته است، با این‌حال در دهه ۱۹۹۰، نسل جدیدی از تجهیزات نجومی شکل گرفت که از جدیدترین فناوری ماهواره‌ای، لیزر و رایانه استفاده کرد و توانست چهره کیهان‌شناسی را تغییر دهد.

یکی از نخستین دست آوردهای این فناوری جدید، ماهواره COBE (مخفف کاوشگر زمینه کیهان) بود که در نوامبر ۱۹۸۹ به فضا پرتاب شد. در حالی‌که داده‌های دریافتی پنزیاس و ویلسون تنها تعداد معدودی نقاط داده سازگار با انفجار بزرگ را تائید می‌کرد، ماهواره COBE قادر بود که نقاط داده بسیاری را اندازه‌گیری کند که دقیقاً با پیش‌گویی‌های تابش جسم سیاه که گاموف و همکارانش در سال ۱۹۴۸ انجام دادند، سازگاری داشتند.

در سال ۱۹۹۰، در جلسه انجمن ستاره‌شناسی آمریکا، ۱۵۰۰ دانشمند حاضر با مشاهده نتایج حاصل از ماهواره COBE در یک نمودار، شادمانه و تحسین‌آمیز از جای خود برخاستند تا وجود تابش پس‌زمینه ریزموج با دمای ۲/۷ کلوین را با توافق نزدیک به اجماع تائید کنند.

ستاره‌شناس پرینستون، ژِرِمی پی اوستریخر، خاطرنشان کرده است: «زمانی که فسیل‌ها در صخره‌ها یافت شدند، منشا گونه‌ها را کاملاً صریح مشخص کردند. خوب، COBE نیز فسیل‌های [جهان] را یافته بود.»

---

1. Weakly Interacting Massive Particles

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

به‌هرحال نمودارهایی که COBE ارائه کرد، دقیق نبودند. به‌عنوان مثال، دانشمندان مایل بودند که نقاط داغ یا افت و خیزهای دما درون تابش پس‌زمینه کیهانی را تحلیل و بررسی کنند؛ افت و خیزهایی که احتمالاً در آسمان تنها حدود یک درجه قوسی عرض داشتند. اما تجهیزات COBE تنها می‌توانست افت و خیزها را در عرض بیش از حدود ۷ درجه شناسایی کند. این تجهیزات به اندازه کافی حساس نبودند تا بتوانند این نقاط داغ کوچک را آشکار کنند. دانشمندان مجبور بودند که تا حصول نتایج ماهواره WMAP صبر کنند. ماهواره‌ای که قرار بود پس از تغییر قرن به فضا پرتاب شود و امید می‌رفت پاسخی برای این سوآلات و معماها بیاید.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

فصل ۴ نظریه تورم و جهان‌های موازی

هیچ چیز نمی‌تواند از هیچ سربرآورد.

ـ لوکرتیوس

فرض می‌کنیم که جهان ما واقعاً در $۱۰^{۱۰}$ سال پیش، بناگاه از هیچ به‌وجود آمده است.... پیشنهاد ساده من این است: جهان ما یکی از آن چیزهایی است که بندرت رخ می‌دهند.

ـ ادوارد ترایون

جهان، بهترین ناهار مجانی است.

ـ آلن گوث

در رمان علمی تخیلی تاو صفر، اثر پُل اَندرسون، فضاپیمایی به نام لِئونورا کریستین با هدف سفر به ستارگان اطراف به فضا پرتاب می‌شود. این فضاپیما با پنجاه مسافر، قادر است با سرعتی نزدیک به سرعت نور به منظومه‌های ستاره‌ای دیگر سفر کند. مهم‌تر از همه اینکه این فضاپیما، براساس نسبیت خاص از اصلی تبعیت می‌کند که بر طبق آن هرچه فضاپیما سریع‌تر حرکت کند، زمان درون آن کندتر می‌گذرد. بنابراین سفر به ستارگان اطراف که از نظر ساکنین روی زمین ده‌ها سال طول می‌کشد، برای مسافرین این فضاپیما تنها چندین سال به طول می‌انجامد. از دید رصدگری که از روی زمین فضانوردان را با تلسکوپ مشاهده می‌کند، آن‌ها در زمان منجمد شده و فعالیت‌های حیاتی‌شان موقتاً متوقف شده است. ولی از نظر مسافران فضاپیما، زمان کاملاً

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

طبیعی می‌گذرد. پس از اینکه فضانوردان به مقصد رسیده و قدم به دنیای جدید می‌گذارند، در می‌یابند که مسافتی برابر با ۳۰ سال نوری را، تنها در چندین سال طی کرده‌اند.

این فضاپیما معجزه مهندسی محسوب می‌شود. موتورهای اتمی رام جِت، از طریق استخراج هیدروژن از فضا و سوزاندن آن، به انرژی نامحدود دست یافته و فضاپیما را به پیش می‌رانند. فضاپیما چنان سریع حرکت می‌کند که خدمه حتی می‌توانند تغییرات دوپلر نور ستارگان را مشاهده کنند؛ به‌این ترتیب که ستارگان پیش‌روی آن‌ها آبی رنگ به‌نظر می‌رسند، درحالی‌که ستارگان پشت سر آن‌ها قرمز رنگ دیده می‌شوند.

ناگاه فاجعه‌ای رخ می‌دهد. در فاصله‌ای حدود ۱۰ سال نوری از زمین، فضاپیما هنگام عبور از درون ابری از غبار بین ستاره‌ای دچار تلاطم شده و در گردابی گرفتار می‌شود. در نتیجه مکانیزم کاهش سرعت آن برای همیشه از کار می‌افتد. خدمه وحشت زده خود را اسیر در فضاپیمای افسارگسیخته‌ای می‌یابند که هرچه بیشتر و بیشتر به سرعت نور نزدیک می‌شود. فضاپیما از کنترل خارج شده و تنها در چند دقیقه عرض منظومه‌های ستاره‌ای را طی می‌کند. به‌این‌ترتیب مسافران در مدت زمان یک سال، نیمی از کهکشان راه شیری را با سرعت سرسام‌آوری می‌پیمایند. با افزایش هرچه بیشتر سرعت، به نقطه‌ای می‌رسند که کهکشان‌ها را تنها در عرض چند ماه پشت سر می‌گذارند؛ درحالی‌که در همین مدت، بر روی کره زمین میلیون‌ها سال سپری شده است. به‌زودی سرعت آن‌ها بسیار به سرعت نور نزدیک می‌شود (وضعیت تاو صفر). در این وضعیت، آن‌ها شاهد رخدادهای کیهانی روزهای نخستینِ تولد جهان می‌شوند.

سرانجام آن‌ها شاهد معکوس شدن انبساط اصلی جهان و انقباض آن می‌شوند. با سرعت گرفتن به سمت فروپاشی بزرگ، دما به سرعت بالا می‌رود، کهکشان‌ها در هم می‌شکنند و هسته نخستین کیهانی، در مقابل چشمان‌شان شکل می‌گیرد. در این وضعیت، خدمه فضاپیما در سکوت دعا می‌خوانند. مرگ در این کوره آتشین، اجتناب ناپذیر است.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تنها امید آن‌ها این است که ماده به درون محدوده‌ای کراندار با چگالی کراندار، فروریزد و این امکان را بیابند که با استفاده از سرعت بالا از درون آن بگریزند. پوشش حفاظتی فضاپیما، به‌طور معجزه‌آسایی هنگام عبور از درون هسته نخستین از آن‌ها محافظت کرده و به‌این‌ترتیب آن‌ها نظاره‌گر پیدایش یک جهان جدید می‌گردند. زمانی که جهان بار دیگر منبسط می‌شود، آن‌ها از مشاهده پیدایش ستارگان و کهکشان‌های جدید، درست در مقابل چشمانشان، حیرت زده می‌شوند. سپس مسافران، فضاپیمای‌خود را تعمیر کرده و به دقت مسیر حرکت خود را به سمت کهکشانی تغییر می‌دهند که سن کافی برای ایجاد عناصر سنگین و در نتیجه امکان پذیرایی از حیات را داشته باشد. سرانجام موفق می‌شوند سیاره‌ای بیابند که امکان حیات بر روی آن وجود دارد. در آنجا شروع به ساختن جامعه‌ای می‌کنند تا بتوانند جامعه انسانی از نو بنا کنند.

این داستان در سال ۱۹۶۷ نوشته شده بود، درست زمانی که جدالی سخت بین ستاره‌شناسان بر سر سرنوشت نهایی جهان وجود داشت: اگر سرنوشت جهان فروپاشی بزرگ باشد، تا ابد نوسان کرده و تکرار خواهد شد. اگر جهان با انجماد بزرگ به پایان برسد، برای همیشه در حالت پایدار ادامه خواهد یافت. به‌نظر می‌رسد این جدال، از آن زمان تاکنون، آرام گرفته و نظریه جدیدی به نام تورم پدیدار شده است.

پیدایش تورم

آلن گوث، در سال ۱۹۷۹، در دفترچه یادداشت خود اینگونه نوشت: «تحققی تاثیرگذار.» گوث از اینکه به‌طور تصادفی به سمت یکی از بزرگ‌ترین ایده‌های کیهان‌شناسی هدایت شده بود، احساس شعف می‌کرد. او موفق شد پس از پنجاه سال، تنها با کمک یک رصد معمولی، اولین بازبینی اساسی را در نظریه انفجار بزرگ ارائه کند. گوث اینگونه فرض کرد که جهان درست در لحظه تولد دچار افزایش حجم یا تورم شدید شده است. این تورم، از نظر ستاره‌شناسی بسیار سریع‌تر از آنچه که اغلب فیزیکدانان تصور می‌کردند رخ

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

داده است. با این فرض، او توانست پاسخی برای برخی از عمیق‌ترین معماهای کیهان‌شناسی بیابد. او دریافت که در صورت پذیرفتن وجود چنین انبساط شدیدی، می‌توان به‌راحتی به مجموعه‌ای از سوآلات عمیق کیهان‌شناسی پاسخ داد. این همان ایده‌ای بود که کیهان‌شناسی را متحول کرد. (داده‌های اخیر کیهان‌شناسی، شامل یافته‌های ماهواره WMAP، با پیش‌بینی‌های نظریه تورم سازگارند.) با اینکه تورم تنها نظریه کیهان‌شناسی موجود نیست، ولی در عین حال می‌توان گفت ساده‌ترین و معتبرترین آن‌هاست.

مسئله قابل توجه این است که چنین ایده ساده‌ای می‌تواند به بسیاری از سوآلات پیچیده کیهان‌شناسی پاسخ دهد. یکی از سوآلاتی که نظریه تورم توانست با ظرافت به آن پاسخ دهد، معمای تخت بودن جهان است. داده‌های ستاره‌شناسی نشان می‌دادند که انحنای جهان بسیار نزدیک به صفر است؛ بسیار نزدیک‌تر به صفر، نسبت به آنچه اغلب ستاره‌شناسان قبلاً عقیده داشتند. این امر را اینگونه می‌توان توضیح داد: اگر فرض کنیم که جهان، مثل سطح بادکنکی که به سرعت باد می‌شود، در طول مدت تورم تخت شود، در این صورت این معما حل می‌شود. ما، مثل مورچه‌هایی که بر روی سطح بادکنک حرکت می‌کنند، برای مشاهده انحنای کم بادکنک، زیادی کوچک هستیم. تورم، فضا ـ زمان را چنان کشیده است که تخت به‌نظر می‌رسد.

چیزی که کشف گوث را به کشفی تاریخی بدل کرد، آن بود که این کشف، نمایانگر کاربرد فیزیک ذرات بنیادین (که به تجزیه و تحلیل کوچک‌ترین ذرات یافت شده در طبیعت می‌پردازد) در علم کیهان‌شناسی است (که به مطالعه کامل جهان شامل منشاء آن می‌پردازد). هم‌اکنون می‌دانیم که بدون وجود فیزیک ابعاد بسیار کوچک، یعنی نظریه کوانتوم و فیزیک ذرات بنیادین، نمی‌توان به عمیق‌ترین اسرار جهان پی برد.

در جستجوی یکپارچگی

گوث، در سال ۱۹۴۷، در نیو برِنزویک ایالت نیوجرسی متولد شد. برخلاف

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

اینشتین، گاموف یا هویل، هیچ وسیله یا لحظه خاصی منجر به گرایش او به دنیای فیزیک نشده بود. هیچ کدام از والدین او از فارغ‌التحصیلان کالج نبوده و به علم نیز توجه زیادی نشان نداده بودند. ولی او همواره مجذوب رابطه بین ریاضیات و قوانین طبیعت بود.

در دهه ۱۹۶۰، گوث به‌طور جدی در دانشگاه MIT، به کار در زمینه فیزیک ذرات بنیادی پرداخت. وی تحت تاثیر هیجان ناشی از وقوع انقلاب جدید قرار گرفت؛ یعنی جستجو برای یکپارچه ساختن تمام نیروهای بنیادی. برای سال‌های متمادی، علم فیزیک در جستجوی تعریف واحدی بود که بتواند پیچیدگی‌های جهان را به ساده‌ترین و منسجم‌ترین روش توضیح دهد. از دوران یونانی‌ها، دانشمندان عقیده داشتند جهانی که ما امروز می‌بینیم تکه پاره‌های باقی مانده از یک مفهوم ساده بزرگ‌تر است و هدف ما یافتن این یکپارچگی است.

فیزیکدانان پس از دو هزار سال جستجو در طبیعت ماده و انرژی، بیان کردند که جهان به کمک تنها چهار نیروی بنیادی به پیش رانده می‌شود. (تلاش دانشمندان برای‌یافتن نیروی پنجم تا به امروز بی‌نتیجه بوده است.)

نخست نیروی گرانش است؛ نیرویی که خورشید را در خود متراکم نگاه داشته و گردش سیارگان را در مدارهای خود هدایت می‌کند. اگر گرانش ناگهان از بین برود، ستارگان در آسمان منفجر شده، زمین از هم می‌پاشد و ما همه با سرعت هزاران کیلومتر در ساعت به فضا پرتاب می‌شویم.

دومین نیروی عظیم، نیروی الکترومغناطیسی است؛ نیرویی که شهرهای ما را روشن می‌کند و دنیای ما را از تلویزیون، تلفن‌های ماهواره‌ای، رادیو، پرتو لیزر و اینترنت پر کرده است. اگر نیروی الکترومغناطیسی ناگهان از بین برود، تمدن ناگاه به یک یا دو قرن پیش، به تاریکی و سکوت باز می‌گردد. خاموشی بزرگ سال ۲۰۰۳، که منجر به توقف کل فعالیت‌ها در سراسر شمال شرق ایالات متحده گردید، این مفهوم را به خوبی نمایان ساخت. اگر ما نیروی الکترومغناطیسی را به صورت میکروسکوپی بررسی کنیم، خواهیم دید که در واقع از ذرات ریز کوانتومی به نام فوتون تشکیل شده است.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

نیروی سوم، نیروی هسته‌ای ضعیف است که علت اصلی واپاشی پرتوزا است. از آنجایی‌که این نیروی ضعیف آنقدر قوی نیست که هسته‌های اتم را در کنار هم نگه دارد، به هسته اجازه می‌دهد که تجزیه شده یا از هم بپاشد. پزشکی هسته‌ای در بیمارستان‌ها شدیداً متکی بر نیروی هسته‌ای ضعیف است. این نیرو همچنین کمک می‌کند تا از طریق واپاشی مواد رادیواکتیو، مرکز کره زمین گرم شده و مواد مذاب با نیروهای سهمگین ایجاد شوند. نیروی ضعیف به نوبه خود بر این اساس قرار دارد: برهم‌کنش الکترون‌ها و نوترینوها (ذرات شبح مانندی که تقریباً بدون جرم هستند و می‌توانند بدون هیچ اثر متقابلی با ماده، از درون تریلیون‌ها کیلومتر سرب جامد عبور کنند). برهم‌کنش الکترون‌ها و نوترینوها از طریق مبادله ذرات دیگری، به نام بوزون‌های W و Z، صورت می‌پذیرد.

نیروی هسته‌ای قوی، هسته‌های اتم‌ها را در کنار هم به صورت متمرکز نگه می‌دارد. بدون نیروی هسته‌ای، هسته‌ها همگی متلاشی شده، اتم‌ها از هم می‌پاشند و جسمانیت واقعیت اطراف ما از بین می‌رود. نیروی هسته‌ای قوی، عامل وجود عناصری است که در جهان می‌بینیم. منشاء اصلی نور گسیل شده از ستارگان، برطبق معادله اینشتین، نیروهای هسته‌ای قوی و ضعیف هستند. بدون وجود نیروی هسته‌ای، تمام جهان تاریک می‌شود؛ در نتیجه دمای کره زمین پایین آمده و اقیانوس‌ها همه یخ می‌زنند.

ویژگی حیرت‌انگیز این چهار نیرو این است که آن‌ها کاملاً از نظر قدرت و سایر ویژگی‌ها با یکدیگر تفاوت دارند. به‌عنوان مثال، گرانش به مراتب از همه این چهار نیرو ضعیف‌تر است؛ 10^{36} برابر ضعیف‌تر از نیروی الکترومغناطیسی. جرم زمین، ۶ تریلیون تریلیون کیلوگرم است. اما با وجود این جرم زیاد، نیروی گرانش آن می‌تواند به‌راحتی به‌وسیله نیروی الکترومغناطیسی خنثی شود. به‌عنوان مثال می‌توانید با شانه سر خود، قطعات کوچک کاغذ را به کمک الکتریسیته ساکن از زمین بلند کنید و به‌این‌ترتیب گرانش کل زمین را خنثی سازید. به‌علاوه، گرانش نیرویی صرفاً جذب کننده است. درحالی‌که نیروی الکترومغناطیسی می‌تواند متناسب با

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

بار ذره، هم جذب کننده و هم دفع کننده باشد.

یکپارچگی در انفجار بزرگ

یکی از سوآلات اساسی که فیزیک با آن مواجه است، این است که چرا جهان باید از طریق چهار نیروی مجزا و متمایز اداره شود؟ و دیگر اینکه چرا باید این چهار نیرو تا به این اندازه نامتشابه باشند؛ با قدرت‌های متفاوت، برهم‌کنش‌های متفاوت، و فیزیک متفاوت؟

اینشتین اولین کسی بود که تلاش کرد تا این نیروها را در یک نظریه جامع، با هم یکپارچه کند. او این‌کار را با یکپارچه کردن نیروی گرانش و نیروی الکترومغناطیسی شروع کرد. البته اینشتین موفق نشد، چون بسیار جلوتر از زمان خود گام برداشته بود. در آن زمان برای اینکه بتوان یک نظریه میدان یکپارچه[1] را ارائه کرد، داده‌ها در مورد نیروی هسته‌ای قوی بسیار کم و ناکافی بودند. اما با این‌حال تلاش پیشگامانه اینشتین توجه دنیای فیزیک را به امکان ارائه یک «نظریه همه چیز» معطوف کرد.

در دهه ۱۹۵۰، دستیابی به یک نظریه میدان یکپارچه کاملاً نومیدانه به‌نظر می‌رسید، مخصوصاً زمانی که فیزیک ذرات بنیادی در آشفتگی کامل بسر می‌برد. در آن زمان، اتم‌شکن‌ها هسته‌ها را به‌منظور یافتن اجزای بنیادی مواد، متلاشی می‌کردند و صدها ذره از این آزمایش‌ها سر بر می‌آوردند. «فیزیک ذرات بنیادی» به یک تناقض لفظی، یا یک لطیفه کیهانی بدل شد. یونانی‌ها فکر می‌کردند با شکستن ماده به اجزای ابتدایی تشکیل دهنده آن، می‌توان آن را ساده‌تر کرد. اما چیزی که رخ داد خلاف این واقعیت را نشان داد: فیزیکدانان مجبور بودند برای نامگذاری تعداد بی‌شمار ذرات یافت شده، به‌دنبال حروف کافی در الفبای یونانی بگردند. جِی روبرت اُپنهایمر به طنز گفته که جایزه نوبل فیزیک در آن سال باید به فیزیکدانی اعطا شود که ذره جدیدی را کشف نکرده باشد. این تردید برای استیون واینبِرگ برنده

1. Unified field theory

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

جایزه نوبل مطرح شد که آیا ذهن انسان اصلاً این ظرفیت را دارد که راز نیروی هسته‌ای را بیابد؟

موری ژِلمن و جورج زوئیگ از کلتک، در سال‌های اولیه دهه ۱۹۶۰، با مطرح کردن ایده کوارک‌ها، همان ذرات تشکیل دهنده پروتون‌ها و نوترون‌ها، این پریشانی دیوانه وار را به نوعی آرام کردند. برطبق این نظریه، یک پروتون یا نوترون از سه کوارک تشکیل شده است و یک کوارک و آنتی‌کوارک، یک مزون (ذره‌ای که اجزاء هسته را کنار هم نگه می‌دارد) را می‌سازند. با اینکه راه حل ارائه شده جزئی و ناکامل بود (زیرا امروزه ما غرق در انواع مختلف کوارک‌ها هستیم)، ولی با این‌حال این ایده، با تزریق انرژی جدید به حوزه‌ای که زمانی در حال سکون بود، کمک بزرگی انجام داد.

در سال ۱۹۶۷، استیون واینبِرگ به‌همراه عبدوالسلام، طی کشف خارق‌العاده‌ای نشان دادند که یکپارچگی نیروی الکترومغناطیسی و نیروی ضعیف امکان‌پذیر است. آن‌ها نظریه جدیدی خلق کردند که بر اساس آن الکترون‌ها و نوترینوها (که لپتون نامیده می‌شوند) از طریق مبادله ذرات جدیدی به نام بوزون‌های W و Z و همین‌طور فوتون‌ها با یکدیگر برهم‌کنش دارند. به‌این‌ترتیب، برخورد با بوزون‌های W و Z و فوتون‌ها بر پایه مشترکی قرار می‌گرفت و نظریه جدید، دو نیرو را یکپارچه می‌ساخت. در سال ۱۹۷۹، استیون واینبِرگ و شِلدون گلاشو، به‌همراه عبدالسلام، مشترکاً، برای موفقیت در یکپارچه ساختن دو تا از این چهار نیرو، یعنی نیروی الکترومغناطیسی و نیروی ضعیف، و همین‌طور تلاش در شناساندن نیروی هسته‌ای قوی، برنده جایزه نوبل شدند.

در دهه ۱۹۷۰، فیزیکدانان داده‌های حاصل از شتاب‌دهنده ذره، در مرکز شتاب‌دهنده خطی استانفورد را مورد بررسی قرار دادند. باریکه‌ای پرانرژی از الکترون‌ها به سمت هدف شلیک شد، تا درون پروتون مورد کاوش قرار گیرد. آن‌ها دریافتند نیروی هسته‌ای قوی، که کوارک‌ها را درون پروتون نگاه داشته است، از طریق معرفی ذرات جدیدی با نام گلئون‌ها، که کوانتوم‌های نیروی هسته‌ای قوی هستند، قابل تشریح است. نیروی نگهدارنده‌ای که

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

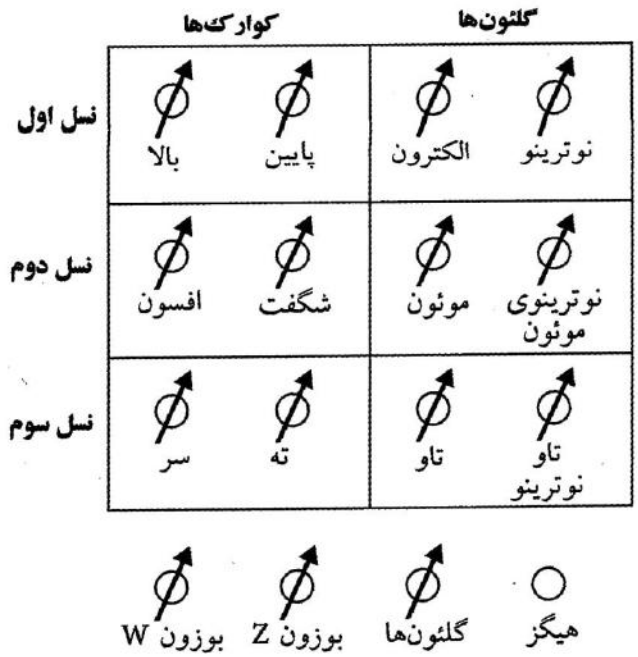
پروتون‌ها را در کنار یکدیگر نگاه می‌دارد، با تبادل گلئون‌ها بین کوارک‌های تشکیل دهنده آن‌ها توضیح داده شد. به‌این‌ترتیب نظریه جدیدی با نام کرومودینامیک کوانتومی، برای نیروی هسته‌ای قوی شکل گرفت.

بنابراین در اواسط دهه ۱۹۷۰، سه تا از این چهار نیرو (به غیر از گرانش)، با یکدیگر یکپارچه شدند. این‌کار در جهت دستیابی به یک مدل استاندارد صورت گرفت؛ نظریه‌ای برای کوارک‌ها، الکترون‌ها و نوترینوها که برهم‌کنش آن‌ها همه از طریق تبادل گلئون‌ها، بوزون‌های W و Z و همین‌طور فوتون‌ها صورت می‌گیرد. این یافته، نقطه اوج ده‌ها سال تحقیق و تفحص طاقت فرسا در فیزیک ذرات است. در حال حاضر مدل استاندارد، بدون استثناء با تمام داده‌های آزمایشگاهی مربوط به فیزیک ذرات مطابقت دارد.

اگرچه مدل استاندارد یکی از موفق‌ترین نظریات فیزیکی در همه زمان‌هاست، ولی شکل فوق‌العاده ناهنجاری دارد. باور این مسئله مشکل است که طبیعت، در یک سطح بنیادی، براساس نظریه‌ای عمل می‌کند که ظاهراً قطعاتش به‌هم وصله پینه شده‌اند. به‌عنوان مثال، ۱۹ پارامتر قراردادی در این نظریه وجود دارد که تنها به صورت دستی، بدون هیچ نظم یا دلیلی، کنار هم قرار داده شده‌اند. (یعنی جرم ذرات و قدرت برهم‌کنش‌های مختلف، از طریق نظریه تعیین نشده‌اند بلکه باید به‌وسیله آزمایش و تجربه تعیین شوند. در حالت ایده‌آل، در یک نظریه یکپارچه واقعی این مقادیر ثابت از طریق خودِ نظریه و بدون اتکا به آزمایش‌های بیرونی تعیین می‌شوند.)

وانگهی، سه کپی دقیق از ذرات بنیادی وجود دارند، که نسل‌های مختلف نامیده می‌شوند. باور این مسئله مشکل است که طبیعت، در ابتدایی‌ترین سطح خود شامل سه کپی دقیق از ذرات زیراتمی باشد. بجز در مورد جرم این ذرات، این نسل‌ها دقیقاً نسخه کپی یکدیگر هستند. (به‌عنوان مثال، نسخه کپی الکترون، میون است که ۲۰۰ برابر الکترون جرم دارد و همین‌طور ذره تاو، که ۳۵۰۰ برابر الکترون جرم دارد.) و در آخر، مدل استاندارد هیچ اشاره‌ای به گرانش نمی‌کند؛ با اینکه شاید بتوان گفت گرانش فراگیرترین نیرو در جهان است.

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly



این‌ها ذرات زیر اتمی موجود در مدل استاندارد، موفق‌ترین نظریه ذرات بنیادی، هستند. این نظریه شامل کوارک‌ها (که پروتون‌ها و نوترون‌ها را می‌سازند)، لپتون‌ها، مثل الکترون و نوترینو، و بسیاری ذرات دیگر است. توجه کنید که این مدل، سه کپی یکسان از ذرات زیراتمی را ارائه می‌دهد. از آنجایی‌که این مدل استاندارد، گرانش را در خود جای نداده است (و به‌علاوه غیراستادانه به‌نظر می‌رسد) فیزیکدانان نظری احساس می‌کنند که این نظریه نهایی نخواهد بود.

مدل استاندارد، علی‌رغم موفقیت چشمگیر آزمایشگاهی آن، چنان ساختگی به‌نظر می‌رسید که فیزیکدانان سعی کردند نظریه دیگری را به نام نظریه‌های بزرگ یکپارچگی (گات)[1] ارائه دهند. در این نظریه، کوارک‌ها و لپتون‌ها بر پایه مشترکی قرار می‌گیرند. این نظریه با گلئون‌ها، بوزون‌های W و Z و فوتون‌ها، در یک سطح برخورد می‌کند. (به‌هرحال این نمی‌توانست نظریه نهایی باشد، زیرا واضح است که گرانش در آن از قلم افتاده است؛ همان‌طور که در ادامه می‌بینیم تصور اینکه بتوان گرانش را با دیگر نیروها ادغام کرد، مشکل است.)

1. Grand Unified Theory (GUT)

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

برنامه دستیابی به یکپارچگی، بنوبه خود، الگوی جدیدی را پیش‌روی علم کیهان‌شناسی قرار داد. ایده، بسیار ساده و ظریف بود؛ درست در لحظه انفجار بزرگ، تمام چهار نیروی بنیادی در یک نیروی مجرد ذاتی با هم متحد می‌شوند؛ یک «اَبَرنیروی» مرموز. تمام چهار نیرو قدرت یکسانی داشتند و بخشی از یک کل منسجم و بزرگ‌تر بودند. به‌این‌ترتیب، جهان در وضعیتی یکپارچه کار خود را آغاز کرد. با این‌حال زمانی که جهان به سرعت شروع به انبساط و خنک شدن نمود، اَبَرنیروی اصلی «شکست» و نیروهای مختلف، یکی پس از دیگری از هم جدا شدند.

بر طبق این نظریه، فرایند خنک شدن جهان بعد از انفجار بزرگ، شبیه به منجمد شدن آب است. آب به صورت مایع، کاملاً یکپارچه و یکنواخت است. ولی زمانی که منجمد می‌شود، میلیون‌ها کریستال کوچک یخ درون آن ایجاد می‌شوند. وقتی مایع آب به‌طور کامل منجمد می‌شود، شکافها، حباب‌ها و کریستال‌های موجود در یخ یکپارچگی آن را بر هم می‌زنند.

به بیان دیگر، امروزه شاهد آن هستیم که یکپارچگی جهان به‌طور ناخوشایندی از هم گسسته است. جهانی که ما می‌بینیم به‌هیچ‌وجه یکپارچه و متقارن نیست، بلکه مملو از رشته کوه‌های ناهموار، آتش فشان‌ها، توفان‌ها، شهاب‌سنگ‌ها، و ستاره‌های در حال انفجار است. علاوه بر این، شاهد حضور چهار نیروی بنیادی، بدون هیچ‌گونه ارتباطی با یکدیگر هستیم. دلیل اینکه چرا جهان را چنین شکسته می‌بینیم، این است که جهان امروز، کاملاً پیر و سرد شده است.

اگرچه جهان در یکپارچگی کامل آغاز شد، ولی در حال حاضر پس از گذرهای فازی متعدد، یا تغییر حالت‌ها، نیروهای جهان طی فرایند خنک شدن، یکی پس از دیگری از یکدیگر جدا شده‌اند. وظیفه یک فیزیکدان این است که با بازگشت به گذشته، به بازسازی مراحل آغازین جهان (در وضعیت یکپارچه) بپردازد؛ مراحلی که جهان شکسته امروزی را پدید آورده‌اند.

بنابراین نکته مهم این است که به‌دقت بفهمیم هنگام شروع جهان، چگونه این گذرهای فازی رخ داده‌اند. فیزیکدانان به این تحولات «شکست

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

خودبه‌خودی» می‌گویند. در طی تمام گذرهای فازی، مثل ذوب شدن یخ، جوشیدن آب، ایجاد ابرهای باران زا، یا خنک شدن انفجار بزرگ، دو فاز کاملاً متفاوت از ماده به‌هم پیوند می‌خورند. (موسیقی دانی، به نام باب میلِر، قدرت تحولات مرحله‌ای را با طرح این معما به تصویر کشیده است: «چگونه می‌توانید ۲۵۰,۰۰۰ کیلوگرم آب را در هوا بدون هیچ وسیله‌ای نگه دارید؟ پاسخ: یک ابر بسازید.»)

خلأکاذب[1]

فرایند جدا شدن یک نیرو از نیروهای دیگر را می‌توان به شکسته شدن یک سد تشبیه کرد. رودخانه به سمت پایین کوه حرکت می‌کند، زیرا آب در جهت رسیدن به کم‌ترین سطح انرژی، یعنی سطح دریا، جریان می‌یابد. کم‌ترین حالت انرژی، خلأ نامیده می‌شود. به‌علاوه حالتی غیرعادی نیز وجود دارد که به آن خلأکاذب می‌گویند. به‌عنوان مثال، اگر جلوی یک رودخانه سدی بنا کنیم، اینطور به‌نظر می‌رسد که سد در وضعیتی پایدار بسر می‌برد، ولی در واقع اینطور نبوده و سد تحت فشار زیادی قرار دارد. اگر شکاف کوچکی در سد پدید آید، ناگهان این فشار زیاد باعث درهم شکستن سد می‌شود و سیلابی از انرژی را از خلأکاذب (رودخانه پشت سد) آزاد می‌کند و در نتیجه سیل عظیمی به سمت خلأ واقعی (سطح دریا) جاری می‌شود. به‌این‌ترتیب، اگر سد دچار شکست خودبه‌خودی شود و گذری ناگهانی به خلأ واقعی داشته باشیم، روستاها کاملاً در آب غرق می‌شوند.

به‌طور مشابه، در نظریه گات، آغاز جهان در حالت خلأکاذب آغاز شد که در آن، سه تا از نیروها به صورت یک نیروی یکپارچه بوده‌اند. به‌هرحال در نظریه این وضعیت ناپایدار بود و به‌همین دلیل فوراً شکسته شد؛ به‌طوری که نظریه از خلأکاذب، یعنی جایی‌که نیروها همه با هم یکپارچه بودند، به خلأ واقعی، جایی‌که نیروها شکسته شدند، تغییر حالت داد.

1. False Vacuum

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

این مسئله قبل از اینکه گوث شروع به تحلیل و بررسی نظریه گات نماید، شناخته شده بود. اما گوث چیزی را مشاهده کرد که از نگاه دیگران پنهان مانده بود. در حالت خلأکاذب، جهان به صورت نمایی، همانگونه که دِسیتر در سال ۱۹۱۷ پیش‌بینی کرده بود، منبسط می‌شود. در واقع این همان ثابت کیهان‌شناسی، انرژی خلأکاذب، است که جهان را به انبساط با چنین سرعت عظیمی وامی دارد. گوث سوآل مهمی را مطرح می‌کند: آیا انبساط نمایی دِسیتر می‌تواند به حل برخی از مشکلات کیهان‌شناسی کمک کند؟

مسئله تک‌قطبی‌ها

یکی از پیشگویی‌های نظریه‌های متعدد گات، تولید تعداد زیادی تک قطبی در آغاز زمان بوده است. یک تک قطبی، عبارت است از یک تک‌قطب مغناطیسی شمال یا جنوب. در طبیعت این قطب‌ها همواره به صورت جفت یافت می‌شوند. اگر آهن‌ربایی را در دست بگیرید، همواره یک قطب شمال و یک قطب جنوب چسبیده به‌هم خواهید داشت. اگر چکشی بردارید و آهن‌ربا را به دو نیم تقسیم کنید، در این‌صورت به‌جای داشتن دو تک قطبی، دو آهن‌ربای کوچک‌تر خواهید داشت که هرکدام قطب شمال و جنوب خود را دارند.

مشکل اینجا بود که دانشمندان پس از قرن‌ها آزمایش و تجربه، هیچ مدرک قاطعی دال بر وجود تک قطبی‌ها نیافته بودند. از آنجا که هیچ کس تا بحال یک تک قطبی ندیده بود، گوث گیج شده بود؛ پس چرا نظریه‌های گات، وجود آن‌ها را به‌مقدار زیاد پیش‌بینی می‌کردند. گوث گفته است: «علی‌رغم اینکه هیچ نوع مشاهده تائید شده‌ای وجود نداشت، تک قطبی‌ها، درست همانند اسب‌های تک شاخ، ذهن انسان‌ها را به خود مشغول می‌کردند.»

گوث ناگهان متوجه مسئله شد. در یک لحظه، تمام قطعات پازل کنار هم قرار گرفتند. او دریافت که اگر جهان در حالتی از خلأکاذب آغاز شود، می‌تواند به صورت نمایی منبسط شود، همان‌طور که دسیتر ده‌ها سال قبل گفته بود. در حالت خلأکاذب، جهان می‌تواند ناگهان به‌مقدار غیرقابل

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly

تصوری متورم شود، که به موجب آن چگالی تک قطبی‌ها رقیق می‌شود. اگر دانشمندان تاکنون هیچ تک قطبی ندیده‌اند، تنها به این دلیل است که تک قطبی‌ها در سرتاسر جهانی پخش شده‌اند که از آنچه قبلاً تصور می‌شد، بسیار بزرگ‌تر است.

از نظر گوث، این کشف شگفت‌آور و لذت بخش بود. چنین مشاهده ساده‌ای می‌توانست معمای تک قطبی‌ها را به سادگی حل کند. اما گوث دریافت که تعابیر کیهان‌شناسانه این پیشگویی، بسیار فراتر از ایده اولیه او هستند.

معمای تخت بودن جهان

گوث دریافت که نظریه او معمای دیگری را نیز حل می‌کند؛ معمای تخت بودن جهان، که قبلاً نیز به آن اشاره شد. در آن زمان، تصویر استاندارد انفجار بزرگ، نمی‌توانست توضیح دهد که چرا جهان اینقدر تخت است. در دهه ۱۹۷۰، این عقیده وجود داشت که چگالی ماده در جهان، به نام اُمگا، در حدود ۰/۱ است. این حقیقت که این چگالی، میلیاردها سال پس از انفجار بزرگ، به چگالی بحرانی برابر با ۱ نزدیک بود، عمیقاً آزار دهنده بود. با انبساط جهان، اُمگا باید با زمان تغییر کند. متأسفانه این عدد به ۱ نزدیک بود، که نشانگر یک فضای کاملاً هموار و تخت است.

معادلات اینشتین نشان می‌دهند که اُمگا در ابتدای زمان هر مقدار معقولی که داشته باشد، امروز باید تقریباً برابر صفر باشد. برای اینکه میلیاردها سال پس از انفجار بزرگ، اُمگا عددی نزدیک به ۱ باشد، تنها به یک معجزه نیاز است. این مسئله در علم کیهان‌شناسی مسئله تنظیم دقیق نامیده می‌شود. خدا یا یک آفریدگار، باید مقدار اُمگا را با دقت اعجاب انگیزی انتخاب کرده باشد، تا امروز بتواند مقداری برابر ۰/۱ داشته باشد. برای اینکه مقدار اُمگا امروز بین ۰/۱ و ۱۰ باشد، یک ثانیه پس از انفجار بزرگ باید مقداری برابر ۱/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ داشته باشد. به بیان دیگر، در آغاز زمان مقدار اُمگا می‌بایست با دقت یک تریلیونیم، مساوی عدد ۱ بوده باشد، که پذیرش

@caffeinebookly caffeinebookly @caffeinebookly caffeinebookly t.me/caffeinebookly