

فهرست مطالب

۷	پیش‌گفتار
۱۱	فصل اول: مرزهای واقعیت
۱۹	فصل دوم: همزادهای بی‌پایان
۴۹	فصل سوم: ابدیت و بی‌نهایت
۸۷	فصل چهارم: وحدت بخشیدن به قوانین طبیعت
۱۲۳	فصل پنجم: گیتی‌های سرگردان در بُعدهای نزدیک
۱۴۹	فصل ششم: تفکر نو درباره‌ی یک ثابت کهنه
۱۸۹	فصل هفتم: علم و بسگیتی
۲۱۷	فصل هشتم: چندجهانیِ اندازه‌گیری کوانتومی
۲۶۹	فصل نهم: سیاه‌چاله‌ها و هولوگرام‌ها
۳۰۹	فصل دهم: گیتی‌ها، کامپیوترها و واقعیت ریاضی
۳۴۷	فصل یازدهم: محدودیت‌های پژوهش
۳۶۵	یادداشت‌ها

پیش‌گفتار

موضوعی که در آغاز قرن بیستم تردیدهایی درباره‌ی آن وجود داشت، در آغاز قرن بیست و یکم دیگر نتیجه‌ای مسلم شمرده می‌شود: تجربه‌ی روزمره‌ی ما، هنگام کشف ماهیت راستین واقعیت، گمراه‌کننده است. اما اگر بیش‌تر تأمل کنیم، چندان شگفت‌زده نخواهیم شد. نیاکان ما در جنگل‌ها گردهم می‌آمدند و برای شکار به دشت‌ها می‌رفتند، اما استعداد محاسبه‌ی رفتار کوانتومی الکترون‌ها یا تعیین مفاهیم کیهان‌شناختی سیاه‌چاله‌ها تأثیری در بقای آن‌ها نداشت. اما بزرگ‌تر شدن مغز انسان مزیت‌هایی داشت و با رشد قوای عقلانی ما، توانایی‌مان برای کندوکاو عمیق دنیای اطراف‌مان نیز بیش‌تر شد. برخی از نیاکان ما برای افزایش گستره‌ی حواس‌مان تجهیزاتی ساختند. برخی دیگر با روش نظام‌مند آشکارسازی و بیان الگوها، یعنی ریاضیات، انس گرفتند. ما با کمک این ابزار با دقت به آن‌سوی ظواهر نظر کردیم.

ما برای کشف قلمروهای جدید باید دیدگاه‌مان را درباره‌ی کیهان بسیار تغییر می‌دادیم. ما، به‌کمک بینش فیزیکی و دقت ریاضی و راهنمایی و تأیید تجربه و آزمایش، اثبات کردیم فضا، زمان، ماده و انرژی گنجه‌ای از رفتارها را نشان می‌دهند که به هیچ‌کدام از مشاهده‌های بی‌واسطه‌ی ما شباهتی ندارد. و اکنون، تحلیل‌های نافذ و کشف‌های مرتبط ما را به درکی بی‌اندازه جدید می‌رسانند: تفکر درباره‌ی این امکان که گیتی^۱ ما تنها گیتی‌ای نیست که وجود دارد. کتاب واقعیت پنهان به بررسی این امکان می‌پردازد. هنگام نگارش واقعیت پنهان فرض کردم خواننده‌ی کتاب هیچ تخصصی در زمینه‌ی فیزیک یا ریاضیات ندارد. در این کتاب هم، مانند کتاب‌های قبلی‌ام، از استعاره و تمثیل سود جُسته‌ام و جای‌جایش مملو از وقایع تاریخی است تا شرحی قابل‌فهم از برخی از عجیب‌ترین و گویاترین بینش‌های فیزیک جدید به‌دست‌بدهم که شاید درستی‌شان در آینده اثبات شود. خواننده برای درک مفاهیم کتاب باید روش‌های مرسوم تفکر را کنار بگذارد و سراغ قلمروهای نامترقبه‌ی واقعیت برود. او به سفری می‌رود که بسیار هیجان‌انگیز و قابل‌فهم است و پیخ‌وخم‌های علمی مسیر را علامت‌گذاری می‌کنند. من با آگاهی این مسیر را برگزیده‌ام تا چشم‌اندازی از ایده‌ها ترسیم کنم که کش‌وقوس دره‌های آن دنیایی از تجارب روزمره تا تجارب کاملاً ناآشنا را دربرمی‌گیرد.

تفاوت رویکرد من در این کتاب با کتاب‌های دیگر این است که از فصل‌های ابتدایی، که به‌طور نظام‌مندی به معرفی مطالب مقدماتی از قبیل نسبت خاص و عام و مکانیک کوانتومی اختصاص دارد، صرف‌نظر کرده‌ام. به‌جای آن، در اغلب موارد، مقدمات «موردنیاز» را ارائه کرده‌ام؛ اگر در مواردی، برای حفظ انسجام کتاب، به مطالب بیش‌تری نیاز باشد، به خواننده‌ی باتجربه‌تر اطلاع داده‌ام که از خواندن کدام بخش‌ها صرف‌نظر کند.

در مقابل، آخرین صفحات فصول کتاب تنوع رویکرد عمیق‌تری دارند و شاید در نظر برخی خوانندگان چالش‌برانگیز باشند. در این مواقع، خلاصه‌ای برای خواننده‌ی کم‌تجربه‌تر آورده‌ام یا پیشنهاد داده‌ام برای حفظ پیوستگی، هنگام خواندن از این بخش‌ها بگذرد. با وجود این، همه را در حد علاقه و تحمل‌شان به خواندن این بخش‌ها تشویق می‌کنم. در مواردی که بحث توصیفی‌تر است، مخاطبان وسیع‌تری را در نظر داشته‌ام و تنها پیش‌نیاز لازم برای خواندن این مطالب استقامت و پشتکار است.

به این ترتیب، یادداشت‌ها با هم تفاوت دارند. خواننده‌ی مبتدی می‌تواند کاملاً از آن‌ها چشم‌پوشد و خواننده‌ی باتجربه‌تر شرح‌و‌بسط‌هایی در یادداشت‌ها خواهد یافت که از نظر من مهم‌اند، اما تصور می‌کنم خواندن آن‌ها در متن طاقت‌فرسا باشد. بیش‌تر یادداشت‌ها برای خوانندگانی نوشته شده که در ریاضیات یا فیزیک آموزش رسمی دیده‌اند.

هنگام نگارش واقعیت پنهان از نظرات انتقادی و بازخوردهای تعدادی از دوستان، همکاران و بستگانی که بخشی یا کل فصول کتاب را خواندند بهره‌مند شدم. به‌ویژه از دیوید آلبرت، تریسی دی، ریچارد ایستر، ریتا گرین، سیمون جوداس، دنیل کابات، دیوید کاگان، پل کایزر، رافائل کاسپر، خوان مالداسنا، کاتینکا ماتسون، ماولیک پارلیخ، مارکوس پوزل، مایکل پوپوویتز و کن وینبرگ که از همه‌ی آن‌ها سپاسگزارم. همکاری با ویراستارم در انتشارات ناپف، مارتی آشر، همواره لذت‌بخش بوده است. از اندرو کارلسون به‌سبب راهنمایی‌های تخصصی‌اش در مراحل پایانی تولید کتاب تشکر می‌کنم. تصویرسازی‌های فوق‌العاده‌ی جیسون سور به ارائه‌ی مطالب بسیار کمک کرده است؛ به‌خاطر استعداد و شکیبایی‌اش از او سپاسگزارم. همچنین از کارگزاران ادبی‌ام، کاتینکا ماتسون و جان بروکمن، تشکر می‌کنم.

برای تکمیل رویکردی که در این کتاب آورده‌ام از گفت‌وگوهای فراوان با همکارانم سود جُسته‌ام. علاوه بر افراد فوق، مایلم از رافائل یوسو، رابرت براندنبرگر، فردریک

دنف، ژاک دیستلر، مایکل داگلاس، لام هویی، لورنس کراوس، یانا لوین، آندری لینده، ست لوید، بری لاور، سائول پرلموتر، یورگن اشמידهوبر، استیو شنکر، پل استاینهارت، اندرو استرومینگر، لئونارد ساسکیند، مکس تگمارک، هنری تی، کامران وفا، دیوید والاس، اریک واینبرگ و شینگ تونگ یائو سپاسگزاری کنم.

من اولین کتاب علمی عمومی خود گیتی باشکوه^۱ را در تابستان ۱۹۹۶ نوشتم. در این پانزده سال از تأثیر متقابل، نامنتظره و پُر بار بین تمرکز بر پژوهش‌های فنی و موضوعات این کتاب لذت فراوان برده‌ام. از دانشجویان و همکارانم در دانشگاه کلمبیا به‌خاطر پژوهش‌های پرهیجان، از دپارتمان انرژی به‌سبب حمایت مالی از پژوهش‌های علمی‌ام و از مرحوم پنتی کوری به‌دلیل حمایت سخاوتمندانه‌اش از مرکز تحقیقاتی من در کلمبیا، مؤسسه‌ی ریسمان، کیهان‌شناسی و فیزیک اخترذره، سپاسگزارم.

سرانجام از تریسی، الک و سوفیا تشکر می‌کنم که این جهان را به بهترین جهان ممکن برای من بدل کردند.

فصل ۱

مرزهای واقعیت

درباره‌ی جهان‌های موازی

در دوران کودکی‌ام اگر اتاقم فقط با یک آینه تزئین شده بود، شاید رؤیاهای روزانه‌ی آن سال‌ها بسیار متفاوت می‌شد. اما در اتاقم دو آینه بود. و هر صبح که برای برداشتن لباس در کمد دیواری را باز می‌کردم، آینه‌ای که روی در کمد تعبیه شده بود با آینه‌ی روی دیوار هم‌سو می‌شد و از هر چیزی که بین‌شان بود مجموعه بازتاب‌های بی‌پایانی تشکیل می‌داد. افسون‌کننده بود. از دیدن تصاویر پشت سرهم در صفحات شیشه‌ای موازی، که تا جایی که چشم می‌دید گسترده شده بودند، حظ می‌کردم؛ گویی بازتاب‌ها همگی به‌طور یکپارچه حرکت می‌کردند. اما می‌دانستم این چیزی جز محدودیت ادراک بشر نیست؛ در جوانی آموختم سرعت نور متناهی است. بنابراین در ذهن خود سفرهای رفت و برگشت نور را تماشا می‌کردم. تکان‌تکان سرم و نوسان بازویم بین آینه‌ها منعکس می‌شد و هر یک تصویر را آهسته به دیگری باز می‌تابید. گاهی آن خود گستاخم را مجسم می‌کردم که نمی‌خواهد منظم باشد و پیشروی پیوسته را بر هم می‌زند و واقعیت جدیدی خلق می‌کند که بر واقعیت‌های پشت سرش تأثیر می‌گذارد. هنگام زنگ تفریح در مدرسه، گاهی درباره‌ی نوری فکر می‌کردم که آن صبح منتشر شده بود و هنوز بی‌وقفه بین آینه‌ها نوسان می‌کرد و من به یکی از خویشن‌های بازتابیده‌ام ملحق و به جهان موازی خیالی وارد می‌شدم که از نور و فانتزی ساخته شده بود.

خیالتان را راحت کنم که تصاویر بازتابیده دارای ذهن نیستند. اما این پروازهای اندیشه در دوران جوانی با آن واقعیت‌های موازی خیالی با قدرت وصف‌ناپذیری در علم جدید طنین‌انداز شده‌اند. اکنون به احتمال وجود جهان‌هایی در آن سوی جهانی که می‌شناسیم فکر می‌کنیم. این کتاب به کندوکاو چنین احتمالاتی می‌پردازد و سفری در علم گیتی‌های موازی است.

گیتی و گیتی‌ها

زمانی «گیتی» به معنی «هر آنچه وجود دارد» بود: هرچه هست و نیست. مفهوم بیش از یک گیتی، بیش از همه چیز ظاهراً تناقض‌آمیز است. با وجود این، تعدادی پیشرفت‌های نظری به تدریج به تعبیر «گیتی» جان بخشیده‌اند. اکنون معنی گیتی به زمینه بستگی دارد. گاهی «گیتی» به معنی مطلقاً همه چیز به کار می‌رود و گاهی صرفاً به بخش‌هایی از همه چیز اشاره می‌کند که فردی چون من و شما اصولاً می‌تواند به آن دسترسی داشته باشد. گاهی به قلمروهای مجزا اشاره می‌کند که ما، کلاً یا جزئاً، موقتاً یا دائماً، هیچ‌گونه دسترسی‌ای به آن نداریم. از این نظر، این واژه‌ی گیتی ما را به عضوی از مجموعه‌ای، شاید بی‌نهایت بزرگ، تنزل می‌دهد.

«گیتی»، پس از تنزل مقام خود، راه را برای اصطلاحات دیگری باز می‌کند که گستره‌ی بوم نقاشی را فرا می‌گیرند، طوری که می‌توان تمام واقعیت را بر آن بوم نقاشی کرد. جهان‌های موازی، گیتی‌های موازی، گیتی‌های متناوب^۱، فراگیتی^۲، بزرگ‌گیتی^۳ یا بسگیتی^۴ همگی با هم مترادف‌اند و به انبوه واژگانی تعلق دارند که برای توصیف گیتی ما، و البته طیفی از گیتی‌های دیگری که ممکن است وجود داشته باشند، به کار می‌روند. شاید متوجه شده باشید که این اصطلاحات تا حدی مبهم‌اند. واقعاً چه چیزی جهان یا گیتی را می‌سازد؟ چه معیاری قلمروهایی را که اجزای مجزای یک گیتی واحدند از گروه گیتی‌های دیگر تفکیک می‌کند؟ شاید روزی درک ما از بسگیتی به حدی از بلوغ خود برسد که به این پرسش‌ها پاسخ‌های دقیقی بدهیم. اما اکنون با اتخاذ رویکرد معروفی که قاضی پاتر استیوارت در تعریف هرزه‌نگاری به کار می‌برد از دست و پنجه نرم کردن با تعاریف انتزاعی اجتناب می‌کنیم. درحالی‌که دیوان عالی امریکا در جست‌وجوی توصیف یک معیار بود، استیوارت اظهار داشت: «اگر بینمش خواهیم دانست.»

در انتها باید اضافه کرد اطلاق اصطلاح گیتی موازی به این یا آن قلمرو صرفاً مسئله‌ی زبان است. آنچه واقعاً اهمیت دارد این پرسش است: آیا قلمروهای دیگری وجود دارند که عادت قدیمی ما را به چالش بکشند؟ عادتی که بر اساسش گمان می‌کردیم تنها یک گیتی وجود دارد، درحالی‌که احتمال دارد گیتی ما جزئی از واقعیتی باشکوه‌تر و شاید عجیب‌تر و بسیار پنهان‌تر باشد.

1. alternate universes
3. megaverse

2. metaverse
4. multiverse

تنوع گیتی‌های موازی

واقعیت شگفت‌انگیز (که تا حدی مشوق من برای نوشتن این کتاب بود) این است که بسیاری از پیشرفت‌های عمده‌ی فیزیک نظری و بنیادی، فیزیک نسبیته، فیزیک کوانتومی، فیزیک کیهان‌شناسی، فیزیک میدان واحد و فیزیک محاسباتی با در نظر گرفتن یکی از اقسام گیتی‌های موازی صورت گرفته است. فصل‌های آتی روایت‌هایی‌اند مشتمل بر نُه گونه گیتی موازی. هر کدام از آن‌ها گیتی ما را بخشی از یک کل بزرگ‌تر و نامنتظره مجسم می‌کند، اما پیچیدگی آن کل و سرشت گیتی‌های عضو آن با یکدیگر تفاوت دارند. در برخی از آن‌ها، گیتی‌های موازی با کش و قوس‌های عظیم فضا یا زمان از گیتی ما جدا شده‌اند؛ در برخی دیگر، این گیتی‌ها در فاصله‌های چند میلی‌متری از ما این پا و آن پا می‌کنند. در گونه‌های دیگر، مفهوم مکان کاملاً تنگ‌نظرانه و بی‌معناست. گستره‌ی احتمالات به‌صورت یکسان در قوانین حاکم بر گیتی‌های موازی تجلی پیدا می‌کند. قوانین برخی از آن‌ها مشابه قوانین گیتی ماست و قوانین برخی دیگر ظاهراً با ما متفاوت است، اما میراث مشترکی دارد. قوانین برخی دیگر نیز به‌لحاظ شکل و ساختار با هر چه تاکنون با آن مواجه شده‌ایم متفاوت است. تصور این‌که واقعیت تا چه اندازه می‌تواند جامع و فراگیر باشد هم هیجان‌انگیز است و هم ما را به فروتنی دعوت می‌کند. سابقه‌ی تعمقات علمی درباره‌ی جهان‌های موازی به دهه‌ی ۱۹۵۰ میلادی و پژوهش‌هایی می‌رسد که حول وحوش جنبه‌های مکانیک کوانتومی، نظریه‌ای برای توصیف رویدادها در قلمرو ذره‌بینی اتم‌ها و ذرات زیراتمی، شکل گرفته بود. مکانیک کوانتومی با اثبات این‌که پیش‌بینی‌های علمی ضرورتاً ویژگی احتمالاتی دارند، سنت چارچوب‌های قبلی، یعنی مکانیک کلاسیک، را شکست. می‌توانیم شانس وقوع فلان رویداد را پیش‌بینی کنیم، اما اساساً قادر به پیش‌بینی اتفاقی نیستیم که واقعاً رخ خواهد داد. این گسست مشهور از صدها سال تفکر علمی، به‌اندازه‌ی کافی شگفت‌انگیز است. اما جنبه‌ی شگفت‌انگیزتری در نظریه‌ی کوانتومی وجود دارد که کم‌تر مورد توجه بوده است. پس از چند دهه پژوهش عمیق در حوزه‌ی مکانیک کوانتومی و جمع‌آوری داده‌های فراوانی که پیش‌بینی‌های احتمالاتی آن را تأیید می‌کند، هنوز کسی نمی‌داند چرا از بین خروجی‌های محتمل بسیار در هر شرایطی فقط یکی از آن‌ها اتفاق می‌افتد. همگی قبول داریم که هنگام آزمایش یا بررسی جهان، با یک واقعیت مشخص و مجرد مواجه می‌شویم. با وجود این، با گذشت بیش از یک قرن از آغاز انقلاب کوانتومی، فیزیکدانان جهان هنوز درباره‌ی سازگاری این واقعیت پایه با توصیف ریاضیاتی نظریه اتفاق نظر ندارند.

طی سالیان، این شکاف عظیم در فهم ما، دانشمندان را به ارائه‌ی راه‌حل‌های خلاقانه‌ای ترغیب کرده است. اما چشمگیرترین راه‌حل‌ها اولین‌ها بودند. شاید با ارائه‌ی آن راه‌حل، کاستی این مفهوم آشنا که هر آزمایشی فقط و فقط یک نتیجه دارد آشکار شد. بر مبنای ریاضیات مکانیک کوانتومی - یا دست‌کم جنبه‌ای از آن - تمام خروجی‌های محتمل اتفاق می‌افتد، درحالی‌که هر کدام در گیتی مجزای خودش قرار دارد. اگر محاسبات کوانتومی پیش‌بینی کند ذره‌ای شاید این‌جا یا آن‌جا باشد، در نتیجه ذره در یک گیتی این‌جا و در گیتی دیگر آن‌جاست. و در هر گیتی، یک بدل از شما شاهد این یا آن خروجی است و - به نادرستی - گمان می‌کند که واقعیت شما [او] تنها واقعیت موجود است. اگر به این نکته توجه کنید که مکانیک کوانتومی مبنای تمام فرایندهای فیزیکی، از هم‌جوشی اتم‌ها در خورشید گرفته تا آتشبار عصب‌ها که خمیرمایه‌ی تفکر را تشکیل می‌دهد، محسوب می‌شود، گستره‌ی ژرف مفاهیم این طرح آشکار می‌شود. براساس این طرح، جاده‌ای که از آن به سفر نرفته باشی وجود ندارد. با وجود این، هر جاده‌ای از این قبیل - هر واقعیتی - از نظر تمام جاده‌های دیگر پنهان است.

این رویکرد وسوسه‌انگیز «چندجهانی»^۱ مکانیک کوانتومی توجه زیادی را در دهه‌های اخیر جلب کرده است. اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد این رویکرد بسیار ظریف و پرزحمت است (در فصل هشتم در این باره بحث می‌کنیم). بنابراین، حتی امروز، پس از نیم قرن ارزیابی، این طرح هنوز هم بحث‌انگیز است؛ برخی متخصصان کوانتومی معتقدند درستی آن اثبات شده است، اما عده‌ی دیگری ادعا می‌کنند قطعاً شالوده‌ی ریاضی آن هنوز انسجام ندارد.

با وجود تمام عدم قطعیت‌های علمی، این روایت آغازین از گیتی‌های موازی با سرزمین‌ها و تاریخچه‌های جداگانه‌ی حوزه‌هایی چون ادبیات، تلویزیون و فیلم هم‌خوانی دارد: تاخت‌وتاز خلاقانه‌ای که امروز هم ادامه دارد. (موارد مورد علاقه‌ی من از دوران کودکی عبارت‌اند از: جادوگر اُز، چه زندگی فوق‌العاده‌ای، قسمت «شهر بر لبه‌ی ابدیت» از مجموعه‌ی پیشتازان فضا، داستان باغ گذرگاه‌های پیچاپیچ از بورخس و اخیراً، درهای کشویی و لولا می‌دود.) این موارد و آثار متعدد دیگری از فرهنگ عامه به تلفیق مفهوم واقعیت‌های موازی با روح زمانه کمک کرده‌اند و علاقه‌ی همگان را به این موضوع برانگیخته‌اند. اما مکانیک کوانتومی تنها یکی از راه‌های بی‌شماری است که مفهوم گیتی‌های موازی را از دل فیزیک جدید بیرون می‌کشد. در واقع، مکانیک

کوانتومی اولین مسیری نیست که در این کتاب به آن می‌پردازم.

در فصل ۲ از مسیر متفاوتی به گیتی‌های موازی نظر می‌کنم که شاید ساده‌ترین مسیر ممکن باشد. خواهیم دید که اگر فضا تا بی‌نهایت گسترده باشد - قضیه‌ای که با تمام مشاهدات سازگار است و بخشی از آن مدل کیهان‌شناسی مورد تأیید بسیاری از فیزیکدانان و اخترشناسان محسوب می‌شود - باید قلمروهایی (یا احتمالاً «مسیر»ی) وجود داشته باشد که بدل‌های من و شما و هر چیز دیگری، از نسخه‌های جانشین واقعیتی که ما این‌جا تجربه می‌کنیم لذت ببرند. فصل سوم سفری به اعماق کیهان‌شناسی است: نظریه‌ی تورم، که انفجاری عظیم با انبساط بسیار سریع فضا را در لحظات اول شکل‌گیری گیتی در نظر می‌گیرد و روایت خودش از گیتی‌های موازی را دارد. اگر نظریه‌ی تورم، بر مبنای مشاهدات ظریف اخترشناسی، درست باشد، انفجاری که به ایجاد این منطقه از فضا، که در آن ساکن هستیم، منجر شده احتمالاً منحصر به فرد نبوده است؛ یعنی همین حالا هم احتمالاً انبساط تورمی در قلمروهای دوردست، گیتی از پس گیتی دیگر را مثل قارچ بیرون می‌ریزد و شاید تا ابدیت چنین چیزی ادامه یابد. وانگهی، هر کدام از این گیتی‌های متورم گستره‌ی فضایی بی‌کران خود را دارد و هر کدام دارای تعداد بسیاری از جهان‌های موازی است که در فصل ۲ به آن می‌پردازیم.

در فصل ۴، سفر ما به سوی نظریه‌ی ریسمان ادامه می‌یابد. پس از مرور مختصر مبانی، گزارشی از این رویکرد با هدف متحد کردن تمام قوانین طبیعت به دست می‌دهم. پس از این قسمت، فصول ۵ و ۶ به کاوش پیشرفت‌های اخیر در نظریه‌ی ریسمان اختصاص دارد که سه نوع گیتی موازی را پیش‌بینی می‌کند. یکی از آن‌ها سناریوی جهان-پوسته^۱ نظریه‌ی ریسمان است که جهان ما را یکی از بی‌شمار «پوسته»های بالقوه‌ای می‌داند که در فضایی با ابعاد بالاتر شناور است، و بسیار شبیه برشی از قرص نان عظیم کیهانی است [۱]. اگر خوش‌شانس باشیم، رد پای قابل مشاهده‌ای از این رویکرد را در برخورددهنده‌ی بزرگ هادرون^۲ در ژنو سویس، در آینده‌ای نزدیک خواهیم دید. نوع دوم شامل جهان-پوسته‌هایی است که محکم به هم کوئیده می‌شوند، محتوای‌شان را می‌زدایند و آغازگر مه‌بانگ جدید و شعله‌وری در درون هر یک هستند. این اتفاق، مثل به هم کوفتن دو دست عظیم‌الجثه، می‌تواند به دفعات متوالی رخ دهد - پوسته‌ها به هم برخورد می‌کنند، از هم جدا می‌شوند، بر اثر گرانش یکدیگر را جذب می‌کنند و دوباره به هم برخورد می‌کنند؛ فرایند چرخه‌ای، گیتی‌هایی تولید می‌کند که نه در فضا

1. Braneworld

2. Large Hadron Collider