

اخترشناسی

انرژی تاریک جنجال برانگیز

آدام ج. رییس - ماریو لیوویو

برگردان: امید برومند

نیروی جهان را از هم می‌پاشاند. اما چگونه؟ نظریه پردازان حتی دو دهه پس از کشف این پدیده، هنوز نتوانسته‌اند آن را درک کنند. اینک آزمایش‌های جدید می‌خواهند در این زمینه شفافیت ایجاد کنند.



آدام ج. رییس (چپ) در سال ۲۰۱۱ بخاطر کشف انبساط شتابنده، همراه با دو همکارش، نائل به دریافت جایزه نوبل فیزیک شد. او در دانشگاه جان هاپکینس در ایالات متحد آمریکا تدریس می‌کند. ماریو لیوویو به عنوان اختر فیزیک‌دان در موسسه علوم تلسکوپ فضایی در بالتیمور کار می‌کند، که به‌ویژه تلسکوپ هابل را اداره و هدایت می‌کند. او مولف چندین کتاب علمی عامه فهم است.

در یک نگاه
نظریه‌ها در بوته‌ی آزمایش

- ۱- کهکشان‌ها در کیهان، پیوسته سریع‌تر از یک-دیگر دور می‌شوند. اما علت فیزیکی این پدیده ناشناخته است.
- ۲- نظریه‌پردازان دو رویکرد توضیحی برای این پدیده دارند. ما یا قوانین گرانش را به درستی درک نمی‌کنیم، یا این‌که در پشت این قضیه «انرژی تاریک» نهفته است.
- ۳- در حال حاضر برای انرژی تاریک، دو مدل از بنیان متفاوتی وجود دارند. هر کدام از این مدل‌ها برای آینده‌ی دور دست کیهان پی‌آمدهای به-شدت متفاوتی خواهند داشت.

جهان دائمی در حال گسترش است. فاصله‌ی بین کهکشان‌ها افزایش می‌یابد. خوشه‌های کهکشانی از یک‌دیگر دور می‌شوند و فضای خالی بین این اجسام بیشتر و بیشتر می‌شود. اخترشناسان این فرآیند را در دهه‌ی ۲۰ میلادی کشف کردند. علاوه بر آن امروزه دانشمندان می‌دانند که این روند نه تنها به-تدریج آهسته نمی‌شود بلکه حتی به سرعت در حال شتاب گرفتن است. دو کهکشان دل‌خواه که دقایقی پیش با سرعت مشخصی از یک‌دیگر دور می‌شدند، اینک با سرعت بیشتری از یک‌دیگر رانده می‌شوند.

آدام ج. رییس (یکی از نگارندگان این مقاله) و همکارانش در سال ۱۹۹۸ به این شناخت حیرت‌انگیز دست یافتند. رییس همراه با بریان اسمیت از دانشگاه ملی استرالیا، مسئول مشاهده، اندازه‌گیری و بررسی انفجارهای ستارگان دور دست، یعنی به اصطلاح ابرنواخترها بود. یافته‌های آن‌ها با نتیجه‌های منتشر شده در همان سال توسط تیم دیگری به رهبری سائول پرل موتر از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی، که از روش مشابهی استفاده کردند، مطابقت داشتند. بدین ترتیب برای اخترشناسان نتیجه‌گیری عجیبی اجتناب‌ناپذیر شد: چیزی باعث رشد دائمی سرعت انبساط جهان می‌شود. اما چه چیز؟

در این بین، برای علت هنوز ناشناخته‌ی این پدیده‌ی عجیب، اصطلاح «انرژی تاریک» انتخاب شد. فیزیک‌دانان پس از گذشت تقریباً دو دهه، هنوز از تدوین توضیح قابل قبولی برای این پدیده‌ی عجیب، درمانده‌اند. برعکس، پژوهش‌های جدید، تصویر کلی این پدیده را تنها پیچیده‌تر می‌کنند و حتی به نظر می‌رسد برخی از مشاهدات در تناقض با اندیشه‌های نظری‌اند که تا کنون ترجیح داده می‌شدند.

ما در مقابل چندین معما قرار داریم. انرژی تاریک چیست؟ چرا انرژی تاریک ظاهراً بسیار ضعیف‌تر از آن چیزی است که بسیاری از رویکردهای ساده‌تر احتمال آن را می‌دهند، اما با این حال به اندازه‌ی کافی قوی است که توانستیم کشفش کنیم؟ ظهور انرژی تاریک چه معنایی برای آینده دور دست کیهان دارد؟ احتمالان خواص عجیب این انرژی، حتا نشانه‌ای از مقادیرهای صرفن تصادفی ثابت‌های طبیعی‌اند. این امر به نوبه خود سبب تقویت گمانه‌زنی‌هایی می‌شود که جهان ما تنها یکی از جهان‌های بسیار زیاد موازی است و

فقط بخشی از چندجهانه‌ی حاوی بخش‌های بی‌شمار است (نگاه شود به واژه‌نامه‌ی صفحه‌ی ۶) که هر یک از آن‌ها قانون‌های کاملن متفاوت فیزیکی خود را دارند.

خوشبختانه، در حال حاضر کارزارهای دقیق نظارت و رصد وجود دارند، که با کمک آن‌ها اخترشناسان انرژی تاریک را هدفمند و با دقت تا کنون بی‌سابقه‌ای ردیابی می‌کنند. در دهه‌ی آینده ما یا قادر به کشف علت انبساط شتاب‌یافته‌ی کیهان خواهیم بود و یا به علت حداکثر استفاده از تمامی امکانات قابل اجرا و اندیشه‌های کنونی، ناگزیر به به‌تعویق انداختن راه حل این راز برای مدت زمان نامحدودی خواهیم بود.

در حال حاضر نظریه‌پردازان هنوز انگشت‌های رقیب بسیار متفاوتی در مورد آن‌چه که باعث رشد سریع انبساط جهان می‌شود، دارند. یک کاندیدای برارنده و بدین‌خاطر محبوب برای بسیاری از فیزیک‌دان‌ها، نتیجه‌ی خواص فضای خالی و پلی بین کیهان‌شناسی و مکانیک کوانتومی است. این پل چیزی به نام هیچ را نمی‌شناسد. جعبه‌ای با دیوارهای غیرقابل نفوذ را تصور کنیم که از آن کُلن همه چیز یعنی اتم‌ها، ذرات، تابش و ماده‌ی تاریک حذف شده‌اند. در درون این جعبه یک خلأ کامل حاکم است. طبق فیزیک کلاسیک، خلأ انرژی‌ای ندارد. اما مکانیک کوانتومی «ذرات مجازی» (۱) را امکان‌پذیر می‌سازد. این‌ها جفت‌هایی از ذره و پادذره هستند که به‌صورت خودجوش به‌وجود می‌آیند و بعد از مدت زمان کوتاهی یک‌دیگر را متقابلن دوباره نابود می‌کنند. این اجسام ارتعاش‌کننده زیر-اتمی، حاوی انرژی‌اند که همانند جرم بر گرانش تاثیر گذارند.

انرژی بر خلاف جرم، توانایی ایجاد فشار منفی‌ای را دارد که به‌جای یک نیروی جذب‌کننده منجر به یک نیروی دفع‌کننده می‌شود. بنابراین فضای خالی، حداقل به‌طور فرضی توانایی از هم‌پاشیدگی جهان را دارد. وارد کردن ثابت کیهانی (۲) توسط اینشتین به معادلات میدانی خود، نشان دهنده مطابقت این تصور با افکار او است. نام این کمیت نشان‌دهنده‌ی آن است که مقدار آن در همه جا یکسان و در طول زمان و در فضا تغییرناپذیر است.

گزینه‌ی دیگر به عنوان علتی برای انرژی تاریک می‌تواند یک میدان انرژی که اثر (۳) نام دارد، باشد. این میدان انرژی در جهان رخنه کرده و به هر نقطه‌ای از فضا خاصیتی می‌بخشد که در نقطه مقابل کشش گرانش، عمل می‌کند. فیزیک‌دانان چنین پدیده‌هایی را از الکترومغناطیس و گرانش می‌شناسند. اگر انرژی تاریک نیز یک میدان باشد، لزومن ثابت نخواهد بود. پس انرژی تاریک می‌توانسته قبلن کوچک‌تر یا بزرگ‌تر بوده باشد و در نتیجه جهان را به‌صورت متفاوتی تحت تاثیر قرار دهد. به این علت، همچنین امکان تغییر تاثیر اثر در آینده هست. برای تکامل جهان ما، دو حالت به‌لحاظ بنیادین متفاوت و با نتیجه‌های کاملن گوناگونی وجود دارند: بسته به این که آیا قدرت انرژی تاریک در حال کاهش یا افزایش است، جهان ما زمانی یا دیگر انبساط نخواهد یافت و یا این که هر چه سریع‌تر پاره و از هم دریده خواهد شد.

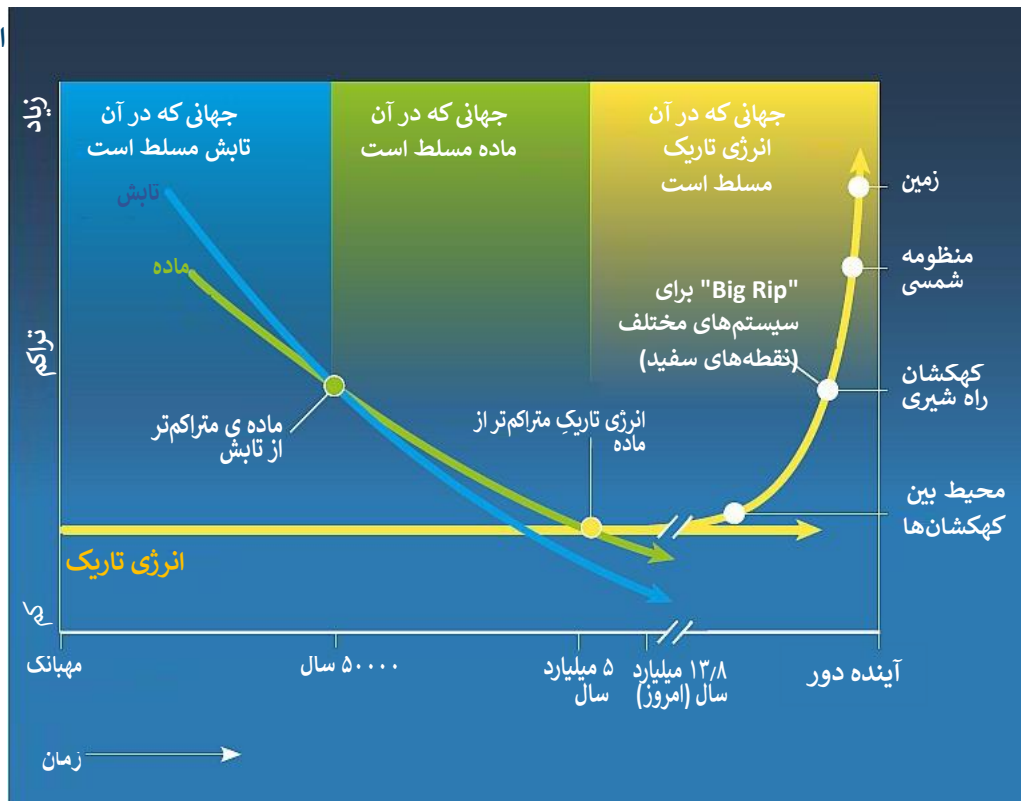
سرانجام، این امکان نیز هست که انرژی تاریک وجود ندارد، بلکه این پدیده فقط مبتنی بر درک فیزیکی نادرست ما از گرانش است.

احتمالان به علت ناکامل بودن نظریه‌ی نسبیت عام اینشتین و قانون‌های شناخته‌شده‌ی گرانش است که این نظریات توضیحی برای انبساط شتاب‌یافته‌ی جهان ندارند. ممکن است در مقیاس‌های فوق‌العاده‌ی تاکنون مشاهده شده، نیروی جاذبه بین جرم‌های مختلف، طور دیگری نسبت به تصورات امروزی ما عمل می‌کند. پیگیری این استدلال، منجر به روی‌کردهای جالبی می‌شود. البته نقطه‌ی ضعف و مشکل همه‌ی آن‌ها این است که هیچ‌کدام از آن‌ها با کل و تمامیت اطلاعات و داده‌های اندازه‌گیری شده که اکنون در اختیار داریم، مطابقتی ندارند.

برخی از نظریات همانند احتمال انبساط شتاب‌یافته‌ی جهان بر اساس توزیع ناهمگون ماده در فضا و یا انگاشتی از ساختار اشتباه و نقص‌دار فضا، با کمک مشاهدات رد شده‌اند. به نظر کیهان‌شناسان، در حال حاضر نظریه‌ی انرژی تاریک نسبت به قانون اصلاح‌شده‌ی گرانش، آشکارا از شانس موفقیت بهتری برخوردار است. با این حال، هیچ یک از توضیحات تاکنون پیشنهاد شده برای انرژی تاریک، واقعن راضی‌کننده نیستند.

انرژی تاریک، فرمانروای کیهان

در فضا چیزی به فراوانی انرژی تاریک نیست. بدین جهت تاثیر مسلطی دارد و تعیین کنندهی آینده جهان است. اما همیشه این طور نبوده است. در دوران جوانی جهان، اجزاء دیگری یعنی نور و ماده، دست بالا را داشتند. تنها با انبساط جهان بود که ماده و تابش نقش کم رنگ تری پیدا کردند. اگر تراکم انرژی تاریک همچنان افزایش یابد، زمانی در یک "Big Rip" این انرژی همه چیز و در نهایت حتی اتمها را تکه پاره کرده و از هم خواهد درید.



بدین سان از ثابت کیهانی، انرژی تاریک به مراتب شدیدتر از آنچه که ما مشاهده می کنیم، نتیجه می شود. اگر با سادگی و خامی به این قضیه بپردازیم و برای انرژی خلأ، تمامی مقادیرهای مختلف حالت های کوانتومی ممکن، در دریای پرجوش و خروش ذرات و پادذرات مجازی را با یکدیگر جمع کنیم، مرتبه ی بزرگی ای (۴) به مقدار بسیار عظیم ۱۲۰، بدست می آوریم. تئوری از آنچه که اخترشناسان واقعن اندازه گیری می کنند، به همین اندازه نیز انحراف دارد! این فاصله بسیار عظیم با واقعیت، و ویرانگر برای هر مدل را می توان با فرضیه هایی بیشتر، مثلن با فرضیه «آبر تقارن» (۵) به طور قابل ملاحظه ای کاهش داد. در این طرح اثبات نشده، هر ذره دارای یک شریک کشف نشده و به مراتب سنگین تر است.

با این وجود هنوز به اندازه ی ده ها مرتبه ی بزرگی، انحراف باقی می ماند. این امر در اصل ضدیقی با قابل توضیح بودن انرژی تاریک، توسط ثابت کیهانی ندارد. اما پرسش بر روی نارسایی دیگر برداشت ما از جهان تمرکز می یابد: چرا انرژی خلأ به این اندازه کم است؟

هر گونه تغییر کوچک در علت انبساط، پیامدهای شدیدی برای کیهان خواهد داشت

توضیح احتمالی دیگر، تقریبین وضع بهتری ندارد. نظریه پردازان چنین فرض می کنند، که حداقل انرژی پتانسیل میدان ایجاد کنندهی انرژی تاریک بسیار کم است. بدین ترتیب، تنها مقدار کمی انرژی تاریک در سراسر جهان توزیع خواهد شد، که با مشاهدات مطابقت دارد. این نکته بسیار تصادفی و اتفاقی به نظر می رسد.

در ضمن، انرژی تاریک در این مدلها، جدا از اثر دفع کننده اش، امکان تأثیر متقابل کمی با تمام اجزای دیگر جهان دارد. توضیح این امر نیز دشوار است. با وجود همه این مشکلات، در حال حاضر هیچ اندیشه ی قانع کننده تری از ثابت کیهانی و اثیر وجود ندارد. آینده ی جهان ما بطور قطع وابسته به این است که ماهیت انرژی تاریک چیست. هر تفاوت کوچکی می تواند پیامدهای شدیدی داشته باشد. اگر واقعن انرژی خلأ علت انبساط باشد، در آن صورت انبساط شتاب یافته ی جهان بدون وقفه ادامه می یابد.

سه مدل برای انبساط و آینده کیهان

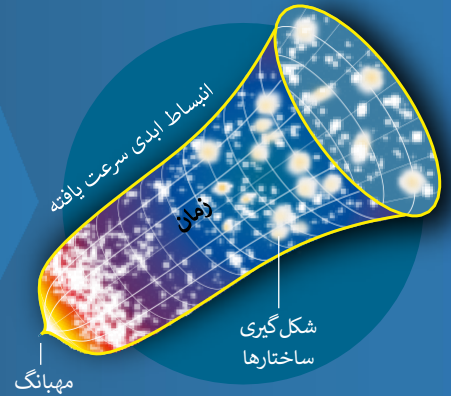
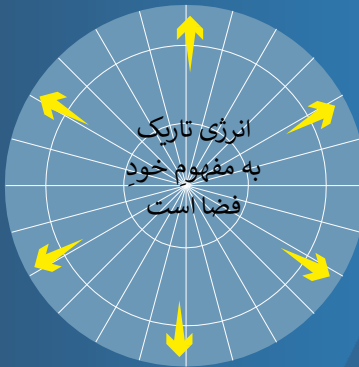
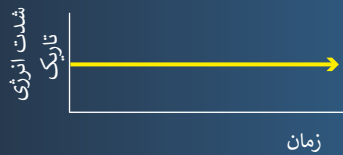
در جهان چیزی باعث دور شدن کهکشان‌ها با سرعتی فزاینده از یک‌دیگر می‌شود. ستاره‌شناسان هیچ توضیح واضحی برای این امر ندارند، اما لاقل نامی برایش دارند: انرژی تاریک. آن‌ها مدل‌های گوناگونی را به عنوان علت این پدیده در نظر می‌گیرند.

آینده

1

ثابت کیهانی

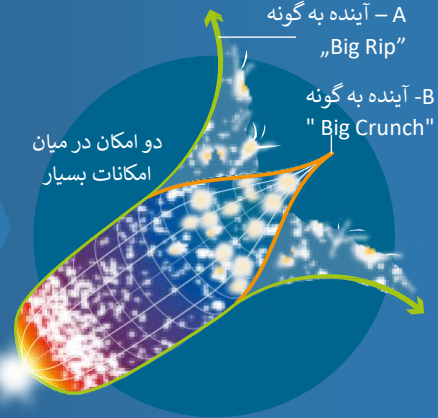
اگر فضای خالی از خود انرژی داشته باشد، می‌تواند باعث از هم پاشیدن جهان شود. این انرژی خلأ در طول عمر جهان ثابت باقی می‌ماند.



2

اثر Quintessence (۳)

اگر انرژی تاریک از یک میدان نیروی نفوذ کرده در کیهان سرچشمه گیرد، شدت آن با گذشت زمان می‌تواند افزایش یا کاهش یابد. پس، زمانی تمامی ساختارها تکه پاره خواهند شد و یا این-که جهان دوباره در هم فرو خواهد ریخت.



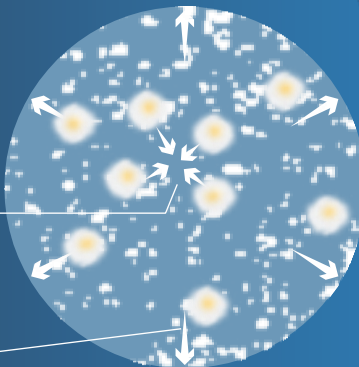
3

انرژی تاریک وجود ندارد

اثرات مشاهده شده، احتمالاً نشان از این دارند که قوانین گرانش، نسبت به آنچه که ما امروز تصور می‌کنیم، متفاوت عمل می‌کنند.

در مقیاس کهکشان‌های مجاور، اجسام از نظریه‌ی نسبیت عام پیروی می‌کنند.

با این حال جهان به مثابه یک کل، تنها ظاهراً با شتابی فزاینده انبساط می‌یابد. برای توصیف دقیق این پدیده به فرمول‌های جدید نیاز است.



در حدود چند میلیارد سال دیگر، کهکشان راه شیری با نزدیک‌ترین همسایه‌اش یک کهکشان واحد بیضی‌شکلی تشکیل خواهند داد. در این بین، کهکشان‌های دیگر با سرعتی سریع‌تر از سرعت نور از یکدیگر دور می‌شوند، طوری که هیچ‌کدام از آنها از زمین دیده نخواهند شد. حتی پس‌تابش مه‌بانگ که امروزه در سراسر آسمان به مثابه‌ی تابش پس‌زمینه‌ی کیهان اندازه‌گیری می‌شود، بر روی طول موج‌هایی بسط خواهد یافت که فراتر از بزرگی جهان قابل مشاهده بوده و بدین جهت قابل دید نخواهد بود. طبق این سناریو، ما در زمانی بسیار مناسب با چشم‌انداز نسبتن خوبی به جهان، زندگی می‌کنیم.

اما اگر نه ثابت کیهانی بلکه یک میدان ناشناخته، محرک انبساط باشد در آن صورت تصویر دیگری حاصل خواهد شد. شکل این تصویر کاملن وابسته به توسعه و تکامل میدان است.

انبساط جهان می‌تواند زمانی متوقف شود و جهان دوباره درهم فروریزد، مانند «Big Crunch» که به شکل مه‌بانگی است که در جهت عکس رخ دهد. مورد خارق‌العاده‌ی دیگر «Big Rip» است، که در آن تمامی اجزای پیچیده - از کهکشان‌ها گرفته تا ساختارهای اتمی - به تدریج از جانب یک انرژی تاریک که مدام قوی‌تر می‌شود، تکه تکه خواهند شد. و سناریوی همانند ثابت کیهانی نیز امکان‌پذیر است: انزوای کهکشانی در محیط کاملن خالی کیهانی.

مفهوم انرژی خلأ برای بسیاری از نظریه‌پردازان جذاب است، اما آنها باید بتوانند در این رابطه مقدار آن را که بصورت حیرت‌انگیزی کم است، تشریح کنند. این را استیون وینبرگ، فیزیک‌دان دانشگاه تگزاس، حتا قبل از آن که انبساط شتاب‌یابنده‌ی جهان کشف شود، تشخیص داد. او پیشنهاد کرد که ثابت کیهانی نباید به مثابه‌ی چیزی که آشکارا داده‌ی قوانین طبیعی است، تفسیر شود. احتمالن مقدار ثابت کیهانی کاملن تصادفی است. اگر شمار زیادی از جهان‌های ممکن را در نظر بگیریم، انرژی خلأ در هر یک از آنها به‌طور متفاوت عمل می‌کند.

در برخی از این جهان‌های موازی، ثابت کیهانی به‌صورت قابل توجهی بزرگ‌تر خواهد بود، و نیروی دفع‌کننده به قدری شدید خواهد بود که ماده هرگز برای تشکیل کهکشان‌ها، بصورت توده گرد هم نیامده و سیارات دارای حیات را ایجاد نخواهد کرد. اما بدیهی است که ما وجود داریم. وینبرگ از این نکته چنین نتیجه گرفت: ما در نوعی از این جهان‌ها زندگی می‌کنیم که ثابت کیهانی در آن به‌صورت اتفاقی دارای مقداری درست است.

این نقطه‌نظر که توسط دانشمندان دیگری مانند الکساندر ویلنکین از دانشگاه تافتز، مارتین رایز از دانشگاه کمبریج یا ماریو لیویو (یکی از مولفان این مقاله) گسترش و تکامل یافت، به‌عنوان اصل انسان‌نگر [۶] نامیده می‌شود.

دلایل دیگری به نفع اندیشه‌ی چندجهانه‌ای با تعداد بی‌شماری از جهان‌های گوناگون است. به‌عنوان مثال، جهان ما طبق نظریه‌ی همچنان قابل قبول مه‌بانگ، در بخش کوچکی، در ثانیه اول فرگشت‌اش به شدت متورم شد. ویلنکین و آندره لینده از دانشگاه استنفورد ثابت کردند که با شروع این به اصطلاح تورم کیهانی، توقف آن امکان‌پذیر نبوده و همیشه ادامه می‌یابد. بدین‌گونه تعداد نامحدودی جهان‌های زیر مجموعه، کاملن جدا از یکدیگر و با قوانین فیزیکی کاملن متفاوتی، به‌وجود می‌آیند.

به‌نظر می‌رسد که چندجهانه در نظریه‌های ریسمان‌ها که اغلب به‌عنوان کاندیداهایی برای وحدت همه‌ی نیروهای طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند، نیز مطرح می‌شود. اگر برای یکی از نمایندگان ویژه‌ی این ساخته‌های ریاضی، یعنی به اصطلاح نظریه M، مقدار جهان‌های موجود محاسبه شود، مقدار حیرت‌انگیز ۱۰ به توان ۵۰۰ برای جهان‌های موازی بدست می‌آید. احتمالن هر یک از آنها دارای مجموعه‌ی ویژه‌ای از ثابت‌های طبیعی و حتی ابعاد فضایی خودند.

اما اشاره‌ی تنها به به اصطلاح چندجهانه، باعث افزایش فشار خون بسیاری از فیزیک‌دانان می‌شود. زیرا که این طرح نه تنها فرضی به‌نظر می‌آید، بلکه غیرقابل اثبات بوده و شاید هیچ‌گاه برای روش‌های علمی آزموده، قابل دست‌یازی نباشد. بنابراین کلن دستیابی به موفقیتی در اثبات وجود جهان‌های موازی بسیار پرسش‌برانگیز است.

با این وجود، حداقل ما می‌توانیم بکوشیم که درک بهتری از پدیده‌ی انرژی تاریک در کیهان خودمان داشته باشیم. برای این هدف نیاز به اندازه‌گیری دقیق‌تر جهان است و این در بهترین حالت با به اصطلاح پارامتر w انجام‌پذیر است. در نهایت این اندازه‌ی قابل محاسبه (w)، توصیف‌کننده‌ی نسبت بین فشار اعمال شونده از جانب انرژی تاریک، به تراکمش است، یعنی اینکه چه مقدار انرژی تاریک در

حجم معینی از کیهان موجود است. اگر انرژی تاریک، انرژی خلاً باشد، پارامتر w همواره ثابت و برابر با -1 خواهد بود. اما اگر یک میدان با گذشت زمان تغییر یابنده علت انرژی تاریک باشد، مقداری انتظار می‌رود که برابر با -1 نخواهد بود. و اگر ما مجبور به اصلاح قوانین گرانش شویم، احتمالاً در مقیاس‌های مختلف کیهان، اندازه‌های متفاوتی برای پارامترهای w خواهیم یافت.

اخترشناسان استراتژی هوشمندانه‌ای را برای تعیین غیرمستقیم فشار و تراکم انرژی تاریک ایجاد کرده‌اند. از آنجا که انرژی تاریک، دائماً بر ضد نیروی گرانشی عادی جذب‌کننده عمل می‌کند، مانع و یا باعث تغییر شکل‌گیری خوشه‌های کهکشانی می‌شود. دانشمندان با مشاهده‌ی چگونگی رشد تدریجی چنین ساختارهایی، توانایی مشخص کردن شدت انرژی تاریک در این مراحل از تاریخ جهان را دارند. برای این کار آنها از به اصطلاح **همگرایی گرانشی (۷)** ضعیف استفاده می‌کنند که بر پایه‌ی انحراف نور کهکشان‌های دور دست توسط اجسام کلان‌جرم بوده و بدین طریق باعث بروز اختلال در شکل ظاهر این کهکشان‌ها می‌شود.

کمیت‌های قابل اندازه‌گیری ممکن: نور اشیای دور دست تا توزیع کهکشان‌ها

امکان دیگر اطلاعاتی در مورد ماده‌ی تاریک، اندازه‌گیری سرعت انبساط جهان در مدت زمان‌های مختلف است. پژوهش‌گران با معین کردن «انتقال به سرخ» منابع بسیار دور دست نور، موفق به انجام این کار می‌شوند. «انتقال به سرخ» پدیده‌ای است که بر اساس آن طول موج نور، همراه با فضای احاطه‌کننده‌ی آن، به تدریج کشیده شده و امتداد می‌یابد. انبساط شتابانده کیهانی در ابتدا از طریق این پدیده کشف شد.

البته معیارهای مناسب دیگری همانند «نوسانات صوتی باریونی» (۸) وجود دارند. این نوسانات از دوران اولیه‌ی تاریخ کیهان بوده که توزیع امروزی قابل مشاهده‌ی کهکشان‌ها را تحت تاثیر خود قرار داده‌اند.

این امر که ثابت کیهانی سبب انبساط است، تاییدی بر انطباق بیشتر نتیجه‌های به دست آمده، با دقت نسبتن بالایی با مقدار -1 برای پارامتر w است.

با این حال، در سال‌های اخیر برخی از اندازه‌گیری‌ها این تصویر را خدشه دار کرده‌اند. مشاهدات امواج میکروویو پس‌زمینه‌ی کیهانی همراه با پژوهش‌ها در مورد توزیع ماده با استفاده از **همگرایی گرانشی ضعیف**، عدد منفی بزرگ‌تری نسبت به -1 را نشان می‌دهند. این امر همچنین برای مشاهدات بیش از ۳۰۰ ابرنواختر در الگوبرداری توسط تلسکوپ PanSTARRS صادق است. علاوه بر این، مشاهدات اخیر از **نوسانات صوتی باریونی** در کهکشان‌های بسیار دور دست و به ویژه درخشان یعنی به اصطلاح **کوازارها**، احتمال زیادی برای افزایش انرژی تاریک تا به امروز قایل‌اند.

واژه‌نامه

ثابت کیهانی- این کمیت ابتدا توسط آلبرت اینشتین مطرح شد که منجر به نیروی دفع‌کننده‌ای در فضا خواهد شد. مقدار آن در همه جا یکسان است و با گذشت زمان تغییر نخواهد کرد. به لحاظ نظری می‌توان آن را با پدیده‌ی مکانیک کوانتومی که طبق آن حتی فضای خالی دارای «انرژی خلاً» است، توضیح داد.

چندجهانه- تمامی جهان‌های بی‌نهایت زیادی که در بیرون از جهان ما می‌توانند وجود داشته باشند. اگر همه‌ی آن‌ها خواص متفاوتی داشته باشند، مقدارهای برخی از ثابت‌های فیزیکی در جهان ما، تصادفی‌اند.

اثیر یا اثر (۳)- یک میدان انرژی فرضی در جهان است که مخالف جاذبه‌ی گرانشی عمل می‌کند. برخلاف ثابت کیهانی، ممکن است در گذشته قوی‌تر یا ضعیف‌تر بوده باشد.

این‌ها تعداد زیادی تصویرهای لحظه‌ای‌اند، که متأسفانه نتیجه‌گیری مشخصی از آن‌ها نمی‌توان کرد. ما به اطلاعات بیشتری نیازمندیم تا انحرافات اندازه‌گیری شده را یا تأیید کرده و یا به‌عنوان استثناء، خلاف قاعده و اشتباه، بر ملا سازیم.

برای این منظور کارزارهای نظارت و مشاهده جدیدی که در سال‌های آینده ارائه‌کننده نتیجه‌هایی تا ۱۰۰ برابر دقیق‌ترند، در نظر گرفته شده‌اند. این کارزارها شامل *Dark Energy Survey*، آغاز شده در سال ۲۰۱۳ و همچنین پروژه *Large Synoptic Survey Telescope* که از سال ۲۰۲۱ از ساختارهای کیهان نقشه‌برداری خواهد کرد، می‌باشد. علاوه بر این کارزارها، تلسکوپ‌های فضایی برنامه‌ریزی شده‌ی آژانس‌های فضایی اروپا و آمریکا در دهه ۲۰۲۰ نیز مورد بهره‌برداری قرار خواهند گرفت.

در جستجوی منبع انرژی تاریک، این تنها اجسام واقع شده در دورافتاده‌ترین زاویه‌های جهان نیستند که به ما کمک می‌کنند. اندازه‌گیری‌های بسیار دقیق در منظومه‌ی شمسی هم می‌توانند برای ارزیابی و تأیید گزینه‌ی یک قانون گرانش اصلاح شده، مفید و سودمند واقع شوند. برای این منظور به‌طور مثال اشعه‌ی لیزر به سمت ماه فرستاده می‌شود و در آن‌جا توسط بازتابنده‌های به‌جا مانده از ماموریت‌های پیشین سفر به ماه، به زمین منعکس می‌شوند. پژوهش‌گران با آزمایش‌های بغرنج و پیچیده‌ی آزمایشگاهی، ابهام‌ها و کمبودهای درک ما از گرانش را می‌جویند.

تمام اشخاصی که با انرژی تاریک سروکار دارند، چشم به دهه‌ی آتی دوخته‌اند. با توجه به پروژه‌های پرشمار بلندپروازانه و پرهزینه که خود را وقف معمای انبساط شتابنده کیهانی می‌کنند؛ از این امیدواری به‌جا، برای دریافت پاسخ‌های قریب‌الوقوعی که چیزی جز آشکارسازی آینده‌ی جهان برایمان نیستند، پاسداری کنیم.

منشور علم شماره ۲-۲۰۱۷. مخصوص فیزیک، ریاضیات و فن آوری

پی‌نوشت‌ها از ویکی‌پدیا، دانشنامه آزاد

۱- ذره مجازی

در دانش فیزیک، یک ذره مجازی (virtual particle) یک اغتشاش گذراست که بسیاری از ویژگی‌های یک ذره معمولی را داراست، اما فقط در زمان محدودی وجود دارد. مفهوم ذرات مجازی برآمده از نظریه اختلال در نظریه میدان‌های کوانتومی است که در آن برهمکنش‌های میان ذرات معمولی به شکل تبادل ذرات مجازی توصیف می‌شود.

۲- ثابت کیهان‌شناسی

ثابت کیهان‌شناسی یا ثابت کیهانی (که اغلب با حرف یونانی لامبدا بزرگ ۸ مشخص می‌شود) در علم فیزیک کیهانی جهت اصلاح نظریه‌ی اولیه‌ی نسبیت عام توسط آلبرت اینشتین برای دستیابی به جهان ایستا ارائه شد. بعد از مشاهدات ادوین هابل اینشتین تسلیم شد و نشان داد که جهان ممکن است ایستا نباشد بطوری که او اساس نظریه‌اش را بر مفهوم تغییرات در جهان بنا نهاد. اگر چه مشاهدات جهان شتاب دار در سال ۱۹۸۸ دوباره نظرها را به سمت ثابت کیهان‌شناسی معطوف نمود.

۳- ائیر Quintessence

در دانش فیزیک، ائیر، شکلی فرضی از انرژی تاریک است؛ به بیان دقیق‌تر یک میدان نرده‌ای است که برای توضیح نرخ شتابدار انبساط جهان که در سال ۱۹۹۸ اعلام شد، به‌جای ثابت کیهانی واقعی پیشنهاد شد. این سناریو نخستین بار توسط راترا و پیبلز ارائه شد. برخی فیزیکدانان پیشنهاد کرده‌اند که ائیر نیروی بنیادی پنجم است. تفاوت ائیر با ثابت کیهانی در آن‌جاست که ائیر پویاست و در طول زمان تغییر می‌کند در حالیکه ثابت کیهانی بدون تغییر می‌ماند.

۴- مرتبه بزرگی (Order of magnitude)

برحسب توان‌های پایه ۱۰ شناخته و سنجیده می‌شوند و یک روش نمایش سنجش مراتب مقداری است. مثلاً مرتبه بزرگی عدد ۱۵۰۰ را ۳ می‌دانیم و هنگام نوشتن و خواندن آن در نماد علمی آن را به صورت: $1,5 \times 10^3$ می‌نویسیم. به عبارتی دیگر این توان به راحتی مرتبه بزرگی را نشان می‌دهد و می‌تواند در مقایسه بزرگی (و یا کوچکی) آن را نسبت به هر عدد دیگر می‌رساند. تفاوت‌ها در مرتبه بزرگی را می‌توان در مقیاس لگاریتمی «دهه» اندازه‌گیری کرد (به عنوان مثال، عوامل ده). نمونه‌هایی از اعداد قدر مختلف را می‌توان در جدول «مراتب بزرگی (اعداد)» پیدا کرد.

۵- ابرتقارن (Supersymmetry)

در فیزیک ذرات ابرتقارن تقارنی است که ذرات بنیادی دارای یک اسپین بخصوص را به ذرات بنیادی ای با اسپین $2/1$ متفاوت که آنها را ابرجفت می‌نامند مرتبط می‌کند. به بیان دیگر در یک تئوری ابرمتقارن برای هر نوع بوزون یک نوع فرمیون متناظر وجود دارد و بالعکس. تا کنون (۲۰۱۴) سرخ مستقیمی مبنی بر وجود ابرتقارن به عنوان یکی از تقارن‌های طبیعت به دست نیامده است. از آنجا که جفت‌های ابرتقارنی ذرات مدل استاندارد تا کنون نظاره نشده‌اند اگر ابرتقارن وجود ندارد، تقارنی شکسته است.

۶- اصل انسان‌نگر

اصل انسان‌نگر یا اصل انسانی (Anthropic principle)، نظریه‌ی فلسفی است که بیان میکند؛ مشاهدات جهان بایست با حیات خودآگاه و بخردی که آن را مشاهده میکند سازگار باشد. برخی از طرفداران این اصل استدلال میکنند که این اصل توضیح می‌دهد که چرا این جهان عمر و ثابت‌های اساسی فیزیکی لازم را برای تطبیق حیات آگاه داراست. به عنوان یکی از نتایج آن‌ها باور دارند که این جهان ثابت‌های اساسی‌ای را داراست که در بازه‌ای بسیار کوچک که پنداشته می‌شود که مطابق با حیات است قرار دارند.

۷- همگرایی گرانشی

همگرایی گرانشی (Gravitationslinseneffekt) هنگامی روی می‌دهد که نور یک چشمه درخشان بسیار دور (مانند یک اخترش) در مسیرش تا رصدگر، از کنار جسم پرجرم دیگری (مانند یک خوشه کهکشانی) بگذرد و مسیرش خمیده شود. جسم میانی عدسی گرانشی نامیده می‌شود. این پدیده یکی از پیش‌بینی‌های نظریه نسبیت عام اینشتین است. براساس نسبیت عام، جرم می‌تواند فضا-زمان را خمیده کند و در نتیجه میدان گرانشی‌ای بسازد که می‌تواند نور را منحرف کند. این پدیده را نخستین بار آرتور ادینگتون در سال ۱۹۱۹ در جریان یک خورشیدگرفتگی آزمود که در آن نور ستاره‌ای که از نزدیک خورشید می‌گذشت کمی خم شده و در نتیجه مکان ظاهری ستاره کمی جابه‌جا شد. با همگرایی گرانشی می‌توان اطلاعاتی درباره جسم میانی (عدسی) از جمله جرم آن به دست آورد.

۸- نوسانات صوتی باریون

نوسانات صوتی باریون به ماده باریونی خوشه شده یا فراچگال در یک مقیاس طولی خاص (در عالم امروزی در حدود ۱۵۰ مگا پارسک) ناشی از امواج صوتی اشاره می‌کند که در عالم اولیه و جوان منتشر می‌شدند. این امر خط‌کشی استاندارد را برای مشاهدات کیهانی ایجاد می‌کند و می‌تواند در انتقال به سرخ‌های کمتر از ۱ از طریق بررسی کهکشانی اندازه‌گیری شود. یکی از معتبرترین اندازه‌گیری نوسانات صوتی باریون، نقشه انتقال به سرخ کهکشانی میدان دو درجه (2dFGRS)، SDSS و نقشه انرژی تاریک WiggleZ می‌باشد.