نوشته بر ستارگان

جایزهٔ نوبل فیزیک ۲۰۱۱

منیژه رهبر

«برخی می‌گویند جهان در آتش به پایان خواهد رسید؛
و برخی می‌گویند در یخ...»

رابرت فراست. آتش و یخ. ۱۹۲۹

سرنوشت عالم چیست؟ اگر نظر برندگان جایزهٔ نوبل فیزیک امسال را قبول داشته باشیم، پایان آن احتمالاً در یخ خواهد بود. آن‌ها چند دوجین ستارگان در حال انفجار، موسوم به اَبَر نواختر، را در کهکشان‌های دوردست بررسی کرده و نتیجه گرفتند که انبساط عالم شتاب می‌گیرد.

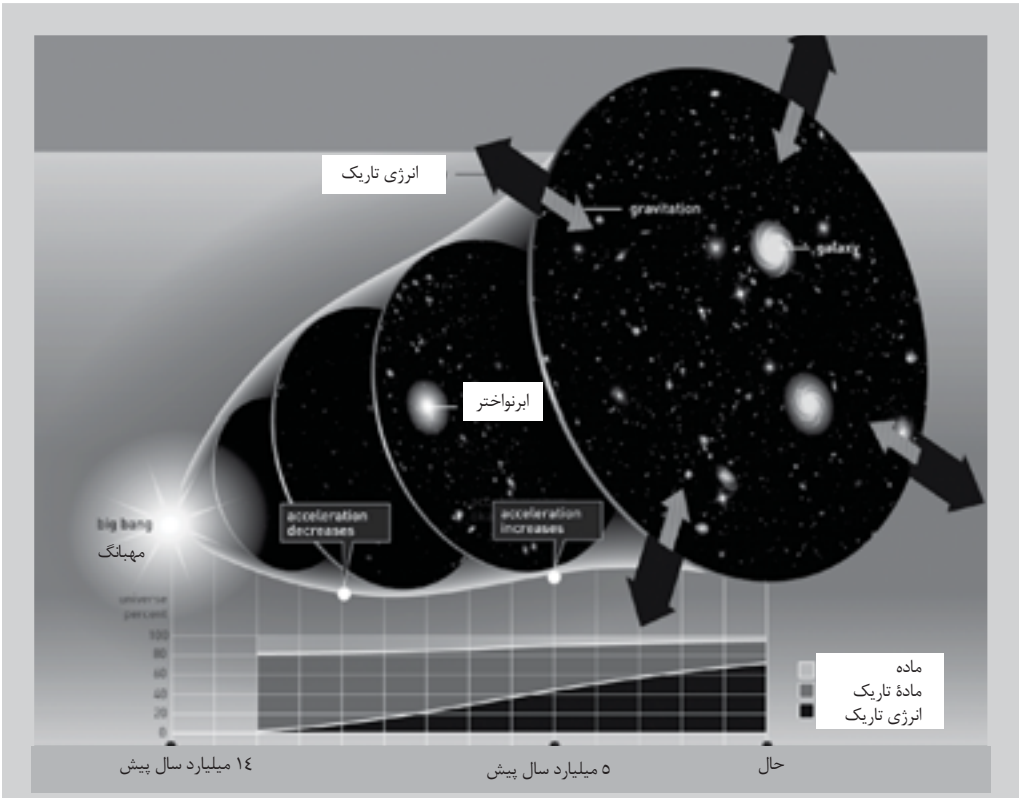
این کشف حتی برای خود این برندگان هم کاملاً شگفت‌انگیز بود. آنچه آن‌ها دیدند مثل این بود که توپی را به هوا پرتاب کنید، و به جای بازگشت آن، مشاهده کنید که با سرعت فزاینده در آسمان ناپدید می‌شود،

انگار که گرانی نمی‌تواند مسیر توپ را وارون کند. به نظر می‌رسد که رویداد مشابهی در سراسر عالم رخ می‌دهد.

افزایش آهنگ انبساط ایجاب می‌کند که نوعی انرژی تاریک ناشناخته در بافت فضا وجود داشته باشد. این *انرژی تاریک* بخش بزرگی از عالم را تشکیل می‌دهد، بیش از ۷۰٪، و به صورت معمایی درآمده است که شاید بزرگ‌ترین معمای فیزیک امروز باشد. پس، شگفت‌انگیز نبود که وقتی دو گروه پژوهشی مختلف نتیجه‌های یکسانی را در سال ۱۹۹۸ مطرح کردند، شالوده‌های کیهان‌شناسی به لرزه درآمد.

سول پرلموتر[۱] ریاست یکی از این دو گروه به نام طرح کیهان‌شناسی ابرنواختر[۲] را به عهده داشت که یک دهه قبل در سال ۱۹۸۸ آغاز شده بود. برایان اشمیت[۳] رئیس گروه دیگری از دانشمندان بود که در پایان سال ۱۹۹٤ طرح رقیب موسوم به گروه جست‌وجوی ابر نواختر با Z ـ بالا[٤] را شروع کرده بود، که در آن آدام ریس[٥] نقشی مهم داشت.

این دو گروه پژوهشی مسابقه‌ای را برای نقشه‌برداری از عالم با یافتن تصویری ابرنواخترها، ستارگانی که در فضا منفجر می‌شوند، آغاز کردند. آن‌ها با تعیین فاصلهٔ ابرنواختر و سرعتی که از ما دور می‌شوند، امیدوار بودند سرنوشت کیهانی ما را تعیین کنند. این پژوهشگران انتظار داشتند



شکل ۱. جهان در حال رشد است. انبساط عالم ۱٤ میلیارد سال قبل با مهبانگ آغاز، و در چند میلیارد سال اولیه کُند شد. اما سرانجام شروع به شتاب گرفتن کرد. به نظر می‌رسد که عامل این شتاب گرفتن انرژی تاریک باشد، که در ابتدا فقط بخش کوچکی از عالم را تشکیل می‌داد. اما با رقیق‌شدن گاز مادی بر اثر انبساط، سیطرهٔ انرژی تاریک بیشتر شد.

علائمی را به دست آورند که نشان دهد عالم کُند می‌شود، یعنی تعادلی بین آتش و یخ به‌وجود می‌آید. اما آنچه بدان دست‌یافتند درست عکس این بود. یعنی انبساط شتاب می‌گرفت.

کیهان رشد می‌کند

این اولین بار نیست که یک کشف اخترشناسی انقلابی در دیدگاه ما دربارهٔ عالم به‌وجود آورده است. فقط صد سال از زمانی می‌گذرد که عالم مکانی آرام و آسوده بود، که چندان بزرگ‌تر از کهکشان راه شیری ما در نظر گرفته نمی‌شد. ساعت کیهان‌شناختی با اطمینان و به‌طور منظم تیک‌تاک می‌کرد و عالم ابدی بود. اما، به زودی یک‌جابه‌جایی بنیادی این تصویر را تغییر داد.

در ابتدای قرن بیستم هنریتا سوان لیویت[٦] اخترشناس

شکل ۲. الف. ستارهٔ کوچک، چشمک بزن، چشمک بزن، در این فکرم که کجا هستی.

امریکایی روشی را برای اندازه‌گیری فاصلهٔ ستارگان دور دست پیدا کرد. در آن زمان اخترشناسان زن اجازه استفاده از تلسکوپ‌ها را نداشتند، اما معمولاً برای کار پردرسر تحلیل صفحه‌های عکاسی به‌کار گرفته می‌شدند. هنریتا لیویت هزاران ستارهٔ تپندهٔ موسوم به *قیفاووسی* را بررسی کرد، و دریافت که هر چه درخشان‌تر باشند تپ‌های طولانی‌تری دارند. هنریتا با استفاده از این اطلاعات توانست روشنایی ذاتی قیفاووسی‌ها را محاسبه کند.

اگر فاصلهٔ فقط یک ستارهٔ قیفاووسی معلوم باشد، فاصلهٔ قیفاووسی‌های دیگر را می‌توان تعیین کرد ـ هرچه

شکل ۲. ب. نور استاندارد با روشنایی ثابت برای اندازه‌گیری فاصله ستارگان لازم است.

ستاره کم‌نورتر باشد، فاصله‌اش بیشتر است. و یک شمع استاندارد قابل اطمینان متولد شد، این علامت روی خط‌کش کیهانی هنوز هم به‌کار می‌رود. اخترشناسان با استفاده از قیفاووسی‌ها به‌زودی به این نتیجه رسیدند که راه شیری فقط یکی از کهکشان‌های بی‌شمار موجود در عالم است. و در سال‌های ۱۹۲۰، بزرگ‌ترین تلسکوپ جهان در آن زمان یعنی تلسکوپ مونت ویلسون[۷] در کالیفرنیا در اختیار اخترشناسان قرار گرفت، به‌طوری که توانستند نشان دهند که تقریباً تمام کهکشان‌ها از ما دور می‌شوند. آن‌ها به اصطلاح انتقال به سرخ را بررسی می‌کردند که وقتی رخ می‌دهد که چشمهٔ نور از ما دور شود. طول موج نور بلندتر، و رنگ آن سرخ‌تر می‌شود. نتیجه‌گیری این بود که کهکشان‌ها از یکدیگر و از ما دور می‌شوند، و هرچه فاصلهٔ آن‌ها از ما بیشتر باشد، سرعت دور شدنشان بیشتر است ـ این به قانون هابل[۸] معروف است ـ عالم رشد می‌کند.

آمد و رفت ثابت کیهان‌شناختی

پدیدهٔ مشاهده شده را قبلاً محاسبه‌های نظری مطرح کرده بودند. در سال ۱۹۱۵، آلبرت انیشتین نظریهٔ نسبیت عام خود را منتشر کرد، که از آن پس مبنای شناخت ما از عالم بوده است. این نظریه عالمی را توصیف می‌کند که باید یا منقبض شود یا منبسط.

این نتیجه‌گیری ناراحت‌کننده حدود یک دهه پیش از کشف کهکشان‌هایی به‌دست آمده بود که از هم دور می‌شوند. انیشتین نمی‌توانست با واقعیت ایستا نبودن عالم موافق باشد. بنابراین، برای متوقف ساختن این انبساط ناخواستهٔ کیهانی، ثابتی به نام *ثابت کیهان‌شناختی*[۹] را به معادلهٔ خود اضافه کرد. بعدها، انیشتین مطرح کردن ثابت کیهان‌شناختی را اشتباهی بزرگ دانست.

با این همه، با رصدهای انجام شده در سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۹۷ که برندهٔ جایزه نوبل امسال شد، می‌توان نتیجه گرفت که ثابت کیهان‌شناختی انیشتین ـ که به دلایل غلط وارد معادله شد ـ در واقع ایده‌ای درخشان بود.

کشف عالم در حال انبساط اولین گام سرنوشت‌ساز به سوی این دیدگاه استاندارد بود که عالم ۱٤ میلیارد سال پیش در مهبانگ به‌وجود آمده است. هم زمان و هم مکان در آن هنگام به‌وجود آمدند. از آن پس، عالم مانند کشمش‌های موجود در کیک کشمشی که در فر پُف می‌کند در حال انبساط بوده است، کهکشان‌ها به واسطهٔ انبساط کیهان‌شناختی از یکدیگر دور می‌شوند. اما به کجا می‌رویم؟

اَبَر نواخترها ـ معیار جدید عالم

وقتی انیشتین از ثابت کیهان‌شناختی خلاص و تسلیم ایدهٔ عالم غیرایستا شد، شکل هندسی عالم را به سرنوشت آن مربوط ساخت. عالم باز بود یا بسته و یا چیزی بین این دو ـ یعنی عالم تخت؟

عالم باز عالمی است که در آن نیروی گرانشی ماده به اندازهٔ کافی شدید نیست تا مانع از انبساط آن شود. در این صورت، تمام ماده در فضایی که همواره بزرگ‌تر، سردتر، و تهی‌تر می‌شود رقیق می‌گردد. از سوی دیگر، در عالم بسته، نیروی گرانشی به اندازهٔ کافی قوی است تا باعث توقف و حتی وارون‌شدن روند انبساط شود. بنابراین، سرانجام عالم دست از انبساط برمی‌دارد و در پایانی داغ و هولناک روی هم فرو می‌ریزد، *فروریزش بزرگ*. اما، بیشتر کیهان‌شناسان ترجیح می‌دهند در ساده‌ترین و به لحاظ ریاضی آراسته‌ترین عالم یعنی عالمی تخت زندگی کنند که در آن انبساط تضعیف می‌شود. این عالم نه در آتش پایان می‌یابد و نه در یخ. اما انتخابی وجود ندارد. اگر ثابت کیهان‌شناختی وجود داشته باشد، انبساط همواره شتاب می‌گیرد، حتی اگر عالم تخت باشد.

انتظار می‌رفت که برندگان جایزهٔ نوبل امسال، شتاب منفی کیهانی، یا چگونگی کندشدن عالم را اندازه بگیرند. روش آن‌ها اصولاً همان چیزی بود که اخترشناسان بیش از شش دهه قبل به‌کار می‌بردند. با این همه، صحبت از این کار راحت‌تر از انجام‌دادن آن است، پس از هنریتا لیویت قیفاووسی‌های بسیاری یافته شده‌اند که فاصلهٔ آن‌ها حتی بیشتر است. اما اخترشناسان باید فاصله‌های میلیاردها سال نوری را می‌دیدند که در آن‌ها قیفاووسی‌ها دیگر قابل مشاهده نیستند. خط‌کش کیهانی باید گسترش می‌یافت.

اَبَر نواخترها ـ انفجارهای ستاره‌ای ـ به صورت شمع‌های استاندارد جدید درآمدند. تلسکوپ‌های بسیار پیشرفته در روی زمین و در فضا، همین‌طور رایانه‌های توانمندتر، در سال‌های ۱۹۹۰ این امکان را فراهم ساختند که قطعه‌های بیشتری به این پازل کیهان‌شناختی اضافه شود. حسگرهای تصویرگیری دیجیتالی حساس به نور اهمیت بسیار داشتند ـ ابزارهای بار ـ جفتیده یا CCD ـ که ویلارد بویل[10] و جورج اسمیت[11] برندگان جایزه نوبل فیزیک سال ۲۰۰۹ اختراع کرده بودند.

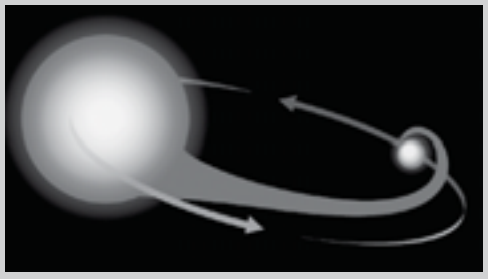
منفجر شدن کوتوله‌های سفید

تازه‌ترین وسیله در جعبه‌ابزار اخترشناسان نوع خاصی از انفجار ستاره‌ای یعنی اَبَرنواختر نوع Ia است. یک اَبَرنواختر از این نوع در ظرف چند هفته می‌تواند به اندازهٔ یک کهکشان نور گسیل کند. این نوع اَبَرنواختر ناشی از انفجار یک ستارهٔ پیر بسیار متراکم با جرم خورشید، اما به اندازهٔ زمین- کوتولهٔ سفید- است. انفجار مرحلهٔ نهایی چرخهٔ زندگی کوتولهٔ سفید است.

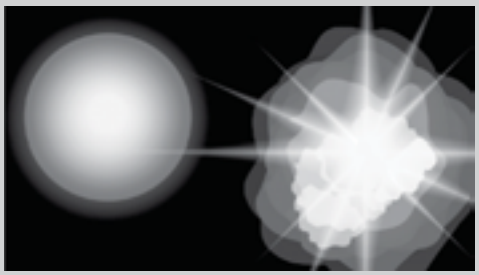
کوتوله‌های سفید وقتی تشکیل می‌شوند که دیگر هیچ‌گونه انرژی در هستهٔ ستاره وجود نداشته باشد، و همهٔ هیدروژن و هلیم آن در واکنش‌های هسته‌ای سوخته و تنها کربن و اکسیژن در آن باقی مانده باشد. خورشید ما نیز در آیندهٔ دور از بین رفته و به‌صورت کوتولهٔ سفید سرد می‌شود.

اما پایان کار کوتولهٔ سفیدی که بخشی از یک منظومهٔ ستارهٔ دوتایی باشد بسیار هیجان‌انگیزتر است. در این مورد، گرانی شدید کوتولهٔ سفید گازهای ستارهٔ همدم را می‌رباید. اما، وقتی جرم کوتولهٔ سفید به ۱/٤ جرم خورشید برسد، دیگر نمی‌تواند انسجام خود را حفظ کند. در این صورت، درون ستاره به اندازهٔ کافی داغ می‌شود تا واکنش‌های همجوشی عنان‌گسیخته آغاز و ستاره در ظرف چند ثانیه نابود شود.

محصولات همجوشی هسته‌ای تابش شدیدی گسیل می‌کنند که در طی هفته‌های اول پس از انفجار به سرعت



شکل۳- **الف.** انفجار اَبَرنواختر کوتولهٔ سفید با استفاده از گرانی، گاز همسایه‌اش را می‌رباید.



شکل۳-ب. وقتی جرم کوتولهٔ سفید به ۱/٤ جرم خورشید برسد، به صورت نوعی اَبَرنواختر منفجر می‌شود.

افزایش یافته، و فقط در ماه‌های بعد کاهش می‌یابد. بنابراین، برای یافتن این اَبَرنواخترها باید عجله کرد- زیرا این مدت انفجارهای شدید کوتاه است. در سراسر عالم قابل مشاهده، حدود ده انفجار اَبَرنواختر نوع Ia در هر دقیقه به وقوع می‌پیوندد. اما عالم بسیار گسترده است. در یک کهکشان نوعی فقط یک یا دو انفجار اَبَرنواختر در هر هزار سال رخ می‌دهد. در سپتامبر سال ۲۰۱۱، این شانس را داشتیم که یکی از این اَبَرنواختر را در کهکشان نزدیک به دبّ‌اکبر مشاهده کنیم که می‌شد آن را با دوربین‌های دوچشمی معمولی هم دید. اما بیشتر اَبَرنواخترها بسیار دورتر و کم‌نورترند. بنابراین کی و کجا باید به گنبد آسمان نگاه کنیم؟

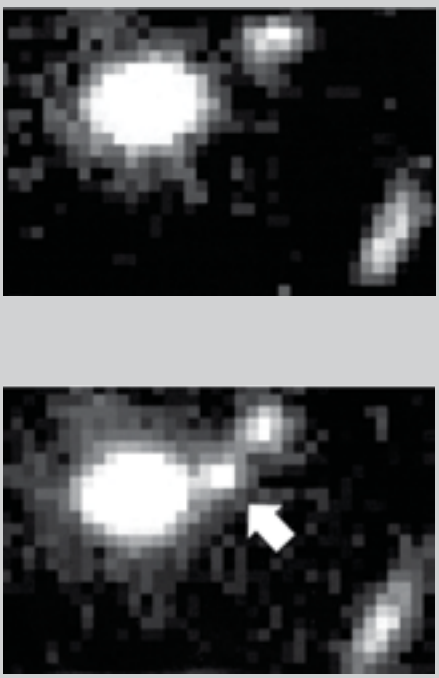
یک نتیجه‌گیری حیرت‌انگیز

دو گروه رقیب می‌دانستند که برای اَبَرنواخترهای دوردست باید در آسمان‌ها به جست‌وجو بپردازند. شگرد کارشان مقایسهٔ دو تصویر از یک بخش کوچک آسمان بود که نظیر یک ناخن شست در فاصلهٔ دور بود. قرار بود اولین تصویر درست پس از ماه نو و دومین تصویر سه هفته بعد، پیش از آن‌که نور ماه نور ستاره را در خود غرق کند گرفته شود. سپس می‌شد این دو تصویر را به امید یافتن نقطهٔ کوچکی از نور- تصویر دانه‌ای در بین دیگران در تصویر CCD- با هم مقایسه کرد تا شاید نشانه‌ای از یک اَبَرنواختر در کهکشانی دور به دست آید. برای حذف واپیچیدگی‌های موضعی، فقط اَبَرنواخترهای دورتر از یک‌سوم عرض عالم قابل مشاهده مورد استفاده قرار گرفتند.

پژوهشگران باید با مشکلات زیادی دست‌وپنجه نرم می‌کردند. اَبَرنواخترهای نوع Ia آن‌گونه که در ابتدا به‌نظر می‌رسید قابل اطمینان نبودند- روشن‌ترین انفجارها نور خود را با سرعت کمتری از دست می‌دادند. به‌علاوه، نور آن‌ها را باید از زمینهٔ نور کهکشان میزبان‌شان به‌دست آورد. کار مهم دیگر به‌دست آوردن روشنایی صحیح بود. گرد و غبار میان کهکشانی بین ما و ستارگان نور ستاره را تغییر می‌دهد. این موضوع هنگام محاسبه بیشینه روشنایی اَبَرنواخترها، بر نتایج تأثیر می‌گذارد.

دنبال کردن اَبَرنواخترها علاوه بر مرزهای علوم و فناوری، مرزهای تدارکاتی را نیز به مبارزه می‌طلبید. ابتدا باید اَبَرنواختر مناسب پیدا می‌شد. سپس، انتقال به سرخ و روشنایی آن را اندازه‌گیری می‌کردند. منحنی نور باید در طول زمان تحلیل می‌شد تا بتوان اَبَرنواختر را با سایر اَبَرنواخترهای آن نوع در فاصله‌های معلوم مقایسه کرد. این کار به شبکه‌ای از دانشمندان نیاز داشت تا بتوانند به سرعت تصمیم بگیرند که آیا یک ستارهٔ خاص نامزد مناسبی برای رصد کردن است. این کار نیازمند توانایی استفاده از تلسکوپ‌های مختلف و در اختیار داشتن زمان بهره‌گیری بدون تأخیر از تلسکوپ بود، روالی که معمولاً ماه‌ها طول می‌کشد. آن‌ها باید به سرعت عمل می‌کردند زیرا اَبَرنواختر به سرعت کم‌نور می‌شود. گاهی، دو گروه پژوهشی رقیب مستقیم سر راه یکدیگر قرار می‌گرفتند.

دام‌های بالقوه زیادی وجود داشت و این واقعیت که هر دو گروه به نتایج حیرت‌انگیز یکسانی رسیده بودند آن‌ها را



شکل٤. الف

شکل۴- ب. اَبَرنواختر ۱۹۹۵ar در تصویر از یک بخش کوچک آسمان که به فاصلهٔ سه هفته از هم گرفته شده‌اند. در تصویر دوم، نقطهٔ کوچکی از نور، پس از رصدهای بیشتر منحنی نور آن، به عنوان اَبَرنواختر نوع Ia شناسایی می‌شود. این نوع اَبَرنواختر می‌تواند به اندازهٔ یک کهکشان کامل نور گسیل کند. منحنی نور تمام اَبَرنواختر نوع Ia یکسان است. بیشتر نور طی چند هفتهٔ اول گسیل می‌شود (نگاه کنید به نمودار)

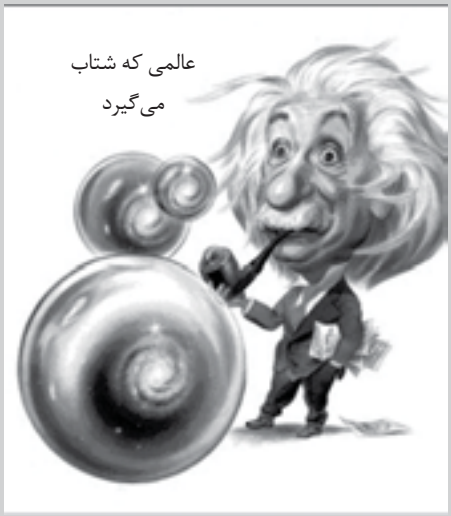
مطمئن ساخت: آن‌ها روی هم رفته ۵۰ اَبَرنواختر دوردست پیدا کردند که نور آن‌ها ضعیف‌تر از آنچه انتظار داشتند به نظر می‌رسید. این عکس چیزی بود که پیش‌بینی می‌کردند. اگر سرعت انبساط کیهانی کم می‌شد، این اَبَرنواختر باید روشن‌تر به‌نظر می‌رسیدند. اما، اَبَرنواختر با هرچه سریع‌تر دور شدن همراه کهکشان‌هایشان، کم‌نورتر می‌شدند. نتیجه‌گیری شگفت‌انگیز آن بود که عالم کُند نمی‌شود- بلکه برعکس، شتاب می‌گیرد.

از اینجا تا ابدیت

اما چه چیزی به عالم شتاب می‌دهد؟ این عامل انرژی تاریک خوانده می‌شود و چالشی برای فیزیک‌دان‌هاست، معمایی که تاکنون کسی موفق به حل آن نشده است. ایده‌های چندی پیشنهاد شده است. ساده‌ترین آن‌ها وارد کردن دوبارهٔ ثابت کیهان‌شناختی انیشتین است، که او زمانی کنار گذاشته بود. در آن زمان، او ثابت کیهان‌شناختی را به صورت نیرویی پادگرانشی وارد کرده بود تا با نیروی گرانشی ماده مقابله کرده و در نتیجه عالمی ایستا را به‌وجود آورد. امروز، به‌نظر می‌رسد که ثابت کیهان‌شناختی باعث می‌شود انبساط عالم شتاب بگیرد.

البته، ثابت کیهان‌شناختی ثابت است و برحسب زمان تغییر نمی‌کند. بنابراین انرژی تاریک وقتی غلبه می‌کند که ماده، و در نتیجه گرانی آن، بر اثر انبساط عالم طی میلیاردها سال رقیق شود. به‌نظر دانشمندان، این موضوع توجیه می‌کند که چرا ثابت کیهان‌شناختی در اواخر تاریخ عالم، فقط پنج تا شش میلیارد سال قبل، وارد صحنه شده است. زیرا در این زمان، نیروی گرانشی ماده در مقایسه با ثابت کیهان‌شناختی به اندازه کافی ضعیف شده است. پیش از آن، انبساط عالم کُند می‌شد.

منشأ ثابت کیهان‌شناختی می‌تواند در خلأ، یعنی فضای تهی باشد که طبق فیزیک کوانتومی هرگز کاملاً تهی

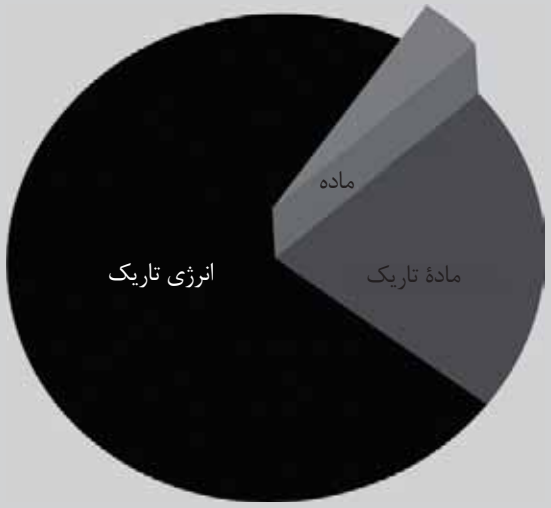


شکل ۵. کشف شتاب گرفتن انبساط عالم در شمارهٔ دسامبر سال ۱۹۹۸ ساینس «پیروزی سال» اعلام شد. بر روی جلد این شماره آلبرت انیشتین به ثابت کیهان‌شناختی خود خیره شده بود که به صف مقدم کیهان‌شناسی باز می‌گشت.

نیست، خلأ یک سوپ کوانتومی جوشان است که در آن ذرات مجازی ماده و پاد ماده تولید و نابود شده و باعث به‌وجود آمدن انرژی می‌شوند. با این همه، ساده‌ترین برآورد مقدار انرژی تاریک، به هیچ‌وجه نظیر مقدار اندازه‌گیری شده در فضا نیست، بلکه حدود 10^{120} بار (۱ با ۱۲۰ تا صفر) بیشتر است. این موضوع گافی عظیم و توجیه نشده بین نظریه و مشاهده را نشان می‌دهد- در تمام سواحل زمین بیش از 10^{20} (۱ با ۲۰ تا صفر) ماسه وجود ندارد.

اما این احتمال وجود دارد که انرژی تاریک ثابت نباشد. شاید برحسب زمان تغییر کند. ممکن است که یک میدان نیروی ناشناخته فقط گاهی انرژی تاریک تولید کند. در فیزیک میدان نیروهای بسیاری وجود دارند که روی هم رفته آن‌ها را با نام یونانی عنصر پنجم جوهر می‌شناسند. جوهر می‌تواند، فقط گاهی، به عالم شتاب دهد. این موضوع پیش‌بینی سرنوشت عالم را ناممکن می‌سازد.

به‌نظر می‌رسد که انرژی تاریک، هرچه باشد ماندگار است. این انرژی به خوبی در پازل کیهان شناختی قرار می‌گیرد و مدت‌هاست که فیزیک‌دان‌ها و اخترشناسان روی



شکل ۶. عالم. مفهوم این کشف که سه چهارم عالم از نوع ناشناخته‌ای از انرژی، به نام انرژی تاریک، تشکیل شده است. انرژی تاریک، همراه با مادهٔ تاریک همان‌قدر ناشناخته، ۹۵٪ عالم را تشکیل می‌دهند. فقط ۵٪ باقیمانده مادهٔ معمولی است که کهکشان، ستارگان، گل‌ها و انسان‌ها را می‌سازد.

آن کار می‌کنند. طبق آمار کنونی، حدود سه چهارم عالم از انرژی تاریک تشکیل شده است. بقیه ماده است. اما مادهٔ معمولی که کهکشان‌ها، ستارگان، انسان‌ها و گل‌ها از آن ساخته شده‌اند فقط پنج درصد عالم است. مادهٔ باقیمانده موسوم به *مادهٔ تاریک* تاکنون از چشم ما پنهان مانده است.

مادهٔ تاریک نیز معمایی دیگر در کیهان عمدتاً ناشناختهٔ ماست. مادهٔ تاریک هم مانند انرژی تاریک نامرئی است. بنابراین، هر دو را از روی تأثیرشان می‌شناسیم- یکی هُل می‌دهد، و دیگر می‌کشد. تنها وجه مشترک آن‌ها «تاریکی» است.

بنابراین، یافته‌های برندگان نوبل فیزیک ۲۰۱۱ عالمی را نشان می‌دهد که ۹۵٪ آن برای علم ناشناخته است و باز هم هر چیزی امکان دارد.

برندگان

سول پرلموتر

شهروند ایالات متحده، متولد سال ۱۹۵۹ در ایلینوی، آمریکا، Ph.D در سال ۱۹۸۶ از دانشگاه کالیفرنیا در برکلی رئیس طرح کیهان‌شناسی اَبَر نواختر، استاد کیهان‌شناسی در آزمایشگاه ملی لورنس، برکلی و دانشگاه کالیفرنیا در برمکی.

برایان پی. اشمیت

شهروند ایالات متحده در استرالیا. متولد ۱۹۶۷ در مونتانا، آمریکا. Ph.D در سال ۱۹۹۳ از دانشگاه هاروارد در کمبریج، ماساچوست، رئیس گروه پژوهش ابرنواختر Z- بالا. استاد ممتاز دانشگاه ملی استرالیا، وستون کریک، استرالیا.

آدام جی.ریس

شهروند ایالات متحده. متولد سال ۱۹۶۹ در واشنگتن دی.سی. آمریکا. Ph.D سال ۱۹۹۶ از دانشگاه هاروارد در کمبریج. ماساچوست. استاد اخترشناسی و فیزیک دانشگاه جان هاپکینز و انستیوی علمی تلسکوپ فضایی، بالتیمور. ایالت متحده.

پی‌نوشت

1. Saul Perlmutler
2. Supernova Cosmology Project
3. Brian Schmidt
4. High-Z Supernova Search Team
5. Adam Riess
6. Henrietta Swan Leavitt
7. Mount Wilson
8. Hubble law
9. cosmological constant
10. Willard Boyle
11. George Smith

منبع

The Royal swedish Academy of sciences. HTTP://KVASE