افق‌های نو

کشف نخستین مدارک از مدل تورمی عالم

روز پرشکوه علم

یوریا ناظمی

علم بار دیگر قدرت بی‌نظیر خود را در روزی پرشکوه و در نقطه تلاقی دو نظریه مهم نسبیت و کوانتوم، به رخ کشید و دایره درک ما از عالم را وسیع‌تر کرد و در عین حال پرسش‌های بیشتری را پیش پای ما قرار داد. روز دوشنبه ۲۶ اسفندماه سال گذشته، مرکز اخترفیزیک هاروارد اسمیتسونین با برگزاری کنفرانسی خبری، شاید‌های را که چند روزی جهان علم را به وجد آورده بود، تایید کرد. سرانجام دانشمندان توانستند برای اولین‌بار در تاریخ، نشانه و مدرکی دال بر صحت نظریه تورمی عالم پیدا کنند. این خبری فوق‌العاده مهم و ارزشمند بود اما به دلیل نزدیک‌شدن تعطیلات نوروزی، چندان به آن نپرداختند. اکنون به نظر می‌رسد یکی از بزرگ‌ترین تلاش‌ها و جست‌وجوهای علمی و ذهنی بشر معاصر به نتیجه رسیده است. خبر مهیجی که برخی از کیهان‌شناسان از آن به یافتن یکی از جاهای مقدس گمشده کیهان‌شناسی یاد می‌کردند.

آنچه دانشمندان خبر کشف آن را اعلام کردند، در ساده‌ترین زبان ممکن رصد امواج گرانشی حاصل شدن نوری ابتدای عالم است اما مدل تورمی چیست؟ و امواج گرانشی کدام‌ها هستند؟

جهان ما در یکی‌ترین حالت و شمایل خود، در حال انبساط است. کیهان‌شناسان خوشه‌های کهکشانی، همه‌وهمه از هم در حال دورشدن هستند. این دورشدن به این دلیل نیست که مثلا نخ‌تنانیر نیروی دافعه‌های درون فضا و زمان از هم در می‌شوند بلکه درواقع بافتار فضا زمانی که جهان ما را شکل داده است و این کیهان‌ها نیز روی آن قرار دارند، در حال توسعه و انساط است. با تغییر مکان ماه و جلبه‌جایی آب، باید لواحی ببندد. از این امواج با عبارت‌ها و پیمان‌های متفاوتی یاد می‌شود؛ از جمله موج فضا/زمان، زمانی که ما در یک گوشه از استخر آب، تغییر شکلی بدید می‌آوریم و گوشه‌ای از آن را به هم می‌زنیم. موجی شکل می‌گیرد که در سرتاسر استخر حرکت می‌کند. چنین پدیده‌ای در فضا/زمان نیز رخ می‌دهد و امواج گرانشی را پدید می‌آورد. اینها نتیجه‌گیری‌های ما از معادلات نسبیت عام اینشتین، است این نظر همیشه مطرح بوده است اما در ۵۰ سال گذشته کیهان‌شناسان تلاش کردهاند به روش‌های مختلف از جمله نصب آنتن‌های گوناگون در سطح زمین، این امواج را آشکار کنند. کار کشف و آشکاری این امواج مدت‌ها اندامه داشت. از جمله اینکه در دهه ۱۹۶۰ میلادی (۵۰ شمسی) تلاش‌هایی برای آشکاری این امواج صورت گرفت در آن زمان فیزیکدانی به نام ژوزف وبر، تلاش‌های برای آشکاری‌سازی این امواج صورت داد و درنهایت اعلام کرد چنین امواج‌ها را دریافت کرده است. براساس معادلات، دانشمندان هیچ نتایج آن آزمایش‌ها را تایید نکردند. البته این امواج را در دهه ۱۹۷۰ بطور غیرمستقیم مشاهده کردند. در زمان ما بیگری تغییر فاصله دو جسم کیهانی که به دور یکدیگر می‌گردند به این امواج پی بردند. یکی از دو جسم کیهانی به دور یکدیگر می‌گردند. از این مجموعه امواج گرانشی گسیل می‌شود و بنابراین انرژی‌شان کم می‌شود و این دو جسم به یکدیگر نزدیک می‌شوند که این دستاورد جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۹۳ را برای ارثل هلس/وجوزف تیلور به ارمغان آورد. البته همطلعو که تاکید کردم، این مشاهده نتایج غیرمستقیم و موجود امواج گرانشی بود. اما دانشمندان، دیگی دو دهه اخیر بدنبال آن بودند که از آشکارسازهای بهتر و پیشرفته‌تری برای کشف امواج گرانشی استفاده کنند که مجهز به تداخل‌سنج لیزری است. اینگونه تجهیزات آنتن نام دارند که شبیه آنتن‌های معمولی رادیو و تلویزیون است و امواج الکترومغناطیسی را دریافت می‌کنند به نگاری تیز از تلسکوپ و رصدخانه امواج گرانشی صحبت می‌کنند. در هر صورت، این ابزارها هم نامی که داشته باشند، هدف و کارشان این است که امواج گرانشی را آشکارسازی و ثبت کنند. چنین دستگاه‌ها و تجهیزاتی تاکنون این امواج گرانشی را آشکارسازی و ثبت نکرده بودند تا اینکه به تازگی کشف شدند. در ۱۵ـسال اخیر همیشه این بحث وجود داشت که در ابتدای عالم و قبل از اینکه حتی کهکشان‌هایی شکل بگیرد، یعنی زمانی که ماده و فوتون و انواع ذرات بنیادی که می‌شناسیم، به یک‌دیگرآش اولیه‌ای را تشکیل می‌دادند، چنین چه وضعیت و ویژگی‌هایی داشته است. در آن زمان به علت حرکت ماده ممکن بود که امواج گرانشی پدید آید. این پدیده می‌تواند روی چیزی که ما به آن تابش زمینه کیهانی می‌گوییم نیز تاثیر بگذارد. تابش زمینه کیهانی- فوتون‌هایی است که در ابتدای بدید آمدن جهان، از ماده جدا شدند و کل کیهان ما را در بر گرفتند. البته همه می‌دانستند که انگشاری چنین امواجی بسیار دشوار است و کمتر امید می‌رفت چنین امواجی کشف شوند. کشف اخیر هم به این امواج مربوط است که در همین عالم اولیه وجود داشت و کیهان‌شناسان تاثیرش را روی تابش زمینه کیهانی کشف کرده بودند.

گروه علمی؛ در روزهای پایانی سال گذشته خبرهایی درباره آشکارسازی امواج گرانشی منتشر شد که به گمان برخی از صاحبنظران موجب آغاز دوران جدیدی در علم کیهان‌شناسی شده است. برای درک بهتر این خبر و همچنین بررسی بهتر ماهیت خود علم کیهان‌شناسی با آقای دکتر رضا منصوری، استاد فیزیک دانشگاه صنعتی‌شریف هم‌سخن شدیم تا این علم را برای ما تشریح کند.

■ در اینجا اگر امکان دارد اینجا کمی درباره اصل خبر آشکارسازی امواج گرانشی صحبت کنیم تا بیشتر در جریان ماجرا قرار بگیریم.

امواج گرانشی یکی از مفاهیم مهم در حوزه نجوم و کیهان‌شناسی است. از زمانی که «اینشتین» نظریه نسبیت خود را ارایه کرد این مفهوم نیز همواره مطرح بود در نظریه نسبیت دینامیکی (شبیه الکترومغناطیس) را برای کشف در نظر گرفتند. به این معنا اگر ماده‌ها حرکات گرانش یا این صورت توصیف می‌شود. با تغییر مکان ماده و جابه‌جایی آب، باید لواحی ببندد. از این امواج با عبارت‌ها و پیمان‌های متفاوتی یاد می‌شود؛ از جمله موج فضا/زمان، زمانی که ما در یک گوشه از استخر آب، تغییر شکلی بدید می‌آوریم و گوشه‌ای از آن را به هم می‌زنیم. موجی شکل می‌گیرد که در سرتاسر استخر حرکت می‌کند. چنین پدیده‌ای در فضا/زمان نیز رخ می‌دهد و امواج گرانشی را پدید می‌آورد. اینها نتیجه‌گیری‌های ما از معادلات نسبیت عام اینشتین، است این نظر همیشه مطرح بوده است اما در ۵۰ سال گذشته کیهان‌شناسان تلاش کردهاند به روش‌های مختلف از جمله نصب آنتن‌های گوناگون در سطح زمین، این امواج را آشکارسازی کنند. کار کشف و آشکاری این امواج مدت‌ها اندامه داشت. از جمله اینکه در دهه ۱۹۶۰ میلادی (۵۰ شمسی) تلاش‌هایی برای آشکاری‌سازی این امواج صورت گرفت در آن زمان فیزیکدانی به نام ژوزف وبر، تلاش‌های برای آشکاری‌سازی این امواج صورت داد و درنهایت اعلام کرد چنین امواج‌ها را دریافت کرده است. براساس معادلات، دانشمندان هیچ نتایج آن آزمایش‌ها را تایید نکردند. البته این امواج را در دهه ۱۹۷۰ بطور غیرمستقیم مشاهده کردند. در زمان ما بیگری تغییر فاصله دو جسم کیهانی که به دور یکدیگر می‌گردند به این امواج پی بردند. یکی از دو جسم کیهانی به دور یکدیگر می‌گردند. از این مجموعه امواج گرانشی گسیل می‌شود و بنابراین انرژی‌شان کم می‌شود و این دو جسم به یکدیگر نزدیک می‌شوند که این دستاورد جایزه نوبل فیزیک سال ۱۹۹۳ را برای ارثل هلس/وجوزف تیلور به ارمغان آورد. البته همطلعو که تاکید کردم، این مشاهده نتایج غیرمستقیم و موجود امواج گرانشی بود. اما دانشمندان، دیگی دو دهه اخیر بدنبال آن بودند که از آشکارسازهای بهتر و پیشرفته‌تری برای کشف امواج گرانشی استفاده کنند که مجهز به تداخل‌سنج لیزری است. اینگونه تجهیزات آنتن نام دارند که شبیه آنتن‌های معمولی رادیو و تلویزیون است و امواج الکترومغناطیسی را دریافت می‌کنند به نگاری تیز از تلسکوپ و رصدخانه امواج گرانشی صحبت می‌کنند. در هر صورت، این ابزارها هم نامی که داشته باشند، هدف و کارشان این است که امواج گرانشی را آشکارسازی و ثبت کنند. چنین دستگاه‌ها و تجهیزاتی تاکنون این امواج گرانشی را آشکارسازی و ثبت نکرده بودند تا اینکه به تازگی کشف شدند. در ۱۵ـسال اخیر همیشه این بحث وجود داشت که در ابتدای عالم و قبل از اینکه حتی کهکشان‌هایی شکل بگیرد، یعنی زمانی که ماده و فوتون و انواع ذرات بنیادی که می‌شناسیم، به یک‌دیگرآش اولیه‌ای را تشکیل می‌دادند، چنین چه وضعیت و ویژگی‌هایی داشته است. در آن زمان به علت حرکت ماده ممکن بود که امواج گرانشی پدید آید. این پدیده می‌تواند روی چیزی که ما به آن تابش زمینه کیهانی می‌گوییم نیز تاثیر بگذارد. تابش زمینه کیهانی- فوتون‌هایی است که در ابتدای بدید آمدن جهان، از ماده جدا شدند و کل کیهان ما را در بر گرفتند. البته همه می‌دانستند که انگشاری چنین امواجی بسیار دشوار است و کمتر امید می‌رفت چنین امواجی کشف شوند. کشف اخیر هم به این امواج مربوط است که در همین عالم اولیه وجود داشت و کیهان‌شناسان تاثیرش را روی تابش زمینه کیهانی کشف کرده بودند.

■ اهمیت کشف این امواج گرانشی در چیست؟

این کشف سیاره مهم است. زیرا اطلاعات بسیاری را می‌توان از آن استخراج کرد اما یکی از نکات بسیار مهم در این کشف دشواری قرارداد مربوط به این کشف است. برای انجام مواد بسیار دشوار، از مثل پیداکردن سوزن در انبار کاه استفاده می‌کنند که به نظر می‌رسد برای یک‌نهرین کاربردهای این ضربه‌المثل مهم‌اند. مورد کشف امواج گرانشی است. این کشف بسیار غیرمنتظره و هیجان‌انگیز است و از زمانی که این کشف انجام شد، کارشناسان سراسر دنیا در صدد آن هستند که جنبه‌های مختلف این کشف را تفسیر کنند. یکی از اهدافشان این است که با استخراج اطلاعات از این کشف جدید، مدل‌های کیهان‌شناسی را اصلاح کنند و در صورت لزوم تغییری در این مدل‌ها ایجاد کنند تا با دستاوردها و مشاهده‌های جدید هماهنگی و هماهنگی داشته باشد. حتی برخی بر مبنای کشف علمی جدید هماهنگی و هماهنگی داشته باشد. حتی برخی بر مبنای کشف بلندپایه این فرض را مطرح می‌کنند که ممکن است گرانش در آن دوران، رفتاری کوانتومی داشته است. حتی برخی دیگر این بحث را پیش کشیده‌اند که موضوع و مفهوم چندجهانی (Multiverse) بودن کیهان ما واقعیتی است که از این طریق می‌توان این کشف را توضیح داد. هماکنون مجموعه‌ای از توضیحات مختلف برای تفسیر این کشف شروع شده که بیانگر هیجانی است که در بین کیهان‌شناسان در اثر این کشف بدید آمده است.

■ شما در صحبت‌های بالا روی این موضوع تاکید کردید که این کشف تاثیر شگرفی روی پیشرفت کیهان‌شناسی خواهد داشت. اگر امکان دارد تیمی از پژوهشگران مرکز اسمیتسونین دانشگاه هاروارد در دوسال گذشته مشغول تحلیل داده‌های حاصل از این رصد بوده‌اند و در اواخر اسفندماه ۱۳۹۲ (مارس ۲۰۱۴) میلادی، خبر کشف قطبش مد B را در تابش زمینه کیهانی اعلام کردند. مدل استاندارد کیهان‌شناسی تاکنون موفق‌ترین مدل برای توصیف دقیق عالم بوده است. البته نقوقفیت‌هایی در توصیف برخی پدیده‌های مشاهده‌شده داشته است که برای رفع این مشکلات، فیزیک‌پیشگان و کیهان‌شناسان مدلی با نام مدل تورمی معرفی کرده‌اند. طبق پیش‌بینی مدل‌های تورمی، عالم در کسر بسیار کوچکی از ثانیه پس از مهبانگ، انبساط بسیار سریعی را از سر گذرانده است. در طول این انبساط سریع، در چگالی یکنواخت و همگن ماده تشکیل‌دهنده عالم، بذرهایی از ناهمگنی به‌وجود آمده است. یعنی در ناحیه‌های کوچکی، چگالی ماده بیشتر از چگالی زیاده عالم شده است. این ناهمگنی‌ها به‌تدریج رشد کرده‌اند و در طول میلیاردهاسال ـ به ساختارهای تبدیل شده‌اند که امروزه در عالم به‌صورت کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی می‌بینیم. در طول دوران تورمی، اختلال‌های هم در گرانش به‌وجود آمده است. این توضیح‌های گرانشی با سرعت نور در فضا منتشر شده‌اند. به این گسترش فوتوخیز گرانشی، امواج گرانشی می‌گویند. این امواج اثری برای دریافت امواج گرانشی روی زمین تلاش‌های زیادی شده است و آزمایش‌های اولیه عالم است و این ناهمگنی‌ها در طول تحول عالم بر دیگر ذرات موجود در آن اثر گذاشته‌اند اما شاید مانند هر دو در حال انبساط است و با زاندانس فاصله‌ها احتمال خروج بدین فرات، کمتر می‌شود. برهم‌کنش الکترون‌ها با فوتون‌ها (ذرات تشکیل‌دهنده عالم) دارند، فاصله بین ذرات تشکیل‌دهنده آنها کوچک می‌شود که دیگر امکان برخورد بین ذرات باشد. دمای کمتری هم دارند. تعادل بین فوتون‌ها و الکترون‌ها بسیار کم شده و فوتون‌ها آزاد شدند. این فوتون‌ها از آن زمان (زمان آخرین برآکندگی) به ما می‌رسند و در طول موج رزنومو آشکار می‌شوند. این فوتون‌ها که به انجام تابش زیتومو زمینه شناخته می‌شوند اطلاعاتی از زمان آخرین برآکندگی را با خود دارند. اطلاعاتی از ناهمگنی‌های ماده در آن زمان و از امواج گرانشی اولیه که در دوران تورم تولید شده است. بنابراین مطالعه این فوتون‌ها می‌تواند روشی برای آشکارکردن اثر امواج گرانشی اولیه باشد. این یکنواختی در تابش زمینه اطلاعات زیادی در خود نهفته است. در واقع تابش زمینه ریزموج کیهانی، تابشی است که حدود ۳۸۰هزارسال پس از انفجار بزرگ منتشر شد. در این هنگام دیوار مات پلاسمایی جهان اولیه، شفاف شد و نور توانست سفرش را آغاز کند. پیش از این هنگام، جهان بسیار داغ اما تاریک بود. دانشمندان دریافتند صرف‌نظر از اختلاف‌های بسیار کوچک دما که به صورت نقطه‌های نارنجی و آبی در نقشه گرمایی (شکل بالا) دیده می‌شود، دمای تابش پس‌زمینه کیهانی در همه جای جهان، عدد ثابتی است. این یکنواختی در تابش پس‌زمینه باعث سردرگمی دانشمندان شده بود.

■ کشفیه که عالم مستند می‌شود. تعریف ما از عالم یعنی جهان و همه چیزهای درون آن. پس عالم در درون چه‌چیزی منبسط می‌شود؟

ما در هندسه چهاربعدی می‌گوییم مجموعه‌های خمیده، می‌توانند بزرگ شوند. بدون آنکه خودش درون چیز دیگری قرار گرفته باشد. یعنی با بزرگ‌شدن، فضای خودش را پیدا می‌کند. بنابراین لازم نیست فضا- زمان چهاربعدی ما درون چیز دیگری قرار داشته باشد. البته می‌توان تصور کرد که این فضا- زمان برای مثال یک آزمایش فیزیک را می‌توان در آزمایش‌های مختلف جهان انجام داد. اما کیفیتی که می‌شناسیم یکناست. ولی بقیه ویژگی‌های کیهان‌شناسی را می‌شنوند. البته شدت انفوخیزهای تئوری به‌مراتب کوچک‌تر از نوع نردهای است و به همین دلیل آزمایش‌های پیش از بایسپ ۲ قادر به تشخیص آنها نشده بودند. این امواج دامنه بسیار کوچک‌تری نسبت به امواج نردهای دارند و هیچیک از آزمایش‌های پیشین از دقت کافی برای اندازه‌گیری آن برخوردار نبود.

اکنون که آزمایش «بایسپ ۲» موفق به اندازه‌گیری امواج تئوری در تابش زمینه‌ای کیهان و تفکیک آن از نوع نردهای شده است، می‌توان برخلاف گذشته که فقط حد بالایی پارامتر r تعیین شده بود، مقدار آن را سنجید. مقدار به‌دست‌آمده، از یکسو تاییدی است بر وجود امواج تئوری در ابتدای عالم (که خود گواهی بر تائیردداشتن امواج گرانشی است) و دستاورد بزرگ علمی محسوب می‌شود. از سوی دیگر مقدار به‌دست‌آمده با پیش‌بینی الگوهای تورمی سازگار است.

البته این کشف مهم مانند بسیاری از موارد دیگر در علم بدون بحث نیست. نتایج آزمایش بسیار مهم دیگری در ماهواره‌ای به نام پلانک در راه است که هدف آن نیز اندازه‌گیری نسبت r است. نتایجی که تاکنون از این اندازه‌گیری منتشر شده است، حد بالایی برای r است که با نتایج آزمایش «بایسپ ۲» کمی اختلاف دارد. انتظار می‌رود که با انتشار نتایج نهایی ماهواره پلانک که احتمالا در تابستان آینده خواهد بود، اندازه‌گیری انجام‌شده گروه «بایسپ ۲» با تایید شود و از غیرآن صورت، کیهان‌شناسی با چالش جدیدی در این زمینه روبه‌رو خواهد بود.

۱- مدیر فنی طرح رصدخانه ملی ایران

۲- دکترای کیهان‌شناسی

علم

رصدخانه

درباره خبر کشف امواج گرانشی

نشانه‌هایی از آغاز عالم

سیما قاسمی . استادیار فیزیک دانشگاه خوارزمی

اهمیت کشف امواج گرانشی و دستاوردهای جدید علمی در گفت‌وگو با «رضا منصوری»

آزمایشگاهی به گستردگی کیهان

عکس: عباس کوثری، شرق

کمی درباره خود علم کیهان‌شناسی و زمینه کاری آن صحبت کنید.

کیهان‌شناسی به‌عنوان یک علم بسیار جوان است و سنش از ۵۰ـسال هم کمتر است. اما رشدهایش به زمان آرام‌آرام نظریه نسبیت عام «اینشتین» برمی‌گردد. این نظریه از نتاج‌های بین گرانش و هندسه عالم برقرار کرد. هرجا که ماده هست و نیروی جاذبه گرانشی وجود دارد، وقتی بین این پدیده و هندسه عالم ارتباط برقرار می‌کنیم، ذهن بشر به این سمت می‌رود که اگر ماده تغییرشکل دهد و حرکت کند، هندسه هم باید تغییر کند. به این مفهوم در اصطلاح علمی، دینامیک می‌گویند به این معنا که فضا- زمان که نوعی هندسه است، باید دینامیک داشته باشد حدود ۹۰ سال پیش منجمان دریافتند در نور کهکشان‌ها، انتقال به سرخ مشاهده می‌شود که همین موضوع بیانگر آن است که این کهکشان‌ها در حال دورشدن از یکدیگر هستند. این موضوع با نظریه نسبیت عام مطابقت داشت و عالم را مطرح کردند. این مفهوم بیانگر این است که عالم ما هماندند یادکنکی که باید می‌شود در حال گسترش است. مثل بادکنک در حال باشدن را ببازی از کهکشان‌ها بسیار نزدیک لوبیا و گسترش کیهان به‌کار می‌برند اما شاید تصویر چندان دقیق و مناسبی برای کیهان ما نباشد. زیرا بادکنک سطحی دوبعدی است که درون و بیرون دارد اما عالم ما که چهاربعدی است، درون و بیرون ندارد. پس قیاس عالم با بادکنک فقط برای بیان چگونگی انبساط و برگشتن چیز است. پس بخواهیم خلاصه انبساط عالم را به‌گونه که همه‌چیز در عالم از هم دور می‌شود. علاوه بر اینها در ۱۰ـسال گذشته با بررسی داده‌های رصدی متفاوت، مشخص شده است که عالم ما دو ویژگی بسیار مهم دارد. یکی اینکه همگن و دیگر اینکه همسانگرد است. همگن یعنی اینکه همه قسمت‌های عالم ما شبیه قسمت‌های دیگر است و تفاوتی با هم ندارد. همسانگرد بودن اینکه در هر جهتی که به عالم نگاه کنیم، یک چیز می‌بینیم و تفاوتی ندارد که در چه جهتی به عالم نگاه کنیم. یعنی جهت‌ها هم تفاوت ندارند. این دو ویژگی مهم مدل استاندارد کیهان‌شناسی ماست.

■ در صحبت‌هایتان کشفیه عالم، همگن و یکنواخت است و هر بخشی از جهان، شبیه بخش‌های دیگر است. اما وقتی به عکس‌های کیهان نگاه می‌کنیم، می‌بینیم در بخشی تعدادی کهکشان هست و در جاهای دیگر هیچ کهکشانی ندارد.

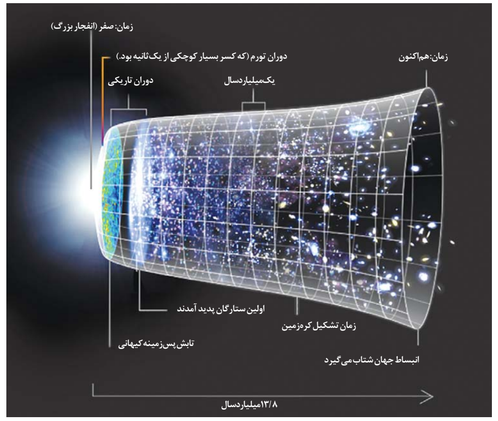
همطلعو که گفتم با گذشت زمان عالم منبسط می‌شود، پس می‌توان نتیجه گرفت در زمان‌های گذشته، عالم فشرده‌تر بود. به چه ترتیب می‌توان با اینگونه فرض‌ها محاسبات، وضعیت کهکشانی گذشته عالم را ارزیابی کرد. اکنون تصور کنید همطلعو که در زمان به عقب می‌رویم و جهان ما کوچک‌تر می‌شود. چه بدیده‌هایی روی می‌دهد. وقتی رو به عقب می‌رویم، کهکشان‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند تا به زمانی می‌رسیم که ذرات انرژهای بسیار کوچک‌تر به هم همسانگرد می‌شوند. آنقدر فاصله بین ذرات تشکیل‌دهنده آنها کوچک می‌شود که دیگر کیهکشانی ندارد.

دانشمندان چگونه می‌توانند گذشته عالم را بررسی کنند؟

همطلعو که گفتم با گذشت زمان عالم منبسط می‌شود، پس می‌توان نتیجه گرفت در زمان‌های گذشته، عالم فشرده‌تر بود. به چه ترتیب می‌توان با اینگونه فرض‌ها محاسبات، وضعیت کهکشانی گذشته عالم را ارزیابی کرد. اکنون تصور کنید همطلعو که در زمان به عقب می‌رویم و جهان ما کوچک‌تر می‌شود. چه بدیده‌هایی روی می‌دهد. وقتی رو به عقب می‌رویم، کهکشان‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند تا به زمانی می‌رسیم که ذرات انرژهای بسیار کوچک‌تر به هم همسانگرد می‌شوند. آنقدر فاصله بین ذرات تشکیل‌دهنده آنها کوچک می‌شود که دیگر کیهکشانی ندارد.

■ یکی از موضوعات مورد علاقه کیهان‌شناسان بررسی گذشته عالم است.

تورم کیهان و پیامدهای آن



اخترفیزیکدانی به نام «آلن گات» در سال ۱۹۸۰، برای تشریح وضعیت مشاهده‌شده کیهان، ایده تورم کیهانی را مطرح کرد. عبارت تورم در اینجا بیانگر نوعی دافعه گرانشی است که به جای نزدیک‌کردن و جاذبه اجسام، آنها را از یکدیگر دور می‌کند. تورم که در کسر بسیار کوچکی پس از انفجار بزرگ روی داد، باعث شد که فضازمان با سرعت بسیار زیاد و حالتی انفجارگونه گسترش یابد. در کسر کوچک دیگری از یک‌ثانیه نیز تورم کاهش یافت و به انبساطی تدریجی تبدیل شد که تا به امروز نیز ادامه دارد و هم‌اکنون کمی شتابدار است.

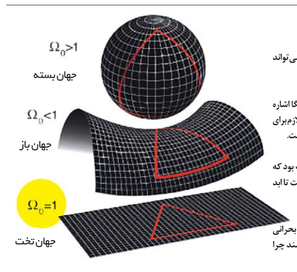
مساله تخت‌بودن

یکی دیگر از دشواری‌های نظریه انفجار بزرگ این است که نمی‌تواند توضیح دهد که چرا فضازمان اینقدر تخت است.

اخترفیزیکدانان برای پاسخ به این پرسش به پارامتری به نام امگا اشاره می‌کنند. این پارامتر بیانگر نسبت چگالی جهان به مقدار بحرانی لازم برای توقف انبساط است. طبق مشاهده‌ها، مقدار امگا برابر یک است.

اگر مقدار امگا هر عدد دیگری غیر از یک بود، جهان یا بسته بود که در این حالت در نهایت رمبش می‌کرد یا باز بود که در این حالت تا بد به انبساط خود ادامه می‌داد.

به نظر می‌رسد امگای این جهان یک است؛ یعنی برابر چگالی بحرانی لازم برای آنکه جهان تخت باشد. اخترفیزیکدانان می‌پرسند چرا امگا دقیقا یک است؟



اولین نورهای جهان

تابش‌های ریزموج پس‌زمینه کیهان (CMB) دورترین و اولین چیزی است که ممکن است کسی بتواند آنها را ببیند. تابش‌های ریزموج پس‌زمینه کیهان همانند یک شیشه یا دیوار مانعی در افق است که در مرز جهان قابل‌دیدن قرار دارد.

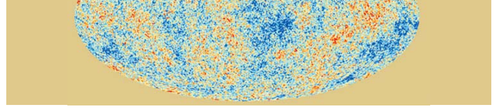
انفجار بزرگ	تورم	دوران تورم دوباره	دوران تریکب تاریکی	کهکشان‌های کیهان	گروه‌های محلی کهکشان‌ها	ستارگان کهکشان ما	منظومه شمسی	زمین
۱۳/۸۲ میلیارد سال			حدود ۱۳/۳۷ تا ۱۳/۸۲ میلیارد سال	حدود ۱۳/۳۷ تا ۱۳/۳۷ میلیارد سال	حدود ۵ میلیارد سال	حدود ده‌ها یا هزاران سال	۱۴ دقیقه	صفر

زمان لازم برای سفر نور

چرا چیزی هست و اینگونه نیست که چیزی نباشد.

تورم همچنین توضیح می‌دهد که چرا جهان به جای آنکه فضایی تهی باشد، انباشته از ستارگان و سیارات است. افت و خیزهای کوانتومی در فضازمان باعث شده است تورم نقاط مختلف فضا در زمان‌هایی حدودا متفاوت به پایان برسد. این موضوع باعث ایجاد تفاوت‌هایی در چگالی ماده در مکان‌های مختلف جهان شده است. به همین دلیل گرانش توانسته است گازهای زیادی را جذب کند که بعدها ستارگان را پدید آوردند و به‌این ترتیب فرآیند تشکیل جهانی که امروزه می‌بینیم، آغاز شده است.

طرح چگالی جهان اولیه با نقاط سرد و گرم (که به شکل نقاط آبی و نارنجی در نقشه تابش پس‌زمینه ریزموج کیهانی دیده می‌شود)، همخوانی دارد.



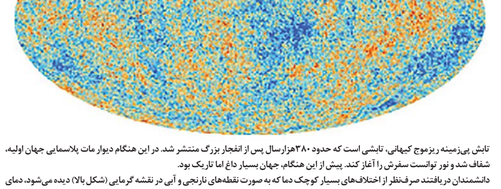
دانشمندان چگونه می‌توانند گذشته عالم را بررسی کنند؟

همطلعو که گفتم با گذشت زمان عالم منبسط می‌شود، پس می‌توان نتیجه گرفت در زمان‌های گذشته، عالم فشرده‌تر بود. به چه ترتیب می‌توان با اینگونه فرض‌ها محاسبات، وضعیت گذشته عالم را ارزیابی کرد. اکنون تصور کنید همطلعو که در زمان به عقب می‌رویم و جهان ما کوچک‌تر می‌شود. چه بدیده‌هایی روی می‌دهد. وقتی رو به عقب می‌رویم، کهکشان‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند تا به زمانی می‌رسیم که ذرات انرژهای بسیار کوچک‌تر به هم همسانگرد می‌شوند. آنقدر فاصله بین ذرات تشکیل‌دهنده آنها کوچک می‌شود که دیگر کیهکشانی ندارد.

■ یکی از موضوعات مورد علاقه کیهان‌شناسان بررسی گذشته عالم است.

معمای یکنواختی افق

یکی از مشکلات نظریه انفجار بزرگ این بود که نقشه گرمایی افق کیهانی، یکنواخت و همگن بود که دانشمندان نمی‌توانستند توضیح قابل‌قبولی برای آن ارایه دهند. پرسش این بود که چطور امکان دارد تقاطی که از یکدیگر بسیار دورند و هیچ‌گاه نمی‌توانستند با یکدیگر ارتباط و تعاملی داشته باشند، دمای یکسانی داشته باشند؟



تابش پی‌زمینه ریزموج کیهانی، تابشی است که حدود ۳۸۰هزارسال پس از انفجار بزرگ منتشر شد. در این هنگام دیوار مات پلاسمایی جهان اولیه، شفاف شد و نور توانست سفرش را آغاز کند. پیش از این هنگام، جهان بسیار داغ اما تاریک بود.
دانشمندان دریافتند صرف‌نظر از اختلاف‌های بسیار کوچک دما که به صورت نقطه‌های نارنجی و آبی در نقشه گرمایی (شکل بالا) دیده می‌شود، دمای تابش پس‌زمینه کیهانی در همه جای جهان، عدد ثابتی است. این یکنواختی در تابش پس‌زمینه باعث سردرگمی دانشمندان شده بود.

آغاز کز جهان

هم‌تخت‌بودن و هم همگنی افق را می‌توان توضیح داد اگر بپذیریم که جهان یک دوره کوتاه اما بسیار شدید تورم را پشت‌سر گذاشته است.
بدون استفاده از تعداد زیادی صفر و پشت‌هم ردیف‌کردن آنها، بسیار دشوار بتوان درباره آغاز جهان سخن گفت. دوران تورم در کسر بسیار کوچکی پس از انفجار بزرگ آغاز شد. برای نوشتن این زمان یک صفر بنویسید و یک ممیز بگذارید و سپس ۳۵ صفر دیگر در ادامه بنویسید و در آخر با نوشتن عدد یک، کار تان را تمام کنید. این عدد نشان‌دهنده یک تریلیونم یک تریلیونم یک تریلیونم‌ثانیه پس از انفجار بزرگ است.

0.00000000000000000000000000000000001 second

شعاع حجم هابل بیش از ۱۳/۸ میلیارد سال نوری است زیرا انبساط فضا، فاصله بین اجسام را سریع‌تر از سرعت سیر نور افزایش داده است.

اختر فیزیکدانان بر این باورند چیزهایی که در محدوده حجم هابل قرار دارند، به لحاظ علی به هم مرتبطند یا می‌توانند روی یکدیگر اثر بگذارند.

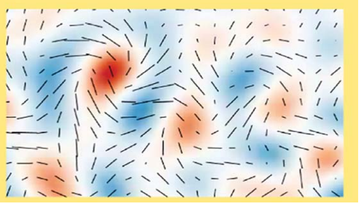
جهان ورای حجم هابل به مرکزیت زمین تا بی‌نهایت ادامه دارد.

چه عاملی موجب تورم شده است؟

فضای خلأ از یک میدان کوانتومی به نام میدان تورم انباشته شده است که در ابتدا در حالت بسیار پرانرژی قرار داشت. زمانی که جهان به قدر کافی سرد شد. (یعنی ۳۸۰هزار سال پس از انفجار بزرگ)، میدان تورم انرژی‌اش را آزاد ساخت و به حالتی با انرژی کمتر تبدیل شد. انرژی رهاشده به شکل دافعه گرانش (تورم) بود.

هم‌اکنون میدان تورم ممکن است در پایین‌ترین حالت خود باشد یا نباشد.

۲۰۱۴: شواهد نشان می‌دهد تورم به‌راستی روی داده است



در سال ۲۰۱۴ مرکز اخترفیزیک اسمیتسونین از کشف اولین شواهد مستقیم تورم خبر داد. اخترشناسان با بررسی نقشه تابش پس‌زمینه ریزموج کیهانی، الگوهای بسیار خفیف اما قابل تشخیص گردنده‌ای را یافتند. این الگوها و طرح‌ها، قطبش مد B نام دارد و گمان می‌رود در زمان تورم و توسط امواج گرانشی پدید آمده باشند.

آینه‌های مات

کیهان‌شناسی و چالش‌های بی‌پایان علمی

یافته‌های «بایسپ ۲» تایید الگوی تورم است؟

سپهر اربابی بیدگلی . جعفر خداقلی‌زاده*

کیهان‌شناسی به معنی علمی که هدف آن مطالعه تحول و ساختار کلی عالم است، در اوایل سده بیستم میلادی متولد شد. مبنای نظری این علم نوین نسبیت عام اینشتین؛ بود و پایگاه تجربی آن مشاهده قانون هابل بود که اینساعت هاروارد با توصیف می‌کند. اگر در یک تصور ذهنی، زمان را به عقب برگردانیم، انبساط عالم در جهت معکوس حرکت به چگالی‌تر شدن آن در ابتدا می‌شود. مطابق قوانین شناخته‌شده ترمودینامیک، این فشرده شدن همگام با افزایش دما خواهد بود تا جایی که کل عالم در مراحل آغازین خود به مراتب داغ‌تر از امروزه درون ستارهها می‌شود. این الگوی کیهان‌شناسی مهبانگ داغ نام گرفت و این نظریه با کشف تابش زمینه کیهان که بازمانده از درون داغ و چگال است، حدود ۵۰ سال پیش تثبیت شد.

البته در دهه‌های ۷۰ و ۸۰ـدهه میلادی گذشته معلوم شد که الگوی ساده کیهان‌شناسی نقص‌های اساسی دارد. قو