نظریه‌های رایج کیهان‌شناسی

مقدمه

این مطلب به شما منظره بزرگی ارائه می‌دهد که کیهان‌شناسی نام دارد. کیهان‌شناسی به طور کلی مطالعه ماهیت، مبدا، منشا و تکامل عالم هستی می‌باشد. کیهان‌شناسی فاصله‌یابی کهکشانی که برای تعیین هندسه جهان هستی ضروری هستند را بررسی می‌کند. به منظور فهمیدن ساختار چیزی به وسعت جهان هستی که در تعریف شامل تمام چیزهایی که در آن وجود دارد می‌شود، به تعدادی تلسکوپ خیلی قوی برای دیدن دورترین فضای ماوارای دسترسی انسان و همچنین یک طرح تئوریکی واقعا پیچیده نیاز دارید.

تاریخچه کیهان‌شناسی

برای آغار بحث تاریخچه کیهان‌شناسی بابل قدیم مکان بسیار خوبی است. بابلی‌ها اولین منجمان هستند. آنها سیستم شصت شصتی (پایه ۶۰) را اختراع کردند که در عصر مدرن ما به صورت ثانیه‌ها، دقایق، ساعت‌ها و درجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. منجمان بابلی به خاطر پیش گویی آینده با استفاده از ستاره‌شناسی گزاراشات دقیقی در مورد حرکات ماه و سیارات در آسمان داشتند. عقاید آنها درباره زمین مربوط به پیش از دوره مربوط به علم جدید می‌باشد. آنها به کیهانی اعتقاد داشتند که زمین در مرکز جهان بود و زیر آب محصور شده بود و هفت بدن آسمانی که در آسمان خداوندی قرار داشتند در اطراف زمین در کره‌های مربوط به خود حرکت می‌کردند. (آنها به ترتیب ماه، عطارد، ناهید، خورشید، مریخ، مشتری هستند). ستاره‌های ثابت فراتر از زحل و فراتر از آبی که زمین را احاطه کرده قرار داشتند.

افسانه اختراعی بابلیان شباهت بسیاری به سایر فرهنگ دارد. خدایان درگیر خلق جهان بودند و از بی‌نظمی و بی‌شکلی، کیهان می‌ساختند. داستان بابلیان در مورد جنسیس را می‌توان در انوما الیش پیدا کرد. در این کتاب پیکاری میان ماردوک، خدای نظم، و تیامات اژدها، نماینده بی‌نظمی، اتفاق می‌افتد. مردوک پیروز می‌شود و بدن تیامات را تکه تکه می‌کند که از نصفی از آن اجسام آسمانی و از نصف باقیمانده زمین را می‌سازد. بنابراین حتی مردمان اولیه نیز نیاز به توضیح چگونگی شکل گیری جهان را تشخیص داده بودند و بابلیان در پیشنهاد روئیدن نظم از درون بی‌نظمی تنها نبودند. نیاز به درک اینکه از کجا آمده‌ایم تلاشی است که تا نجوم امروز ادامه داشته است.

یونان باستان: اگرچه یونانیان باستان به خدایان و افسانه بهشت آینه‌ای بابلیان اعتقاد داشتند، ۷ قرن قبل از میلاد دسته تازه‌ای از متفکران با اتکا به قسمتی از مشاهدات دنیای اطرافشان استفاده از دلیل و استدلال را برای ورود تئوری‌های دنیای طبیعی و کیهان‌شناسی آغاز نمودند. با اینکه فیلسوفان یونان باستان اعتقادات گوناگونی درباره طبیعت و جهان داشتند، می‌توانیم رشته‌ای از منطق و تحقیق را دنبال کنیم که سرانجام ما را به علم مدرن راهنمایی کند.

تالس (۵۴۶ - ۶۳۴ قبل از میلاد) اعتقاد داشت که زمین سطح صافی بود که در آب محصور شده بود.

آناکساگروس (۴۲۸ - ۵۰۰ سال قبل از میلاد) اعتقاد داشت که جهان شکل استوانه بود و اینکه ما روی سطح بالایی‌اش زندگی می‌کنیم. این جهان استوانه‌ای، آزادانه در فضایی خالی غوطه‌ور است که ستاره‌های ثابت در پوسته‌ای کروی اطراف استوانه می‌چرخند. ماه در اثر بازتاب نور رسیده از خورشید روشن می‌شود و ماه گرفتگی نتیجه افتادن سایه زمین روی ماه است.

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

اودوکوس (۳۴۷ - ۴۰۰ سال قبل از میلاد) هم یک مدل هندسی برای زمین داشت. با این تفاوت که در آن هر کدام از سیارات، ماه و خورشید روی کره‌های متحدالمرکز جداگانه‌ای حرکت می‌کنند و دوباره ستاره‌های ثابت بر روی پوسته خارجی قرار دارند. هر کدام از پوسته‌های متعلق به اجسام آسمانی برای توجیه حرکتشان در آسمان در نسبت‌های مختلف حرکت می‌کنند. با داشتن مدل ناشی از مشاهدات حرکات سیارات، پیروان اودوکوس تعدادی دایره به آن اضافه کردند. برای مثال برای مریخ هفت دایره لازم بود. پیچیدگی این سیستم به زودی از محبوبیت این مدل کاست.

ارسطو (۳۲۲ - ۳۸۴ قبل از میلاد) با اضافه کردن تعدادی کره برای یکسان کردن حرکات سیارات، مخصوصا حرکات پسروی سیارات خارجی را دوباره سازی کرد. ارسطو اعتقاد داشت که طبیعت از خلا تنفر دارد. بنابراین او به جهانی مملو از کره‌های بلوری متحرک در اطراف زمین معتقد بود. ارسطو نیز باور داشت که جهان ابدی و غیر قابل تغییرات بود و خارج از کره ثابت ستاره‌ها، عدم قرار داشت.

آریستارکوس (۲۳۰ - ۳۱۰ سال قبل از میلاد) برای اولین بار از فاصله بین ماه و خورشید برآورد ناشیانه‌ای کرد. برآورد او خورشید را بیست بار دورتر قرار می‌داد و تنها دلیلی که باعث می‌شد آن دو را در یک اندازه ببینند این بود که قطر خورشید ۲۰ بار بزرگ‌تر از ماه بود. آریستارکوس متحیر بود که اگر خورشید خیلی دور بود، امکان داشت که در جهان سرگردان شود؟ آیا احساس نمی‌کنید که زمین به دور آن می‌گردد؟

کلادیوس بطلمیوس (۱۷۰ - ۱۰۰ سال بعد از میلاد) در کتاب علم نحو پایه عقاید کیهان‌شناسی اودکوس و ارسطو را بنیان نهاد. با این تفاوت که سیارات در فلک تدویر دایروی بر روی یک مدار بزرگ‌تر می‌چرخیدند. حرکت سیارات ارائه می‌دهد (به خوبی می‌توان در هر لحظه از موقعیت آنها اطلاع داشت).

مدل کوپرنیکی

اگرچه نوشته‌های بطلمیوس فقط به زبان عربی قرون وسطی وجود داشت، توماس آکونیاس (۱۲۷۴-۱۲۲۵) عقاید ارسطو را با افکار مسیح درآمیخت و پایه کیهان‌شناسی اروپا را بنا نهاد که تا قرن ۱۵ و ۱۶ پذیرفته شده باقی ماند.

نیکولاس کوپرنیک (۱۵۴۳-۱۴۷۳) فرض بطلمیوس را مبنی بر مرکزیت زمین در جهان نقصی بزرگ خواند. در کتاب گردش اجسام سماوی‌اش، او اعتقاد خود را به برازندگی یک جهان خورشید مرکز ابراز می‌دارد. از هیچ راهی ما به وضوح به ارتباط متوازن بین حرکات سیارات و اندازه اجسام سماوی پی نمی‌بریم. اگرچه کوپرنیک پرش بزرگی با جابجایی زمین از مرکز جهان داشته ولی در دیگر مسائل در دام گذشتگان گیر افتادخ است. بدن‌های بهشتی هنوز با حرکات دایروی کامل در حال حرکت بودند. مدل او به طور دقیقی حرکات سیارات را منعکس می‌کرد، کوپرنیک هنوز باید از حرکت روی دایره‌های کوچک‌تر استفاده می‌کرد که به فلک تدویر مشهور بودند، و روی دوایر هم مرکز می‌چرخیدند. نمی‌توان فهمید که چرخش‌های کوپرنیکی چگونه چرخشی بودند. حذف زمین از مرکزیت دنیا، دیدگاه جهانی ابراز شده توسط تمام متفکران اروپایی قرون وسطی و هر کسی که نظری مربوط به بیش از دو هزار سال پیش داشت، حمله می‌کرد. کوپرنیک بلافاصله توسط کلسیای کاتولیک و رهبران پروتستان تهدید شد. اما او پس از انتشار نظراتش مرد و از خشم صاحبان قدرت در امان ماند. سایر بدعت گذاران مشاهده جهان چنین بختی نداشتند. گالیلو گالیله (۱۶۴۲-۱۵۶۷) توسط کلسیا مجبور به توبه و پس گرفتن ادعاهایش شد و جیوردانو برونو (۱۶۰۰-۱۵۴۸) به چوبه مرگ بسته شد و زنده زنده سوخت.

انقلاب کوپرنیکی به طور ریشه‌ای تفکر فلسفی نقش انسان در جهان را تعییر داد که می‌تواند به این صورت خلاصه شود که مشاهده‌گر بخصوصی وجود ندارد. ما دریافتیم که ناظر مخصوصی نیستیم و بیشتر در حاسیه حوزه مهم چیزها قرار داریم اما ضرورتا در مرکز آنها قرار نگرفته‌ایم و در واقع هرگز تصوری از دنیا نداریم. نه تنها زمین تبدیل به

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

جسم کوچکی شد که دور خورشید می‌چرخد بلکه خود خورشید نیز از قاعده مستثنا نبود. خورشید ستاره‌ای است که به همراه میلیاردها ستاره دیگر که امروزه کهکشان راه شیری نام دارد، می‌چرخد و حتی در قرن اخیر، راه شیری میان صدها میلیارد از کهکشان‌های شتلخته شده به عنوان جهان قابل مشاهده دیده شده است. عقیده این اصل کوپرنیکی فراتر از قلمرو ستاره‌شناسی رفته است. چون بعضی فلاسفه علم، وابسته به چارلز داروین (۱۸۸۲-۱۸۰۹) بودند. در کتاب درباره سرچشمه گونه‌ها، و تبار انسان، داروین آدمیزاد به طور خاص آفریده نشده است بلکه خم اکنون می‌تواند بواسطه انسان‌های اولیه به پادشاهی حیوان مربوط می‌شود.

قاعده کوپرنیکی راهنمای خوبی برای افکار کمی می‌باشد. به صورت ریاضی نمی‌تواند اثبات شود و ریشه در هیچ مدل یا تئوری فیزیکی به خصوصی ندارد. قاعده کوپرنیکی در کیهان‌شناسی مدرن به صورت قوانین کیهان‌شناسی درآمد، که جهان همگن و همسان است. همگنی هر مکان شبیه سایر مکان‌هاست و همسانگردی هر جهت شبیه سایر جهات خواهد بود. هیچ چیز قابل توجهی مبنی بر اینکه ما کجا هستیم، وجود ندارد. حتی جهتی که سایر جهات ترجیح داده شود، موجود نمی‌باشد. این موضوع در مقیاس‌های کوچکی مثل منظومه شمسی یا حتی کهکشان ما و خوشه‌های کهکشانی مجاور صدق نمی‌کند. اما در مقیاس ابرخوشه‌های کهکشانی، صدها میلیون سال نوری فاصله، جهان خیلی خوب از این دو دستور پیروی می‌کند.

جهان حاوی جرم - مدل های نیوتنی

جهان خالی نیست و در آن ماده‌ای وجود دارد که حاوی جرم است، بنابراین جاذبه گرانشی در سراسر آن حس می‌شود. نیوتن می‌دانست که اگر جهان ابدی و پایا باشد، یعنی هیچ حرکتی نداشته باشد، وقت کافی جهت اینکه گرانش سبب فروریزش جهان شود، موجود است. اما واضح است که این اتفاق نیفتاده است. او سه راه برای حل این تناقض می‌شناخت. یا جهان در حجم و جرم نامتناهی است. یا اینکه با سرعت کافی در حال انبساط است تا به جاذبه گرانشی غلبه کند و یا آغازی و پایانی دارد. البته دو راه آخر، فرض جهان پایا و ازلی را دچار اختلال می‌کرد. بنابراین نیوتن گزینه جهان نامتناهی را برگزید.

او در سال ۱۶۹۱ طی نامه‌ای به ریچارد نبتلی، یک متفکر برجسته دیگر آن روزگار، یادآور شد که اگر شمار ستارگان جهان بی‌نهایت نباشد و این ستارگان در ناحیه محدودی از فضا پراکنده باشند، این اتفاق واقعا رخ خواهد داد. اما اگر تعداد نامحدودی ستاره در فضایی بیکران به طور کمابیش یکسان پراکنده باشند دیگر نقطه‌ای مرکزی در کار نخواهد بود تا همگی به سوی آن کشیده شوند و لذا این حادثه اتفاق نخواهد افتاد.

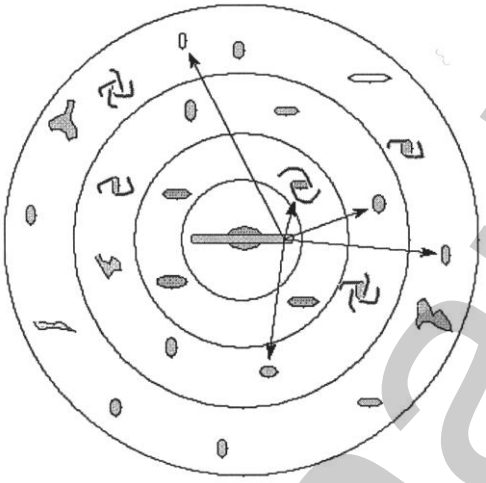
توجه کنید که شما قادرید از تنها یک مشاهده به سرانجام یک جهان نامتناهی برسید. جهان خالی نیست. هیچ تلسکوپی نیاز نیست، فقط توانایی دنبال کردن یک سلسله افکار منطقی با نتایجش لازم می‌باشد.

پارادوکس آلبر و آسمان تاریک شب

مشاهده ساده دیگر این است که آسمان مرئی شب تاریک است. اگر جهان ازلی، نامتناهی و ساکن است، پس آسمان باید مثل روشنایی سطح خورشید در تمام لحظات بدرخشد. هنریش البر آلمانی (۱۸۴-۱۷۵۸) این پارادوکس را در سال ۱۸۲۶ مطرح کرد. اما او نخستین کسی نبود که در این مورد بحث کرده بود. توماس دیگز در سال ۱۵۷۶ درباره‌اش نوشت، کپلر آن را در ۱۶۱۰ بیان کرد و ادموند هالی و جین فیلیپ چسئوکس در اواخر ۱۷۲۰ درباره آن صحبت کرده بودند. اما البر این امر را خیلی واضح بیان کرد و به همین جهت اعتبار خاصی به دست آورد. این مسئله پارادوکس البر نامیده می‌شود.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

اگر جهان به طور یکنواخت با ستارگان پر شده باشد، مهم نیست که در کدام جهت نگاه می‌کنید، خط دید شما سرانجام به یک ستاره می‌رسد. (یا هر شی روشن دیگر) در حال حاضر دانسته شده است که ستاره‌ها در کهکشان‌ها دسته بندی شده‌اند، اما پارادوکس هنوز باقی است: خط دید شما به یک کهکشان ختم خواهد شد.



تناقض البر: مهم نیست که به کدام سمت نگاه می‌کنید، عاقبت یک شی درخشان خواهید دید. در دور دست‌ها اشیا ضعیف‌تر هستند اما تعداد آنها زیاد است. بنابراین هر پوسته درخشش یکسانی دارد و آسمان شب باید درخشان باشد.

درخشش ستاره‌ها با بزرگ‌تر شدن فاصله کاهش می‌یابد (قانون عکس مجذور را به یاد بیاورید) اما تعداد ستاره‌ها در دوردست بیشتر است. تعداد ستاره‌ها داخل پوسته کروی پیرامون ما مساوی با کاهش درخشندگی‌شان افزایش می‌یابد. بنابراین پوسته از ستاره‌ها در همه جا درخشش یکسانی خواهند داشت و چون تعداد زیادی پوسته بزرگ‌تر نیز در جهان نامتناهی وجود دارد، نور زیادی وجود خواهد داشت.

هر ماده میانی که نور ستاره‌ها را جذب کند گرم خواهد شد و به همان اندازه که انرژی جذب کرده است، تابش خواهد کرد. بنابراین مشکل باقی می‌ماند حتی اگر شما از این سپرها استفاده کنید. البته ستاره‌ها نقطه نیستند و اندازه مشخصی دارند. بنابراین می‌توانند سد راه نور ستاره‌های دیگر شوند. روشنایی کل جهان نامحدود نمی‌باشد بلکه به اندازه روشنایی سطح یک ستاره می‌باشد. شما می‌توانید در پاراگراف‌های قبلی کهکشان را جایگزین ستاره کنید و تناقض البر را برای زمان مدرن بنویسید. شیوه و روش برای رفع کردن تناقضی مثل این تناقض، بررسی فرضیاتی است که مورد استفاده قرار می‌گیرند و تعیین اینکه آیا آنها معتبر و ارزشمند هستند یا نه؟

اصل کیهان‌شناسی

نظریه جهان یکنواخت، اصل کیهان‌شناسی نام دارد. اصل کیهان شناسی دو جنبه دارد:

- جهان همگن است. این بدان معناست که نقطه‌ای که وضعیت آن نسبت به نقاط دیگر ترجیح داده شود، وجود ندارد.
- همچنین جهان همسانگرد است. یعنی اگر شما در مسیرهای مختلف به جهان نظاره کنید. هیچ تفاوتی در ساختار آن مشاهده نخواهید کرد.

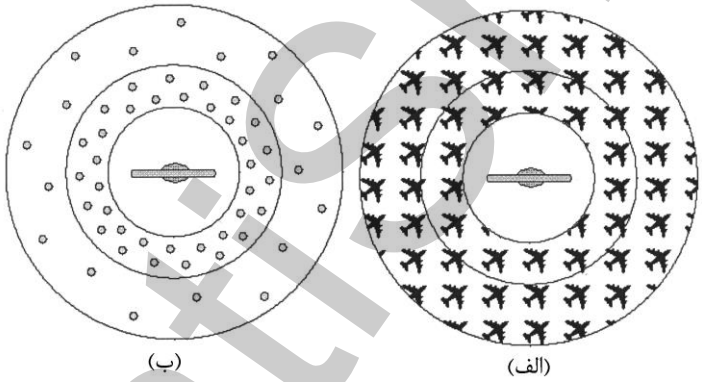
فرض همگن بودن فضا این امکان را به ما می‌دهد که با بررسی قسمتی از عالم بتوانیم درباره کل آن اظهار نظر کنیم. برای اثبات صحت ادعای خود در مورد همگن بودن جهان، تشابه مکان‌های دیگر به مکانی که ما در آن قرار گرفته‌ایم، دچار مشکل می‌شویم. مسئله اصلی این است که ما نقاط مختلف را به گونه‌ای می‌بینیم که میلیاردها سال پیش بوده‌اند، اولا دقیق نمی‌دانیم که چند سال پیش بوده است و ثانیا نمی‌دانیم ناحیه‌ای که در آن قرار داریم، آن زمان

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

چگونه بوده است؟ پاسخ دادن به این دو سئوال به طور دقیق از عهده اندازه‌گیری‌های ما خارج است. اما به نظر می‌رسد فرض همگن بودن فضا تا شعاع $۱۰^{۸}$ سال نوری اطراف ما قابل قبول است. کهکشان‌های مختلف به صورت همسانگرد در اطراف ما پراکنده شده‌اند و پیرامون راه شیری هیچ جهتی بر جهت دیگر برتری ندارد.

اخیرا مشاهده همسانگرد بودن میکروموج زمینه کیهانی با ۳ درجه کلوین که از تابش‌های باقیمانده از انفجار بزرگ است. ادعای ما را ثابت می‌کند. وانگهی اگر فضا همسانگرد در نظر گرفته نشود، تنها باعث می‌شود، مدل‌هایی که برای عالم ارائه می‌دهیم، بسیار پیچیده شوند. اما مشاهدات فعلی دلیلی برای قبول این مدل‌های پیچیده در اختیار ما قرار نمی‌دهد و ما فرض همسانگرد بودن فضا را می‌پذیریم.

اگر جهان ما یک جهان ایستا بود مسئله‌ای با فرض همگن بودن نداشتیم اما همان طور که ذکر شد، مجبوریم برای تحقیق در مورد همگنی رسیده از چند میلیارد سال پیش، نقطه دلخواهی از فضا را با وضعیت خودمان در همان زمان مقایسه کنیم. به این ترتیب مسئله زمان وارد بحث می‌شود. اصل کیهان‌شناسی یک نظریه کوپرنیکی است. یعنی ما در فضای بخصوصی نیستیم و هر ناظری طبق قانون هابل، در یک زمان کیهانی معلوم چیزهای یکسانی خواهد دید. زمان کیهانی در اینجا به معنای زمان اندازه‌گیری شده از بعضی اتفاقات رایج مانند به وجود آمدن جهان است. هر کس در یک زمان کیهانی مشابه سن مشابهی از جهان اندازه می‌گیرند. اصل کیهان‌شناسی این امکان را به وجود می‌آورد که جهان در طی زمان، تغییر و یا تکامل یابد.



الف) خارج از مرکز آیا عالم همگن و همسان است؟ ب) آیا این شکل همگن و همسان است؟

همگنی به این معناست که نتایج کل مشاهداتی که ناظر در هر جایی از عالم انجام می‌دهد باید دقیقا مانند نتایج هر ناظر دیگری باشد و یا به بیان دیگر در هر لحظه ما که در این نقطه از جهان هستیم، بتوانیم همراه با هر ناظر دیگری در هر نقطه‌ای از جهان مشاهدات خود را مانند چگالی پراکندگی کهکشان‌ها و آهنگ انبساط آنها و همچنین زمان مشاهدات، اندازه بگیریم. یعنی ناظر A در زمان t_A، $\rho = \rho_A$ را ثبت کند و ناظر B در کهکشان B در زمان t_B که $t_A = t_B$ است، $\rho = \rho_B$ را اندازه‌گیری کند و

$$\rho_A = \rho_B \Leftrightarrow \text{همگنی}$$

نتیجه شود. به این ترتیب برای یکی شدن این اندازه گیری‌ها کافی است، ساعت‌های A و B را تنظیم کنیم. با توجه به این بحث‌ها زمان کیهانی تعریف می‌شود. در یک عالم همگن انتخاب یک کمیت قابل اندازه‌گیری مانند چگالی و تعیین آن در یک لحظه خاص، این امکان را به ما می‌دهد که ساعت‌های سایر ناظرها را تنظیم کنیم یعنی اگر $t = t_{\circ}$ باشد و ما $\rho = \rho_{\circ}$ را اندازه بگیریم، سایر ناظرها نیز وقتی $\rho = \rho_{\circ}$ را اندازه گرفتند ساعت‌های خود را روی $t = t_{\circ}$ تنظیم کرده باشند. پس از این تنظیم ساعت هر اندازه گیری که انجام می‌دهند، ساعت آنها زمان کیهانی این عمل را نشان خواهد داد که البته واضح است این زمان برای هر ناظری زمان ویژه است.

sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

انبساط جهان

در سال ۱۹۲۹ هابل قانون خود را که مبنی بر متناسب بودن سرعت دور یا نزدیک شدن دو کهکشان با فاصله بین آن دو است را عنوان کرد. او برای تائید قانون خود منحنی سرعت بر حسب فاصله را رسم کرد. سرعت حرکت کهکشان‌های مختلف نسبت به ما بوسیله اندازه‌گیری انتقال طول موج آنها امکان پذیر است. این اندازه‌گیری نشان می‌دهد که تعداد محدودی از کهکشان‌های نزدیک، به ما نزدیک می‌شوند اما سایر کهکشان‌ها در حال دور شدن هستند. قدم بعدی اندازه‌گیری فاصله کهکشان‌هاست. برای انجام این کار هابل ستارگان مشابه با ستارگان راه شیری در سایر کهکشان‌ها را در نظر گرفت و درخشندگی ظاهری آنها را اندازه گرفت و به این ترتیب توانست نسبت فاصله ستاره را تعیین کند. زیرا که درخشندگی ظاهری با فاصله رابطه عکس دارد. بنابراین اگر دو ستاره دارای درخشندگی برابر بودند ولی ستاره‌ای که در کهکشان ماست دارای درخشندگی ظاهری یک میلیون برابر ستاره دیگر باشد در آن صورت می‌توان نتیجه گرفت که ستاره موجود در راه شیری هزار برابر نزدیک‌تر از ستاره دیگر است. هابل به این ترتیب منحنی v-r را رسم نمود. نقاط این منحنی کاملا بر روی یک خط راست قرار نمی‌گیرند ولی می‌توان ادعا نمود که سرعت کل یک حرکت کاتوره‌ای نیز بر روی حرکت کل آنها اثر می‌گذارد. از قانون هابل این طور استنباط شد که جهان در حال انبساط است، اما چرا می‌توان چنین اداعایی نمود؟ زیرا که می‌توان گفت که قانون هابل تنها عنوان می‌کند که کهکشان‌ها، با سرعتی متناسب با فاصله آنها از ما در حال دور شدن می‌باشند.

جواب این است که آنچه که ما می‌بینیم باید میانگینی از واقعیت باشد، یعنی اگر ناحیه میانگینی در فضا در نظر بگیریم و کهکشانی در آن ناحیه قرار داشته باشد. هر ناظری در هر نقطه از عالم بر طبق این قانون باید مشاهده کند که سایر کهکشان‌ها از آن دور می‌شود. بنابراین هر نقطه عالم با سرعتی متناسب با فاصله، در حال دور شدن از نقطه دیگر است. ولی چگونه تمام نقاط از هم دور می‌شوند در حالی که هیچ دو نقطه‌ای به هم نزدیک نمی‌شوند؟ برای بهتر تصور کردن این موضوع بادکنکی را در نظر می‌گیریم که سکه‌هایی روی آن چسبیده‌اند. اگر بادکنک را باد کنیم تمامی سکه‌ها از هم دور می‌شوند. فضای سطح بادکنک یک فضای دو بعدی است که نه مرزی دارد و نه لبه‌ای و بر روی خودش بسته می‌شود، درست مثل جهان ما. البته در مورد شکل این فضا هنوز مطمئن نیستیم.

در مثال بادکنک یک مرکز انبساط داریم اما این مرکز متعلق به فضای دو بعدی سطح آن نیست، بلکه متعلق به بعد سوم است که ما به عنوان موجودات سه بعدی به آن احاطه داریم. اما عالم ما این طور که دانشمندان عنوان کرده‌اند یک فضای سه بعدی است. بنابراین اگر بخواهیم مرکزیتی برای انبساط جهان در نظر بگیریم، باید در بعد چهارم باشیم که ما نمی‌توانیم در آن قرار بگیریم. نوسانات کوانتومی در ابتدای بوجود آمدن جهان می‌توانستند عامل تشکیل کهکشان‌ها باشند. سرعت رشد بیش از حد جهان طی فرآیند گسترش، باعث کشش نوسانات به اندازه بزرگ‌تر می‌شد به اندازه کافی بزرگ که موج‌هایی بزرگ در نهانگاه میکروموج‌ها خلق کند که نهایتا به گسترش تشکیل کهکشان‌هایی تحت اثر گرانش، در طی میلیاردها سال قبل، منجر شد. اگر چه تئوری گسترش نمی‌تواند به تمام سئوالات درباره این ساختار جهان پاسخ دهد اما پخش طول موج‌های مختلف را در نهانگاه میکروموج‌ها پیش‌بینی می‌کند. پخش موج‌ها با درجه بالا در اندازه زاویه‌ای در آسمان در حدود یک الی صد هزار قسمت تغییر می‌کند. همان طور که در گسترش پیش بینی می‌شد از آنجا که فضانوردان به جمع کردن اطلاعات از WMAP در فضاپیمای PLANK در آینده می‌پردازند به این مطلب نیز توجه دارند که چگونه نهانگاه نوترون‌ها در میکروموج‌ها الکترون‌ها را درست قبل از اینکه جهان را شفاف کنند پخش می‌کنند. پخش الکترون‌ها باعث ایجاد تلالو نور به نحوه‌ای خاص می‌گردد گسترش ایجاد قطب‌های ویژه را در نهانگاه میکروموج‌ها پیش بینی می‌کند که در آینده بررسی می‌گردد.

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

چگونگی گسترش جهان

تا اواخر دهه ۱۹۲۰ دو ستاره‌شناس به نام‌های تامسون و هابل در حال عکسبرداری از طیف کهکشان‌های تیره و اندازه‌گیری فواصل این کهکشان‌ها بودند. وقتی که آنها فاصله‌ها و سرعت‌های پسروی کهکشان‌های دور را مقایسه کردند، دریافتند که فاصله و سرعت با هم متناسب هستند و اینکه دورترین کهکشان‌ها بیشترین سرعت‌های پسروی را دارند. این رابطه به نام قانون هابل معروف است و می‌توان آن را به صورت معادله نوشت. اینکه کهکشان‌ها از قانون هابل پیروی می‌کنند، نشان می‌دهد که جهان به طور یکنواخت در حال گسترش است. جهان به طور یکنواخت در حال گسترش یعنی جهانی که در سرعت یکسانی در هر جا در حال گسترش است و ما و همه ناظران درون آن هیچ فرقی نمی‌کند که در کجا قرار گرفته‌اند باید به طور متناسب بین سرعت‌های پسروی و فاصله کهکشان‌های دور تناسب مشاهده کنیم.

با یک مقایسه ممکن است دلیل را بیابید. یک خط کش ساخته شده از لاستیک انعطاف پذیر با خطوط معمولی علامت گذاری شده در هر سانتیمتر را تصور کنید که فردی با بازوهای قوی دو طرف خط کش را می‌گیرد و به آرامی آن را می‌کشد: در نتیجه در عرض یک دقیقه طولش دو برابر می‌شود. یک مورچه زیرک را در نظر بگیرید روی دو سانتیمتری نشسته است. این مورچه اندازه می‌گیرد که مورچه‌های دیگر که در ۴ و ۷ و ۱۲ سانتیمتر علامت گذاری شده نشسته‌اند با چه سرعتی از او دور می‌شوند. زمانی که خط کش کشیده می‌شود مورچه‌ای که در ۴ سانتیمتر است در ابتدا ۲ سانتیمتر فاصله داشته، فاصله‌اش دو برابر شده است، ۲ سانتیمتر در دقیقه حرکت کرده است به این ترتیب مورچه‌هایی که در ۷ سانتیمتر و ۱۲ سانتیمتر بوده‌اند، در ابتدا ۵ و ۱۰ سانتیمتر در دقیقه دور شده‌اند تا به فاصله‌های کنونی به ترتیب ۱۰ و ۲۰ سانتیمتر برسند. همه مورچه‌ها مانند کهکشان‌ها در سرعت‌های متناسب با فاصله‌هایشان حرکت می‌کنند.

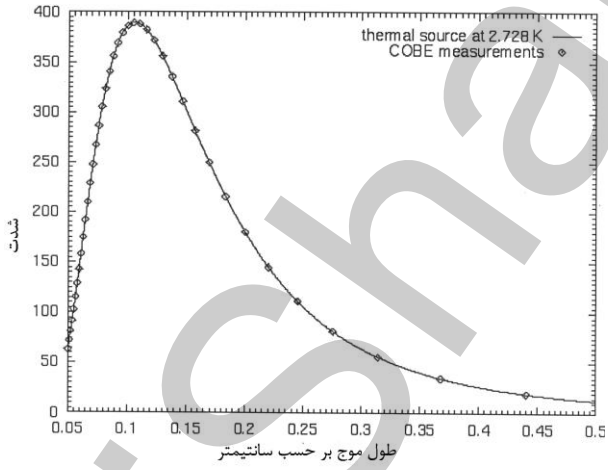
هیچ لبه‌ای برای جهان وجود ندارد زیرا اصل کیهان‌شناسی نقض می‌شد. این اصل بیان می‌کند که جهان ایزوتوپ و همگن (در همه جهات و در همه فواصل یکسان) است. به بیان دیگر جهان در مقیاس‌های بزرگ در همه جا تقریبا یکسان است و هیچ مکان ویژه‌ای وجود ندارد. مقدار زیادی مدرک مشاهده‌ای در تائید این اصل وجود دارد. بنابراین این نقطه شروع برای همه تئوری‌های کیهان‌شناسی است. قوانین فیزیک همان گونه که امروزه آنها را می‌دانیم به هیچ شی اجازه حرکت سریع‌تر از نور نمی‌دهند.

تشعشع زمینه‌ای میکروموج کیهانی

جورج گاموف (۱۹۶۸-۱۹۰۴) در سال ۱۹۴۸ پیش بینی کرد که باید از زمانی که کیهان داغ‌تر و چگال‌تر بوده درخشش ضعیفی باقیمانده باشد و از آنجایی که کیهان در حال انبساط است در اصل کهکشان‌ها درست در بالای یکدیگر بوده‌اند. همچنین انرژی کیهان در یک حجم کوچک‌تر متمرکز شده بوده است. تابش کل کیهان در ابتدا در رسته اشعه گاما بعد در طیف اشعه ایکس و در نهایت به دلیل انبساط به طیفی با انرژی کمتر رفته است. در حال حاضر در حدود ۱۴ میلیارد سال بعد از شروع انبساط، کیهان سرد باید در دسته امواج رادیویی تابش کند. میزان انبساط به خاطر نیروی جاذبه مرور زمان کم شده است. این بدان معناست که انبساط اولیه سریع‌تر از انبساط کنونی بوده است. میزان انبساط بزرگ اولیه و دمای بسیار بالا، فرد هویل را واداشت که نظریه تولد کیهان را انفجار بزرگ بنامد. وقتی که او این اصطلاح را مطرح کرد، در حال دفاع از تئوری دیگری بود که در آن از اصل کامل کیهان‌شناسی به نام تئوری حالت پایدار استفاده می‌شد. پس در آن زمان اصطلاح انفجار بزرگ او به سخره گرفته شد ولی به هر حال طرفداران انفجار بزرگ از این اصطلاح خوششان آمد و از آن به بعد آن را به کار گرفتند.

sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

در سال ۱۹۶۵ آرنو پنزیاس و رابرت ویلسون یک منبع زمینه رادیویی مشاهده کردند که بر کل کیهان گسترده شده بود، یعنی تشعشع زمینه‌ای میکروموج‌های کیهانی. این تشعشع شدت و مشخصه‌های طیفی مشابه یک منبع حرارتی در ۳ درجه کلوین داشت که توسط ماهواره COBE مشاهده شده بود با میزان دقت بالایی آسمان به طور یکنواخت با موج رادیویی روشن است و یکنواختی تشعشع زمینه یک گواهی مبنی بر اصل کیهان شناسی است. این تشعشع زمینه‌ای به عنوان باقیمانده کیهان اولیه تفسیر می‌شود. اگر این مطلب درست باشد پس کیهان در ابتدا یکنواخت بوده است. وقتی که در فضا به دورتر نگاه می‌کنید در واقع دارید به یک گذشته دور نگاه می‌نگرید. تشعشع میکروموج از جهانی می‌آید که علی‌رغم اینکه صد هزار سال از انفجار بزرگ گذشته است هنوز خیلی داغ است. نوری که از جهان اولیه داغ ساطع شده ۱۰۰۰ مرتبه به قرمز تغییر کرده است. نظریه حالت پایدار هویل نتوانست به درستی حضور تشعشعات زمینه‌ای را توجیه کند و بنابراین توسط بسیاری از منجمان طرد شد.



اندازه‌گیرهای COBE

بیائید از نزدیک‌تر حوادثی را که در زمان تولید تشعشع زمینه در جهان در حال رخ دادن بود، نگاهی بیاندازیم. جهان اولیه (هم از نظر ماده و هم از نظر تشعشع) خیلی فشرده بود و چگالی تابش به اندازه‌ای بزرگ بود که میزان انبساط و شرایط جهان را برای ۱۰ هزار سال اول تحت‌الشعاع قرار داد معادله معادل بودن جرم و انرژی اینشتین را به یاد داشته باشید. انرژی $E = mc^2$ که انرژی تابشی یک اثر جاذبه‌ای قطعی داشت.

جهان نخستین، داغ و کدر بود (فوتون‌ها قبل از جذب شدن نمی‌توانستند زیاد دور شوند). الکترون‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌های آزاد فوتون‌ها را همه جا پراکنده کردند تا گاز چگال کدر شود. گازهای داغ چگال یک طیف پیوسته تولید می‌کنند که فقط بستگی به دما دارد (یک طیف گرمایی). جهان همین طور که منبسط می‌شده، سرد شده است. در نهایت کیهان نخستین تا آنجایی سرد شد که الکترون‌ها و پروتون‌ها توانستند ترکیب شده و اتم‌های ئیدروژن خنثی را تشکیل بدهند و توسط فوتون‌های پر انرژی از هم جدا نشوند. فرآیند مقید شدن الکترون پروتون به یک پروتون تشکیل اتم، ترکیب دوباره نام دارد. دوباره ترکیب شدن واقعا درست نیست چون این اولین باری بود که الکترون‌ها با پروتون‌ها ترکیب می‌شدند. ولی این اصطلاح فرآیندهایی که امروز رخ می‌دهند را به خوبی تشریح می‌کند. در زمان ترکیب دوباره تعداد ذرات واحد حداقل به نصف رسید (یک الکترون + یک پروتون یک اتم می‌شوند، نوترون‌ها نیز به اتم‌ها ملحق می‌شوند.) این بدان معنی بود که فوتون‌ها بدون اینکه به ذره واحد برخورد کنند، می‌توانستند به دورتر بروند. همچنین انبساط جهان ماده را به بیرون پخش می‌کند. در مجموع سردی جهان بدان معنی بود که طول موج‌های نور بلندتری حضور داشته باشند. بجای اشعه گاما و اشعه ایکس در زمان‌های نخستین بیشترین شکل

sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

تشعشع نور مرئی با طول موج بلندتر و مادون قرمز بود. طول موج‌های بلندتر نور راحت‌تر می‌توانند از گاز عبور کنند. با همه این دلایل فوتون‌ها می‌توانستند بدون برخورد با ذره‌ای مسافت‌هایی طولانی‌تری را بپیمایند.

با مقایسه میزان انبساط و دمای جهان گذشته در می‌یابیم که در دمای ۳۰۰۰ درجه کلوین جهان چند صد هزار سالی عمر داشته است. فوتون‌ها این دوره اکنون توسط تلسکوپ‌های رادیویی به ما می‌رسند. آنها به مراتب پیرترین تابش‌هایی هستند که می‌توانیم پیدا کنیم. جهان نمی‌توانسته به طور کامل یکنواخت باشد باید کمی ناهموار باشد تا بعد از آن کهکشان‌ها و انسان‌ها را از جاذبه درونی این ناهمواری‌ها شکل بدهد. جاذبه متقارن است بنابراین جهان نیاز به تغییرات ابتدایی در چگالی داشت تا مسیرهایی را فراهم کند که ماده اطراف بتواند به آن وصل شود. ماهواره COBE تغییرات کمی را در درخشندگی تابش زمینه‌ای پیدا کرد که در حدود ۱ در ۱۰۰ هزار بود. تغییرات کمی وجود داشت زیرا بعضی قسمت‌های جهان کمی چگال‌تر از قسمت‌های دیگر بودند. قسمت‌های چگال‌تر جاذبه بیشتری داشتند و ماده بیشتری را رخ دادن انبساط به خود جذب می‌کردند. به مرور زمان نواحی چگال‌تر و چگال‌تر هم شدند و نهایتا در حدود یک میلیارد سال بعد از انفجار بزرگ، کهکشان‌ها را تشکیل دادند.

جهان پس از انفجار بزرگ

چنانچه گفتیم عالم در حال انبساط است. بنابراین اگر در زمان به عقب برگردیم جهان کوچک و کوچک‌تر می‌شود تا که به جایی می‌رسیم که عالم اندازه‌ای نداشته است و جایی را نیز اشغال نمی‌کرده است. اخترشناسان این زمان را به عنوان لحظه آغاز در نظر گرفته‌اند و جهان با یک انفجار بزرگ که آن را مهبانگ نامیده‌اند، آغاز شده است. معادله اینشتین $E = mc^2$ می‌گوید که جرم می‌تواند به انرژی و برعکس تبدیل گردد. اگر میزان گسترش دمای جهان را با توجه به انفجار بزرگ در زمانی که اشعه زمینه و اشعه کیهانی بوجود آمده، تخمین بزنید، در همان چند ثانیه اول خواهید فهمید که انرژی فوتون‌ها به قدر کافی برای ایجاد ذره‌هایی مانند الکترون‌ها و پروتون‌ها کافی است. اما علاوه بر ذره‌های عادی، فوتون‌ها ضد ماده از قبیل پاد الکترون (پوزیترون) و پاد پروتون که ذرات مقابل آنها هستند نیز بوجود آمدند. ضد ماده یا نقطه مقابل یک ذره عادی همان جرم اما باری مخالف ذره عادی دارد (اگر خنثی نباشد). هنگامی که یک ذره عادی و ضد ماده آن برخورد می‌کنند به طور کامل یکدیگر را خنثی می‌نمایند تا فوتون‌ها به وجود آید. این فرآیند می‌تواند معکوس گردد، اگر فوتون‌ها انرژی کافی داشته باشند (اشعه‌های پر انرژی گاما) در ظرف میکروثانیه اول تمام جهان به قدر کافی برای تشعشع فوتون‌ها گرم بوده است. این انتقال ذرات ماده - ضد ماده با استفاده از ذرات سنگین‌تر مانند پروتون‌ها و نوترون‌ها انجام می‌گیرد. هنگامی که دما به حدود $۱۰^{۱۳}$ درجه کلوین در یک میکرو ثانیه بعد از انفجار بزرگ کاهش یافت. این فرآیند برای فوتون‌ها متوقف گردید ولی برای ذرات سبک‌تر مانند الکترون‌ها ادامه یافت. نوترون‌ها در فرآیندهای بقای ماده و انرژی بوجود نمی‌آیند اما گاهی در موقع ترکیب یا شکافت الکترون‌ها و پروتون‌ها با یکدیگر ایجاد می‌شوند.

پس از گذشتن چند ثانیه از گسترش جهان، دمای دقیق آن به ۶×۱۰^{۹} کلوین کاهش یافت و تولید الکترون - پوزیترون و فرآیند خنثی سازی متوقف گردید. همچنین تعداد نوترون‌های در حال افزایش از فرآیند شکافت الکترون - پوزیترون، متوقف گردید و به نسبت ۱ نوترون برای هر ۵ پروتون رسید. به دلایلی که هنوز مشخص نیست ماده بیشتر از ضد ماده بوده است (تقریبا ۱ قسمت در هر $۱۰^{۹}$). به همان دلیل است که با وجود خنثی شدن ماده توسط ضد ماده، هنوز ماده باقی مانده است. این موضوع باید درست باشد در غیر این صورت شما اینجا نبودید. همه پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها در ماده در همان چند ثانیه اول بعد از انفجار بزرگ، نابود و تولید می‌شوند.

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

فراوانی هلیم و ئیدروژن در عالم هستی

تئوری انفجار بزرگ روشی طبیعی جهت توضیح فراوانی المان‌های کنونی را فراهم می‌کند. تقریبا ۲ تا ۳ دقیقه بعد از انفجار بزرگ، جهان در حال گسترش به زیر دمایی در حدود $۱۰^۹$ کلوین کاهش می‌یابد. به طوری که پروتون‌ها و نوترون‌ها می‌توانند ترکیب شوند تا دوتریم (ایزوتوپ ئیدروژن با یک پروتون و یک نوترون) هسته‌ای را بوجود آورند که با فوتون‌های پر انرژی نابود نمی‌گردد. به خاطر داشته باشید که دوتریم یک قسمت از فرآیند زنجیری هسته‌ای است که در طبیعت برای شکافت هسته‌ای ئیدروژن مورد استفاده قرار می‌گیرد تا هلیم هسته‌ای بوجود آید. فرآیندها زنجیره‌ای شکافت در جهان اولیه با آنچه در ستارگان اتفاق می‌افتد کمی متفاوت می‌باشد و علت آن نوترون‌های آزاد فراوان است اگرچه اصل فرآیند همان است، پروتون‌ها ترکیب می‌شوند تا دوتریم تولید کنند. دوتریم هسته‌ای همجوشی انجام می‌دهد تا هلیم ۳ هسته‌ای تولید کند. دوتریم هسته‌ای یک حلقه ضعیف از فرآیند زنجیره‌ای محسوب می‌شود. بنابراین واکنش‌های زنجیره‌ای همجوشی زمانی که جهان سرد شود، نمی‌تواند صورت پذیرد. دمای دقیق به چگالی پروتون‌ها و نوترون‌ها در آن زمان بستگی دارد. مقدار کمی لیتیم نیز در طول جهان اولیه در طی فرآیند پیوند هسته‌ها به طور پراکنده‌ای تولید است. بعد از حدود ۱۵ دقیقه از انفجار بزرگ جهان گسترده به اندازه‌ای سرد شد که همجوشی دیگر ممکن نبود. ترکیب هستی ۱۰ درصد هلیم و ۹۰ درصد ئیدروژن بود (یا اگر که تناسب را با جرم در نظر بگیرید تناسب شامل ۲۵ درصد هلیم و ۱۵ درصد ئیدروژن خواهند بود).

مرزهای عالم

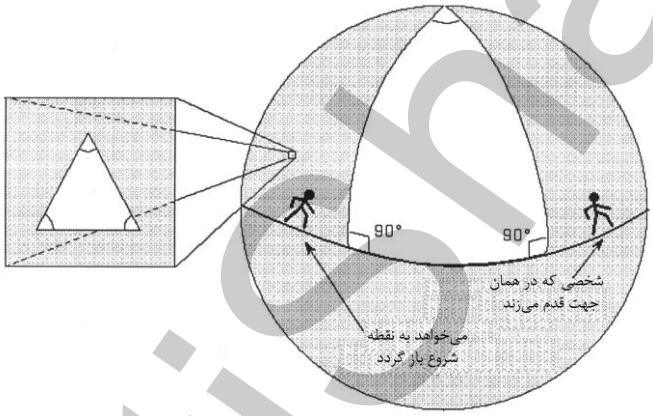
از آنجا که سرعت اطلاعات فیزیکی نمی‌تواند بیش از سرعت نور باشد، حداکثر فاصله‌ای را که ما می‌توانیم مشاهده کنیم، حاصل‌ضرب سرعت نور در سن جهان است. به این ترتیب می‌توانیم کره‌ای در اطراف خود رسم کنیم که مرکز آن ما هستیم و شعاع آن فاصله‌ای است که گفته شد و ما اطلاعی از آنچه در بیرون این کره می‌گذرد نداریم. اما هرچه زمان می‌گذرد نه تنها این شعاع زیادتر می‌شود، بلکه نسبتی از عالم که درون این مرز قرار گرفته زیاد می‌شود. علاوه بر افق ذره افق حادثه را نیز می‌توانیم تعریف کنیم. فرض می‌کنید که جهان ما یک فضای بسته است (می‌توان بحث را به فضای تخت یا باز نیز تعمیم داد). بر روی شکل کهکشان راه شیری علامت زده‌ایم و یکی از ژئودزیک‌هایی که از آن عبور می‌کند را نیز رسم کرده‌ایم. حال فرض می‌کنیم که آهنگ انبساط جهان به گونه‌ای باشد که فوتونی که روی این ژئودزیک به طرف ما در حال حرکت است هیچ گاه به ما نرسد. در این صورت ما دو دسته فوتون خواهیم داشت. دسته‌ای که می‌بینیم و دسته‌ای دیگر که در زمان بی‌نهایت به ما می‌رسد. این دسته از فوتون‌ها یک جبهه موج را بوجود می‌آورند. به این جبهه موج افق رویداد گوئیم. حوادثی که فراتر از این افق به وقوع می‌پیوندند تا ابد برای ما غیرقابل مشاهده هستند که حرکت این جبهه موج بستگی به شکل $R(t)$ دارد.

مرکز برای انبساط در فضای سه بعدی

برای انبساط در فضای سه بعدی مرکزی وجود ندارد. نسبیت عام جاذبه را به عنوان یک پیچ خوردگی یا از ریخت افتادگی در فضا و زمان نزدیک یک شی پر جرم تعریف می‌کند. در نسبیت عام فضا زمان چهار بعدی خمیده است. برای کمک به فهم شما در مورد فضا زمان خمیده از شباهت نسبی انحنای جهان دو بعدی در بعد سوم استفاده می‌کنیم. فرض کنید شما در دیواره بالون محدود هستید و فقط راجع به جلو، عقب، چپ و راست می‌دانید اما در مورد بالا و پائین اطلاعاتی ندارید. در جهان دو بعدی شما نمی‌توانید بعد را ببینید و جهان برای شما مسطح به نظر می‌رسد. ولی می‌دانید که جهان دو بعدی باید انحنا داشته باشد. چرا که وقتی روی یک خط مستقیم راه می‌روید نهایتا به جایی می‌رسید که از آنجا شروع کرده‌اید! جهان بالونی که یک اندازه متناهی دارد ولی لبه‌ای ندارد. همچنین

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

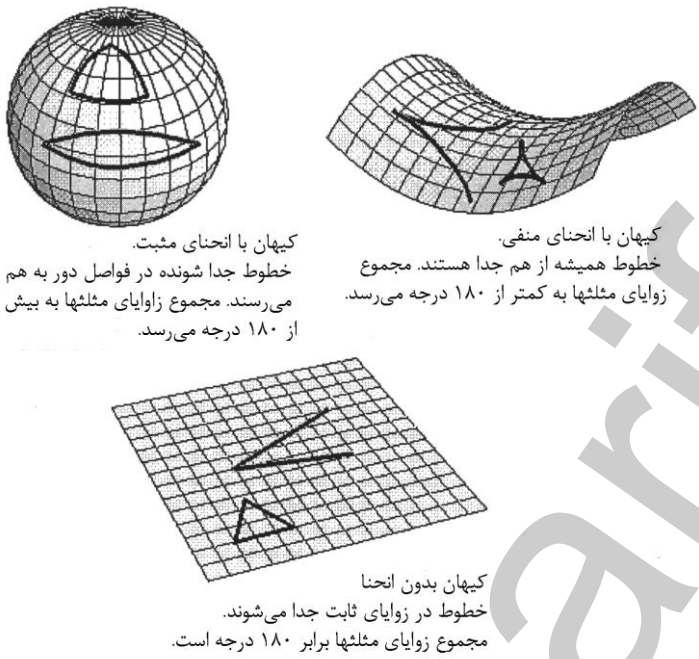
می‌دانید جمع اندازه زوایای مثلث عددی بیش از ۱۸۰ درجه می‌شود! برای مثال روی بالون خطوطی طول جغرافیایی که از شمال به جنوب می‌روند خط استوا را با زاویه ۹۰ درجه قطع می‌کنند و در قطب‌ها به هم می‌رسند بنابراین مثلثی که از یک نقطه روی استوا + قطب شمال + نقطه دیگری روی استوا ساخته می‌شود، مجموع زوایای آن بیشتر از ۱۸۰ درجه خواهد شد. در یک جهان مسطح مجموع زوایا به طور دقیق ۱۸۰ درجه می‌شود. شما می‌توانید نتیجه بگیرید که انحنای جهان مثبت است و در اندازه‌هایی به اندازه کافی کوچک، صاف به نظر می‌رسد تا قوانین معمول هندسی کاربرد داشته باشد. اینجا روی سطح زمین، زمین مسطح به نظر می‌رسد، چون انحنای آن بسیار از ما بزرگ‌تر است و همان طور که در شکل ۲۱-۴ می‌بینیم لازم نیست که انحنای جهان به عقب روی خودش باشد. در این نوع از جهان با انحنای مثبت، معمولا آسان‌تر به تصویر کشیده می‌شود ولی انحنا می‌تواند در جهت مخالف نیز باشد. در جهانی با انحنای منفی منحنی‌های جهان از هم دور می‌شوند (واگرا هستند). مشابه دو بعدی آن یک زین است. مجموع زوایا در مثلث کمتر از ۱۸۰ درجه می‌شود مثل جهان با انحنای مثبت مرکزی روی سطح وجود ندارد و لبه‌ای هم نداریم.



در مقیاس‌های کوچک صاف مسطح به نظر می‌رسد و مجموع زاویه‌های مثلث ۱۸۰ درجه است. در یک سطح منحنی مجموع زاویه‌های مثلث ۱۸۰ درجه نمی‌شود. در اینجا مجموع زوایا بیشتر از ۱۸۰ درجه است.

به جای قرار دادن مثلث در جهان منجمان می‌توانند از این امر استفاده کنند که چگونه کهکشان‌ها با زیاد شدن فاصله تعدادشان افزایش می‌یابد. اگر انحنای جهان صفر باشد و کهکشان به طور تقریبا یکنواخت در آن پراکنده شده باشد آنگاه تعداد کهکشان‌ها باید به طور خطی با افزایش حجم زیاد شود خطوط معرف یک زاویه به صورت خطوط مستقیم کشیده می‌شوند. اگر جهان انحنای مثبت داشته باشد آنگاه تعداد کهکشان‌ها با بزرگ‌تر شدن حجم زیاد شده سپس با حجم‌های بسیار بزرگ کاهش می‌یابد. اگر انحنا، منفی باشد آنگاه تعداد کهکشان‌ها در حجم‌های بزرگ‌تر نسبت به جهان صاف با سرعت بیشتری افزایش می‌یابد. خطوط معرف زاویه با بزرگ‌تر شدن زاویه مانند خطوط منحنی که از هم جدا می‌شوند، واگرا می‌گردند.

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir



انحناهای مختلف کیهان

همچنین نظریه یک سطح منحنی توضیح می‌دهد که چرا منجمان در یک کهکشان، مشاهده می‌کنند که کهکشان‌های دیگر از آنها دور می‌شوند، و بدین ترتیب قانون هابل به وجود می‌آید. حال به مثال بالون برمی‌گردیم. تصور کنید خانه‌های مسطحی روی آن وجود دارد. وقتی بالون منبسط می‌شود ماده الاستیک خانه‌ها را از هم دور می‌کند شخصی که روی ایوان خانه‌اش نشسته دیگران را در حال دور شدن از خود می‌بیند و تصور می‌کند که او در مرکز انبساط است.

حال بعد دیگری اضافه کنید و به موقعیت ما برسید. همان طور که در مثال دو بعدی ماده جدید بالونی به وجود نمی‌آید در فضای سه بعدی جدید نیز در طول انبساط چیزی به وجود نمی‌آید. مثل هر مثال دیگر، شبیه‌سازی بالون محدودیت‌های خودش را دارد در این مثال، بالون در ناحیه اطرافش منبسط می‌شود. بنابراین همراه با کیهان در حال انبساط، فضا خودش نیز در سه بعد منبسط می‌شود. کل سیستم مختصات هم منبسط می‌شود. جهان ما در چیزی آن طرف منبسط نمی‌شود.

انحنای فضا

هرچه مقدار جرم بیشتر باشد، گرانش برای کاهش گسترش بیشتر است. آیا مقدار گرانش برای توقف گسترش و متلاشی شدن دوباره جهان کافی است یا نه؟ اگر مقدار گرانش برای متلاشی شدن دوباره جهان کافی است، جهان دنیایی محصور یا بسته است. برای مثال، خمیدگی جهان ممکن است در جهانی محصور، به شکل چهار بعدی (مشخص و نامتناهی) شکل گرفته باشد. جهان دارای خمیدگی از پشت است. این فضا خود را دور می‌زند. زمان هم آغاز و انتهایی دارد. اگر امتداد گرانش کافی نباشد، جهان به گسترش خود برای همیشه ادامه می‌دهد. چنین عالمی جهانی باز است. خمیدگی فضا در جهان باز، شکلی شبیه به یک زین (نامشخص، نامحدود) دارد. فضا قوس و خم و انحناهایی دارد و زمان نیز پایانی ندارد. به جای تلاش برای محاسبه مقدار جرم این جهان، محاسبه چگالی یک ناحیه مشابه از جهان منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

چگالی = حجم آن ناحیه از فضا / مقدار جرم یک ناحیه از فضا

اگر ناحیه به طور کاملا مشابه باشد:

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

جرم کلی جهان = چگالی * حجم کل جهان.

اگر چگالی به اندازه کافی باشد جهان بسته (محصور) خواهد بود و اگر کمتر از مقدار لازم باشد، جهان باز خواهد بود. در کتب نجومی معمول احتمالا جرم حجمی جهان را با علامت Ω مشخص کرده‌اند. این نسبت، نسبت چگالی جاری به چگالی بحرانی است. اگر $\Omega<1$ ، جهان باز و اگر $\Omega>1$ جهان بسته است.

کرم چاله ها

هر چند اشیا نظری به نام حفره‌های کرم مانند وجود دارند که می‌توان از آنها برای حرکت بین دو نقطه سریع‌تر از نور بدون نقض قوانین فیزیک استفاده کرد. یک حفره کرم مانند دو ورودی به نام دهانه دارد، یکی (برای مثال) نزدیک زمین و دیگری (برای مثال) در مدار به دور ستاره وگا که با زمین ۲۶ سال نوری فاصله است. دهانه‌ها توسط یک تونل از طریق فرا فضا که فقط یک کیلومتر طول دارد به هم وصل می‌شوند. اگر وارد دهانه نزدیک زمین شویم، خودمان را درون تونل می‌یابیم و با پیمودن فقط یک کیلومتر به دهانه دیگر می‌رسیم و نزدیک وگا ظاهر می‌شویم. ولی حفره‌های کرم مانند به انرژی خارجی برای بازماندن نیاز دارند. انرژی خروجی نوع ویژه‌ای انرژی است که توسط اشعه‌های نور اندازه‌گیری شده است و منفی است. در حال حاضر هنوز با اطمینان هیچ منبعی از انرژی که حفره کرم مانند را باز نگه داشته باشد را نمی‌شناسیم. به دانستن قوانین جاذبه کوانتومی برای حل این مسئله نیاز داریم. یک جفت حفره‌های کرم مانند در حرکت، نسبت به یکدیگر می‌توانند به عنوان ماشین زمان مورد استفاده قرار گیرند ولی محاسبات نظری بیان می‌کند که ماشین زمان در لحظه‌ای که یکی سعی می‌کند آن را ایجاد کند خود را ویران می‌کند.

چگالی بحرانی

به محدوده چگالی میان هنگامی که نسبت جرم به حجم جهان برای بسته بودن کافی باشد و مقدار نسبت جرم به حجم بسیار کم برای توقف گسترش جهان را چگالی بحرانی می‌نامند. این مقدار از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{چگالی بحرانی} = \frac{۳H^{۲}}{۸\pi G}$$

که در آن H ثابت هابل برای هر زمان دلخواه است. همان طور که مشاهده می‌کنید که ثابت هابل بار دیگر نیز در آن ظاهر گردیده است. ثابت هابل میزان گسترش را اندازه‌گیری می‌کند، بنابراین باید در روابط چگالی بحرانی وارد گردد. چگالی بحرانی $۱/۰۶\times۱۰^{-۲۹}$ کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد. این به طور میانگین مقداری برابر ۶ اتم ئیدروژن در هر متر مکعب است. چگالی بحرانی جهان دارای یک انحنای سطحی است. پارامتر چگالی در جهان مسطح دقیقا برابر یک است. ثابت هابل در حقیقت یک ثابت نیست چرا که در زمان‌های مختلف دارای مقدارهای متفاوت است. هر چقدر که مقدار ثابت هابل در یک عصر جهانی دلخواه بیشتر باشد، سرعت گسترش جهان در آن عصر بیشتر خواهد بود. گرانش گسترش جهان را کند می‌کند. بنابراین جهان در دوره‌های اولیه خود با سرعت بیشتری از زمان اخیر در حال گسترش بوده است. یا به عبارت دیگر چگالی بحرانی در زمان‌های ابتدایی بزرگ‌تر بوده است. این تغییر به دلیل عاملی روی می‌دهد که چگالی واقعی جهان در طول گسترش تغییر می‌کند. بنابراین اگر جهان با یک چگالی بزرگ‌تر از چگالی بحرانی آغاز گردد، چگالی برای همیشه بزرگ‌تر از چگالی بحرانی خواهد بود و اگر با یک چگالی کمتر از چگالی بحرانی آغاز گردد چگالی برای همیشه کمتر از چگالی بحرانی خواهد بود.

بدست آوردن هندسه جهان از روی تشعشع زمینه

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

یک راه مستقل برای اندازه‌گیری هندسه کلی جهان این است کـه بـه نوسـانات تشعشـعات زمینـه‌ای میکروموج‌هـای کیهان‌شناسی توجه کنیم. اگر جهان باز باشد (شکل زین)، آنگـاه خطـوطی کـه در ابتـدا مـوازی بـوده‌انـد از هـم دور می‌شوند. این امر باعث می‌شود اجسام دورتر کوچک‌تر به نظر برسند. بنابراین امواج موجود در زمینه میکروموج‌هـا در مقیاس نیم درجه بزرگ‌تر به نظر می‌رسد. اگر کیهان صاف باشد خطوط موازی، موازی بـاقی می‌ماننـد. ریزمـوج‌هـا در پیش زمینه میکروموج بزرگ‌تر از مقیاس یک درجه به نظر می‌رسند. اگر جهان تخـت باشـد، خطـوط مـوازی، مـوازی باقی می‌مانند. ریز موج‌ها در پیش زمینه میکروموج بزرگ‌تر از مقیاس یک درجه به نظر مـی‌رسـند. اگـر جهـان بسـته باشد، خطوط موازی سرانجام به هم می‌رسند. این اثر کانونی فاصله اجسام را بیشتر از آنچه هسـت نشـان خواهـد داد. بنابراین ریز موج‌ها در پیش زمینه میکروموج در مقیاس بزرگ‌تر از یک درجه ظاهر خواهند شد.

تفکیک پذیری ماهواره COBE که در حدود ۷ درجه بود برای اندازه‌گیری قطعی اندازه‌هـای زاویـه‌ای نوسـانات کـافی نیست. بعد از COBE ابزارهایی با تفکیک پذیری بالاتر در بالون‌هایی در ارتفاع بـالا و پایـه‌هـای بلنـد جهـت مشـاهده ریزموج در تکه‌های کوچک آسمان قرار داده شده بودند، جای گرفت. آن آزمایشات یک هندسه مسطح را بـرای جهـان نشان دادند. کیهان‌شناسان با استفاده از تفکیک پذیری بالای ماهواره WMAP با مشاهده توزیع اندازه‌های ریز موج‌هـا تائید کردند، که نتیجه استفاده از نقشه تمام آسمان پیش زمینه میکروموجش در یک تفکیک پـذیری ۳۰ بـار بهتـر از COBE بوده است. WMAP همچنین یک اندازه‌گیری بسیار ارزشمند از ریزموج ها ارائه می‌دهد. توزیع ریز مـوج‌هـا در مقیاس ۱ درجه، دارای قله است که نشان می‌دهد جهان مسطح اسـت. نتـایج بدسـت آمـده از مـاهواره WMAP و وجود مقدار بسیار ناچیز ماده در جهان بـرای مسـطح کـردن هندسـه جهـان، منجمـان را بـه ایـن امـر واداشـته کـه نتیجه‌گیری را کنند که شکل دیگری از انرژی وجود دارد که ۷۴ درصد جهان را تشکیل مـی‌دهـد انـرژی تاریـک نـام دارد.

ثابت کیهانی

برای نخستین بار اینشتین ثابت کیهان‌شناسی را پیشنهاد داد این ثابت معمولا با حرف یونانی Λ نشـان داده می‌شـود که در نظریه نسبیت عام به عنوان یک ثابت ریاضی به کار می‌رود. در ساده‌ترین شکل آن، نظریه عام پیش بینـی کـرد که جهان بایستی یا منقبض شود یا منبسط. اینشتین فکر می‌کرد که جهان ساکن است، بنابراین او این قسمت جدیـد را افزود تا انبساط را متوقف کند. فریدمن، ریاضیدادن روسی، تشخیص داد که این ثبات ناپایدار است، مثل تعادل یـک مداد روی نوک آن و مدل جهان در حال گسترش را پیشنهاد داد که اکنون نظریه انفجار بزرگ نامیده می‌شـود. وقتـی که مطالعه هابل در مورد کهکشان‌های مجاور نشان داد که جهان واقعا در حال انبساط است، اینشتین به خاطر نظریـه ساده او اظهار تاسف کرد و ثابت کیهانی را به عنوان بزرگ‌ترین اشتباه خود خواند. بسیاری از کیهان شناسـان طرفـدار رواج ثابت کیهانی در زمینه‌های تئوریکی می‌باشند. نظریه مدرن این عبارت را با چگالی انـرژی خـلا مـرتبط می‌سـازد. برای اینکه چگالی انرژی با دیگر اشکال ماده در جهان، قابل مقایسه باشد به فیزیک جدید نیاز می‌باشد. افـزودن ثابـت کیهانی معانی عمیقی برای فیزیک ذرات دارد و همچنین بر روی درک ما از نیروهای بنیادی طبیعت نیز تاثیر دارد.

جذابیت اصلی عبارت ثابت کیهانی این است که به طور قابل توجهی رابطه بین تئوری و مشـاهده را بهبـود می‌بخشـد. بارزترین نمونه از این مورد، تلاش اخیر برای اندازه‌گیری میزان انبساط جهان در چند میلیارد سال گذشـته مـی‌باشـد. عموما نیروی جاذبه‌ای که توسط ماده در جهان اعمال می‌شود، انبساط ایجاد شده به واسـطه انفجـار بـزرگ را کـاهش می‌دهد. اخیرا در تلاشی که جهت اندازه‌گیری کاهش انبساط جهان طی چند میلیارد سال گذشته صورت گرفته اسـت برای منجمان مشاهده ستاره‌های کمیاب روشن به نام ابرنواختر ممکن شده است. جالب است که نتایج این مشـاهدات نشان می‌دهد که سرعت انبساط جهان تندتر شده یا شتاب گرفته است. با وجود اینکه این نتـایج بایـد در ابتـدا مـورد بررسی قرار بگیرد. این پی آمدها امکان اینکه جهان دارای شکل عجیبی از ماده یا انرژی باشد را بـالا مـی‌برنـد کـه در

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

حقیقت از نظر گرانشی غیر قابل اجتناب است. ثابت کیهانی نمونه‌ای از این نوع از انرژی می‌باشد. کارهای زیادی جهت روشن شدن این موضوع عجیب باقی مانده است. شمار دیگری از مشاهدات وجود دارند که نشان دهنده نیاز به ثابت کیهانی می‌باشند. برای مثال اگر امروزه ثابت کیهانی شامل مقدار زیادی از چگالی انرژی جهان می‌شود عمر پیش بینی شده جهان خیلی طولانی‌تر از آن چیزی است که بدون این عبارت می‌باشد. این موضوع برای اجتناب از این مخمصه که سن بدست آمده جهان کمتر از قدیمی‌ترین ستارگانی است که تاکنون مشاهده کرده‌ایم. ثابت کیهانی به مدل تورمی تعمیمی از تئوری انفجار بزرگ، افزوده می‌شود و به مدلی را به وجود می‌آورد که شامل توزیع مقیاس بزرگی از کهکشان‌ها و خوشه‌ها می‌باشد که که با اندازه گیری‌های COBE نوسانات پیش زمینه میکروموجی کیهانی و ویژگی‌های مشاهده شده خوشه‌های اشعه ایکس همراه می‌باشد.

WMAP و ثابت کیهانی

با مشخص کردن ساختار جزئی نوسانات پیش زمینه میکروموج کیهانی، WMAP باید بتواند به طور صحیح پارامترهای کیهانی پایه که شامل ثابت کیهانی می‌شود را با دقت بیشتر از ۵ درصد تعیین کند. شکل جهان از طریق یک چالش بین حرکت انبساطی و نیروی گرانشی مشخص می‌شود. سرعت انقباض از طریق ثابت هابل تعیین می‌شود در حالی که قدرت گرانش بستگی به چگالی و فشار ماده در جهان دارد. اگر چگالی جهان کمتر از چگالی بحرانی باشد که متناسب با جذر ثابت کیهانی است، برای همیشه منبسط خواهد شد و اگر چگالی آن بیشتر از چگالی بحرانی باشد، سپس گرانش پیروز خواهد شد و جهان فرو خواهد ریخت. با وجود این نتایج WMAP و مشاهدات ابرنواخترهای دور نشان داده‌اند که انقباض جهان در واقع رو به افزایش می‌باشد که این وجود یک شکل ماده با یک فشار قوی منفی مثل ثابت کیهانی را نشان می‌دهد این شکل عجیب ماده که بعضی اوقات از آن به انرژی تاریک یاد می‌شود، در حقیقت نقش مهمی را در تکامل جهان ایفا می‌کند و باعث می‌شود که جهان برای همیشه منقبض شود.

گسترش تا کجا؟

آیا فکر می‌کنید که جهان برای همیشه گسترده خواهد شد؟ جهان سرانجام به چه نقطه‌ای خواهد رسید؟ موضوع سرنوشت جهان نظر ستاره‌شناسان را برای قرن‌ها جلب کرده بود و این جالب است که اکنون به نقطه‌ای رسیده‌ایم که می‌توانیم جواب درستی داشته باشیم. از زمان کشف هابل که عنوان کرد جهان در حال گسترش است تاکنون یک سئوال وجود دارد: آیا جاذبه جهان به اندازه‌ای است تا گسترش را آهسته کند و سرانجام آن را معکوس نماید؟ یک مقیاس برای فکر کردن در مورد سرعت گسترش وجود دارد. اگر یک توپ را به هوا پرتاب کنید، به ارتفاعی خواهد رسید و سپس به پائین باز می‌گردد. اگر شما آن را سریع پرتاب کنید پیش از سقوط کردن به ارتفاع بالاتری خواهد رسید. در اصل اگر اتمسفر نبود و می‌توانستید توپ را در حدود ۷ مایل در ثانیه پرتاب کنید، می‌توانستید توپ را کاملا خارج از زمین پرتاب کنید به این سرعت، سرعت فرار می‌گویند. هر چه جاذبه قوی‌تر باشد (به بیان دیگر هر چه ماده بیشتری داشته باشید) مجبور به حرکت سریع‌تر خواهید بود. به همین صورت در مقیاس جهانی فرض کنید اگر ماده کافی وجود داشته باشد، گسترش جهان سرانجام آهسته و در نهایت متوقف می‌شود. سپس حرکت خود را معکوس و در آخر تمام مواد به هم برخورد خواهند کرد. معکوس و با هم به خرد شدگی عظیم بر خواهد گشت و اگر وجود نداشته باشد جهان برای همیشه گسترش خواهد یافت. چند سال قبل اینکه گسترش جهان در حال شتاب یافتن بود این امر باعث تعجب شد. این رفتار عجیب به خاطر شک داشتن بوجود میدانی در سرتاسر جهان به نام ثابت کیهان‌شناسی است که جنس و منشا آن نیز به خوبی فهمیده نشده است. نتیجه نهایی این است که اگرچه بیشتر ستاره‌شناسان فکر می‌کنند که جهان برای همیشه گسترش خواهد یافت، اما برداشت درستی از قدرت این میدان در

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

دست نیست. با توجه به این میدان، حتی می‌تواند این گونه باشد که جهان به طور تناوبی گسترش می‌یابد و منقبض می‌شود، یعنی یک نوع جهان نوسانی!

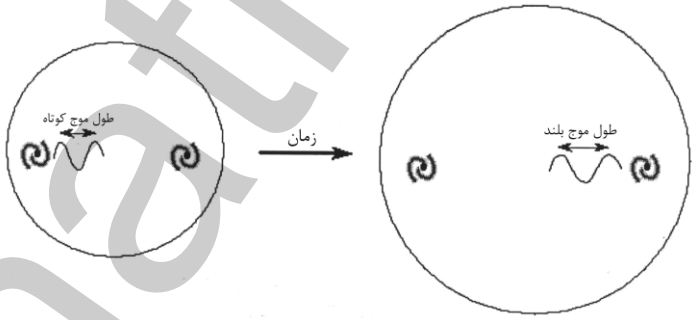
سن جهان

اخیرا منجمان تخمین زده‌اند که انفجار بزرگ بین ۱۲ تا ۱۴ میلیارد سال پیش رخ داده است. با این دید، سیستم خورشیدی حدود ۴/۵ میلیارد سال قدمت دارد و انسان‌ها به عنوان یک گونه زیستی کمتر از چند میلیون است که وجود دارند. منجمان سن جهان را از دو طریق تخمین زده‌اند:

۱ - از طریق مشاهده پیرترین ستاره‌ها،

۲ - از طریق اندازه‌گیری نسبت انبساط جهان و یا استنتاج از برگشت به انفجار بزرگ

ستاره‌شناسان می‌توانند از طریق مطالعه خوشه‌های کروی حد پائین‌تری را برای سن جهان جایگزین نمایند. خوشه‌های کروی مجموعه چگالی از تقریبا یک میلیون ستاره می‌باشد چگالی‌های ستاره‌ای نزدیک مرکز خوشه کروی بسیا عظیم می‌باشند. اگر ما نزدیک مرکز یکی از آنها زندگی می‌کردیم، چند صد هزار ستاره نزدیک‌تر از ستاره آلفا قنطورس، که نزدیک‌ترین ستاره به خورشید است، در همسایگی ما وجود داشتند. چرخه زندگی یک ستاره به جرم آن بستگی دارد ستارگانی که جرم بالا دارند بسیار درخشان‌تر از ستارگان کوچک می‌باشند، به همین خاطر آنها به سرعت سوخت ئیدروژنی خود را مصرف می‌کنند. ستاره‌ای مانند خورشید جهت جریان درخشندگی‌اش برای تقریبا ۹ میلیارد سال، در هسته سوخت کافی دارد. یک ستاره که دو پر جرم تر از خورشید است، در ۸۰۰ میلیون سال سوختش را خواهد سوزاند یک ستاره‌ای بزرگ که جرمی معادل ۱۰ جرم خورشیدی دارد، ستاره‌ای که ۱۰ برابر خورشید جرم دارد، حدود هزار برابر درخشان‌تر و تنها ۲۰ میلیون سال ذخیره سوختی دارد. برعکس ستاره‌ای که جرمش نصف جرم خورشید می‌باشد به کندی سوخت خود را مصرف می‌کند و حدودا ۲۰ میلیارد سال آن سوخت دوام دارد.



وقتی که فضای بین کهکشان‌ها گسترش می‌یابد، نوری که از یک کهکشان به کهکشان دورتر می‌رسد امتداد می‌یابد. امتداد نور باعث می‌شود که نور کهکشان‌ها متمایل به قرمز به نظر برسد.

تمام ستارگان در یک خوشه کروی که هم زمان به وجود می‌آیند، می‌توانند به عنوان ساعت‌های کیهانی عمل کنند. اگر یک خوشه کروی بیشتر از ۲۰ میلیون سال سن داشته باشد، ستاره‌های ئیدروژن سوزش از ستاره‌هایی که ۱۰ جرم خورشیدی دارند کم جرم‌تر می‌باشند. به عبارت دیگر هیچ ستاره تکی که ئیدروژن سوزی بیشتر از ۱۰۰۰ برابر خورشید روشن نخواهد بود. اگر یک خوشه کروی بیشتر از ۲ میلیارد سال عمر داشته باشد هیچ ستاره ئیدروژن‌سوزی پر جرم‌تر از ۲ جرم خورشیدی وجود نخواهد داشت.

پیرترین خوشه کروی فقط شامل ستارگانی است که از ۰/۷ جرم خورشیدی می‌باشند، این ستارگان کو جرم کم نورتر از خورشید می‌باشند. این مشاهده پیش بینی می کند که پیرترین خوشه‌های کروی بین ۱۱ و ۱۸ میلیارد سال سن دارند. عدم قطعیت در این تخمین به خاطر مشکل بودن تعیین مسافت دقیق تا یک خوشه کروی است. علت دیگر

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

عدم قطعیت در این تخمین به خاطر عدم آگاهی ما از برخی از ریزترین جزئیات در مورد تکامل ستارگان می‌باشد. احتمالا خود جهان دست کم سنی به اندازه پیرترین خوشه‌های کروی که در آن وجود دارند می‌باشد.

یک راه دیگر برای تخمین سن جهان، اندازه گیری ثابت هابل می‌باشد. ثابت هابل، اندازه‌گیری از جریان نسبت انبساط جهان می‌باشد. کیهان‌شناسان از این اندازه‌گیری برای استنباط از انفجار بزرگ استفاده می‌کنند. این نتیجه گیری به تاریخ سرعت انبساط بستگی دارد که به نوبه خود به چگالی جریان جهان و ریخت آن وابسته است. اگر که جهان تخت باشد و اکثر آن از ماده تشکیل شده باشد سن جهان عبارت خواهد بود از:

$$\frac{۲}{(۳H_{\circ})}$$

که $H_{\circ}$ مقدار ثابت هابل است. اگر جهان چگالی خیلی کمی از ماده داشته باشد، سن به دست آمده بیشتر از مقدار زیر خواهد بود:

$$\frac{۱}{H_{\circ}}$$

اگر که جهان حاوی شکلی از ماده‌ای باشد که ثابت کیهانی پیش بینی می‌کند، سن نتیجه‌گیری شده حتی ممکن است بیشتر نیز باشد. تاکنون بهترین تخمین‌ها از $۶۵ km/\sec/Mpc$ تا $۸۰ km/\sec/Mpc$ با بهترین مقدار $۷۲ km/\sec/Mpc$ می‌باشد. در بسیاری از قسمت‌ها منجمان معتقدند که $۱/H_{\circ}$ بین ۱۲ و ۱۴ میلیارد سال است. بسیاری از منجمان به سختی کار می‌کنند تا ثابت هابل را با استفاده از شماری از تکنیک‌های متفاوت اندازه‌گیری کنند.

سن بحرانی

اگر دو سن تعیین شده را مقایسه کنیم، یک پتانسیل بحرانی وجود خواهد داشت. اگر جهان صاف و هموار باشد و توسط ماده معمولی یا تاریک تحت‌الشعاع قرار گیرد، سن جهان را همان گونه که از ثابت هابل بدست آوردیم ۹ میلیارد سال می‌باشد و سن جهان کوتاه‌تر از سن ستارگان پیر خواهد شد. این تناقض سه حالت را بیان می‌کند.

۱ - اندازه‌گیری ما از ثابت هابل اشتباه است.

۲ - نظریه انفجار بزرگ نادرست است.

۳ - ما نیازی به شکلی از یک ماده مثل آنچه ثابت کیهانی پیش‌بینی کرده بود داریم که یک سن پیرتری برای سرعت انبساط مشاهده شده به ما بدهد.

برخی از منجمان معتقدند که این بحران به محض پیشرفت اندازه‌گیری خواهد گذشت. اگر اندازه‌گیری منجمانی که مقادیر کوچک‌تر از ثابت هابل را اندازه‌گیری کرده‌اند صحیح باشد و اگر تخمین‌های کوچک‌تر از سن خوشه کروی نیز صحیح باشد، پس تمام مطالب برای نظریه انفجار بزرگ حتی بدون ثابت کیهانی، صحیح خواهد بود. اندازه‌گیری با WMAP آمده می‌تواند به حل این بحران کمک کند. اگر ایده‌های جریان در مورد منشا ساختار بزرگ مقیاس صحیح باشد، ساختار جزئی افت و خیزهای پیش زمینه میکروموج کیهانی به چگالی جریان جهان، ریخت جهان و سرعت انبساط آن بستگی خواهد داشت. WMAP توانسته است این پارامترها را با دقتی بیش از ۵ درصد تعیین کند. از این رو می‌توانیم سن انبساط جهان را با دقت بیشتر از ۵ درصد تخمین بزنیم. وقتی که ما داده‌های WMAP را با مشاهدات قابل ستایش سایر آزمایشات CMB ترکیب کنیم قادر خواهیم بود که برای جهان سنی با دقتی نزدیک به یک درصد تعیین کنیم. سن انبساط اندازه‌گیری شده توسط WMAP بزرگ‌تر از پیرترین خوشه‌های کروی است، بنابراین نظریه انفجار بزرگ از یک آزمون مهم موفق بیرون آمده است اگر سن انبساط اندازه‌گیری شده توسط WMAP کوچک‌تر از پیرترین خوشه‌های کروی باشد، در نظریه انفجار بزرگ یا نظریه تکامل ستاره‌ای نکته‌ای نادرست

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

وجود دارد. در هر دو روش منجمان نیاز دارند که بسیاری از ایده‌های مطلوب را دوباره بررسی کنند، اما تخمین جریان ما در مورد سن جهان با آنچه که از دیگر انواع اندازه گیری‌ها می‌دانیم، یکسان می‌باشد. جهان حدود ۱۳/۷ میلیارد سال قدمت دارد.

مشکلات مدل استاندارد

مدل استاندارد همان مدل انفجار بزرگ است که برای زمان و مکان مبدا در نظر می‌گیرد. باید بدانید که اهمیت و زمان انفجار بزرگ خود برای فیزیکدانان مشکلاتی را در بر داشته است این مشکل در واقع زبانی است که ما برای تشریح جهان از آن استفاده می‌کنیم. به عنوان مثال در زبان ریاضیات هنگامی که شکل مواد و اندازه جهان به صفر و چگالی و دمای هوا به بی‌نهایت می‌رسد، همه چیز تجزیه خواهد شد. این شرایط استثنایی در ریاضیات برای هر زمانی، بعد از انفجار بزرگ کارکرد بسیار خوبی داشته است ولی در خصوص اهمیت زمان خود انفجار این گونه نبوده است. از حدود یک دهه قبل اکثر مردم مدل استاندارد کیهان شناسی راپذیرفته‌اند و این بیانگر مقدار زیاد اطلاعات مربوط به ساختار مقیاسی جهان است که به صورت گسترده در اختیار عموم قرار گرفته است.

شما نمی‌توانید این نتایج را مورد نقد قرار دهید اما کیهان‌شناسی انفجار بزرگ مشکلاتی دارد که علاقه افراد بسیاری را به خود جلب کرده است. تازه‌ترین مشکل این است که سن بدست آمده برای جهان با استفاده از ثابت هابل کمتر از سن خوشه‌های کروی و یا قدیمی‌ترین ستارگان کوتوله سفید است. سنین در هر صورت هرگز درست نیستند.

مسئله افق . تابش پس زمینه کیهانی (CBR) را به وسیله COBE ترسیم کرده‌اند و دریافته‌اند که بجز عدم تقارن دو قطبی به دلیل حرکت خورشید از میان کیهان، این تابش به طور قابل ملاحظه‌ای یکنواخت و یکسان است. کیهان‌شناسی انفجار بزرگ همواره یک افق را برای هر ناظر پیش بینی می‌کند تا سیگنال‌های نوری بتوانند در تمام عمر جهان که بسیار بیشتر از شعاع قابل مشاهده کنونی جهان می‌باشد، منتشر شوند. اگر شما در یک راستا CBR را نظاره کنید و سپس به ناحیه فضایی در جهت مخالف نگاه کنید (در دورترین نقطه)، این دو ناحیه هرگز در تماس گرمایی با هم قرار نداشته‌اند. در اینجا هیچ دلیلی برای یکنواختی فوق العاده وجود ندارد. در واقع اگر در آنجا نوسانات کوانتومی مجاز تا زمان ثانیه اول وجود نداشت فرض عدم تغییر قوانین نقض می‌شد.

مسئله هموار بودن . تاکنون ما ساختار را به واسطه اندازه کهکشان‌ها، خوشه‌ها و ابر خوشه‌ها پی‌ریزی کرده‌ایم. اکنون به کمک نیروی جاذبه گرانشی عمومی می‌دانیم که در هر مدل از جهان مقادیر کوچک یکنواختی باید بسیار سریع رشد کند. ما چرخه را به عقب باز می‌گردانیم و با بررسی ساختار کنونی و کار بر روی گذشته، ناهمواری اولیه را ارزیابی می‌کنیم. این نتیجه به طور باور نکردنی کوچک است. $z=۱۰۰۰$ اگر شما به $\log(t)=-۴۰$ باز گردید، جهان به طور حیرت انگیز اما نه کاملا، یکنواخت بوده است. علاوه بر آن، این واقعیت که یک بخش از جهان هرگز بخش دیگر را ندیده است، خود یک معمای دشوار است.

مسئله تخت بودن . اگر شما مکعبی از فضا انتخاب کنید که هر ضلع آن ده مگا پارسک طول داشته باشد، چگالی ماده قابل رویت را احتمالا در حدود $\rho=۶\times۱۰^{-۲۸}\ kg/m^{۳}$ محاسبه خواهید کرد. ماده تاریک باید این مقدار را با ضریب ۱۰ و حتی بیشتر افزایش دهد. با توجه به شرایط اولیه، مدل‌های انفجار بزرگ می‌توانند جهانی را پیش بینی کنند که برای همیشه منبسط شود (یک جهان کم چگال و یا باز) و یا تا یک شعاع بیشینه گسترش یابد و سپس متوقف شود و پس از آن دوباره منقبض شود (یک جهان پر چگال و یا تخت). یک مدل بحرانی نیز وجود دارد که در آن جهان به صورت مجانبی تا یک سرعت انبساط صفر گسترش می‌یابد $H=۰$ و به شرایط اولیه بسیار ویژه‌ای نیاز دارد (یک جهان با چگالی بحرانی و یا تخت). مدل جهان تخت نیاز به چگالی دارد که در حدود ۱۰٪ آن قابل مشاهده

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

است و ۹۰٪ دیگر آن را ماده تاریک تشکیل می‌دهد. این مقدار ماده تاریک موجود برای مدل جهان بسته کافی باشد. اغلب اوقات افراد می‌گویند که جهان باید تخت باشد چرا که فقط همین یک راه را دارند.

تورم

در اواخر سال ۱۹۷۹ آلن گوت پیشنهاد کرد که بهترین راه برای توضیح علت عدم حضور تک قطبی‌ها، آن است که فرض کند در مراحل اولیه تکوین عالم یک ابر سرمایش وجود داشته است. او از خود پرسید که این ابرسرمایش چه بر سر عالم آورد؟ به نظر می‌رسد تنها جواب این باشد که یک تورم ناگهانی روی داده است و همه عالم با آهنگی خیلی تندتر از انفجار بزرگ استاندارد منبسط شده است.

بنابراین نظریه، عالم همین طور که سرد می‌شد، در یک حالت ابرسرد شده، آنچه که او آن را خلا دروغین می‌خواند، باقی ماند. بنابر نظریه گوت وقتی عالم در این خلا دروغین بود تحت تاثیر یک نیروی رانشی فوق العاده شدید قرار داشت، که سبب می‌شد عالم با آهنگ تندی منبسط شود. هر $۱۰^{-۳۴}$ ثانیه اندازه عالم دو برابر می‌شد. البته می‌باید سرانجام از این حالت خارج می‌شد و بنابراین چنین کرد. عالم از این حالت با تونل زنی کوانتومی از میان در دیواره‌ها در دو جهت خارج شد. سرانجام وقتی خلا دروغین به طور کامل با خلا واقعی جایگزین شد تورم پایان یافت. تورم تخلیه انرژی در عالم بود. تخلیه‌ای که به طور ناگهانی دمای عالم را به حدود $۱۰^{۲۷}$ درجه کلوین افزایش داد. ولی متاسفانه این نظریه یک نظریه ناقص بود. تورمی را که او توصیف می‌کند، نمی‌تواند در عالم ما اتفاق افتاده باشد. نظریه تورمی جدید توسط لینده مطرح شد که طبق این نظریه خلا وادار به تونل زنی کوانتومی به تراز پائین‌تر جدید نشده است و به همین دلیل تغییر تراز قدری به تاخیر می‌افتد و در نتیجه به سرانجام هموارتری می‌انجامد. فضاشناسان گمان می‌کنند که جهان تازه متولد شده یک زمان و انبساط فوق العاده سریع به نام تورم را تحربه کرده است. تورم بین $۱۰^{-۳۸}$ تا $۱۰^{-۳۶}$ ثانیه بعد از انفجار بزرگ روی داده است. ولی فضاشناسان درباره علت تورم مطمئن نیستند بنابراین نمی‌توانند دقیقا زمان این اتفاق را بیان کنند.

نظریه جهان حالت پایا

یک نظریه جایگزین برای انفجار بزرگ در سال ۱۹۸۴ توسط هرمان باندی توماس گلد و فردی هویل پیشنهاد شد، که نظریه جهان حالت پایا نامیده می‌شود. آنها تصور آغازی ناگهانی برای جهان را از نظر فلسفی غیر کافی می‌دانستند و ادعا کردند که برای اینکه جهان را درک کنیم باید مشاهداتی از جاهای دور آن انجام دهیم و این به معنای مشاهده گذشته است و مسلما برای تفسیر آنها باید از قوانین فرموله شده فیزیک از ابتدا تا حال استفاده کنیم. اگر عالم در گذشته متفاوت بوده است چگونه می‌توانیم مطمئن باشیم که قوانین فیزیک نیز در گذشته متفاوت نبوده‌اند؟ اگر آنها متفاوت بوده‌اند نتایج معتبری نمی توان به دست آورد.

از نظر باندی و گلد، نه تنها قوانین فیزیک در تمام قسمت‌های عالم بلکه در تمام زمان‌ها می‌باید یکسان باشند. همچنین عالم باید یکنواخت و همیشه ثابت باشد، همیشه در حال انقباض یا همیشه در حال انبساط. مورد اولی (یکنواخت و ثابت بودن) می‌تواند توسط مشاهده ساده جهان کنترل شود، مثلا آسمان شب تاریک است (همان پارادوکس آلبر)

هویل با ریاضیات به موضوع نزدیک شد. او سعی کرد مسئله ایجاد مواد را که هر لحظه در اطراف ما اتفاق می‌افتد و عنوان شده است که در انفجار بزرگ تمامی آنها به وجود آمده است به طریقی حل کند. او بیان کرد کاهش چگالی جهان بوسیله انبساط، با بوجود آمدن پیوسته ماده که در حال متراکم شدن در کهکشان‌ها است موازنه می‌شود. در نتیجه جهان برای همیشه در ظاهر کنونی‌اش باقی می‌ماند. برای آن که ماده تولید شود، یک مخزن انرژی لازم است.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

برای اینکه از رقیق شدن این مخزن بوسیله خلق ماده و انبساط جهان جلوگیری شود، او این مخزن را منفی فرض کرد. انبساط جهان و خلق ماده اکنون بر خلاف یکدیگر کار می‌کردند و انرژی در یک حالت نگهداری می‌شد.
نظریه پردازان حالت پایا هلیم - ئیدروژن را بوسیله حضور ابرنواختر توضیح دادند. اما اکنون می‌دانیم که در آن زمان تنها هلیم و مقدار کمی لیتیم بوجود آمده بود و هر دو نظریه (پایا و انفجار بزرگ) اکنون نقش ابرنواختر را در خلق مواد سنگین می‌پذیرند. شهرت مهم نظریه حالت پایا به خاطر توجه‌اش به یک جنبه از نظریه الکترومغناطیس و کوانتوم است. الکترومغناطیس ماکسول دو جواب دارد، یکی مثبت و یکی منفی. پاسخ منفی همانند چیزی بود که زمان به عقب می‌رفت. در هر صورت در سال ۱۹۴۱ جان ویلر و ریچارد فاینمن بیان کردند که با حدی گرفتن این نظریه مبنی بر این که دو موج یکی در حال جلو رفتن در زمان و یکی در حال عقب رفتن در زمان است و در برهم کنش‌های الکترومغناطیس بوجود آمده‌اند، مشکلات خاصی در نظریه کوانتوم بوجود نمی‌آید.
جنبه بسیار مهم برای کیهان‌شناسی در نظریه ویلر - فاینمن این است که موج تنها زمانی در بیرون از رخداد حذف می‌شود که دو موج هم اندازه باشند. به عبارت دیگر موجی که در آینده قرار دارد باید با موجی که در گذشته قرار دارد برابر باشد و این موضوع بیان کننده این موضوع است که جهان در آینده همان گونه خواهد بود که در گذشته بوده است، یعنی در یک حالت پایا قرار دارد. نظریه حالت پایا هم بدون ایراد نیست، جاهای گوناگونی در نظریه هست که دارای ایراد می‌باشد. یکی از آنها توزیع منابع رادیویی است. برای هر منبعی اگر توزیع یکنواخت باشد منابع ضعیف‌تر دورتر خواهند بود.
اگر ما یک کره با روشنایی خاص دور خود بکشیم، مشاهده چنین منبعی با مساحت کره و بنابراین با مجذور شعاع متناسب خواهد بود. نمودار تاریخچه شاره منابع در یک روشنایی خاص نسبت به تاریخچه شاره روشن‌تر از روشنایی قبلی، باید شیبی برابر با ۱/۵ داشته باشد. برای منابع رادیویی، شیب ۱/۸ است که نشان می‌دهد در فاصله‌های دورتر منابع رادیویی زیادی وجود ندارند و بنابراین زمان‌های بسیار قدیمی‌تری برای یک جهان حالت پایا انتظار می‌رود. نتیجه اینکه جهان در حال توسعه است و یا حداقل در حال تغییر می‌باشد. همچنین کشف اخترنماها در سال ۱۹۶۶ مدرکی فراهم آورد که با نظریه حالت پایا متناقض بود. اخترنماها بسیار کوچک هستند، اما سیستم‌های فراکهکشانی بسیار درخشانی می‌باشند که فقط در فواصل بسیار دور یافت می‌شوند. بنابراین اخترنماها اجسامی از گذشته دور هستند که نشان می‌دهند چند میلیارد سال پیش ساختمان جهان با آن چیزی که امروزه می‌باشد، متفاوت بوده است. نظریه حالت پایا دیگر بوسیله اکثر کیهان‌شناسان پذیرفته نمی‌شود، مخصوصا بعد از کشف تابش زمینه میکروموج در سال ۱۹۶۵ چیزی که حالت پایا توضیحی برای آن ندارد. عکس میدان دید عمیق هابل که در سال ۱۹۹۶ توسط تلسکوپ فضایی هابل گرفته شده، دورترین منظره شناخته شده را نشان می‌دهد. انتظار می‌رفت این تصویر که تولد کهکشان‌ها را نشان دهد اما بجای آن کهکشان‌هایی که به نظر آشنا می‌آمدند را نشان داد کهکشان‌هایی مانند کهکشان‌های امروزی. شاید هنوز حالت پایایی وجود دارد.

ماده تاریک در عالم

مشاهداتی که بر اساس انحنای نور از مسافت‌های کهکشانی دور توسط ماده تاریک صورت گرفت، باعث پیدایش عقاید جدیدی در علم نجوم و ستاره‌شناسی شد. یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین کشفیات قرن بیستم این است که جهان بسیار گسترده‌تر از چیزی است که توسط چشممان می‌بینیم. ستارگان و کهکشان‌هایی که توسط تلسکوپ‌ها دیده می‌شوند، تنها به منزله حباب‌هایی هستند که در اقیانوسی از ماده تاریک قرار دارند. اگرچه خود مواد تاریک را نمی‌توان مستقیما مشاهده کرد اما تاثیر گرانشی آن روی اجسام قابل رویت معمولی را می‌توان دید. در واقع مشاهدات بی‌شمار بیان می‌کنند که مواد تاریک را باید بر اساس رفتار ستارگان و اینکه چگونه در مدار کهکشان باقی می‌مانند و اینکه چطور مدار کهکشان‌ها در اطراف خوشه‌های کهکشانی حفظ می‌شوند توضیح و تشریح کرد.

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

هم اکنون مشخص است که ماده تاریک حدود ۹۰ درصد جرم کهکشان ما را تشکیل داده است. اما دو سئوال اساسی در مورد مواد تاریک وجود دارد:

۱ - ماده تاریک از چه چیزی ساخته می‌شود؟

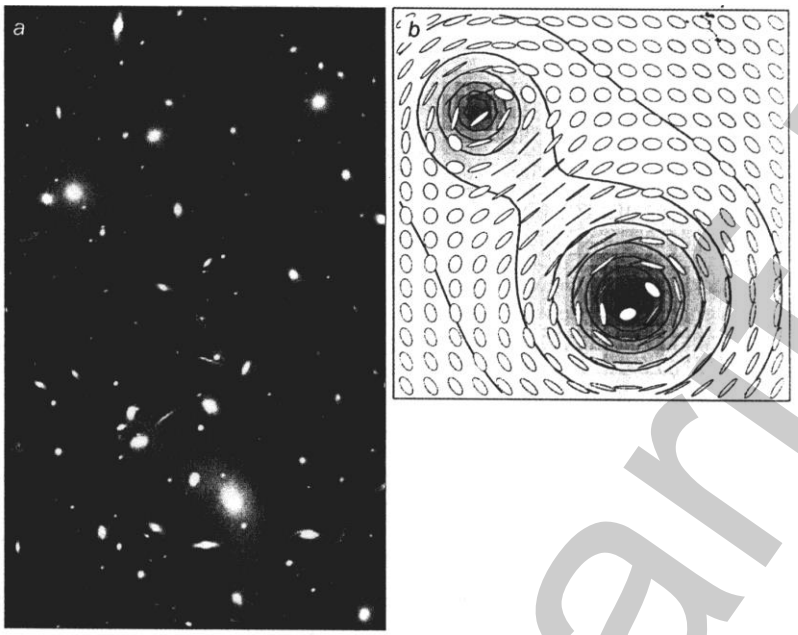
۲ - ماده تاریک چطور در طول کهکشان توزیع می‌شود؟

اول اینکه می‌دانیم ماده تاریک با اجسام طبیعی واکنش بسیار ضعیفی دارد؛ و گرنه می‌توانستیم آن را توسط تجارب آزمایشگاهی ببینیم. در واقع مواد تاریک با مواد دیگر کهکشان از طریق نیروی جاذبه واکنش نشان می‌دهند و چهار قانون بنیادی در مورد آن صادق است. دوم اینکه می‌دانیم بیشتر مواد تاریک از مواد معمولی یا ذرات سنگین ساخته شده‌اند که باعث می‌شود بتوان جهان را مشاهده کرد. به عبارت دیگر ماده تاریک از پروتون یا نوترون‌ها یا ذرات بسیار بزرگ ساخته شده است. ما این را از طریق تئوری واکنش‌های هسته‌ای در انفجار بزرگ دریافته‌ایم که چگالی ذرات بزرگ تنها ۵ درصد از چگالی کل حیات را شامل می‌شود. بر طبق تئوری نسبیت عام اگر چگالی جهان بزرگ‌تر از مقدار بحرانی شود حجم جهان کوچک‌تر خواهد شد و به حدی خواهد رسید که به اندازه یک کره شود. بر عکس اگر چگالی کمتر از معیار بحرانی شود حجم جهان نامحدود می‌شود و بسیار گسترده خواهد شد. بیشتر ستاره‌شناسان بر این باورند که جهان دارای مقدار بحرانی است که نه کم است نه زیاد. همچنین از تابش‌های مشاهده شده از ستارگان، گازهای کهکشانی و سرعت‌های مداری کهکشان‌ها در یک خوشه در می‌یابیم که این مناطق ماده تاریک بیشتر از مواد سنگین وجود دارد.

به عبارت دیگر اندازه مجموع مواد (چه معمولی و چه تاریک) در جهان فقط یک سوم مقدار بحرانی یا چگالی بحرانی است. مشاهدات دیگر بیان می‌کند که دو سوم گم شده بقیه ممکن است شامل یک شکل جالب و عجیب از انرژی تاریک باشد. این انرژی تاریک کاملا با جسم تاریک متفاوت است به این معنی که تحت نفوذ گرانش نیست تا کهکشان‌ها را تشکیل دهد. طبیعت این انرژی تاریک در بین ستاره‌شناسان مورد بحث و جدل است و آنها با هم در این مورد اختلاف نظر دارند.

دینامیک گرانشی کهکشان‌ها به ما اجازه می‌دهد تا مقدار جرم کل جهان را برآورد کنیم اما این روش یک وسیله ساده و بسیار کند برای تحقیق در مورد توزیع مواد است. یک روش حساس‌تر، استفاده از تاثیر گرانش روی حرکت نور است. بر طبق تئوری عام اینشتین یک شی سنگین و حجیم باعث تغییر شکل فضا و زمان می شود و آن را کج و معوج می‌کند و نور را در طی مراحلی تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین این شی مانند یک عدسی بسیار بزرگ عمل می‌کند. این پدیده را به نام عدسی گرانشی می‌شناسند. پیش‌بینی‌های نسبیت عام در سال ۱۹۱۹ هنگامی که آرتور ادینگتن میزان انحراف و تغییر شکل نور مستقیم را توسط خورشید در مدت یک گرفتگی خورشیدی کامل اندازه‌گیری کرد، خیلی مورد توجه قرار گرفتند.

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir



الف) یک تصویر گرفته شده توسط تلسکوپ فضایی هابل از خوشه کهکشانی آبل ۲۲۱۸ که یک کهشان پس زمینه را مورد انعکاس قرار می‌دهد منابع درخشان نوری؛ کهکشان‌ها در خوشه هستند. تصاویر کهکشان‌های پس زمینه توسط اثر عدسی گرانشی تغییر شکل داده‌اند و یک منحنی کامل، به نام حلقه انیشتین تشکیل داده‌اند. ب) مدلی از توزیع ماده تاریک که در دو ناحیه متمرکز شده است (در A۲۲۱۸ نشان می‌دهد که در دو ناحیه متمرکز شده است) توزیع حاصل از کهکشان‌های حلقوی در پس زمینه نشان داده شده است.

در ۲۰ سال گذشته عدسی گرانشی کیهانی بسیار خوب درک شده و خیلی خوب این پدیده مورد مطالعه قرار گرفته است. در کهکشان ما ستاره‌ها برای ستاره‌های دیگر یا برای هر جسم فشرده دیگر در راه شیری مانند عدسی عمل می‌کنند. در مقیاس بزرگ‌تر کهکشان‌ها برای کهکشان‌های دیگر و اجسام شبه ستاره دور و بسیار نورانی مانند عدسی عمل می‌کنند و هنوز هم در مقیاس‌های خیلی بزرگ‌تر کهکشان‌های پس زمینه برای خوشه‌های کهکشانی دیگر مانند عدسی هستند.

در طول ده سال گذشته تلسکوپ فضایی هابل تصاویر بسیار واضحی توسط عدسی گرانشی، از قبیل تصاویری از خوشه کهکشانی آبل ۲۲۱۸ ارائه داده است. تصاویر، بد شکل شده از کهکشان‌های پس زمینه دور دست به دست ما رسیده است این طور به نظر می‌رسد که مانند این است که یک توپ شیشه‌ای در جلوی آنها قرار گرفته است. کمان کامل نزدیک‌تر را حلقه اینشتین می‌نامند. برای لنزهای متقارن، یک شی که مستقیما پشت لنز قرار دارد می‌تواند در یک دایره کامل متمرکز شود و بعضی از تصاویر در A۲۲۱۸ چندان از این ایده آل دور نیستند.

شکل قبل همچنین نشان دهنده مدلی از اثرات عدسی‌های روی تصاویر پس زمینه است. همان طور که می‌توانیم قدرت یک عدسی چشمی را از مقدار تغییر شکل تصویر پشت آن بفهمیم همین کار را هم می‌توانیم در مورد عدسی گرانشی انجام دهیم. در این مورد، قدرت عدسی توسط چگالی سطحی جرم خوشه کهکشانی معلوم می‌شود که در طول خط دید مستقیم منعکس می‌شود. اهمیت شکل هنگامی روشن می‌شود که متوجه شدیم که اگر همه جرم در اجزا ستاره‌ای کهکشان‌ها نگهداری می‌شد، آنگاه تغییر شکل‌ها آنها فقط در اطراف مراکز خوشه‌های کهکشانی منفرد مشاهده می گردید. این حقیقت که تغییر شکل در بعضی فواصل بسیار دور از مرکز خوشه به شکل یک حفره یا سوراخ پدیدار می‌شود بیان می‌کند که جرم کل خوشه، صدها برابر بزرگ تر از اجزا ستاره‌ای کهکشان‌های دنباله‌دار است. این شاید مهم‌ترین نمایش تصویری از مسئله ماده تاریک باشد.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

شواهد موبوط به ماده تاریک

ماده تاریک ۹۰ بار سنگین‌تر از ماده مرئی است. مقداری از ماده تاریک گونه ماندگار ماده است که آشکارسازی آن همانند آشکارسازی ستارگان در حال مرگ، سیارات، کوتوله‌های قهوه‌ای و غیره، برای ما ساده نیست. ماده تاریک از موادی ساخته شده است که از اتم‌ها یا سایر قسمت‌های تشکیل دهنده آنها به وجود نیامده است. این ماده ناشناخته تقریبا جرمی شش برابر ماده معمولی دارد. لیست زیر شواهد وجود ماده تاریک را خلاصه می‌کند:

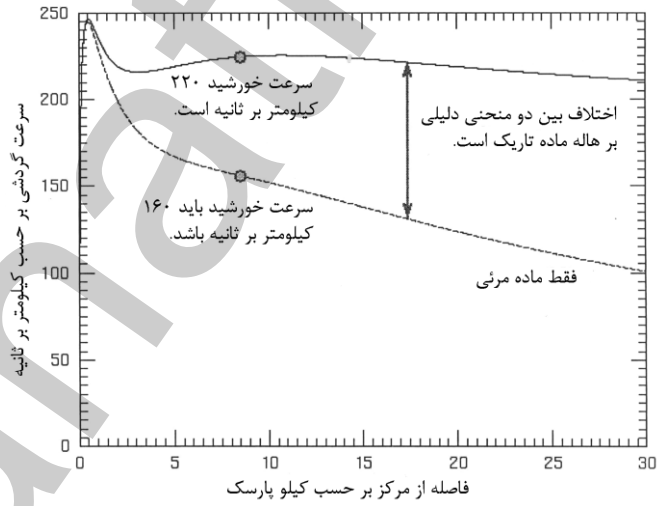
۱ - سرعت‌های مداری ستارگان در کهکشان: انحنای سطح چرخش مارپیچی‌ها با آنکه وقتی از مرکز کهکشان دور می‌شویم، مقدار ماده تولید کننده نور کم می‌شود اما انحنای سطح چرخش مارپیچی افزایش می‌یابد. به یاد داشته باشید که:

G/ (اندازه مدار)*(سرعت مداری)^2 = جرم احاطه شده

در زیر منحنی دوران برای کهکشان راه شیری (نوعی کهکشان مارپیچی) آمده است.

همچنین سرعت‌های مداری ستارگان در کهکشان‌های بیضوی به اندازه‌ای زیاد است که توسط نیروی گرانشی مواد درخشان در کهکشان توضیح داده شود. نیروی جاذبه اضافی در کهکشان‌های بیضوی توسط ماده تاریک تامین می‌شود.

۲ - پوسته‌های گاز رقیق اطراف بیضوی‌ها: بیضوی‌ها پوسته‌های گاز رقیقی دارند که برای حفظ آنها نیازمند هاله‌های تاریک پر جرم می‌باشند. ذرات گاز بسیار سریع حرکت می‌کنند (بسیار داغ هستند) که جاذبه مواد مرئی نمی‌تواند آن را به وجود آورد. لیکن تعداد بیضوی‌ها با این پوسته‌های گازی رقیق بسیار بزرگ، زیاد است. طوری که نمی‌توان این پدیده را یک ویژگی موقت بیضوی‌ها در نظر گرفت. هاله‌های تاریک باید به اندازه ۳۰۰ هزار سال نوری در اطراف هر کهکشان گسترده شوند. وسیع شدن این ماده تاریک، Ω را تا حدود ۰/۲ بالا می‌برد. اگر هاله‌ها از آنچه فکر می‌کردیم بزرگ‌تر شوند Ω به ۱ نزدیک می‌شود. (یعنی جهان صاف و هموار می‌شود).



جاذبه ماده مرئی در کهکشان برای توجیه سرعت مداری بالای ستارگان در کهکشان کافی نیست. برای مثال خورشید بسیار سریع با سرعت ۶۰ کیلومتر بر ثانیه حرکت می‌کند قسمت منحنی گردش به وجود آمده توسط ماده مرئی فقط منحنی زیرین است اختلاف بین دو منحنی گواهی بر هاله ماده تاریک است.

۳ - حرکت کهکشان‌ها در یک خوشه: اعضای خوشه کهکشانی باید بسیار تندتر حرکت کنند تا در قید گرانش باشند، مگر اینکه جرم نامرئی وجود داشته باشد. فرضیه معقول این است که ماده تاریک زمان ویژه زندگی نمی‌کنیم. پس

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

کهکشان‌های موجود در خوشه باید به هم نزدیک باشند. سرعت‌های زیاد کهکشان‌ها در خوشه ها توسط نیروی گرانشی بیشتری نسبت به آنچه بتوان با گرانش مواد مرئی در کهکشان توجیه کرد، به وجود آمده‌اند.

۴ - گاز گرم موجود در خوشه‌ها: برای مقید نگهداشتن گاز به خوشه، به مقداری جرم نامرئی نیاز است.

۵ - طیف کوازار: خطوط جذب شده از ئیدروژن در طیف کوازار بیان می‌کند که ماده زیادی بین ما و کوازارها وجود دارد.

۶ - عکس برداری گرانشی: عکسبرداری گرانشی نور از کهکشان‌های دور و کوازارها، توسط کهکشان‌های نزدیک‌تر یا خوشه‌های کهکشانی، ما را قادر می‌سازد که مقدار جرم موجود در کهکشان نزدیک‌تر یا خوشه کهکشانی را از روی مقدار خمیدگی نور حساب کنیم. جرم محاسبه شده بیشتر از مقدار جرم موجود در ماده مرئی است.

۷ - ماده تاریک تفکیکی از ماده معمولی: برخورد خوشه کهکشانی ۵۶ – ۱E۰۶۵۷ که کهکشان گلوله نامیده می‌شود با خوشه کهکشانی دیگر تفکیک واضحی از ماده معمولی از ماده تاریک بوجود آورده است. ماده معمولی یک خوشه هنگامی که با گاز خوشه دیگر فعل و انفعال دارد. توسط نیروی کاهده کاهش می یابد. (ماده معمولی فعل و انفعال دارد). ماده تاریک توسط این اثر کاهش نمی‌یابد. زیرا این ماده فقط در مقابل گرانش عکس‌العمل نشان می‌دهد و هیچ تاثیری از فشار گاز نمی‌گیرد.

محاسبات اخیر جرم کلی جهان (ماده مرئی و ماده تاریک) بیان می‌کند که فقط ۲۶ درصد از ماده لازم برای توقف انبساط وجود دارد و ما در یک جهان باز زندگی می‌کنیم. منجمان و فیزیکدانان در حال بررسی این امکان هستند که شاید یک شکل از انرژی اضافی که هیچ ربطی به ماده معمولی یا تاریک، که انرژی تاریک نامیده می‌شود، وجود دارد و تا حد زیادی بر روی سرنوشت جهان اثر می‌گذارد.

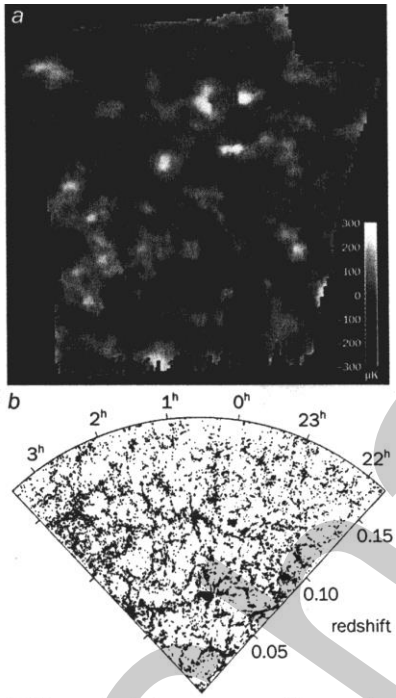
نقش مواد تاریک سرد در تشکیل کهکشان

عقیده به وجود ماده تاریک در محور ستاره‌شناسی مدرن در ۲۰ سال گذشته قرار گرفته است. دلیل اصلی برای تشکیل ساختار (ساختارهایی از قبیل کهکشان‌ها؛ ستاره‌ها و سیارات) یک ناپایداری گرانشی که از تغییرات تصادفی در چگالی جهان اولیه است ناشی شده است می باشد. به نظر می رسد که این تغییرات آغازین در چگالی، از عدم قطعیت کوانتوم در زمان انفجار بزرگ سرچشمه گرفته است. نظریه گرانش که نقش عمده‌ای در تشکیل کهکشان‌ها دارد به محاسبات انجام گرفته در سال ۱۹۴۵ لیف شیتز در انستیتو مسائل فیزیک مسکو، باز می‌گردد. او نشان داد که در یک جهان رو به گسترش تغییرات جزئی چگالی رو به افزایش است. نواحی متراکم شونده بزرگ‌تر می‌شوند در حالی که نواحی که متراکم نیستند رو به کاهش هستند؛ آنها فرو می‌ریزند و در گسترش نجومی از بین می‌روند و ساختاری پایدار تشکیل می‌دهند که خود دارای گرانش است. این تصور زیبا به دو صورت در سال ۱۹۷۰ کامل شد، یکی توسط یاکوف زلکویچ در موسسه مسائل فیزیک مسکو و دیگری توسط جیم پیب لس از دانشکده پرینستون در ایالات متحده.

مفاهیم حاصل از هر دو دیدگاه به شکل خلاصه ای در یک تصویر منفرد متحد شده‌اند که شکل گیری ساختار را نشان می‌دهد. در این نظریه اجسام به مقیاس‌های کوچک تجزیه می‌شوند و به تدریج تبدیل به ساختارهای بزرگ‌تر می‌شوند. در هر مقیاس ماده ابتدا به دیواره‌ها برخورد می‌کند آنگاه به صورت رشته‌هایی نازک به دیوارها متصل می‌شود آنگاه رشته‌ها تبدیل به هاله‌های نوری می‌شوند. در یکی از مقیاس‌ها این هاله‌ها جایگاه‌هایی هستند که کهکشان‌ها در آنها تشکیل می‌شوند در حالی که در یک مقیاس بزرگ‌تر این هاله‌ها رشد می‌کنند و تبدیل به خوشه‌های کهکشانی می‌شوند. این تصویر ساده از شرایط اولیه و آغازین منجر به ساختار محکمی می‌شود که به شدت تحت تاثیر گرانش قرار دارد. در سال ۱۹۹۲ ماهواره COBE تغییرات اولیه چگالی را در تشعشع ریزموج زمینه کیهانی به شکل تغییرات جزئی حرارتی ردیابی کرد. این تغییرات هنگامی که جهان فقط ۳۰۰ هزار سال عمر داشته است.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

اندازه مناسبی دارد. به طوری که تحت گرانش رشد می کند و تبدیل به ساختارهایی می‌شود که مـا امـروزه شـاهد آن هستیم.



نوسان در درجه حرارت تشعشع ریزموج‌های زمینه کیهانی که توسط بالن ماکسیما اندازه‌گیری شده اسـت. ایـن نوسـانات نشانه تغییرات چگالی جهان در زمانی است که ۳۰۰ هزار سال عمر داشته است. آزمایشات ماکسیما و بومرنگ برای نقشـه برداری از این زمینه آغاز شد اما این عکس برداری قسمت کوچکی از آسمان را تحت پوشش قرار مـی‌داد. ب) قسـمتی از برآوردهای انتقال سرخ 2dF انگلیسی - استرالیایی را کـه کهکشـان‌های ۱۶۴۱۹ خـارج از کلیـت ۱۴۰ هزارتـایی نشـان می‌دهد، به تصویر کشیده است. تصور می‌شود ساختاری کـه در توزیـع کهکشـانی دیـده می‌شـود از بزرگنمـایی گرانشـی نوسانات برخاسته است. نور حاصل از کهکشان‌ها در این قطعه چهار درجه‌ای از آسمان، مسافتی حدود ۲۲۸۰ سال نوری را طی می‌کند و طول موج آن بلندتر می‌شود. بزرگ‌ترین انتقال سرخ نشان داده شده در اینجا مربـوط بـه زمـانی اسـت کـه جهان ۸۷ درصد سن کنونی خود را داشته است.

سال‌های گذشته دو آزمایش توسط بـالن انجـام شـد کـه درسـتی ایـن ادعـا را بیشـتر ثابـت کردنـد. عـلاوه بـر ایـن اندازه‌گیری‌های دقیق از تغییرات حرارتی را می‌توان به کار برد تا مشخصه‌های جهان اولیه را با دقت بسیار زیـاد نشـان دهد. این دوره آزمون با پرتاب ماهواره MAP توسط ناسا در اواخر همان سال ادامه یافت. مـاهواره پلانـک هـم توسـط آژانس فضایی اروپا در سال ۲۰۰۷ به فضا پرتاب شد. هر دو این ماهواره‌ها انقلاب بزرگـی در تمـام نقشـه‌های آسـمانی ایجاد کردند. تکامل حاصل در ساختارها بستگی به خواص فیزیکی ماده تاریک دارد. تغییرات زیادی در تصاویر مربـوط به ماده تاریک مشاهده می‌شود اما موفق‌ترین آنها مدل ماده تاریک سرد است (CDM) ایـن عبـارت تـولین بـار دیـک بوند، از انستیتوی کانادایی فیزیک تورنتو، به کار رفت.

CDM در دهه ۱۹۸۰ به دنبال اتحاد اخترشناسی و فیزیک ذره‌ای به بار نشست. این مدل ابتدا در سال ۱۹۸۲ توسـط پیب لس ارائه شد او عقیده داشت که ساختارها از کوچک‌ترین اجسام تشکیل می‌شوند و بـه تـدریج بـزرگ می‌شـوند. مدل CDM بر این فرض نهاده شده است که ماده تاریک از ذراتـی تشـکیل شـده اسـت کـه حرکـت گرمـایی ندارنـد بنابراین برخوردهای گرانشی در مقیاس‌های کوچک رخ می‌دهند. هیچ ذره‌ای تاکنون با چنین خواصی شـناخته نشـده است، بنابراین اخترشناسان به سمت فیزیک نوین روی آوردند که مافوق مدل استاندارد فیزیک ذره‌ای اسـت. ذراتـی از

sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

همه بیشتر مورد علاقه ستاره‌شناسان هستند که با ذرات سنگین واکنش متقابل نشان دهند یا ذرات ضعیف و بی مصرف که اسمشان WIMP است. سرگروه این ذرات نوترینو نام دارد که توسط تئوری فوق قرینه پیش بینی شده است. آزمایشات زیادی انجام شده تا مستقیم WIMPهای کیهانی را در آزمایشگاه ردیابی کند. اما مستقیم‌ترین و مستدل‌ترین مدرک برای طبیعت ماده تاریک اخیرا از مشاهدات ساختارهای بزرگ مقیاس از جهان حاصل شده است.

انرژی تاریک در عالم

ممکن است تا به حال قیاس صفحه لاستیکی را برای فضا زمان شنیده باشید و اثری که جرم و گرانش روی آن دارند. تصور کنید که یک توپ بولینگ را روی صفحه لاستیکی قرار می‌دهید. توپ، صفحه را به سمت پائین خم می‌کند در نتیجه یک توپ پینگ پنگ در حال غلتیدن نزدیک آن منحرف خواهد شد. اگر توپ بولینگ دیگری را در جایی دیگر قرار دهید، فرو رفتگی خودش را می‌سازد و مایل است به سمت توپ بولینگ اول بغلتد. این شیوه‌ای است که انیشتین در مورد گرانش فکر می‌کرد.

اکنون دوباره در مورد صفحه پلاستیکی فکر کنید و فرض کنید که چیزی آن صفحه را به بالا هل می‌دهد. اکنون توپ‌های بولینگ دور از یکدیگر خواهند غلتید. این خلاصه انرژی تاریک است. این گونه تصور می‌شود که میدان انرژی، اجرام را از هم دور می‌کند و موجب می‌شود که جهان سریع تر گسترش یابد. این هل دادن بسیار کوچک است. بنابراین هرگز در زندگی روزمره خود در منظومه شمسی یا حتی در کهکشانمان متوجه آن نخواهید شد، ولی در مقیاس جهانی مهم است. محققین حدس می‌زنند (از ابرنواخترهای دور و تابش زمینه) که ممکن است جهان با شتاب منفی (کندتر شدن) در حال گسترش باشد. بنابراین آنها انرژی تاریک را جدی گرفته‌اند. این ایده برای اولین بار در ثابت کیهانی آلبرت اینشتین مطرح شد.

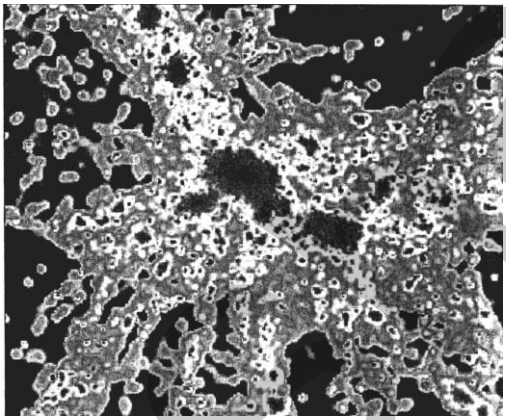
چرا به عدسی گرانشی نیاز داریم؟

از نظر تاریخی مهم‌ترین منبع اطلاعاتی درباره توزیع اجسام بسیار بزرگ در جهان از برآوردهای آماری انتقال سرخ کهکشانی است. بزرگ‌ترین برآورد آماری زمانی، آمار انتقال سرخ کهکشانی حوزه ۲ درجه انگلیسی - استرالیایی است که نور ساطع شده از بیش از ۱۴۰ هزار کهکشان دور دست را اندازه می‌گیرد. مثل اینکه این انتقال سرخ در طول موج‌های بلند در سر راهش به زمین اتفاق افتاده است. از نظر کمی، ساختار دیده شده در این آمار نشان دهنده و مرزهای کهکشان‌ها رشته‌های نور و خوشه‌هایی است که از برخوردهای گرانشی ناشی شده‌اند. از نظر کیفی اندازه ساختارها در مقیاسی متفاوت، با تئوری CDM مطابقت دارد. تعداد زیادی از مدل‌های دیگر ماده تاریک برای تولید نتایج مجدد تشعشع ریزموج زمینه کیهانی شکست خورده‌اند. همچنین در مورد آمارهای انتقال سرخ کهکشانی نیز این نتایج با شکست مواجه شده است. اما مدل ماده تاریک سرد در این مورد جوابگو بوده است. این نشان می‌دهد که ما راه را درست پیموده‌ایم. با آن که آمارهای مربوط به انتقال سرخ، اطلاعات ارزشمندی در مورد توزیع در مقیاس بزرگ ماده در اختیار ما قرار می‌دهند اما محدود هستند و نمی‌توانند مستقیما به ما نشان دهند که ماده تاریک وجود دارد. به علاوه ما هنوز تئوری مناسبی در مورد شکل گیری کهکشان در دست نداریم تا ارتباط بین توزیع ماده تاریک و وجود کهکشان‌های موجود را درک کنیم. در مقیاس‌های بزرگ فهمیدن و درک همراه با تجزیه و تحلیل ما از تکامل ماده تاریک سرد به خوبی رشد کرده است. در مقیاس‌های کوچک‌تر، تکامل جزئی ماده تاریک می‌تواند هنگامی که ذرات تحت نیروی گرانش قرار می‌گیرند توسط کاربرد همسان سازی N جسمی دریافت شود.

تصویر اساسی ما از این برآوردها این است که ماده تاریک بدون اجتناب خورد می‌شود تا هسته‌های بسیار سنگین در هاله‌های آن تولید شوند. این هسته‌ها شامل زیر خوشه هایی هستند که توسط هاله‌های ماده تاریک به وجود آمده اند.

SanatiSharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

این زیر خوشه‌ها توسط گرانش خودشان حفظ می‌شوند که در حین برخورد هاله‌های بزرگ به وجود می‌آید. این گرانش توسط صفت ژنریک یا زایایی تئوری CDM خودش را نشان می‌دهد.
بوجود آمدن هسته‌هایی دارای هاله‌های با چگالی بالا هستند و زیر خوشه‌هایی که در مدل CDM قرار دارند وقتی با کهکشان‌ها مقایسه می‌شوند، سبب ایجاد تضاد می‌گردد. مراکز این هاله‌های پرچگال، در کهکشان‌های کوچک ظاهر نمی‌شوند به همین خاطر توزیع جرم را می‌توان از میزان گردش و دوران ستاره‌ها و گاز پیدا کرد. راه شیری در حدود یک دوجین توده دارد مثلا، ابرهای ماژلانی. در مدل CDM وجود بیش از ۱۰۰۰ تا از این کهکشان‌های کوتوله ثابت شده است. این توده‌های کم جرم که درون هاله کهکشانی قرار دارند، نمی‌توانند ستاره‌ها را تشکیل دهند و توسط تلسکوپ‌ها هم ردیابی نمی‌شوند. چون فرآیند شکل‌گیری ستاره یکی از ابهامات دانش فیزیک فضایی است. نمی‌توان به راحتی تصمیم گرفت کدام یک از این موارد صحیح است.



نتیجه حاصل از توزیع ماده تاریک در یک خوشه کهکشانی که هاله ماده تاریک را یکسری از رشته‌های گسترده شده رو به بیرون نشان می‌دهد. این شکل بیان می‌کند که چگالی ماده‌ای در طول ۶۵ سال نوری گذشته به عقب امتداد یافته است و گستره آن ۱۶۰ میلیون سال نوری می‌باشد. به رشته‌های نوری مواد که مثل زیر خوشه‌های خرده ریز مانند درون خوشه به آن متصل هستند، توجه کنید. این آثار تشکیل اولین برخوردهای هم زمان را نشان می‌دهند در خوشه وجود داشته است.

تضاد بین تئوری و مشاهدات یک مانع اساسی بر سر راه فهمیدن چگونگی شکل گیری ساختارهاست. فرد باید بیش از اینکه به فعالیت‌های کهکشان‌ها اعتماد کند تا بفهمد ماده تاریک در کجا قرار دارد و آنها را ردیابی کند، باید از مشاهدات مستقیم پی به وجود آنها ببرد. عدسی گرانشی در چنین تحقیقاتی، به خصوص در مقیاس‌هایی با دامنه بزرگ شبیه به این، موثرتر است.

عدسی ضعیف کیهانی

عدسی گرانشی که توسط خوشه‌های کهکشانی به وجود می‌آید حالا تقریبا یک موضوع عادی به شمار می‌آید، اگرچه تعداد خوشه‌های عدسی کم است. گروه‌های خوشه که به آنها ابر خوشه می‌گویند، هنوز هم در حال شکل‌گیری هستند و از نظر تئوریکی هم به راحتی می‌توان آنها را ردیابی کرد. در اوایل سال ۱۹۹۰ نظریه‌دان‌ها شروع به مطالعه احتمال ردیابی عدسی از توزیع عمومی ماده تاریک کرده‌اند. این مطالعه با کارهای راجر بلاندفورد در موسسه تکنولوژی کالیفرنیا، آغاز شد و توسط کایزر در تورنتو ادامه یافت. در حالی که عدسی ایجاد شده توسط ستارگان، کهکشان‌ها و خوشه‌ها را می‌توان یک عدسی مدور منفرد محسوب کرد؛ عدسی در محیط توزیع ماده تاریک مطابقت بیشتری با تصاویر کهکشان پس زمینه دارد.

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

یک عدسی گرانشی را نشان می‌دهد که حاصل توزیع ماده تاریک بسیار است. چنین عدسی باعث تصاویر کهکشانی پس زمینه می‌شود و با توزیع ماده در پیش زمینه مطابقت دارد.

شکل بالا نشان دهنده تطابق توزیع ماده تاریک در مدل CDM با کهکشان‌های پس زمینه است. در نیمه دهه ۹۰ تعدادی از گروه‌ها تصمیم گرفتند عدسی را توسط ساختارهای بزرگ مقیاس اندازه بگیرند. اما در ردیابی واضح و کامل شکست خوردند. به هر حال در آوریل سال ۲۰۰۱ چهار گروه به طور جداگانه نواحی خالی موجود را که در طول آسمان پخش شده‌اند، مورد مشاهده قرار دادند. در این نواحی خوشه و ابرخوشه‌ای وجود ندارد. حتی تعداد زیادی تلسکوپ هم استفاده شد اما خوشه‌ای مشاهده نگردید. هر گروه در تحلیل اطلاعاتش دریافت که شکل کهکشان‌ها در تصاویر، تصادفی و بدون نظم نیست و در عوض ارتباط و وابستگی جزئی در سطح پیش‌بینی شده‌شان دارند. این گروه‌های متفاوت برای یک کار گروهی در انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا با هم ملاقات کردند و نتایج این ملاقات بعدها منتشر شد. اگرچه دقت اطلاعات بسیار کم است و نمی‌تواند بین مدل‌هایی که در مورد ماده تاریک با هم رقابت می‌کنند، تفاوتی قائل شود اما با اطلاعات کیهان‌شناسی در مورد تشعشع ریزموج زمینه کیهانی و آمارهای انتقال سرخ کهکشانی مطابقت دارد. به علت پیشرفت تکنولوژیک در زمینه دستگاه‌های نجومی نتایج همه گروه‌ها از دقت بالایی برخوردار بود و تفاوتی با هم نداشت. در چند سال آینده انتظار داریم پیشرفتی در اندازه‌گیری‌های عدسی در مورد توزیع ماده تاریک مشاهده کنیم. وسایل تصویر برداری نوین و کیفیت اندازه گیری‌های عدسی را ارتقا بخشیده‌اند و موجب مقایسه بین الگوی خوشه‌سازی کهکشان‌ها و ماده تاریک در نواحی بزرگ شده‌اند.

در همه مدل‌های ماده تاریک یک تغییر بین الگوهای خطی بزرگ و الگوهای غیر خطی کوچک مشاهده می‌شود. این تغییر در الگوی کهکشان‌ها دیده نمی‌شود این الگوها فقط در دامنه مقیاس‌های بزرگ مشابه خودشان می باشند. یک موفقیت و پیروزی مدل CDM ثابت می‌کند که الگوی خوشه‌سازی ماده تاریک با الگوی کهکشان‌ها متفاوت است و از الگوهای پیش بینی شده تبعیت می‌کند.

خصوصیات عدسی‌های گرانشی و کیهانی

تلسکوپ‌هایی که به طور اختصاصی به منظور عدسی گرانشی ساخته شده‌اند طوری تنظیم شده‌اند که به تصاویر ماده تاریک مسلط باشند و روی آنها هدف گیری می‌شوند. تلسکوپ VISTA متعلق به انگلستان که تا سال ۲۰۰۵ تکمیل شد، اولین تلسکوپی است که چندان توجهی به عدسی گرانشی ندارد و از این نظر ضعیف است. برنامه VISTA نقشه برداری از ماده تاریک است و با این هدف یک چهارم آسمان را نقشه برداری خواهد کرد و تصویر بزرگ و صحیحی به ما ارائه خواهد داد که از تصاویر کنونی بسیار معتبرتر خواهد بود. با توجه به اطلاعات جامع و کاملی که درباره کهکشان‌ها داریم و اینکه می‌دانیم قدمت آنها به چندین میلیارد سال قبل می‌رسد، امیدواریم که توزیع سه بعدی را از ماده تاریک دوباره سازی کنیم که می‌تواند با توزیع کهکشان‌ها در گستره پهناوری از فضا مقایسه شود. این اطلاعات

Sanatisharif.ir
مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir

عظیم کمک می کند تا یک مدل کیهانی از عالم بسازیم و اطلاعات جامع و همسانی درباره طبیعت و هویت ماده تاریک به ما ارائه می‌دهد. با تصور توزیع ماده تاریک به این صورت، امیدواریم خواص این پدیده را دریابیم و بفهمیم که ماده تاریک در فیزیک نوین ذره‌ای چه جایگاهی دارد اما عدسی بیشتری لازم است. تلسکوپ فضایی هابل ناسا نشان می‌دهد که تصاویر بسیار با کیفیتی می‌توان از فضا گرفت. این تصاویر توسط اتمسفر بد شکل نمی‌شوند و کاملا صحیح هستند. ماموریت‌های فضایی آینده قادر خواهند بود پس زمینه کهکشان را دقیقا با انتقال سرخ بالا معلوم کنند. این امر به افزایش چگالی کهشان‌های پس زمینه می‌انجامد و بنابراین نقشه‌های بسیار دقیق از ماده تاریک در اختیار ما قرار می‌دهد و کمک می‌کند که ابهامات خوشه‌های ماده تاریک و نحوه تبدیل آنها به هاله‌ها و زیر توده‌ها برای ما روشن شود.

واضح است که فضا و محیط عدسی ضعیف موجود در آن یکدیگر را تکمیل می‌کنند. فضا خود به خود نقشه توزیع ماده تاریک را در طول مناطق کوچک با دقت بالا معلوم می‌کند. بنابراین آیا بازی نجوم به پایان رسیده است؟ آیا تمام سئوالات بزرگ به زودی توسط تصاویر ماده تاریک که توسط عدسی گرانشی گرفته می‌شود پاسخ داده می‌شود. آیا به سئوالات مربوط به پس تشعشع ریزموج و آمارهای مربوط به انتقال سرخ کهکشانی پاسخ داده خواهد شد؟

به محض اینکه ما اندازه‌گیری‌های صحیح از خواص عمومی جهان بدست آوریم، آیا میزان گسترش متوسط چگالی و اجزای ماده آن معلوم خواهد شد، یا باید آنها را رها کنیم؟ چشم انداز ۵ ساله آینده چندان دلگرم کننده نیست؟ در حالی که ما موارد بسیاری راجع به ماده تاریک می‌دانیم، هنوز هویت و ماهیت خود ذرات را نمی‌دانیم. اگر می‌توانستیم ذرات آن را جدا کنیم می‌توانستیم نظریه مناسب و شایسته‌ای در مورد فیزیک ذرات بنیادی داشته باشیم. در این نظریه خوش بینانه، آخرین قسمت تئوری باید بتواند ردیابی مستقیم آزمایشگاهی از ذرات ماده تاریک انجام دهد. حتی با داشتن این امر هم هنوز هم مشکلات زیادی بر سر راه است و باید بفهمیم چرا باقیمانده ماده تاریک و جسم معمولی کاملا با هم مساوی هستند؟ و اینکه جنس ذرات ماده تاریک چیست؟

مشاهدات اخیر که به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر ابرنواخترهای دور دست قرار دارد به نظر می‌رسد که بیان کننده گسترش جهان است و نشان می‌دهد که گسترش جهان رو به افزایش است. موقعیتی که تنها در صورتی اتفاق می‌افتد که جهان پر از ذرات عمده و سنگین‌تر دیگری باشد. به این ذرات انرژی تاریک نام نهاده‌اند که مانند یک عنصر ضد گرانشی عمل می‌کند و بیشتر اثر رانشی دارد تا اثر گرانشی. گرچه که عجیب است اما تاکنون مخالفتی در در مورد اصول چنین رفتاری وجود ندارد. مشکل این است مدل‌های پدیداری برای انرژی تاریک کمترین ارتباطی به فیزیک بنیادی ندارد در حالی که مدل‌های تئوری‌وار همسان پیش بینی کننده یک مقدار متنابهی انرژی تاریک در مقایسه با مشاهدات می‌باشد. دوباره عدسی گرانشی می‌تواند کمک به تسهیل این مشکل کند، کمک به درک خواص انرژی تاریک می‌کند، کمک می‌کند بفهمیم کل انرژی چگونه در طول زمان پخش می‌شود. این به ما کمک می‌کند تا دریابیم چگونه انرژی تاریک با تصاویر ما مطابقت می‌کند. تاکنون علی رغم پیشرفت‌های حیرت انگیز سال‌های اخیر هنوز درباره کهکشان بسیار کم می‌دانیم. حتی درباره مواد هم دانسته‌های ما بسیار کم است.

منبع: دوره ۴ جلدی نجوم مقدماتی - انتشارات دانش پژوهان جوان - صمد غلامی

مجری طرح توسعه عدالت آموزشی
www.sanatisharif.ir