

نخستین درس در ستاره شناسی - بخش چهارم

درس نهم: انبساط کیهان و مهبانگ

دکتر حسین شناور



قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی



پژوهش سراهای دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) مکه



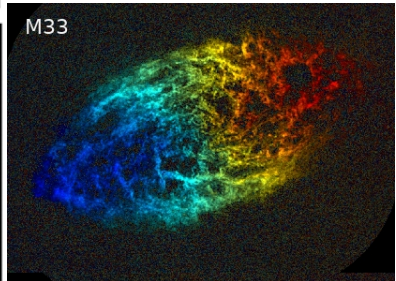
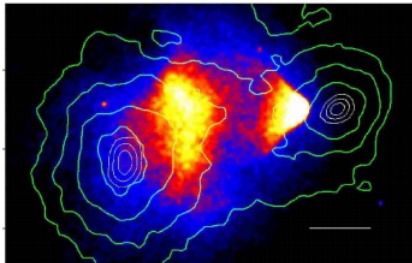
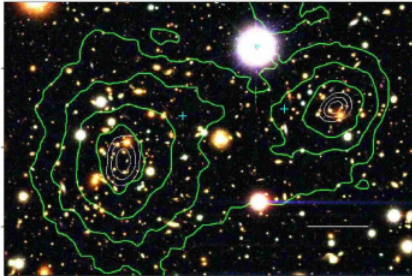
مدیریت آموزش و پرورش شهرستان گلبهار

- این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.
 - خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:
- h.shenavar@gmail.com
- از همکاران محترم در گلبهار و گلملکان، برای همفکری ها و حمایت هایشان از فعالیت های پژوهش سرای دانش آموزی گلملکان، کمال سپاسگزاری را دارم.
 - برای ضبط این درس ها از نرم افزار *Zoom* استفاده شده است.

آنچه گذشت: ماده تاریک

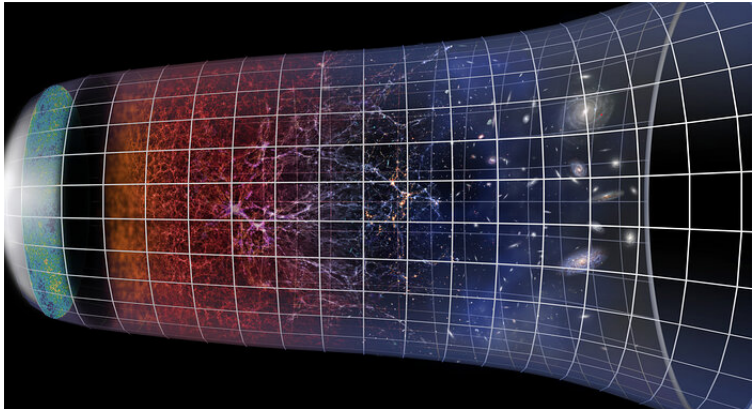
در درس قبل درباره این موضوعات بحث کردیم:

- ۱ منحنی چرخش کهکشان ها
- ۲ مساله جرم گمشده و ماده تاریک
- ۳ ماده تاریک در کهکشان ها و خوشه ها
- ۴ پایداری قرص های کهکشانی
- ۵ عدسی های گرانشی و خوشه گلوله
- ۶ نظریه های جدید گرانش
- ۷ تشکیل ساختار در کیهان



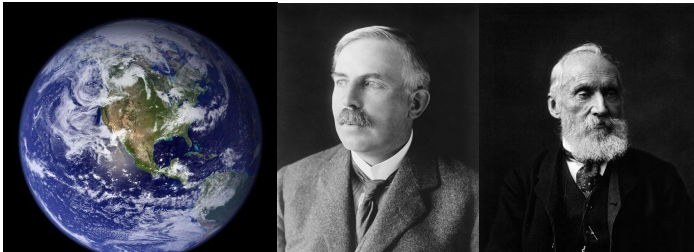
ساختار و تحول دنیا

- پرسش هایی مانند کیهان چگونه به وجود آمده است؟ ساختار کیهان چگونه است؟ درصد مواد تشکیل دهنده عالم چگونه است؟ آیا کیهان ایستاست و یا نه؟ سن کیهان چقدر است؟ و ... در صد سال اخیر ذهن فیزیک دانان و منجمین را به خود مشغول کرده است. در این جلسه درباره این پرسش ها بحث خواهیم کرد.



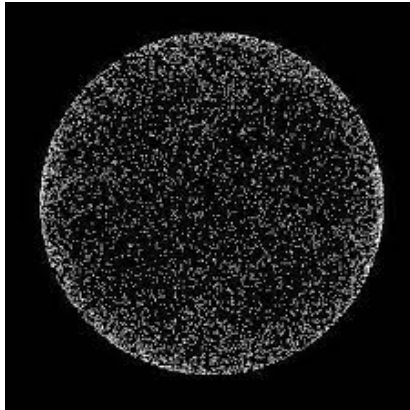
کیهان بسیار پیر است!

- پیشتر بسیاری از فلاسفه باور داشتند که عالم ازلی و ابدی است؛ یعنی همیشه بوده و همیشه هم خواهد بود! ولی در ابتدای قرن بیستم دانشمندان می دانستند که عمر کره زمین باید حداقل میلیون ها سال باشد. این نکته از بررسی های دقیق زمین شناسی، زیست شناسی و فیزیکی معلوم شده بود.
- مثلاً لرد کلوین (فیزیکدان مشهور) توضیح داده بود که اگر کره زمین در ابتدا مذاب بوده باشد، این کره حدوداً ۲۴ میلیون سال زمان نیاز خواهد داشت تا به حالت فعلی درآید. ولی با کشف پدیده های رادیواکتیو، رادرفورد نشان داد که برخی از سنگ ها حداقل ۵۰۰ میلیون سال عمر دارند.
- در حال حاضر به روش های مختلف می دانیم که زمین در حدود 4.54 ± 0.05 میلیارد سال عمر دارد. عمر کیهان طبیعتاً باید از عمر زمین، خورشید و ... بیشتر باشد.



کیهان ایستا و یا پویا؟

- همچنین، تا ابتدای قرن بیستم اکثر دانشمندان تصور می کردند که جهان ایستاست؛ یعنی جهان کم و بیش همیشه به همین صورت بوده که در حال حاضر می بینیم و در آینده هم به همین صورت باقی خواهد ماند. بنا به این مدل ستارگان به دنیا می آیند و از بین می روند، ولی شکل کلی عالم تغییر نمی کند.



مدل های استاندارد در علم

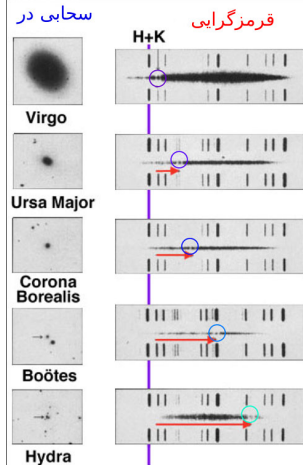


وقتی در نجوم (و علم در حالت کلی) تلاش می کنیم که مشاهدات را بفهمیم، ما آنها را درون یک طرح فیزیکی کلی قرار داده و تفسیر می کنیم. این طرح فیزیکی کلی بر اساس مطالبی که فکر می کنیم به درستی فهمیده شده اند ساخته می شود. این طرح کلی را در فیزیک معاصر "مدل استاندارد" می نامند.

بنا به گفته استیون واینبرگ، ممکن است همه و یا جزئی از مدل استاندارد اشتباه باشد. ولی اهمیت مدل استاندارد در درستی کامل آن نیست، بلکه در ارائه یک زمینه کلی برای درک و بحث درباره داده هاست. با بحث درباره داده ها در زمینه مدل استاندارد می توانیم درستی و یا نادرستی مدل، تفسیر و حتی داده ها را به مرور بفهمیم.

وقتی به درستی داده ها اطمینان داشته باشیم، ولی داده ها را نتوانیم در مدل استاندارد فعلی تفسیر کنیم، آنگاه بهتر است به دنبال مدل های جدید و بهتری بگردیم. این اتفاق قبلاً در کیهان شناسی رخ داده و ممکن است در آینده نیز رخ دهد.

کیهان ایستا نیست!



در سال ۱۹۱۲ وستو سلایفر بررسی طیفی برخی اجرام دور دست (سحابی ها) را آغاز کرد. در آن زمان هنوز منجمین نمی دانستند که کهکشان های دیگر نیز وجود دارند. او امید داشت که با این کار به چپستی و ویژگی های این اجرام پی ببرد. در سال ۱۹۱۷ او موفق شده بود ۲۵ جرم را شناسایی و به دقت رصد کند.

نتیجه به دست آمده توسط سلایفر شگفت آور بود: او فهمید که طیف اکثر این اجرام قرمزگرایی نسبتا زیادی را نشان می دهد. به عبارت دیگر، به نظر می رسید که اکثر این اجرام با سرعت زیادی (صدها کیلومتر بر ثانیه) در حال دور شدن از ما هستند! مفهوم این پدیده تا مدت ها مورد بحث بود.



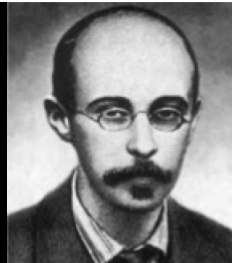
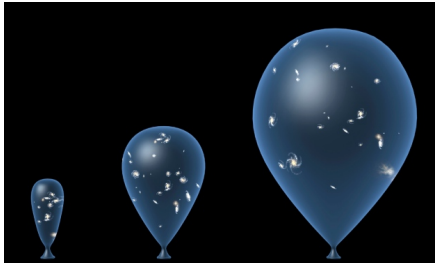
معادله اینشتین وارد می شود!

- در سال ۱۹۱۶ اینشتین نظریه گرانش خود را ارائه داده بود و پس از چند ماه اولین جواب از معادلات بسیار پیچیده او نیز به دست آمد. این جواب را که حل شوارتزچیلد می نامند، میدان گرانش در خارج یک جرم سنگین (خورشید، سیاهچاله و ...) و ایستا را توصیف می کند.

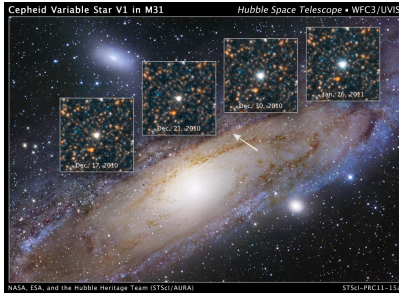
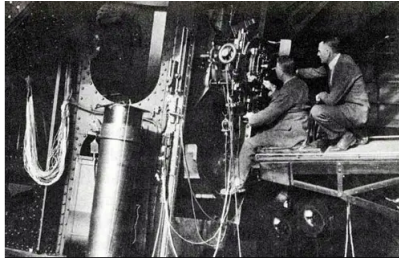


معادله اینشتین وارد می شود!

- بلافاصله پس از کشف این جواب، جستجو برای کشف جواب هایی از معادله اینشتین که با زمان تغییر می کنند آغاز شد. از لحاظ نجومی اینکار چندان منطقی نبود چون هم ستارگان و هم کیهان در آن زمان ایستا فرض می شدند.
- دو نفر به صورت تقریباً همزمان موفق به کشف چنین جواب هایی برای معادله اینشتین شدند: آلکساندر فریدمان و جورج لِمِتر. این دو فهمیدند که معادلات اینشتین شامل جواب هایی هستند که دنیاهای در حال انقباض و انبساط را توصیف می کنند. جالب اینجاست که اینشتین تا مدتی این جواب ها را قبول نداشت!
- با استفاده از داده های سلایفر، لِمِتر نشان داد که جهان واقعا در حال انبساط است، بنابراین به نظر می رسد که کهکشان ها در حال دور شدن از ما هستند.



منجمین وارد می شوند!



همزمان، منجمینی که تلاش می کردند فاصله تا برخی سحابی های آسمان را تعیین کنند، فهمیدند که اینها در واقع کهکشان هایی مجزا در آسمان اند. در سال ۱۹۲۵ ادوین هابل و میلتون هامسون سحابی $M31$ (آندرومدا) را با بزرگترین تلسکوپ موجود آن زمان (تلسکوپ ۲/۵ متری هوکر در رصدخانه کوه ویلسون) رصد کردند. آنها در این رصد، چندین ستاره متغیر قیفاوسی را یافته و با تعیین دوره و درخشندگی شان توانستند فاصله آندرومدا را تعیین کنند.

این دو منجم فاصله $M31$ را به این روش به مقدار ۹۰۰ هزار سال نوری تعیین کردند (مقدار جدید: ۲/۵ میلیون سال نوری). این مقدار از بزرگترین تخمین های ابعاد کهکشان راه شیری نیز بزرگتر بود. آنها همچنین تجمع ستارگان را نیز نشان دادند. بنابراین معلوم شد که سحابی آندرومدا در واقع کهکشان آندرومداست.

منجمین وارد می شوند!

- این دو همچنین برخی اجرام مشاهده شده توسط سلايفر را رصد کرده و فاصله آنها را تعیین کردند.
- در این بررسی آنها متوجه مهم ترین کشف کیهان شناسی در قرن گذشته شدند:
- قانون هابل: هرچه قدر کهکشان ها از ما فاصله بیشتری داشته باشند، با سرعت بیشتری از ما دور می شوند، یعنی فاصله متناسب است با سرعت و یا $v = H_0 \cdot d$. کمیت H_0 را ثابت هابل می نامند.

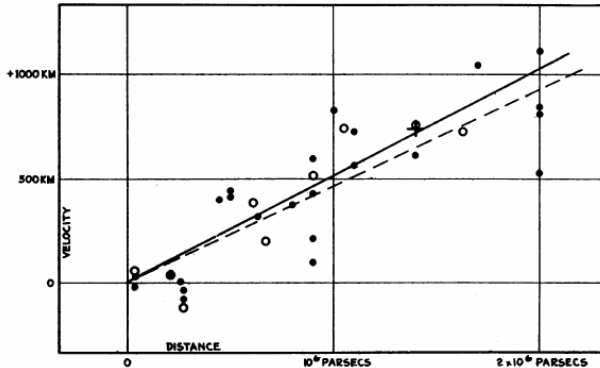


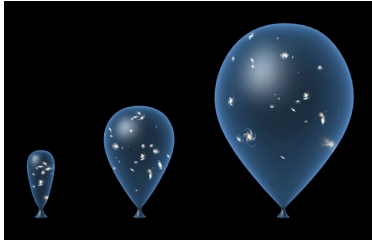
FIGURE 1

کیهان در حال بزرگ شدن است!

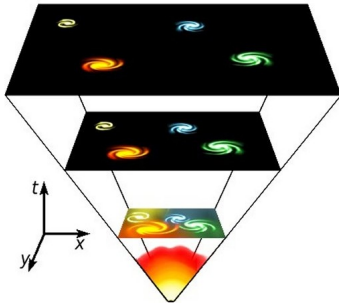
- در حالی که برخی کهکشان‌های نزدیک مانند آندرومدا در اثر نیروی گرانش در حال نزدیک شدن به ما هستند، حالا با اطمینان می‌دانیم که همه کهکشان‌های دور دست در حال دور شدن از ما هستند. این پدیده ناشی از بزرگ شدن کیهان است که آن را انبساط کیهان می‌نامند.
- مطالعات هابل و دیگر منجمان در این زمینه بالاخره اینشتین را متقاعد کرد که کیهان ایستا نیست بلکه پویاست و در حال انبساط است.



معنی انبساط کیهان



معنی انبساط کیهان چیست؟ برخی تصور می کنند که مواد عالم به دلیل یک انفجار بزرگ (مهبانگ، بخش بعد را ببینید) در حال فاصله گرفتن از هم هستند. ولی باید بدانیم که هرچند درستی رخداد مهبانگ اکنون معلوم شده است، ولی می دانیم که این تفسیر از انبساط کیهان در واقع درست نیست.



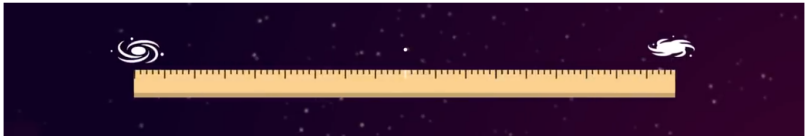
یادآوری از جلسات قبل: فضا در واقع یک ساختار دارد که شامل همه ماده و انرژی درون عالم است. نظریه اینشتین به ما می گوید که ساختار فضا می تواند تغییر کند، یعنی بزرگ و کوچک شود و یا انحنای پیدا کند.

وقتی می گوئیم کیهان انبساط پیدا می کند، منظور ما این است که خود فضا در حال انبساط است. در نتیجه این انبساط کهکشان ها هم جابه جا می شوند، یعنی کهکشان ها به همراه فضا منتقل می شوند.

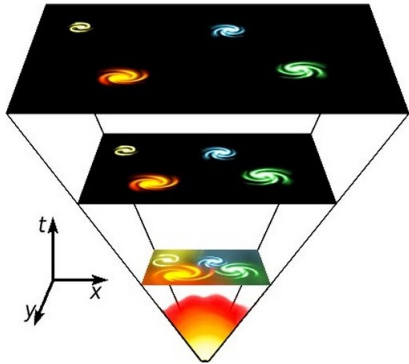
خط کش ها بزرگ می شوند!

این وضعیت شبیه به این است که خط کش های ما انبساط پیدا می کنند. وقتی خط کش انبساط پیدا می کند فاصله بین خطوط خط کش هم افزایش پیدا می کند.

مثلا وقتی طول خط کش دو برابر می شود، فاصله بین دو خط که یک میلیمتر بود، حالا دو میلیمتر است. همچنین دو نقطه ای که در فاصله ده سانتی متری از هم قرار داشتند، حالا در فاصله بیست سانتی متری هم قرار دارند. یعنی هرچقدر علامت ها فاصله بیشتری نسبت به ما داشته باشند، با سرعت بیشتری نسبت به ما جابه جا می شوند. این همان قانون هابل است که نشان دهنده انبساط فضا است.



کیهان در گذشته کوچکتر بوده است!



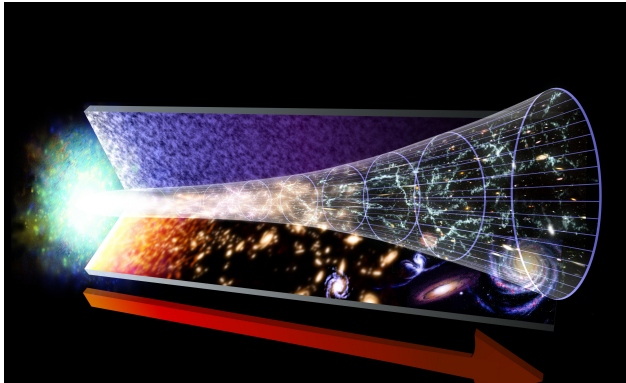
• بلافاصله بعد از کشف انبساط کیهان برای منجمانی مانند لمتر این سوال مطرح شد که کیهان در گذشته چگونه بوده است. لمتر استدلال کرد که با توجه به اینکه در حال حاضر کهکشان ها در حال دور شدن از ما هستند، در گذشته این اجرام به هم نزدیک تر بوده اند. در واقع لمتر عقیده داشت هرچقدر در گذشته کیهان بیشتر پیش رویم، همه مواد باید به هم نزدیک و نزدیک تر شوند تا اینکه در یک لحظه و یک نقطه به هم برسند.

• این ایده بسیار عجیب است و تا مدتها نیز با مقاومت دانشمندان روبرو بود! بسیار عجیب است که تصور کنیم همه مواد عالم در یک نقطه جمع شوند. ولی به نظر می رسید مشاهدات چنین تفسیری را تایید می کنند. لمتر این نقطه را "اتم اولیه" و یا "دانه کیهانی" می نامید.

• فیلم شماره ۱ را ببینید.

کیهان بسیار داغ اولیه

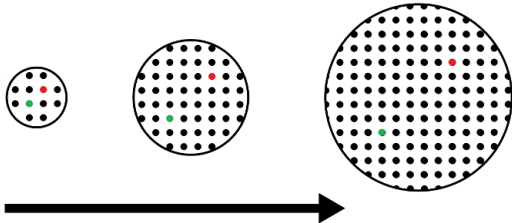
- وقتی همه مواد عالم در یک نقطه متراکم شوند، آن نقطه بسیار داغ خواهد بود. آنگاه، به دلیلی، کیهان شروع به انبساط کرده است و پس از آن فرایند سرد شدن را ادامه داده است.
- چنین پدیده ای شبیه به یک انفجار (*bang*) به نظر می رسد و بسیار بزرگ نیز خواهد بود. بنابراین بیگ بنگ و یا در فارسی مهبانگ نامیده شده است. منجم مشهور، فردِ هویل، که از مخالفان نظریه بیگ بنگ بوده است، اولین بار این کلمه را به کار برده است.



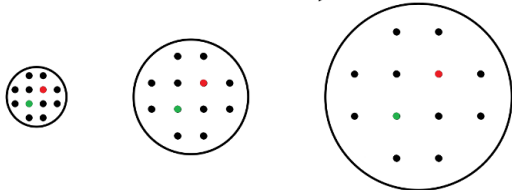
منجمین مشکوک بودند

بسیاری از منجمین نسبت به تفسیر لمتر و دیگران مشکوک بودند. مخصوصاً آقایان باندی، گلد و هوپیل به مدل دیگری معتقد بودند. در این مدل، که مدل "حالت پایدار" نامیده می شود، ماده به صورت مداوم خلق می شود (به صورتی که چگالی آن ثابت باقی می ماند) و کیهان منبسط می شود. دیگران هم مدل های دیگری پیشنهاد کردند.

مدل حالت پایدار:
ماده دائماً خلق می شود
و کیهان انبساط می یابد

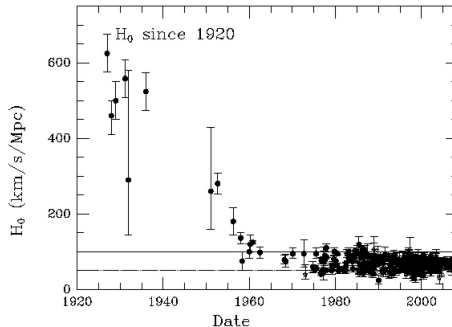


مدل مهبانگ:
کیهان انبساط می یابد
و چگالی ماده کم
می شود



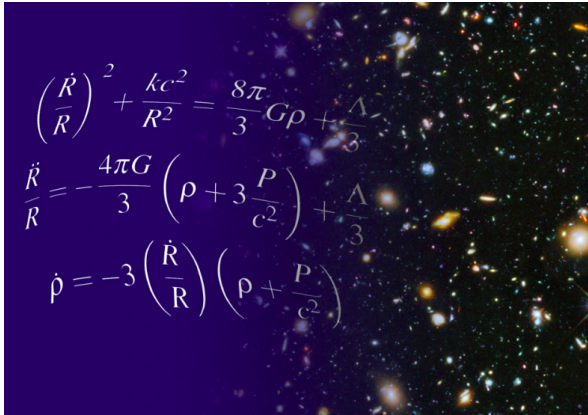
منجمین مشکوک بودند

- چرا منجمین با مدل مهبانگ مخالف بودند؟ پاسخ: زیرا مدل مهبانگ با تقریباً همه دانسته‌های آنها (مدل استاندارد کیهان‌شناسی در آن زمان) در تضاد بود!
- ولی مهمتر از آن، مدل مهبانگ سن جهان را بسیار کم پیش‌بینی می‌کرد. سن جهان در مدل مهبانگ متناسب با معکوس ثابت هابل $\frac{1}{H_0}$ به دست می‌آید. ولی در ابتدای کشف انبساط عالم داده‌ها دقیق نبودند و بنابراین مقدار این ثابت بسیار بزرگتر از مقدار درست آن تخمین زده شد. در نتیجه سن کیهان نیز بسیار کمتر برآورد شده بود به صورتی که حتی از عمر خورشید و زمین هم کمتر بود!

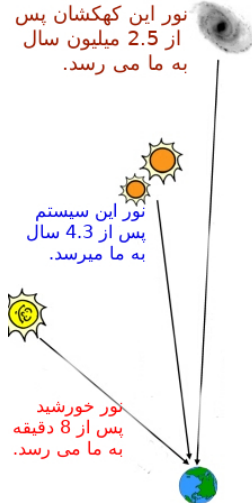


تغییر در مدل استاندارد کیهان شناسی

- فرضیه های علمی باید پیش بینی های قابل آزمونی داشته باشند تا جدی گرفته شوند. فرضیه مهبانگ هم تاکنون تعداد زیادی از این پیش بینی ها را ارائه کرده است. در این درس و درس یازدهم با تعدادی از این پیش بینی ها آشنا خواهیم شد. ولی در ابتدا باید با اندازه گیری زمان گذشته کیهانی آشنا شویم.


$$\left(\frac{\dot{R}}{R}\right)^2 + \frac{kc^2}{R^2} = \frac{8\pi}{3}G\rho + \frac{\Lambda}{3}$$
$$\frac{\ddot{R}}{R} = -\frac{4\pi G}{3}\left(\rho + 3\frac{P}{c^2}\right) + \frac{\Lambda}{3}$$
$$\dot{\rho} = -3\left(\frac{\dot{R}}{R}\right)\left(\rho + \frac{P}{c^2}\right)$$

زمان گذشته کیهانی



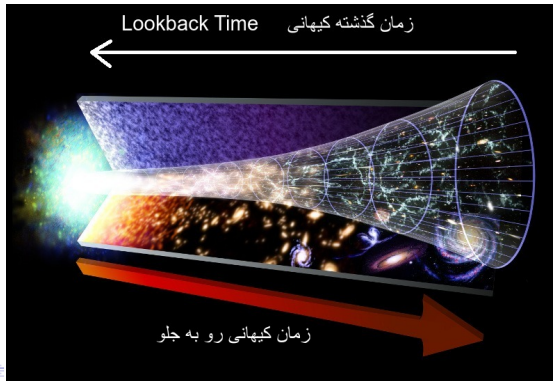
سرعت نور بسیار زیاد است، ولی این سرعت بینهایت نیست. این سرعت در حدود سیصد هزار کیلومتر بر ثانیه است! مثلاً خورشید در حدود 15° میلیون کیلومتر از ما فاصله دارد. با اندکی محاسبه می توان نشان داد که نور به هشت دقیقه زمان نیاز دارد تا از خورشید به زمین برسد. پس در واقع وقتی ما خورشید را رصد می کنیم، وضعیت آن را در هشت دقیقه پیشتر می بینیم.

همچنین نزدیکترین سیستم ستاره ای به ما ستاره آلفا قنطورس است که فاصله آن تقریباً $4/3$ سال نوری است. بنابراین وقتی این سیستم را رصد می کنیم، وضعیت آن در $4/3$ سال پیش را خواهیم دید.

و یا فاصله کهکشان آندرومدا تقریباً $2/5$ میلیون سال نوری است. بنابراین وقتی کهکشان آندرومدا را رصد می کنیم، وضعیت آن در $2/5$ میلیون سال پیش را خواهیم دید.

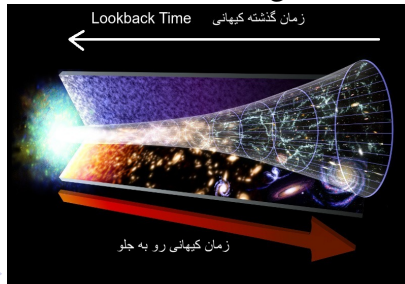
زمان گذشته کیهانی

- نتیجه می گیریم که هرچقدر جرم کیهانی در فاصله دورتری از ما قرار داشته باشد، ما آن جرم را در گذشته ای دورتر ملاحظه خواهیم کرد. این زمان را زمان گذشته کیهانی می نامند و درک آن برای فهم پدیده های عالم مهم است، زیرا
- با مشاهده اجرام بسیار دورست می توان گذشته کیهان (زمانی که کیهان جوانتر بوده است) را مطالعه کرد.



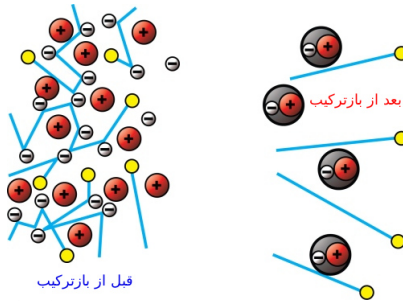
حدود مشاهده ما

- در ابتدا ممکن است تصور کنیم که با این روش می توان تا لحظه آغازین (ابتدای مهبانگ) را دید. ولی نه، مشکلی در این بین وجود دارد!
- در گذشته بسیار دور، کیهان به حدی متراکم و داغ بوده که دمای آن به حد دمای سطح ستارگان می رسیده است. در این مرحله کیهان بسیار درخشان و در عین حال کدر بوده است (چرا؟)! ولی وقتی کیهان انبساط پیدا کرده، سردتر و شفاف شده است. لحظه ای که کیهان شفاف شده است نور آزاد و در جهان پخش شده است. بنابراین این لحظه، دورترین زمانی را نشان می دهد که ما می توانیم گذشته کیهان را ملاحظه کنیم. مطالعه گذشته کیهان در زیان های دورتر با استفاده از نور مرئی ممکن نیست (هرچند با امواج گرانشی ممکن است!).



بازترکیب اتم ها و آزاد شدن نور

تا مدت ها پس از مهبانگ جهان به حدی داغ بوده که همه اتم ها به حالت یونیزه وجود داشته اند. یعنی الکترون ها از هسته ها به صورت جدا حرکت می کرده اند. در این حالت فوتون ها مرتباً به ذرات باردار برخورد کرده و نمی توانسته اند به صورت آزادانه منتشر شوند. پس از چند صد هزار سال، جهان تا حدی سرد شده و بنابراین هسته اتم های هیدروژن و هلیوم توانستند الکترون ها را جذب کرده و اتم های خنثی را تشکیل دهند. در نتیجه برخورد فوتون با ذرات باردار به شدت کاهش پیدا کرده و نور آزاد شده است. این لحظه از گذشته کیهان که اولین نور مرئی به ما رسیده را دوره بازترکیب می نامند.

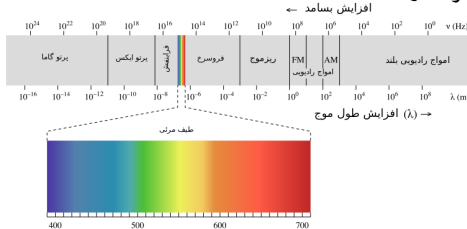


کیهان در دوره بازترکیب



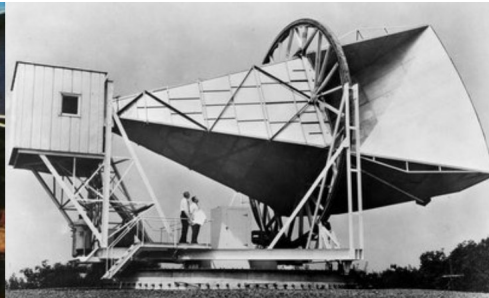
● کیهان در دوره بازترکیب چگونه بوده است؟ با حل معادلات اینشتین می توان دریافت که دوره بازترکیب در حدود چندصد هزار سال پس از مهبانگ رخ داده است. همچنین، با استفاده از ایده زمان گذشته کیهانی می توان فاصله این رخداد (و بنابراین مقدار قرمزگرایی آن) را تعیین کرد.

● دقت کنید که کیهان در آن زمان بسیار داغ بوده است (مانند سطح ستارگان)، بنابراین نوری که تابش شده یک نور مرئی بوده است. ولی این نور در اثر انبساط عالم دچار قرمزگرایی شده است. در نتیجه، در حال حاضر ما این تابش را به صورت ریزموج (microwave) مشاهده می کنیم. پیش بینی وجود این تابش یکی از مهمترین پیش بینی های مدل مهبانگ است که اولین بار توسط جورج گاموف ارائه شده است.



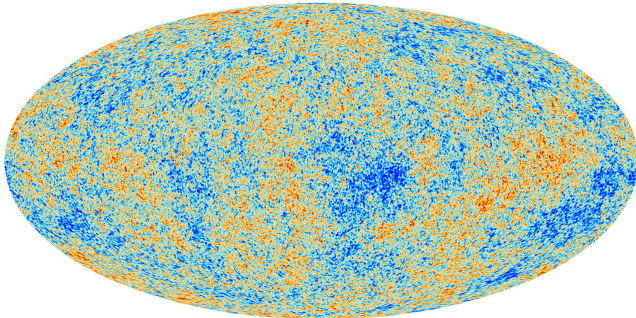
کشف تابش زمینه کیهانی

- در سال ۱۹۶۵ دو مهندس به نام های پنزیاس و ویلسون، که به دنبال کشف منابع نویز در آنتن ها بودند، به کشف مهمی دست یافتند. آنها فهمیدند که یک سیگنال به صورت مداوم در تلسکوپ رادیویی آنها وجود دارد که به نظر می رسید از همه جهات تابیده می شود. این دو نفر همه تلاش خود را برای حذف این سیگنال به کار بردند، از جمله تلسکوپ را به صورت مداوم تمیز کردند و آن را به نقاط مختلف منتقل کرده و دوباره داده گرفتند.
- پس از بررسی های دقیق و مشورت با فیزیکدانان، پنزیاس و ویلسون متوجه شدند که تابش زمینه کیهانی را به صورت اتفاقی کشف کرده اند.



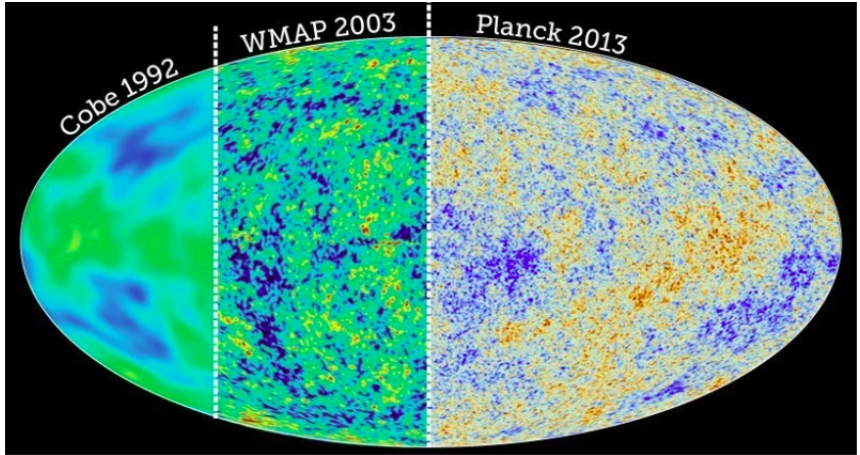
تابش زمینه کیهانی

- تابش زمینه کیهانی (*CMB : cosmic microwave background*) در واقع تابش اولین نور از کره آتشین عالم اولیه است. دمای کیهان در آن زمان تقریباً ۳۰۰۰ درجه کلوین بوده است در حالی که دمای کنونی (مشاهده شده) این تابش حدوداً ۲/۷ کلوین است.
- با بررسی افت و خیز دما در تابش زمینه کیهانی می توان اطلاعات بسیار ارزشمندی درباره گذشته کیهان به دست آورد. بنابراین در چند دهه اخیر تلاش های بسیاری برای بررسی دمای این تابش زمینه انجام شده است. نتیجه این تصویر بسیار مهم است.



بهبود مشاهدات تابش زمینه کیهانی

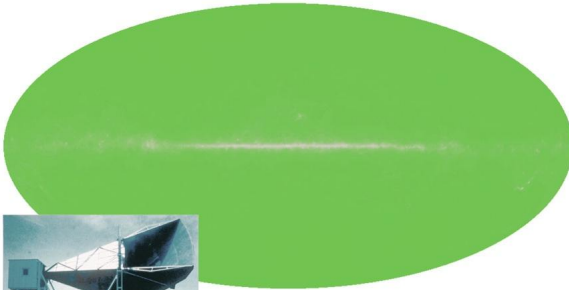
در تصویر زیر بهبود مشاهدات مربوط به تابش زمینه کیهانی در سه دهه اخیر را ملاحظه می کنید.



تابش زمینه کیهانی و برفک تلویزیون



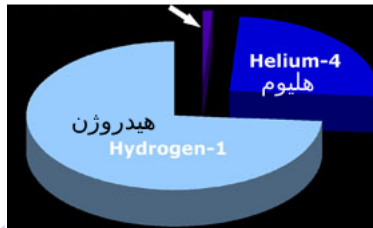
• تابش زمینه ای که پنزیاس و ویلسون مشاهده کردند تقریباً چنین چیزی بوده است (شکل زیر). این تابش مسئول حدوداً یک درصد از برفک تلویزیون است! یعنی شما وقتی این برفک را تماشا می کنید، در واقع مشغول تماشای آثار مهبانگ هستید.



عناصر موجود در کیهان

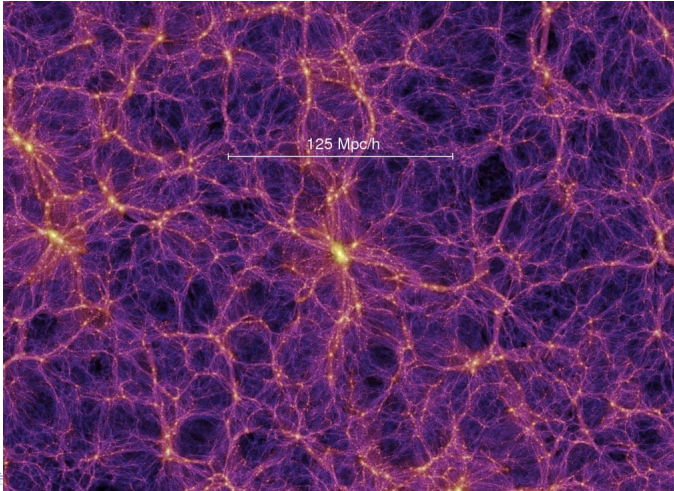
- دمای کیهان قبل از دوره بازترکیب حتی بیشتر از سطح ستارگان بوده است. در واقع کیهان در ابتدا آنچنان داغ بوده است که فقط ذرات بنیادی می توانسته اند وجود داشته باشند.
- آنگاه با انبساط کیهان، ذرات بنیادی با هم ترکیب شده و هسته اتم های سبک (هیدروژن و هلیوم) را تشکیل داده اند. مدل مهبانگ نسبت تعداد این هسته ها را پیش بینی می کند: به ازای هر سه هسته اتم هیدروژن (پروتون) باید یک هسته اتم هلیوم (دو پروتون و دو نوترون) وجود داشته باشد. این پیش بینی با مشاهدات رصدی ما در توافق بسیار خوبی است. سهم همه عناصر دیگر در کیهان اولیه در حدود یک درصد بوده است!
- پرسش: پس عناصر دیگر چطور به وجود آمده اند؟

سهم عناصر سنگین تر



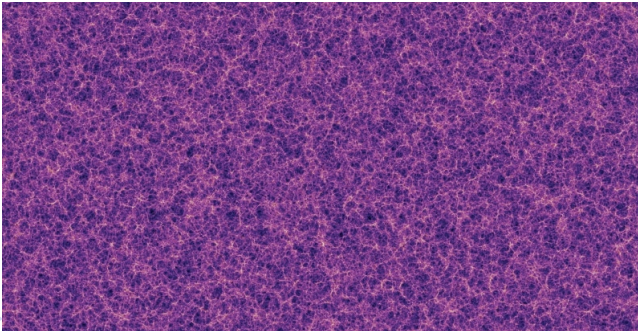
تشکیل ساختار

- مدل استاندارد کیهان شناسی در حال حاضر می تواند شکل و اندازه ساختارها در کیهان را نیز به درستی توضیح دهد.



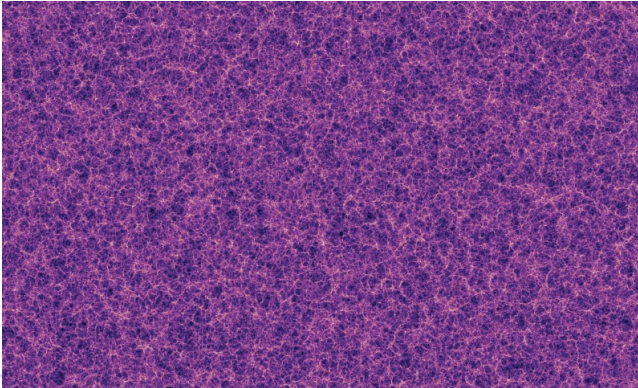
جهان همگن و همسانگرد

- یکی از فرضیات مدل استاندارد کیهان شناسی این است که کیهان در همه جهت ها یکسان است. این ویژگی را خاصیت همسانگردی عالم می نامیم.
- فرض دیگر این است که از نقاط دیگر نیز کیهان به همین شکل دیده می شود. این ویژگی را نیز خاصیت همگنی عالم می نامیم.
- ویژگی های همگنی و همسانگردی در ابتدا به عنوان فرض های ساده کننده برای حل معادلات اینشتین به کار برده شدند. ولی اکنون می دانیم که این دو ویژگی تا حد بسیار خوبی در ابعاد بزرگ کیهان (بزرگتر از یک میلیارد سال نوری) برقرار هستند.



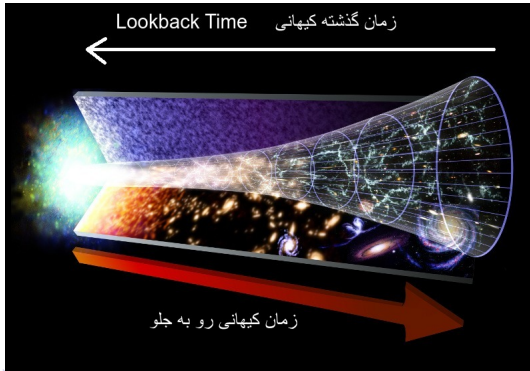
باز هم انبساط کیهان!

- انبساط کیهان در همه نقاط عالم به صورت یکسانی دیده خواهد شد. یعنی مهم نیست که ناظر در کجا قرار داشته باشد، از نظر این ناظر همه کهکشان های دوردست در حال دور شدن از او هستند. در نتیجه کیهان هیچگونه نقطه مرکزی ندارد.
- از اینجا نتیجه می گیریم که مهبانگ از یک نقطه مشخص شروع نشده است، یعنی مهبانگ انفجار یک نقطه مشخص و مواد موجود در آن نبوده بلکه در واقع انفجار خود فضا بوده است.



سن کیهان

- البته فراموش نکنیم که کیهان یک مبدا زمانی داشته است. سن کیهان را می توان با محاسبه کل زمان گذشته کیهانی به اندازه تقریباً $13\frac{7}{10}$ میلیارد سال به دست آورد (تقریباً سه برابر سن زمین).
- مدل استاندارد کیهان شناسی پیش بینی های بسیار مهم دیگری نیز دارد (و البته برخی چالش ها) که در جلسات آینده درباره آنها صحبت خواهیم کرد.



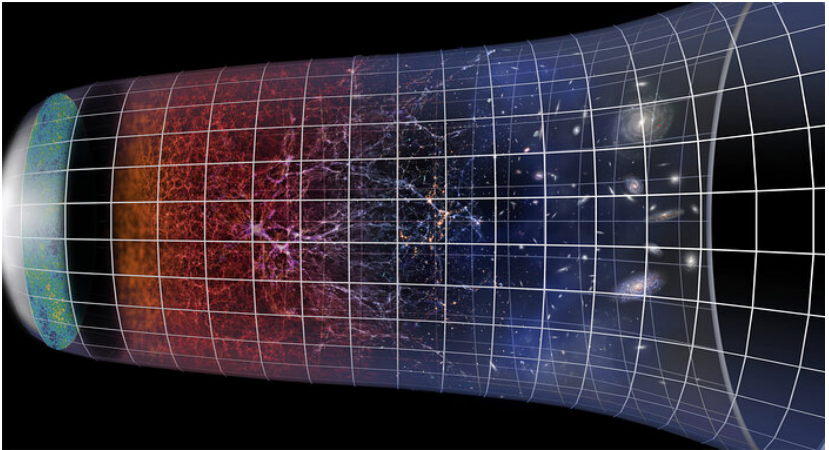
نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید خلاصه ای از مفاهیم انبساط کیهان و مهبانگ را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گوید:

- ۱ پژوهش: تحقیق کنید که چرا فلاسفه به ازل و ابدی بودن جهان اعتقاد داشته اند.
 - ۲ پژوهش: درباره تاثیر تحقیقات زیست شناسان و زمین شناسان بر تعیین سن زمین تحقیق کنید.
 - ۳ منظور از مدل استاندارد در علم چیست؟
 - ۴ مهم ترین شاهد ایستا نبودن کیهان چیست؟
 - ۵ پژوهش: درباره معادلات فریدمان تحقیق کنید.
 - ۶ فریدمان و لمتر چطور به پویا بودن کیهان پی بردند؟ منجمین چطور به انبساط عالم پی بردند؟
 - ۷ قانون هابل را بیان کنید.
 - ۸ معنی انبساط کیهان چیست؟
 - ۹ چطور از انبساط عالم می توان نتیجه گرفت که جهان در گذشته بسیار داغ بوده است؟
 - ۱۰ منظور از مدل حالت پایدار کیهان چیست؟
 - ۱۱ اصلی ترین دلیل مخالفت منجمین با مدل مهبانگ چه بود؟
 - ۱۲ مهمترین پیش بینی های مدل مهبانگ را نام ببرید.
 - ۱۳ منظور از زمان گذشته کیهانی چیست؟
 - ۱۴ ما با نور مرئی تا چه زمانی در گذشته کیهان را می توانیم مطالعه کنیم؟
 - ۱۵ منظور از دوره بازترکیب چیست؟
 - ۱۶ منظور از تابش زمینه کیهانی چیست؟ این تابش چگونه به وجود آمده و چگونه کشف شده است؟
 - ۱۷ بیشترین عناصر موجود در کیهان کدامند؟ درصد فراوانی آنها چگونه است؟
 - ۱۸ منظور از جهان همگن و همسانگرد چیست؟ چرا می گوییم مهبانگ از یک نقطه مشخص آغاز نشده است؟
 - ۱۹ سن کیهان چقدر است؟
- اگر درباره هر کدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، می توانید درس را یک بار دیگر مرور کنید.

مبحث بعدی: انرژی تاریک

در جلسه بعد درباره انرژی تاریک و اثرات آن صحبت خواهیم کرد. چپستی و چگونگی انرژی تاریک یکی از مهمترین پرسش های باز کیهان شناسی مدرن به شمار می رود.



منابع درس

-  PBS Crash Course Astronomy by Phil Plait, available on YouTube and PBS website

- ۱ نجوم به زبان ساده، مایر دگانی، ویراست سوم، ترجمه محمدرضا خواجه پور، انتشارات گیتاشناسی، ۱۳۹۳
- ۲ اساس ستاره شناسی، مایکل سیدز، جلد‌های ۱ و ۲، ترجمه اشرفی و صالحی، ویراسته خواجه‌جوی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، ۱۳۹۰

با سپاس از توجه شما،
لطفاً ما را در شبکه های
اجتماعی دنبال کنید.