

نخستین درس در ستاره شناسی - بخش چهارم

درس دهم: انرژی تاریک

دکتر حسین شناور



قطب کشوری نجوم پژوهش سراهای دانش آموزی



پژوهش سرای دانش آموزی امام جعفر صادق (ع) کهنان

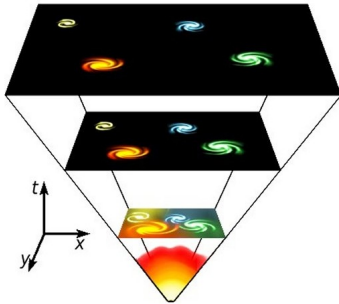


مدیریت آموزش و پرورش شهرستان گلبهار

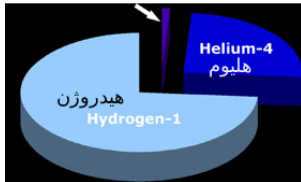
- این مجموعه درس برای آشنایی مقدماتی دانش آموزان و علاقمندان فارسی زبان با مباحث نجوم، اختر فیزیک و کیهان شناسی طراحی شده است. هدف اصلی این مجموعه درس، افزایش دانش علاقمندان به ستاره شناسی است؛ هرچند، به برخی مهارت های مربوطه نیز پرداخته خواهد شد.
- خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی 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 گلמکان، برای همفکری ها و حمایت هایشان از فعالیت های پژوهش سرای دانش آموزی گلמکان، کمال سپاسگزاری را دارم.
- برای ضبط این درس ها از نرم افزار *Zoom* استفاده شده است.

- ۱ درس دهم: انرژی تاریک
- انرژی تاریک
- هندسه کیهان و آینده آن
- افق کیهانی

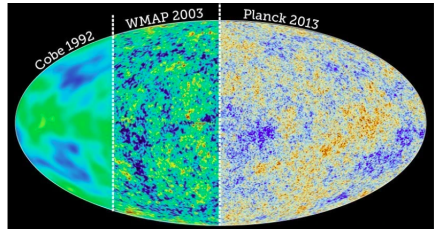
آنچه گذشت: انبساط کیهان و مهبانگ



سهم عناصر سنگین تر

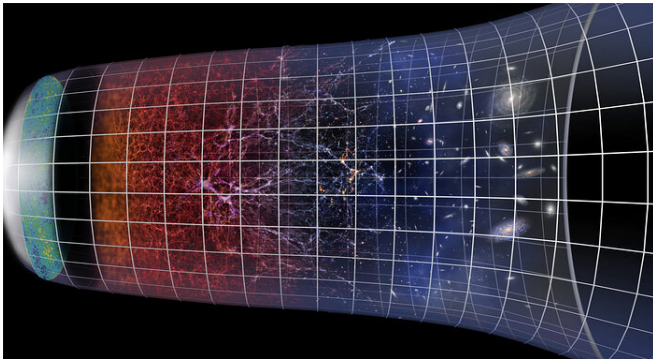


- در درس قبل درباره این موضوعات بحث کردیم:
- ۱ سن کیهان
- ۲ مدل های استاندارد در علم
- ۳ کیهان در حال انبساط
- ۴ قانون هابل و ثابت هابل
- ۵ زمان گذشته کیهانی، مهبانگ و آثار آن
- ۶ تابش زمینه کیهانی و فراوانی عناصر
- ۷ جهان همگن و همسانگرد



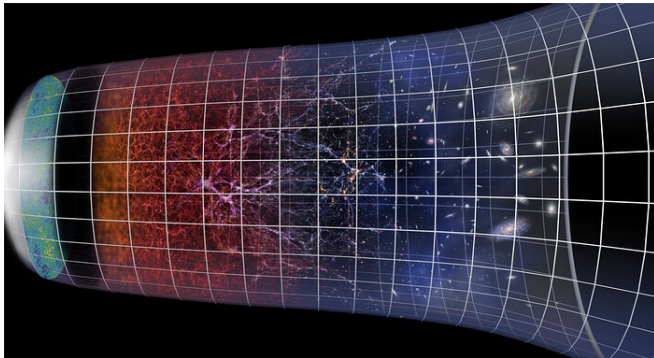
تکینگی آغازین

- در درس قبل دیدیم که کیهان در حال انبساط است؛ در واقع فضا در حال انبساط است. در حین این انبساط، فضا کهکشانشان را با خود جا به جا می کند.
- در نتیجه، کیهان در گذشته متراکم تر بوده است و تقریباً در زمان $13/4$ تا $13/8$ میلیارد سال پیش، همه ماده و انرژی جهان در یک نقطه متمرکز بوده است. این نقطه را ”تکینگی آغازین“ می نامند. مفهوم تکینگی را قبلاً در درس سیاهچاله ها نیز دیده ایم (بخش سوم).

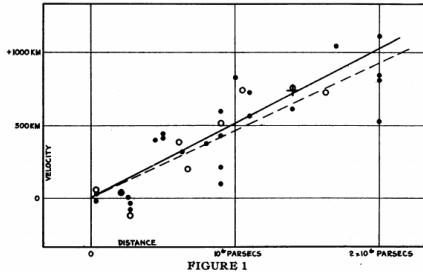


تکینگی آغازین

چیزی باعث شده است که تکینگی آغازین از تعادل خارج شده و انرژی آن رها شود (هنوز نمی دانیم چه چیزی؟!). این باعث انبساط عالم، تولید ماده و تشکیل ساختارها شده است، به صورتی که اکنون شاهد آن هستیم. پذیرفتن مدل مهبانگ مدت ها طول کشید؛ هرچند، این مدل در حال حاضر پایه فهم ما از کیهان است.



انبساط کیهان در فاصله های کوچک و بزرگ



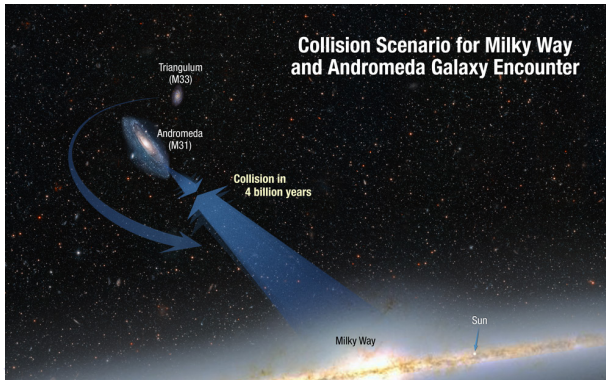
همه کهکشان ها در فواصل بسیار دور به دلیل انبساط فضا در حال دور شدن از ما هستند. مقایسه با انبساط خط کش ها (جلسه قبل) را به یاد آورید: در فاصله های کم سرعت انبساط عالم کم است ولی در فاصله های زیاد سرعت انبساط عالم زیادتر است. به همین دلیل به نظر می رسد که کهکشان های دور دست با سرعت بیشتری از ما دور می شوند. قانون هابل:

$$v = H_0 d$$



انبساط کیهان در فاصله های کوچک و تاثیر نیروی گرانش

- در فاصله های کوچک کیهانی انبساط کیهان به حدی کم است که گرانش می تواند به آن غلبه کند. مثلا برخورد کهکشان های آندرومدا و راه شیری را به یاد آورید (بخش چهارم، درس ششم). فاصله کهکشان آندرومدا از ما در حدود $2/5$ میلیون سال نوری است. در نتیجه، بنا به قانون هابل، باید این کهکشان با سرعت حدودا 50 km/s از ما دور شود. ولی بخاطر گرانش دو جرم، این دو کهکشان در واقع در حال نزدیک شدن به هم هستند.

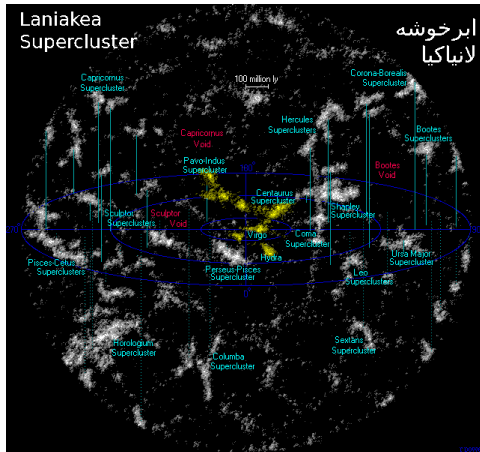


انبساط کیهان در فاصله های کوچک و تاثیر نیروی گرانش

- رقابت گرانش و انبساط کیهان در این حالت شبیه به وضعیتی است که فرد برخلاف جهت حرکت پله برقی حرکت می کند: اگر فرد بتواند با سرعتی بیشتر از سرعت پله برقی در خلاف جهت آن حرکت کند، او می تواند پس از مدتی به بالای پله برقی برسد.



انبساط کیهان در فاصله های بزرگ و تاثیر نیروی گرانش

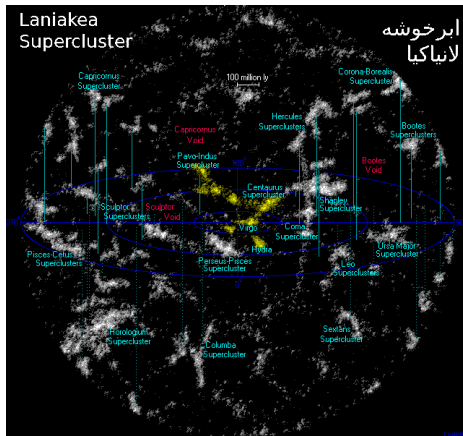


در فاصله های بزرگ کیهانی چه اتفاقی خواهد افتاد؟

هر کهکشان جرم و بنابراین گرانش بزرگی دارد. همچنین می دانیم که تعداد بسیار زیادی کهکشان در کیهان وجود دارد. وقتی که تاثیر گرانش این کهکشان ها جمع بندی شود، انتظار داریم که انبساط عالم در مقیاس های بزرگ کند شود.

وضعیت بسیار شبیه به مفهوم سرعت فرار است: اگر جسمی را با سرعت زیاد پرتاب کنیم، جسم از گرانش جرم مرکزی رها خواهد شد، هرچند گرانش باعث می شود که سرعتش کاهش پیدا کند. ولی اگر سرعت اولیه جسم کمتر از سرعت فرار باشد، آنگاه سرعت جسم کاهش یافته، می ایستد و سپس به سمت ما برمی گردد.

شوک!

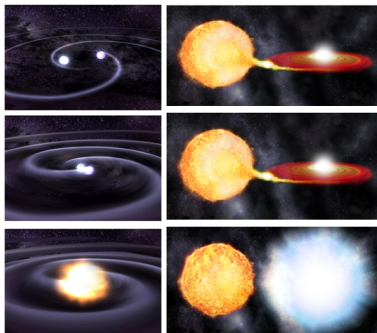


منجمین انتظار داشتند این اثر را در بزرگترین مقیاس های کیهان ببینند. یعنی آنها انتظار داشتند که در فواصل بسیار زیاد سرعت انبساط کیهان کاهش یابد (به عبارت دیگر، گرانش مواد مانند ترمزی برای انبساط عمل کند.). همچنین، با فرض ماده تاریک، کاهش سرعت انبساط عالم باید حتی شدیدتر از حالت بدون ماده تاریک باشد (چون جرم بیشتر است.).

چند دهه قبل، منجمین با رصدهای دقیق خود به دنبال تعیین کاهش در سرعت انبساط عالم بودند. ولی در عوض با یکی از خیره کننده ترین کشف های تاریخ نجوم و فیزیک مواجه شدند: انرژی تاریک!

در ادامه روند این کشف را با هم مرور می کنیم.

تلاش برای اندازه گیری تغییر در سرعت انبساط کیهان



در دهه ۱۹۹۰ میلادی، دو تیم از منجمین از بزرگترین تلسکوپ های موجود برای مشاهده و مطالعه اعماق فضا استفاده می کردند. هدف این دو تیم، کشف ابرنواخترهای بسیار دور بود.

البته آنها به دنبال نوع خاصی از ابرنواخترها به نام ابرنواختر "نوع Ia" بودند. ما پیشتر (بخش سوم، درس یازدهم) درباره این نوع ابرنواختر صحبت کرده ایم.

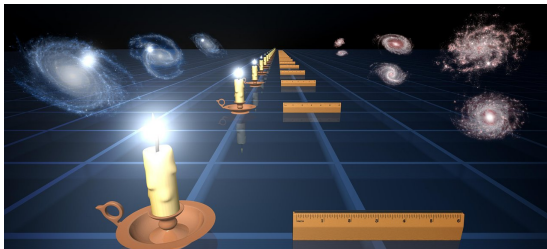
ابرنواختر "نوع Ia" وقتی پدید می آید که جرم یک کوتوله سفید افزایش یافته تا حدی که فشار تبهگنی الکترون دیگر نمی تواند مانع فروریزش ستاره در اثر گرانشش شود. در نتیجه ستاره رمبش کرده، ماده دچار یک دوره شدید همجوشی هسته ای شده و ستاره منفجر می شود.

اعداد رومی

1	I	6	VI	10	X
2	II	7	VII	50	L
3	III	8	VIII	100	C
4	IV	9	IX	500	D
5	V	10	X	1000	M

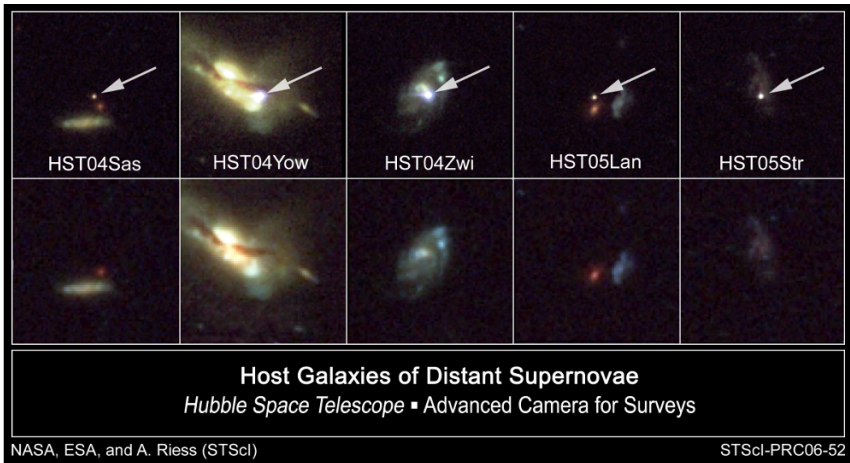
ابرنواخترهای نوع Ia

- اهمیت ابرنواختر نوع Ia در این است که در این ابرنواختر انفجار وقتی رخ می دهد که جرم آن به $1/4$ برابر جرم خورشید برسد. در این جرم ویژه است که گرانش به فشار غلبه کرده و انفجار ستاره رخ می دهد.
- پس ما جرم این ستاره در هنگام انفجار را می دانیم. در نتیجه می توان نتایج بسیار مهمی درباره درخشندگی این جسم به دست آورد. بنابراین می گوییم که ابرنواخترهای نوع Ia شمع های کیهانی خوبی هستند.
- شمع های کیهانی اجرامی هستند که روشنایی ذاتی (درخشندگی) آنها مشخص است. با دانستن مقدار درخشندگی، و تعیین قدر ظاهری آنها در تلسکوپ، می توان فاصله این اجرام را تعیین کرد.



تعیین سرعت

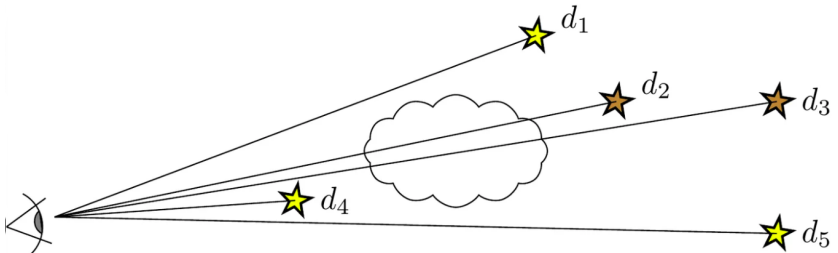
همچنین، تعیین قرمزگرایی ابرنواختر روش دیگری برای تعیین فاصله است. به علاوه، با تعیین قرمزگرایی می توان سرعت دور شدن ابرنواختر از ما، و بنابراین سرعت انبساط کیهان، را اندازه گرفت.



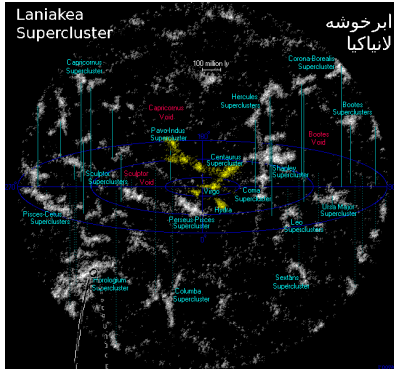
معما

البته این دو گروه به نتیجه غیرقابل تصویری رسیدند: ابرنواخترهای مشاهده شده در فواصل بسیار زیاد کم نورتر از انتظار منجمین بودند. به نظر می رسید که فاصله تعیین شده به روش قرمزگرایی کمتر از فاصله واقعی تا ستاره در حال انفجار است. این پدیده عجیب در مشاهدات مختلف تکرار شد.

منجمین تمام تلاش خود را برای کشف اشتباهات احتمالی در روش شان به کار بردند. حتی آنان لیستی از همه چیزهایی که می توانستند باعث این پدیده (کم سویی ابرنواختر) شوند تهیه کردند. مثال هایی از این لیست: تاثیر غبار بین کهکشانی، ترکیبات شیمیایی متفاوت ستاره منفجر شده و غیره. این لیست همچنان بروز رسانی می شود!



یافته های ابرنواختر



ولی دو تیم، به صورت مستقل، بالاخره به این نتیجه رسیدند که عامل های بررسی شده نمی توانند اثری به بزرگی اثر مشاهده شده به وجود آورند. در نتیجه، ابرنواخترها در فاصله های دور واقعا کم نور تر از حد انتظار ما هستند. بنابراین، این اجرام باید از فاصله مورد انتظار ما دورتر باشند.

این کشف به عنوان انبساط شتابدار کیهان شناخته می شود.

در ابتدا چنین کشفی به نظر بسیار شگفت (و حتی احمقانه!) می رسید زیرا ما انتظار داشتیم که به دلیل گرانش همه مواد موجود در عالم، انبساط کیهان کند شود. ولی منجمین حالا می گویند که سرعت انبساط عالم در حال افزایش است.

انبساط شتابدار کیهان مانند این است که سنگی را به بالا بیندازیم و این سنگ به جای کند شدن و برگشتن به سمت زمین، حتی با سرعت بیشتری به سمت بالا حرکت کند!

منجمین همچنان مشکوک هستند!

- منجمین از ابتدا به این کشف مشکوک بودند و برخی همچنان مخالف آن هستند! ولی در ادامه،
- چندین گروه دیگر با داده های متفاوت به نتیجه مشابهی رسیدند:
- کیهان نه فقط در حال انبساط است، بلکه سرعت انبساط آن نیز در حال افزایش است.



Saul Perlmutter



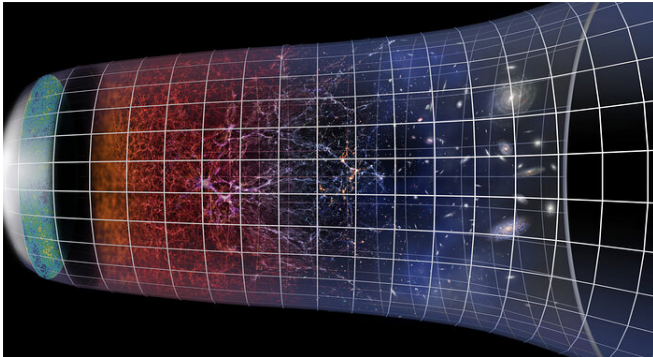
Nobel 2011
Brian P. Schmidt



Adam G. Riess

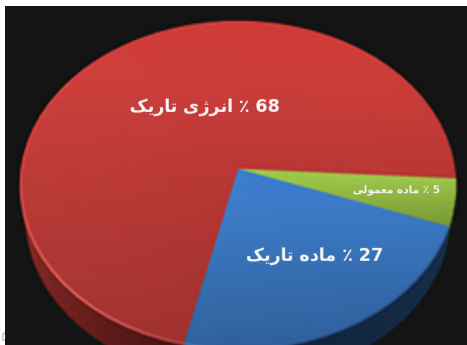
عامل انبساط شتابدار کیهان چیست؟

- چه چیزی می تواند عامل انبساط شتابدار کیهان باشد؟
- پاسخ صادقانه این است که هنوز دقیقا نمی دانیم!
- هرچند، تاکنون چیزهایی درباره آن دریافته ایم. مثلا می دانیم که این عامل مانند یک انرژی عمل کرده و باعث فشار اضافی به انبساط کیهان است. همچنین، ما تاکنون نتوانسته ایم این عامل را مشاهده کنیم. در کیهان شناسی جدید این عامل را انرژی تاریک می نامند.



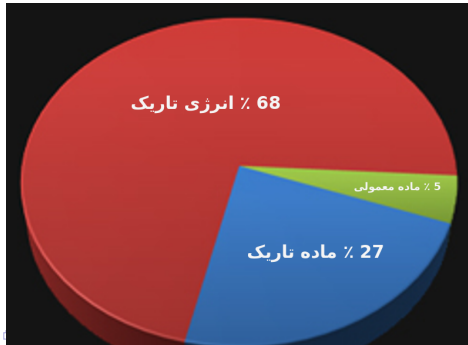
انرژی تاریک

- به نظر می رسد که انرژی تاریک یک ویژگی ذاتی فضا است، یعنی انرژی تاریک مقدار بسیار کوچکی از انرژی است که در هر مترمکعب عالم حضور دارد. این مقدار واقعا بسیار کوچک است، ولی حجم کیهان نیز بسیار زیاد است. بنابراین مقدار کلی انرژی تاریک کیهان بسیار زیاد بوده و ما می توانیم اثرات انرژی تاریک را در اطراف خود ببینیم.
- با مشاهدات کنونی می توان مقدار ماده و انرژی تاریک را اندازه گیری کرد. نتیجه نمودار زیر است؛ یعنی ۹۵٪ عالم از چیزهایی تشکیل شده که ما نمی توانیم آنها را مستقیما ببینیم!



انرژی تاریک

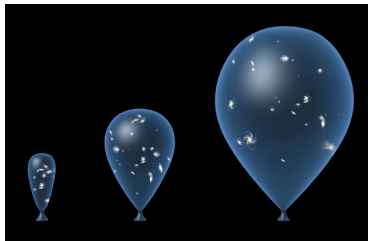
- پس ماده معمولی فقط $\frac{1}{4}$ محتوای عالم را تشکیل می دهد!
- اثرات انرژی تاریک چیست؟ پاسخ: در واقع انرژی تاریک تاثیر بسیار بزرگی بر هندسه، تشکیل ساختار و سرنوشت نهایی عالم دارد. بنابراین فهم این انرژی و اثرات آن بسیار مهم است.
- یکی از بزرگترین پرسش هایی که از زمان کشف انبساط عالم با آن رو به رو بوده ایم این است که آیا کیهان تا ابد منبسط خواهد شد و یا خیر؟ پاسخ این پرسش را در بخش بعد خواهیم داد.



هندسه کیهان

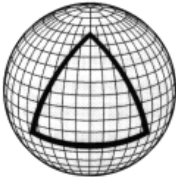
آیا کیهان تا ابد منبسط خواهد شد؟

- منجمین پاسخ به این پرسش را در قالب ”هندسه عالم” بیان می کنند.
- ماده عامل گرانش است و گرانش هم باعث انحنای فضا می شود. بنابراین پرسش بالا را می توان به این صورت بیان کرد: آیا به اندازه کافی ماده در کیهان وجود دارد که بتواند انبساط فضا را متوقف کند؟
- هندسه کیهان می تواند به صورت ریاضیاتی انحنای عالم را تعیین کند. منظور از انحنای عالم، شکل فضا در بزرگترین مقیاس هاست.

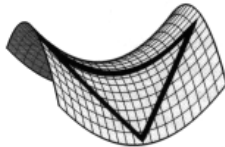


انحنای کیهان

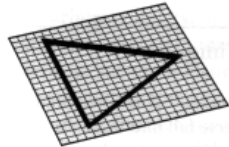
- کیهان می تواند انحنای مثبت، منفی و یا صفر داشته باشد.
- صفحه مثالی از یک شکل هندسی با انحنای صفر است. چنین فضایی را ”تخت” می نامیم. در صفحه مجموع زوایای داخلی مثلث دقیقا 180° درجه است.
- کره مثالی از یک شکل هندسی با انحنای مثبت است. اگر مثلثی را بر روی یک کره رسم کنیم، مجموع زوایای داخلی مثلث بیشتر از 180° درجه است.
- زین اسب مثالی از یک شکل هندسی با انحنای منفی است. اگر مثلثی را بر روی زین اسب رسم کنیم، مجموع زوایای داخلی مثلث کمتر از 180° درجه است.



انحنای مثبت



انحنای منفی



انحنای صفر

انحنای کیهان



البته، به صورت دیگری هم می توان به انحنای کیهان فکر کرد:

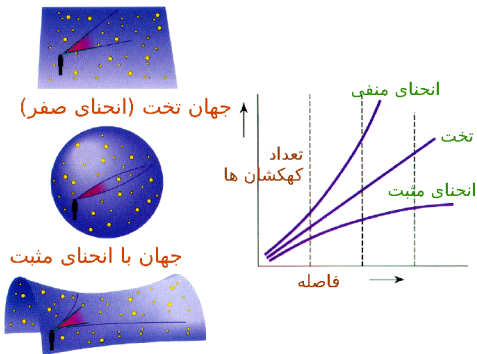
دو خط موازی (دو باریکه نور موازی) بر روی یک صفحه تخت هیچگاه همدیگر را قطع نمی کنند.

دو خط موازی (دو باریکه نور موازی) بر روی یک کره (انحنای مثبت) به همدیگر نزدیک شده و ممکن است در نهایت همدیگر را قطع کنند.

دو خط موازی (دو باریکه نور موازی) بر روی یک زین اسب (انحنای منفی) از همدیگر دور می شوند.

مشاهده انحنای کیهان

● انحنای کیهان تأثیرات مشخص مشاهداتی دارد. مثلاً تعداد کهکشان‌ها برحسب فاصله در یک جهان با انحنای منفی بیشتر از یک جهان با انحنای صفر (تخت) است. همچنین، تعداد کهکشان‌ها برحسب فاصله در یک جهان با انحنای صفر بیشتر از یک جهان با انحنای مثبت است. شکل زیر به خوبی این وضعیت را توضیح می‌دهد. در حال حاضر می‌دانیم که کیهان تا حد بسیار خوبی تخت است (چرا؟!)، ولی احتمالاً کاملاً هم تخت نیست.



جهان تخت (انحنای صفر)

جهان با انحنای مثبت

جهان با انحنای منفی

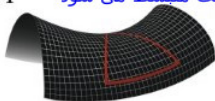
سرنوشت کیهان

• سرنوشت عالم توسط میزان ماده و انرژی کیهان، که به نام پارامتر چگالی مشهور است، تعیین می شود.

• اگر میزان ماده و انرژی کیهان به اندازه کافی نباشد، انبساط کیهان تا ابد ادامه خواهد داشت. این مورد را کیهان باز می نامند.

$$\Omega_0 < 1$$

جهان باز، تا بینهایت منبسط می شود



$$\Omega_0 = 1$$

جهان تخت، تا بینهایت منبسط می شود



$$\Omega_0 > 1$$

جهان بسته و محدود که در نهایت می رمبد

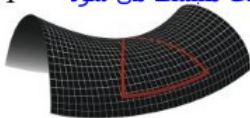


$$\Omega_0 = \text{پارامتر چگالی}$$

سرنوشت کیهان

❷ اگر ماده - انرژی موجود در عالم مقدار بسیار ویژه ای داشته باشد، انبساط در زمان بسیار بسیار دور متوقف خواهد شد ولی هیچگاه عالم منقبض نخواهد شد. این مورد را کیهان تخت می نامند.

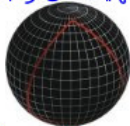
$\Omega_0 < 1$ جهان باز، تا بینهایت منبسط می شود



$\Omega_0 = 1$ جهان تخت، تا بینهایت منبسط می شود



$\Omega_0 > 1$ جهان بسته و محدود که در نهایت می رمبد

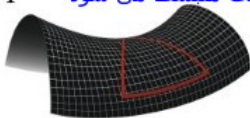


$\Omega_0 =$ پارامتر جگالی

سرنوشت کیهان

❸ اگر به اندازه کافی ماده و انرژی در عالم داشته باشیم، انبساط عالم بالاخره روزی متوقف شده و فضا از آن پس منقبض خواهد شد (عکس مهبانگ). این مورد را کیهان بسته می نامند.

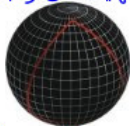
$\Omega_0 < 1$ جهان باز، تا بینهایت منبسط می شود



$\Omega_0 = 1$ جهان تخت، تا بینهایت منبسط می شود

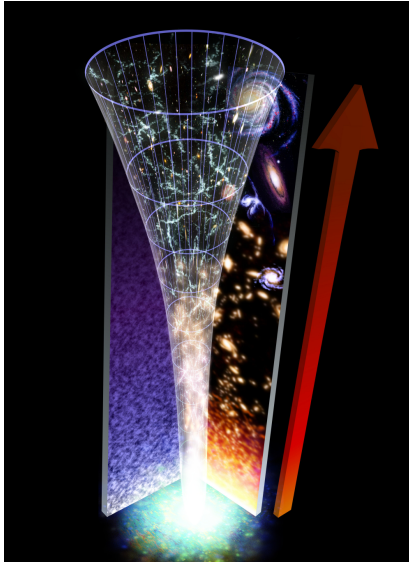


$\Omega_0 > 1$ جهان بسته و محدود که در نهایت می رمبد



$\Omega_0 =$ پارامتر جگالی

نقش انرژی تاریک



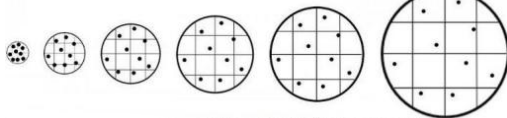
از لحاظ مفهومی، مفهوم هندسه عالم (کیهان باز، بسته و تخت) که در کیهان شناسی به کار می رود بسیار شبیه به مفهوم سرعت فرار است و تا حدی با مفهوم هندسه باز و بسته در ریاضی تفاوت دارند.

تا مدتها تصور می شد انحنای عالم (که توسط مقدار ماده موجود در آن تعیین می شود) می تواند سرنوشت کیهان را تعیین کند. ولی انرژی تاریک وضعیت را پیچیده تر کرده است و حالا می دانیم که هندسه کیهان به تنهایی سرنوشت کیهان را تعیین نخواهد کرد.

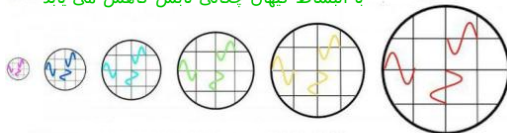
با اندازه گیری های اخیر منجمین تصور می کنند که آنقدر انرژی تاریک در کیهان وجود دارد که می تواند باعث انبساط عالم تا ابد شود.

انرژی تاریک در مدل استاندارد کیهان شناسی

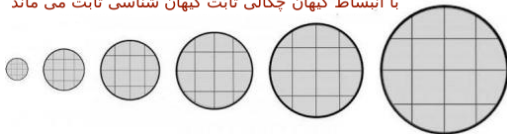
با انبساط کیهان چگالی ماده کاهش می یابد



با انبساط کیهان چگالی تابش کاهش می یابد



با انبساط کیهان چگالی ثابت کیهان شناسی ثابت می ماند

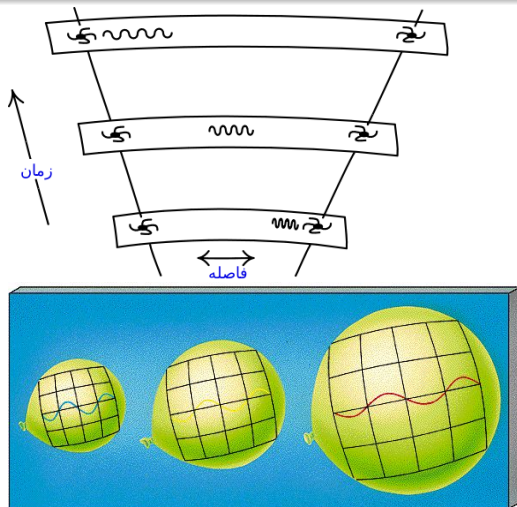


در حال حاضر، اکثر کیهان شناسان معتقدند که پدیده انرژی تاریک را می توان با وارد کردن یک ثابت (به نام ثابت کیهان شناسی) در معادلات اینشتین توضیح داد. وجود این ثابت را نیز خود اینشتین اولین بار پیشنهاد کرده است (هرچند، بعدها آن را از معادلات خود حذف کرد.)!

بنابراین، مدل استاندارد کیهان شناسی شامل چهار جزء ماده معمولی، تابش، ماده تاریک و ثابت کیهان شناسی است.

چگالی ماده و تابش با انبساط عالم کاهش می یابد، ولی چگالی ثابت کیهان شناسی در طی انبساط ثابت باقی می ماند!

قرمزگرایی کیهانی

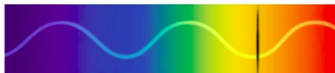
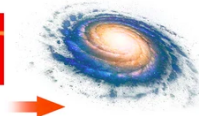
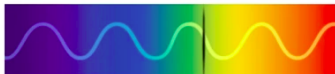


● فضا در حال انبساط است. در نتیجه وقتی نور از یک کهکشان به کهکشان دیگر می رود، باید با انبساط کیهان رقابت کند. بنابراین نور انرژی خود را از دست می دهد، طول موج آن افزایش می یابد و دچار قرمزگرایی می شود. این اثر را قرمزگرایی کیهانی می نامند (که متفاوت از قرمزگرایی گرانشی است).

● فیلم ۱ را ببینید.

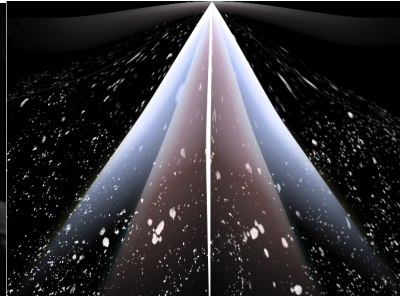
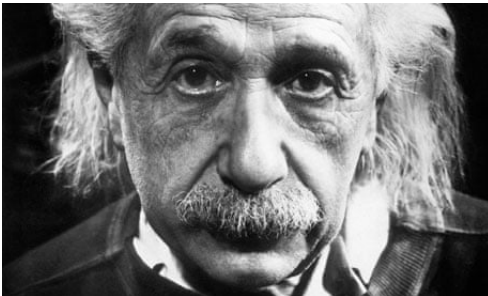
قرمزگرایی کیهانی

هرچقدر کهکشان مقصد دورتر باشد، آن کهکشان با سرعت بیشتری از ما دور شده و در نتیجه نور انرژی بیشتری را در سفر خود از دست خواهد داد. یعنی قرمزگرایی نور بیشتر خواهد بود.



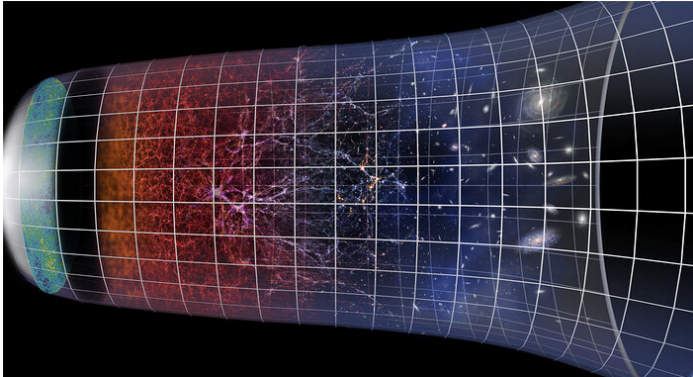
سریعتر از سرعت نور!

- در فاصله مشخصی از ما، سرعت انبساط کیهان به حدی زیاد است که کهکشان ها در آن نقاط با سرعتی بیشتر از سرعت نور نسبت به ما حرکت خواهند کرد!!!
- ولی اصل مهمی در نسبت خاص وجود دارد که می گوید مواد نمی توانند با سرعتی بیشتر از سرعت نور حرکت کنند!



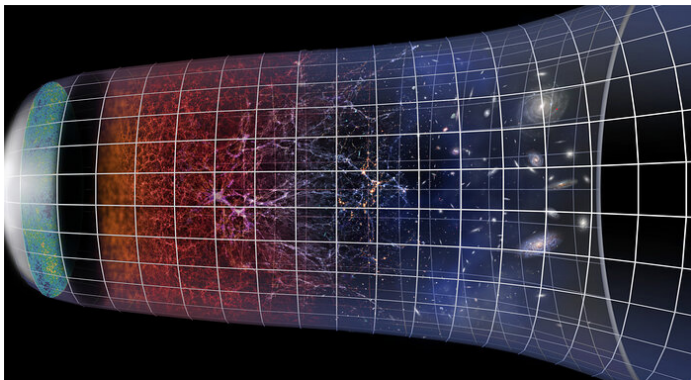
سریعتر از سرعت نور!

- البته در اینجا خود فضا با سرعتی زیاد در حال انبساط است و مواد (کهکشان ها و ...) هم همراه با فضا حرکت می کنند. هرچند، اگر به موقعیت آن کهکشان ها سفر کنید، خواهید دید که همه مواد در آنجا با سرعتی کمتر و یا برابر با سرعت نور حرکت می کنند. پس اصل مهم نسبیت خاص در همه نقاط عالم برای همه مواد برقرار است؛ ولی داستان انبساط فضا متفاوت است.



سریعتر از سرعت نور!

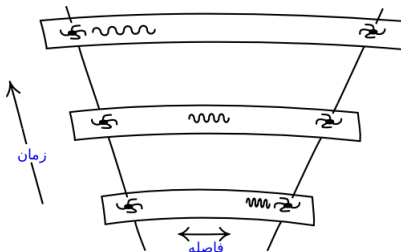
- می توان با استفاده از معادلات کیهان شناسی (معادلات اینشتین) فاصله ای که لازم است تا اجرام با سرعتی بالاتر از سرعت نور از ما دور شوند را محاسبه کرد. این فاصله بین $۱۳/۴$ تا $۱۳/۸$ سال نوری است (بسته به اینکه چه پارامترهایی انتخاب کنیم).



سریعتر از سرعت نور!

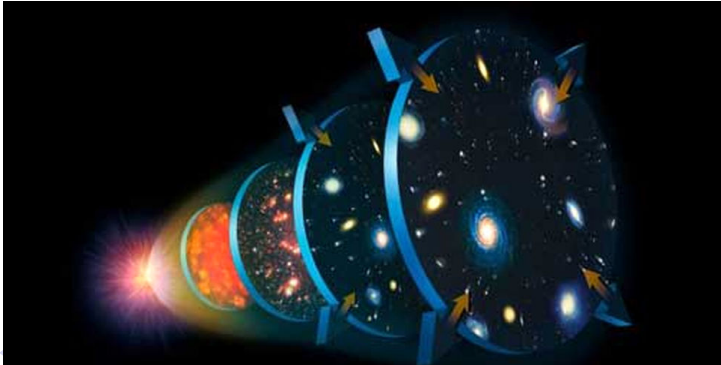
● نکته جالب این است که ما می توانیم این کهکشان ها (و حتی کهکشان های دورتر از آن) را مشاهده کنیم. چطور چنین چیزی ممکن است؟

● دلیل این پدیده آن است که فاصله مورد اشاره فاصله آن اجرام تا ما در زمان حال است. ولی وقتی نور آن کهکشان ها به سمت ما تابیده شده است، کیهان بسیار جوان تر و بسیار کوچکتر بوده است. در نتیجه کهکشان مورد نظر به ما نزدیکتر بوده است. مثلاً در هنگام تابش، کهکشان مورد نظر می توانست در حدود $4/5$ میلیارد سال نوری از ما فاصله داشته باشد. به علاوه، نور این کهکشان ۹ میلیارد سال در راه بوده تا به ما برسد. با توجه به اینکه سرعت انبساط کیهان در زمان های گذشته کمتر بوده است، نور می توانسته از این کهکشان های بسیار دور به ما برسد.



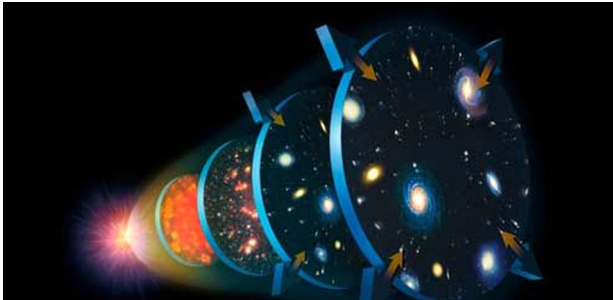
افق کیهانی

- به همین دلیل است که ما می توانیم کهکشان هایی را ببینیم که حتی با سرعتی بیشتر از سرعت نور از ما دور می شوند (چون فاصله ها در گذشته کوچکتر بوده است.).
- دورترین اجرامی که تاکنون مشاهده شده اند نزدیک به ۴۵ میلیارد سال نوری از ما فاصله دارند! ما این فاصله را "شعاع جهان قابل مشاهده" و یا "افق کیهانی" می نامیم.
- دقت کنید که ابعاد کیهان ممکن است بسیار بزرگتر از شعاع جهان قابل مشاهده باشد. حتی برخی کیهان شناسان معتقدند ابعاد کیهان بینهایت است!



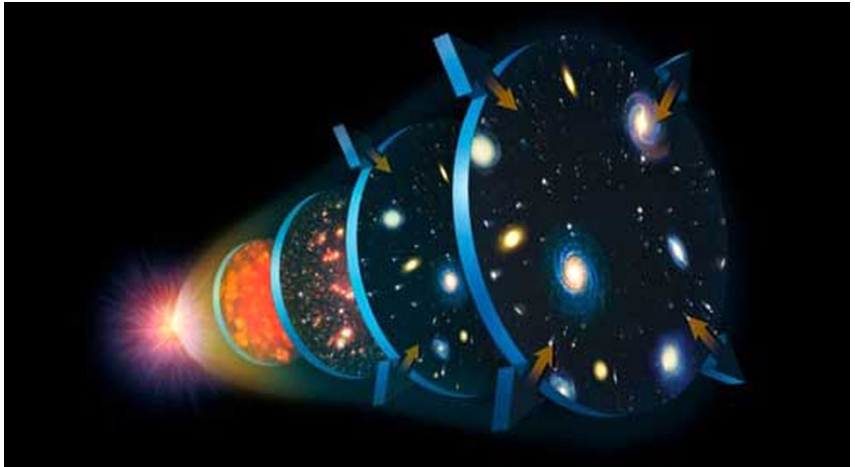
افق کیهانی

اگر انرژی تاریک وجود نداشت، شعاع جهان قابل مشاهده نیز به همراه انبساط کیهان بزرگ می شد. ولی حالا که انرژی تاریک داریم، انبساط کیهان روز به روز سریعتر می شود. یعنی نور کهکشان های دور باید هر روز مسافت بیشتری را نسبت به روز قبل طی کند تا به ما برسد. در نتیجه کهکشان های که اکنون در لبه جهان قابل مشاهده (افق کیهانی) قرار دارد، در آینده دیگر قابل مشاهده نخواهد بود. یعنی از افق کیهانی بیرون می افتد. به عبارت دیگر، جهان قابل مشاهده روز به روز کوچکتر می شود! و افق کیهانی روز به روز به ما نزدیک تر می شود. در انتها این افق به حدی به ما نزدیک می شود که همه کهکشان های دیگر در آسمان (به جز کهکشان خودمان) خارج از آن خواهند بود.



افق کیهانی

- بله، کیهان در حال انبساط است؛ ولی ما هر روز مقدار کوچکتري از آن را نسبت به روز قبل مشاهده می کنیم! در یکی از جلسات بعدی، آینده کیهان را به صورت مفصل بررسی خواهیم کرد.



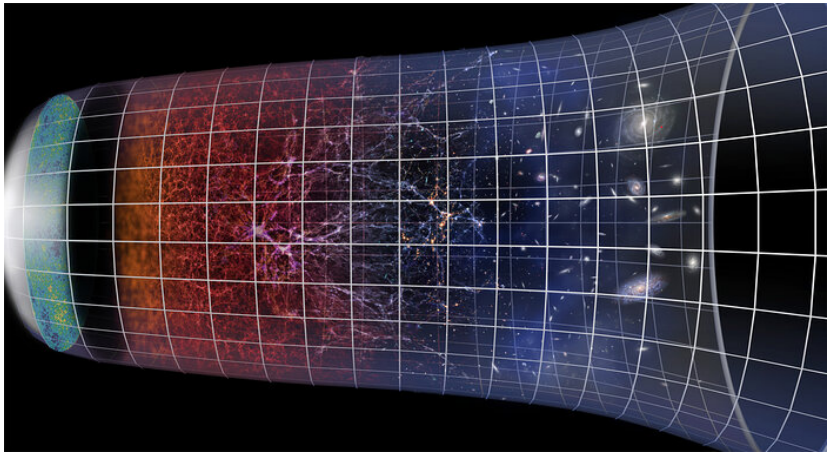
نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید خلاصه ای از مفاهیم انرژی تاریک را بیان کنید. همچنین، انتظار می رود که بتوانید پرسش های زیر را پاسخ گوئید:

- ۱ منظور از تکینگی آغازین چیست؟
 - ۲ توضیح دهید که چطور با وجود انبساط کیهان، برخی کهکشان های نزدیک به سمت ما حرکت می کنند.
 - ۳ بدون وجود انرژی تاریک، سرعت انبساط کیهان در فاصله های زیاد افزایش می یابد و یا کاهش؟
 - ۴ با وجود انرژی تاریک، سرعت انبساط کیهان در فاصله های زیاد افزایش می یابد و یا کاهش؟
 - ۵ فرایند انفجار ابرنواختر نوع Ia را توضیح دهید.
 - ۶ منظور از شمع های استاندارد کیهانی چیست؟ تحقیق کنید که منظور از خط کش های استاندارد کیهانی چیست؟
 - ۷ توضیح دهید که چطور وجود غبار می تواند باعث کم سویی ابرنواخترها شود.
 - ۸ توضیح دهید که چطور یافته های ابرنواختری باعث شد دانشمندان به وجود انرژی تاریک پی ببرند.
 - ۹ درصد ماده معمولی، ماده تاریک و انرژی تاریک در محتوای ماده-انرژی عالم چقدر است؟
 - ۱۰ منظور از انحنای مثبت، منفی و صفر چیست؟ مجموع زوایای داخلی مثلث در چنین سطوحی چقدر است؟
 - ۱۱ انحنای کیهان چه تاثیری بر شمارش تعداد کهکشان ها دارد؟
 - ۱۲ منظور از جهان های باز، بسته و تخت چیست؟ آیا کیهان تا ابد منبسط خواهد شد؟
 - ۱۳ چگالی ماده، تابش و انرژی تاریک چطور با انبساط عالم تغییر می کند؟
 - ۱۴ قرمزگرایی کیهانی چطور رخ می دهد؟ تفاوت قرمزگرایی کیهانی و قرمزگرایی گرانشی در چیست؟
 - ۱۵ توضیح دهید که چطور برخی کهکشان ها با سرعتی بیشتر از سرعت نور از ما دور می شوند؟ آیا این پدیده با نسبیت خاص در تضاد است؟
 - ۱۶ منظور از افق کیهانی چیست؟ اندازه افق کیهانی چقدر است؟
 - ۱۷ توضیح دهید که چرا کهکشان های موجود در افق کیهان، پس از مدتی از محدوده رصدی ما خارج می شوند.
- اگر درباره هر کدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، می توانید درس را یک بار دیگر مرور کنید.

مبحث بعدی: تاریخچه مختصر کیهان

در جلسه بعد تاریخچه مختصر کیهان، از ابتدا تاکنون، را جمع بندی خواهیم کرد.



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.