انبساط جهان

Ricardo Moreno, Susana Deustua, Rosa M. Ros
International Astronomical Union, Retamar School (Madrid, Spain), Space Telescope Science Institute (Baltimore, USA), Technical University of Barcelona, (Barcelona, Spain)

خلاصه

این بخش شامل تعدادی فعالیت، برای درک مفهوم انبساط جهان است. در نخستین فعالیت یک طیف سنج برای مشاهده ی طیف گازها خواهیم ساخت. در فعالیت های دوم، سوم و چهارم، به صورت کیفی و با کمک کش، بادکنک، صفحه ای نقطه ای، انبساط جهان را بررسی می کنیم.

در فعالیت پنجم، به صورت کمی انبساط سطحی و ثابت هابل را برای آن محاسبه خواهیم کرد.

در فعالیت ششم، تابش زمینه ی کیهان را شناسایی خواهیم کرد.

اهداف:

درک انبساط جهان
درک اینکه جهان هستی مرکزی ندارد
درک قانون هابل
درک مفهوم ماده تاریک و شبیه سازی عدسی گرانشی

مبدا جهان هستی

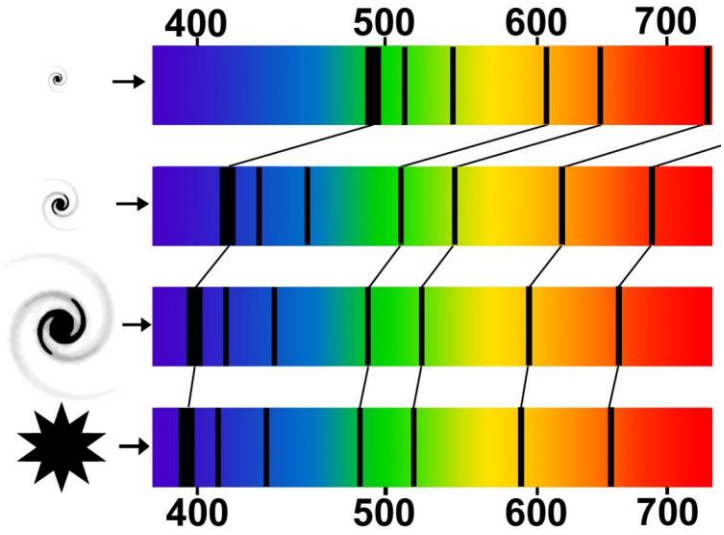
در حال حاضر نظریه انفجاربزرگ(بیگ بنگ)، مقبول ترین نظریه در مورد پیدایش جهان هستی است. طبق این نظریه، عالم بر اثر یک انفجار بزرگ آغاز و شروع به انبساط نمود. کهکشان ها در فضا حرکت نمی کنند، بلکه فضای بین آن ها انبساط یافته و کهکشان ها را با خود می کشد. به همین علت ما از مرکز عالم صحبت نمی کنیم، همانطور که هیچ کشوری را نمی توان به عنوان مرکز سطح زمین در نظر گرفت.

سرعت دور شدن یک کهکشان، متناسب با فاصله ی آن از ما است. ثابت که به آن مربوط است،ثابت هابل نامیده می شود.قانون هابل بیانگر رابطه ی خطی بین فاصله ی کهکشان و سرعت دور شدن آن است. انتقال به سرخ کهکشان ها، اولین

شواهد اثبات انفجار بزرگ بود و شناسایی تابش زمینه ی کیهان زمینه ی اثبات نهایی آن را فراهم آورد.

انتقال به سرخ

اگر در آزمایشگاه به وسیله ی یک طیف سنج، به نور یک گاز، مثلا هیدروژن، بنگریم، شاهد خطوط رنگی در طول موج معین که مشخصه ی آن گاز هستند، خواهیم بود. اگر به صورت مشابه این کار را با نور یک کهکشان دور دست انجام دهیم، شاهد جابه جایی آرام خطوط خواهیم بود. این جابه جایی با نام انتقال به سرخ شناخته می شود، چرا که خطوط به سمت رنگ سرخ حرکت می کنند.



انتقال به سرخ در طیف کهکشان های دور دست بیشتر است، این جابه جایی بیانگر آن است که آن کهکشان ها با سرعت بیشتری در حال دور شدن از ما هستند.

انتقال به سرخ نور، ناشی از دور شدن کهکشان از ما است، مانند تغییر صدا قطار وقتی به ما دور یا نزدیک می شود، جابه جایی بیشتر، سرعت بیشتر را نشان میدهد. مطالعه ی طیف گروه محلی کهکشان نشان میدهد که ابرماژلانی بزرگ با سرعت 13 ، ابرماژلانی کوچک با سرعت 30 در حال دور شدن، انردومدا با سرعت 60 در حال نزدیک شدن و m32 با سرعت 21 در حال دور شدن از ما هستند. این نتایج نشان می دهد که کهکشان های همسایه با سرعت نسبی کم و نامنظم در حال حرکت هستند.

با نگاهی به خوشه ی کهکشانی سنبله که در فاصله ی 50 میلیون سال نوری از ما قرار دارد ، شاهد دور شدن آن با سرعت 1000 تا 2000 خواهیم بود. در ابرخوشه ی گیسوی

برنیکه در فاصله ی 300 میلیون سال نوری سرعت دور شدن بین 7000 تا 8500 است. اما در جهت مخالف نیر کهکشان M74 با سرعت 800 و کهکشان M77 با سرعت 1130 در حال دور شدن هستند. بررسی کهکشان های محوی که در فاصله ی بسیار دوری از ما قرار دارند، سرع ت دور شدن بسیار بیشتری را نشان می دهد: NGC375با سرعت 6200، NGC562 با سرعت 10500، NGC 326 با سرعت 14500 در حال دور شدن هستند. کهکشان های خیلی نزدیک نیز در حال دور شدن از ما هستند، آِیا آن ها از دست ما عصبانی هستند؟

فعالیت1: اثر دوپلر

در در اثر دوپلر، طول موج صدا با حرکت منبع آن تغییر می کند. همه ی ما این اثر را به خوبی در مسابقات اتومبیلرانی و موتورسواری به هنگام دور و نزدیک شدن آن ها تجربه کرده ایم. تجربه ی آشناتر این اثر، ماشین آتش نشانی و یا سوت قطار است.
شما می توانید به سادگی این اثر را به کمک یک ساعت زنگ دار، کیسه ی پارچه ای و نخ تجربه کنید.
ساعت را درون کیسه ی پارچه ای قرار داده و سپس به کمک نخ آن را محکم می کنیم. حالا آن را بالای سر میچرخانیم، می توانیم هنگام نزدیک شدن به حضار ببینم که: در ابتدا طول موج کمتر و صدا زیر تر است، با افزایش طول نخ، طول موج بیشتر و صدا بم تر می شود.
شخصی که در مرکز چرخش است،این موضوع را تجربه نمی کند.

ساعت را به دور سر خود می چرخانیم.
حضار شاهد تفاوت صدای زنگ خواهند شد.

ساعت، کیسه، نخ

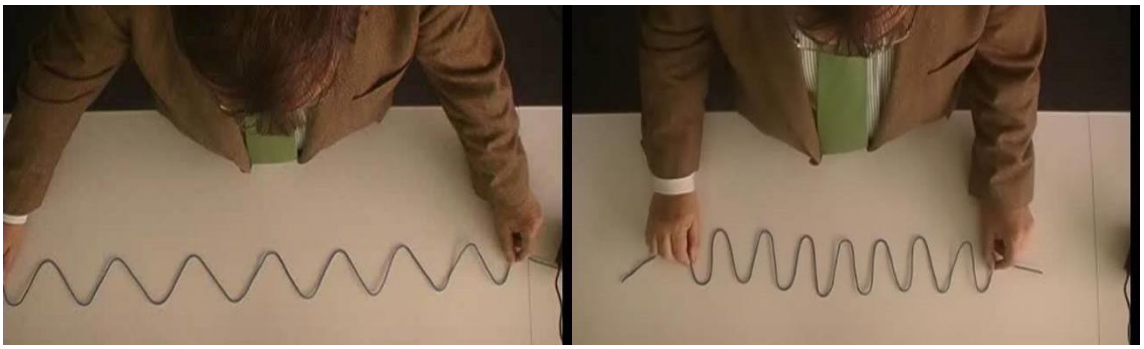
این اثر دوپلر ناشی از جابه جایی بود. اما چیزی نیست که برای کهکشان ها در اثر انبساط اتفاق می افتد. نکته این

است که کهکشان ها در فضا حرکت نمی کنند،بلکه فضای بین آن ها انبساط پیدا می کند.

فعالیت 2: کش آمدن فوتون ها

با انبساط جهان، فوتون های موجود در آن نیز کشیده می شوند. هرچه مسافت طی شده توسط فوتون بیشتر، کشیده شدن نیز بیشتر خواهد بود.

شما به کمک یک کابل نیمه سفت، که در برقکاری ساختمان ها استفاده می شود، می توانید این پدیده را شبیه سازی نمایید. یک متر از این کابل را بریده و با کمک دستان خود آن را به صورت سینوسی خمیده کرده و چندین موج متفاوت بسازید.



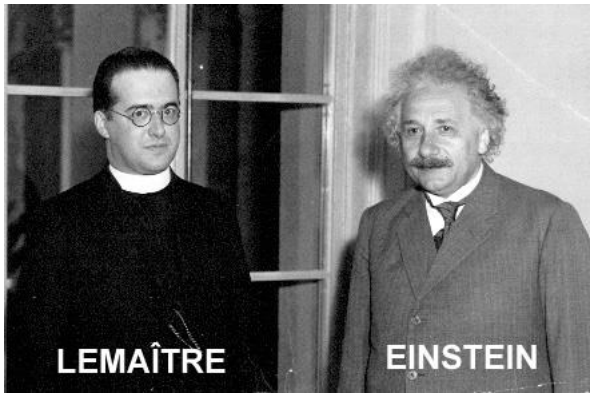
ساخت طول موج با یک کابل
همان موج با طول موج بلندتر

دو طرف کابل را با دست گرفته و آن را می کشیم، میبینیم که، مانند آنچه که برای پرتوهایی کهکشانی رخ می دهد، طول موج افزایش می یابد، قسمت های دورتر از ما زمان بیشتری برای کشیده شدن دارند و به سمت قرمز جابه جا می شوند.

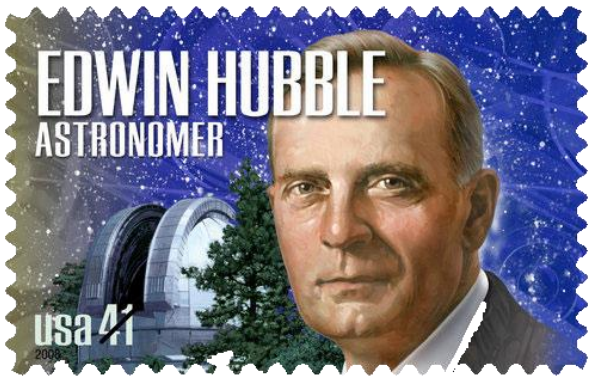
قانون هابل

ادوین هابل، با استفاده از داده ها، در سال 1390 قانونی را منتشر کرد که بعدها به نام خود او نامیده شد: کهکشان های دوردست، با سرعت بیشتری از ما دور می شوند. این موضوع نشان داد که جهان در همه ی جهات در حال انبساط است و همه ی اجرام در حال دور شدن از یکدیگر هستند. دور شدن کهکشان ها از ما بدین معنا نیست که ما در مرکز عالم قرار داریم، بلکه برای یک ناظر بیگانه در گوشه ای دیگر

از عالم نیز، همین اتفاق رخ می دهد و برای او نیز همه چیز در حال دور شدن است. درست به مانند آتش بازی: همه ی ذرات سبک در اثر انفجار از هم درو می شوند.



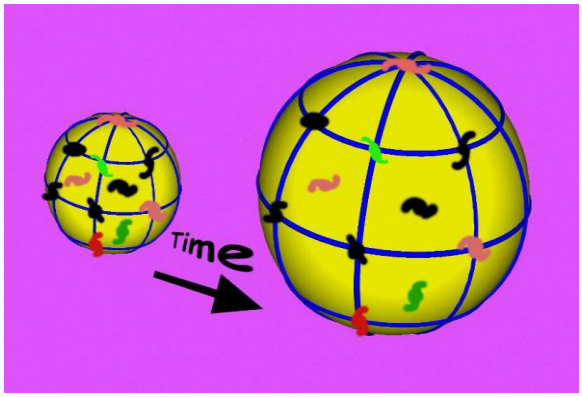
جرج لمایتر و آلبرت انیشتین



ادوین هابل

واقعیت این است که کهکشان ها در حال حرکت در فضا نیستند بلکه این فضای بین آن ها است که در حال انبساط و کشیدن کهکشان ها است.. اگر عالم در همه ی جهات در حال انبساط باشد و اگر بتوان زمان را به عقب برگرداند، شاهد تجمع مواد در لحظات آغازین در جایی که همه چیز شروع شد؛ خواهیم بود..

جورج لمایتر، کشیش و ستاره شناس بلژیکی، مقبول ترین نظریه پیدایش جهان هستی تا به امروز را منتشر کرد: یک انفجار بزرگ رخ داد، که اثرات آن همچنان ادامه دارد. بر اثر این انفجار، عالم شروع به انبساط نمود. برای درک بهتر این مدل، یک بادکنک با تعدادی نقطه روی سطح آن که نشانگر کهکشان ها هستند را در نظر بگیرید. با دمیدن در بادکنک، فاصله ی بین نقاط افزایش می یابد. به صورت مشابه، فضا نیز به این صورت انبساط پیدا می کند.



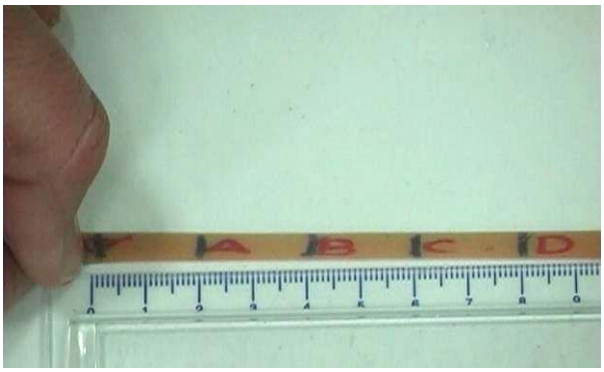
با گذشت زمان ، فضا گسترش می یابد ، و مواد موجود در یک منطقه از یکدیگر فاصله می گیرند

بنابراین، سرعت دور شدن کهکشان ها متناسب با فاصله ی از ما است. ثابتی که این دو را به هم مربوط می کند، با نام ثابت هابل شناخته می شود.
قانون هابل بین فاصله و سرعت کهکشان رابطه ی زیر را برقرار می کند: $v=H \cdot d$
با دانستن سرعت و فاصله ی برخی از کهکشان ها، می توان این ثابت را به صورت تقریبی به دست آورد. سرعت کهکشان ها را به توجه به انتقال به سرخ آن ها به دقت می توان اندازه گرفت، اما تعیین فاصله به ویژه در مورد کهکشان های دوردست، کار بسیار دشواری است. دانشمندان در مورد مقدار دقیق ثابت هابل توافق نظر ندارند. مقدار حدود بین 50 تا 100 امروزه به عنوان بازه ی ثابت هابل در نظر گرفته می شود.
اخیرا مقدار تقریبی 70 مورد پذیرش قرار گرفته که با توجه به آن عمر جهان هستی چیزی نزدیک به 13.7 میلیارد سال خواهد بود.

فعالیت 3 : عالم روی کش

ادوین هابل دریافت که همه ی کهکشان ها در حال دور شدن از ما هستند. کهکشان های دورتر، سریع تر دور می شوند. آنچه که به عنوان قانون هابل شناخته می شود نشان داد که سرعت دور شدن کهکشان با فاصله ی آن از ما متناسب است. این نتیجه ی منطقی از انبساط عالم است. در نظر داشته باشید، که دور شدن کهکشان ها از ما، به معنای مرکز عالم بودن ما نیست.

با یک ماژیک بر روی یک کش پهن و با کمک خط کش، در هر یک سانتی متر، یک نشانه قرار دهید و آن ها را A,B, Cو... بنامید. هر نشانه، نمایانگر یک کهکشان است. سپس کش را به موازات خط کش قرار دهید. کهکشان ما در ابتدا و بر روی صفر قرار دارد.
حال شروع به کشیدن کش کنید، دقت کنید که کهکشان خودمان روی صفر باقی بماند. با این کشیدن کهکشان A روی عدد 2 قرار می گیرد و فاصله ی آن از کهکشان ما دو برابر می شود. چه اتفاقی برای فاصله ی کهکشان های B,C, D رخ می دهد؟ آیا فاصله ی آن ها نیز دو برابر می شود؟



کشیدن کش

کش پهن، بدون کشیدن

فرض کنید که زمان صرف شده برای کشیدن کش، یک ثانیه بوده است. آیا سرعت دور شدن همه ی کهکشان ها مشابه بوده، یا برخی سریعتر دور شدند؟ ساکنان کهکشان بعدی، کهکشان ما و سایر کهکشان ها را چگونه می بینند؟ آیا برای آن ها همه ی کهکشان ها در حال دور شدن هستند؟

فعالیت4: عالم بر روی بادکنک

انبساط عالم، فضای بین کهکشان ها را منبسط می کند. کهکشان ها منبسط نمی شوند، خانه ی ما(کهکشان راه شیری) نیز منبسط نمی شود. در واقع اندازه ی اجرامی که با نیروی گرانش محدود شده باشند، افزایش نمی یابد.

آزمایش ساده ای برای اثبات این مدل وجود دارد. تنها به یک بادکنک و مقداری دانه های ریز(مثل کائوچو) نیاز است. در ابتدا کمی بادکنک را باد کرده، سپس روی آن چسب زده و دانه های ریز را روی آن می پاشیم تا روی آن بچسبند، سپس بادکنک را باد می کنیم. دانه ه شروع به دور

شدن از یکدیگر می کنند. برخی خیلی دورتر شده، اما به هم نزدیک نمی شوند. این یک مدل بسیار ساده برای درک مفهوم انبساط عالم است.

با باد کردن بادکنک مشاهده می کنیم که دانه های کائوچو از یکدیگر فاصله می گیرند

دانه های کائوچو را با چسب به بادکنک می چسبانیم

فعالیت5: محاسبه ی ثابت هابل

قانون هابل به ما می گوید که سرعت کهکشان با فاصله ی آن از ما متناسب است: $v=H\cdot d$

ثابت H با نام ثابت هابل شناخته می شود و شما می توانید با استفاده از فاصله و سرعت چند کهکشان، با توجه به فرمول بالا آن را محاسبه کنید:

$$H=\frac{v}{d}$$

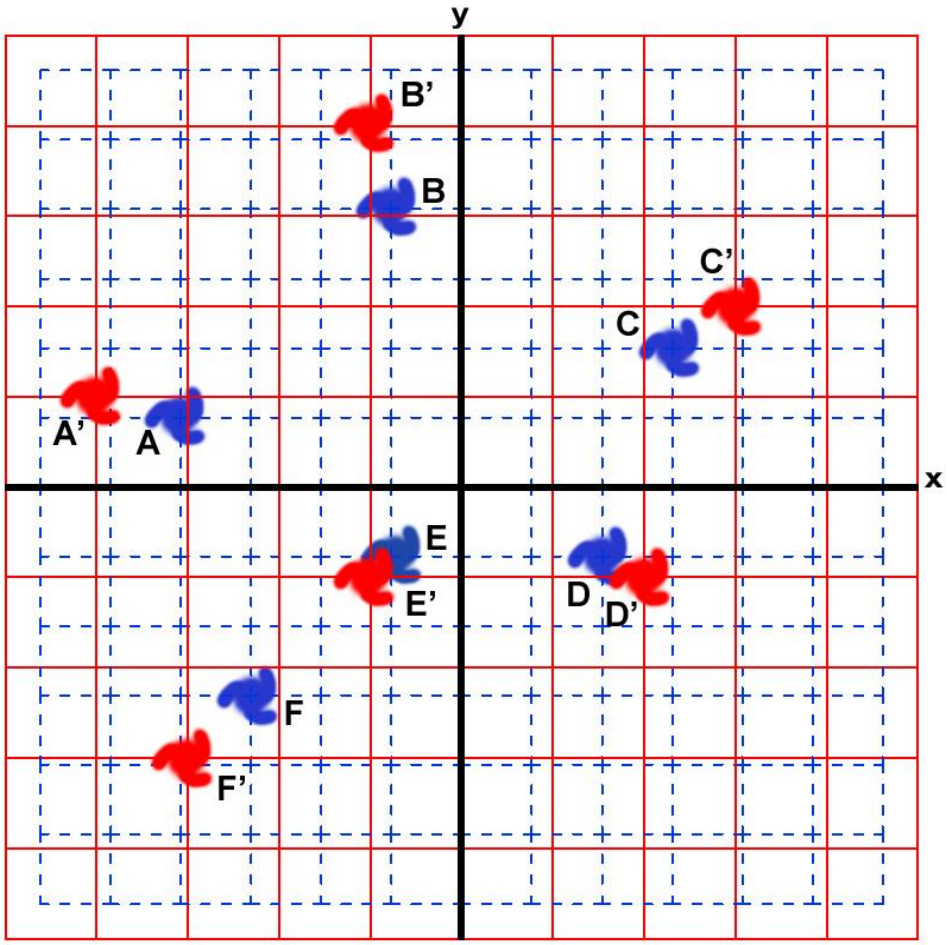
نمودار شکل 12، عالم را نشان می دهد،در این نمودا که با خطوط نقطه چین آبی ترسیم شده، ما در مرکز آن و چند کهکشان آبی رنگ در فاصله ای از ما قرار دارند. بعد از 10 ثانیه، عالم انبساط یافت و خطوط توری و کهکشان به رنگ قرمز نشان داده شد.

جدول1 زیر نقشه را پر کنید. در هر ردیف، اطلاعات مربوط به هر کهکشان را یادداشت نمایید. برای مثال: مختصات با توجه به مربع های آبی(خطوط نقطه چین) و یا قرمز(خطوط پر) به ترتیب برای کهکشان A یا A' یادداشت شود. سپس فاصله به کمک خط کش از مرکز کهکشان ما اندازه گیری شود. ستون داده های Δd از کم کردن فاصله ی A و A' بدست می

آید. در ستون نهایی، ما باید از فاصله ی پیش از انبساط استفاده کنیم.

بررسی کنید که:

- مختصات هر کهکشان با انبساط تغییر نمی کند(کهکشان ها در فضا حرکت نمی کنند)
- مقدار ثابت هابل صرف نظر از کهکشان ها تقریبا ثابت است.



شکل 9: شبکه خطوط اصلی (قرمز) همان نقطه چین (آبی) است اما گسترش یافته است. کهکشانها به شبکه ها وصل شده اند.

Galaxia	Coordenadas x,y	d=distancia al origen	Δd	$v=\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H=\frac{v}{d}$
A	(-4, 1)				
A'	(-4, 1)				
B	(-1, 4)				
B'	(-1, 4)				
C	(3, 2)				
C'	(3, 2)				
D	(2, -1)				
D'	(2, -1)				
E	(-1, -1)				
E'	(-1, -1)				
F	(-3, -3)				
F'	(-3, -3)				

مختصات نوشته شده با مثال

Galaxy	Coordinates x,y	d=distance from origin	Δd	$v=\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H=\frac{v}{d}$
A					
A'					
B					
B'					
C					
C'					
D					
D'					
E					
E'					
F					
F'					

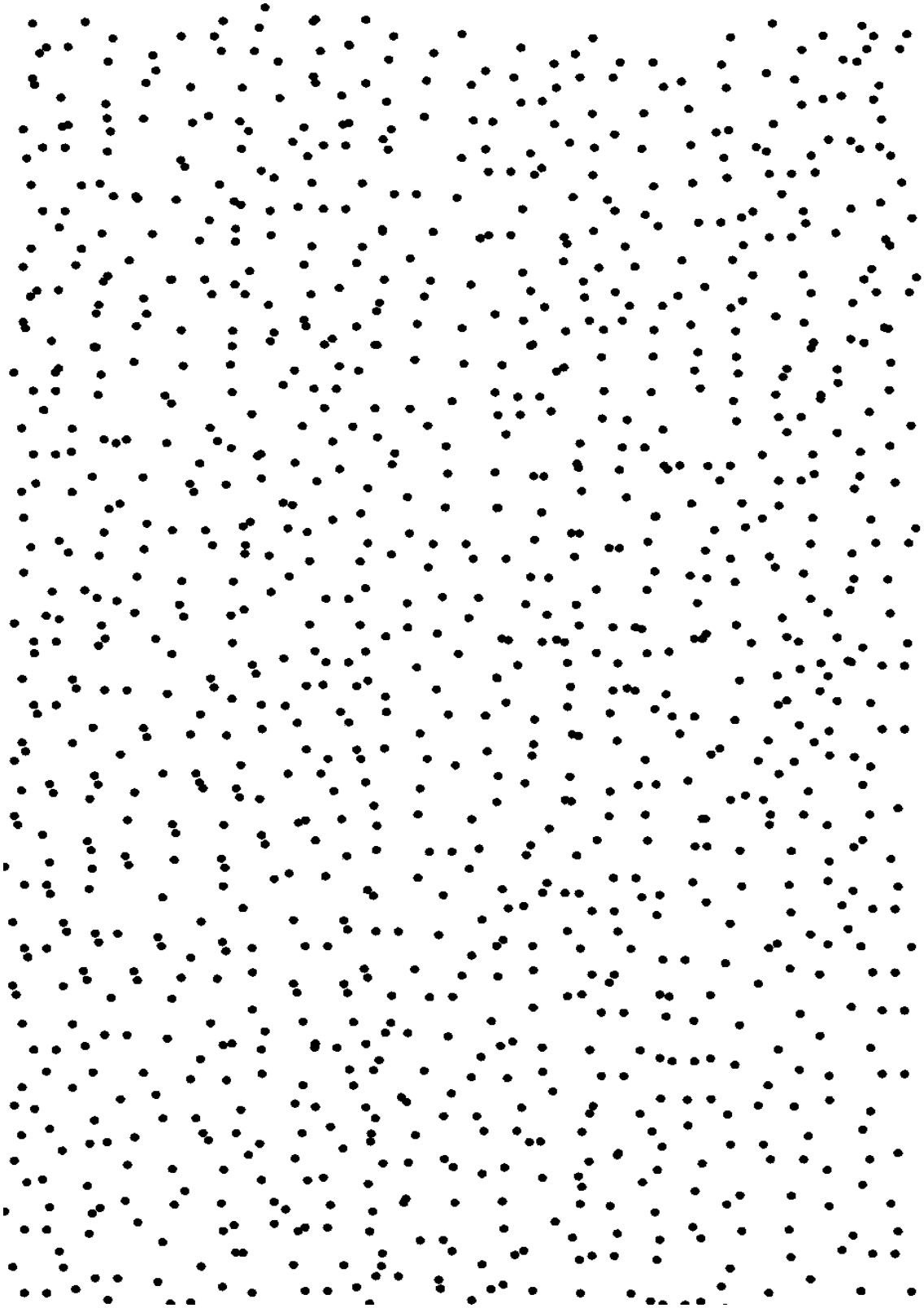
با داده های شکل 9 کامل شود

انفجار بزرگ

در حال حاضر، انفجار بزرگ به عنوان تئوری پیدایش عالم، به صورت گسترده در جامعه ی علمی پذیرفته شده است، البته همچنان برخی از افراد نسبت به آن شک دارند و احساس می کنند که جزییاتی دیگری برای کشف وجود دارد. در سال 1994 مجله آمریکاییSky & Telescope مسابقه ای برای نام گذاری دوباره ی آن برگزار کرد. از میان 12000 پیشنهاد دریافتی، هیچ کدام نتوانست جایگزین نام قبلی شود. این نام توسط ستاره شناسی به نام فرد هویل، که تعصبات ضد مذهبی داشت، انتخاب شد. وی با مشاهده ی انبساط عالم، می توان به گذشته در زمان بازگشت، و جایی که مبدا انفجار واغاز فضا و زمان به شکلی که ما امروزه می شناسیم، دست یافت. ما ممکن است در مورد اینکه چرا و چطور اتفاق افتاد بپرسیم، امما علم بع این سوالات پاسخ نمی دهد. زیرا علم در مورد چگونگی کارکردن اجزا صحبت می کندو علم می تواند در مورد چگونگی انفجار بزرگ صحبت کند، اما سوالاتی مانند چرا ماده وجود دارد را پاسخ نمی دهد. این سوالات مربوط به فیلسوفان، کسانی که متافیزیک مطالعه می کنند، می باشد.

برخی از افراد تلاش می کنند که از برخی مفاهیم علمی فیزیک مانند : نوسانات کوانتومی خلا استفاده کرده و خلا و هیچ چیز را با هم ترکیب کنند:

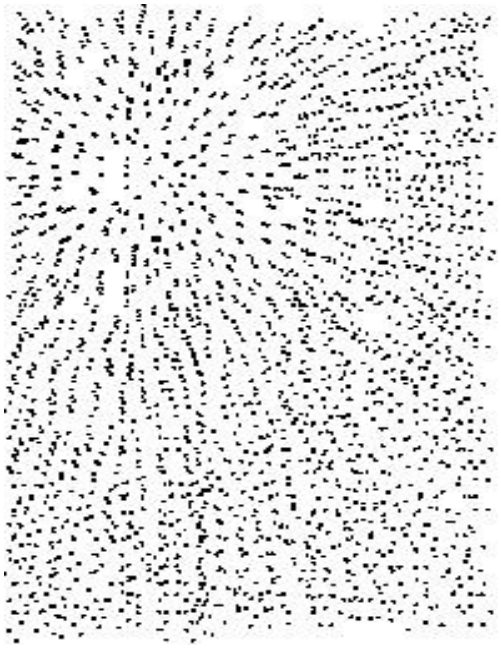
به علم باز می گردیم. در آن لحظه ی ابتدایی، همه ی ماده و انرژی بی نهایت متراکم و کوچک بود. انفجار بزرگ،افنجار فضا در لحظه ی آغاز بود. از آن لحظه به بعد با قوانینی که وجود دارد، ماده شروع به تشکیل شدن کرد و عالم فعلی را ایجاد نمود.



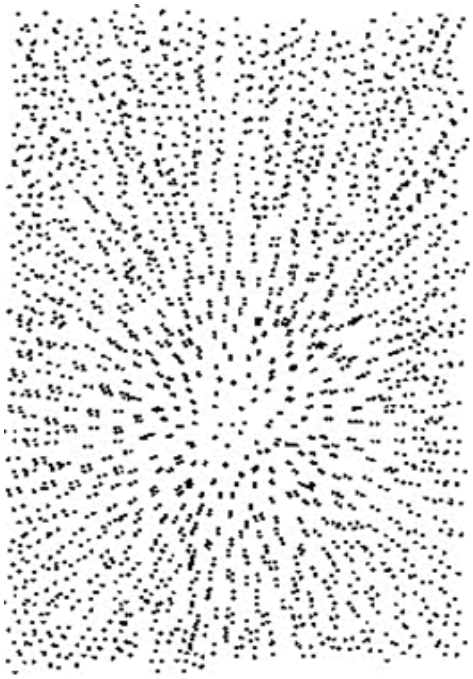
از این صفحه دو کپی روی طلق تهیه کنید، یکی با همین اندازه، دیگری کمی بزرگتر

فعالیت6: مرکز انبساط وجود ندارد

در صفحه ی بعد، نقاشی(شکل 10) وجود دارد که نقاط در آن بیانگر کهکشان ها در یک زمان معین هستند. ازآن تصویر یک کپی بر روی کاغذ شفاف تهیه نمایید. سپس بر روی یک کاغذ شفاف دیگر کمی آن را بزرگ تر کپی کنید. اگر تصاویر را بر روی یک پروژکتور قرار دهیم، می توانیم تصویر از انبساط فضا به دست آوریم. دو تصویر را در یک نقطه منطبق کنید.، حال شما به خوبی جابه جایی شعاعی نقاط را می بینید،برای نقاطی که دور از مرکز انطباق هستند بیشتر است. این نشان می دهد نقاطی که دور از مرکز انطباق هستند با سرعت بیشتری در حال دور شدن هستند. حال اگر مکان انطباق را جابه جا کنید(شکل)، دوباره مشابه خواهد بود بنابراین در فضا: همه ی کهکشان ها را در حال دور شدن از کهکشان خودمان می بینیم، هر چه کهکشان دورترباشد، با سرعت بیشتری در حال دور شدن است. ما گمان می کنیم که مرکز عالم هستیم، اما این گونه نیست و ناظری در کهکشانی دیگر نبز، عالم را به مانند ما می بیند و برای او نیز به نظر می رسد که در مرکز عالم قرار داد.اما در واقع مرکزی وجود ندارد.



برای یک ناظر در یک نکته دیگر ، همچنین به نظر می رسد که همه چیز از او دور می شود: هیچ مرکز جهان نیست.



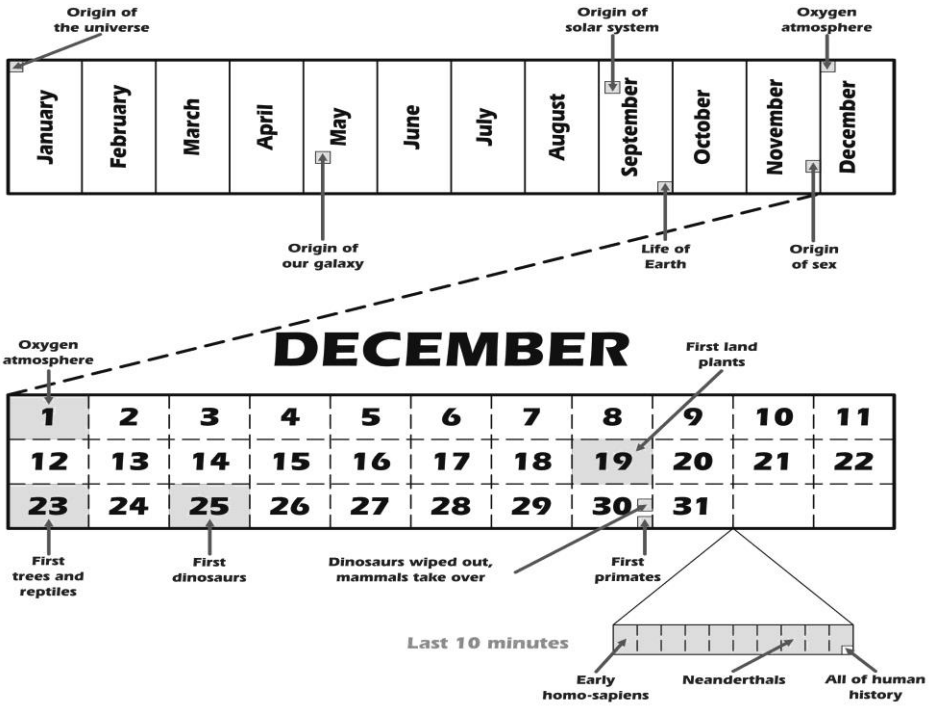
زمانی که دو کپی را روی یکدیگر قرار میدهیم

.

سیرتکاملی عالم

یک ایده برای درک گذشته ی جهان هستی، فشرده کردن زمان از ابتدای بیگ بنگ تا زمان حاضر در قالب یک سال از اول ماه فروردین تا آخرین روز اسفند ماه است.

در ماه تیر ، کهکشان راه شیری به وجودآمد. در ماه آبان، خورشید و زمین در پایان همان ماه تشکیل شد. اما تازه در ماه دی اکسیژن در اتمسفر به وجودآمد. اگرچه سلول های زنده بسیار ساده فورا در روی زمین ظاهر شدند، اما هسته های سلولی در 2 دسامبر و اولین ارگانیسم های چندسلولی در 12 دسامبر پدیدار شدند. در 19 اسفند اولین ماهی ها و گیاهان، حشرات و دوزیستان بین 21 تا 22 اسفند ایجاد شدند. در 25 دایناسورها پدیدا شدند که تا 28 ادامه داشت. در 30 پستانداران بر روی زمین زندگی می کنند، اما تازه در ساعت 11 نیمه شب آخرین روز، انسان پدیدار می شود. ساعت 11:57 نیمه شب، زمانی است که انسان نئاندرتال بر روی زمین زندگی می کند و نقاشی غار التامیرا در دقیقه آخر کشیده شد. 5 ثانیه قبل از 12 شب، حضرت مسیح متولد شد و قرن گذشته در دو دهم ثایه پایانی است.



تقویم کیهانی. تاریخ جهان تا یک سال فشرده شده است. تمام تاریخ ثبت شده (تمدن بشری) در 21 ثانیه گذشته رخ می دهد

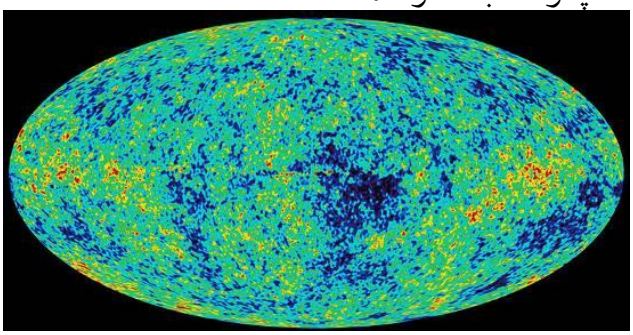
تابش زمینه کیهان.

در لحظات آغازین انفجار بزرگ که دما بسیار بالا بود، چهار نیروی اصلی شناخته شده، یعنی: نیروهای گرانش، الکترومغناطیس و نیروهای قوی و ضعیف هسته ای(این دو نیرو در سطوح اتمی حضور دارند) با یکدیگر متحد بودند. سپس آن ها از هم جدا شده و فوتون، الکترون، پروتون و ذرات بنیادین ایجاد شدند. همزمان با انبساط عالم، دما شروع به کاهش نمود. پس از 300.000 سال، دما به اندازه ای کاهش یافت که اتم ها و به صورت عمده هیدروژن و هلیوم بتوانند ایجاد شد. چگالی کاهش یافت و فوتون ها آزادانه در تمام جهات شروع به حرکت کردند، آن ها نور بودند. دانشمندان می گویند که جهان شروع به پدیدار شدن نمود. آن فوتون ها، هنوز نیز در فضا در حال جابه جایی هستند، اما دمای آن ها کاهش یافته و به همان میزان، طول موج آن ها نیز بیشتر شده است(شکل 13)، این فوتون های بسیار سرد، تنها انرژی با دمای 2.7 کلوین را منتقل می کنند که امروزه با نام تابش زمینه ی کیهان یا CMB شناخته می شود.

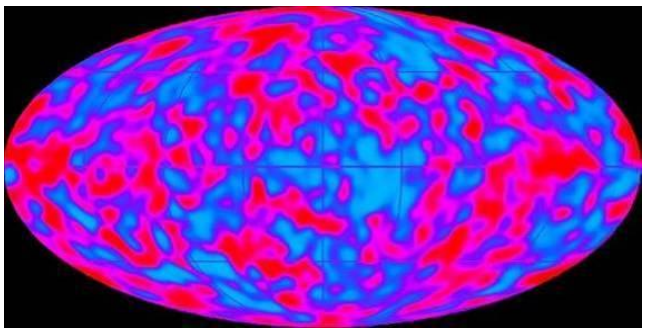
تابش زمینه ی کیهانی، نخستین بار توسط پنزیاس و ویلسون در ایالات متحده امریکا کشف شد. زمانی که آن ها طول موج 7.35 سانتی متری را همیشه و حتی با تغییر مکانی که آنتن نشانه می رفت، دریافت می کردند، تلاش نمودند تا همه ی نویزها را از رادیو تلسکوپ خود حذف کنند. آن ها همه ی اجزا و مراحل نصب را بررسی کردند، حتی آشیانه ی پرنده های نزدیکی که ممکن بود علت احتمالی آن نویز باشند را جابه جا کردند. با این وجود آن ها قادر به حذف نویز زمینه نشدند.
آن ها نتیجه گرفتند که این امواج از جسمی با دمای 2.7 کلوین- دمای فعلی عالم- که در جای مشخصی قرار ندارد، منتشر می شود.
آنچه آن ها یافته بودند در واقع تابشه زمینه ی کیهان، یادگار انفجار بزرگ بود. با کمک یک تلویزیون آنالوگ قدیمی و تنظیم آن روی یک شبکه آزاد هر کس می تواند این تابش را شناسایی کند: از هر ده نقطه ای که مشاهده کنید، یکی از آن ها، تابش زمینه ی کیهان است. این تابش در محدوده ی ریز موج قرار دارد، مشابه فر خانگی. اما انرژی بسیار کمی دراد و تنها می تواند غذا را تا دمای 2.7 کلوین گرم کند.

با گذشت زمان با گسترش فضا، فوتون ها
در طول موج گسترش می‌یابند. این تابش
پس زمینه مایکروویو است

اگرچه این تابش به طرز چشمگیری، یکنواخت به نظر می رسد، اما جی. سامون، ار.مثر . همکارانش به کمک ماهواره ی COBE توانستند، نوسانات بسیار اندکی را شناسایی کنند. همزمان با آن ها، طی آزمایشی در انستیتو اخترفیزیک جزیره ی تنریف قناری، این نوسانات بر روی زمین نیز شناسایی شد. در سال 2001، ناسا تلسکوپ فضایی WMAP با وضح بالا را برای مطالعه ی تابش زمینه ی کیهان ، به فضا پرتاب کرد.



تصویر WMAP.



تصویر COBE .

این تغییرات اثرات ماده ای از کهکشان ها شروع به شکل گیری می کنند، اگرچه این تغییرات کمی است. ما نمی دانیم چه چیزی باعث ایجاد این نوسانات در چگالی شده است. آنچه ما می توانیم بگوییم این است که "چین خوردگی" در این منطقه رخ داده است و تراکم فقط در چند صد میلیون سال پس از بیگ بنگ در پروتو-کهکشان ها رخ می دهد. تقریباً

همزمان اولین ستاره ها در این کهکشان های اولیه شکل گرفته بودند.

فعالیت 7: شناسایی تابش زمینه ی کیهان.

حدود 300.000 سال بعد از انفجار بزرگ، فوتون ها از ماده جدا شده و شروع به گردش آزاد در عالم نمودند. با انبساط عالم، طول موج فوتون ها نیز افزایش یافت. امروزه این طول موج حدود 2 میلی متر تخمین زده می شود که در ناحیه ی ریز موج طیف قرار دارد و با تابش جسمی سیاه با دمای 2.7 کلوین برابر است. پنزیاس و ویلسون در سال 1964، برای نخستین بار تابش زمینه ی کیهان، تابش یادگاری ای که از همه ی جهات دریافت می شود، را شناسایی نمودند. ماهواره COBE (شکل14) و ماهواره ی WMAP (شکل) اندازه گیری دقیق از این تابش در جهات مختلف بدست آوردند و نوسانات بسیار ضعیف از یک محل به محل دیگر که مربوط به خوشه های کهکشان ها را بود، شناسایی کردند.

ما می توانیم این تابش زمینه را با یک تلویزیون ساده (شکل 15) مشاهده کنیم. برای این منظور تلویزیون را روشن و روی یک کانال آزاد قرار می دهیم، تصویر ترکیبی از نقاط در حال تغییر بسیاری خواهد بود. به صورت تقریبی،10 درصد، یعنی یکی از هر ده نقطه، مربوط به تابش زمینه ی کیهان است.

برخی از نقاط یک صفحه نمایش تلویزیونی با آنتن آنالوگ کار می کند و برفک نشان میدهد،
از امواج پس زمینه مایکروویو کیهانی است.

چرا شب تاریک است؟

این عنوان یک مقاله ی جذابی به قلم هانریش اولبرز آلمانی در سال 1823 بود. پیش تر ها، در سال 1610، کپلر از این مدرک برای اثبات عدم نامتنهای بودن عالم استافده کرد. یک قرن بعد، ادموند هالی، برخی نقاط روشن در آسمان را دید و پیشنهاد کرد که آسمان به صورت یکسان در طول شب، روشن نیست و در نتیجه جهان نامتنهای است و ستارگان یکسان توزیع نشده اند. حتی نویسنده ی مشهور، ادگار آلن پو نیز در این مورد نوشت. با این حال، این موضوع با عنوان پارداوکس آولبرز در تاریخ باقی ماند.

از سمت چپ به راست: یوهانس کپلر، ادموند هالی، هانریش اولبرز، ادگارد آلن پو

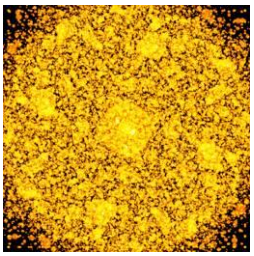
پاسخ به نظر بدیهی می رسد، اما نه بعد از خواندن مقاله ی اولبرز.
دلایل اولبرز ما را به سمت پارادوکسی راهنمایی می کند که آسمان شب، باید مثل یک روز با شکوه، روشن باشد. اجازه دهید تا دلایل او را مرور کنیم.

دلایل اولبرز بر اصول زیر استوار بود:
جهان هستی از نظر وسعت بی انتها است.
ستارگان تقریبا به صورت یکسان در عالم توزیع شده اند.
همه ی ستارگان دارای درخشندگی مشابه در سرتاسر عالم هستند.
از روی زمین به عالم نگاه کنید. تصور کنید که ستارگان بر روی کره ای به شعاع R_1 قرار دارند. تعدا ستارگان N_1 است. حال کره ی دیگری با شعاع بزرگ تر R_2 تصور کنید، لایه ی دوم شامل ستاره های دورتر با نور کمتر می شود، اما این لایه تعداد بیشتری ستاره دارد و طبق اصل 2، کاهش

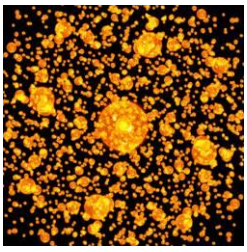
نور را خنثی می کند(شدت نور با توجه به رابطه ی $1/R^2$ کاهش می یابد، و تعداد ستارگان با توجه به افزایش سطح طبق این رابطه R^2 افزایش می یابد)، در نتیجه لایه ی دوم، با مانند لایه ی نخست، به زمین روشنایی می رساند. و طبق اصل 1، تعدادی لایه ها نامحدود است، در نتیجه، آسمان در شب می بایست روشن باشد.

روش دیگر بیان این موضوع این سات: اگر به آسمان شب بنگریم، تعداد بی شماری ستاره مشاهده خواهیم کرد و چشمان ما همیشه سطح یک ستاره را می بیند و ما نقاط نوری می بینیم. حال اگر این در آسمان رخ دهد، شب می بایست کاملا درخشان باشد..

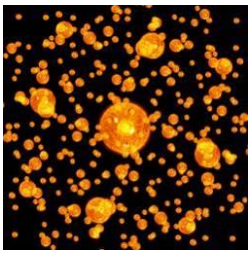
بدیهی است، که این موضوع درست نیست. پارادوکس اولبرز مجادله های زیادی در دنیای علمی ایجاد کرد که تا ابتدای قرن بیستم و پیدایش نظریه انفجار بزرگ ادامه داشت. استدلال ها به خودی خود صحیح بودند، اما مشکل اصلی از اصول اشتباهی بود که در نظر گرفته شده بودند. در واقع با انبساط عالم، نور ستارگان دور دست، انتقال به سرخ بیشتری نسبت به مکان واقعی آن ها دارد. و این موجب کاهش درخشندگی ستارگان می شود و بنابراین اصل 3 صحیح نیست. همچنین ما می دانیم که ستاره های دور دست، انتقال به سرخ بیشتری دارند، بنابراین ما به گذشته ی آن ها را می بینیم. ستارگان بسیار دوردست در ابتدای انفجار بزرگ متولد شده اند، اما ما نمی توانیم بیشتر از آن را ببینیم، زیرا لایه های نامحدودی ستاره نداریم، بنابراین اصل 1 نادرست است.



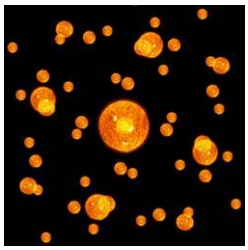
در هر نقطه ای از آسمان باید ستاره ها را مشاهده کنیم



در فاصله های دورتر ستاره های بیشتری وجود دارند



اما همچنین نور از ستاره های دور دست نیز مشاهده می شود



نوری که از ستاره های نزدیک می آید

در قرن 20، پارادوکس اولبرز با شناخت انبساط عالم و درک سن جهان، حل شد.
خوشبختانه آسمان همچنان تاریک خواهد بود.

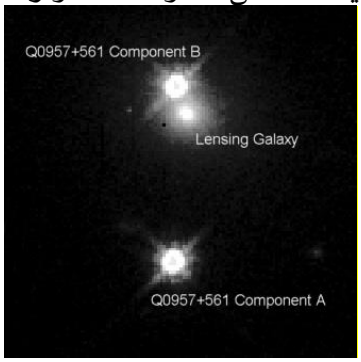
عدسی گرانشی

نور همیشه کوتاه ترین مسیر ممکن بین دو نقطه را طی می کند. اما اگر جرمی در مسیر وجود داشته باشد، فضا خمیده شده و کوتاه ترین مسیر ممکن یک منحنی خواهد بود، مانند آنچه در شکل 18 نشان داده شده است. این ایده برای دانش آموزان سخت نیست. ما می توانیم به راحتی آن را بر روی یک کره ی زمین انجام دهیم. آن ها می توانند بفهمند که مسیر بین دو نطقه بر روی زمین، همیشه یک منحنی است.

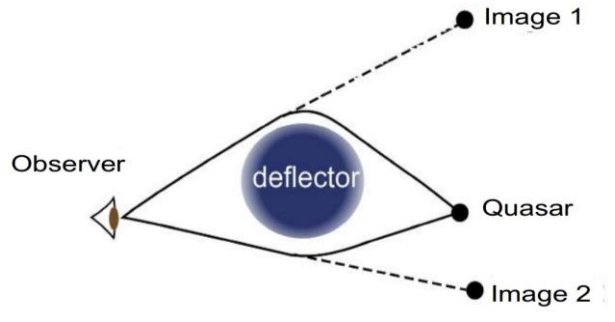
کوتاهترین مسیر روی سطح زمین یک خط مستقیم نیست .

اگر فضا منحنی باشد ، کوتاهترین مسیر بین دو نقطه منحنی است

به صورت عمومی، عدسی گرانشی را می توان یک عدسی معمولی در نظر گرفت، با این تفاوت که عمل انحراف در فضا توسط حجم عظیمی از ماده موجود در مسیر نور، که انحراف کننده نامیده می شود، صورت می گیرد.

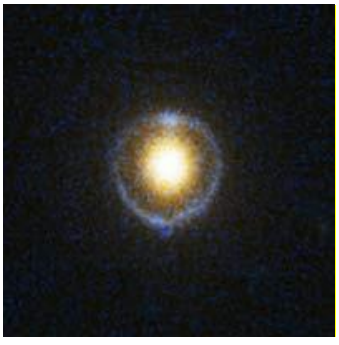


تصویری از کوارک دوتایی Q0957 + 561 تصویر. کهکشان نزدیک به جزء B است منحرف شده است.

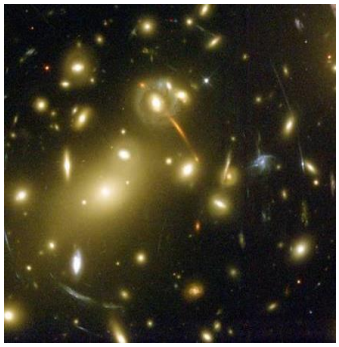


ناظر دو تصویر را مشاهده می کند ، زیرا به نظر می رسد که نور از دو مکان مختلف در حال آمدن است

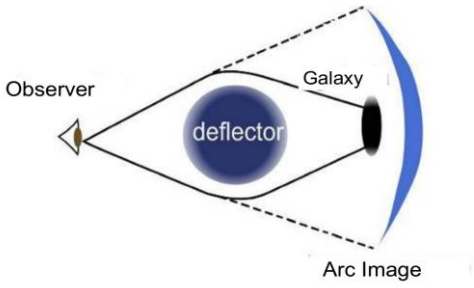
عدسی گرانشی موجب انحراف دسته ی نور ساطع شده از جرم نجومی می شود. اگر این اجرام، منابع نور نقطه ای (مانند ستاره یا کوازار) باشند، آن ها در مکان هایی متفاوت با مکان اصلی خود دیده می شوند، و گاهی اوقات ممکن است چند تصویر از جرم تولید شود. اگر اجرام منتشر کننده نور وسیع باشند(مانند کهکشان ها)، تصاویری با کمان های درخشان ایجاد می شود..



حلقه کامل یک کهکشان در پشت یک منحرف کننده



قوسهای درخشان غول پیکر که توسط خوشه کهکشانی Abell 2218 شکل گرفته است

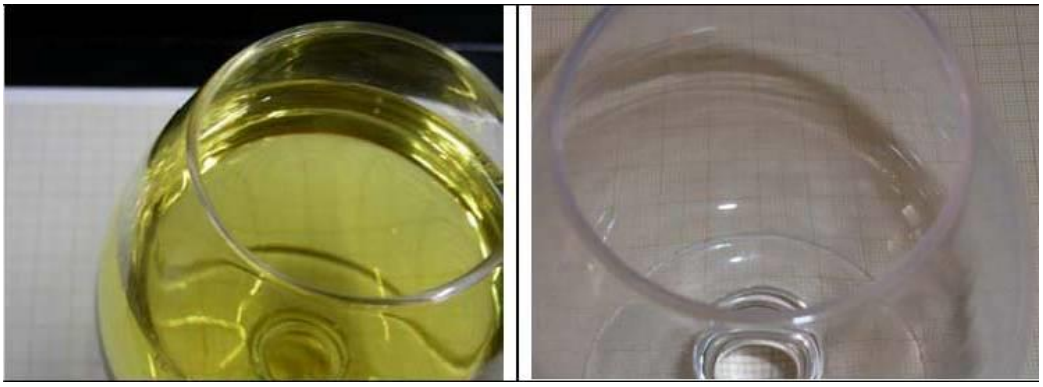


اگر بدنه منحرف شده جرمی بزرگ باشد ، تصاویر بدست آمده مجموعه ای از قوس های روشن یا یک حلقه کامل هستند.

فعالیت 8: شبیه سازی عدسی گرانشی با لیوان پایه دار

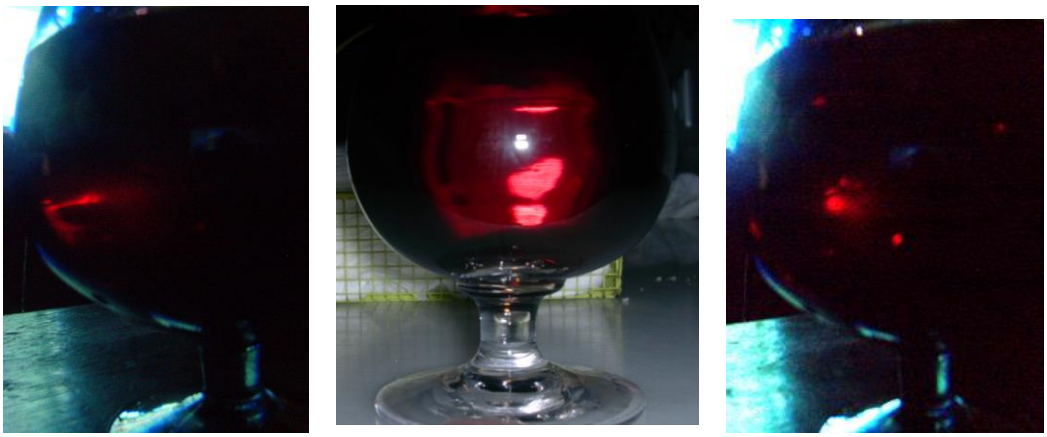
ما می توانیم عدسی گرانشی را به کمک یک لیوان پایه دار شبیه سازی کنیم. این آزمایش به شما اجازه می دهد که ایجاد انحراف توسط ماده را مشاهده کنید.حال حلقه ی انیشتین و یا تصویر چندگانه را باه هم می سازیم. چراغ قوه را برداشته و در سمت دیگر لیوان پر از آب میوه قرار دهید و به پرتو نور نگاه کنید.

به راحتی می توان انحراف فضا را در این شبیه سازی مشاهده کرد. یک کاغذ سفید شطرنجی در زیر لیوان قرار دهید و یک لیوان پر از آب سیب روی آن قرار دهید. حال می توان انجراف خطوط شطرنجی را دید.



ما فقط در صورت پر شدن لیوان می توان انحراف در کاغذ گراف را مشاهده می کنیم

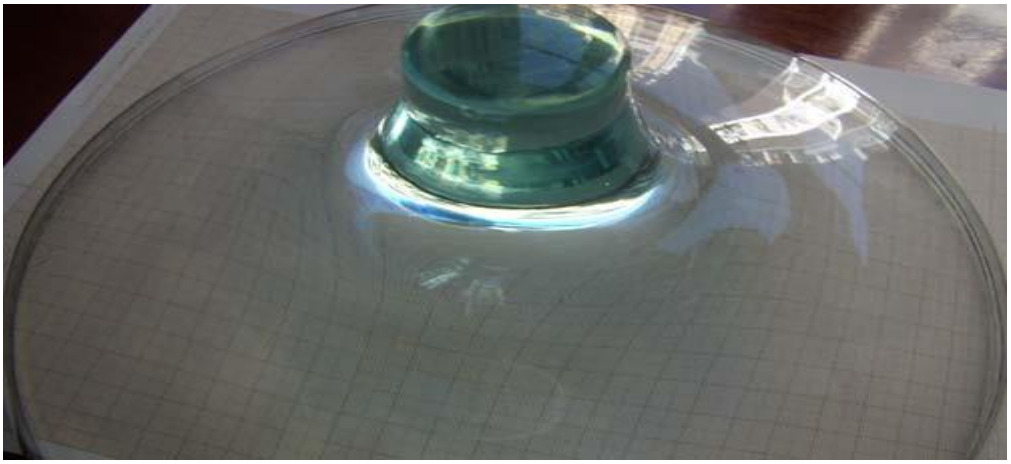
به پرتو نور نگاه کنید، ما آن را از راست به چپ و از بالا به پایین حرکت می دهیم. می بینم که نور نقطه ای نیست، آب میوه موجب تکرار تصویر و یا ایجاد کمان شد. در نتیجه لیوان به مانند یک عدسی عمل کرده و موجب انحراف خط سیر نور شد. در برخی موارد می توان شکل های بی نظم، نقاط قرمز روشن، چهار نقطه ی قرمز و یا کمان قرمز بین نقاط مشاهده نمود.



شکل راست: پرتو چراغ قوه به عنوان قوس بین دو لکه قرمز روشن انحرافی پیش آمده شکل وسط: مانند یک مستطیل بی شکل. و شکل چپ: صلیب انیشتین.

ما همچنین می توانیم به کمک پایه ی لیوان، شبیه سازی عدسی گرانشی را انجام دهیم. پایه ی لیوان شیشه ای را روی کاغذ شطرنجی قرار می دهیم و از آن نگاه می کنیم. خطوط کاغذ دچار انحنا شده اند.
با حرکت دادن پایه ی لیوان به آرامی از راست به چپ بالای یک جسم (مثلا دایره ای به شعاع 3 سانتی متر) می توان

اشکالی که توسط عدسی گرانشی مشاهده می شوند را تولید نمود.



تغییر شکل شبکه

پایه شیشه ای می تواند اشکال مختلفی را ایجاد کند که توسط لنزهای گرانشی ساخته شده است: بخش های قوس ، تصاویر نقاط و حلقه های انیشتین.

کتابشناسی

Moreno, R. *Experimentos para todas las edades*. Ed. Rialp., Madrid. 2008.

Moreno, R. *Taller de Astrofísica*. Cuadernos ApEA. Antares, Barcelona. 2007

Moreno, R. *Historia Breve del Universo*. Ed. Rialp., Madrid. 1998.

Moreno, A, Moreno, R. *Taller de Astronomía.* Ediciones AKAL, Madrid. 1996.

Riaza, E, Moreno, R .*Historia del comienzo: George Lemaître, padre del Big Bang*. Ediciones Encuentro, Madrid, 2010.

Ros, R.M, *Experiments and exercises involving gravitational lenses*,Proceedings 1st ESO-EAAE Astronomy Summer School, Barcelona, 2007.
Ros, R.M, *Gravitational lenses in th classroom*, Physics Education, 43, 5, 506, 514, Oxford, 2008.

- http://www.dsi.uni-stuttgart.de
- http://georgeslemaitre.blogspot.com/
- http://www-ra.phys.utas.edu.au/~jlovell/simlens
- http://leo.astronomy.cz/grlens/grl0.html