انبساط کیهان

Ricardo Moreno, Susana Destua,
Rosa M. Ros, Beatriz García

International Astronomical Union
Colegio Retamar de Madrid, Spain
Space Telescope Science Institute, USA
Technical University of Catalonia, Spain
ITeDA and Technological National University, Argentina

اهداف

- درک انبساط کیهان
- درک اینکه کیهان مرکزی ندارد
- درک قانون هابل
- تحلیل نحوه شناسایی ماده تاریک

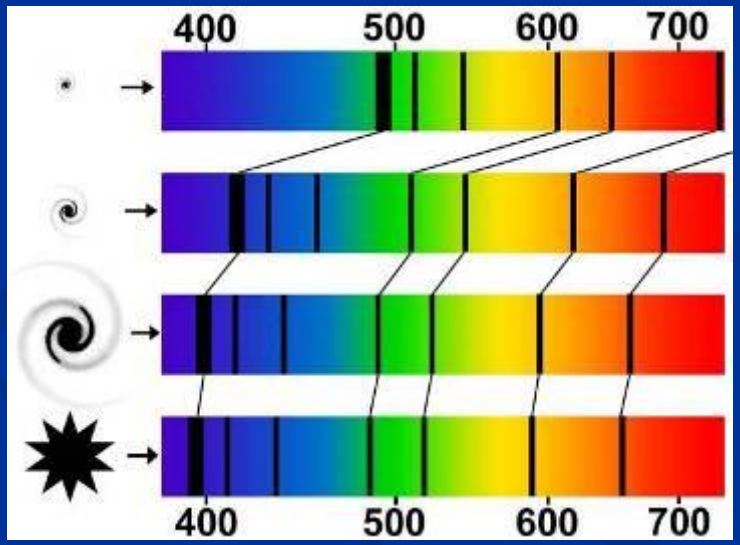
ارائه

- این کارگاه به بررسی موارد زیر می پردازد:
- منشا کیهان: بیگ بنگ
- کهکشان ها حرکت نمی کنند بلکه فضا منبسط می‌شود
- ثابت هابل: $v=H.d$
- کیهان، مرکز ندارد، همان طور که یک کشور مرکزی نداریم
- امواج پس زمینه کیهان(تابش زمینه کیهان)
- عدسی گرانشی

مدل، پیش بینی و اثبات
ازمایش با رومیزی

- پیش بینی: اگر رومیزی را خیلی سریع از روی میز بکش یم اجسام روی آن نمی افتند و می‌توان آن را اثبات کرد.
- این ازمایش را می‌توان انجام داد زیرا فیزیک علمی است که به شما اجازه پیش بینی می‌دهد. اگر ر ومیزی را به سرعت از روی میز بکشید، نیروی اصطحکاک فرصت عمل ندارد و اجسام نمی‌افتند.
- قوانین فیزیکی که در زمین وجود دارند در کل هستی مورد استفاده قرار می گیرند.

انتقال به سرخ



- الگوی نوری هر عنصر دارای خطوطی است، که طیف نام یده می شود و برای هر عنصر مشخص می باشد.
- با مشاهده نور کهکشان های دور متوجه جابه جایی خطوط طیف به سمت رنگ سرخ می‌شویم. هر چقدر فاصله کهکشان بیشتر باشد، انتقال به سرخ بیشتر خواهد بود.
- می توان گفت که این جابه جایی در اثر دور شدن کهکشان‌ها از ما می‌باشد.

انتقال به سرخ

- کهکشان‌های پیرامون ما، حرکتی نسبی کم و نامنظمی دارند. سرعت برخی کهکشان های هم سایه به صورت زیر می‌باشد:
- ابرماژلانی بزرگ: 13+، ابرماژلانی کوچک: 30-، آندرومدا: 60- و 21+ :M32کیلومتر بر ثانیه می‌باشد
- سرعت حرکت کهکشان های خوشه سنبله (با فاصله 50میلیون سال نوری)بین 1000 تا 20 00 کیلومتر بر ثانیه می‌باشد
- سرعت حرکت ابرخوشه کهکشانی گیسوی برنیکه (با فاصله 300 میلیون سال نوری)، بین 7000 تا 85000 کیلومتر بر ثانیه می‌باشد

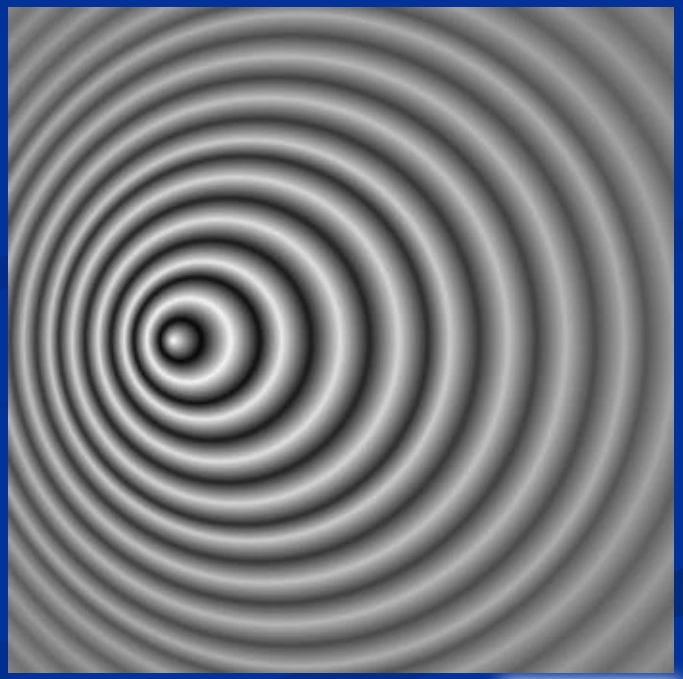
انتقال به سرخ

- در خلاف جهت آن ها M74و M77به ترتیب با سرعت 800 و 1130- کیلومتر بر ثانی ه در حال دور شدن از ما می‌باشند
- اگر کهکشان های دور و کم نور را مشاهده کنیم، سرعت دور شدن آن ها بسیار بیشتر ا ست: سرعت حرکت NGC375, NGC562, NGC326به ترتیب 620، 10500 و 14 500 کیلومتر بر ثانیه می‌باشد
- صرف نظر از جهتی که کهکشان ها را مشاهده می کنیم، همه ی کهکشان ها، به جز کهکشان های نزدیک، در حال دور شدن از ما هستند.

اثر دوپلر

به صورت مشابه مانند مثال سفره، سایر قوانین فیزیکی جهان را می توان مطالعه کرد.

- وقتی یک آمبولانس، موتور یا قطار در حال نزدیک شدن به ما هست، صدایش زیرتر و به هنگام دور شدن صدای آن بم تر می شود.



- طول موج کوتاه ←صدای زیر
- طول موج بیشتر ←صدای بم

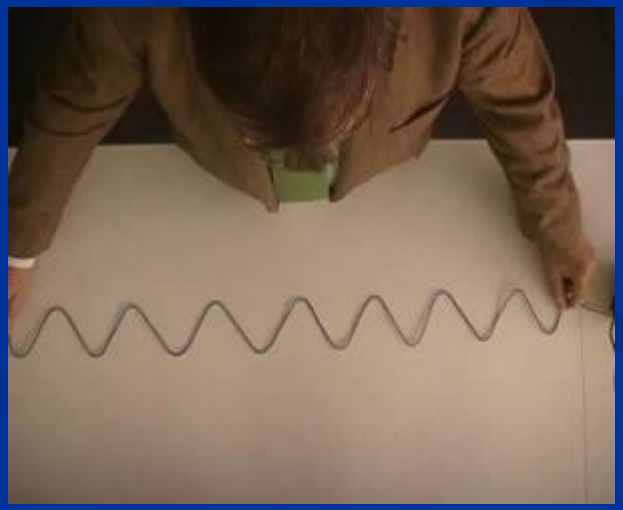
فعالیت 1: اثر دوپلر

- اثر دوپلر را می توان با چرخاندن یک ساعت زنگدار در بالای سر شبیه سازی کرد.
- وقتی ساعت به سمت شنونده نزدیک می شود، طول موج آن کوتاه تر و گام صدای آن بیشتر می شود(صدا زیرتر).
- وقتی ساعت شروع به دور شدن کند، طول موج بیشتر و گام صدای آن کمتر می شود(صدا بم تر).
- این همان اتفاقی است که برای موتورسیکلت، آمبولانس و قطار رخ می دهد.

در این آزمایش، اثر دوپلر ناشی از جابه جای نسبی منبع صوت است.
در انبساط جهان این پدیده برای امواج الکترومغناطیس رخ می دهد.

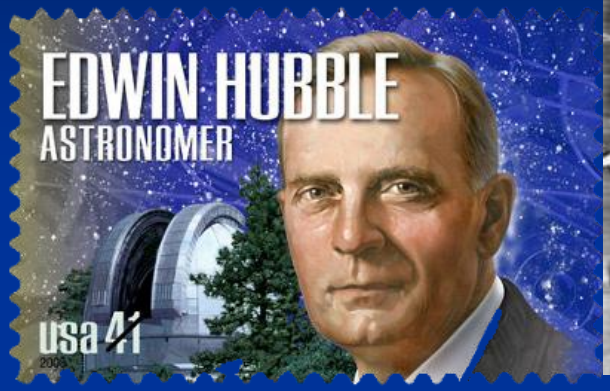
فعالیت2: کشیده شدن فوتون‌ها

- با انبساط کیهان، فوتون های آن نیز کشیده می‌شوند.
- می‌توان با استفاده از یک سیم فنری که قابلیت انعطاف دارد، کشیدگی فوتون‌ها را مدلسازی کرد.
- هرچقدر مسیر فوتون‌ها طولانی تر باشد، کشیدگی آن ها بیشتر خواهد شد.

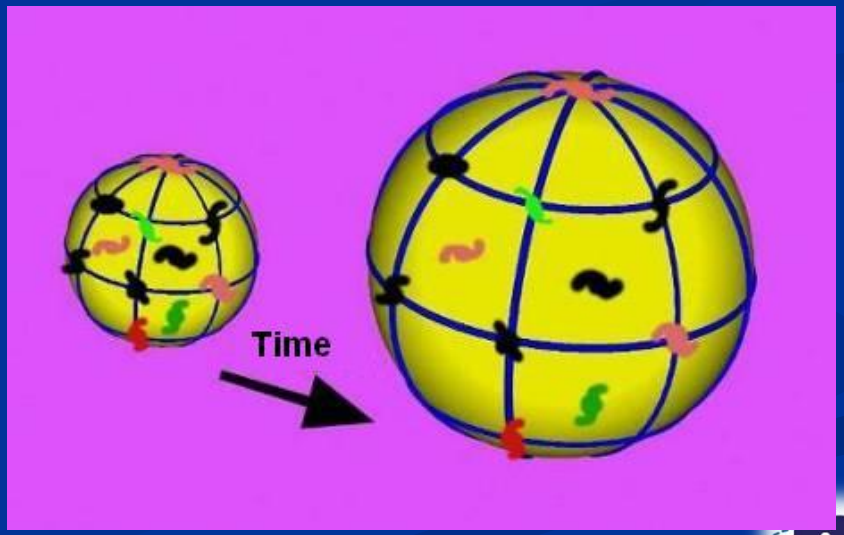


قانون هابل

- بین سال های 1920 تا 1930 ادوین ه ابل و جورج لمایتر متوجه شدند که که کهکشان های دورتر در مقایسه با کهک شان های نزدیک، سریعتر دور می شون د.

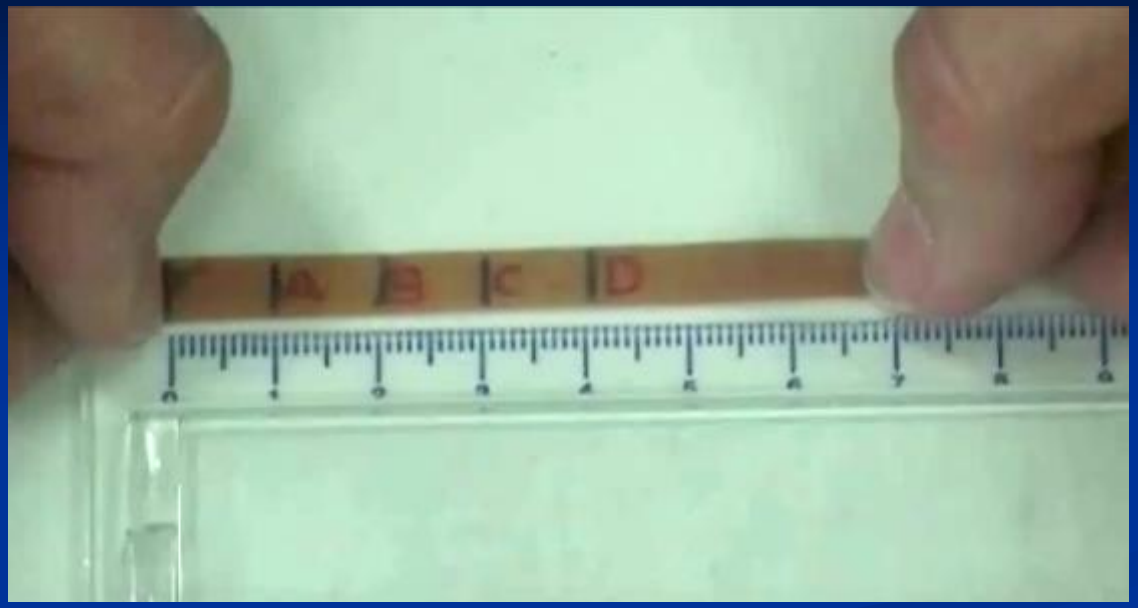


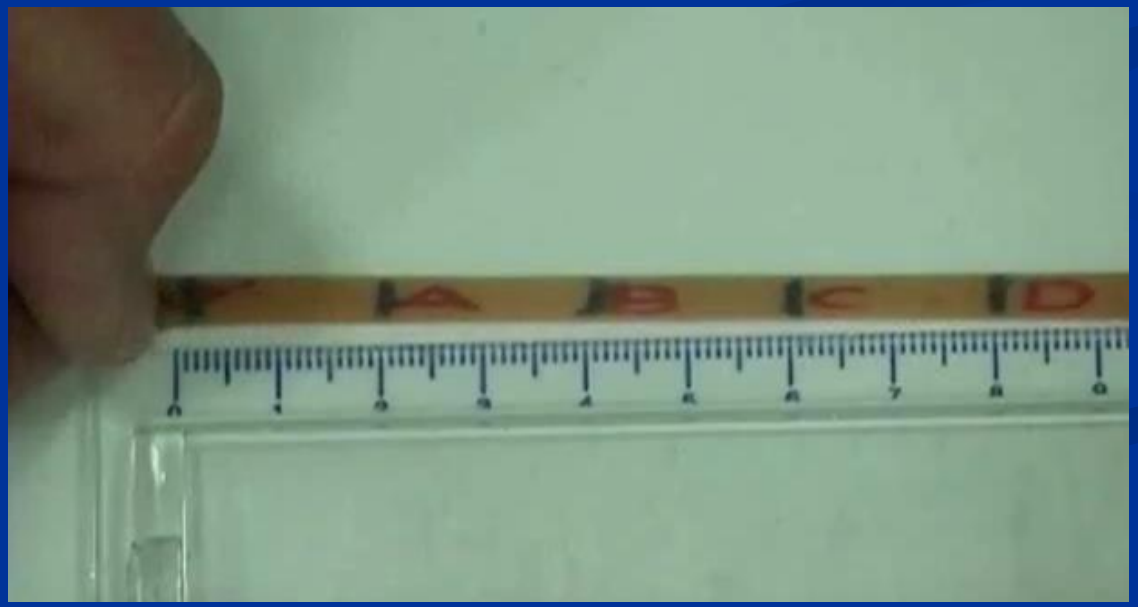
- قانون هابل-لمایتر :
- $v = H \times d$



- در واقع کهکشان ها در حال حرکت در فضا نیستند، بلکه کیهان در حال انبساط است و کهکشان ها را می کشد.

فعالیت3: جهان در یک کش





فعالیت 4: جهان بر روی یک بادکنک

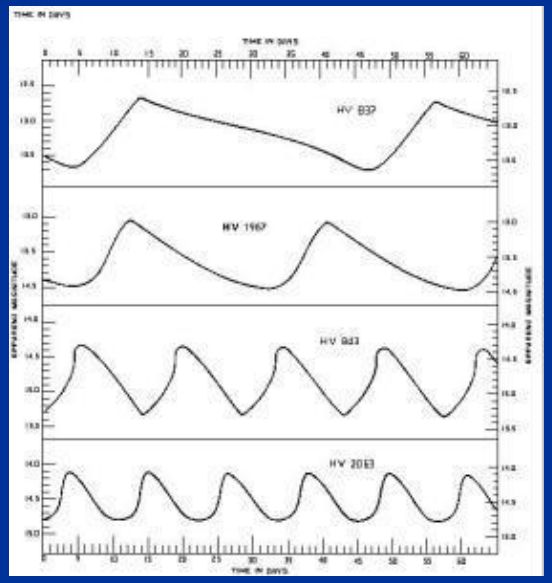
فاصله میان کهکشان ها با انبساط افزایش می‌یابد

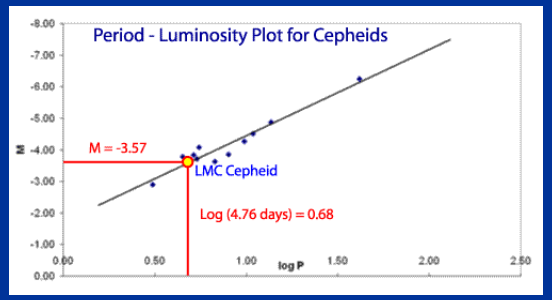
کهکشان‌ها بر روی بادکنک حرکت نمی کنند.

اگر خودمان را سوار بر هر یک از کهکشان های روی بادکنک تصور کنیم، می بینیم که سایر کهکشان ها در حال دور شدن از ما هستند.

انبساط عالم

1) فاصله کهکشان های نزدیک را می توان به کمک رابطه ی دوره- درخشندگی ستارگان متغییر قیفاووسی بدست آورد(این رابطه توسط هنریتا لویت در دانشگاه هاروارد در ابتدای قرن 20 کشف شد).





- به کمک نمودار نور، می توان دوره(P) را بدست آورد.
- به کمک رابطه ی دوره- درخشندگی می توان قدر مطلق(M) را بدست آورد.
- به کمک رابطه ی زیر می توان فاصله کهکشان ها را بر حسب پارسک بدست آورد:

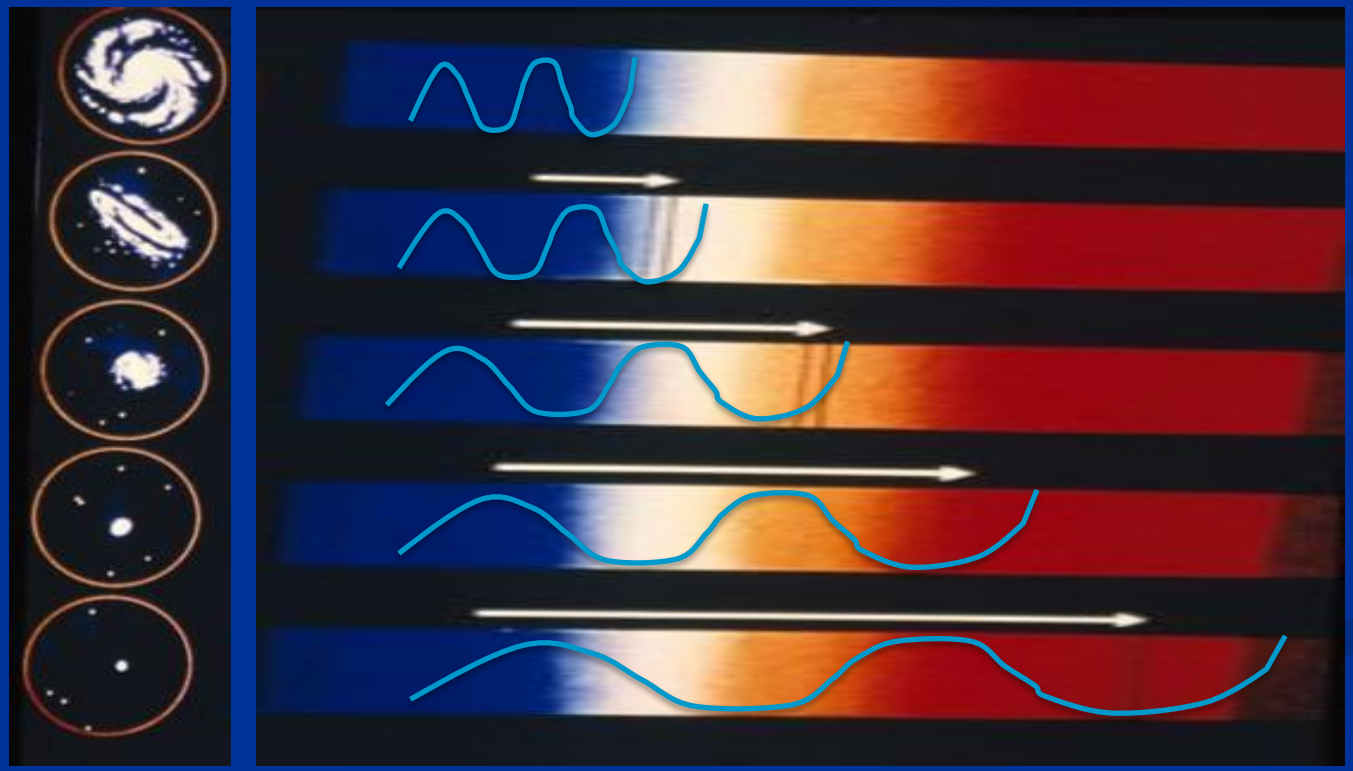
$$d=10^{(m-M+5)/5}\ \text{parsec}$$

- برای تعیین فاصله کهکشان های دور دست، ستاره شناسان از نوع خاصی از ابرنواخترها(نوع Ia) استفاده می کنند.

انبساط کیهان

2. سرعت دور شدن با استفاده از جابه جایی خطوط طیفی از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$v = (\Delta \lambda / \lambda) * c$$



انبساط کیهان

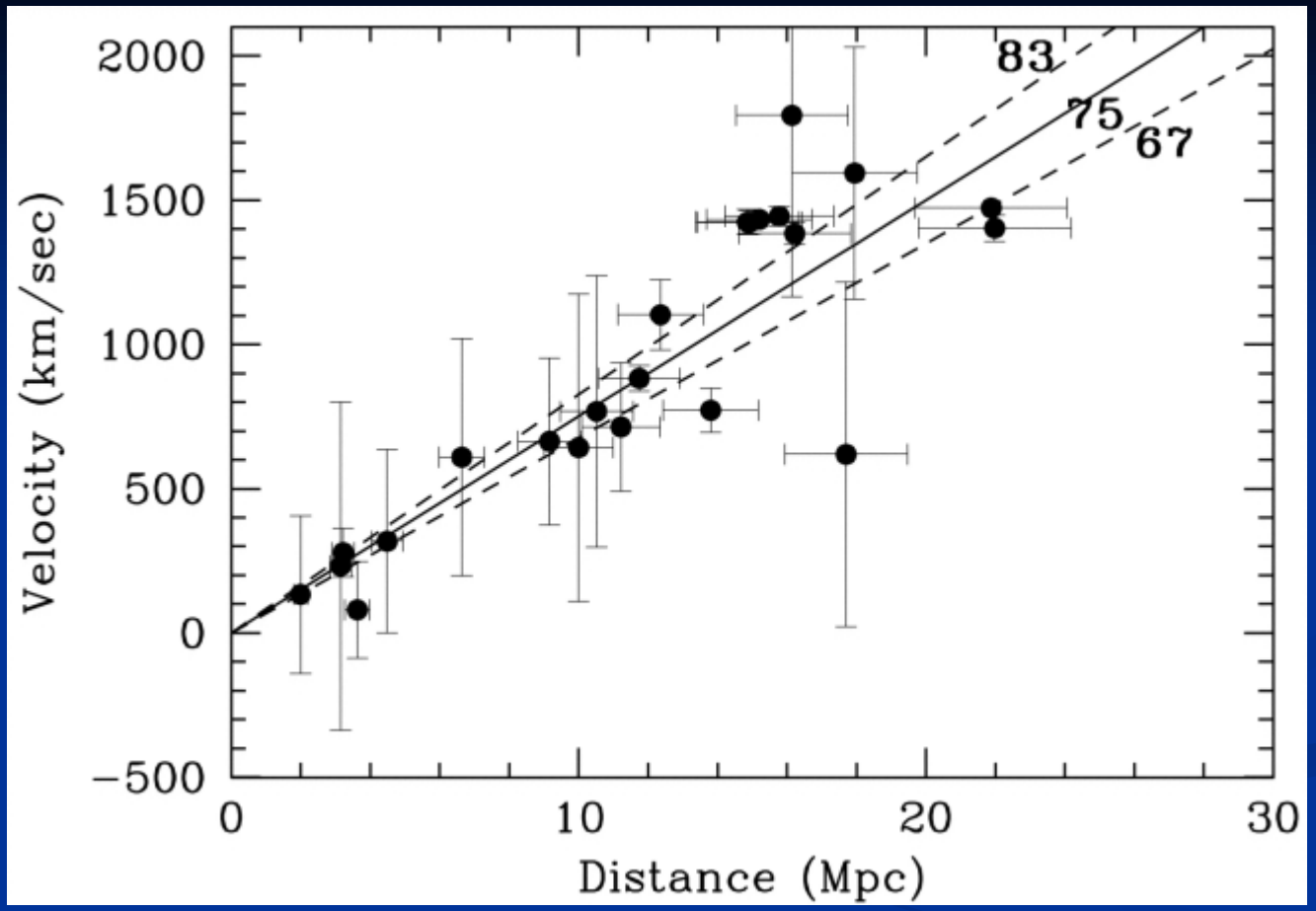


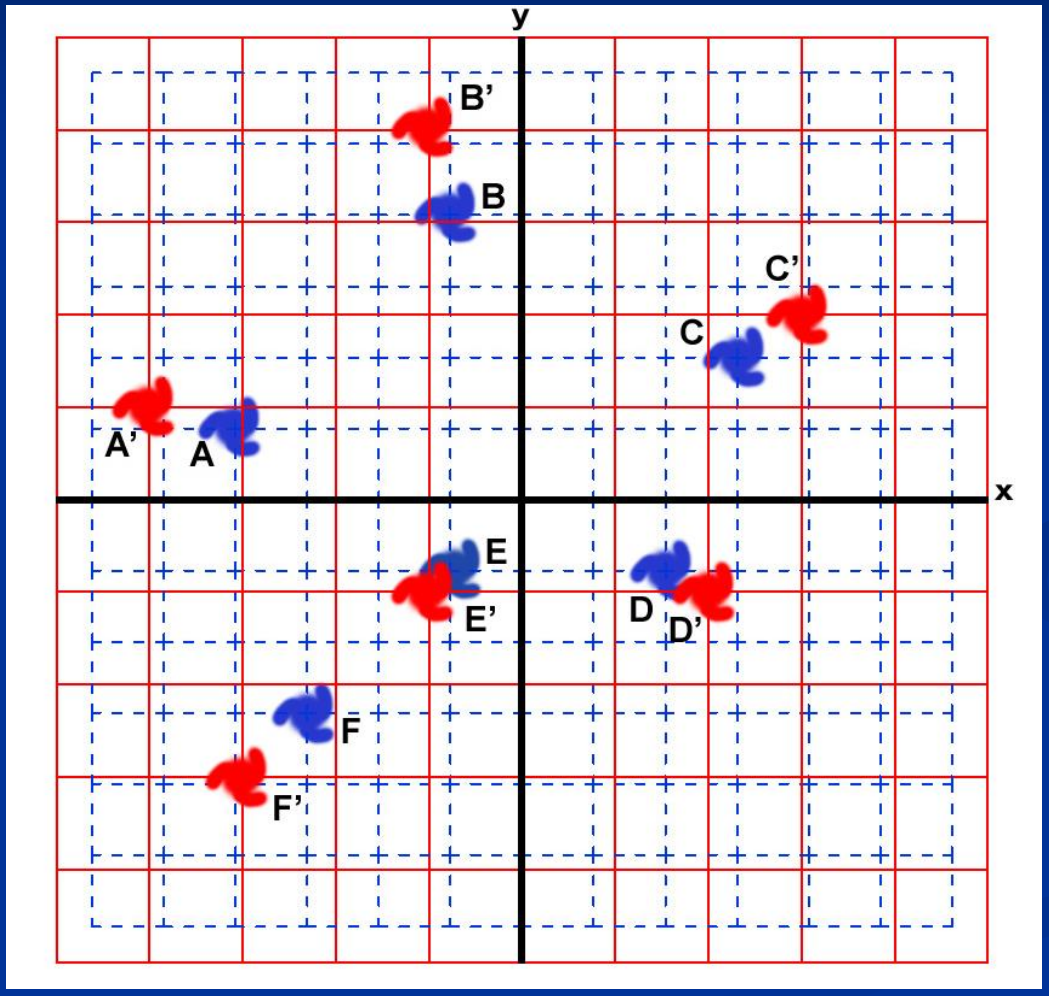
Fig. 1 from Freedman et al, 2001, ApJ, vol 553, p47.

ثابت هابل شیب رابطه ی $v = H_0 \cdot d$ می باشد.

که H_0 سرعت انبساط کیهان است

$H_0 = 72\ km/s/Mpc$

فعالیت 5: محاسبه ثابت هابل

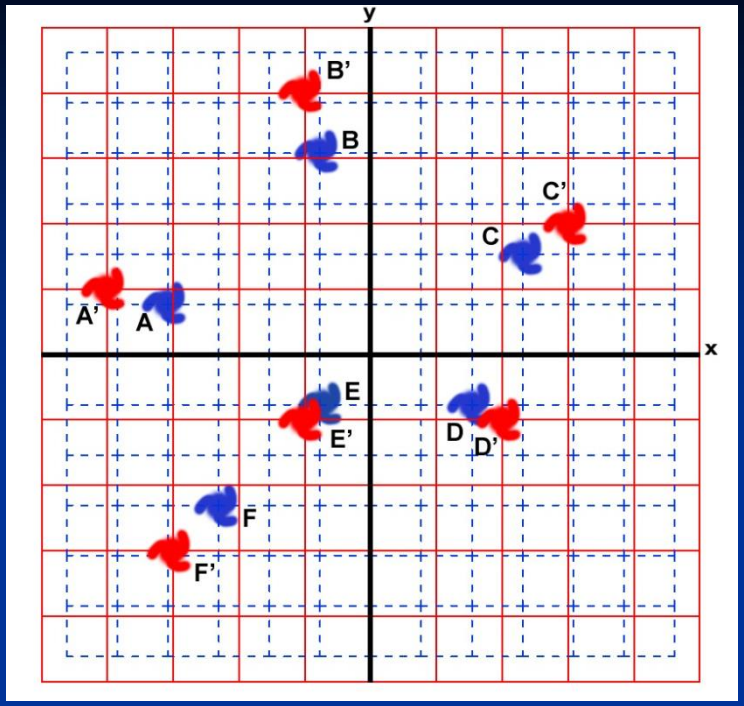


ابی: جهان پیش از انبساط

قرمز: جهان پس از انبساط

فعالیت5: محاسبه ثابت هابل

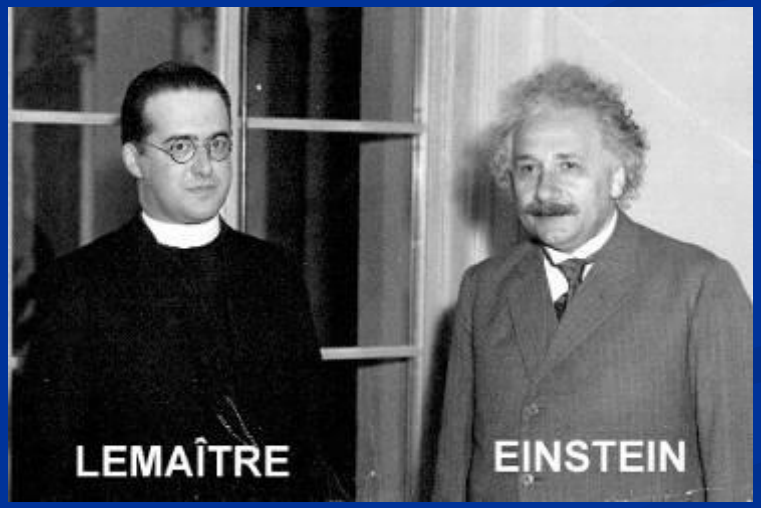
Galaxy	*Coordinates x,y*	*d=distance to origin*	Δd	$v=\frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H=\frac{v}{d}$
A					
A'					
B					
B'					
C					
C'					
D					
D'					
E					
E'					
F					
F'					



Galaxy	Coordinates x,y	d=distance to origin	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)				

انفجار بزرگ(مهبانگ)

- اگر به عقب برگردیم، به زمانی خواهیم رسید که همه چیز انسجام داشته و یگانه بود : جهان در حال گسترش است.
- جورج لما ترا که به پرسش‌های نسبیت پاسخ داد، به این نتیجه رسید که این جهان در حال انبساط از یک "تخم‌مرغ کیهانی" اغاز شده است.



انفجار بزرگ(مهبانگ)

- نام مهبانگ (بیگ بنگ): انفجار بزرگ
- فرد هالی که فردی با عقاید ضدمذهبی بود، فکر کرد که این موضوع بیش از حد با ایده یک خ الق سازگار است
- T & S رقابتی برای تغییر نام آن به وجود اوردند اما از میان 12000 گزینه مطرح شده هی چکدام مناسب نبودند.

انفجار بزرگ(مهبانگ)

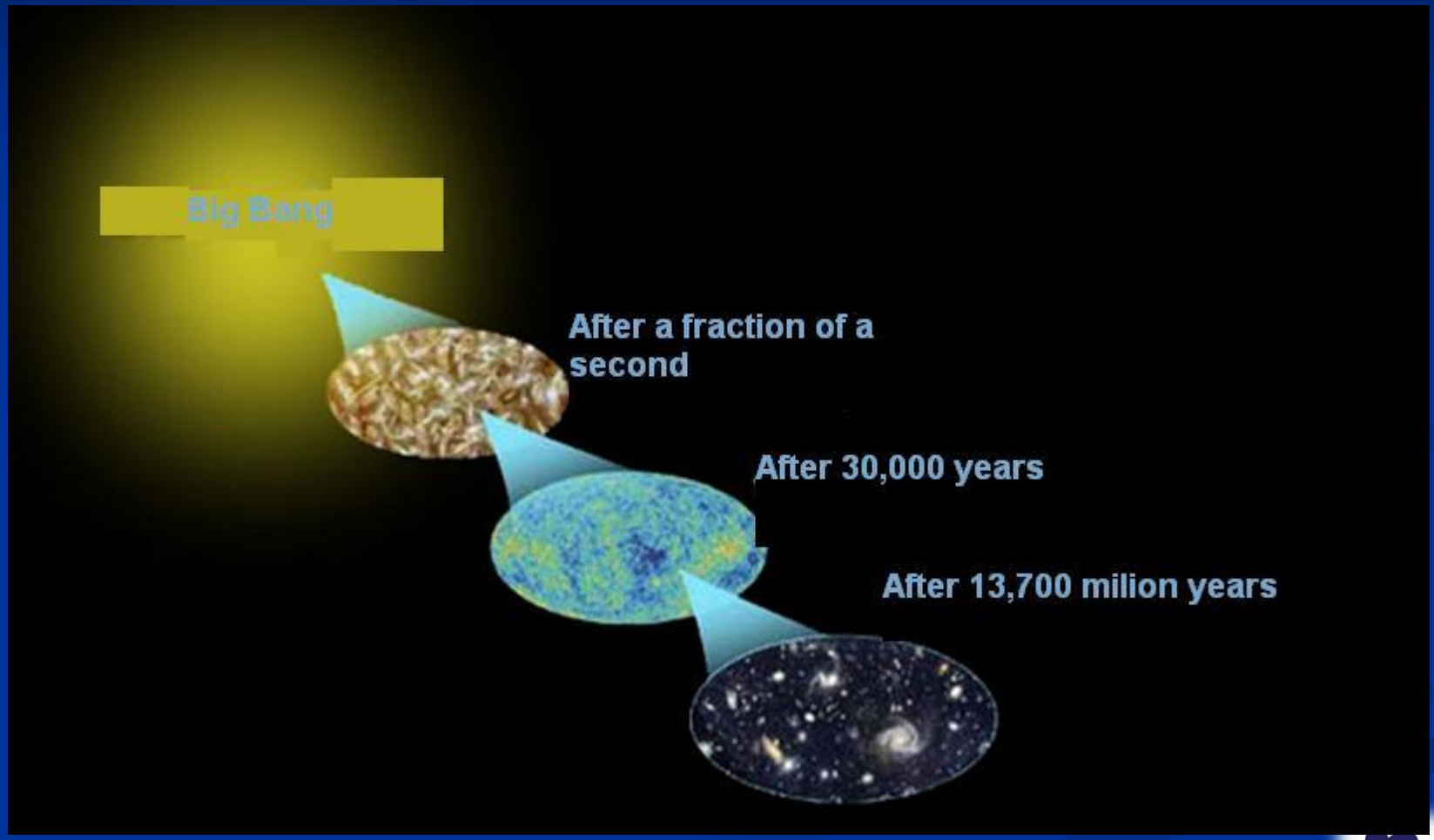
- پیش از انفجار بزرگ؟ ما هیچ اطلاعی از آن نداریم
- دلیل ان چیست؟ چگونه رخ داد؟ و چرا قوانین فیزیک در آن مشاهده می شوند؟
- علم فیزیک به بررسی چگونگی رخ دادن پدیده‌ها می پردازد و نه چرایی آن ها
- فیزیک ماده را از ابتدای پیدایش آن(انفجار بزرگ) بررسی می کند. نه پیش از آن. همچنین به بررسی علت و اهداف پیدایش آن نیز نمی پردازد. این سوالات فلسفی و مذهبی هستند نه علمی.

- 2 اخطار: مذهب را با استفاده ازعلم بدست آورده و کارهای علمی را با استفاده از مذهب انجام دهید. این دو، دو زمینه مطالعاتی متفاوت هستند و هر کدام روش‌ها و نگرش‌های متفاوتی نسبت به واقعیت های پیچیده دارند

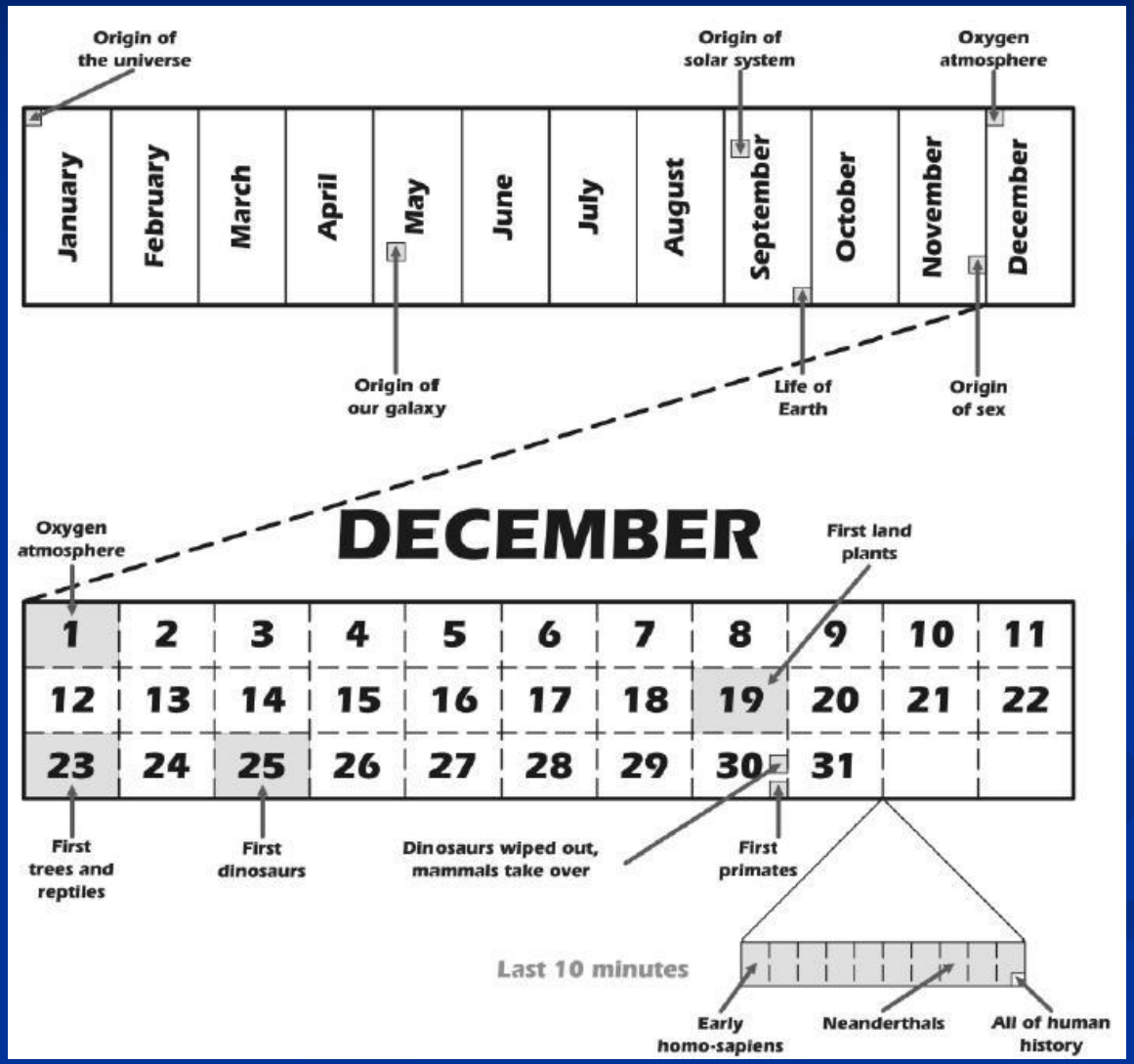
انفجار بزرگ(مهبانگ)

- نوسانات خلا کوانتوم؟
- خالی، به معنای هیچ چیز نیست، بلکه وجود دارد!
- جهان‌های چندگانه؟ تعریفی اثبات ناپذیر است.
- یک نظریه غیر علمی است.

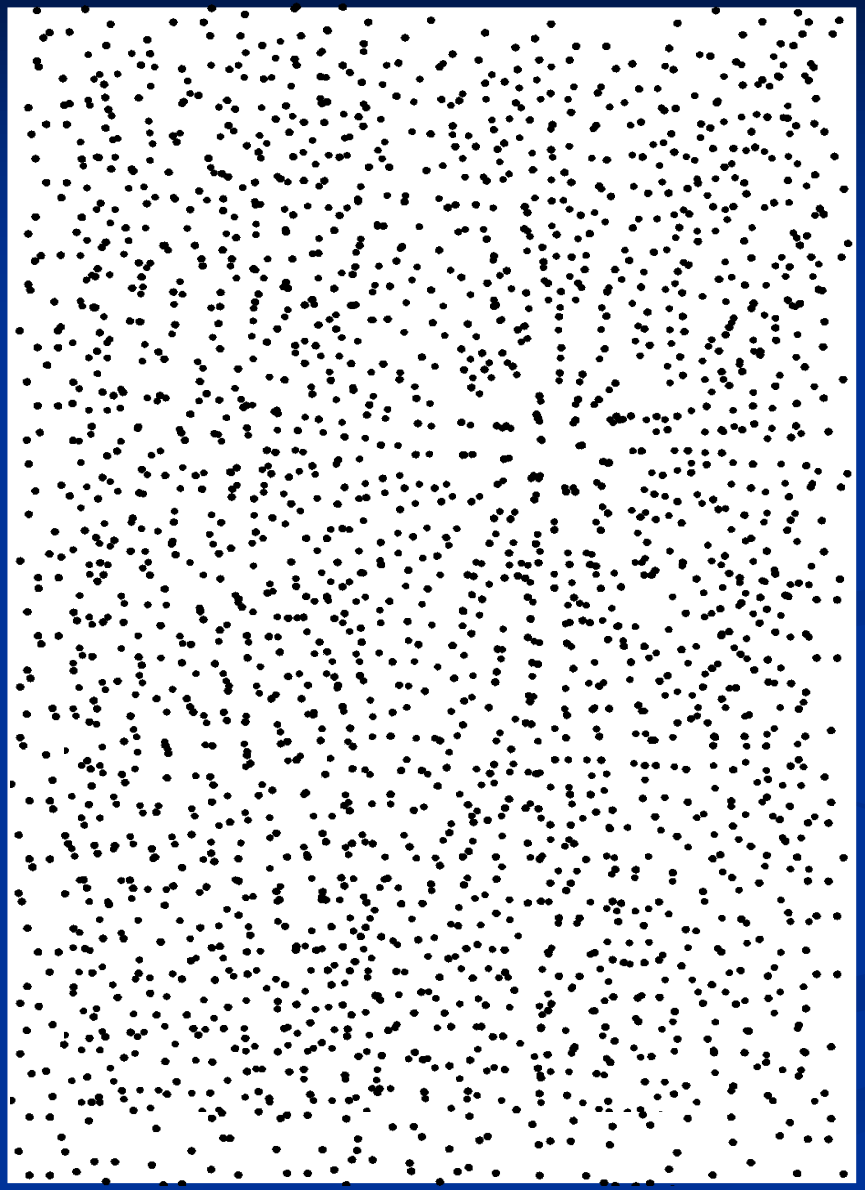
تکامل کیهان


Big Bang
After a fraction of a second
After 30,000 years
After 13,700 milion years

سیر تکاملی جهان



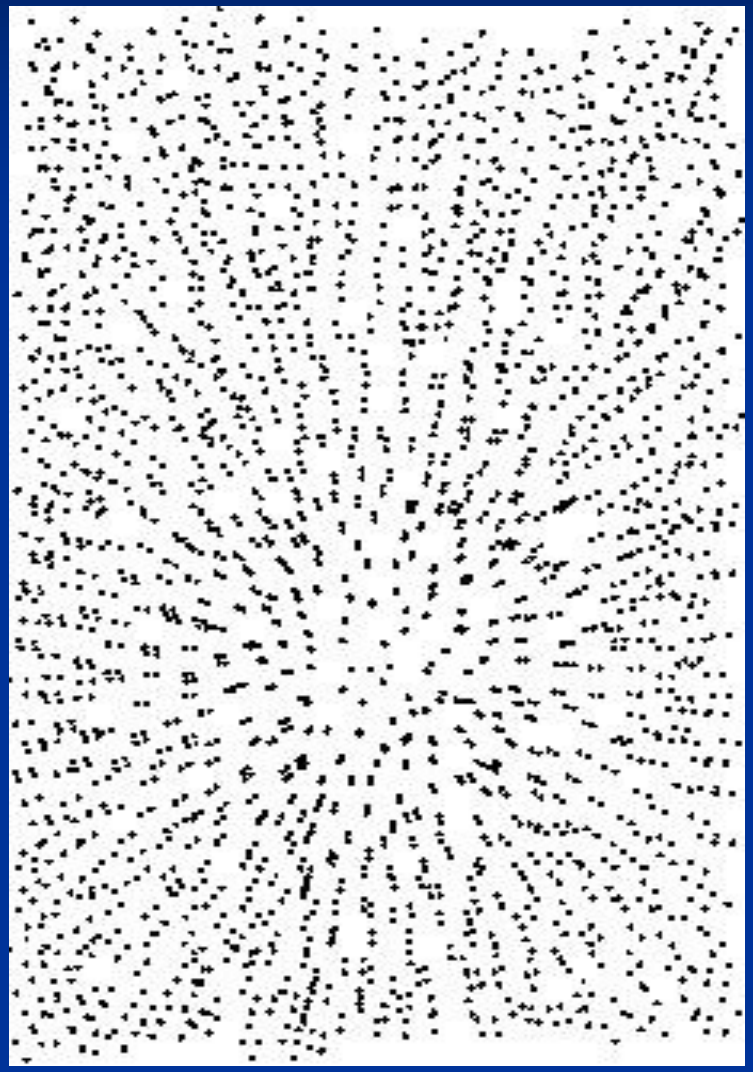
فعالیت 6: هیچ مرکزی برای انبساط وجود ندارد

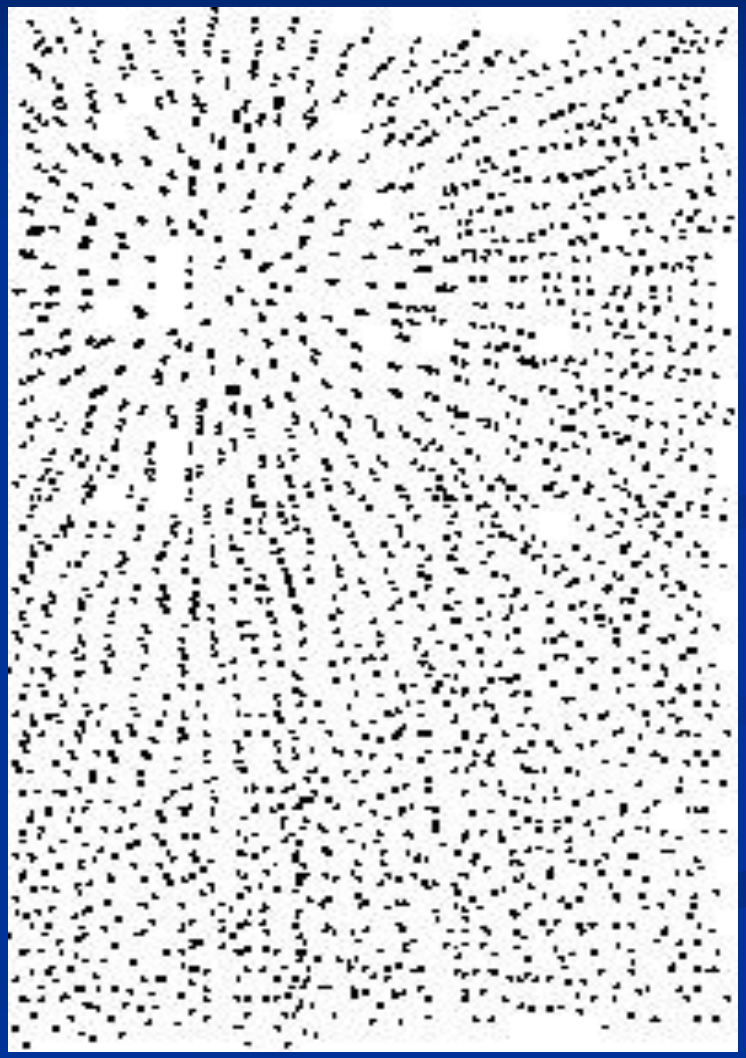


100%

105%

فعالیت 6: هیچ مرکزی برای انبساط وجود ندارد



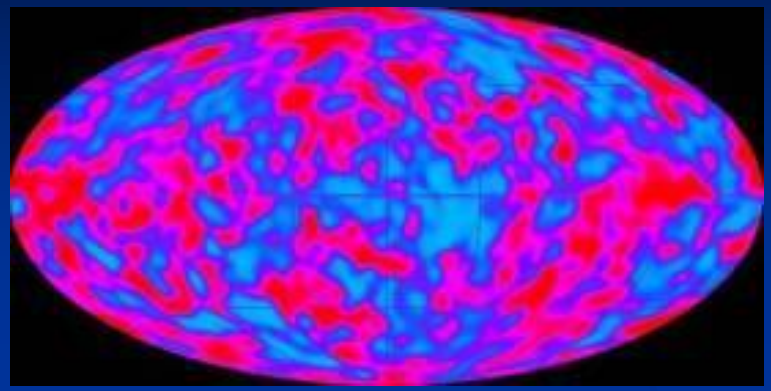


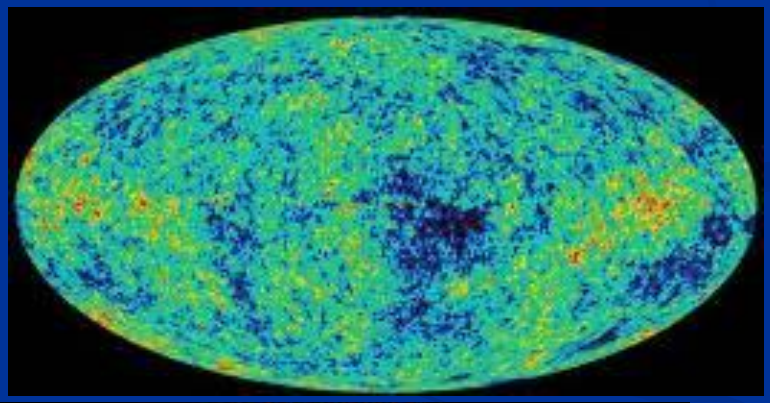
تابش پس زمینه کیهانی(CMB)

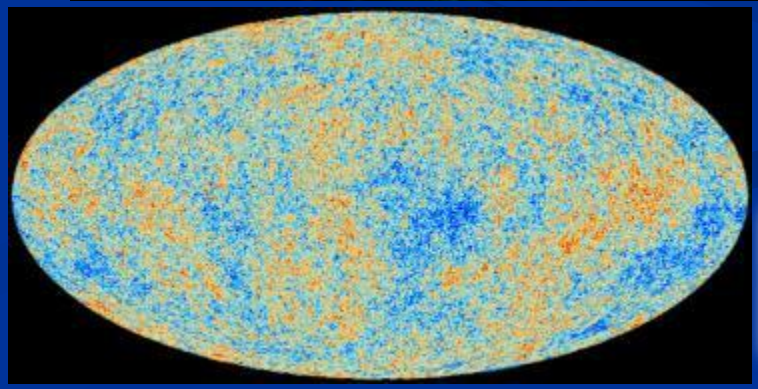
- این امواج 380000 سال پس از بیگ بنگ ساطع شده اند
- در طول زمان با انبساط کیهان، طول موج فوتون‌ها نیز افزایش یافته است
- هم اکنون این امواج در منطقه ی ریزموج(microwave) طیف قرار دارند

تابش پس زمینه کیهانی(CMB)

- ماموریت‌های COBE , PLANCK, WMAP نقشه هایی از امواج پس زمینه کیهانی تهیه کرده اند و هر بار این نقشه‌ها با جزئیات بیشتر ثبت می شوند که حتی تغییرات اندک قابل مشاهده‌اند: توده هایی از ماده که کهکشان ها از ان ها شروع به شکل گرفتن کرده اند.







فعالیت 7: تابش پس زمینه کیهانی

تقریبا از 300,000 سال پس از بیگ بنگ فوتون‌ها از مواد خارج شده و آزدانه در جهان منتقل می‌شدند

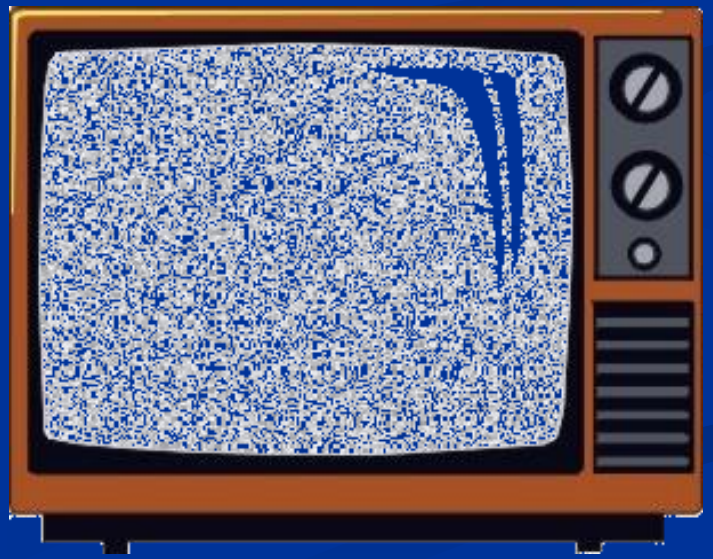
با انبساط کیهان، طول موج فوتون‌ها به $\lambda = 2$ mm افزایش یافت و معادل با دمای

$T = 2.7\ K = -270\ ^\circ C.$

فعالیت 7: تابش پس زمینه کیهانی

می‌توان این امواج را با تلویزیون های آنالوگ شناسایی کرد.

یک کانال بدون تصویر یکی از این ده نقاط مربوط به امواج پس زمینه کیهانی می‌باشند.



ماده تاریک

همچنین ماده تاریک نیزغیرقابل رویت
است یک راه برای شناسایی ، مطالعه و رصد
اجرام نزدیک به آن است.

- سیاه‌چاله ها غیر قابل مشاهده ه ستند اما ما می دانیم که آن ها وجو د دارند.زیرا نیروی گرانش آن ها م وجب می شود که سیستم های ستار ه ای به دور آن های بچرخند.

راهی دیگر برای شناسایی ماده تاریک "عدسی گرانشی" می‌باشد

جرم عدسی گرانشی مانند یک عدسی نوری عمل کرده و فضای اطراف را خمیده میکند که موجب شکست نور اجرام دور می شود .

عدسی گرانشی

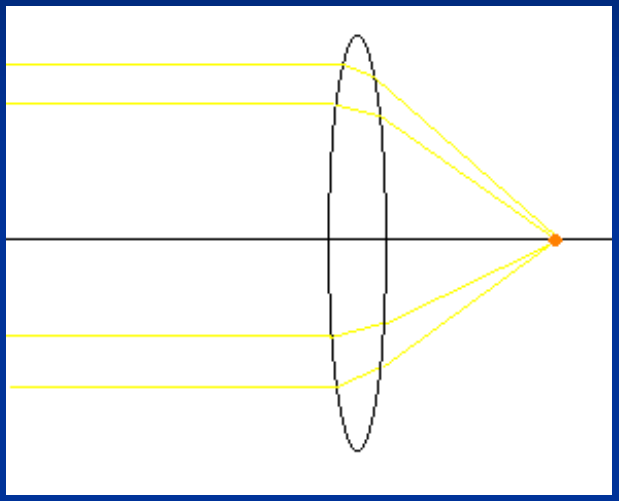
- نور همیشه کوتاه ترین مسیر را طی می کند.
- وقتی که سطح خمیده باشد، خطی که روی ان قرار داشته باشد نیز منحنی می شود.

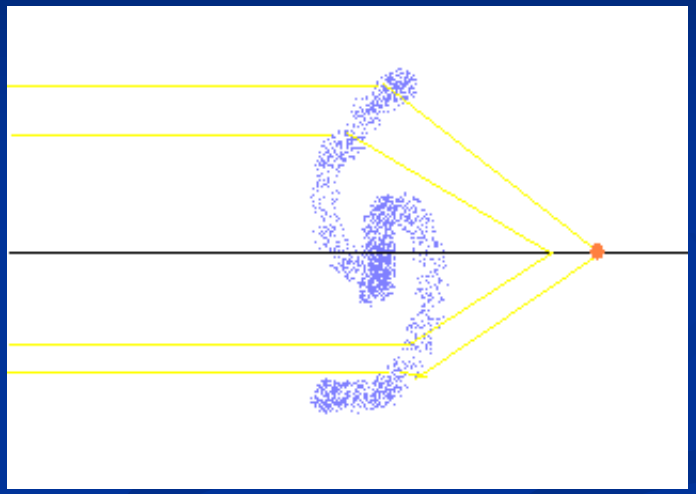
چرا زمانی که نور از نزدیکی یک جرم عبور میک ند خمیده میشود؟

وقتی که جرمی وجود داشته باشد فضا را خمیده می کند، بنابراین کوتاهترین مسیر بین دو نقطه یک مسیر منحنی شکل خواهد بود.

یک مورد مشابه را می شود با کره جغرافیایی زمین بوجود اورد

چگونه عدسی گرانشی عمل می کند؟

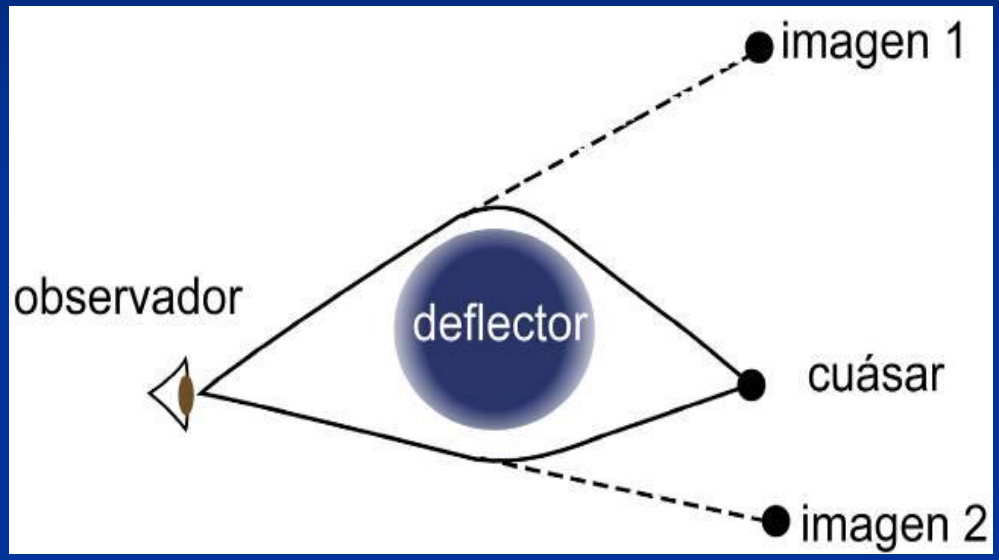


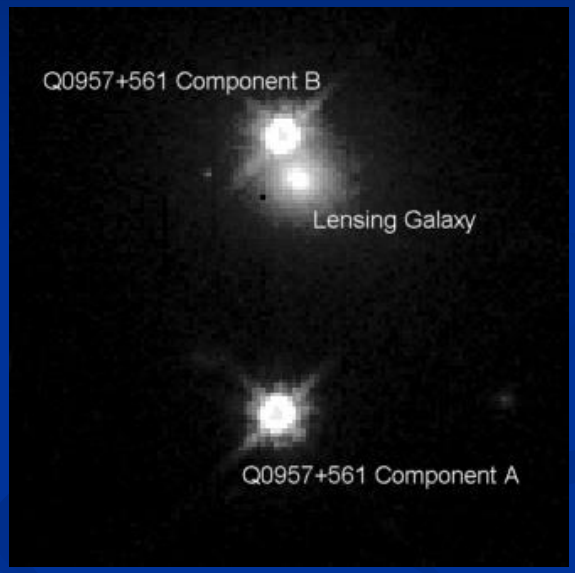


عدسی‌های محدب پرتوهای نور را در یک نقطه به نام کانون جمع می‌کنند

در پدیده عدسی گرانشی، جسمی که به عنوان عدسی عمل می کند (کهکشان، گروه و یا خوشه کهکشانی و. . .) پرتوهای نور را در یک خط جمع می کند نه در یک نقطه. این امر باعث ایجاد چندین اعوجاج (تغییر) در تصویر می شود.

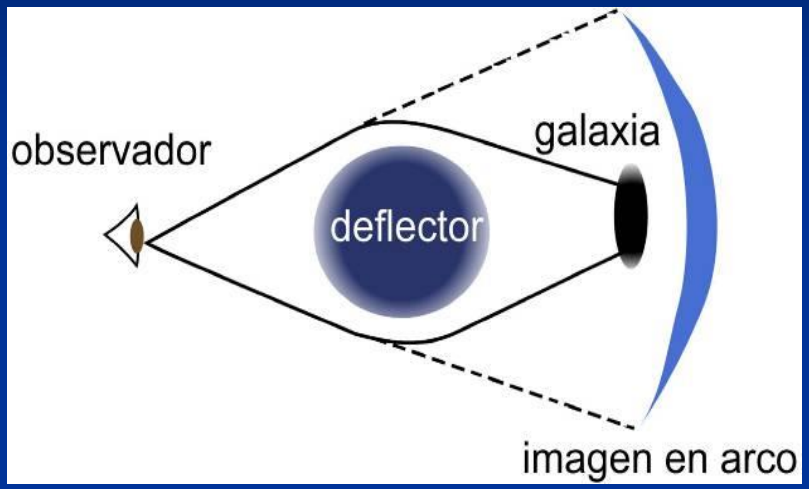
تغییر موقعیت و تغییر شکل

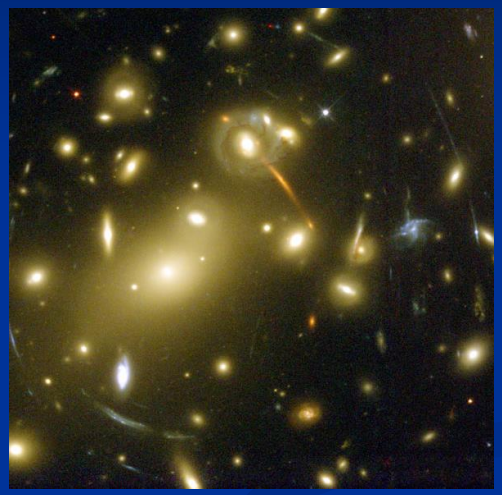




- بازتاب موقعیت ظاهری یک ستاره، کهکشان و یا کوازار (اختروش) را مشخص می‌کند
- عدسی گرانشی پدیده‌ای بدون نقص نیست. اگر عدسی، یک جسم بزرگ باشد ممکن چندین تصویر از یک جرم به وجود اورد.

دگرشکلی





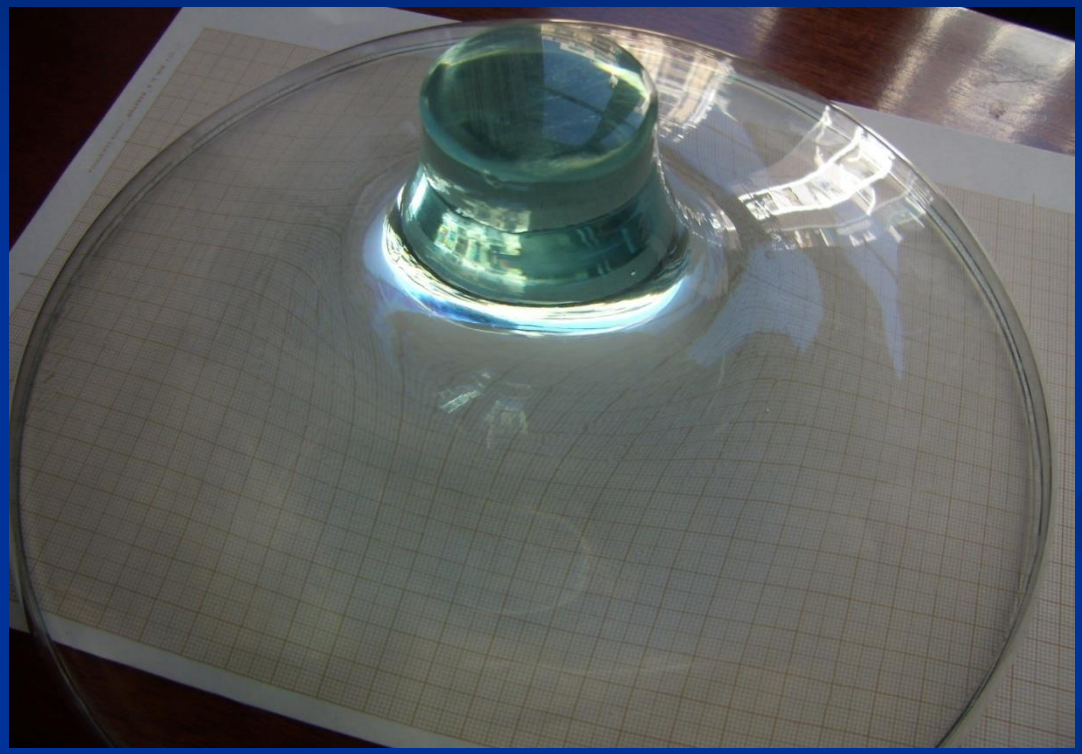
اگر عدسی یک منبع نجومی پهناور باشد تصویر ایجاد شده چندین منحنی درخشان خواهد بود

.

اگر سیستم گرانش کاملا متقارن باشد، یک حلقه در تصویر ایجاد می‌شود.

اگر عدسی یک ستاره یا کوازار باشد تصویر ایجاد شده یک نقطه خواهد بود.

فعالیت 8: شبیه سازی تغییر شکل جهان با استفاده یک ظرف شیشه ای



اگر پایه یک ظرف شیشه ای(انتهای یک لیوان شراب)
را بر روی یک کاغذ شطرنجی قرار بدهید تغییر شکل را احساس خواهید کرد

فعالیت 8: نگاه کردن از پایین جام

فقط قسمت پایینی جام را جدا کنید

+

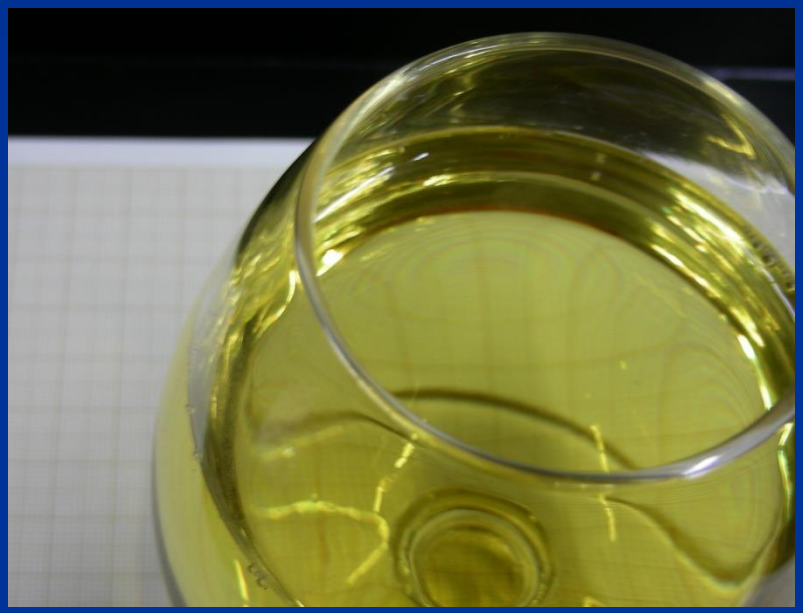
=

حلقه انیشتین

بخشی از یک قوس

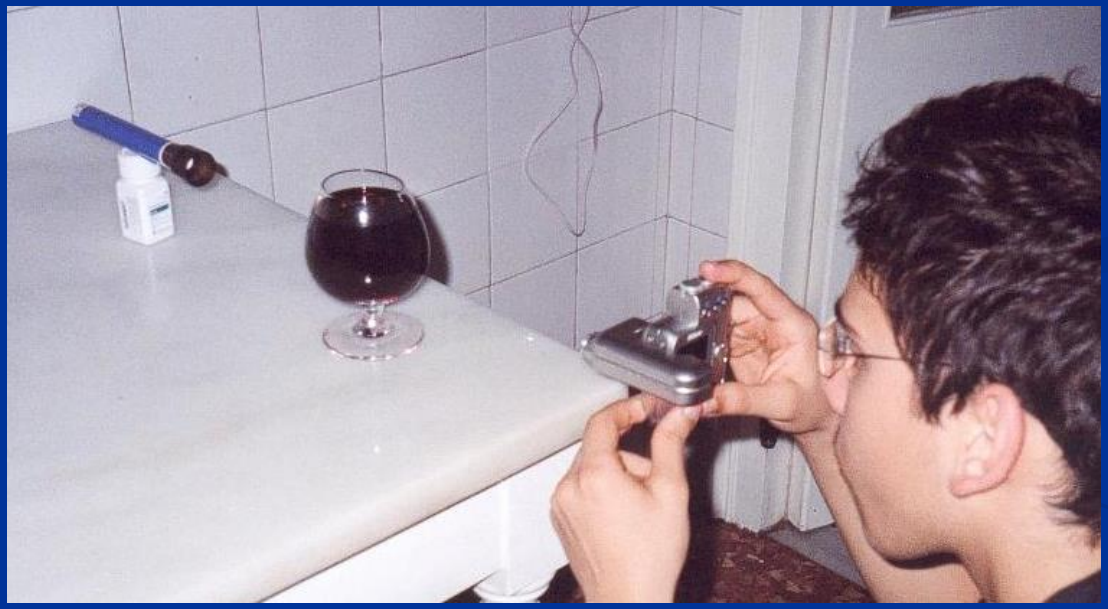
صلیب انیشتین

فعالیت 9: شبیه سازی دگرشکلی فضا با استفاده از شراب



- اگر یک جام شراب سفید را بر روی یک کاغذ شطرنجی قرار بدهید، می توانید و از طریق شراب به آن نگاه کنید، می توانید این تغییر شکل را ببینید.

فعالیت 9: یک چراغ قوه را نگه‌دارید و درحالی که به جام شراب مینگرید، ان را به ارامی جا به جا کن ید

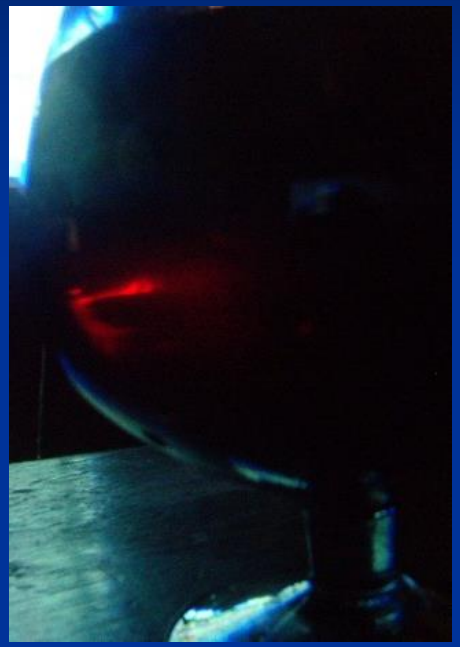


- این آزمایش ساده نشان می دهد که ماده می تواند، موجب تغییراتی در تصاویر مشاهده شده از طریق خود، شود.

فعالیت 9: یک چراغ قوه را نگهدارید، درحالی به جام شراب مینگرید ان را به ارامی جابه جا کنید

صلیب انیشتین

شکل نامنظم



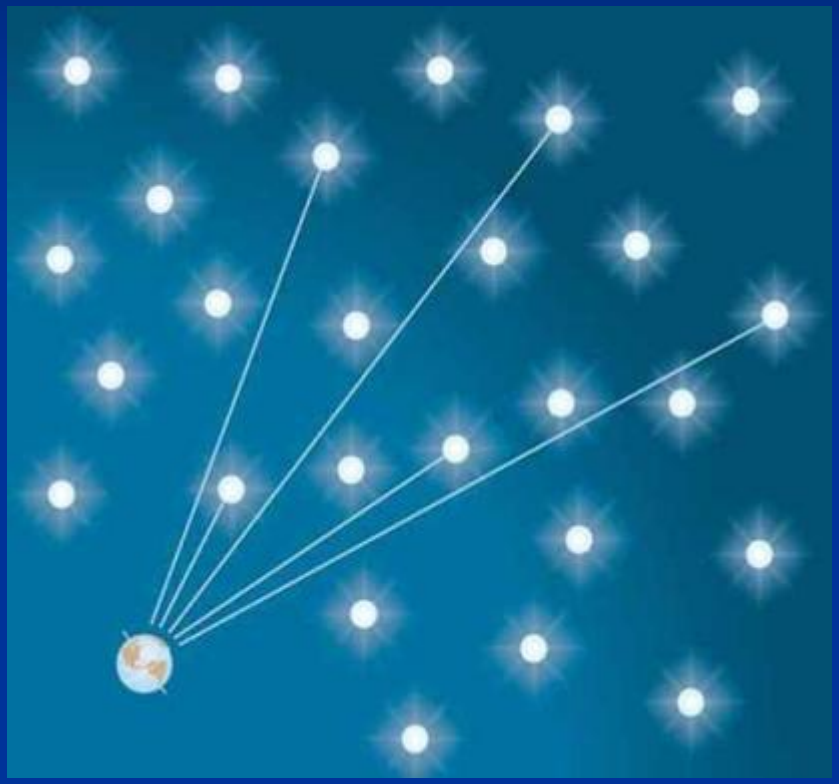
بخشی از یک قوس

حلقه انیشتین

موضوع خارج از کارگاه:
چرا شب تاریک است؟!

- در سال 1923 برز پیشنهاد کرد که:
- جهان بی‌نهایت پهناور است.
- ستارگان به طور یکسانی در جهان توزیع شده اند.
- تمامی ستارگان درخشندگی مشابه ای در جهان دارند، پس.. .

موضوع خارج از کارگاه:
چرا شب تاریک است؟!



جهانی بی نهایت پهناور اجسام بسیار زیادی باید داشته باشد که شب را روشن کنند.

چرا شب تاریک است؟

- هر نقطه ای از آسمان، روشن و غیر سیاه است، زیرا همیشه یک ستاره دور
- وجود دارد که درخشان است.
- تعداد ستاره ها در هر "لایه پیاز" آسمان متناسب با شعاع به توان 2 است و نور آ نها به طور معکوس متناسب با شعاع به توان 2 است، که هر لایه مقدار مشابهی از نور را در زمین فراهم می کند. اگر لایه های بی نهایت وجود داشته باشد، آسما ن در شب باید روشن باشد.

چرا اسمان شب تاریک است؟

- اما در این استدلال خطاهای وجود دارد:
- **جهان در حال انبساط است پس ستارگانی که در فواصل دورتر می‌باشند قرمز رنگ (کم فروغ تر)**
- **می‌باشند. ستاره ها به علت فاصله ای که دارند، کم نورتر دیده می شوند.**
- **مهم تر از همه ی این ها، جهان سن بی‌نهایت ندارد**
- **و تعداد بی نهایت لایه های ستاره‌ای وجود ندارد**
- ادگار آلن پو کسی بود که به درستی این پدیده ها را در مقاله ی "یورکا"، که در سال 1848 منتشر شد، توضیح داد.

شب می تواند تاریک باشد!

تشکر از توجه شما