

Ширење на универзумот

**Ricardo Moreno, Susana Deustua,
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



Цели

- Да се разбере ширењето на универзумот
- Да се разбере дека нема центар на универзумот
- Да се разбере законот на Hubble-Lemaître
- Да се разбере како се детектира темната материја



Презентација

Во оваа работилница ќе се зборува за:

- Почетокот на универзумот: Големата експлозија
- Галаксии: тие не „се движат“ низ просторот, туку просторот се шири
- Hubble-ова константа: $v = H \times d$
- Не постои центар на универзумот
- Космичко микробраново позадинско зрачење (КМП)
- Гравитациски леќи.



Модели, предвидувања, верификација: Експеримент со чаршав



Претпоставка: ако брзо го повлечеме чаршавот, ништо на масата нема да падне. Ако можеме да го потврдиме ова, тогаш нашата претпоставка е точна.

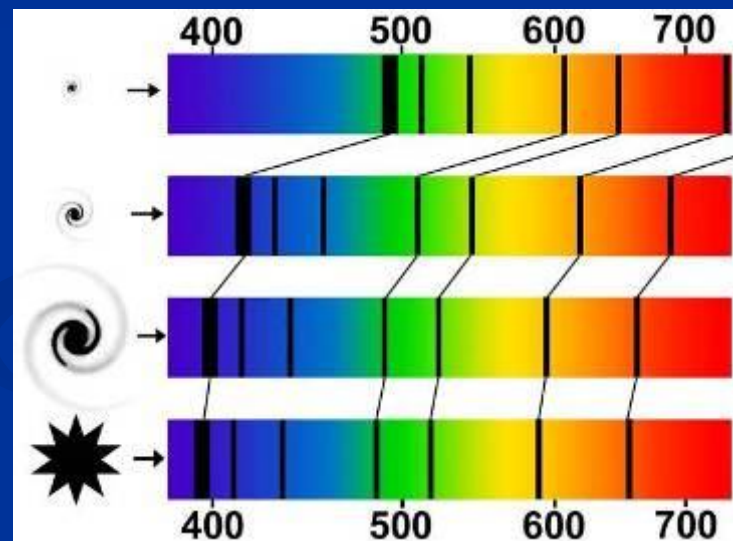
Ако брзо се повлече чаршавот, силите на триење немаат време да дејствуваат врз објектите на масата, што објаснува зошто тие не паѓаат. Експериментот е успешен бидејќи физиката е наука која предвидува што ќе се случи.

Физиката што ја развивме на Земјата е истата што ја применуваме на остатокот од Универзумот.



Движење кон црвено

- Апсорпцијата на светлината е различна за секој хемиски елемент. Спектарот на апсорпција на светлината покажува карактеристични линии за секој хемиски елемент.
- Кога ја набљудуваме светлината од галаксиите, можеме да видиме дека линиите се поместени кон црвениот крај на спектарот. Колку е подалечна галаксијата, толку е поголемо црвеното поместување.
- Ова се толкува како резултат на оддалечување на галаксијата од нас.



Движење кон црвено

- Блиските галаксии имаат релативно мали и нерегуларни движења: Големиот Магеланов Облак $+13 \text{ km/s}$, Малиот Магеланов Облак -30 km/s , Галаксијата Андромеда -60 km/s , M32 $+21 \text{ km/s}$.
- Во Virgo кластерот (одаличен 50 милиони светлосни години), сите галаксии се оддалечуваат од нас со брзини од 1 000 до 2 000 km/s .
- Во Coma Berenice суперкластерот (одаличен 300 милиони светлосни години) брзините се од 7 000 до 8 500 km/s .



Движење кон црвено

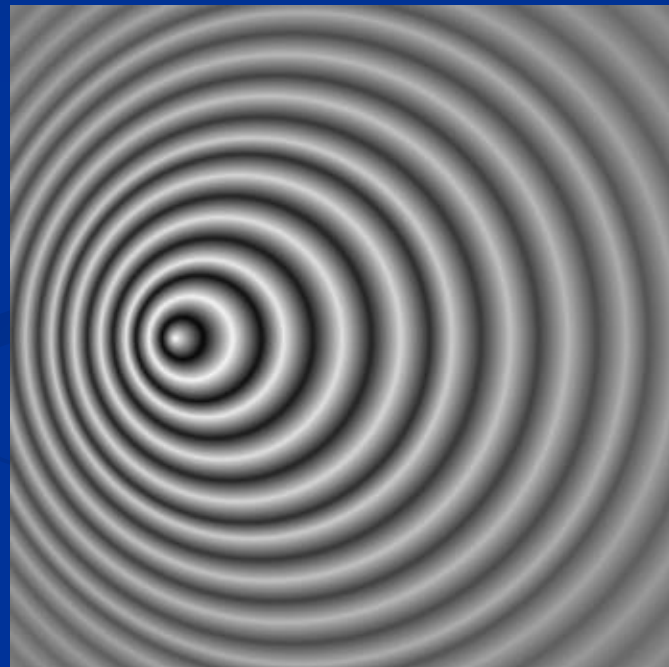
- Во спротивна насока, М74 се оддалечува со 800 km/s и М77 со 1130 km/s .
- Ако набљудуваме далечни и бледи галаксии, брзината на оддалечување е уште поголема: галаксијата NGC 375 се оддалечува со 6200 km/s , NGC 562 со 10500 km/s и NGC 326 со 14500 km/s .
- Независно од насоката во која набљудуваме, сите освен многу блиските галаксии се оддалечуваат од нас.



Доплеров ефект

На истиот начин како во примерот со чаршавот, можеме да примениме други физички принципи во проучувањето на универзумот.

- Ако амбуланта, мотор или воз се приближува, ќе слушнеме звук со повисок тон. Кога се оддалечуваат, слушаме звук со понизок тон.
- Повисок тон → брановата должина се намалува
- Понизок тон → брановата должина се зголемува



Активност 1: Доплеров ефект



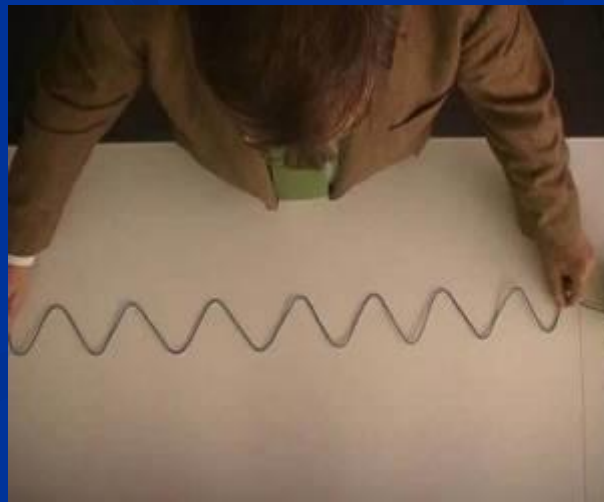
- Доплеровиот ефектот може да се слушне со ротирање на будилник или зујало во хоризонтална рамнина.
- Кога се приближува до слушателот, λ се намалува, а тоноот на звукот се зголемува.
- Кога се оддалечува, λ се зголемува, а тоноот на звукот се намалува.
- Ова се случува со звуците од мотори, амбуланти, возови...

Во експериментот, Доплеровиот ефектот е поради релативното поместување на изворот-приемникот и се истакнува со звуци. Во случајот на ширењето на Универзумот, ефектот се случува со електромагнетни бранови.



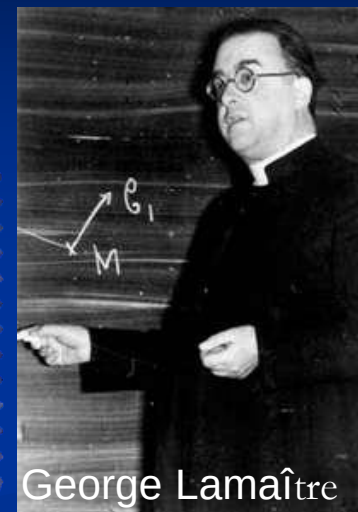
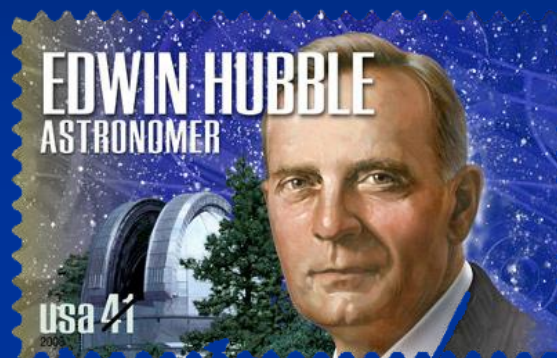
Активност 2: „Истегнување“ на фотоните

- ❑ Универзумот, кога се шири, „ги истегнува“ фотоните во него.
- ❑ Може се да направи модел на тоа истегнување користејќи полукрут кабел од типот што се користи во домашни инсталации.
- ❑ Колку е подолг патот на фотонот, толку повеќе се истегнува.



Закон на Hubble-Lemaître

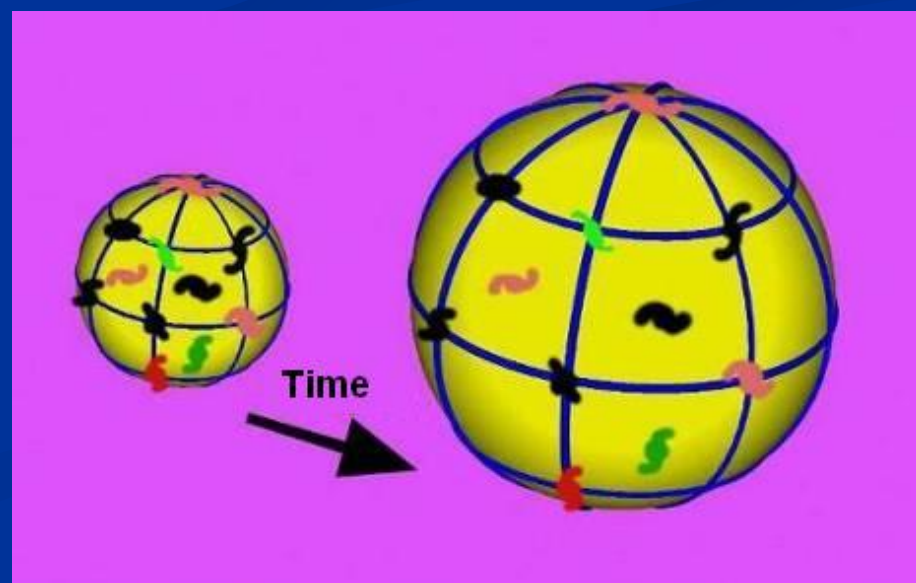
Помеѓу 1920 и 1930,
George Lemaître и
Edwin Hubble сфатиле
дека најдалечните
галаксии се движат
побрзо одколку
поблиските.



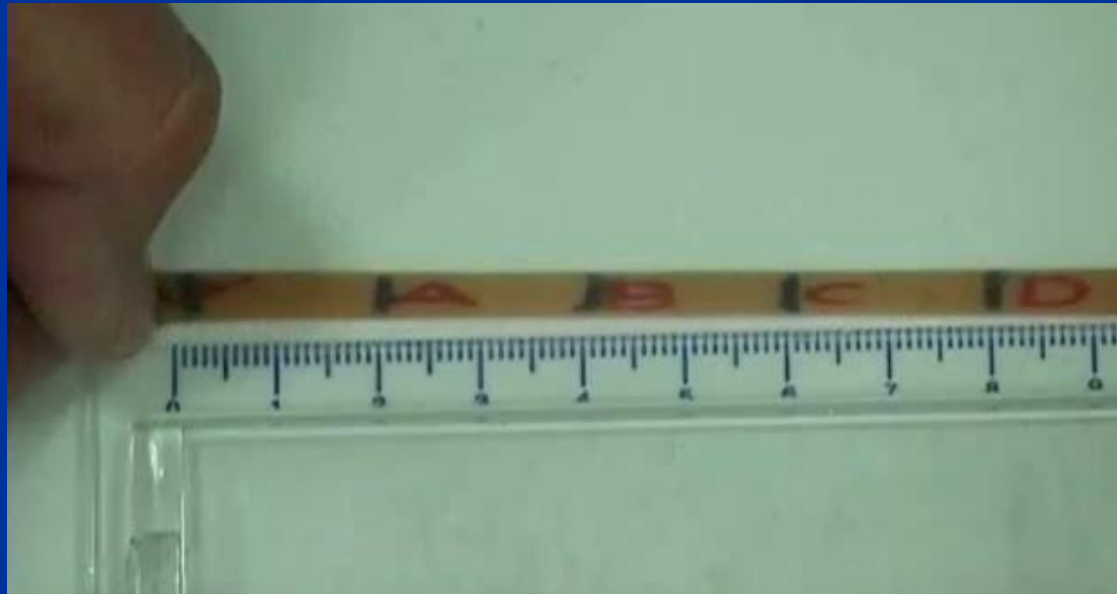
Закон на Hubble-Lemaître:

$$v = H \times d$$

Галаксиите не се движат
низ просторот: просторот
е тој што се шири,
влечејќи ги галаксиите.



Активност 3: Универзумот во еластична лента



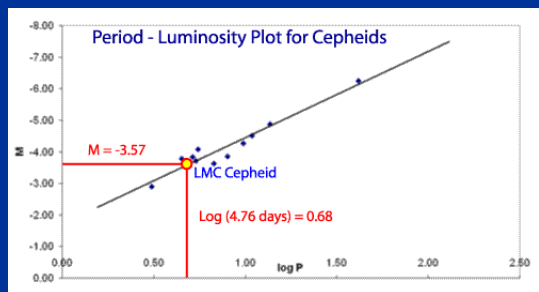
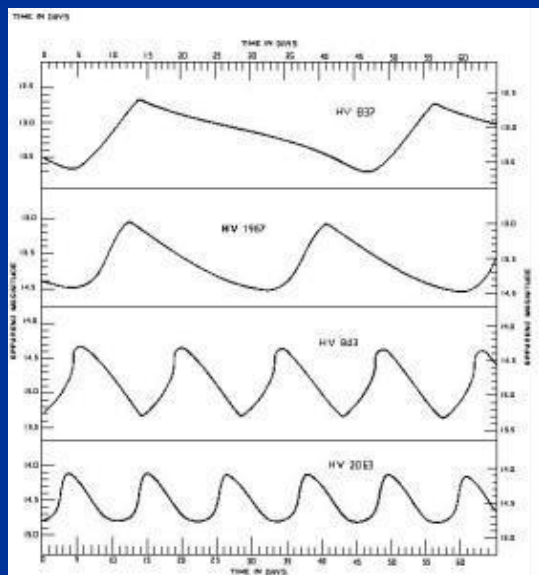
Активност 4: Универзумот во балон



- ☐ Растојанието меѓу галаксиите се зголемува со ширењето.
- ☐ Галаксиите не се движат низ балонот
- ☐ Ставајќи се во било која „галаксија“ на балонот гледаме дека другите се оддалечуваат од нас.

Ширење на универзумот

1) Растојанието до најблиските галаксии може да се добие од релацијата период-луминозност на цефеидите (откриен од Henrietta Leavitt, во Харвард, на почетокот на 20 век)



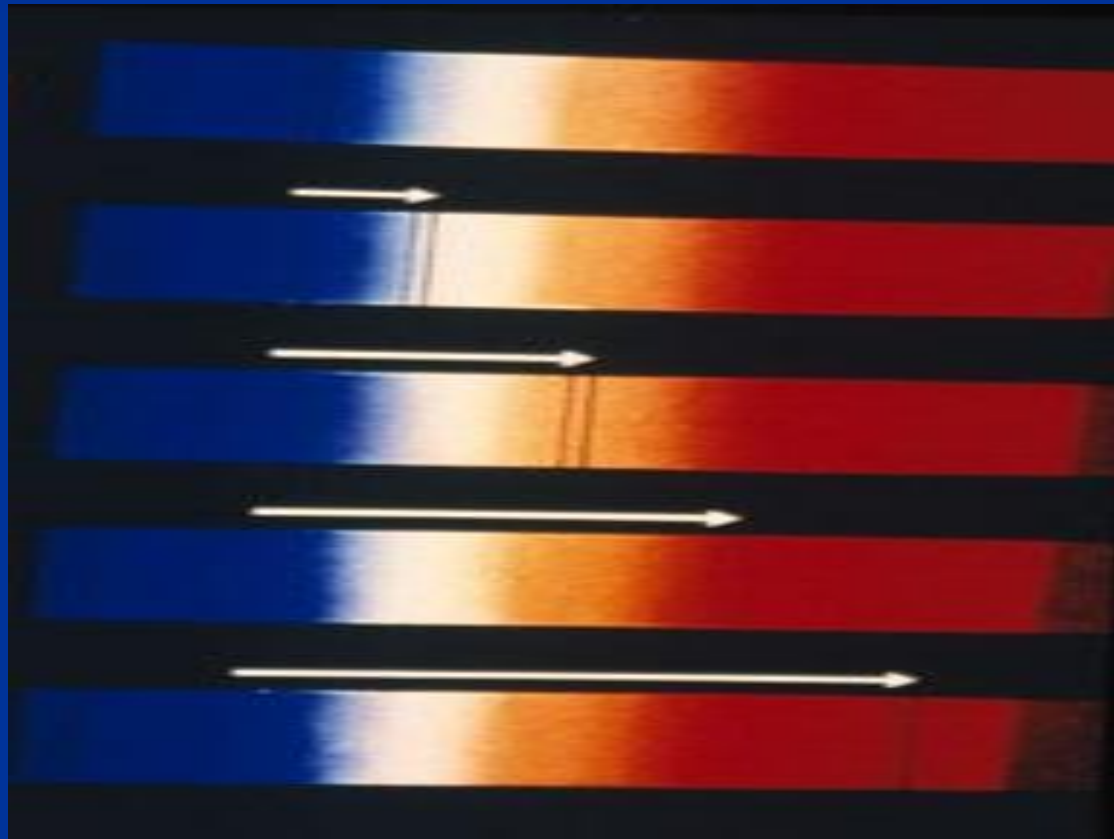
- Од кривата на сјај е можно да се добие периодот P
- Од релацијата период-луминозност можеме да ја добиеме апсолутната магнитуда M
- Со M и m , може да се добие растојанието до галаксијата; $d=10^{(m-M+5)/5}$ parsec
- За да ги определеат растојанијата на најоддалечените галаксии, астрономите можат да користат одреден тип на супернова (тип Ia) кои имаат слична максимална луминозност.



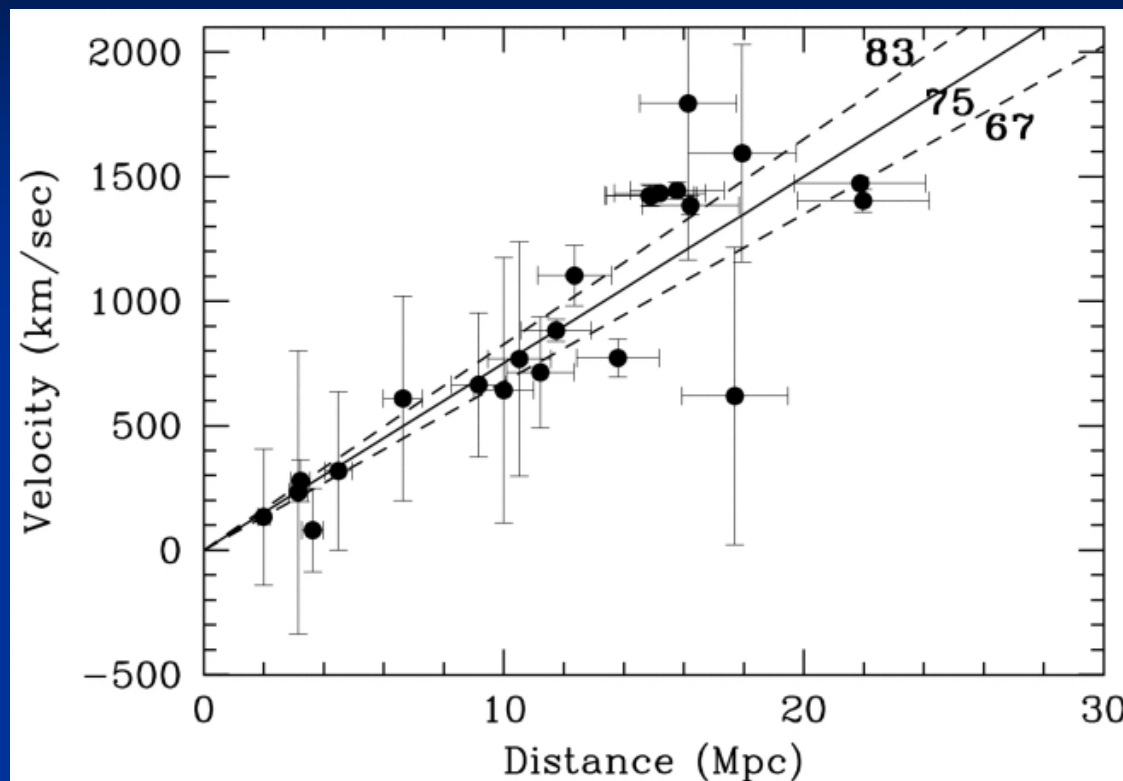
Ширење на универзумот

2) Брзината на оддалечување се мери од поместувањето на апсорпционите линии во спектарот, користејќи ја равенката:

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



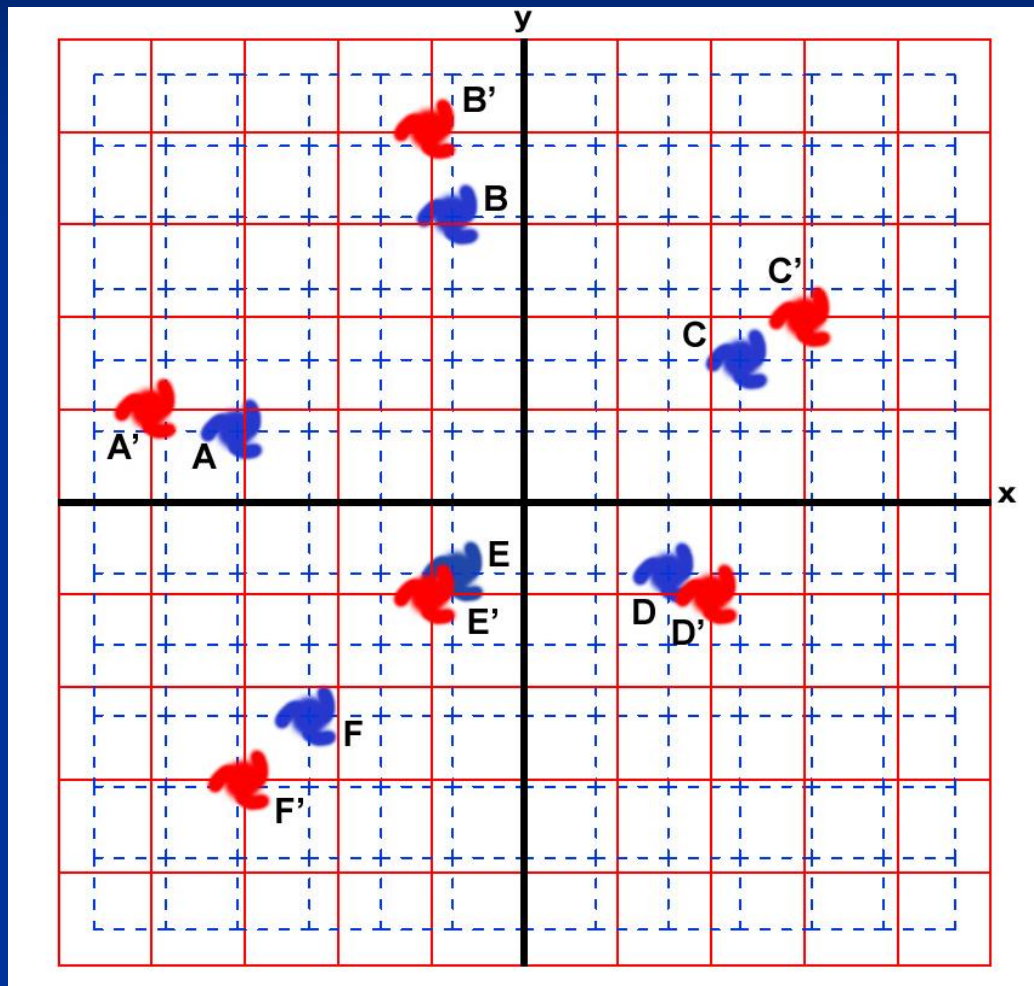
Ширење на универзумот



(од Freedman et al, 2001, ApJ, vol 553, p47)

3) Константата на Hubble е дадена со наклонот на графикот на функцијата: $v = H_0 \times d$, каде H_0 е стапката на ширење на универзумот: $H_0 = 72 \text{ km/s} \cdot \text{Mpc}$

Активност 5: Пресметка на константата на Hubble-Lemaître

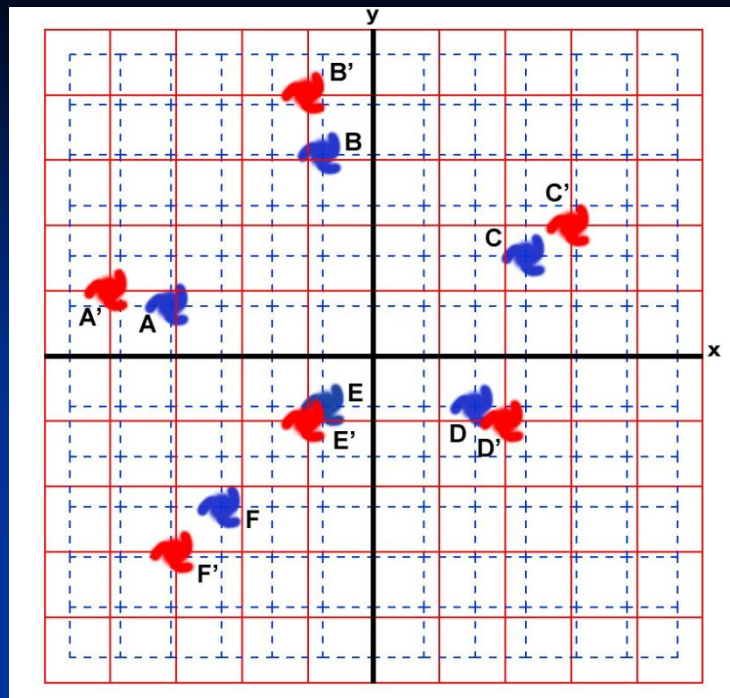


Сино = Универзум
пред ширење

Црвено = Универзум
по ширење

Активност 5: Пресметка на константата на Hubble-Lemaître

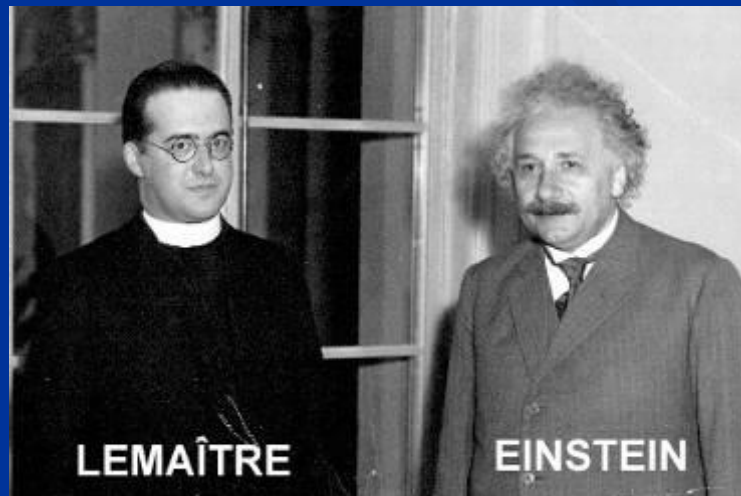
<i>Galaxy</i>	<i>Coordinates x,y</i>	<i>d=distance to origin</i>	Δd	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
<i>A</i>					
<i>A'</i>					
<i>B</i>					
<i>B'</i>					
<i>C</i>					
<i>C'</i>					
<i>D</i>					
<i>D'</i>					
<i>E</i>					
<i>E'</i>					
<i>F</i>					
<i>F'</i>					



Galaxy	Coordinates x, y	$d = \text{distance}$ 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)				

Големата експлозија

- Ако се вратиме назад, постоело време кога сè било обединето: универзум во ширење.
- Georges Lemaître, решавајќи ги равенките на релативноста, дошол до идејата за универзум што се шири и кој почнал како „космичко јајце“.



Големата експлозија

- Име на Big Bang: големата експлозија.
- Fred Hoyle, со одредени анти-религиозни предрасуди, сметал дека таа изгледа премногу доследно со идејата за постоење на Креаторот.
- S&T направиле натпревар за преименување. Имало 12000 предлози. Ниеден не бил подобар!



Големата експлозија

- Пред Големата експлозија? Не знаеме ништо.
- Која била причината? Зошто се случило? Зошто ги набљудуваме истите физички закони насекаде?
- Физиката е за тоа како функционираат постоечките работи, не за тоа зошто постојат.
- Физиката ја проучува материјата од нејзиното потекло (од Големата експлозија), не пред тоа, ниту ја проучува причината или целта зошто постои. Ова се филозофски и религиозни прашања, но не и научни прашања.

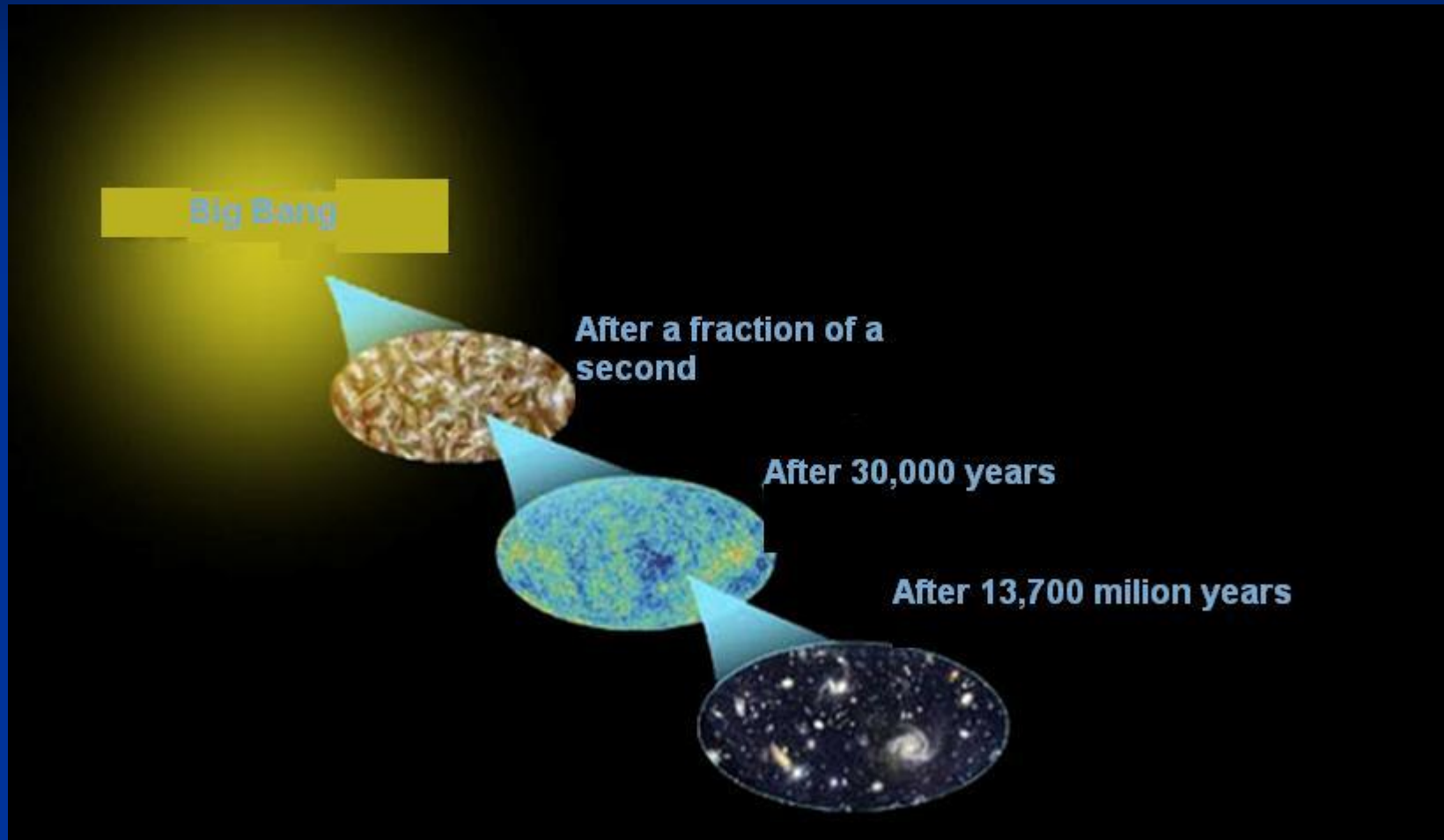


Големата експлозија

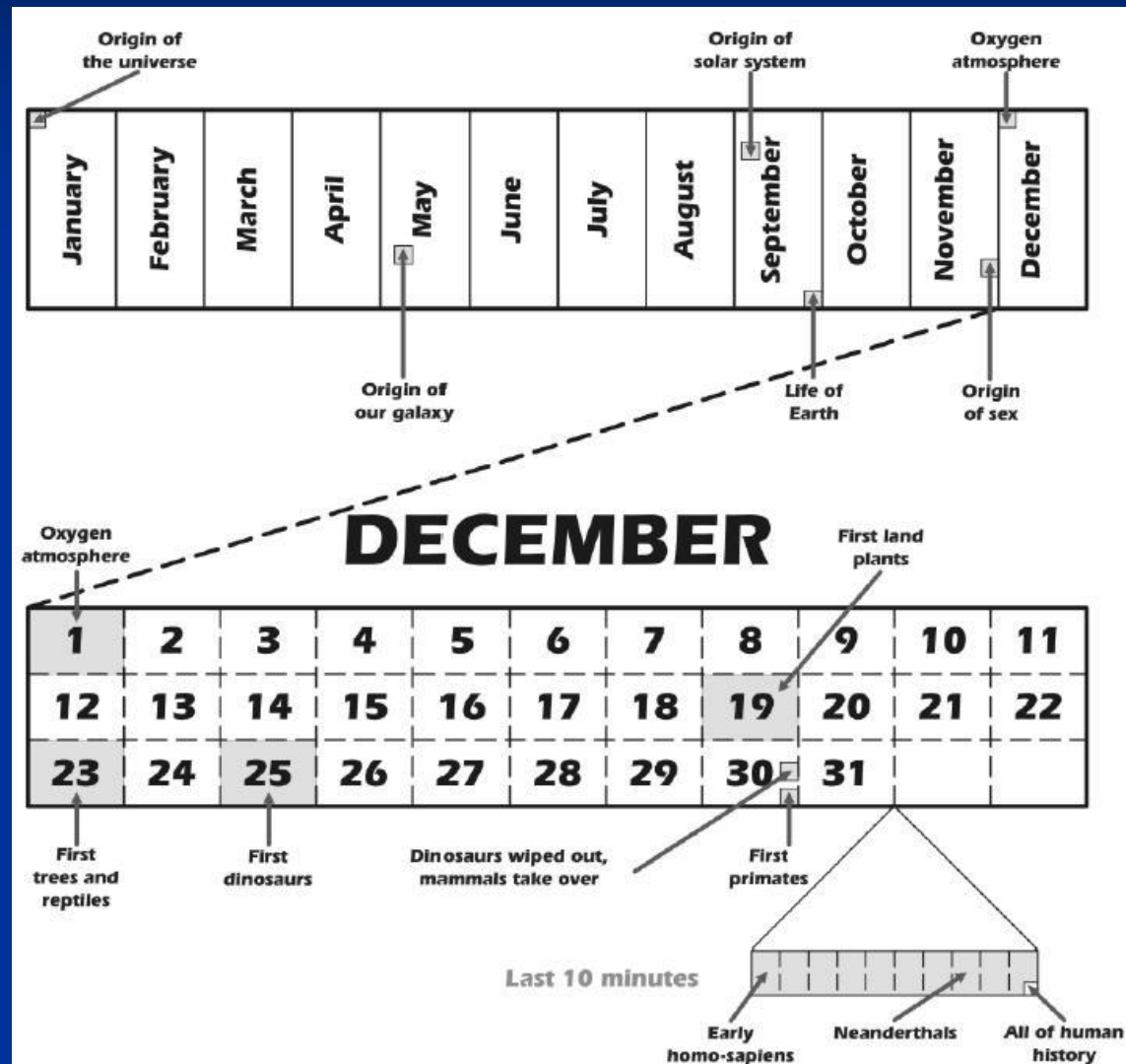
- Флуктуација на квантниот вакуум?
- Празнината не е ништо, таа постои.
- Повеќе универзуми?
Недокажливи по дефиниција.



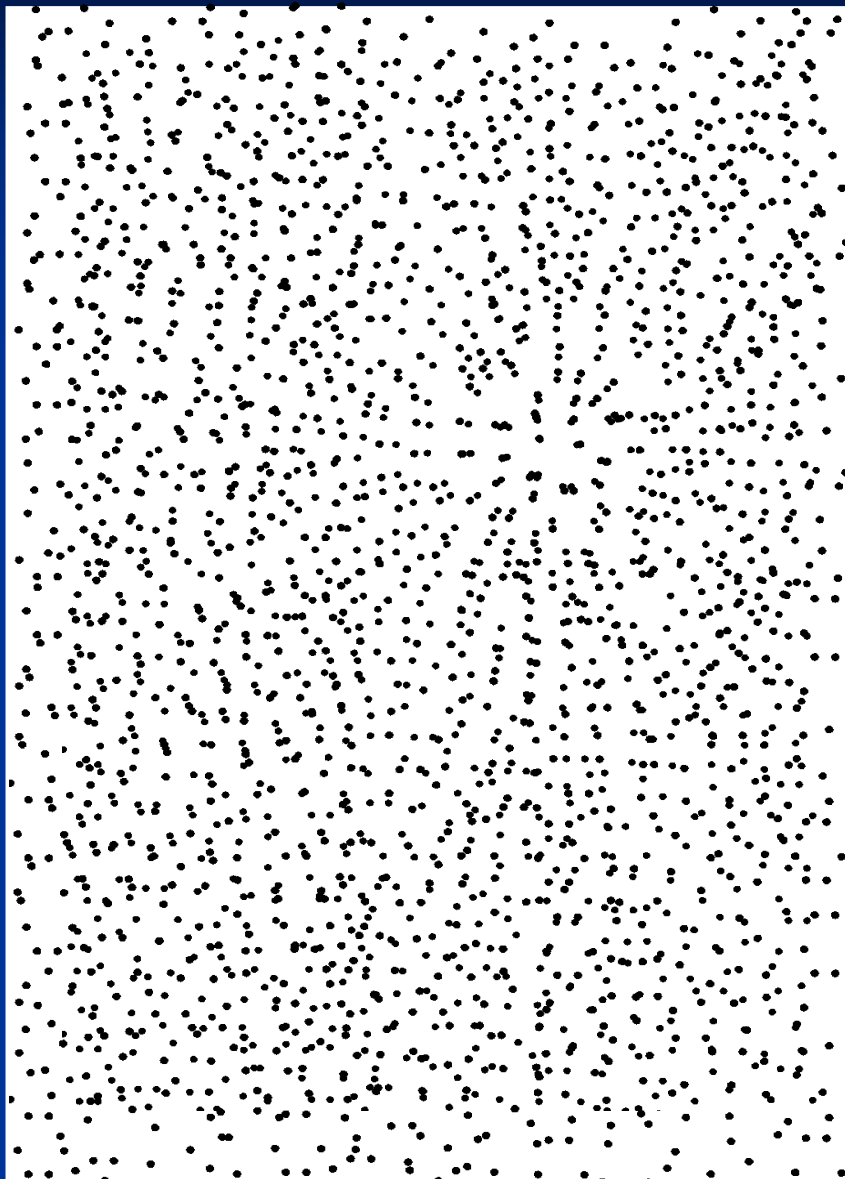
Еволуција на универзумот



Развој на универзумот во една година



Активност 6: Нема центар на ширење

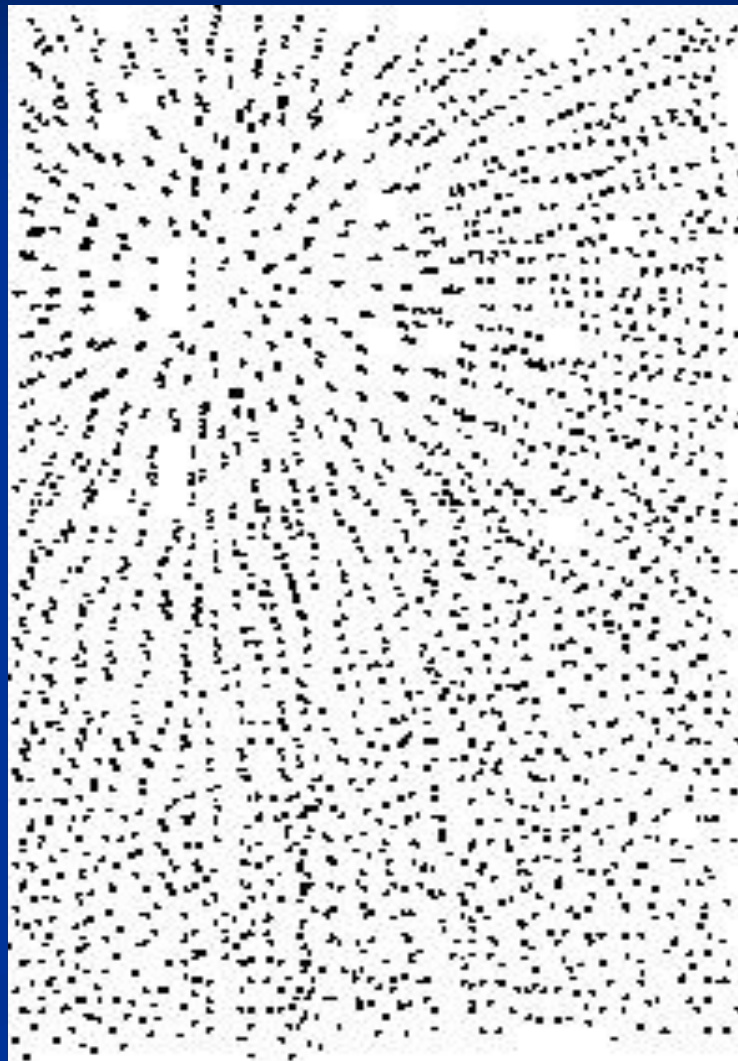
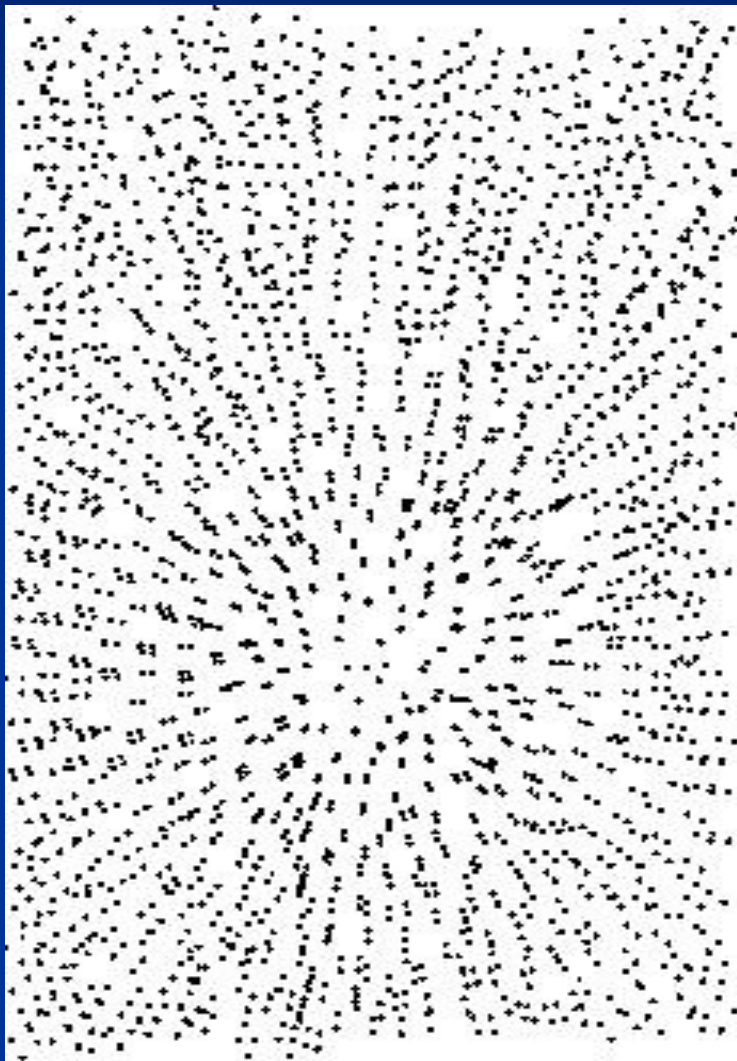


100%

105%



Активност 6: Нема центар на ширење



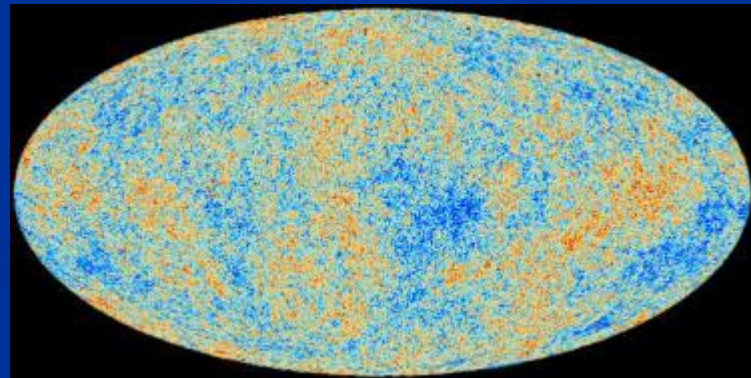
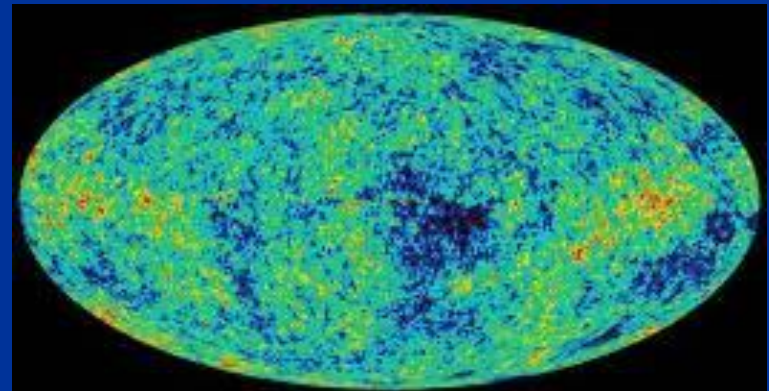
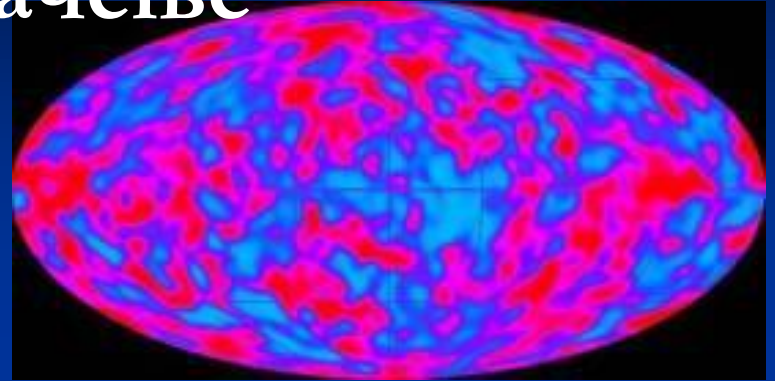
Космичко микробраново позадинско (КМП) зрачење

- Зрачење кое станало слободно по 380000 години по Големата експлозија.
- Со текот на времето, како што се шири просторот, фотоните на КМП се продолжиле во нивната бранова должина.
- Сега се во микробрановиот дел од спектарот.



Космичко микробраново позадинско (КМП) зрачење

- Мисиите COBE, WMAP и PLANCK направиле карта на небото од КМП зрачењето, секој пат со повеќе детали. Тие детектирале мали флуктуации: отпечатоци од грутки материја од кои галаксиите започнале да се формираат.



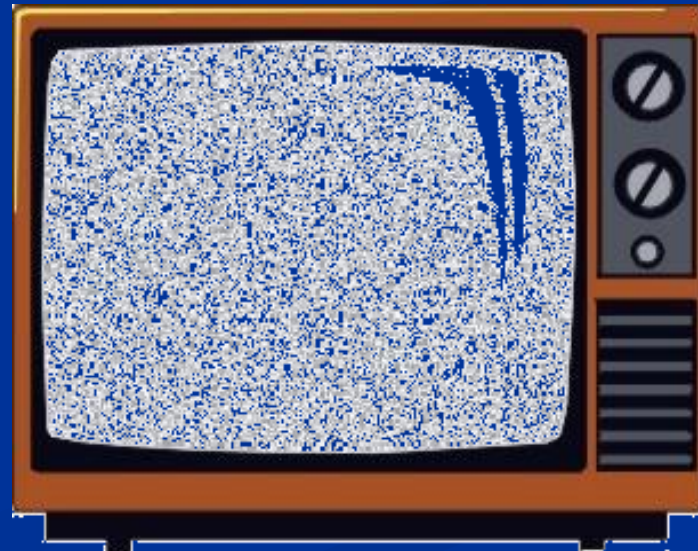
Активност 7: Космичко позадинско зрачење (КМП)

- Повеќе од 300000 години по Големата експлозија, фотоните се одвоиле од материјата и започнале слободно да патуваат низ универзумот.
- Со ширењето на просторот, фотоните ја зголемиле нивната бранова должина, сега $\lambda = 2 \text{ mm}$, еквивалентно на $T = 2.7 \text{ K} = -270 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



Активност 7: Космичко позадинско зрачење (КМП)

Можеме да го детектираме КМП со аналоген телевизор. Во празен канал, една од десет точки доаѓа од микробрановото позадинско зрачење. Сличен ефект може да се слушне на VHF радио кое е наместено надвор од станица.



Темна материја: Врточка маса која компензира за привлечноста на земјината гравитација

Црните дупки се невидливи, но знаеме дека постојат бидејќи нивната гравитациона сила ги прави свездените системи да се движат околу нив.



Иако темната материја е невидлива, еден начин да се детектира е со набљудување и проучување на движењето на спиралните краци на галаксиите.



Друг начин да се детектира темната материја: гравитациони леќи



Гравитационата леќа дејствува како оптичка леќа, нејзината маса го дисторзира околниот простор и ги отклонува светлинските зраци кои доаѓаат од далечен објект.



Гравитациони леќи

- Светлината секогаш го следи најкраткиот можен пат
- Ако површината е закривена, патот е закривен.

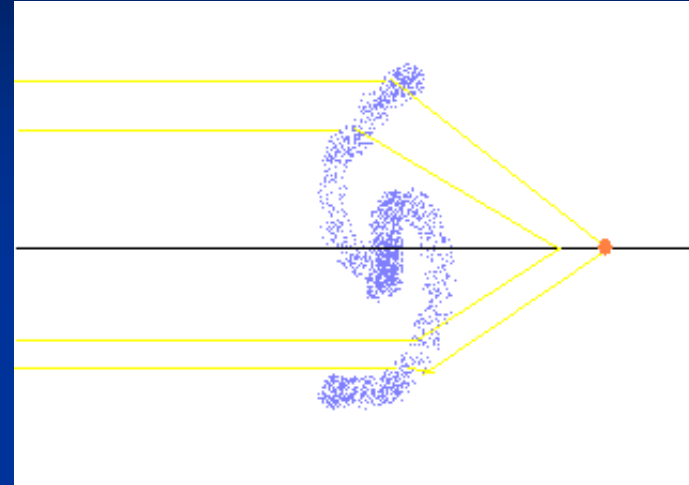
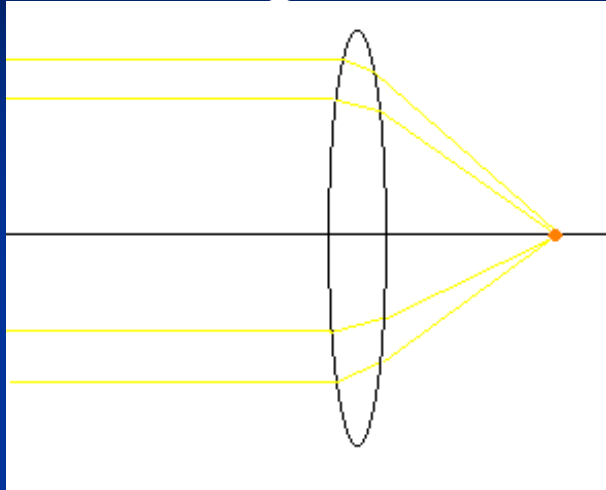


Зошто светлината се свиткува кога поминува близу до тело?

- Ако има маса, просторот е закривен и најкраткиот пат меѓу две точки е крива.
- Слична ситуација може да се види користејќи глобус.

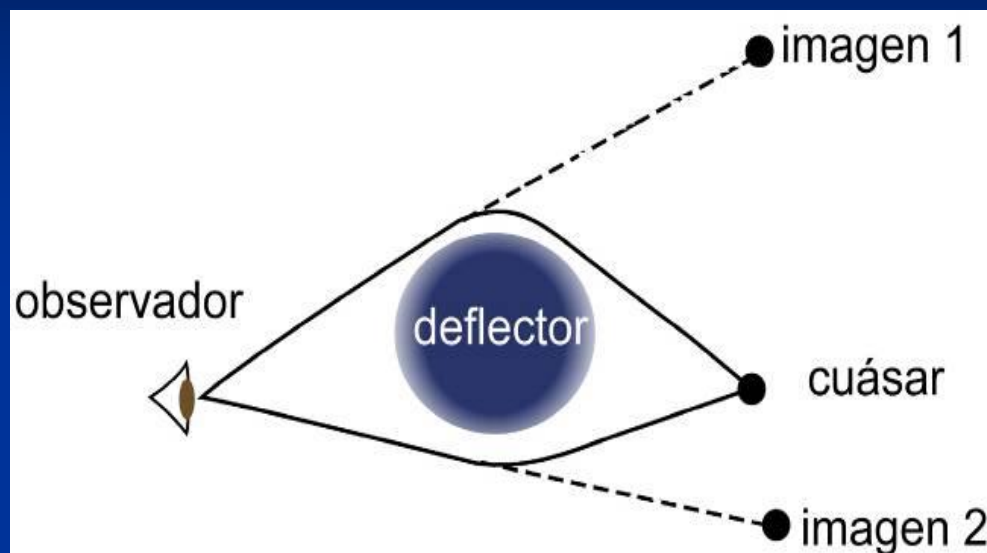


Како функционираат гравитационите леќи?



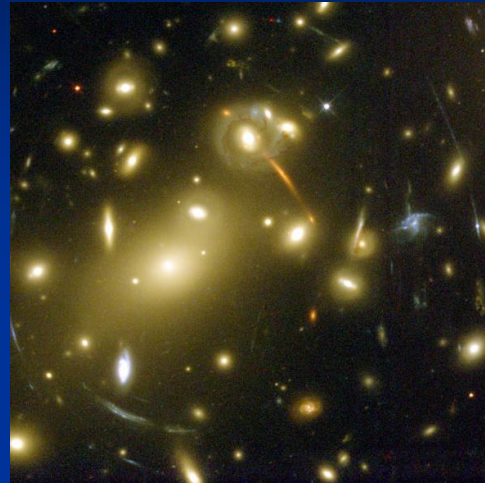
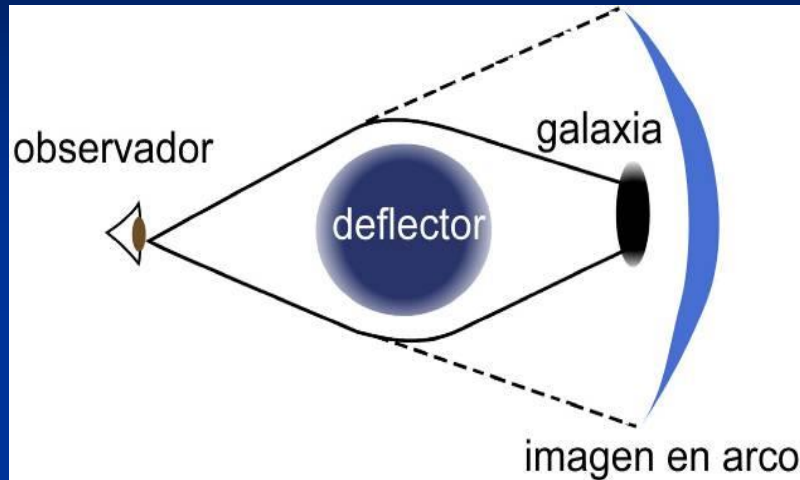
- Конвексна оптичка леќа ги фокусира паралелните зраци на светлина во една точка: фокусот.
- Гравитациона леќа (на пр. галаксија или група/кластер на галаксии) ги фокусира светлинските зраци во линија наместо во точка; ова може да внесе неколку дисторзии во сликата.

Промени во позицијата и мултипликација



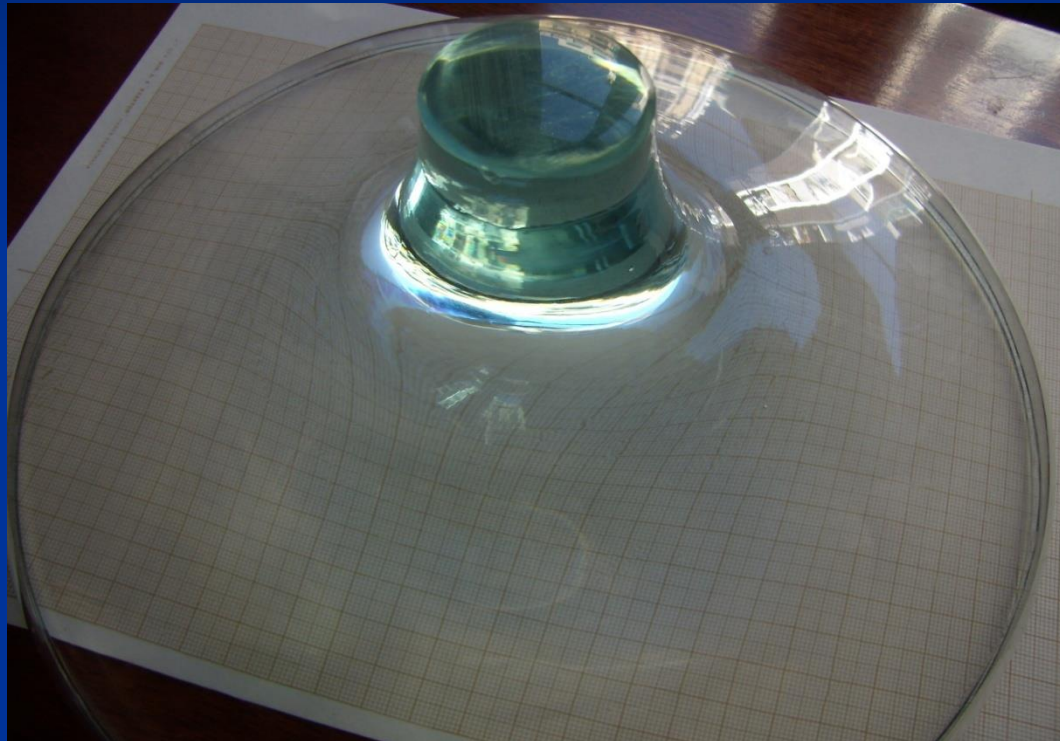
- Отклонувањето ја создава привидната позиција или лик на ѕвездата, галаксијата или квазарот.
- Гравитационите леќи не се совршени, најголемите можат да формираат повеќе ликови.

Отклонување



- Ако отклонувачкото тело е проширен астрономски извор, добиените ликови се сет на светли лакови.
- Ако системот на леќата е совршено симетричен, зраците конвергираат и резултатот е прстен - Ајнштајнов прстен.
- Ако отклонувачкото тело е ѕвезда или квазар, ликот е точка.

Активност 8: Симулација на деформацијата со основата на чаша за вино



Ако ја поставиме основата на чаша за вино на графичка хартија, можеме да ја видиме деформацијата.

Активност 8: Гледање низ „дното на чаша за вино“



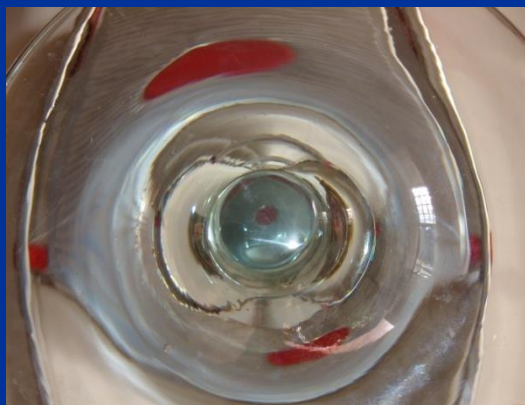
Само исечете го дното од чашата.



+



=



Фрагмент на лак

Ајнштајнов крст

Ајнштајнов прстен

Активност 9: Симулација на деформацијата на просторот со чаша вино



Ако ставите чаша бело вино на графичка хартија и гледате низ виното, можете да ја видите оваа деформација.

Активност 9: Фиксирајте светилка и движете се полека додека гледате низ чаша вино



Овој едноставен модел покажува дека „материјата“ може да репродуцира дисторзии.

(Виното може да се замени со друга прозирна течност)



Активност 9: Фиксирајте светилка и движете се полека додека гледате низ



Фрагмент на лак



Аморфна фигура



Ајнштајнов крст



Ајнштајнов прстен

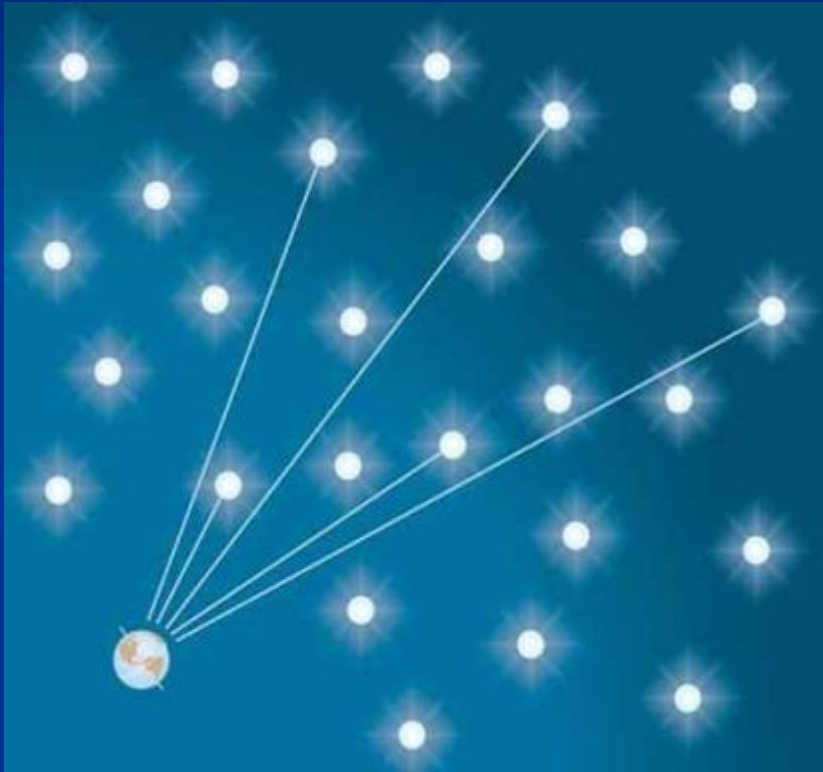
Тема надвор од работилницата: Зошто ноќе небото е темно?

Во 1923 Olbers предложил дека ако:

- Универзумот е бесконечен во обем.
- Свездите се униформно распределени низ универзумот.
- Сите ѕвезди имаат слична луминозност низ универзумот, тогаш...



Тема надвор од работилницата: Зошто небото е темно ноќе?



... бесконечен универзум ќе има бесконечен
број објекти и треба да биде светло ноќе.



Зошто небото е темно ноќе?

Тогаш:

- Било која точка на небото би била светла, не темна, бидејќи секогаш би имало далечна ѕвезда што свети.
- Бројот на ѕвезди во секој „кромиден слој“ на небото е пропорционален на r^2 , и нивната светлина е инверзно пропорционална на r^2 , каде секој слој обезбедува иста количина светлина на Земјата. Ако има бесконечен број слоеви, небото ноќе треба да изгледа светло.



Зошто небото е темно ноќе?

Но има грешки во ова расудување:

- Свездите изгледаат поцрвени колку се подалеку поради ширењето. Тие се помалку сјајни поради нивното растојание.
- Но пред сè, универзумот нема бесконечна старост. Нема бесконечни слоеви свезди.

Edgar Allan Poe бил тој што правилно го објаснува феноменот во неговиот есеј „Еурека“, објавен во 1848.

Ноќта може да биде темна!



Ви благодариме
многу за вашето
внимание!

