

Разширяване на Вселената

**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:

- Разберете разширяването на Вселената
- Разберете, че няма център на Вселената
- Разберете закона на Хъбъл-Льометр
- Разберете как да откриете тъмна материя



Представяне

Този семинар е за:

- Произхода на Вселената: Големият взрив
- Галактиките: те не се „движат“ през пространство, пространството е това, което се разширява
- Константата на Хъбъл: $v = H \times d$
- Няма център на Вселената
- Космическият микровълнов фон (СМВ)
- Гравитационни лещи.



Модели, прогнози, проверка: Експеримент с покривка



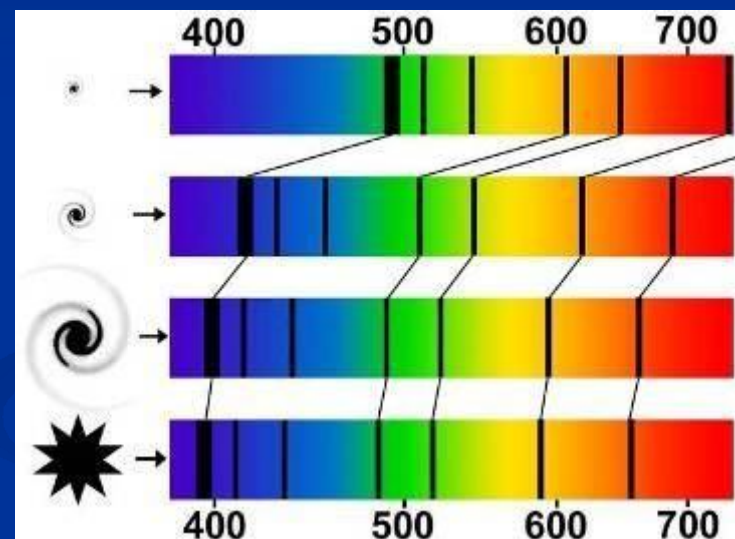
Прогноза: ако издърпате много бързо покривка, нищо на масата няма да падне. Ако успеем да проверим това, нашата прогноза се изпълнява. Ако човек дърпа покривката бързо, силите на триене нямат време да действат върху предметите на масата, което обяснява защо те не падат. Експериментът е успешен, защото физиката е наука, която предсказва какво ще се случи.

Физиката, която разработихме на Земята, е същата, която прилагаме към останалата част от Вселената.



Движение към червеното

- Поглъщането на светлина е различно за всеки химичен елемент.
- Спектърът на абсорбция на светлината представя характерните линии за всеки химичен елемент.
- Когато наблюдаваме светлината от галактики, можем да видим, че линиите са изместени към червения край на спектъра. Колкото по-далеч е галактиката, толкова по-голямо е червеното отместване.
- Това се тълкува като резултат от отдалечаването на галактиката от нас.



Движение към червеното

- Близките галактики имат относително малки и неравномерни движения: Големият Магеланов облак -13 km/s,
- Малкият Магеланов облак -30 km/s, галактиката Андромеда -60 km/s, M32 - 21 km/s.
- В клъстера Дева (на 50 милиона лири) всички галактики се отдалечават от нас със скорости между 1000 и 2000 km/s.
- В суперклъстера Coma Berenice (300 милиона св.г.) скоростите са между 7 000 и 8 500 km/s.



Движение към червеното

- В обратната посока М 74 се отдалечава с 800 km/s, а М 77 с -1 130 km/s.
- Ако наблюдаваме далечни и слаби галактики, скоростта на рецесия е още по-голяма: галактиката NGC 375 се отдалечава с 6 200 km/s, NGC 562 с 10 500 km/s и NGC 326 с 14 500 km/s.
- Независимо от посоката, в която наблюдаваме, всички с изключение на много близките галактики се отдалечават от нас.



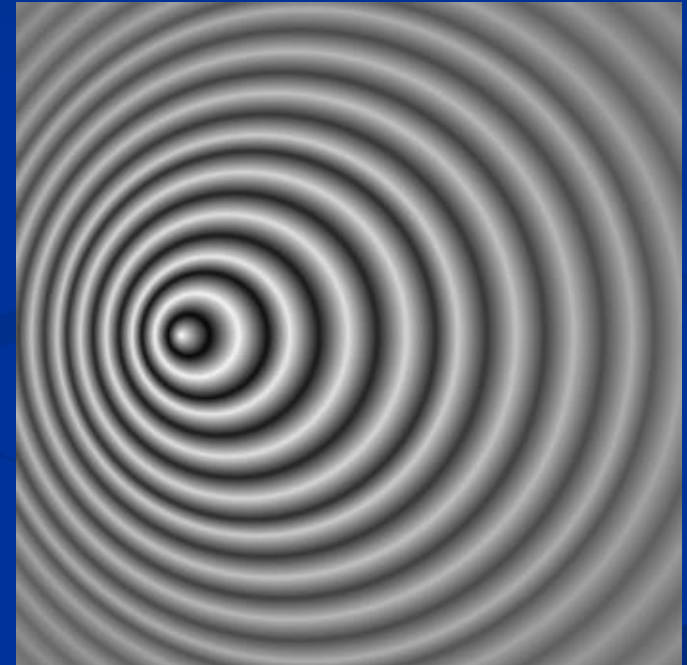
Доплер ефект

По същия начин, както в примера с покривката, можем да приложим други физически принципи към изследването на Вселената.

Ако приближава линейка, мотоциклет или влак, ще чуем по-висок звук. Когато се отдалечават, чуваме по-нисък звук.

По-висок звук → дължината на вълната е скъсена

По-нисък звук → дължината на вълната се удължава



Дейност 1: Доплеров ефект

- Доплеровият ефект може да се чуе чрез завъртане на будилник или зумер в хоризонтална равнина.



- Когато се приближи до слушателя, λ се скъсява и височината на звука е по-висока. Когато се отдалечи, λ се разтяга и височината на звука е по-ниска.

- Това се случва със звуците на мотоциклети, линейки, влакове...



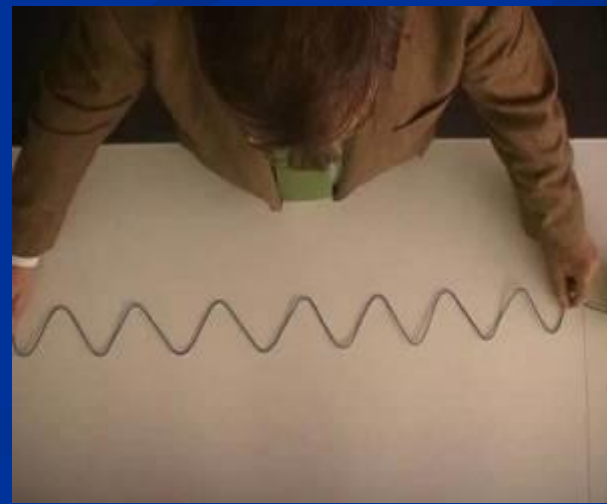
- В експеримента ефектът на Доплер се дължи на относителното изместване източник-приемник и се подчертава със звуци.

В случай на разширяване на Вселената, ефектът се получава с електромагнитни вълни



Дейност 2: „Разтягане“ на фотони

- ❑ Вселената, когато се разширява, «разтяга» фотоните в нея.
- ❑ Можете да направите модел на това разтягане, като използвате полутвърд кабел от типа, използван в домашното окабеляване.
- ❑ Колкото по-дълъг е пътят на фотона, толкова повече са «разтегнати».

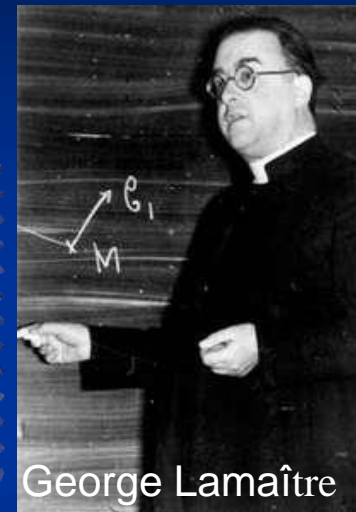
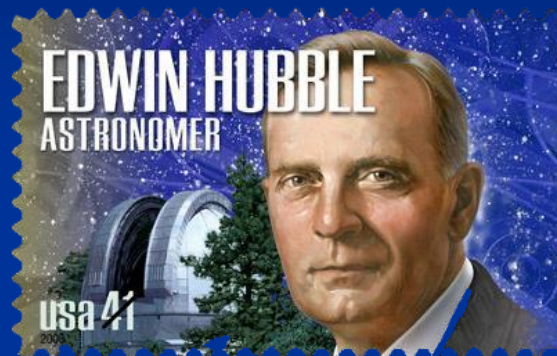


Закон на Хъбъл-Льометр

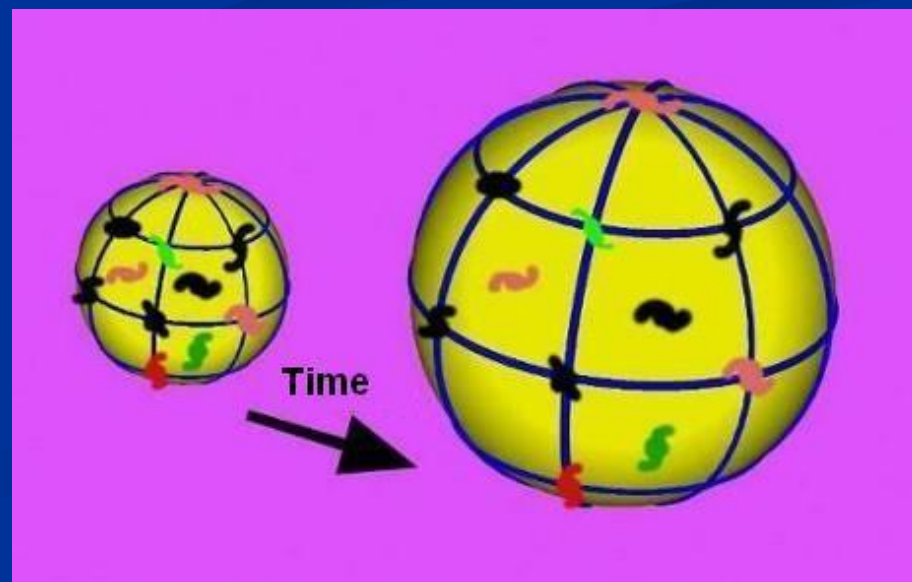
Между 1920 и 1930 г. Джордж Леметр и Едуин Хъбъл осъзнават, че най-отдалечените галактики се отдалечават по-бързо от близките. Закон на Хъбъл-Льометр:

$$v = H \times d$$

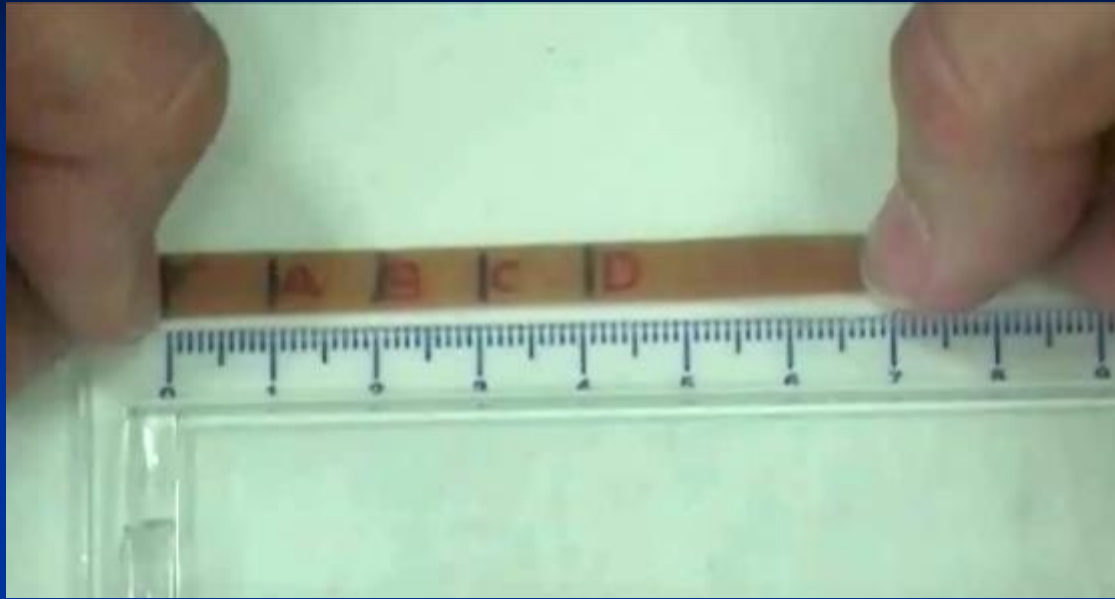
Галактиките не се движат през пространството: пространството е това, което се разширява, увеличавайки галактиките.



George Lemaître



Дейност 3: Вселената в ластик



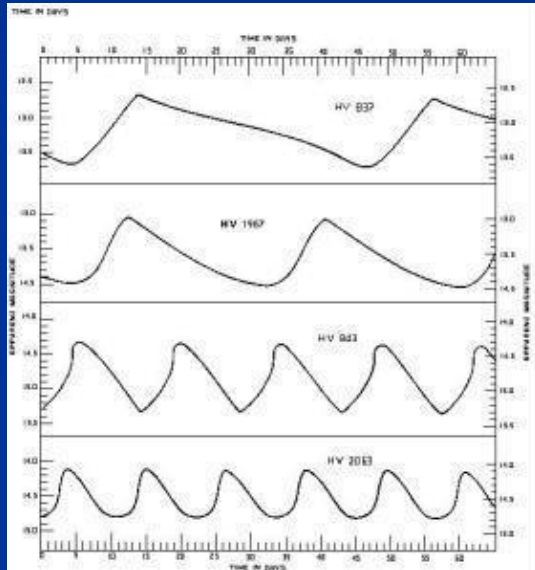
Дейност 4: Вселената в балон



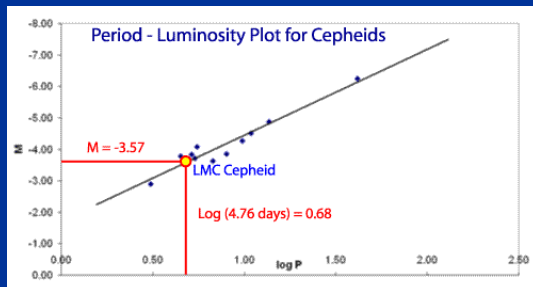
- Разстоянието между галактиките се увеличава с разширяването.
- Галактиките не се движат през балона
- Локализиране в която и да е „галактика“ на балона виждаме, че другите се отдалечават от нас.

Разширяване на Вселената

1) Разстоянието до най-близките галактики може да бъде получено от връзката период-светимост на променливите звезди Цефеида (открита от Хенриета Ливит в Харвард в началото на 20 век)



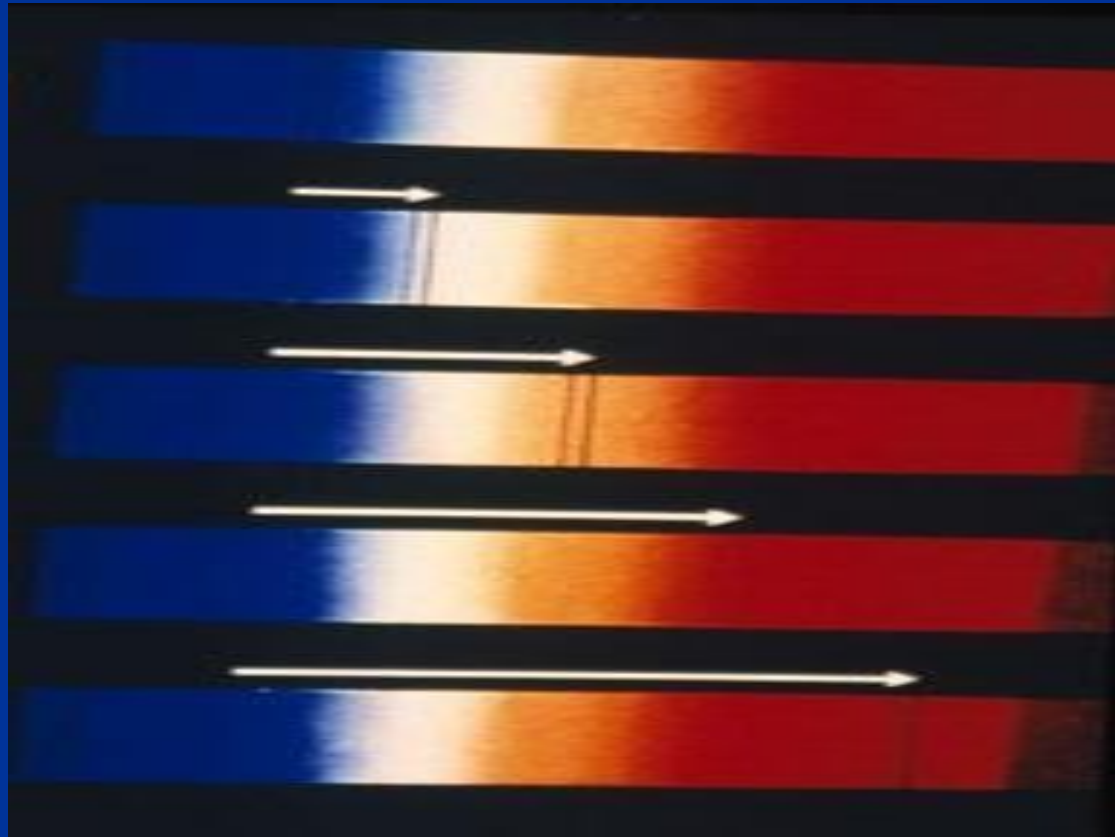
- От светлинната крива е възможно да се получи периода P
- От връзката период-светимост можем да намерим абсолютната величина M
- С M и m е възможно да се измери разстоянието до галактиката $d=10^{(m-M+5)/5}$ parsec
- За да определят разстоянията на най-отдалечените галактики, астрономите могат да използват определен тип свръхнова (тип Ia), които имат сходни пикови светимости.



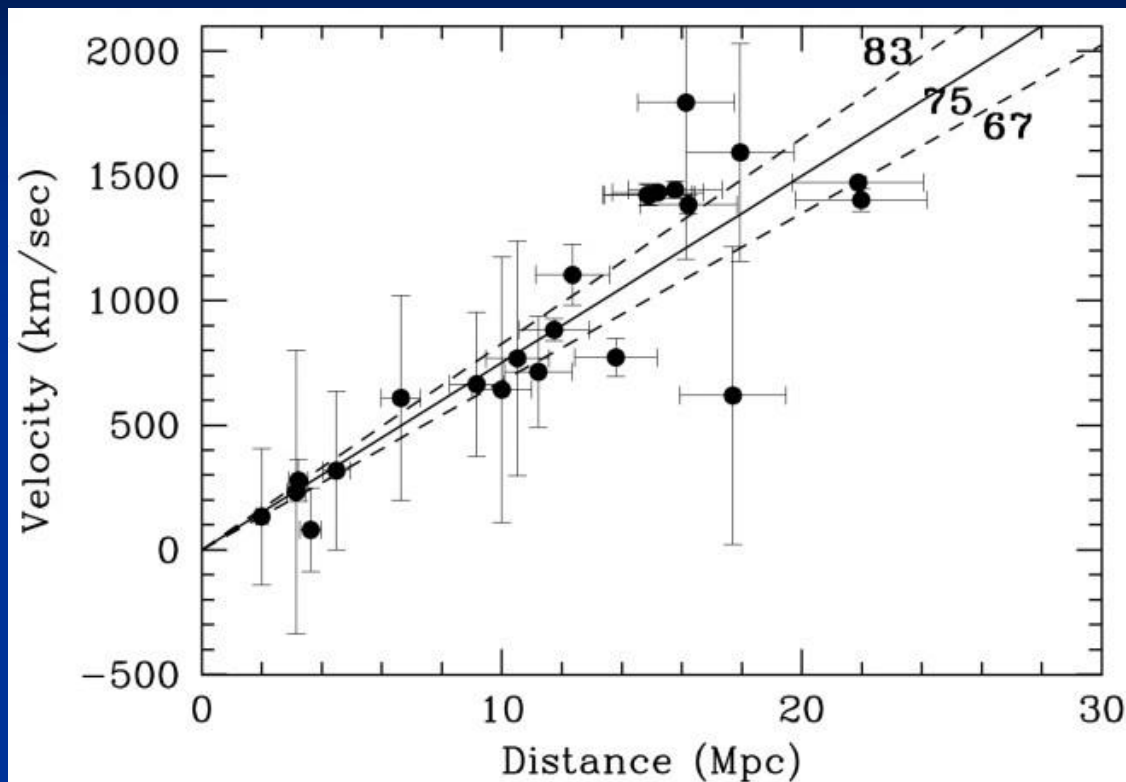
Разширяване на Вселената

2) Скоростта на рецесията се измерва от изместването на абсорбционните линии в спектъра, като се използва уравнението:

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



Разширяване на Вселената

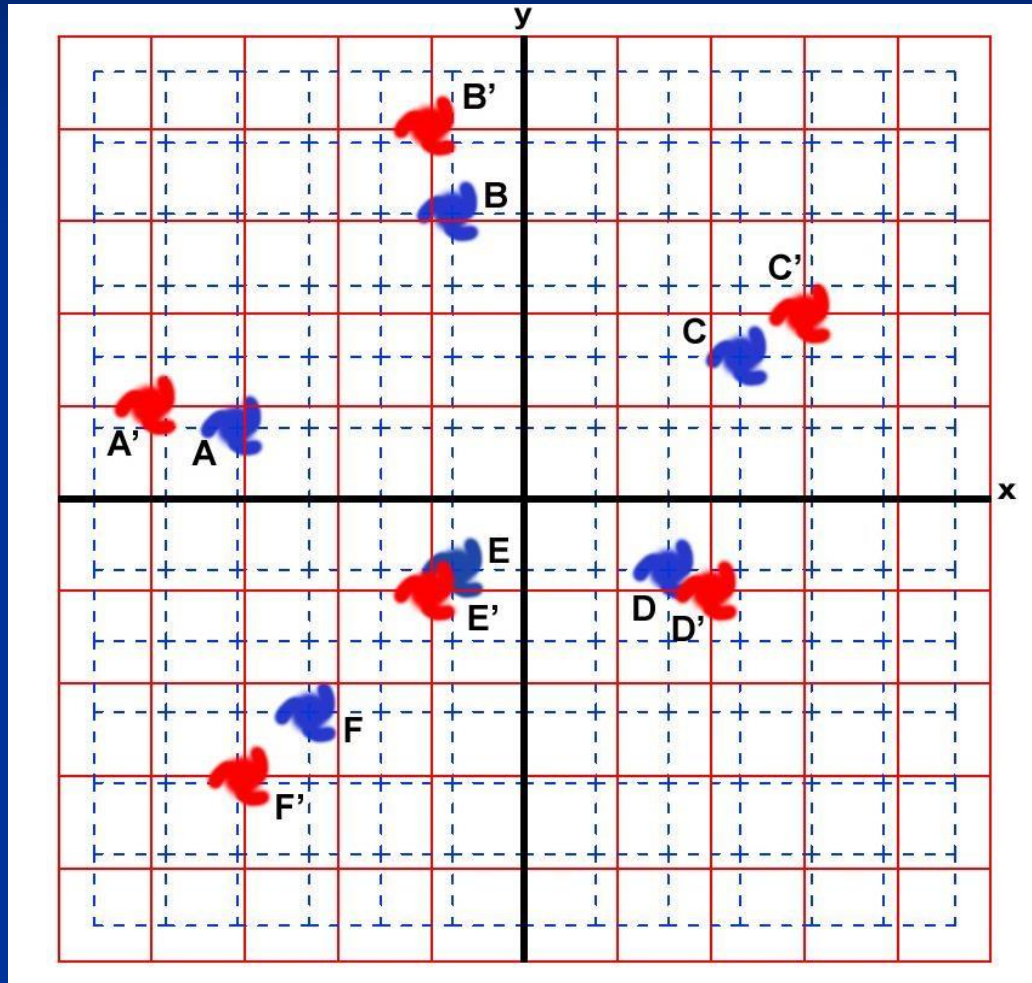


(from Freedman et al, 2001, ApJ, vol 553, p47)

3. Константата на Хъбъл е наклонът на графиката на функцията:

$v = H_0 \times d$, където H_0 е скоростта на разширяване на Вселената: $H_0 = 72 \text{ km/s.Mpc}$

Дейност 5: Изчисляване на константата на Хъбъл-Льометр

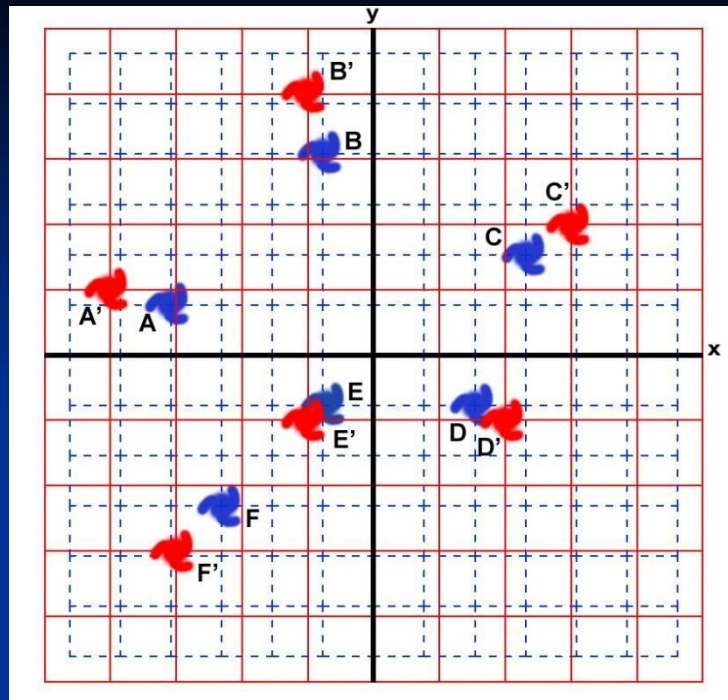


Синьо = Вселената преди разширяването

Червено = Вселената след разширяването

Дейност 5: Изчисляване на константата на Хъбъл-Льометр

<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>					

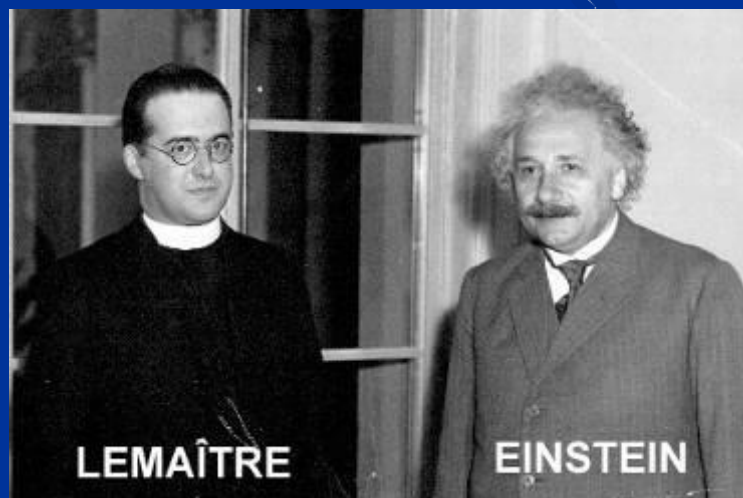


Galaxy	Coordinates x, y	$d = \text{distance}$ to origin	Δd	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
A	(-4, 1)				
A'	(-4, 1)				
B	(-1, 4)				
B'	(-1, 4)				
C	(3, 2)				
C'	(3, 2)				
D	(2, -1)				
D'	(2, -1)				
E	(-1, -1)				
E'	(-1, -1)				
F	(-3, -3)				
F'	(-3, -3)				

Големият

взрив

- Ако се върнем назад, имало е време, когато всичко е било обединено: Вселената в разширяване.
- Жорж Льомер, решавайки уравненията на относителността, стига до идеята за разширяваща се Вселена, която започва като „космическо яйце“.



Големият взрив

- Името на Големият взрив: голяма експлозия.
- Фред Хойл, с определени антирелигиозни предразсъдъци, смяташе, че това изглежда твърде съвместимо с идеята за Създател.
- S & T направи състезание за преименуването му. Имаше 12 000 предложения. Никой не беше по-добър!



Големият взрив

- Преди Големия взрив? Ние не знаем нищо.
- Каква беше причината? Защо е станало така? Защо се спазват едни и същи физични закони навсякъде?
- Физиката е за това как работят съществуващите неща, а не за това защо съществуват.
- Физиката изучава материята от нейния произход (от Големия взрив), не преди това, нито изучава причината или целта защо съществува.
- Това са философски и религиозни въпроси, но не и научни.

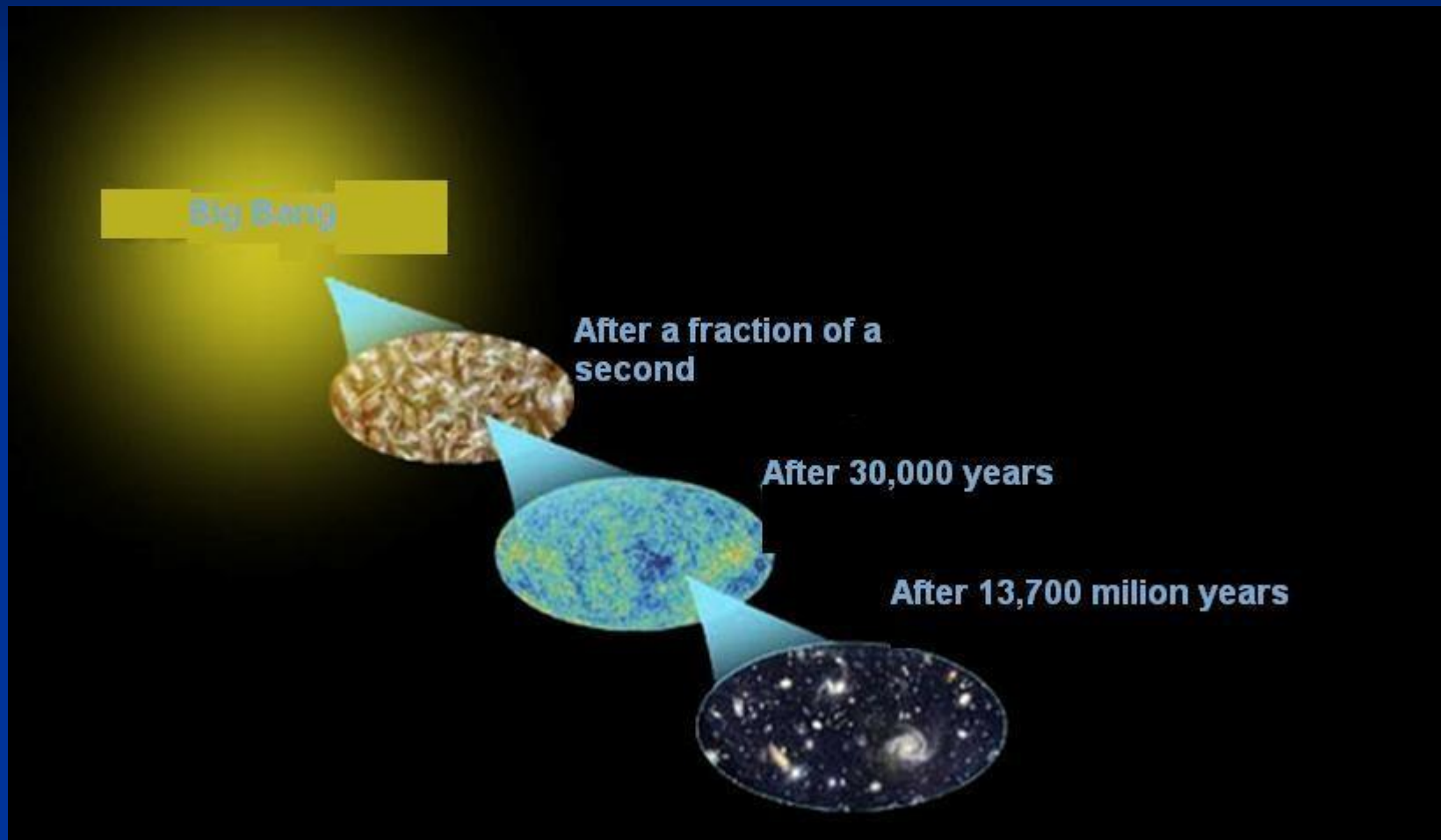


Големият взрив

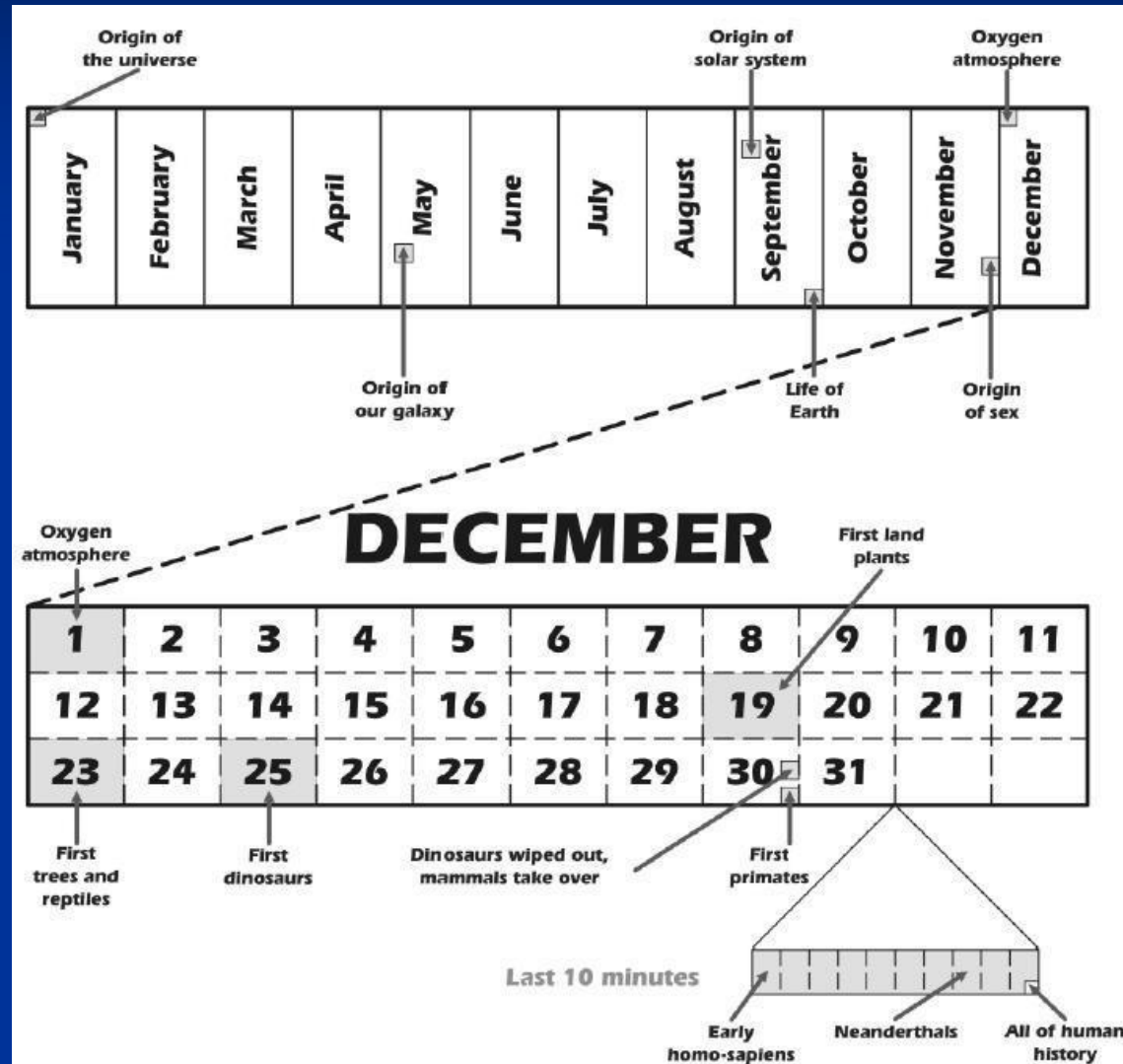
- Флуктуация на квантовия вакуум?
- Празнотата не е нищо, тя съществува.
- Множество вселени? Недоказуем по дефиниция.



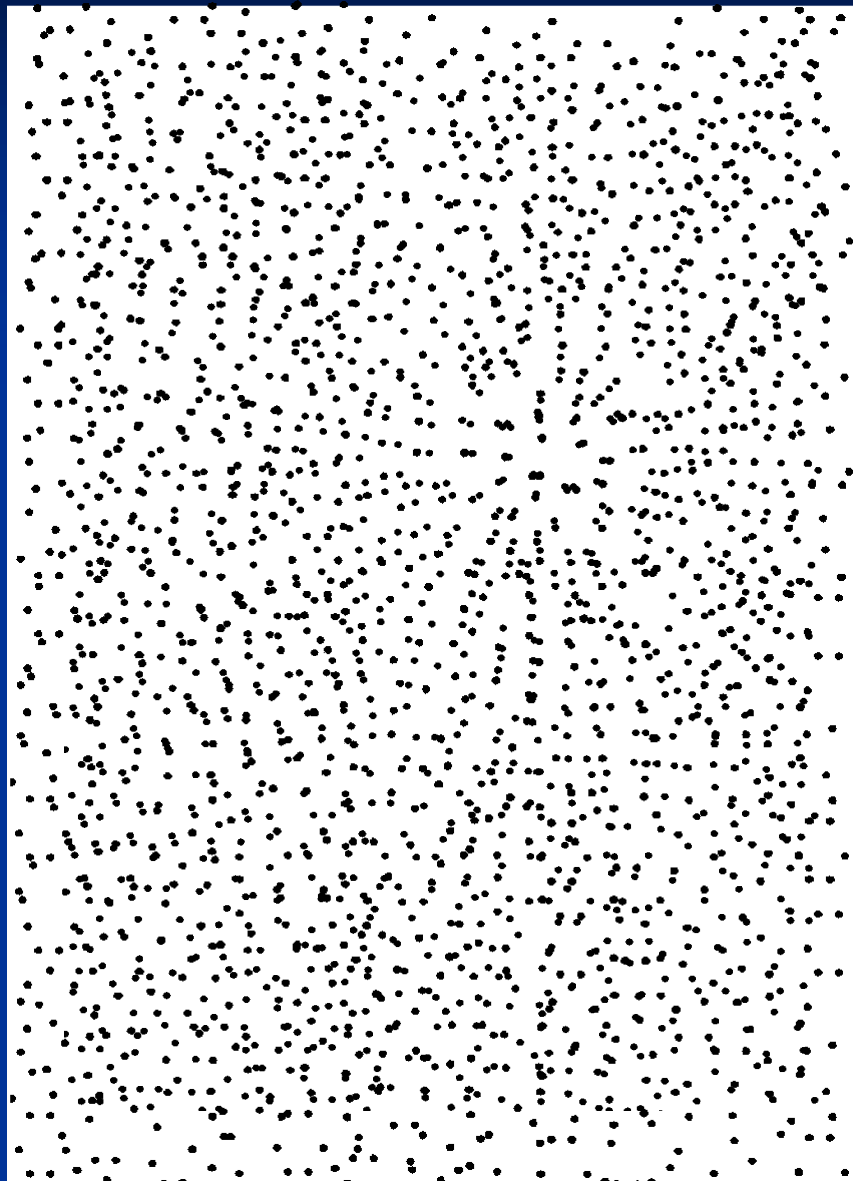
Еволюция на Вселената



Развитие на Вселената в една година



Дейност 6: Няма център на разширяване

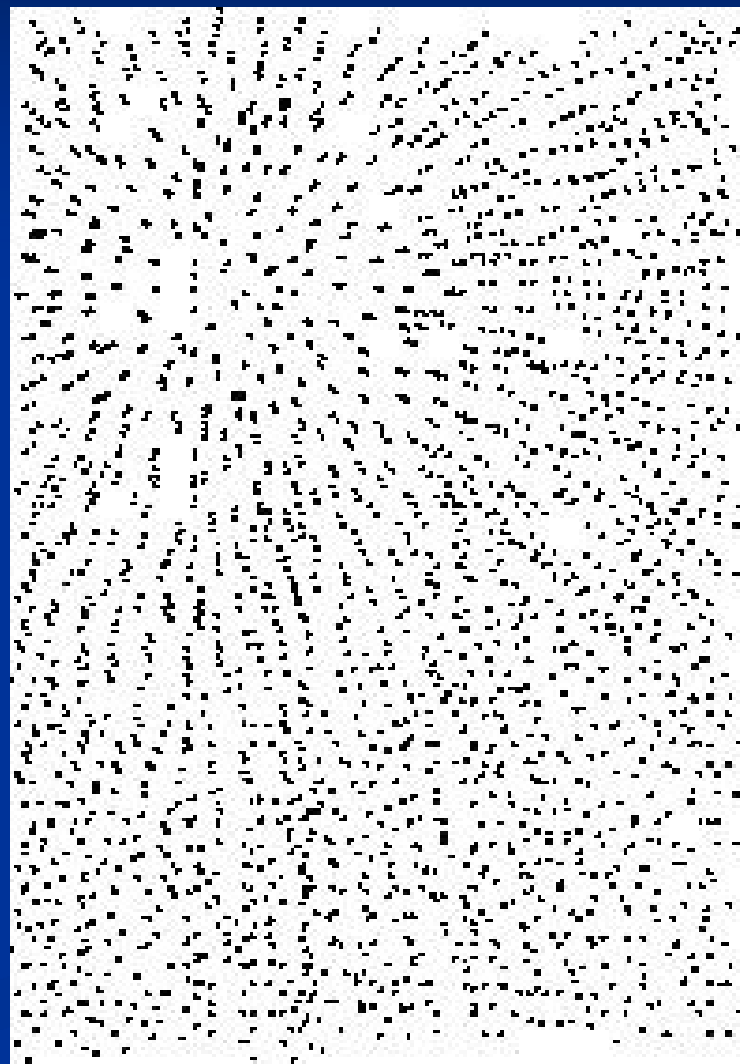
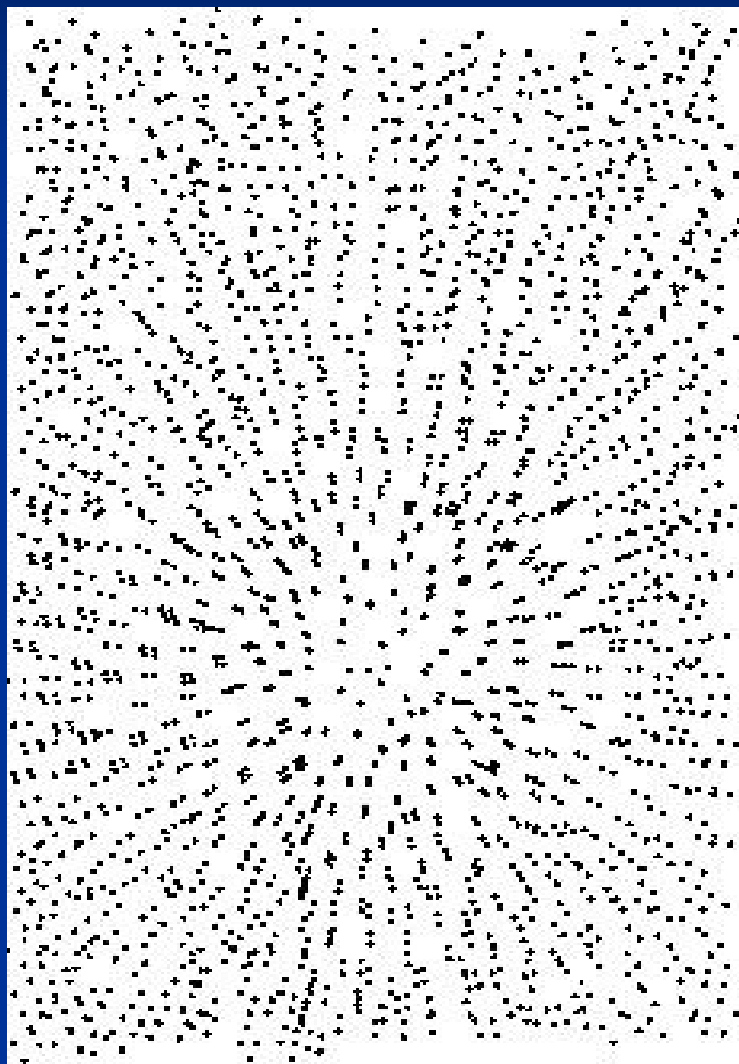


100%

105%



Дейност 6: Няма център на разширяване



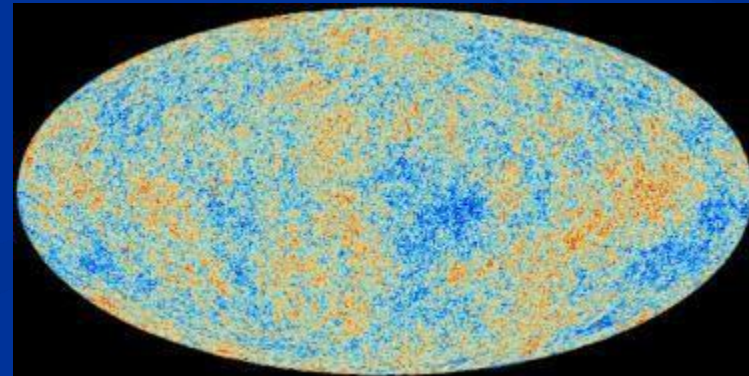
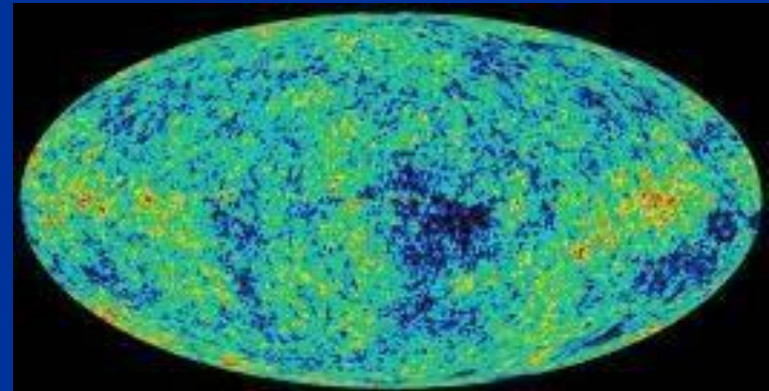
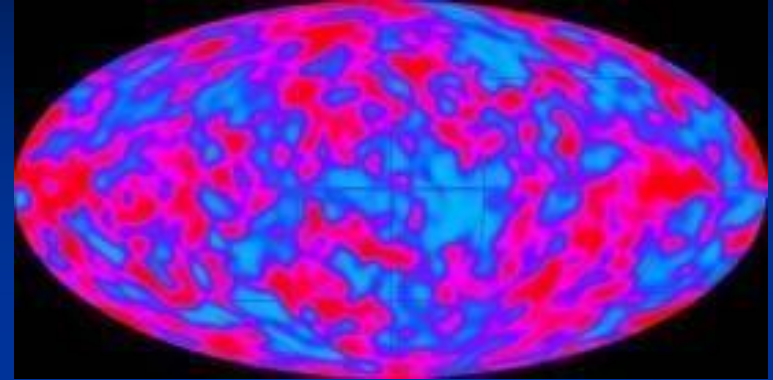
Космическо микровълново фоново (СМВ) лъчение

- Лъчението, което стана свободно 380 000 години след Големия взрив.
- С течение на времето, когато пространството се разширява, СМВ фотоните се разширяват в своята дължина на вълната.
- Сега те са в микровълновият регион.



Космическо микровълново фоново (СМВ) лъчение

- Мисиите COBE, WMAP и PLANCK направиха карта на небето на СМВ лъчение, всеки път с повече подробности.
- Те откриха малки флуктуации: отпечатъци от уплътнена материя, от които са започнали да се формират галактиките.



Космическо микровълново фоново (СМВ) лъчение

- Повече от 300 000 години след Големия взрив фотоните са се отделили от материята и започват да пътуват свободно из Вселената.
- Чрез разширяване на пространството фотоните са удължили дължината на вълната си и в момента $\lambda = 2 \text{ mm}$, еквивалентно на $T = 2.7 \text{ K} = -270 \text{ }^\circ\text{C}$.



Космическо микровълново фоново (СМВ) лъчение

Можем да открием СМВ с аналогова телевизия. В празен канал една от десет точки идва от микровълново фоново лъчение. Подобен ефект може да се чуе на VHF радио, което е настроено извън станцията.



Тъмна материя: Въртяща се масичка, която компенсира привличането на земната гравитация

Черните дупки са невидими, но ние знаем, че съществуват, защото тяхната гравитационна сила кара звездните системи да се движат около тях.



Въпреки че тъмната материя е невидима, един от начините да я откриете е чрез наблюдение и изучаване на движението на спиралните ръкави на галактиките.



Друг начин за откриване на тъмна материя: гравитационни лещи



Гравитационната леща действа като оптична леща, нейната маса изкривява околното пространство и отклонява светлината на отдалечен обект.



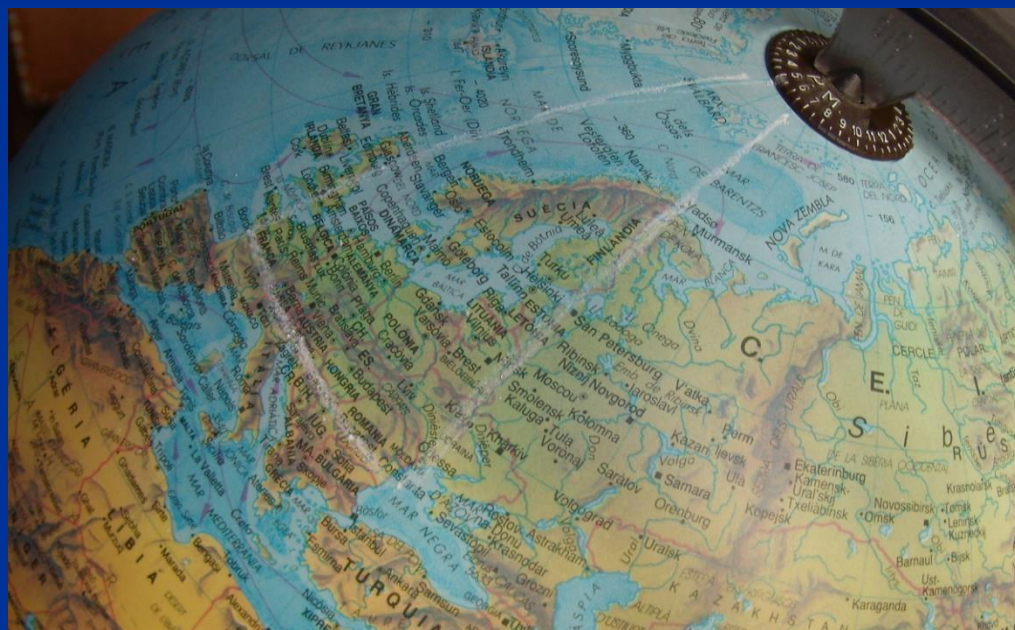
Гравитационни лещи

- Светлината винаги следва най-краткия възможен път
- Ако повърхността е извита, пътят е извит.

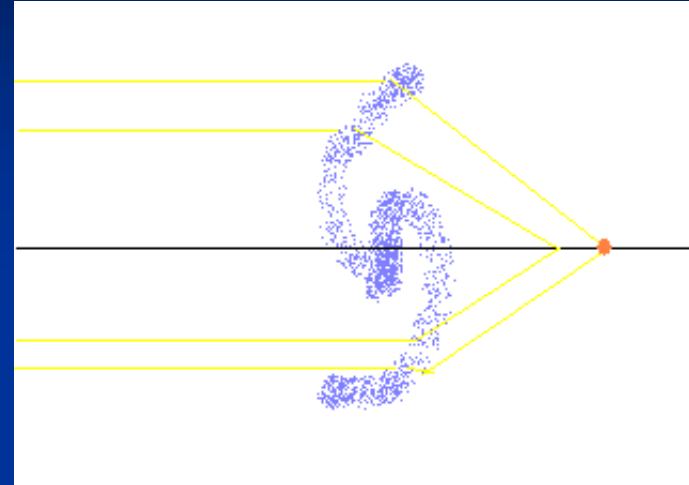
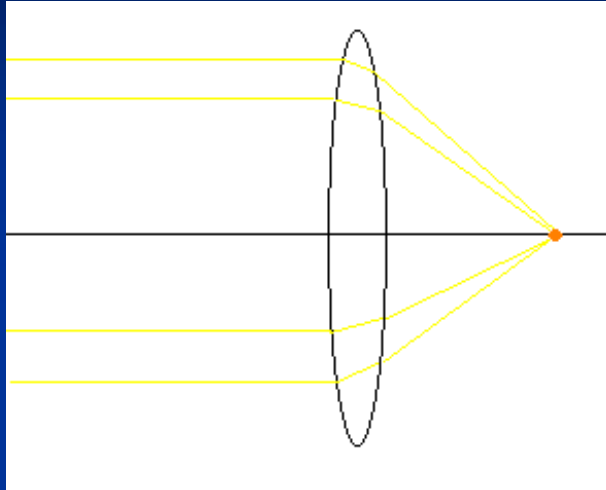


Защо светлината се огъва, когато преминава близо до тяло?

- Ако има маса, пространството е извито и най-краткият път между две точки е крива.
- Подобна ситуация може да се види с помощта на земен глобус.

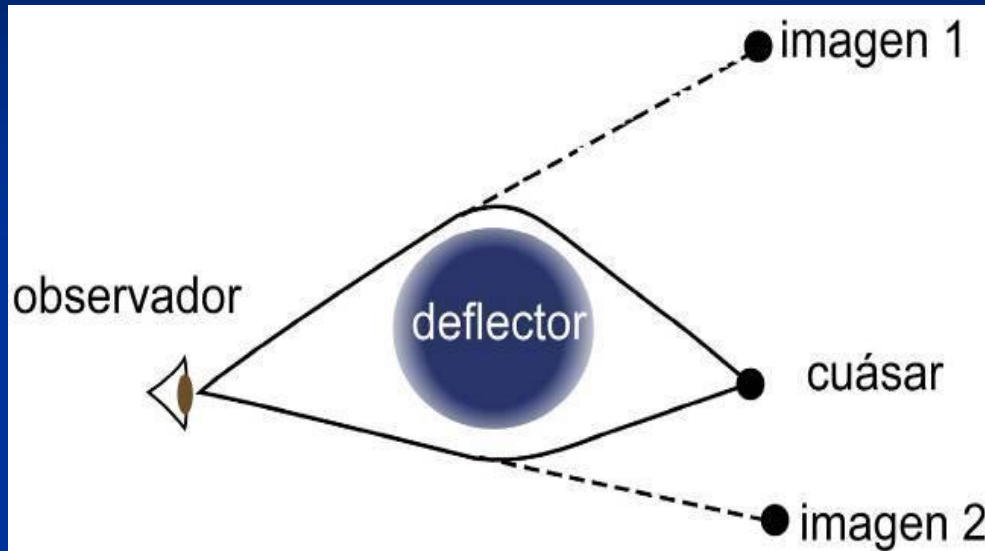


Как работят гравитационните лещи?



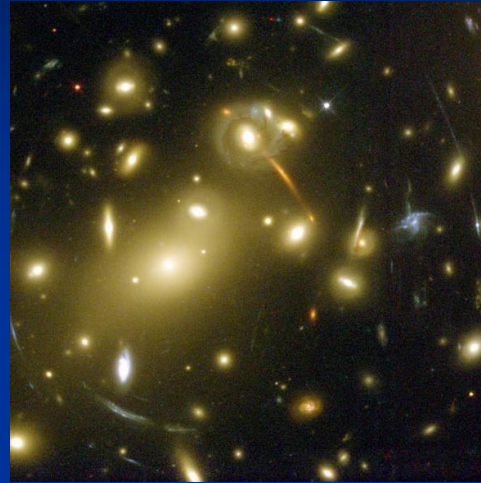
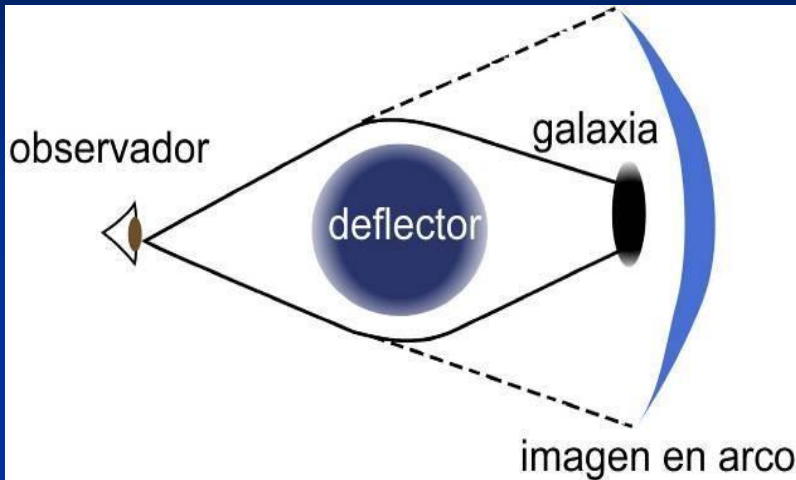
- Изпъкнала оптична леща фокусира успоредни лъчи светлина в една точка: фокуса.
- Гравитационна леща (напр. галактика или група/куп от галактики) фокусира светлинните лъчи в линия вместо в точка; това може да доведе до няколко изкривявания в изображението.

Промени на позицията и мултиплициране



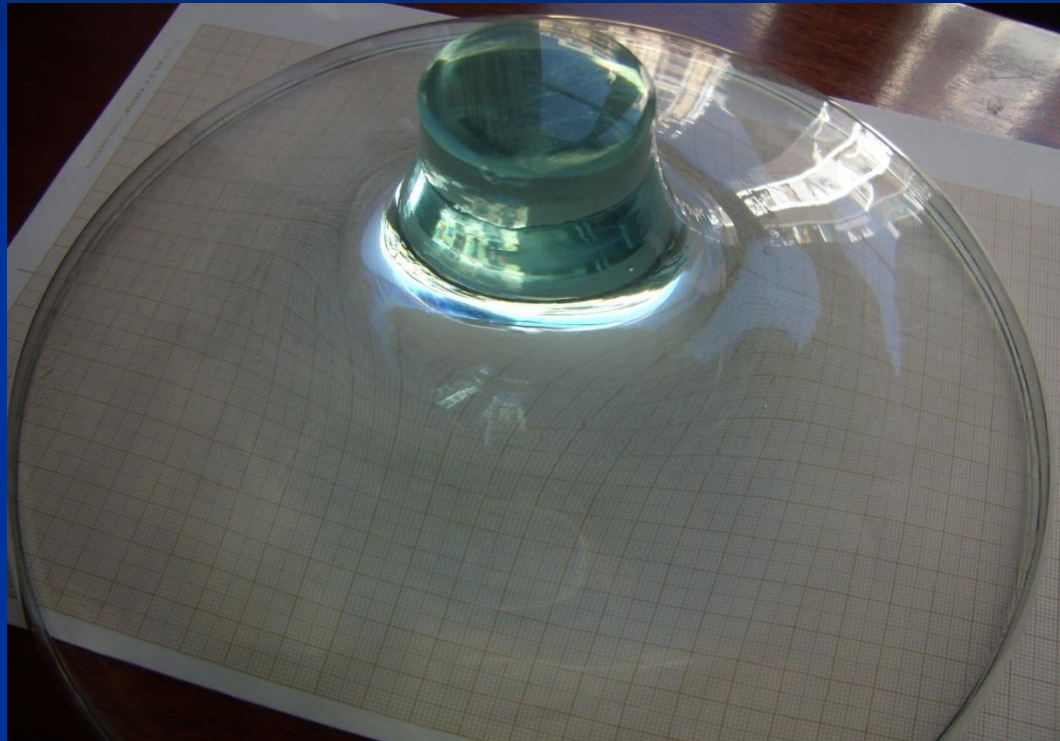
- Отклонението създава видимата позиция на звезда, галактика или квазар.
- Гравитационните лещи не са перфектни, най-големите могат да създават множество изображения.

Отклонение



- Ако отклоняващото тяло е разширен астрономически източник, получените изображения са набор от ярки дъги.
- Ако системата от лещи е напълно симетрична, лъчите се събират и резултатът е пръстен - пръстен на Айнщайн.
- Ако отклоняващото тяло е звезда или квазар, изображението е точка.

Дейност 8: Симулация на деформация със столче на чаша за вино



Ако поставим основата на чаша за вино върху милиметрова хартия, можем да видим деформацията.

Дейност 8: Разглеждане на „дъно на чаша за вино“



Просто изрежете столчето на чашата.

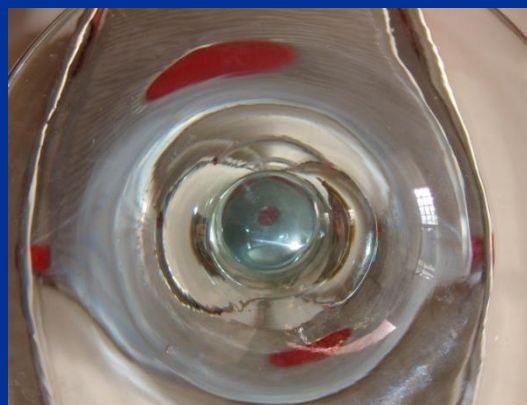




+



=



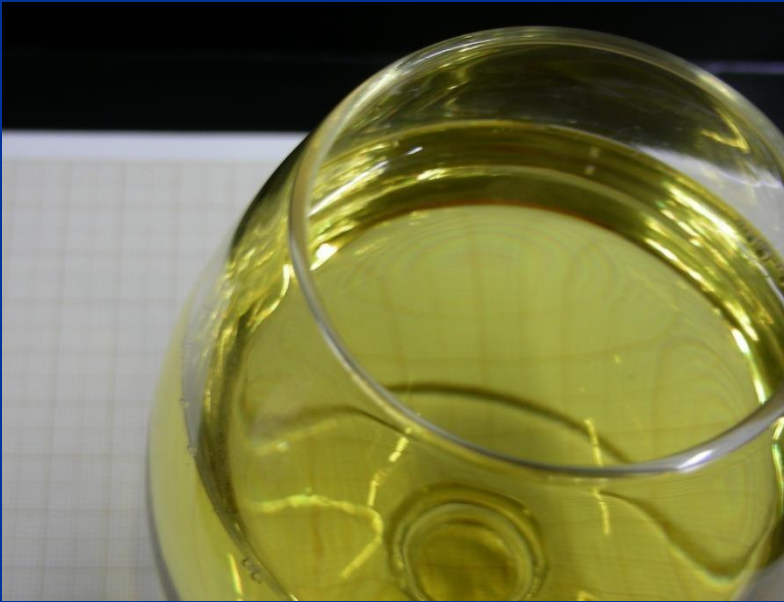
Арка

Кръст на
Айнщайн

Пръстен на
Айнщайн



Дейност 9: Симулация на пространствена деформация с чаша вино



Ако поставите чаша бяло вино върху милиметрова хартия и погледнете през виното, можете да видите тази деформация.



Дейност 9: Фиксирайте фенерче и се движете бавно, докато гледате през чаша вино



Този прост модел показва, че "материята" може да възпроизведе изкривявания в изображенията, наблюдавани чрез нея.

(Виното може да се замени с друга прозрачна течност)



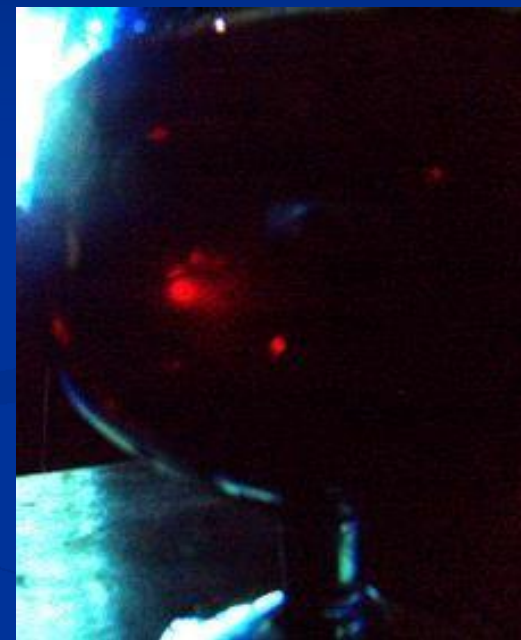
Дейност 9: Фиксирайте фенерче и се движете бавно, докато гледате през чаша вино



Фрагмент от
арка



Аморфна фигура



Кръст на
Айнщайн



Тема извън работилницата: Защо небето е тъмно през нощта?

През 1923 г. Олберс предполага, че ако:

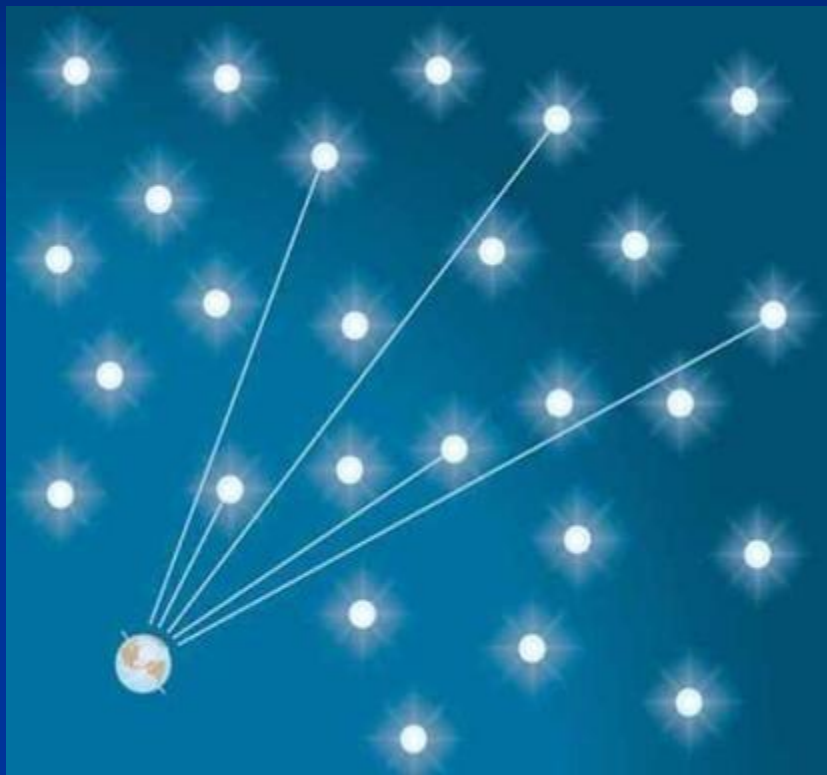
Вселената е безкрайна по размер.

Звездите са равномерно разпределени във Вселената.

Всички звезди имат подобна яркост във Вселената, тогава...



Тема извън работилницата: Защо небето е тъмно през нощта?



... една безкрайна Вселена ще има безкраен брой обекти и трябва да е светло през нощта.



Защо небето е тъмно през нощта?

Тогава :

Всяка точка на небето би била ярка, а не тъмна, тъй като винаги щеше да свети далечна звезда.

Броят на звездите във всеки „луков слой“ на небето е пропорционален на r^2 , а тяхната светлина е обратно пропорционална на r^2 , където всеки слой осигурява същото количество светлина на Земята.

Ако има безкраен брой слоеве, небето трябва да изглежда ярко през нощта.



Защо небето е тъмно през нощта?

Но има грешки в това разсъждение:

Звездите изглеждат толкова по-червени, колкото по-далеч са поради разширяването.

Те са по-малко светещи поради тяхното разстояние.

Но преди всичко Вселената няма безкрайна възраст.

Няма безкрайни слоеве от звезди.

Едгар Алън По е този, който правилно обяснява явленията в своето есе „Еврика“, публикувано през 1848 г.

Нощта трябва да бъде тъмна!



**Благодаря за
вниманието!**

