

# Произходът и еволюцията на Вселената

*Julieta Fierro, Susana Deustua, Beatriz García*

*International Astronomical Union,*

*Universidad Nacional Autónoma de México, México*

*Space Telescope Science Institute, USA*

*ITeDA and Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*



# Вселената е всичко:

Пространство

Материя

Енергия

Времето



То е в непрекъснатата еволюция. Всеки обект във Вселената се променя, както и представите ни за него.

**Измина по-малко от един век, откакто имаме достатъчно наблюдения, за да определим количествено Вселената и да се опитаме да направим наука по този въпрос.**



През последните няколко десетилетия имаме информация за Вселената и можем да я изучаваме. Преди имаше само спекулации.



# Нашата интуитивна представа за Вселената не е стандартният модел на Големия взрив.

В исторически план културите се опитват да обяснят Вселената. Например вавилонците смятали, че Земята е плоска, с определени възвишения и поддържана от слонове, които от своя страна са поставени върху костенурка, заобиколена от една змия.

Обясняваха земетресенията с пренареждане на слонове.



# Тестване на модела:

Сянката на слон и костенурка никога не изглежда като сянката на Земята върху Луната.

Само сфера винаги има кръгла сянка.  
Демонстрация на лунно затъмнение



# Напредъкът в науката

- Отразяване
- Мислейки за въпроси, които имаме за природата
- Експериментиране
- Мислейки за резултатите
- Социализиране на новите знания чрез статии
- Когато други мислители коментират положително нашите идеи, знанието се консолидира.
- Също и когато се учим от грешките си.



# Стандартен модел на Големият взрив

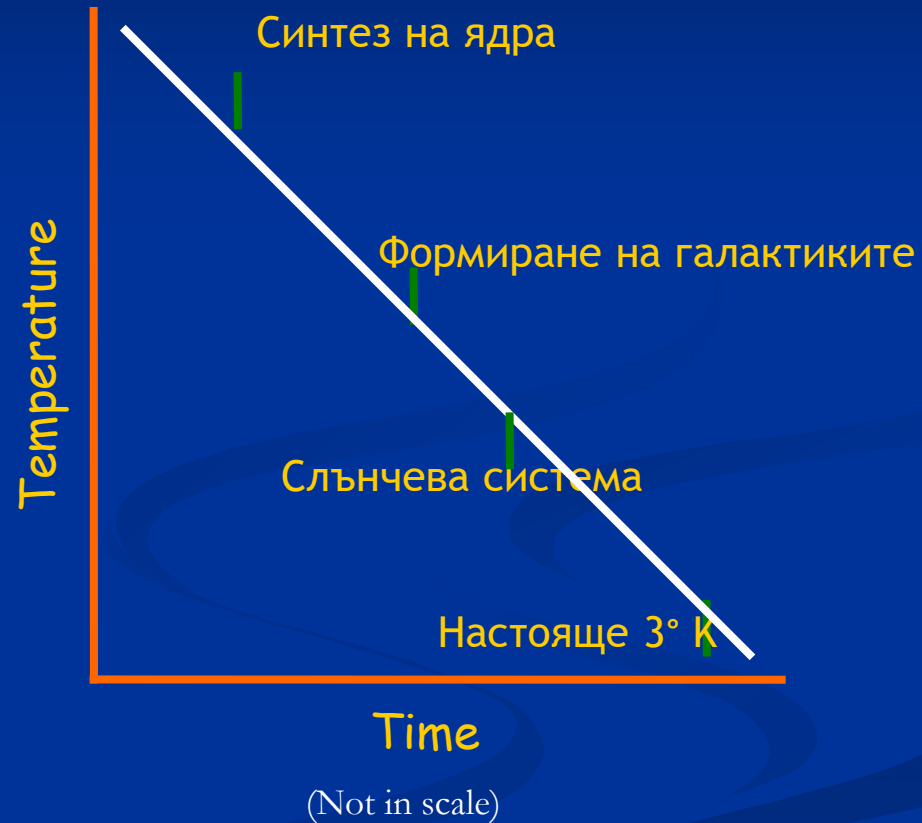
- Това е най-простото и обяснява наблюденията:
  - Разширяване
  - Космическо фоново лъчение
  - Химическо изобилие
  - Изотропия
  - Има и други модели



- Науката не претендира за истината – тя е непостижима.

# Разширяване на Вселената

- ❑ Вселената е формирана преди 14 милиарда години.
- ❑ Всичко е започнало, когато енергията е била освободена от вакуума
- ❑ Разширява се и се охлажда в процеса
- ❑ В резултат на това, енергията се трансформира в материя



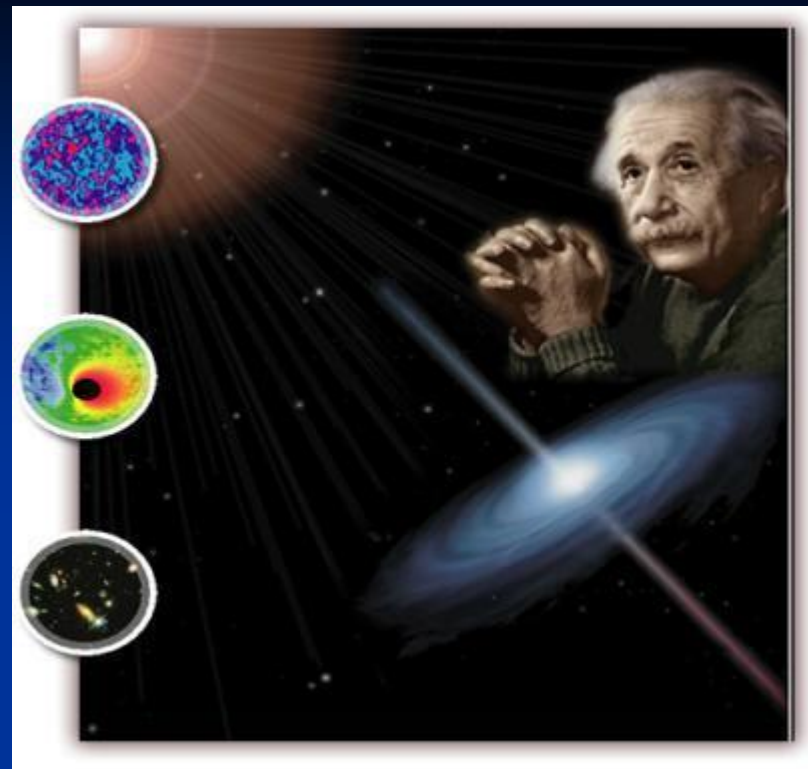


Физиката, изучавана на Земята и приложена към останалата част от Вселената, е Астрофизиката.

Алберт Айнщайн открива, че енергията може да се преобразува в материя и обратно.

В началото на Вселената енергията на вакуума се превръща в материя.

Вътре в звездите енергията се превръща в материя, затова те светят.



Еквивалентност между материя и енергия

$$E = mc^2$$

quarks , leptons

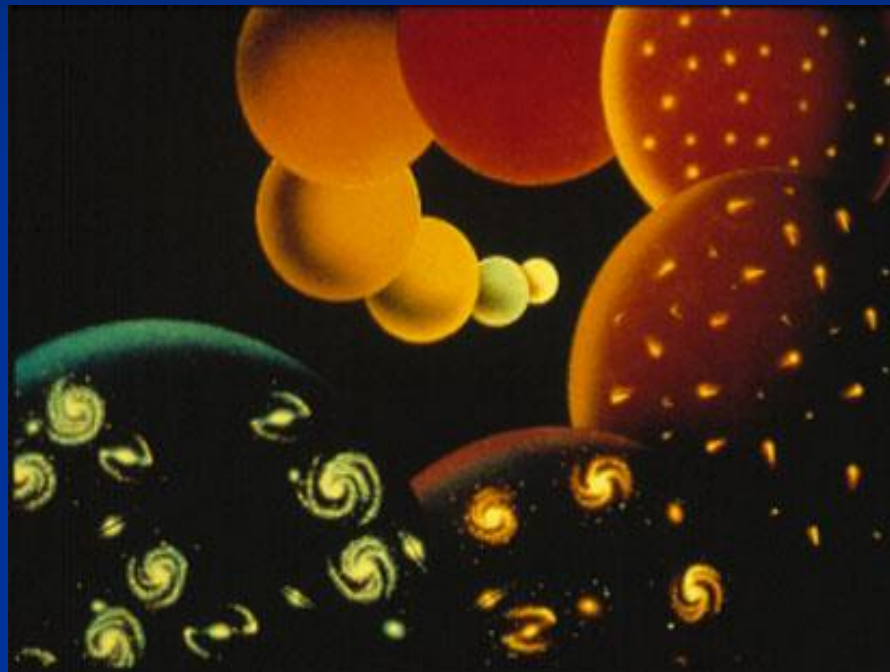
$p^+$   $n$   $e^-$



# В началото цялата материя е била йонизирана

По-късно се рекомбинираща, за да образува  
неутрални атоми

Атомите са образували облаци, а вътре  
първите галактики с първите звезди.



По-късно се рекомбинираща, за да образува неутрални атоми  
Атомите са образували облаци, а вътре първите галактики с първите звезди.

# Химическа еволюция

Протоните, неутроните и електроните са се образували в първата минута на Вселената. Те образуват най-простите атоми, H и He.

$$E = mc^2$$

H - Formed by a proton  $p^+$

4 H - Turns to He +  $2\nu$  +  $2e^+$  +  $2\gamma$

- Останалите елементи са се образували вътре в звездите чрез термоядрени реакции.
- Най-тежките атоми, като урана, се появяват, когато звездите експлодират и изхвърлят частици, които се сблъскват, образувайки нови елементи.
- Изминали са милиарди години след Големият взрив, когато елементи, различни от водород и хелий, са се образували чрез еволюцията на звездите.



# Физика и космология

Можем да обясним материята на ежедневиия живот с кварки, съставни части на протони, неутрони и лептони (един от най-известните е електронът) и техните взаимодействия, като електромагнетизма.

Family			Interaction
lepton	electron	neutrino	Electromagnetic force
quarks	up	down	Strong force
baryon	proton	neutron	Weak force, strong force

Тази простота на модела помага да се разбере каква е била ранната Вселена, където енергията се е трансформирала в материя и материята в енергия.



# Чрез наблюдения научаваме за

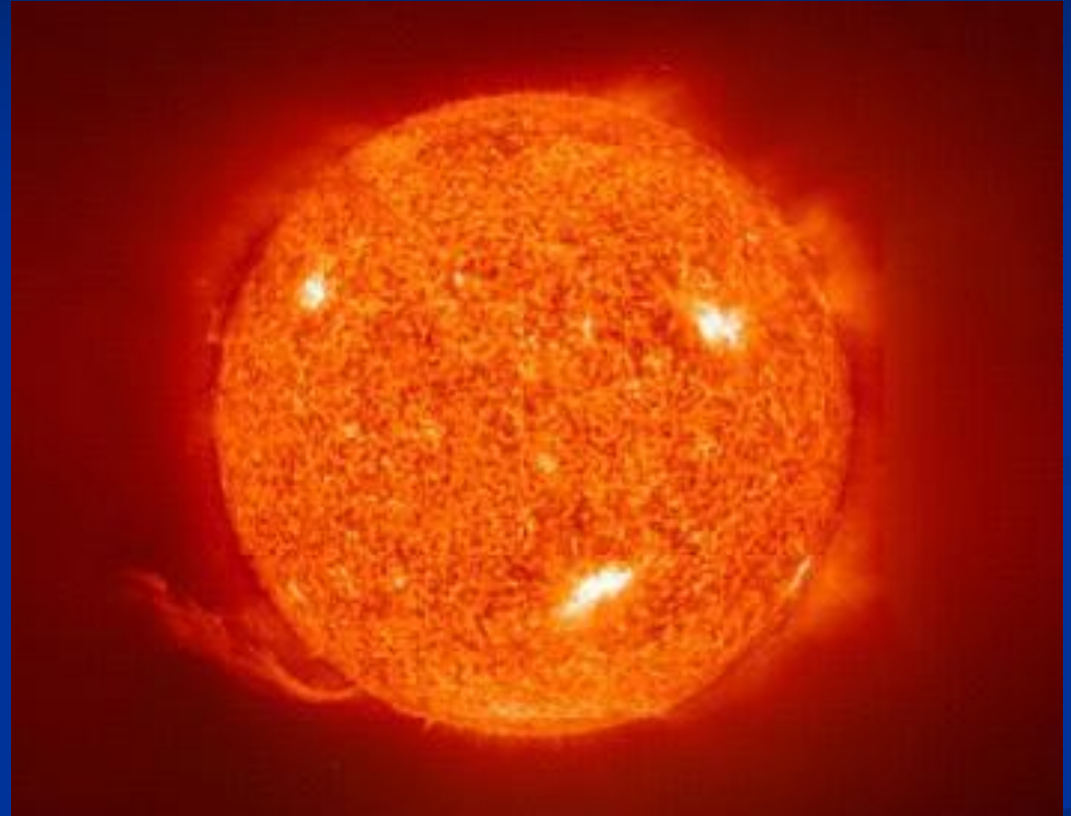
- Физически свойства на небесните тела
- Размери и разстояния
- Времена и възраст
- Скорост на разширяване на Вселената
- Температура на фоновото лъчение
- Химичен състав
- Структура на Вселената
- Защо нощта е тъмна
- Съществуването на тъмна материя и тъмна енергия



# Слънцето

Най-изследваните  
обекти са най-ярките -  
най-лесно се прави.

Слънцето и останалите  
звезди са най-  
известните обекти.



# ИЗВЪН СЛЪНЧЕВИ ПЛАНЕТИ



В допълнение към звездите, през последните няколко години бяха открити стотици планети около други звезди, не защото излъчват светлина, а защото нарушават звездните орбити и светлинните криви.

# ЖИВОТ

Друго свойство на Вселената е животът. Все още не сме открили живота извън Земята.

Ние вярваме, че е необходима вода, за да процъфтява, защото улеснява обмяната на веществата и образуването на комплексни молекули.





# Междузвездна материя

Пространството между звездите не е празно, то е запълнено от междузвездна материя. Това е материалът, от който се образуват новите звезди.

Звездите се раждат в облаците газ и прах. Облаците се компресират, образувайки нови звезди. Те прекарват по-голямата част от живота си, превръщайки в сърцевината си водорода в хелий и енергия.



След това по-късно се образуват въглерод, азот и кислород - елементите, от които сме изградени.



# Жизнен цикъл на Слънцето като звезда



Когато звездите изчерпят горивото си, те изхвърлят в околното пространство частици, създадени вътре в тях. След всяко звездно поколение междузвездната среда - където се раждат нови звезди - става по-изобилна или с по-тежки химически елементи.

# Звездни купове

Много звезди са агломерирани в купове, съдържащи между 100 и 1 000 000 звезди



Кутия за бижута, разсеян  
звезден куп



Омега Кентавър, кълбовиден  
звезден куп

# Галактики

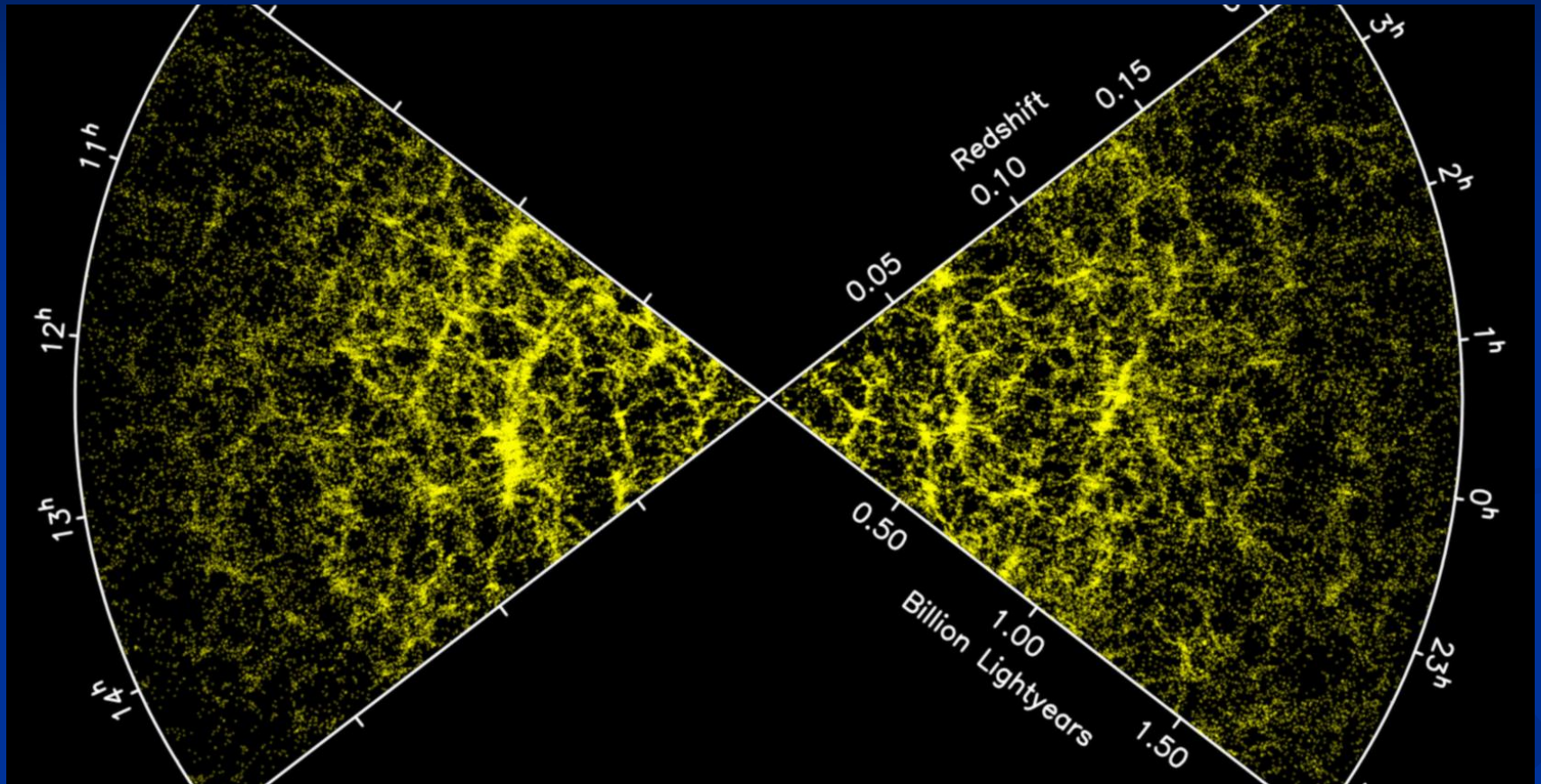


Конгломерати по превъзходство са галактиките, спиралните като нашата, имат  $>100$  милиарда звезди, всяка със своите планети, спътници и комети, газ, прах и в по-голямата си част от така наречената тъмна материя

Спирална галактика Водовъртеж  
Source: Hubble Space Telescope



# Нишковидна Вселена



Групите от галактики са подредени в така наречената нишковидна Вселена



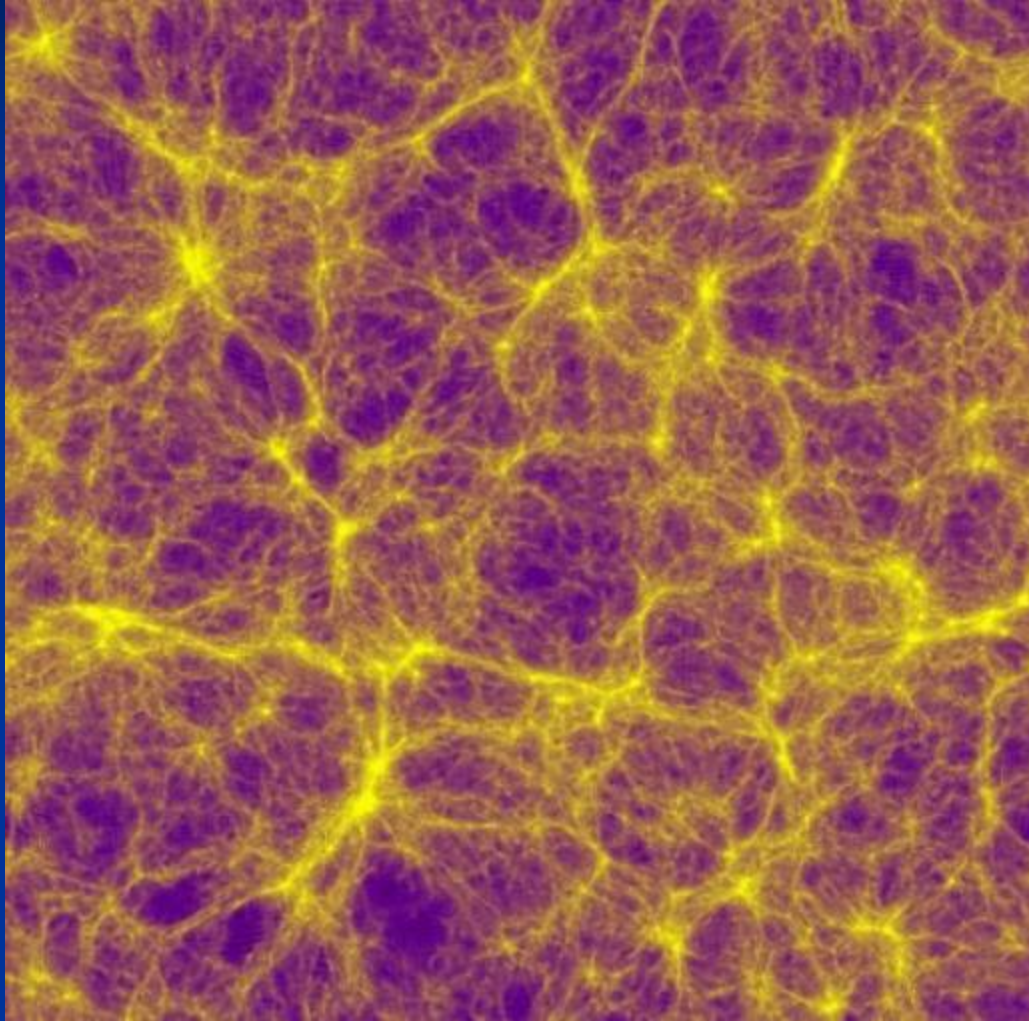


Сякаш Вселената е вана с мехурчета, където материята заобикаля пространството, лишено от галактики, и с течение на времето обемът, лишен от материята, нараства



С разширяването на Вселената пространството между клъстерите от галактики се увеличава и Вселената се разтваря повече

# Модел на нишковидната Вселена



Куповете и свръхкуповете на галактиките лежат в нишките, като на повърхността на мехур. Моделът съвпада с наблюденията

Source: Millennium Project Max Planck Institute.



# Структура на Вселената: структура

- Звездите са в купове.
- Звездните купове са вътре в галактиките.
- Галактиките образуват клъстери, съставени от няколко или хиляди галактики.
- Най-големите структури във Вселената са нишки, образувани от клъстери и супер клъстери от галактики.





# Размери в Космоса

Можем да оценим размера на един метър, подобен на размера на дете, а също и единица хиляда пъти по-голяма, един километър...



... хиляди пъти по-голямо разстояние, хиляди километри, може да се прекоси със самолет за няколко часа.

За да стигнем до Луната са ни нужни три дни и да изминем разстоянието между Слънцето и Юпитер няколко години.

Разстоянието до близките звезди е хиляди пъти по-голямо



# Времето в Космоса в ГОДИНИ

Big bang	14 000 000 000
Galaxy formation	13 000 000 000
Solar System formation	4 600 000 000
Appearance of life on Earth	3 800 000 000
Appearance of complex life	500 000 000
Appearance of dinosaurs	350 000 000
The Cretaceous extincion	65 000 000
Appearance of the modern man	120 000



Появата на човека е съвсем скорошна

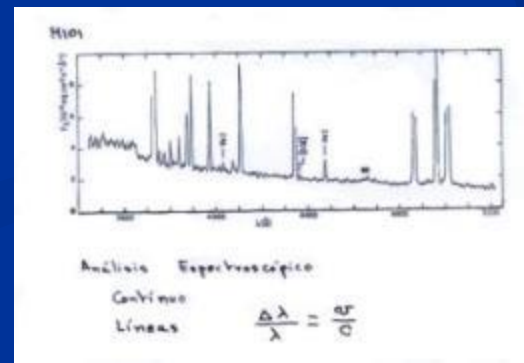


# Наблюдение на Вселената

Можете да направите изображение, за да определите позицията или външния вид на звезда, или количеството излъчвана светлина.

Спектрите могат да определят скоростта на звездите. Това е известно като Доплеров ефект на светлината.

Анализирайки лъчението, което звездите и галактиките излъчват, отразяват или поглъщат, ние научаваме за тяхната природа. (Доплер ефект)



# Стълбовете на стандартният модел

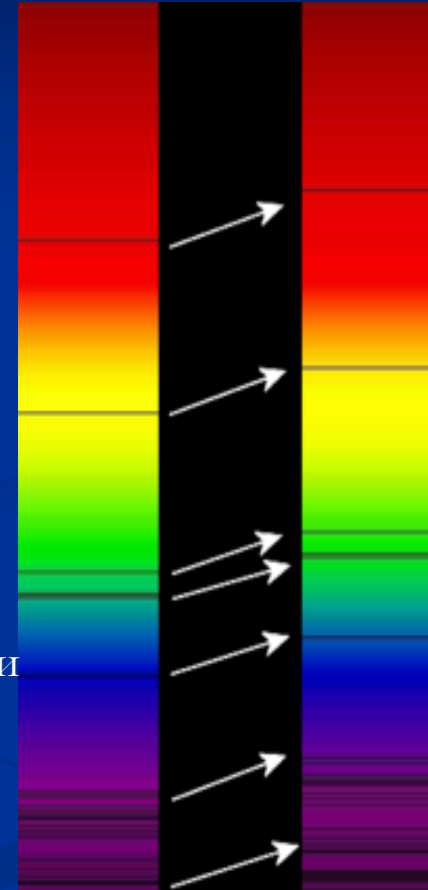
## Разширяване на Вселената

Доплеровото изместване към червено показва разширяването (ако звездите се приближат до наблюдателя, светлината е по-синя, а ако се отдалечат, те са по-червени).

Групите галактики се отдалечават една от друга и ако са по-далеч, се отдалечават с по-голяма скорост

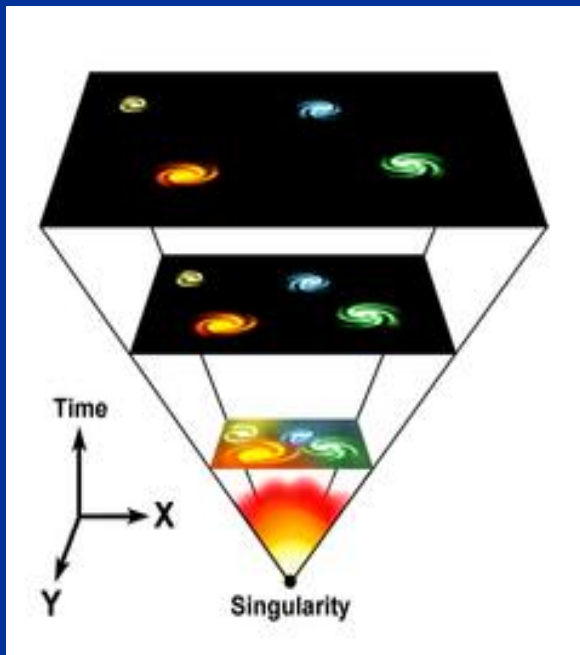
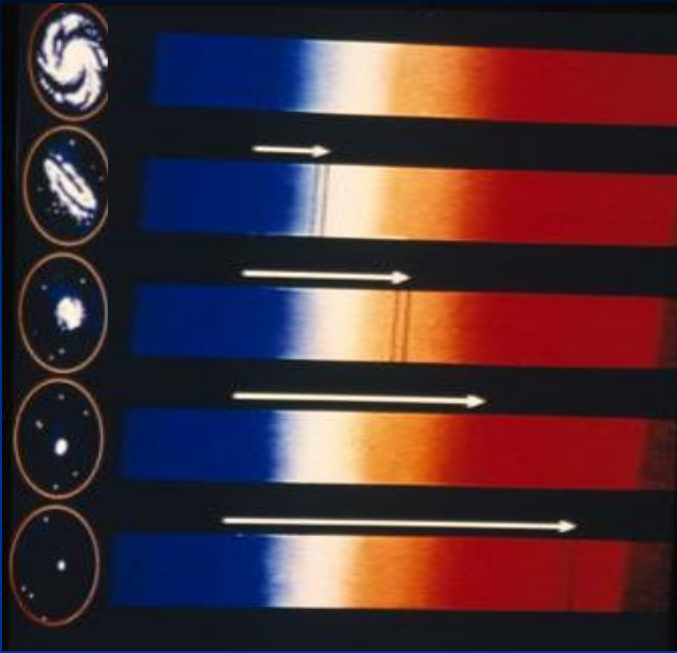
## Химическо изобилие във Вселената

В първите минути на Космоса са се образували само H и He; разширяването спира производството: лъчението губи енергията си и вече не е било възможно да се трансформира в протони и неутрони. C, N и O са създадени вътре в звездите и са били смесени с междузвездната среда, когато звездите умират.



# Разширение на Вселената

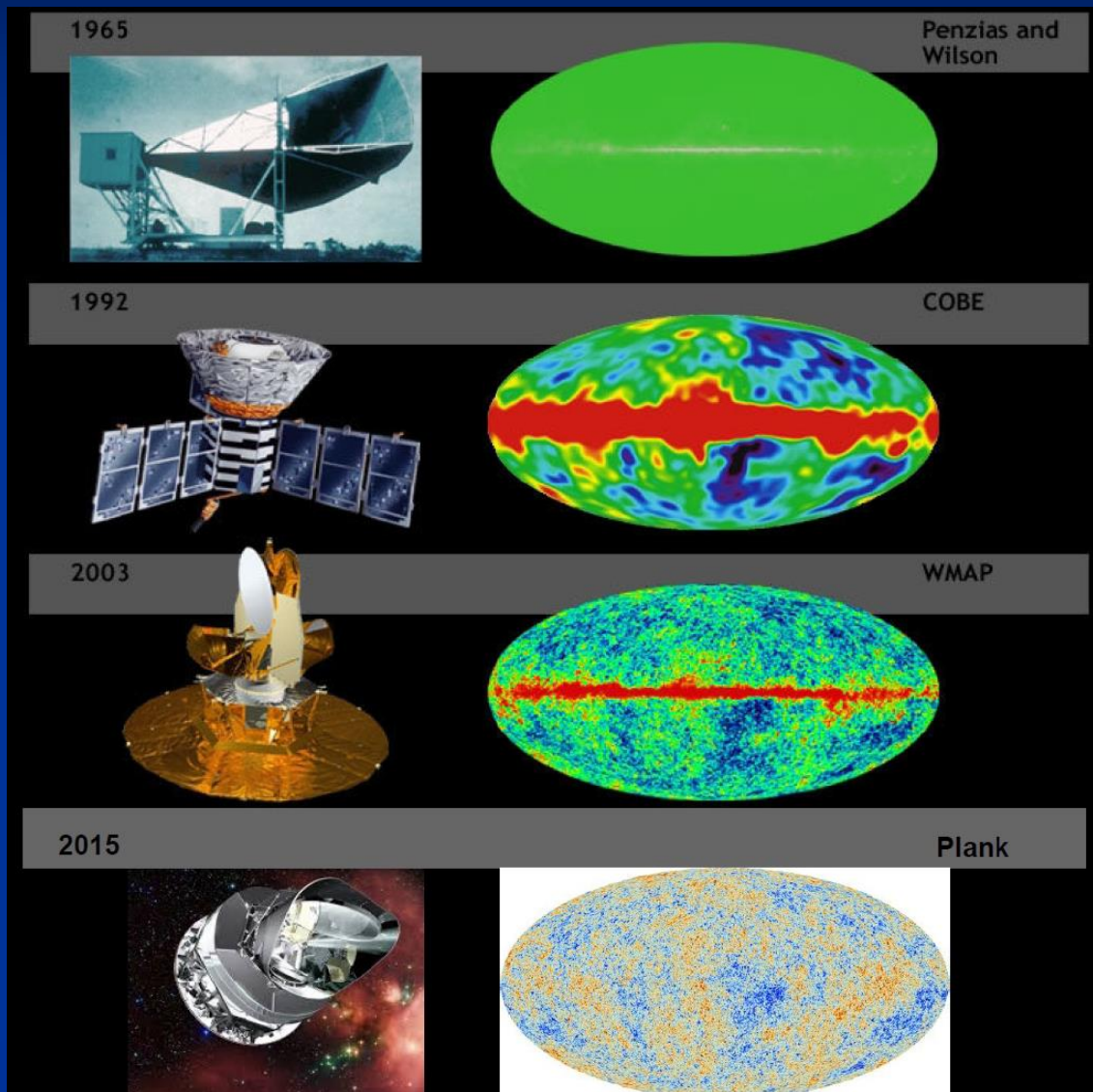
Пространството се разширява, а също и фотоните на лъчението се разтягат. Това, което в миналото са били гама лъчи с малка дължина на вълната, днес ги наблюдаваме като радиовълни.



Измервайки космическото разширение, можем да изчислим възрастта на Вселената, 14 милиарда години. Тази оценка е по-точна (вместо по-висока) от възрастта, измерена за най-старите звезди

# Космическо микровълново фоново (СМВ) лъчение

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



# Има ли край Вселената?



Необходимо условие за стабилността на Вселената е тя да е в непрекъснато разширяване.

В противен случай то би престанало да съществува, както го виждаме сега.

Разширяването на Вселената е един от стълбовете на стандартния модел на Големия взрив

но... няма център на разширяването



# Гравитацията доминира ли във Вселената?



Вселената съдържа маса, така че има огромна гравитационна сила. Гравитацията привлича.

Разширяването след Големият взрив компенсира гравитацията

Вселената се ускорява и източникът на енергия, отговорен за това ускорение, е неизвестен.





Когато наблюдаваме далечни галактики, ние ги виждаме такива, каквито са били в миналото. Близките галактики се различават от далечните галактики



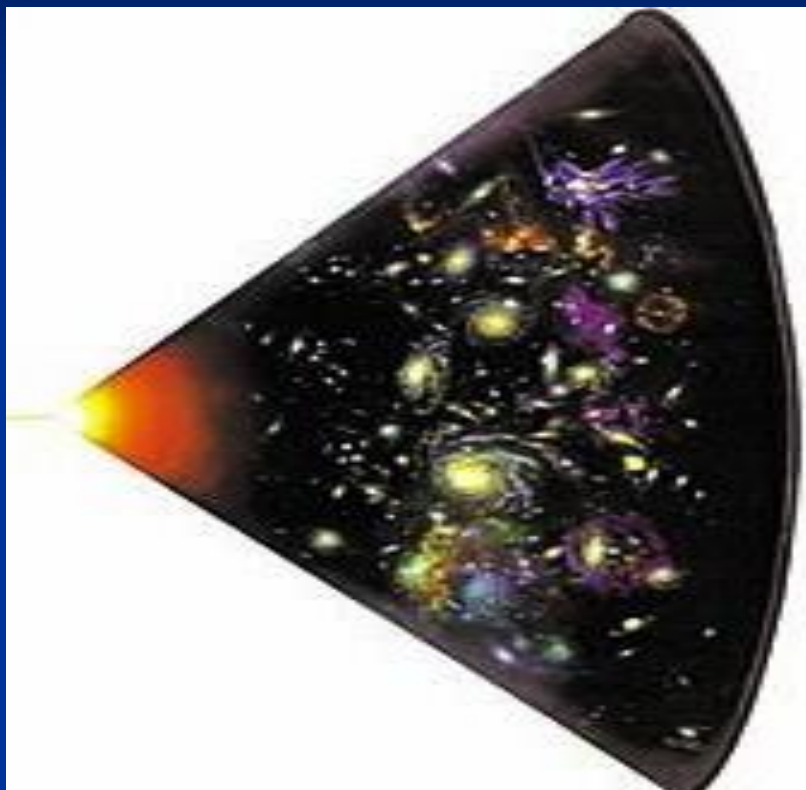
Близка спирална галактика



Далечните галактики са малки и аморфни



# ЕВОЛЮЦИЯ



Има граница, отвъд която нямаме информация за Космоса.

Не можем да наблюдаваме звездите, чиято светлина отнема повече от четиринадесет милиарда години, за да достигне до нас.

Ако нашата вселена беше малка, щяхме да имаме информация само за малка част, а ако беше безкрайна, това щеше да е МЪНИЧКО



НЕВИДИМАТА част от Вселената, 95%  
тъмна материя и тъмна енергия, се открива  
поради действието си върху ВИДИМИ  
обекти.

Не знаем вида на материала, от който е направен



## Морска повърхност



Сякаш сме морски биолози, но можем да видим само повърхността на морето

## Дъното на морето

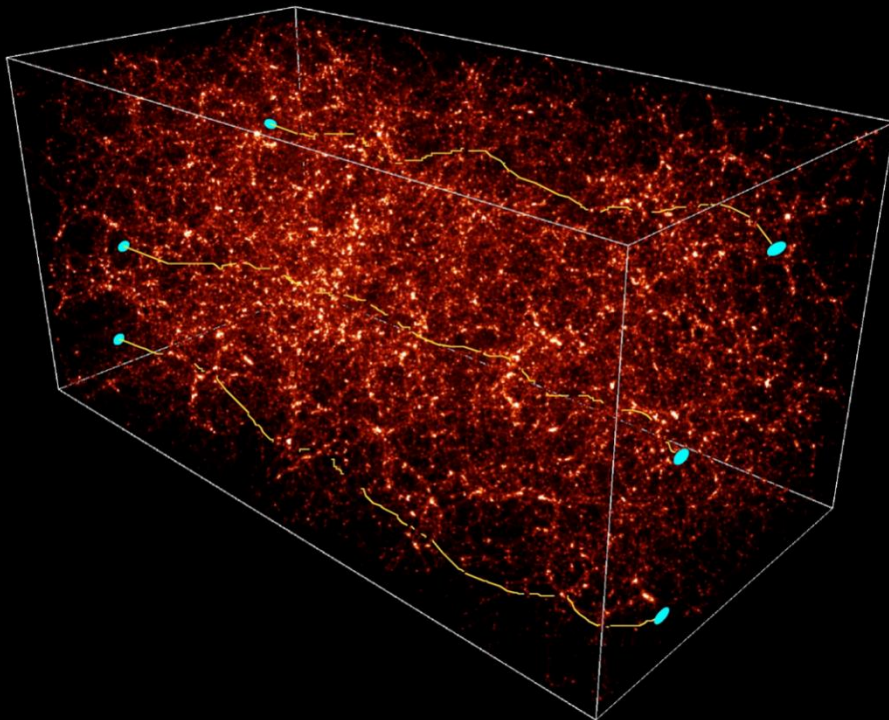


Ако погледнем отблизо, бихме могли да открием голямо разнообразие

# Тъмната материя

Знаем, че за всеки открит астрономически обект има още хиляди, за които нямаме информация, а само масата, която съдържа. Не знаем формата и разпространението му

DEFLECTION OF LIGHT RAYS CROSSING THE UNIVERSE, EMITTED BY DISTANT GALAXIES



Смята се, че тъмната материя е разпределена нишковидно. Сините форми са далечни галактики.

Жълтите линии са пътищата на светлината, излъчвана от галактиките.

Без тъмна материя те биха били прави.

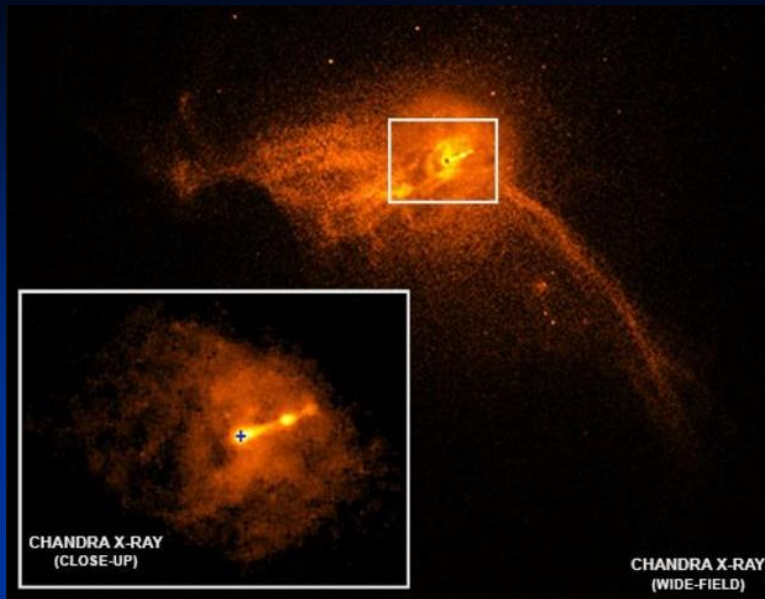


Звездите се движат около галактическия център, защото неговата маса ги привлича. Куповете от галактики остават ограничени поради гравитационната сила.

Тъмната материя не се вижда, но може да бъде открита чрез гравитацията



Има обекти, които се движат около други, които не можем да видим. Например, има звезди и групи от звезди, които се движат около черните дупки в центъра на галактиките

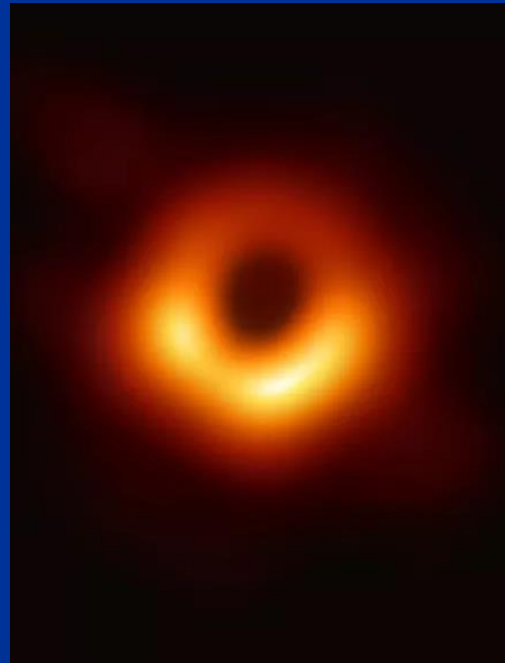


Центъра на М87, разстояние 53.5 милиона св.г. от Слънцето

(credit: NASA/CXC/Villanova University/J. Neilsen)

„Сянката“ и хоризонтът на събитията на свръхмасивната черна дупка в центъра на М87, 6,5 милиарда пъти по-масивна от нашето Слънце  
(credit: Event Horizon Telescope)

Консорциум от повече от 200 учени и 60 институции в 18 държави от 6 континента са част от **Event Horizon Telescope**: 8 радиотелескопа на цялата планета



Първото направено някога изображение на свръхмасивна черна дупка беше представено на пресконференция на 10 април 2019 г.

# Еволюция на Вселената

В дългите времеви мащаби Вселената ще продължи да се разширява. Скоростта на разширяване нараства с времето, ускорява се.

Енергията, отговорна за това ускорение, все още не е известна. Ние го наричаме тъмна енергия.

След ~трилиони години цялата междузвездна материя ще бъде изразходвана и образуването на звезди ще спре.

Протоните ще се разпаднат и черните дупки ще се изпарят.

Вселената ще бъде необятна, населена с екзотика



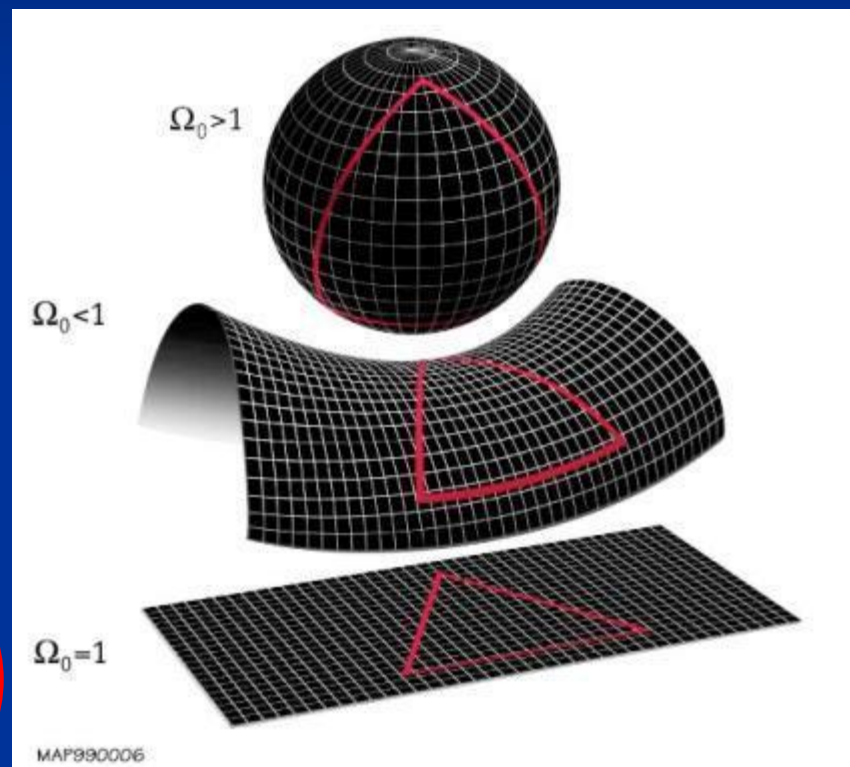


# Геометрията на Вселената в зависимост от КОСМОЛОГИЧНАТА КОНСТАНТА

Затворена  $\rightarrow \Omega > 1$

Отворена  $\rightarrow \Omega < 1$

Плоска  $\rightarrow \Omega = 1$   
(предвидено от инфлационната  
теория и съвпада с наблюдения)



# Еволюцията зависи от съдържанието на Вселената

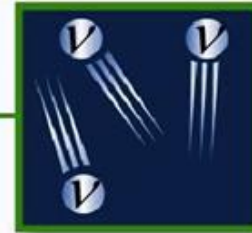
Космологична константа

$$\Omega_{\text{total}}=1.0$$



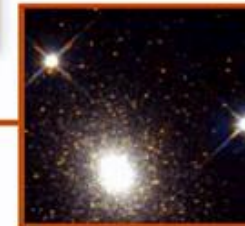
Тежки елементи

0.03%



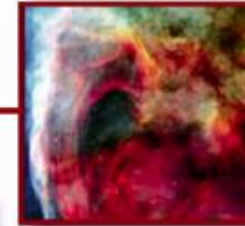
Неутрино

0.47%



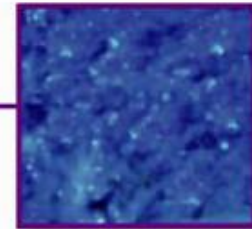
Звезди

0.5%



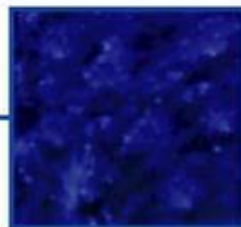
Свободен  
H и He

4%



Тъмна материя

25%



Тъмна енергия

70%

# Успешен модел: Големият взрив

(прогнози-проверки)

- **Разширяване:**

потвърдено в началото на 20-ти век от Е. Хъбъл.

- **Фоново космическо лъчение:**

открито през 20 в. от А. Пензиас и Р. Уилсън.

- **Изобилие от химични елементи:**

демонстрирано през 20 в.

- **Едро мащабна структура:**

открита в края на 20 век.



# Окончателната съдба на Вселената

(възможни сценарии)

- Big Crunch (връщане на разширението)
- Плоска, топлинна смърт (разширяването спира)
- **Безкраен, плосък, в постоянно разширяване (това е сценарият, който сега е приет)**
- Big Rip (ускорено разширяване)

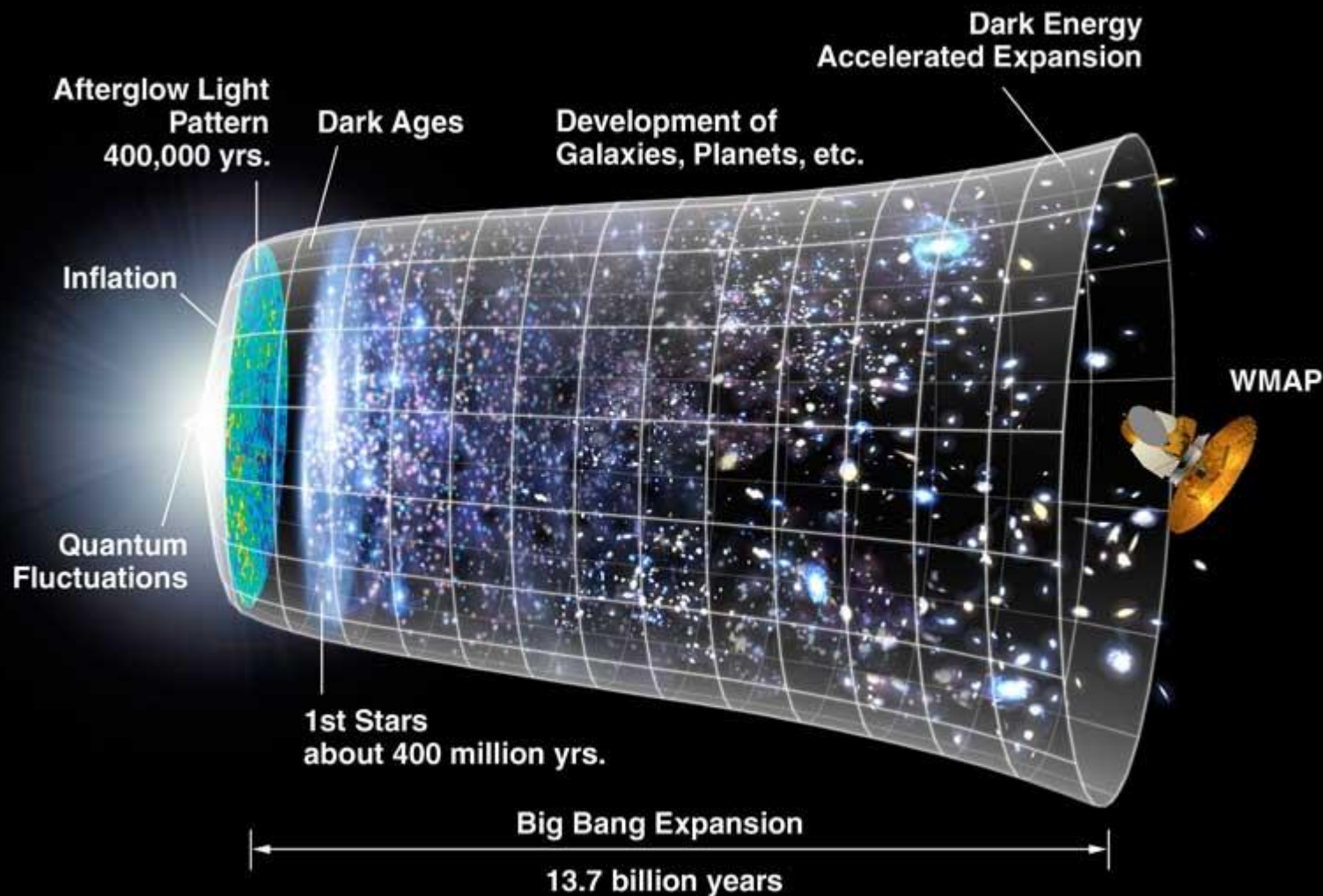
Бъдещето зависи от съдържанието на Вселената, от критичната плътност и от съществуването на тъмна енергия.



# Формата и съдбата на Вселената

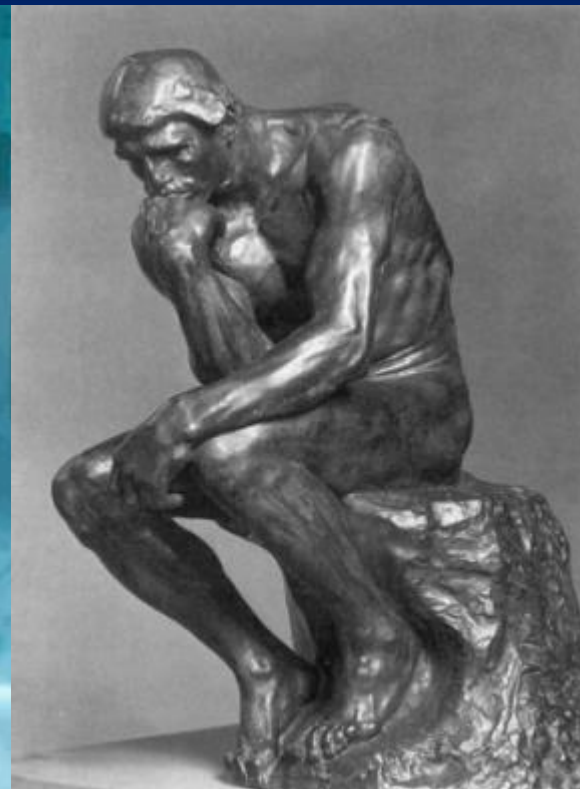


# История на Вселената



# ЕПИЛОГ

Живеем в изключителна  
епоха, в която можем да  
мислим за Вселената,  
използвайки  
физическите закони.



Възможно е с времето идеите ни да се променят, но това е  
науката

**Благодаря за вниманието!**