

Ғаламның кеңеюі

*Рикардо Морено, Сусана Деустуа,
Роса М. Рос, Беатрис Гарсия*

Халықаралық астрономиялық одақ
Ретамар колледжі, Мадрид, Испания
Ғарыштық телескоп институты, АҚШ

Каталония техникалық университеті, Испания

ITeDA және Ұлттық технологиялық университеті, Аргентина



Мақсаттар

- ✓ Ғаламның кеңеюін түсіну
- ✓ Ғаламның орталығы жоқ екенін түсіну
- ✓ Хаббл–Леметр заңын түсіну
- ✓ Қара материяны қалай анықтауға болатынын түсіну



Презентация

Бұл семинар туралы:

- ◆ Ғаламның пайда болуы: Үлкен жарылыс
- ◆ Галактикалар: олар кеңістікте «қозғалмайды», кеңістіктің өзі кеңейеді
- ◆ Хаббл тұрақтысы: $v = H \times d$
- ◆ Ғаламның орталығы жоқ екені
- ◆ Ғарыштық микротолқынды фондық сәуле (СМВ)
- ◆ Гравитациялық линзалар



Модельдер, болжамдар, тексеру: Дастарқанмен тәжірибе



Болжам: егер дастарқанды жылдам тартып қалсақ, үстіндегі заттар құламайды. Егер біз мұны тексере алсақ, біздің болжамымыз расталады.

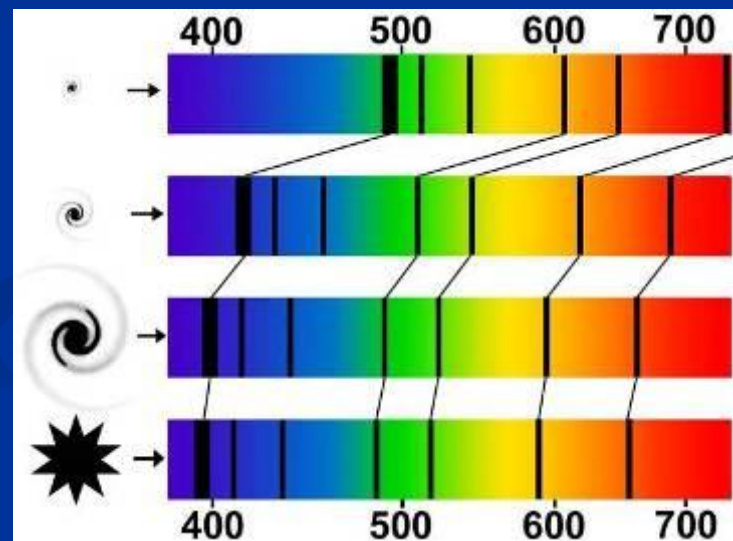
Егер дастарқанды тез тартсақ, үйкеліс күші үстелдегі заттарға әсер етуге үлгермейді, сондықтан олар құламайды. Эксперимент сәтті өтті, өйткені физика — не болатынын болжайтын ғылым.

Біз Жерде жасаған физика — Ғаламның қалған бөлігіне де қолданылатын сол физика.



Қызылға қарай ығысу

- Жарықты жұту әрбір химиялық элемент үшін әртүрлі. Жарықтың жұтылу спектрінде әрбір химиялық элементке тән сызықтар көрінеді.
- Галактикалардың жарығын бақылағанда, бұл сызықтардың спектрдің қызыл шетіне қарай ығысқанын көреміз. Галактика қаншалықты алыс болса, қызыл ығысу соғұрлым үлкен болады.
- Бұл галактиканың бізден алыстап бара жатқан қозғалысының нәтижесі деп түсіндіріледі.



Қызылға қарай ығысу

- Жақын галактикалардың қозғалыстары салыстырмалы түрде аз және ретсіз: Үлкен Магеллан бұлты $+13$ км/с, Кіші Магеллан бұлты -30 км/с, Андромеда галактикасы -60 км/с, M32 $+21$ км/с.
- Қыз (Virgo) шоғырында (50 миллион жарық жылы қашықтықта) барлық галактикалар бізден $1\,000$ – $2\,000$ км/с жылдамдықпен алыстап барады.
- Беренисаның шашы (Coma Berenices) аса ірі шоғырында (300 миллион жарық жылы қашықтықта) жылдамдықтар $7\,000$ – $8\,500$ км/с аралығында.



Қызылға қарай ығысу

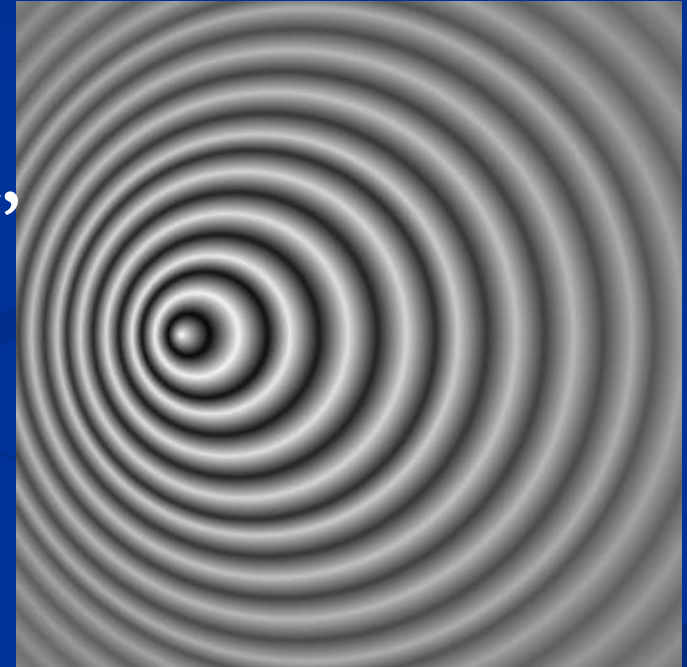
- Қарама-қарсы бағытта М74 галактикасы 800 км/с жылдамдықпен, ал М77 — 1 130 км/с жылдамдықпен алыстап барады.
- Қашық және көмескі галактикаларды бақылағанда, олардың шегіну жылдамдығы тіпті жоғары болады: NGC 375 галактикасы 6 200 км/с, NGC 562 — 10 500 км/с, ал NGC 326 — 14 500 км/с жылдамдықпен алыстайды.
- Біз қай бағытқа қарасақ та, өте жақын галактикаларды қоспағанда, барлық галактикалар бізден алыстап бара жатыр.



Доплер әсері

Дастарқан мысалындағы сияқты, Ғаламды зерттеу үшін басқа да физикалық принциптерді қолдануға болады.

Егер жедел жәрдем, мотоцикл немесе пойыз бізге жақындаса, біз дыбысты биік естиміз. Олар алыстағанда, дыбыс төмендейді.



Жоғары дыбыс ☐ толқын ұзындығы
қысқарады

Төмен дыбыс ☐ толқын ұзындығы ұлғаяды



Тапсырма 1: Доплер әсері



- Доплер әсерін будильникті немесе дыбыстық сигналды көлденең жазықтықта айналдыру арқылы естуге болады.

Ол тыңдаушыға жақындағанда, λ қысқарады және дыбыс жоғарылайды.

Ол алыстағанда, λ ұзартады және дыбыс төмендейді.

Бұл мотоциклдердің, жедел жәрдемдердің, пойыздардың дыбыстарында байқалады...



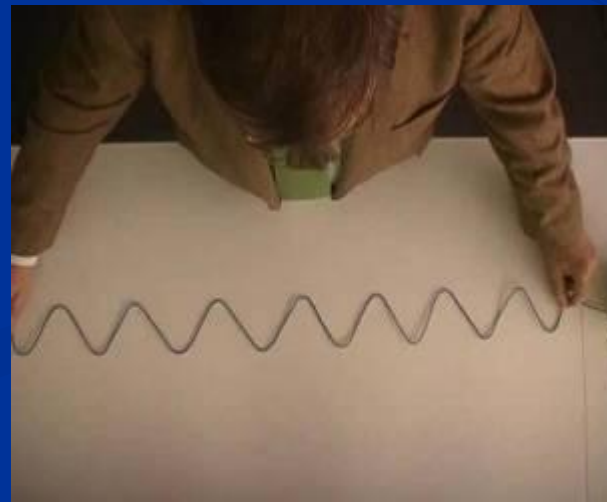
Экспериментте Доплер әсері көз бен қабылдағыштың салыстырмалы орын ауыстыруына байланысты туындайды және дыбыстар арқылы көрінеді.

Ғаламның кеңеюі жағдайында бұл әсер электромагниттік толқындармен байқалады.



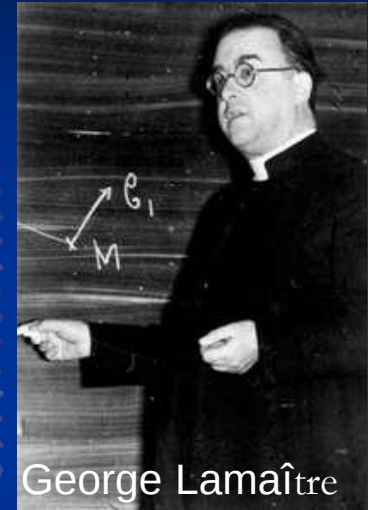
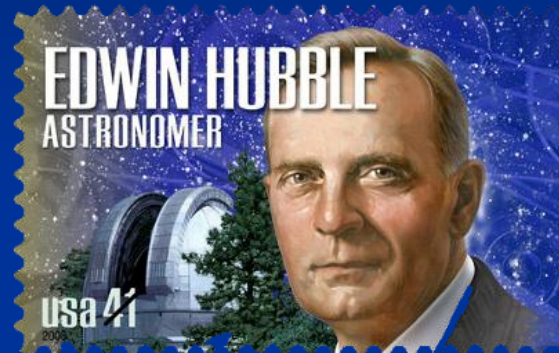
Тапсырма 2: Фотондардың «созылуы»

- ❑ Ғалам кеңейгенде оның ішіндегі фотондар «созылады».
- ❑ Бұл созылуды тұрмыстық сымдарға қолданылатын жартылай қатты кабель арқылы модельдеуге болады.
- ❑ Фотон жолы неғұрлым ұзын болса, ол соғұрлым көбірек созылады.



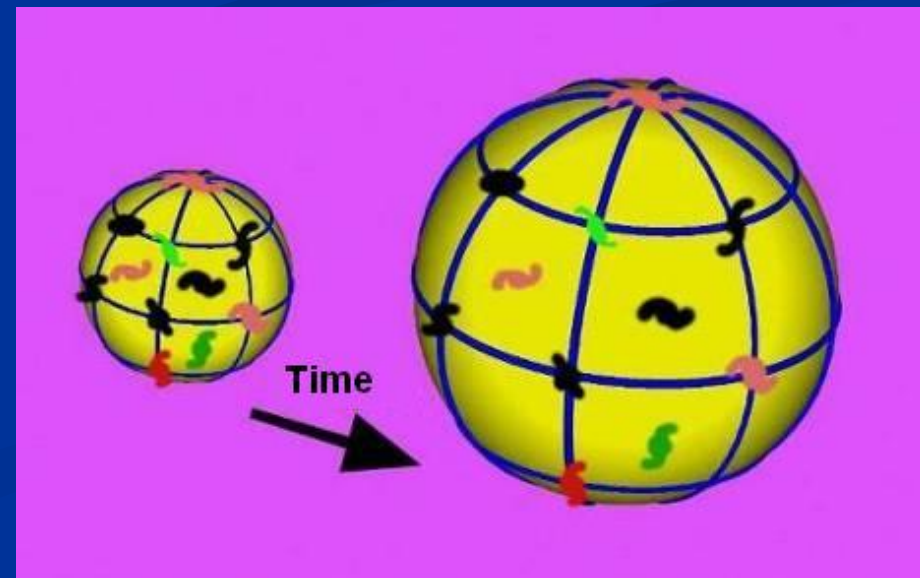
Хаббл–Леметр заңы

1920–1930 жылдар аралығында Жорж Леметр пен Эдвин Хаббл ең алыс галактикалар жақындарынан тезірек алыстайтынын түсінді.



Хаббл–Леметр заңы:
$$v = H \times d$$

Галактикалар кеңістікте қозғалмайды: кеңістіктің өзі кеңейіп, галактикаларды бірге сүйрейді.



Тапсырма 3: Ғаламды серпімді жолақта көрсету



Тапсырма 4: Ғаламды шарда көрсету



- Ғалам кеңейген сайын галактикалар арасындағы қашықтық ұлғаяды.

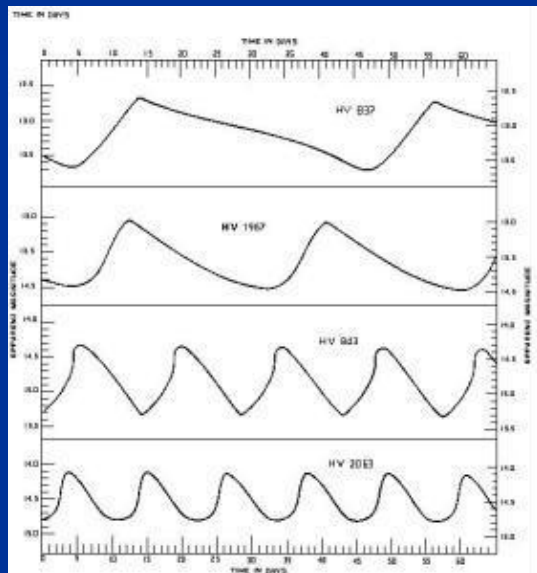
Галактикалар шардың бетінде қозғалмайды.

Біз шардағы кез келген «галактикада» болсақ, қалғандарының бізден алыстап бара жатқанын көреміз.



Ғаламның кеңеюі

1) Ең жақын галактикаларға дейінгі қашықтықты Цефеид айнымалы жұлдыздарының «кезең–жарықтылық» қатынасы арқылы анықтауға болады (XX ғасырдың басында Гарвардта Генриетта Левит ашқан).



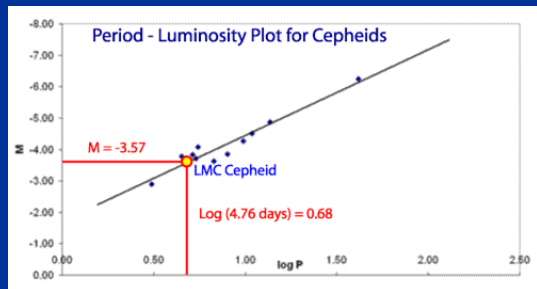
Жарық қисығынан PRR кезеңін анықтауға болады. «Кезең–жарықтылық» қатынасынан абсолютті жұлдыздық шаманы MMM табамыз.

MMM және mmm белгілі болса, галактикаға дейінгі қашықтықты келесі формуламен есептеуге болады:

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

$d = 10^{(m - M + 5)/5}$ парсек

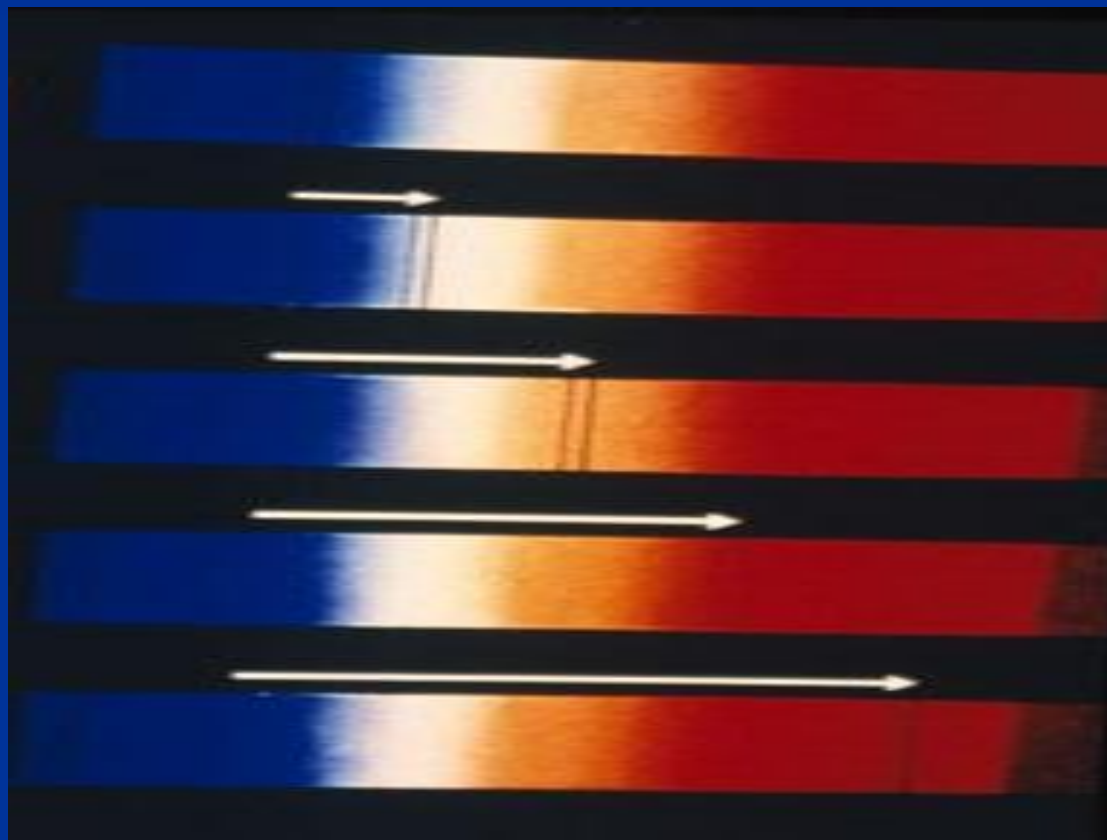
Ең алыс галактикалардың қашықтығын анықтау үшін астрономдар шындық жарықтылықтары үлкен Ia типті аса жаңа жұлдыздарды пайдаланады.



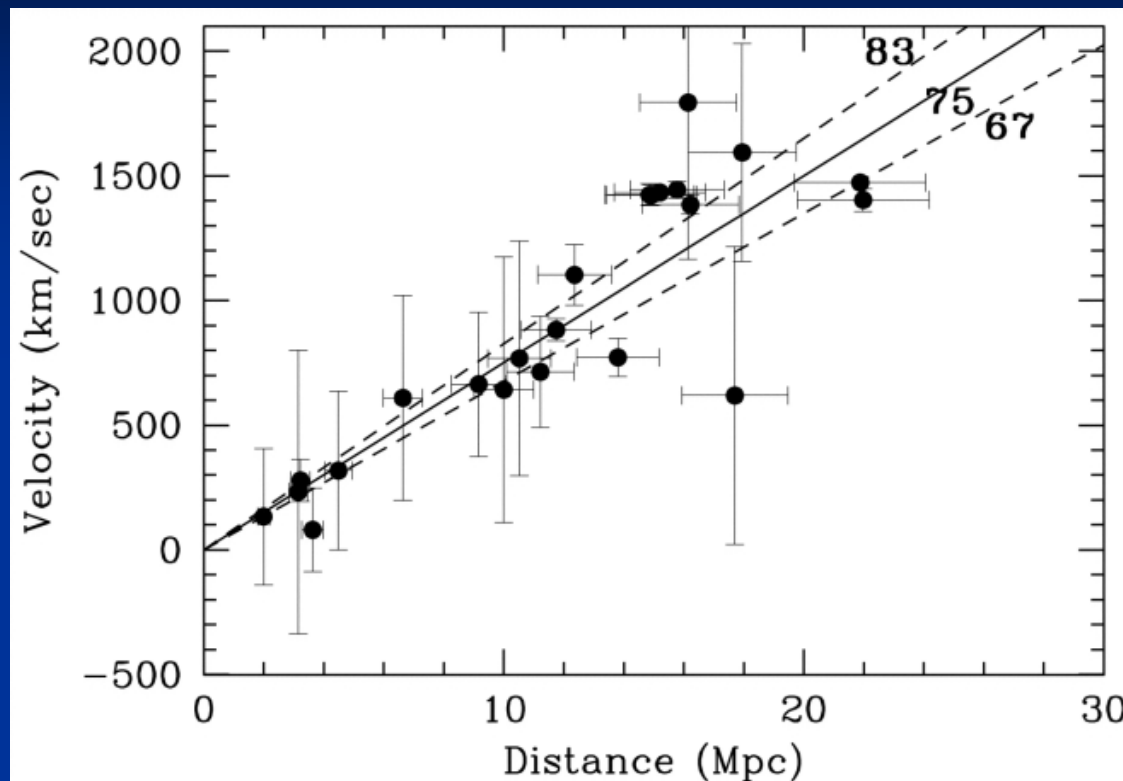
Ғаламның кеңеюі

2) Шегіну жылдамдығы спектрдегі жұтылу сызықтарының ығысуы арқылы келесі теңдеу көмегімен өлшенеді:

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



Ғаламның кеңеюі



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

ЗХаббл тұрақтысы — функция графигінің еңісі:

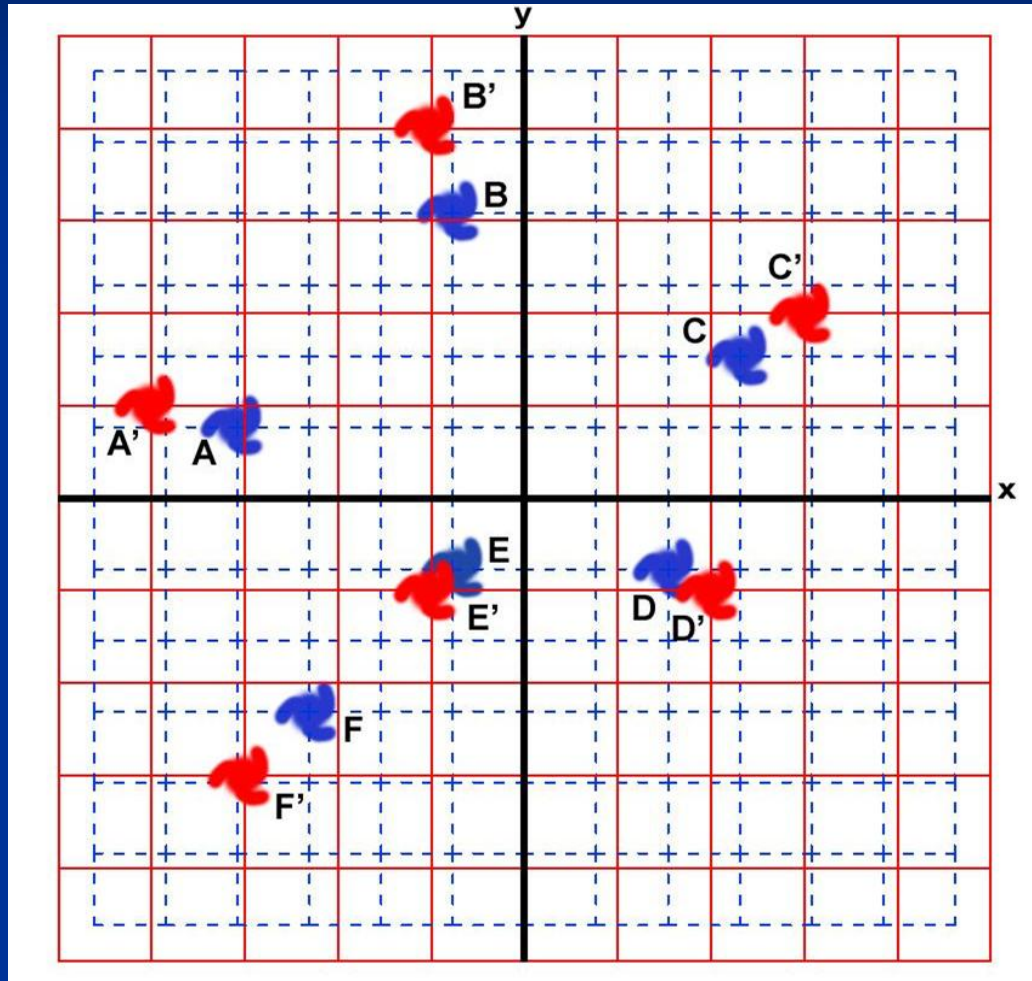
$v = H_0 \times d$ $v = H_0 \times d$, мұндағы H_0 —

Ғаламның кеңею жылдамдығы:

$H_0 = 72 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$ $H_0 = 72 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$

$\text{км/с} \cdot \text{Мпк}$

Тапсырма 5: Хаббл–Леметр тұрақтысын есептеу

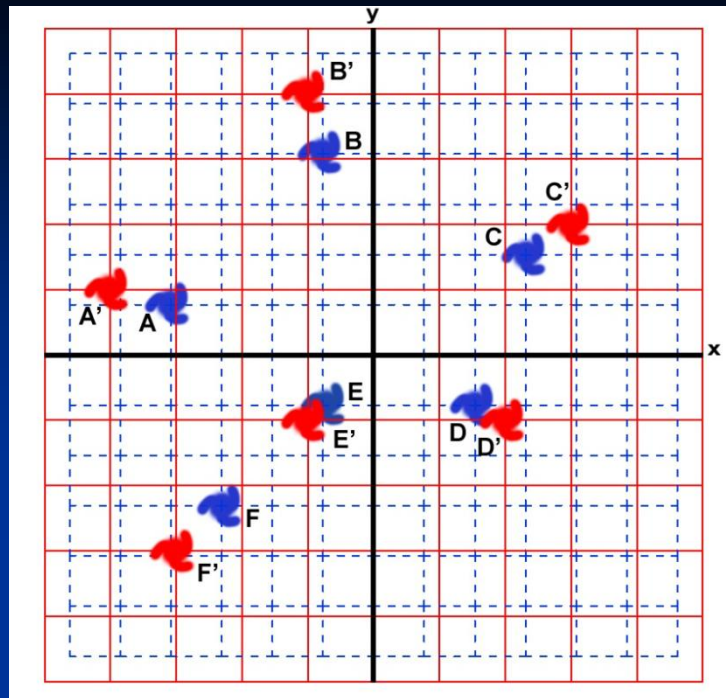


Синий =
Вселенная до
расширения

Қызыл =
Кеңейгеннен
кейінгі Ғалам

Тапсырма 5: Хаббл–Леметр тұрақтысын есептеу

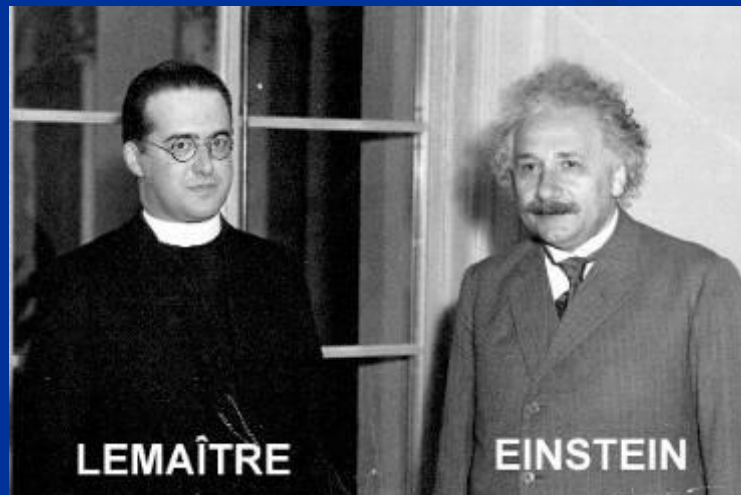
<i>Galaxy</i>	<i>Coordinates x,y</i>	<i>d=distance to origin</i>	Δd	$v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$	$H = \frac{v}{d}$
<i>A</i>					
<i>A'</i>					
<i>B</i>					
<i>B'</i>					
<i>C</i>					
<i>C'</i>					
<i>D</i>					
<i>D'</i>					
<i>E</i>					
<i>E'</i>					
<i>F</i>					
<i>F'</i>					



Galaxy	Coordinates x, y	d =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)				

Үлкен жарылыс

- Артқа шегінсек, бәрі біртұтас болған сәт бар: Ғалам кеңейе бастады.
- Жорж Леметр салыстырмалылық теңдеулерін шешіп, «ғарыштық жұмыртқа» ретінде басталған кеңейетін Ғалам идеясын ұсынды.



Үлкен жарылыс

- «Үлкен жарылыс» атауы: үлкен жарылыс.
- Фред Хойл дінге қарсы көзқарасына байланысты бұл атау Жаратушы идеясына тым жақын деп санады.
- *Sky & Telescope* журналы жаңа атау табу үшін байқау ұйымдастырды. 12 000 ұсыныс түсті. Бірақ одан жақсысы табылған жоқ!



Үлкен жарылыс

Үлкен жарылыстың алдында не болды? Біз ештеңе білмейміз.

Себебі не болды? Неге бұл орын алды? Неге барлық жерде бірдей физикалық заңдар байқалады?

Физика бар нәрсенің *қалай* жұмыс істейтінін зерттейді, ал оның *неге* бар екенін емес.

Физика материяны оның пайда болған сәтінен бастап (Үлкен жарылыстан бері) зерттейді, бірақ одан бұрынғыны да, оның не үшін немесе қандай мақсатта бар екенін де зерттемейді.

Бұл — ғылыми емес, философиялық және діни сұрақтар.

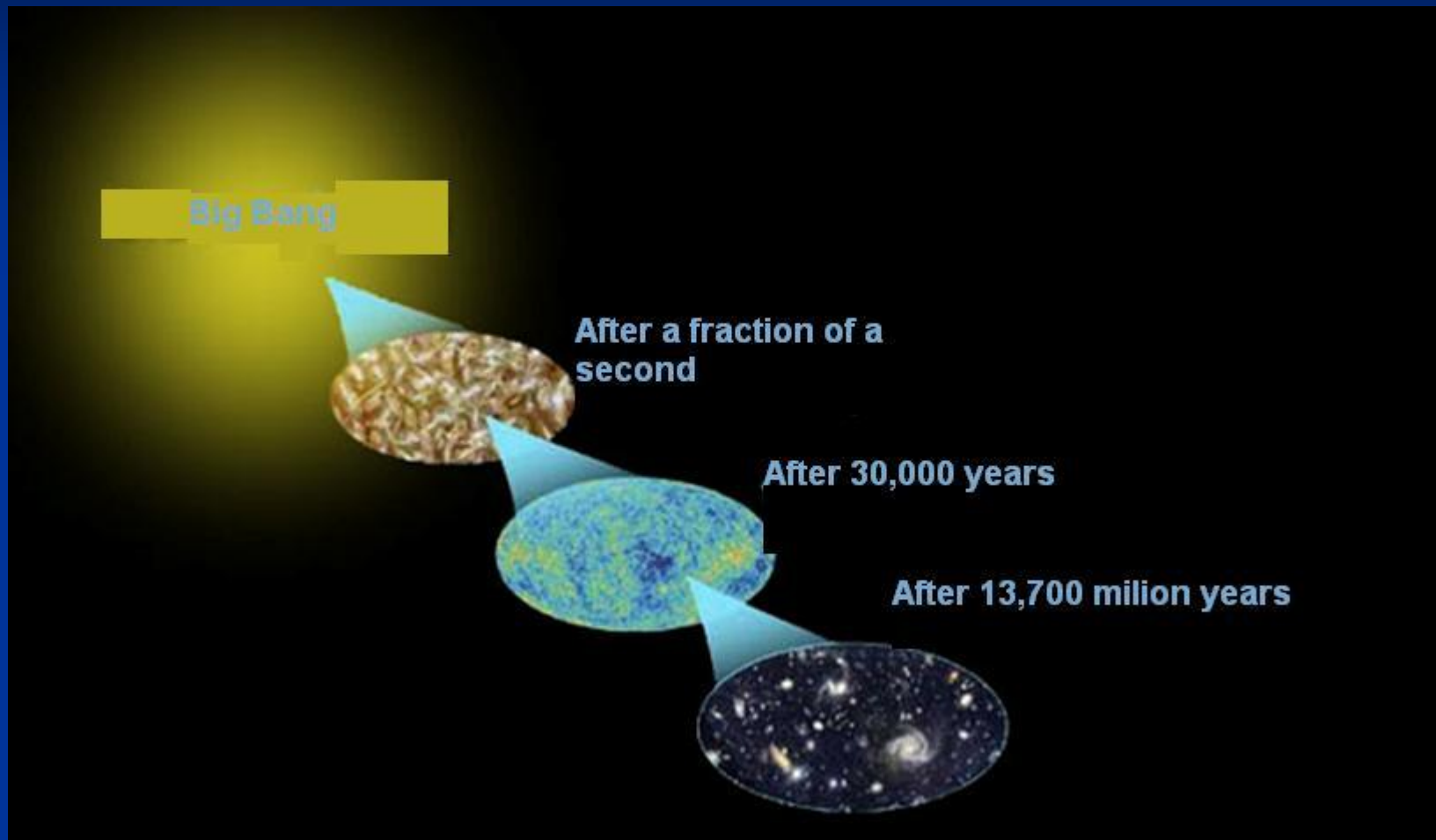


Үлкен жарылыс

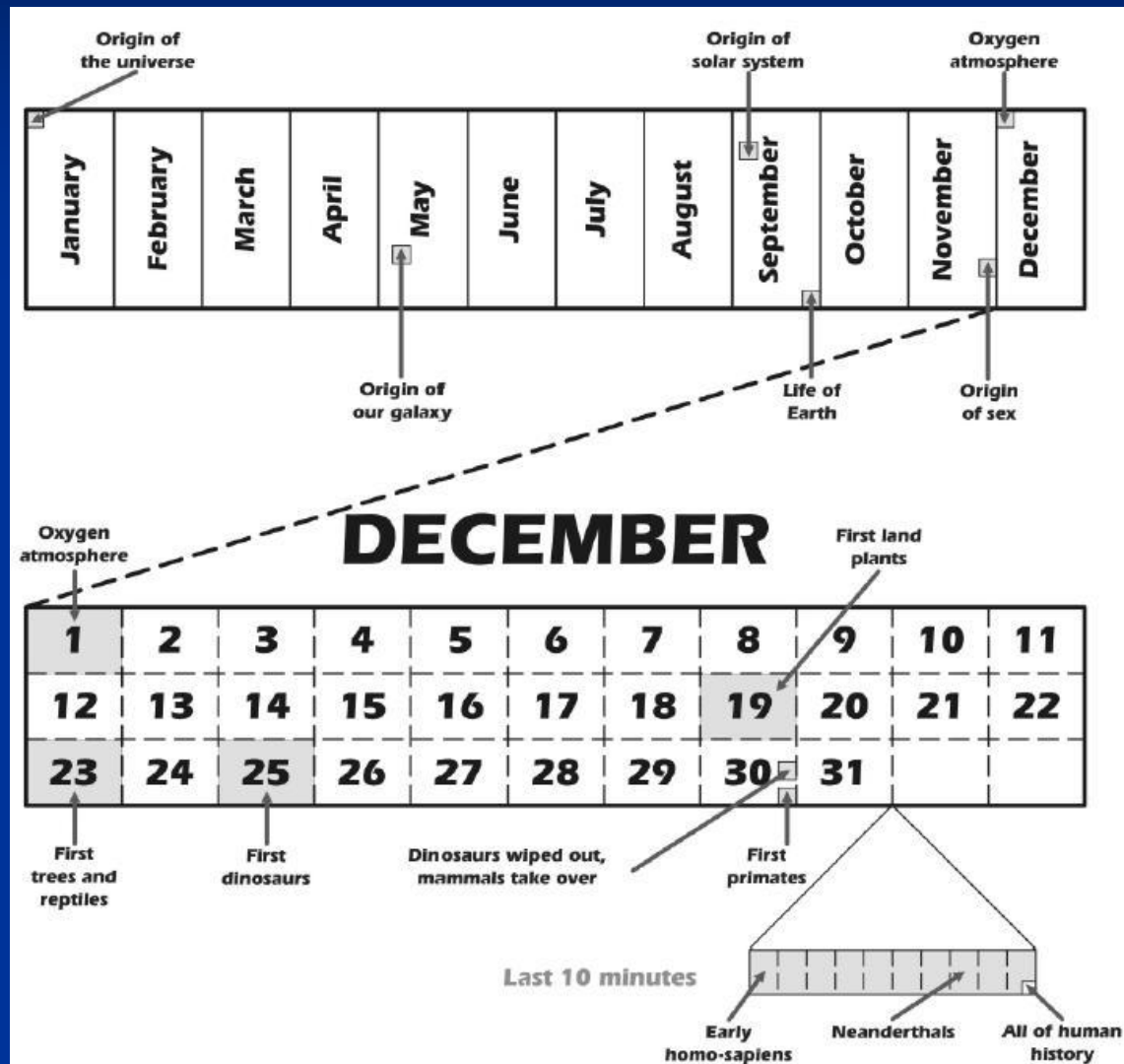
- Кванттық вакуумның флуктуациялары?
- Бос кеңістік — «ештеңе» емес, ол бар.
- Көп ғаламдар? Анықтамасы бойынша дәлелденбейді.



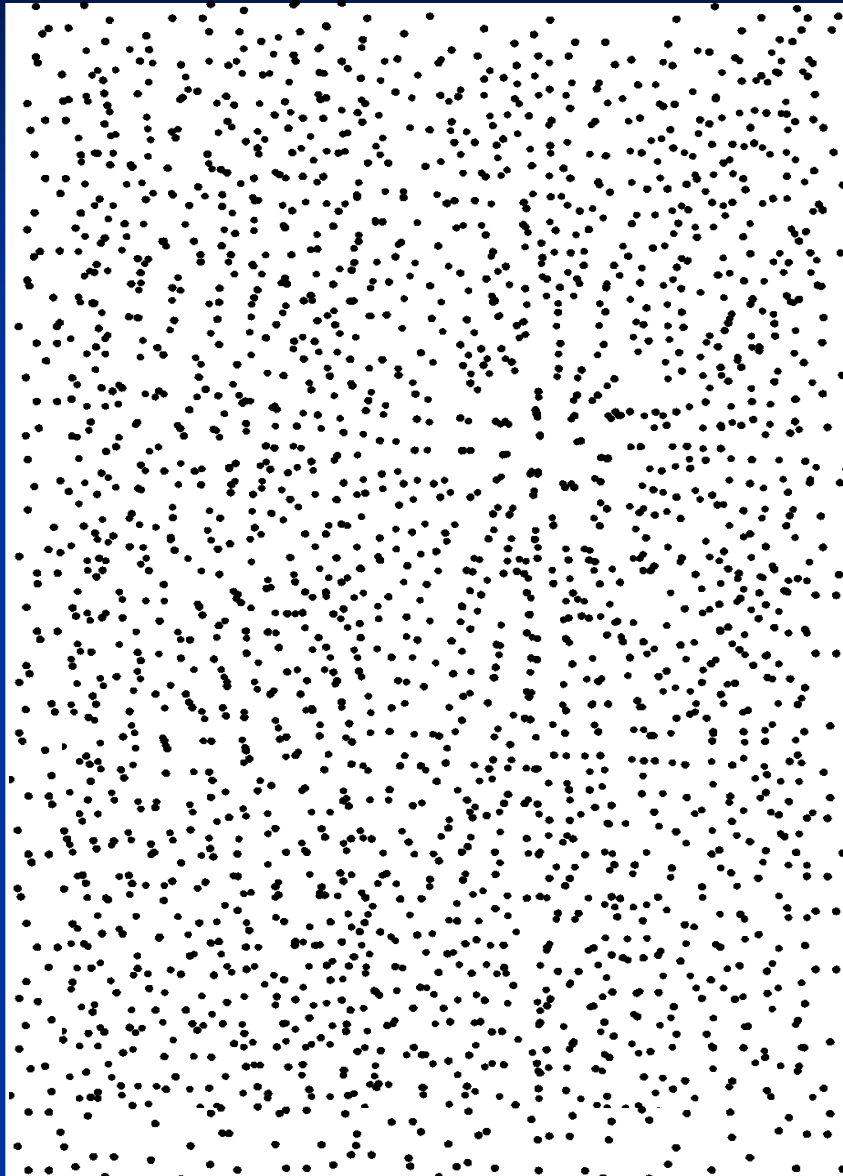
Ғаламның эволюциясы



Ғаламның бір жылдағы дамуы



Тапсырма 6: Кеңеюдің орталығы жоқ

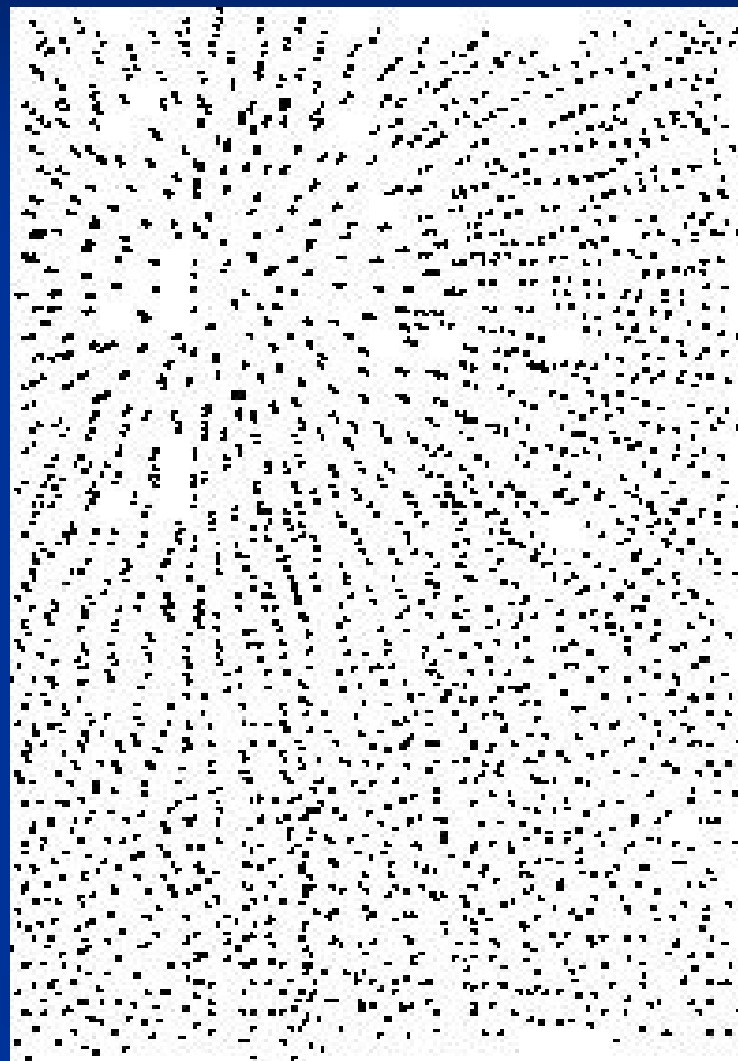
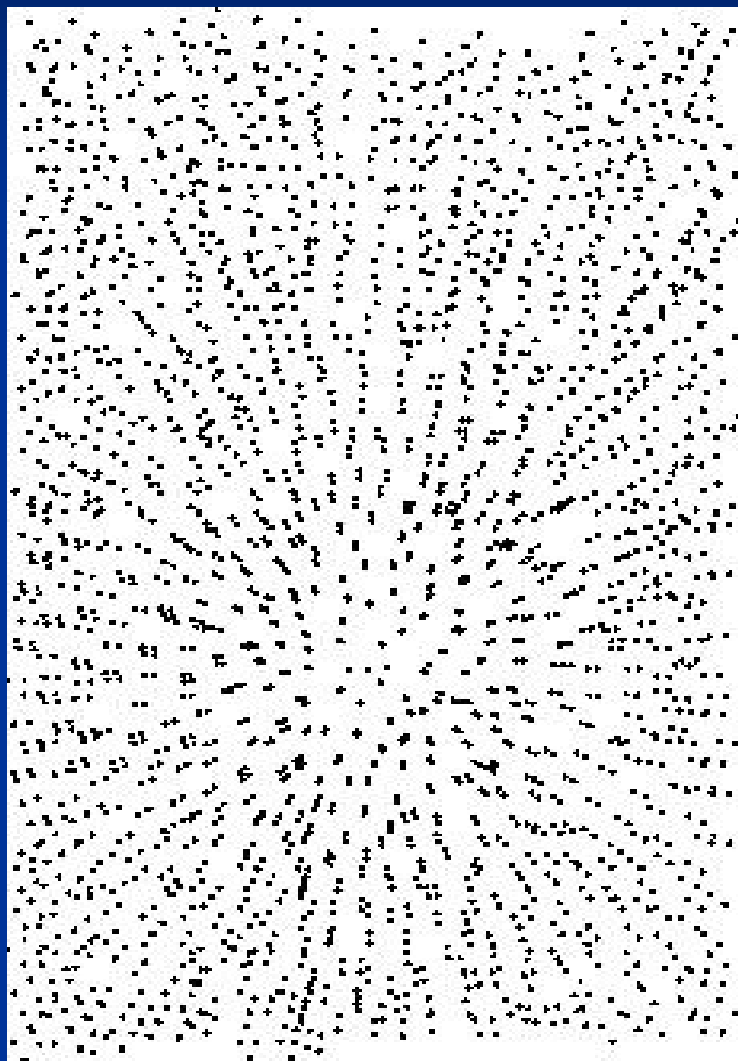


100%

105%



Тапсырма 6: Кеңеюдің орталығы жоқ



Ғарыштық микротолқынды фондық сәуле (СМВ)

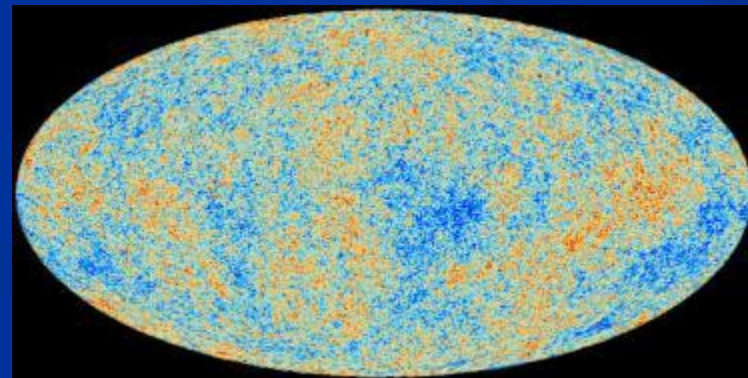
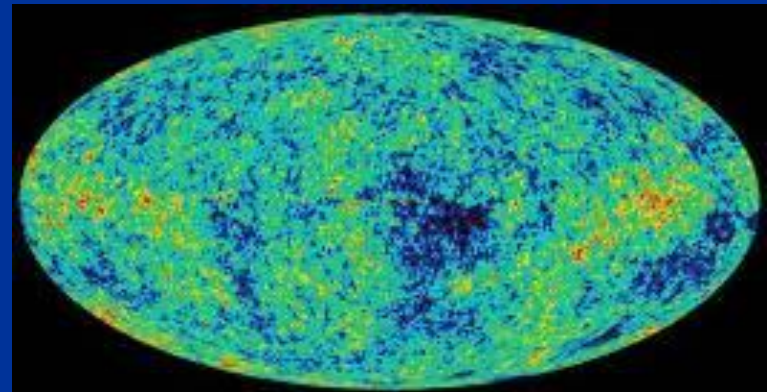
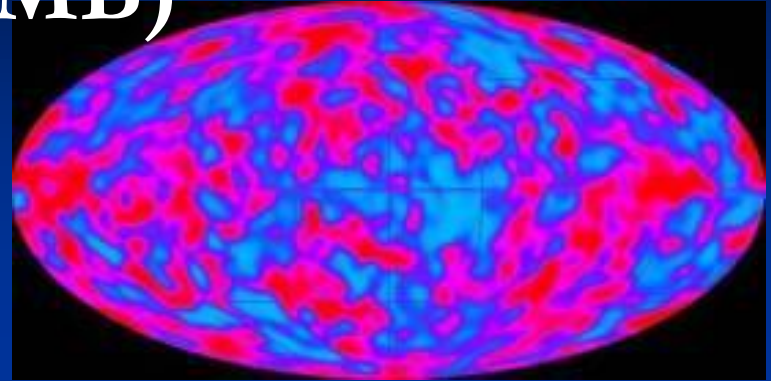
- Үлкен жарылыстан кейін 380 000 жыл өткенде еркін болған сәуле.

Уақыт өте келе, кеңістік кеңейген сайын, реликті сәуленің фотондарының толқын ұзындығы ұзарды. Қазір олар микротолқындық аймақта.



Ғарыштық микротолқынды фондық сәуле (СМВ)

- COBE, WMAP және PLANCK миссиялары реликті (СМВ) сәулеленудің аспан картасын жасап, әр жолы оны әлдеқайда нақты көрсетті.
- Олар кішкентай флуктуациялар тапты: галактикалар түзіле бастаған материя түйіндерінің ізі.



Тапсырма 7: Ғарыштық фондық сәуле

- Үлкен жарылыстан кейін 300 000 жылдан астам уақыт өткен соң фотондар материядан бөлініп, Ғаламда еркін қозғала бастады.
- Кеңістік кеңейген сайын фотондардың толқын ұзындығы ұзарды, қазір $\lambda = 2 \text{ мм}$, бұл $T = 2.7 \text{ К} = -270 \text{ }^{\circ}\text{СТ}$ сәйкес келеді.

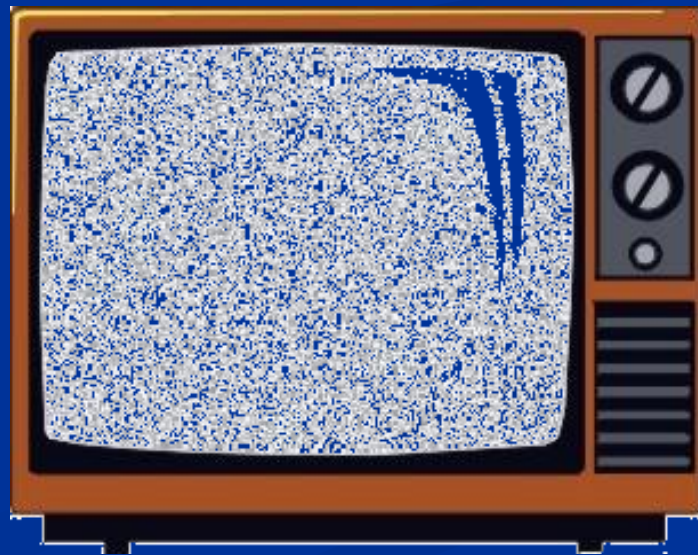


Тапсырма 7: Ғарыштық микротолықынды фондық сәуле (СМВ)

Ғарыштық микротолықынды фондық сәулені (СМВ) аналогтық теледидар арқылы анықтауға болады.

Бос арнадағы шуылдың шамамен оннан бірі микротолықынды фондық сәуледен келеді.

Осыған ұқсас әсерді УКҚ радиосын станциядан тысқары күйге қойған кезде де естуге болады.



Қара материя: Жердің тартылысын теңестіретін айналмалы үстел

Қара тесіктер көрінбейді, бірақ олардың бар екенін білеміз, өйткені олардың гравитациялық күші жұлдыздық жүйелерді олардың айналасында қозғалуға мәжбүр етеді.



Қара материя көрінбесе де, оны анықтаудың бір жолы — галактикалардың спиральдік тармақтарының қозғалысын бақылау және зерттеу.



Қара материяны анықтаудың тағы бір жолы: гравитациялық линза әсері



Гравитациялық линза оптикалық линза сияқты әрекет етеді: оның массасы айналасындағы кеңістікті бұрмалап, алыс нысанның жарығын ауытқытады.



Гравитациялық линзалар

- Жарық әрқашан ең қысқа мүмкін жолмен қозғалады.
- Егер беті қисық болса, жолы да қисаяды.

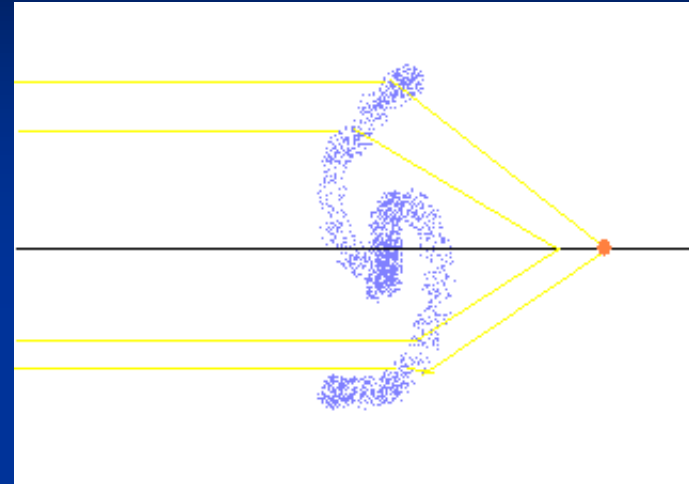
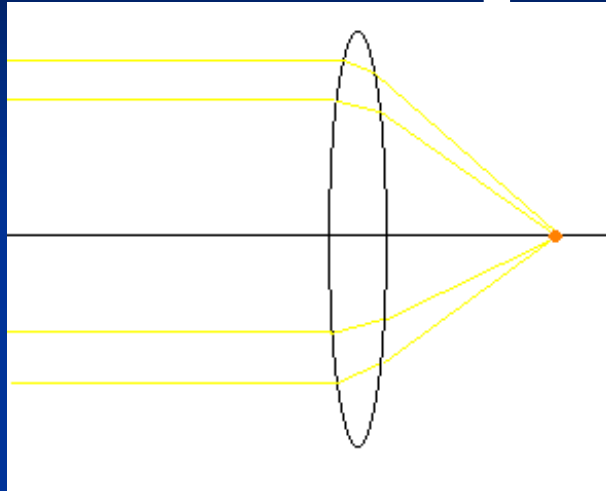


Жарық неге дененің жанынан өткенде иіледі?

- Масса болса, кеңістік иіледі, және екі нүктенің арасындағы ең қысқа жол — қисық болады.
- Осыған ұқсас жағдайды глобус арқылы көруге болады.



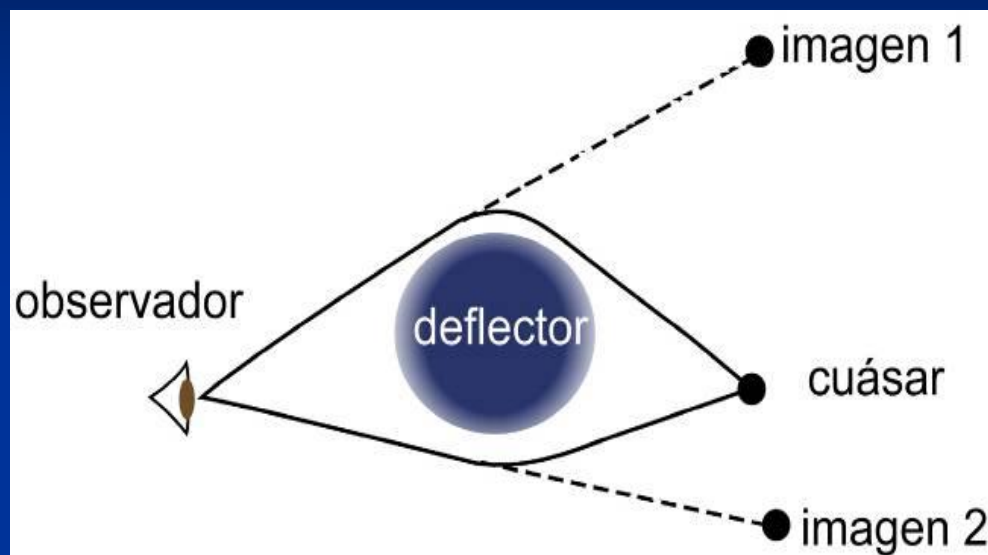
Гравитациялық линзалар қалай жұмыс істейді?



- Дөңес оптикалық линза параллель жарық сәулелерін бір нүктеге — фокусқа жинайды.
- Гравитациялық линза (мысалы, галактика немесе галактикалар шоғыры) жарық сәулелерін нүктеге емес, сызыққа жинайды; бұл кескінге әртүрлі бұрмаланулар енгізуі мүмкін.

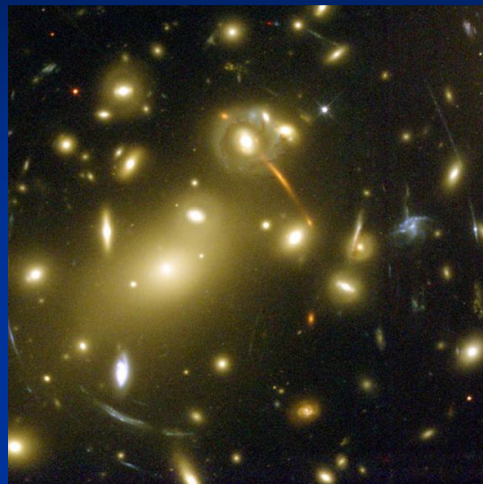
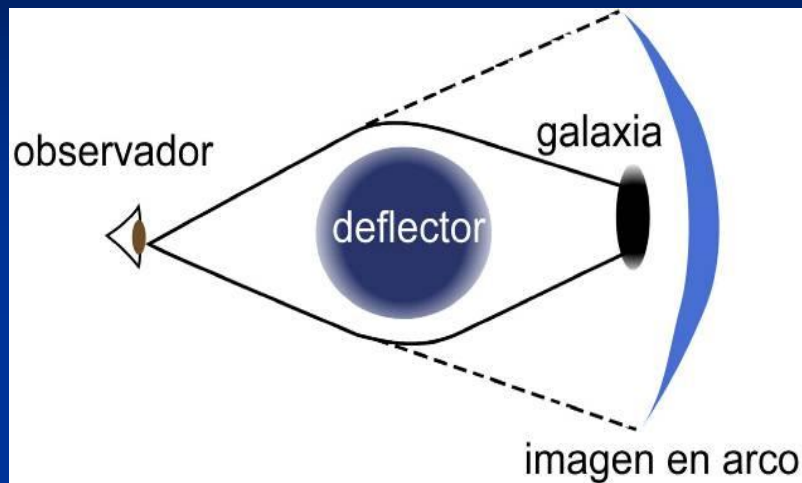


Орын ауыстыру және көбейту



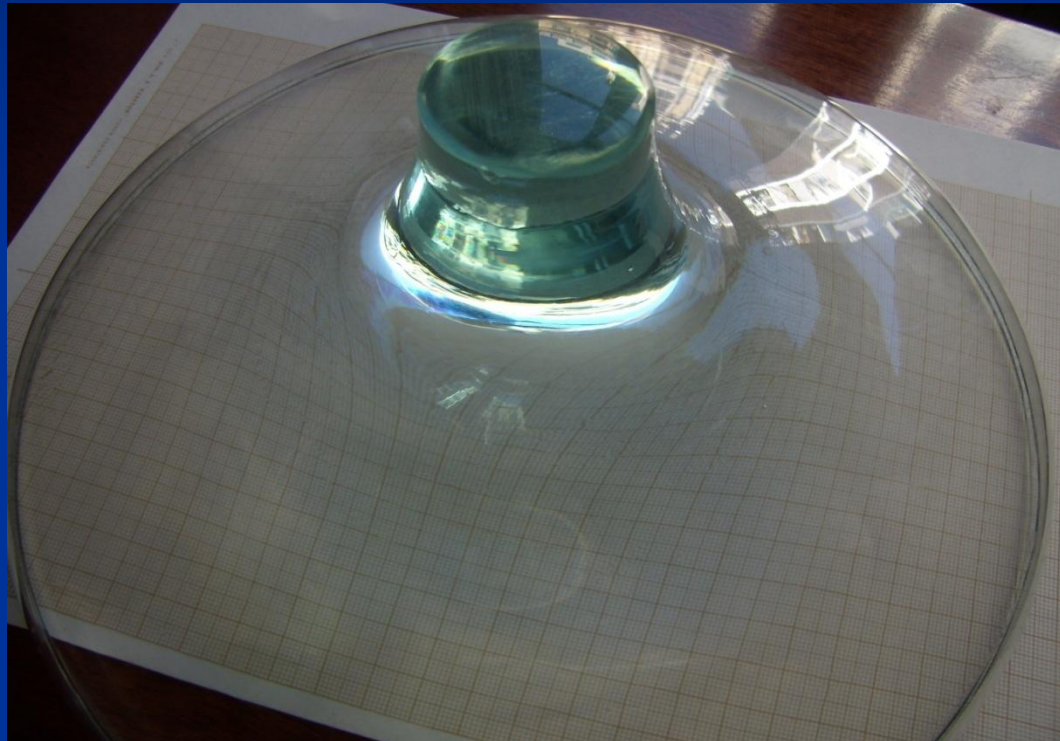
- Ауытқу жұлдыздың, галактиканың немесе квазардың көрінетін орнын жасайды.
- Гравитациялық линзалар мінсіз емес, ең үлкендері бірнеше бейне тудыра алады.

Ауытқу



- Егер ауытқытушы дене созылыққы аспан нысаны болса, пайда болатын бейнелер жарқын доғалар жиынтығы болады. Егер линза жүйесі мінсіз симметриялы болса, сәулелер түйісіп, Эйнштейн сақинасы пайда болады.
- Егер ауытқытушы дене жұлдыз немесе квазар болса, бейне нүкте түрінде көрінеді.

Тапсырма 8: Деформацияны шарап бокалының аяғымен модельдеу



Егер шарап бокалының табанын миллиметрлік қағазға қойсақ, деформацияны байқауға болады.



Тапсырма 8: Деформацияны шарап бокалының аяғымен модельдеу



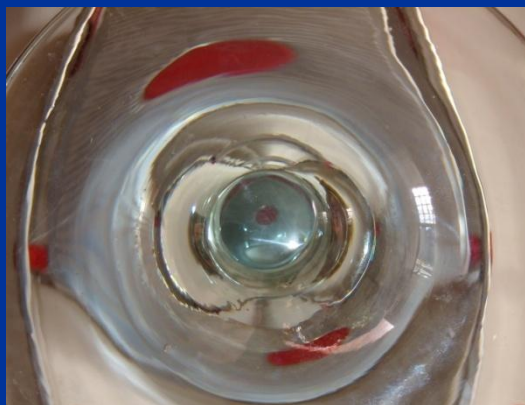
Бокалдың түбін ғана кесіп тастаңыз



+



=



Доғаның бөлігі — Эйнштейн айқышы —
Эйнштейн сақинасы



Тапсырма 9: Кеңістіктің деформациясын шарап бокалы арқылы модельдеу



Егер миллиметрлік қағазға ақ шарап құйылған бокалды қойып, шарап арқылы қарасаңыз, осы деформацияны байқай аласыз.

Тапсырма 9: Шамды бекітіп, шарап бокалы арқылы қарап, slowly қозғалыңыз



Бұл қарапайым модель «материяның» арқылы көрінетін бейнелердегі бұрмалануларды тудыра алатынын көрсетеді.

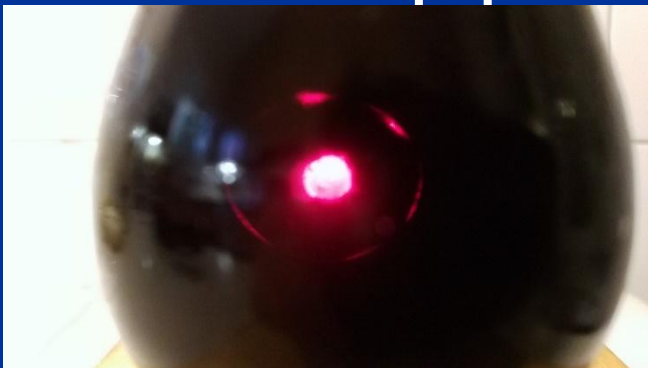
(The wine can be replaced by another translucent liquid)



Тапсырма 9: Шамды бекітіп, шарап бокалы арқылы қарап, slowly қозғалыңыз



Доға бөлігі — Бейформалы фигура — Эйнштейн айқышы



Einstein's Ring

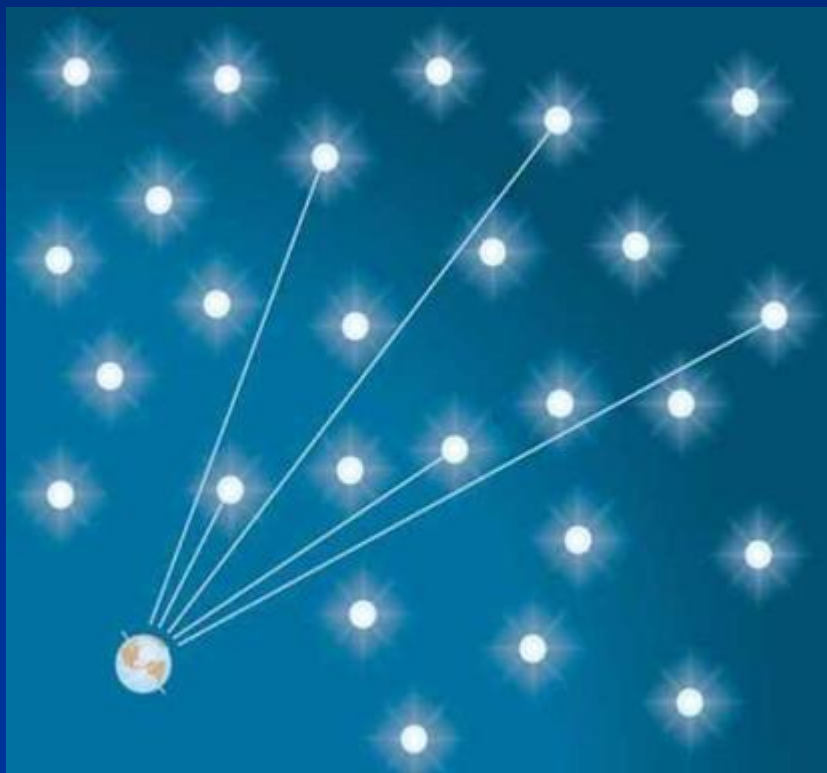


Шеберханадан тыс тақырып: Неліктен түнде аспан қараңғы?

- 1923 жылы Ольберс мынадай болжам жасады, егер:
- — Ғалам шексіз болса.
 - Жұлдыздар бүкіл ғаламда біркелкі таралған болса.
 - Барлық жұлдыздардың жарықтылығы бірдей болса, онда...



Шеберханадан тыс тақырып: Неліктен түнде аспан қараңғы?



... шексіз Ғаламда шексіз көп нысан болады және түнде жарық болуы тиіс.



Неліктен түнде аспан қараңғы?

- Аспандағы кез келген нүкте жарық болуы керек, өйткені әрқашан алыста жарқырап тұрған жұлдыз бар.
- Аспанның әрбір «пияз қабаты» жұлдыздарының саны r^2 -ке пропорционал, ал олардың жарығы r^2 -ке кері пропорционал, сондықтан әрбір қабат Жерге бірдей мөлшерде жарық береді.
- Қабаттар шексіз болса, түнде аспан жарқырап тұруы керек еді.



Неліктен түнде аспан қараңғы?

Бірақ бұл пайымдауда қателіктер бар:

Жұлдыздар алыстаған сайын олар кеңеюдің әсерінен қызарып көрінеді.

Олар қашықтығына байланысты күңгірт болады.

Бірақ ең бастысы — Ғаламның жасы шексіз емес.

Шексіз жұлдыз қабаттары жоқ.

Эдгар Аллан По бұл құбылысты дұрыс түсіндірген адам болды, ол 1848 жылы жарық көрген «Эврика» эссесінде жазды.

Түн қараңғы болуы мүмкін!



Thank you very much
for your attention!

