Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

# Физика космоса

кружок

Занятие 7

Горизонты. Обзоры неба и глубокие поля.

#### Горизонты

Горизонт частиц в момент времени  $t_0$  разделяет все частицы Вселенной на те, которые наблюдатель О видел, и те которые он ещё не видел.

Он существует для всех реалистичных моделей:

$$\int_{0}^{t_0} \frac{cdt}{R(t)} = \int_{0}^{r_{ph}} \frac{dr}{(1 - kr^2)^{\frac{1}{2}}} = \chi_{ph}$$

Сопутствующее радиальное расстояние до горизонта

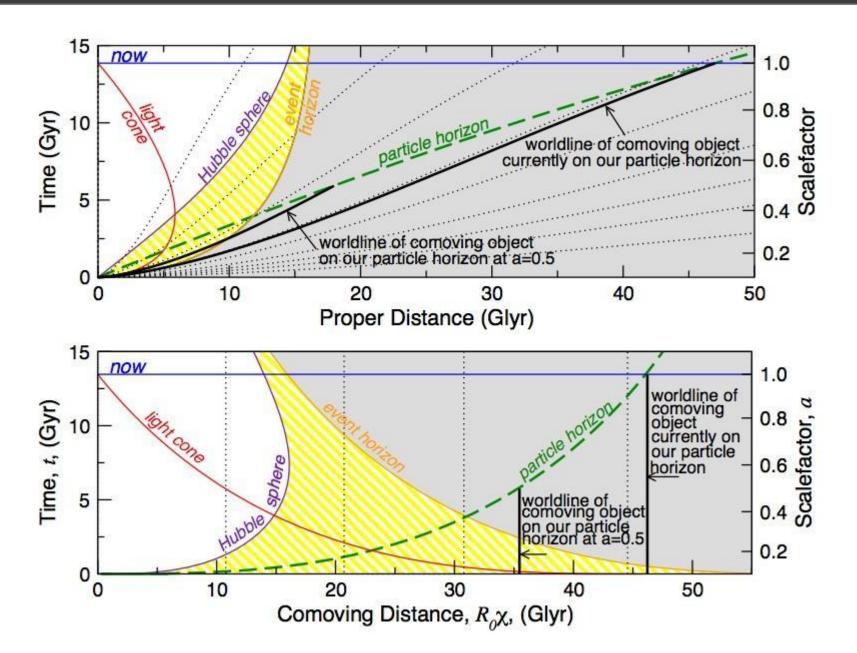
$$R_0\chi_{ph}$$

Для моделей, представляющих сегодня интерес, эта величина равна  $(3-4)ct_o$ 

Она больше  $ct_0$ , поскольку на ранних этапах Вселенная была меньше и фотоны быстрее проходили её области.

Т.о. мы можем наблюдать лишь конечную её часть.

#### Горизонты



## Обзоры неба

#### Первые обзоры неба:

- Гиппарх, II век до н.э. около 850 звёзд
- Ш. Мессье (1730-1817) туманности и скопления звёзд (шаровые скопления и галактики)

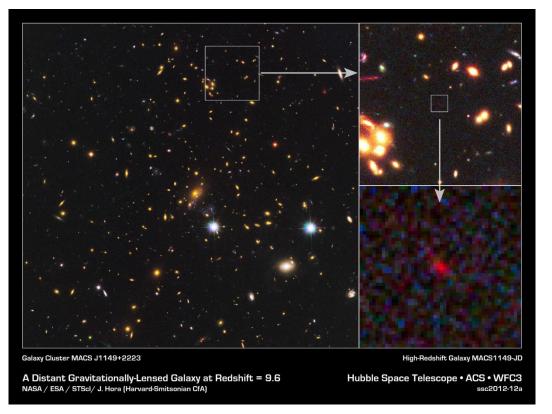
#### Основоположники:

- В. Гершель (1738-1822) и Д. Гершель (1792-1871) туманности и другие звёздные системы; Млечный путь рядовая звёздная система
- Э. Барнард (1857-1923) первый фотографический обзор звёздного неба
- Э. Хаббл (1889-1953) детальное изучение Вселенной (более 40 тыс. галактик на 1283 площадках неба) и осознание того, что слабые туманности это далёкие галактики

### Объекты на больших красных смещениях



На небесной сфере обнаруживаются тусклые объекты красного цвета — по современным представлениям это и есть наиболее удалённые от нас объекты метагалактики.



#### Объекты на больших красных смещениях



Даже на небольших участков неба их оказывается немало, однако разглядеть такие объекты можно только с помощью очень чувствительных телескопов, поскольку интенсивность излучения уменьшается квадратично с ростом расстояния.

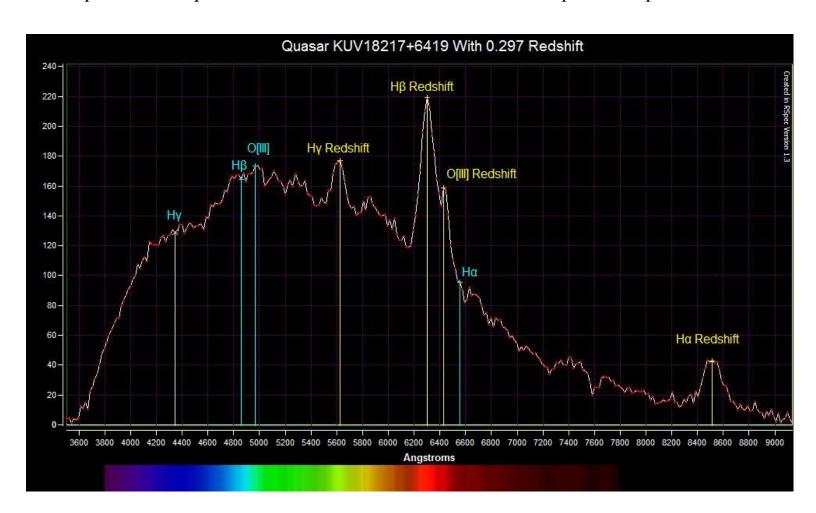
Distant Galaxies in the Hubble Ultra Deep Field Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

NASA, ESA, R. Bouwens and G. Illingworth (University of California, Santa Cruz)

STScI-PRC06-12

## Объекты на больших красных смещениях

#### Проявления красного смещения с эмиссионных спектрах квазаров

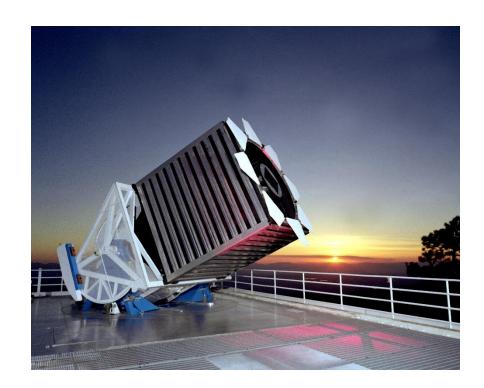


### Цифровые обзоры неба

- POSS и POSS-II фотографический обзор большей части неба, выполненный в Паломарской обсерватории (Сан-Диего, Калифорния), 1949-1958 и 1980-1990 гг.
- DSS Digitized Sky Survey первый общедоступный обзор неба, выполненный при оцифровке фотопластинок POSS (600 Гб).
- 2MASS Two Micron All Sky Survey обзор всего неба в инфракрасном диапазоне, осуществлявшийся в 1997-2001 гг. с помощью двух телескопов: в северном полушарии (США) и южном (Чили). Каталогизировано ~300 млн. объектов.
- APM, 2dF, 6dF 2 (6) degree Field Galaxy Redshift Survey) обзоры красных смещений галактик, которые играют очень большую роль для изучения пространственного распределения галактик и плотности вещества во Вселенной. Выполнены в 2001-2009 гг. на телескопе AAO, Австралия.

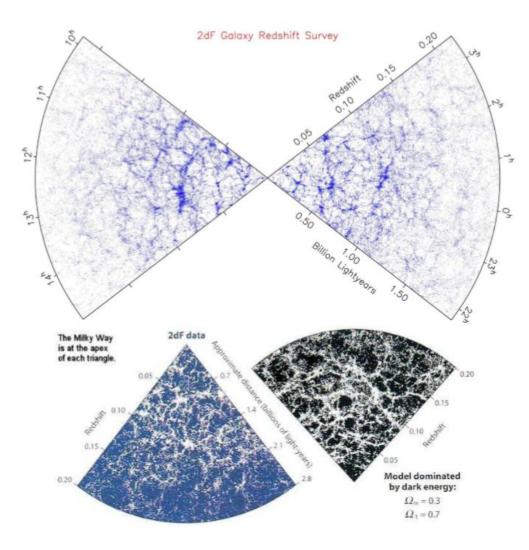
### Цифровые обзоры неба

- Слоановский цифровой небесный обзор (Sloan Digital Sky Survey) проект широкомасштабного исследования многоспектральных изображений и спектров красного смещения звёзд и галактик при помощи 2.5-метрового широкоугольного телескопа в США.
- Обзор включает расширенные наблюдения Галактики, поиск её спутников, поиск сверхновых Іа и переменных источников, поиск экзопланет, изучение квазаров и крупномасштабной структуры Вселенной.
- SDSS-I (2000—2005), SDSS-II (2005—2008), SDSS-III (2008—2014), SDSS-IV (2014—2020) Режим просмотра неба в Google Earth включает в себя данные из SDSS для тех регионов, где такие данные имеются.

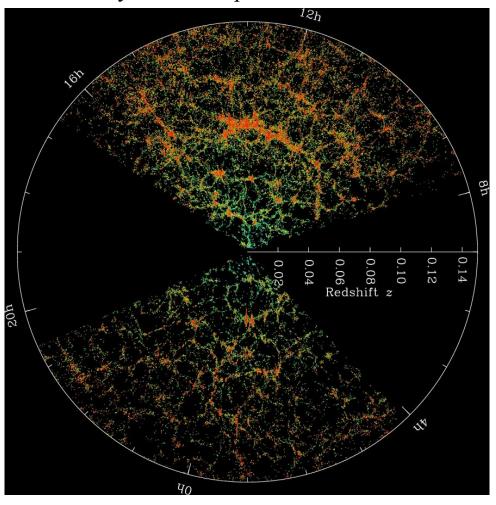


## Цифровые обзоры неба

#### Результат обзора 2dF

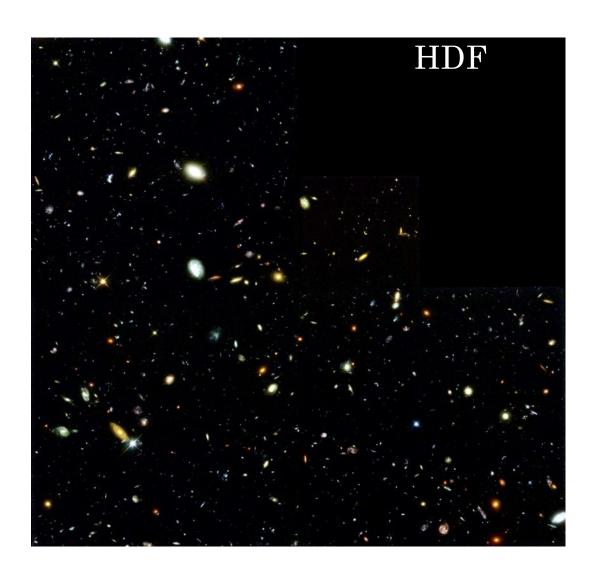


#### Результат обзора SDSS



Глубина галактического каталога 600 Мпк, ширина среза 2.5°; на внешней стороне окружности обозначено прямое восхождение галактики.

#### Глубокие поля Хаббла



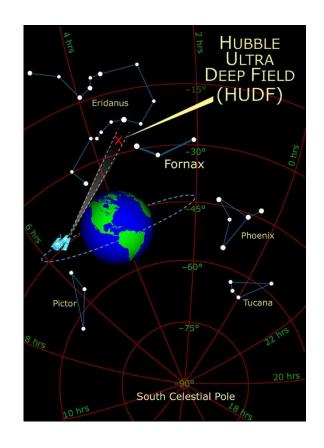
- Площадь 5.3 кв. угловых минут
- 9 звёзд
- ~ 3000 галактик
- ~ 150 галактик с прямым измерением красного смещения
- ~ 2000 галактик с измерением красного смещения фотометрическим способом

Современная оценка полного числа галактик составляет  $\sim 10^{12}$ . Так, космический телескоп им. Э.Хаббла на площади 1 кв. градус способен разрешить до 400 тыс. галактик.

## Глубокие поля Хаббла

## HUDF

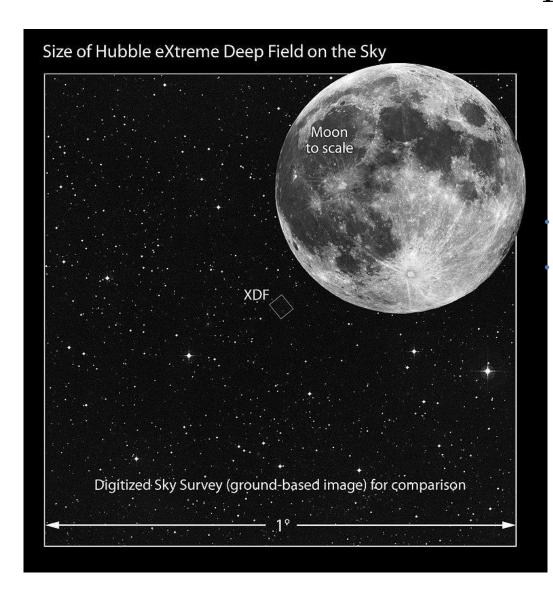




- 10000 объектов
- на фото галактики возрастом от 400 до 800 млн. лет

#### Глубокие поля Хаббла

#### **HXDF**



5500 галактик

Равномерность наблюдаемой картины, похожесть даже самых удаленных и древних галактик на современные говорят о неизменности основных физических законов и констант в течение эволюции Вселенной

#### Галактики на разных красных смещениях

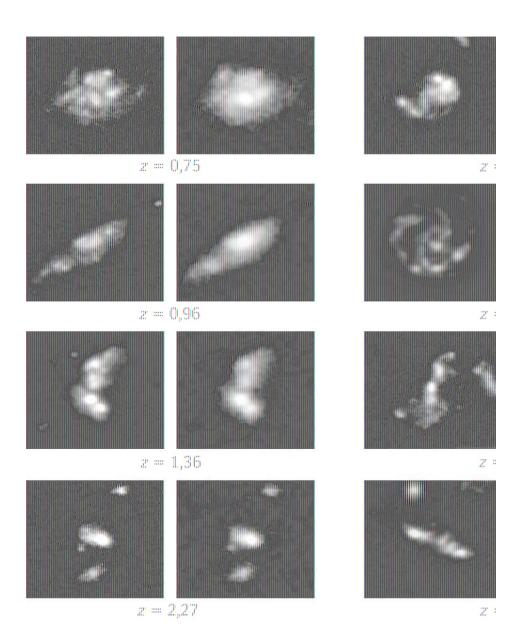
Изменение морфологии типичной галактики с ростом красного смещения в Глубоком хаббловском поле.

В каждой паре снимков левое изображение получено в оптическом диапазоне спектра, а правое — в ближней инфракрасной области на длине волны 2 мкм.

Все крупные галактики сформировались к z=1 (8 млрд. лет назад).

Для z>1.5 не наблюдается галактик регулярной формы.

Галактики на z>2 как правило множественные.



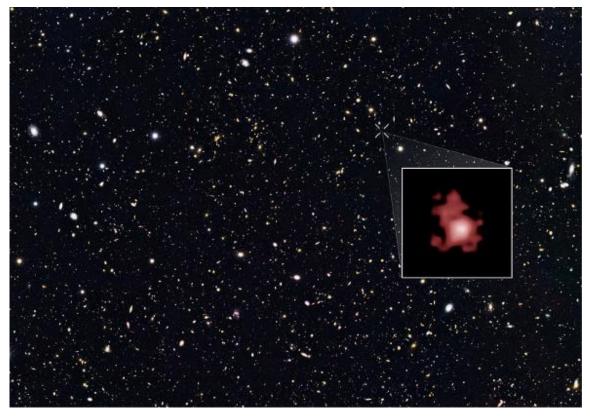
### Самые древние объекты

GN-z11

**Age:** 13.4 billion years old

**Distance from Earth:** z=11.09

Galaxy Type: Irregular Year Discovered: 2016



EGSY8p7

**Age:** 13.2 billion years old

**Distance from Earth:** z=8.68

Galaxy Type: Lyman-alpha emitter

Year Discovered: 2015

