

# Физика космоса

кружок

Занятие 7

Горизонты. Обзоры неба и глубокие поля.

Москва

# 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:

$$\int_0^{t_0} \frac{cdt}{R(t)} = \int_0^{r_{ph}} \frac{dr}{(1 - kr^2)^{\frac{1}{2}}} = \chi_{ph}$$

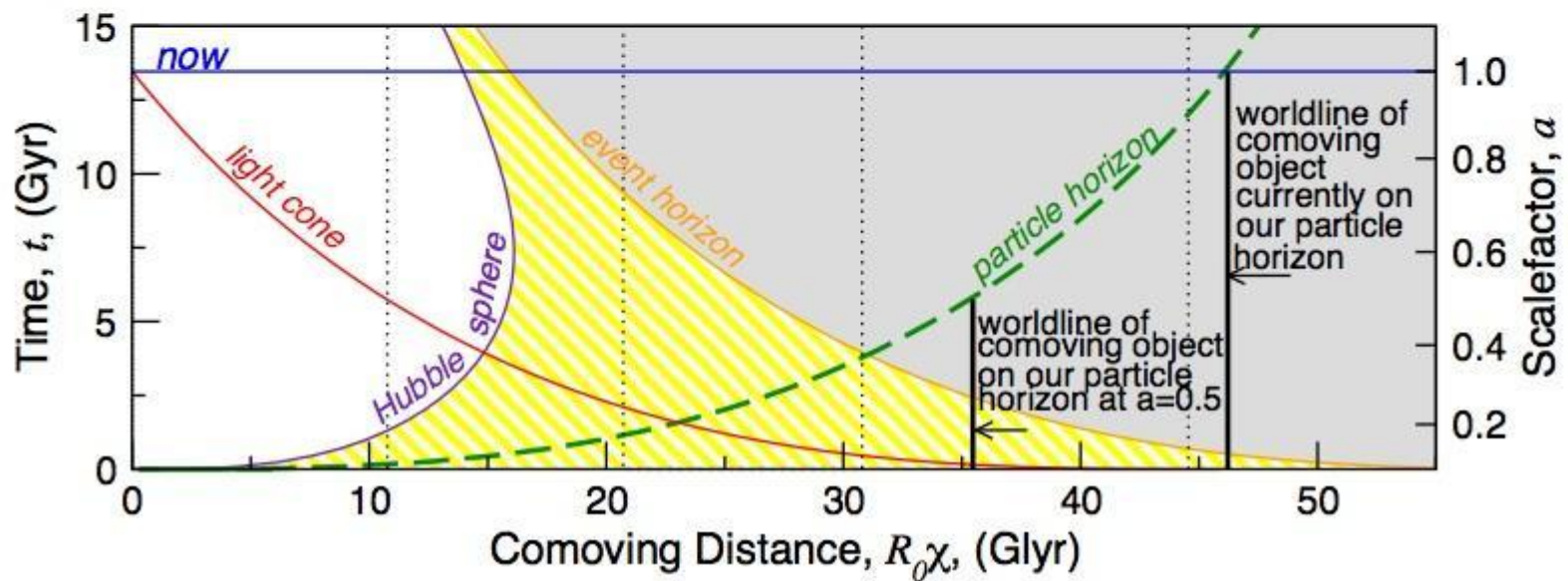
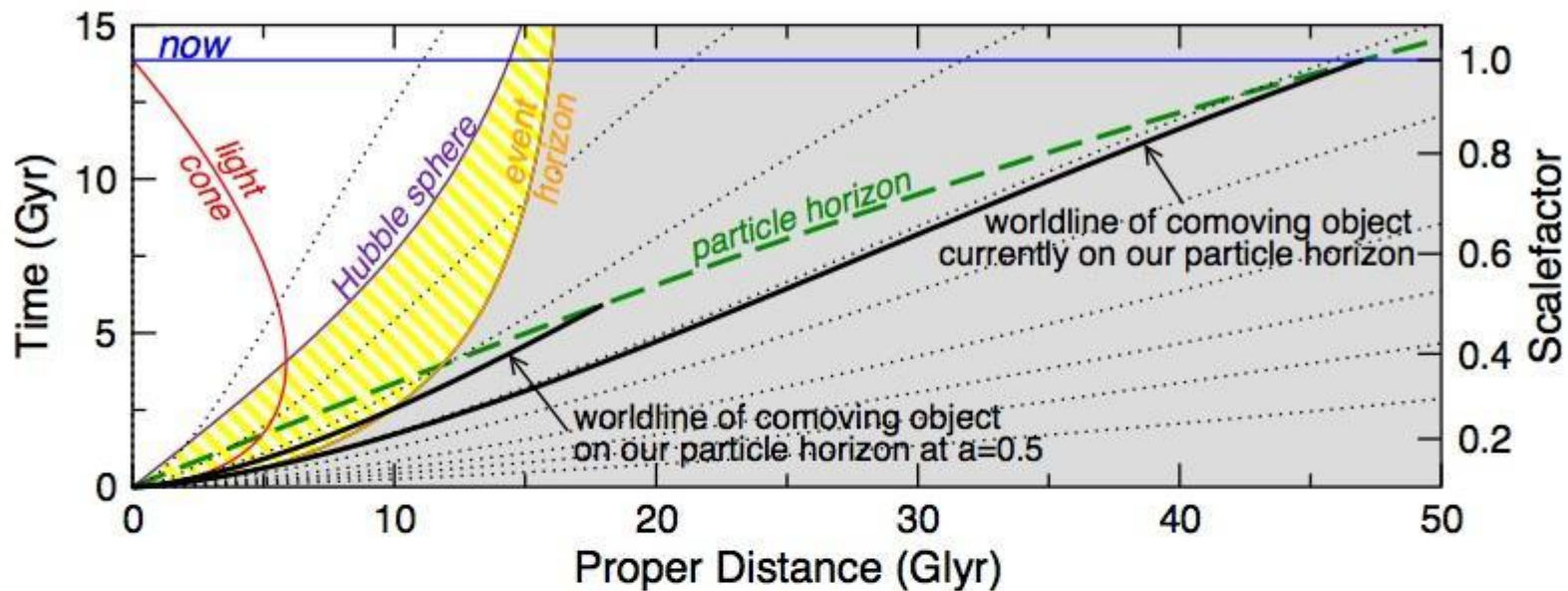
Сопутствующее радиальное расстояние до горизонта  $R_0\chi_{ph}$ .

Для моделей, представляющих сегодня интерес, эта величина равна  $(3-4)ct_0$

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



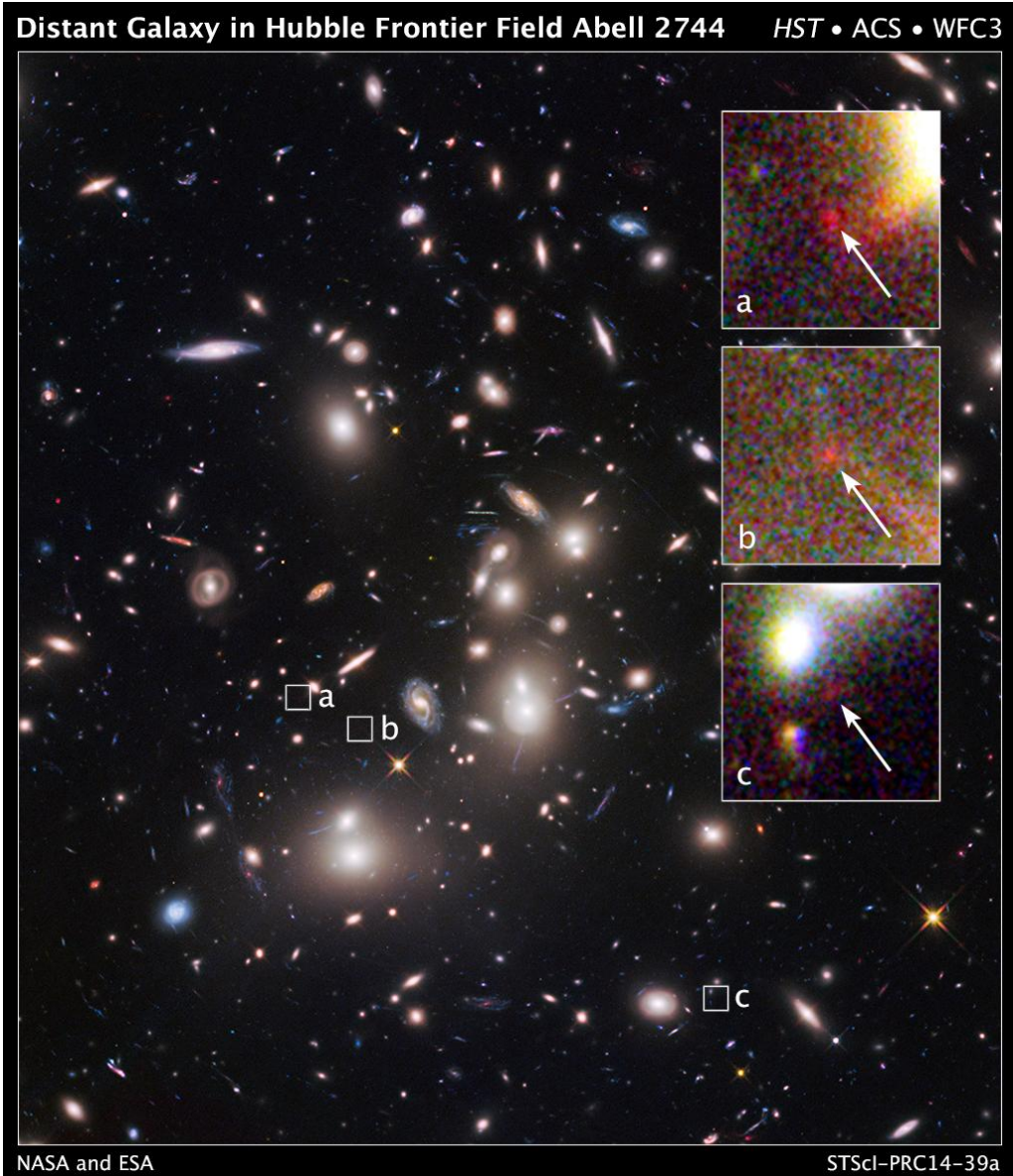
Первые обзоры неба:

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

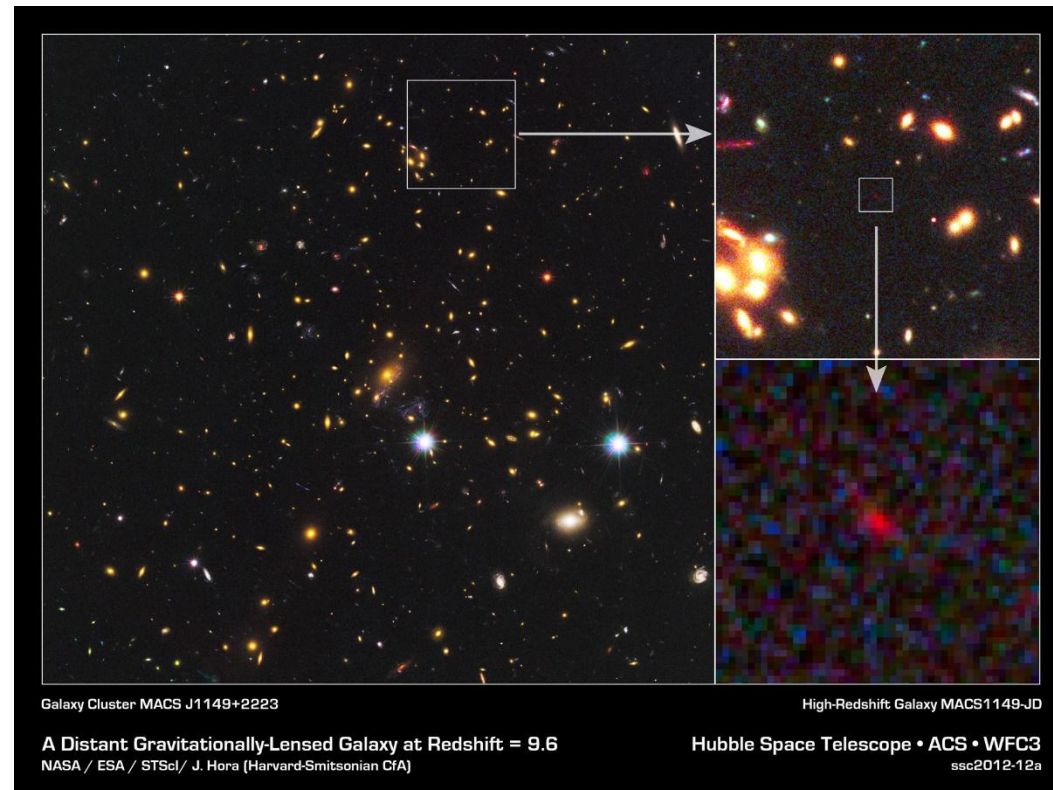
Основоположники:

- 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

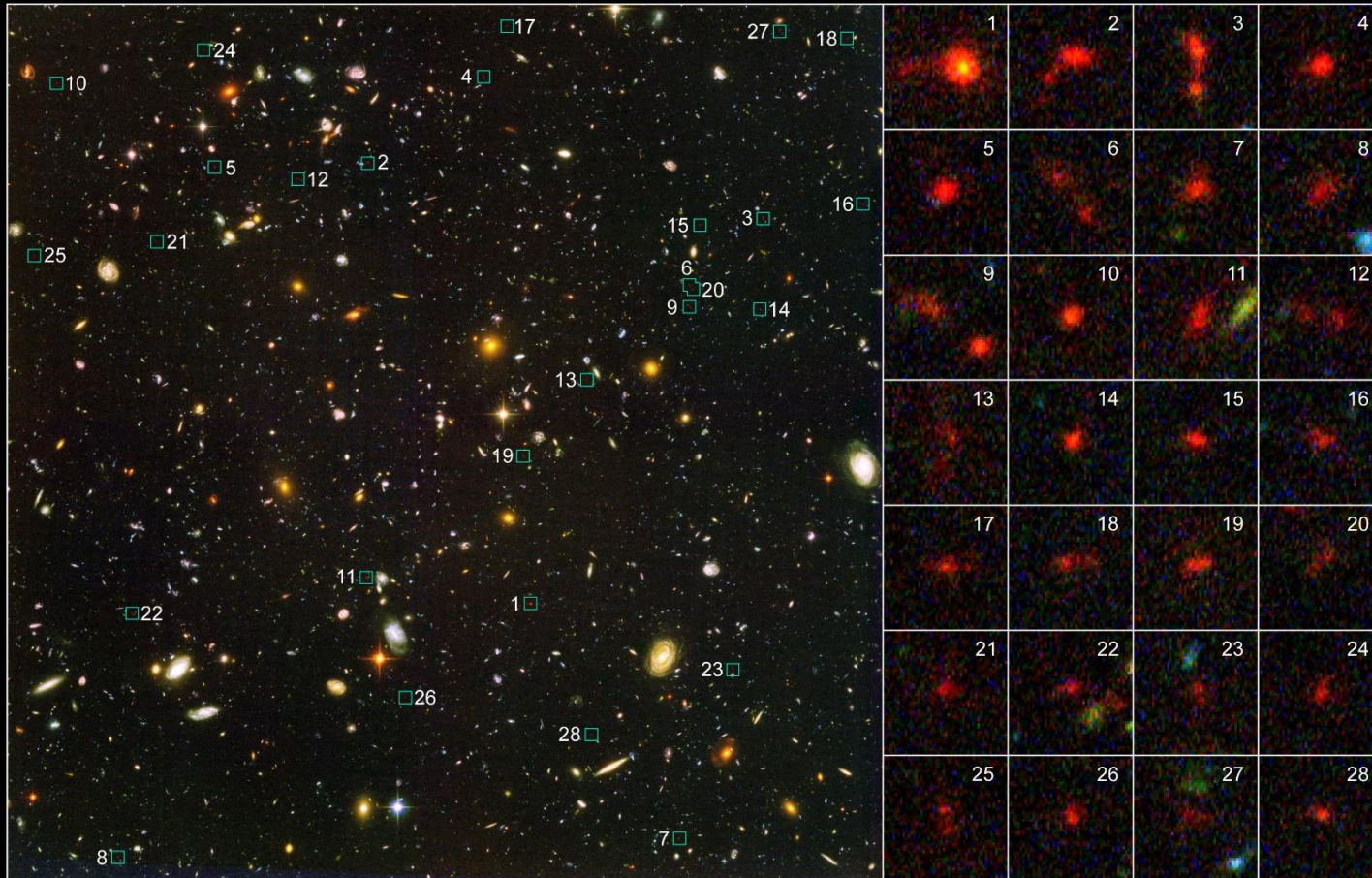


На небесной сфере обнаруживаются тусклые объекты красного цвета – по современным представлениям это и есть наиболее удалённые от нас объекты метagalктики.





# Объекты на больших красных смещениях

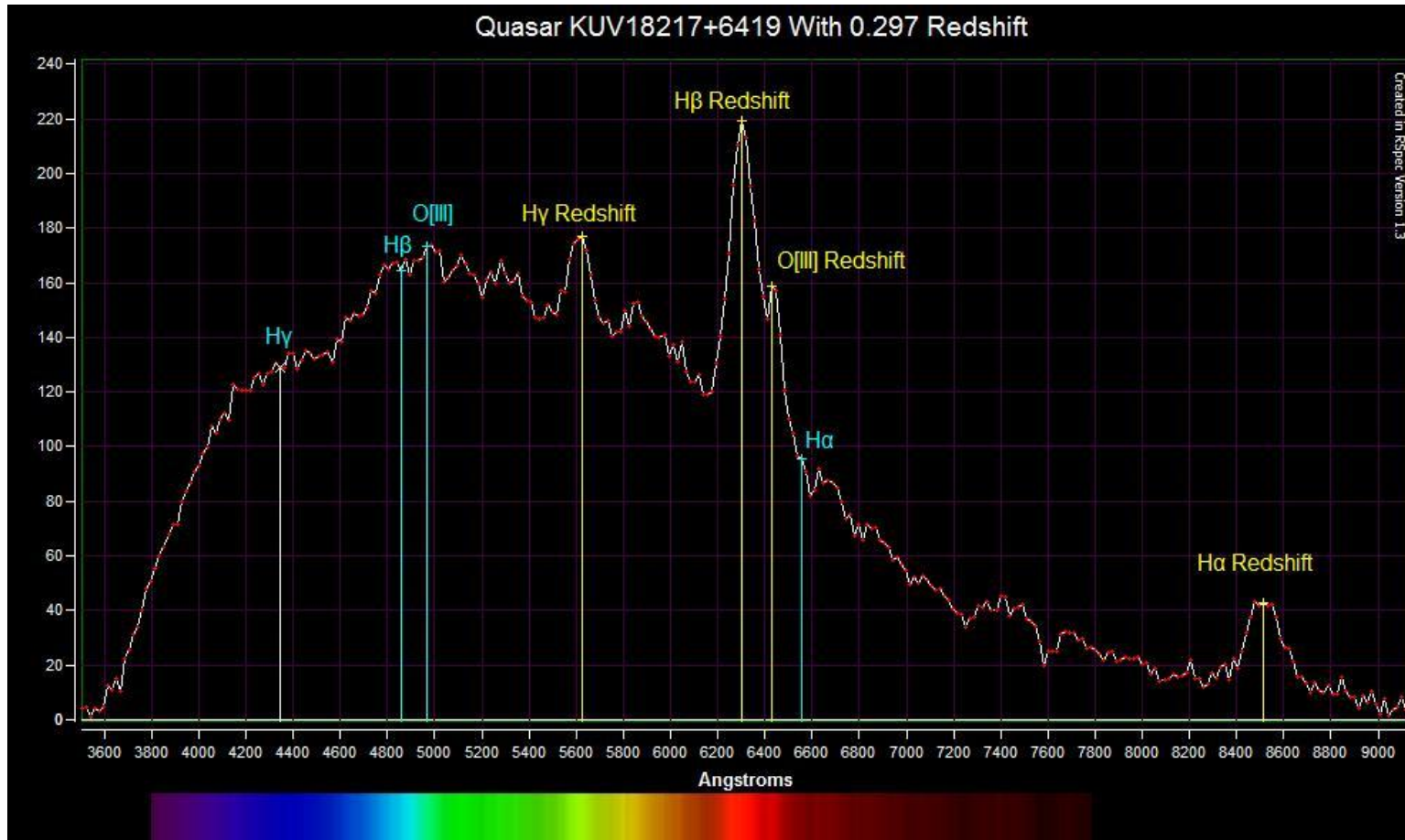


**Distant Galaxies in the Hubble Ultra Deep Field**  
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

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

# Объекты на больших красных смещениях

Проявления красного смещения с эмиссионных спектрах квазаров

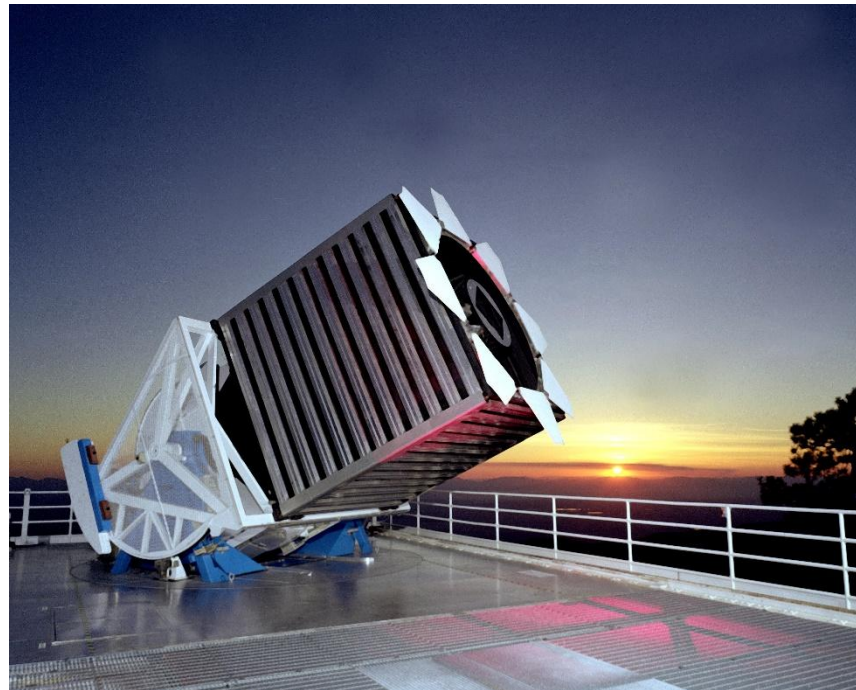


- POSS и POSS-II – фотографический обзор большей части неба, выполненный в Паломарской обсерватории (Сан-Диего, Калифорния ), 1949-1958 и 1980-1990 гг.
- DSS – Digitized Sky Survey – первый общедоступный обзор неба, выполненный при оцифровке фотопластинок POSS (600 Гб).
- 2MASS – Two Micron All Sky Survey – 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 ААО, Австралия.



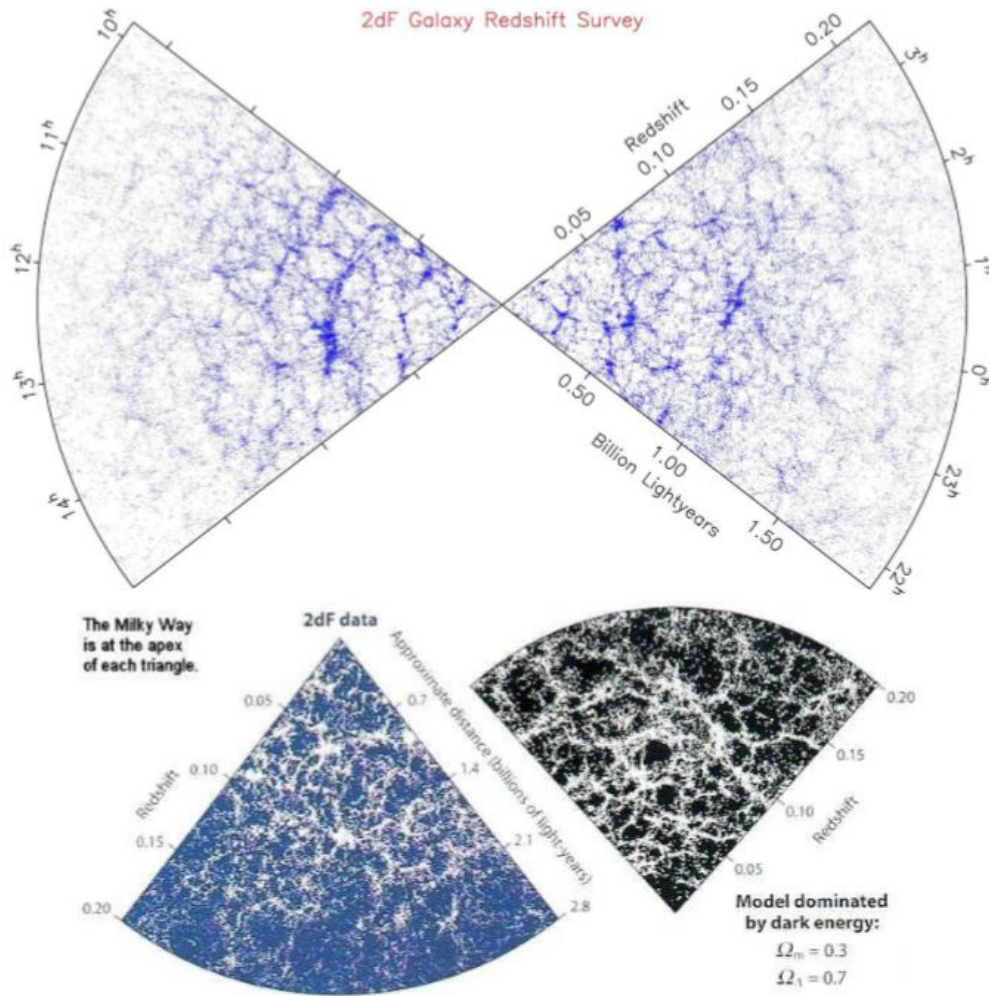
# Цифровые обзоры неба

- 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 Ia 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.

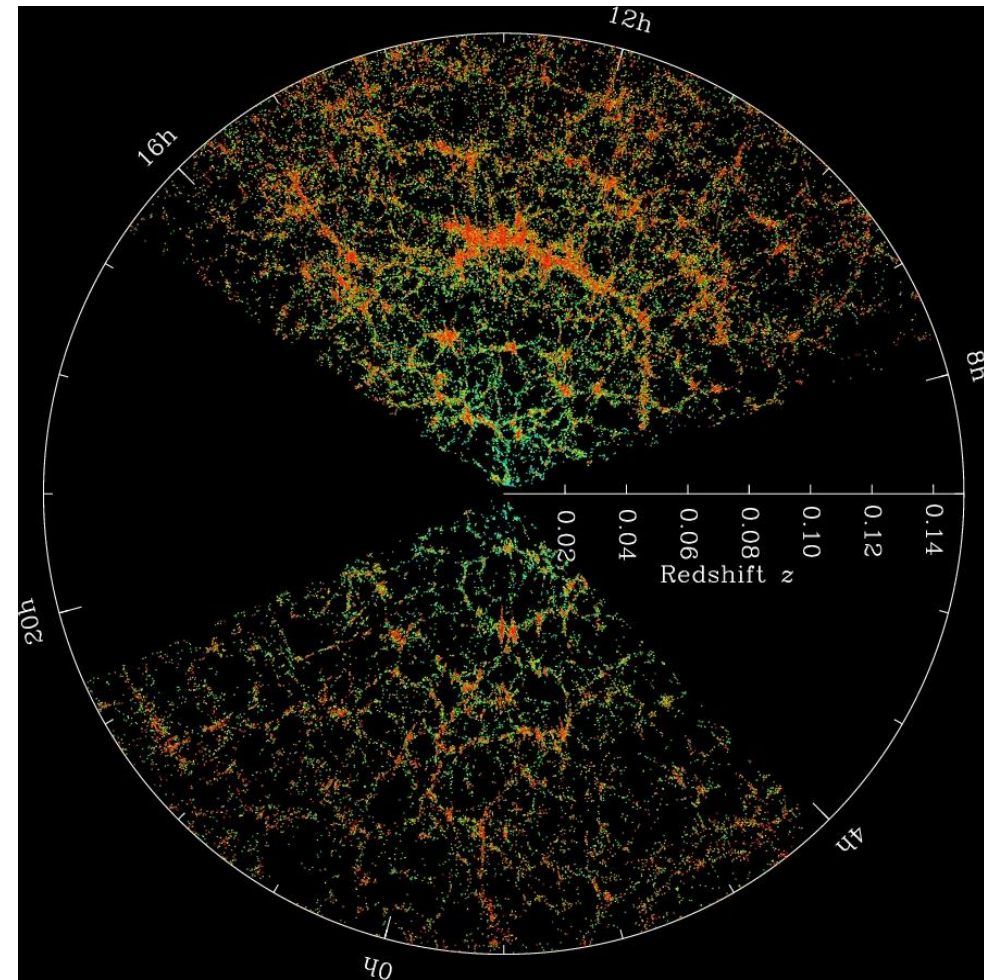


# Цифровые обзоры неба

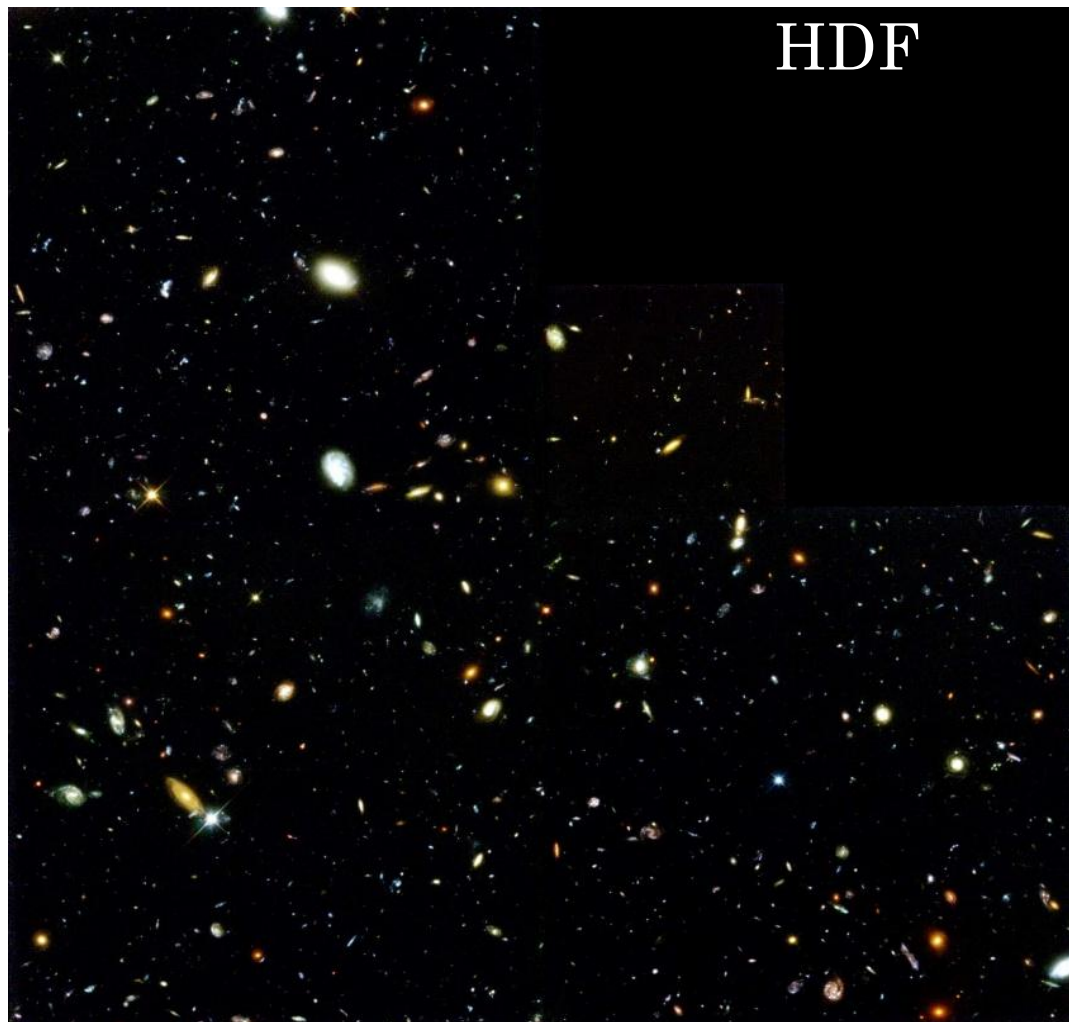
## Результат обзора 2dF



## Результат обзора SDSS



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



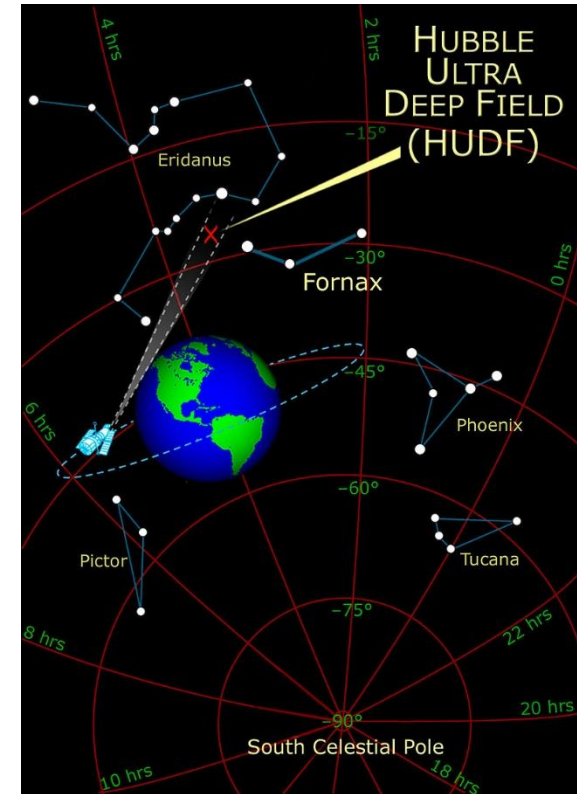
- Площадь 5.3 кв. угловых минут
- 9 звёзд
- ~ 3000 галактик
- ~ 150 галактик с прямым измерением красного смещения
- ~ 2000 галактик с измерением красного смещения фотометрическим способом

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

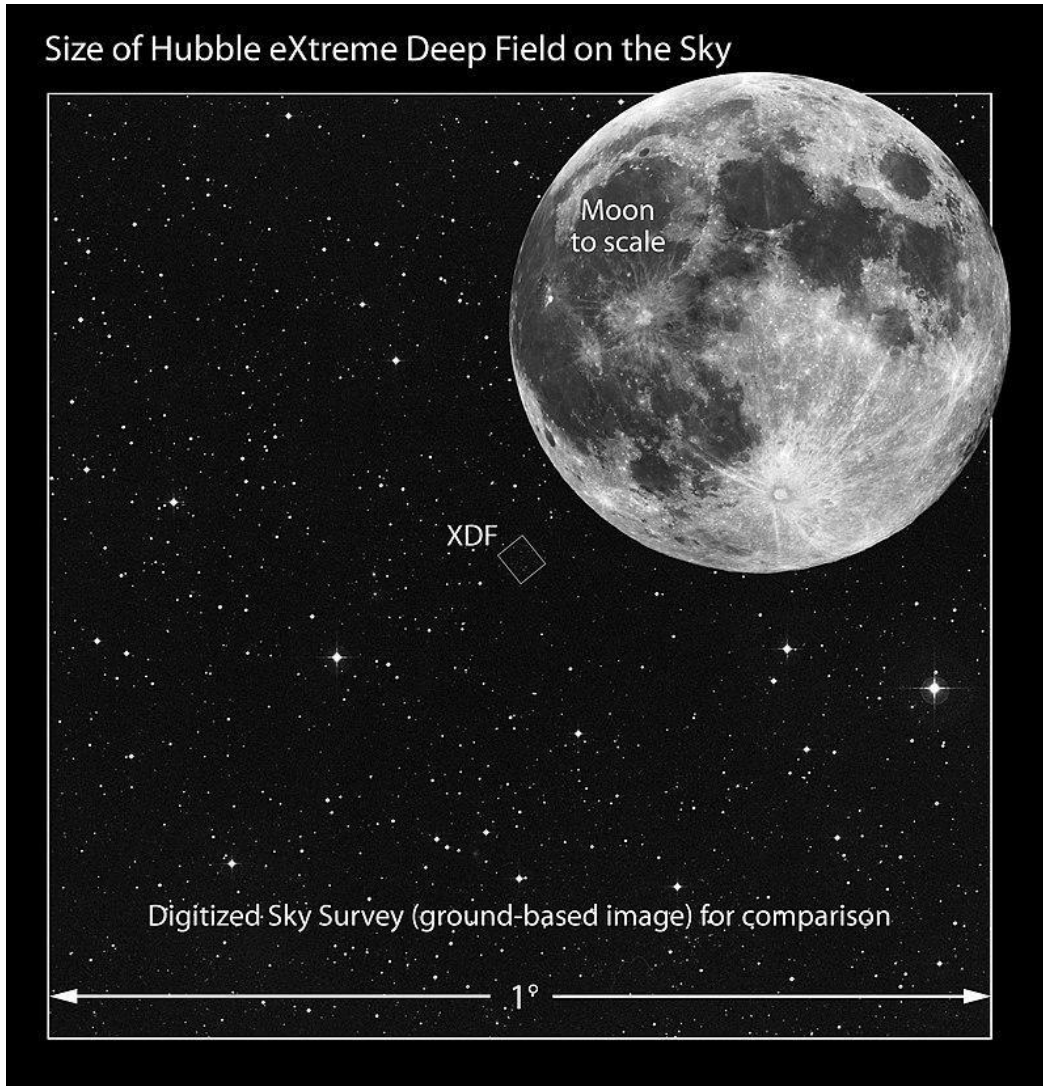
## HUDF



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



## 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

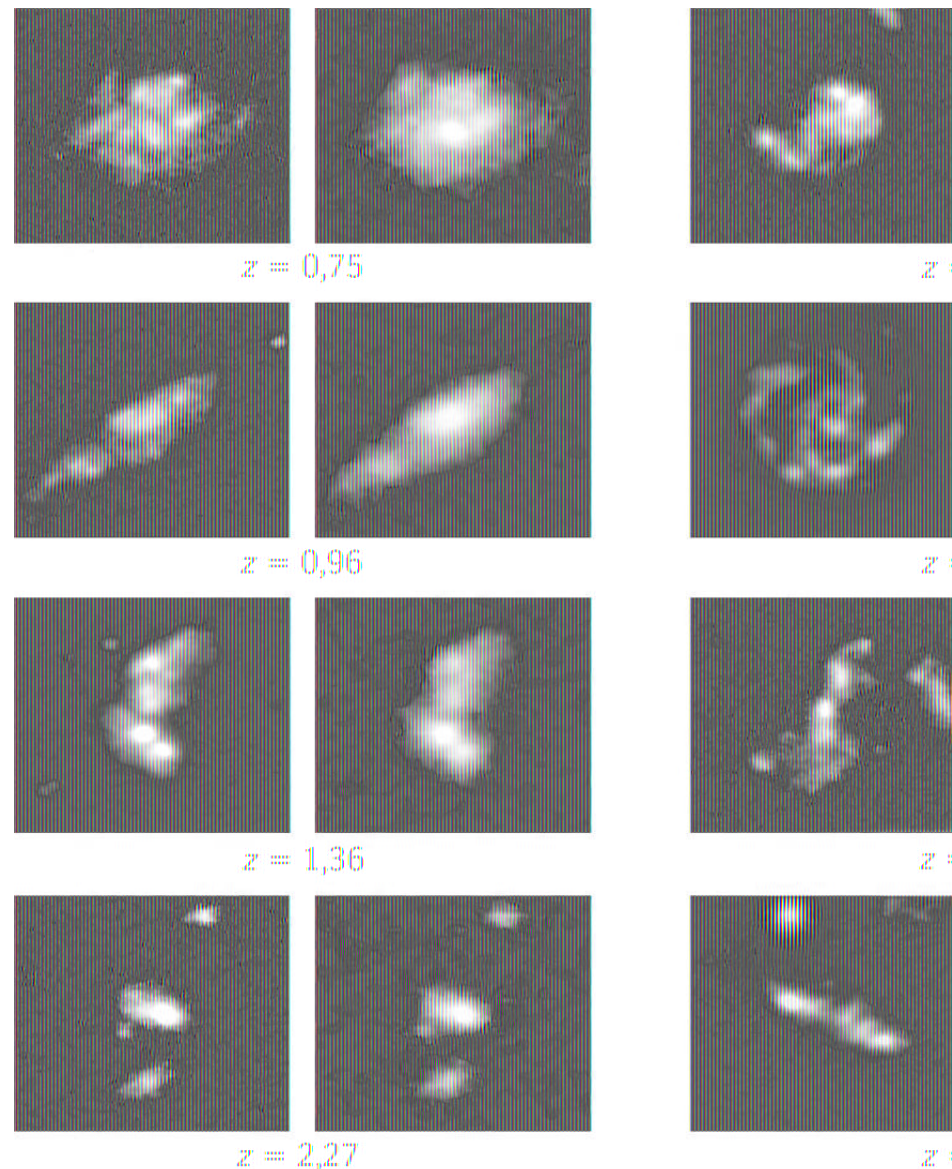
Изменение морфологии типичной галактики с ростом красного смещения в Глубоком хаббловском поле.

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

