

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:

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

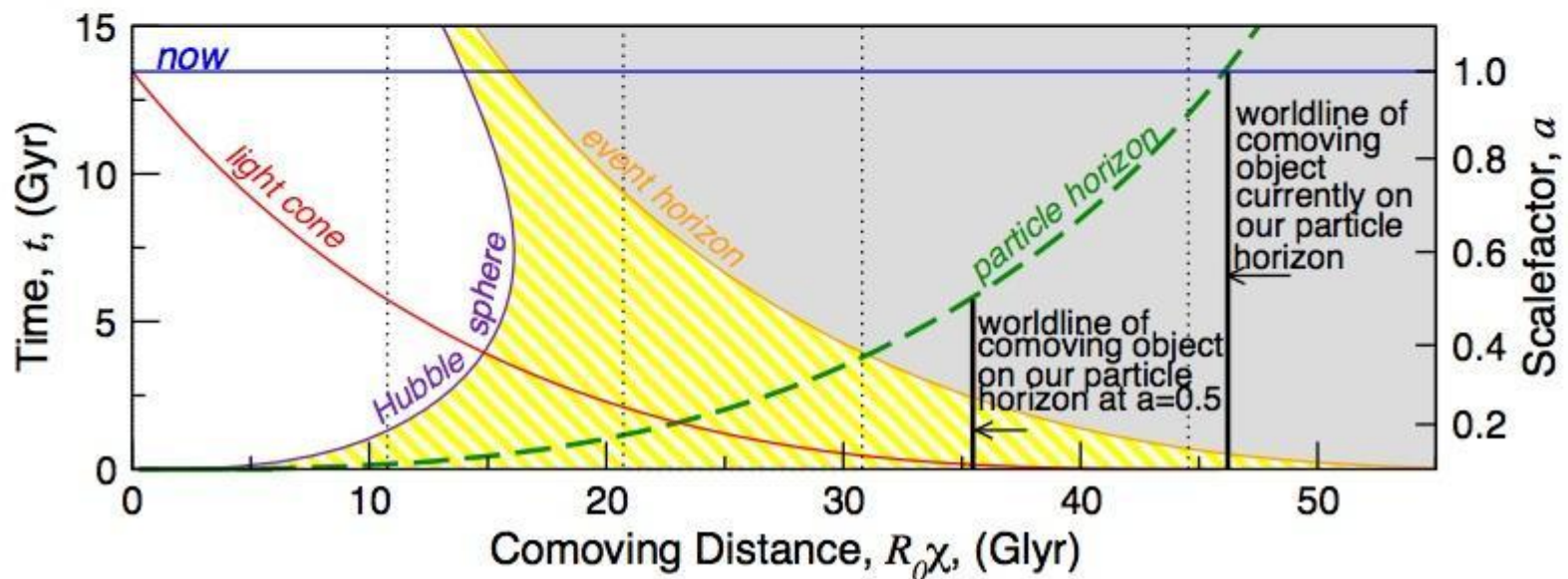
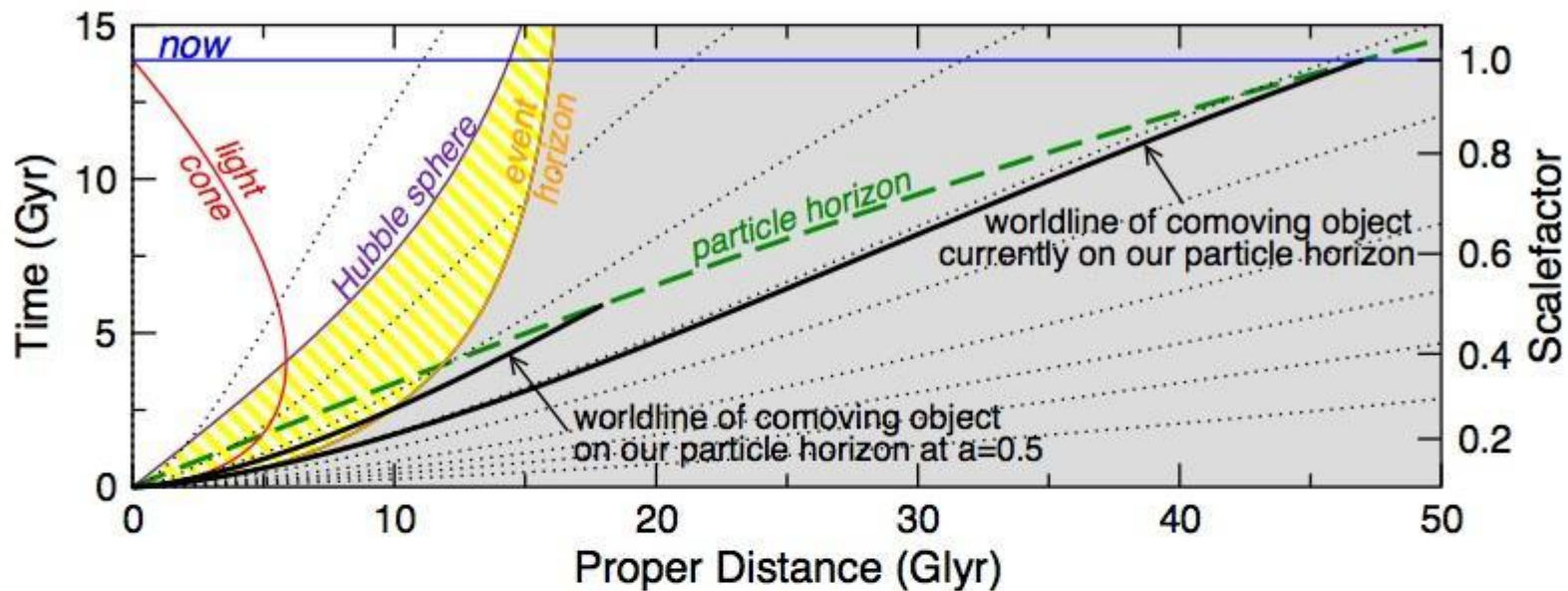
Сопутствующее радиальное расстояние до горизонта $R_0\chi_{ph}$.

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



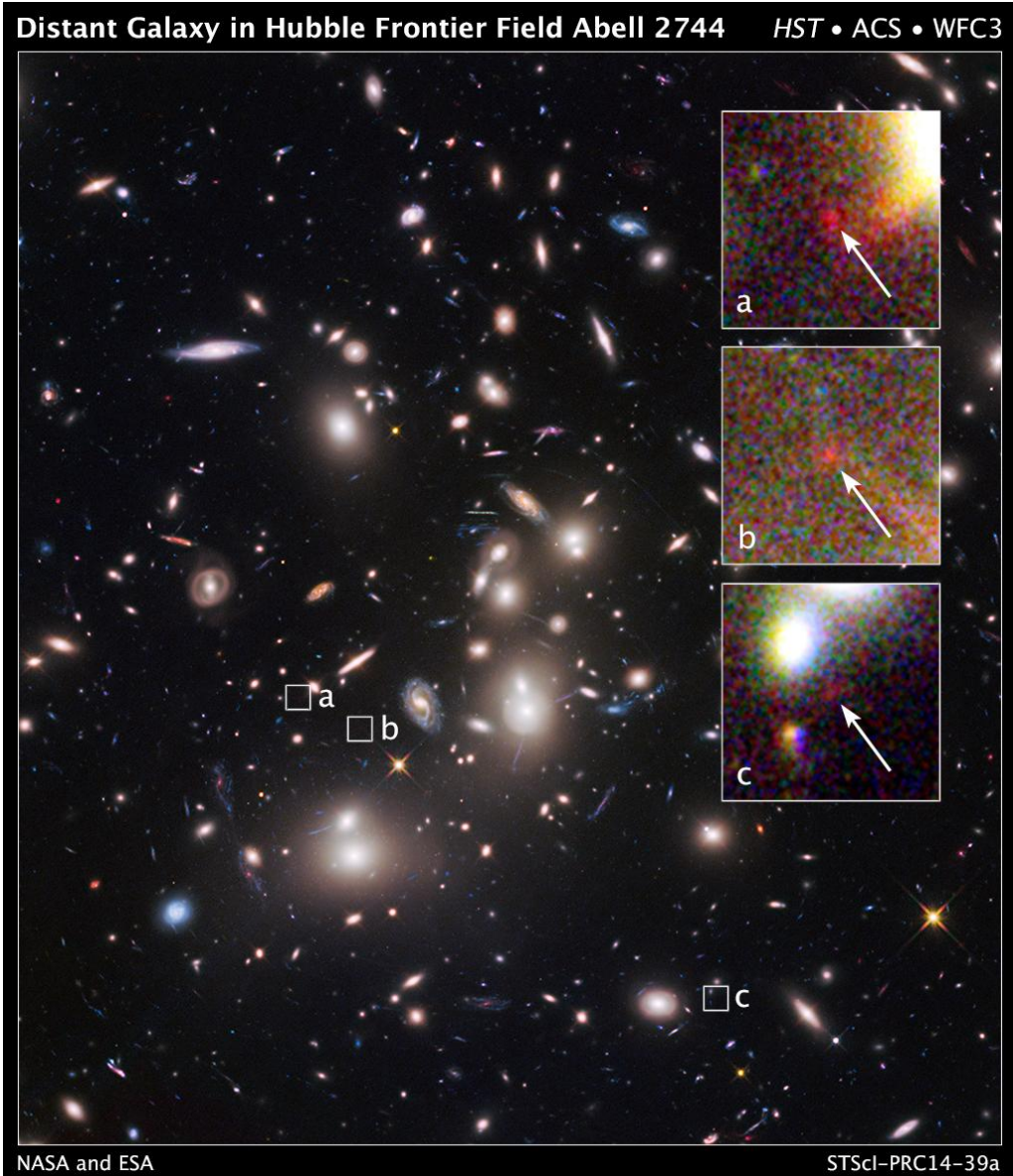
Первые обзоры неба:

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

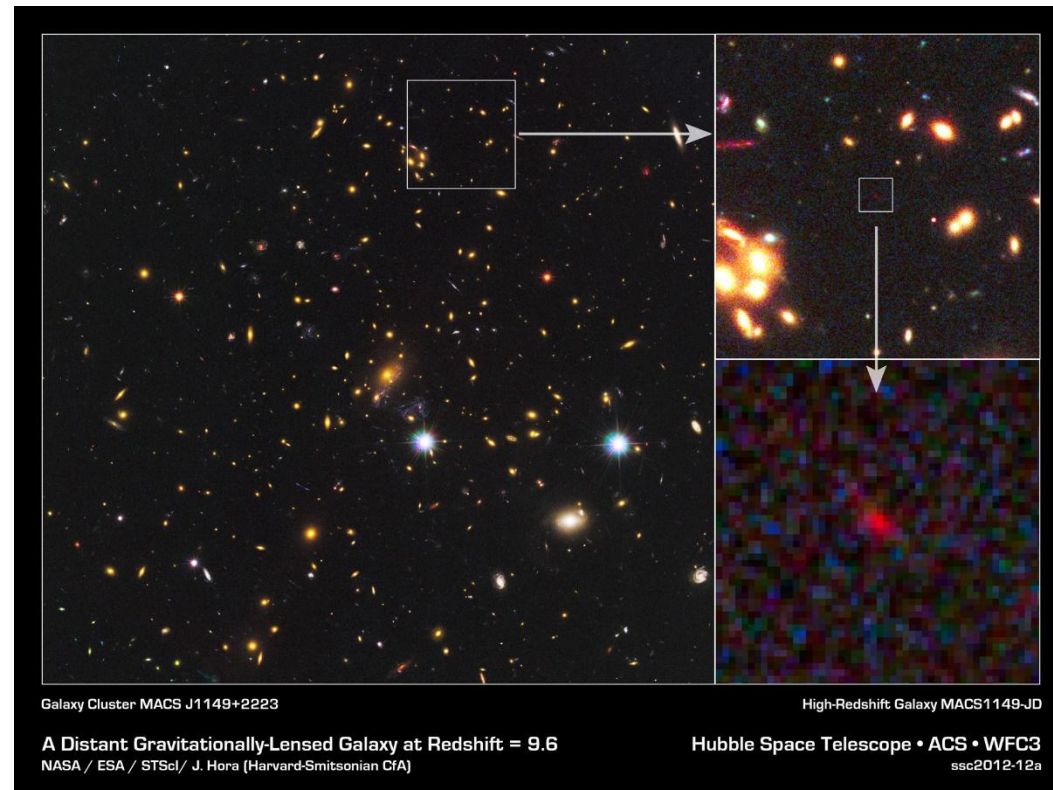
Основоположники:

- 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

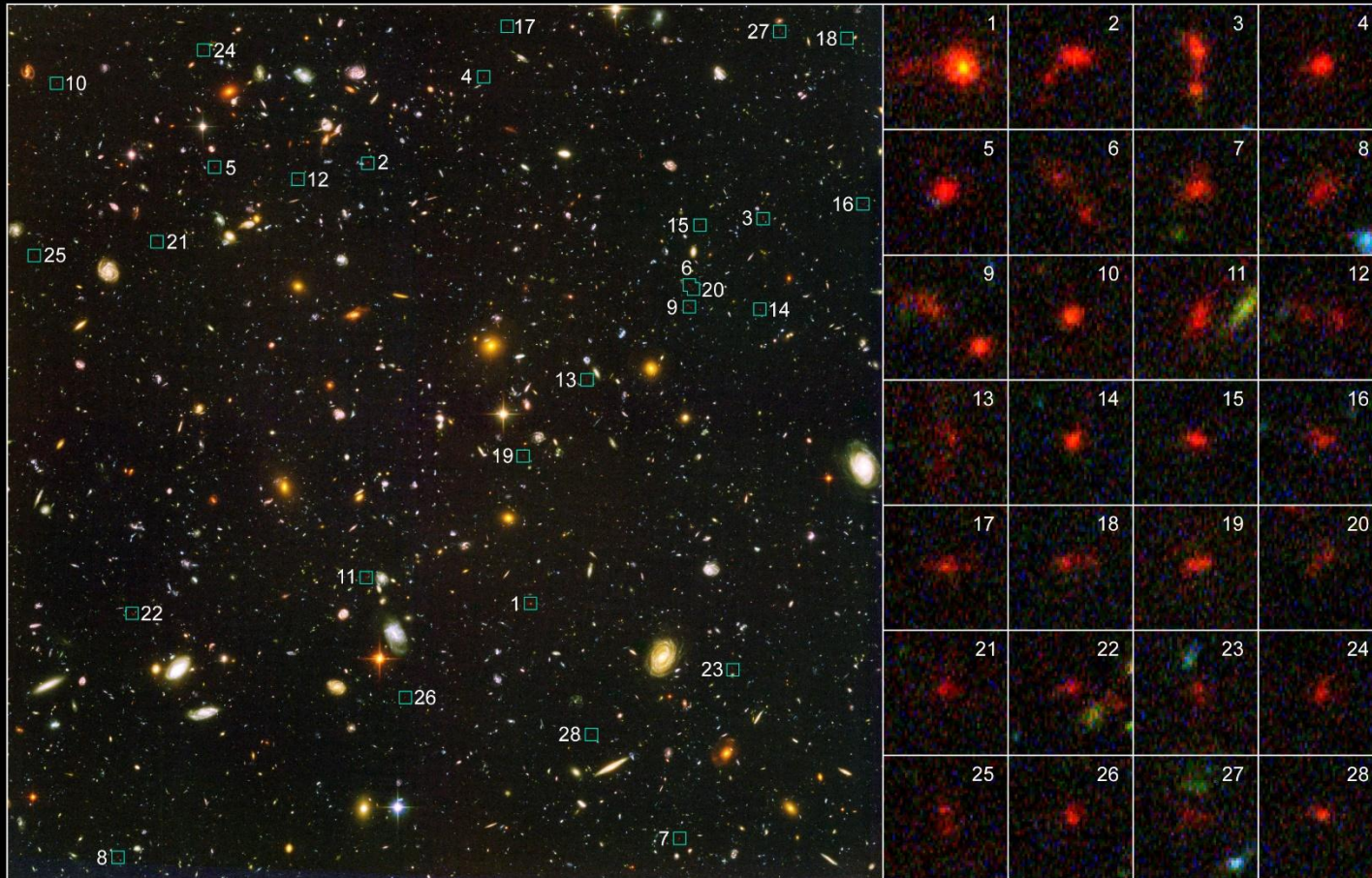
Объекты на больших красных смещениях



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



Объекты на больших красных смещениях

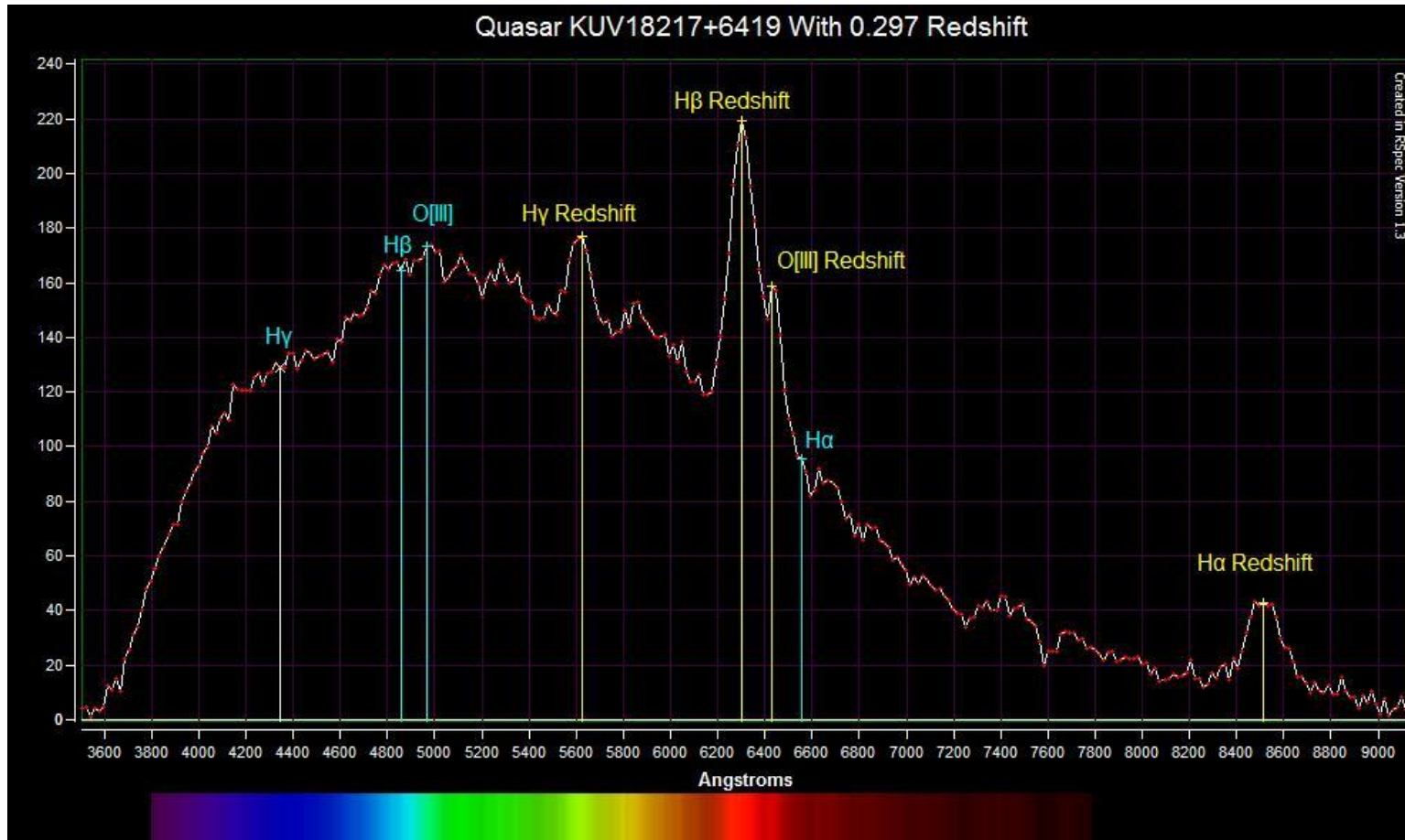


Distant Galaxies in the Hubble Ultra Deep Field
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

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

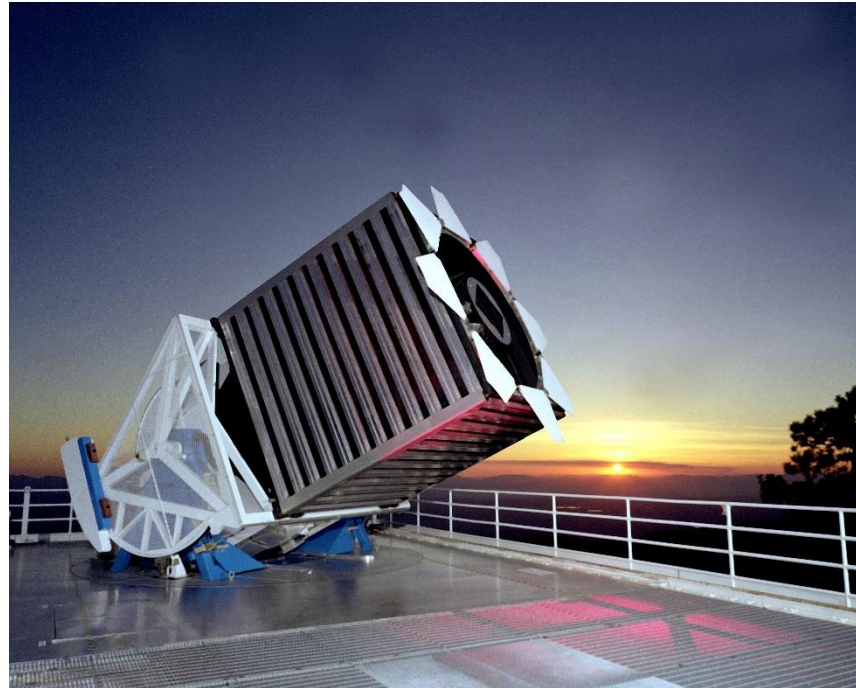
Проявления красного смещения с эмиссионных спектрах квазаров



- 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.

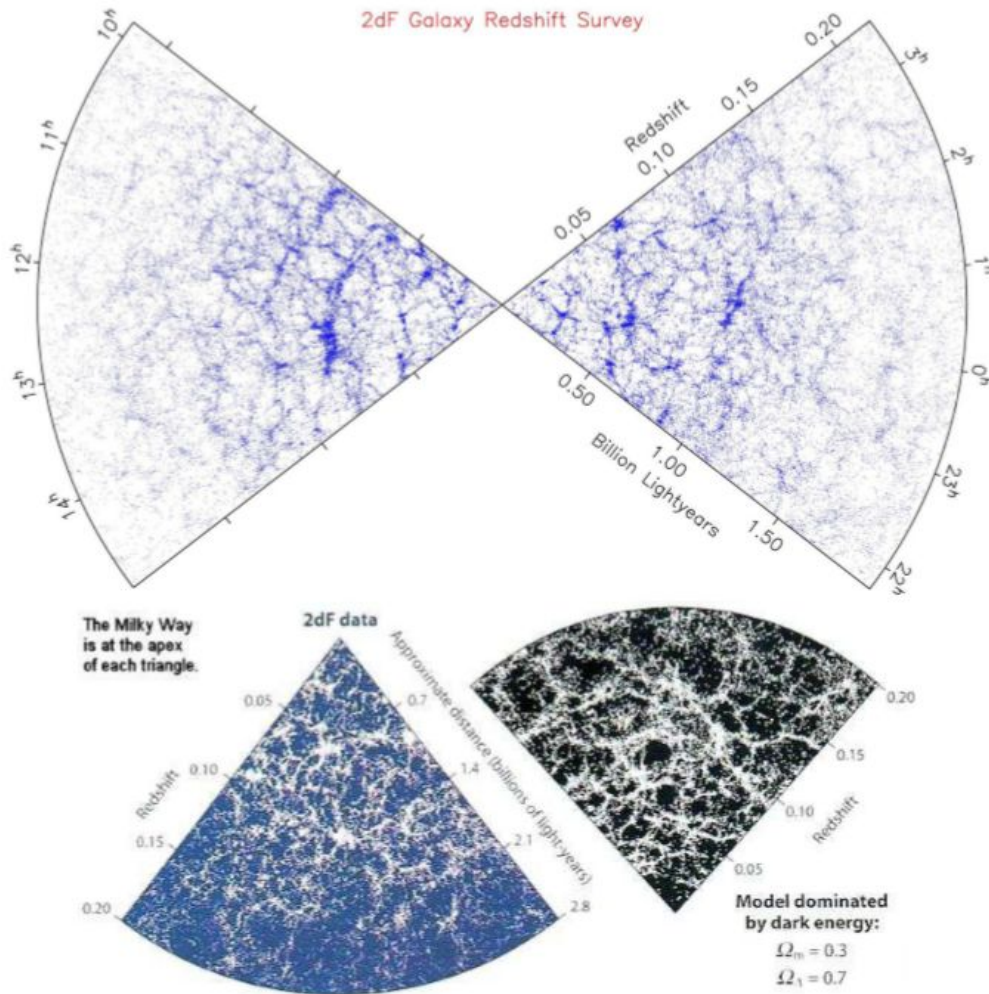
Цифровые обзоры неба

- 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.

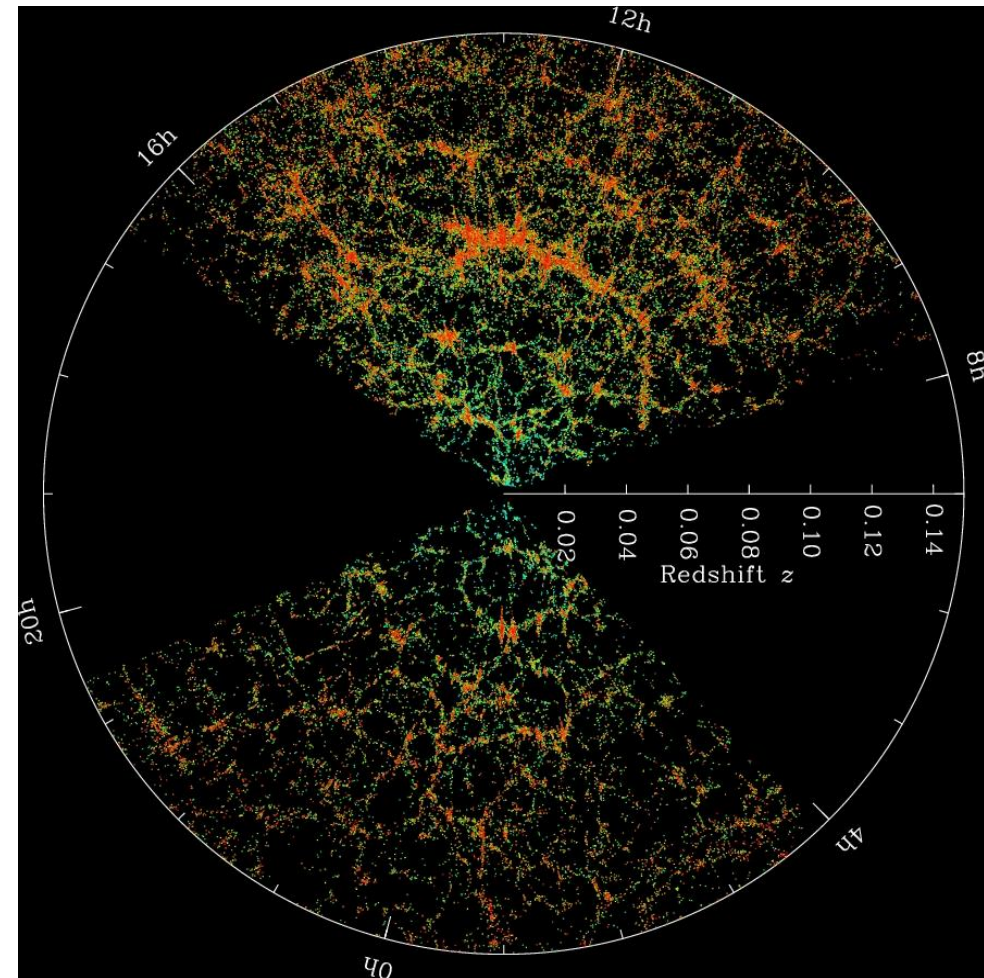


Цифровые обзоры неба

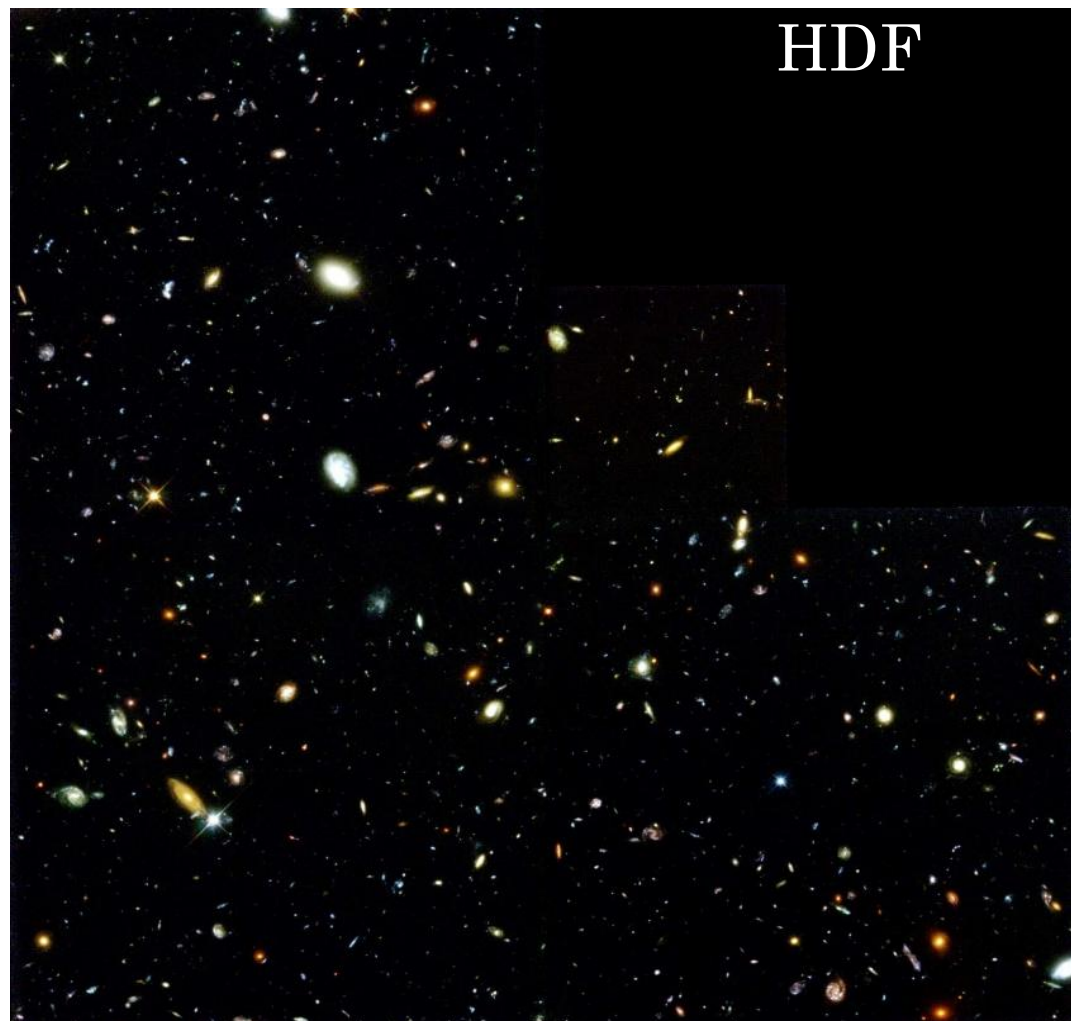
Результат обзора 2dF



Результат обзора SDSS



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

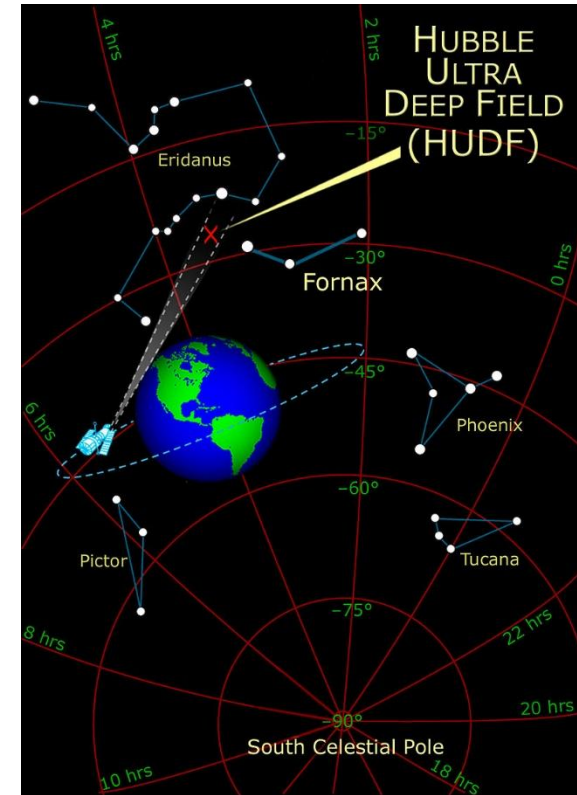


- Площадь 5.3 кв. угловых минут
- 9 звёзд
- ~ 3000 галактик
- ~ 150 галактик с прямым измерением красного смещения
- ~ 2000 галактик с измерением красного смещения фотометрическим способом

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.

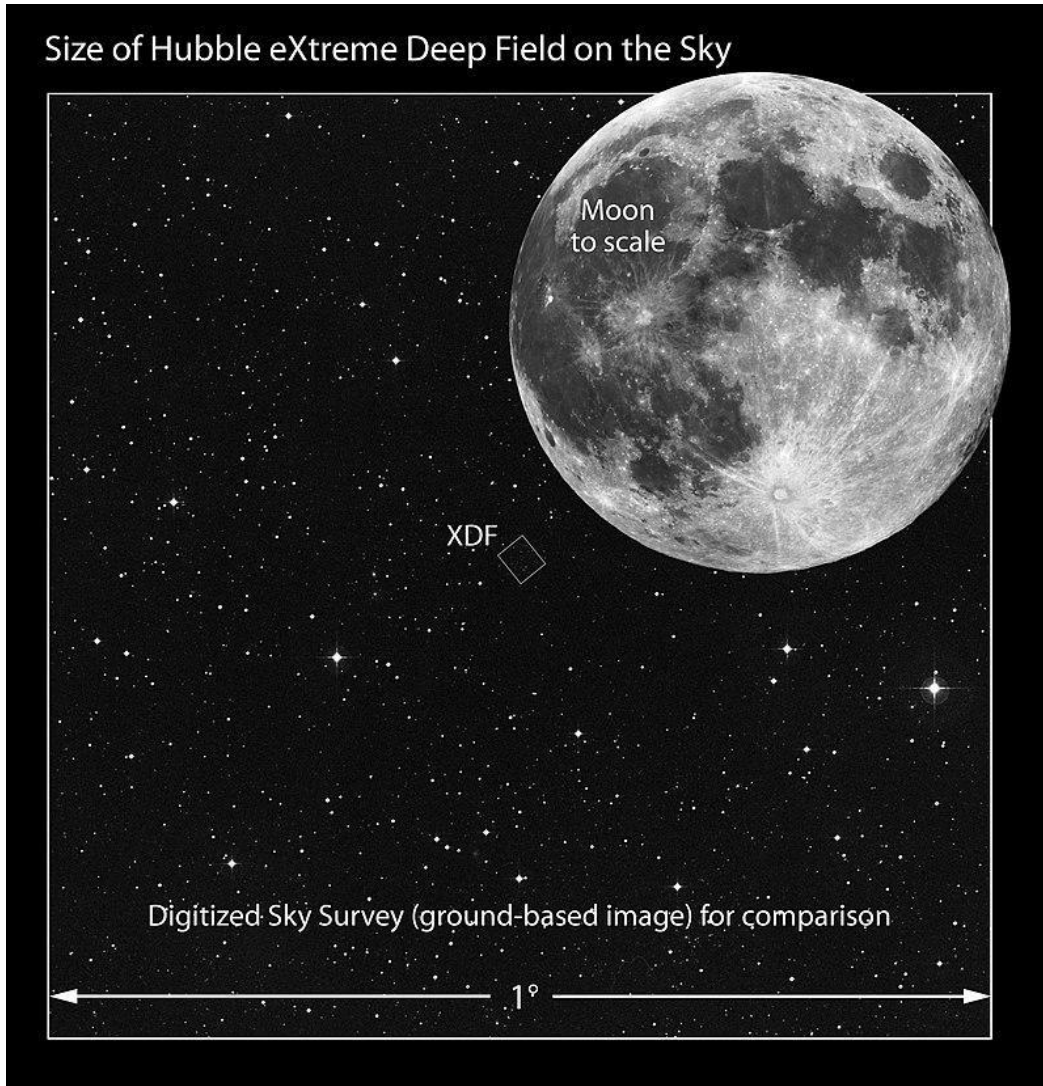
Глубокие поля Хаббла

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

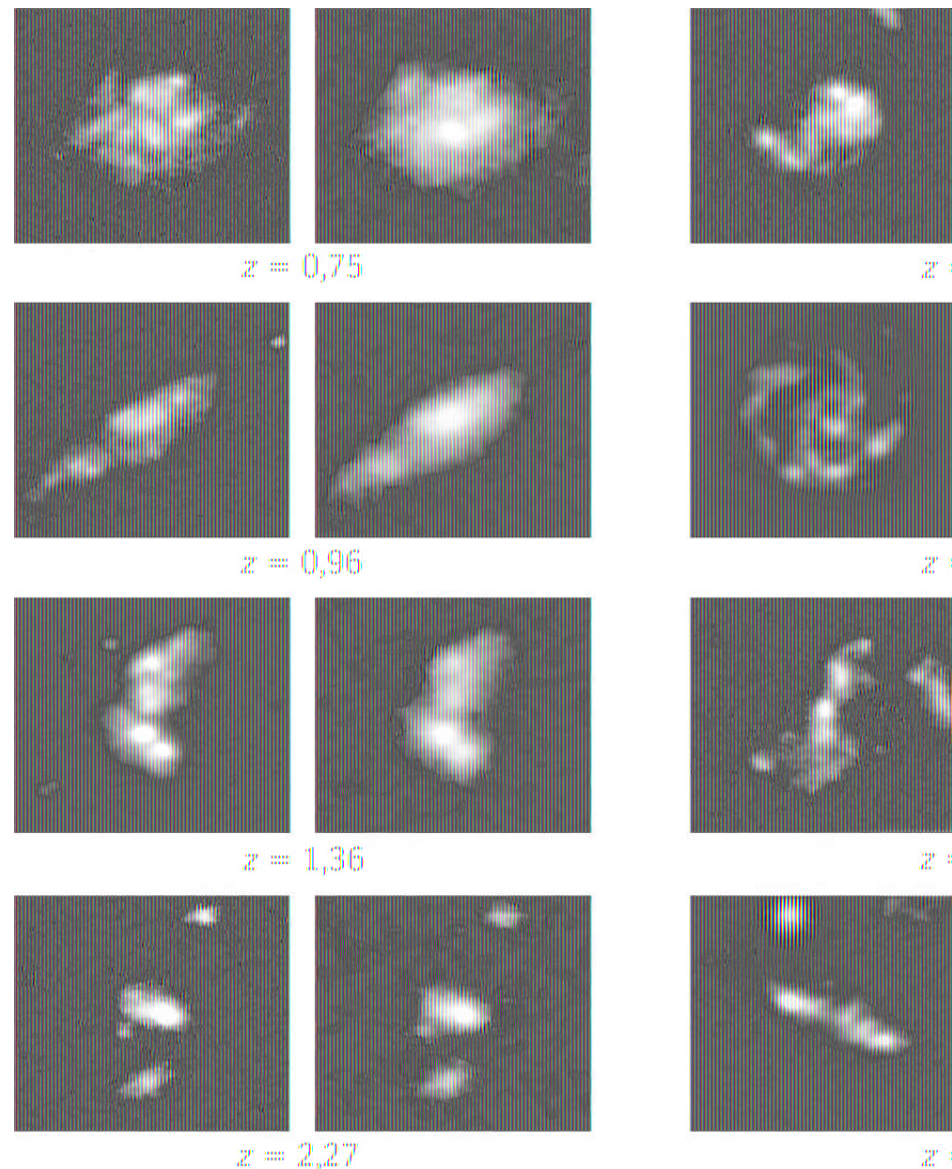
Изменение морфологии типичной галактики с ростом красного смещения в Глубоком хаббловском поле.

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

