

Повторение

- В части галактик (чаще всего-карликовых) количество молодых объектов позволяет говорить о происходящей вспышке звездообразования. В этом случае характерное время исчерпания газа $t_g = 1/SFE = M_{\text{gas}}/SFR$ много меньше возраста галактики. Причины вспышек могут быть как внутренние, так и внешние.
- Во многих случаях галактики следует рассматривать как открытые системы, взаимодействующие как с окружающими галактиками, так и с разреженной межгалактической средой.
- Все галактики гравитационно взаимодействуют друг с другом, но принято называть взаимодействующими такие галактики, где их влияние друг на друга явно проявляется той или иной форме (например, в искажении формы, выбросе части звезд или газа из галактик, при вспышке звездообразования).

Типы внешних воздействий

- Приливное взаимодействие галактик (на расстоянии)
- Поглощение мелких галактик
- Слияние (мерджинг) соседних галактик
- Газодинамическое воздействие
- Аккреция газа

Взаимодействующие галактики, образующие гравитационно связанные системы, рано или поздно сливаются. При слиянии галактик:

- Растет дисперсия скоростей звезд и толщина звездных дисков (динамический нагрев диска)
- Возникают ударные волны в разреженном межзвездном газе
- Усиливается звездообразование (если есть из чего звездам образовываться)
- Просыпается активное ядро (не всегда!).

Задача типа зачетной

- 1. Когда галактика-спутник сильнее влияет на галактику, вокруг которой она обращается: когда спутник движется по орбите в ту же сторону, что вращается галактика, или когда он движется в противоположную сторону?

Задача типа зачетной

- 2. Когда галактика-спутник попадает внутрь массивной галактики, к чему приводит динамическое трение, испытываемое спутником? Обо что он «трётся»?

Ядерные области и активные ядра

Новые понятия:

- Ядро галактики
- Ядерные звездные скопления
- Активность ядра
- Аккреционные диски
- Сверхмассивная черная дыра
- Квазизвездные объекты (квазары, QSO)

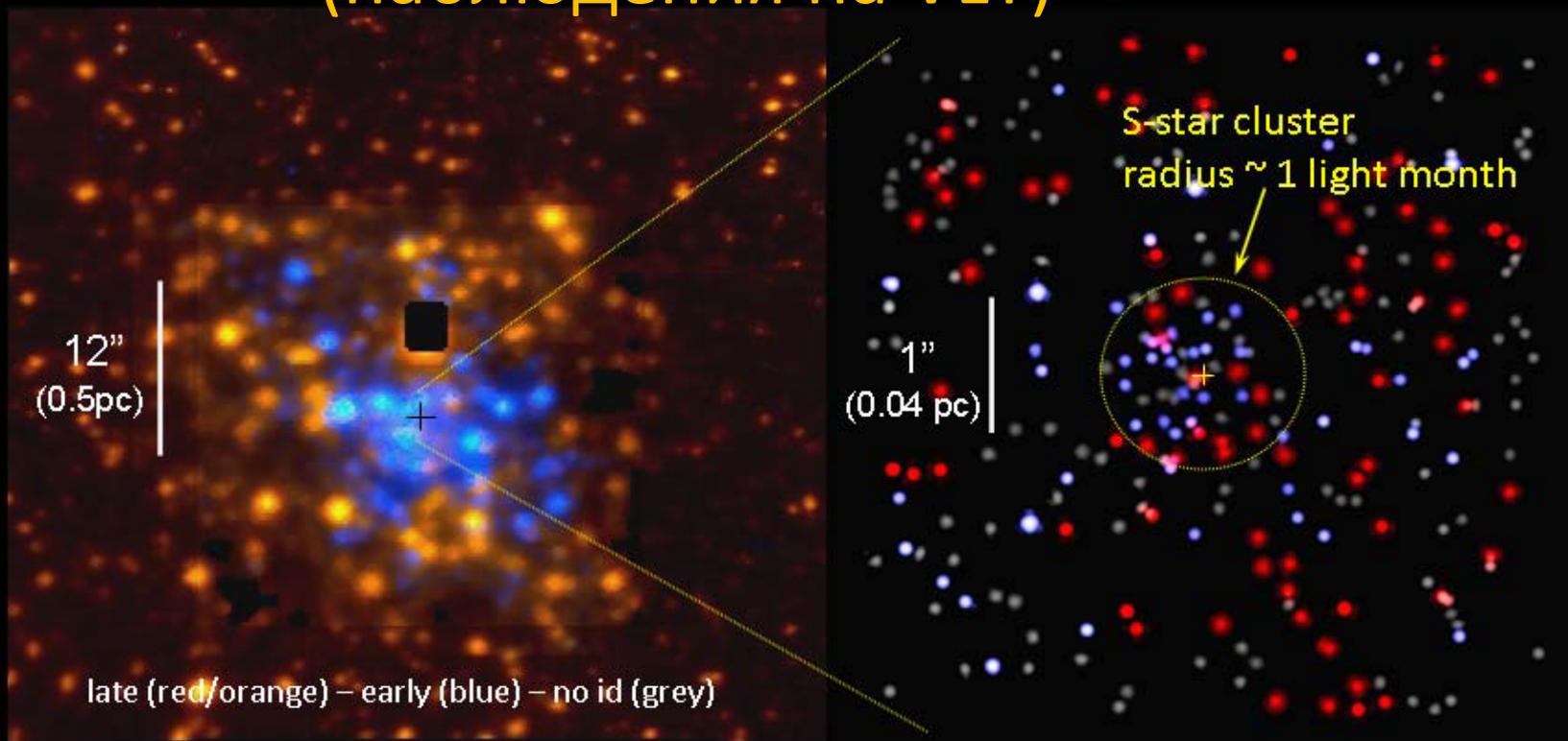
ЧТО НАБЛЮДАЕТСЯ В ЯДРАХ ГАЛАКТИК?

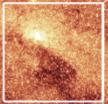
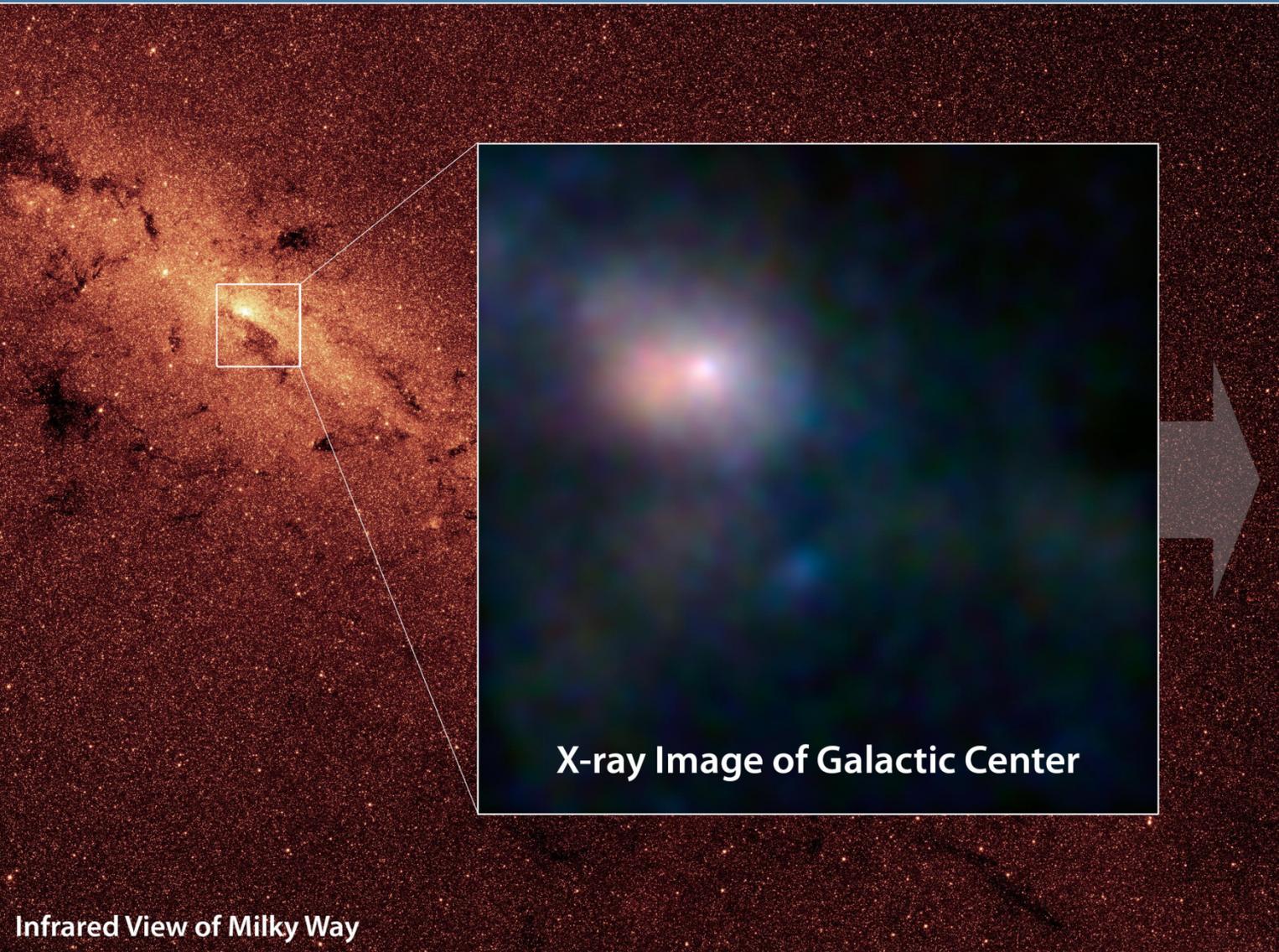
- Всегда: наиболее плотное звездное население
- Часто, но не всегда: мощные области звездообразования в пределах 2 -3 тысяч световых лет от центра галактики.
- Часто: вращающиеся газопылевые диски или кольца, называемые околядерными.
- Изредка: мощнейшие источники энергии (активные ядра)



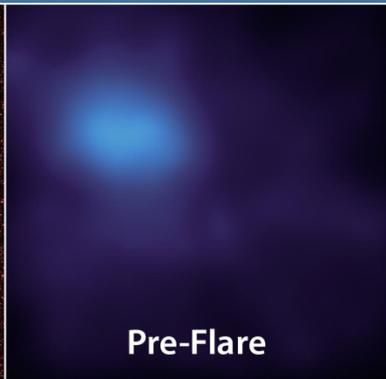
Что находится в самом центре?

Гигантское околядерное
звездное скопление
(наблюдения на VLT)





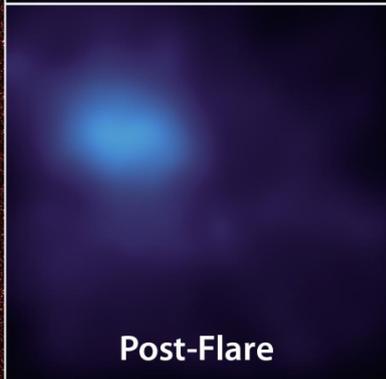
X-ray Image of Galactic Center



Pre-Flare

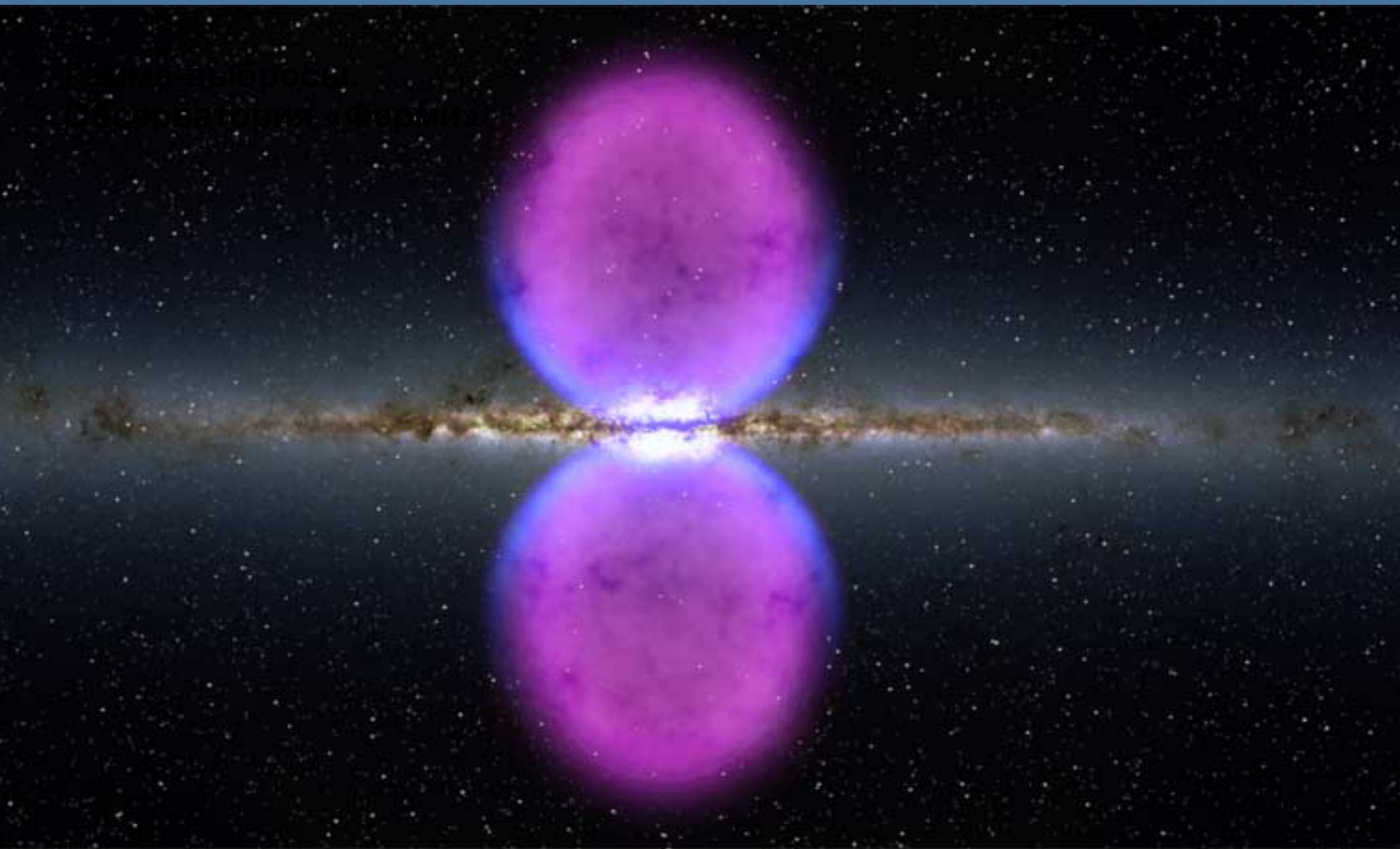


Flare



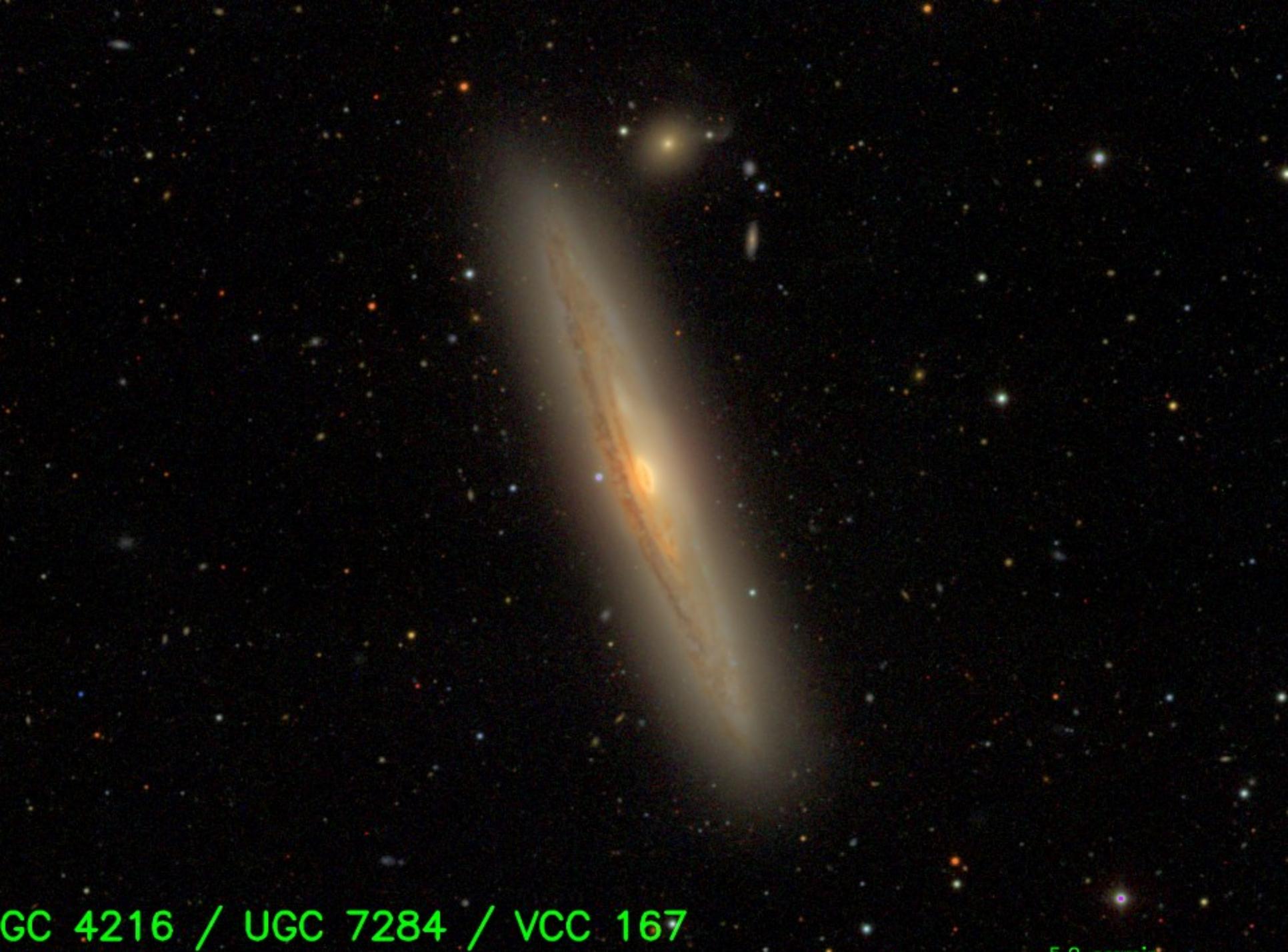
Post-Flare

Infrared View of Milky Way



ЧТО НАБЛЮДАЕТСЯ В ЯДРАХ ДРУГИХ ГАЛАКТИК?

- Всегда: наиболее высокая плотность звезд
- Часто, но не всегда: мощные области звездообразования в пределах 2 -3 тысяч световых лет от центра галактики.
- Часто: вращающиеся газопылевые диски или кольца, называемые окологерными.
- Изредка: мощнейшие источники энергии (активные ядра)

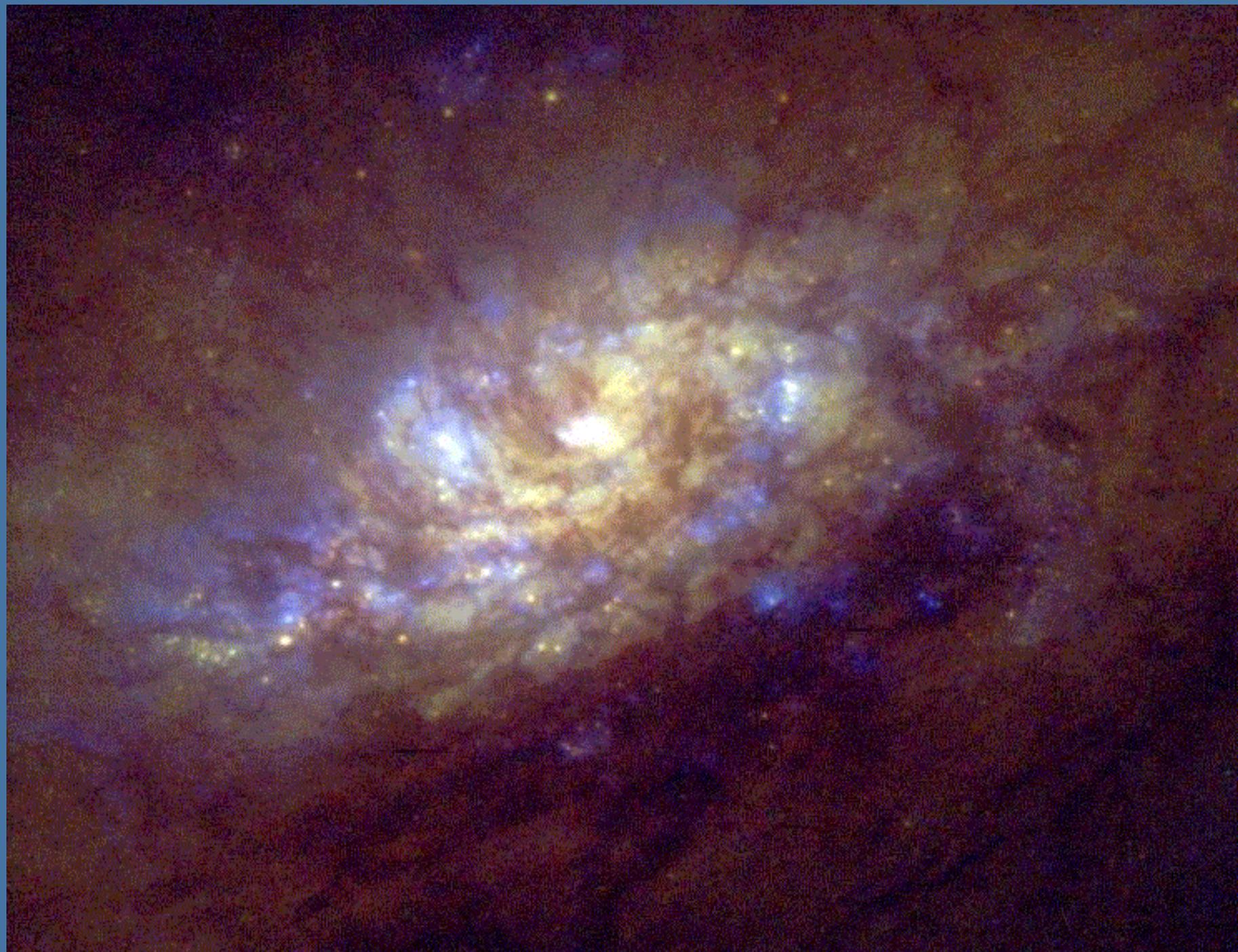


GC 4216 / UGC 7284 / VCC 167

5.0 arcmin

Околоядерные диски

- Характерный радиус – около 1 килопарсека
- Образуются во всех массивных галактиках – включая некоторые эллиптические, где основной диск отсутствует.
- Характеризуются собственной «историей» звездообразования: часто содержат газ (преимущественно молекулярный) и звезды разных возрастов
- Их происхождение связано с накоплением в центре галактики межзвездного газа, теряющего момент вращения.





Ground



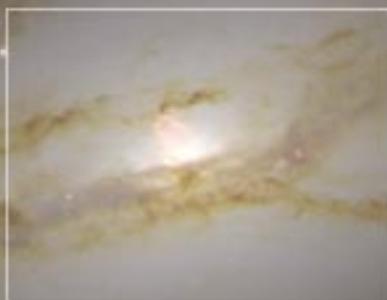
Disk in Galaxy NGC 7052

HST • WFPC2

PRC98-22 • June 18, 1998 • ST ScI OPO

B. B. van der Marel (ST ScI), E. C. van den Bosch (University of Washington) and NASA

Active Galaxy
NGC 4438



Hubble Space Telescope
WFPC2

NASA and J. Kenney (Yale University)
STScI-PRC00-21

Ядерные звездные скопления

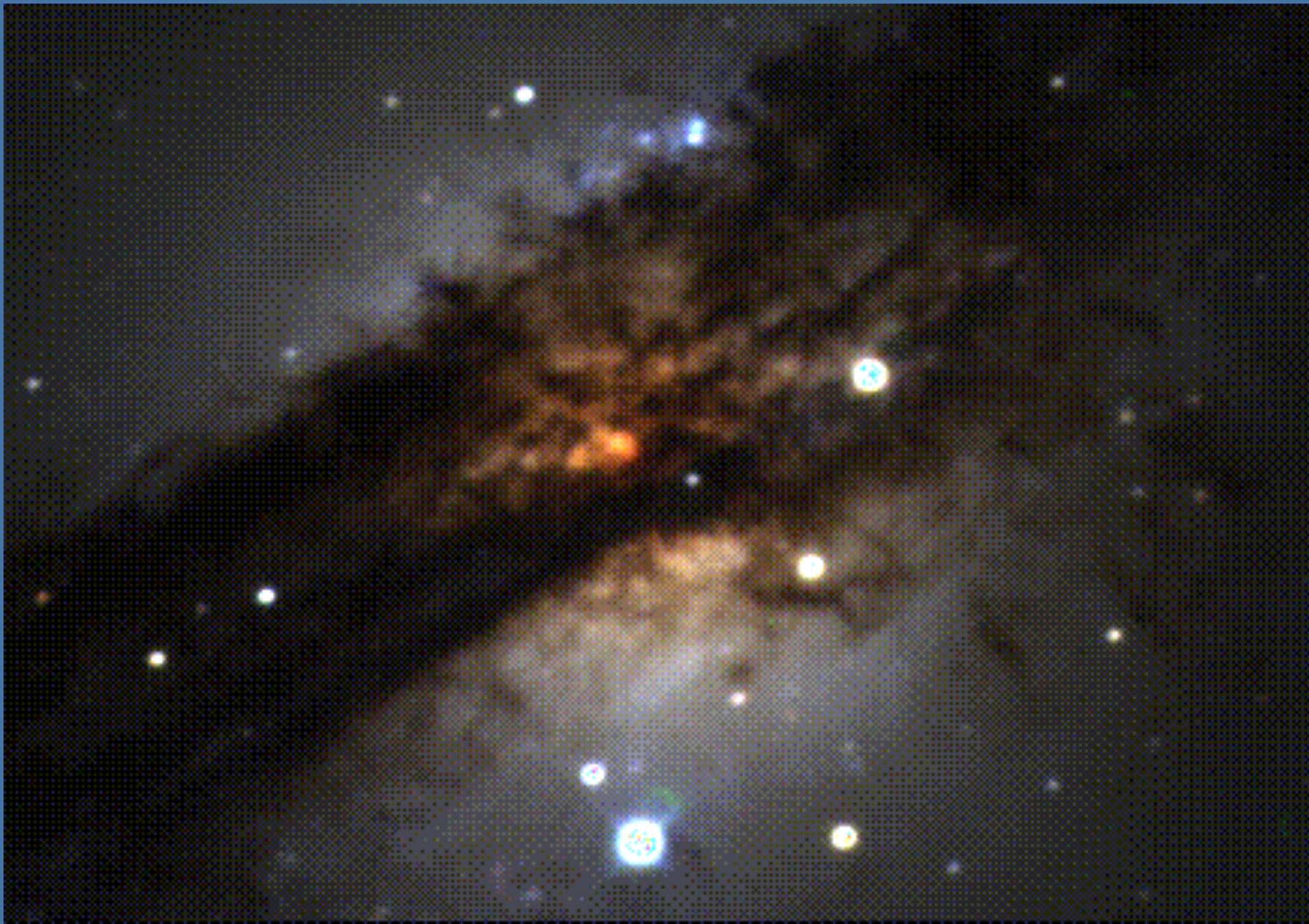
- Содержат как старые звезды, так и звезды умеренного возраста ~ 1 млрд лет, реже – совсем молодые звезды.
- Самые яркие звезды: красные гиганты
- Характерный радиус : 1-4 парсека
- Характерная масса: 10^6 - 10^7 масс Солнца

- NGC300
1.2x1.2 kpc, HST



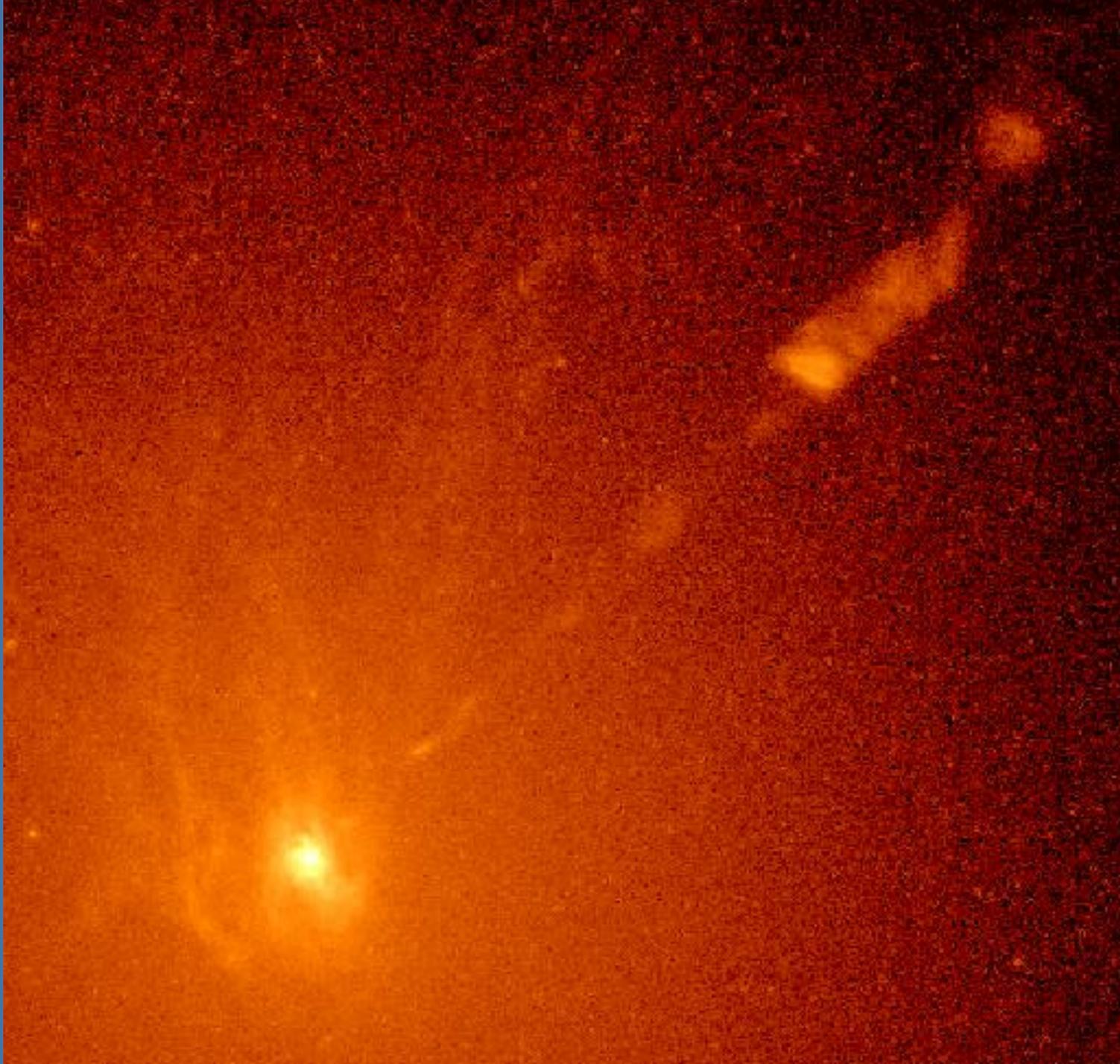
Активные ядра как очень мощные
источники энергии-
от 10^9 до 10^{13} светимостей Солнца

- А) Высокая светимость в различных интервалах спектра
- Б) Быстрое движение газа со скоростями до нескольких десятков км/с
- В) выбросы потоков плазмы и высокоэнергичных частиц



Chandra, Cen A





Галактики с активными ядрами

- 1. Галактики Сейферта – около 1% всех галактик
- 2. Радиогалактики
- 3. Квазары (квазизвездные объекты QSO)

Четыре важнейших свойства активных ядер

- Размер – не более чем у солнечной системы
- Переменность блеска без четкого периода (характерное время изменения блеска – от нескольких суток до нескольких лет)
- Быстрое движение газа и/или потоков релятивистских частиц
- Колоссальное энерговыделение в оптическом и/или радио и/или инфракрасном и/или ультрафиолетовом и/или рентгеновском диапазонах.

(мощность излучения эквивалентна $10^8 - 10^{12}$ солнц).

Преждевременное открытие:

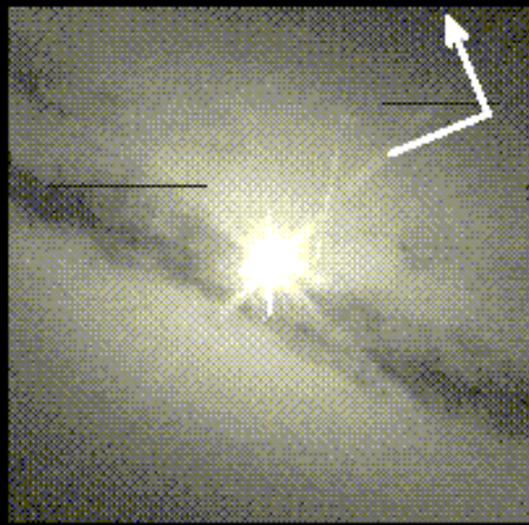
- Карл Сейферт. Несколько галактик с необычными спектрами.

Ближайшая – NGC 1068

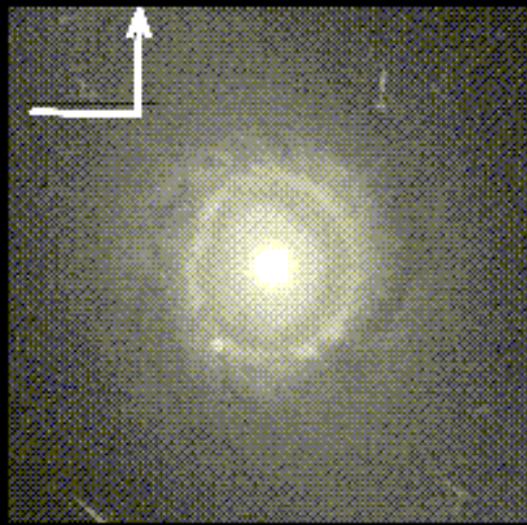


Seyfert Nuclei – HST Planetary Camera

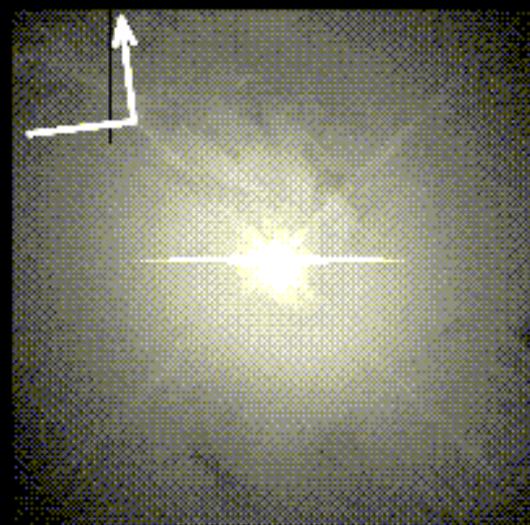
IC 4329A



NGC 1019



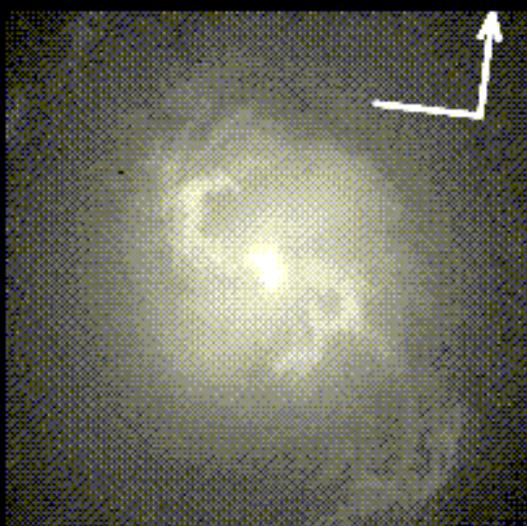
NGC 3516



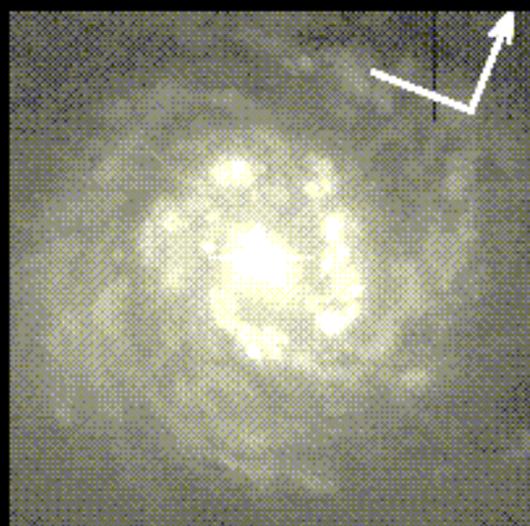
1''



Mkn 1376



NGC 3393



NGC 7469

Другой класс галактик с активными
ядрами

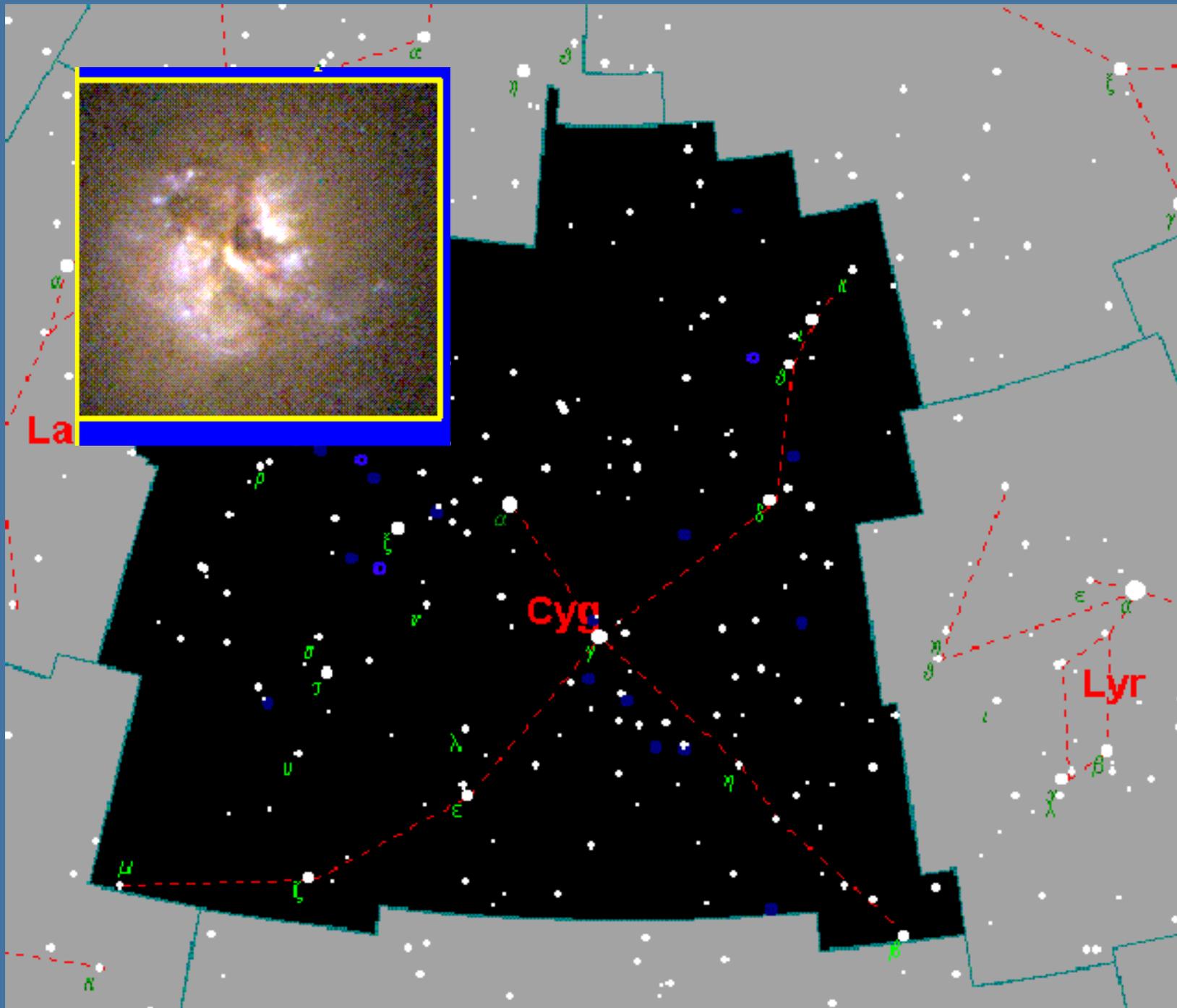
Радиогалактики

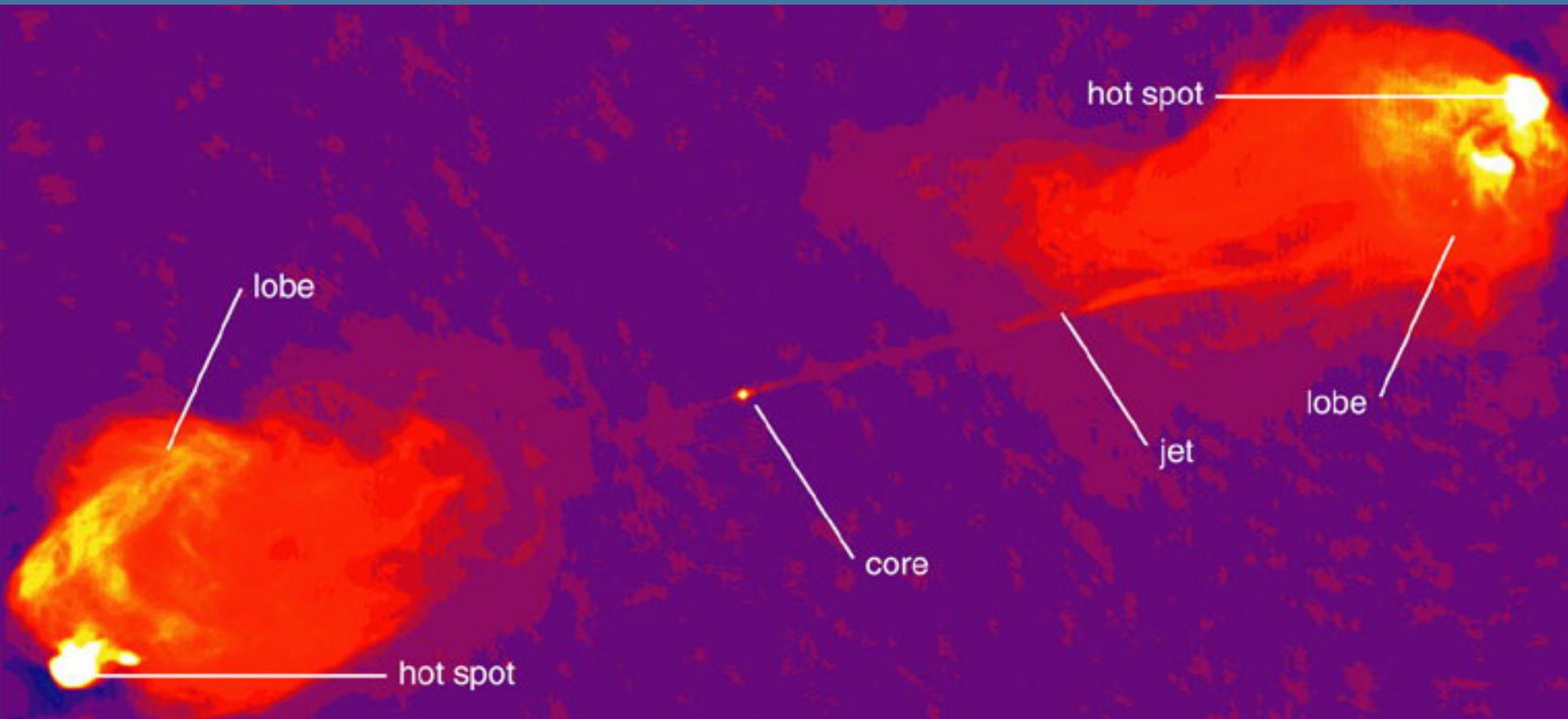


La

Cyg

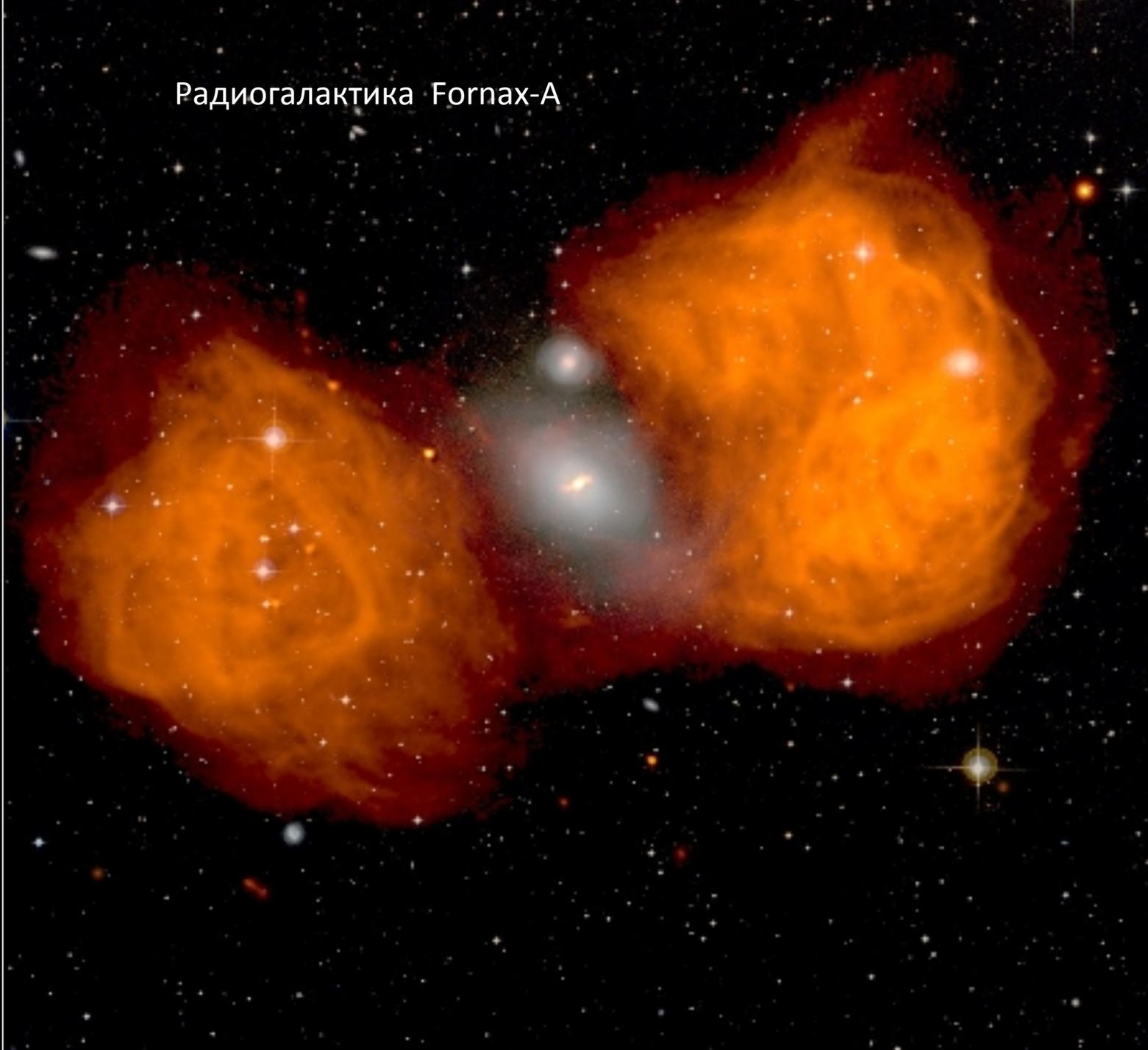
Lyr





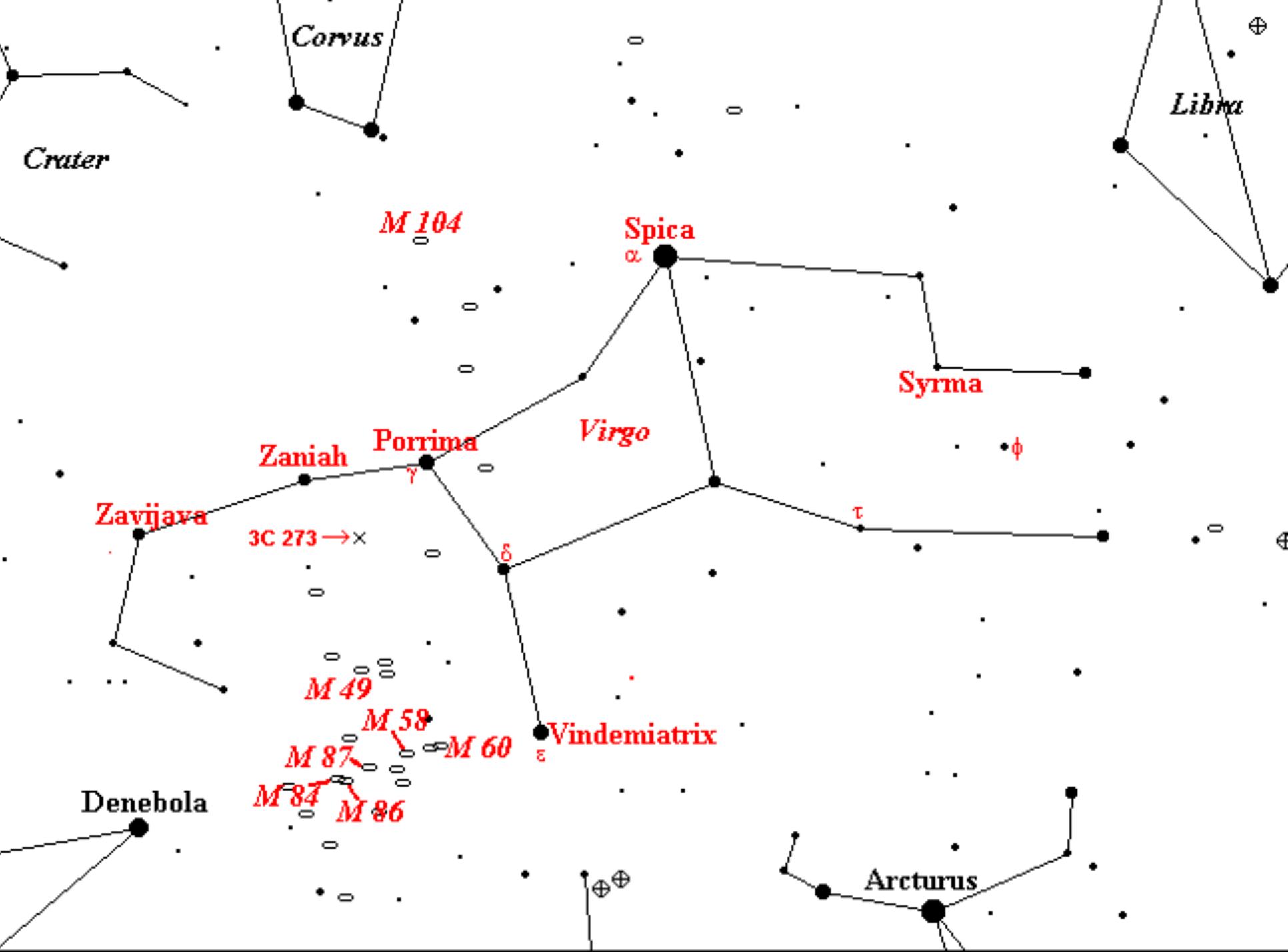


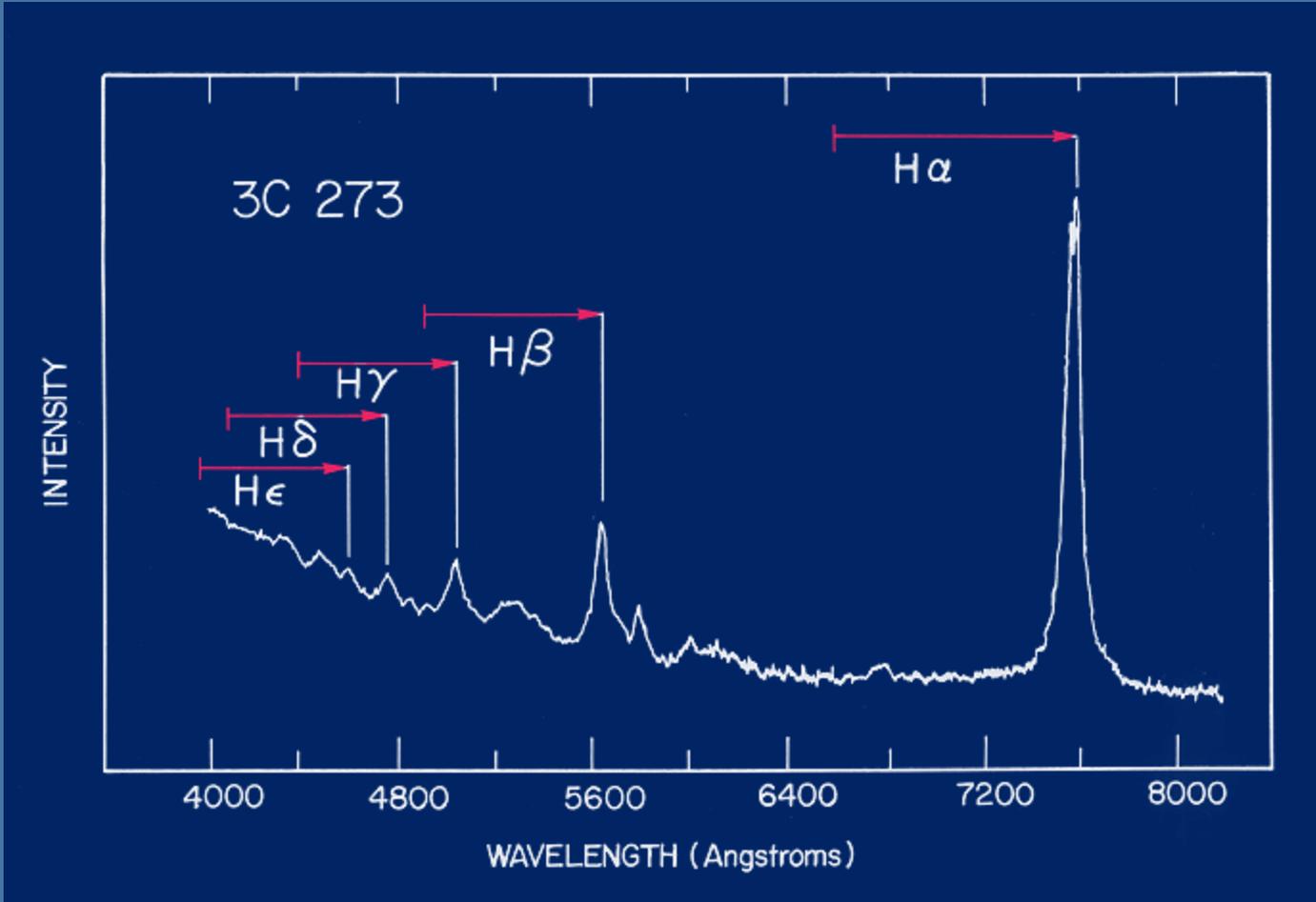
Радиогалактика Fornax-A

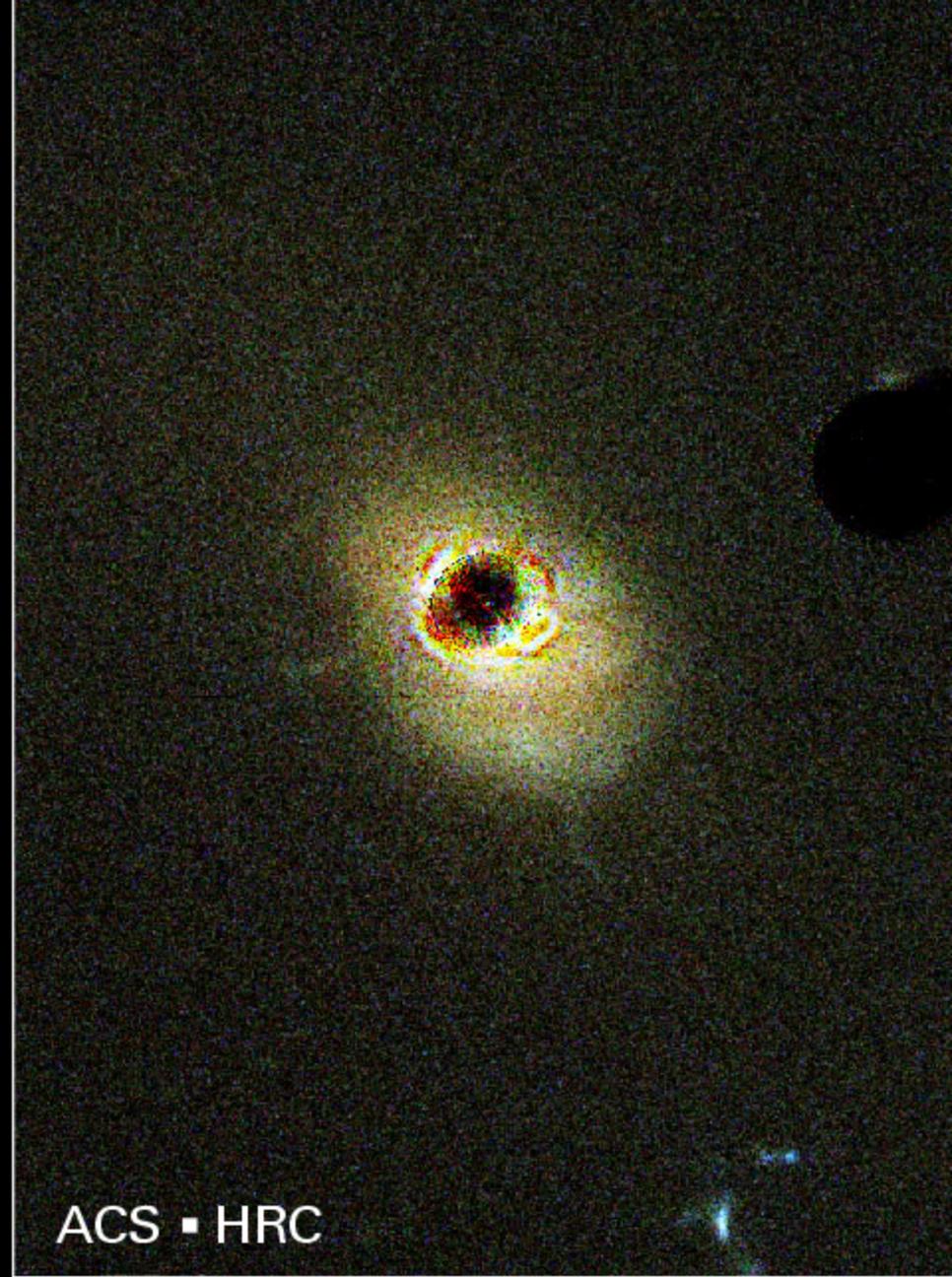
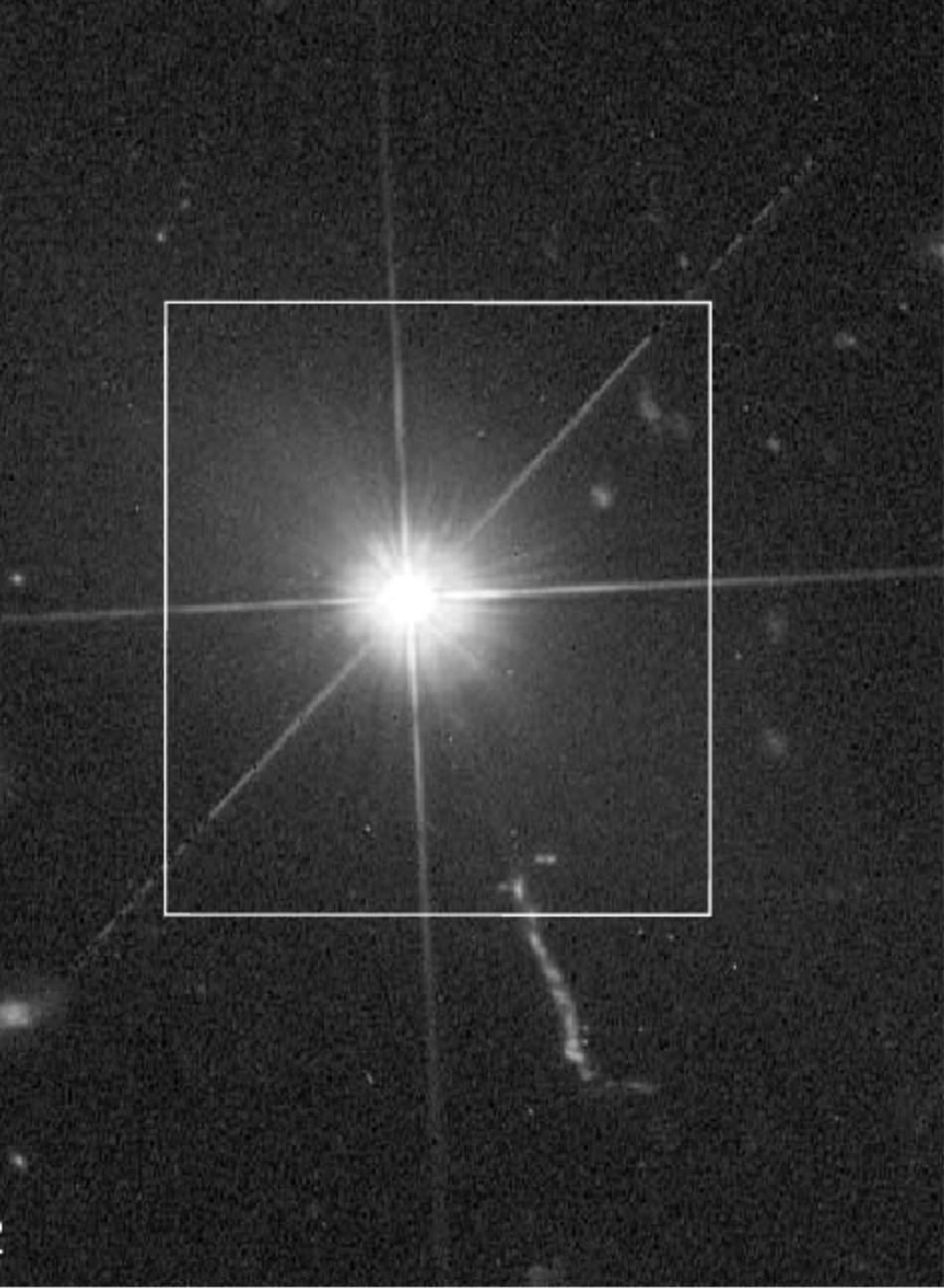


QSO

- КВАЗИЗВЕЗДНЫЕ ОБЪЕКТЫ – САМЫЕ МОЩНЫЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ.
- ОСНОВНАЯ ЭНЕРГИЯ ИЗЛУЧАЕТСЯ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ (*ПЕРЕИЗЛУЧЕНИЕ ПЫЛЬЮ+ синхротронное излучение*)
- *В оптических лучах излучают до 100 раз интенсивнее, чем совокупность всех звезд гигантской галактики.*

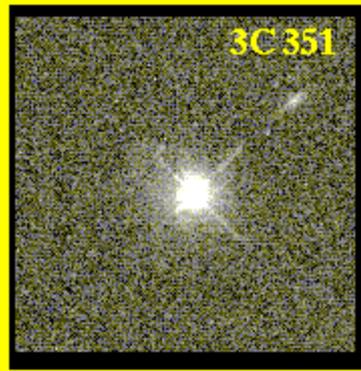




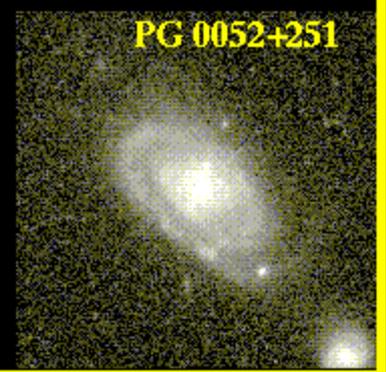
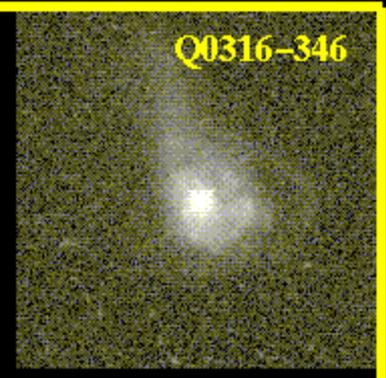
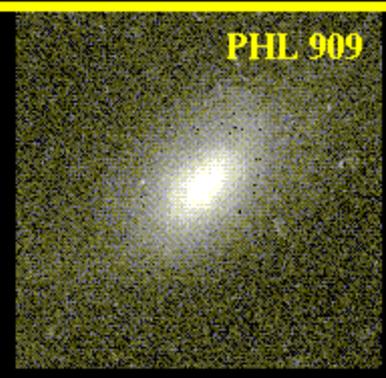


Quasar 3C 273

Radio-loud



Radio-quiet

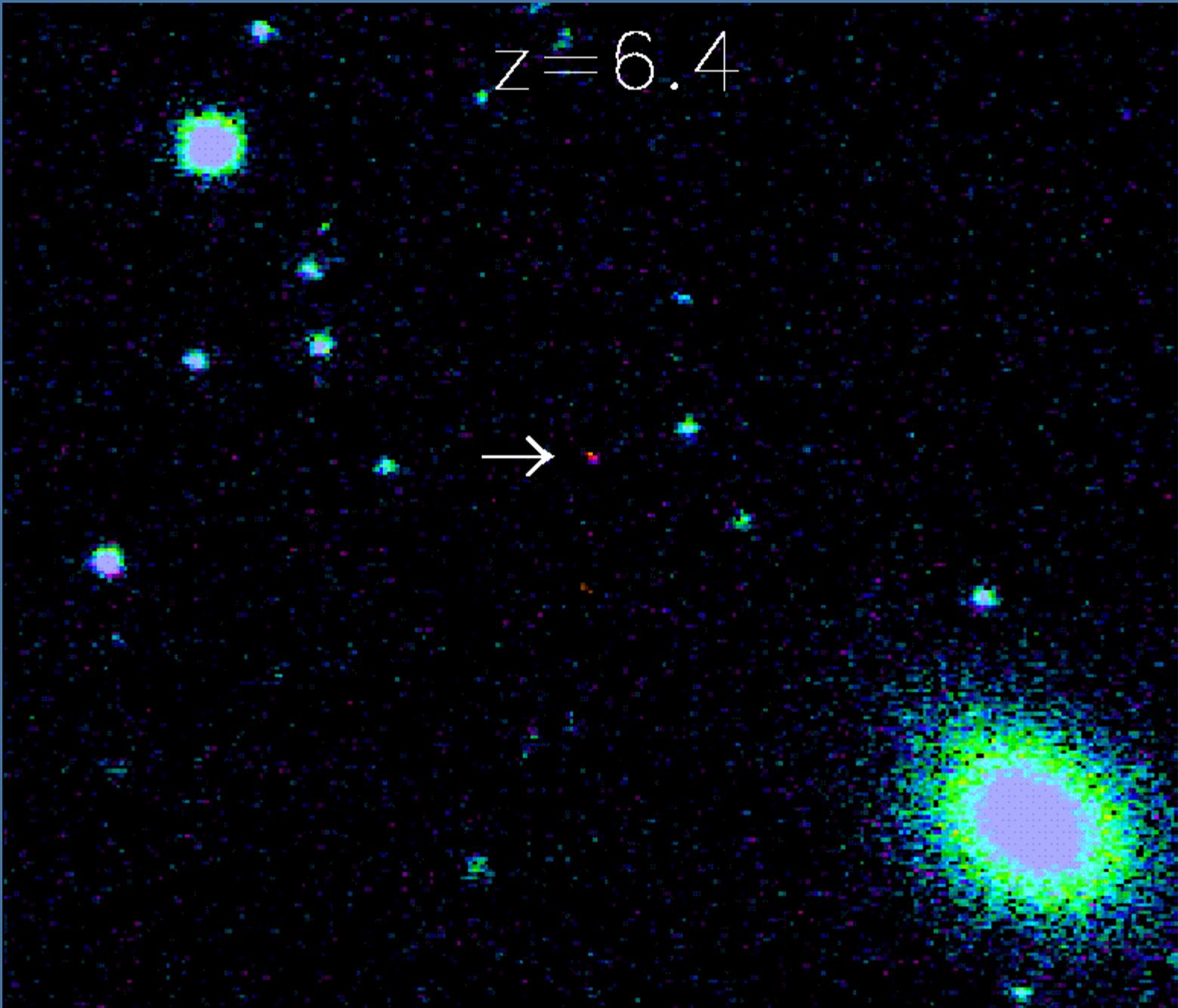


QSO Host Galaxies

HST images

10"

$z=6.4$



О чем говорят быстрые колебания блеска активных ядер?

- О том, что их размер не может превышать нескольких световых дней (чуть больше солнечной системы), то есть много меньше средних расстояний между звездами
- В качестве источника энергии подходит только падение газа на массивный компактный объект

ЧТО ТАКОЕ ЧЕРНЫЕ ДЫРЫ И КАК ОЦЕНИВАЕТСЯ ИХ МАССА?

Классическое определение.

Компактное тело, для которого скорость убегания равна скорости света. Поэтому оно не может излучать никакой энергии

Релятивистское определение

Область пространства, в пределах которого гравитация не позволяет двигаться наружу никаким телам или излучениям, даже если их скорость равна скорости света.

- Понятие гравитационного (Шварцшильдовского) радиуса называемого также горизонтом событий

$$R_c = 2GM/c^2$$

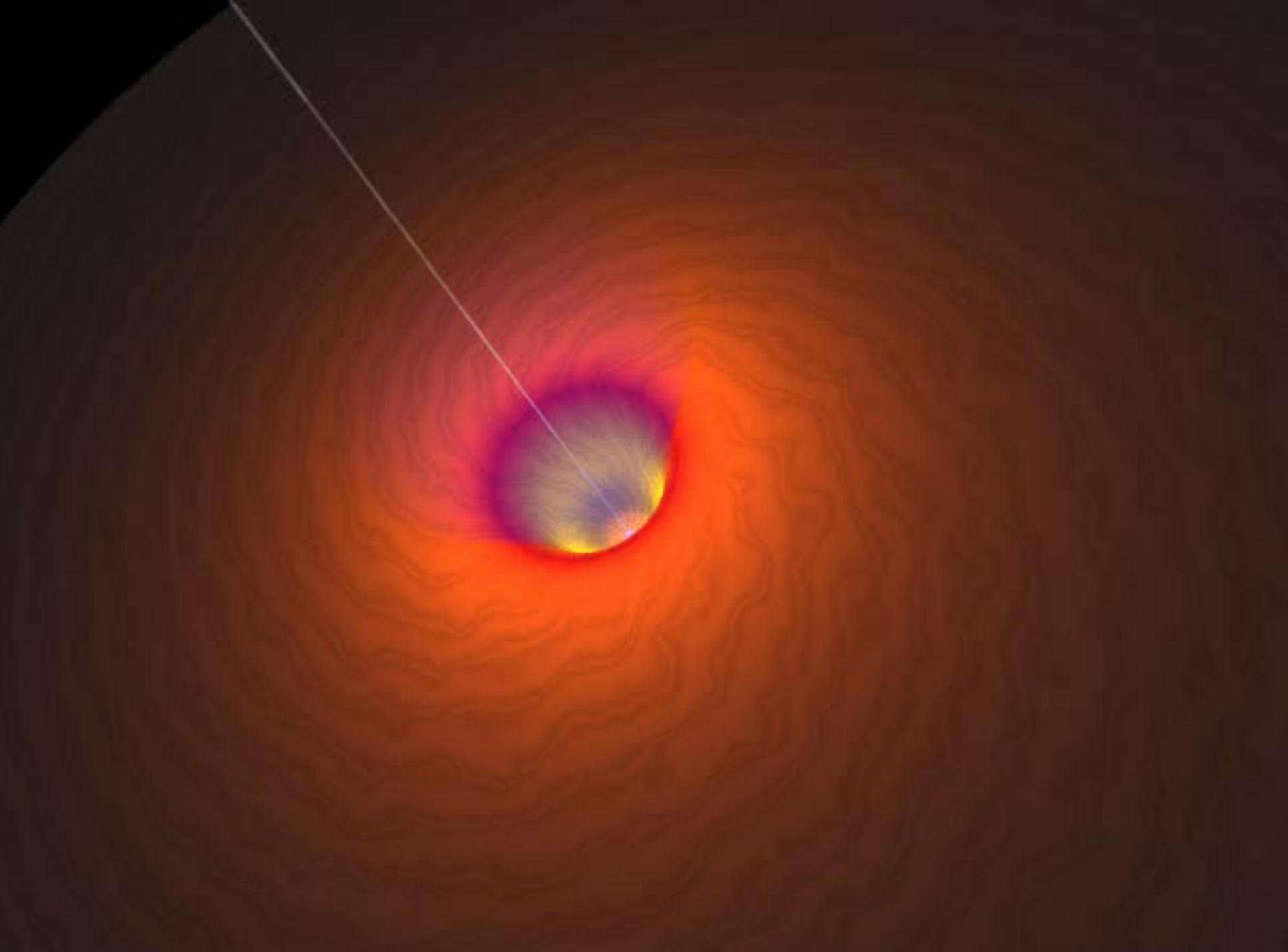
- У черных дыр нет поверхности.
- Вблизи черных дыр нет устойчивых орбит ($R < 3R_c$).
- По мере приближения к горизонту событий
 - А) растут приливные силы
 - Б) замедляется темп течения времени

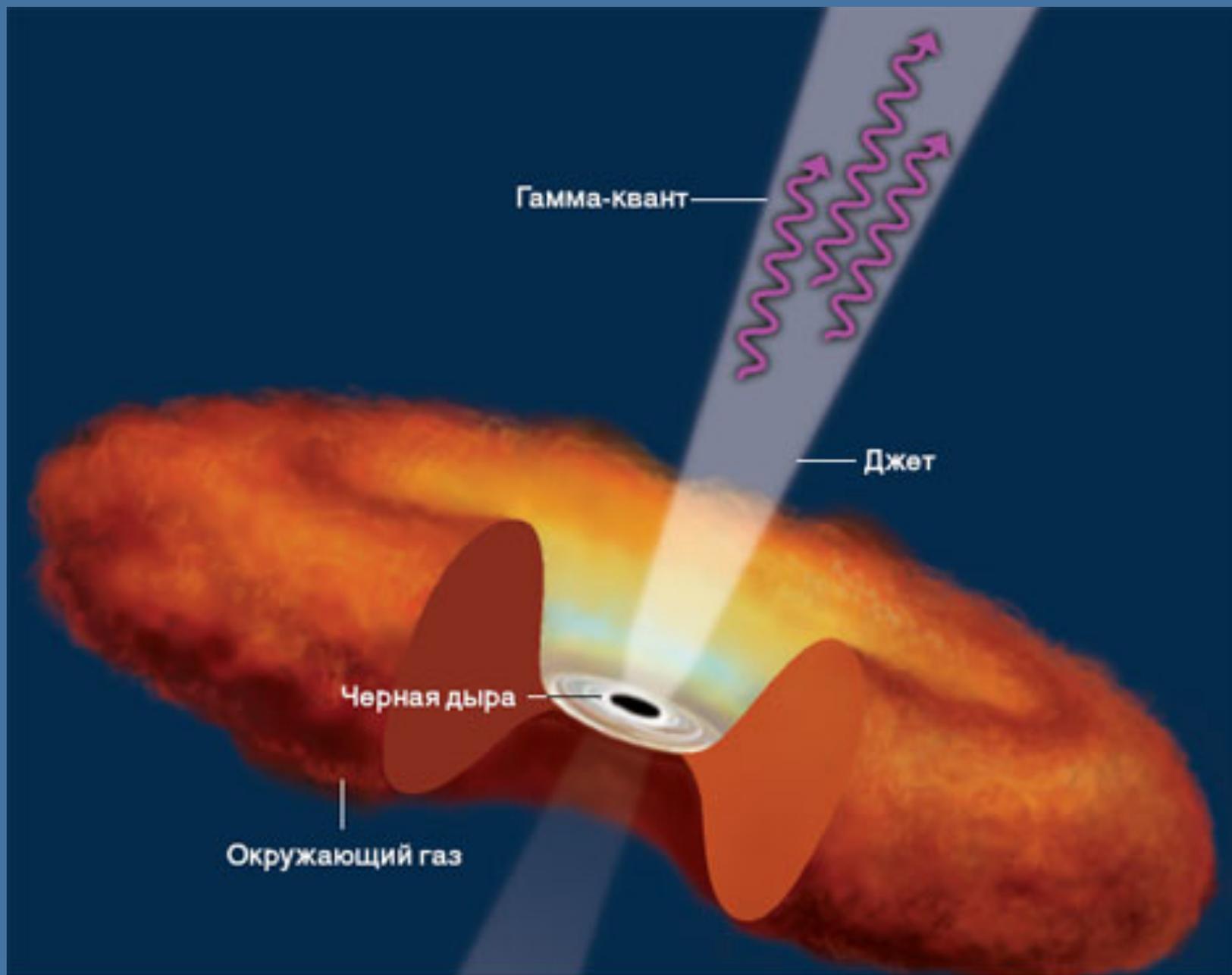
Ч.Д. как область выделения фантастических энергий. Понятие аккреционного диска.

- Гравитационная энергия переходит в энергию вращения диска и тепловую энергию горячей плазмы

Аккреционный диск

- -результат падения вещества, обладающего достаточным моментом вращения.
- Скорости вращения у внутреннего края – релятивистские
- Разогрев – за счет энергии падающего газа



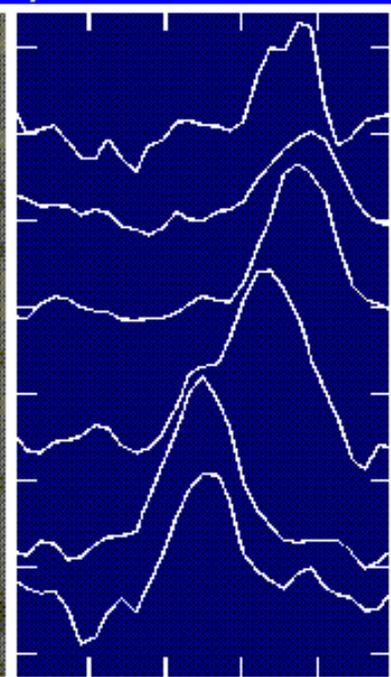
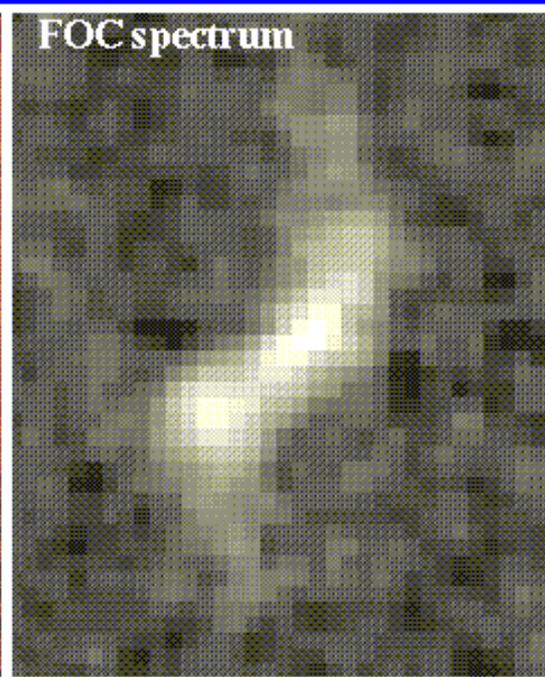
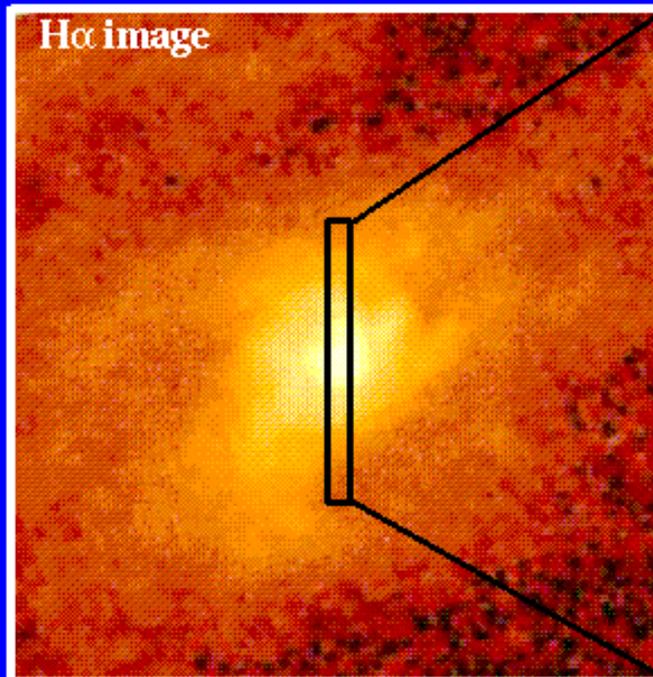
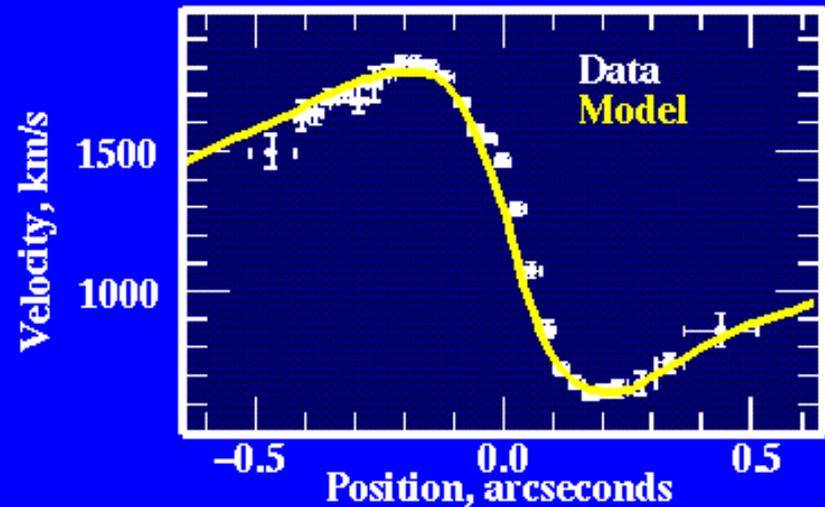


КАК МОЖНО ИЗМЕРИТЬ МАССУ КОМПАКТНОГО ОБЪЕКТА В ЦЕНТРЕ ГАЛАКТИКИ?

- 1. Измерение скорости вращения газа или звезд на известном расстоянии в доли парсека от центра

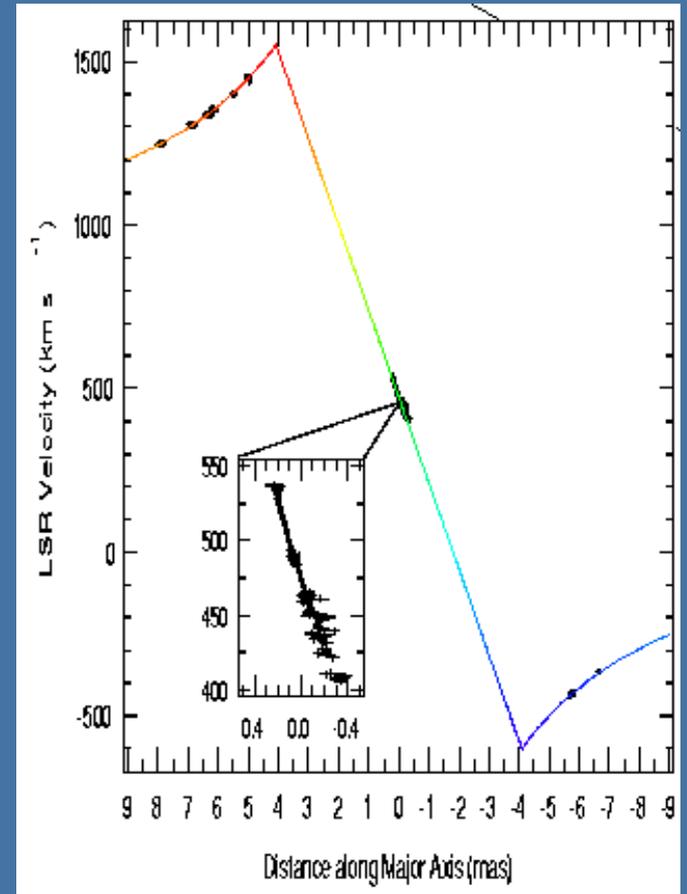
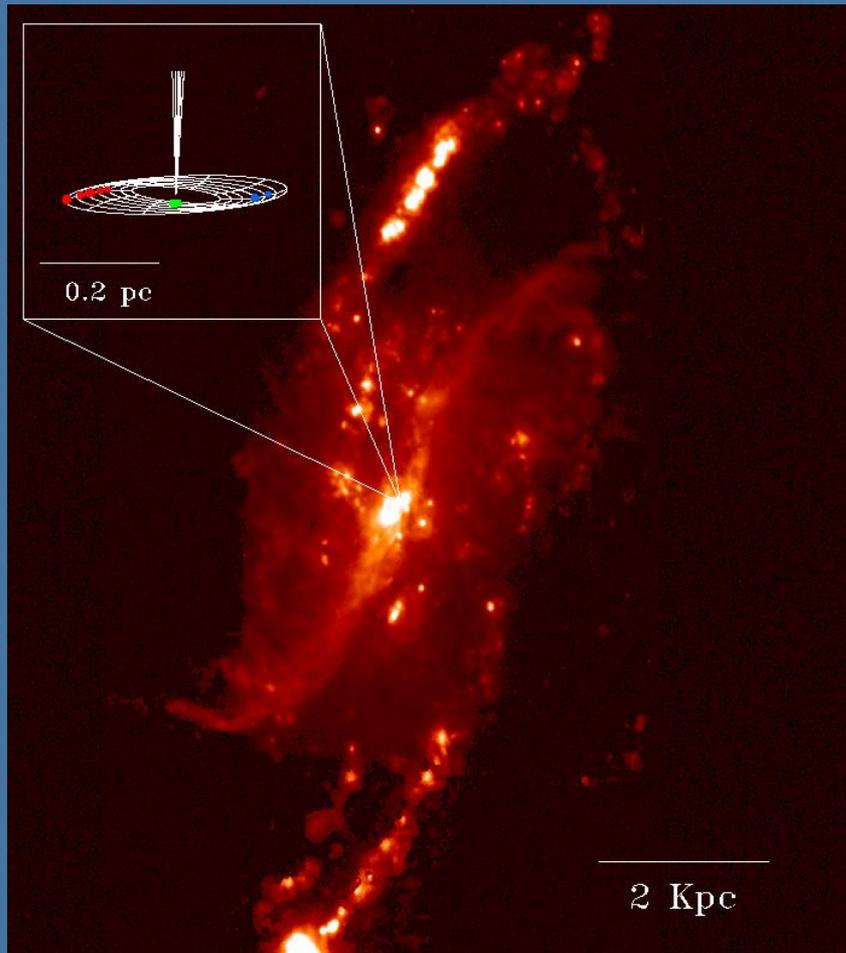
Velocity Profiles in the M87 Core

Model: central mass 3.2×10^9 solar masses



Wavelength \rightarrow

NGC4258

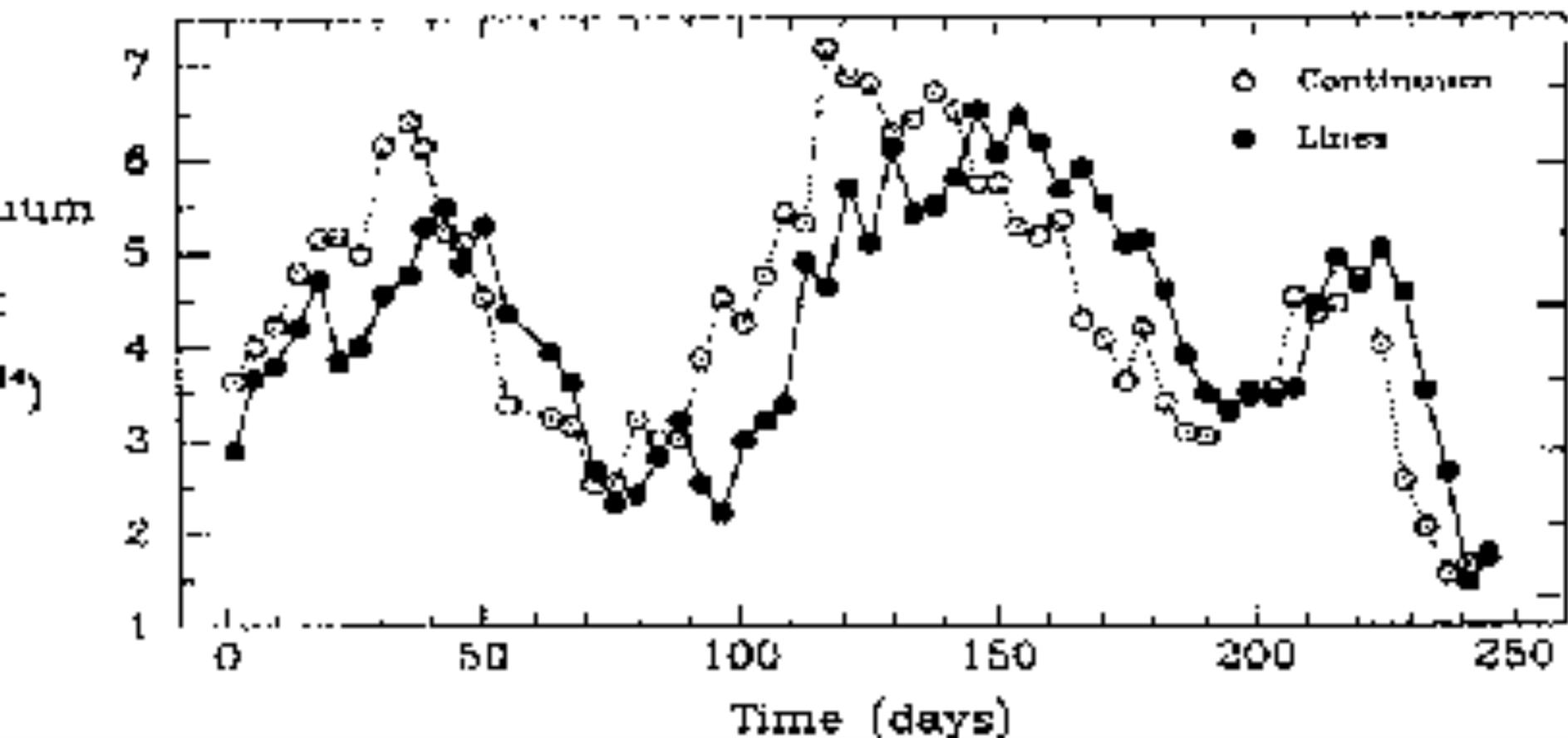


$$M_{\text{BH}} = 4 \cdot 10^7 M_{\text{c}}$$

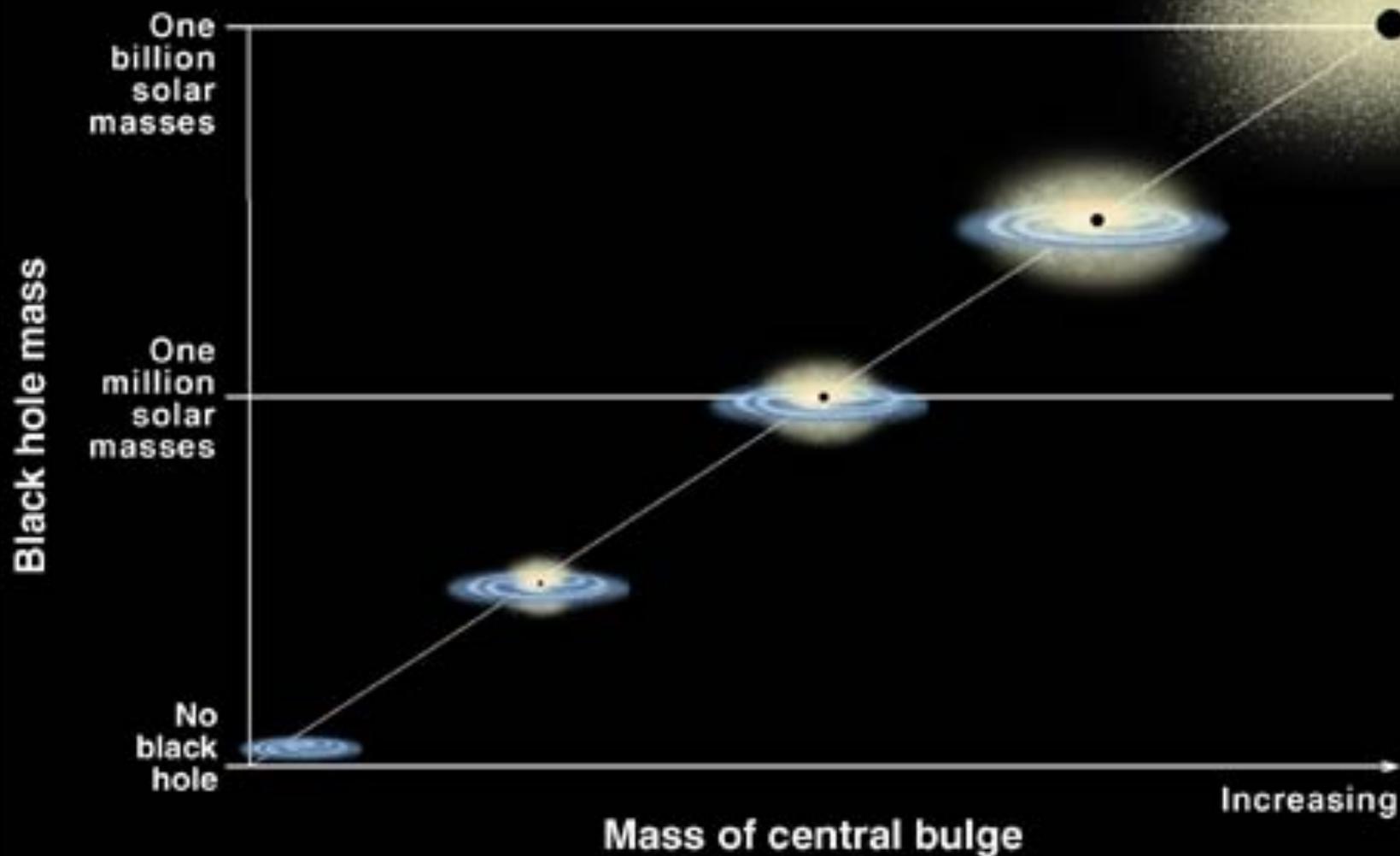
Miyoshi et al.
1995

2. Метод эхо-картирования: скорости газа оцениваются непосредственно, а его расстояние от центра – по запаздыванию светового сигнала

NGC 554B



Correlation Between Black Hole Mass and Bulge Mass



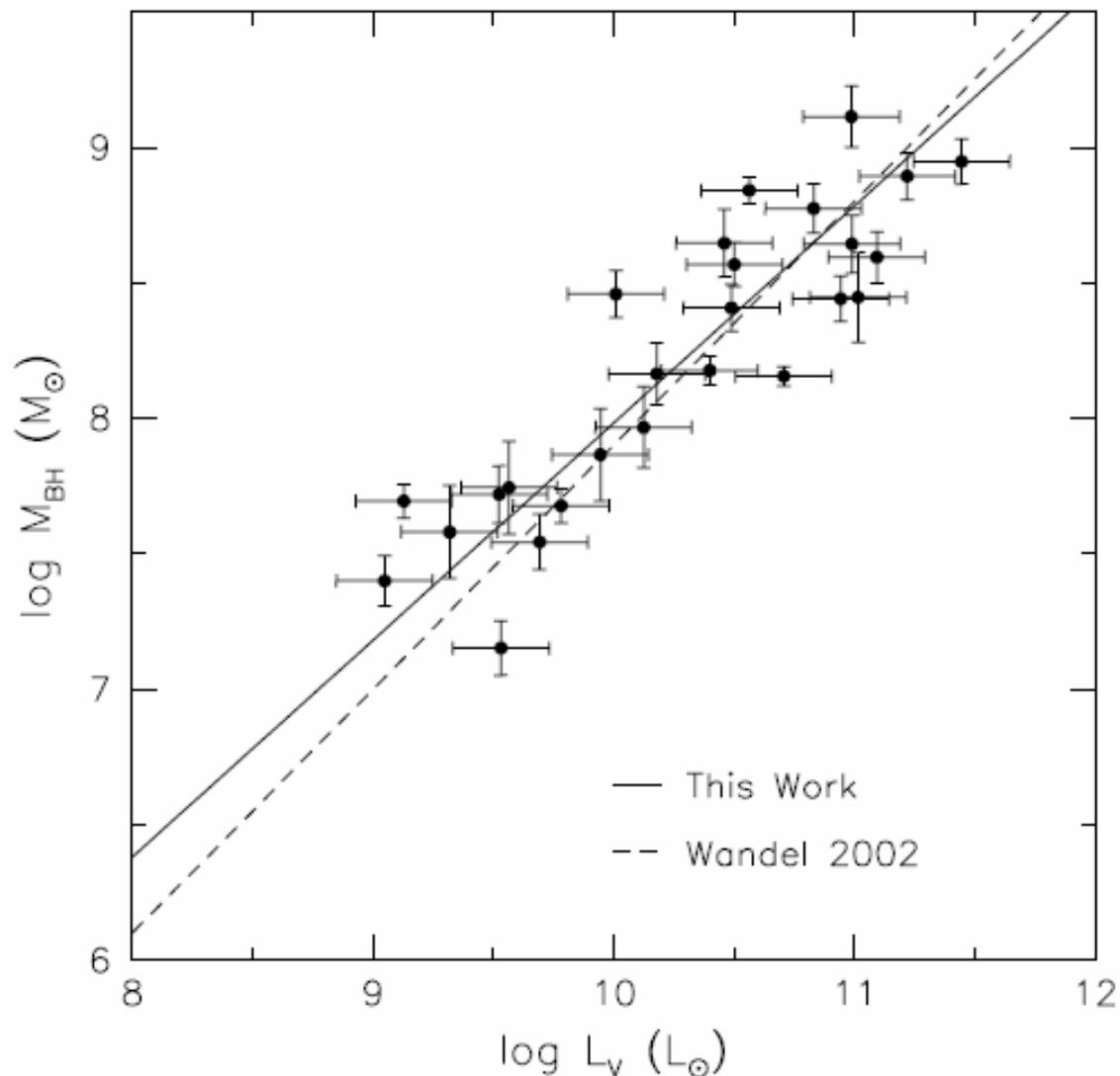


FIG. 2.— The $M_{\text{BH}} - L_{\text{bulge}}$ relationship for AGNs with reverberation-based masses and bulge luminosities from two-dimensional decompositions of *HST* host-galaxy images. The solid line is the BCES fit with a slope of $\alpha = 0.80 \pm 0.09$. The dashed line is the fit from Wandel (2002) to his sample of broad-line AGNs and has a slope of $\alpha = 0.90 \pm 0.11$.

Проблемы:

- Как смогли менее чем за миллиард лет сформироваться столь массивные черные дыры в ядрах галактик?
- Как активные ядра влияют на формирование и эволюцию галактик
- Все ли галактики проходят стадию активного ядра?