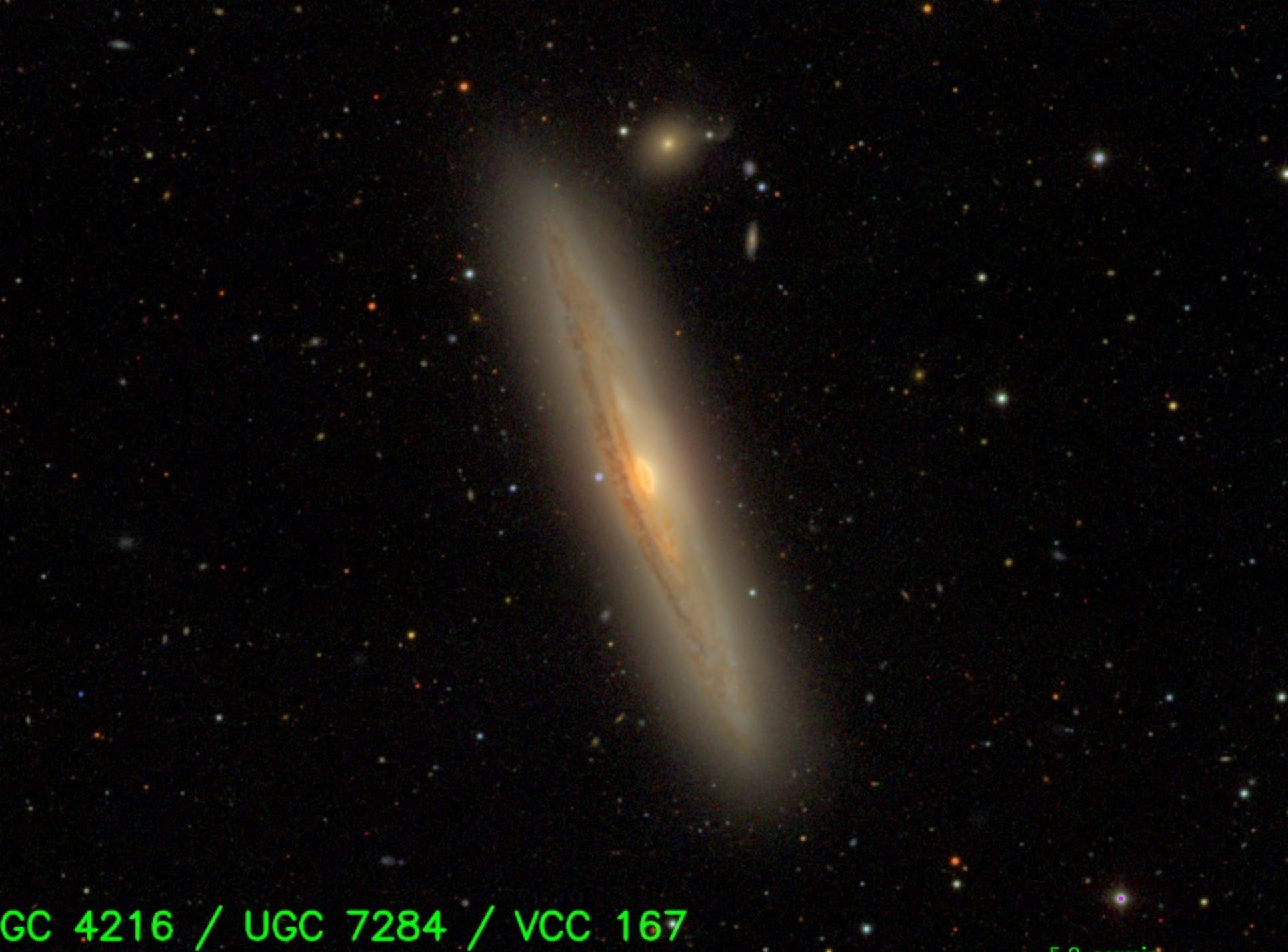


# Сто часов астрономии – 2014 ГАИШ МГУ



**ЯДРА ГАЛАКТИК:  
НЕРАЗГАДАННЫЕ ТАЙНЫ**

**ДОКТОР ФИЗ-МАТ.НАУК  
ЗАСОВ АНАТОЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ**



GC 4216 / UGC 7284 / VCC 167

5.0 arcmin

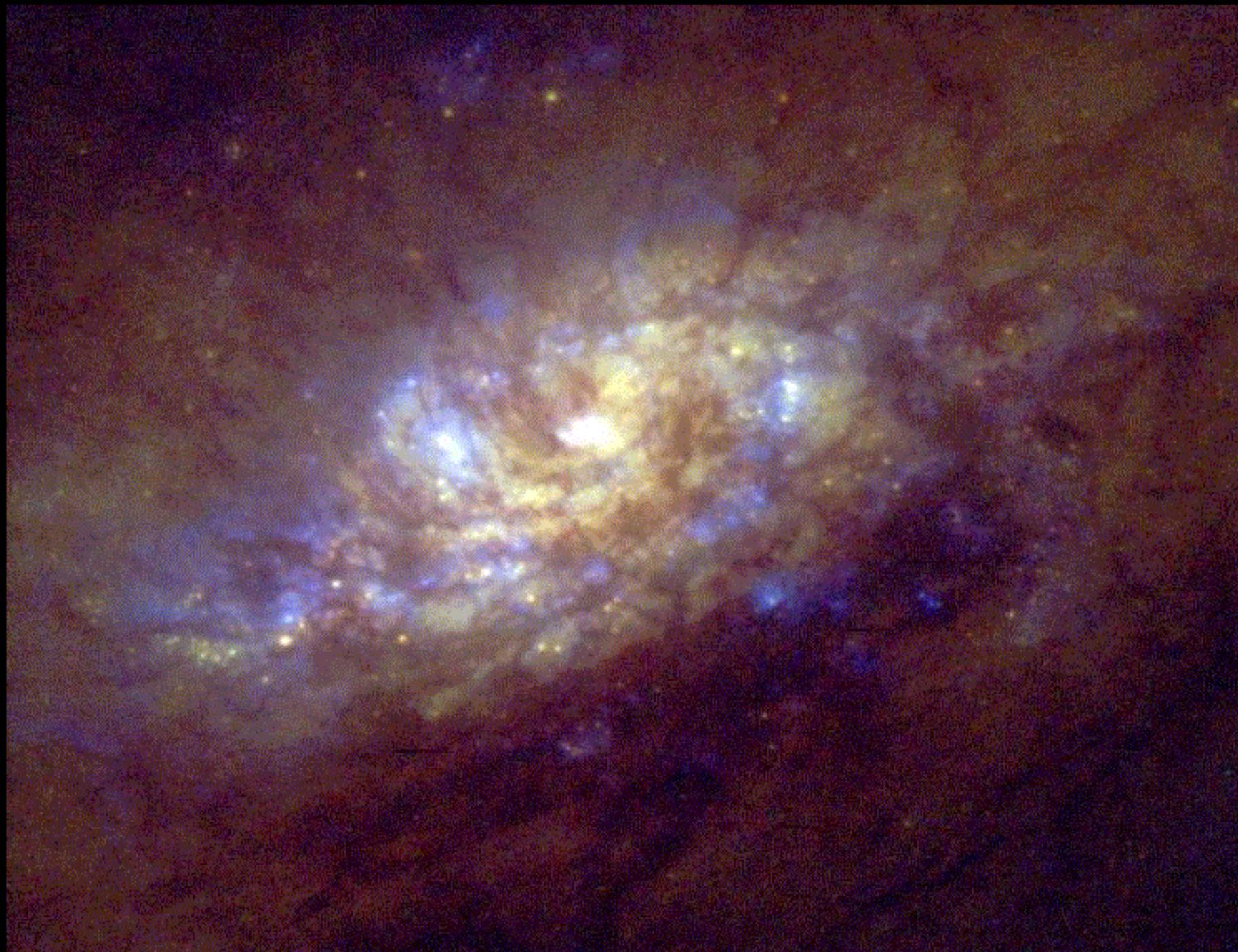


- Дж.Джинс, 1928 год:

*Центры галактик могут быть особыми точками, в которых вещество вливается в нашу Вселенную из чуждых нам пространственных измерений*

# 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 окологядерными.
- Изредка: мощнейшие источники энергии (активные ядра)



Active Galaxy  
NGC 4438



Hubble Space Telescope  
WFPC2

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

# Активные ядра галактик

- Энерговыделение происходит в очень маленькой области в центре галактики
- Мощность излучения и спектр не объясняются ни обычным газом, ни звездами.
- Требуется нечто-иное.

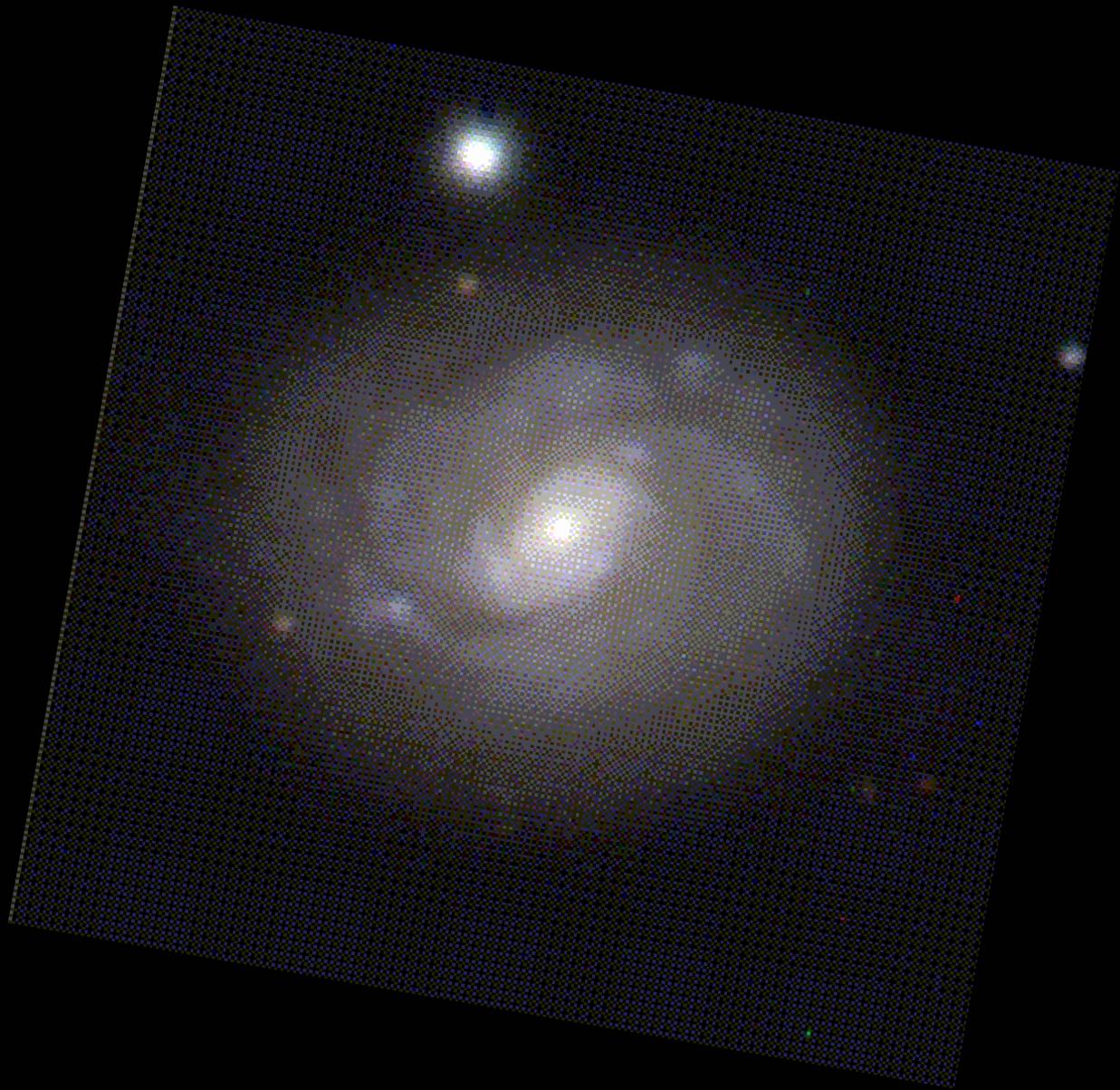
**МОНСТР!**

# Преждевременное открытие:

- Карл Сейферт. Дюжина галактик с необычными спектрами.

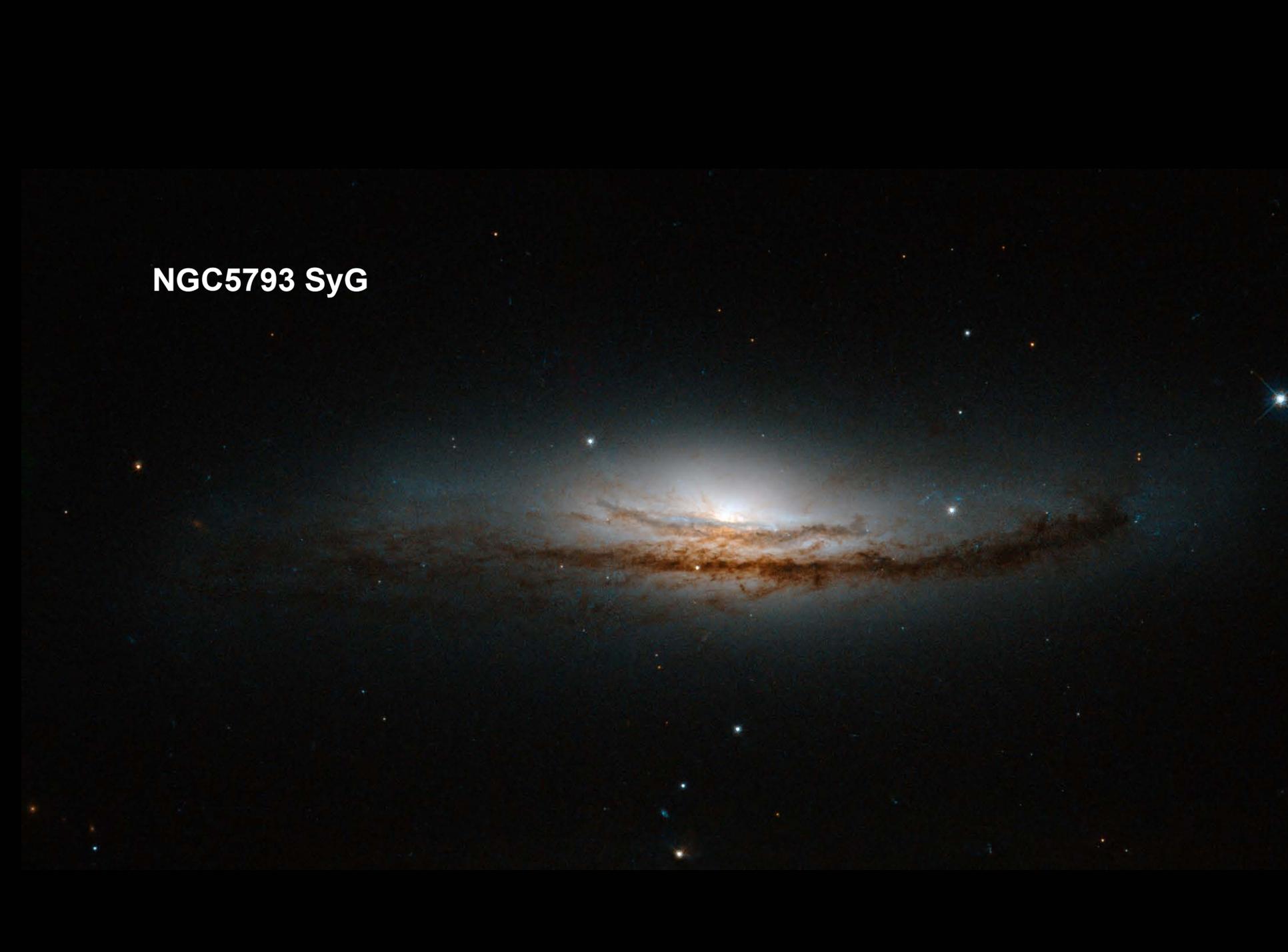
Ближайшая – NGC 1068



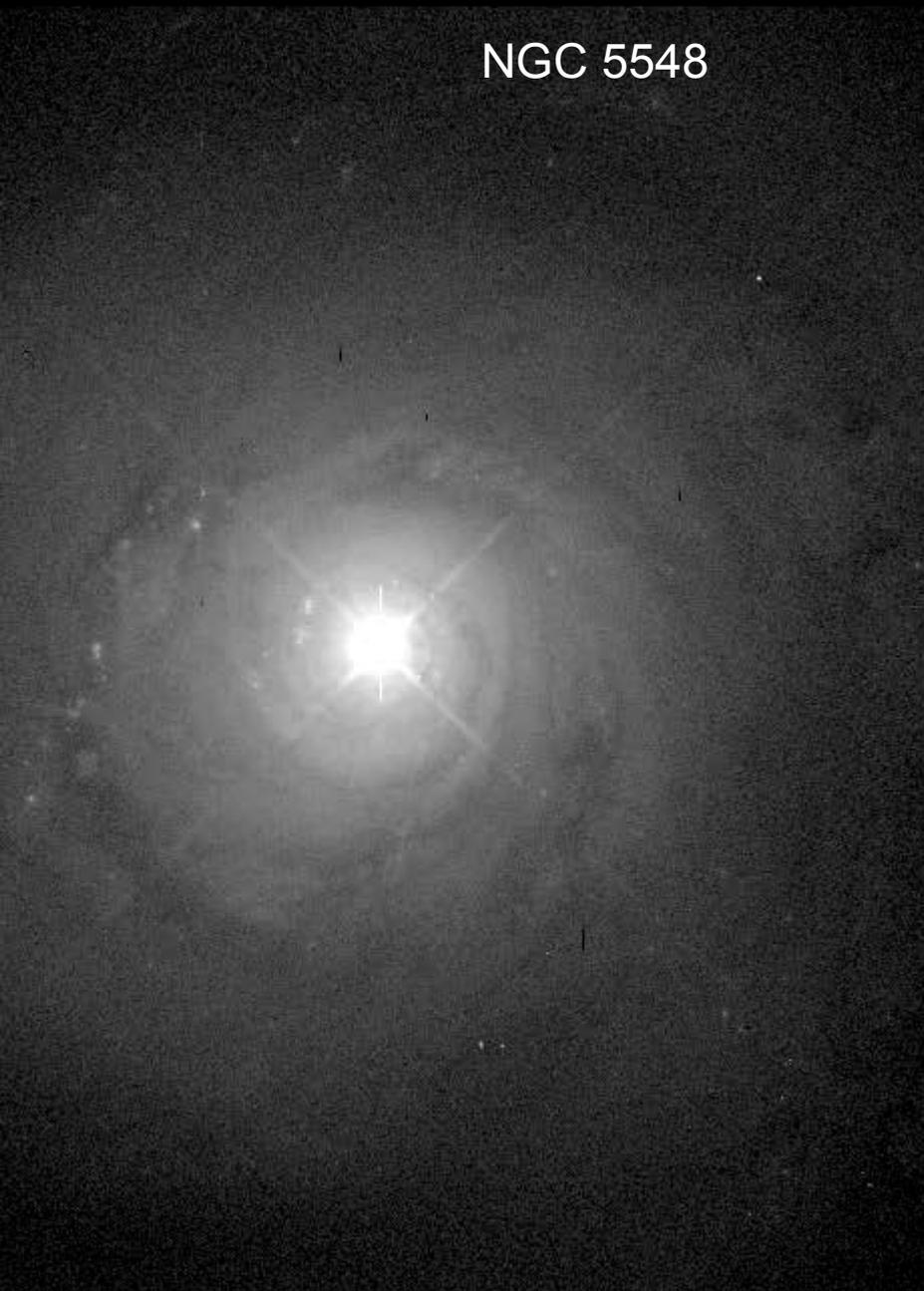




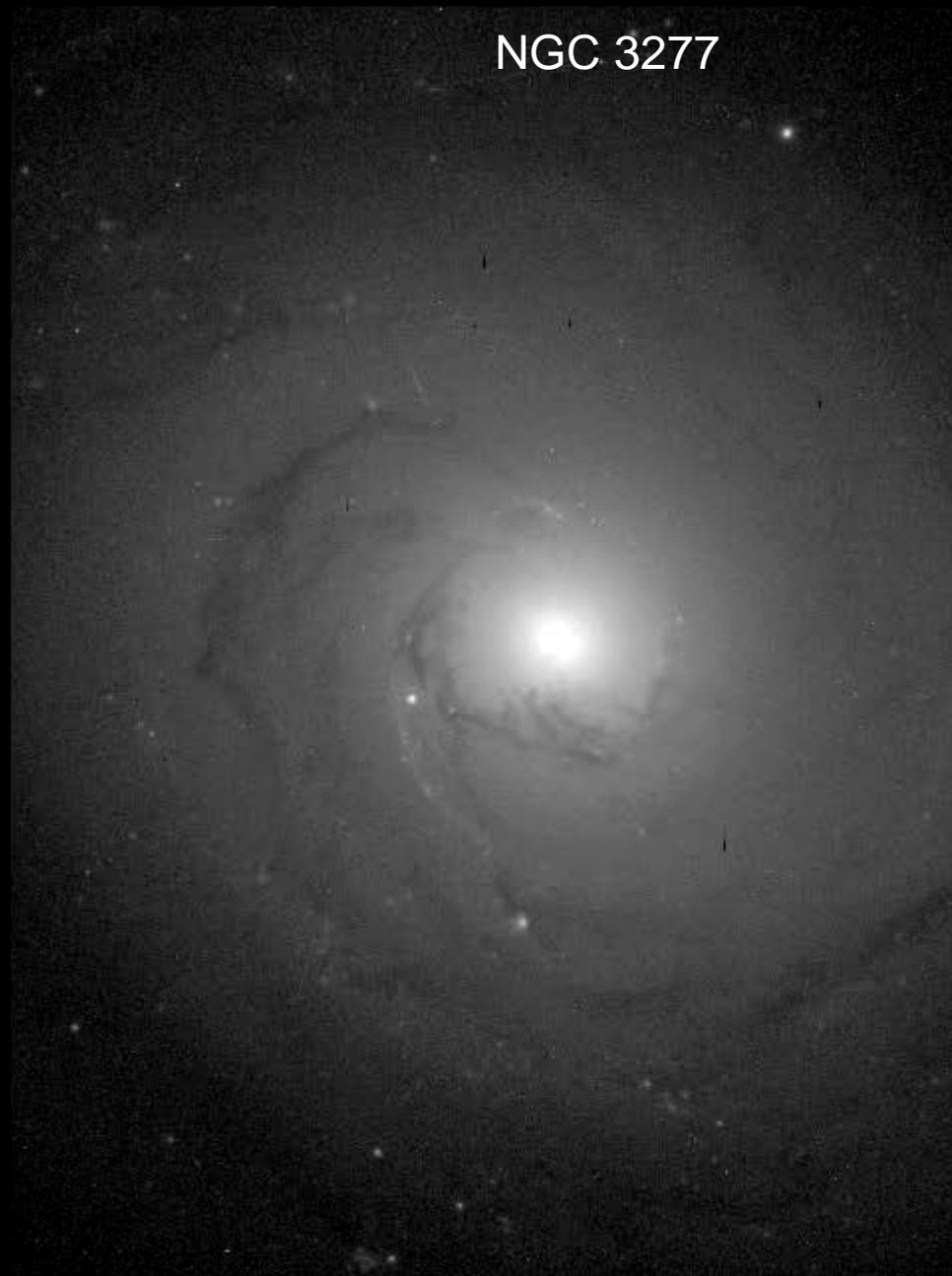
**NGC5793 SyG**



NGC 5548



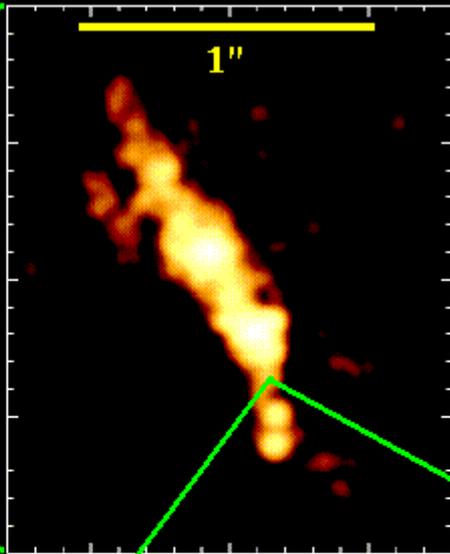
NGC 3277



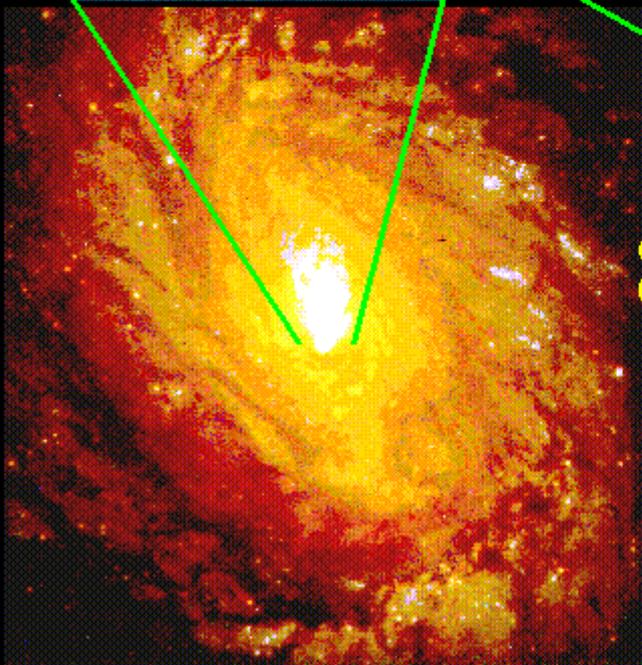
# NGC 1068



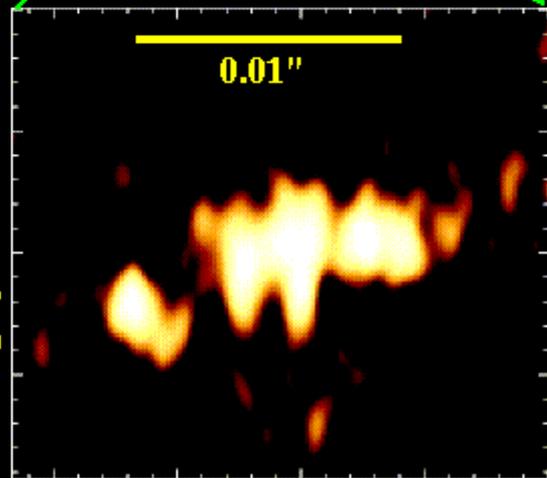
Nuclear reflection cone (HST/FOC)



Radio jet (MERLIN)



Optical galaxy (HST)

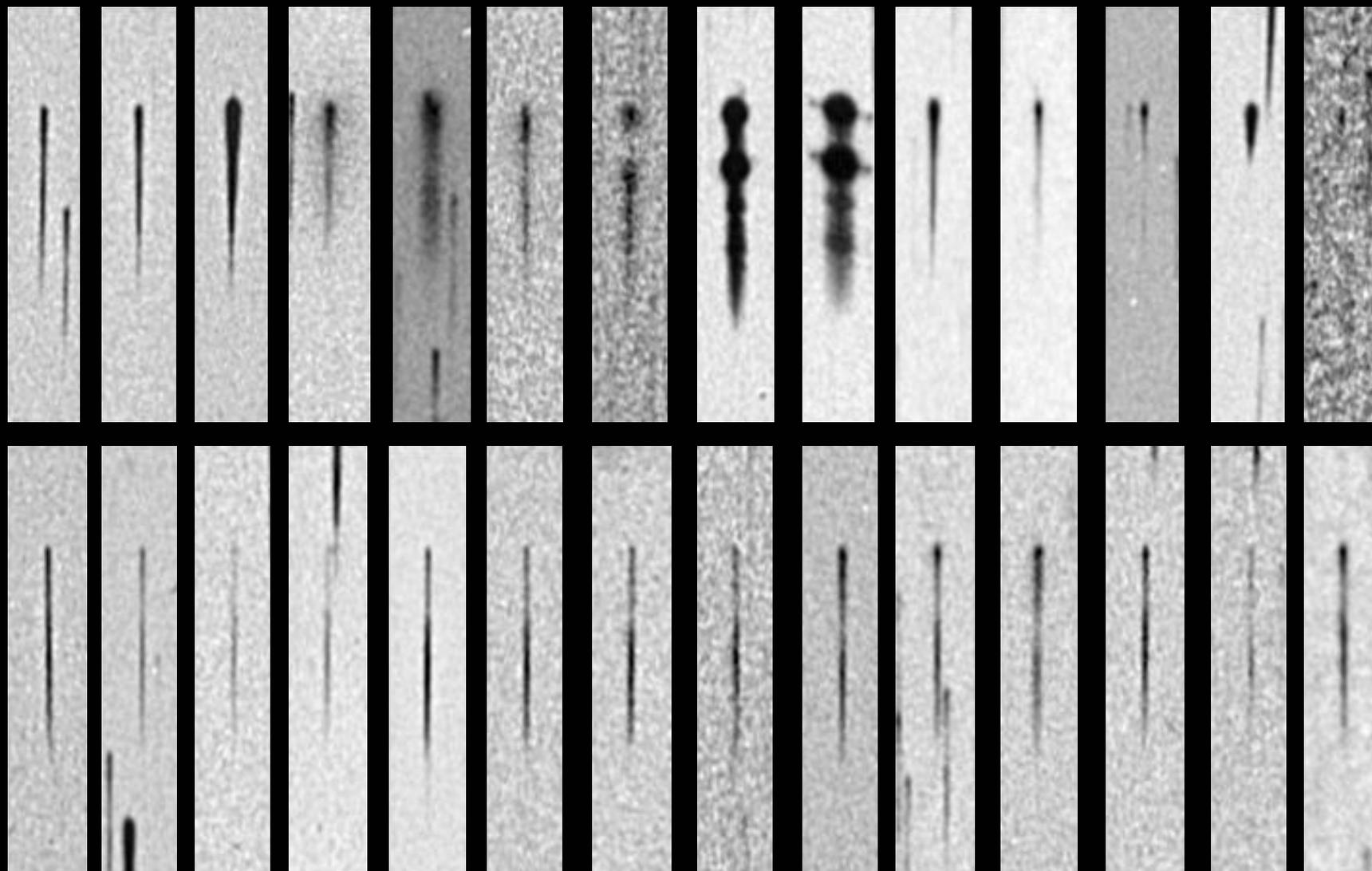


Obscuring torus? (VLBA)

# Галактики с активными ядрами

- 1. Галактики Сейферта – несколько % всех галактик
- 2. Радиогалактики
- 3. Квазары (квазизвездные объекты QSO)
- 4. Лацертиды (тип квазара, мощное гамма-излучение)

# DFBS low dispersion spectra

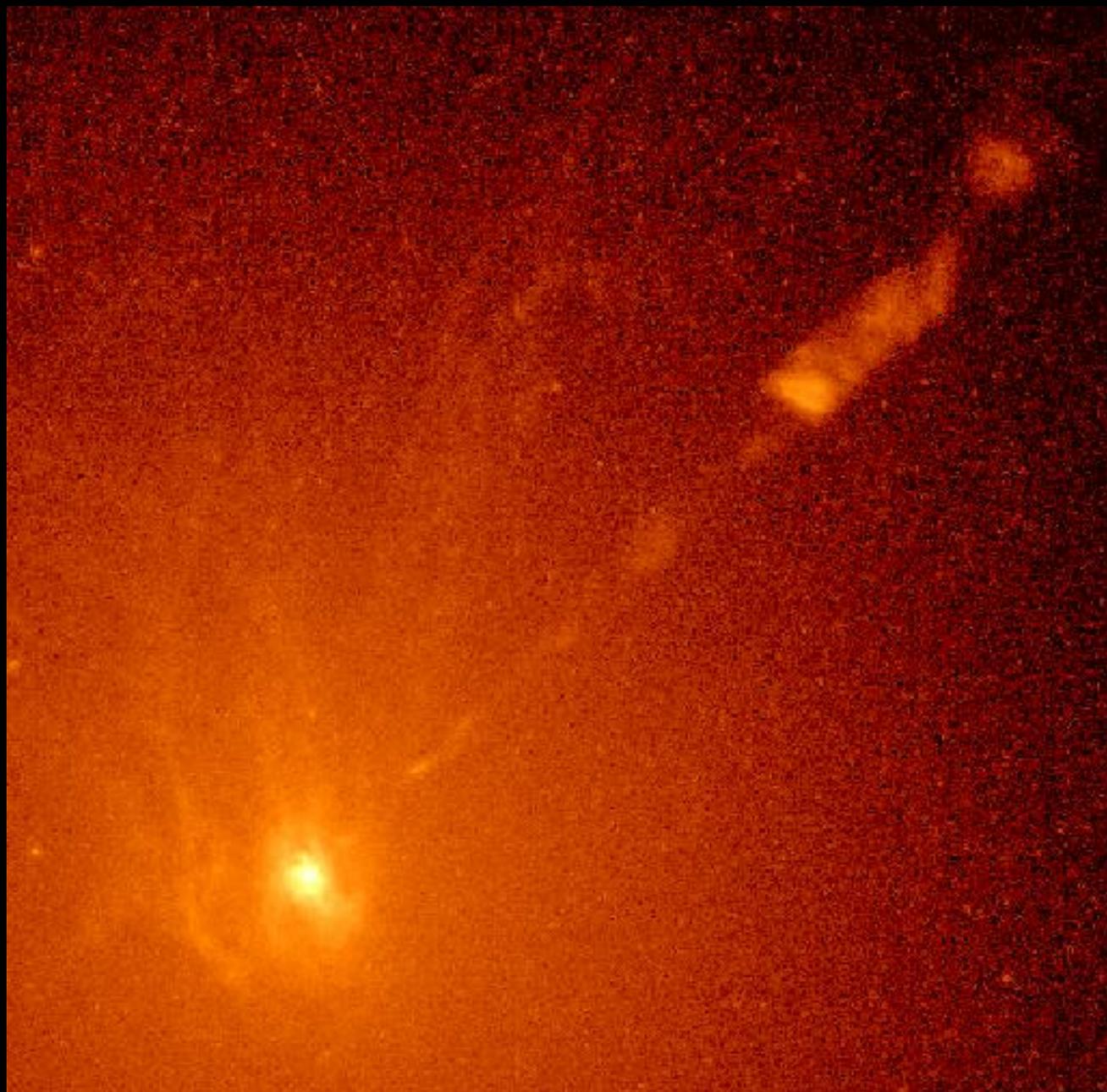


# Другой класс галактик с активными ядрами

## Радиогалактики

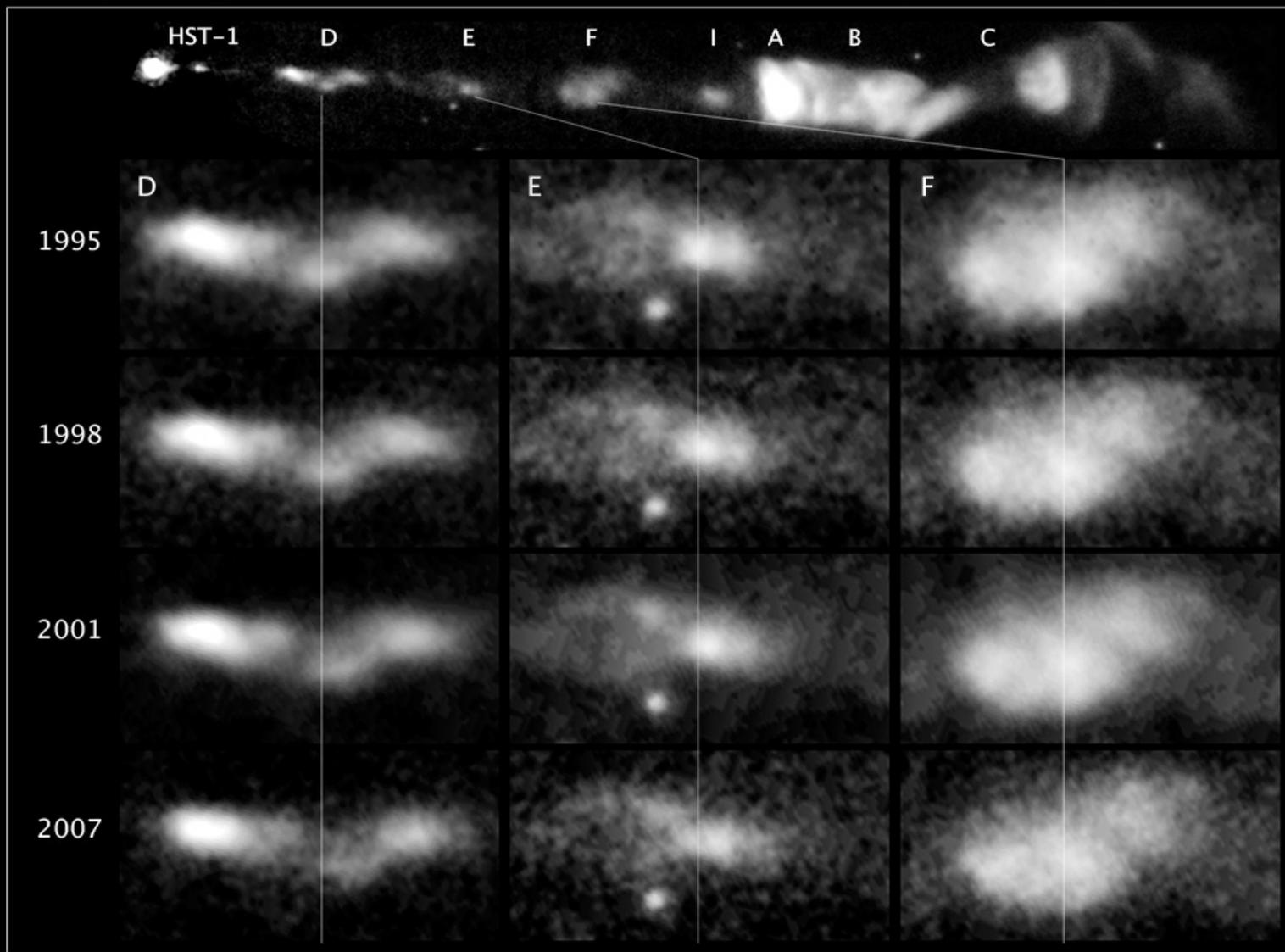




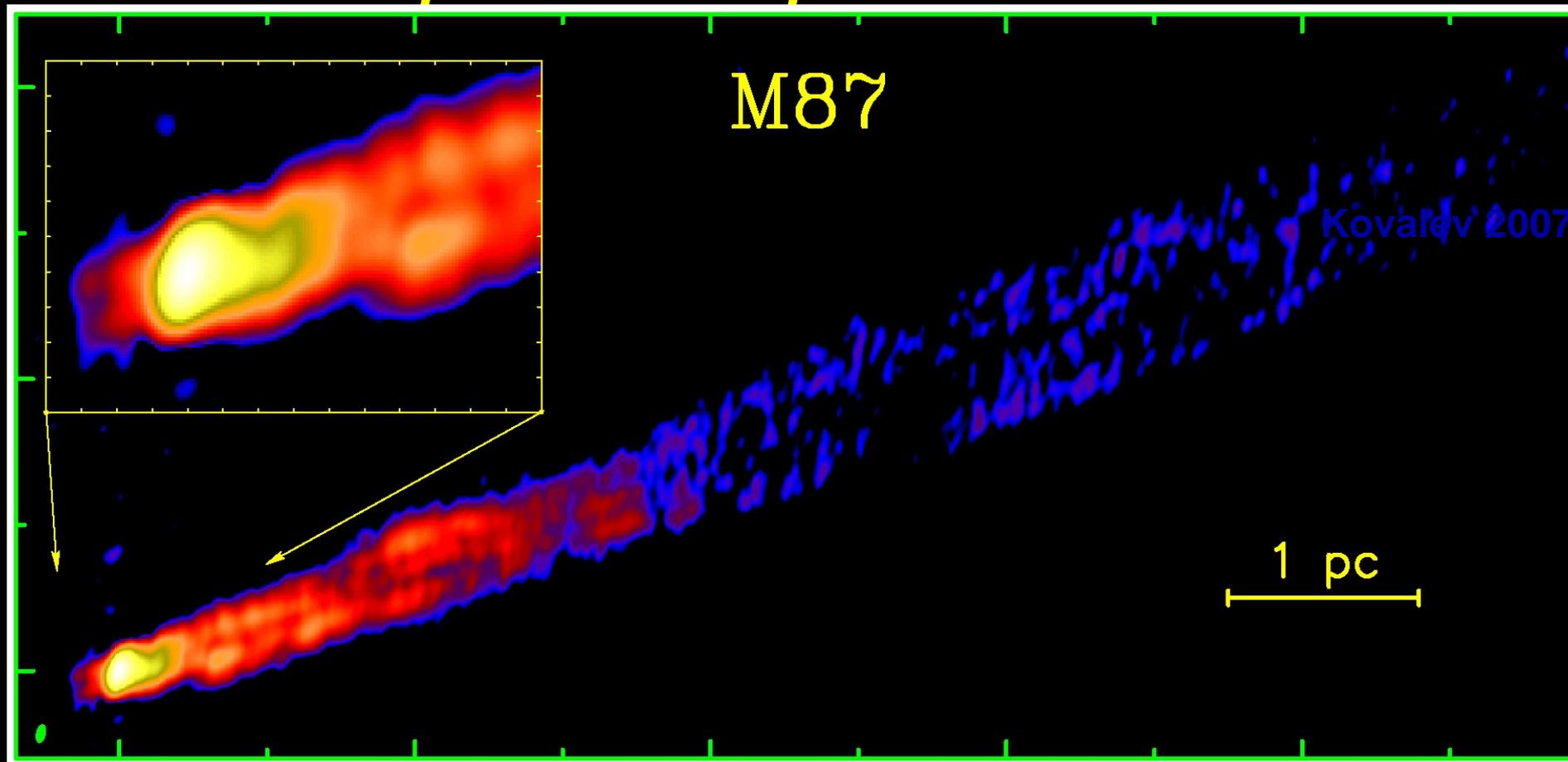


# Galaxy M87 Jet

Hubble Space Telescope ■ WFC2

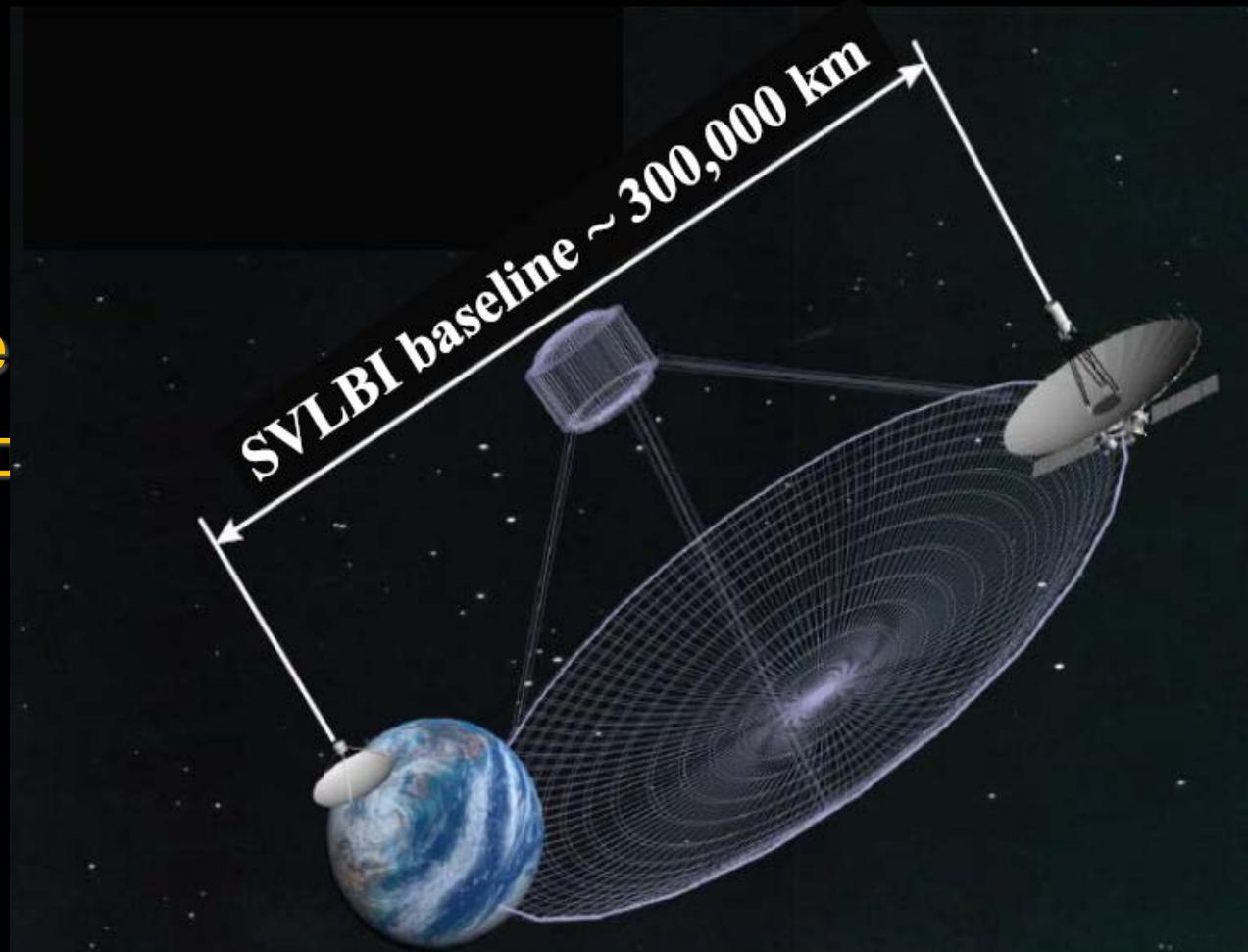


# Релятивистский выброс M87 на коротких радиоволнах



# Радиоастрон

- Антенна 10м
- Апогей орбиты- 300 тыс.км
- Угл. разрешение до 7 микросекунд

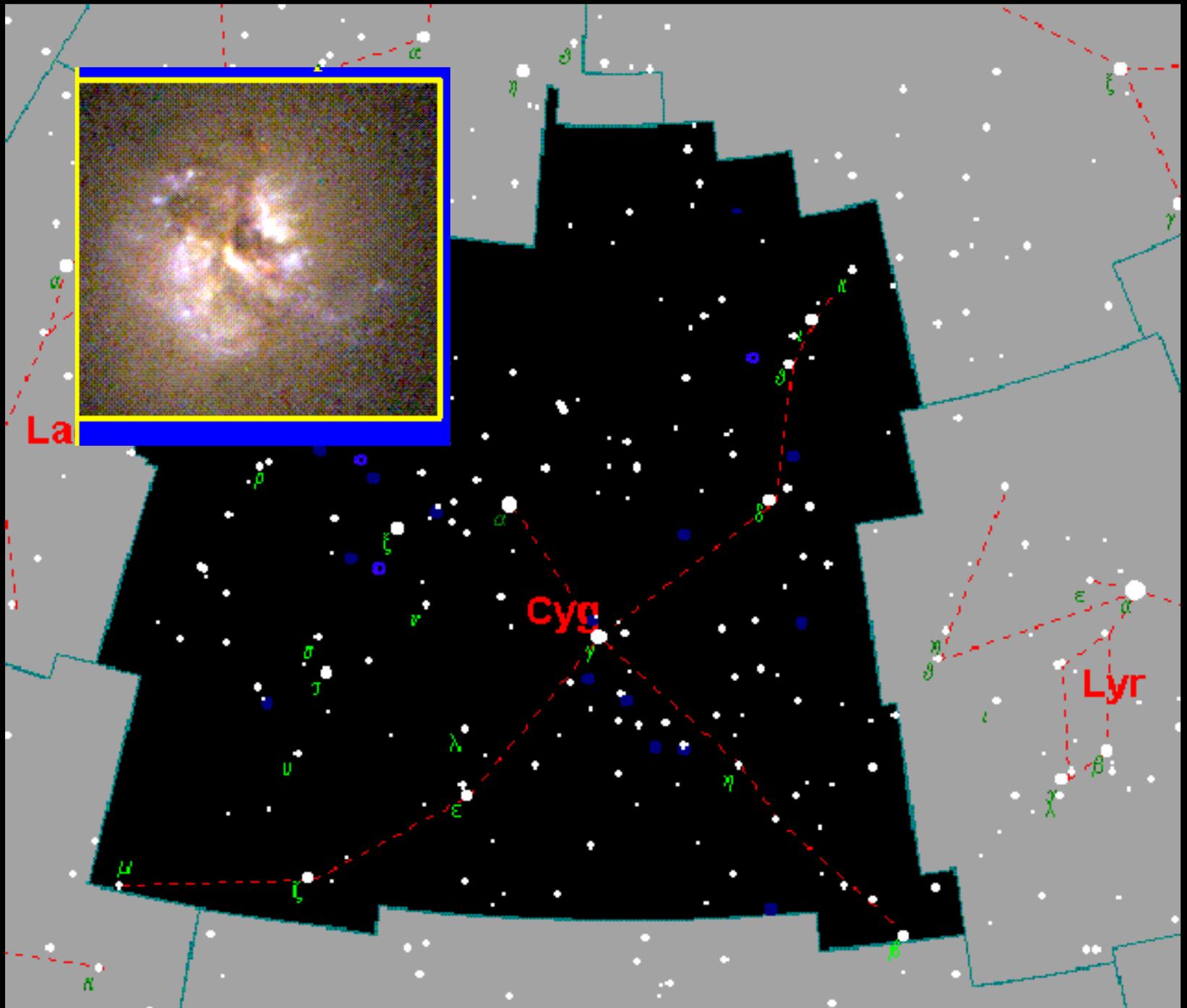


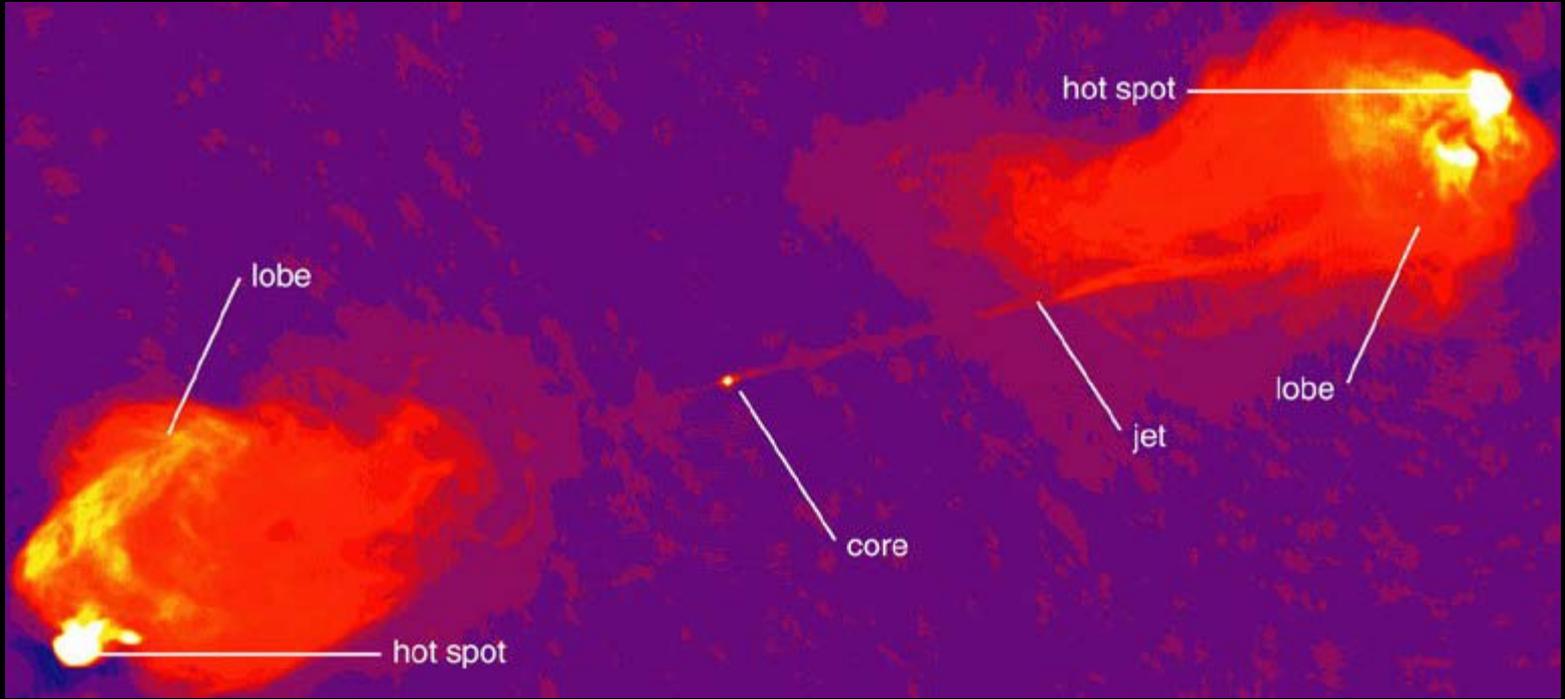


La

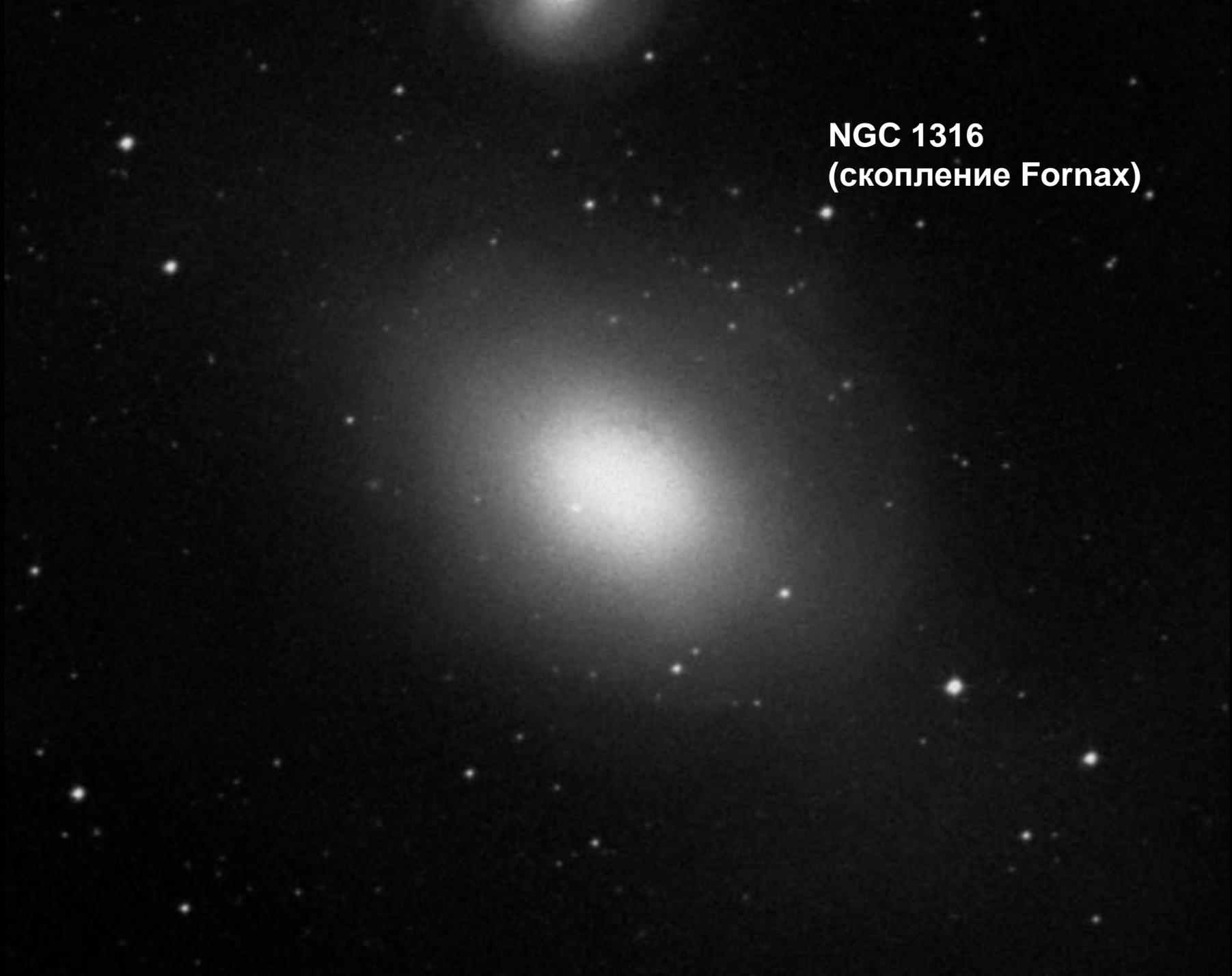
Cyg

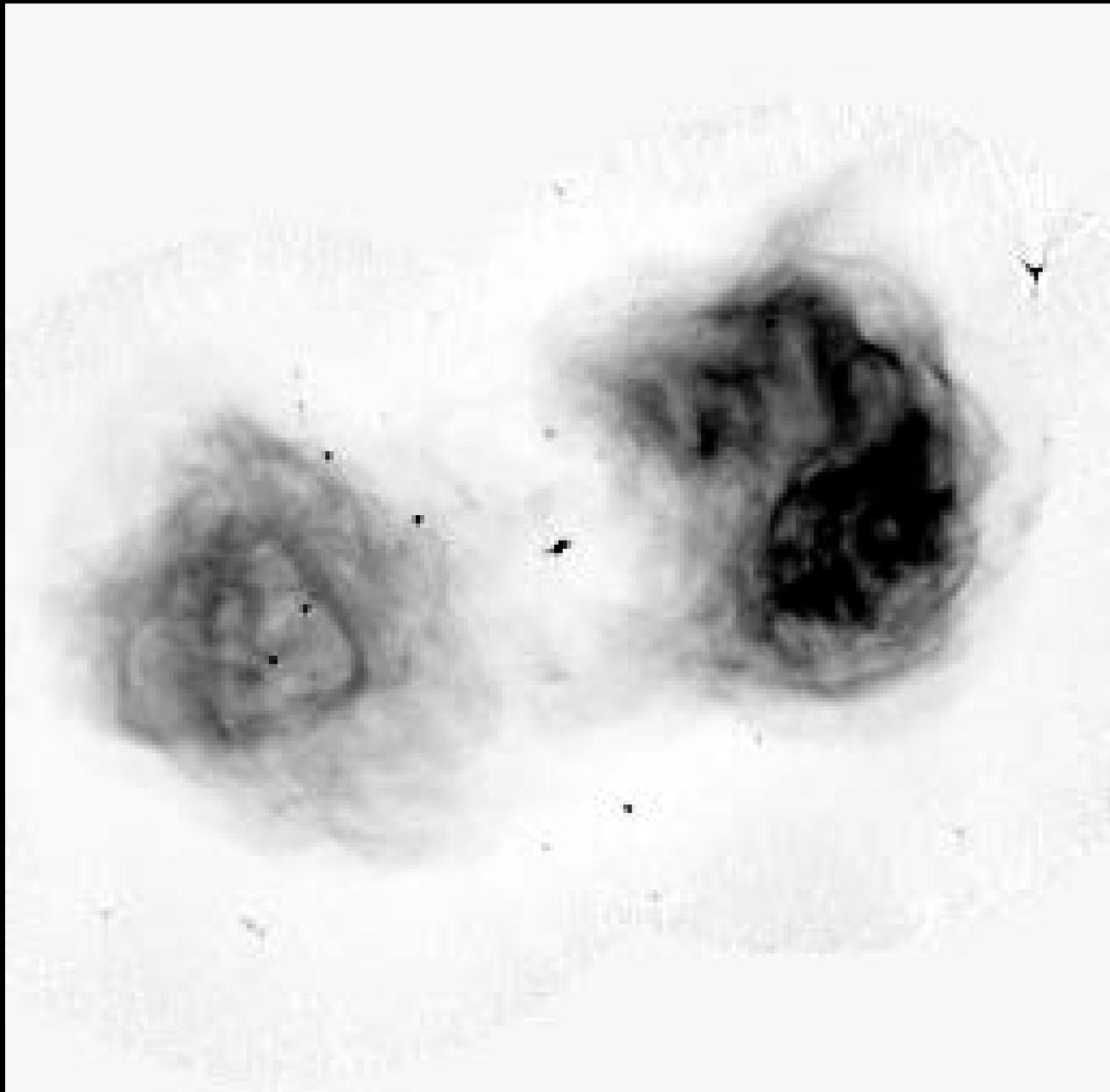
Lyr





**NGC 1316**  
**(скопление Fornax)**

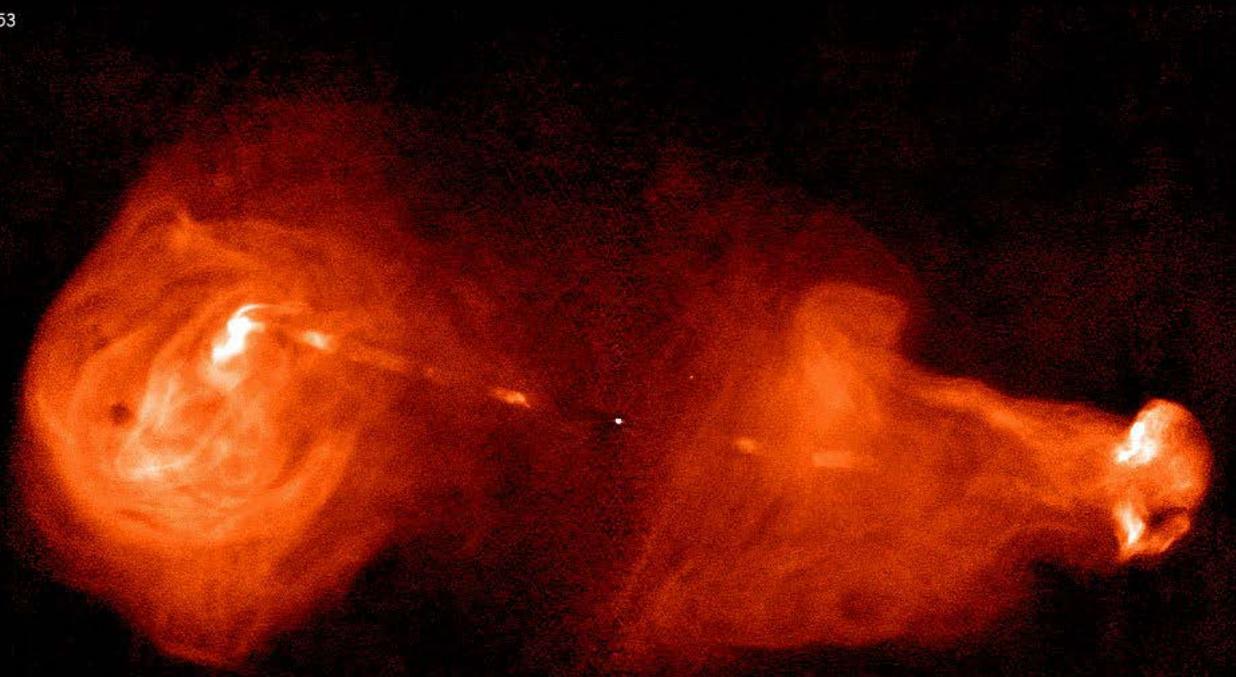








Radio Galaxy 3C353  
VLA 3.6cm image



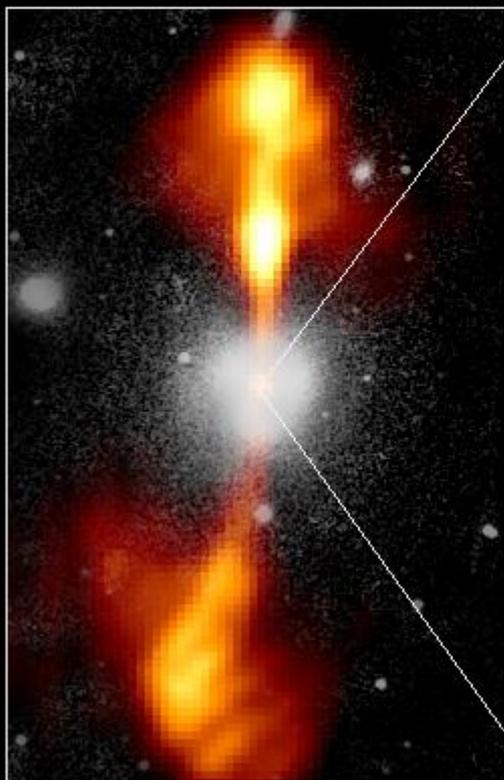
Copyright (c) NRAO/AUI 1999

# Core of Galaxy NGC 4261

Hubble Space Telescope

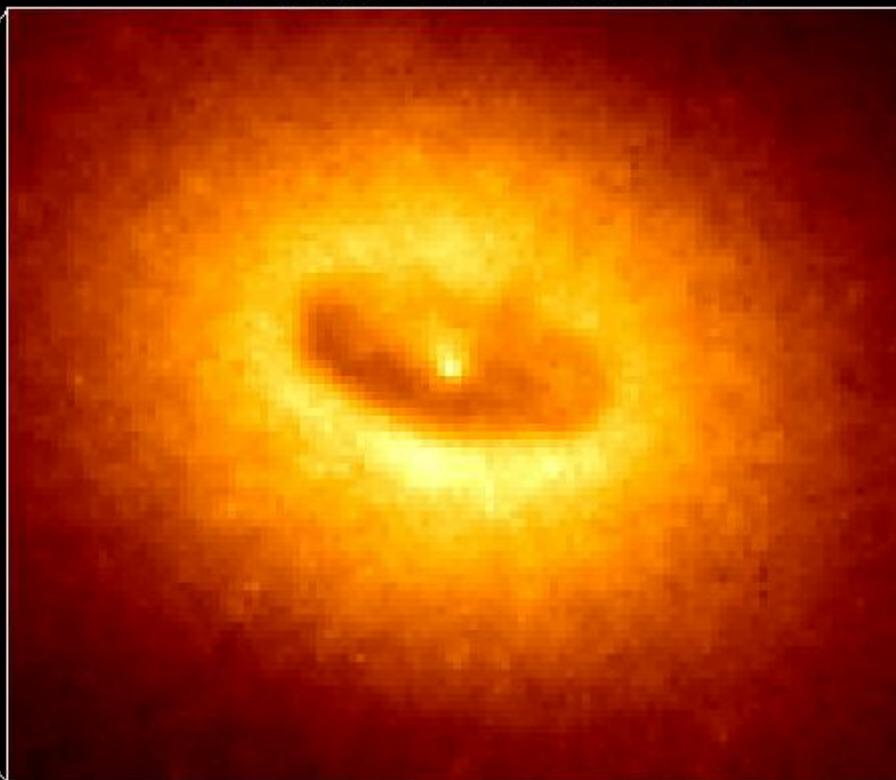
Wide Field / Planetary Camera

Ground-Based Optical/Radio Image

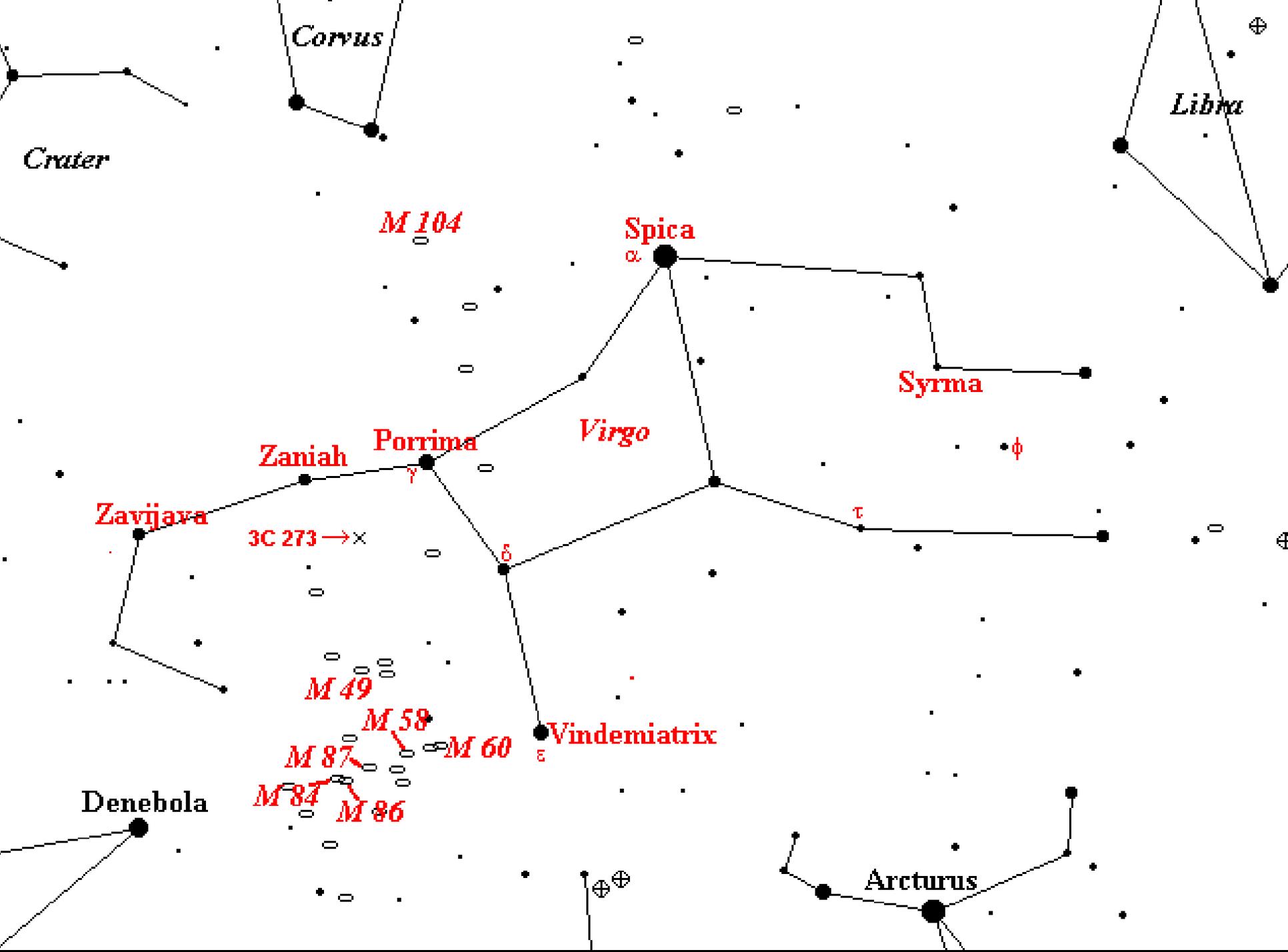


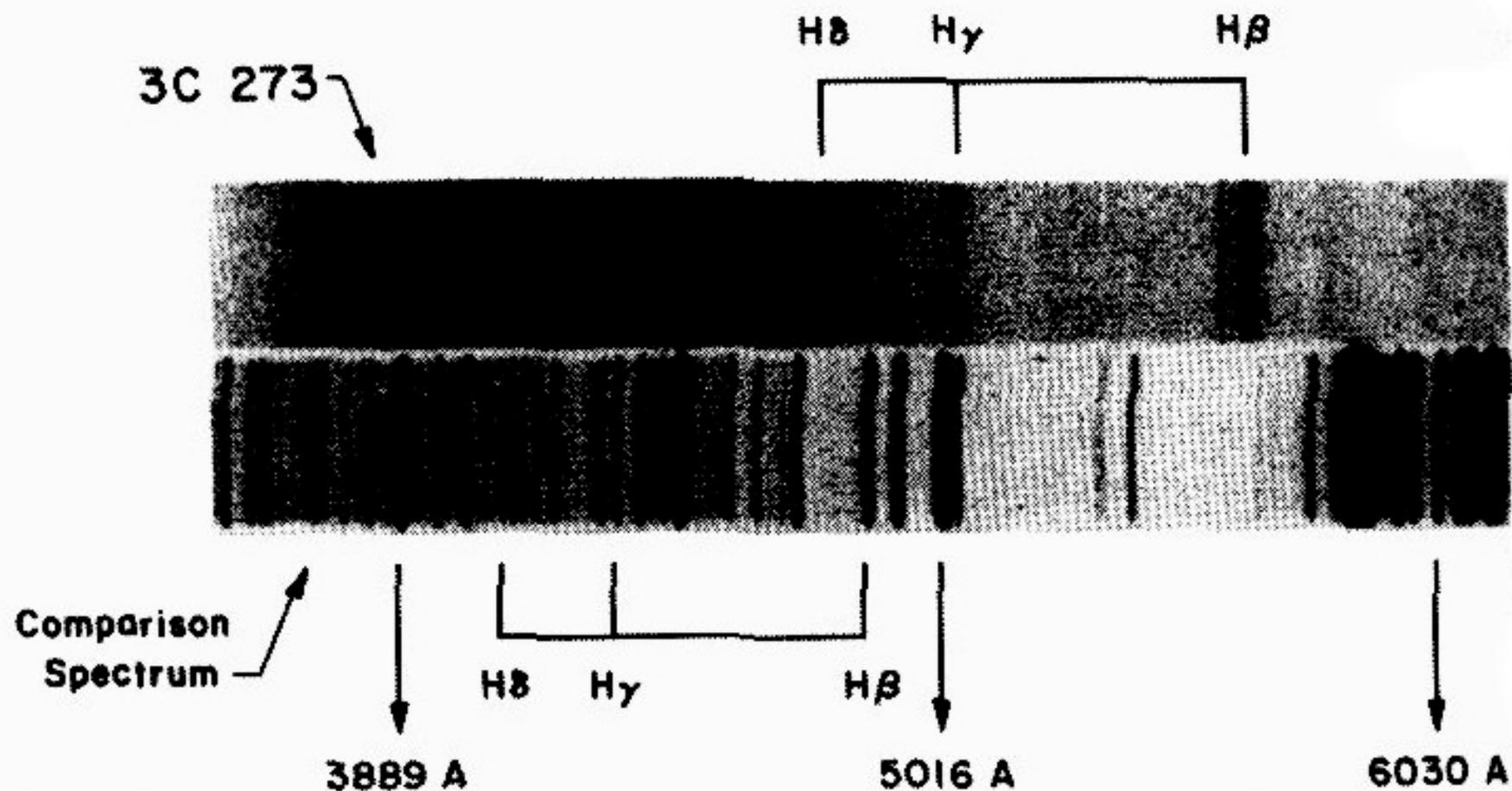
380 Arc Seconds  
88,000 LIGHT-YEARS

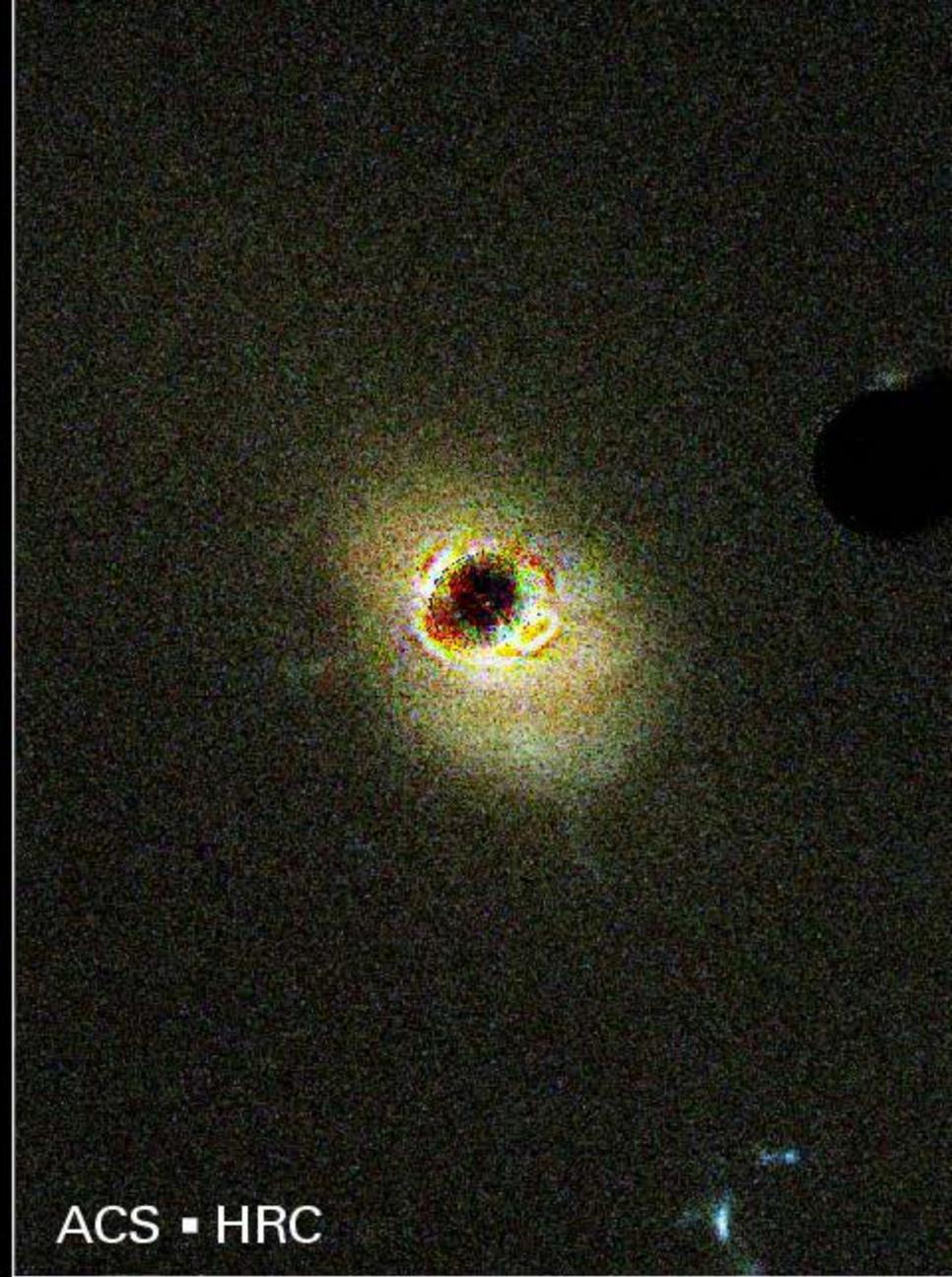
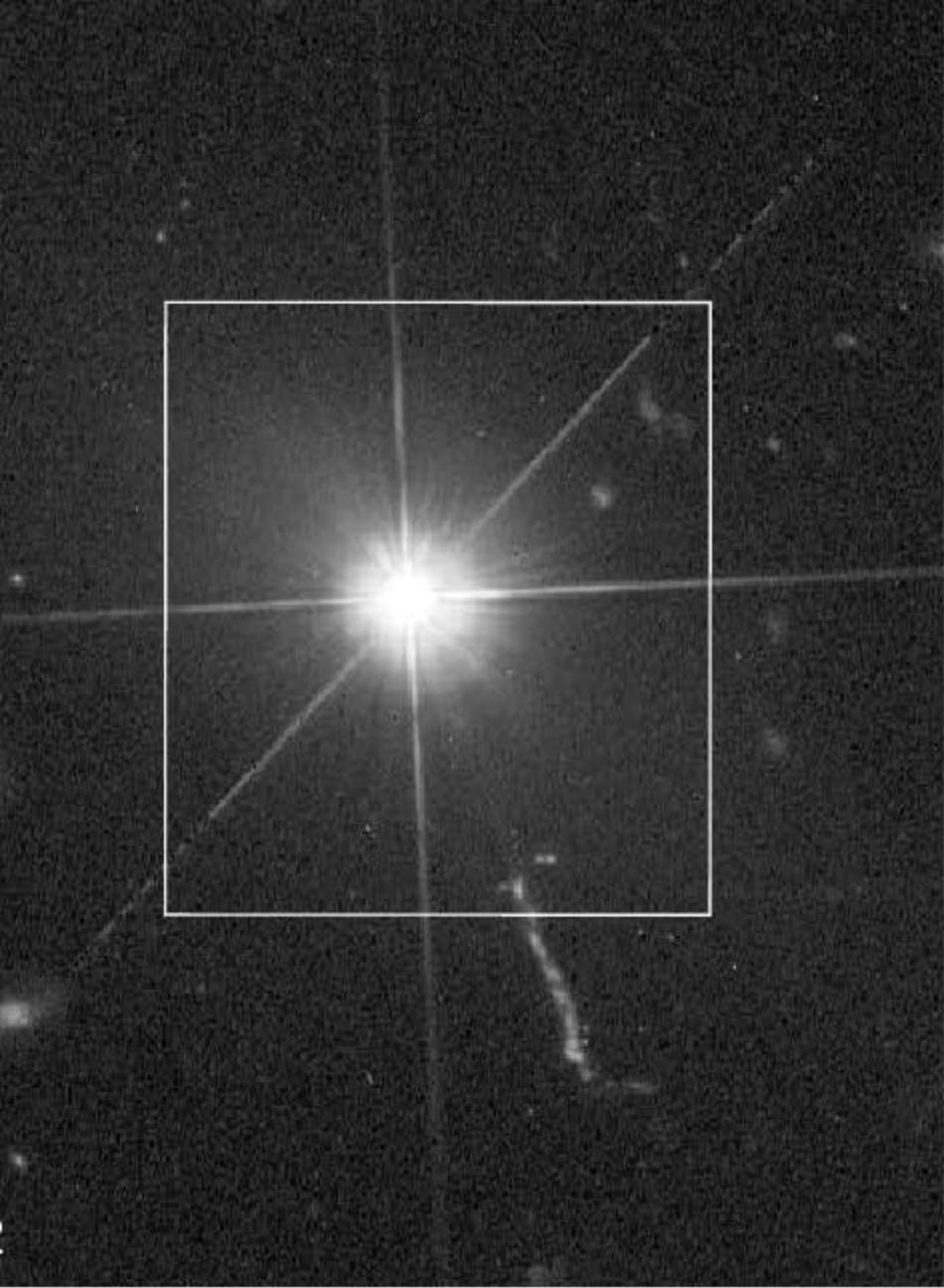
HST Image of a Gas and Dust Disk



17 Arc Seconds  
400 LIGHT-YEARS







**Quasar 3C 273**

# QSO

- КВАЗИЗВЕЗДНЫЕ ОБЪЕКТЫ – САМЫЕ МОЩНЫЕ ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ.

Часто полная мощность излучения в десятки раз превышает суммарную мощность излучения всех звезд галактики, такой, как наша. При этом излучение переменное!

Radio-loud

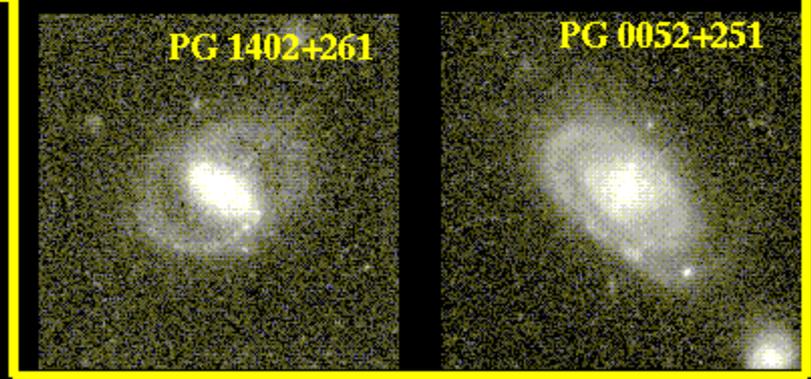


Radio-quiet

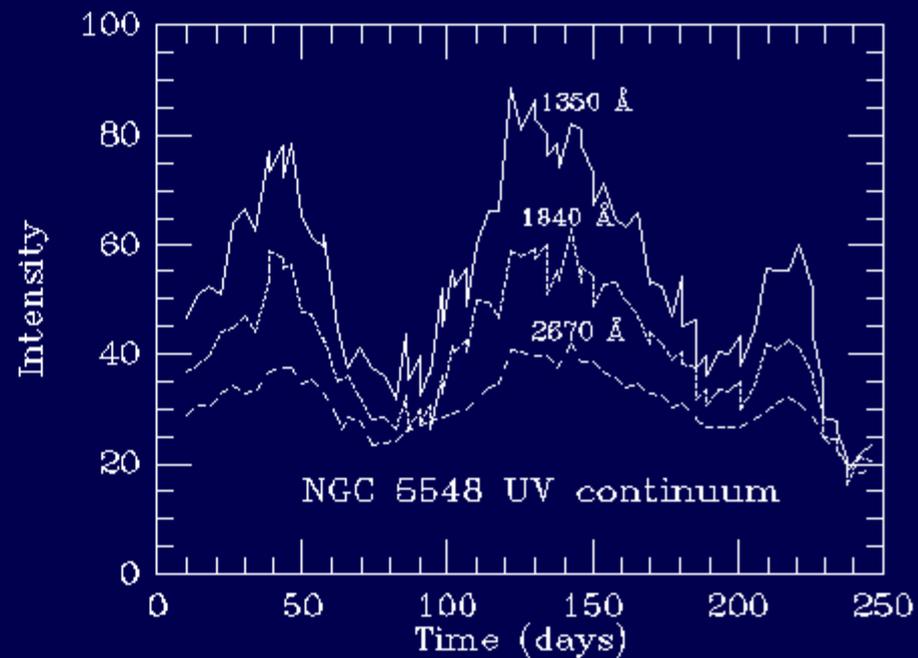
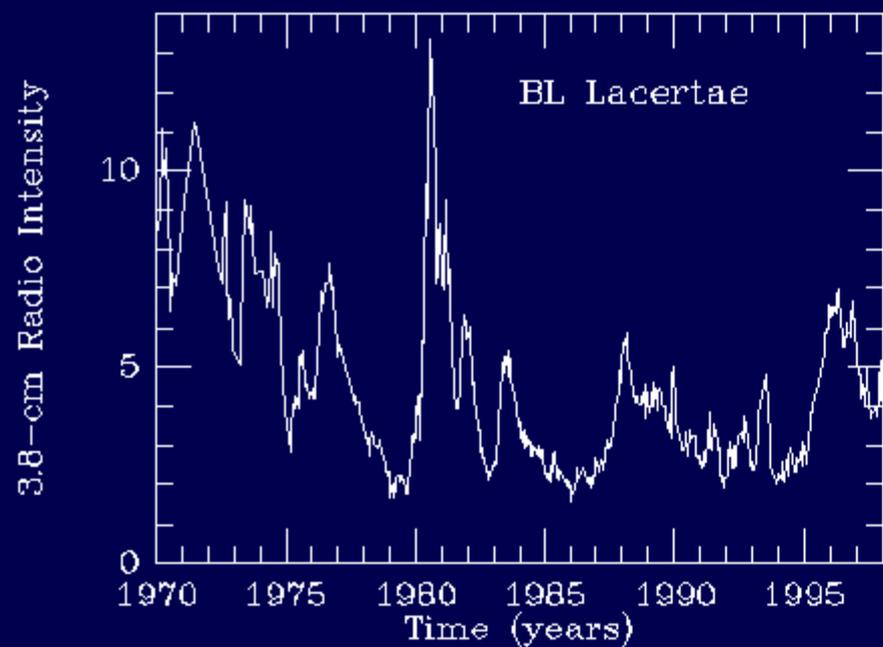
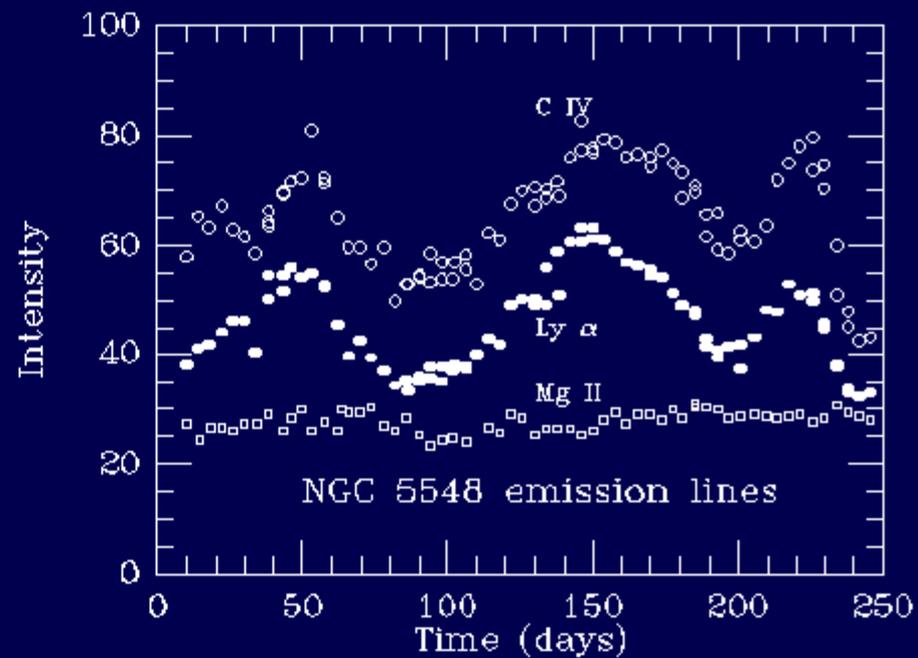
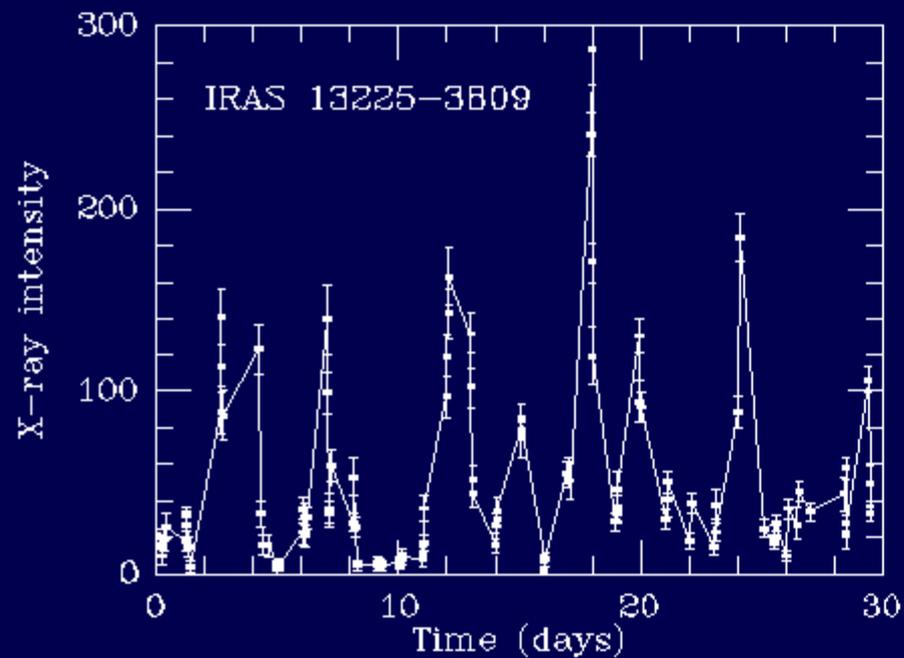


# QSO Host Galaxies

*HST images*



- Известно около 200 тысяч квазаров.
- Абсолютное большинство находится дальше 7 миллиардов св.лет от нас.
- С вводом в строй новых телескопов их число должно превысить миллион!



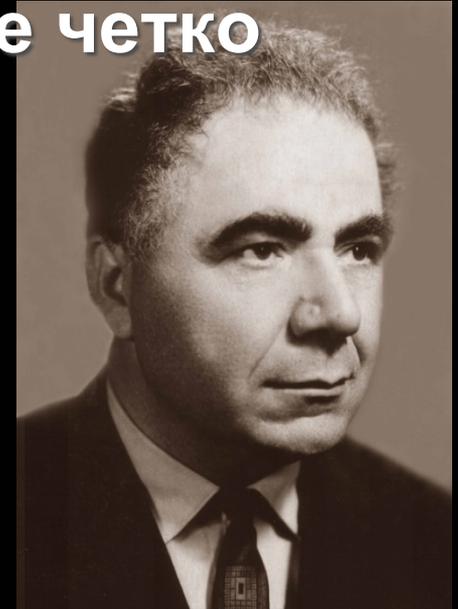
# Четыре важнейших свойства активных ядер

- Размер активной области – от световых часов до световых месяцев
- Переменность блеска без четкого периода
- 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).*

**О фундаментальной роли активного ядра в эволюции галактик впервые четко заявил В.А.Амбарцумян**

**1954-1956 V.A. Ambartsumian**



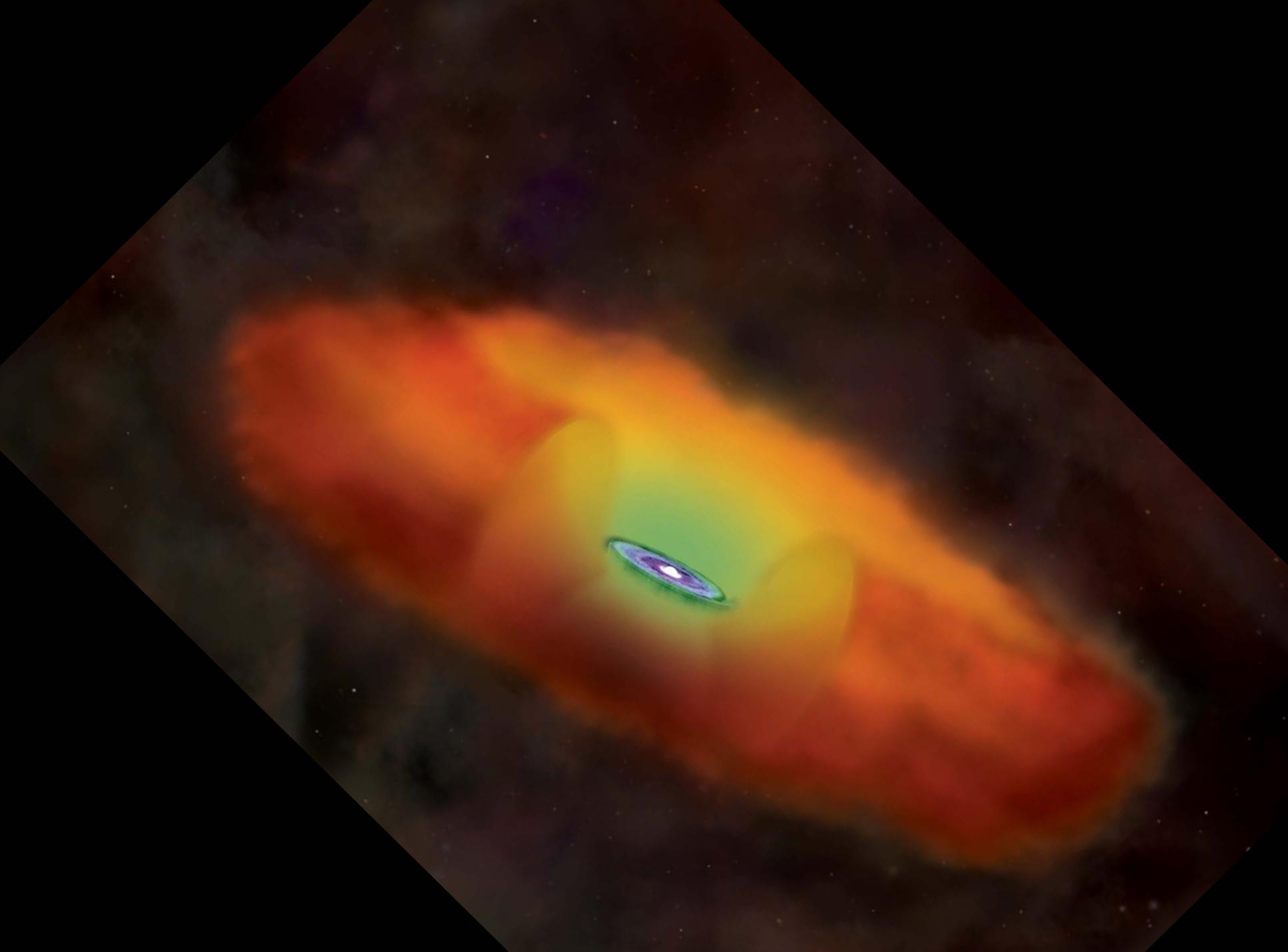
**Идея Амбарцумяна:**

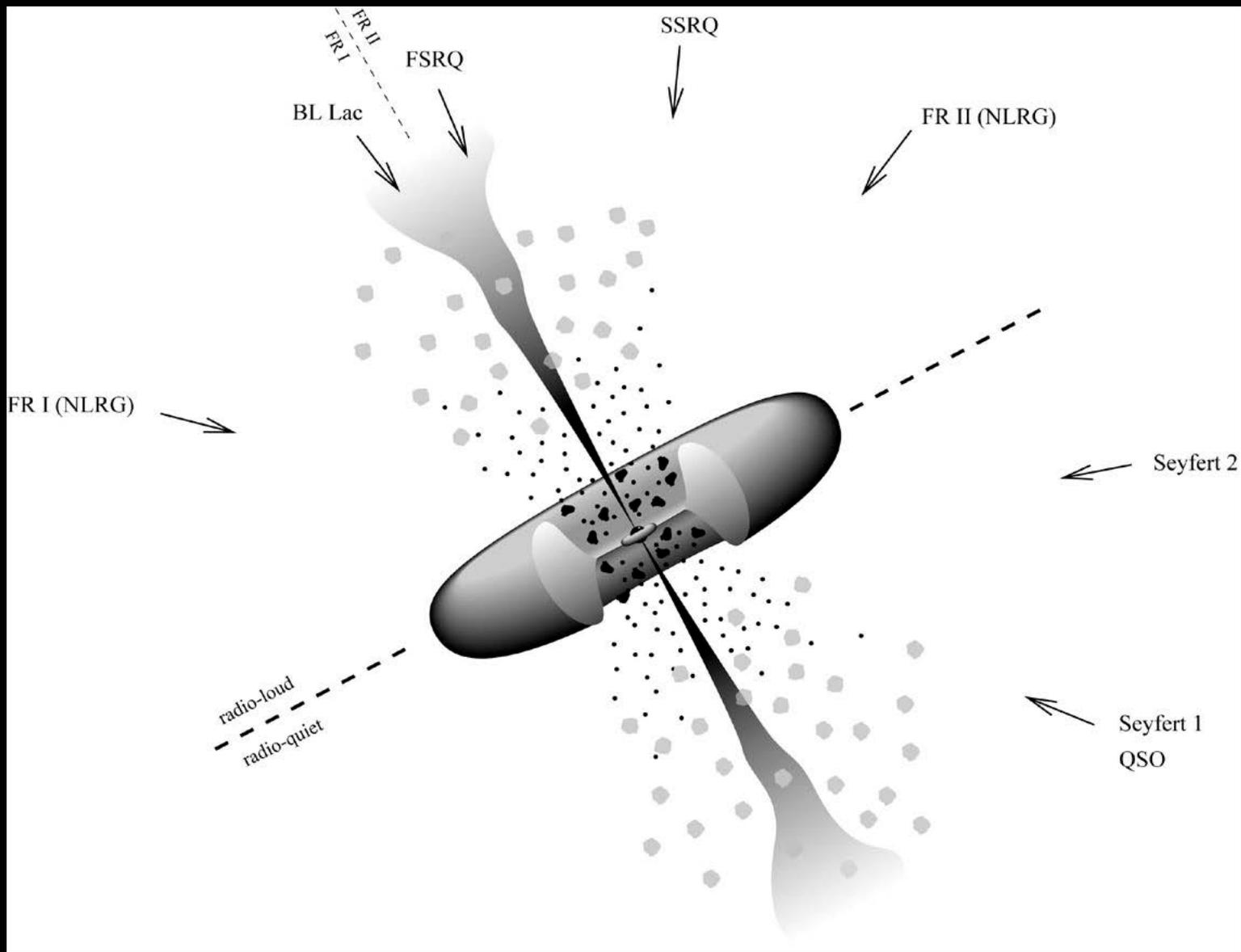
- 1. Активные ядра не стационарны.**
- 2. Выброс массы из ядра воздействует на всю галактику, а, возможно, и рождает галактику.**

# Как устроено активное ядро?









# Семь гипотез о природе активности ядер галактик

- Ядра - области взрывного расширения массивных сверхкомпактных тел неизвестной природы, которые дают начало целым галактикам (Амбарцумян).
- Ядра – гигантские шары намагниченной плазмы, своего рода свергигантские радиопульсары, рождающие мощное излучение и джеты.
- Ядра – суперкомпактные звездные скопления, в которых идет интенсивное звездообразование и непрерывно происходят вспышки сверхновых
- Ядра – суперкомпактные звездные скопления, где непрерывно происходят столкновения и разрушения звезд

# Семь гипотез о природе активности ядер галактик

- Ядра – области аннигиляции вещества и антивещества, сохранившегося до наших дней в виде компактных объектов
- Ядра – диски ультра горячей замагниченной плазмы вокруг сверхмассивных черных дыр с массой от нескольких миллионов до нескольких миллиардов масс Солнца
- Ядра – «белые дыры», через которые выбрасывается материя, затаенная черными дырами в других частях Вселенной или даже в других Вселенных

**Сверхмассивные черные дыры,  
по-видимому,  
обнаружены!**

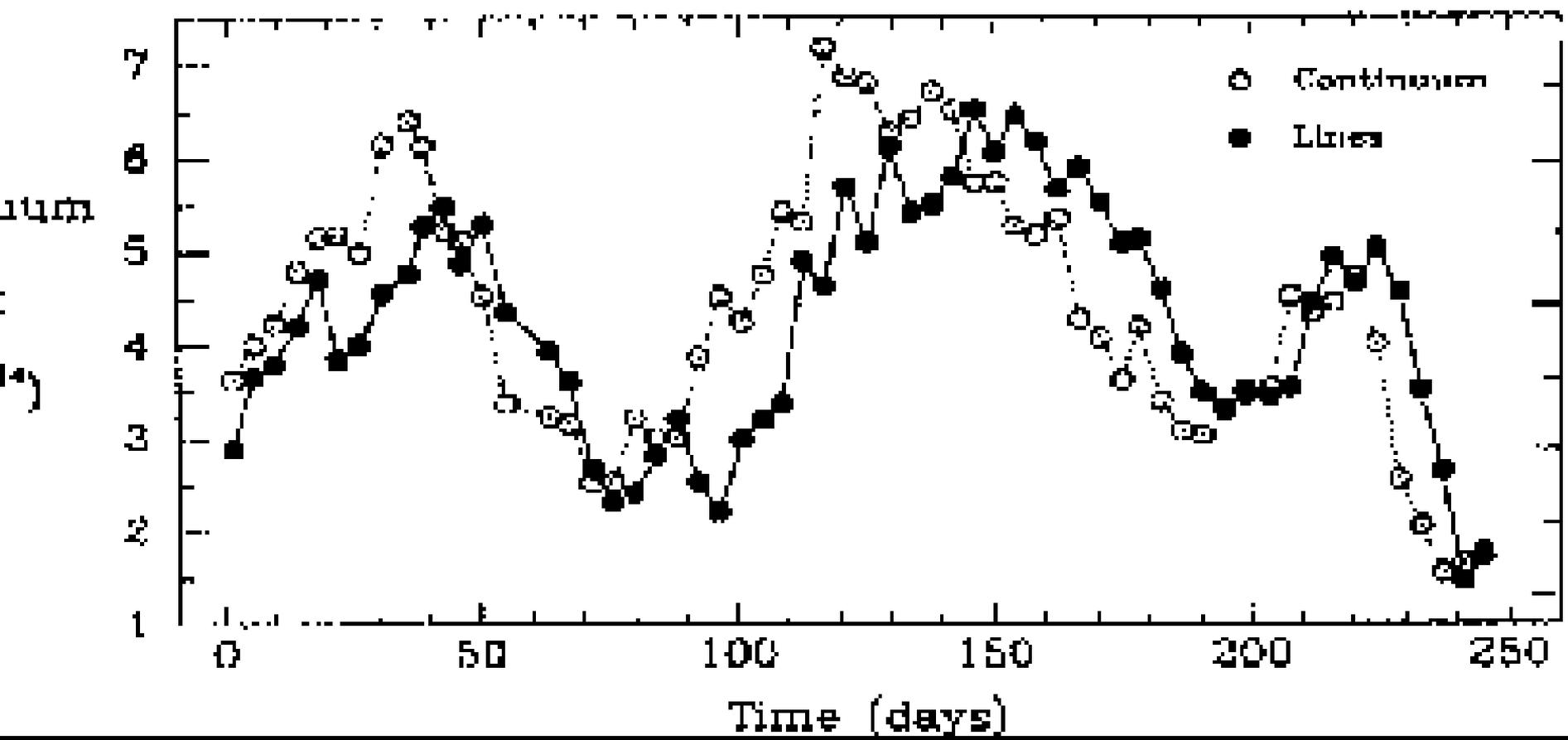


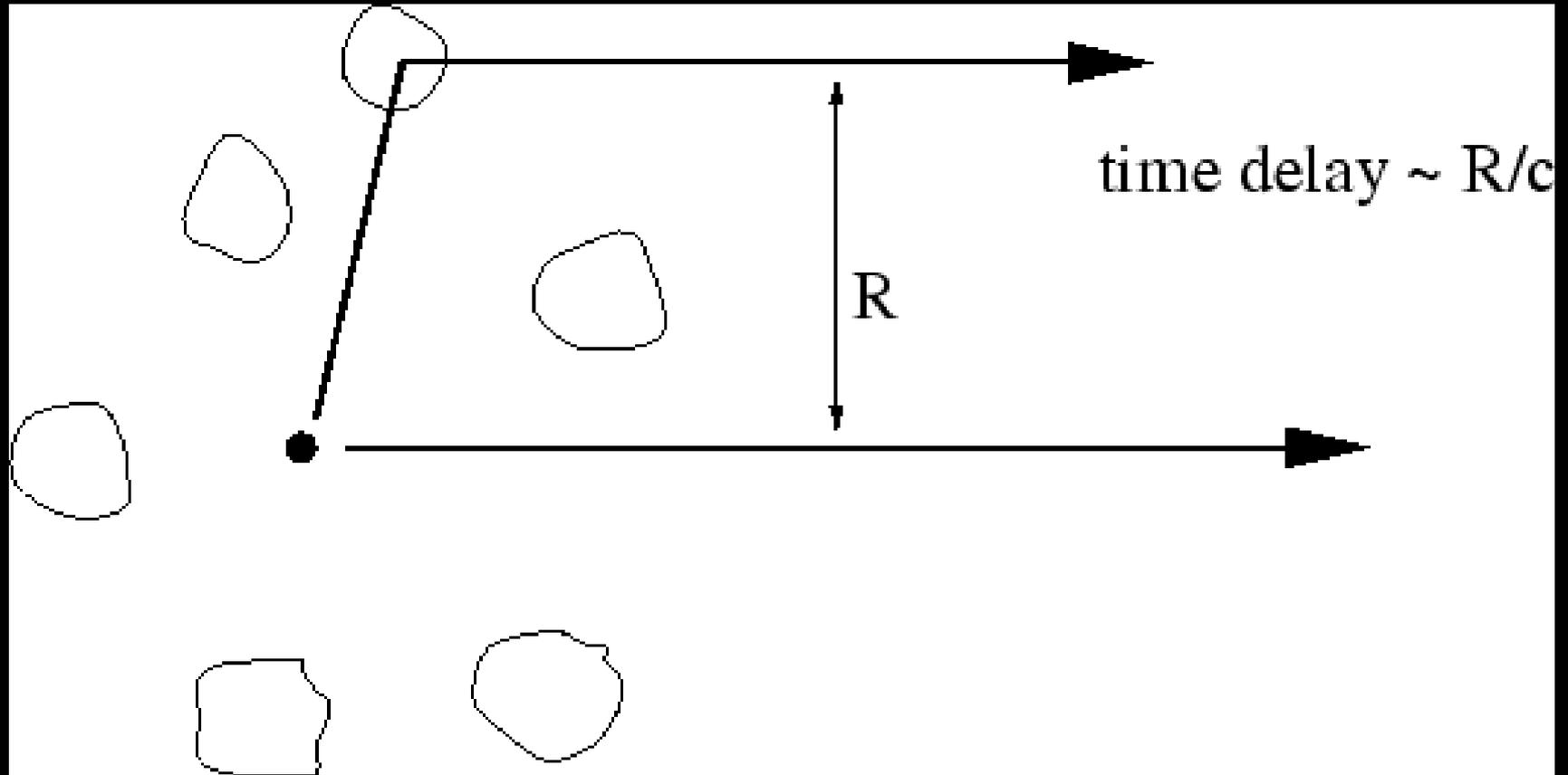


# КАК МОЖНО ИЗМЕРИТЬ МАССУ КОМПАКТНОГО ОБЪЕКТА В ЦЕНТРЕ ГАЛАКТИКИ?

- 1. Измерение скорости вращения газа или звезд на известном расстоянии в доли парсека от центра
- 2. Метод эхо-картирования: скорости газа оцениваются непосредственно, а его расстояние от центра – по запаздыванию светового сигнала

# NGC 554B





Так что же все-таки  
происходит  
в ядрах галактик?

# Гипотеза черных дыр:

- Источник энергии- гравитационное поле, преобразующее потенциальную энергию падающего газа сначала в кинетическую, затем -- в тепловую.
- Создана теория аккреции газа на черные дыры. Температура внешних частей аккреционных дисков- миллиарды градусов. Нет конфликта с наблюдениями.

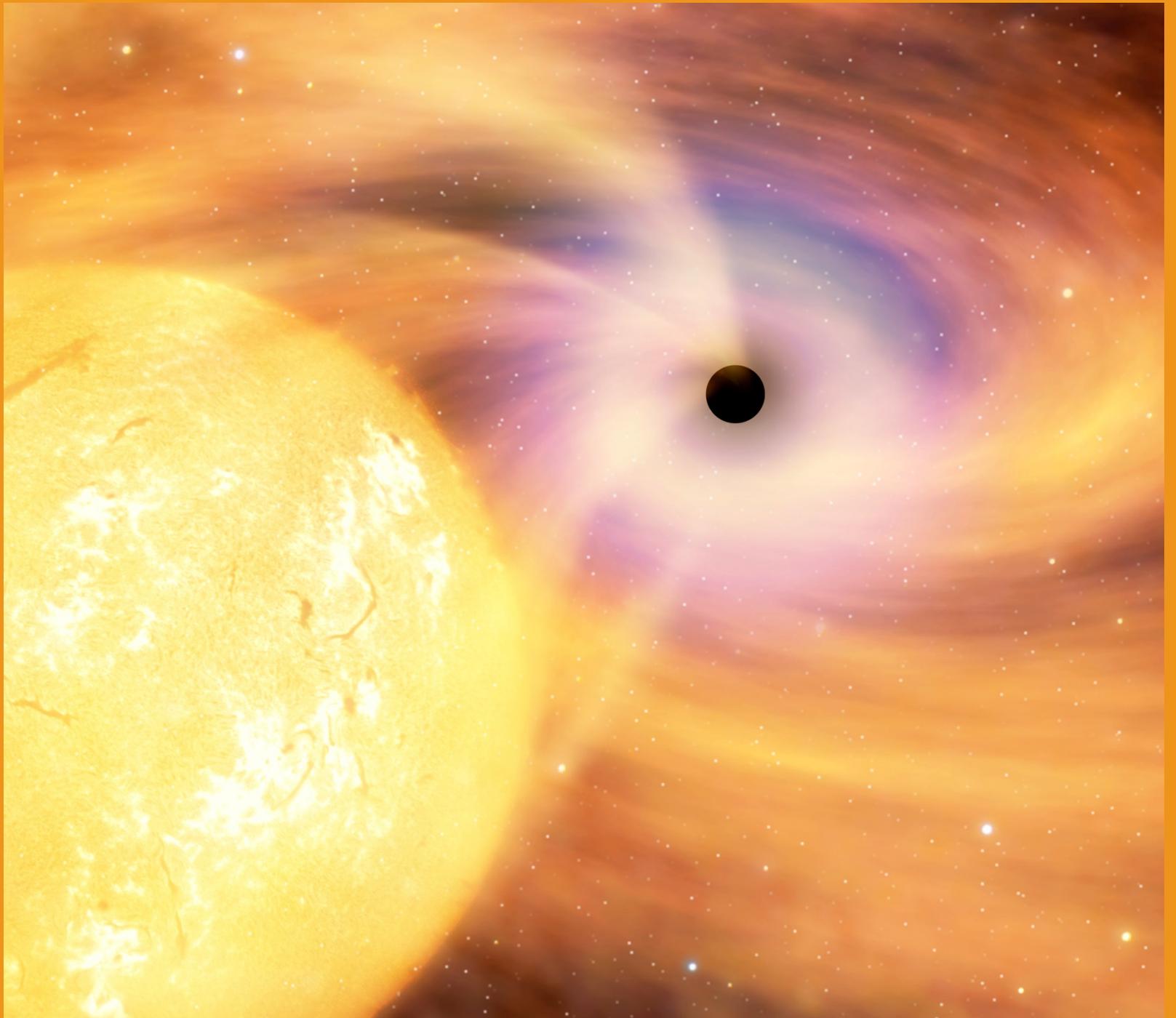
# ПРОБЛЕМА:

ГРАВИТАЦИОННОЙ ЭНЕРГИИ  
ХВАТАЕТ ДЛЯ ПРОЯВЛЕНИЯ  
АКТИВНОСТИ,

НО КАК ДОСТАВИТЬ К САМОМУ ЦЕНТРУ  
ГАЛАКТИКИ ТРЕБУЕМОЕ «ТОПЛИВО»?

Ничтожный момент импульса – и вещество  
проскакивает мимо центра.







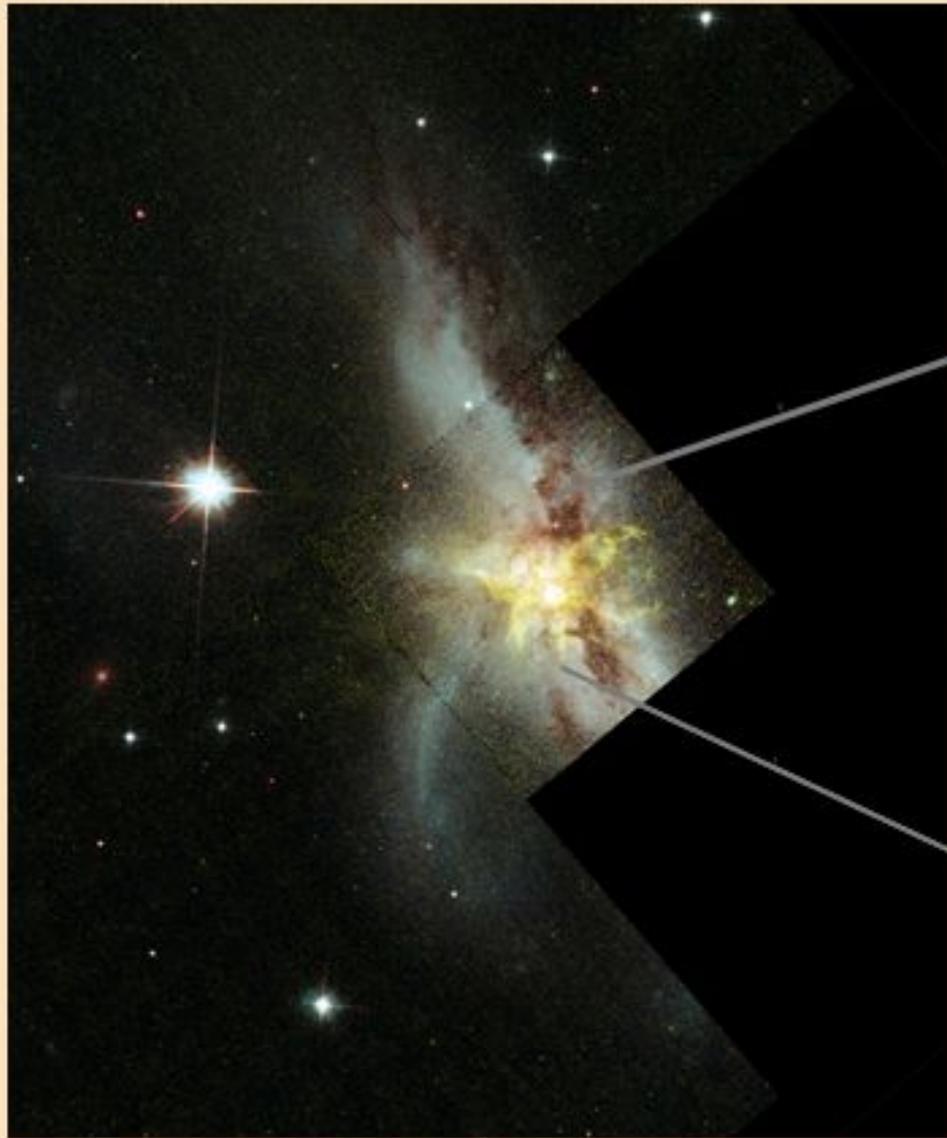
GC 3227 / UGC 5620 / IRAS 10207+2007

2.6 arcmin

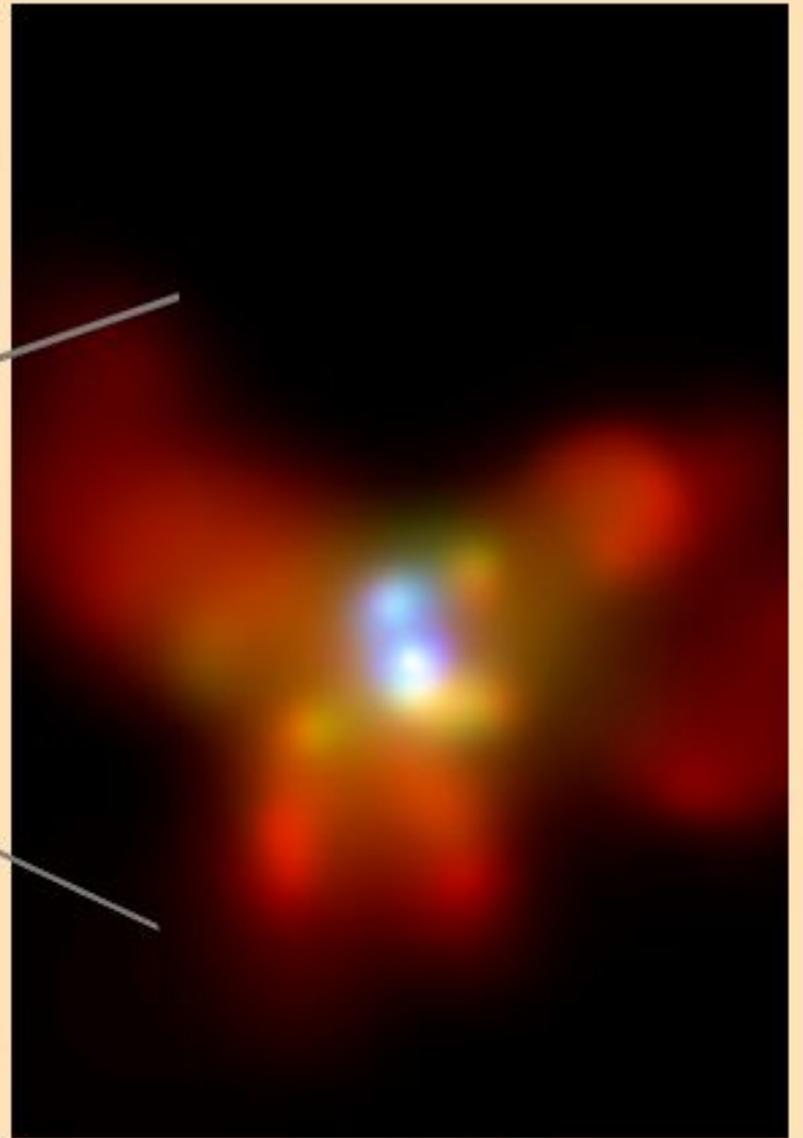


NGC6240

1'



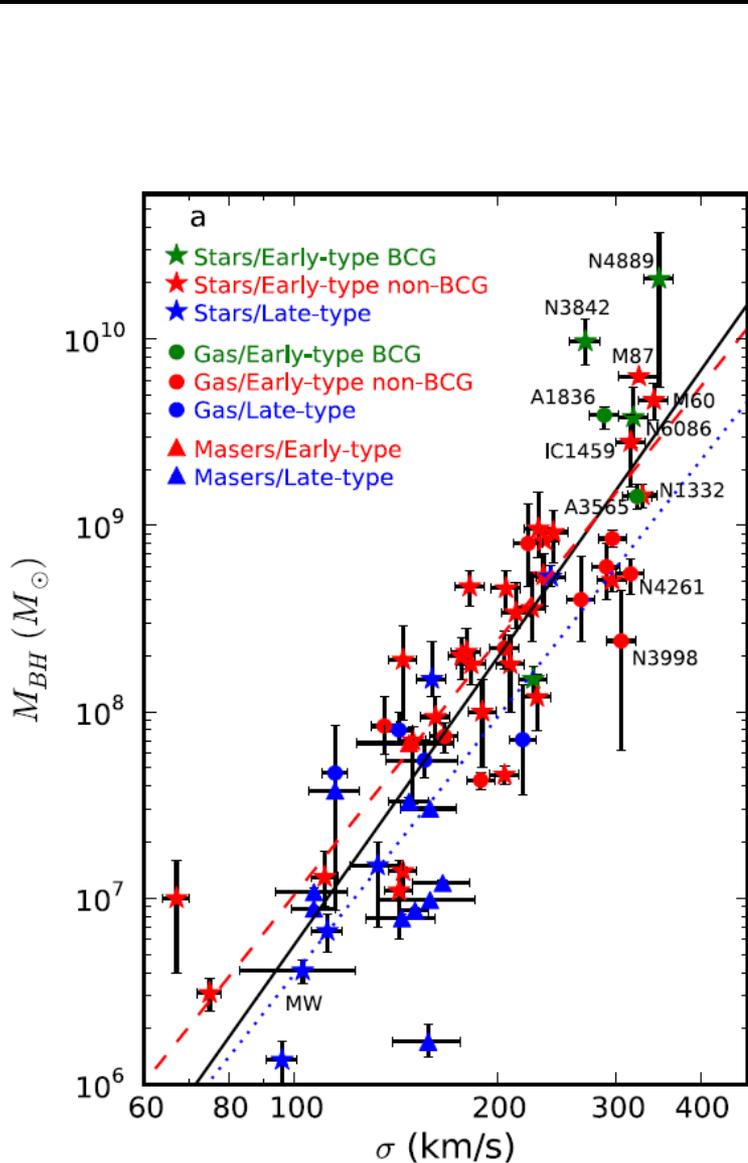
Hubble Optical



Chandra X-ray

**Как связана сверхмассивная  
черная дыра и галактика в  
целом?**

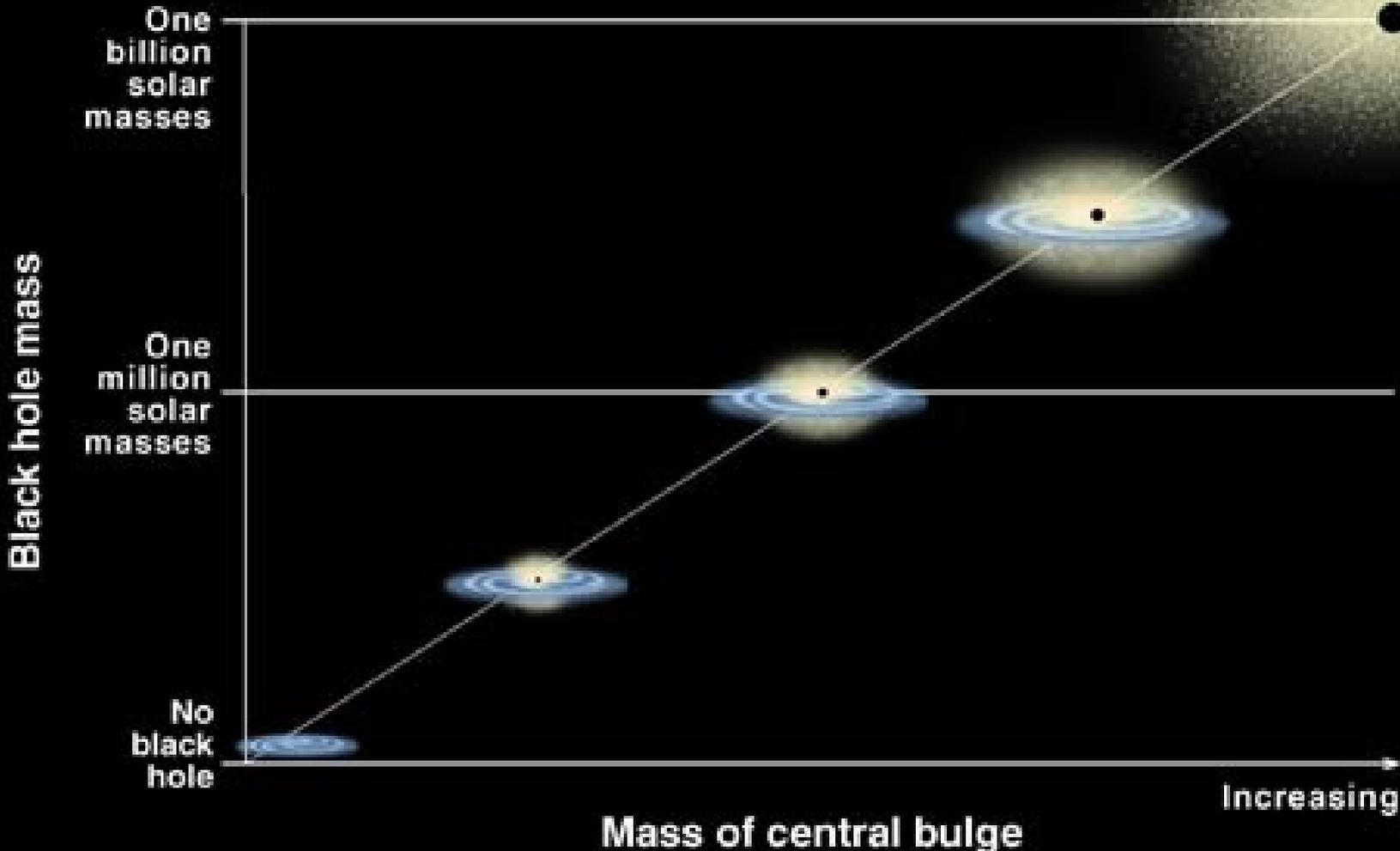
Изо всех корреляций свойств сверхмассивных черных дыр со свойствами родительской галактики наиболее тесной является корреляция с центральной дисперсией скоростей галактики

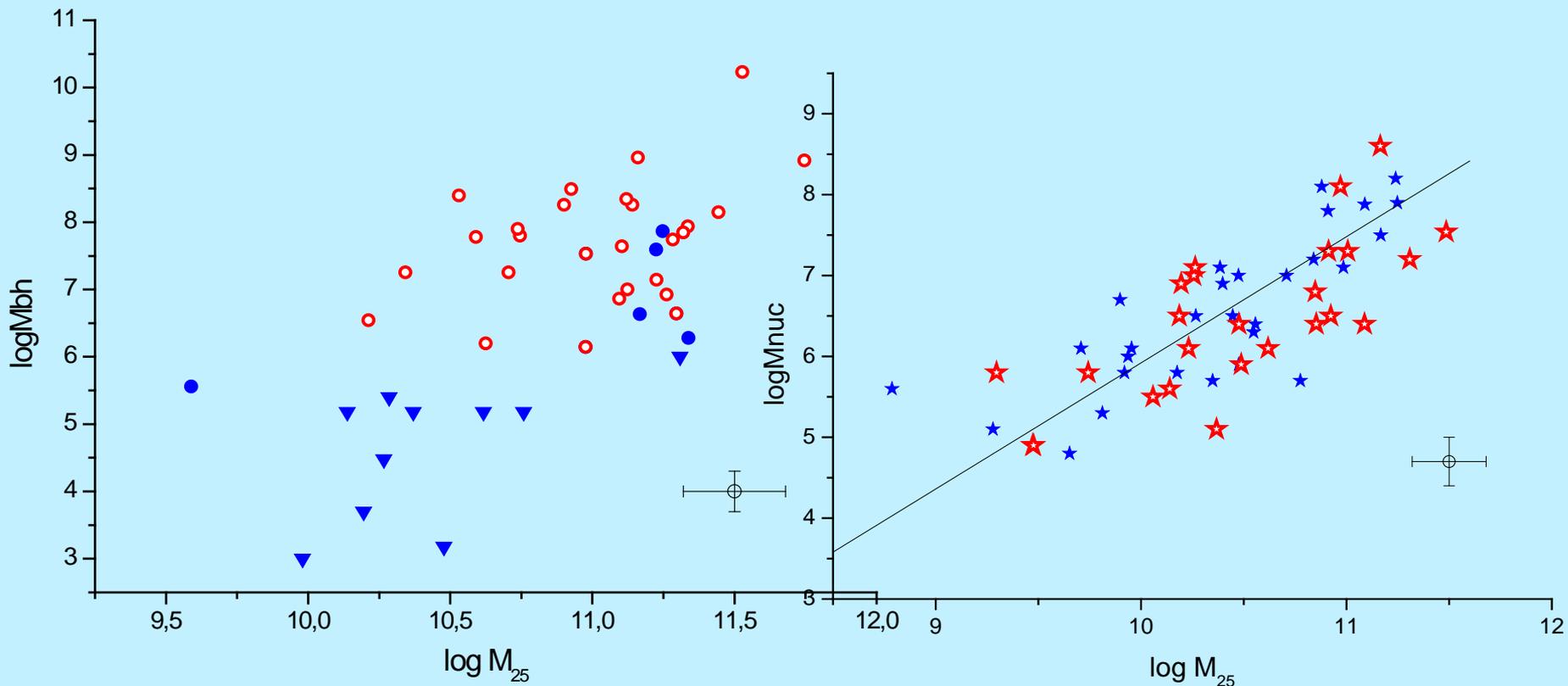


McConnell et al., Nature, 2011

Красный и зеленый цвет: E-галактики  
Синий цвет: S – галактики. Для S галактик корреляция практически отсутствует

# Correlation Between Black Hole Mass and Bulge Mass

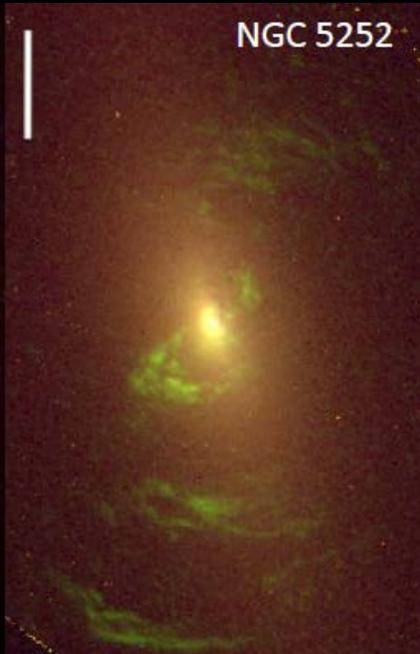




Mkn 1498



NGC 5252



**Зеленый цвет –  
излучение  
в линии [OIII]**

*Keel et al., 2014*

NGC 5972



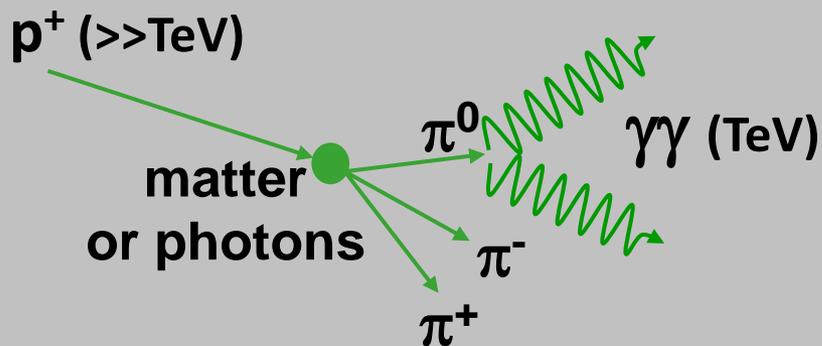
UGC 7342



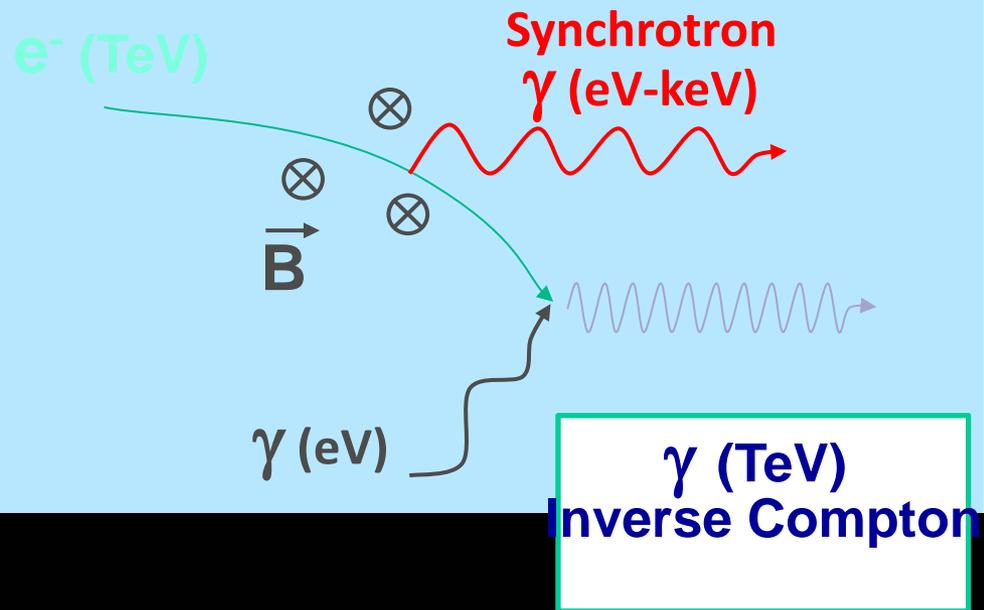
# Квазары как источники гамма-излучения

# Два механизма рождения гамма-излучения

## hadronic acceleration



## leptonic acceleration



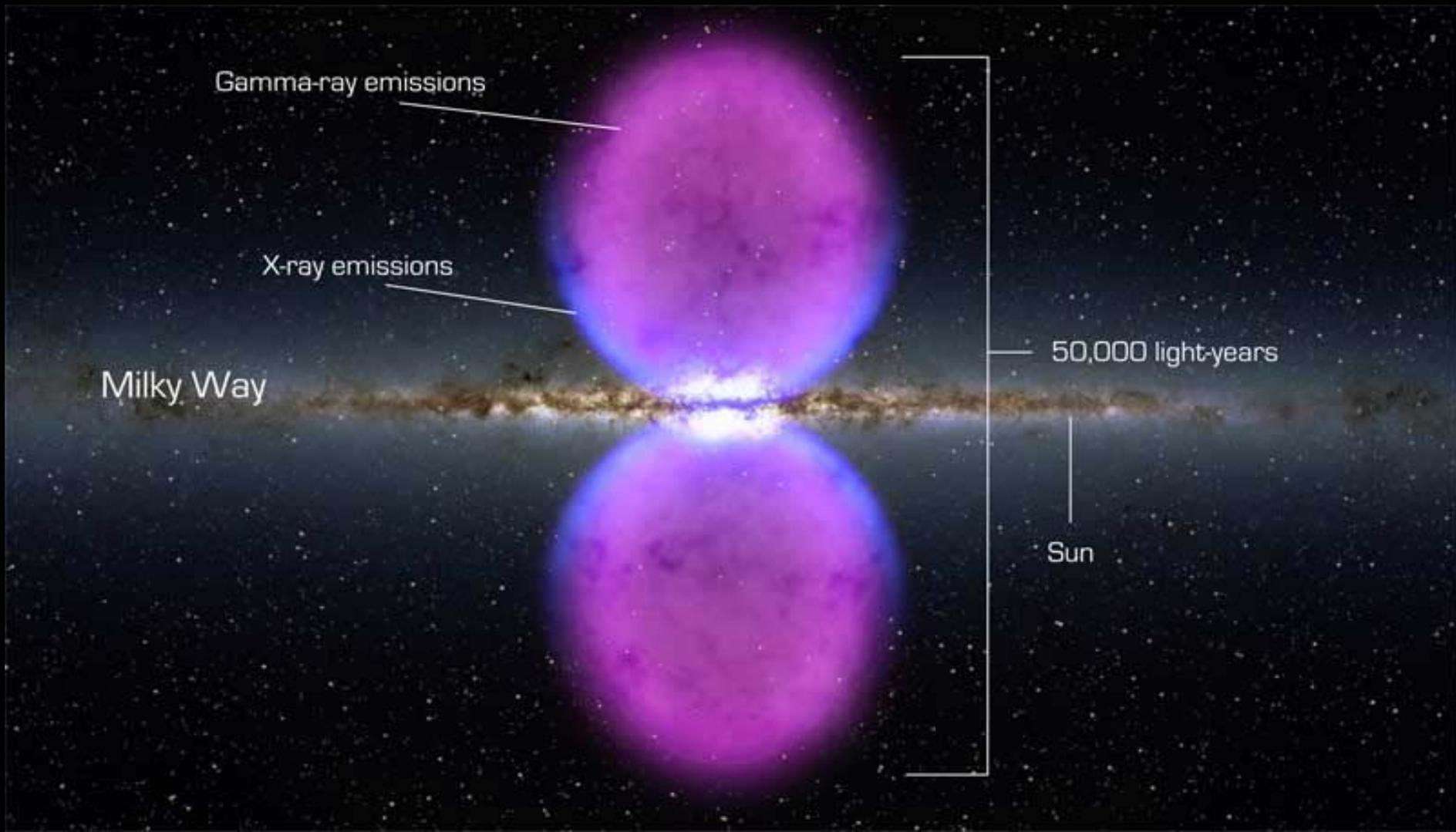
# Как принимают самые высокоэнергичные кванты в природе?

- Наша атмосфера выступает в роли детектора
- Гамма-кванты, разбивая атомы, рождают сверхсветовые электроны в атмосфере. Их присутствие можно зарегистрировать.

**Международный консорциум MAGIC**

**Канарские о-ва  
E>100 ГэВ  
Работает с 2009 г.**





# Проблемы:

- Как смогли менее чем за миллиард лет сформироваться массивные черные дыры в ядрах галактик?
- Откуда черная дыра знает, насколько массивна та галактика, которая его окружает?
- Все ли галактики проходят стадию активного ядра, и как сказывается на галактиках квазароподобная активности ядра?
- Как рождается мощное гамма-излучение активных ядер?