

# РАДИО АСТРОНОМИЯ





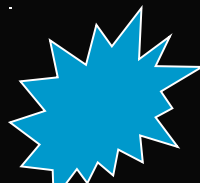
# Три «радио-Солнца» на небе!!



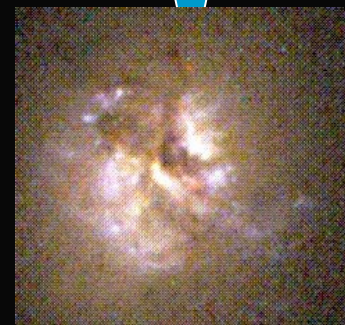
Наше Солнце



Радиоисточник  
Кассиопея А



Радиоисточник  
Лебедь А





**НЕМНОГО ИСТОРИИ...**



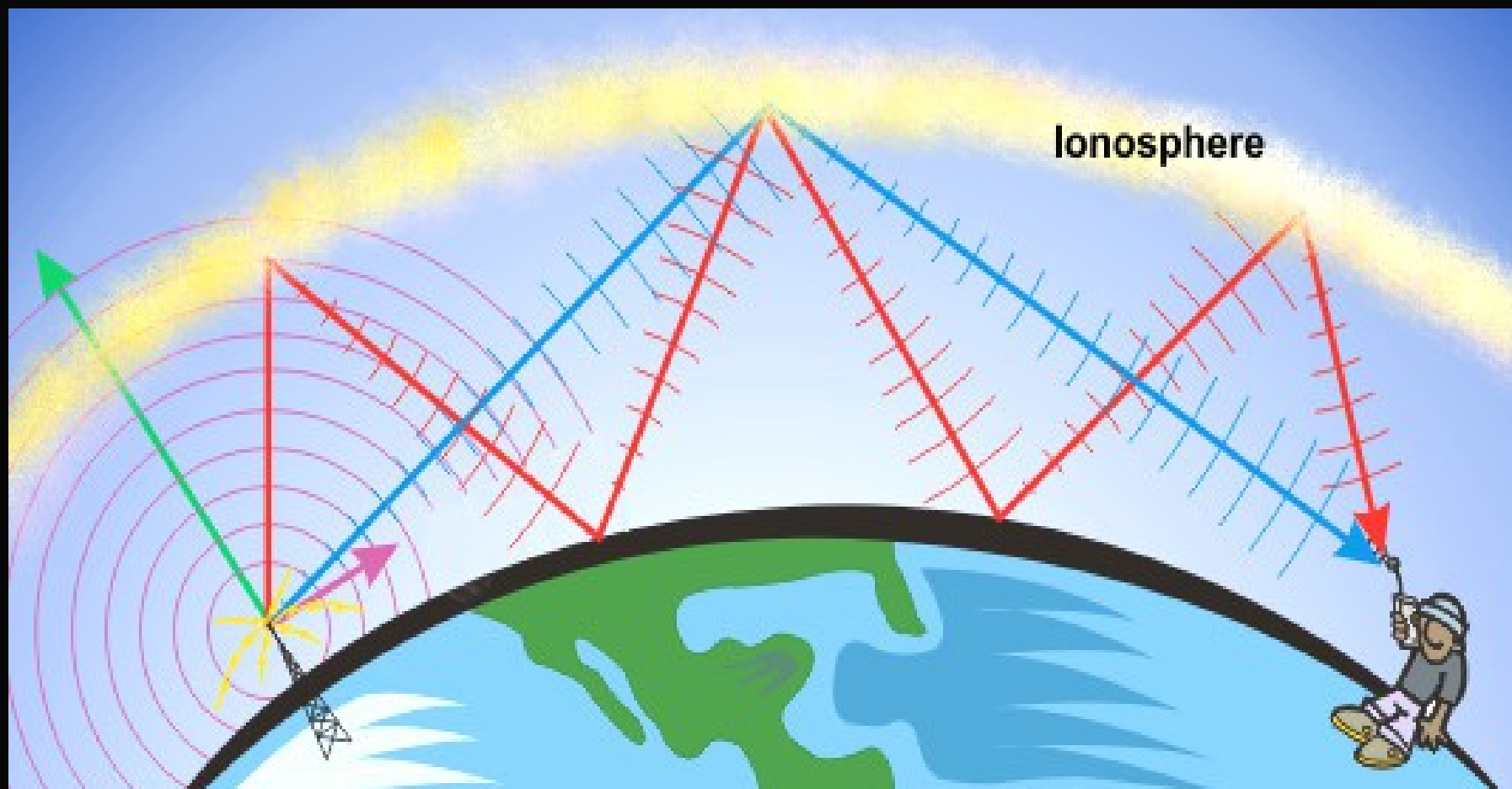
**1888 год.  
Генрих Герц. Впервые  
экспериментально  
доказал существование  
радиоволн.**

# Радиоастрономия вряд ли может существовать....(1902 г.)

- Оливер Хэвисайд (Великобритания).

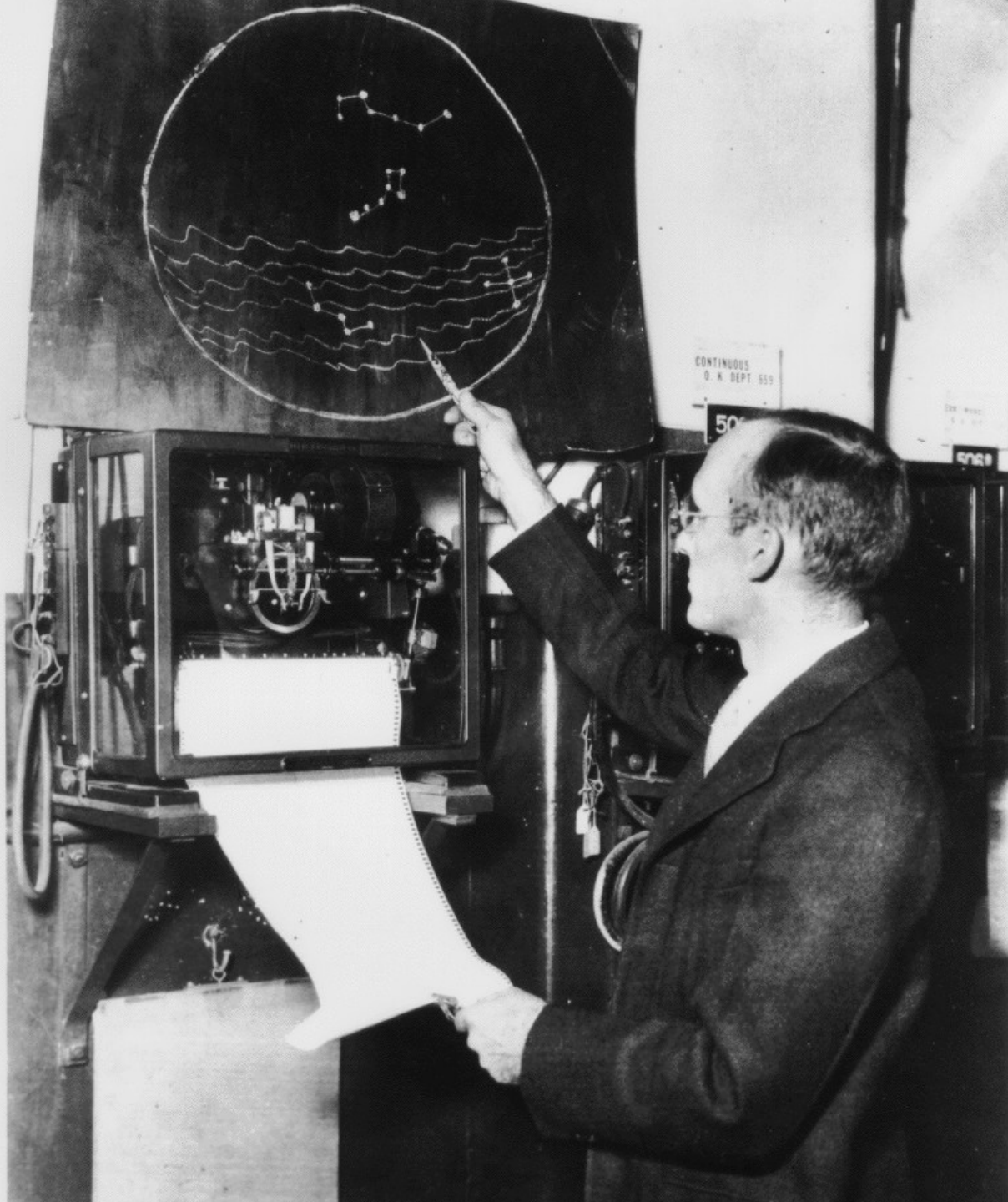


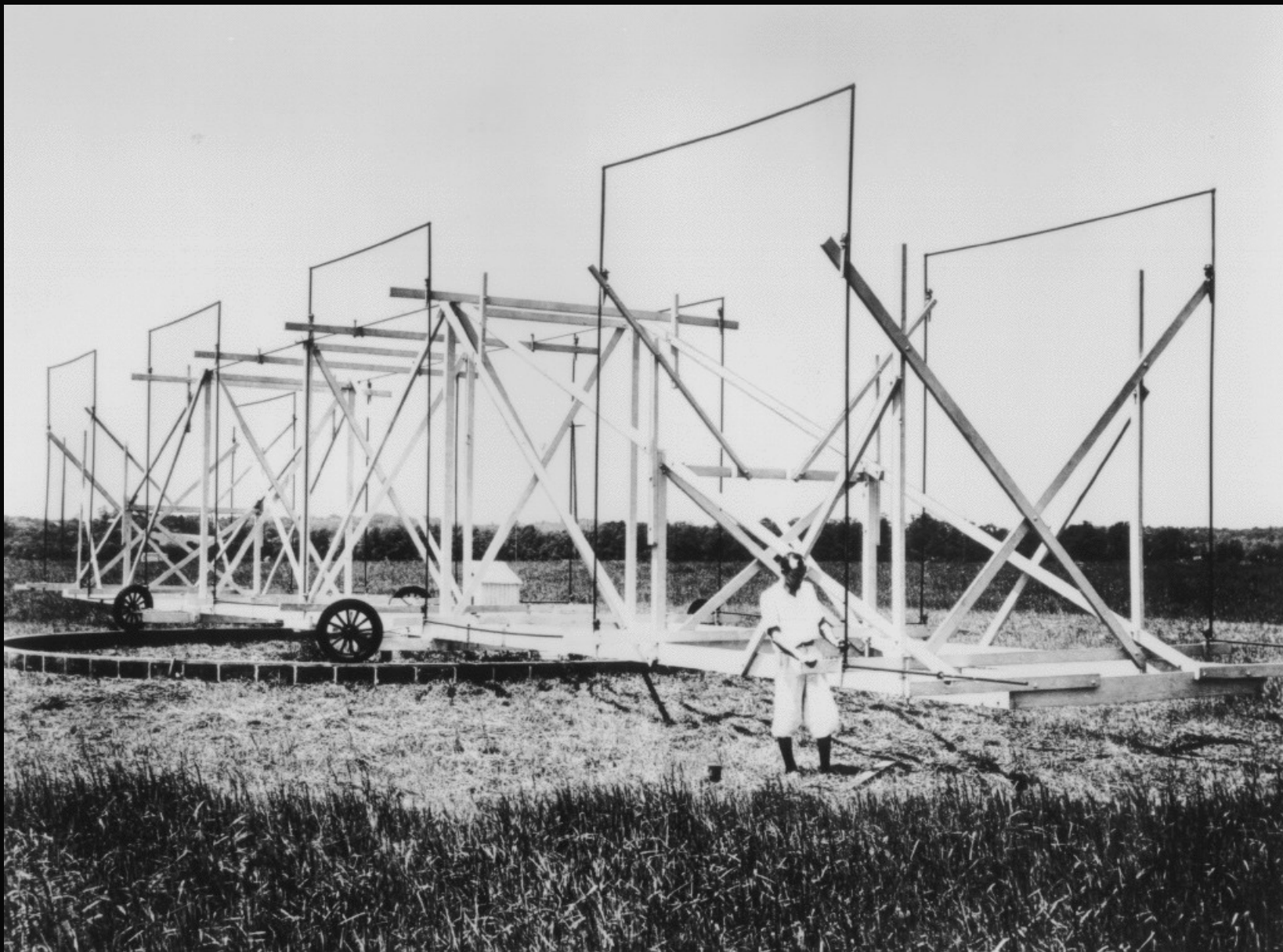
# Ионосфера





1932г.  
Карл Янский  
Первое  
обнаружение  
космического  
Радиоизлучения  
( $\lambda$  14.5 м)





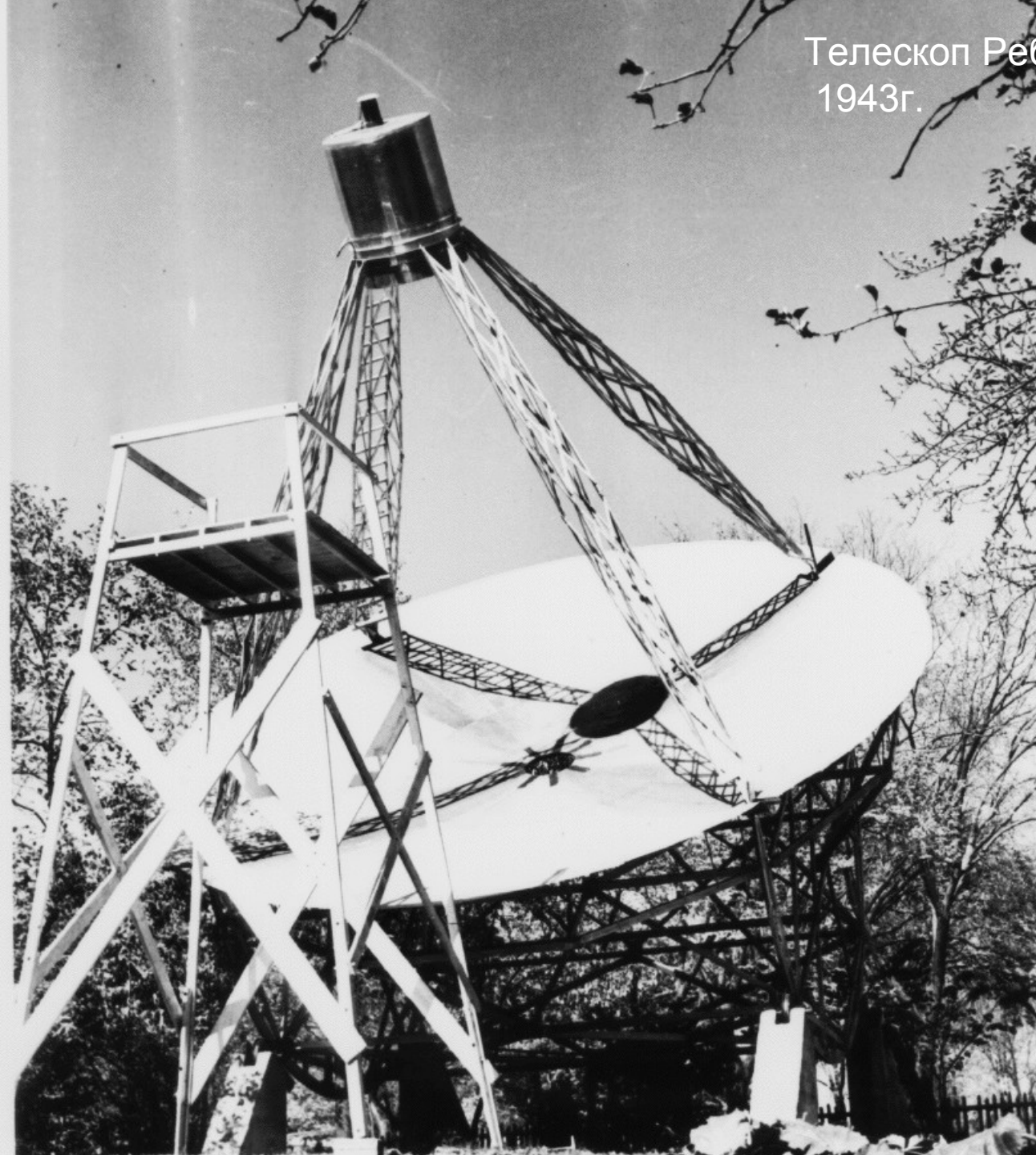
■ 1943 г.

Грот Ребер (радиоловитель)

Первое посторение радиокарты неба



Телескоп Ребера, ок. 10м.  
1943г.





Начало работы: 1938 г.

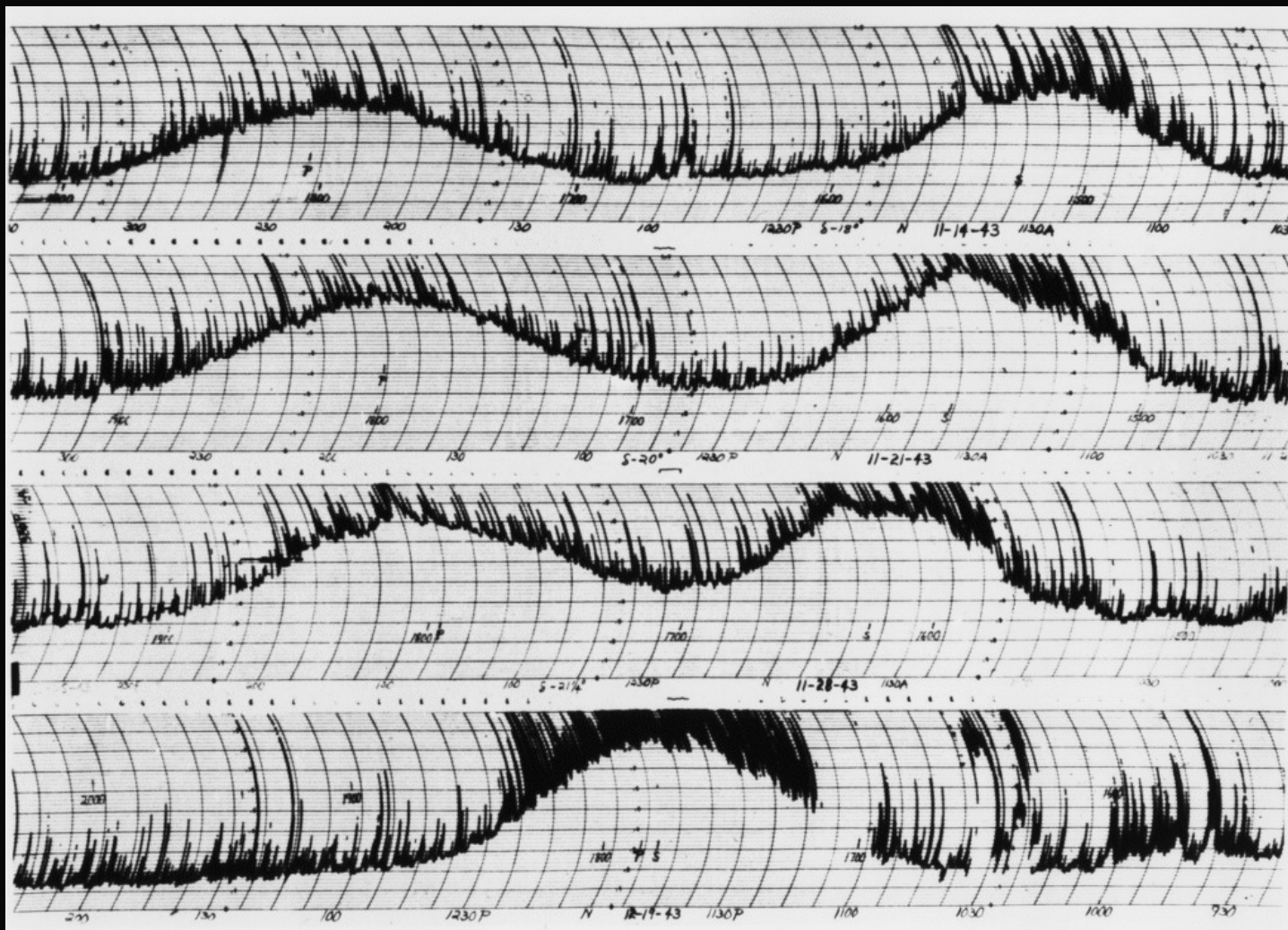




# Запись космического радиоизлучения (1943 г., Ребер)

$\lambda=1.9\text{м}$

Источники:  
Мл.путь  
Солнце  
Лебедь  
Кассиопея





# 1951 г. Обнаружение теоретически предсказанного радиоизлучения межзвездного водорода на 21 см

## Теоретическое предсказание:

Сделано на основе квантовой механики, с помощью которой можно рассчитывать интенсивности и длины волн излучения любых атомов.

*Атом водорода может рождать низкоэнергичные кванты излучения с длиной волны 21 см, оставаясь на основном энергетическом уровне (благодаря квантовым свойствам электрона и протона) .*

Ван де Хюлст (Дания), 1945г., И.С.Шкловский (СССР), 1948г.

# 1951 г. Обнаружение теоретически предсказанного радиоизлучения межзвездного водорода на 21 см

Гарольд Ивен,  
Рук. Эдвард Парцель  
Гарвардский ун-т, США.





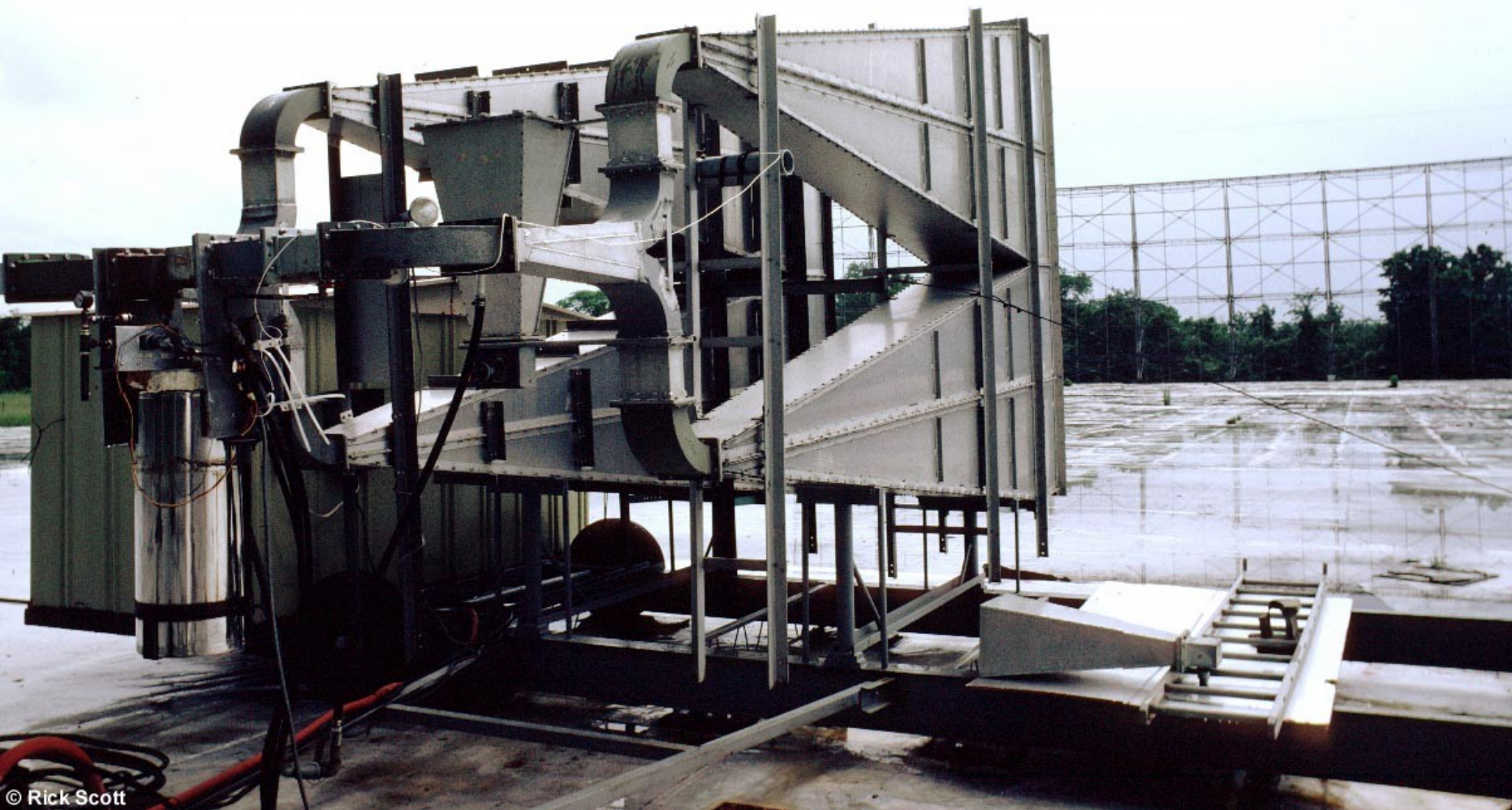
1951 г.,  
Гарвардский ун-т,  
США.





THIS STONE MONUMENT WAS ERRECTED BY  
THE BOARD OF TRUSTEES OF THE UNIVERSITY OF  
THE STATE OF NEW YORK IN 1964  
IN HONOR OF THE 100TH ANNIVERSARY OF  
THE BIRTH OF DR. JOSEPH L. ROBERTS  
WHO WAS A MEMBER OF THE BOARD OF  
TRUSTEES OF THE UNIVERSITY OF THE STATE OF  
NEW YORK IN 1900.





© Rick Scott

**Радиотелескоп «Большое ухо» (Огайо, США, 1965)  
Обнаружил около 20 тыс. радиоисточников на небе.**

Август, 15, 1977г. Проект SETI 1420, 4 МГц

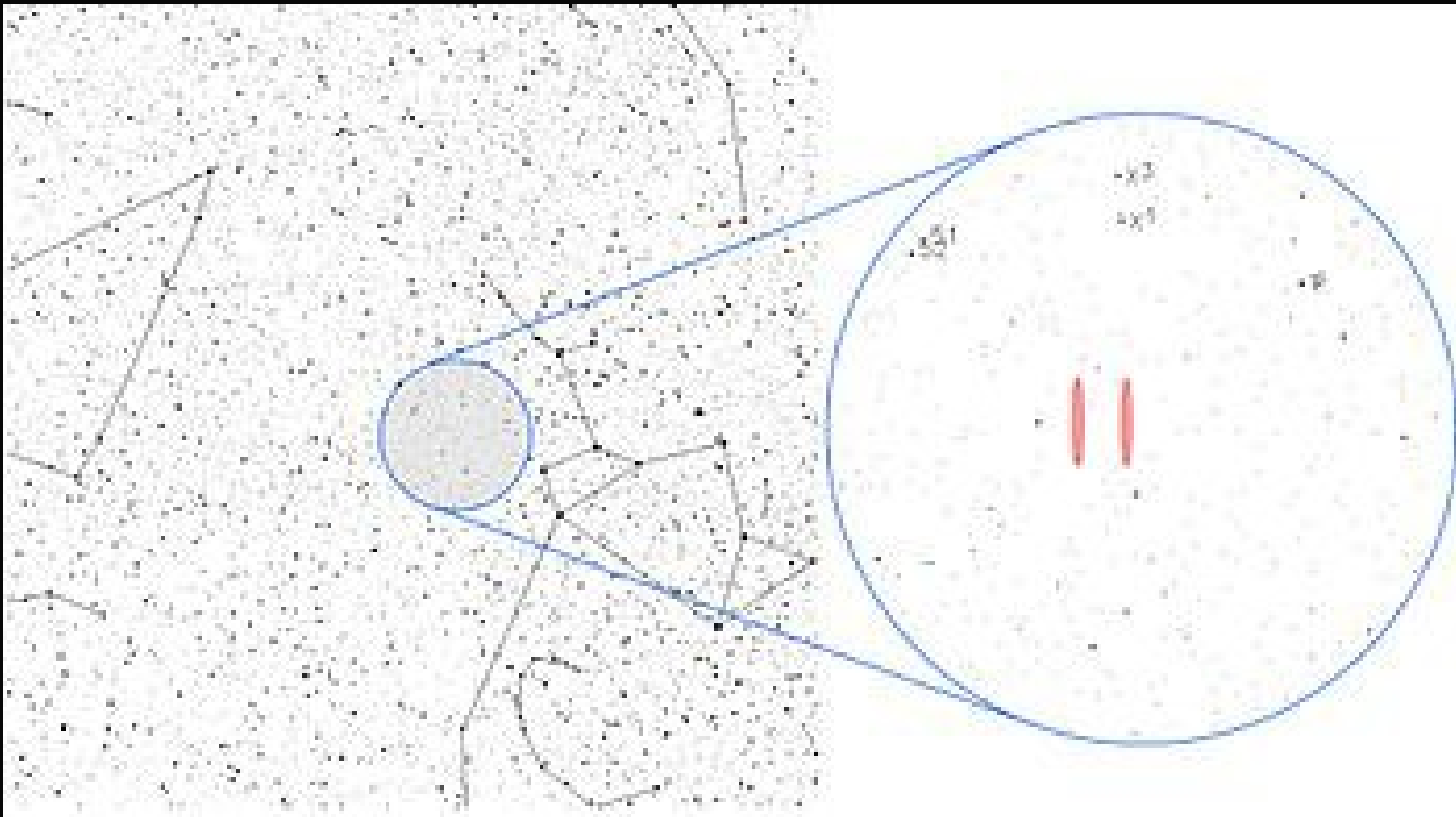
Wow!

|      |    |    |   |     |    |     |    |
|------|----|----|---|-----|----|-----|----|
| 1    |    | 2  |   | 1   |    | 4   | 3  |
| 1    | 16 | 1  |   | 1   |    | 1   |    |
| 1    | 11 | 1  | 1 |     |    | 11  | 1  |
|      | 1  |    |   |     |    | 1   |    |
| 6    | 2  |    |   |     | 3  |     |    |
| 1E24 | 3  | 12 | 1 | 31  | 1  |     |    |
| Q    | 1  | 1  | 2 | 1   | 21 | 1   |    |
| U    | 1  |    |   | 1   | 1  |     | 1  |
| 3    | 1  |    |   | 3   |    | 1   |    |
| 2J   | 1  | 31 | 3 | 111 | 7  | 11  | 1  |
| 5    | 1  |    |   |     | 1  | 1   |    |
|      | 14 | 1  |   | 113 |    | 2   | 11 |
| 1    | 3  | 1  |   | 1   | 1  |     |    |
| 1    | 4  |    | 1 | 1   | 1  | 11  |    |
|      | 4  | 1  | 1 | 1   | 11 | 111 |    |
|      | 1  |    |   | 1   |    | 1   |    |
| 1    | 1  | 1  |   |     | 11 | 2   | 1  |
|      |    |    |   |     |    |     | 1  |
|      |    |    |   |     |    |     | 4  |

# Созвездие Стрельца

## Область сигнала WOW

$19^{\text{h}}25^{\text{m}}31^{\text{s}} \pm 10^{\text{s}}$  (или  $19^{\text{h}}28^{\text{m}}22^{\text{s}} \pm 10^{\text{s}}$ ) ,  $-26^{\circ}57' \pm 20'$ .











**100-м антенна  
радиотелескопа  
Green Bank (США)**





**100-м антенна  
радиотелескопа  
Effelsberg  
(Германия)**





**64-м радиотелескоп  
около г. Калязин  
Тверской обл.**













**22м радиотелескоп  
Г.Пушино, Моск.обл.**





**VLA - 27 антенн диаметром 25 м, 3 плеча (Y) по 22,4 км**





Owens Valley, California



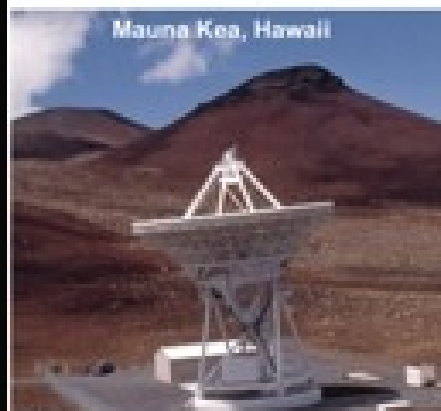
Brewster, Washington



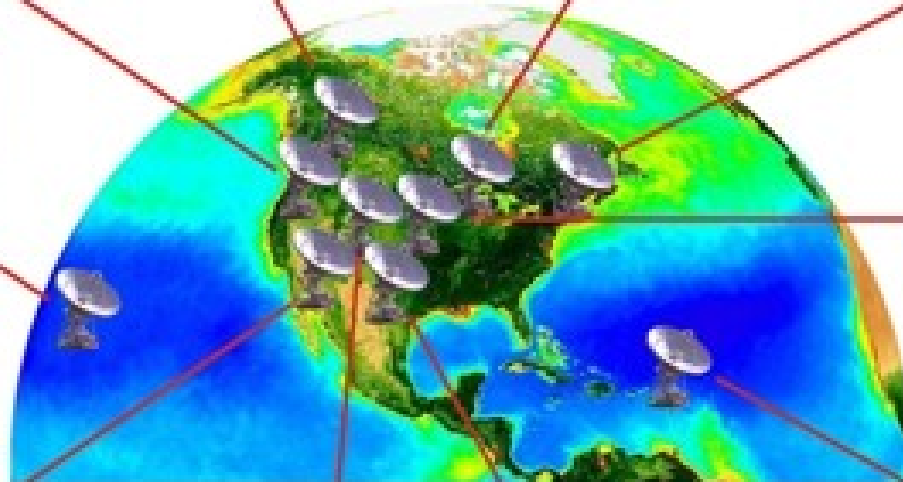
North Liberty, Iowa



Hancock, New Hampshire



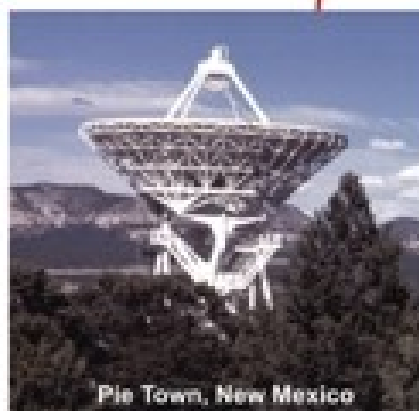
Mauna Kea, Hawaii



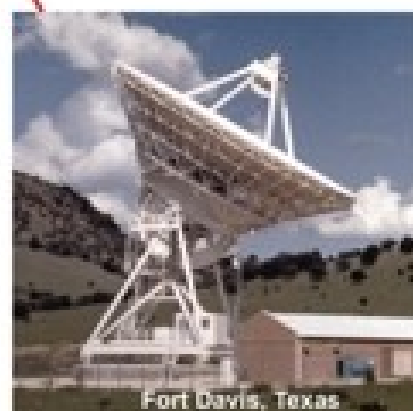
Los Alamos, New Mexico



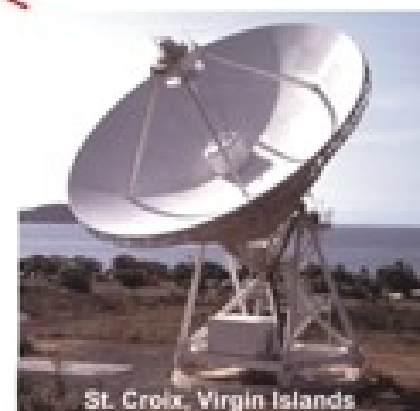
Kitt Peak, Arizona



Pie Town, New Mexico



Fort Davis, Texas



St. Croix, Virgin Islands

Нужны космические радио  
интерферометры!

# Радиоастрон

Запуск: 2011 г.

- Антенна 10м
- Апогей орбиты-  
350 тыс.км
- Угл. Разрешение-  
неск. микросекунд





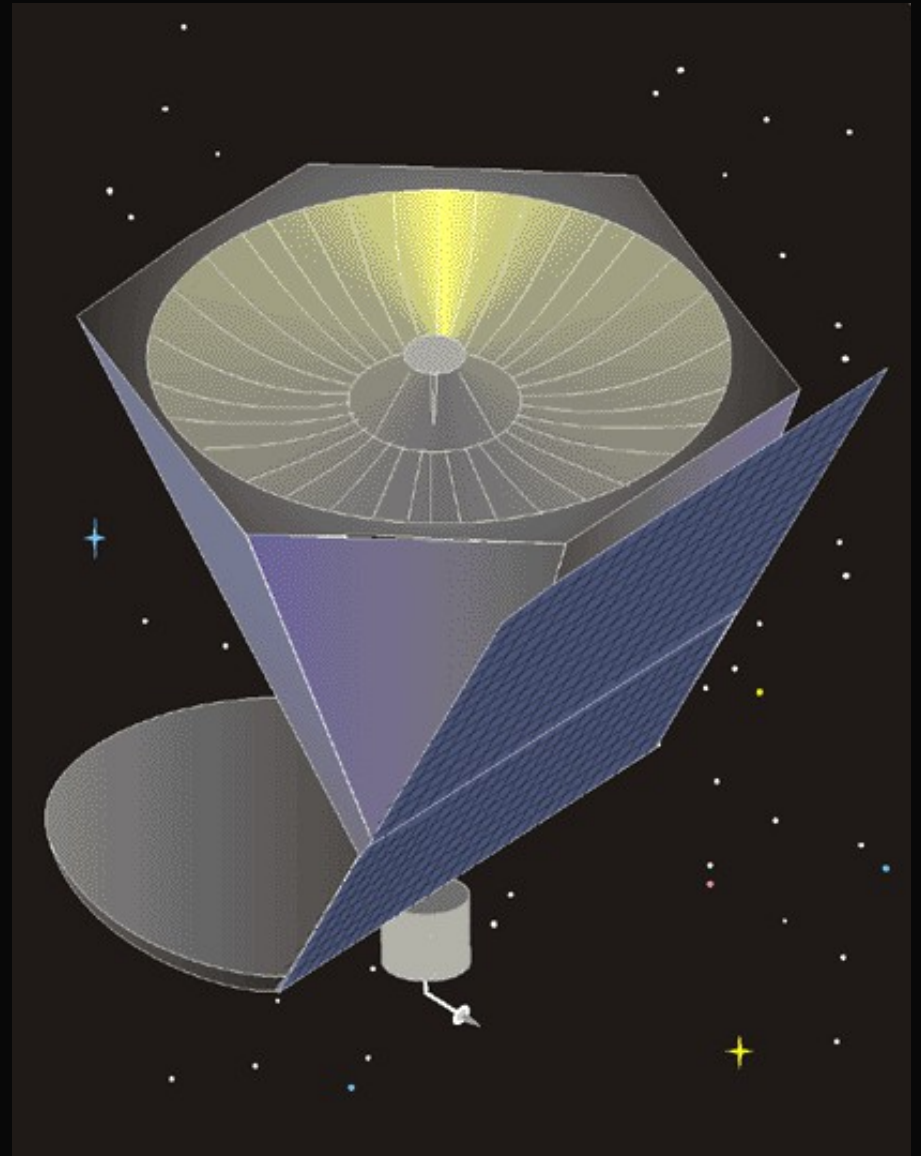




# Проект»Миллиметронтрон»

- Запуск  
(ориентировочно):  
2017г
- Рекордное угловое  
разешение:
  - лучше  $10^{-6}$  угл.сек.

Работа во 2-й  
Точке Лагранжа



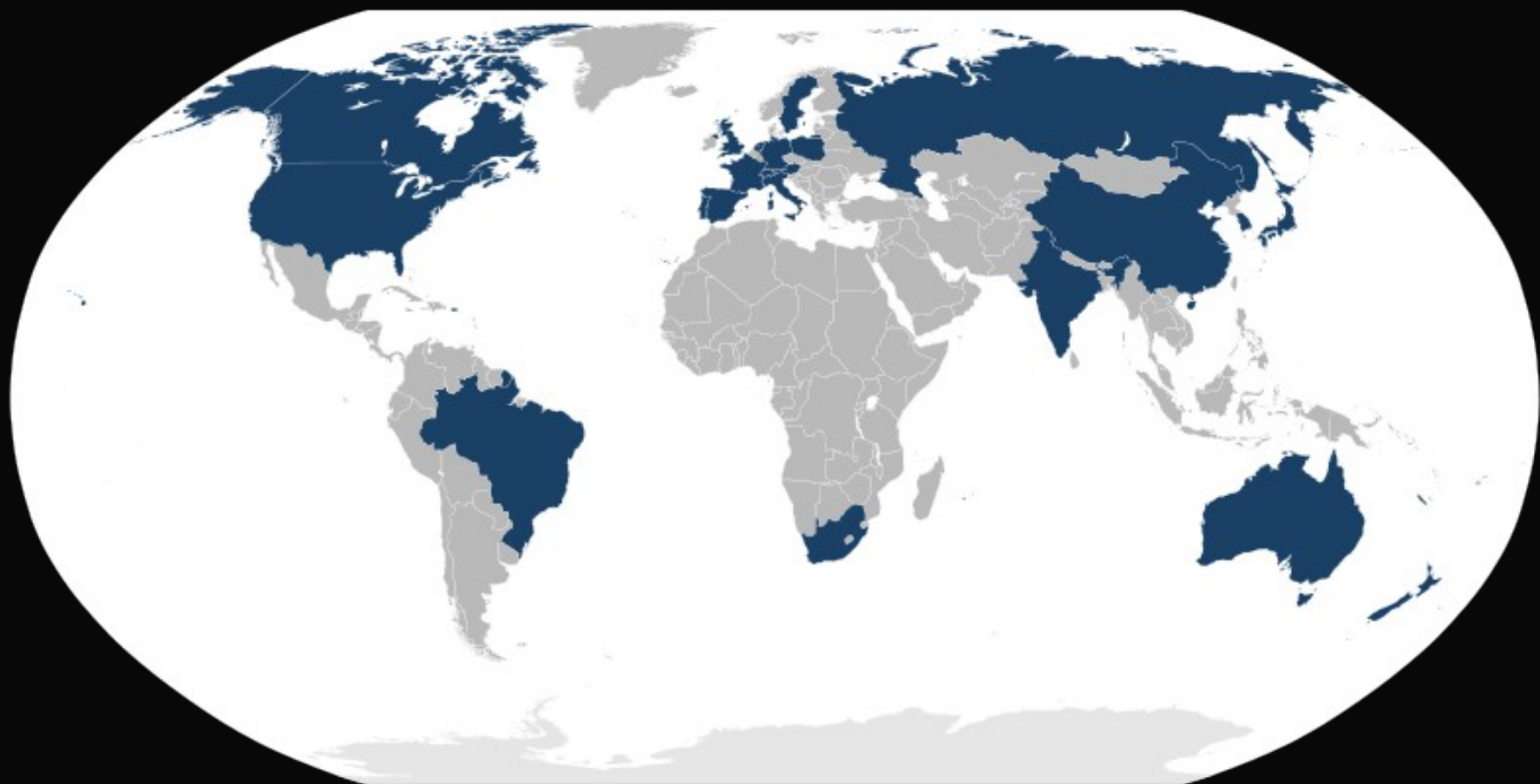


# SKA- самый крупный международный проект

- Система из нескольких тысяч антенн трех типов суммарной площадью в один миллион кв. метров, разбросанных в пределах области размером в 3000 км
- Начало строительства в 2016г, завершение первой фазы в 2019 г, завершение проекта в 2024 г.
- Стоимость 1.5 млрд Евро.

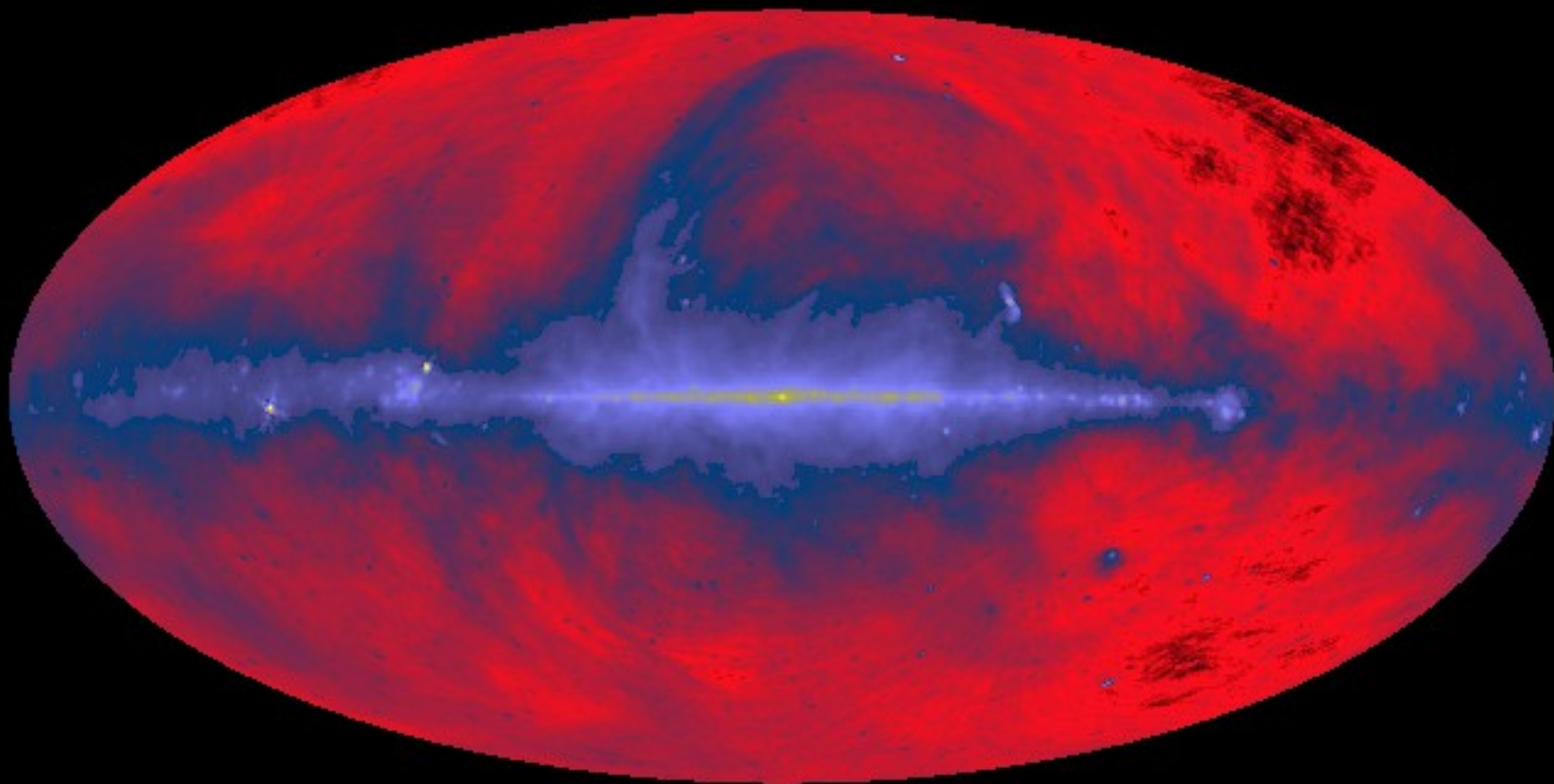








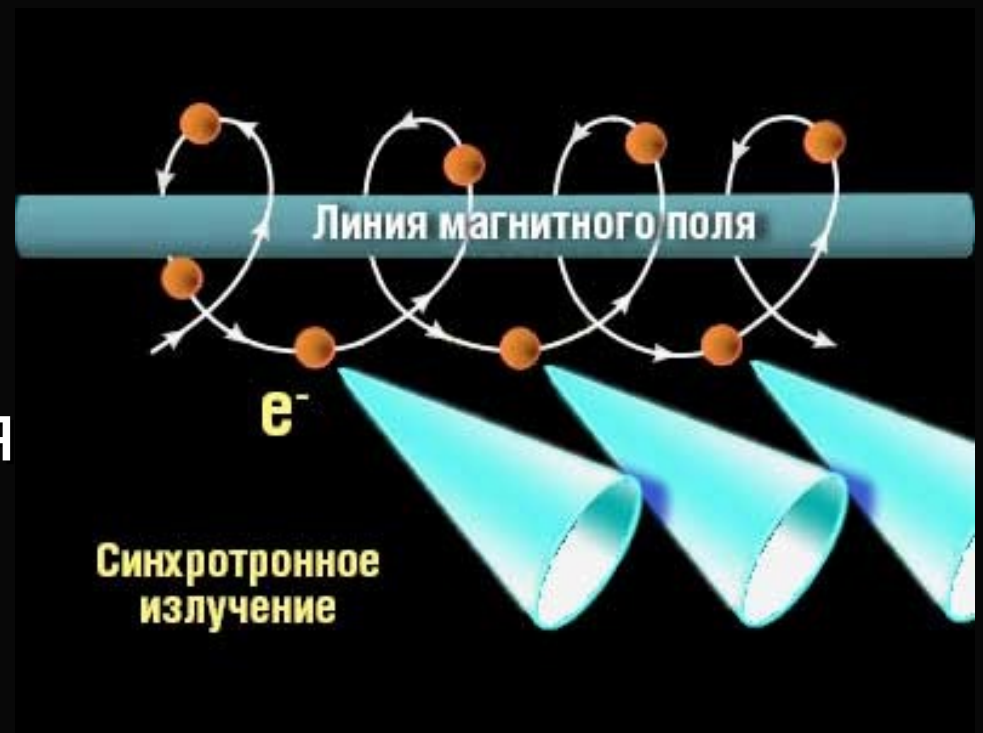
408 МГц, всё небо



# Два основных механизма излучения: тепловой и синхротронный



1950-е годы.  
Доказательство  
синхротронной  
природы излучения  
радиоисточников.  
(Н.Герлофсон,  
В.Л.Гинзбург,  
И.С.Шкловский)

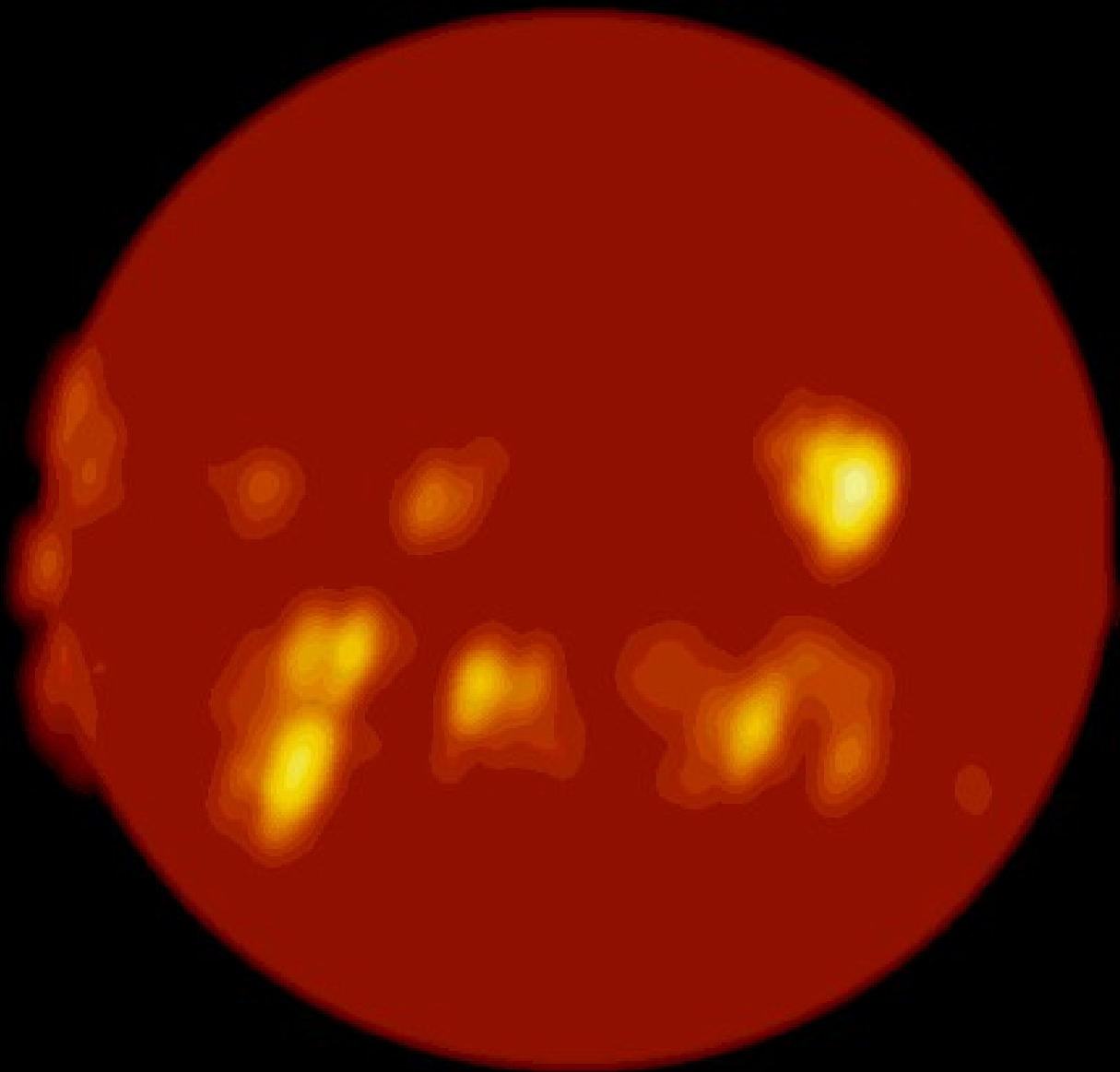




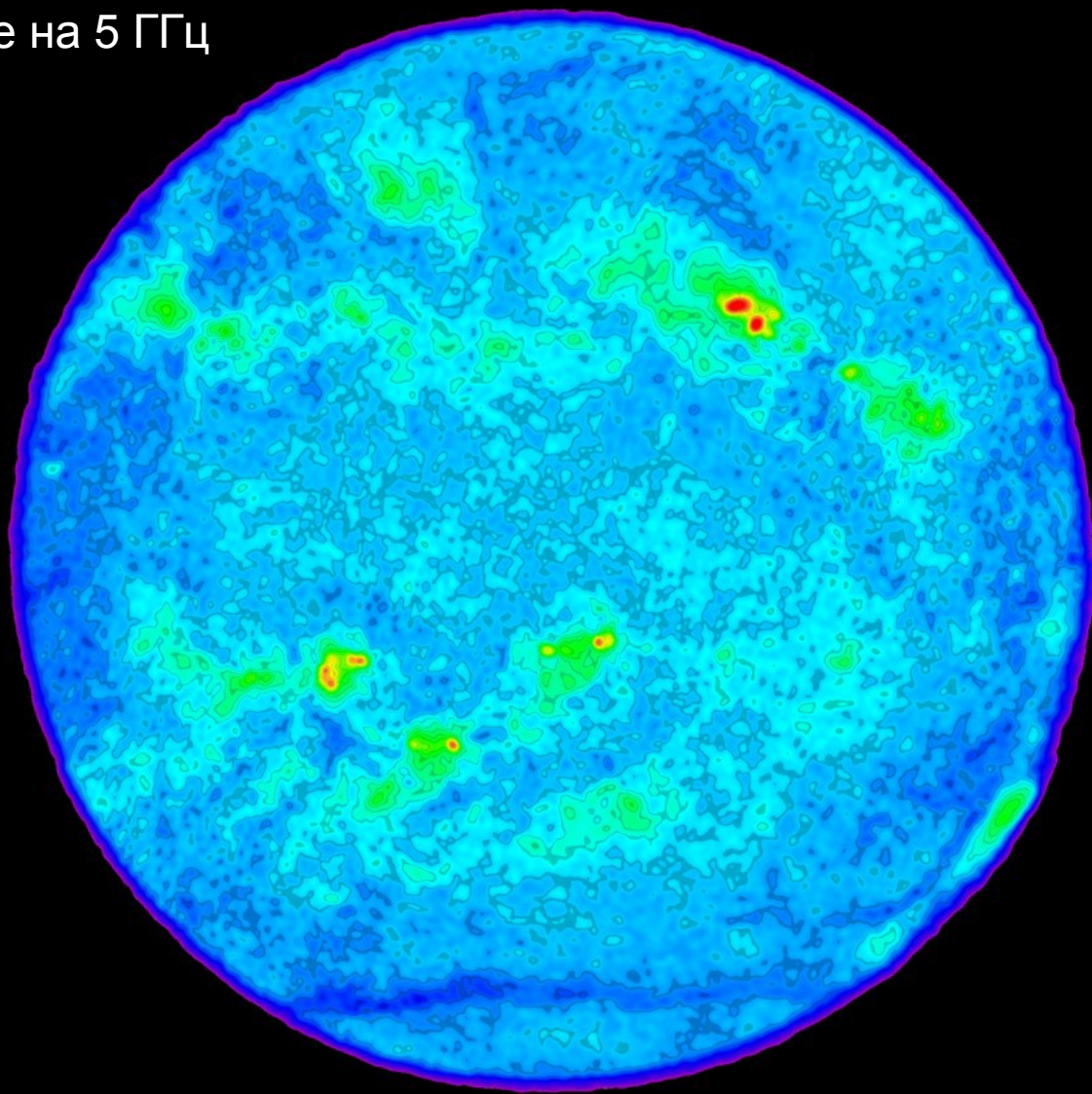
# Основные типы космических радиоисточников:

| <i><b>Источники</b></i>                                            | <i><b>Механизм излучения</b></i> |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Солнце, планеты,<br>Межзвездный газ в нашей и<br>других галактиках | Тепловой                         |
| Остатки сверхновых и<br>пульсары                                   | Синхротронный                    |
| Активные ядра галактик и<br>квазары                                | Синхротронный                    |
| Фоновое (реликтовое)<br>излучение                                  | Тепловой                         |

Солнце. Миллиметровый диапазон



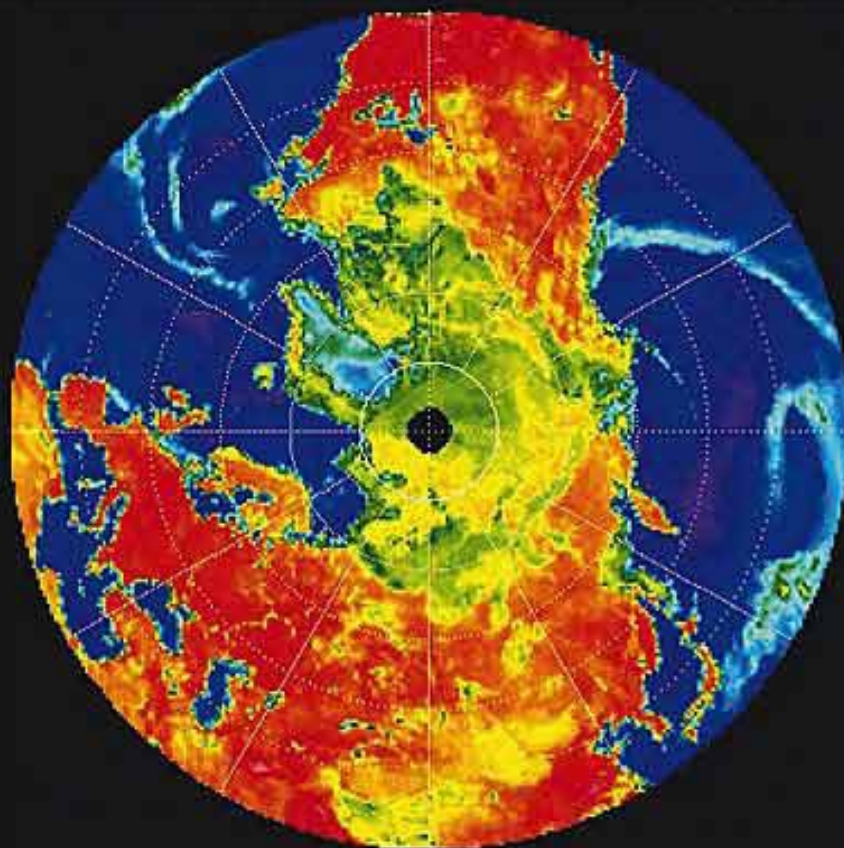
Солнце на 5 ГГц



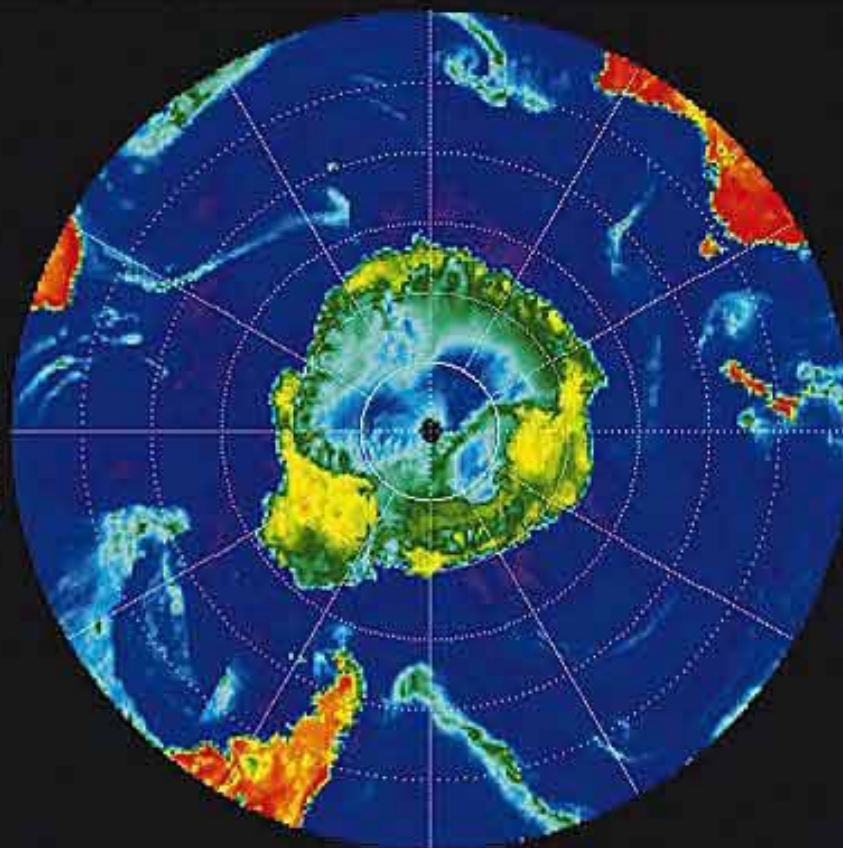


# Планеты в радиолучах:

- Меркурий, Венера, Марс – тепловое излучение
- Земля, Юпитер, Сатурн – преобладает нетепловое излучение



Арктика



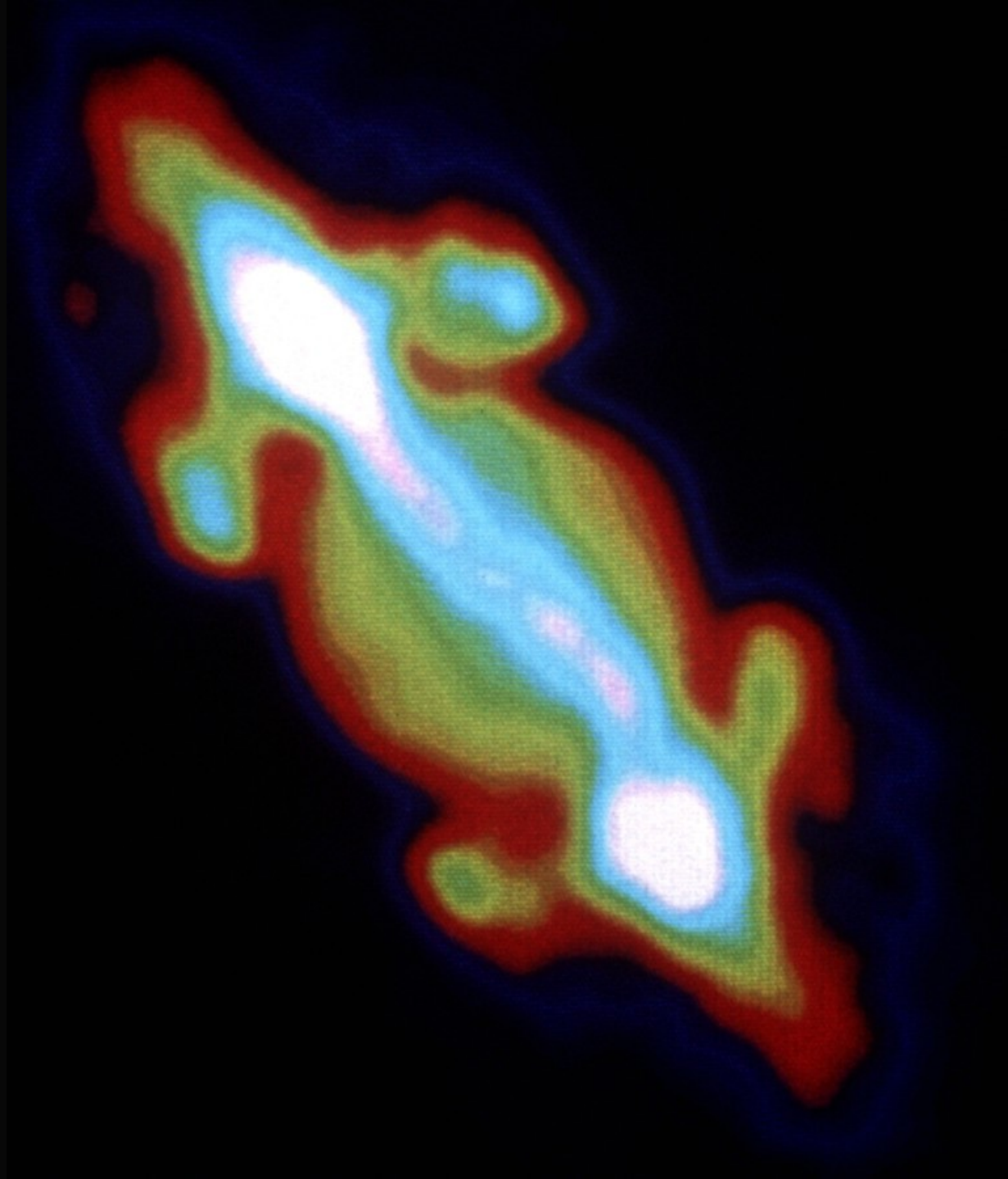
Антарктика

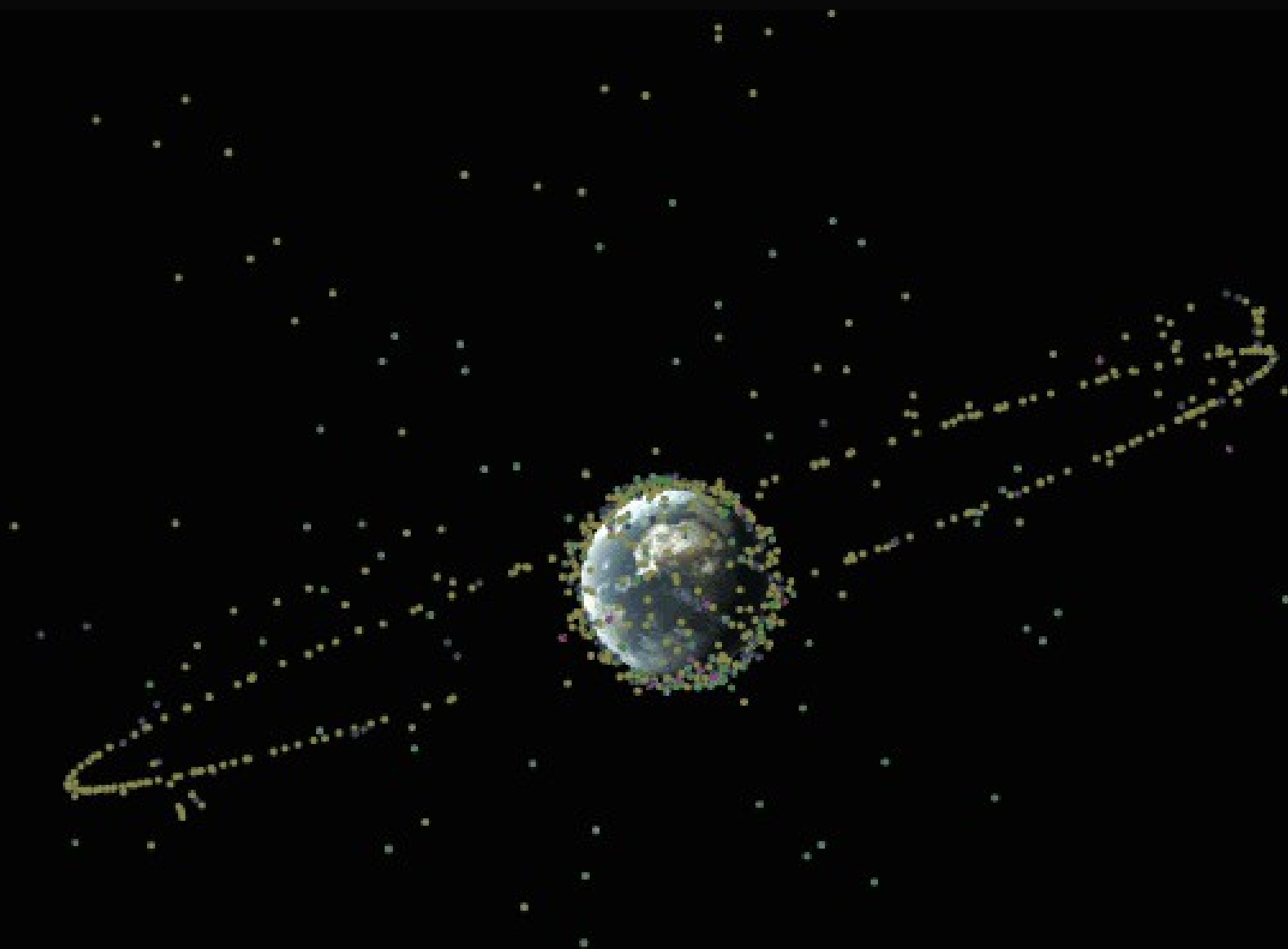
Земля на 20 ГГц  
( $\lambda = 1.5$  см)











Аппарат GPS







# МЕЖЗВЕЗДНАЯ СРЕДА

Крабовидная туманность







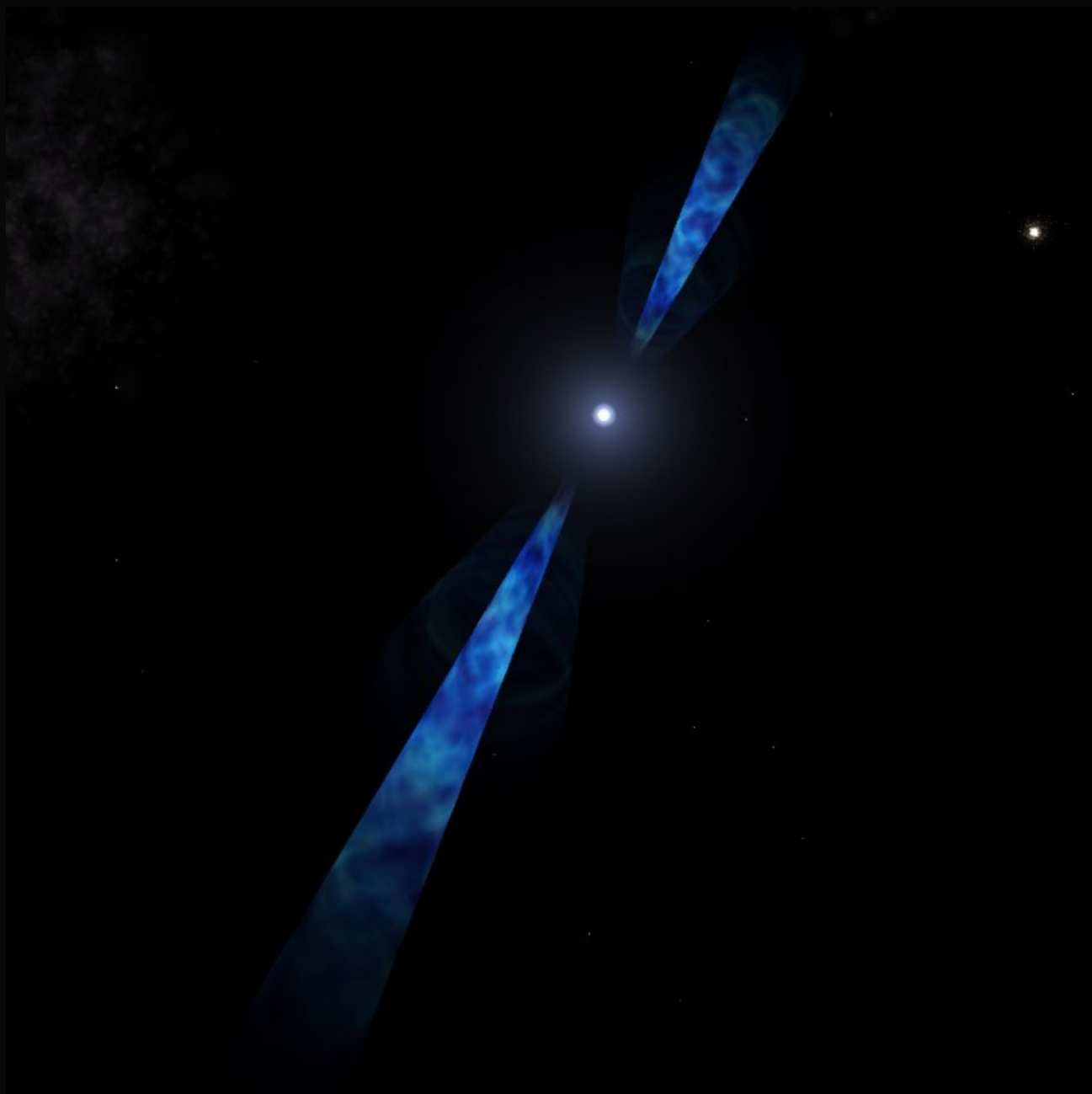
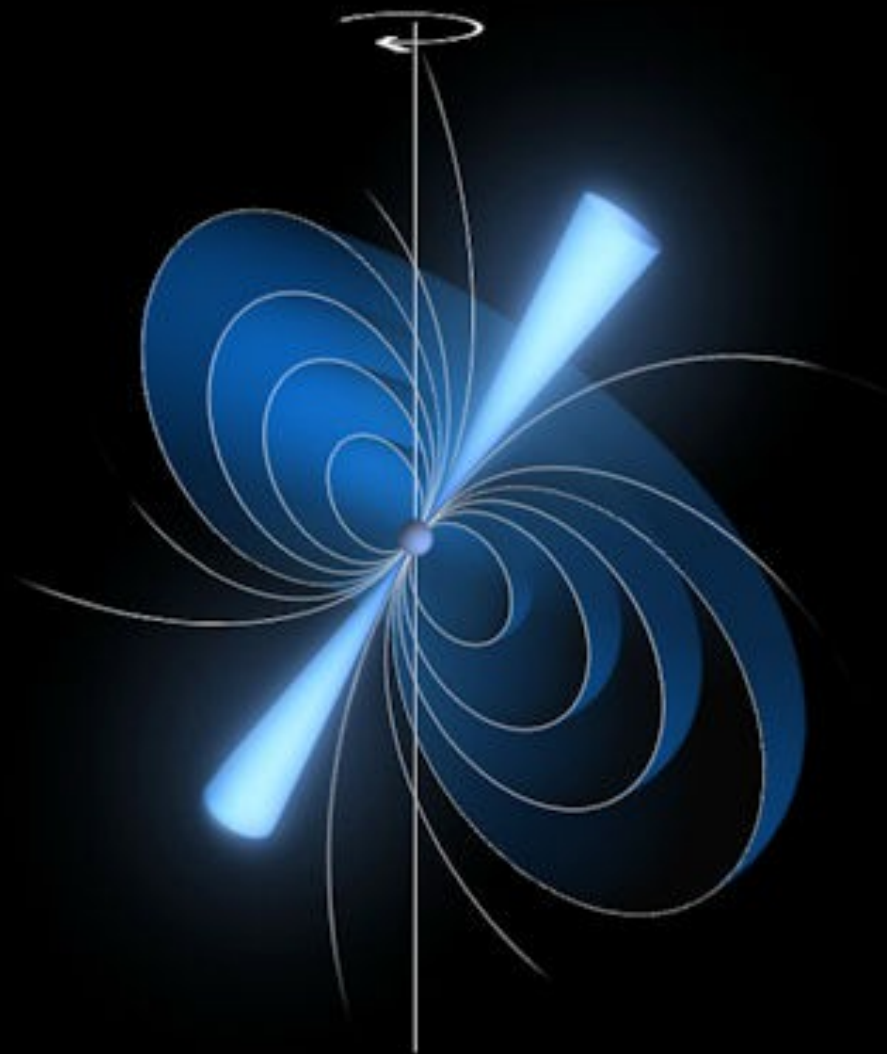


Схема пульсара



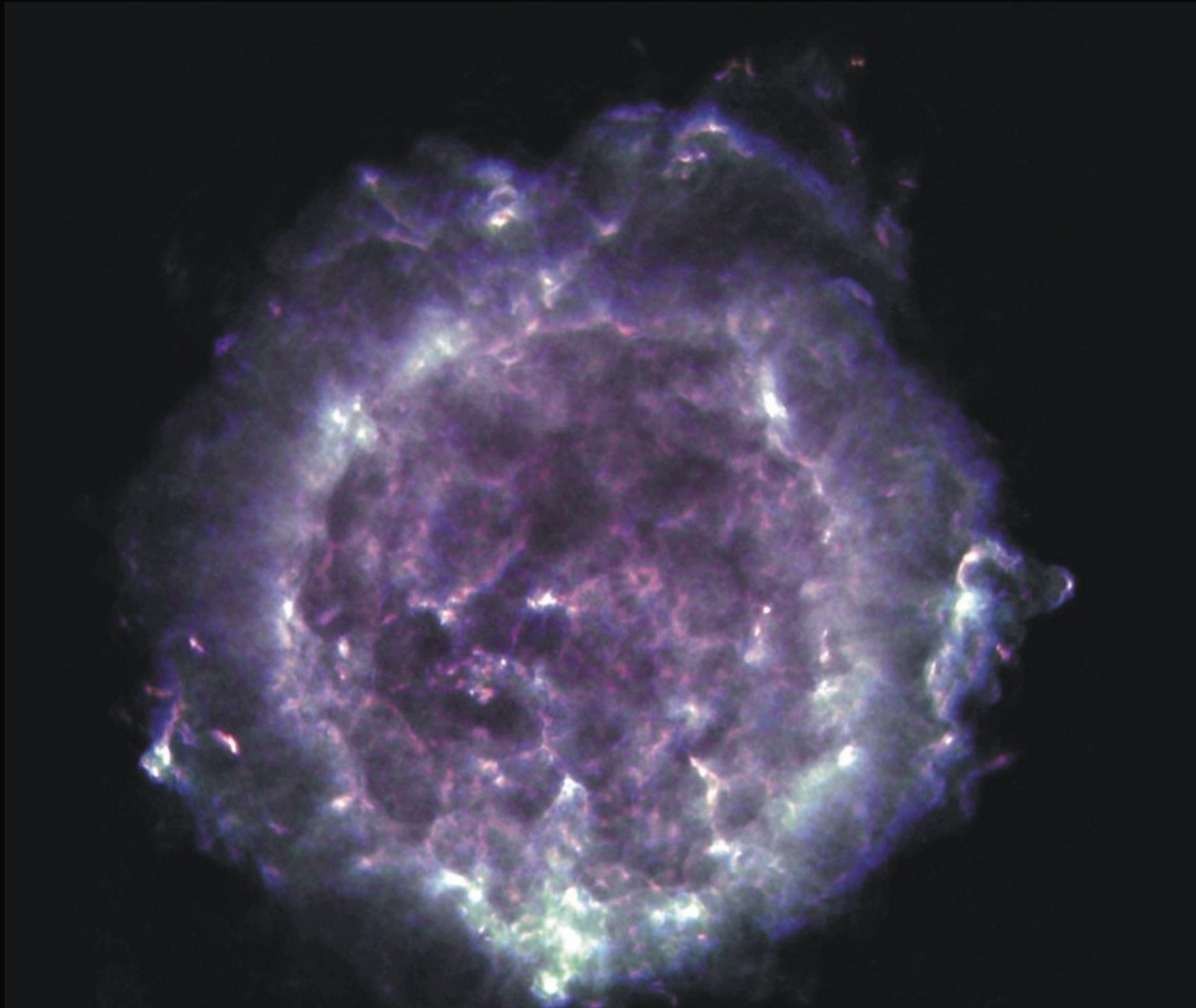


# Кассиопея А

## оптика



# Кассиопея А (VLA) радио

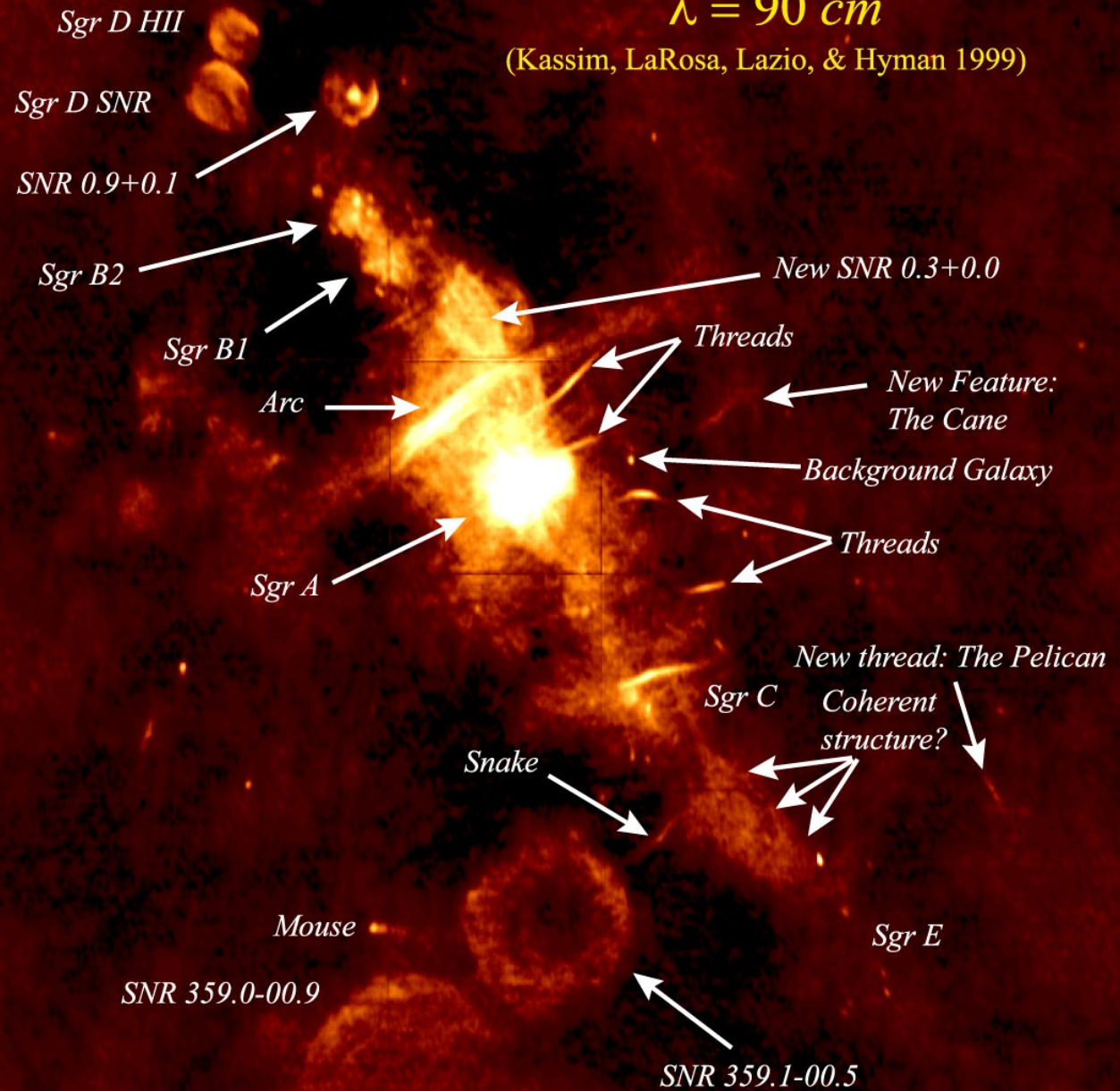




# Galactic Center

$\lambda = 90\text{ cm}$

(Kassim, LaRosa, Lazio, & Hyman 1999)

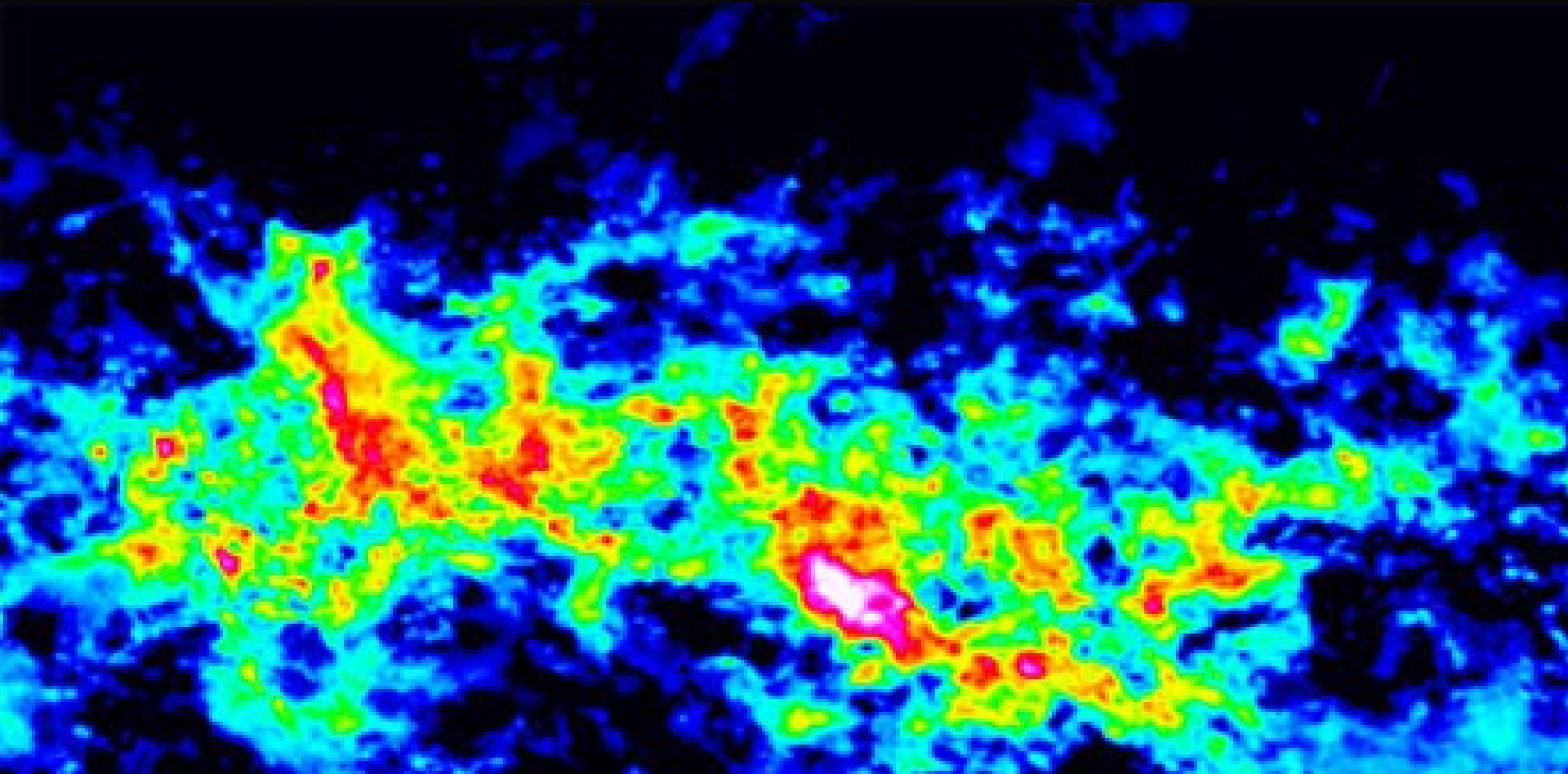




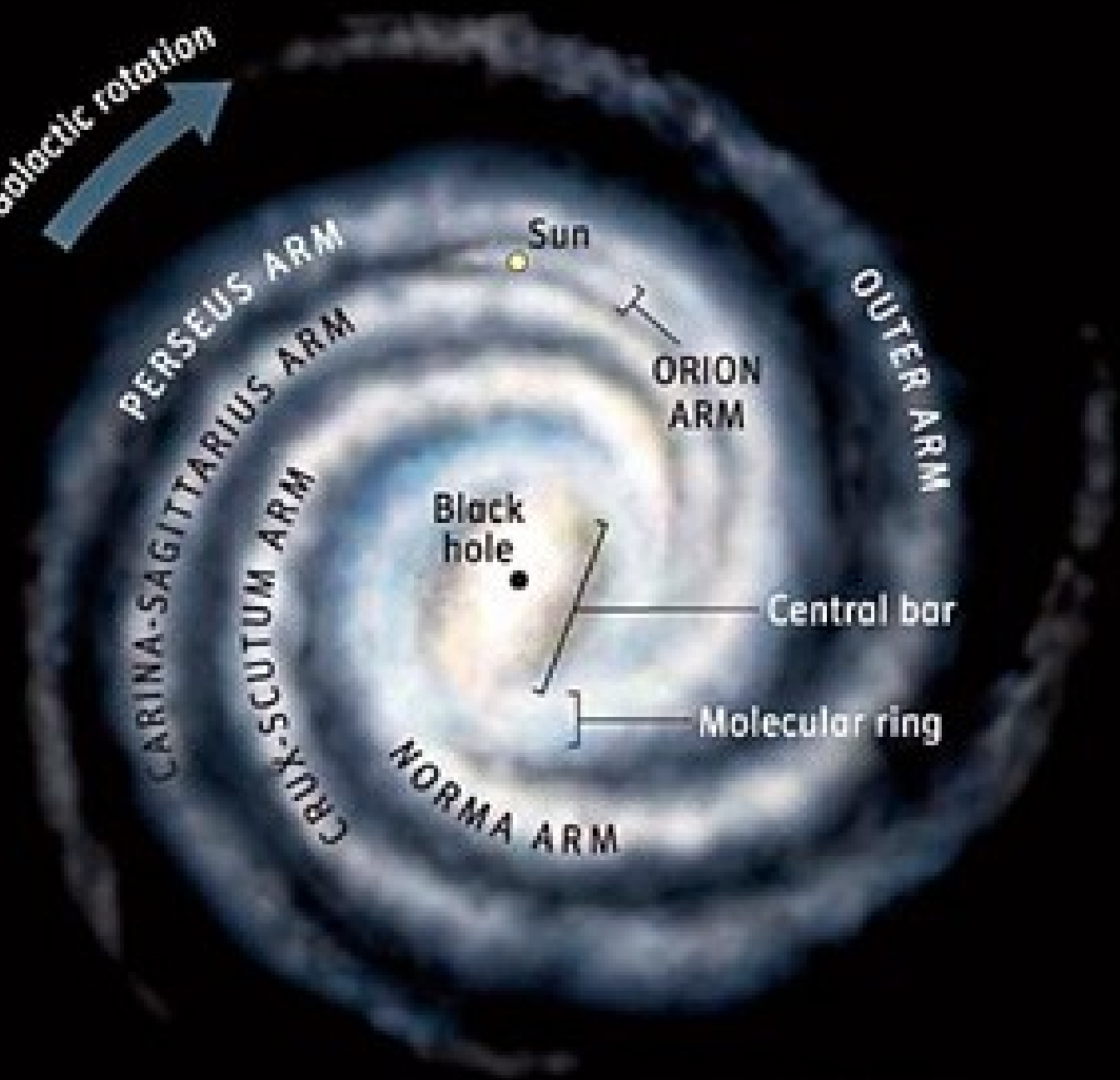
# Излучение в линиях

- HI
- CO
- Несколько десятков молекул
- Мазерные источники (ОН, H<sub>2</sub>O, метанол)

# Область Млечного Пути в линии $^{13}\text{CO}$ (мм диапазон)



Galactic rotation

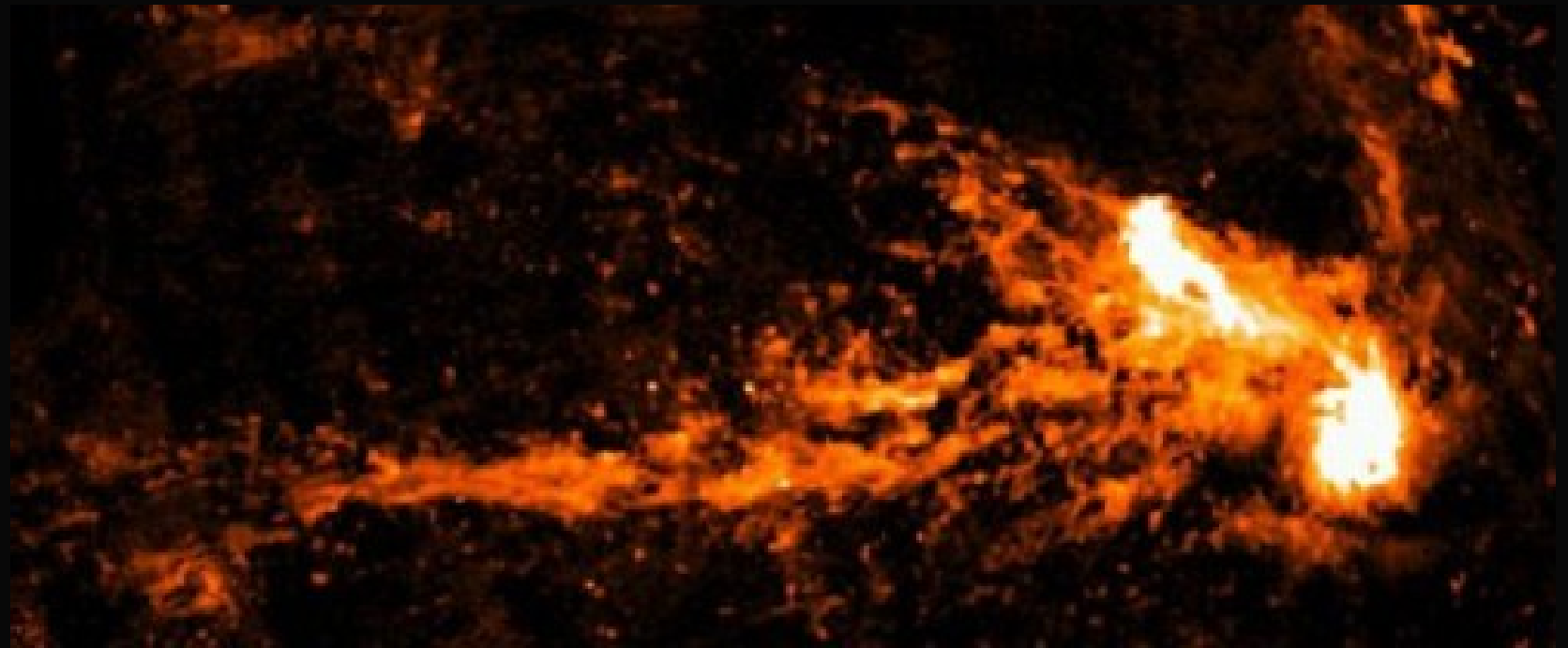


50,000 light-years



ДРУГИЕ ГАЛАКТИКИ





100000 световых лет

Наша галактика

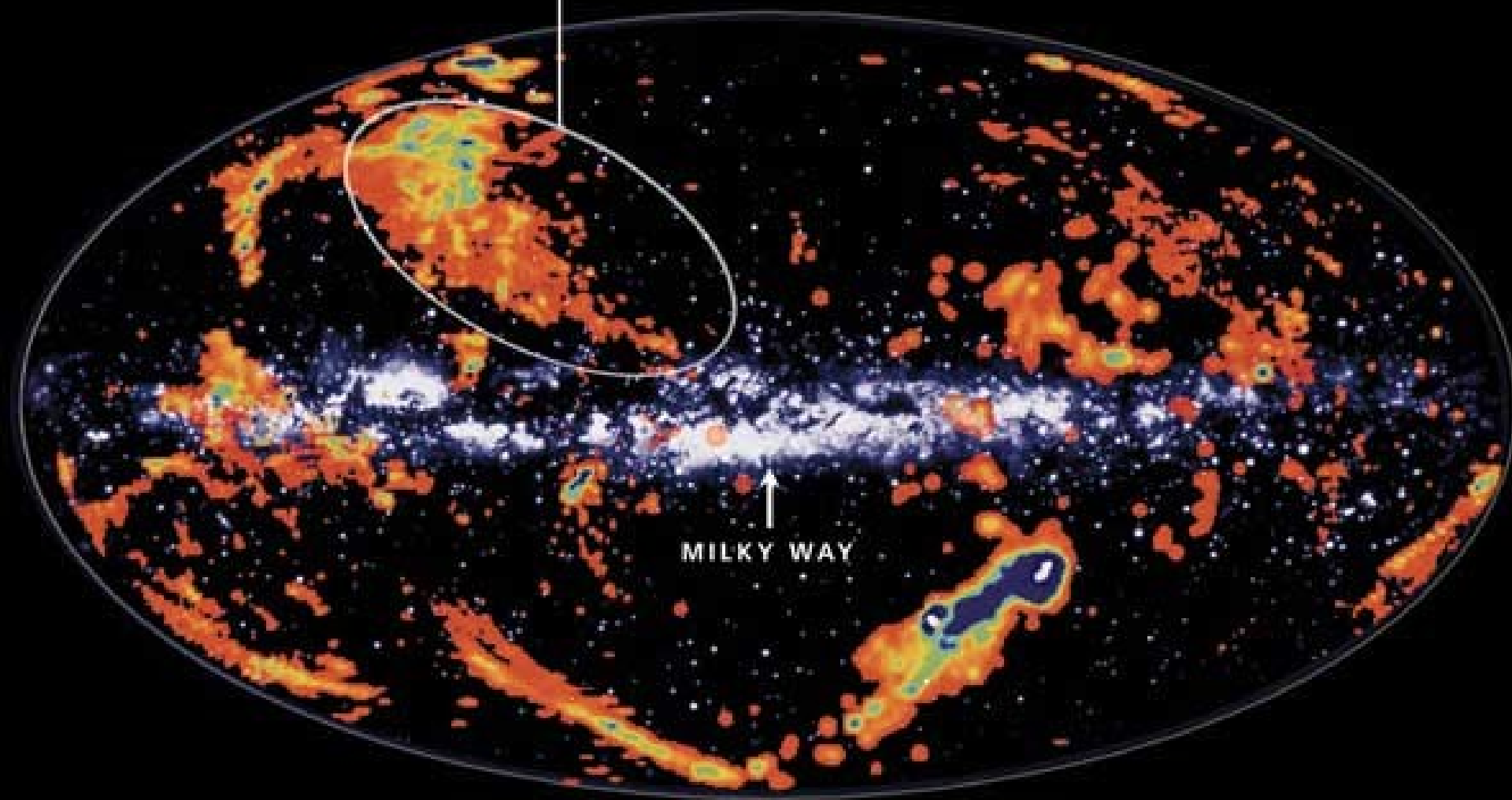
Большое Магелланово облако

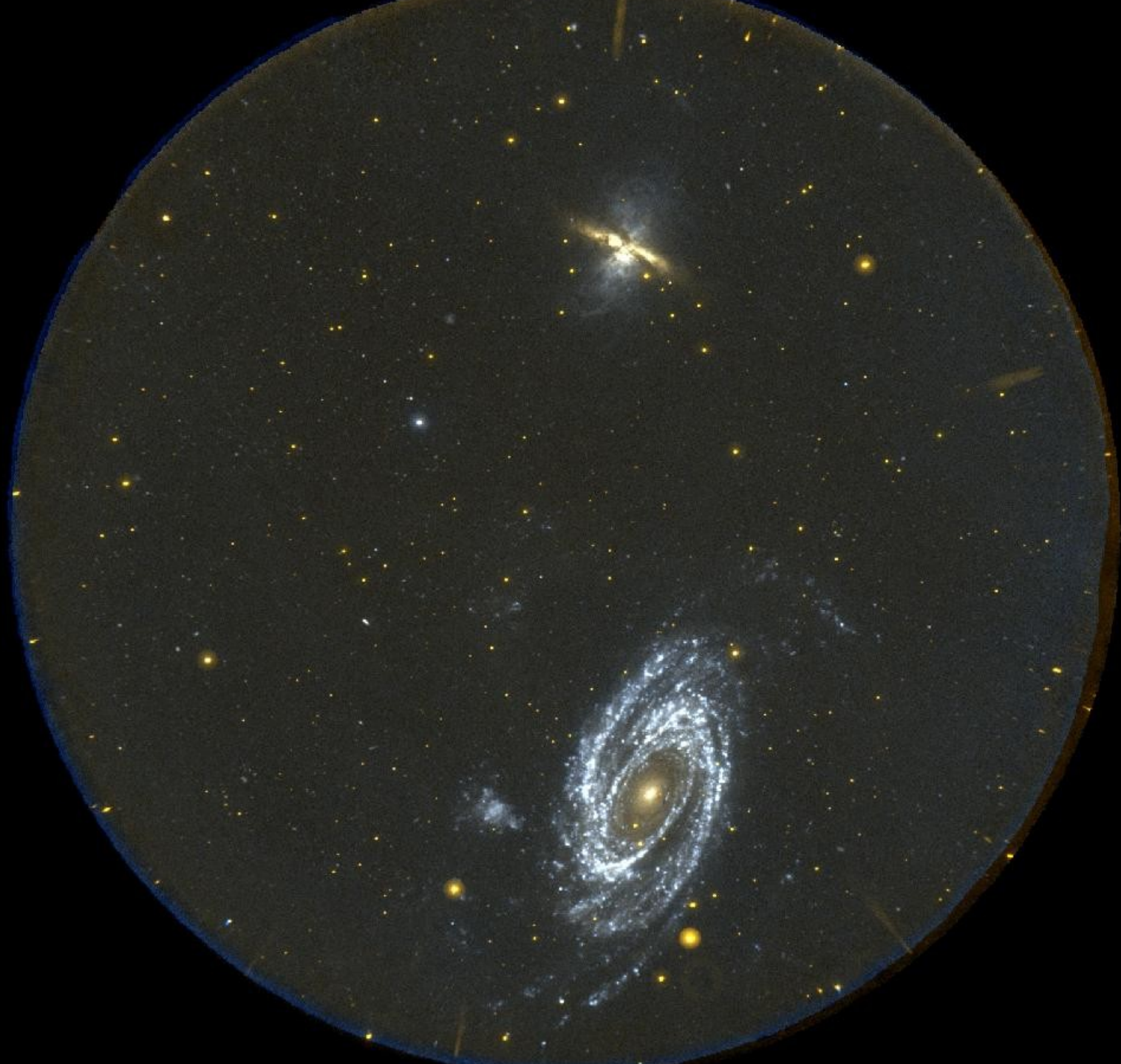
Малое Магелланово облако

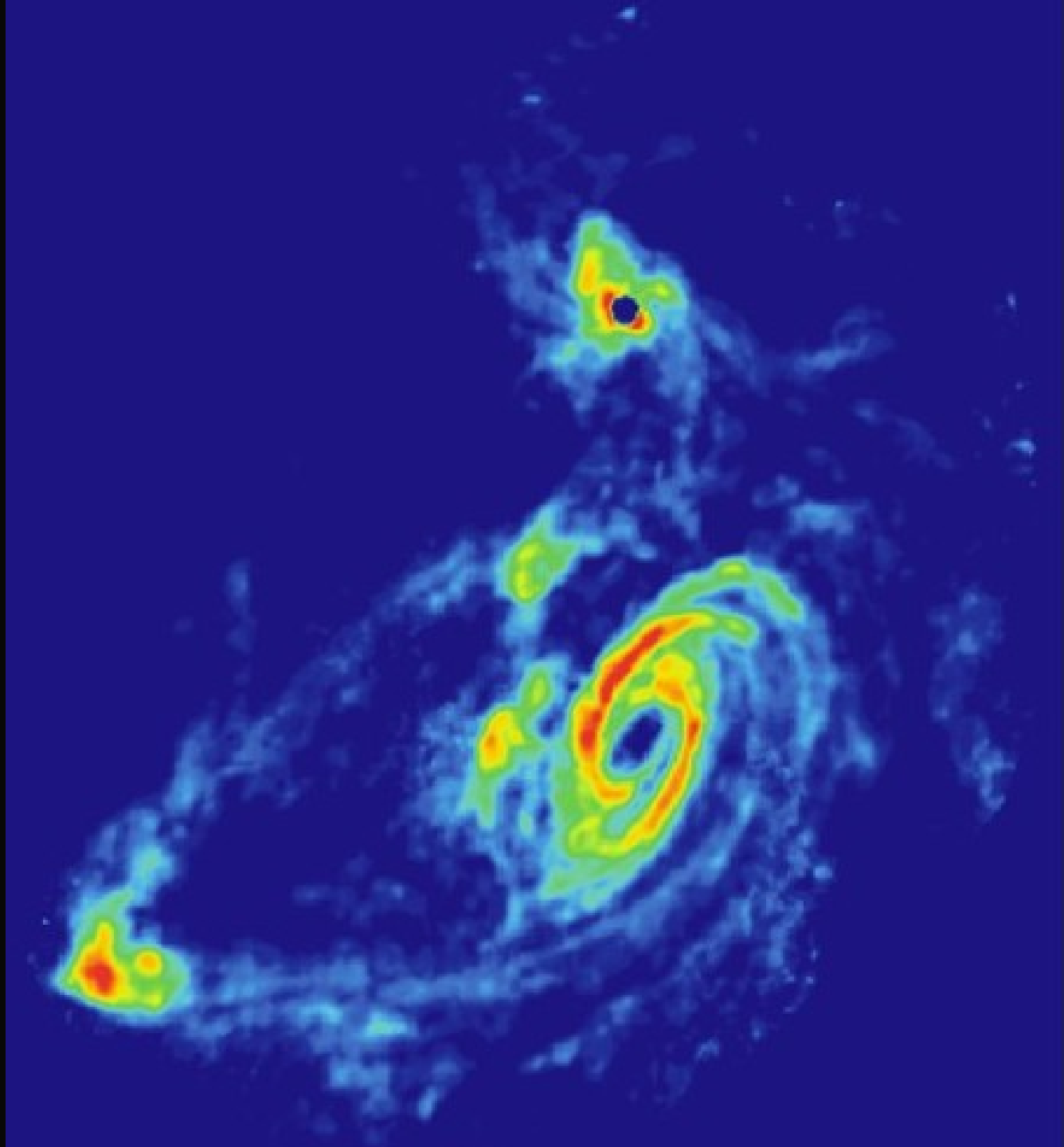




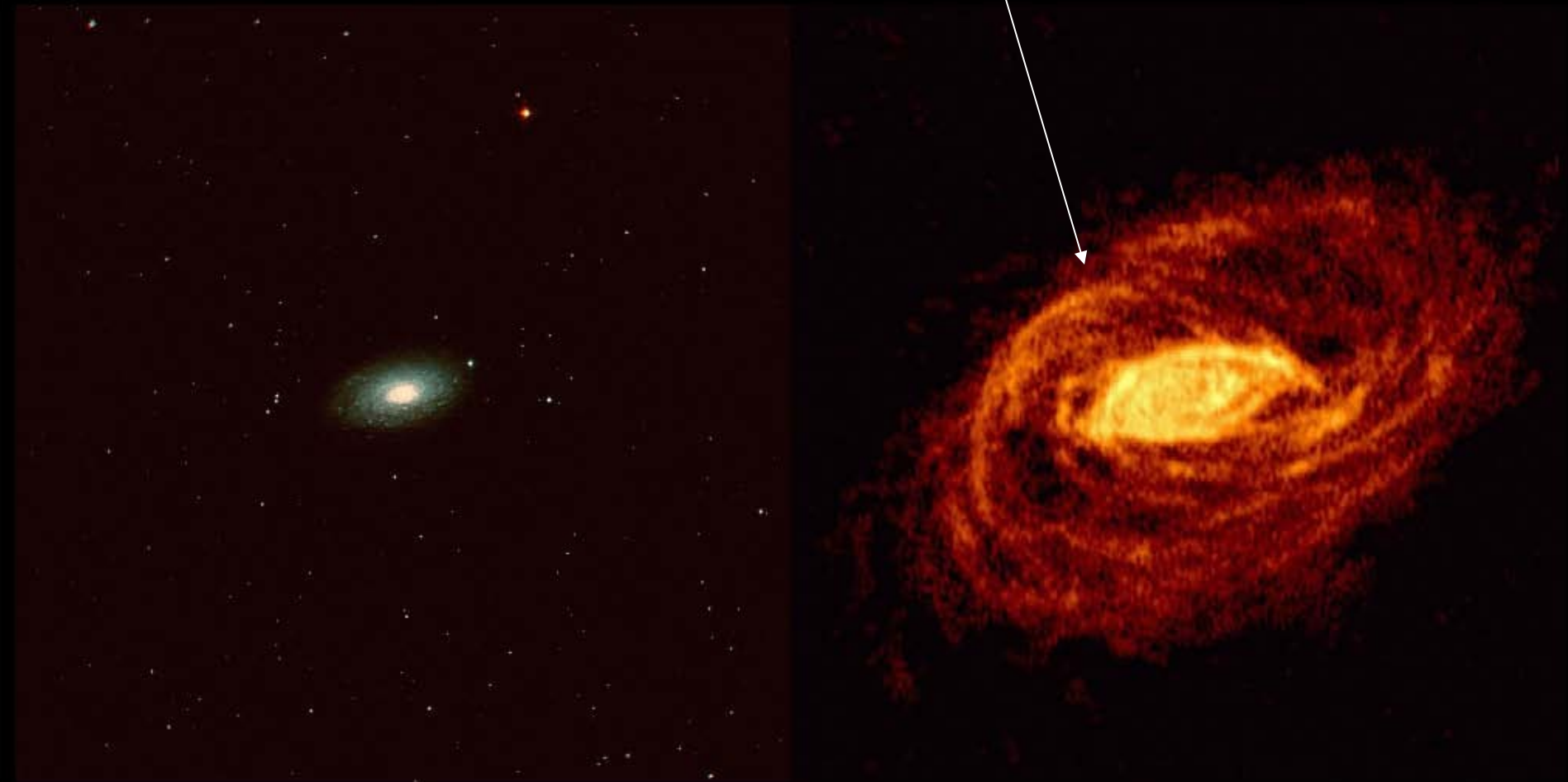
Accreting Low-Metallicity Gas







# NGC5055 в линии H I





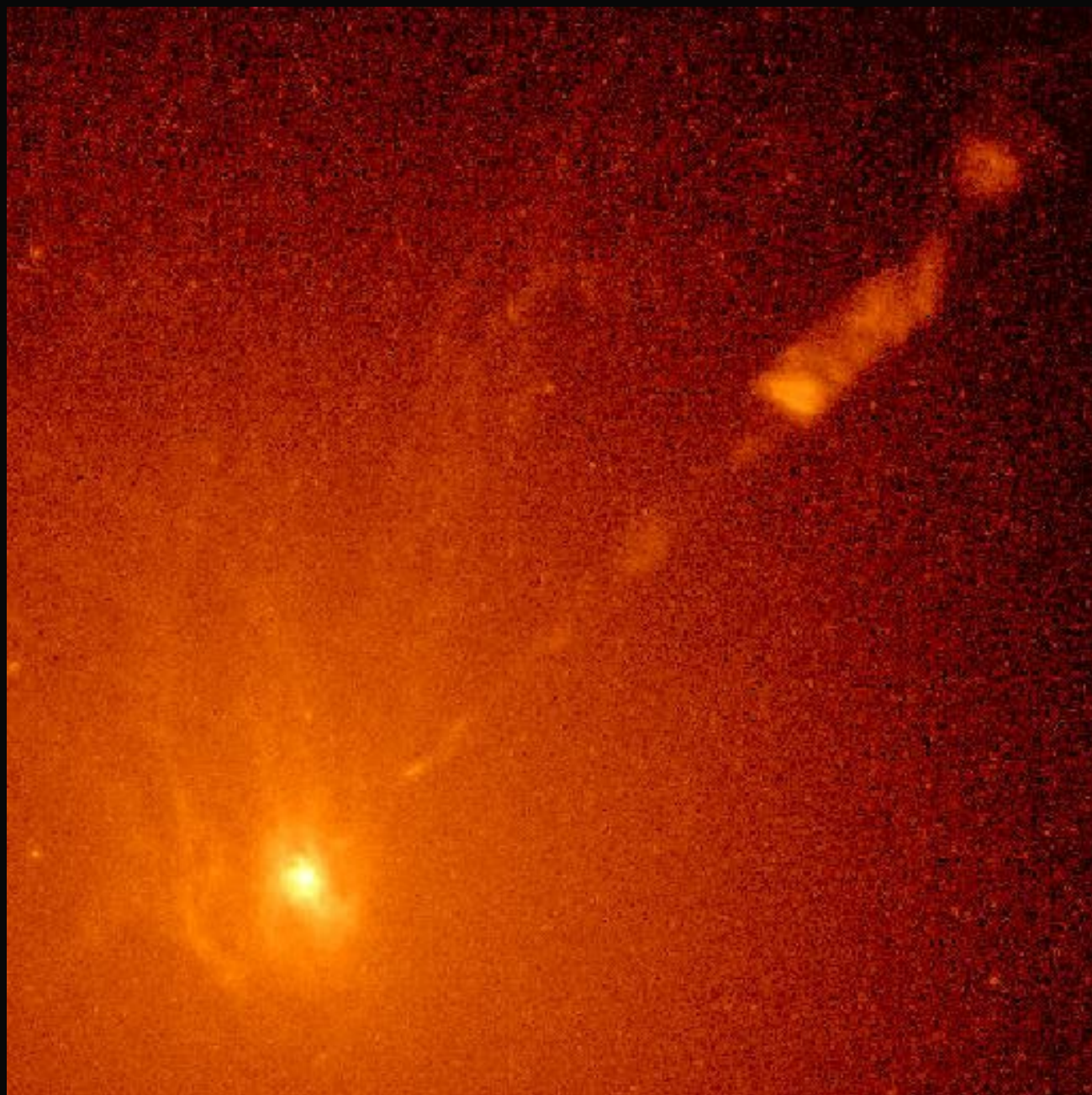
Карликовая галактика  
NGC2915 (синий цвет – излучение H I)



# Активные ядра галактик и квазары

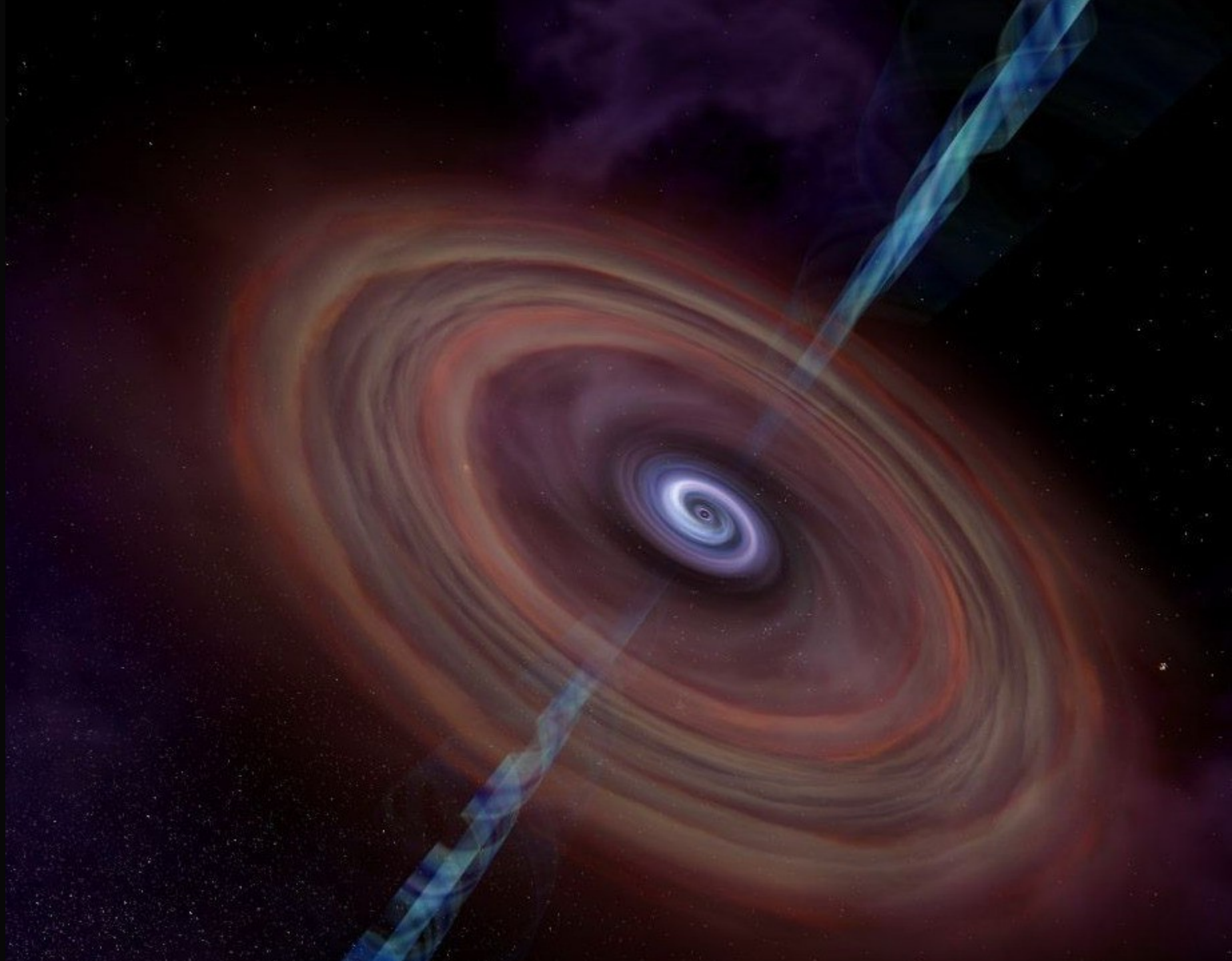


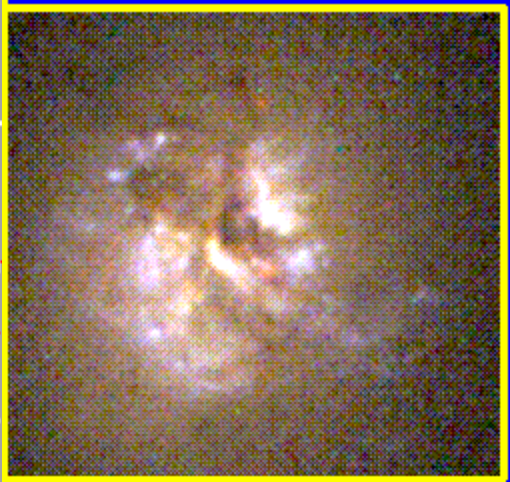






А что является источником  
радиоизлучения в  
радиогалактиках?



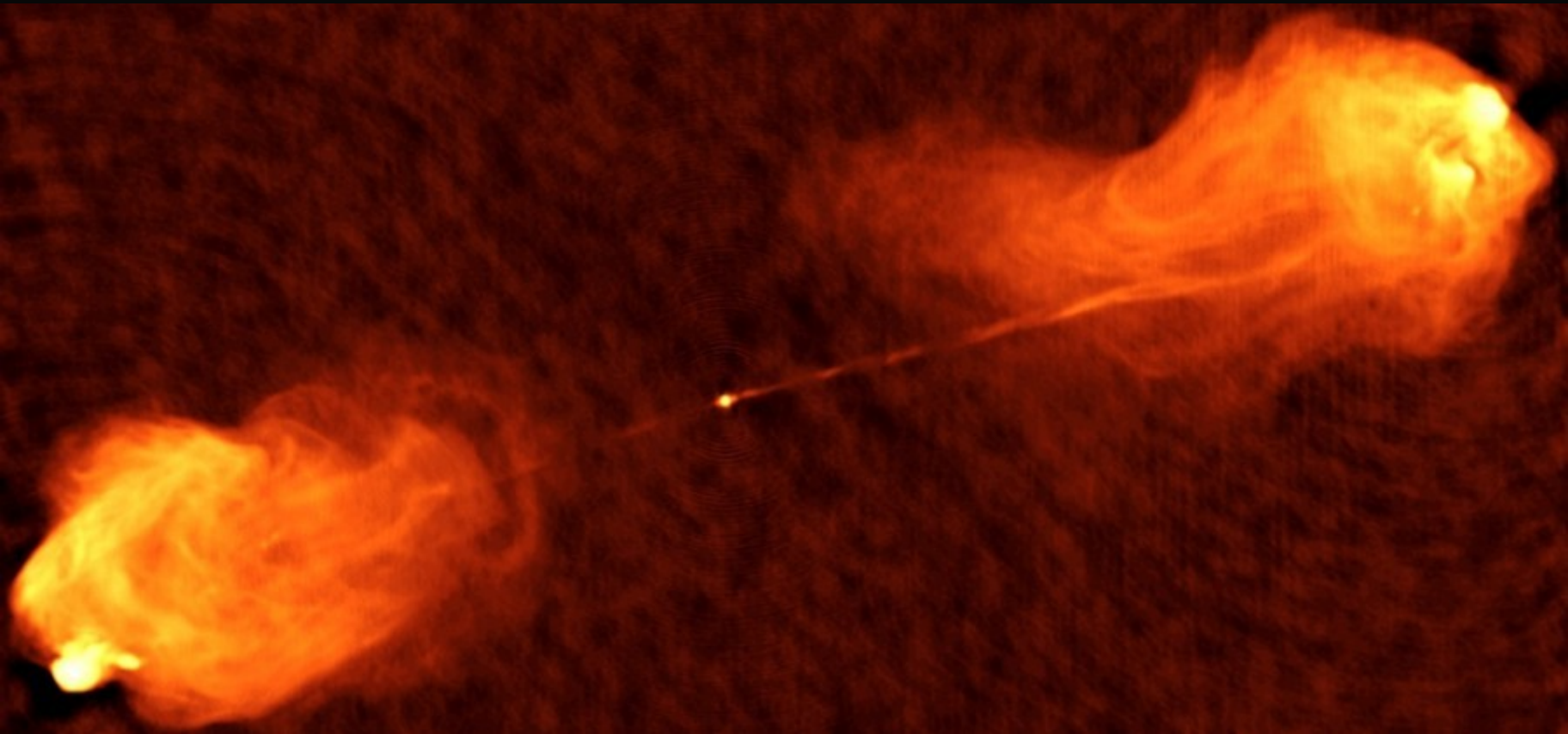


La

Cyg

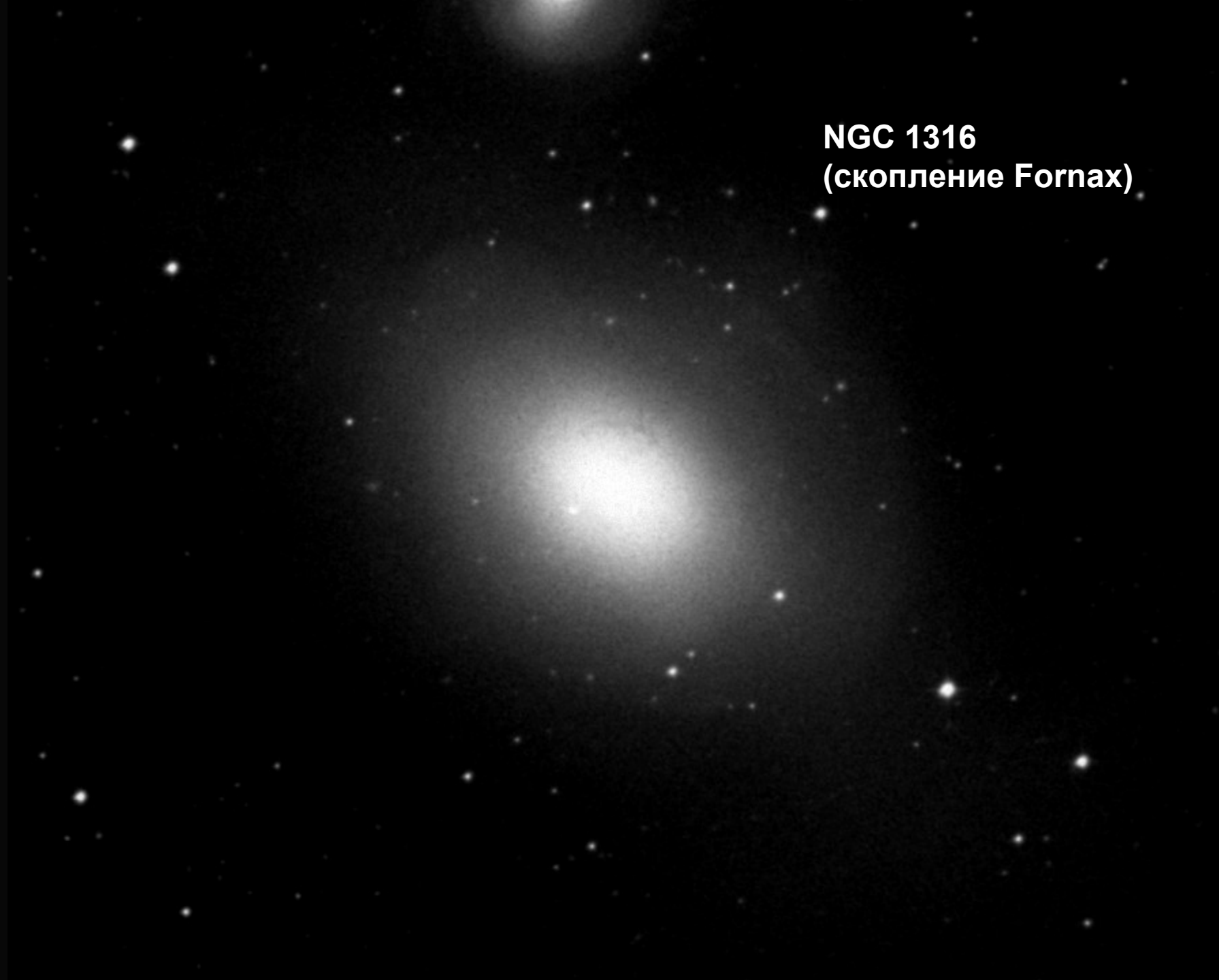
Lyr

Лебедь А

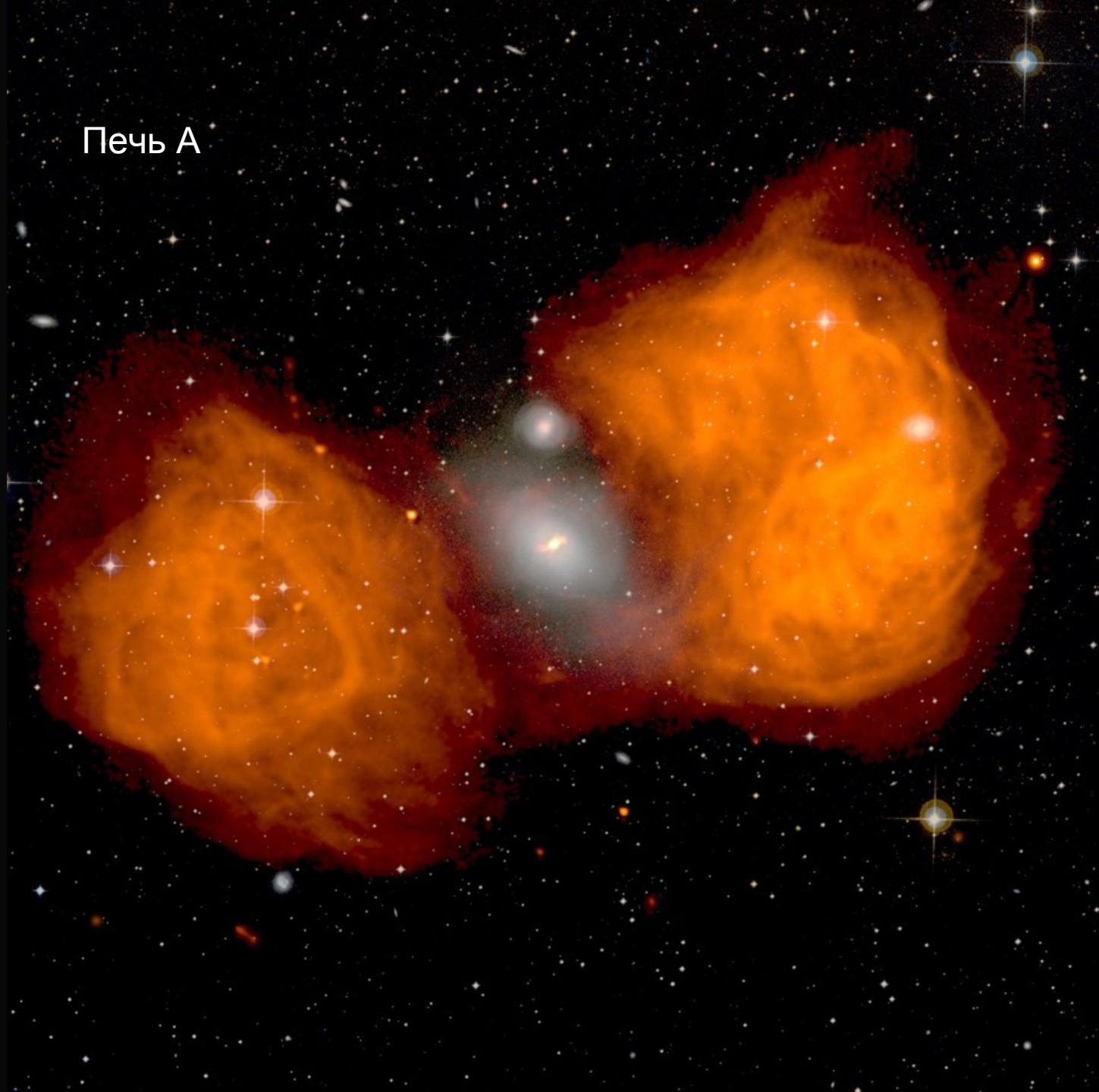




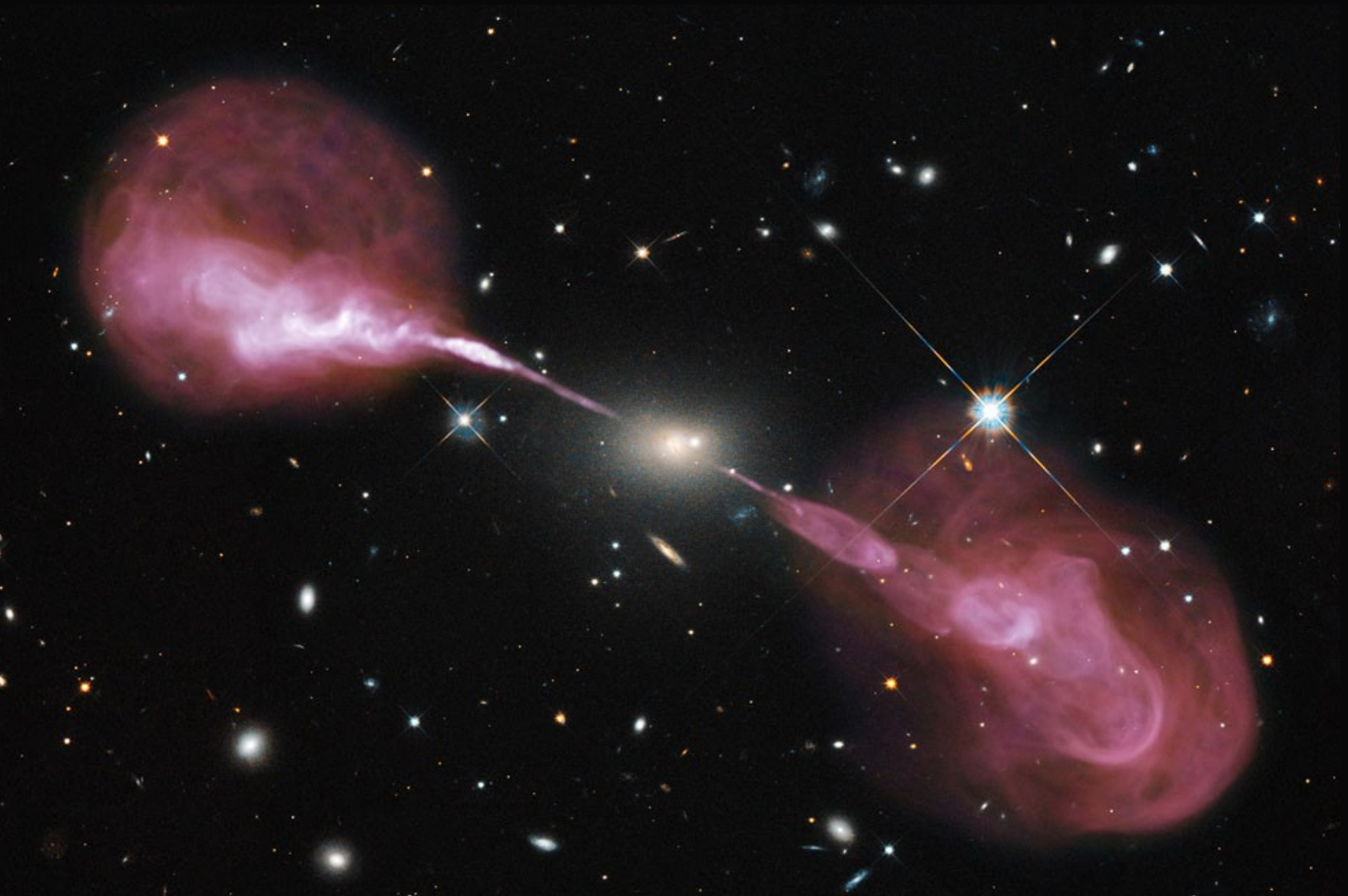
**NGC 1316**  
**(скопление Fornax)**



Печь А



# Геркулес А

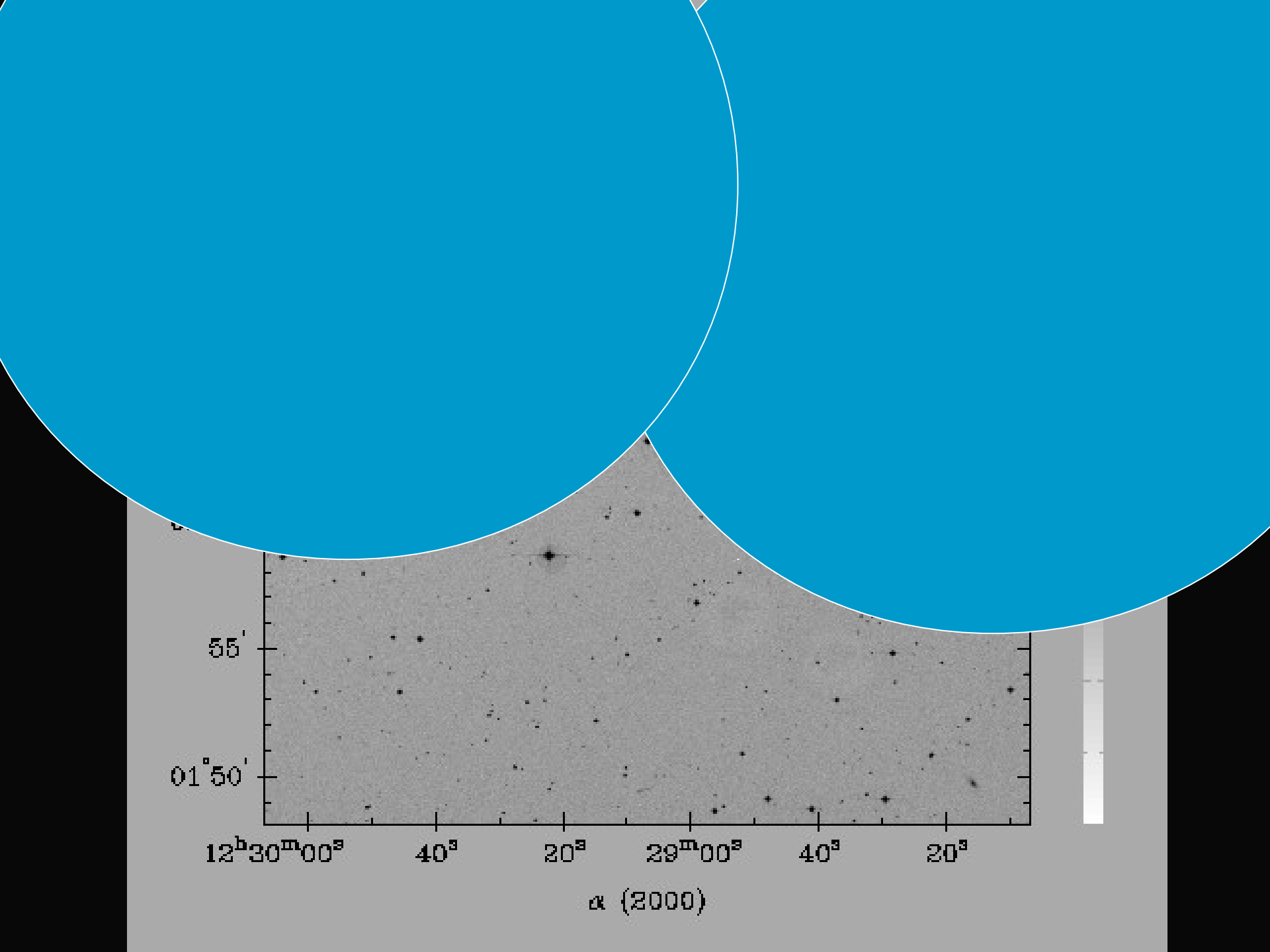


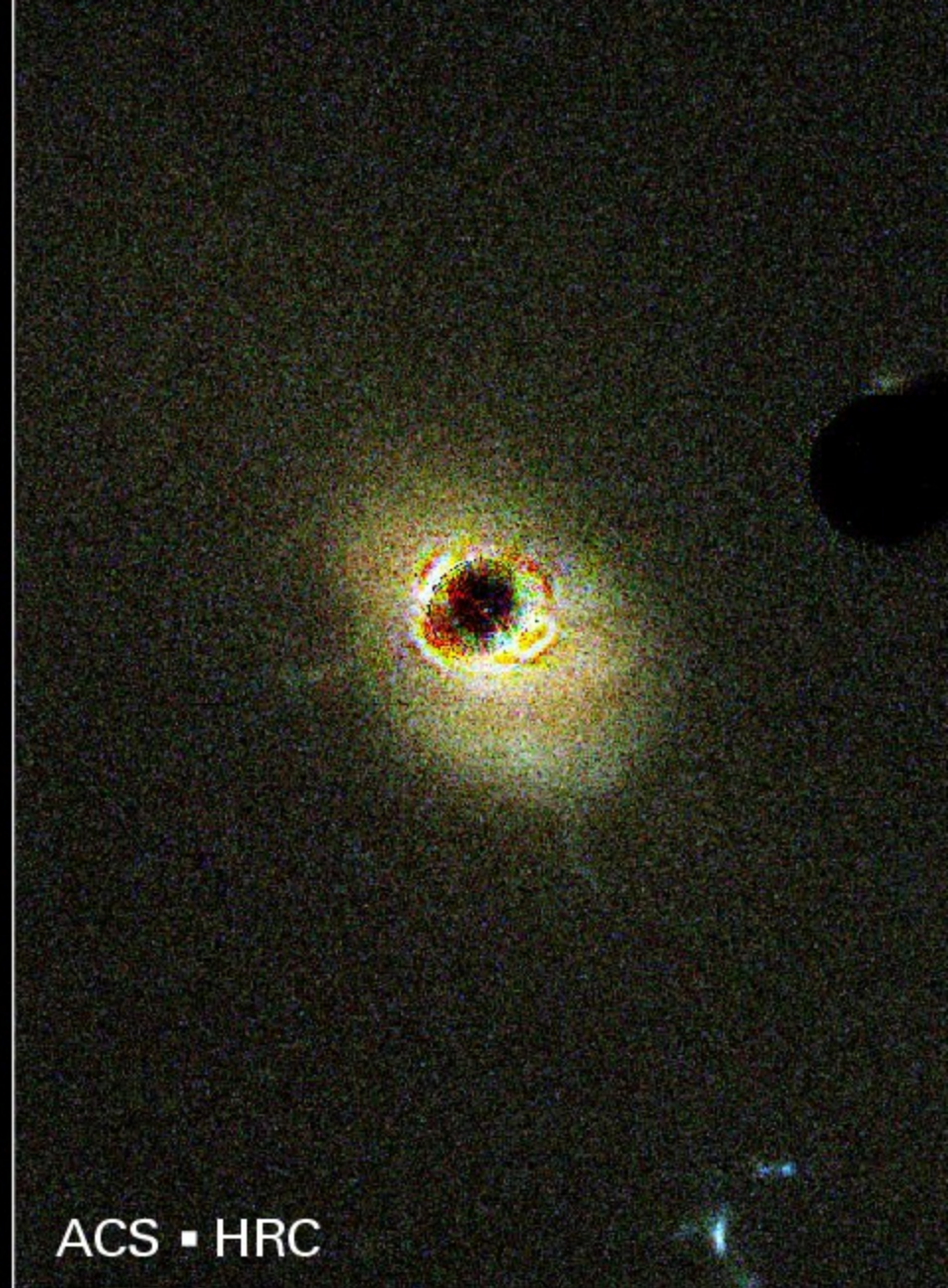
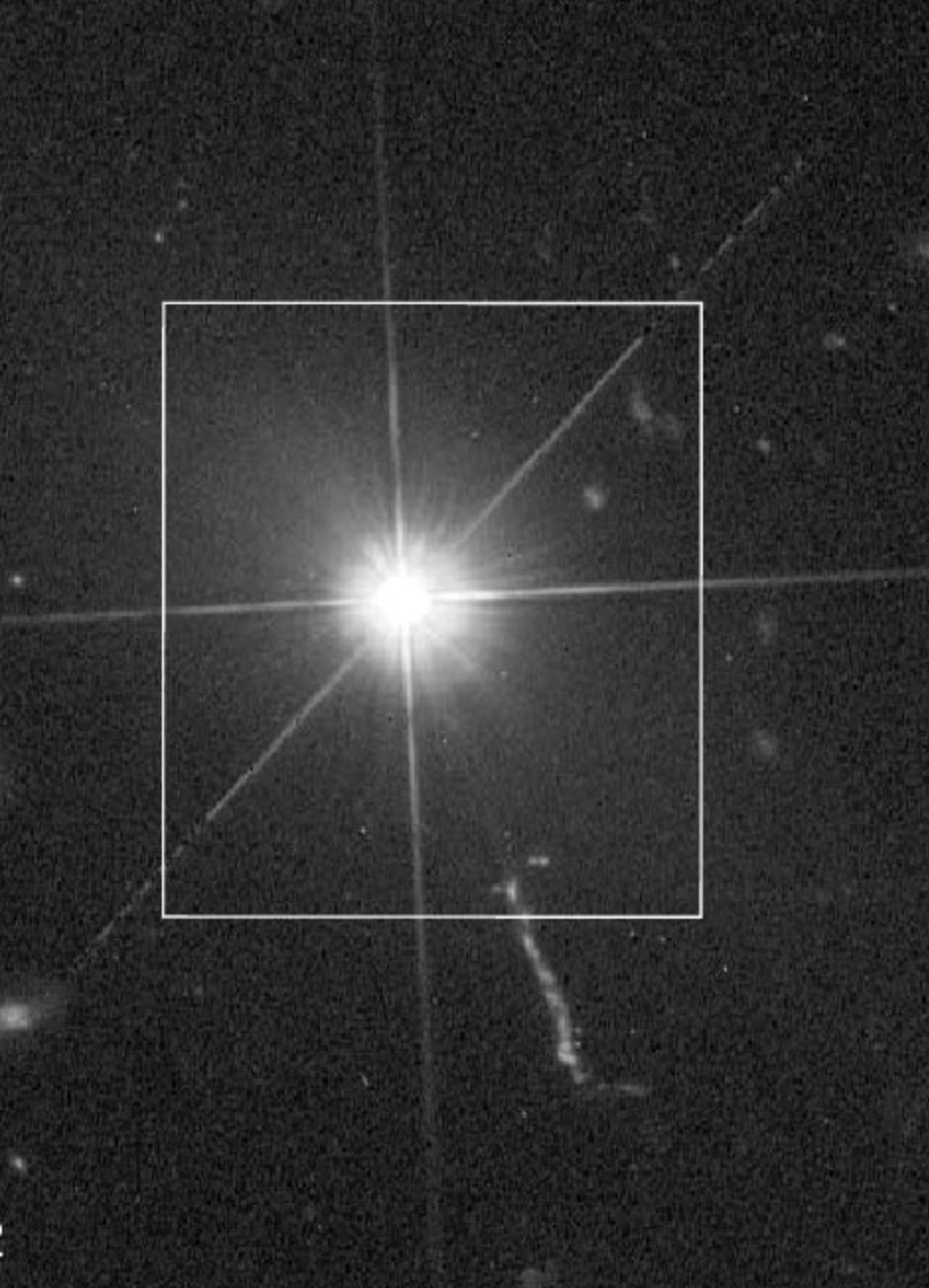


Центавр А





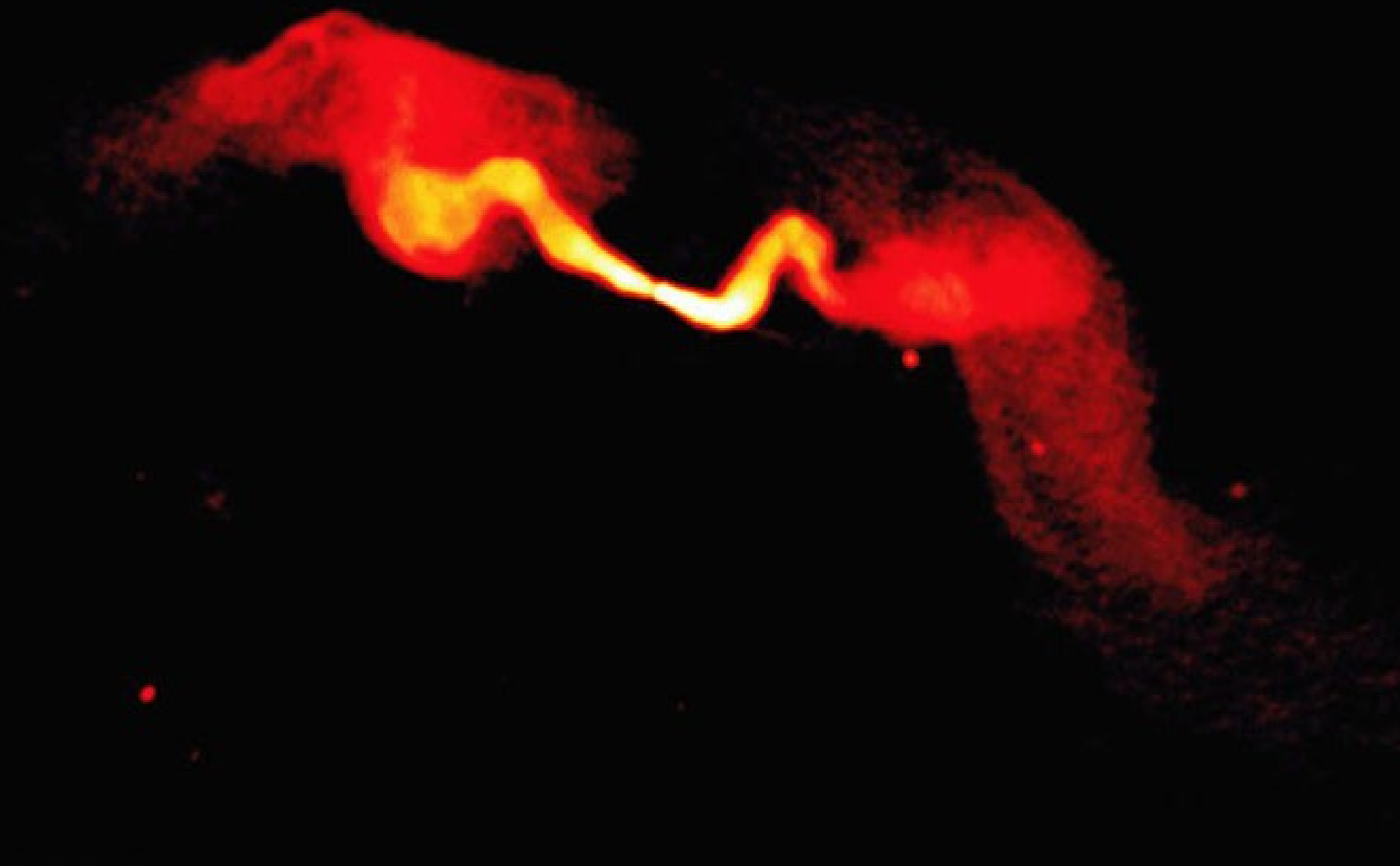




ACS ■ HRC

**Quasar 3C 273**

3C 319



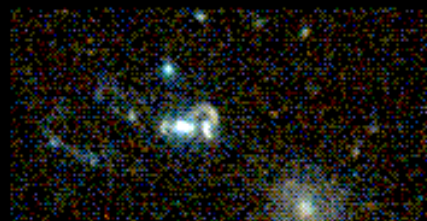


# HIGH-REDSHIFT RADIO GALAXIES

3C 265  $z=0.811$

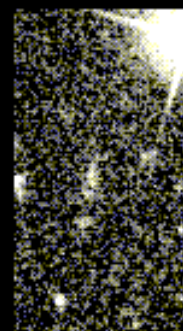


3C 280  $z=0.996$



1"

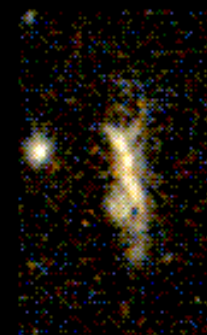
3C 68.2  
 $z=1.575$



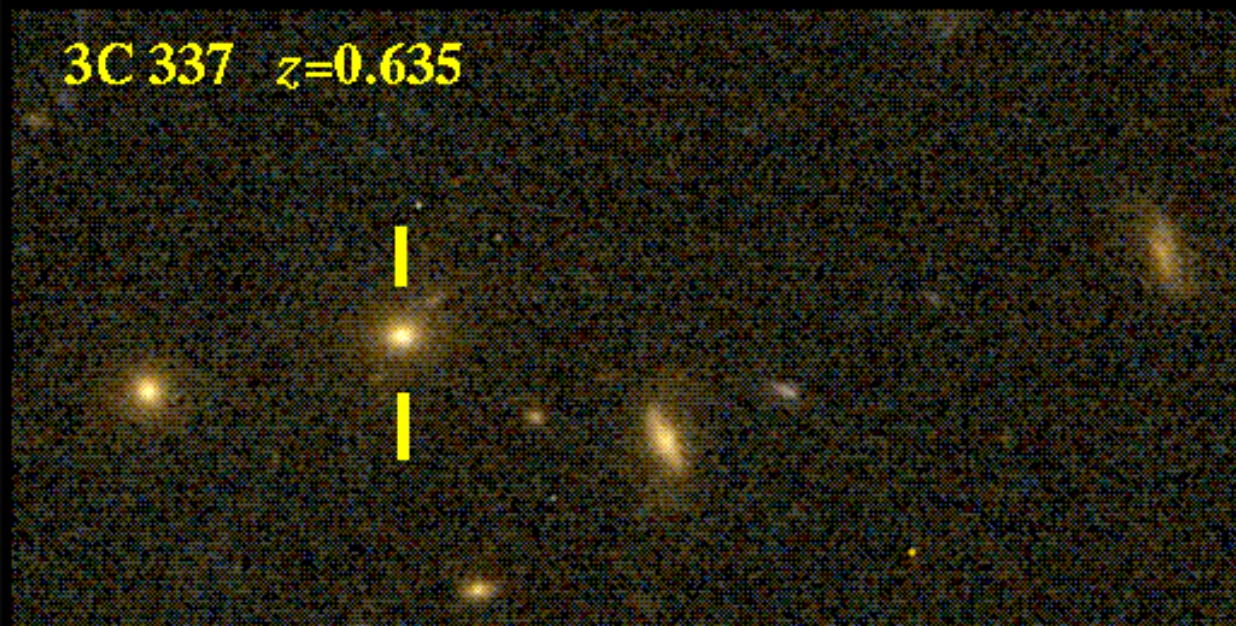
3C 247  $z=0.749$



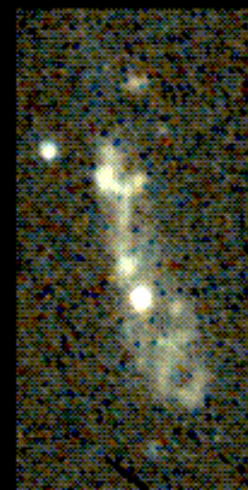
3C 266  
 $z=1.272$



3C 337  $z=0.635$



3C 368  
 $z=1.132$





**ТАКИМ ОБРАЗОМ...**

# РАДИОДИАПАЗОН

- ЭТО КЛЮЧ К ИЗУЧЕНИЮ  
ВСЕЛЕННОЙ
- ОТ СВОЙСТВ АТОМОВ ДО  
СТРОЕНИЯ ГАЛАКТИК
- ОТ ОБРАЗОВАНИЯ ЗВЕЗД ДО  
РОЖДЕНИЯ ВСЕГО НАШЕГО МИРА