Часть 3. Астрономические наблюдения. Методы и инструменты. Особенности в различных диапазонах ЭМ волн.

*

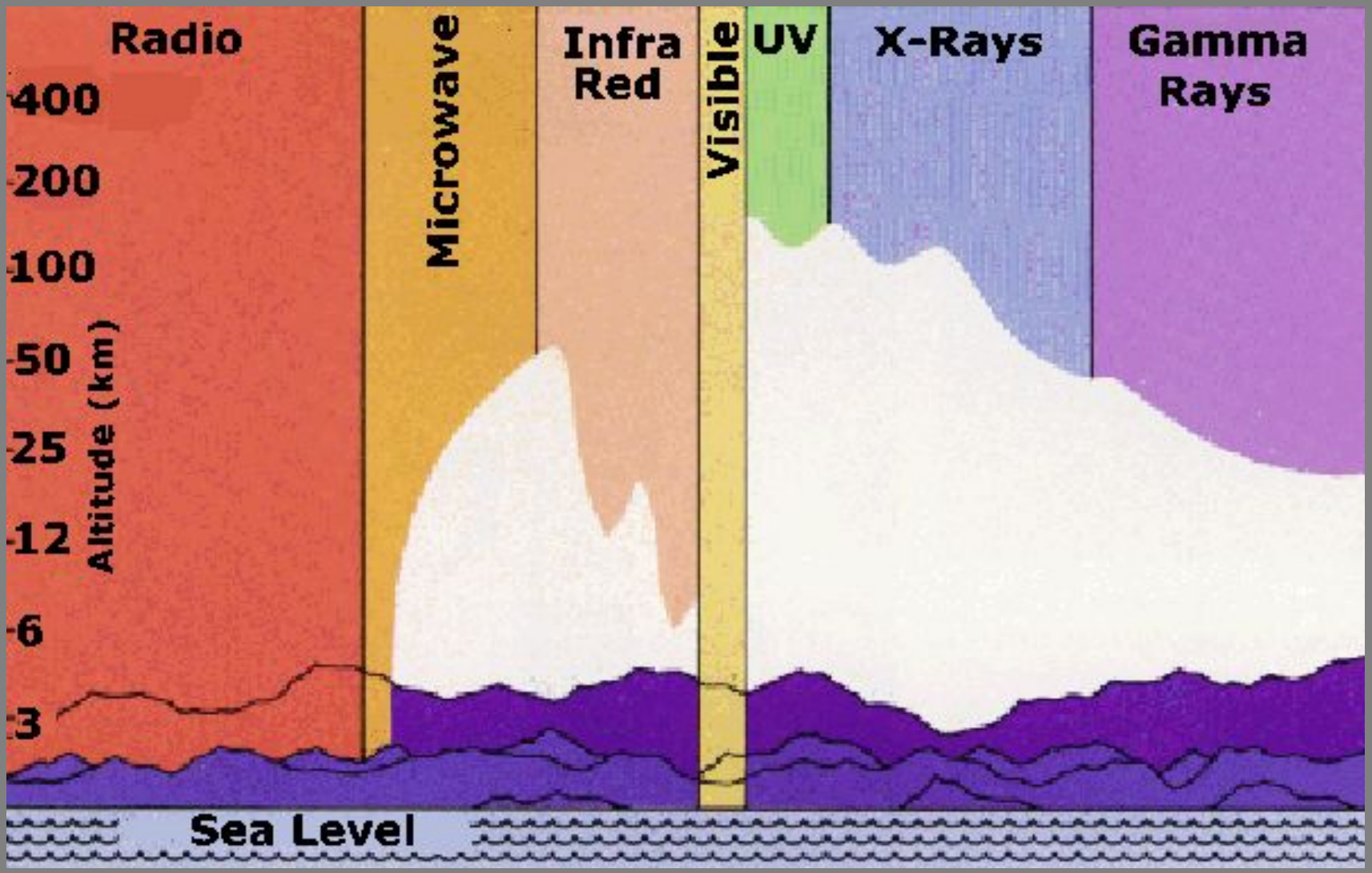
Две важнейшие задачи наблюдений:

- Получить как можно более резкое изображение наблюаемого объекта и записать его в цифорвом формате *(требуется высокая разрешающая способность инструмента)*
- Измерить световую энергию, приходящую в выбранном диапазоне длин волн *(требуется большая пллощадь объектива и высокая квантовая чувствительность детектора).*

Что ограничивает точность угломерных измерений?

Требуется высокое угловое разрешение телескопа. Его ограничивает:

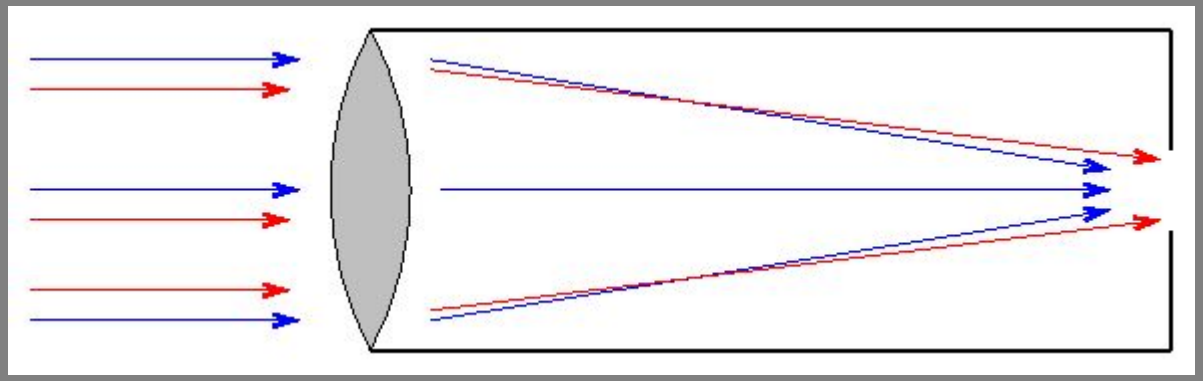
- Дифракция света на краях объектива (радиоантенны).
- Атмосферная турбулентность
- Качество изготовления объектива



Есть два типа наземных телескопов

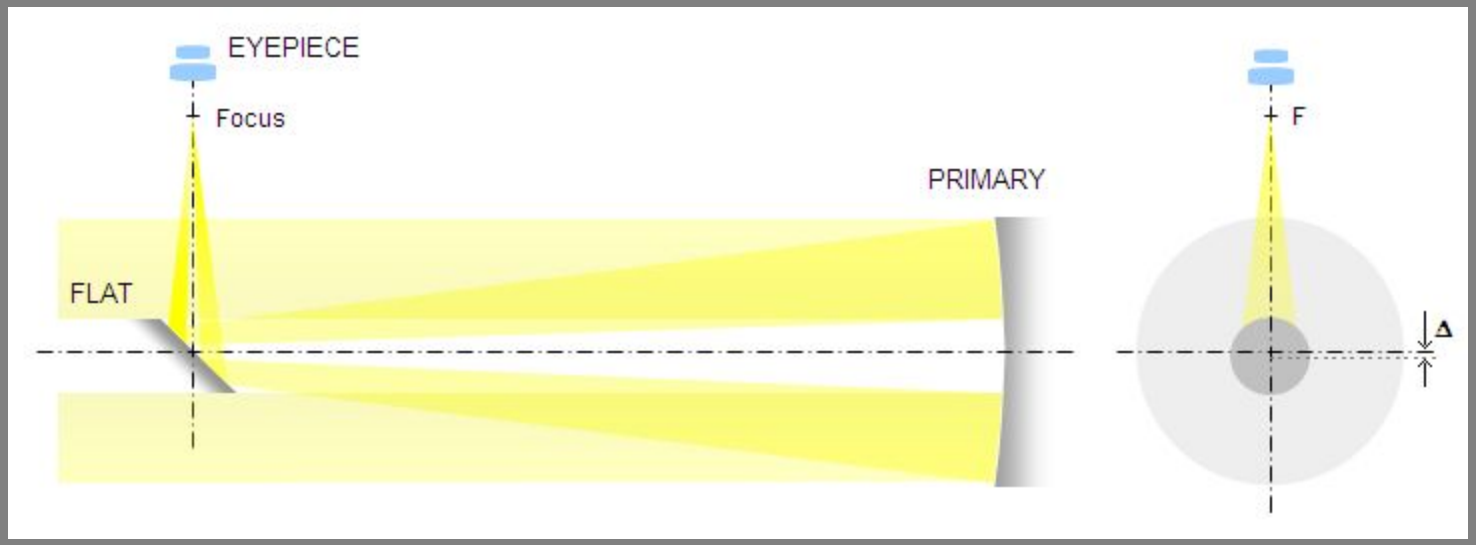
*

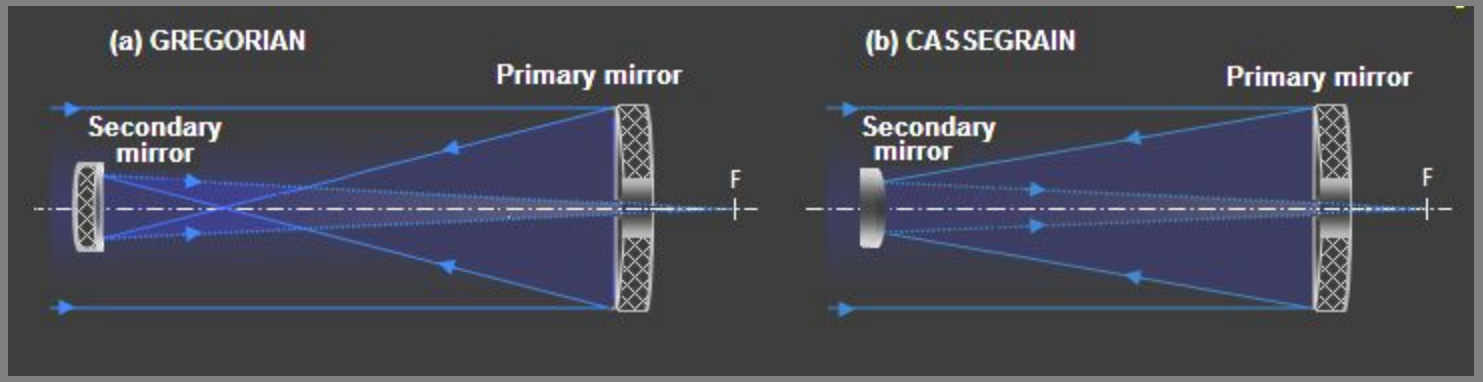
Рефракторы: хроматическая аберрация



*

РЕФЛЕКТОРЫ


EYEPIECE
Focus
PRIMARY
FLAT
F
Δ

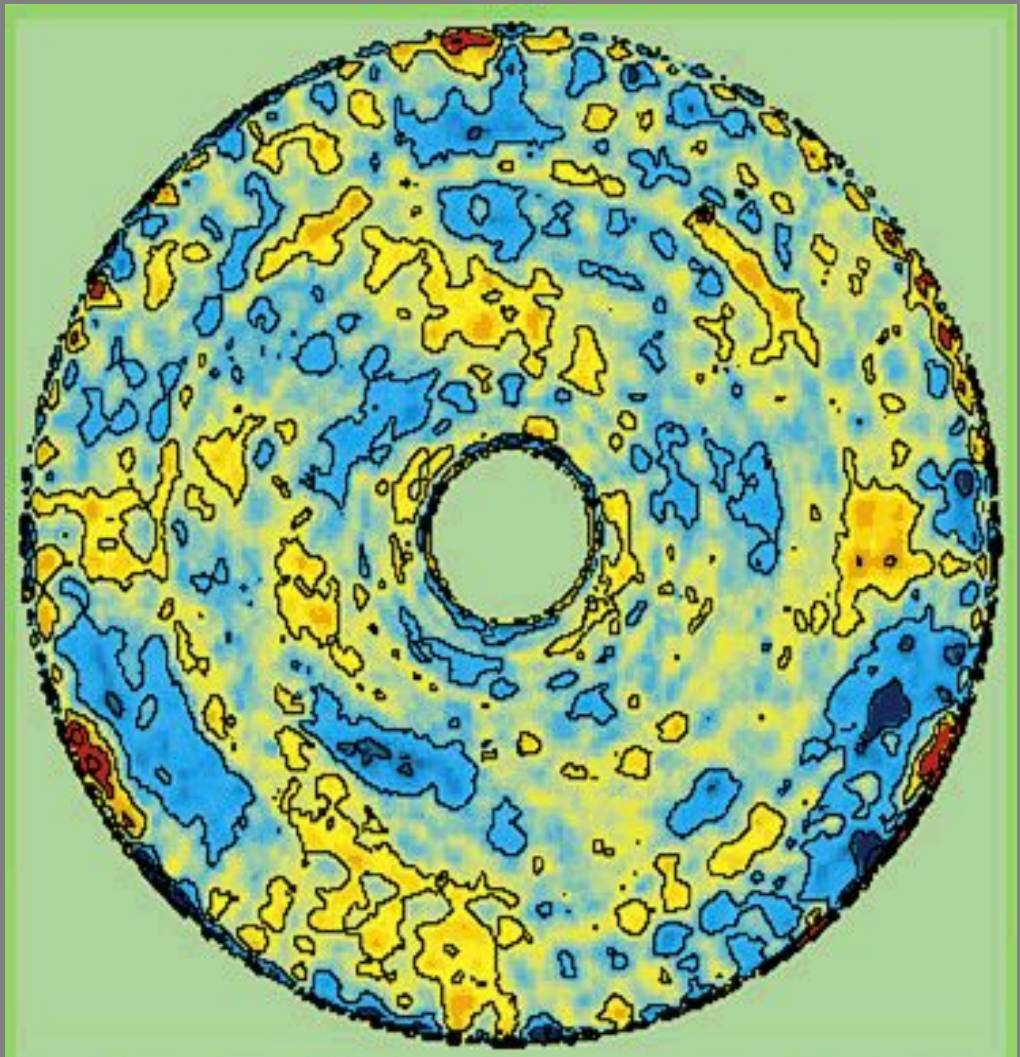

(a) GREGORIAN
Primary mirror
Secondary mirror
F
(b) CASSEGRAIN
Primary mirror
Secondary mirror
F

*

Требуется высокое угловое разрешение телескопа. Его ограничивает:

- Дифракция света на краях объектива (радиоантенны).
- Атмосферная турбулентность
- Качество изготовления объектива

Карта зеркала телескопа SUBARU



The surface error on the primary mirror (the error is 0.000014 mm)

Проблема углового разрешения

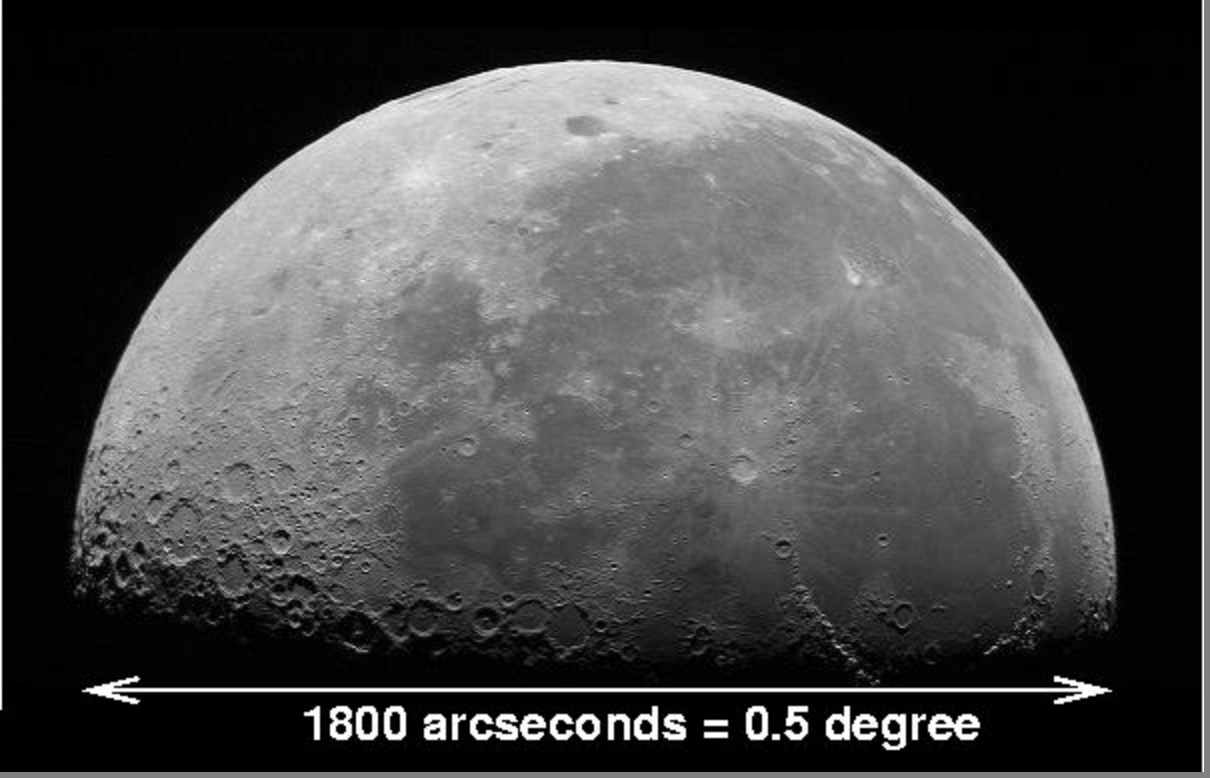
- **Дифракционное изображение**

$$\theta_d \sim \lambda/D$$

- **Турбулентность атмосферы**

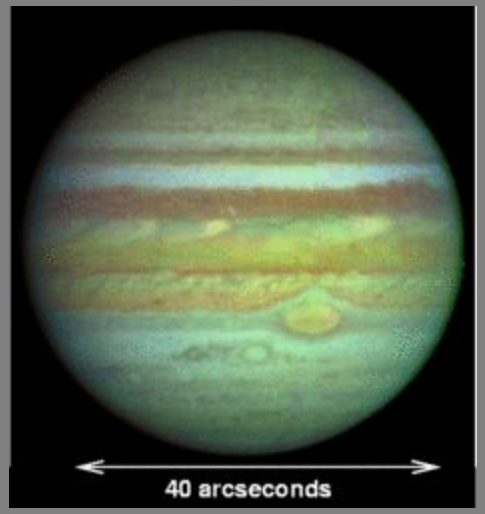
$$\beta_{atm} >> \theta_d$$

*



Одна угловая секунда:
Это размер 10-копеечной монеты с расстояния 3 километра

Диаметры изображений слабых звезд: 0.5 – 2 угловых секунды

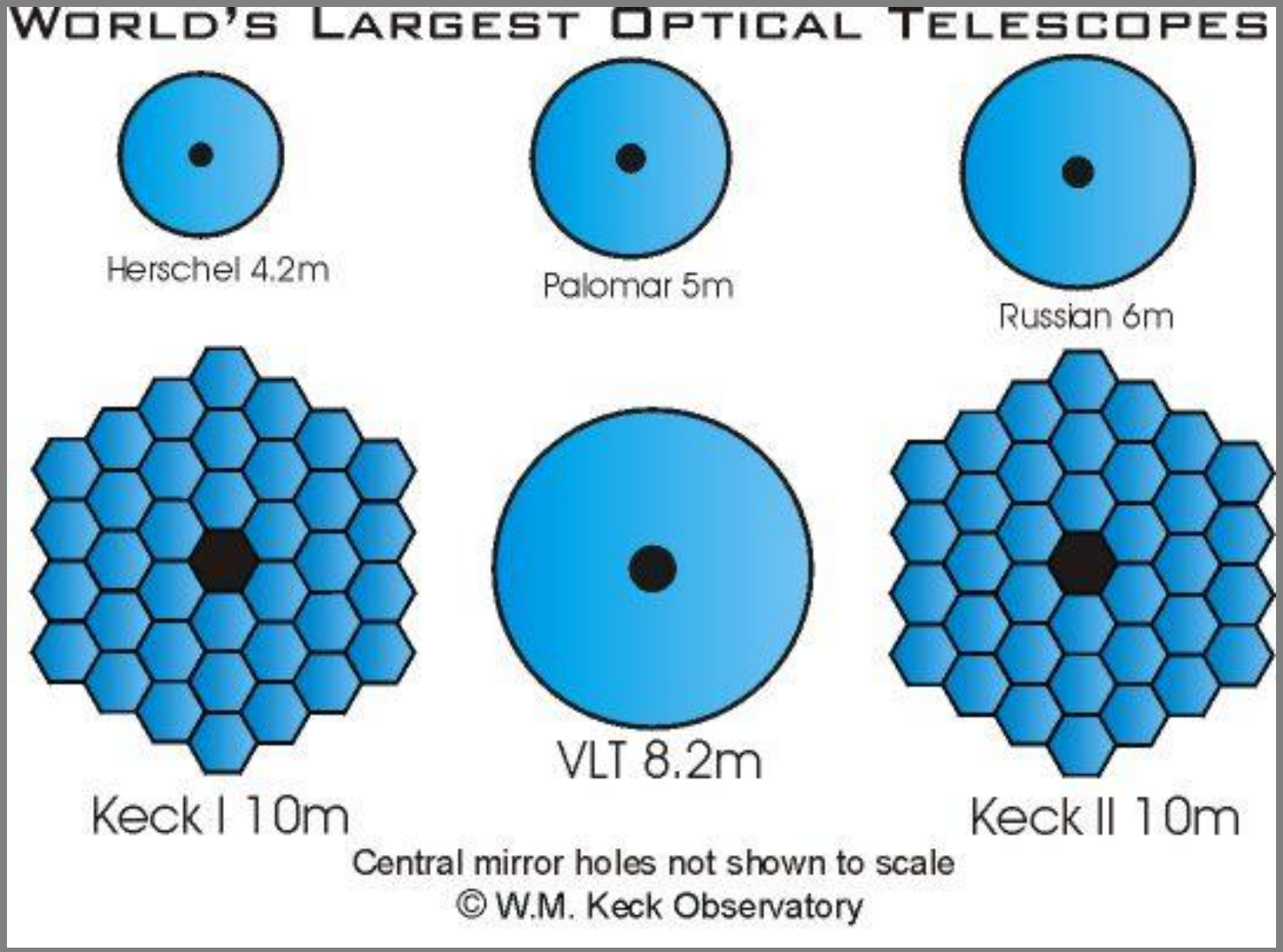


*

Три пути повышения разрешающей способности

- Создание космических обсерваторий
- Использование техники интерференционных наблюдений
- Использование адаптивной оптики

Самые большие зеркала



*

Бессмысленно устанавливать большой телескоп в местах с плохим изображением!

6-м САО РАН

*

LBT 2x8.4m
Arizona,USA

Канарские острова
10.4 м
Gran Telescopio CANARIAS (GTC)
36 сегментов.

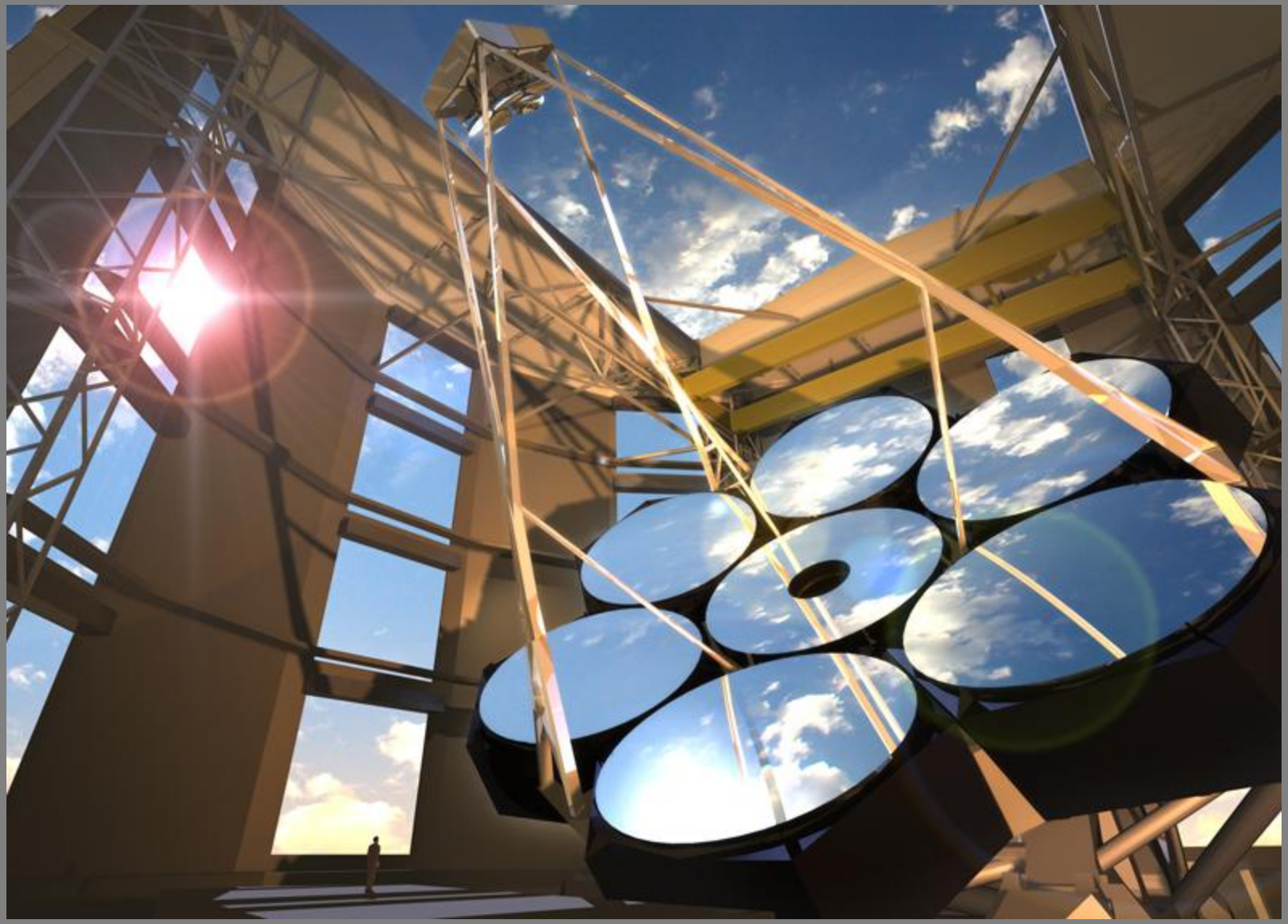
The VLT Array on the Paranal Mountain

ESO PR Photo 14a/00 (24 May 2000)

© European Southern Observatory

4х 8 м (Еропейская Южная Обсерватория, Чили)

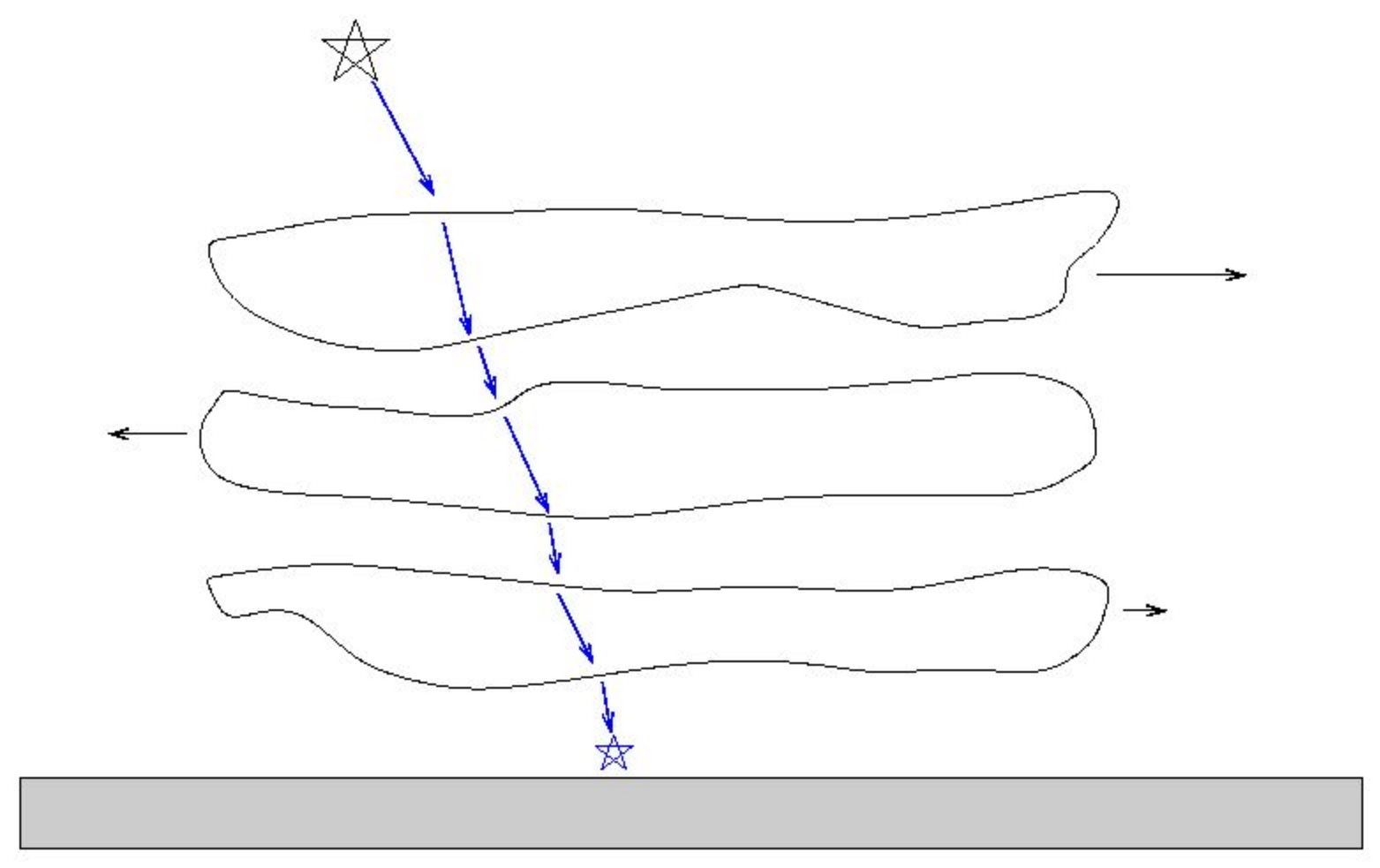
*



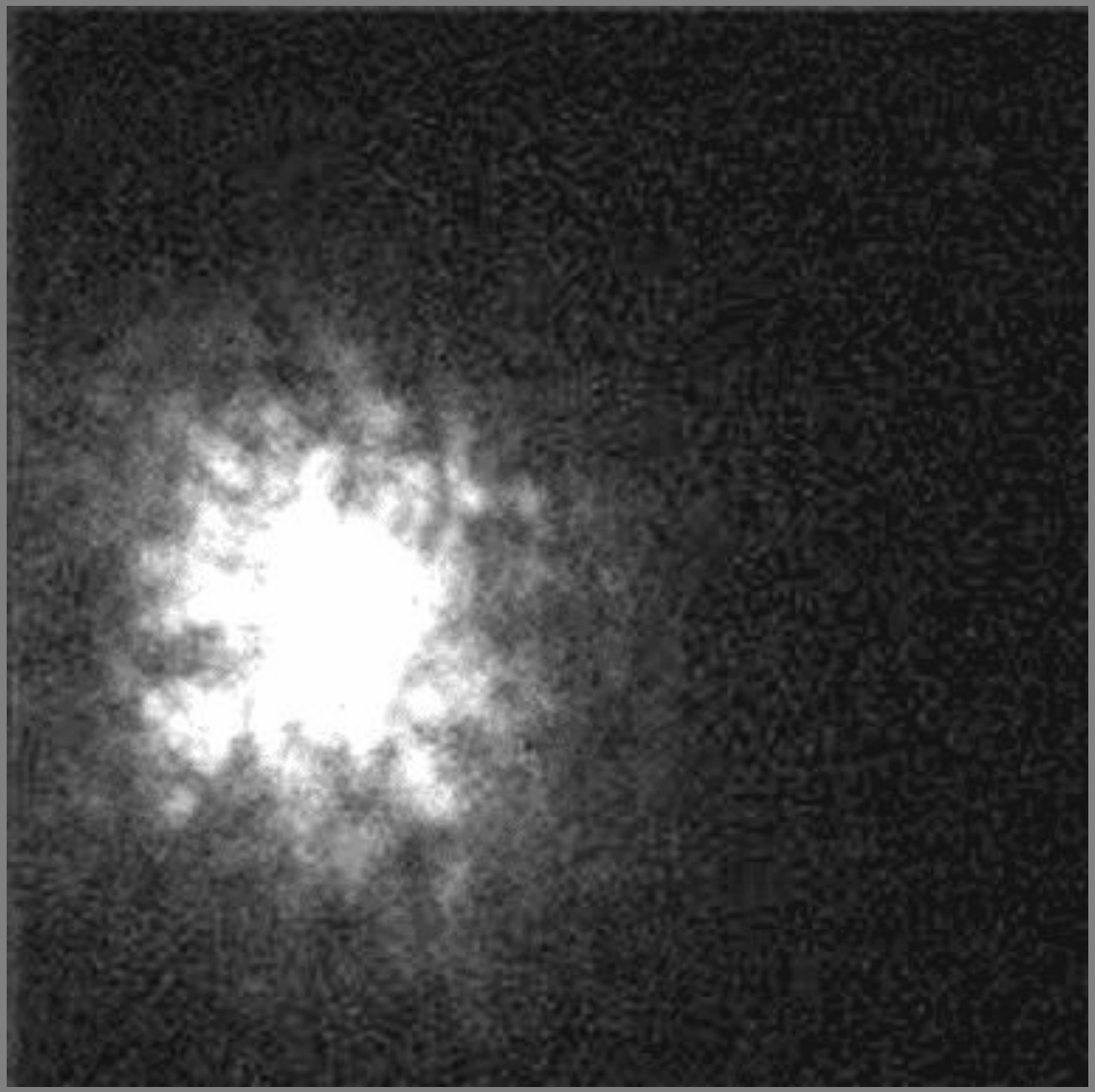
Giant Magellan Telescope 7x8.4m (www.gmto.org)

*

Атмосферные искажения



*



*

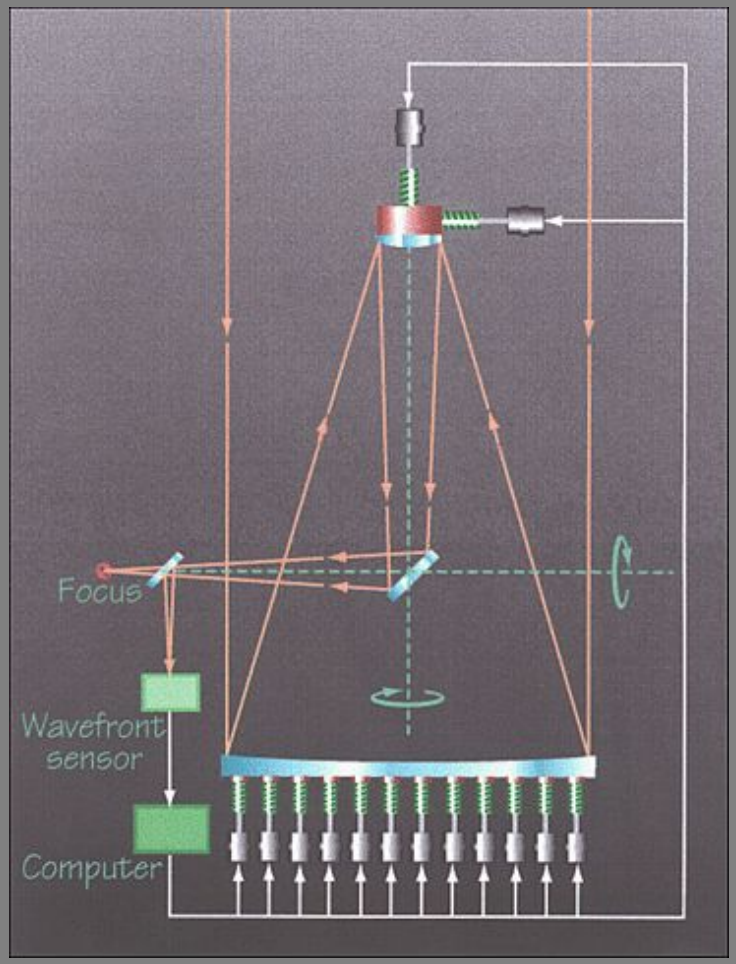
Л3

Активная и адаптивная оптика

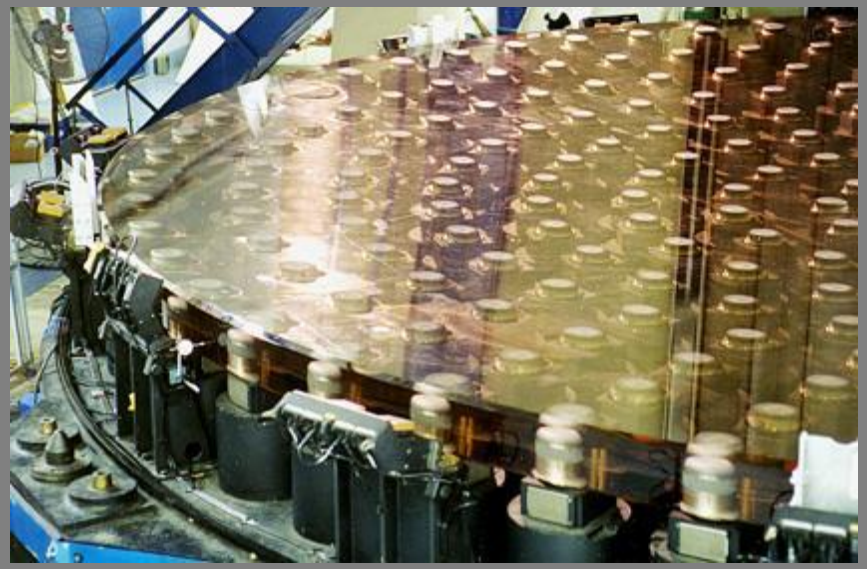
- Активная оптика устраняет НЧ (<1Гц) искажения ВФ путем корректировки формы главного зеркала
- Адаптивная оптика – устранение ВЧ искажений ВФ из-за атмосферной турбулентности путем подстройки формы дополнительных зеркал

*

Активные зеркала



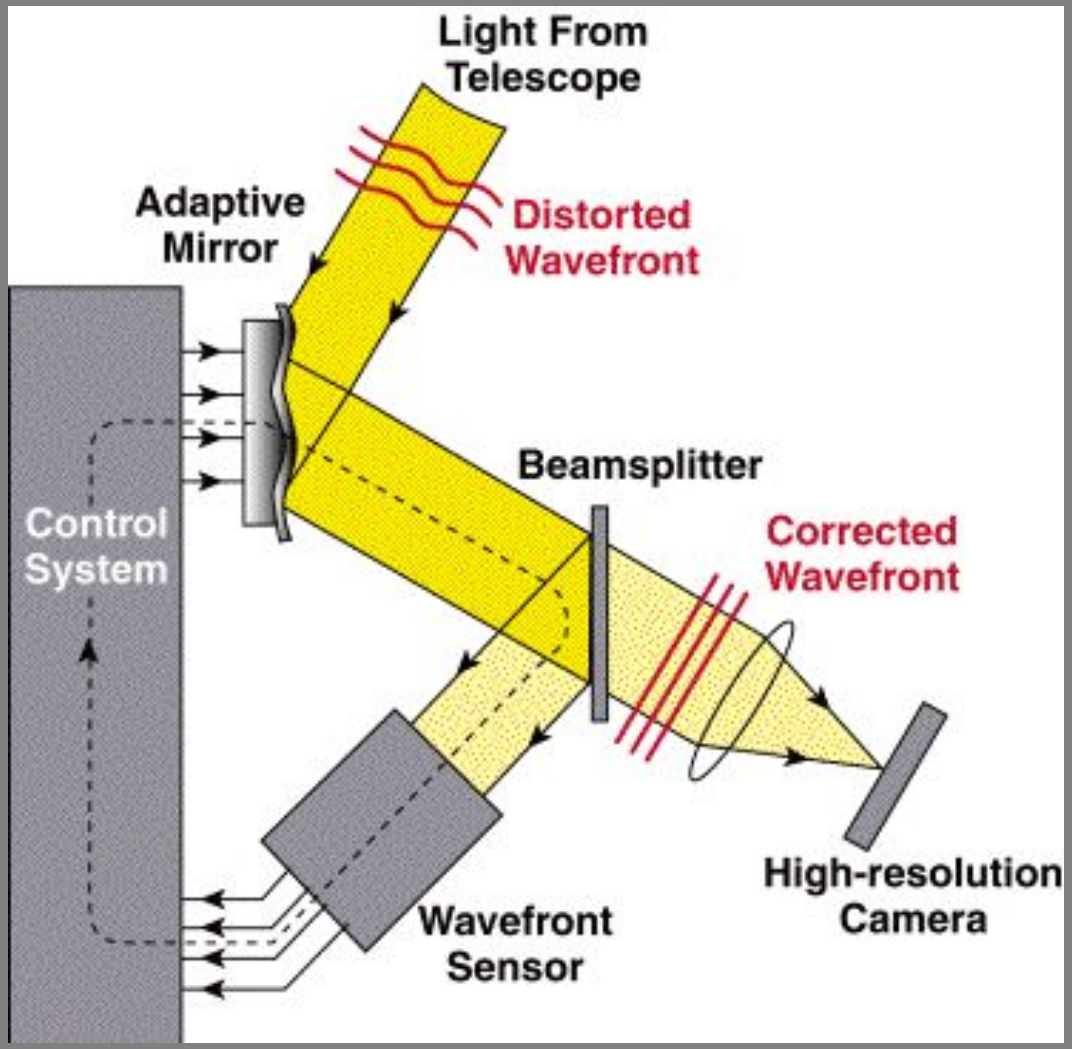
VLT



SUBARU

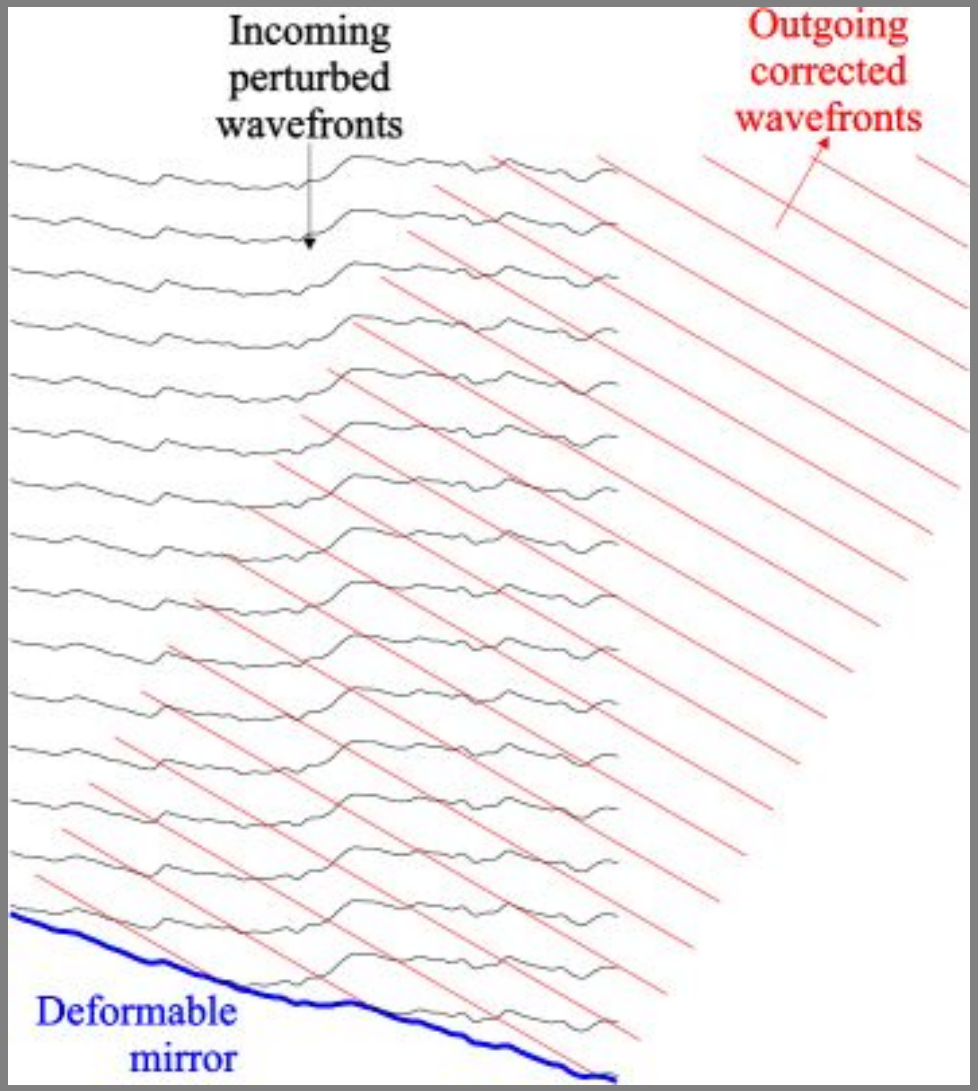
*

Схема адаптивной оптики

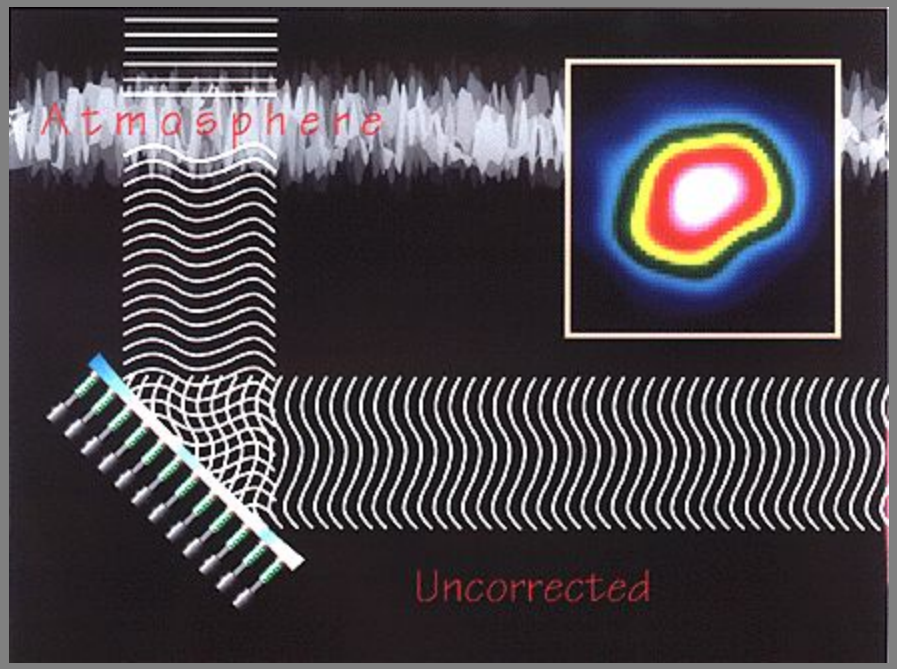


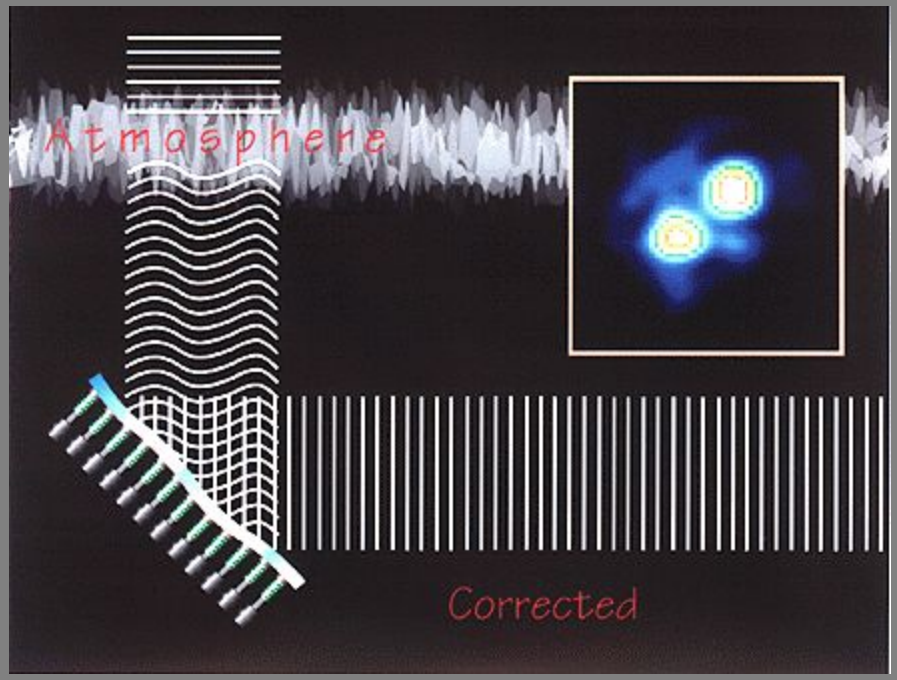
*

Работа адаптивного зеркала

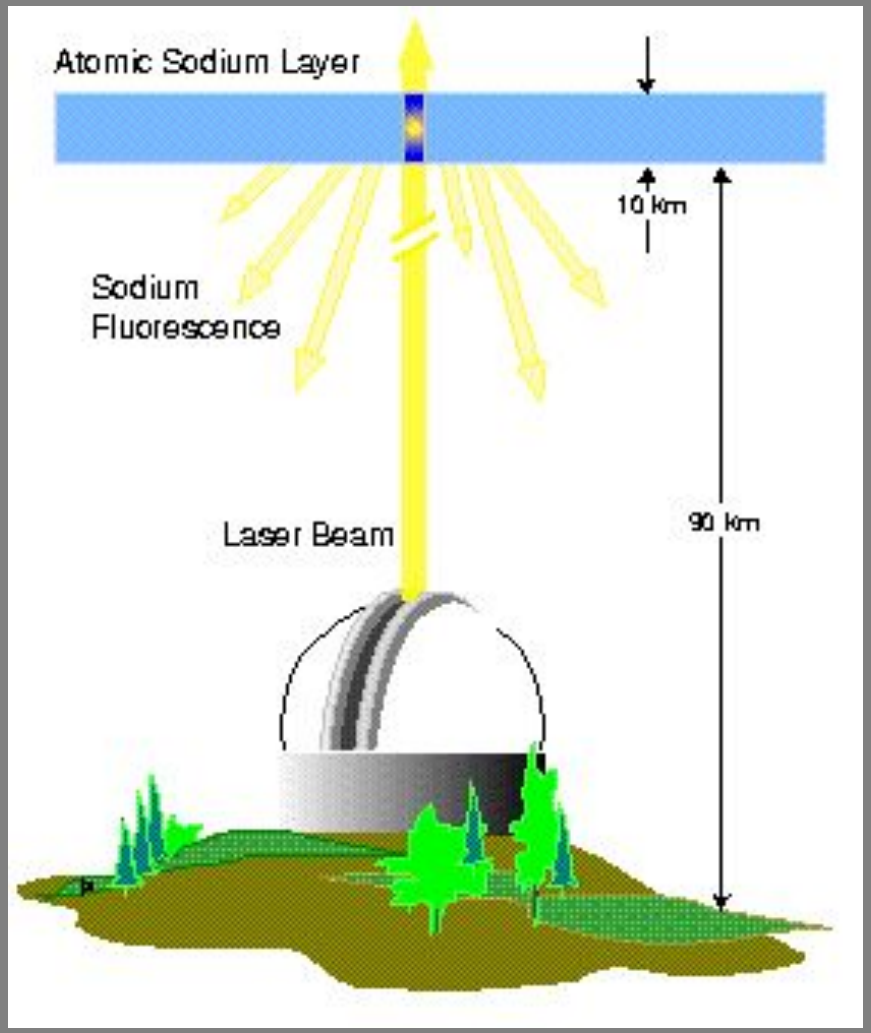


*

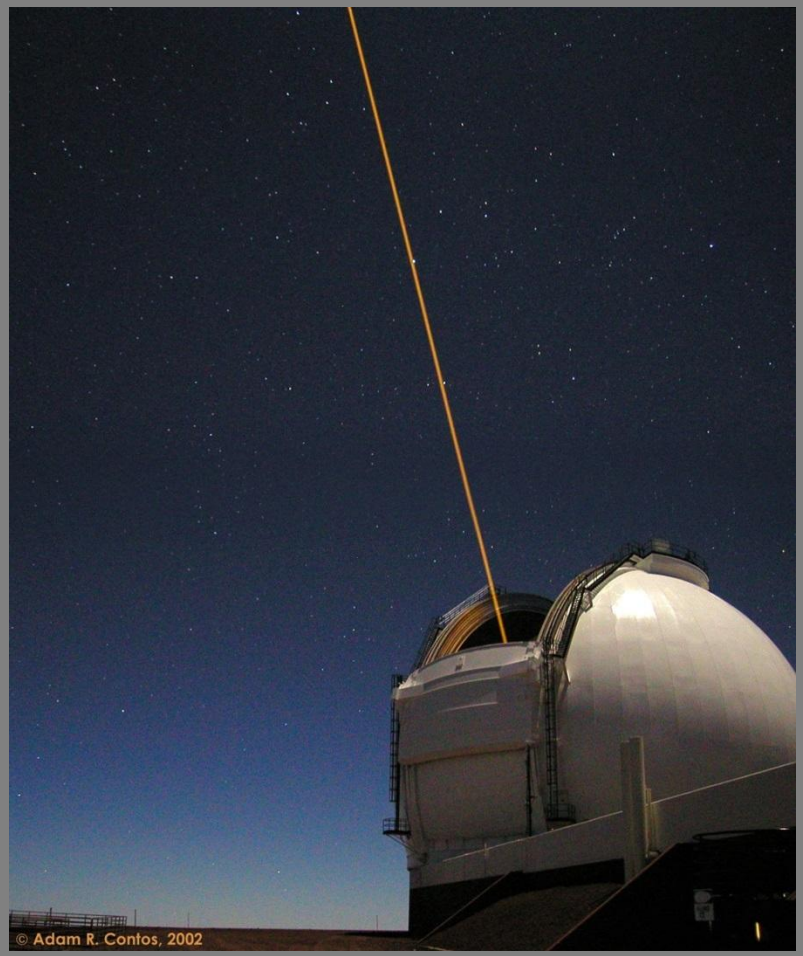

Atmosphere
Uncorrected


Atmosphere
Corrected

*

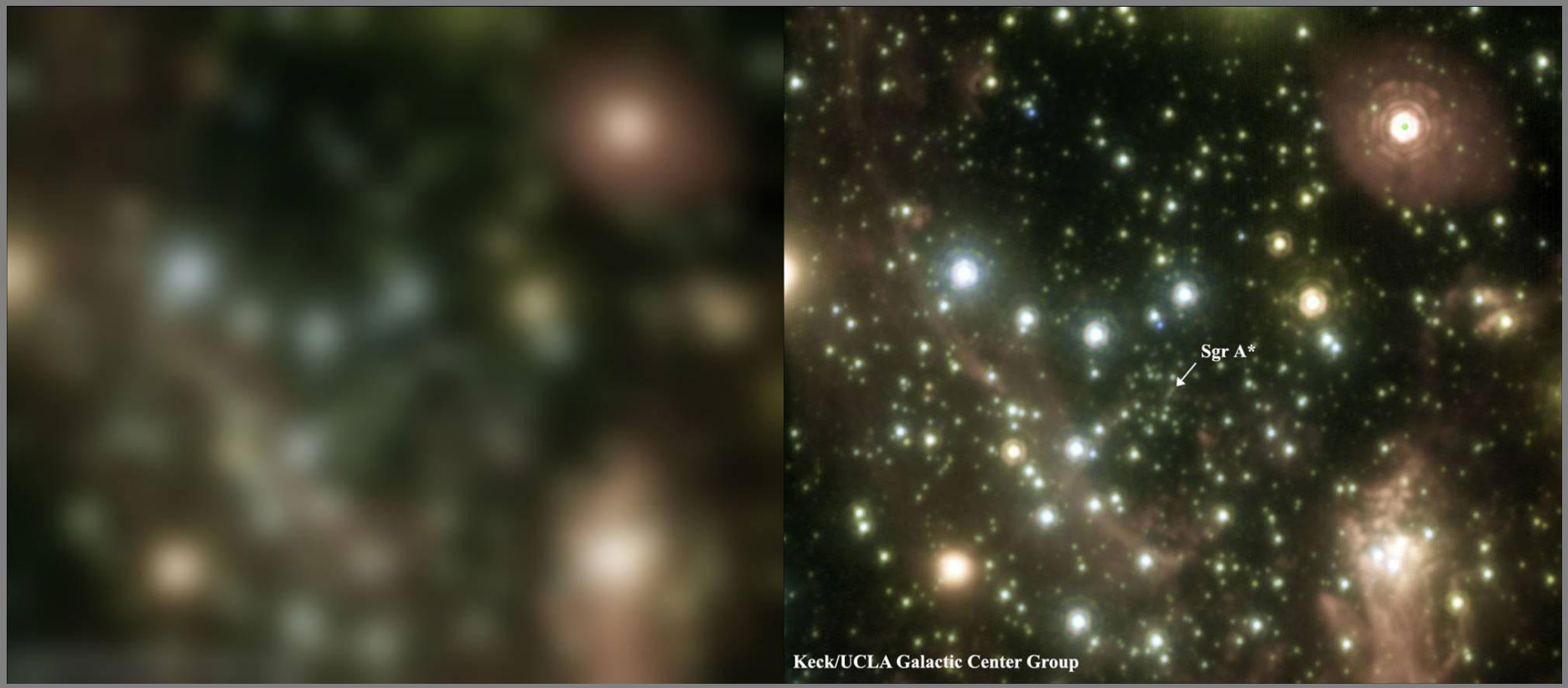


Искусственная звезда (телескоп Кек)



*

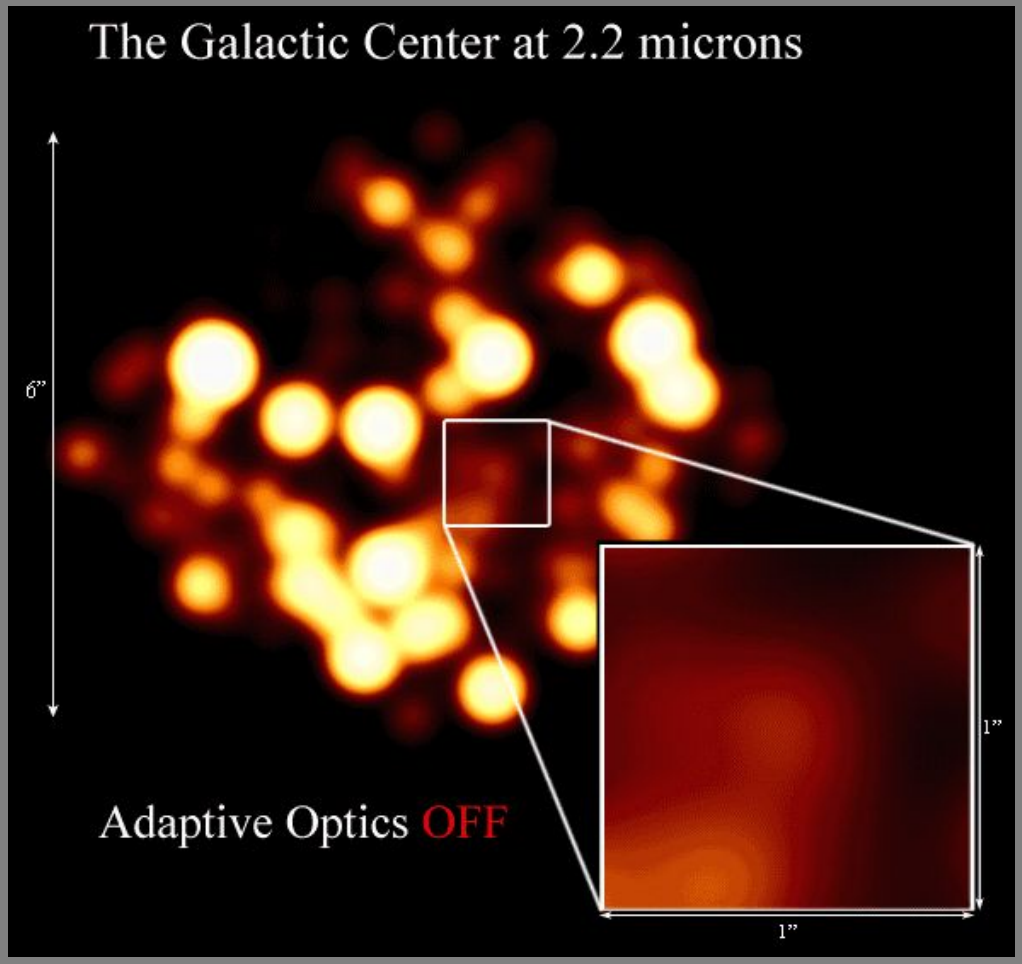
Центр Галактики



(Т-п им. Кека, ближний ИК)

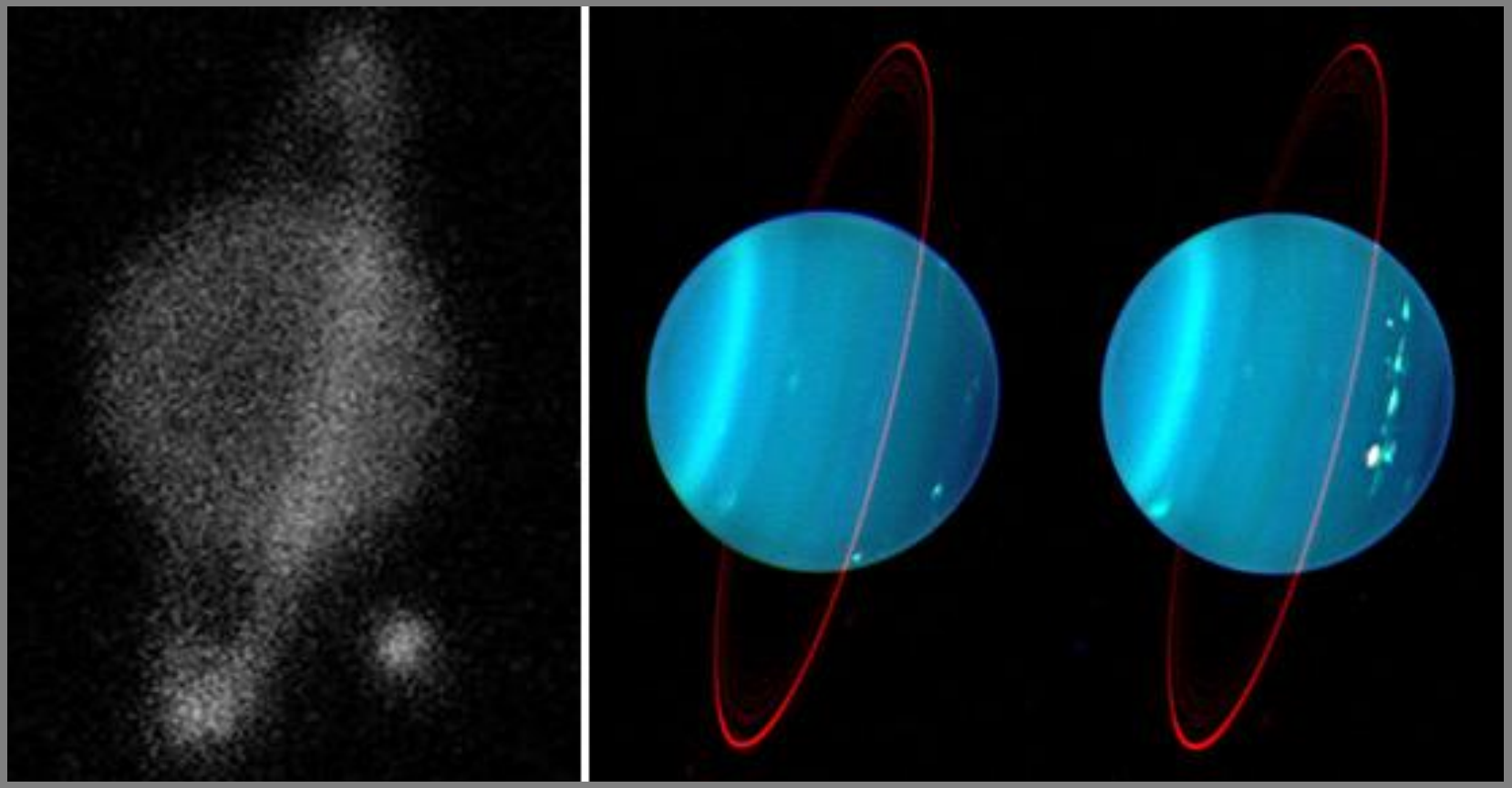
*

Галактический центр



*

Уран

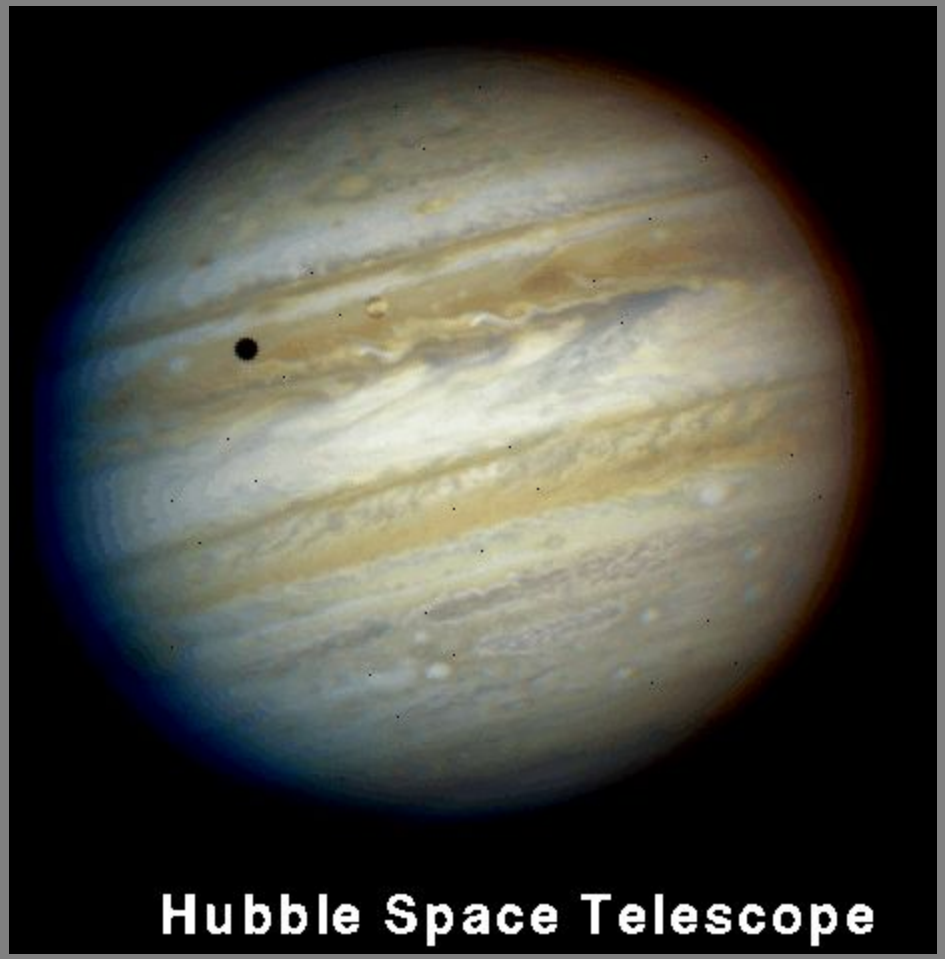


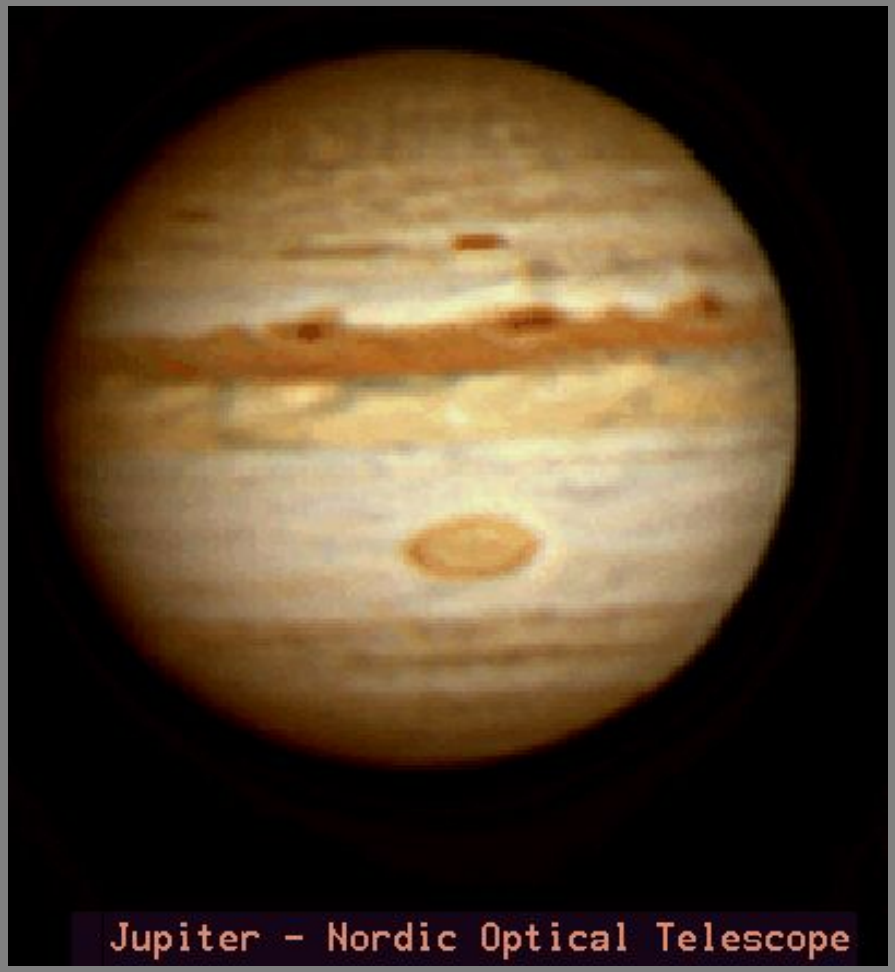
(Т-п им. Кека, ближний ИК)

*

HST (Космический телескоп Хаббл)

*





2.4-м

2.1-м

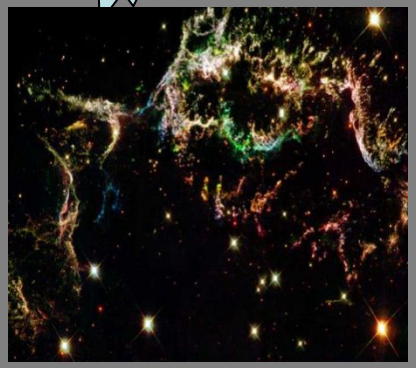
*

РАДИОАСТРОНОМИЯ

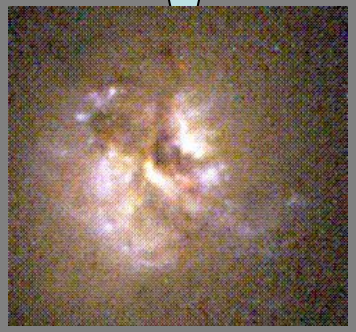
Три «радио-Солнца» на небе!!

Наше Солнце

Радиоисточник Кассиопея А



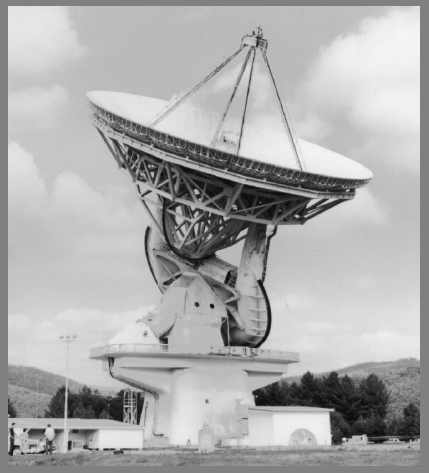
Радиоисточник Лебедь А



Радиотелескопы

Аресибо 300м

VLA

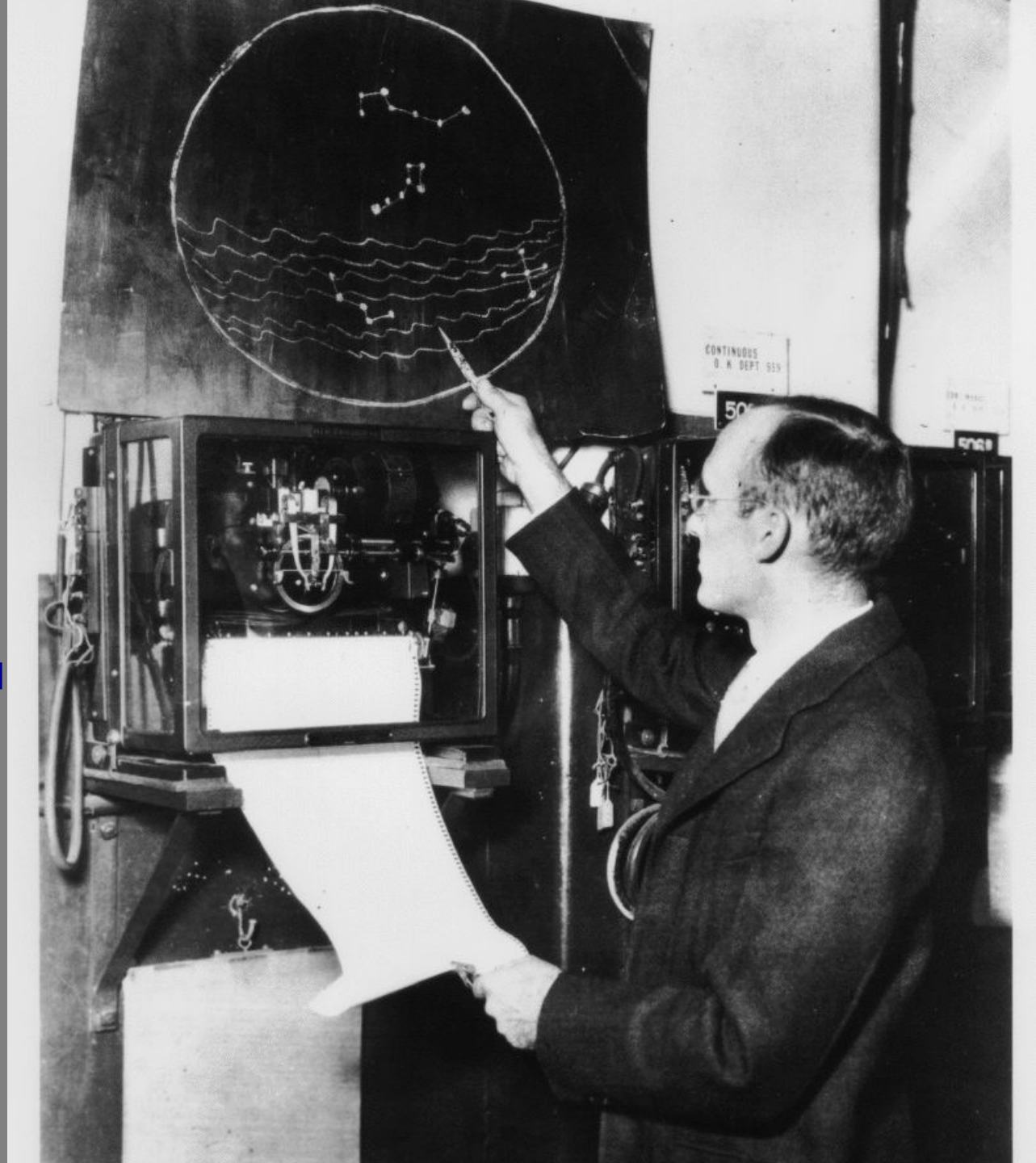


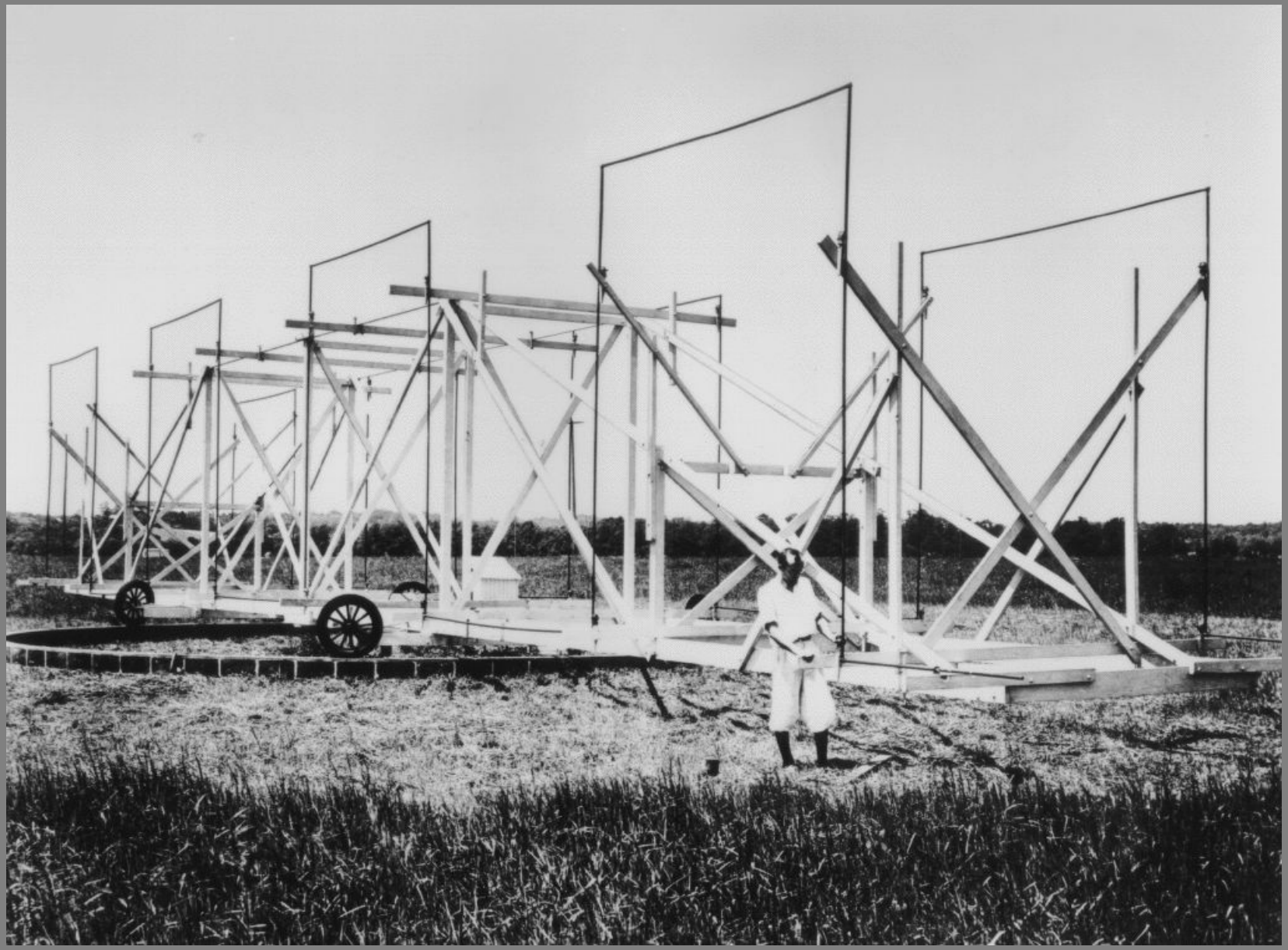
NRAO 140ft

РАТАН-600

*

1932г.
Карл Янский
Первое обнаружение космического Радиоизлучения (λ 14.5 м)

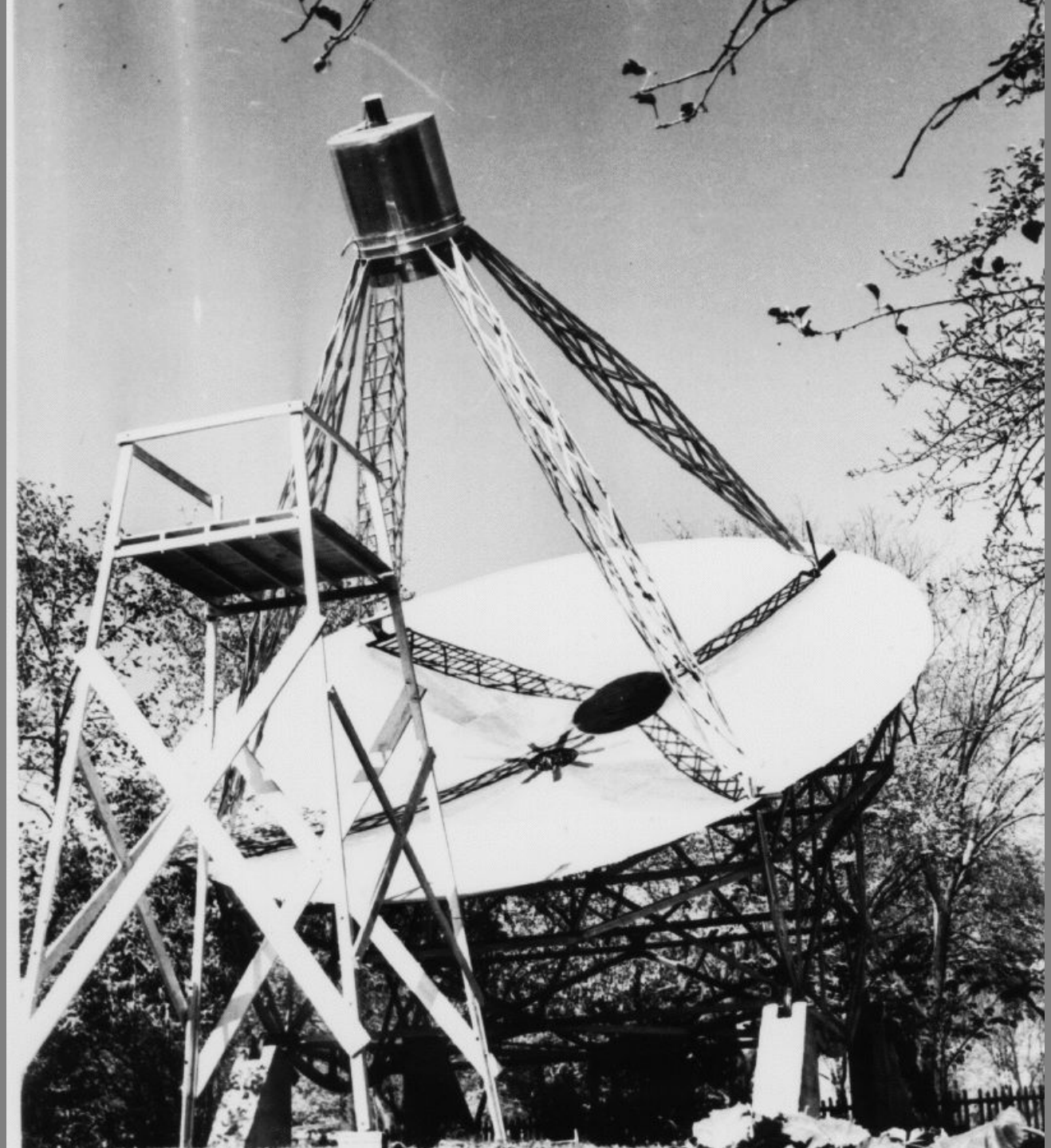




- 1943 г.

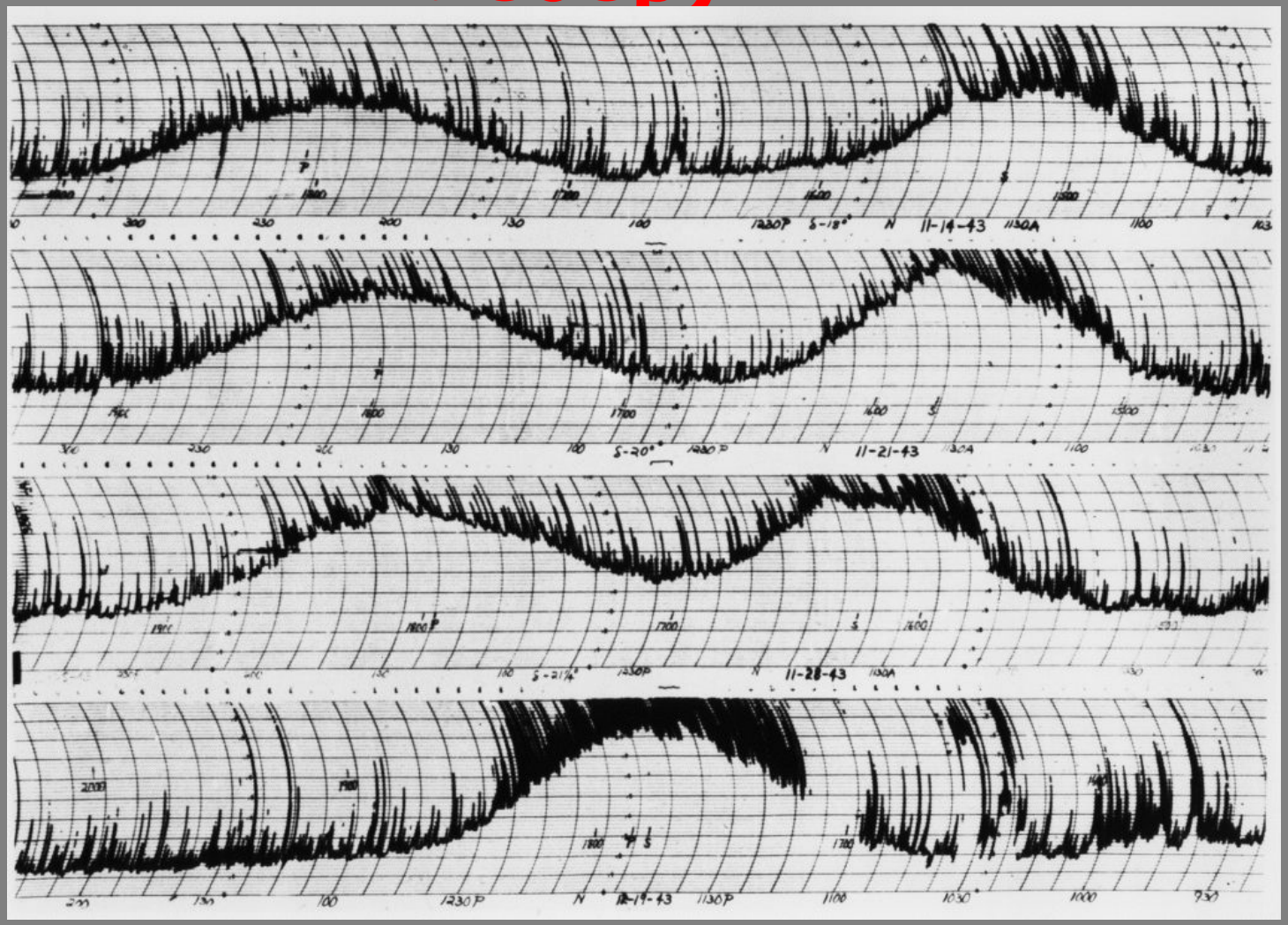
Грот Ребер (радиолюбитель)

Первое посторение радиокарты неба



Запись космического радиоизлучения (1943 г., Ребер)

λ=1.9м



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

100-м антенна радиотелескопа Green Bank (США)

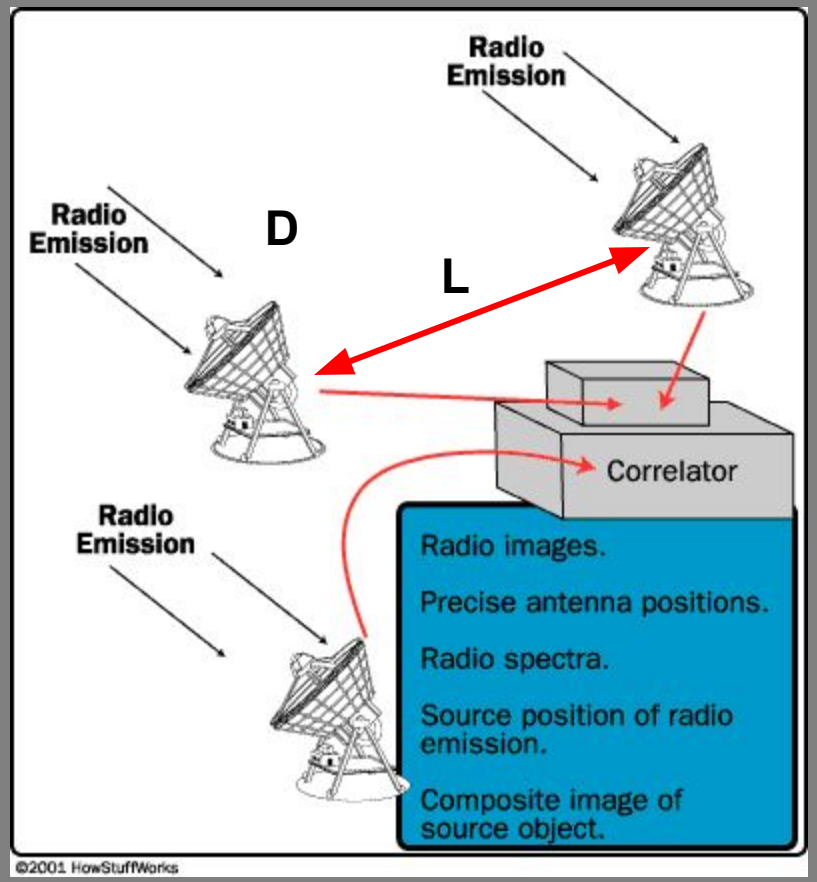
100-м антенна радиотелескопа Effelsberg (Германия)

64-м радиотелескоп около г. Калязин Тверской обл.

Радиоинтерферометрия

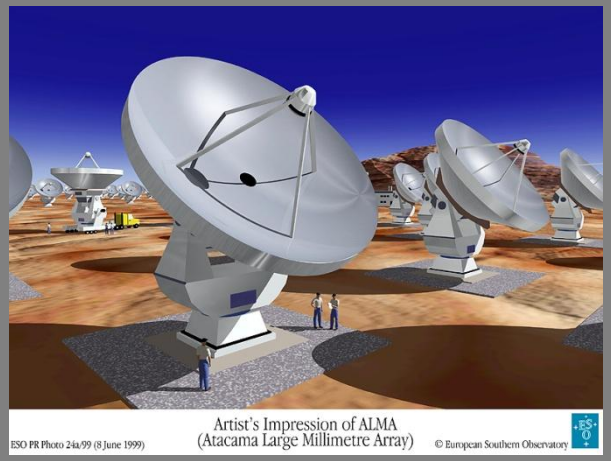
Разрешение одного телескопа плохое (большая длина волны!)

- $\Theta_D \sim \lambda/D$
- Решение – интерферометры
- $\theta_I \sim \lambda/L << \theta_D$



*

Радиоинтерферометры



*

Радиоастрон

Запуск: 2011 г.

- **Антенна 10м**
- **Апогей орбиты- 350 тыс.км**
- **Угл. разрешение- 5-8 микросекунд**

(толщина человеческого волоса с расстояния 1000 км!)

Рентгеновская и гамма-астрономия

- Только из космоса
- Источники: горячая тепловая плазма $T>10^6$K + нетепловые процессы с релятивистскими частицами (синхротронное излучение в сильных магнитных полях, обратное Комптоновское рассеяние на релятивистских электронах …)
- Первые эксперименты в 1960х с аэростатов (Солнце, яркие галактические источники - Sco X-1)
- Первый специализированный спутник УХУРУ (1972) – карта неба (галактические и внегалактические X-источники, горячий газ в скоплениях галактик). Рентгеновский телескоп Einstein (1979).
- NP по физике 2002 г (Р. Джиаккони)

*

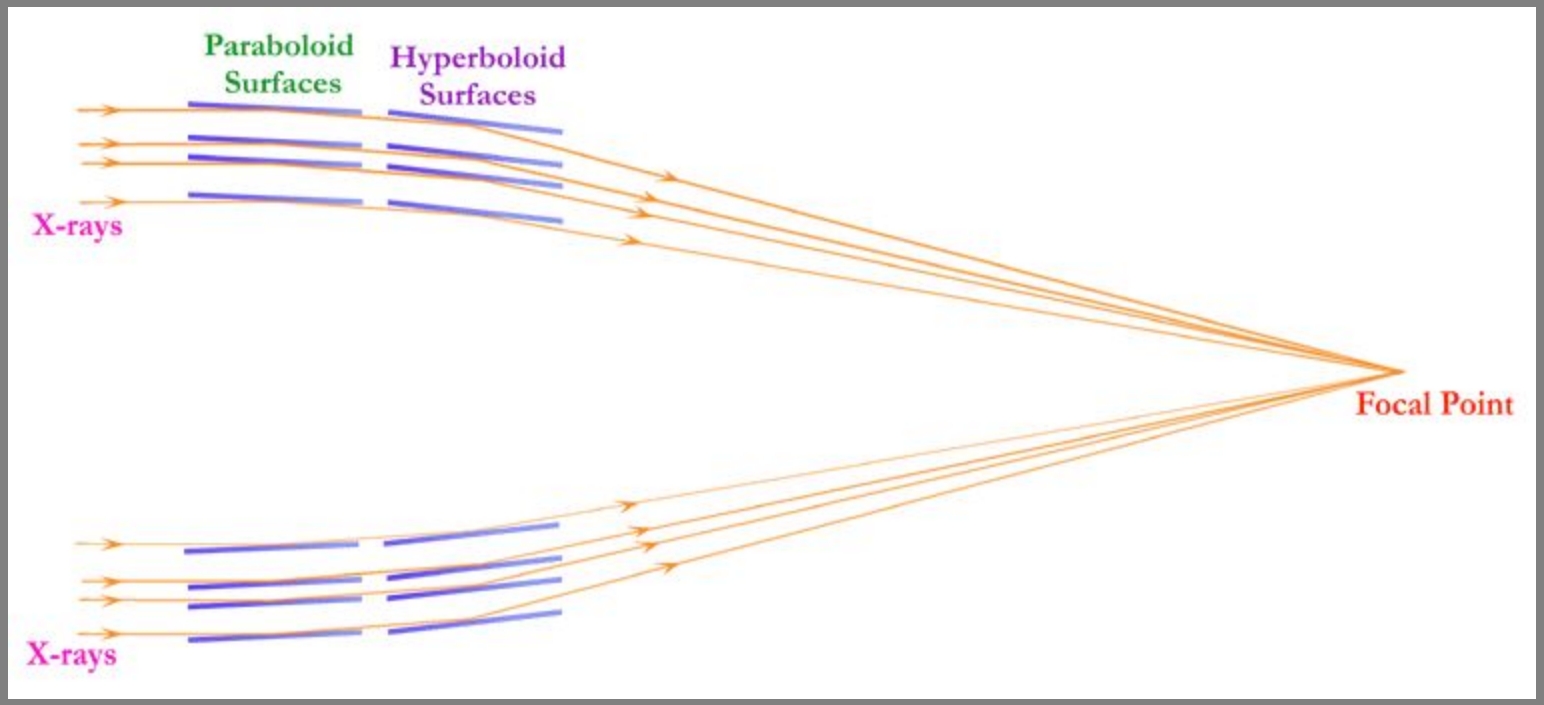
НЕМНОГО ИСТОРИИ…

ФАУ-2, 1946-1949гг

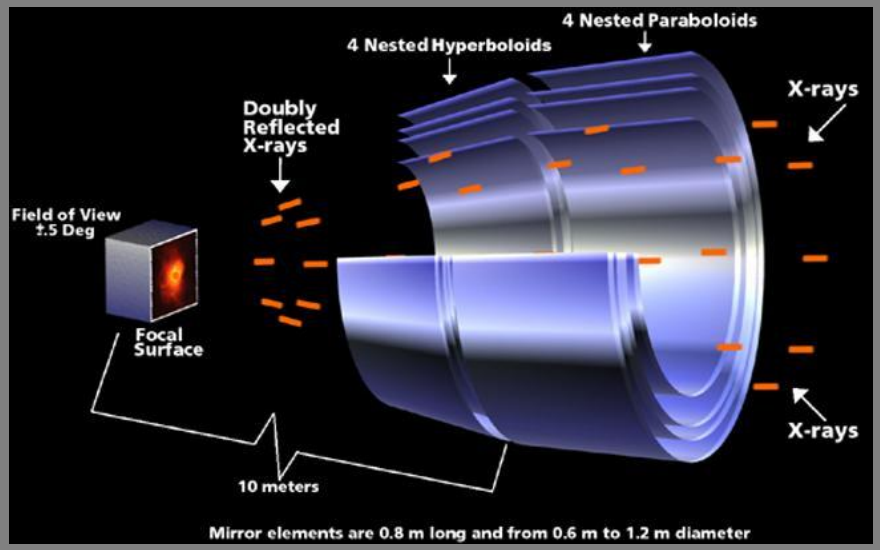
UHURU, 1970-1973гг
2-20 КэВ
Первый обзор неба

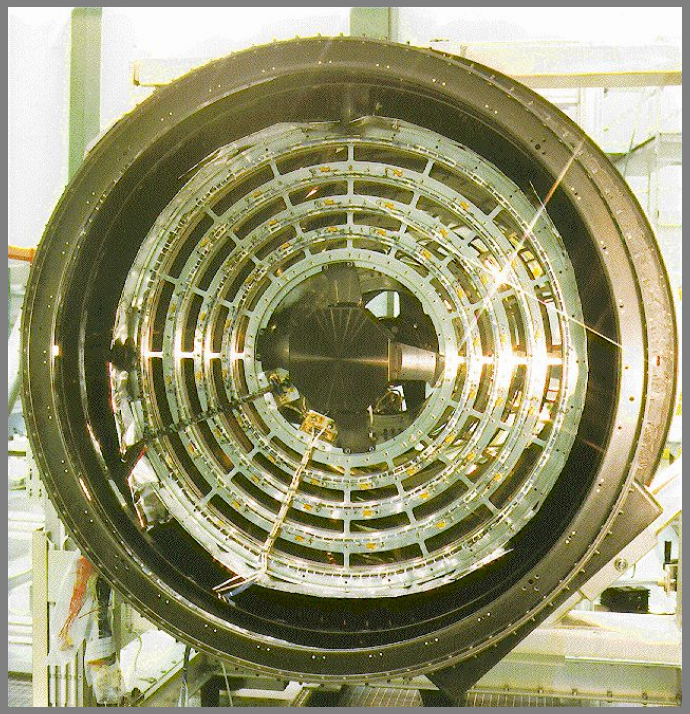
Рентгеновские телескопы косого падения

Принцип работы: фокусировка лучей при косом падении на металлы
Главный недостаток: длинный фокус (10-ки м) + малая эффективная площадь



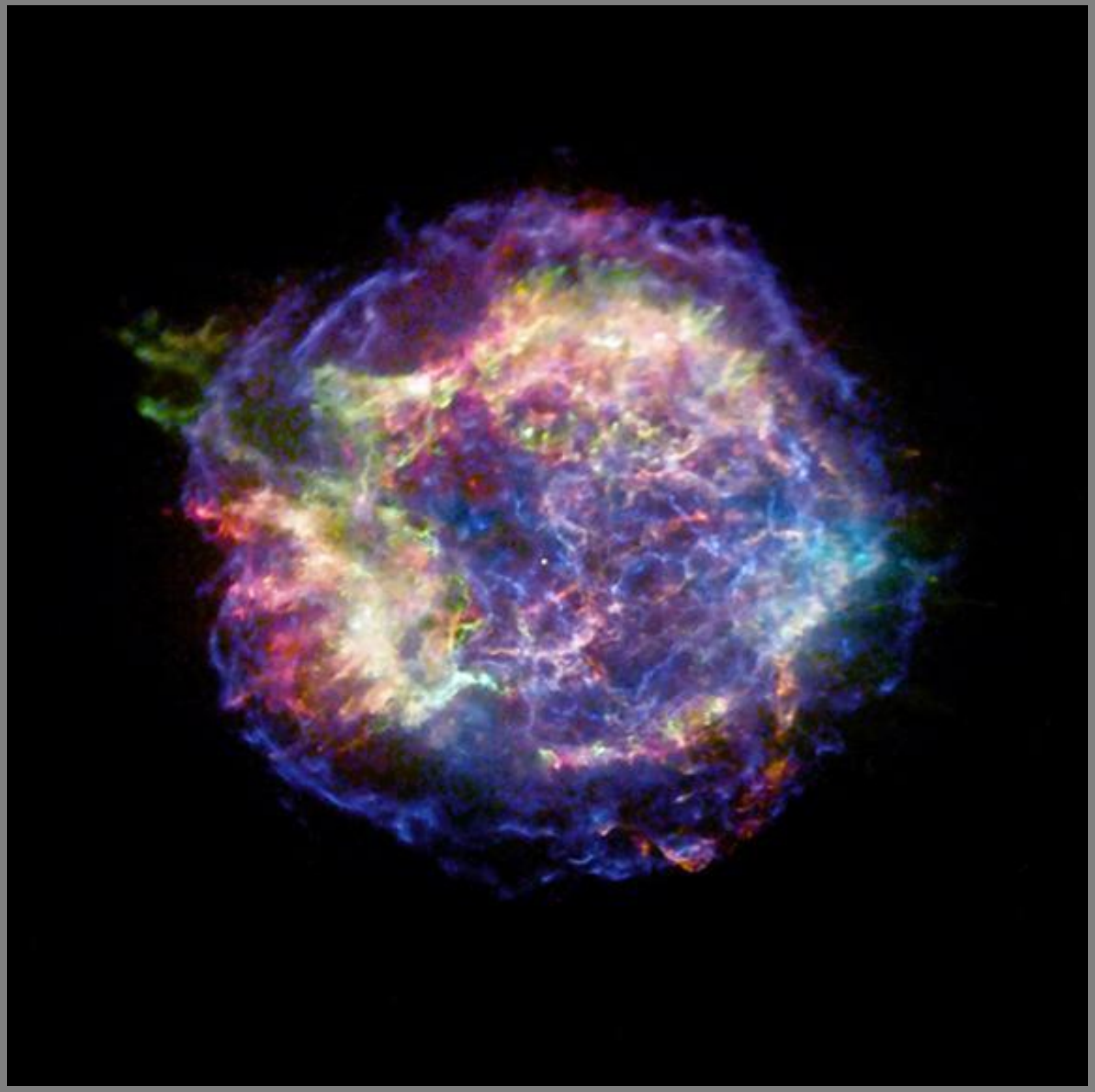
*





Угловое разрешение современных рентгеновских телескопов (Chandra)
1 сек. дуги

*



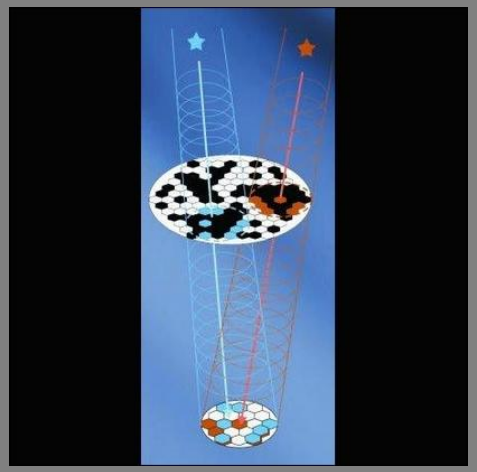
Cas A –
остаток СНII
~300 лет

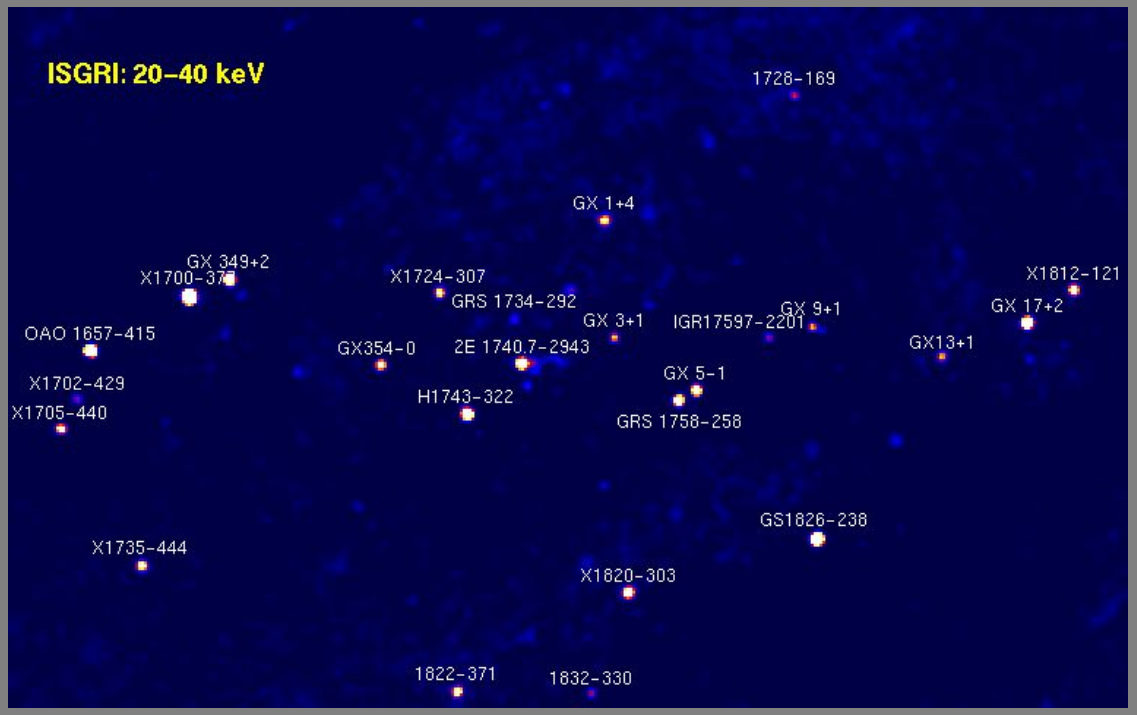
В центре –
горячая нейт-
ронная звезда

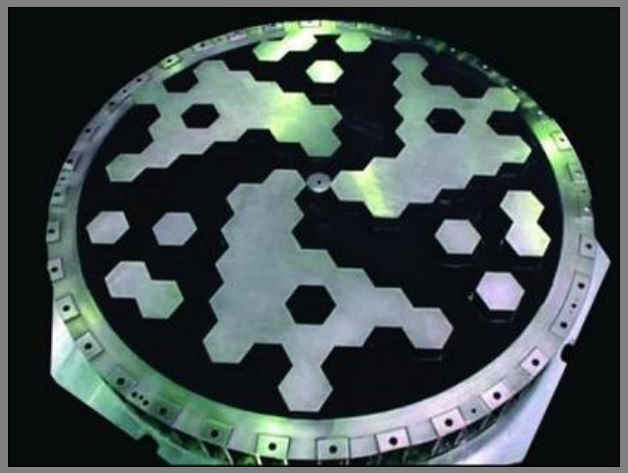
Ускорение кос-
мических лучей
на фронте УВ

*

Гамма-телескопы кодированной апертуры





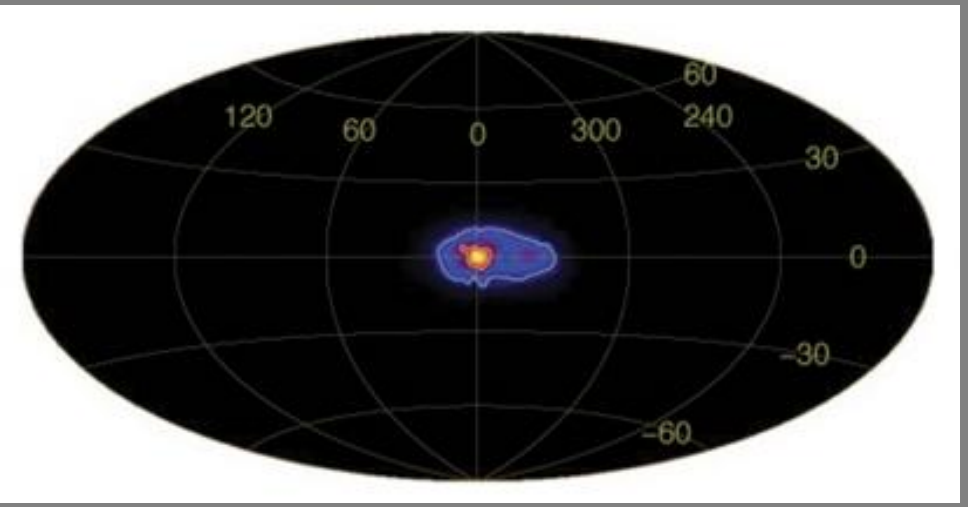


Угловое разрешение ~ 1 градуса (20 кэВ-10МэВ)

Маска SPI телескопа INTEGRAL
Детекторы: крист. Ge, CsI, CaTl

*

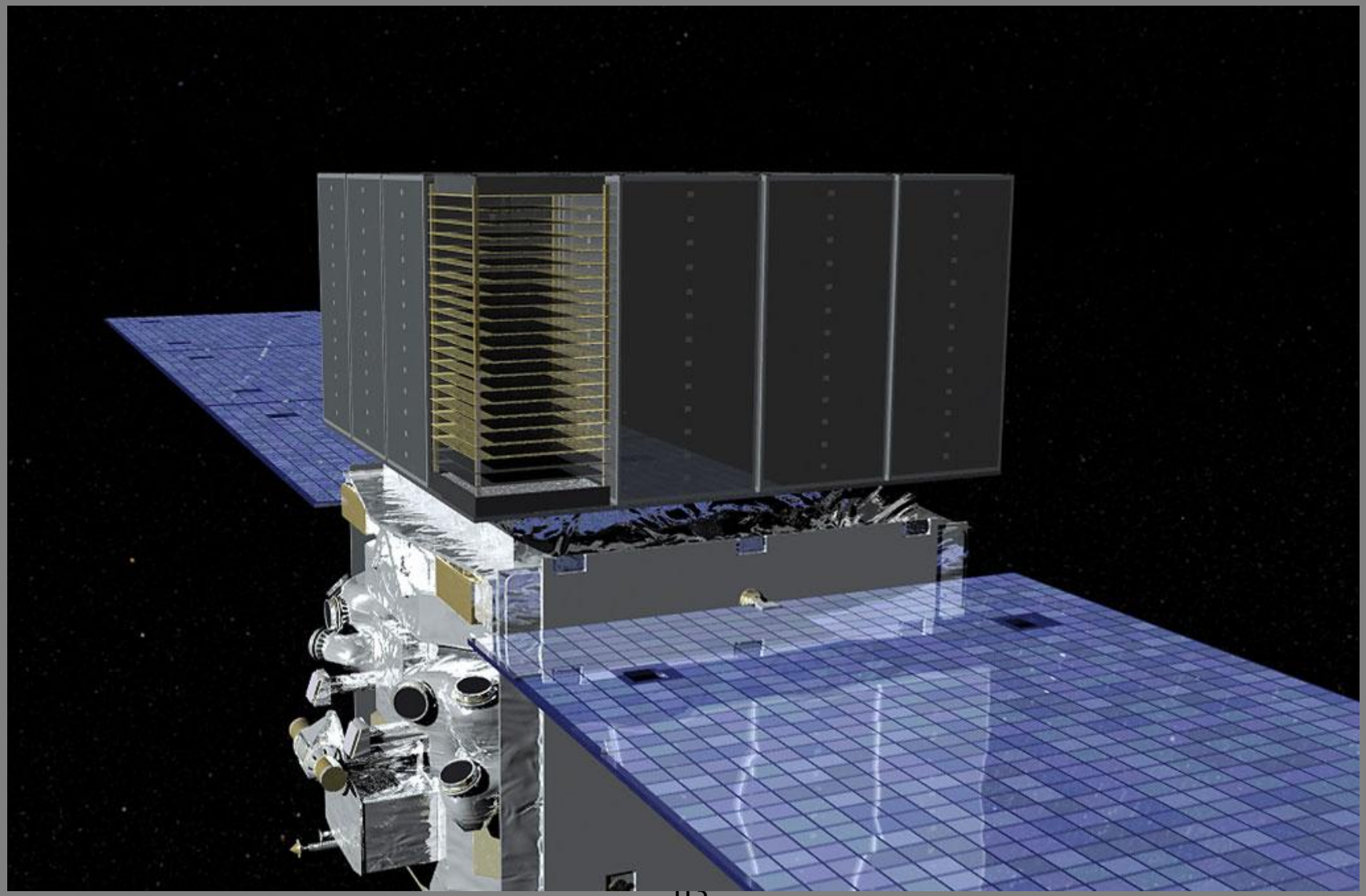
Аннигиляционная линия 511 кэВ ($e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$)



- Из области центра Галактики
- Соответствует ~10^{43} аннигиляций в секунду
- Нерешенная проблема происхождения

*

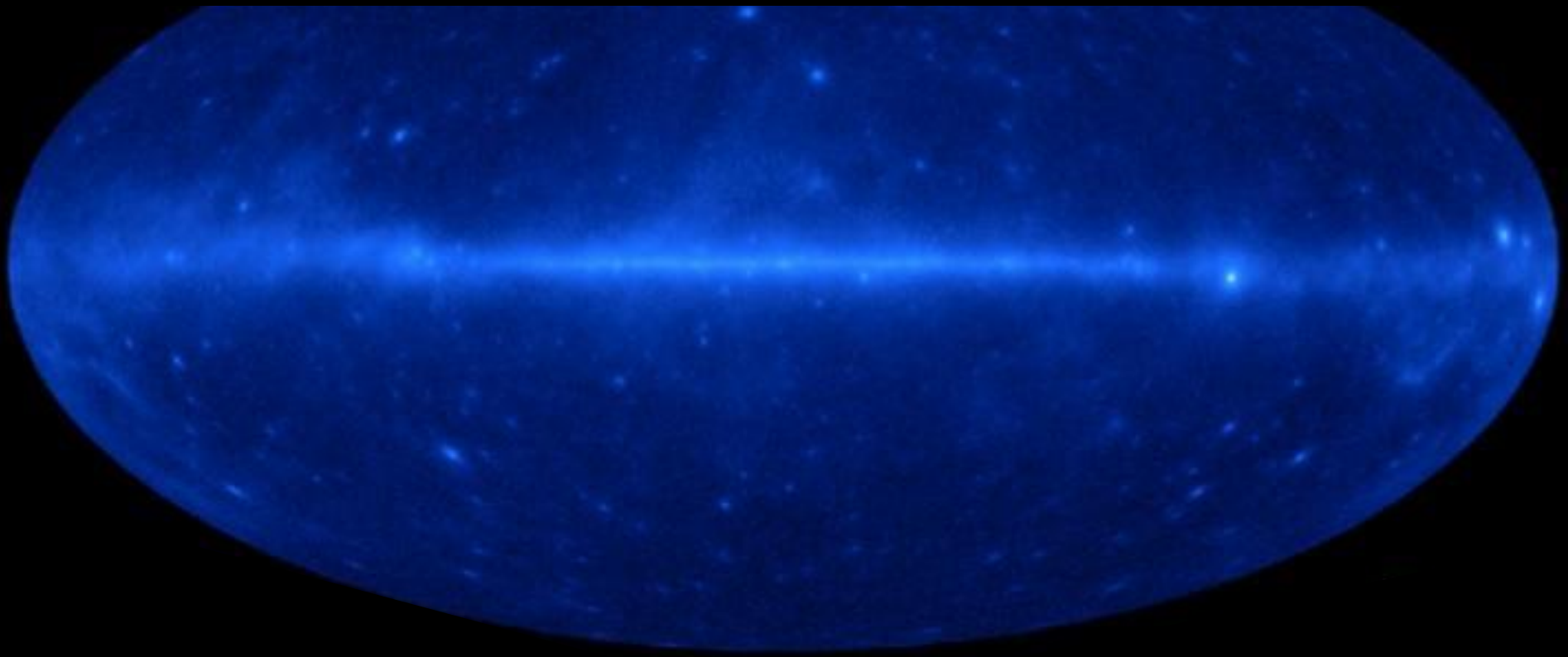
Fermi (NASA) 30 МэВ-300 ГэВ



*

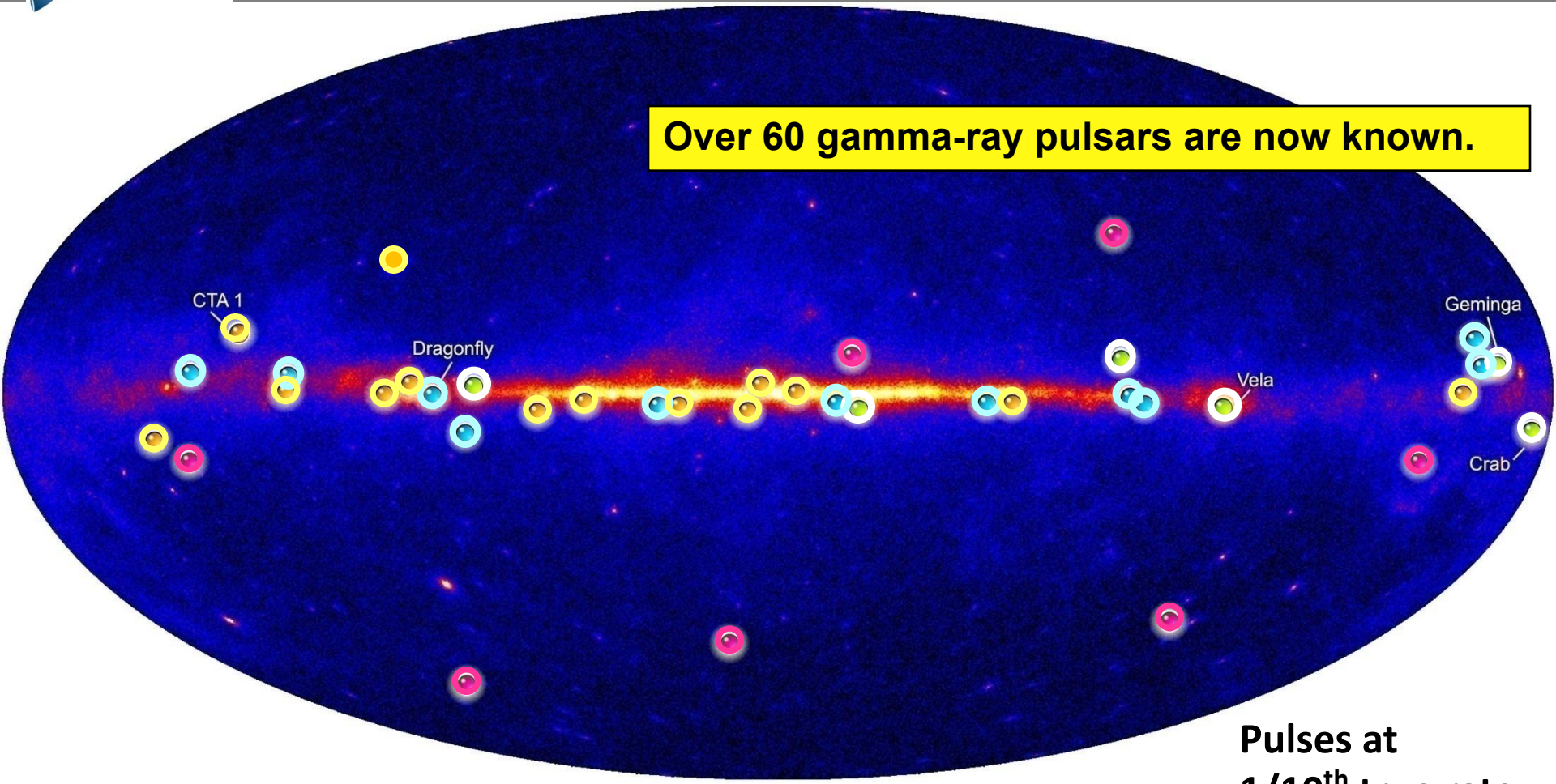
The Gamma-ray Sky Seen with Fermi LAT

Galactic diffuse emission comes from cosmic-ray interactions with the interstellar medium



Sources are seen against a strong diffuse background.
E > 1 GeV image.

The Pulsing γ-ray Sky



Over 60 gamma-ray pulsars are now known.

Pulses at 1/10th true rate

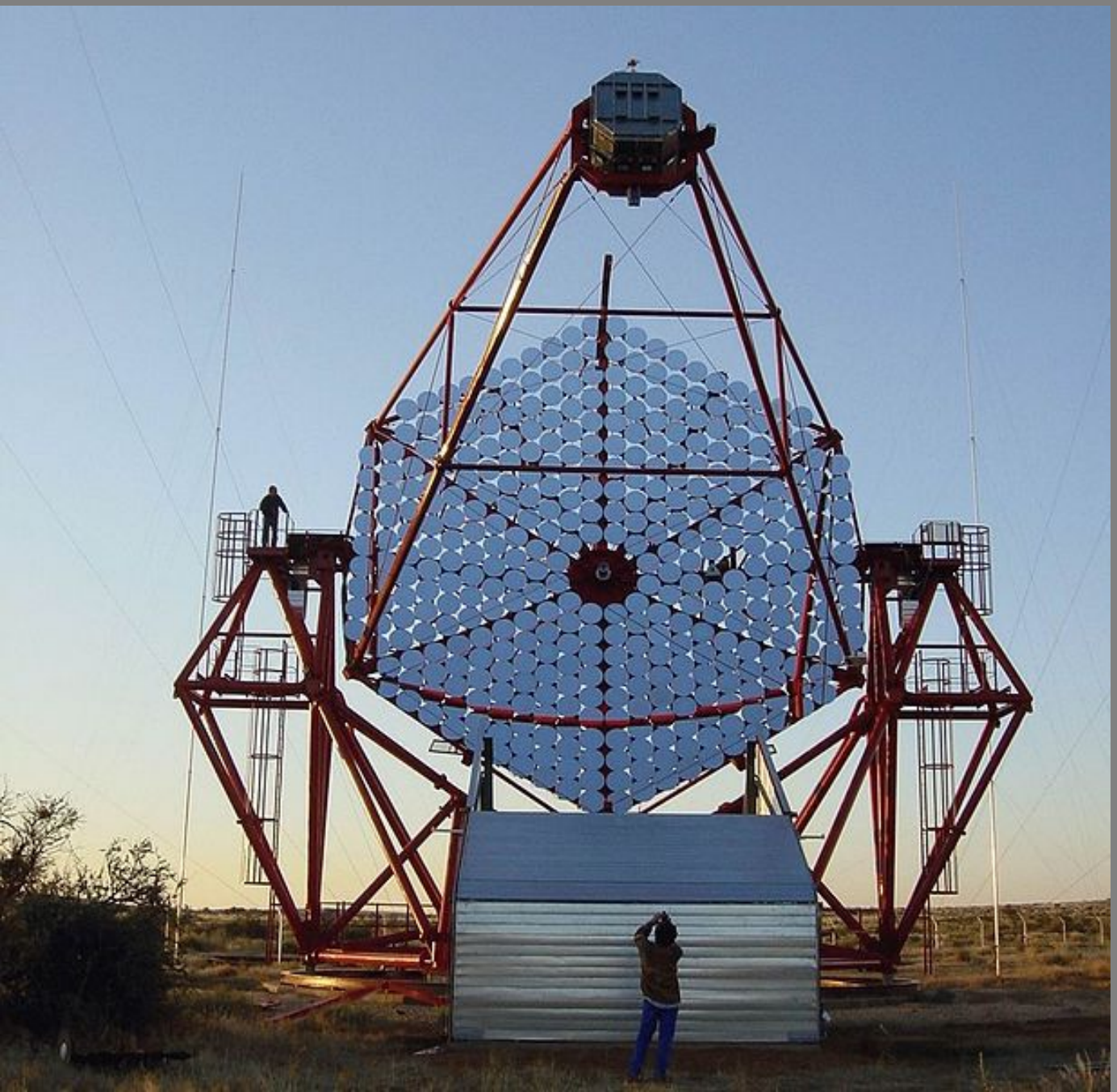
Fermi Pulsar Detections

- New pulsars discovered in a blind search
- Millisecond radio pulsars
- Young radio pulsars
- Pulsars seen by Compton Observatory EGRET instrument

ТэВ-астрономия

- E~25 ГэВ-100 ТэВ
- Наземные черенковские телескопы
- Разрешение по энергии ΔE/E~10-35%
- Потоки: от 1 до 15 Краб (1 Краб = поток от пульсара в Крабовидной туманности)
- Угловое разрешение: 2 мин. - 3 град.
- Переменность: минуты - годы

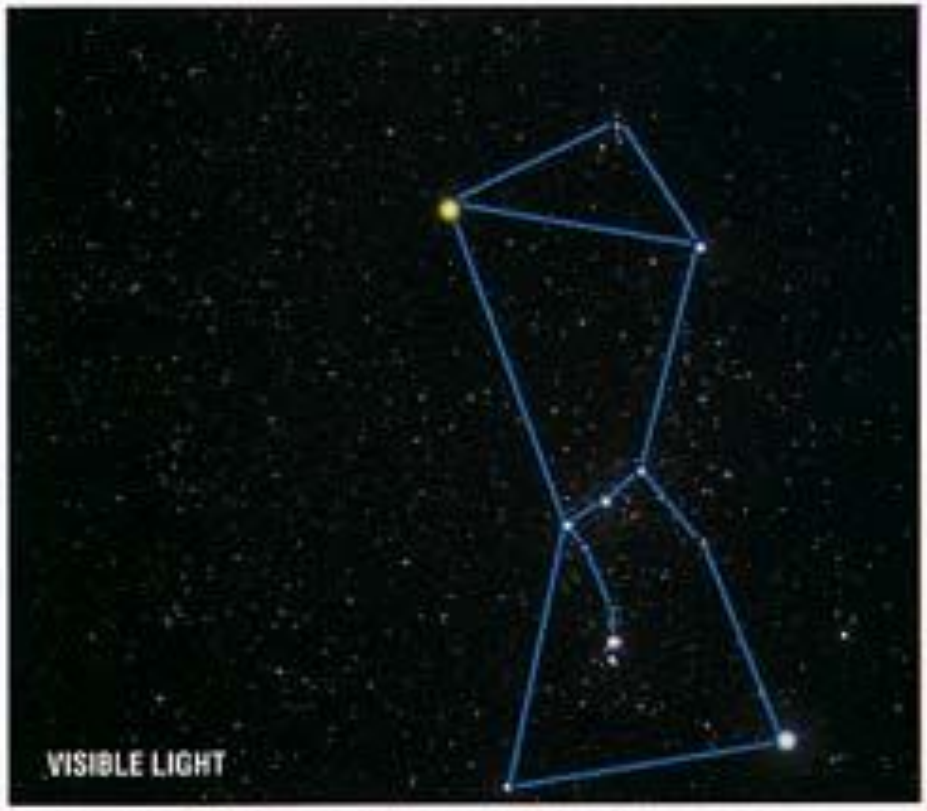
*

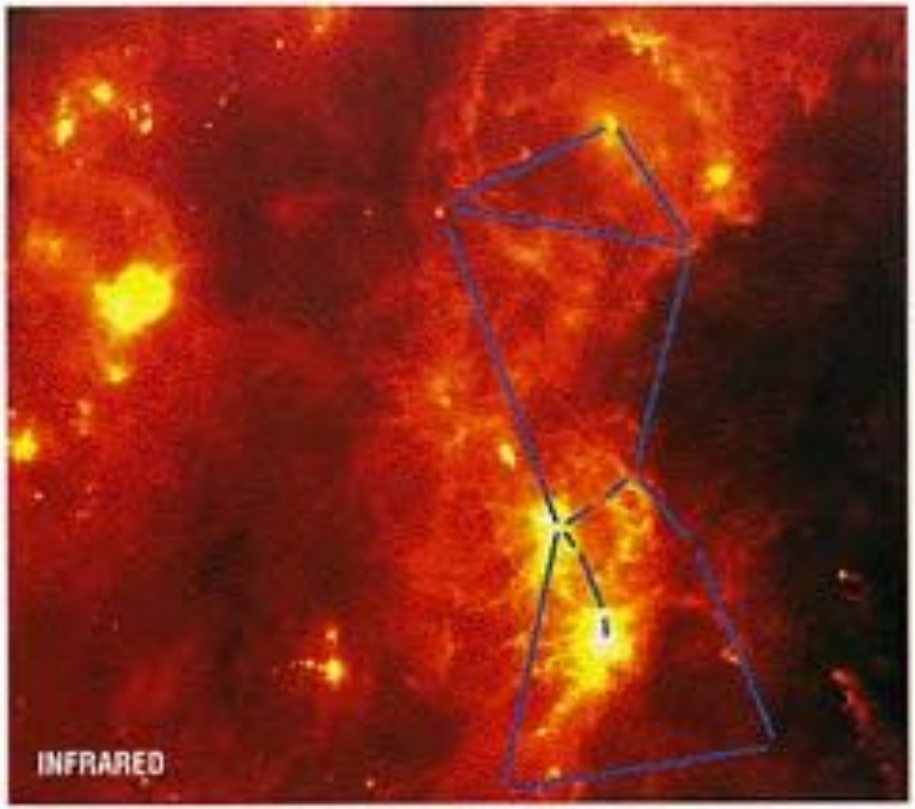


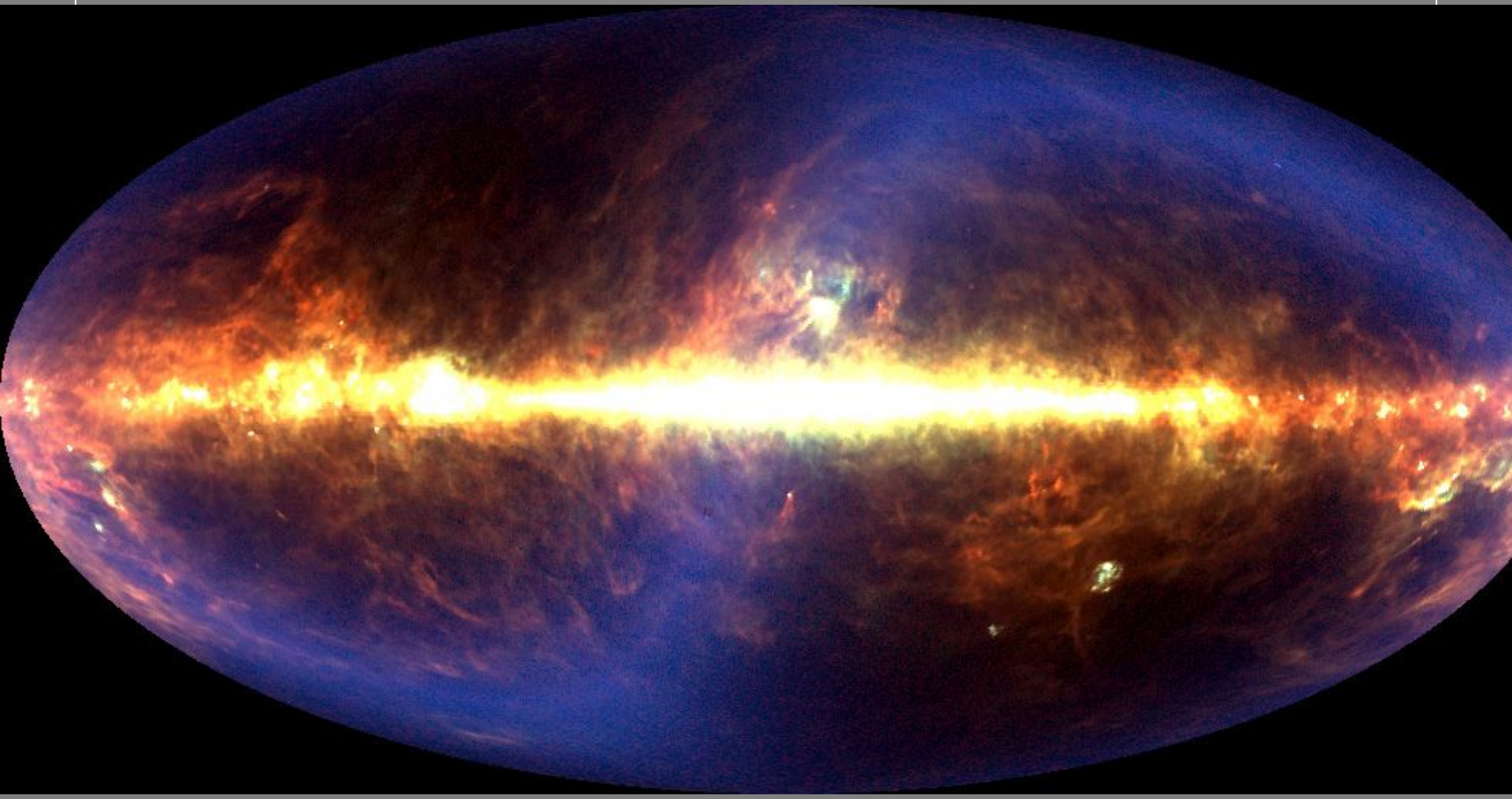
Magic
Канарские о-ва

Первый большой космический ИК телескоп IRAS

Светящиеся КОСМИЧЕСКИЕ ОБЛАКА, не видимые глазом





COBE (FIR)

Всё ИК небо. 60-120 мкм