

Астрономические наблюдения ИЗ КОСМОСА

Сергей Попов



Наблюдать из космоса дорого



Космический телескоп имени Хаббла (США)

*Стоимость: около \$6 млрд.
\$10 млрд с учетом эксплуатации.*



Рентгеновский спутник «Чандра» (США)

Стоимость: около \$2,8 млрд.



Космический телескоп имени Джеймса Вебба (США)

*Стоимость создания: > \$5 млрд.
Стоимость десятилетней эксплуатации: > \$1 млрд.*

Сравним.....



US AIR FORCE / STAFF SGT BENNIE J. DAVIS III

B-2 Spirit: \$2.4 billion

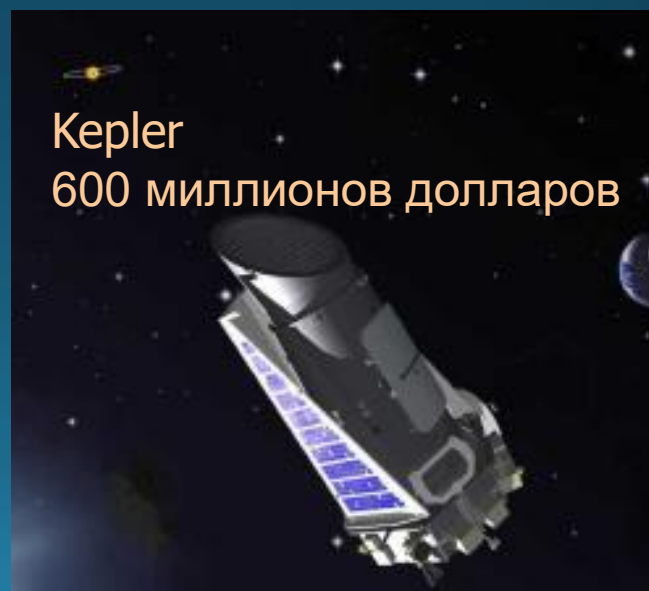
◀ BACK

NEXT ▶

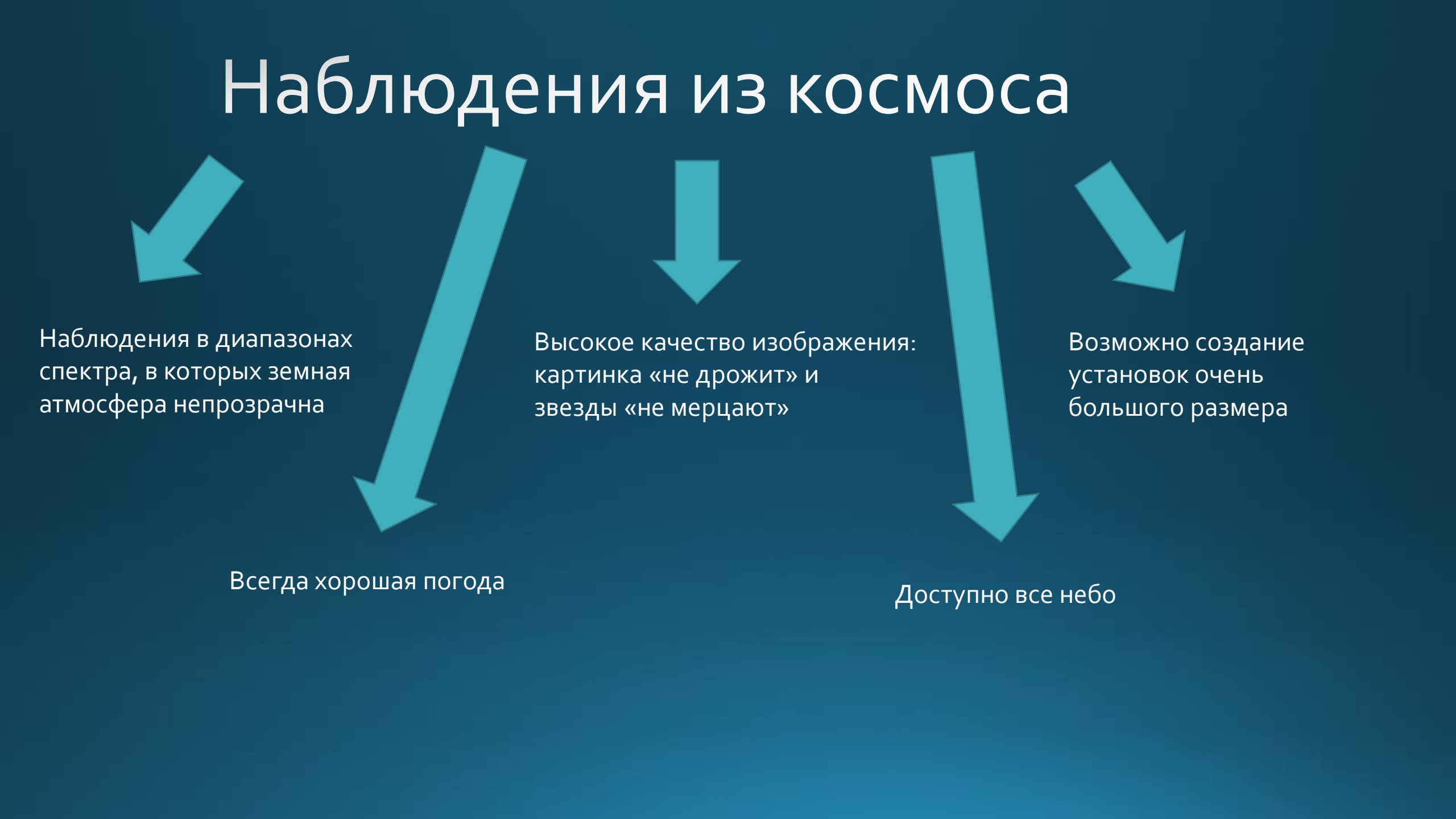
Rank ↕	Title	Year ↕	Cost (est.) (millions) ↕
1	<i>Pirates of the Caribbean: On Stranger Tides</i>	2011	*\$379
2	<i>Avengers: Age of Ultron</i>	2015	*\$365
3	<i>Avengers: Endgame</i>	2019	\$356
4	<i>Avengers: Infinity War</i>	2018	\$316
5	<i>Pirates of the Caribbean: At World's End</i>	2007	\$300
	<i>Justice League</i>	2017	\$300
7	<i>Solo: A Star Wars Story</i>	2018	*\$275
	<i>Star Wars: The Rise of Skywalker</i>	2019	\$275
9	<i>John Carter</i>	2012	*\$264
10	<i>Batman v Superman: Dawn of Justice</i>	2016	\$263
11	<i>Star Wars: The Last Jedi</i>	2017	\$262

Kepler

600 миллионов долларов



Наблюдения из космоса



Наблюдения в диапазонах спектра, в которых земная атмосфера непрозрачна

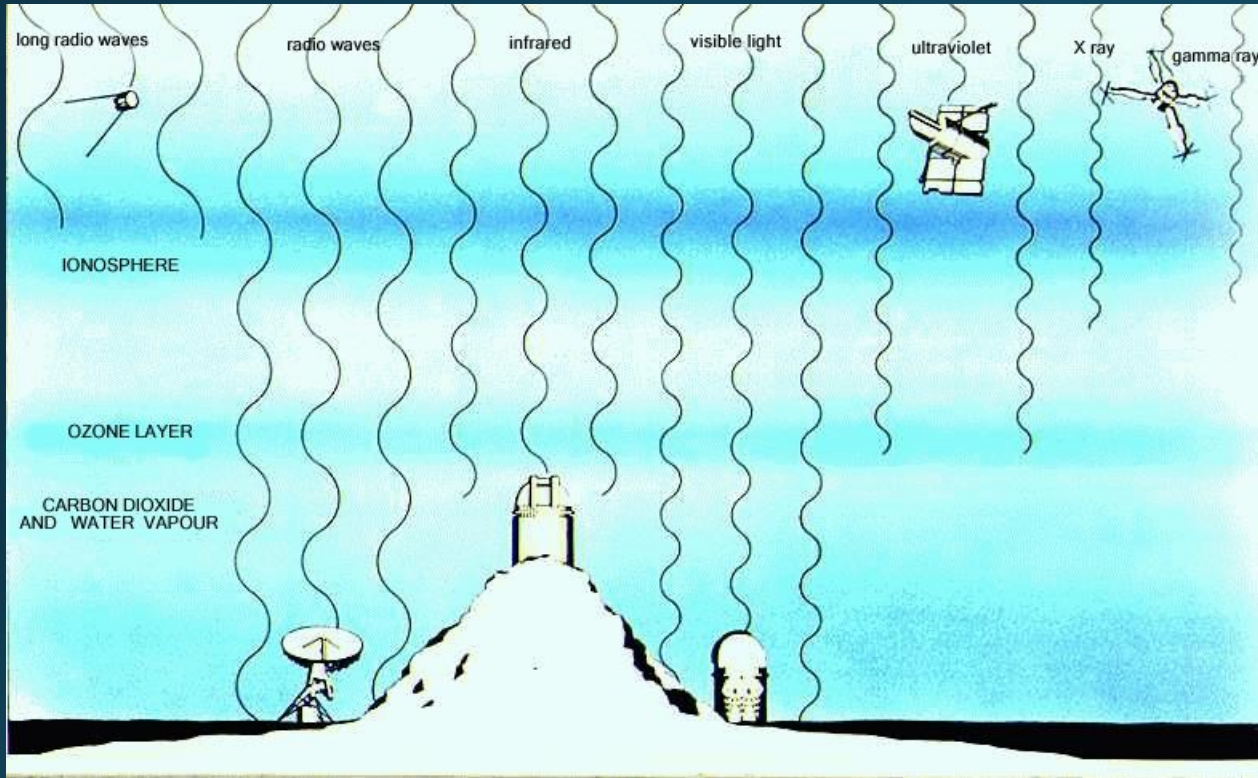
Всегда хорошая погода

Высокое качество изображения: картинка «не дрожит» и звезды «не мерцают»

Доступно все небо

Возможно создание установок очень большого размера

Наблюдения из космоса

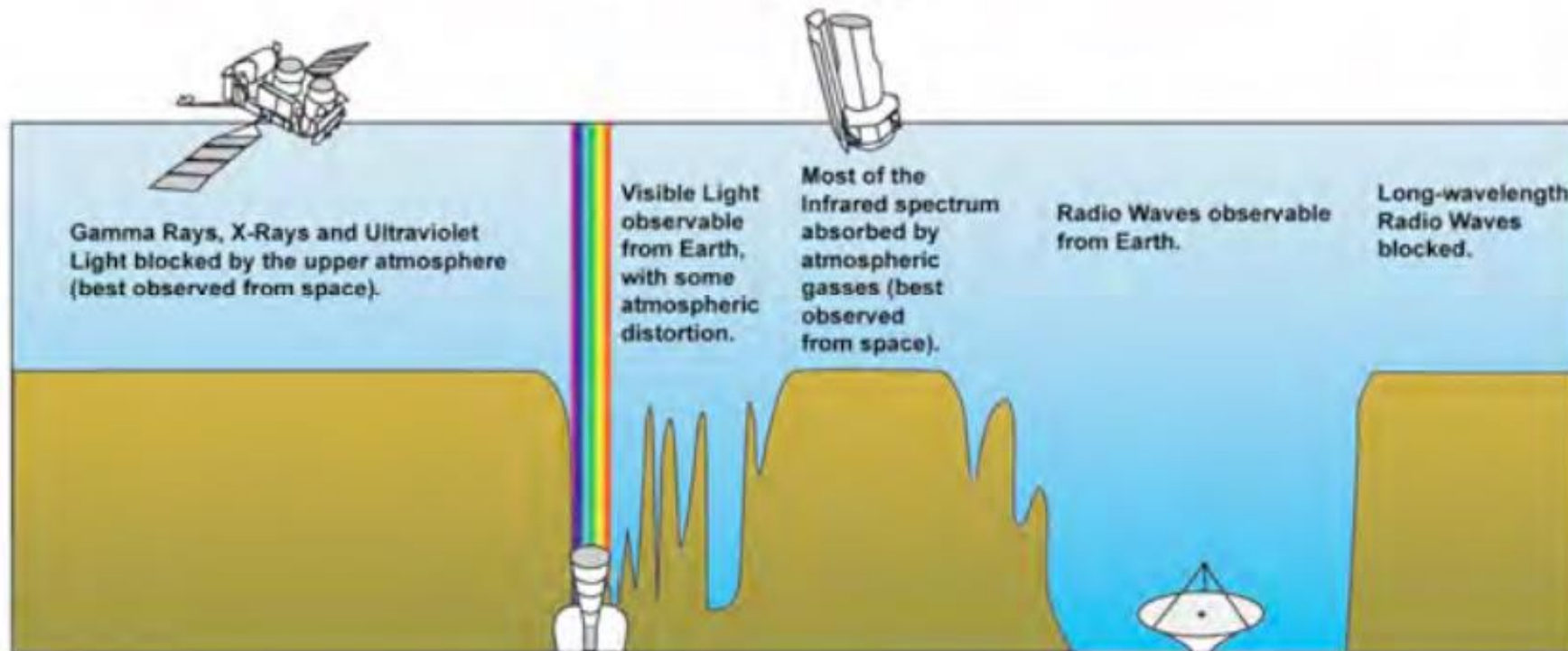
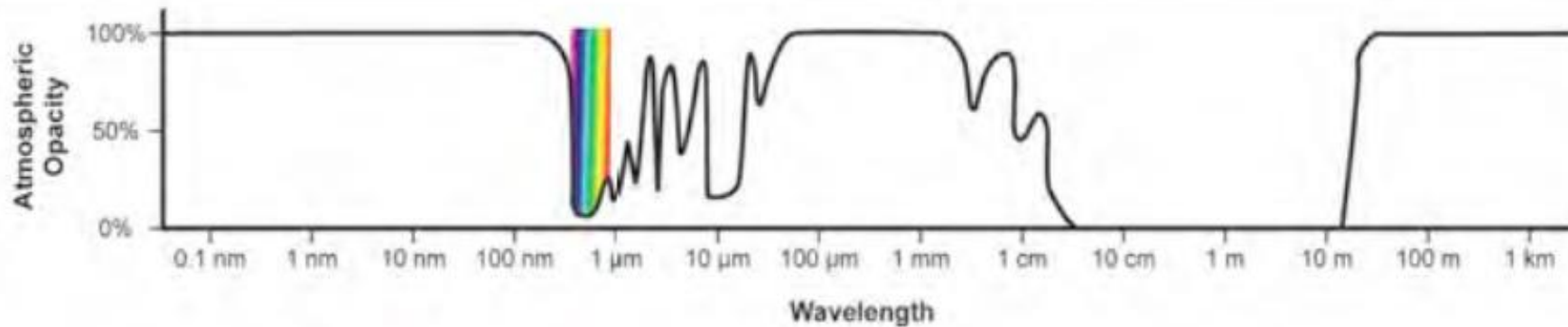


Поглощение

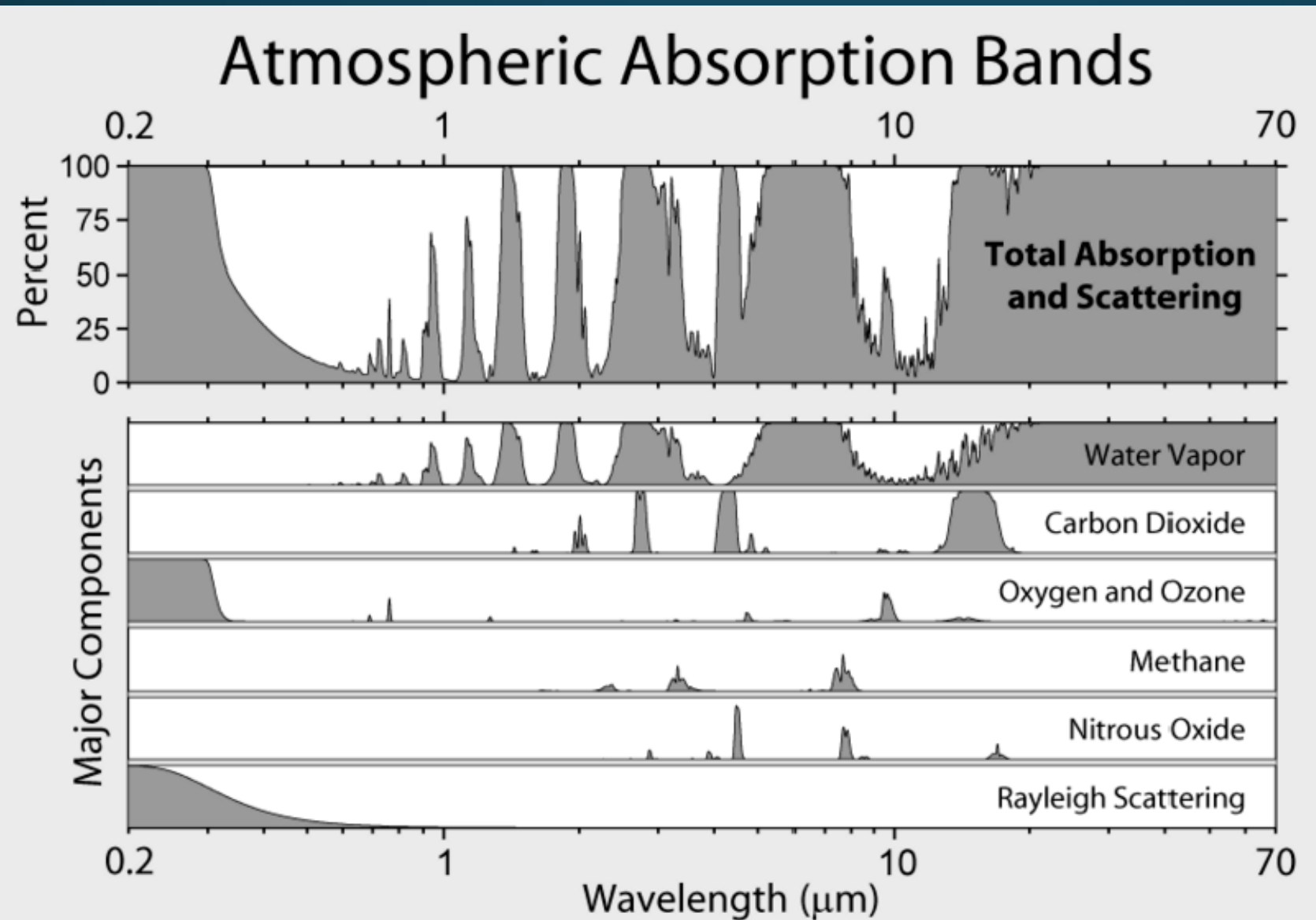


Мерцание

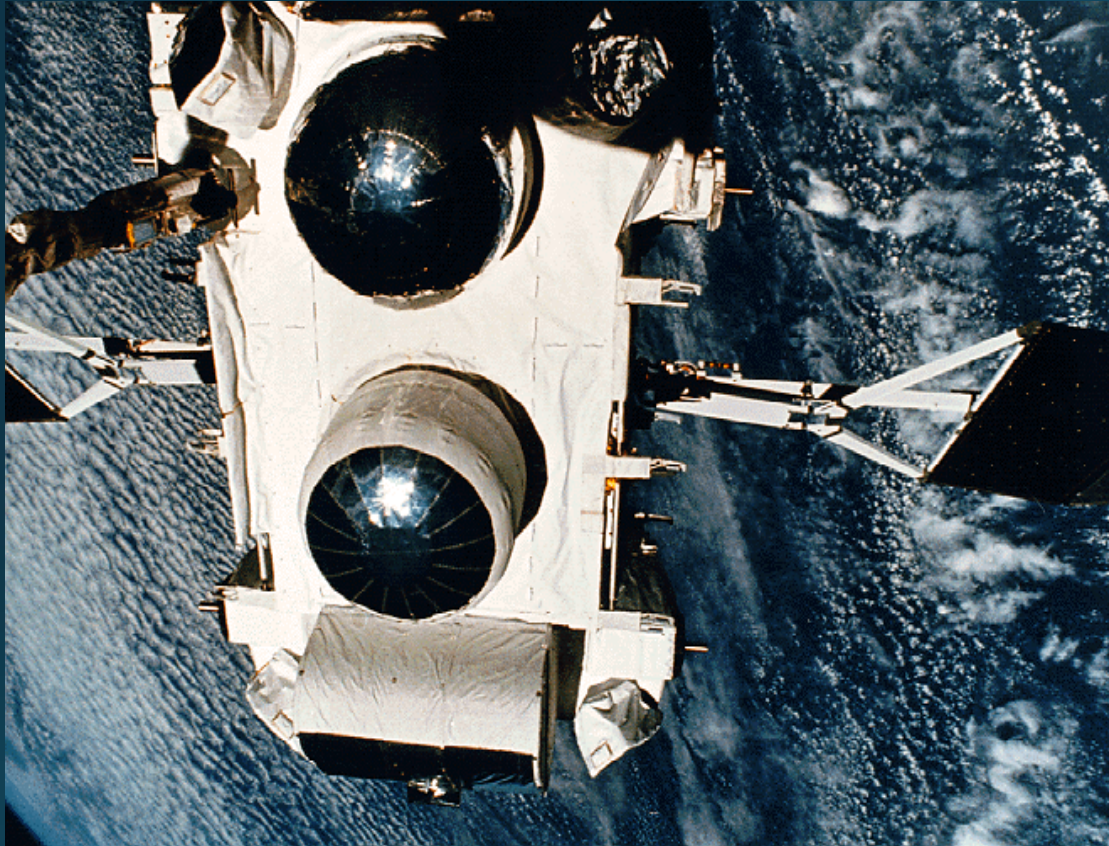
Поглощение в атмосфере



Поглощение в УФ и ИК



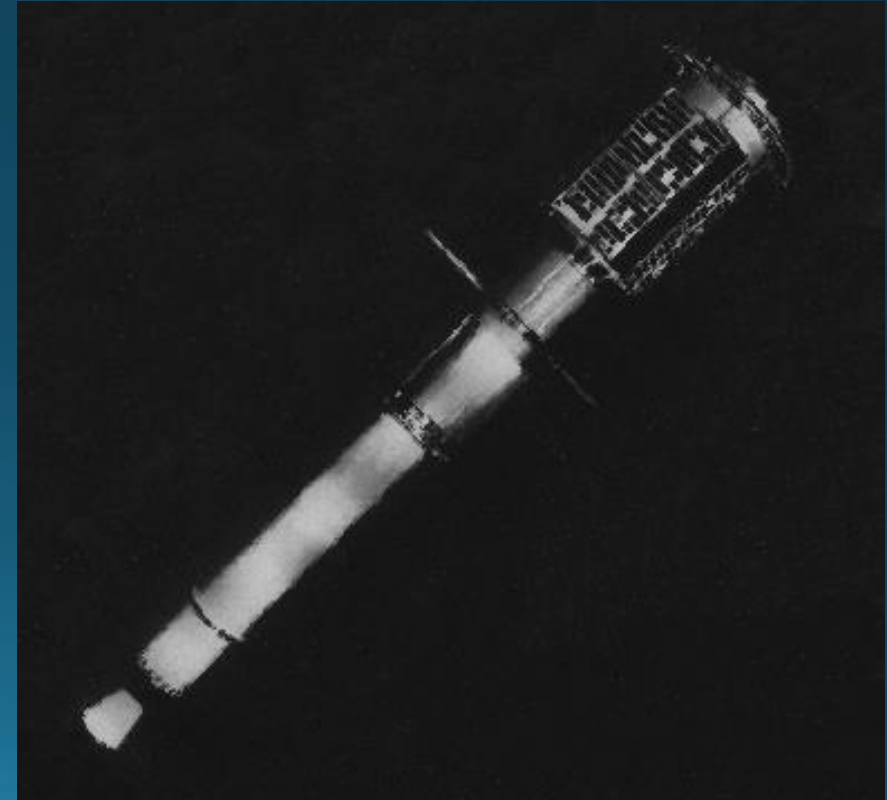
Гамма-астрономия в космосе



Комптовская гамма обсерватория

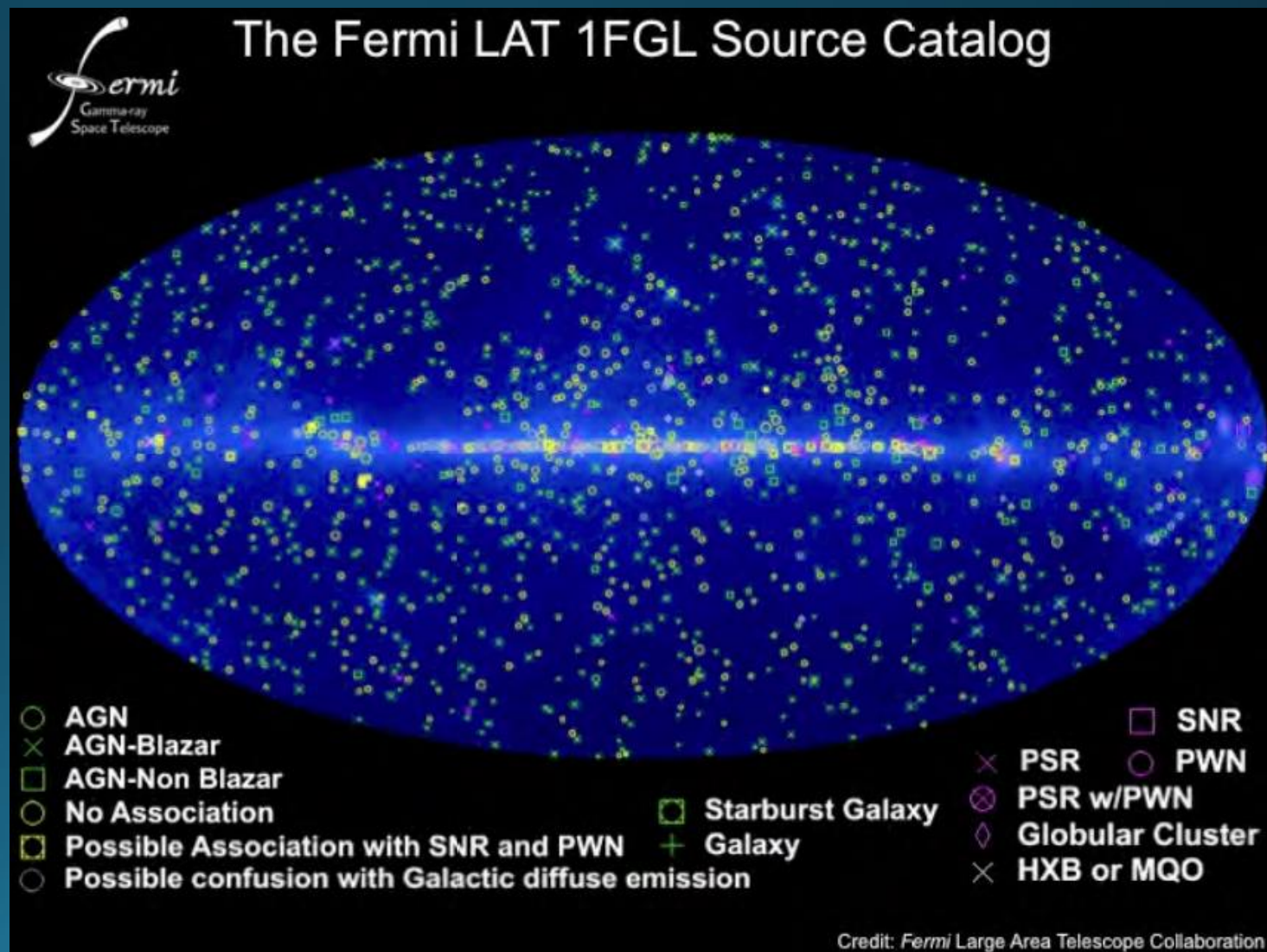
Самое жесткое излучение.

Многие неистовые процессы приводят именно к излучению гамма-квантов.

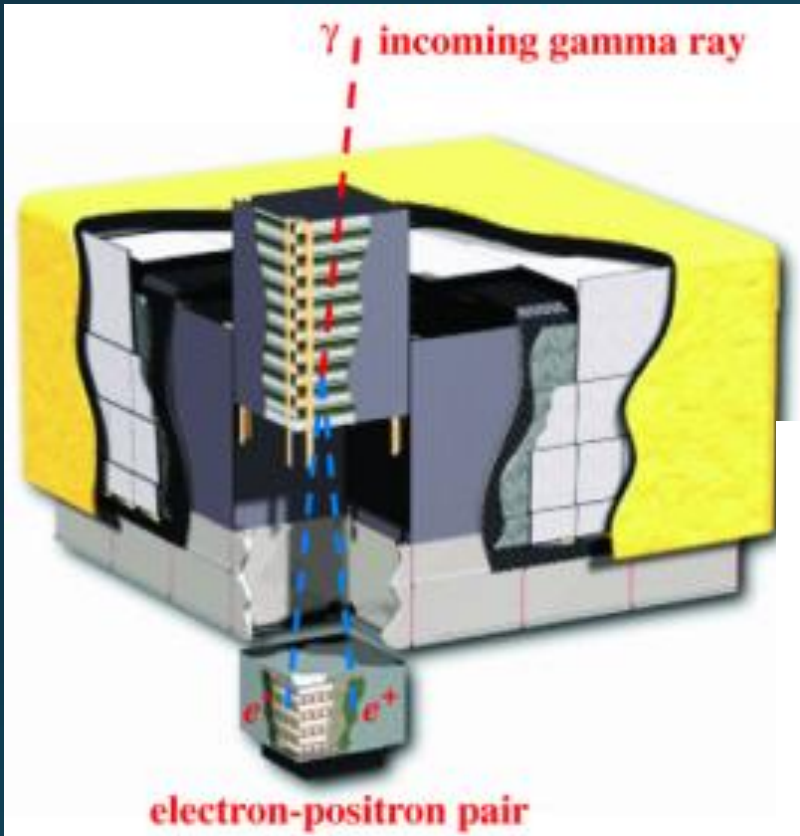


Explorer 11

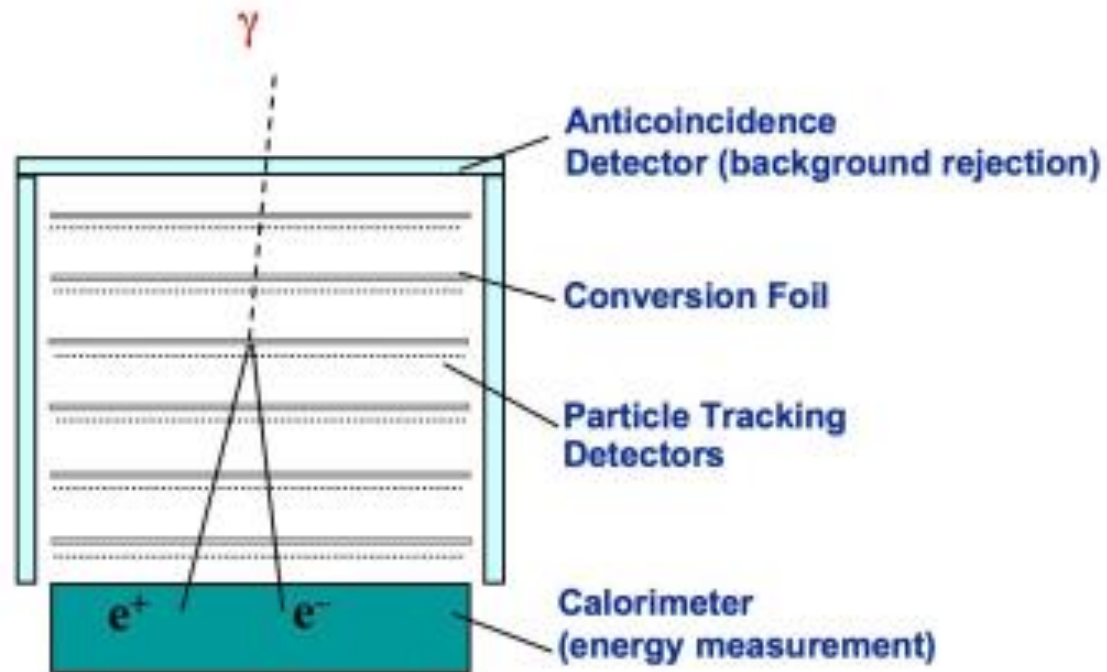
Fermi – современная гамма-обсерватория



Устройство детектора Ферми LAT



Large Area Telescope
Нет фокусировки.
Регистрируются частицы.
Причем – вторичные!

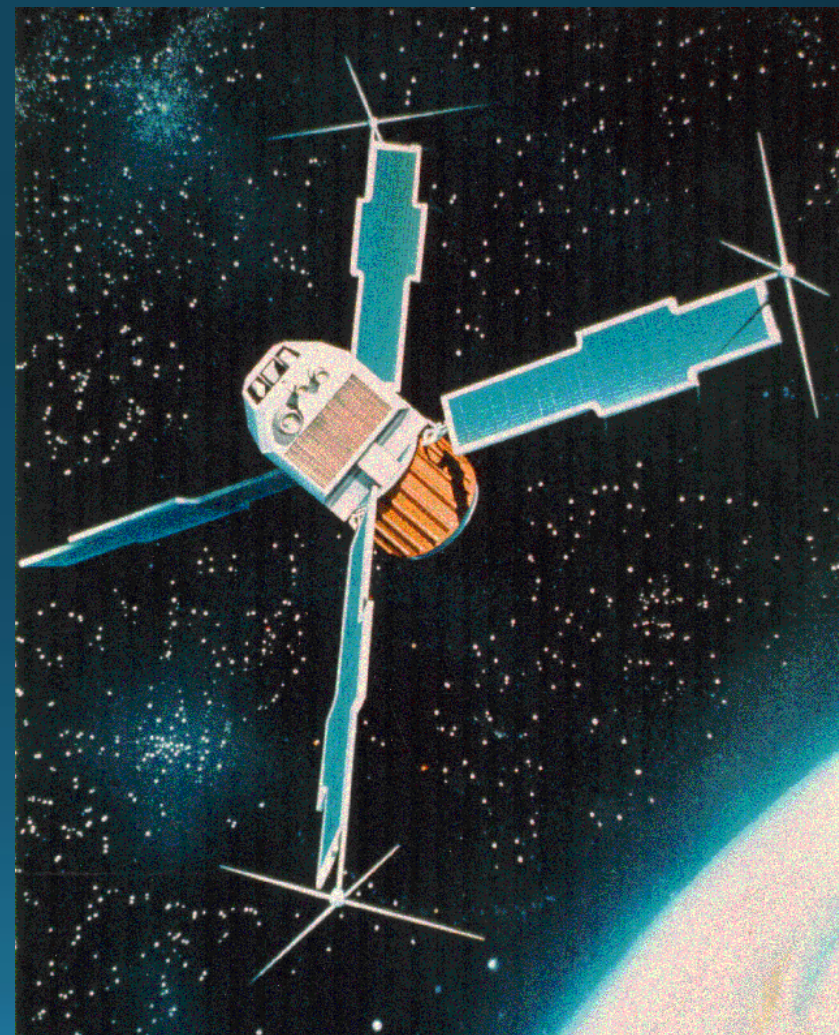
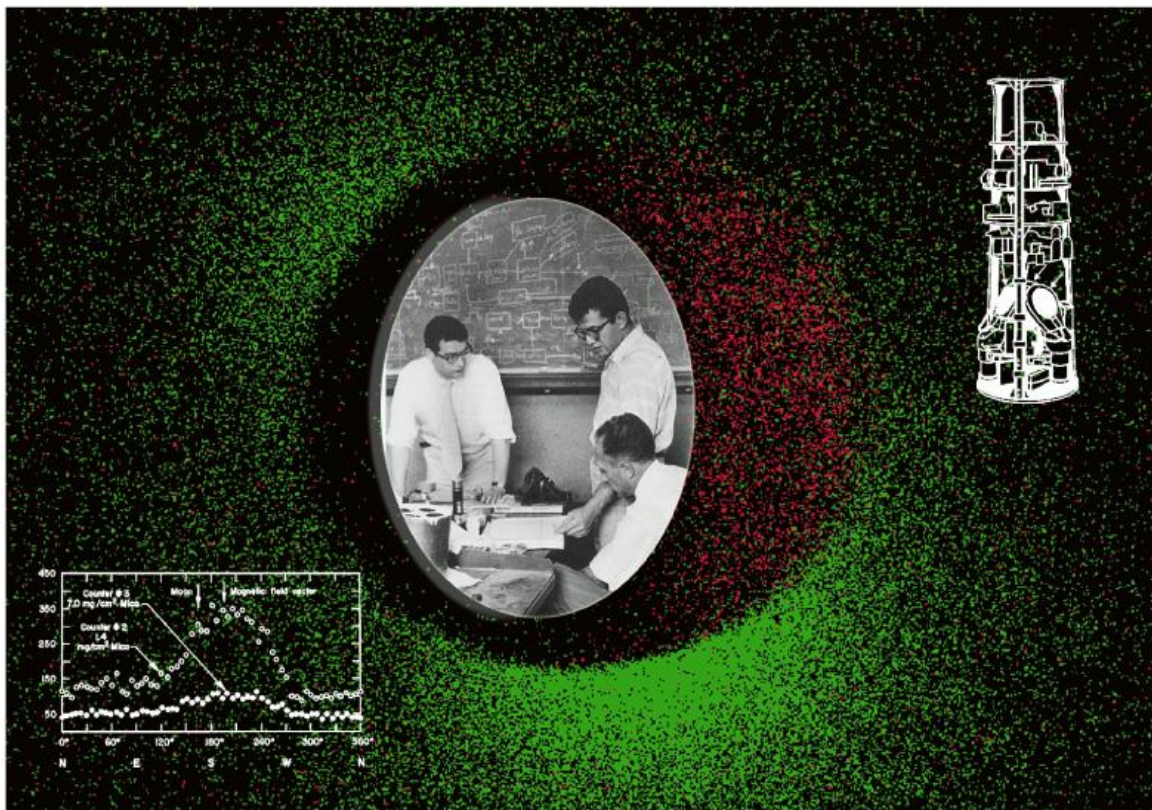


Для настройки прибора его надо калибровать.
В случае Ферми это проводилось в ЦЕРНе.

Рентгеновская астрономия

ROSAT Januar 2003

Max-Planck-Institut für
extraterrestrische Physik



Первые успешные ракетные запуски детекторов
Были реализованы в начале 1960-х гг.

UHURU (1970)

Рентген vs. Оптика

THE ROSAT X-RAY SKY AROUND ORION



Konrad Dörmel
Wolfgang Voges
Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik

THE OPTICAL SKY AROUND ORION



Konrad Dörmel
Wolfgang Voges
Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik

Созвездие Орион и Луна

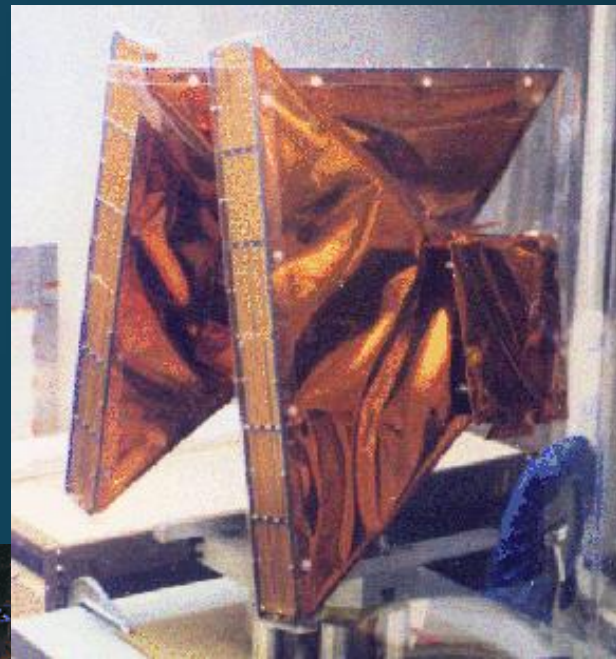
RXTE

nasa.gov/

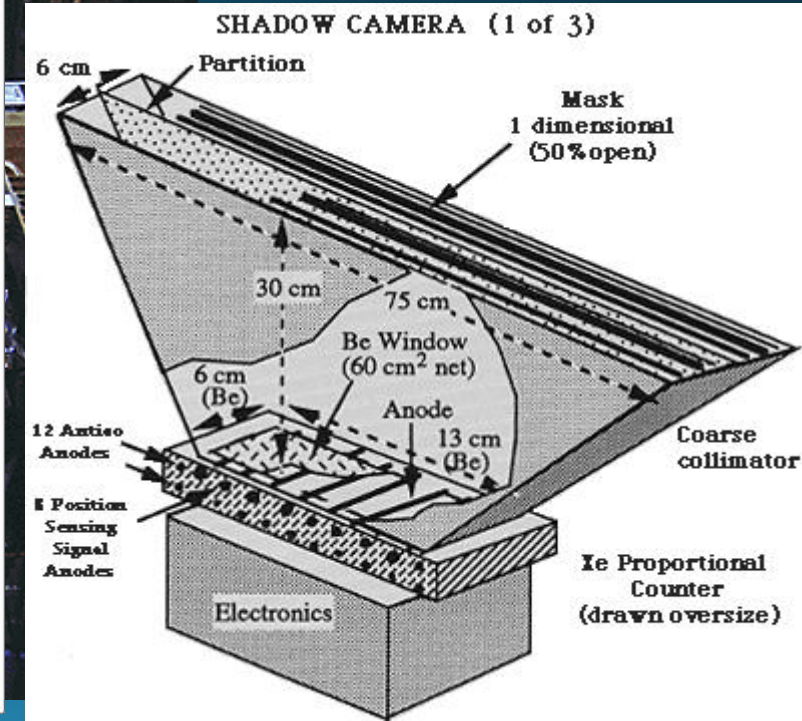
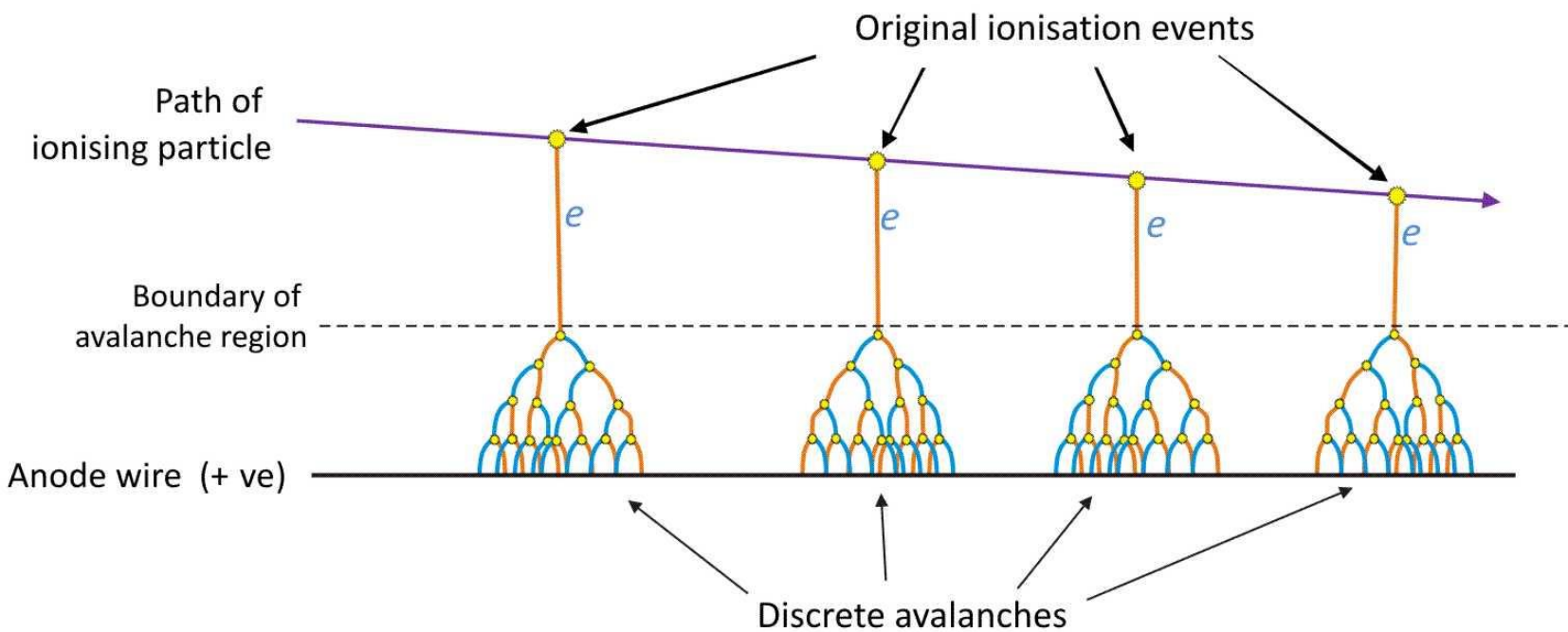


Пропорциональные счетчики

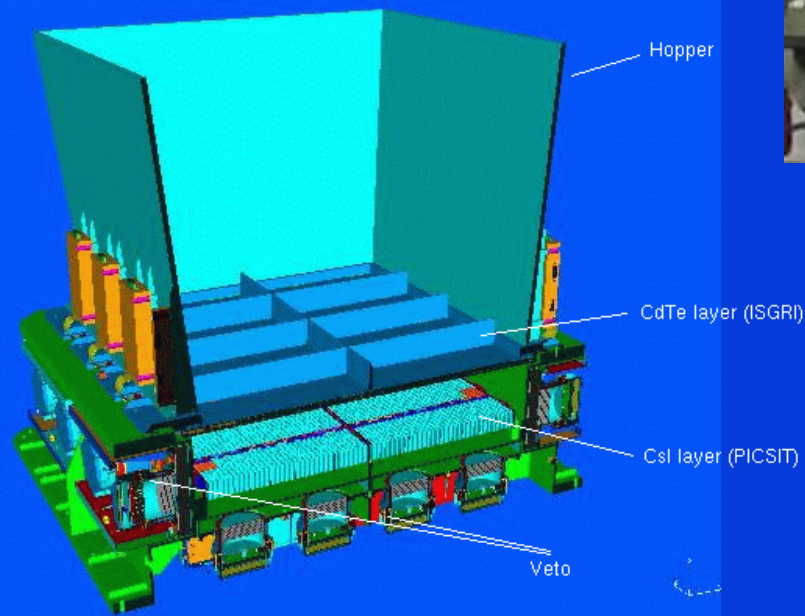
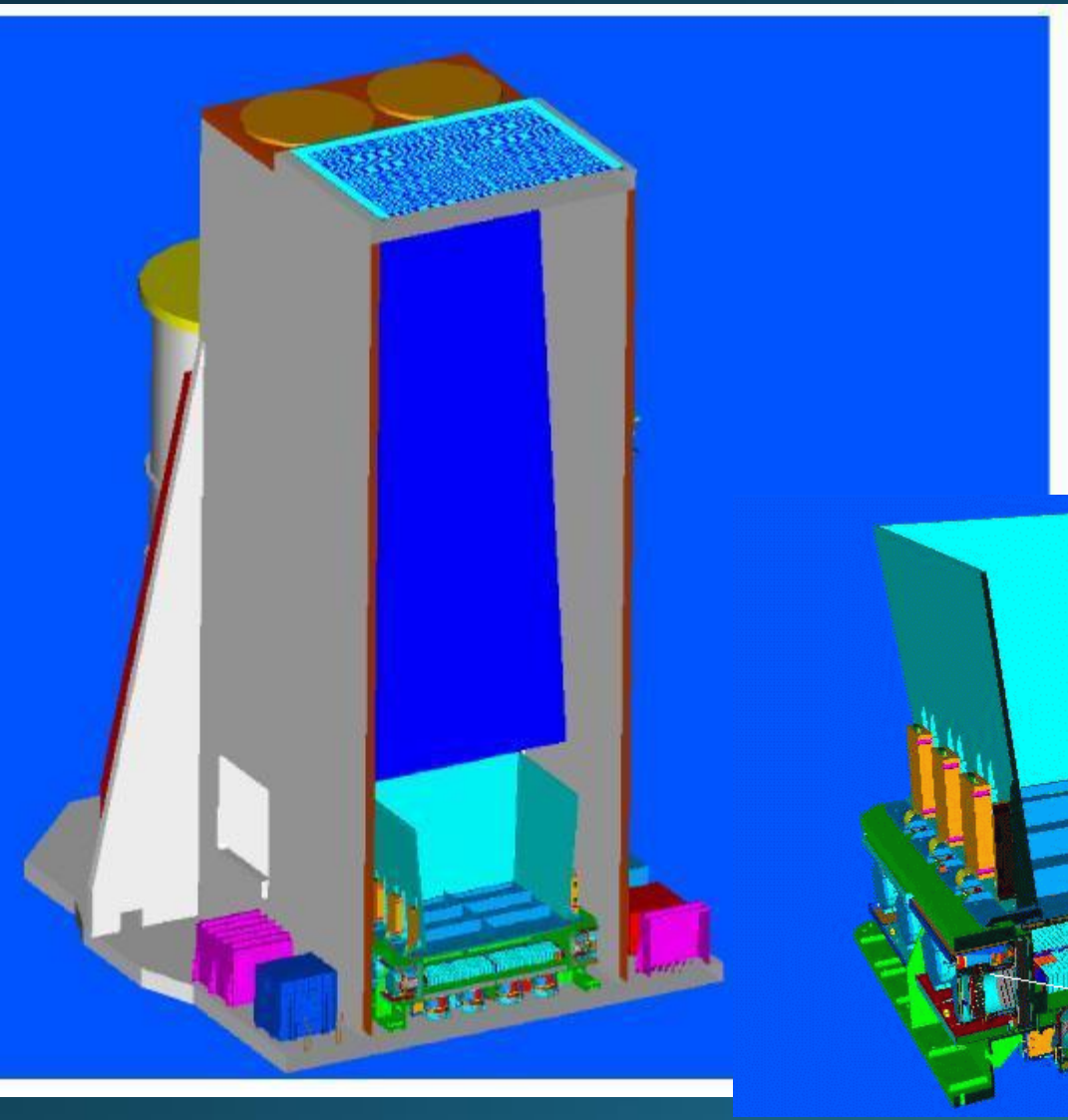
ASM



Creation of discrete avalanches in a proportional counter



Кодирующие маски. Integral

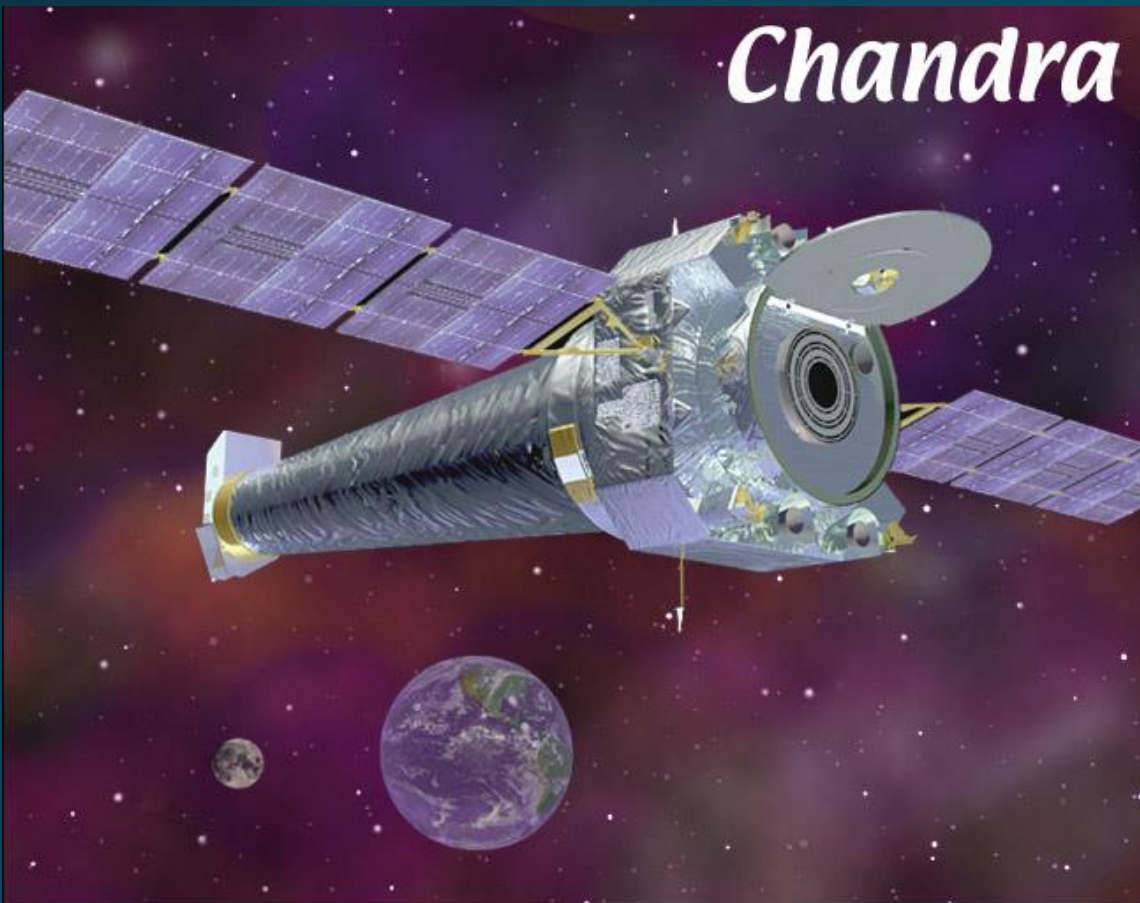


<http://ipl.uv.es/?q=es/content/page/ibis-coded-mask>

http://integral.esa.int/integ_payload_imager.html

Современная рентгеновская астрономия

Фокусирующая оптика

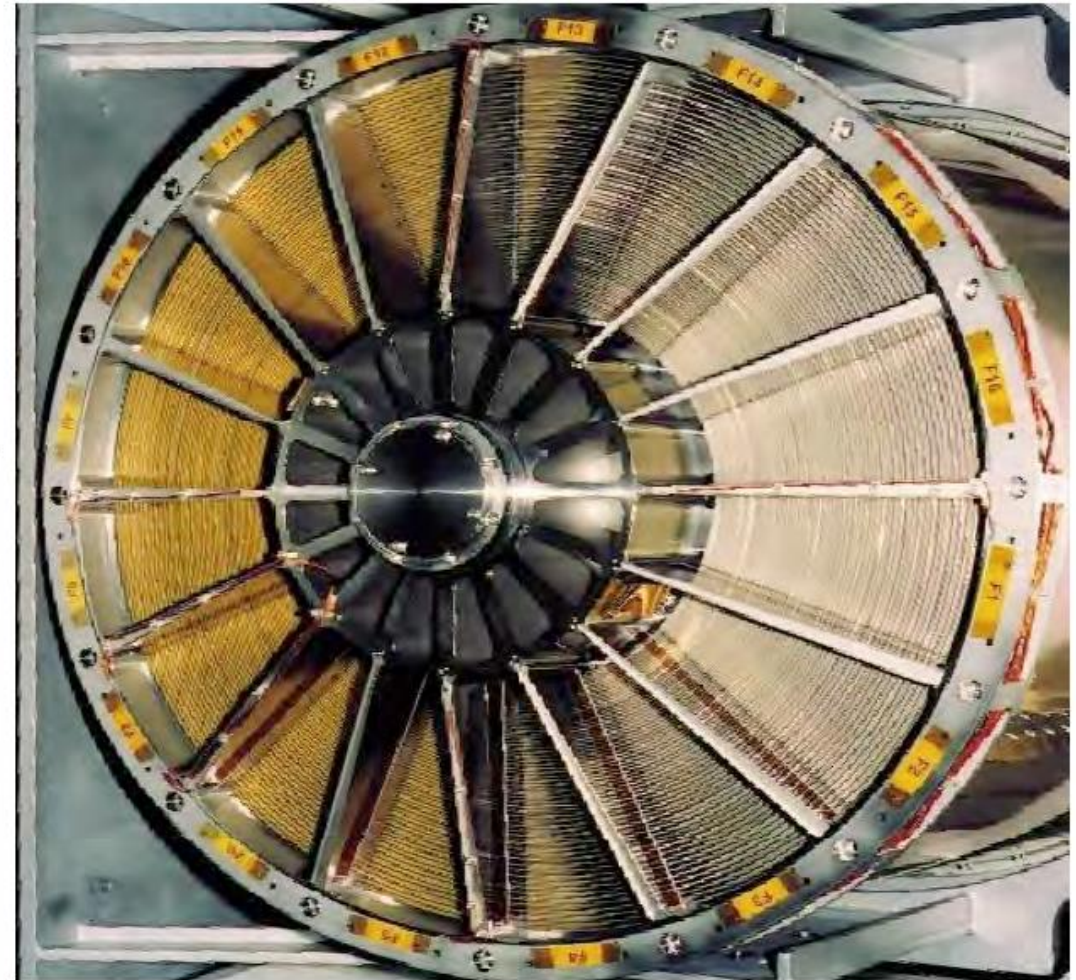
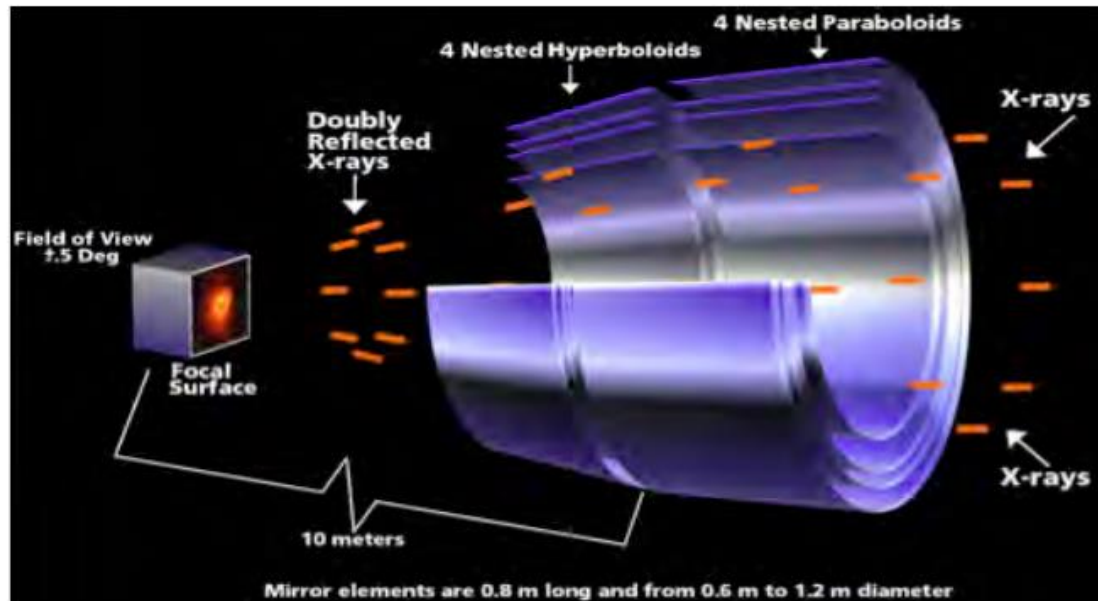
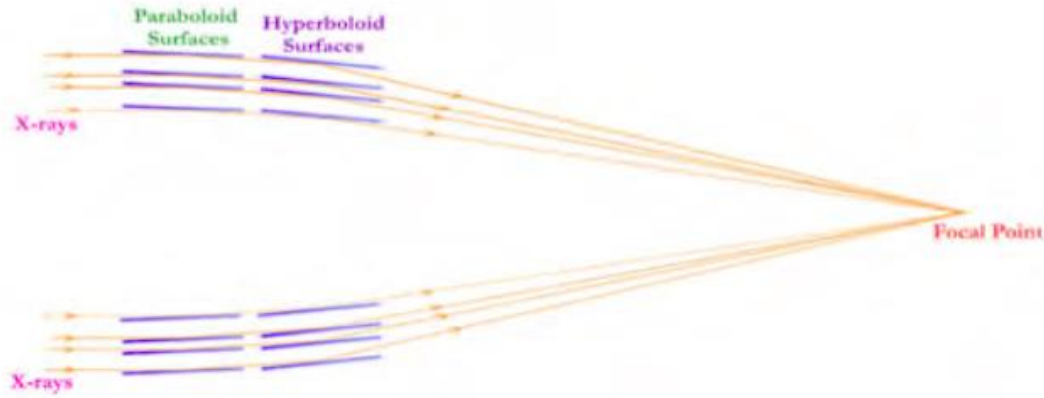


Chandra




XMM-Newton

Зеркала косо́го падения́ для рентгеновских телескопов

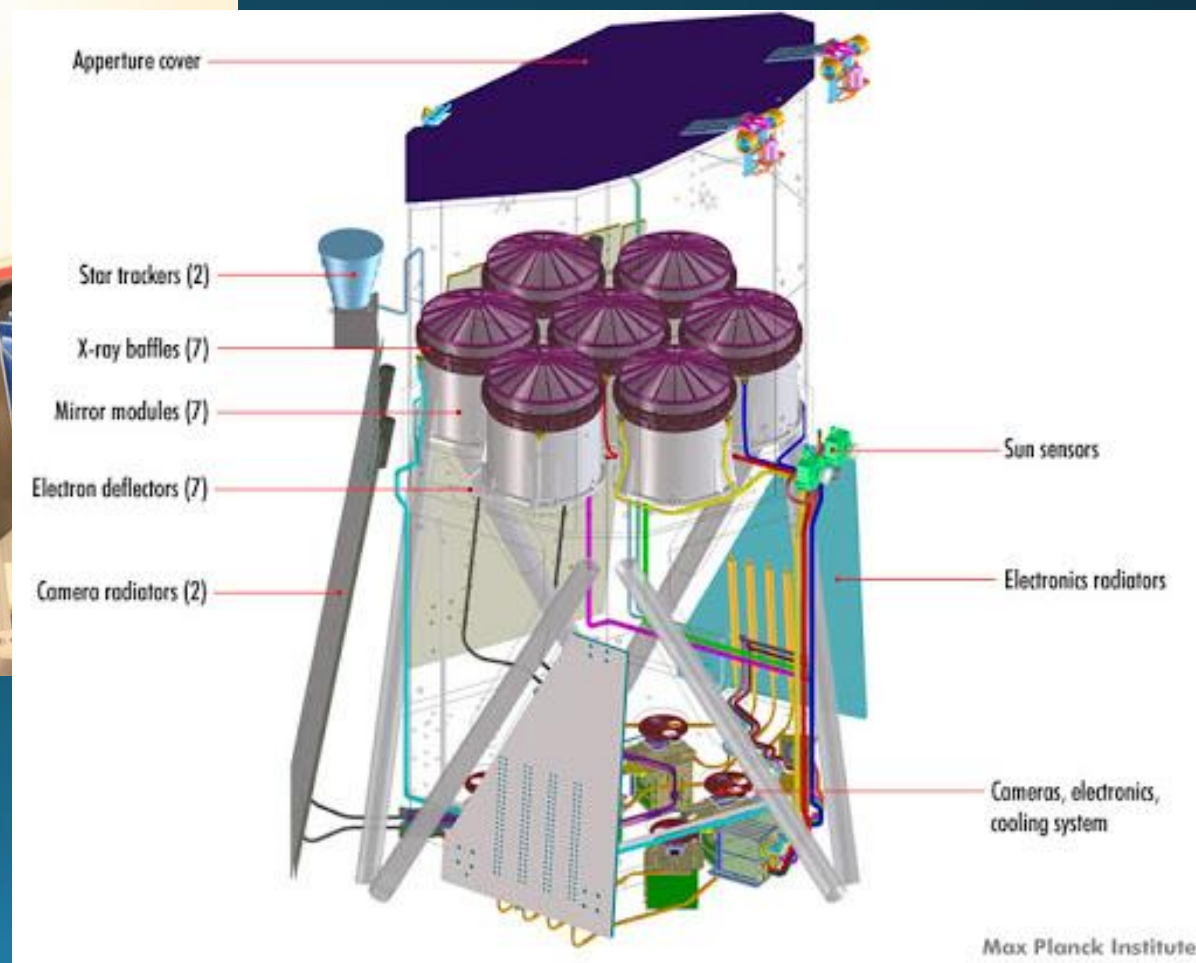


XMM-Newton mirrors during integration

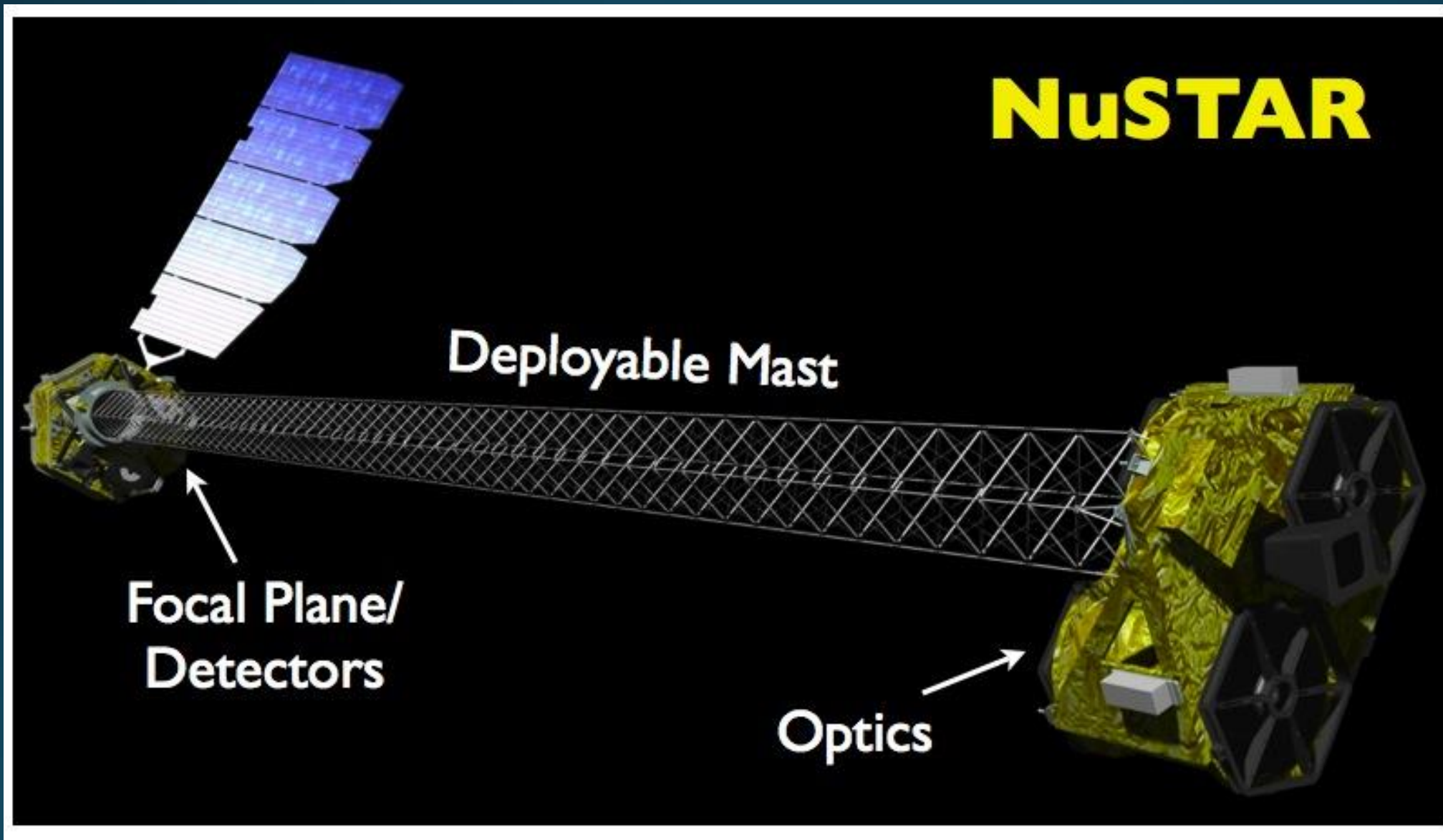
Image courtesy of Doornik Satellitensysteme GmbH

European Space Agency 

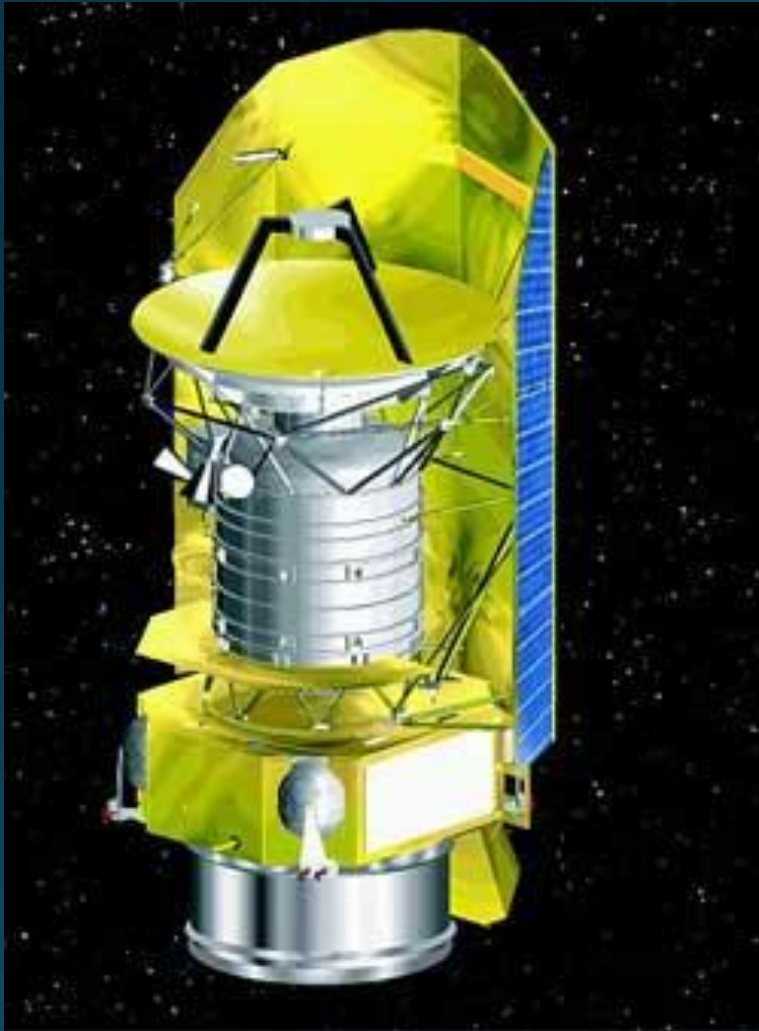
eROSITA на борту Спектр-РГ



NuSTAR



Инфракрасная астрономия

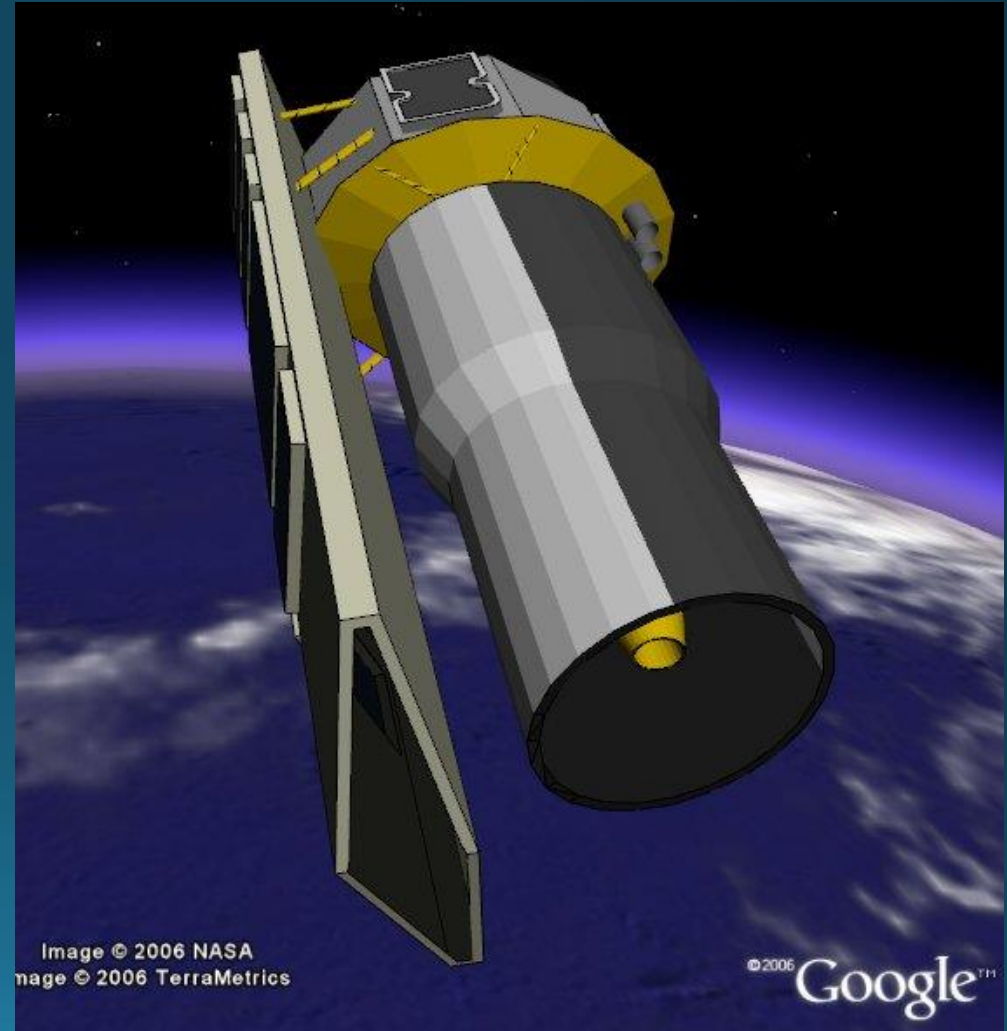


Гершель

Многие астрофизические процессы лучше наблюдать в ИК диапазоне.

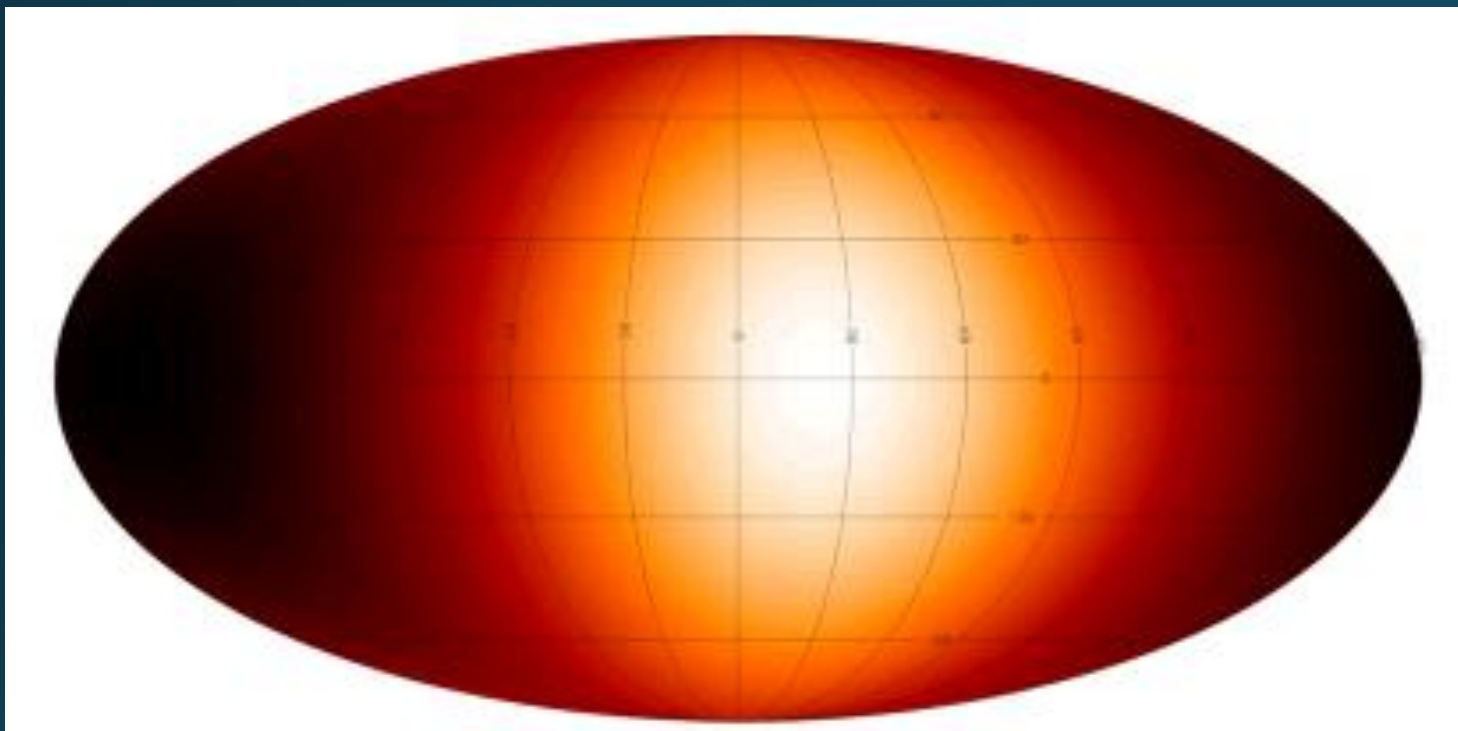
В первую очередь – рождение звезд и планет.

Необходимо охлаждение аппаратуры, что приводит к короткому сроку работы.

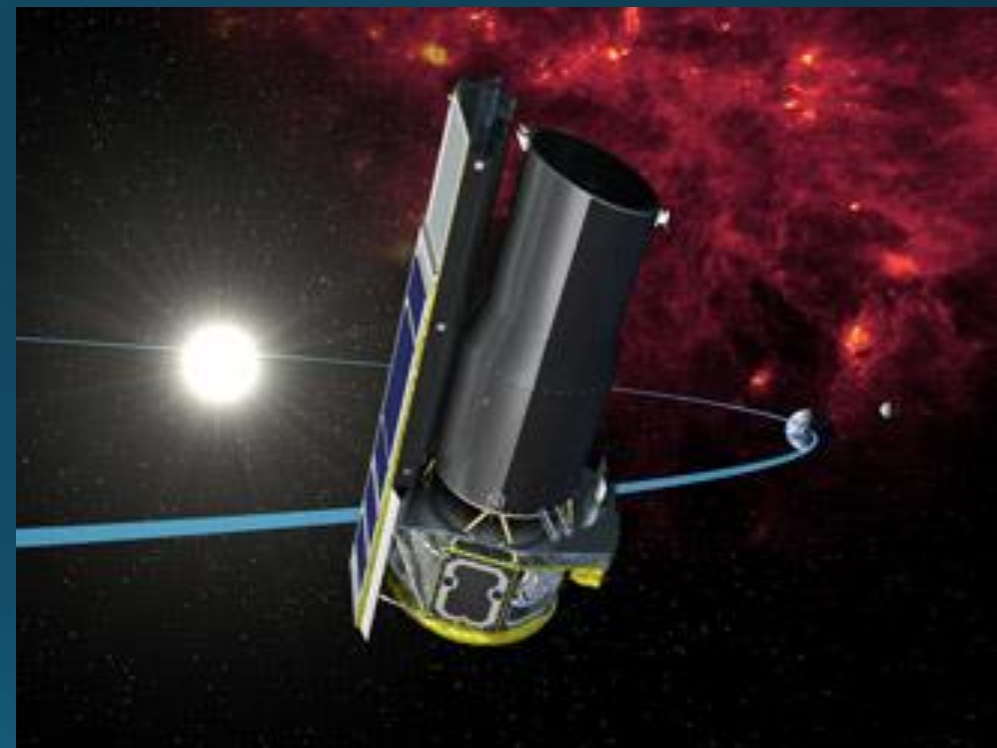


Спитцер

Карта экзопланеты HD 189733b



По данным о затмениях удалось построить карту экзопланеты.
Горячее пятно в экваториальной области.



Инфракрасная космическая
обсерватория имени Спитцера.

Космический телескоп



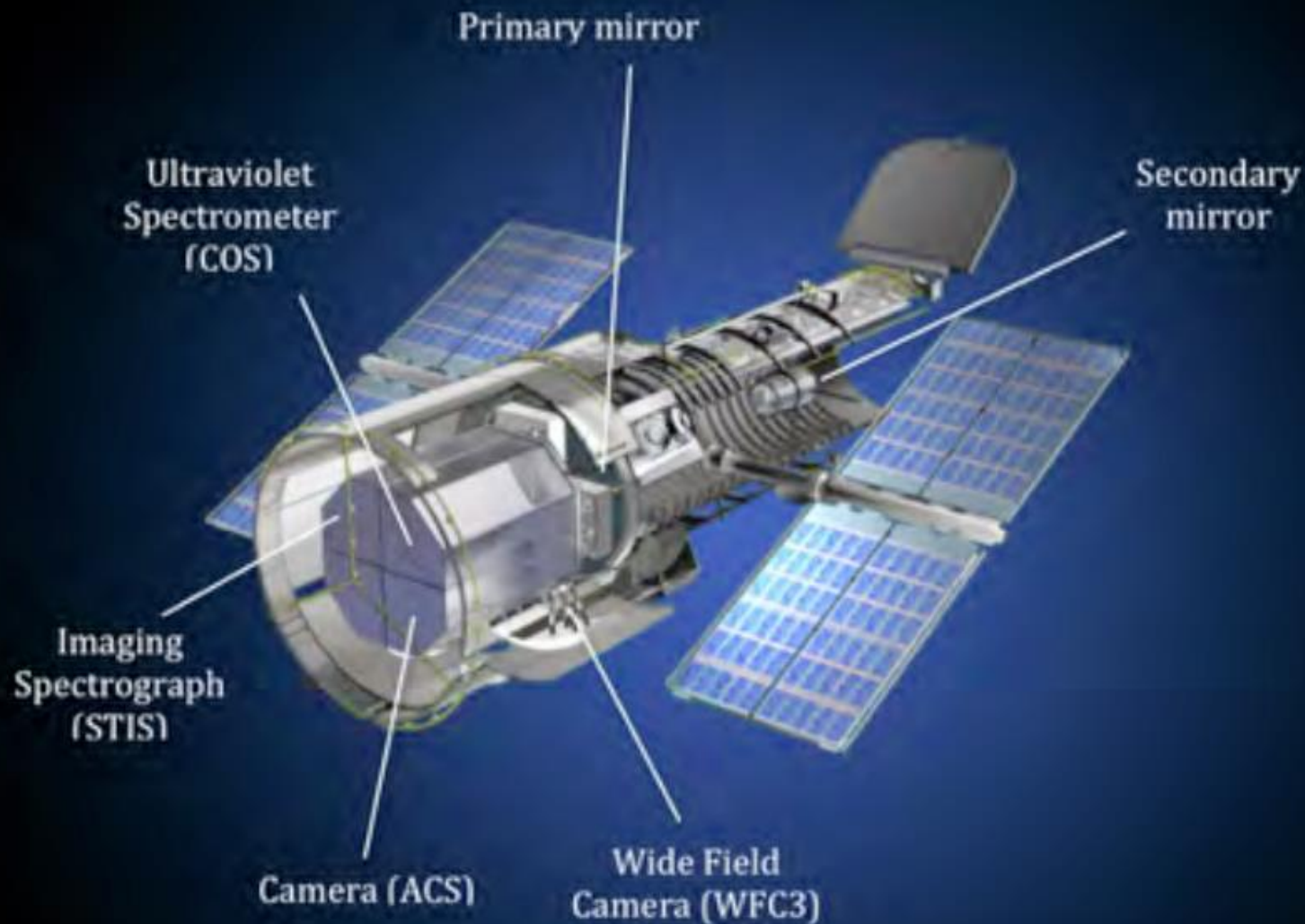
Несмотря на диаметр «всего лишь» 2.4 м телескоп по ряду параметров превосходит крупнейшие наземные инструменты.

Кроме того, он может наблюдать в УФ и ИК.

Carina nebula



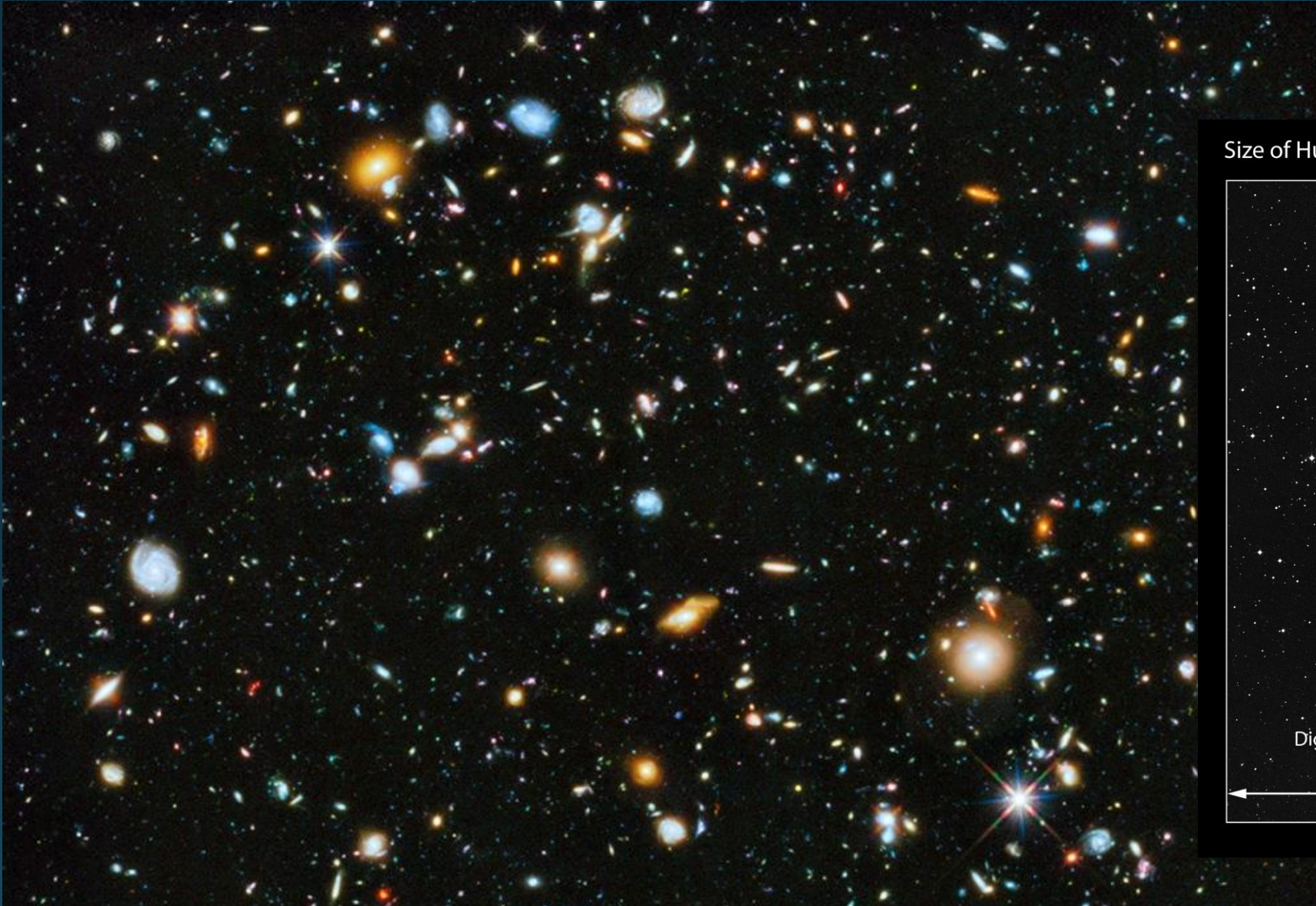
Приборы Хаббла



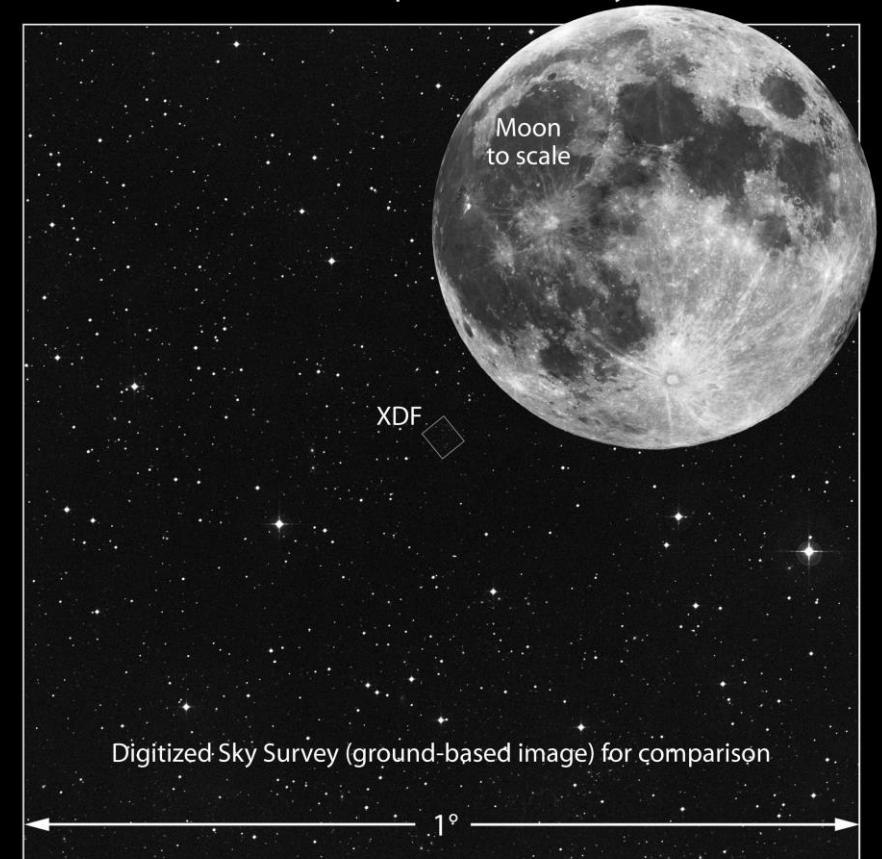
Телескоп может строить изображения и получать спектры в видимом, ИК и УФ диапазонах спектра.

Наблюдение объектов до 31 звездной величины

Ультраглубокое поле Хаббла



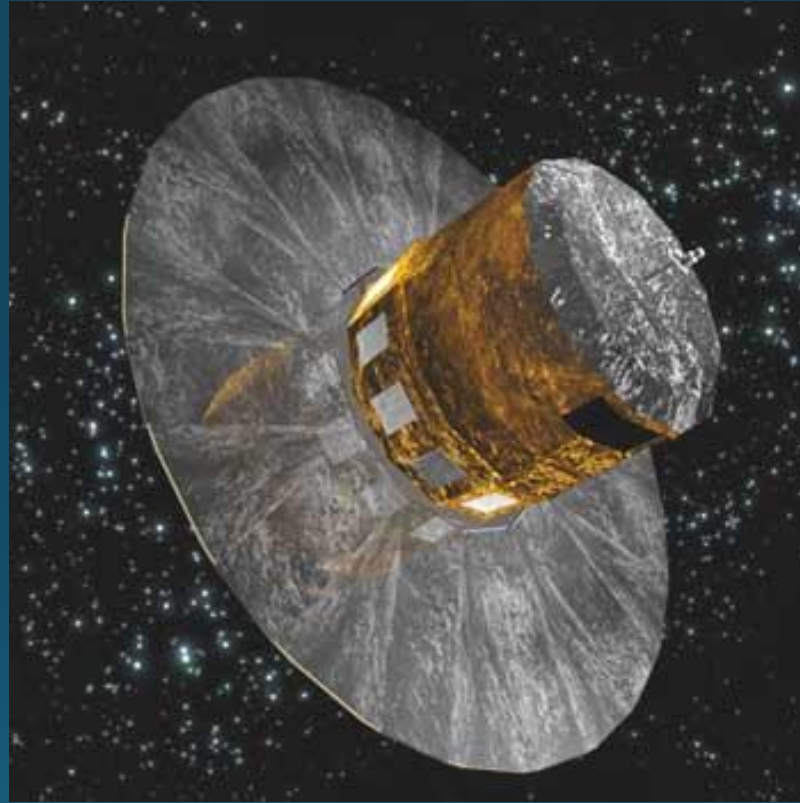
Size of Hubble eXtreme Deep Field on the Sky



Астрометрические наблюдения из космоса



Hipparcos



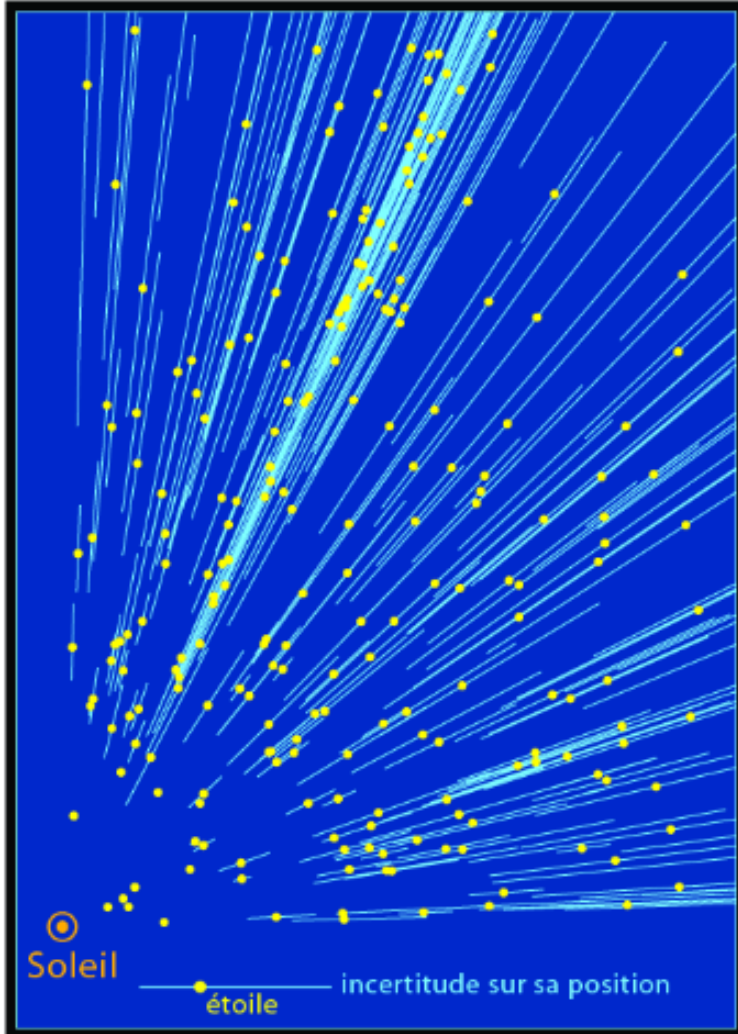
Спутник Gaia впервые даст нам трехмерную карту половины Галактики. См. детальное описание в [1609.04153](#)

GAIA

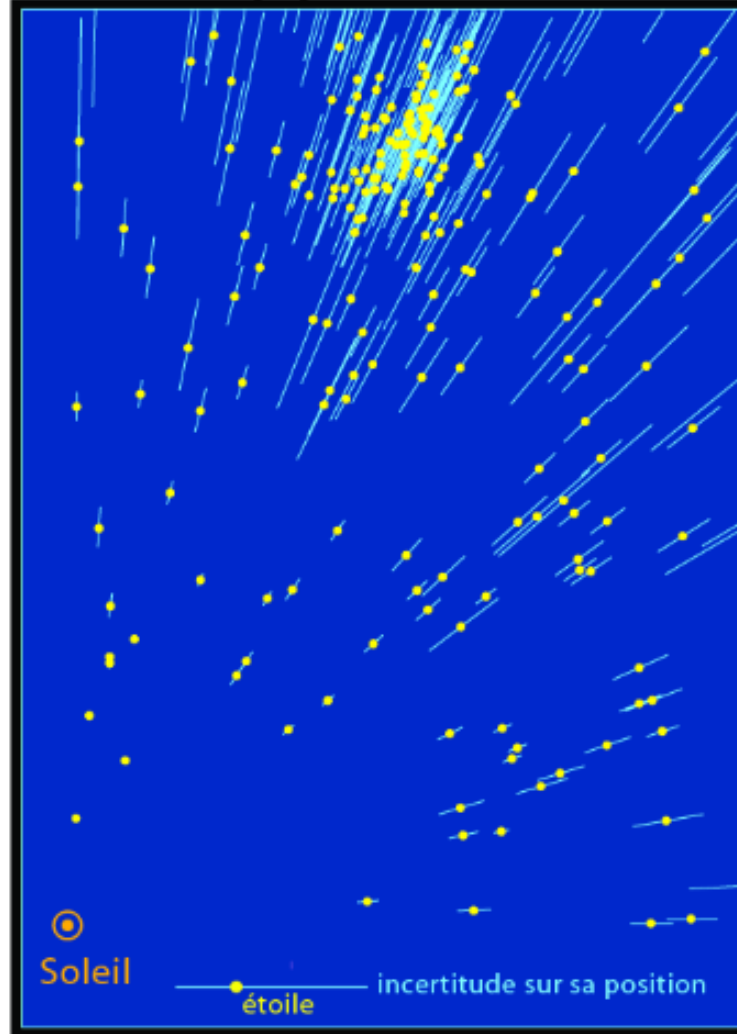
Наблюдения из космоса произвели революцию в астрометрии.

Пределы точного измерения расстояний

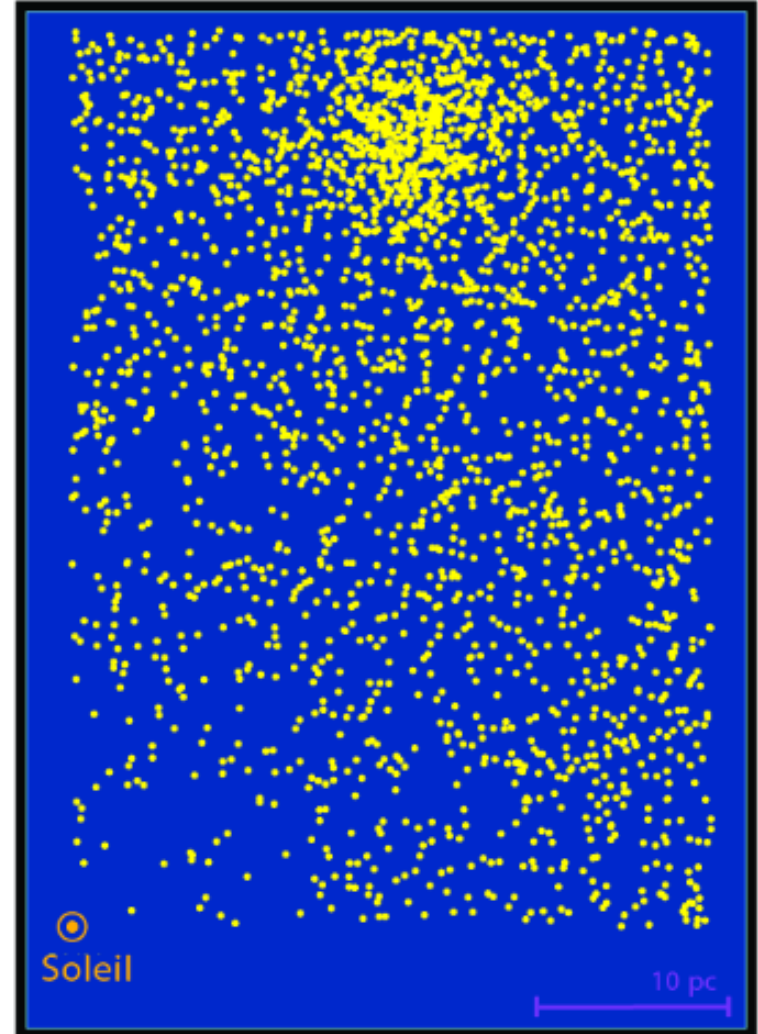
Sol



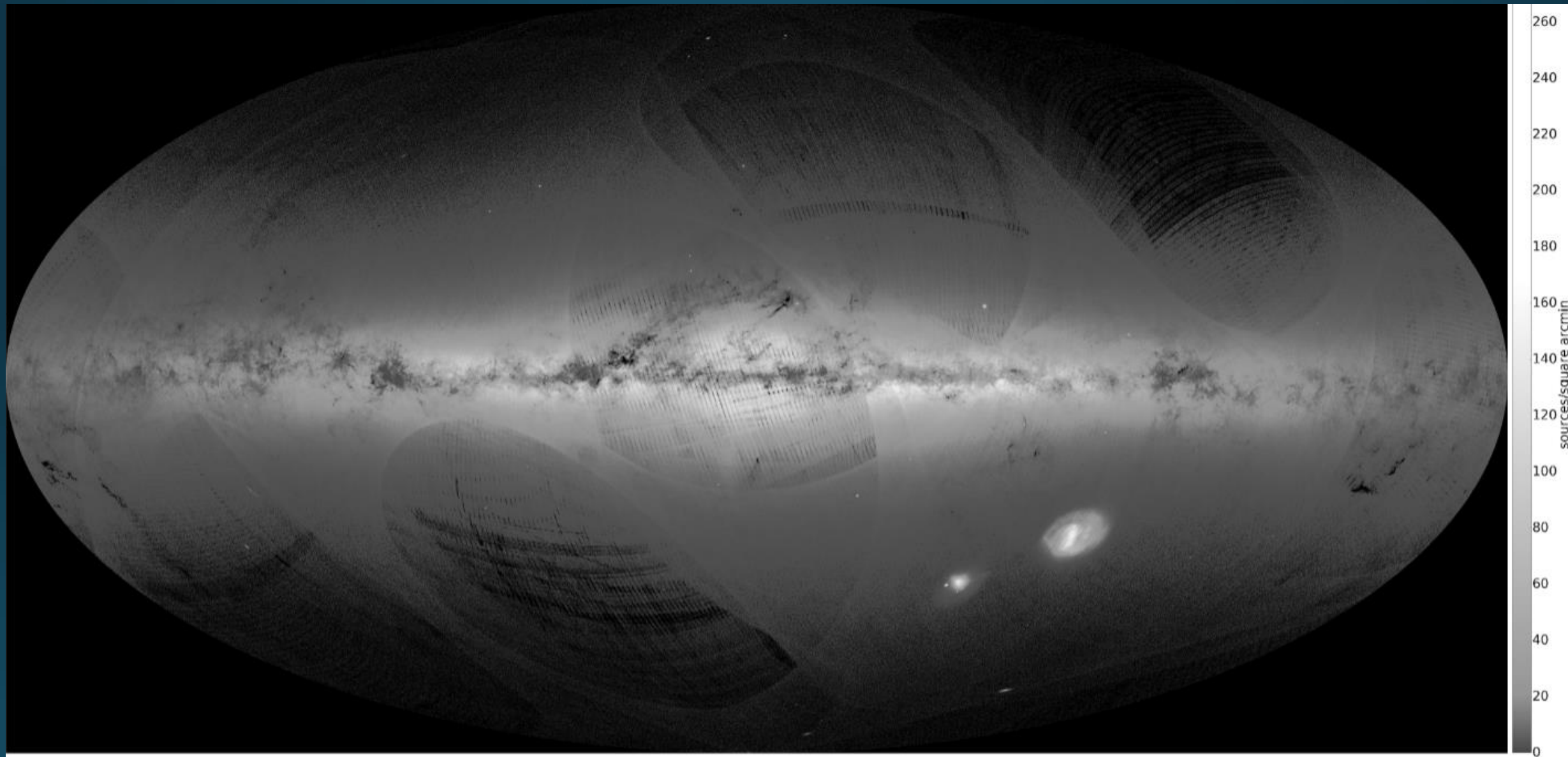
Hipparcos (1990)



Gaia (2020)



Первый релиз данных Gaia



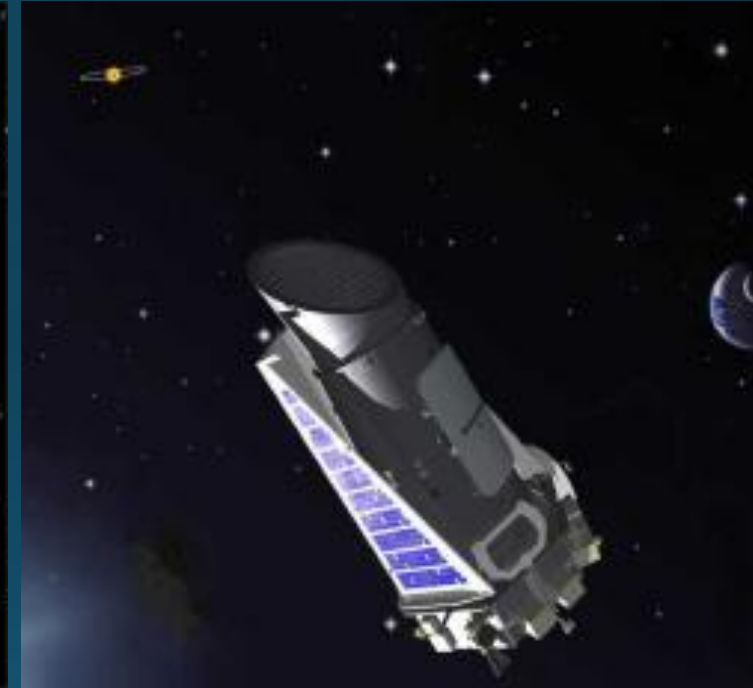
Поиски экзопланет



CoRot



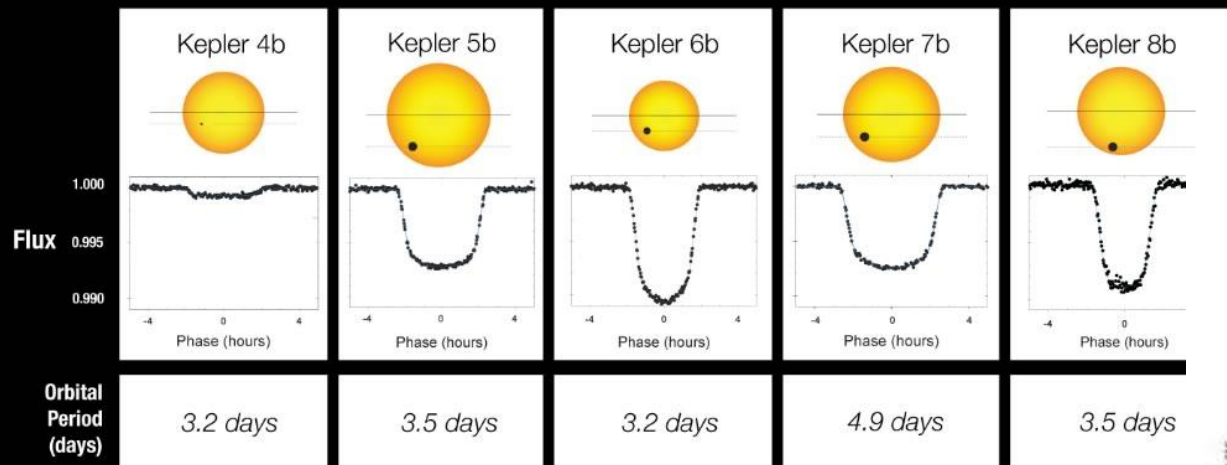
TESS



Kepler

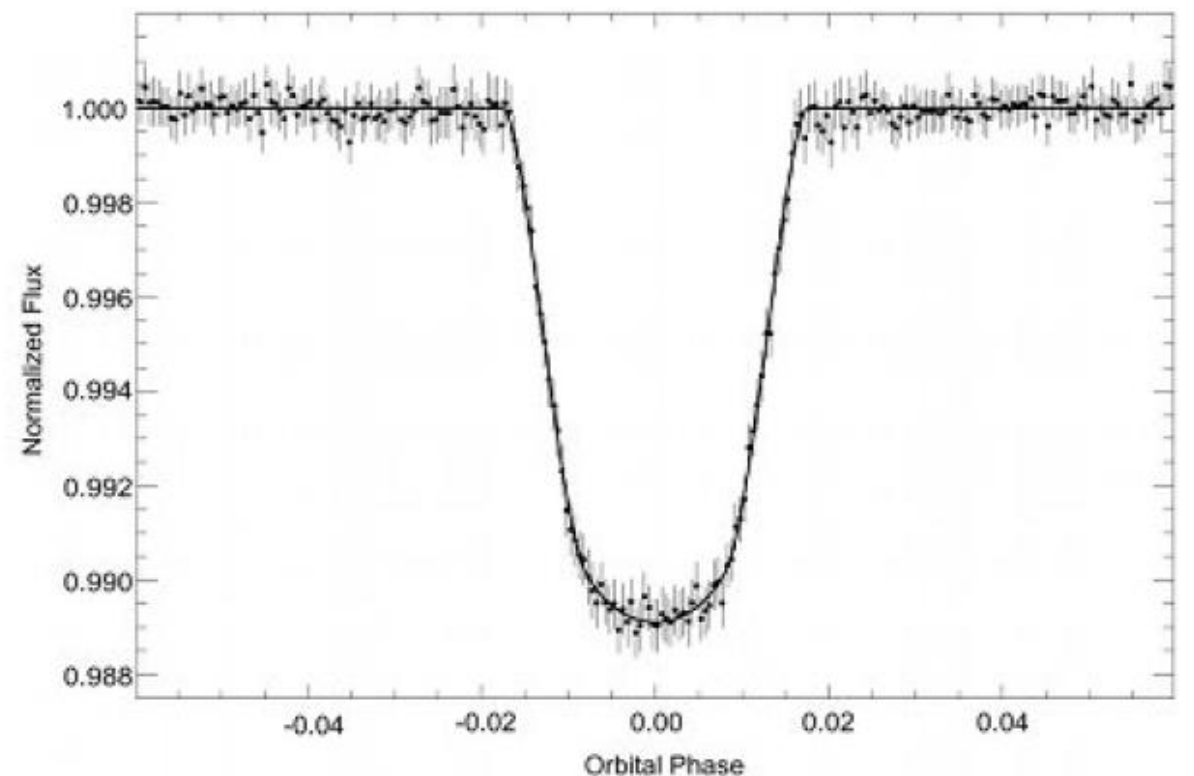
Кривые блеска при транзитах

Transit Light Curves

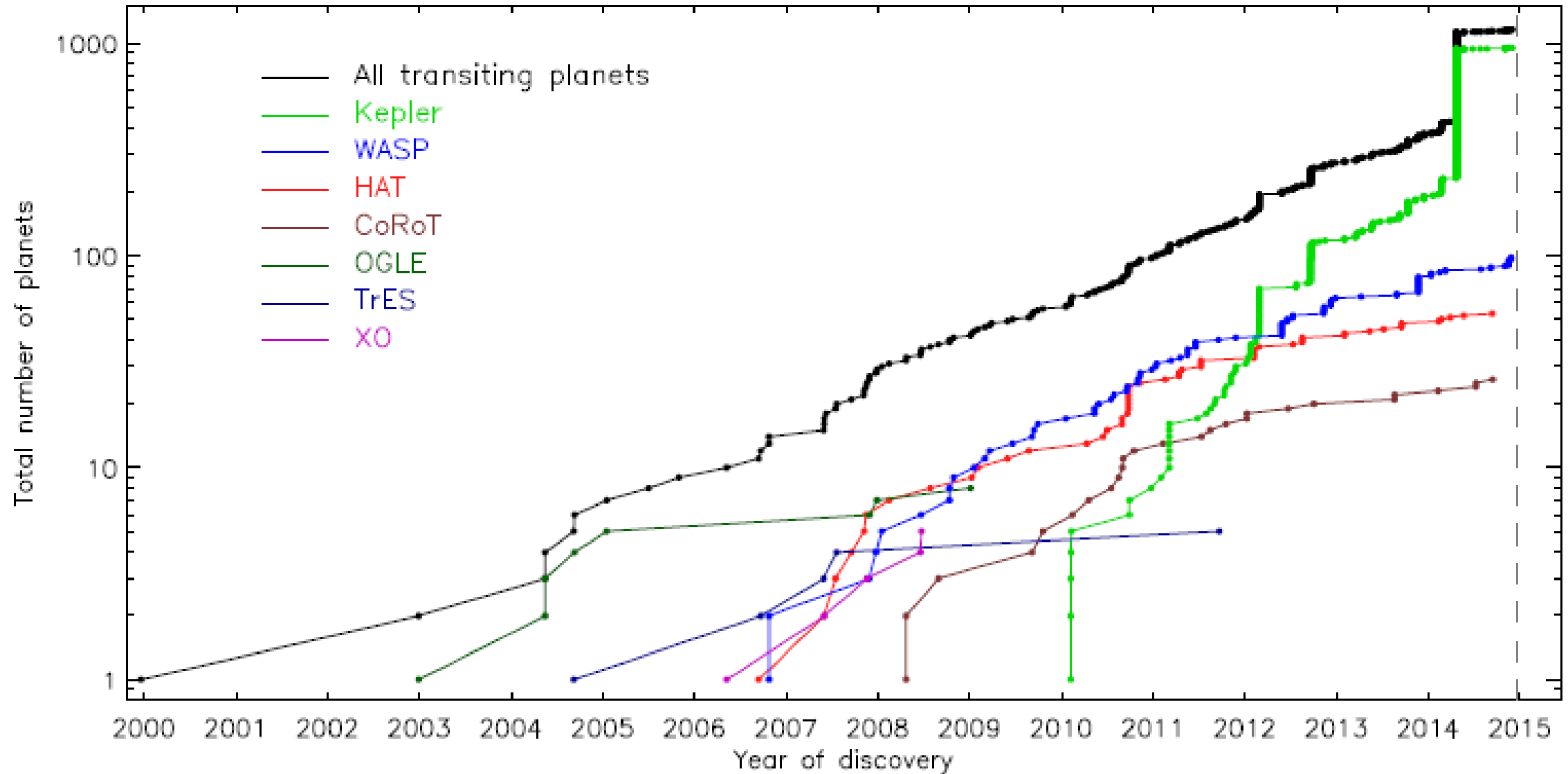


Падение блеска может составлять тысячные или даже десятитысячные доли полного потока.

Необходимо проводить измерения, сохраняя точность в течение нескольких периодов обращения планеты.



Темп открытия транзитных планет



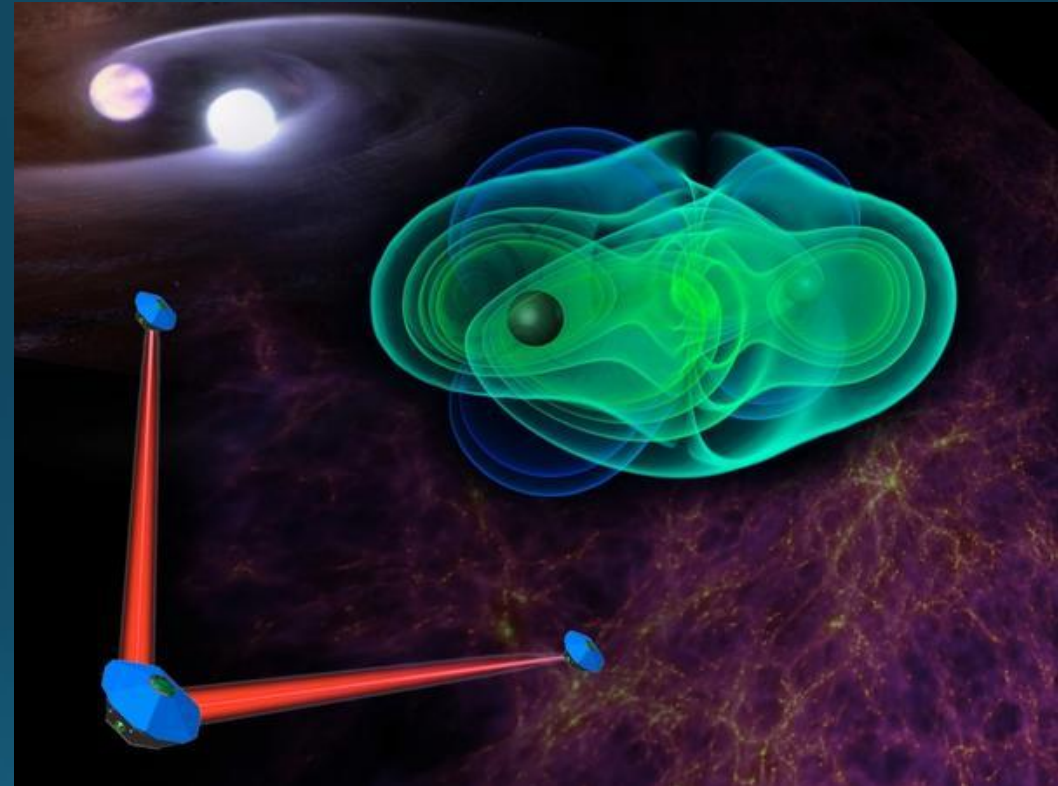
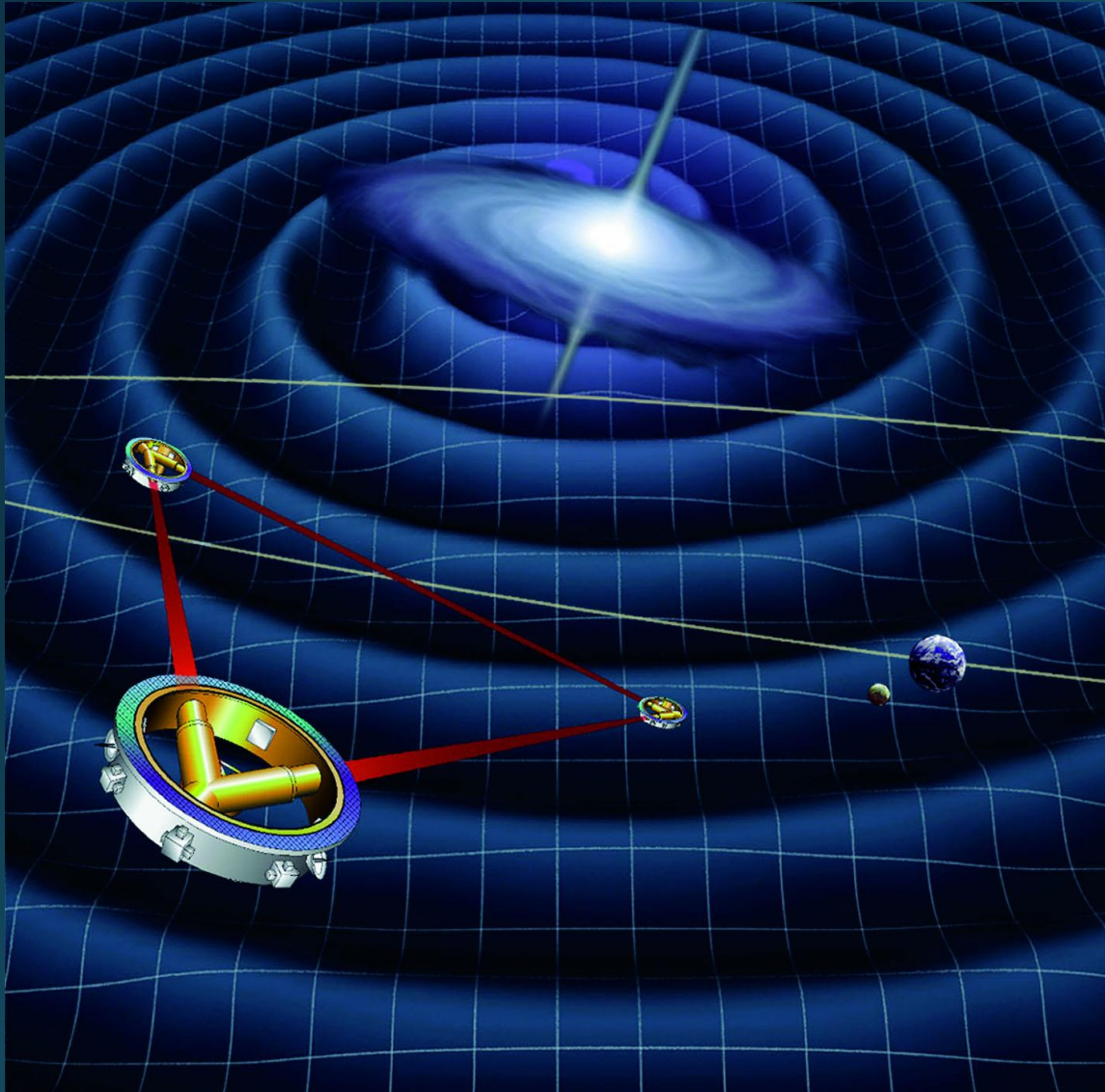
Радиоастрон



Космический
интерферометр

Рекордное
угловое разрешение

Космический проект eLISA



2.5 миллиарда долларов
NASA сняла свое финансирование
Сейчас ESA одобрена заявка на запуск
упрощенного варианта в 2034 г.
В новом виде проект назван eLISA.
В 2016 г. NASA вернулось в проект!

Космические лучи

Возможно, что следующим шагом в изучении космических лучей сверхвысоких энергий будет запуск специальных космических аппаратов.

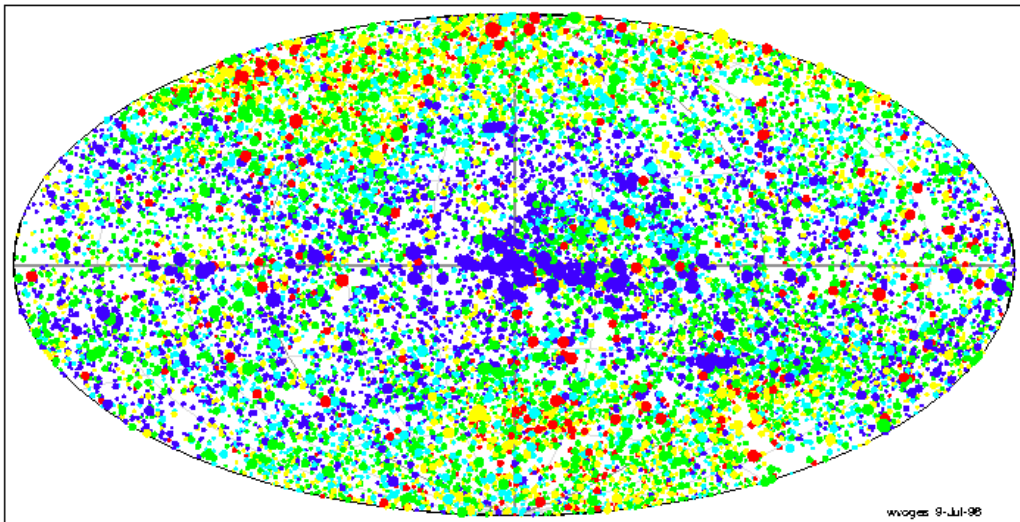
Задача: изучение редких частиц очень высоких энергий.



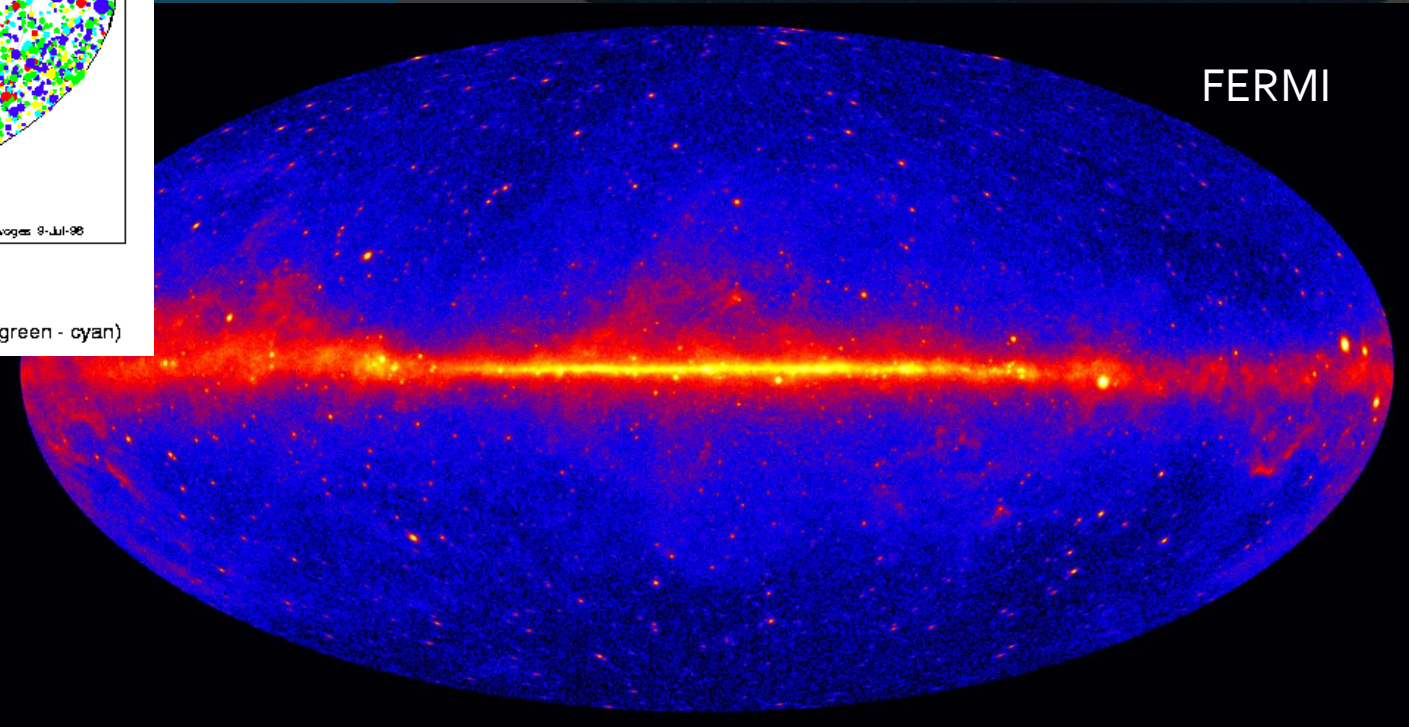
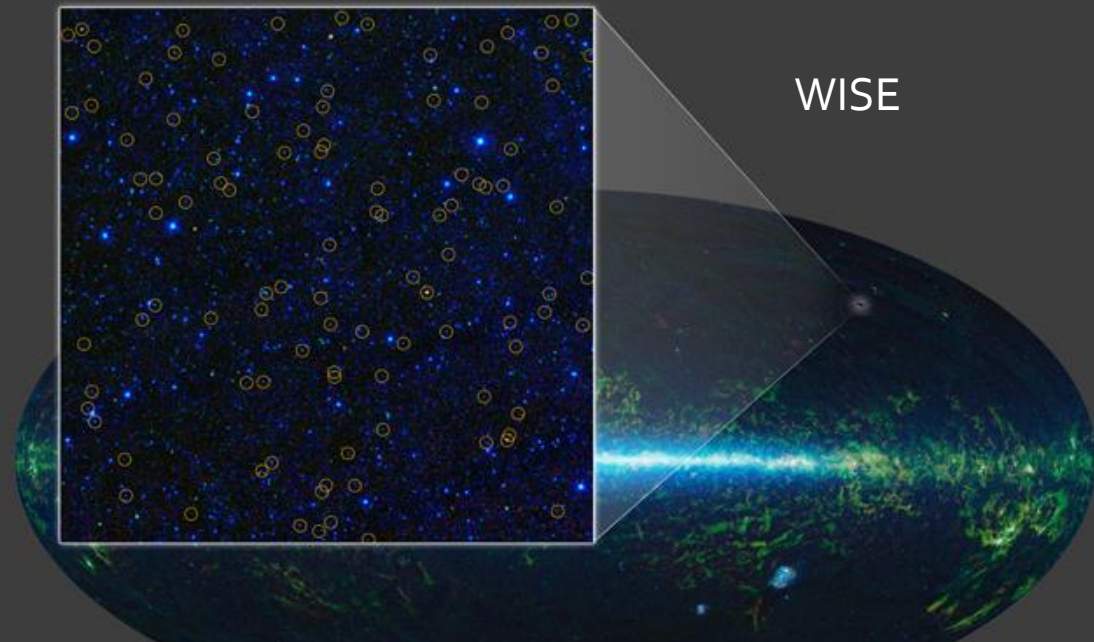
Обзоры

ROSAT ALL-SKY SURVEY Bright Sources

Aitoff Projection
Galactic II Coordinate System

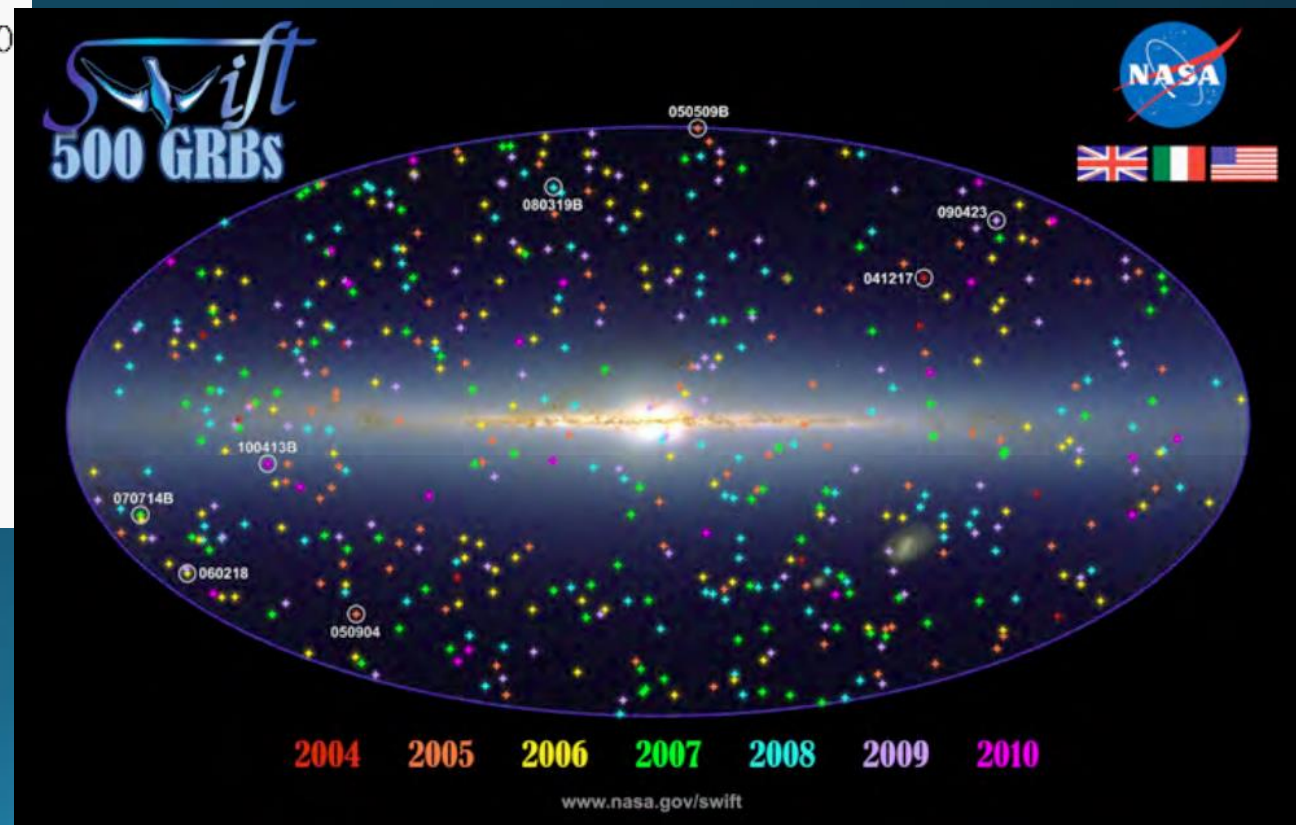
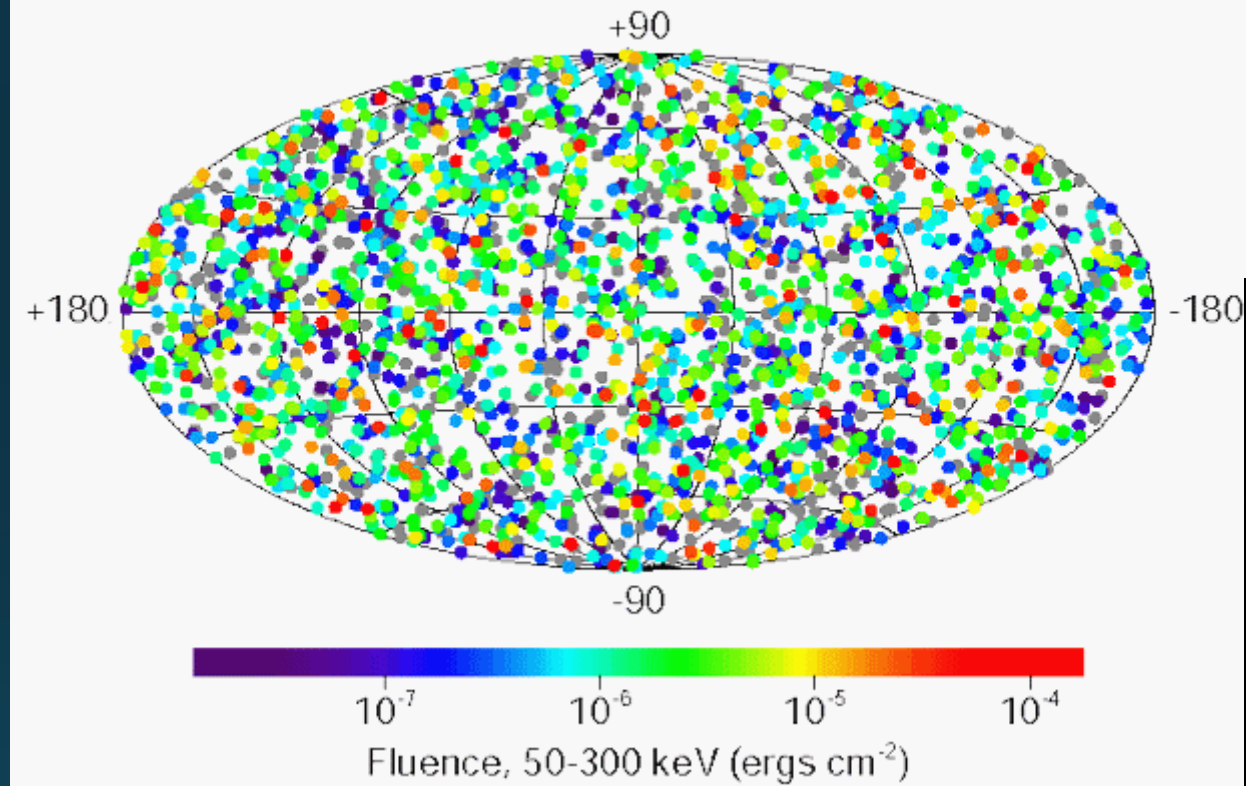


Energy range: 0.1 - 2.4 keV
Number of RAASS-II sources: 18811
Hardness ratio: -1.0 | -0.4 | -0.2 | 0.2 | 0.6 | 1.0 (soft -> hard : magenta - red - yellow - green - cyan)



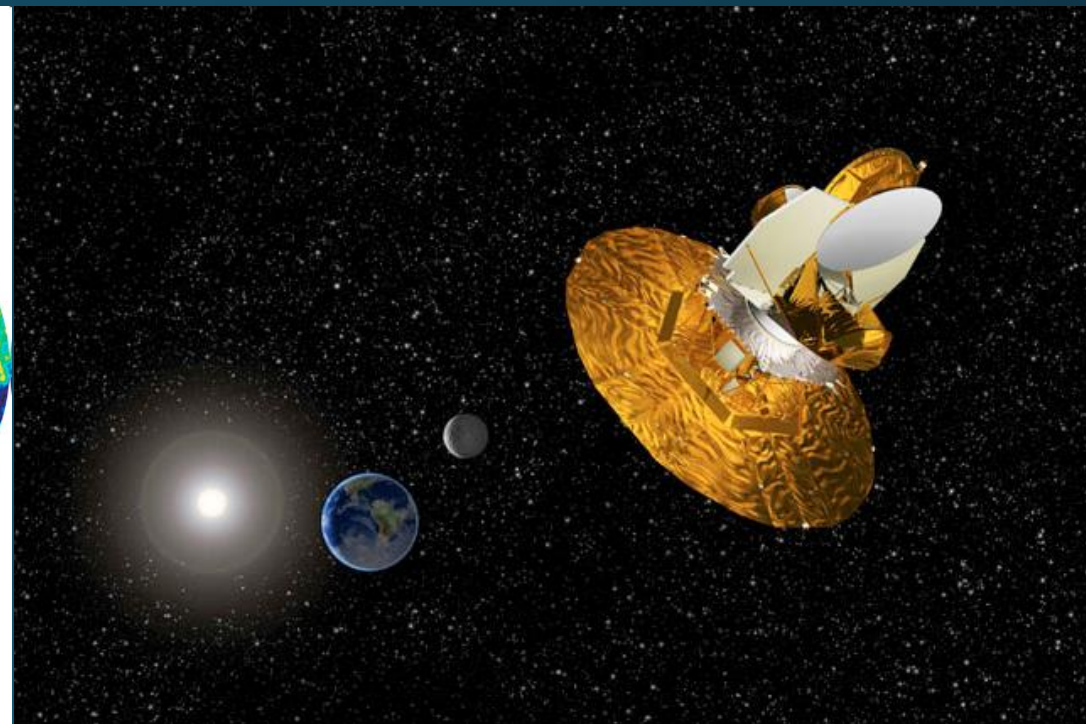
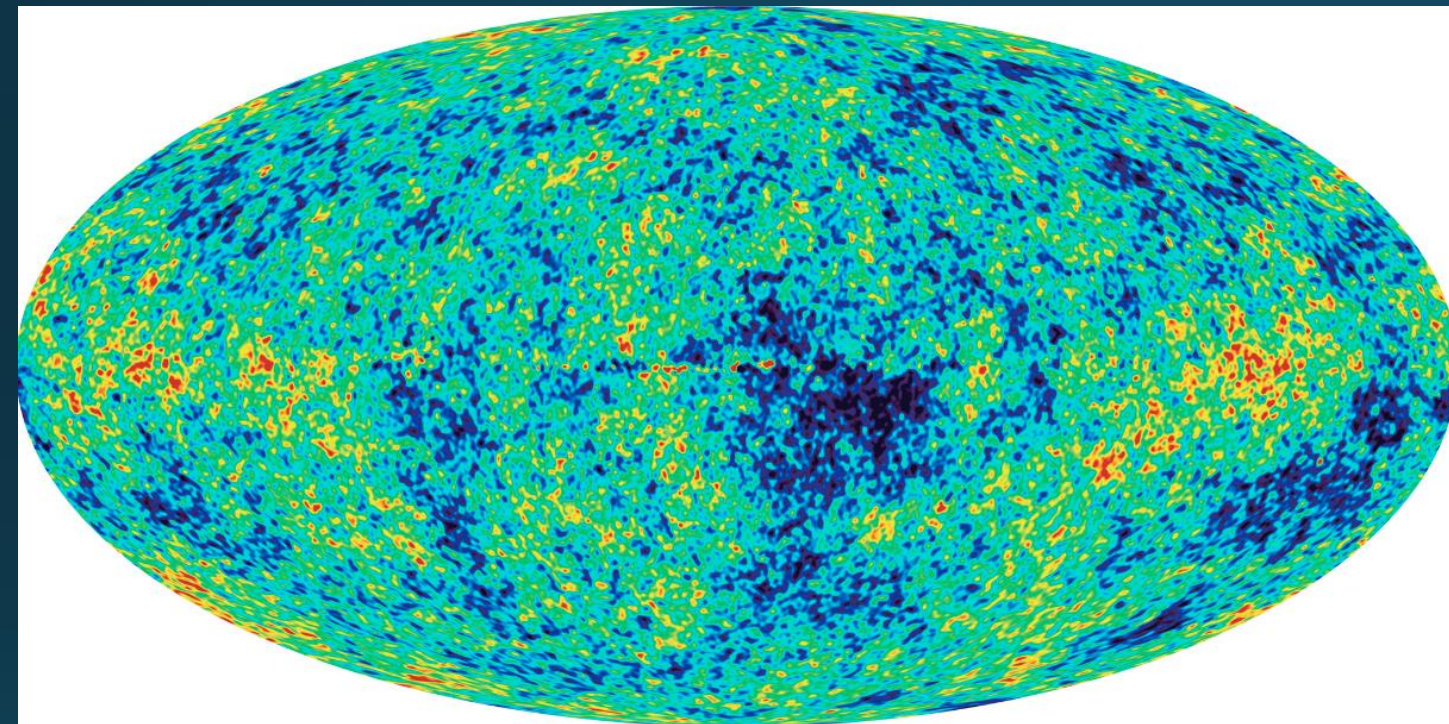
Мониторинг неба

2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



Спутник WMAP

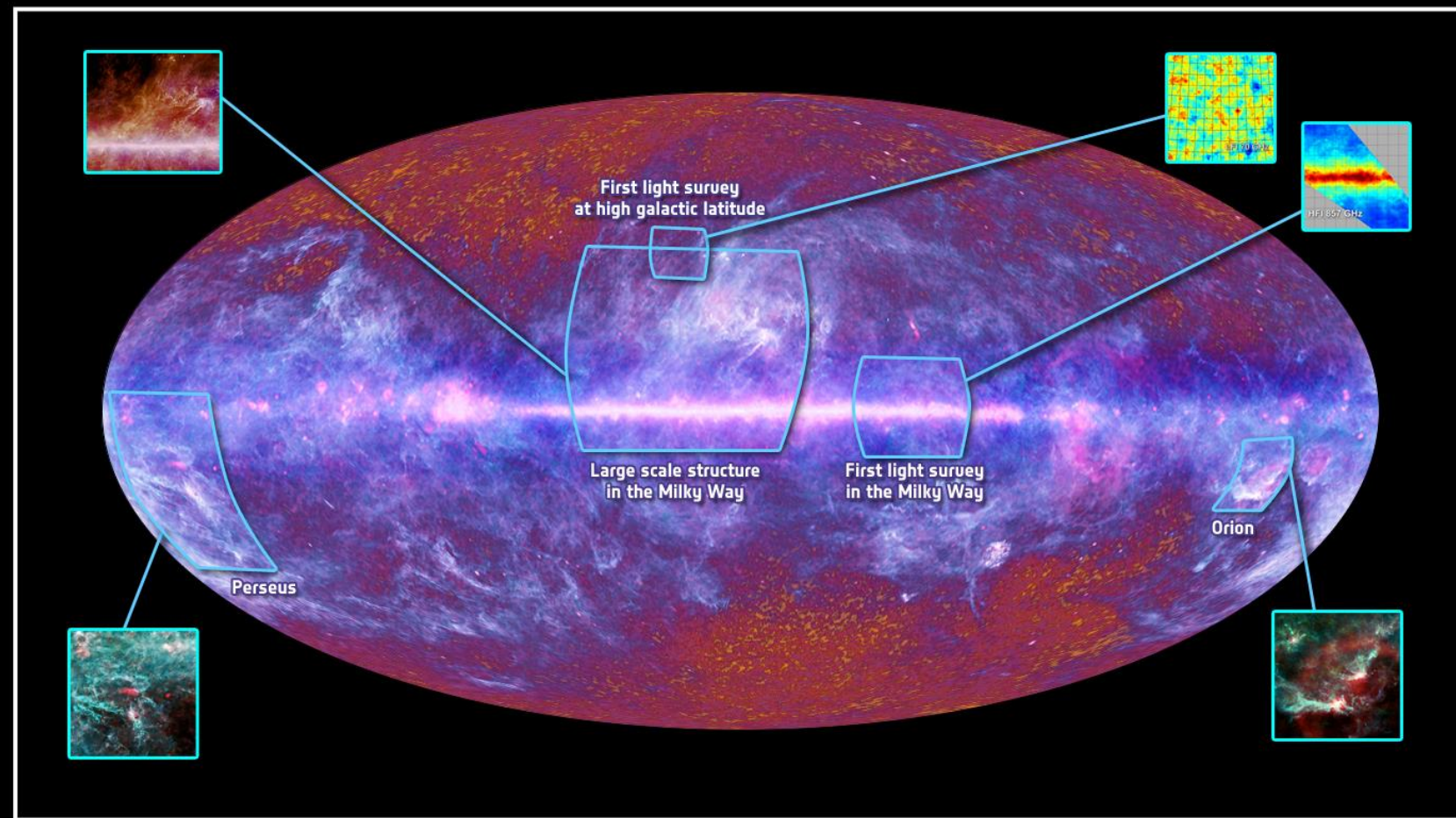
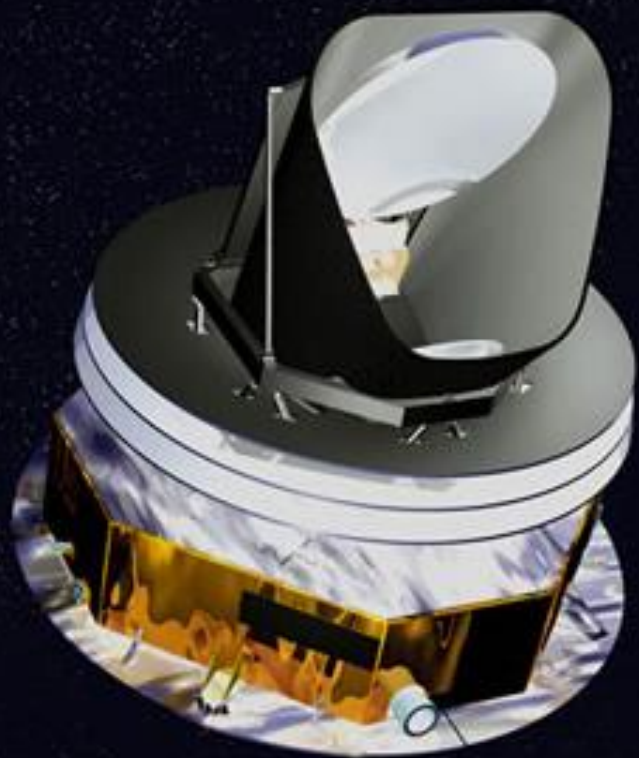
Спутник WMAP (США)



Задача инструмента — изучение микроволнового (реликтового) фона, несущего информацию о молодой Вселенной. То есть это космологический прибор. Однако, поскольку на реликтовое излучение накладывается излучение нашей Галактики, спутник получил важнейшую информацию о свойствах нашей звездной системы.

Результаты спутника Planck

Наблюдения микроволнового фона на 100 - 857 ГГц

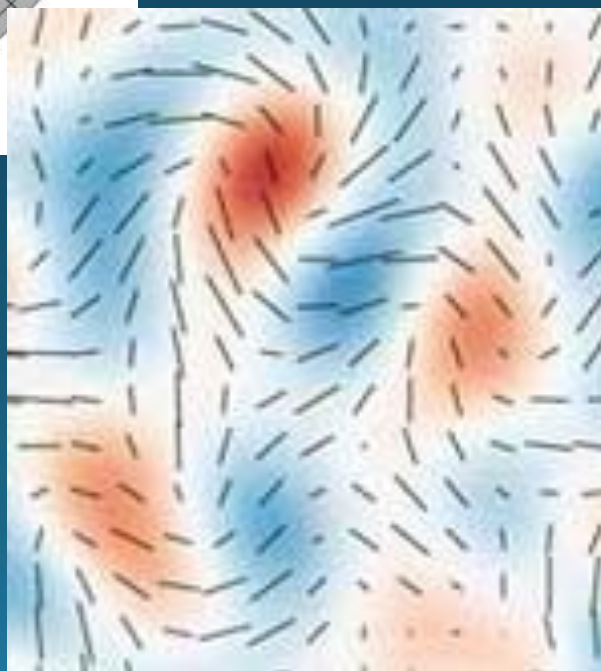
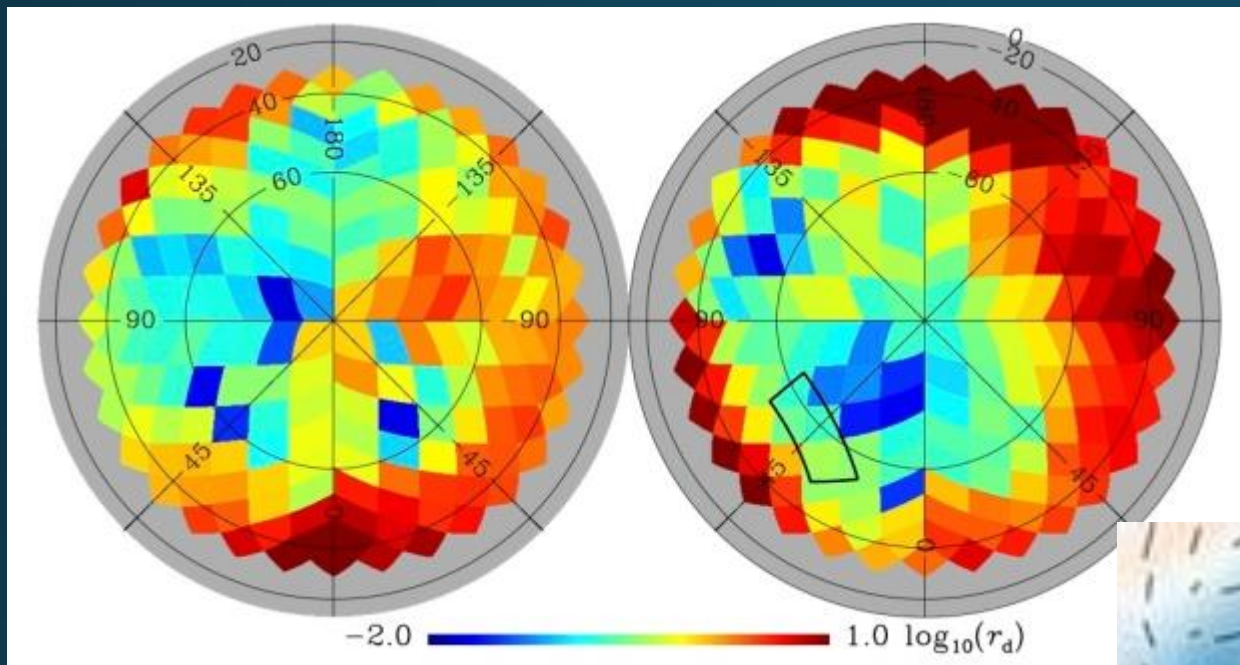


The Planck one-year all-sky survey



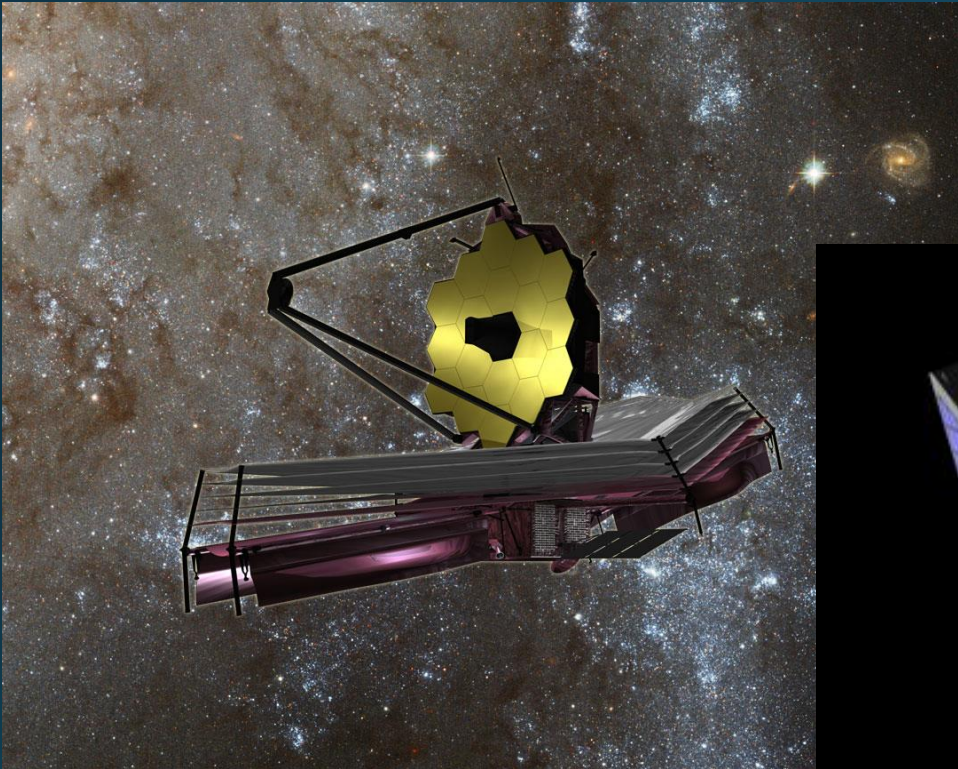
(c) ESA, HFI and LFI consortia, July 2010

BICEP2 vs. Planck



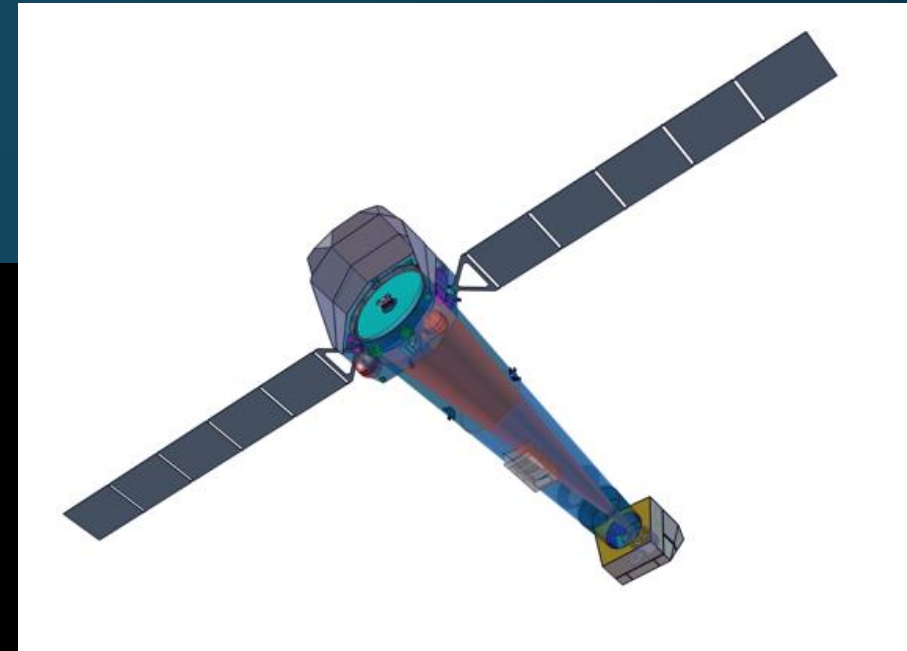
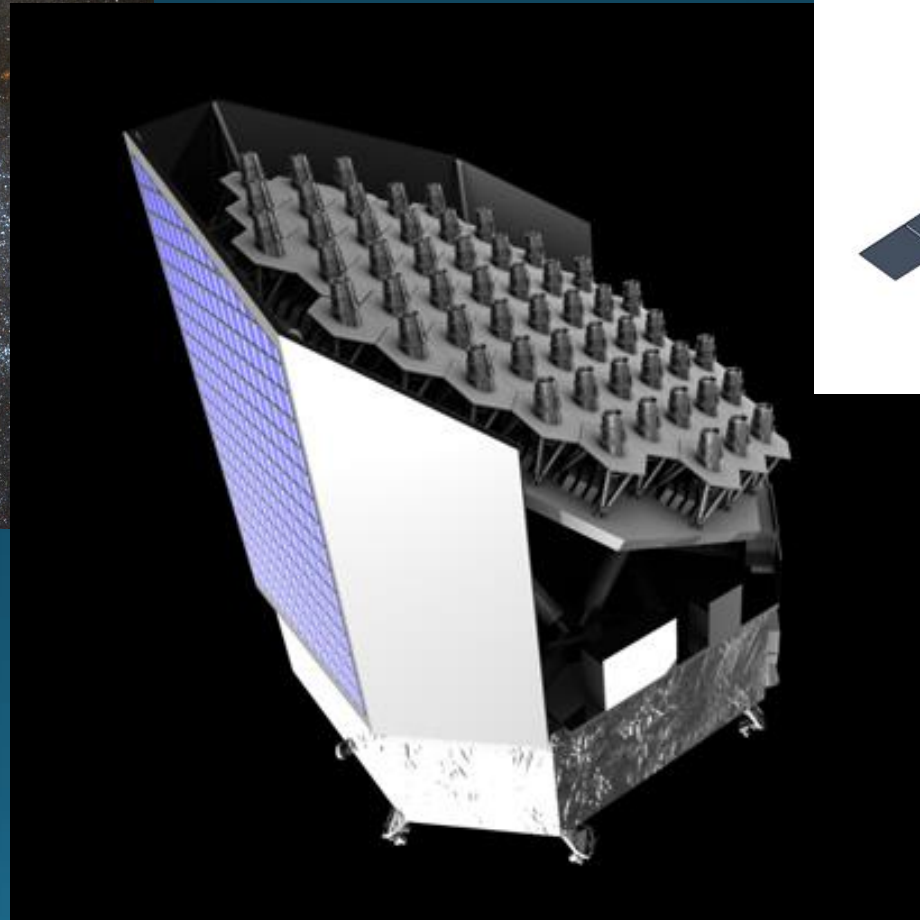
Установить истину помогло то, что Планк может наблюдать все небо на разных частотах.

Астрономия XXI века



JWST (2022)

Plato (2026)



ATHENA (2031)