

# Астрономические наблюдения из космоса



Сергей Попов

# Наблюдать из космоса дорого



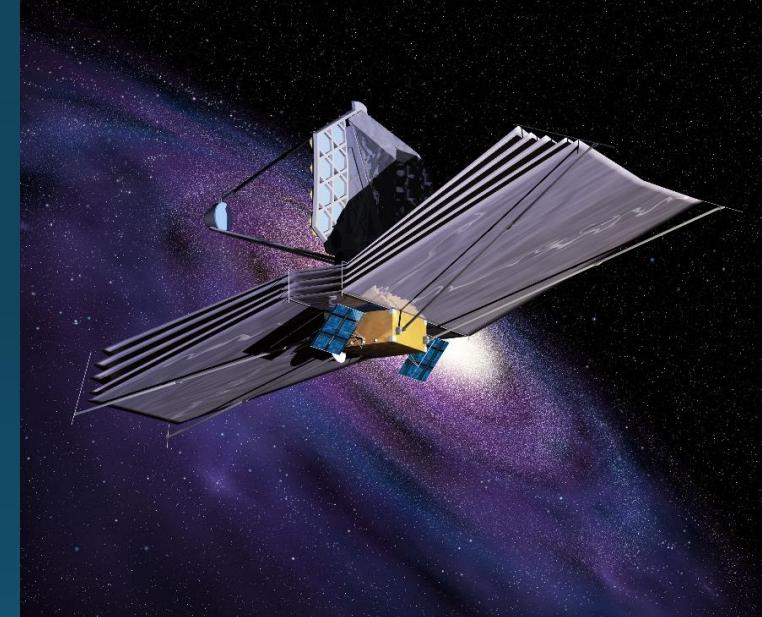
**Космический телескоп имени Хаббла (США)**

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



**Рентгеновский спутник «Чандра» (США)**

*Стоимость: около \$2,8 млрд.*



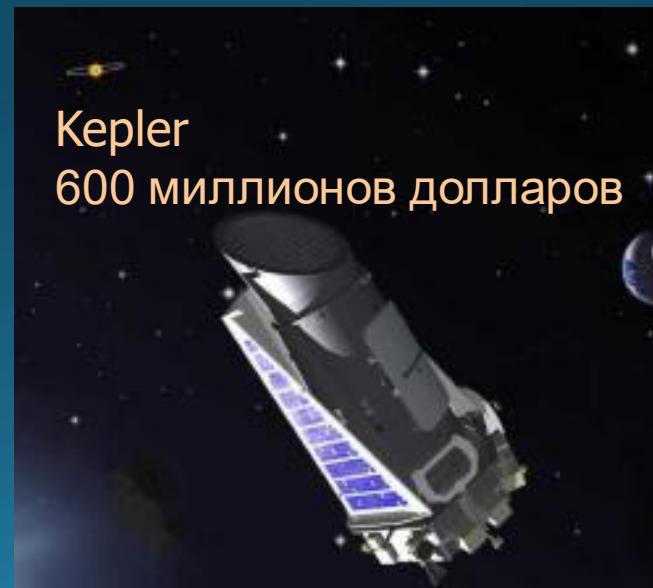
**Космический телескоп имени Джеймса Вебба (США)**

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

# Сравним.....



1	<i>Pirates of the Caribbean: On Stranger Tides</i>	2011	\$378.5
2	<i>Pirates of the Caribbean: At World's End</i>	2007	\$300
3	<i>Avengers: Age of Ultron</i>	2015	\$279.9
4	<i>John Carter</i>	2012	\$263.7
5	<i>Tangled</i>	2010	\$260
6	<i>Spider-Man 3</i>	2007	\$258
7	<i>Harry Potter and the Half-Blood Prince</i>	2009	\$250
	<i>The Hobbit: The Desolation of Smaug</i>	2014	\$250
9	<i>Spectre</i>	2015	\$245
10	<i>Avatar</i>	2009	\$237
11	<i>The Dark Knight Rises</i>	2012	\$230
	<i>The Chronicles of Narnia: Prince Caspian</i>	2008	\$225
	<i>The Lone Ranger</i>	2013	\$225
12	<i>Pirates of the Caribbean: Dead Man's Chest</i>	2006	\$225
	<i>Man of Steel</i>	2013	\$225
	<i>The Hobbit: The Desolation of Smaug</i>	2013	\$225
17	<i>The Avengers</i>	2012	\$220
18	<i>Men in Black 3</i>	2012	\$215
	<i>Oz the Great and Powerful</i>	2013	\$215



# Наблюдения из космоса



Наблюдения в диапазонах спектра, в которых земная атмосфера непрозрачна



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

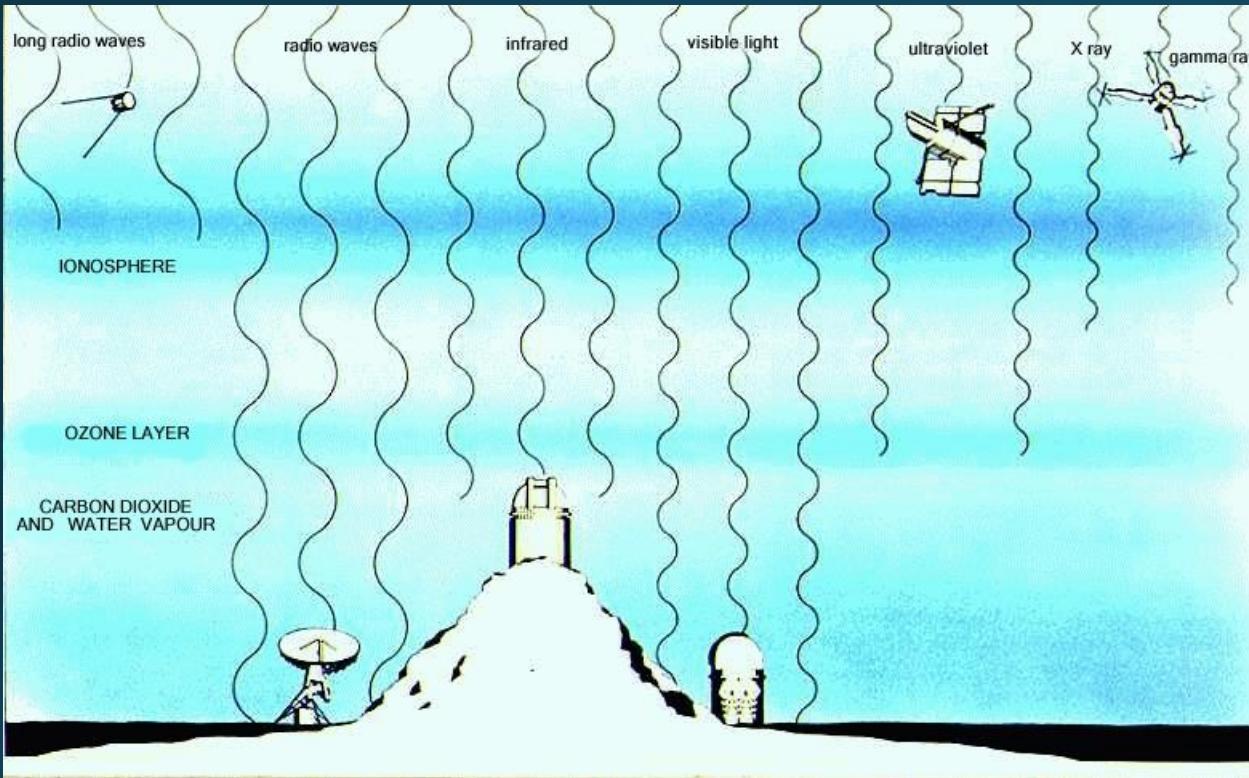


Возможно создание установок очень большого размера

Всегда хорошая погода

Доступно все небо

# Наблюдения из космоса

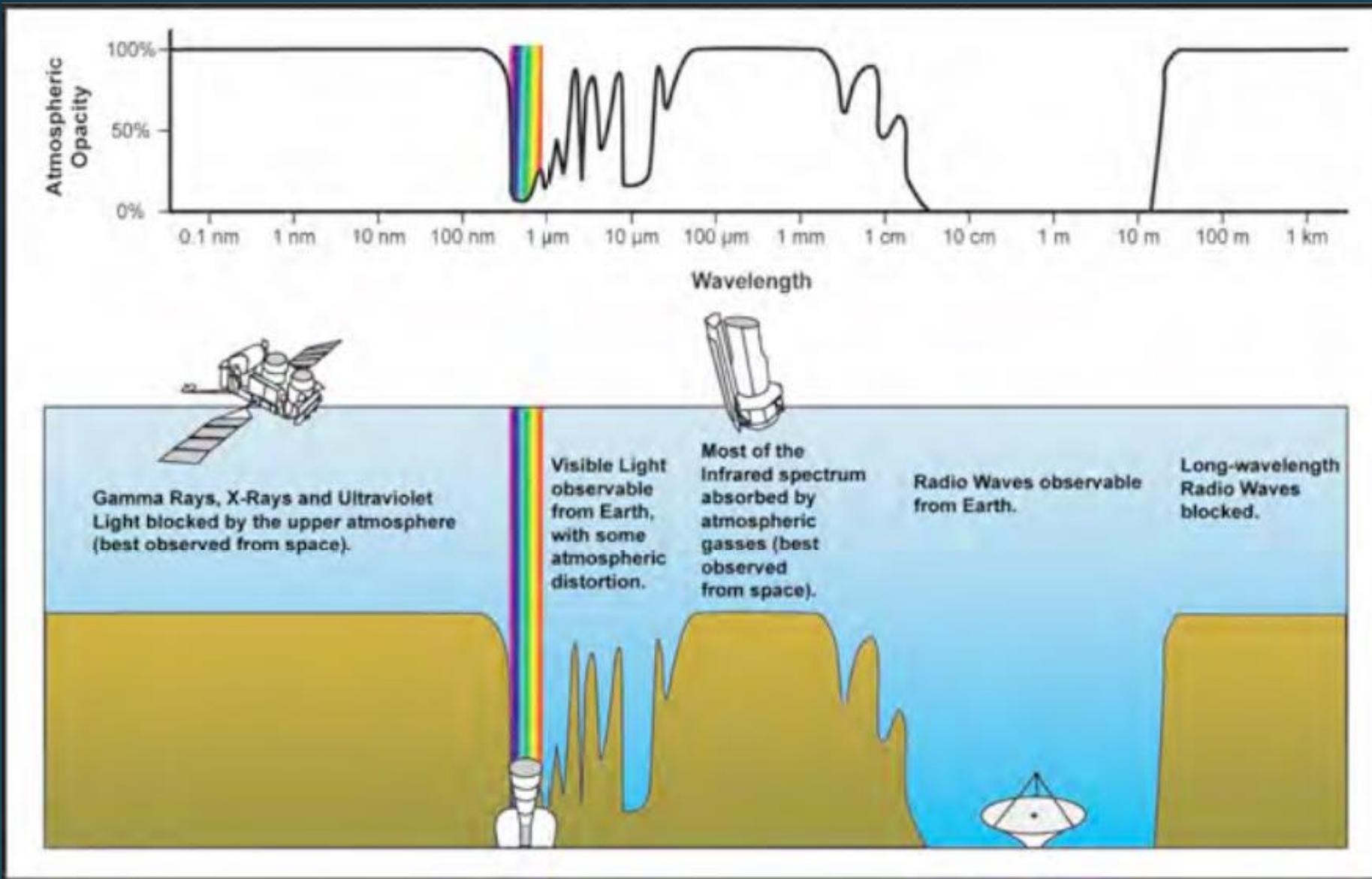


Поглощение

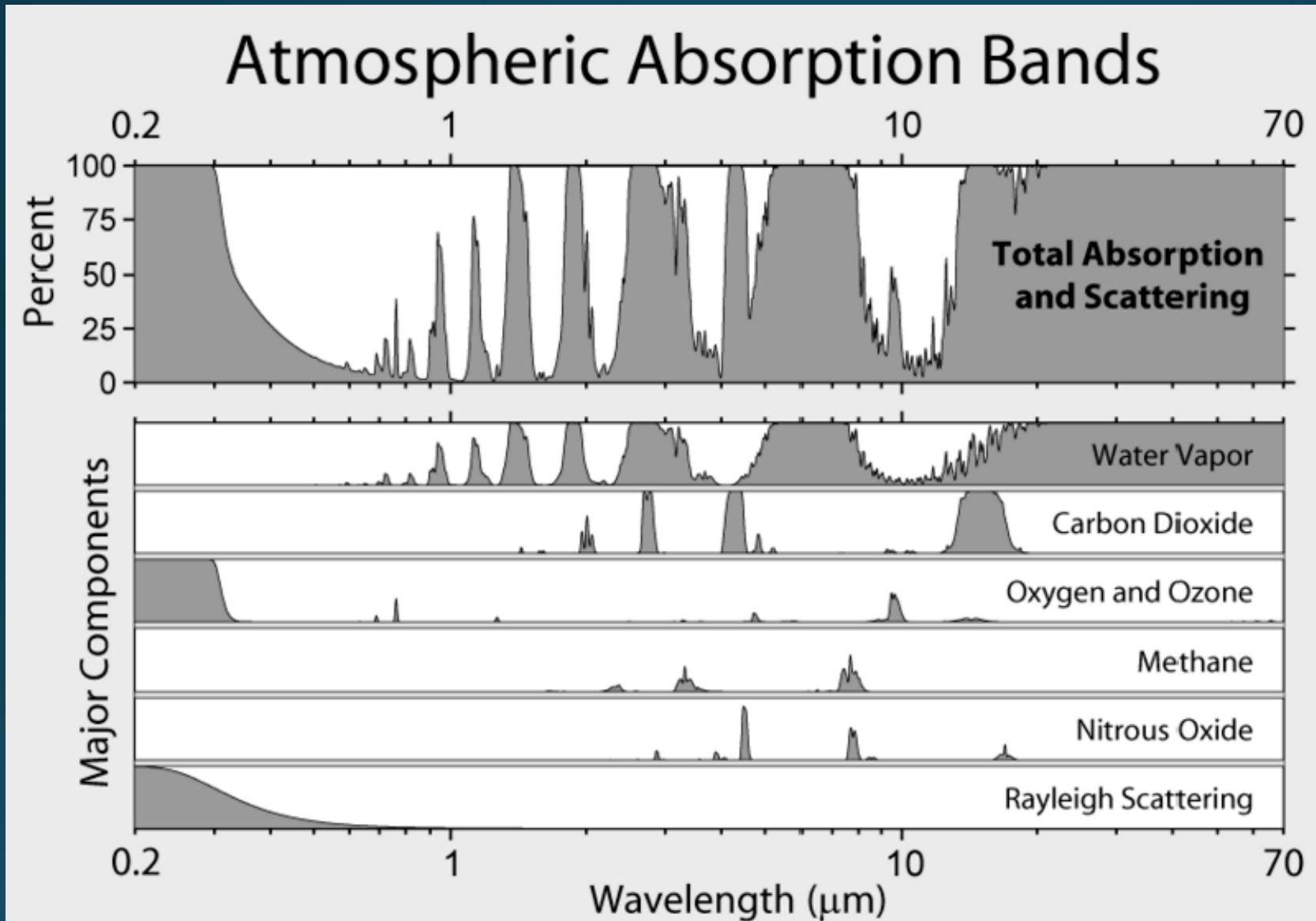


Мерцание

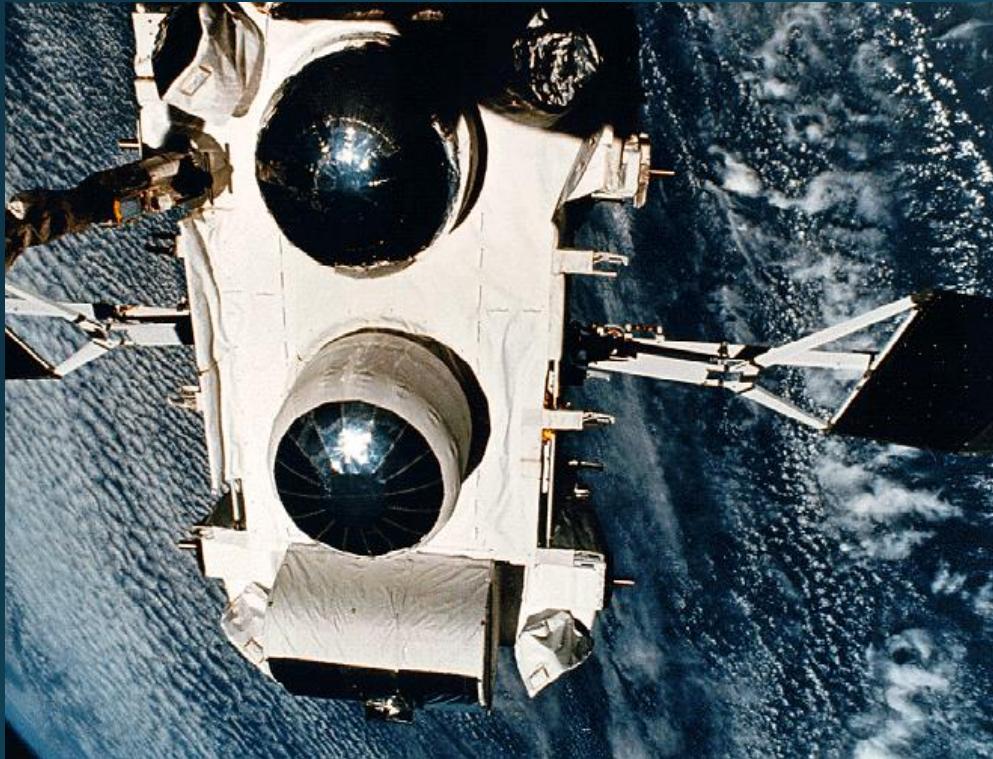
# Поглощение в атмосфере



# Поглощение в УФ и ИК



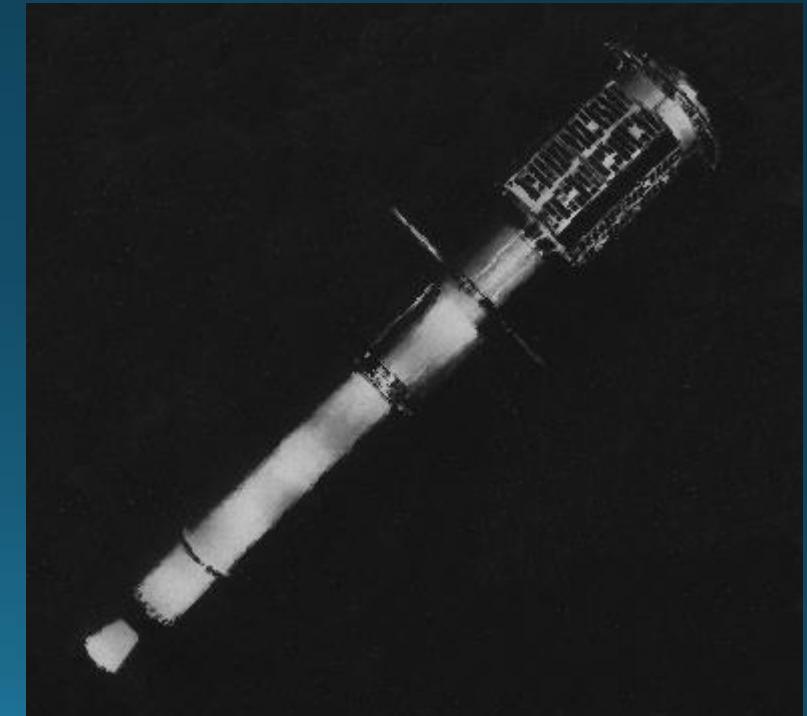
# Гамма-астрономия в космосе



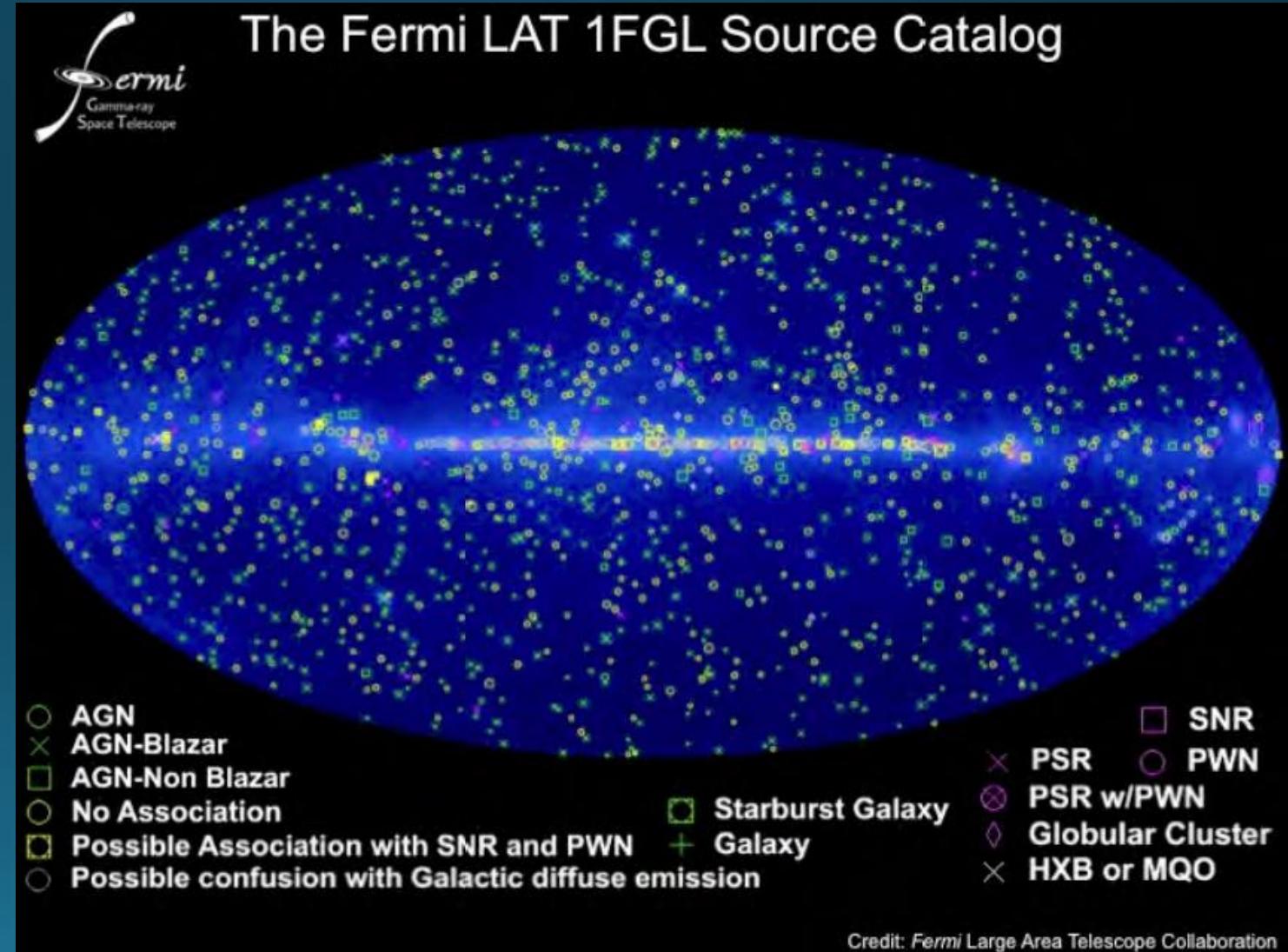
Комptonовская гамма обсерватория

Самое жесткое излучение.

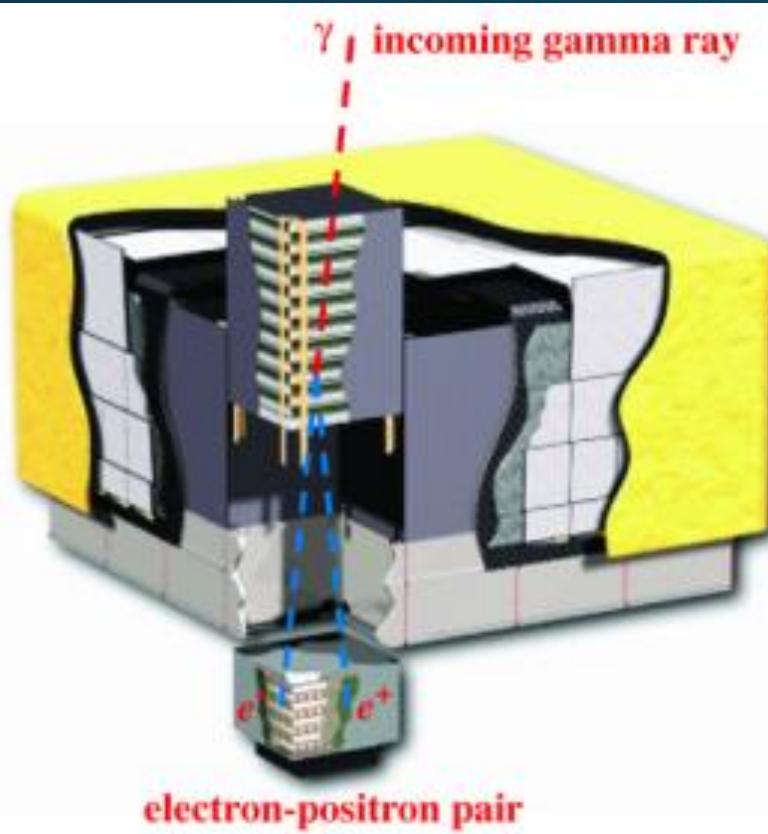
Многие неистовые процессы  
приводят именно к излучению  
гамма-квантов.



# Fermi – современная гамма-обсерватория

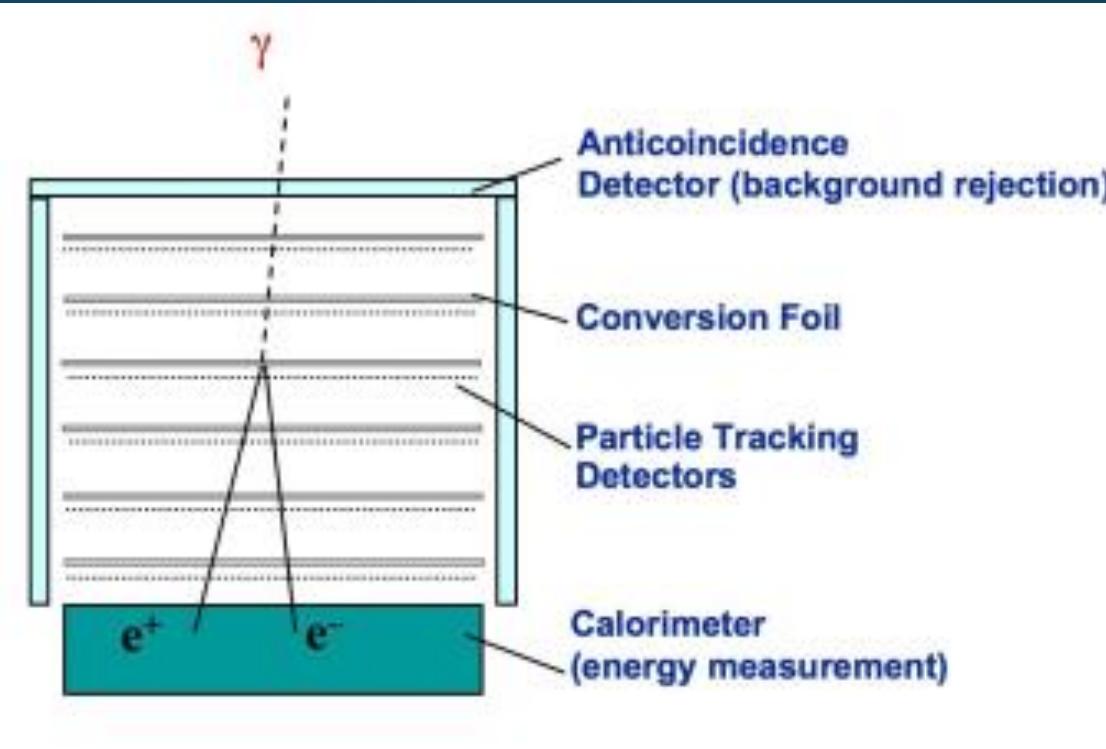


# Устройство детектора Ферми LAT



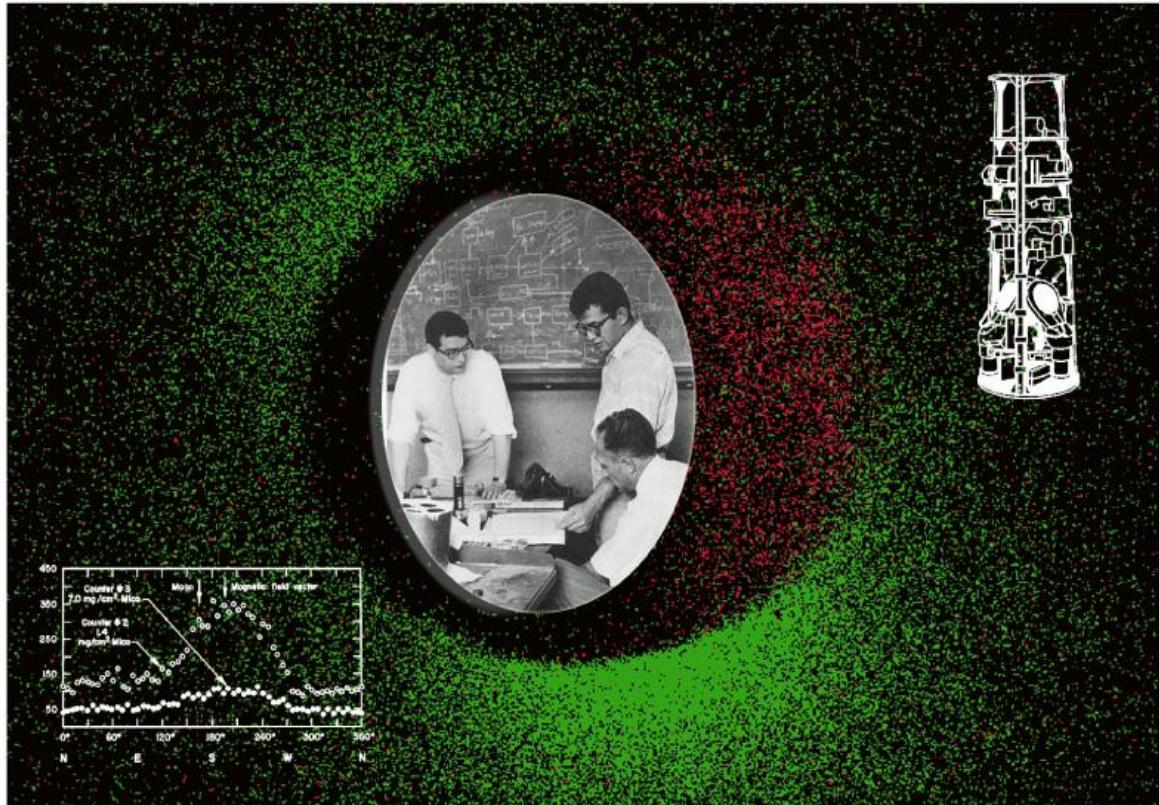
Для настройки прибора его надо калибровать.  
В случае Ферми это проводилось в ЦЕРНе.

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

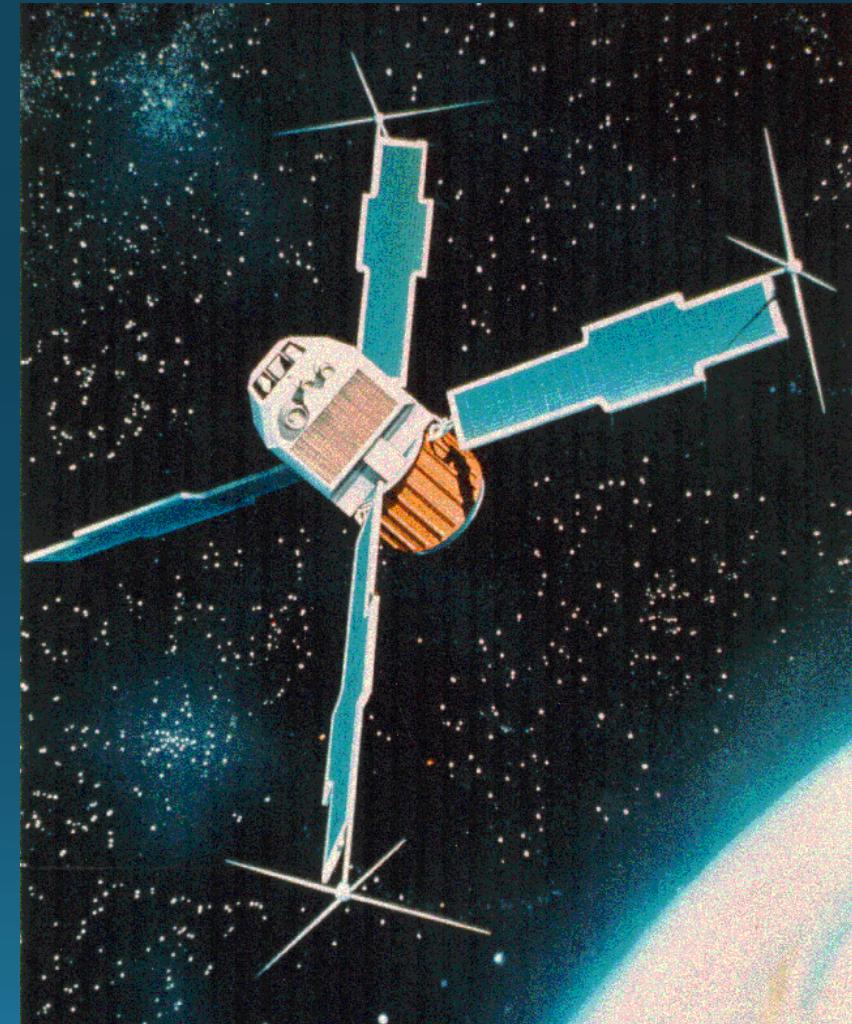


# Рентгеновская астрономия

ROSAT Januar 2003



Первые ракетные заупски детекторов  
начались после войны на трофейных ФАУ.



UHURU (1970)

# Рентген vs. Оптика

THE ROSAT X-RAY SKY AROUND ORION



THE OPTICAL SKY AROUND ORION



Созвездие Орион и Луна

# RXTE

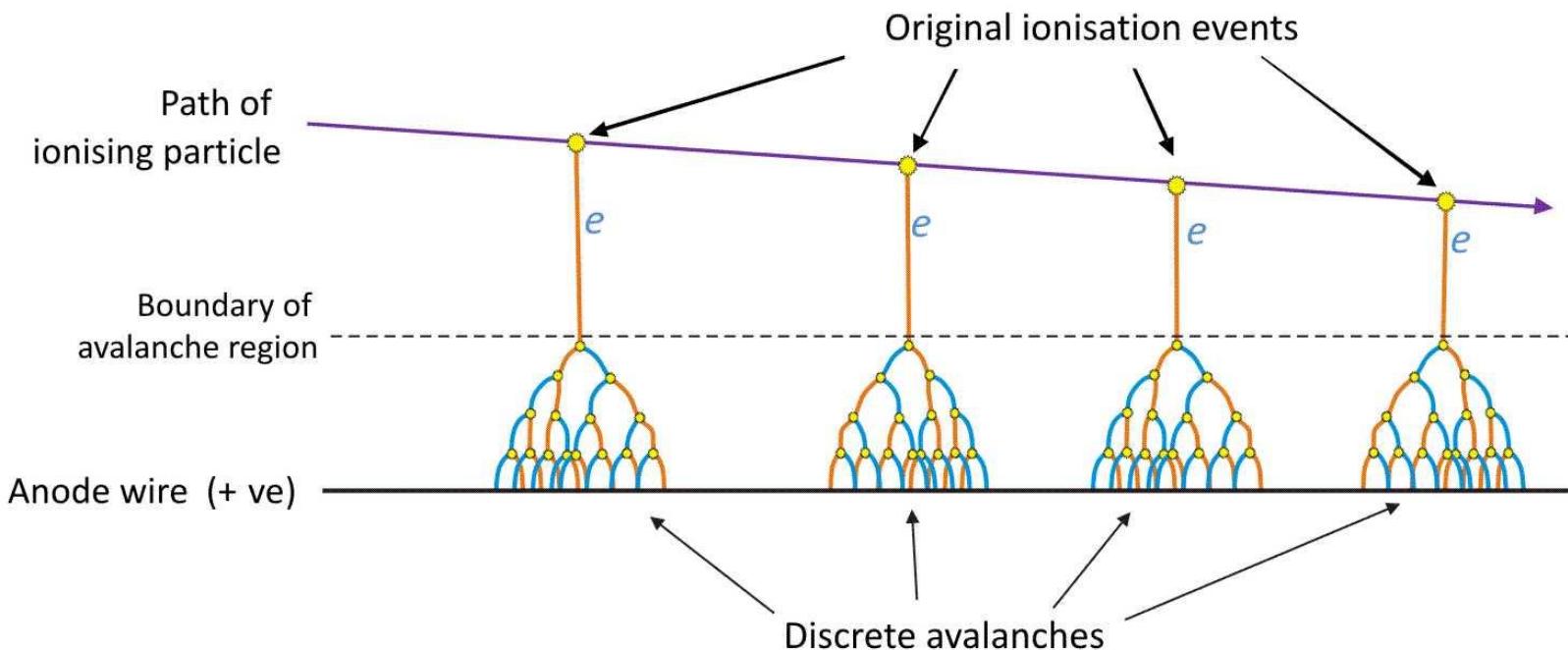
High Gain Antenna  
(radio)

HEXTE

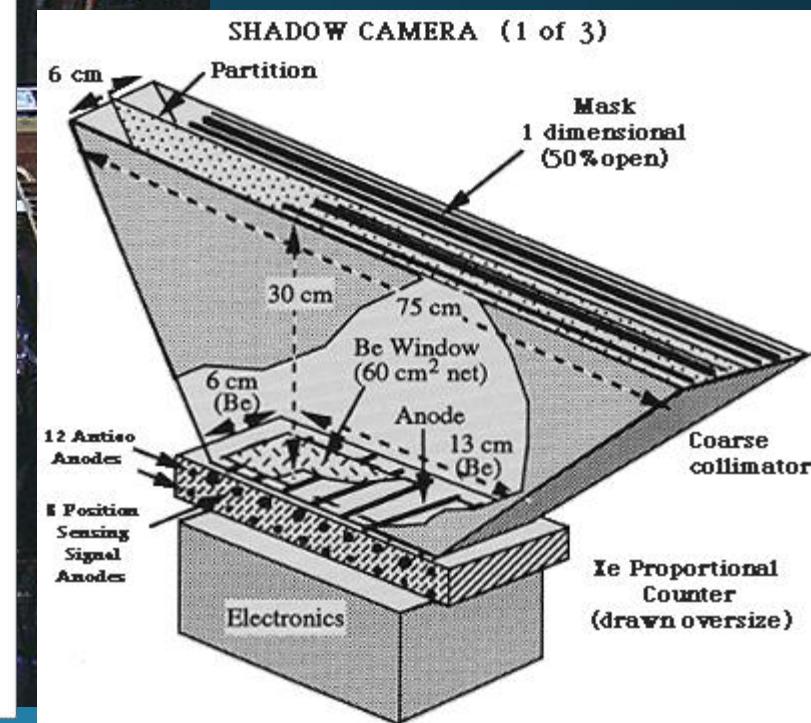
Star Trackers

Пропорциональные счетчики

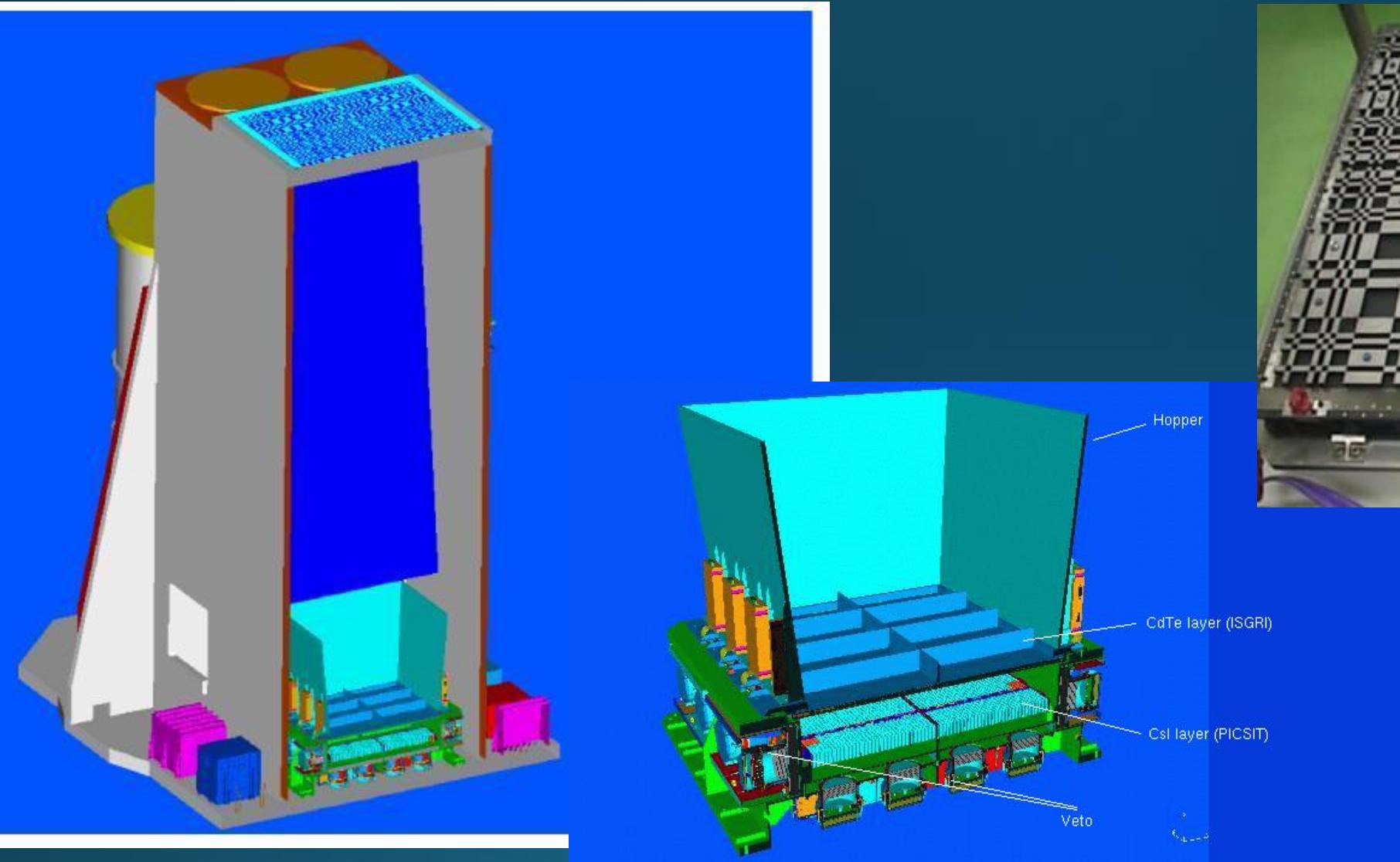
Creation of discrete avalanches in a proportional counter



ASM



# Кодирующие маски. Integral



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

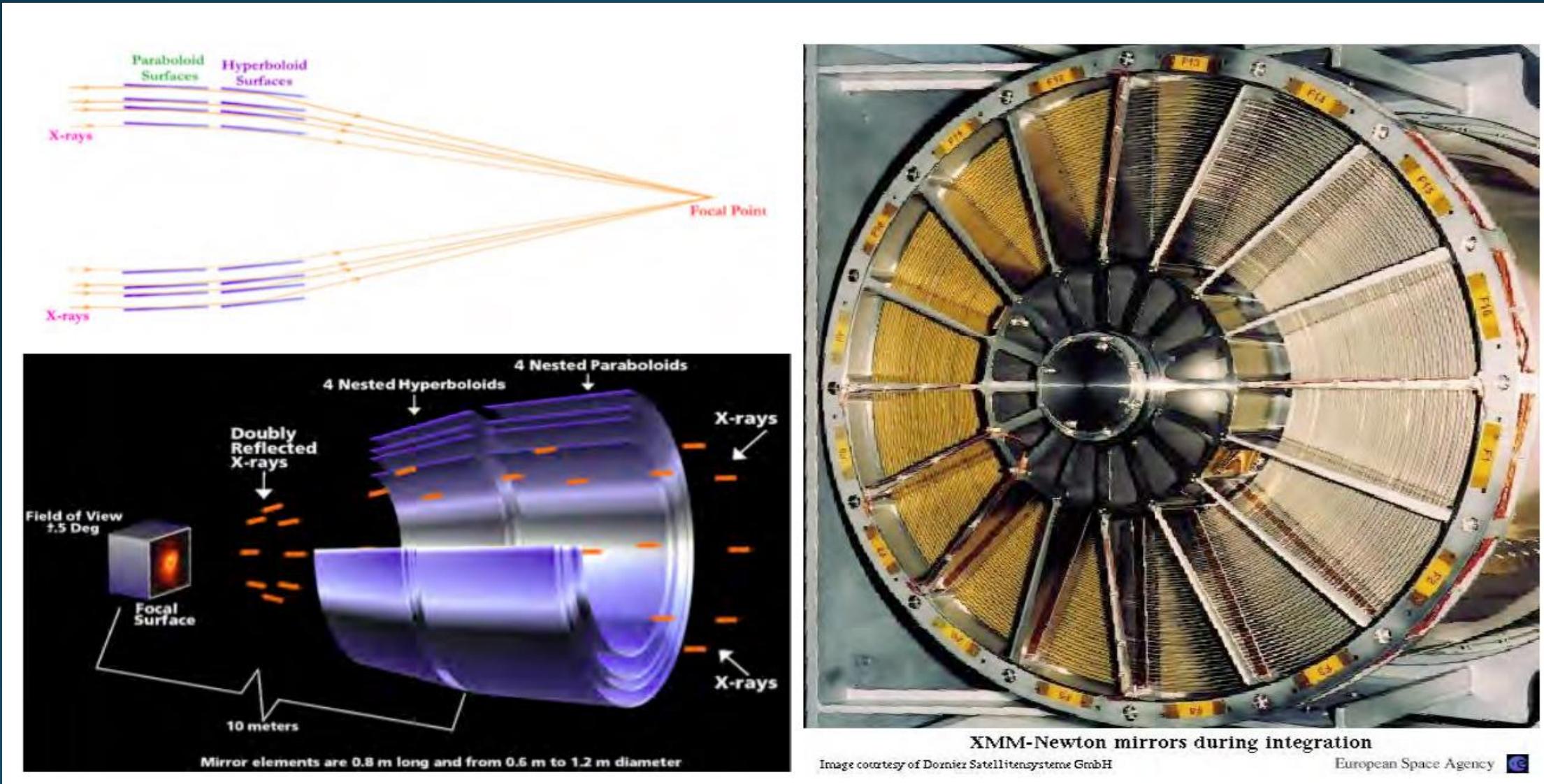
# Современная рентгеновская астрономия

Фокусирующая оптика

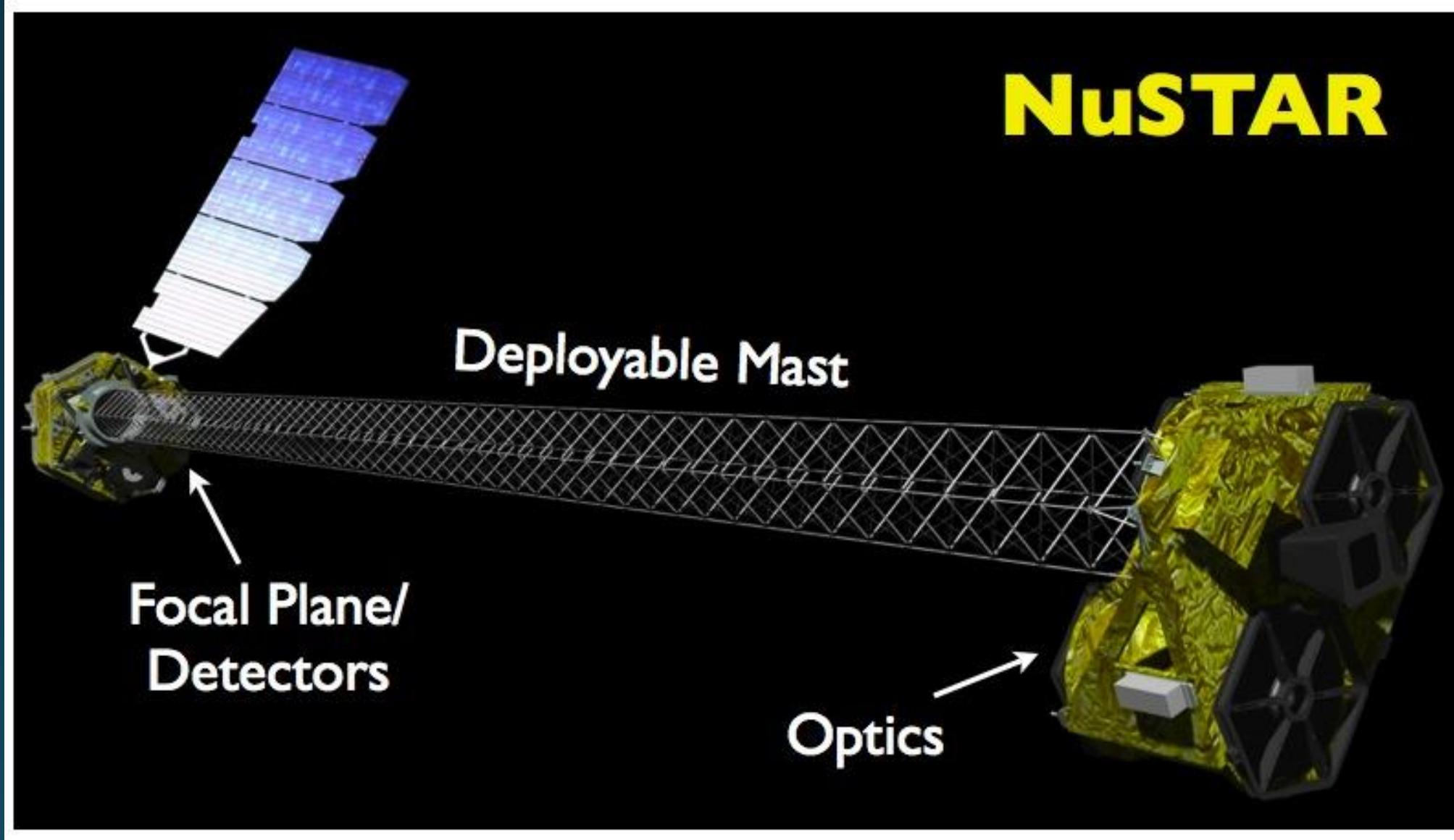


# Зеркала косого падения для рентгеновских телескопов

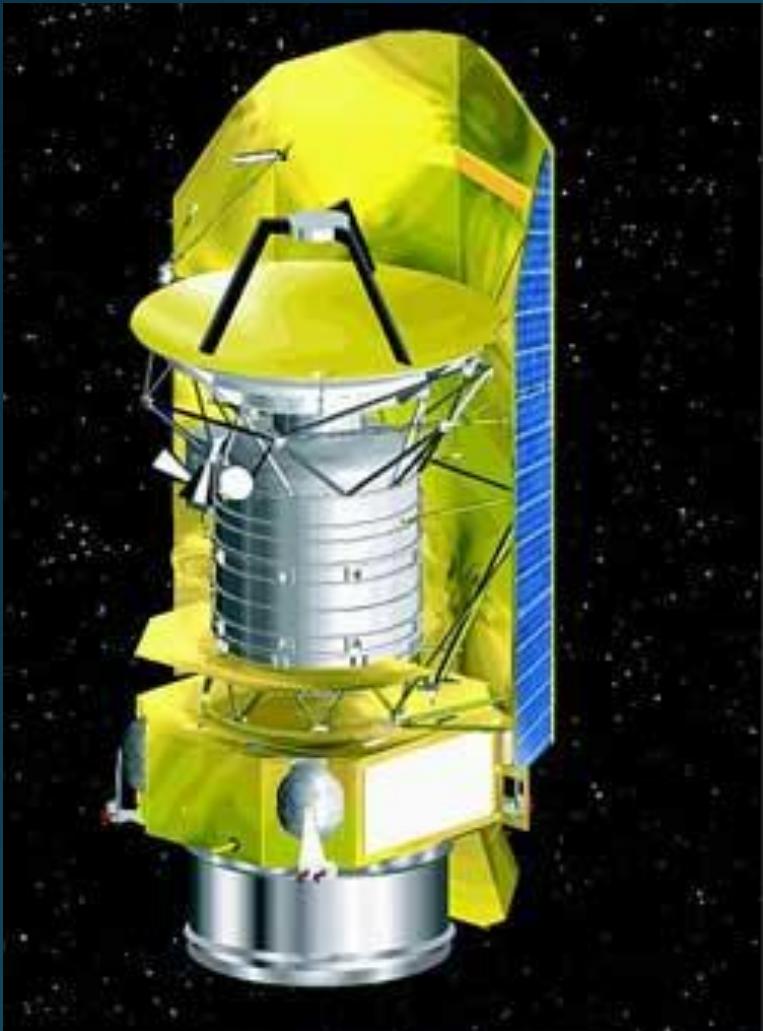
1102.4955



# NuSTAR



# Инфракрасная астрономия



Многие астрофизические процессы лучше наблюдать в ИК диапазоне.

В первую очередь – рождение звезд и планет.

Необходимо охлаждение аппаратуры, что приводит к короткому сроку работы.

Гершель

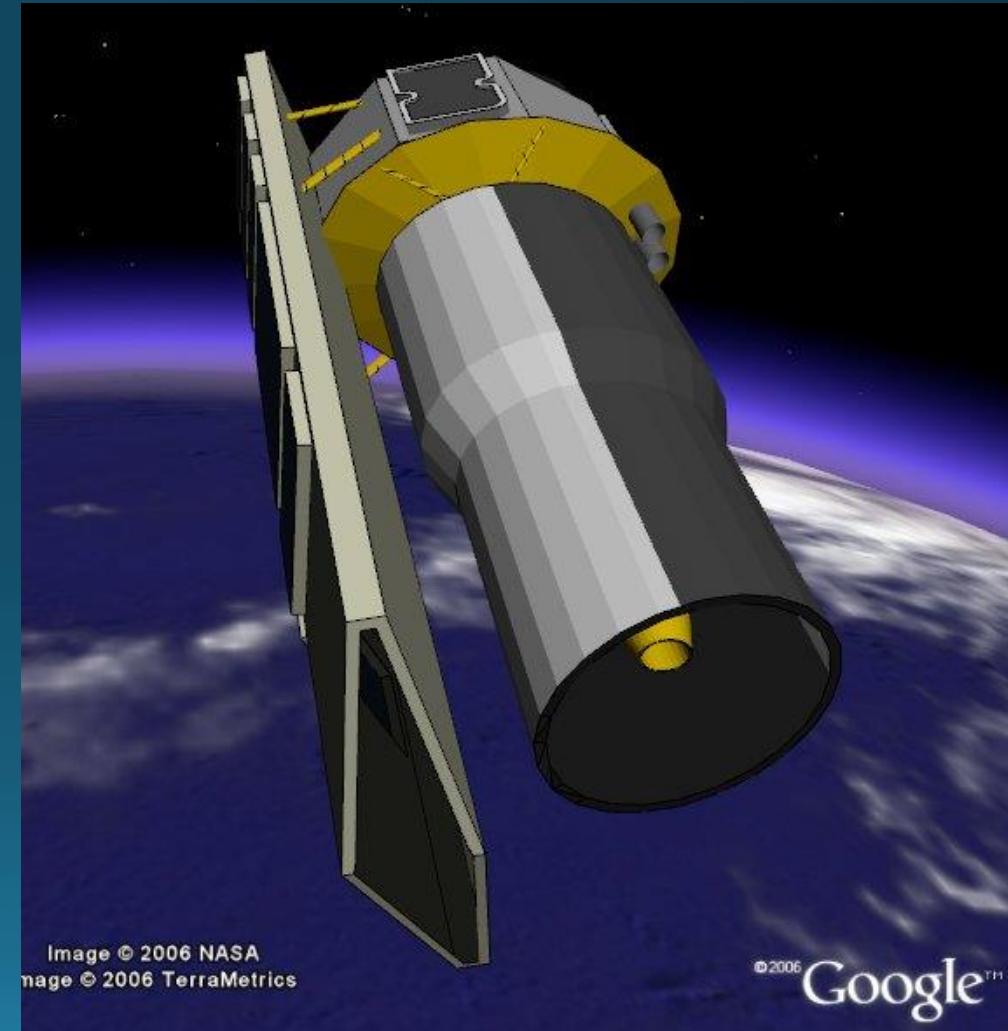


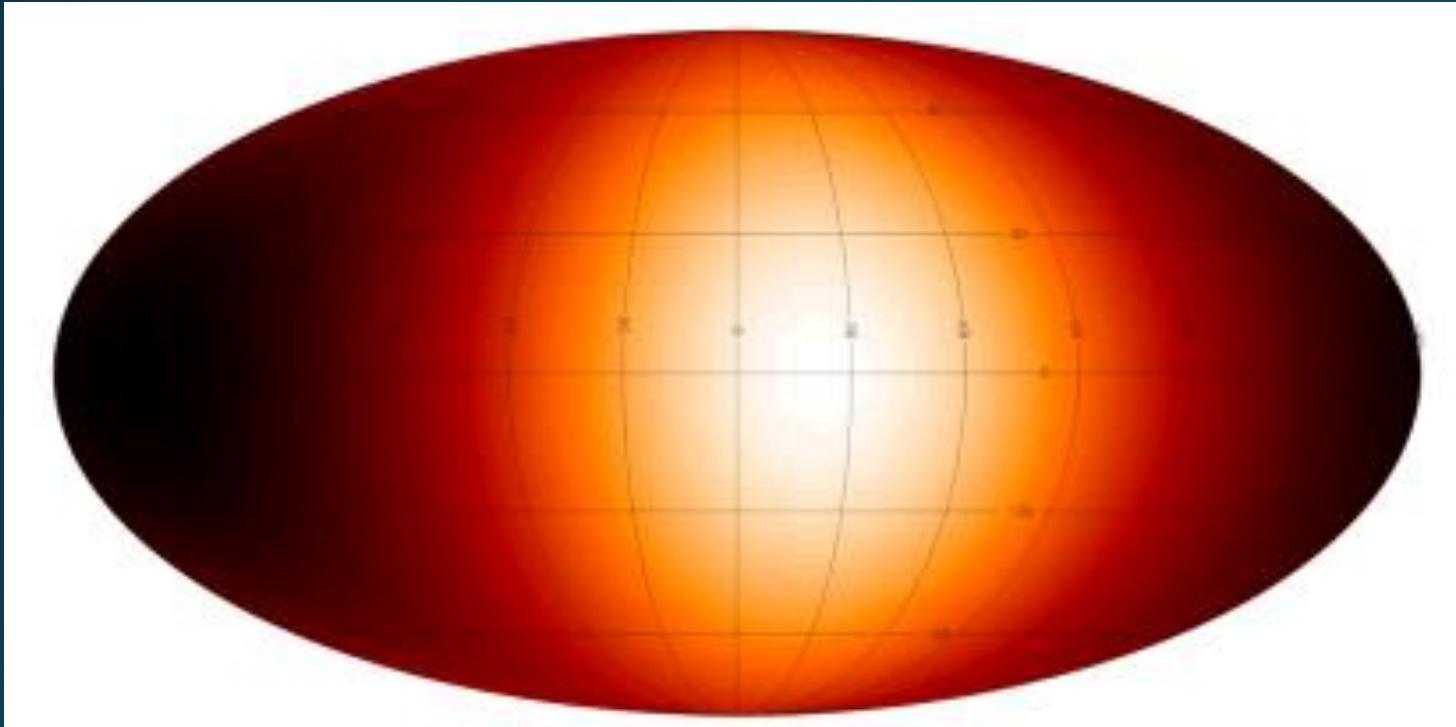
Image © 2006 NASA  
Image © 2006 TerraMetrics

©2006 Google™

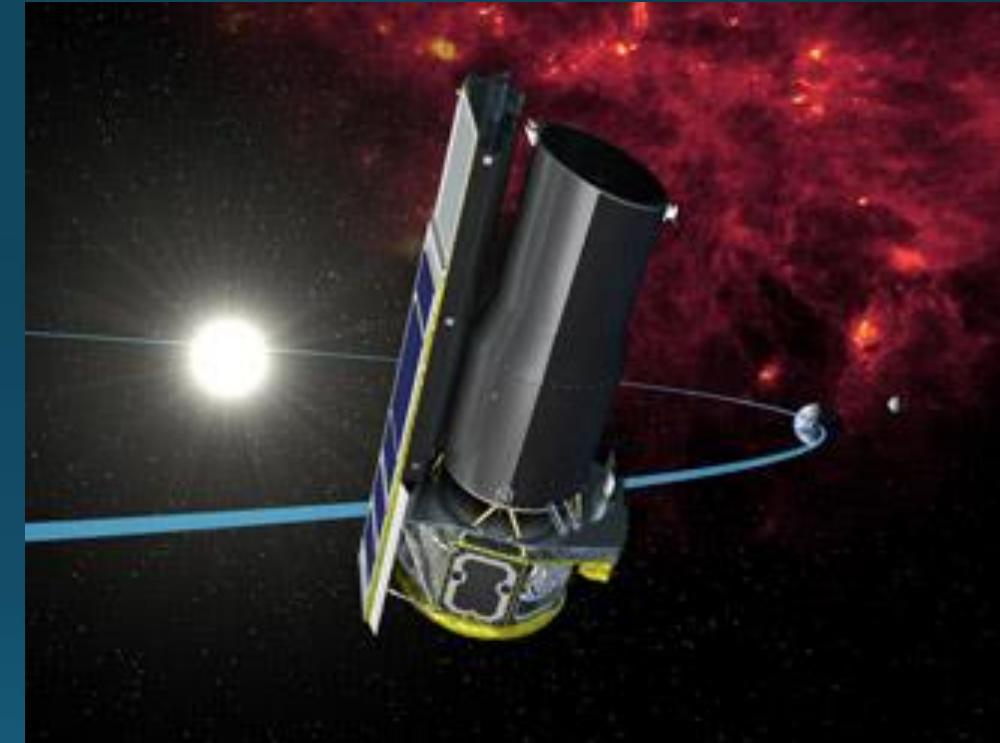
Спitzer

# Карта экзопланеты HD 189733b

1202.1883



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



Инфракрасная космическая  
обсерватория имени Спирцера.

# 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

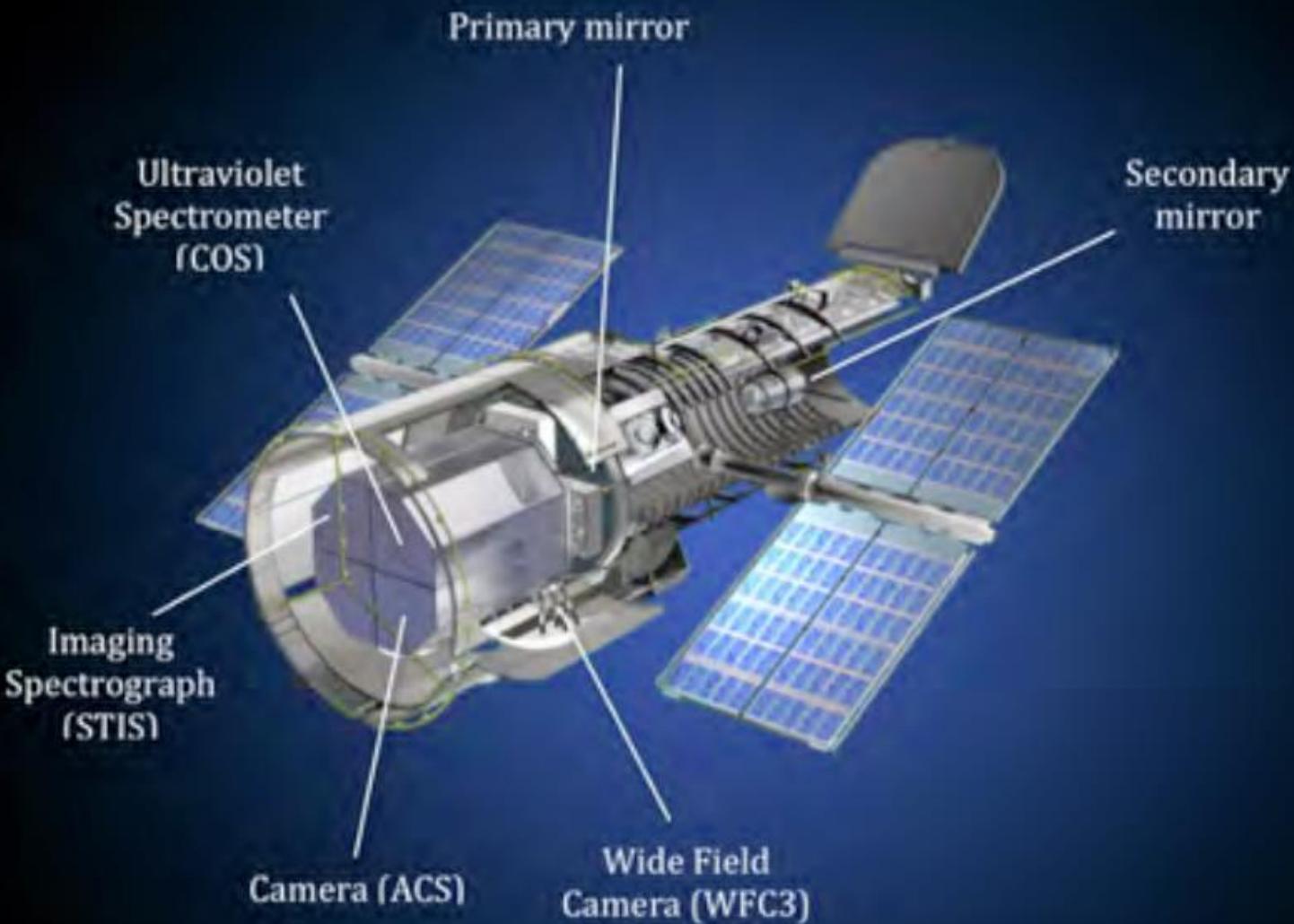


Visible



Infrared

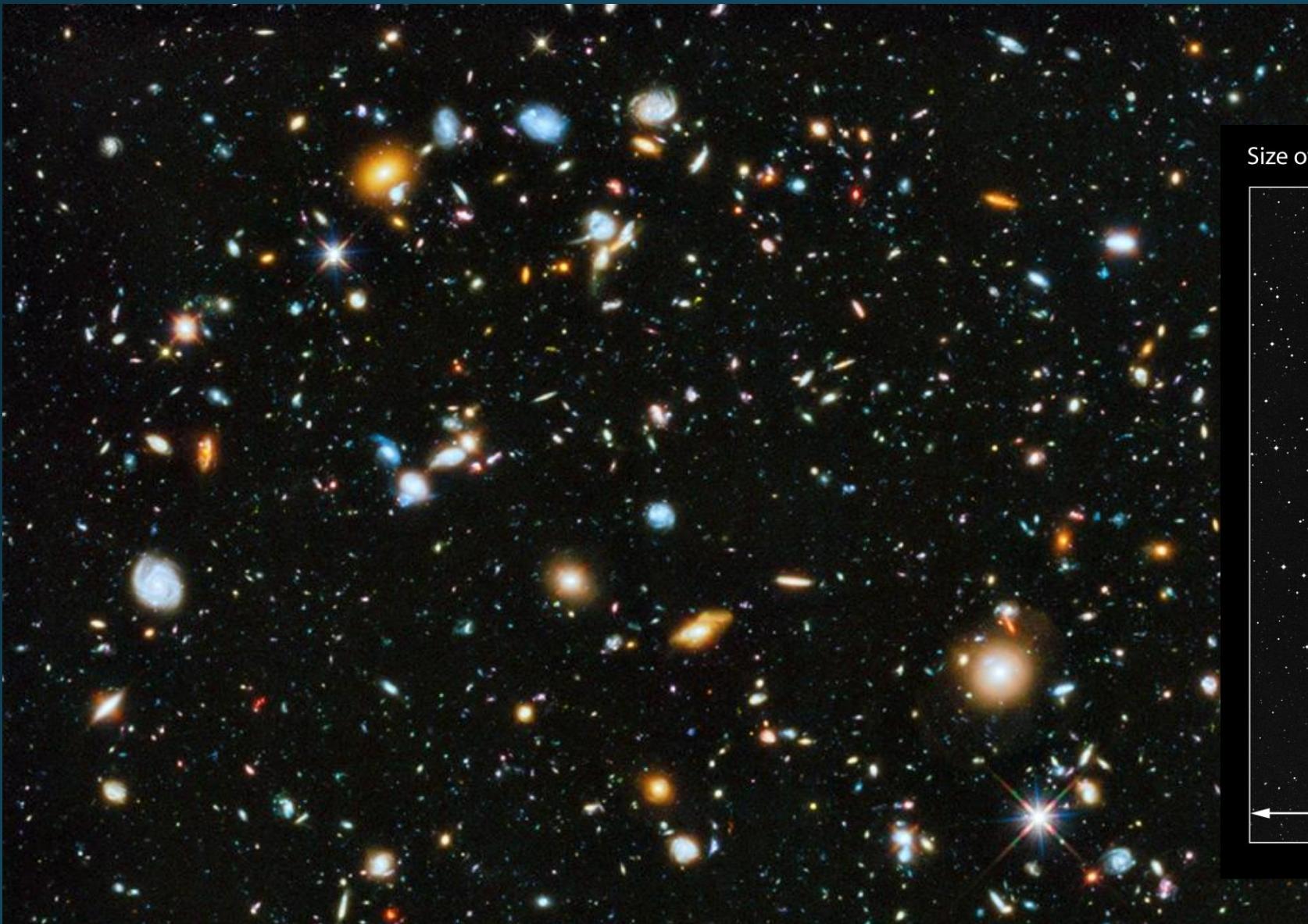
# Приборы Хабла



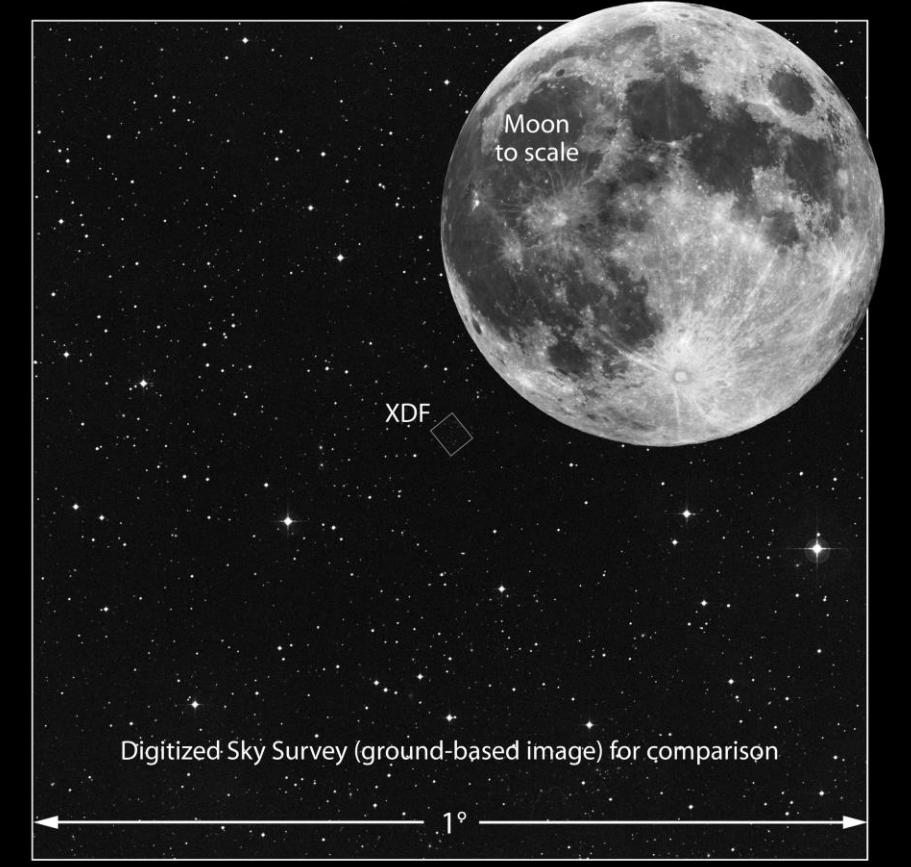
Телескоп может строить изображения и получать спектры в видимом, ИК и УФ диапазонах спектра.

Наблюдение объектов до 31 звездной величины

# Глубокое поле Хабла

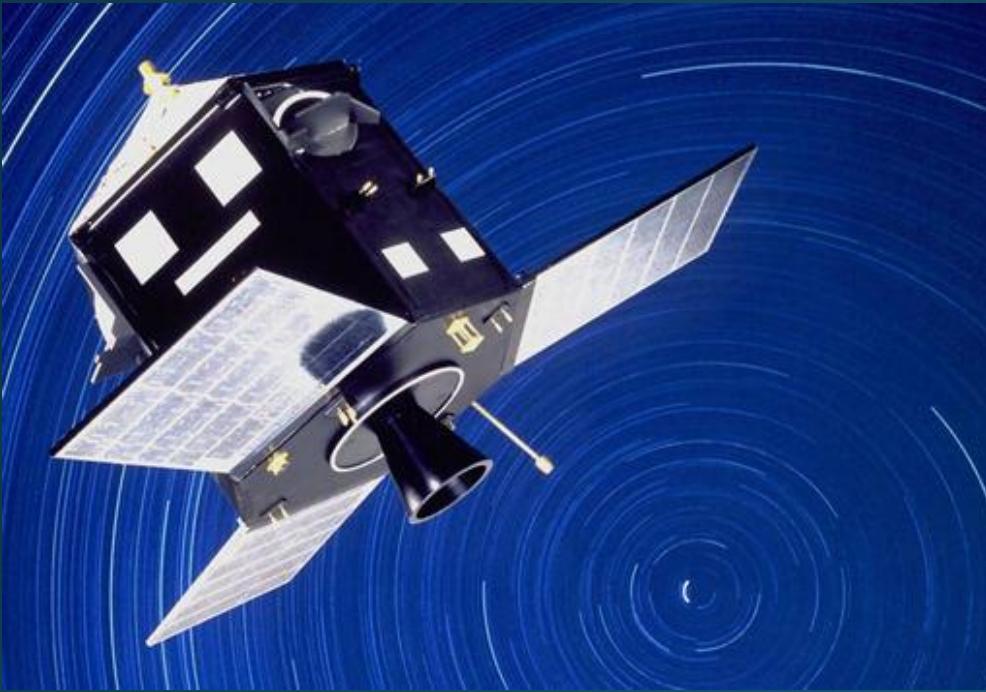


Size of Hubble eXtreme Deep Field on the Sky

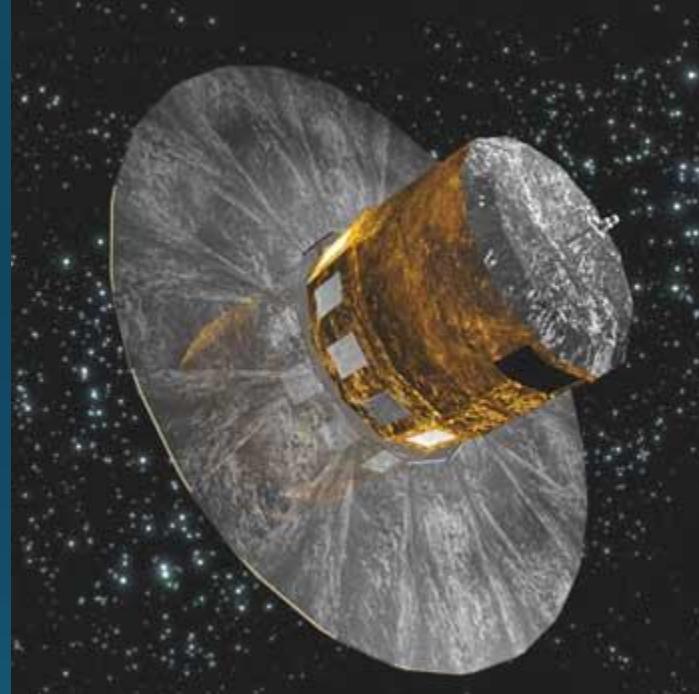


# Астрометрические наблюдения из космоса

Hipparcos



GAIA

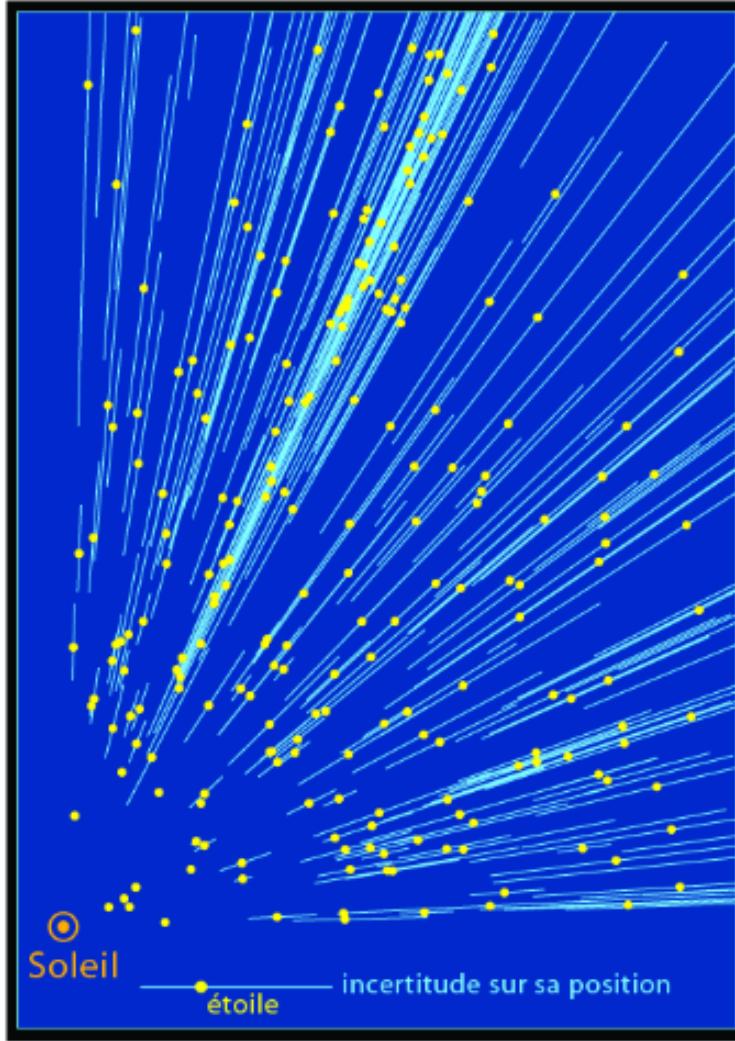


Спутник Gaia впервые даст нам трехмерную карту половины Галактики.  
См. детальное описание в 1609.04153

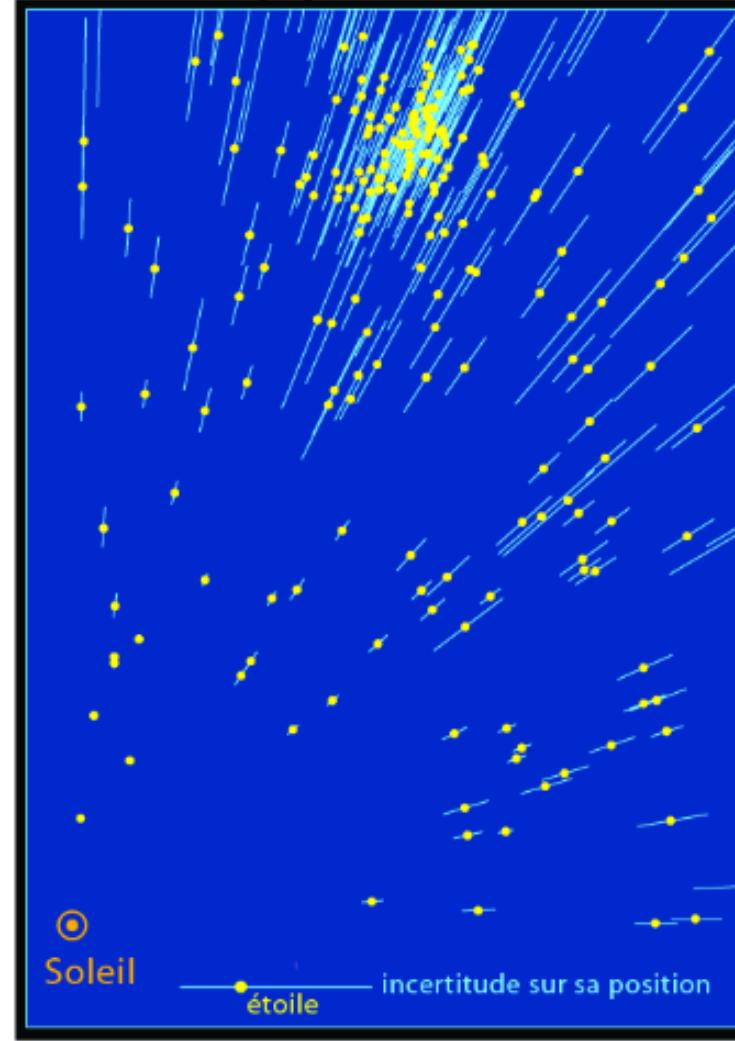
Наблюдения из космоса произвели революцию в астрометрии.

# Пределы точного измерения расстояний

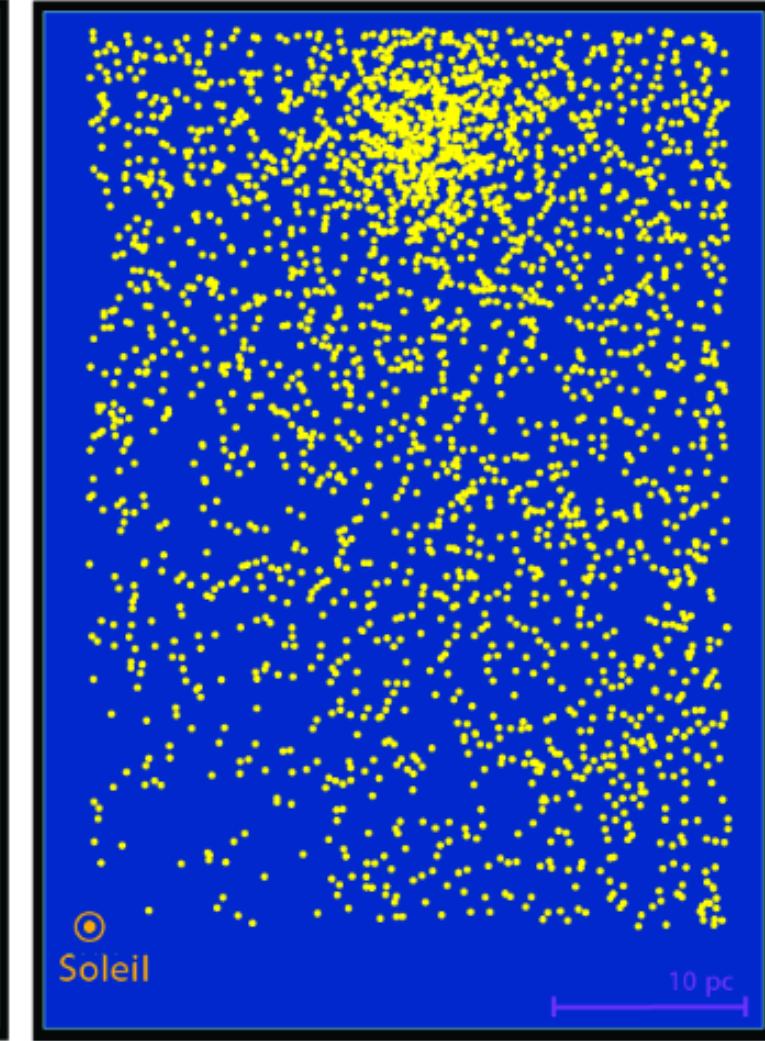
Sol



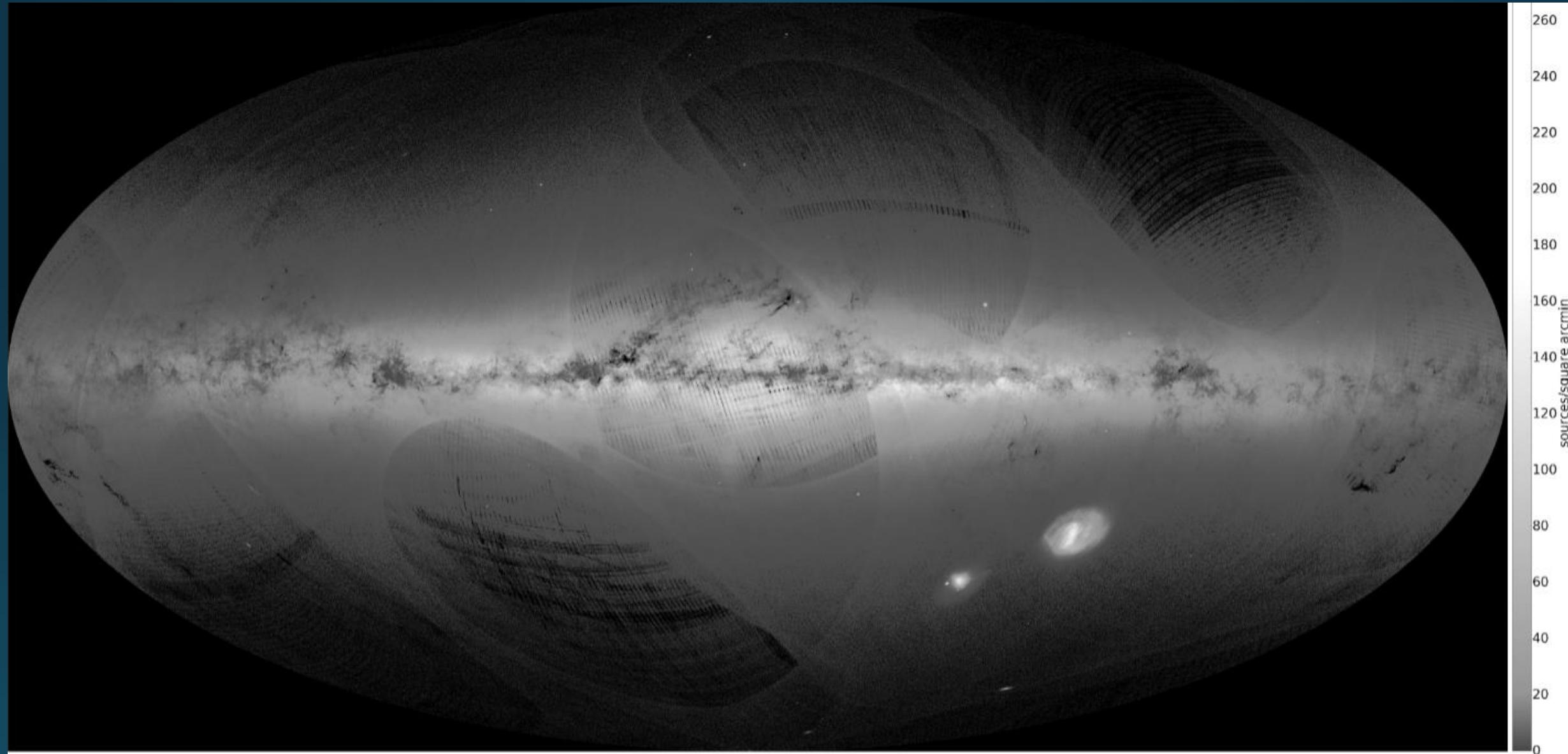
Hipparcos (1990)



Gaia (2020)



# Первый релиз данных Gaia



# Поиски экзопланет



CoRot



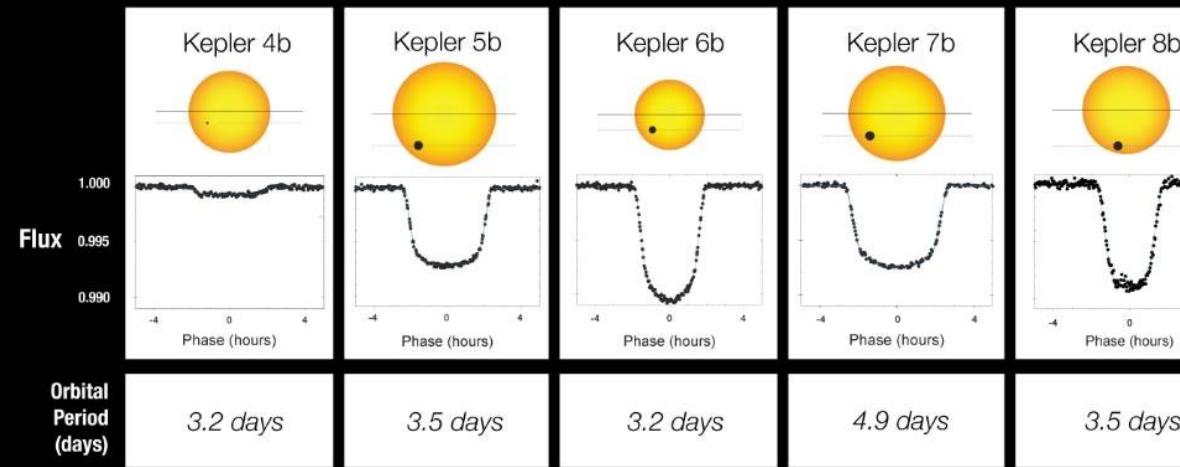
TESS



Kepler

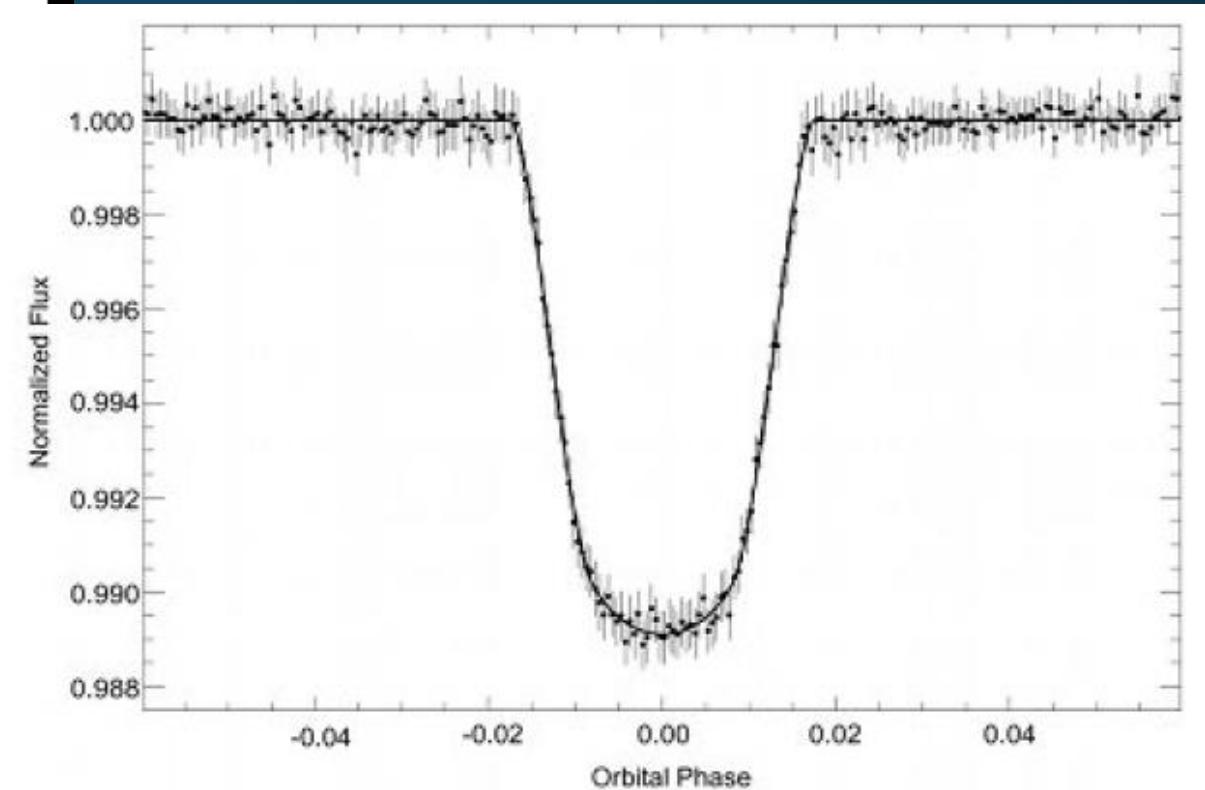
# Кривые блеска при транзитах

## Transit Light Curves

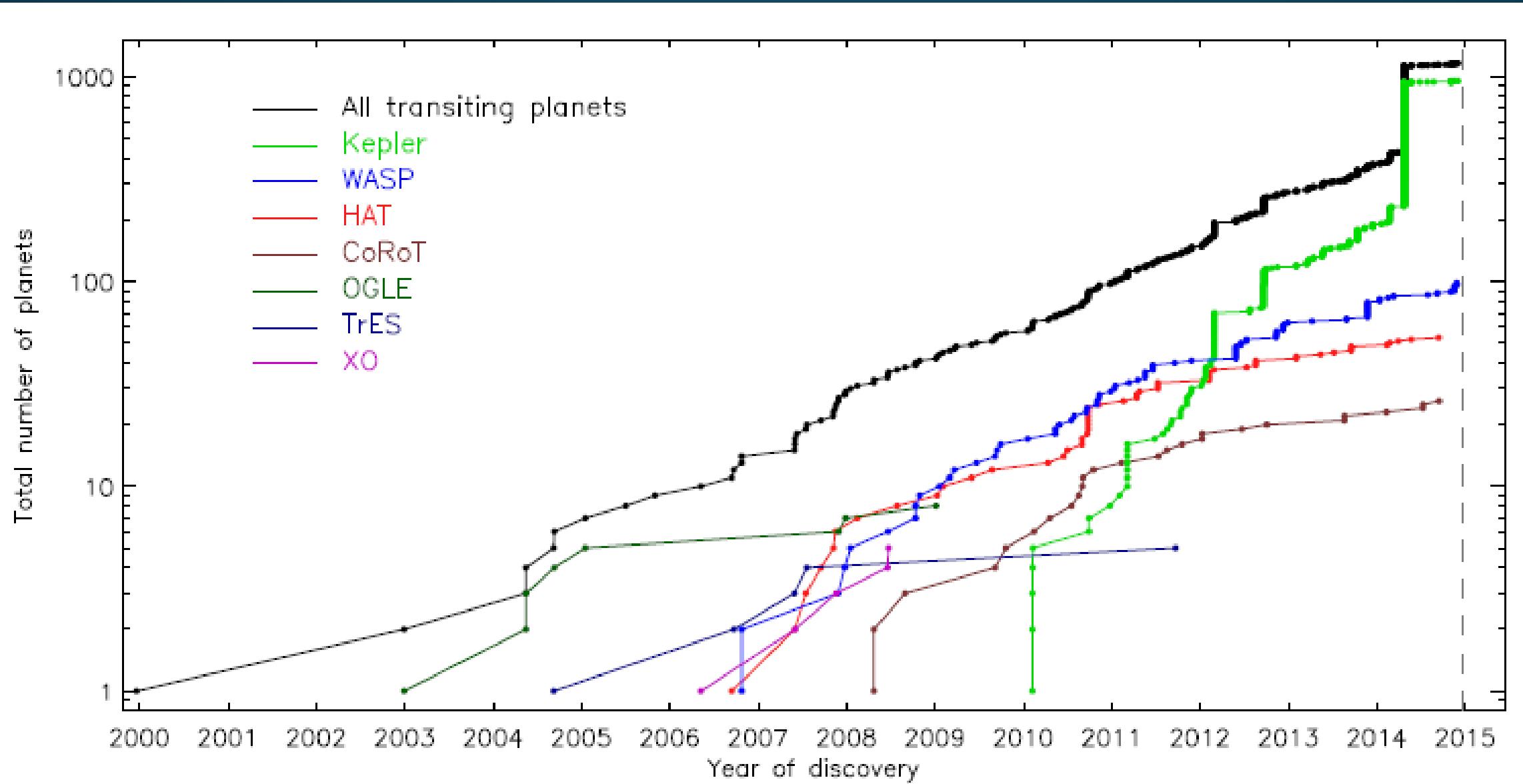


Необходимо проводить измерения, сохраняя точность в течение нескольких периодов обращения планеты.

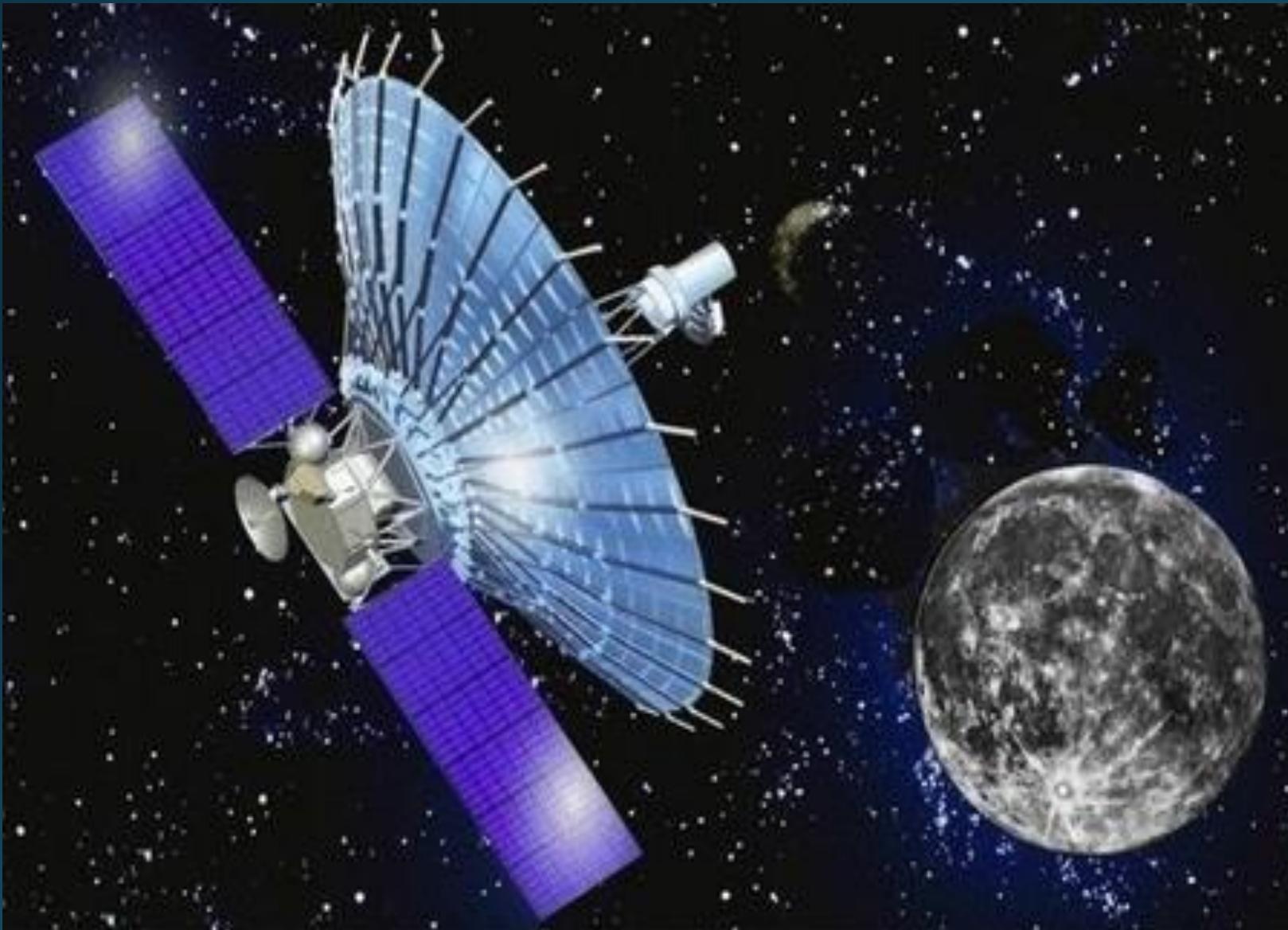
Падение блеска может составлять тысячные или даже десятитысячные доли полного потока.



# Темп открытия транзитных планет



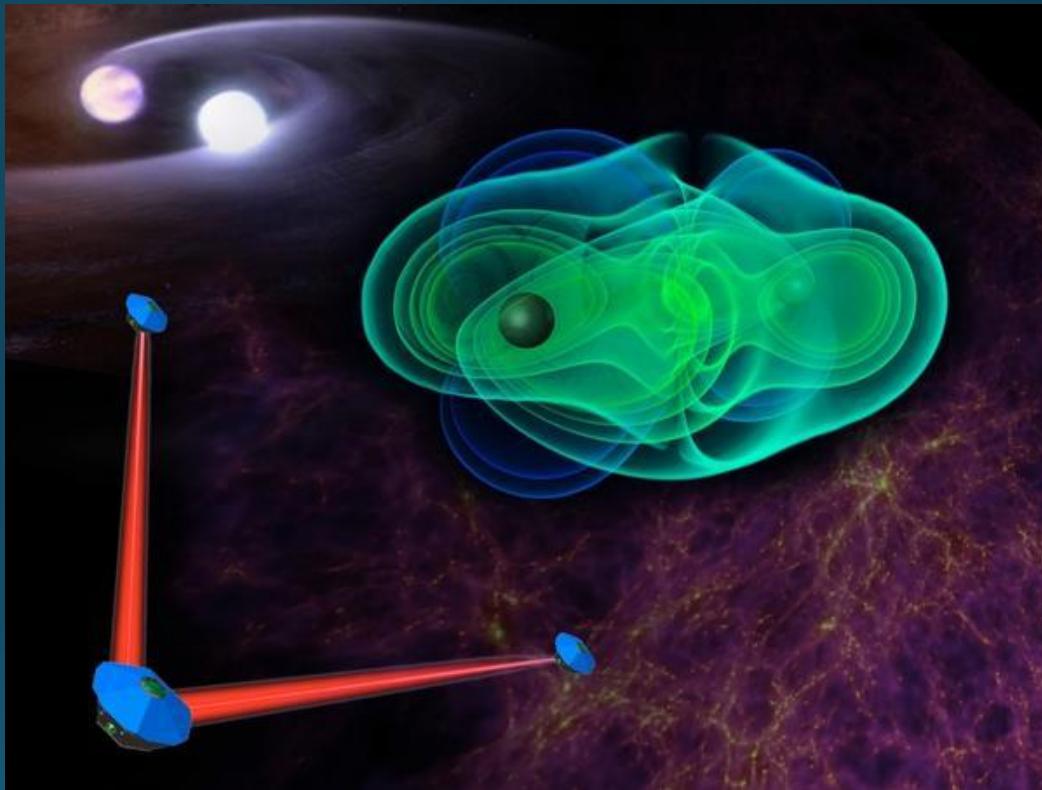
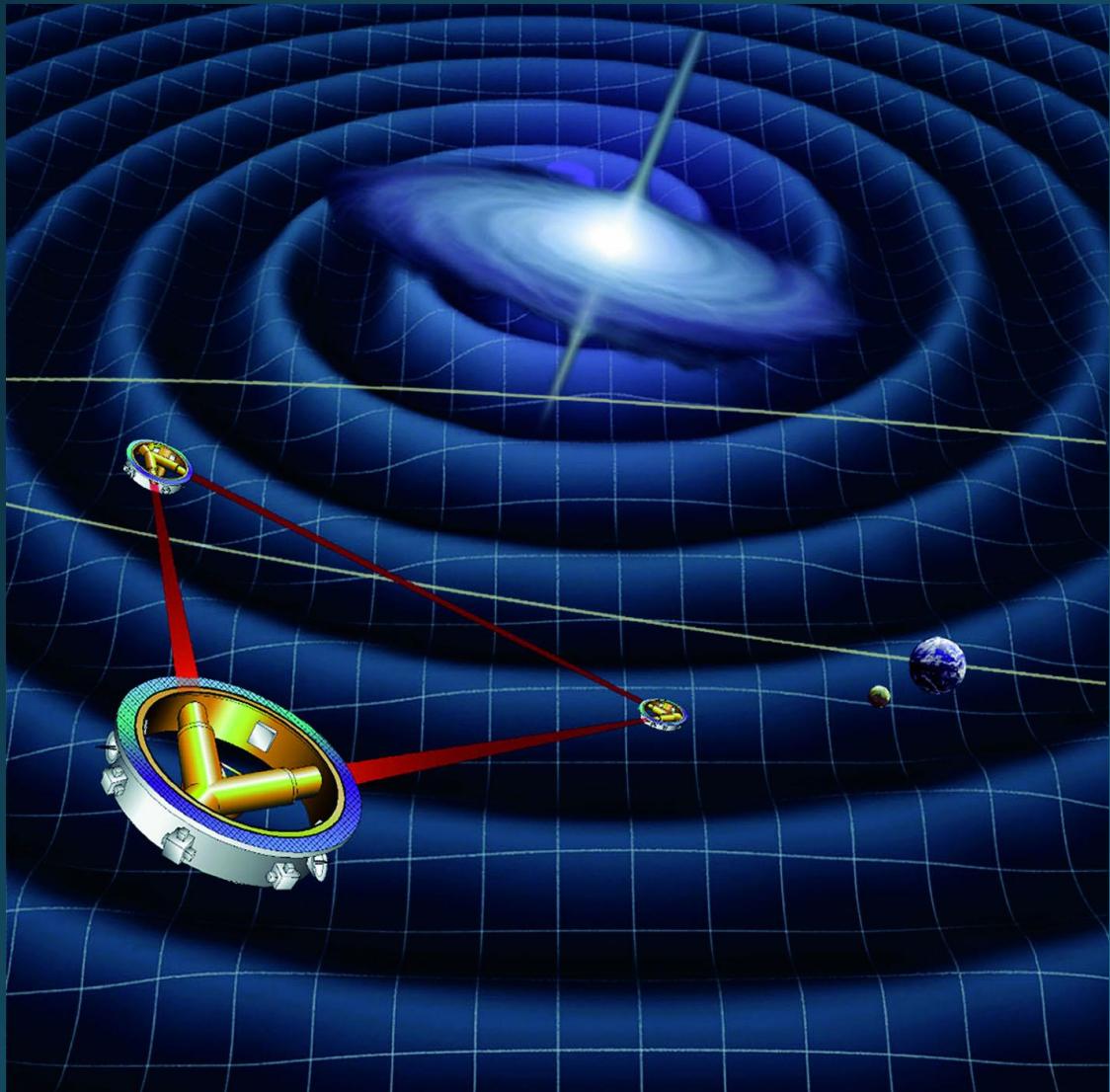
# Радиоастрон



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



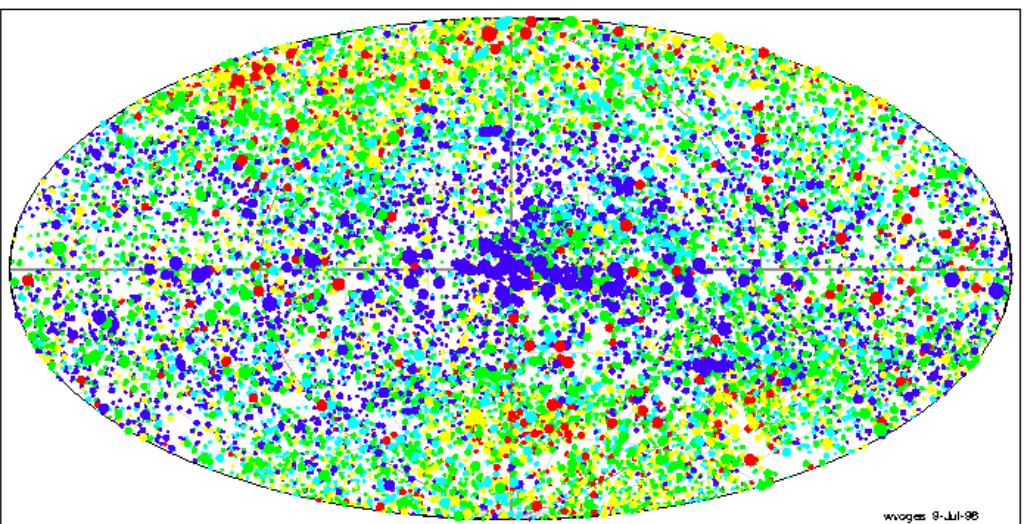
Возможно, что следующим шагом в изучении космических лучей сверхвысоких энергий будет запуск специальных космических аппаратов.

Задача: изучение редких частиц очень высоких энергий.

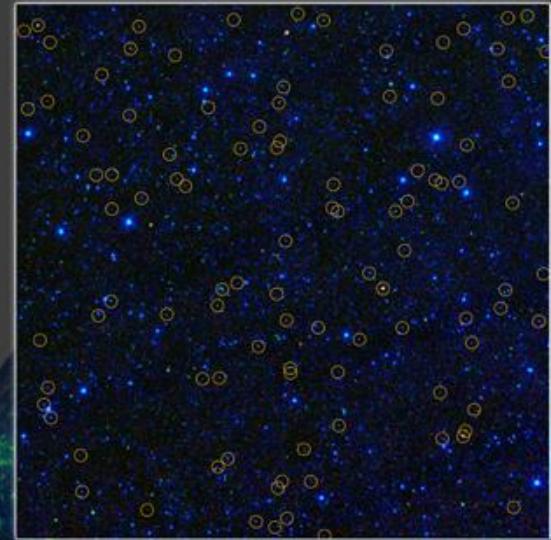
# Обзоры

**ROSAT ALL-SKY SURVEY Bright Sources**

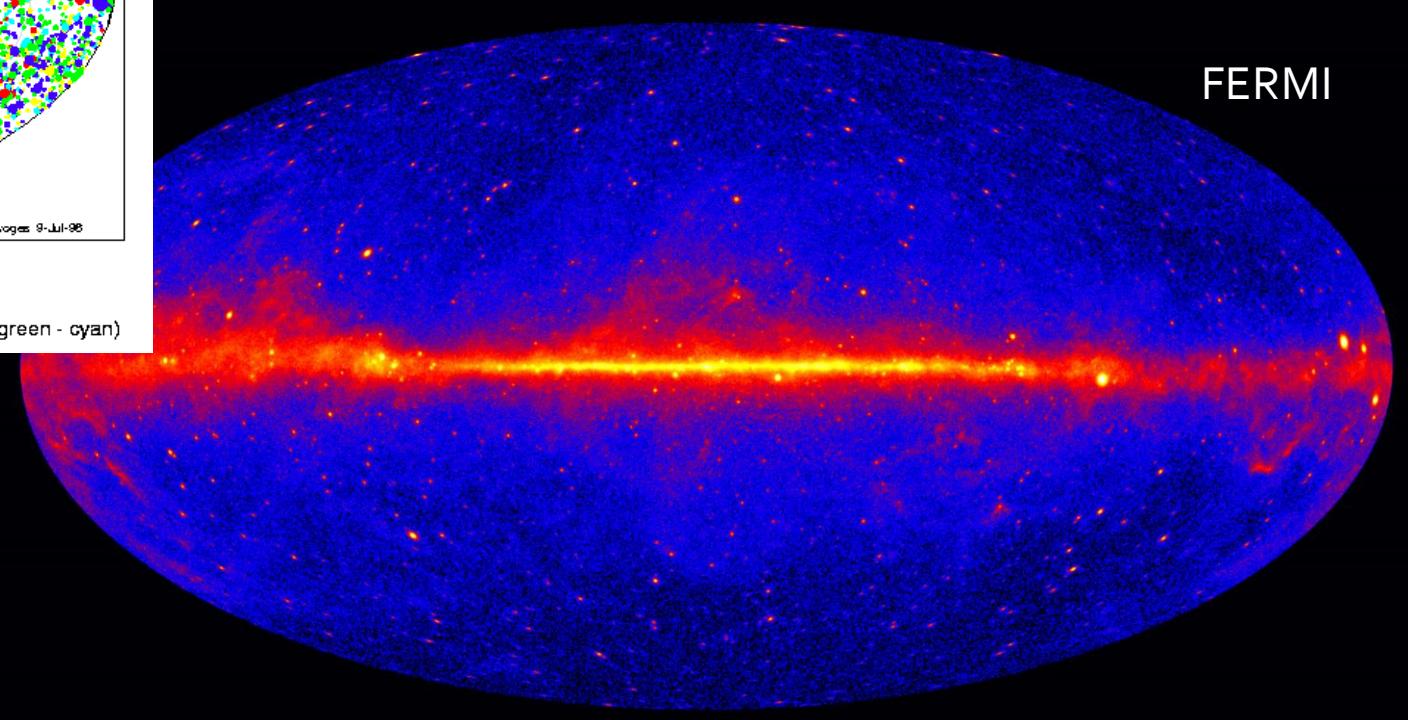
Aitoff Projection  
Galactic II Coordinate System



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



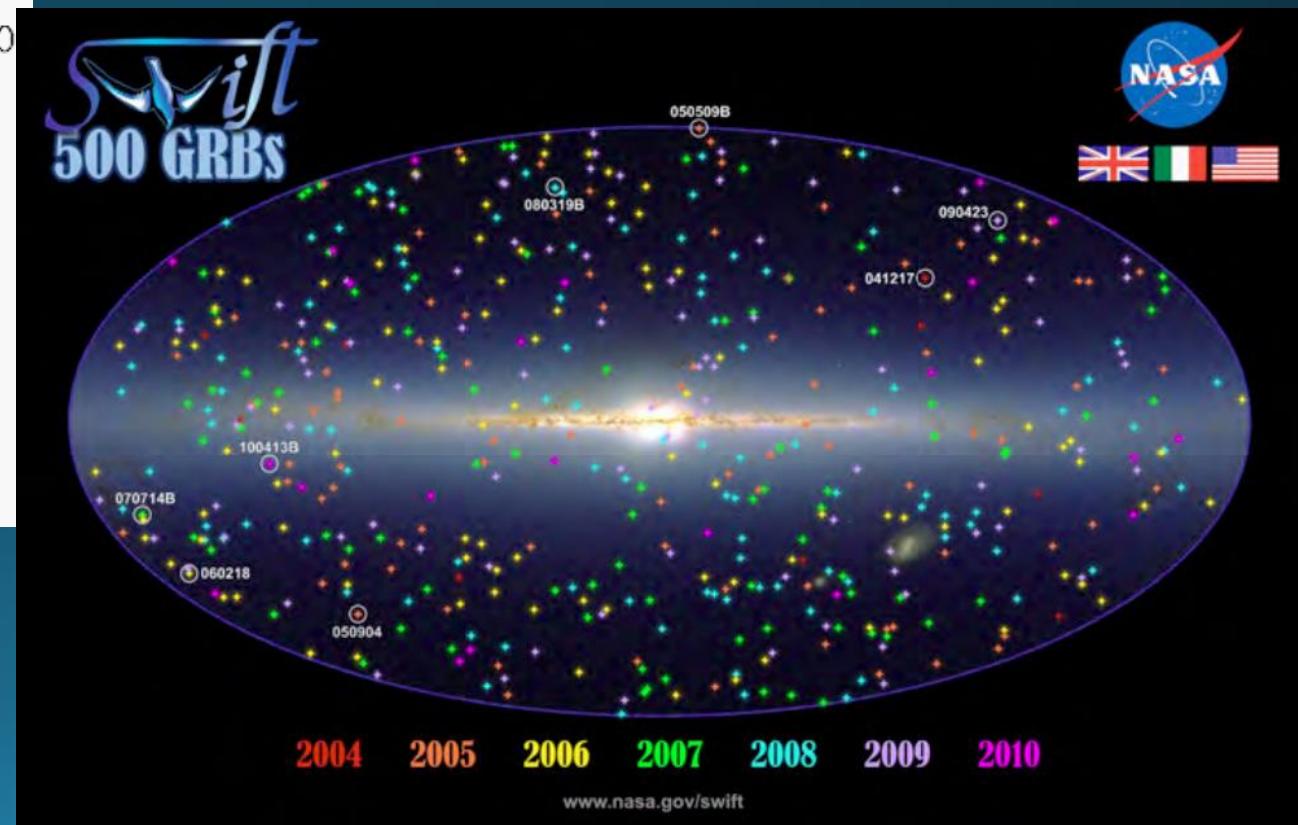
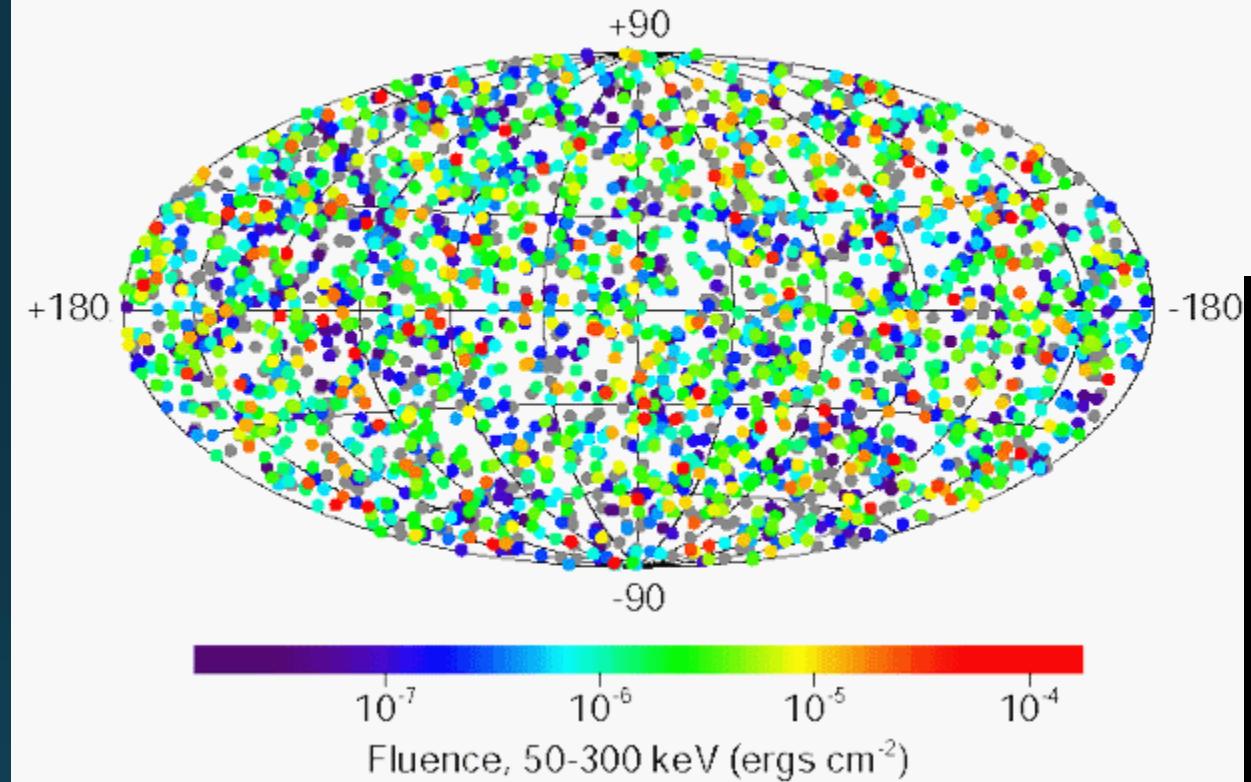
WISE



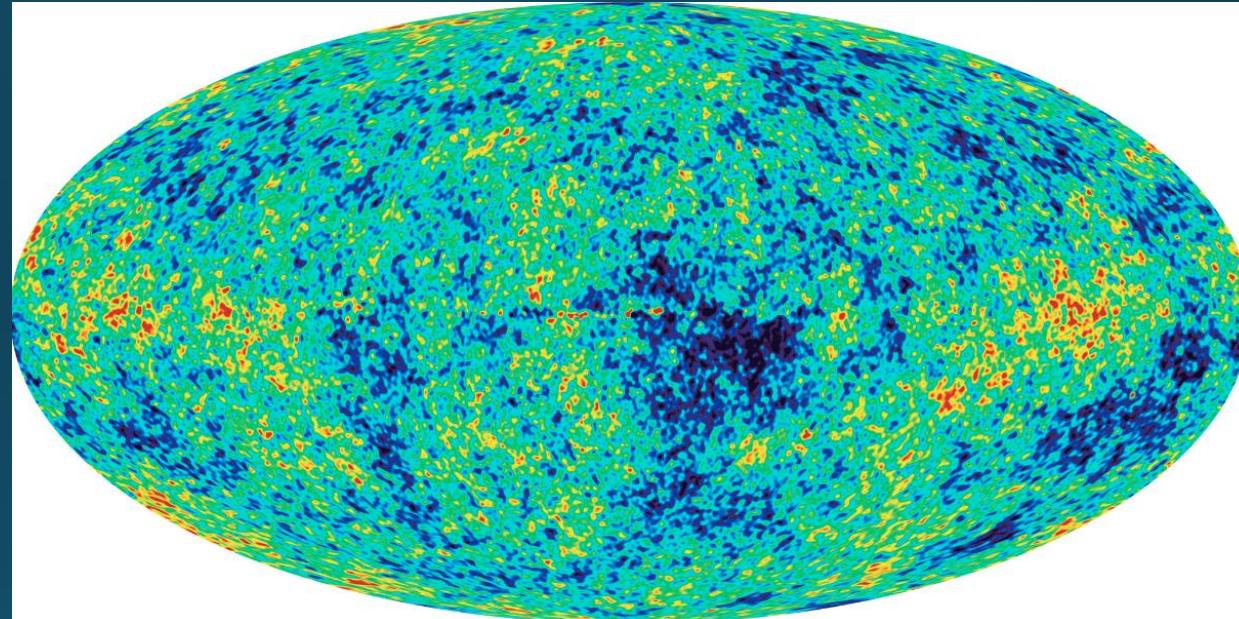
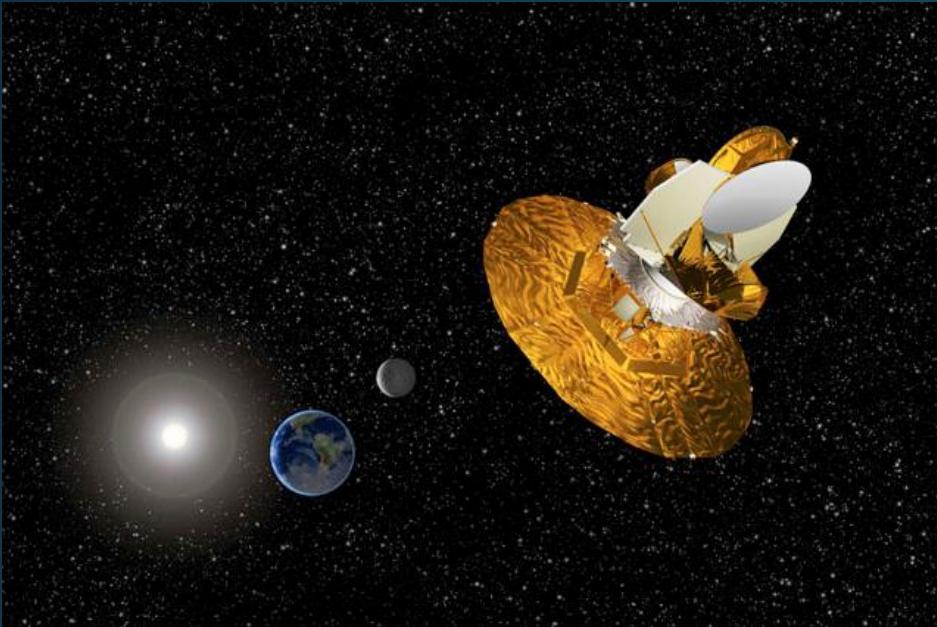
FERMI

# Мониторинг неба

2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



# Спутник WMAP



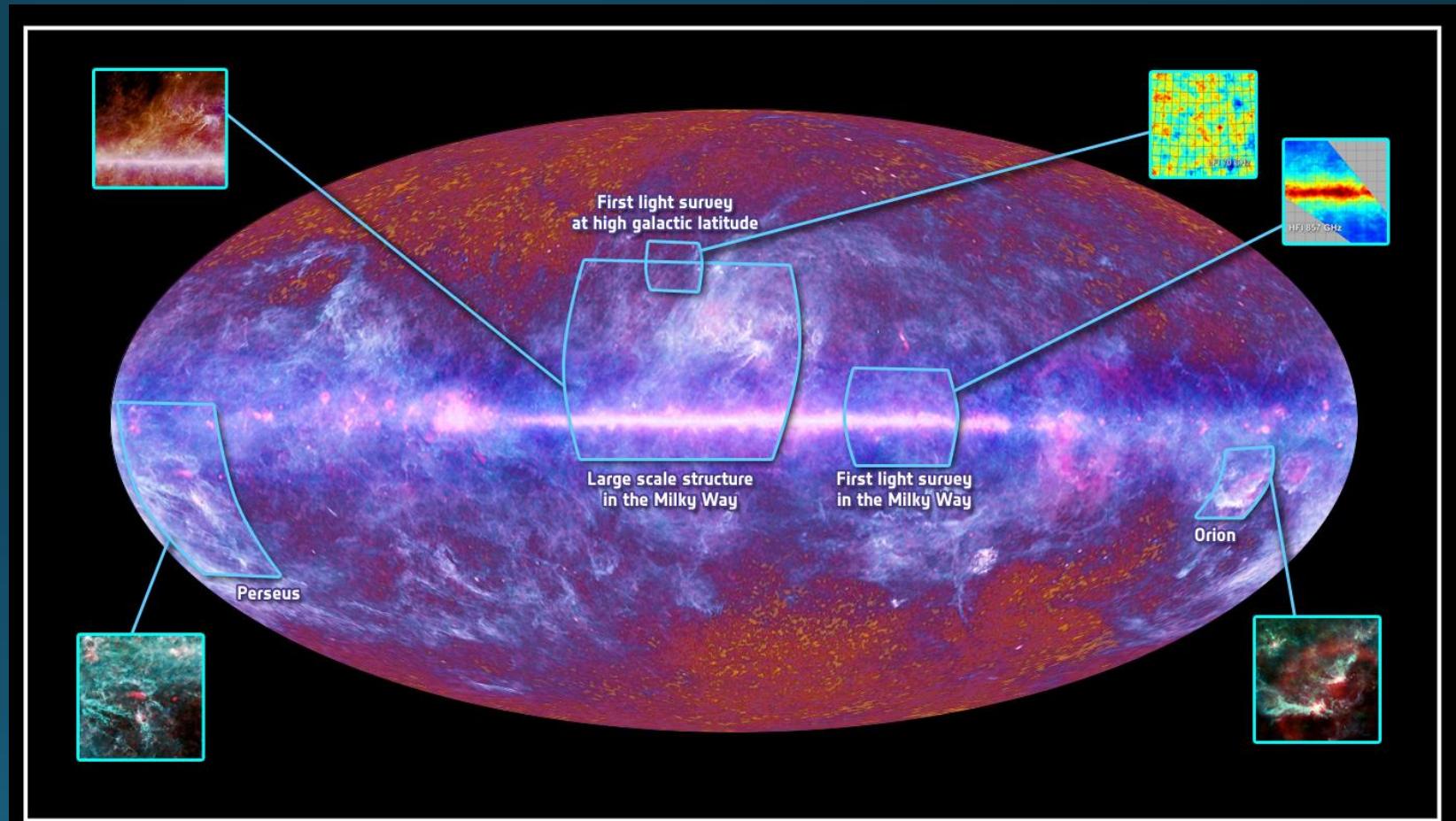
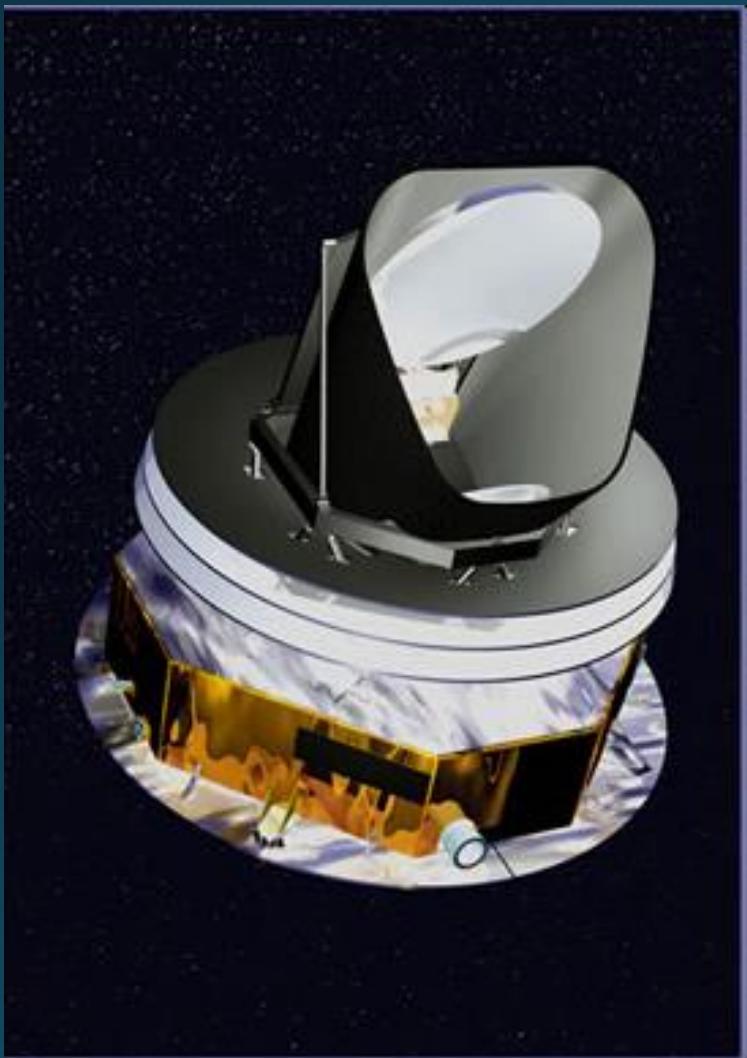
## Спутник WMAP (США)

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

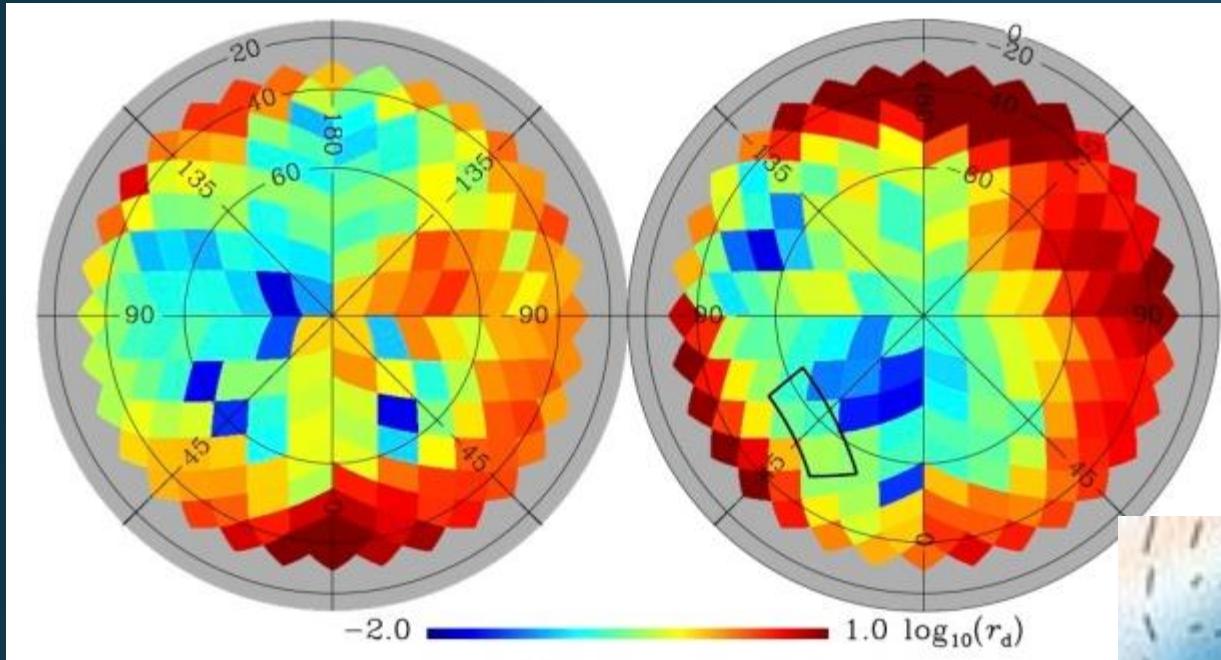


(c) ESA, HFI and LFI consortia, July 2010

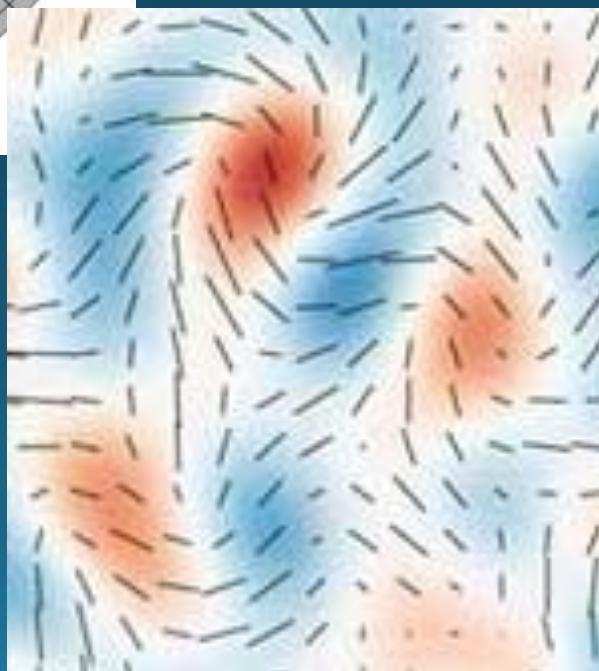
Наблюдения микроволнового фона на 100 - 857 ГГц

# BICEP2 vs. Planck

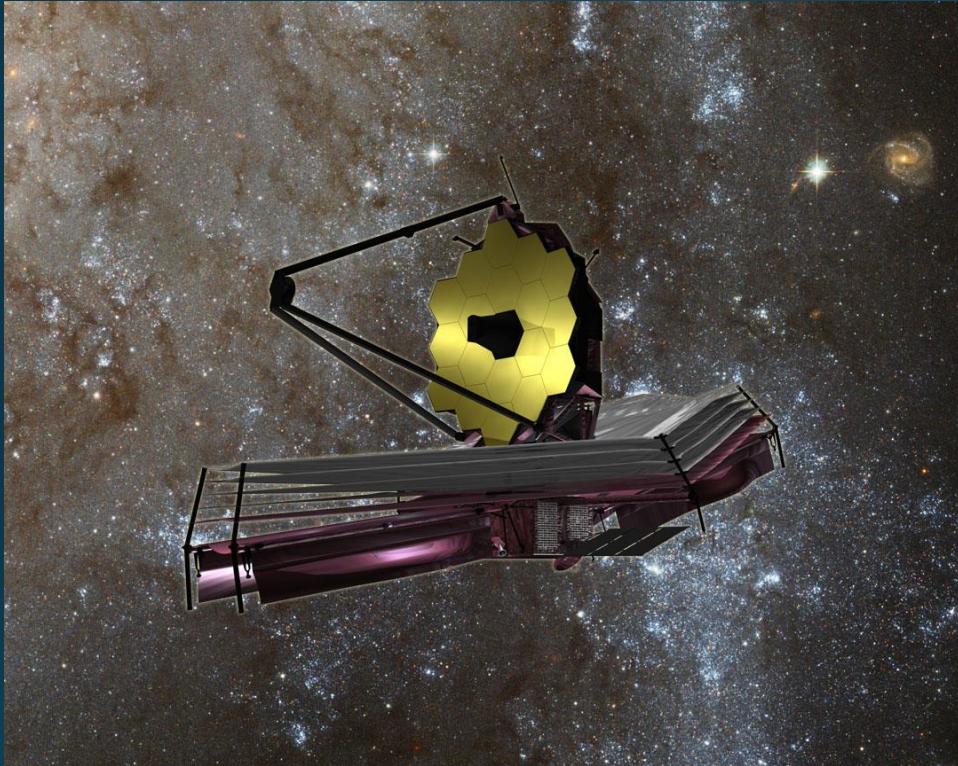
1409.5738



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

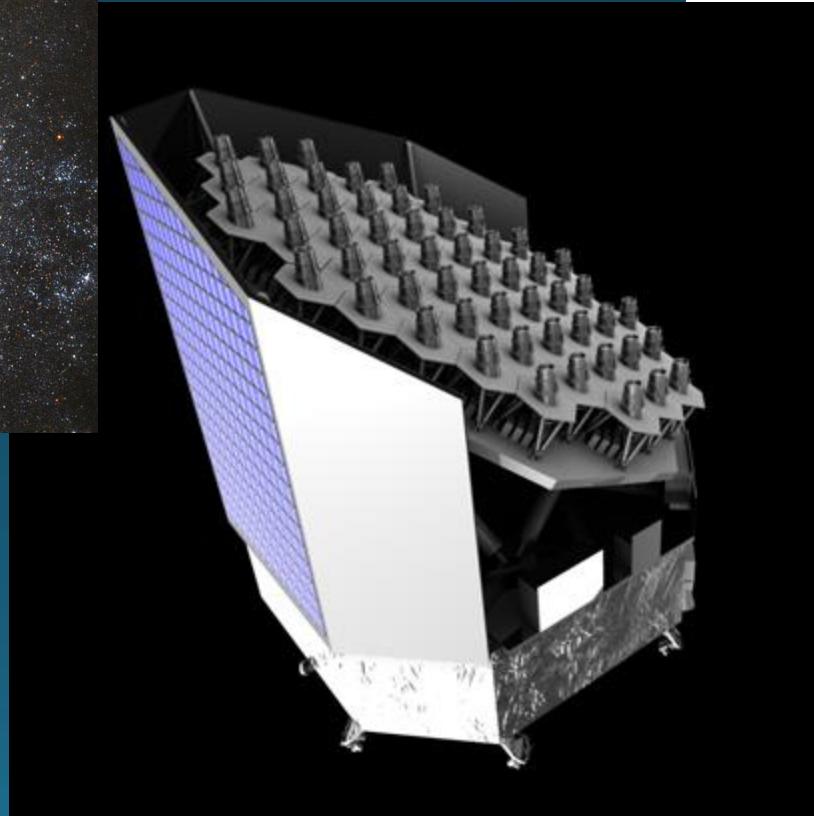


# Астрономия XXI века



JWST (2018)

Plato (2024)



ATHENA (2028)

