

# АСТРОНОМИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ. II. ИЗ КОСМОСА

Сергей Попов

A decorative graphic consisting of several parallel white lines of varying thicknesses, slanted diagonally from the bottom-left towards the top-right, set against a blue gradient background.

# НАБЛЮДАТЬ ИЗ КОСМОСА ДОРОГО



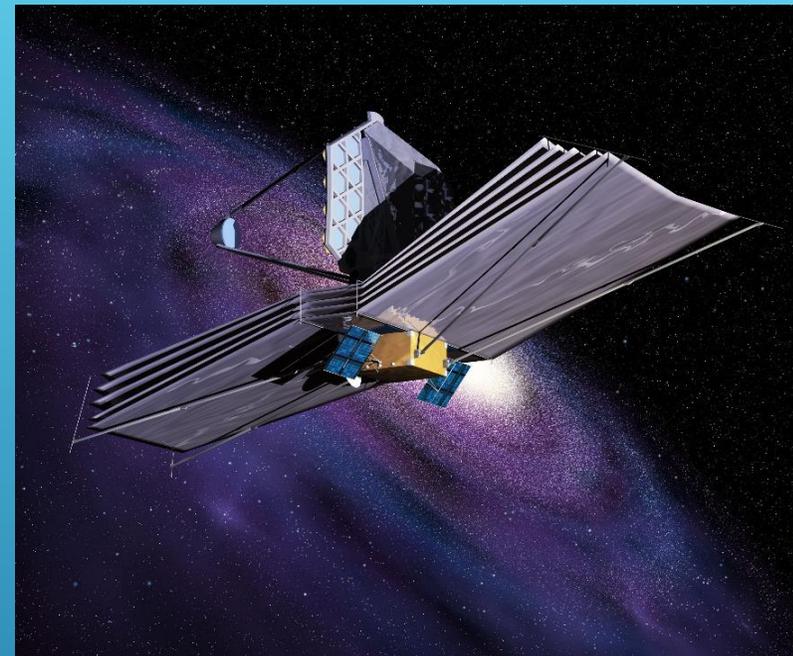
## **Космический телескоп имени Хаббла (США)**

*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.*

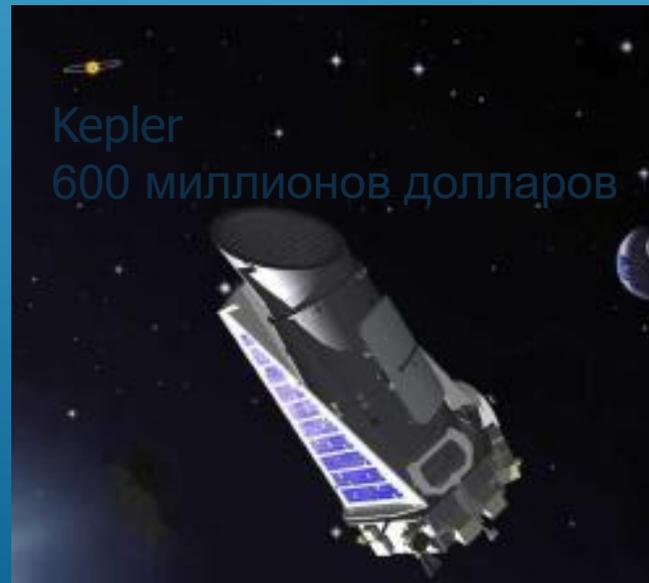
# СРАВНИМ.....



http://content.time.com/time/photogallery/0,29307,1912203\_1913321,00.html

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 Battle of the Five Armies</i>	2014	\$250
9	<i>Spectre</i>	2015	\$245
10	<i>Avatar</i>	2009	\$237
11	<i>The Dark Knight Rises</i>	2012	\$230
12	<i>The Chronicles of Narnia: Prince Caspian</i>	2008	\$225
	<i>The Lone Ranger</i>	2013	\$225
	<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

wikipedia.org



# НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ КОСМОСА



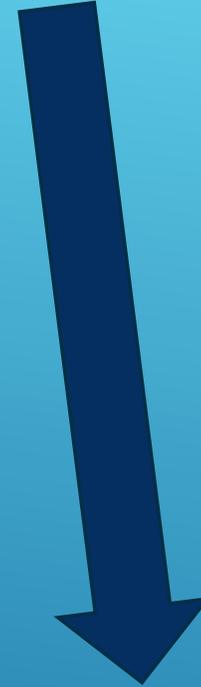
Наблюдения в диапазонах спектра, в которых земная атмосфера непрозрачна



Всегда хорошая погода



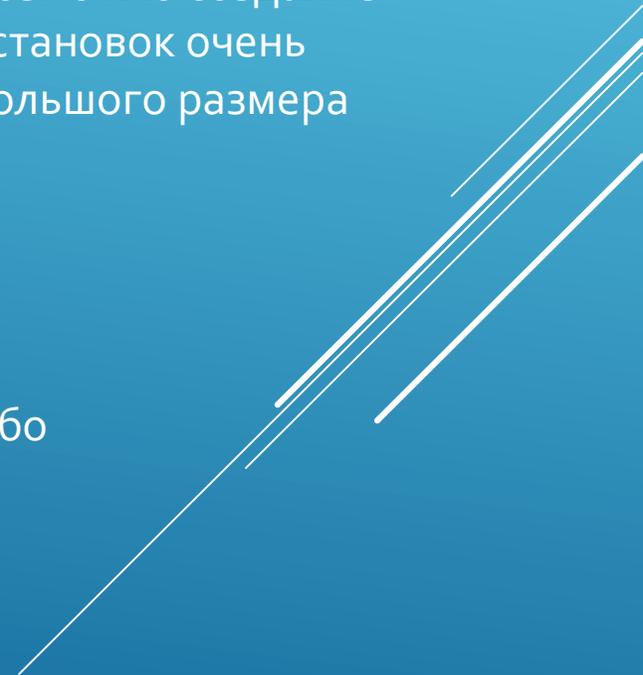
Высокое качество изображения: картинка «не дрожит» и звезды «не мерцают»



Доступно все небо

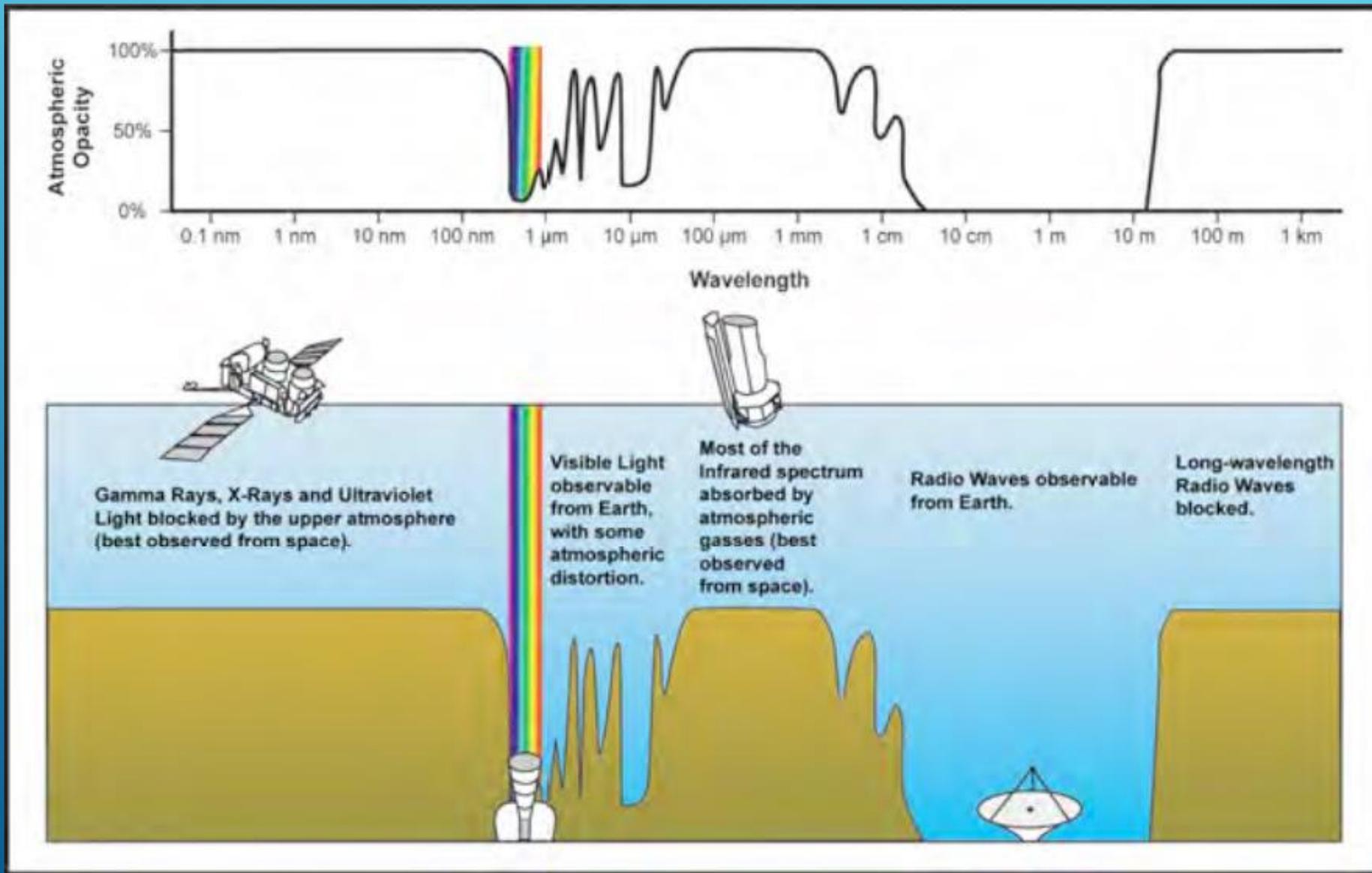


Возможно создание установок очень большого размера

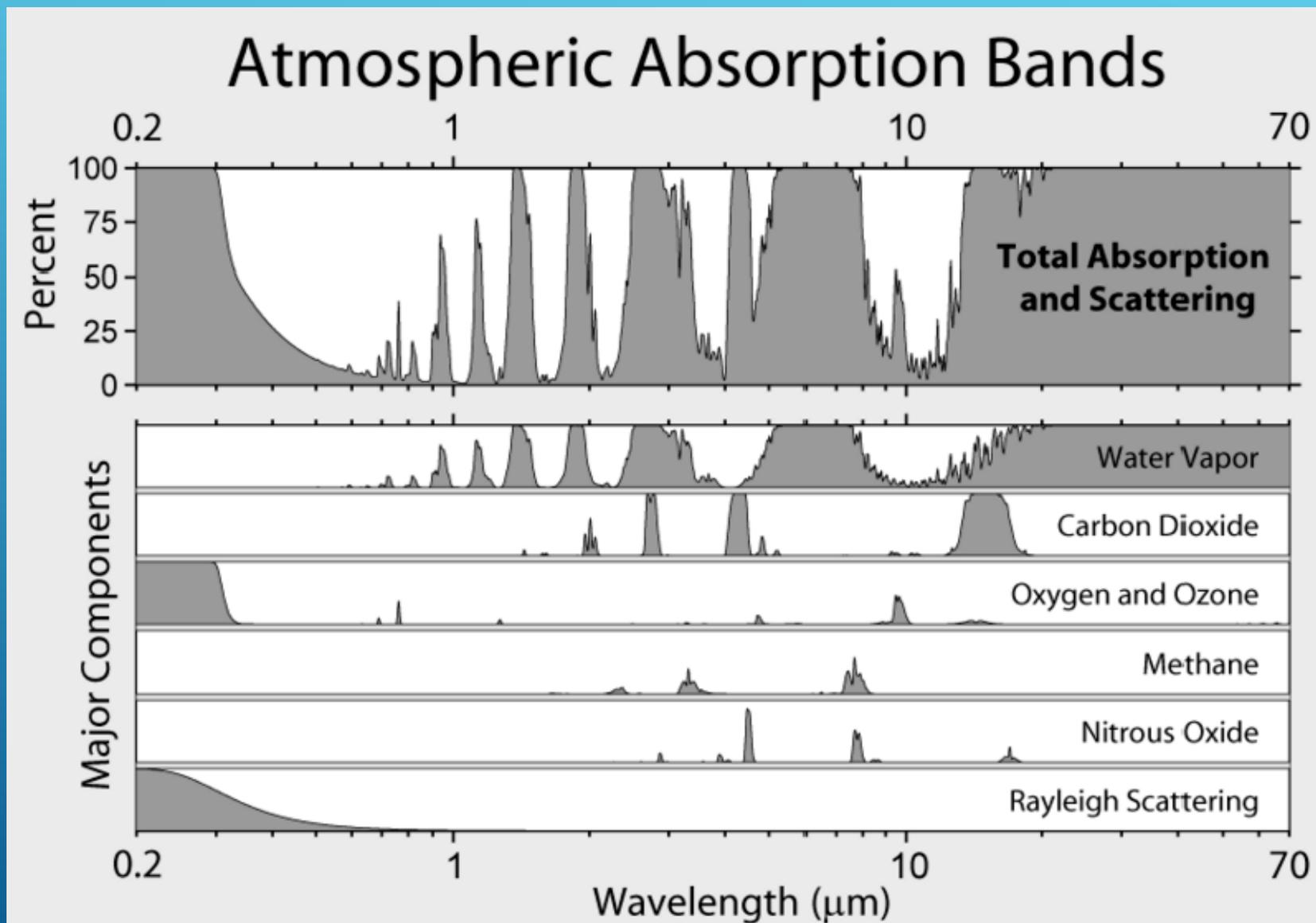




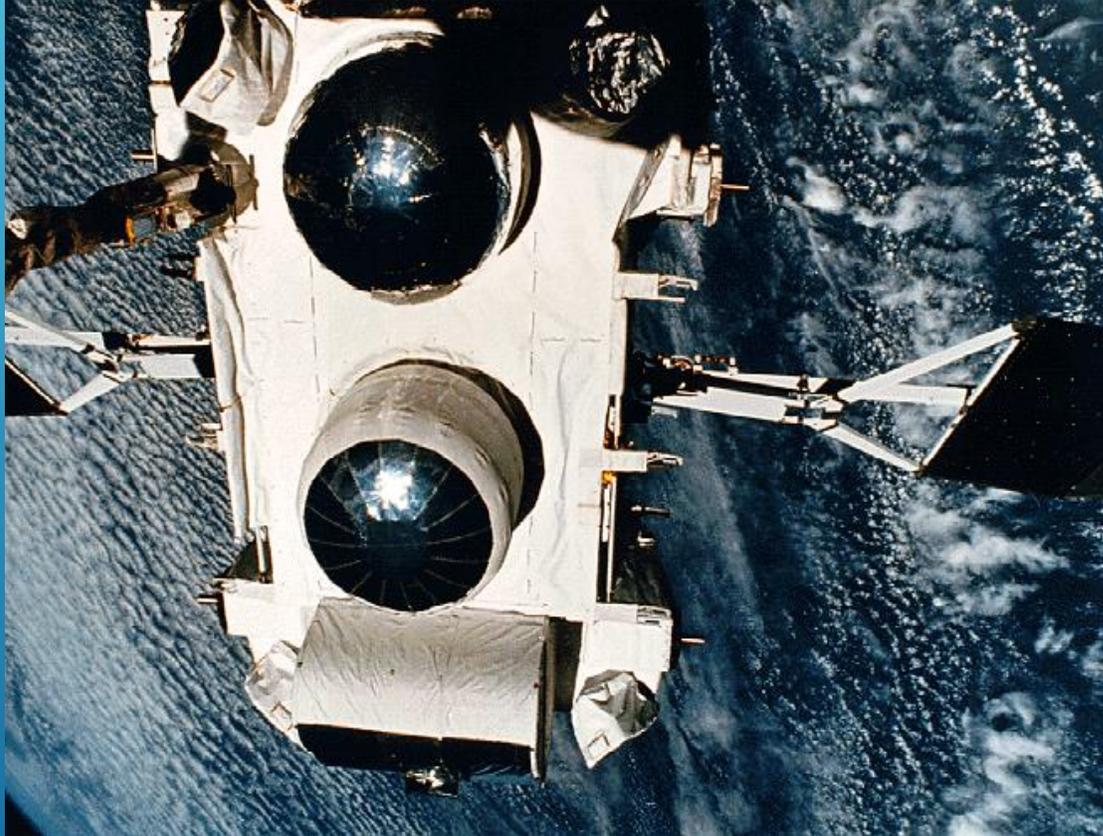
# ПОГЛОЩЕНИЕ В АТМОСФЕРЕ



# ПОГЛОЩЕНИЕ В УФ И ИК



# ГАММА-АСТРОНОМИЯ В КОСМОСЕ



Комптовская гамма обсерватория

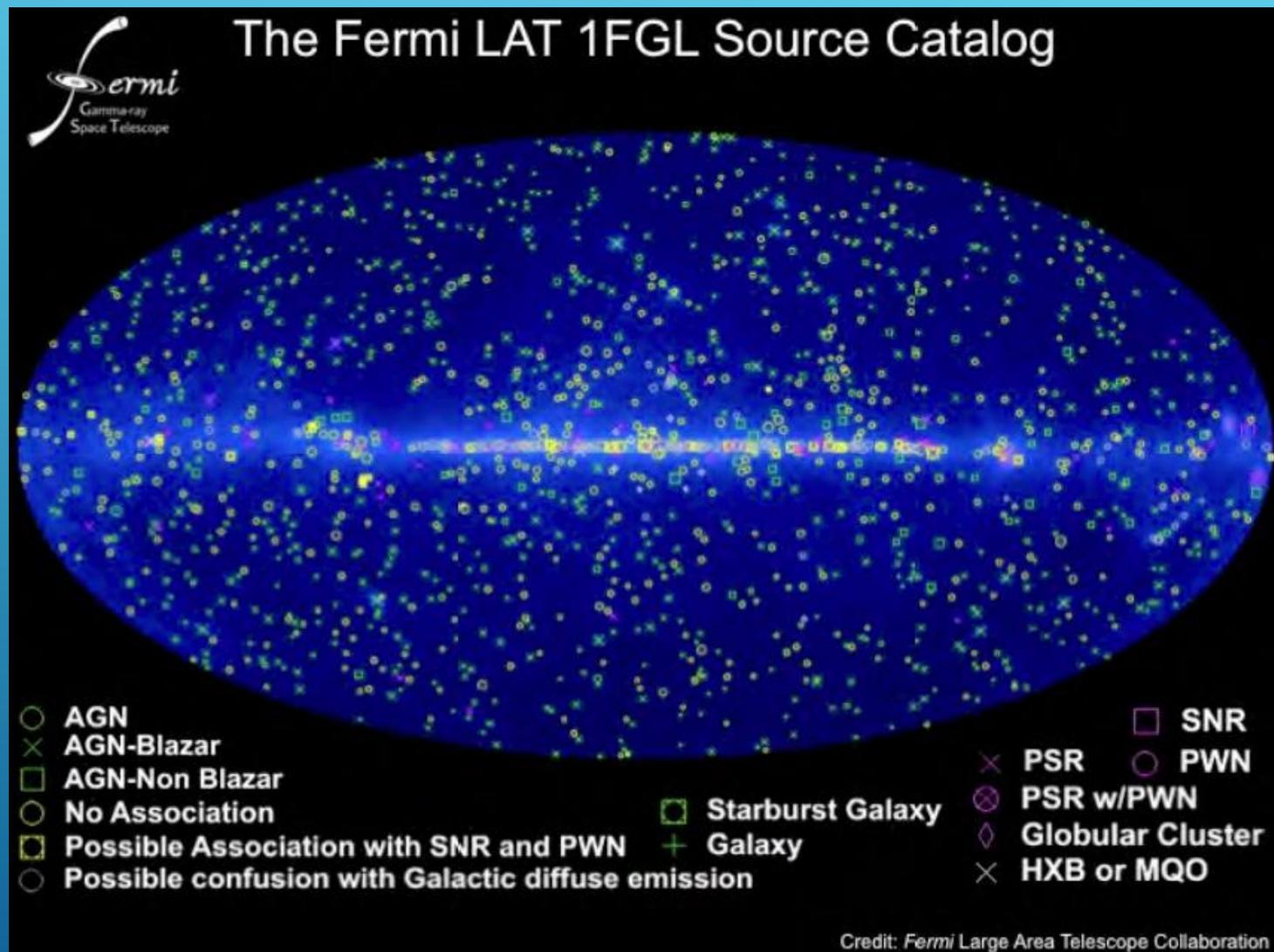
Самое жесткое излучение.

Многие неистовые процессы приводят именно к излучению гамма-квантов.

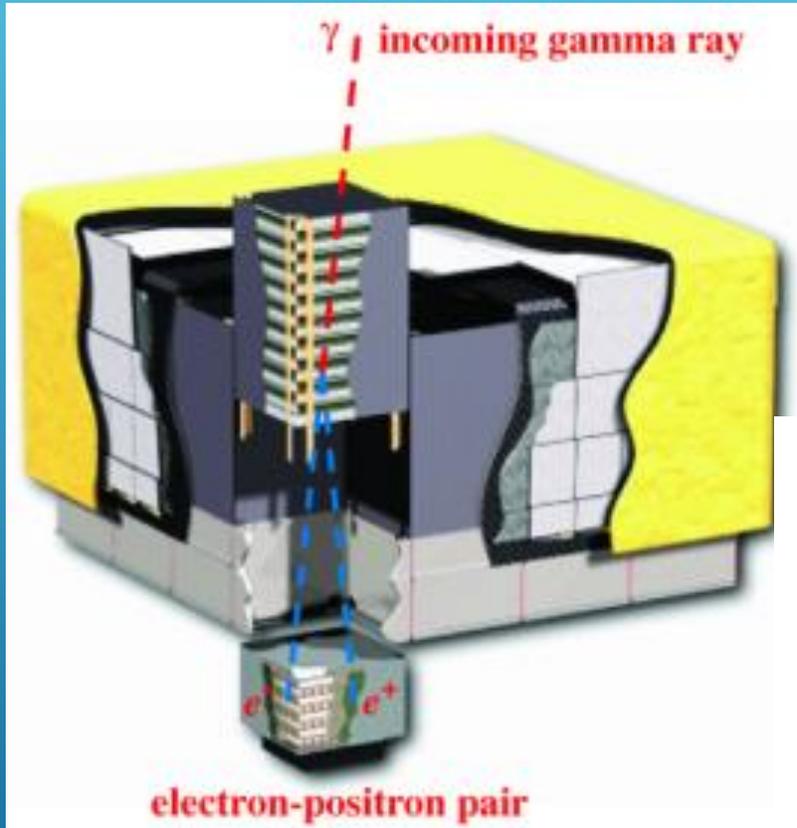


Explorer 11

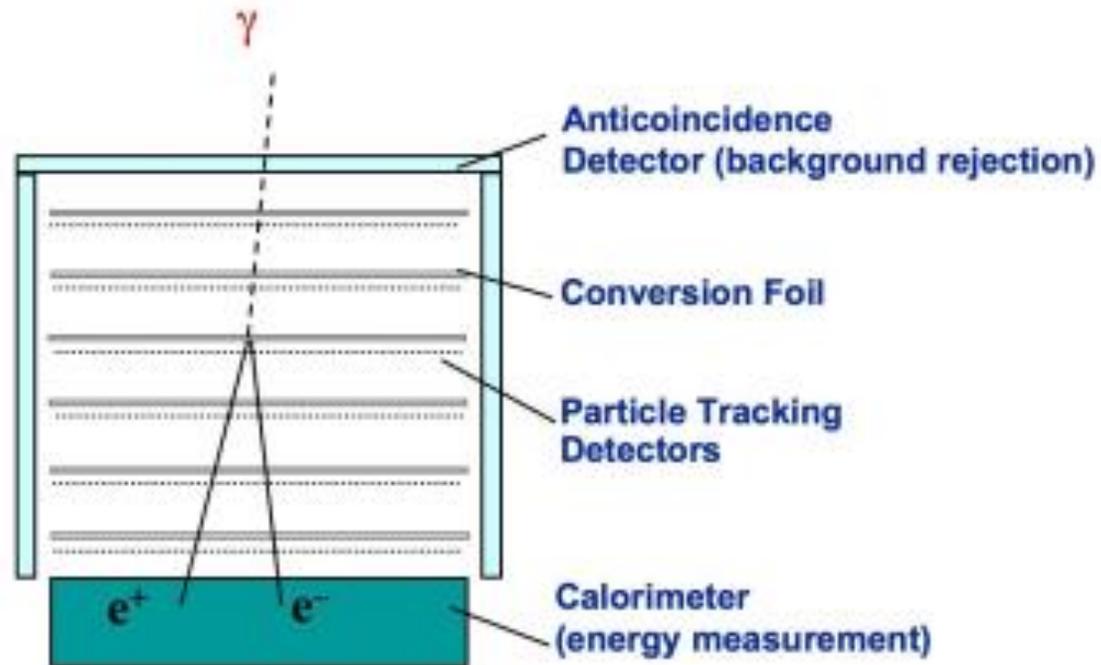
# FERMI – СОВРЕМЕННАЯ ГАММА-ОБСЕРВАТОРИЯ



# УСТРОЙСТВО ДЕТЕКТОРА ФЕРМИ LAT



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

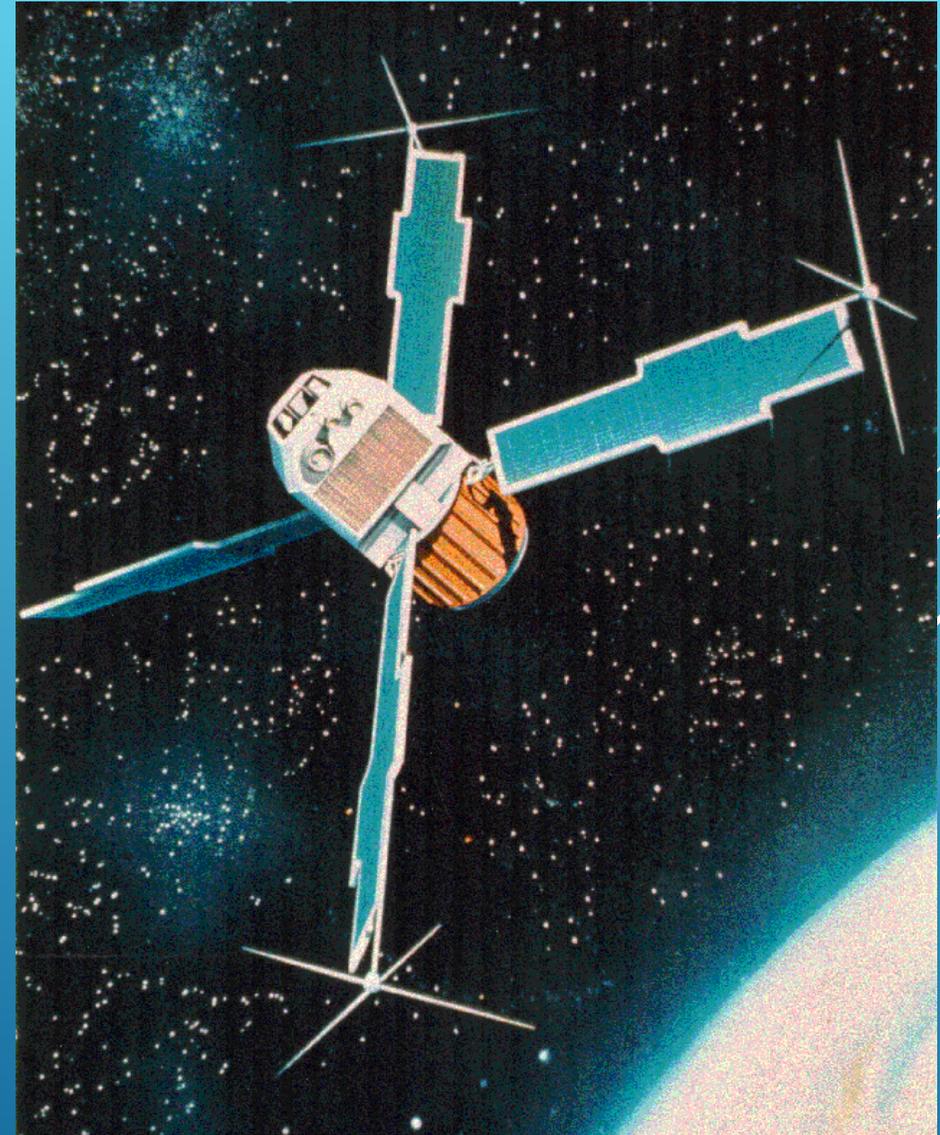
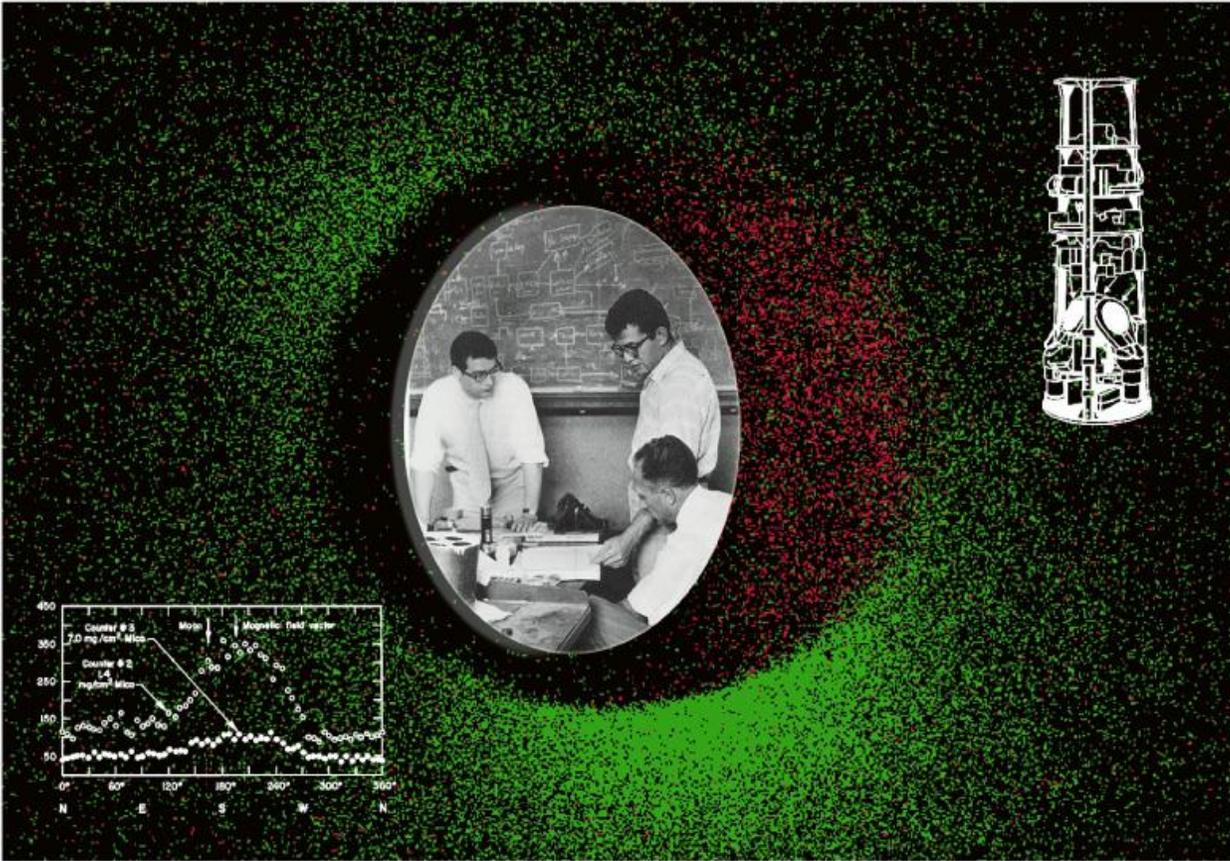


Для настройки прибора его надо калибровать.  
В случае Ферми это проводилось в ЦЕРНе.

# РЕНТГЕНОВСКАЯ АСТРОНОМИЯ

ROSAT Januar 2003

Max-Planck-Institut für  
extraterrestrische Physik



Первые ракетные запуски детекторов  
начались после войны на трофейных ФАУ.

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

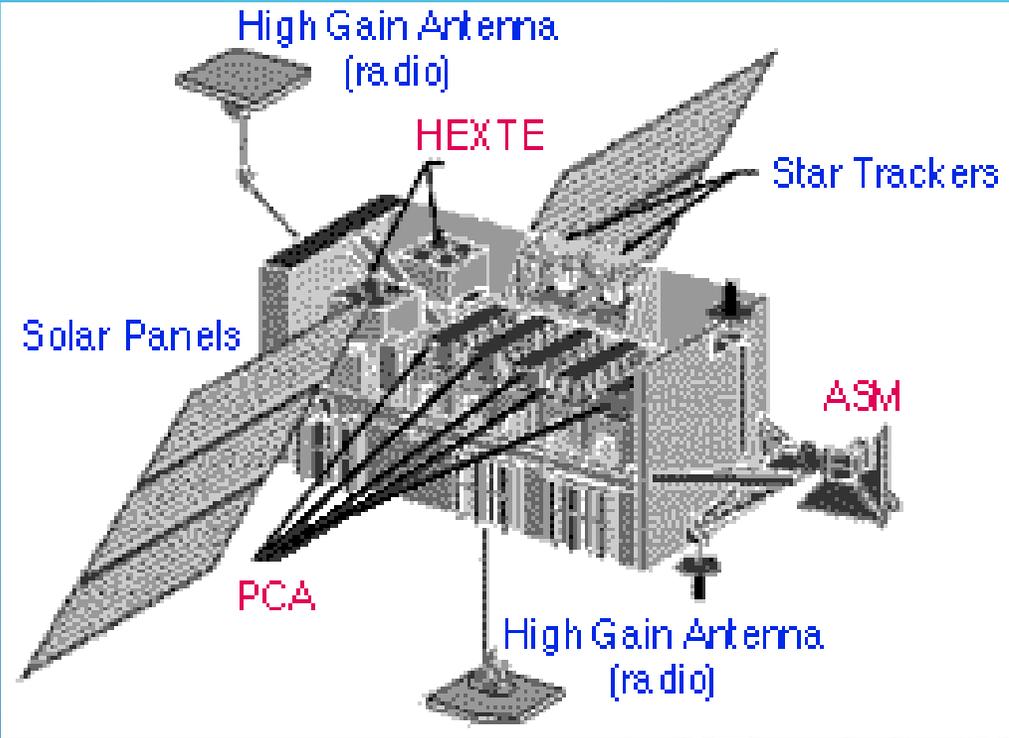


Konrad Dörmel  
Wolfgang Voges  
Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik

Созвездие Орион и Луна



# RXTE

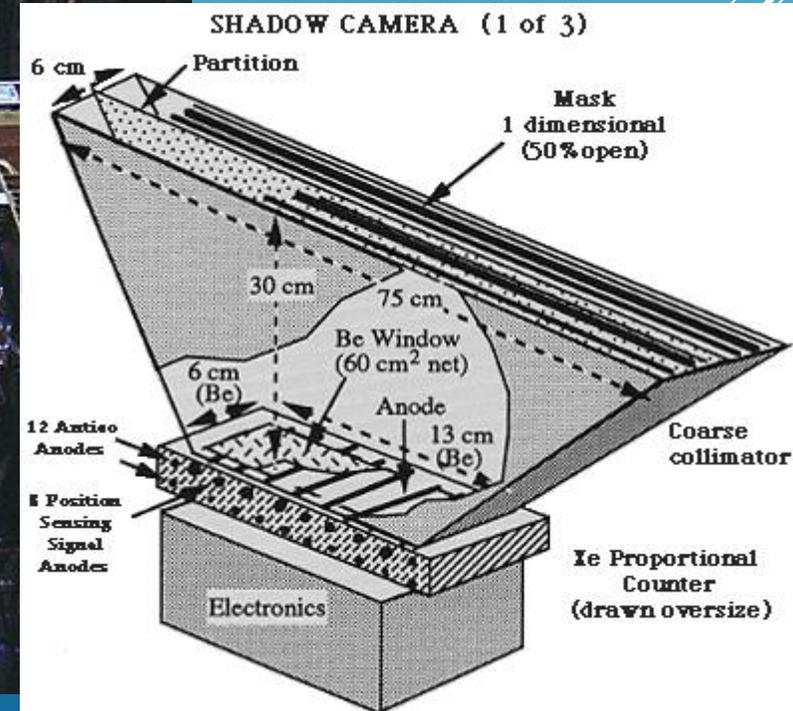
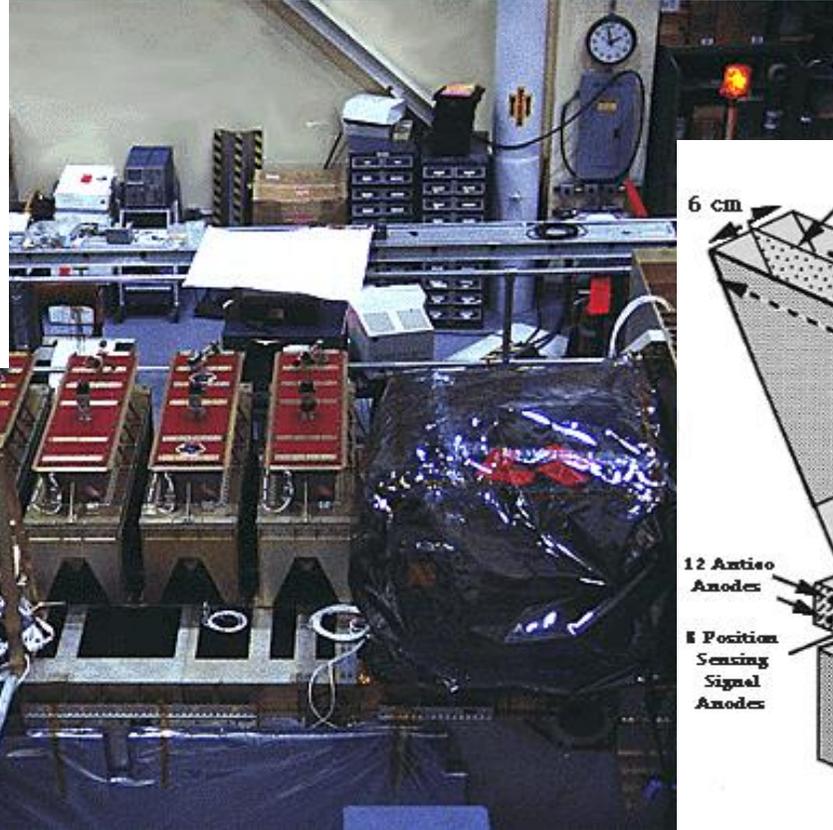


Пропорциональные счетчики

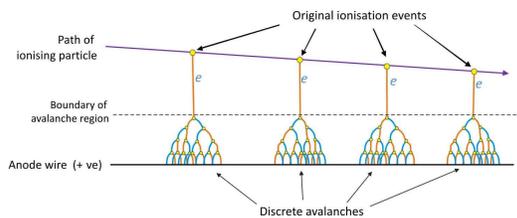
ASM



<http://heasarc.nasa.gov/>

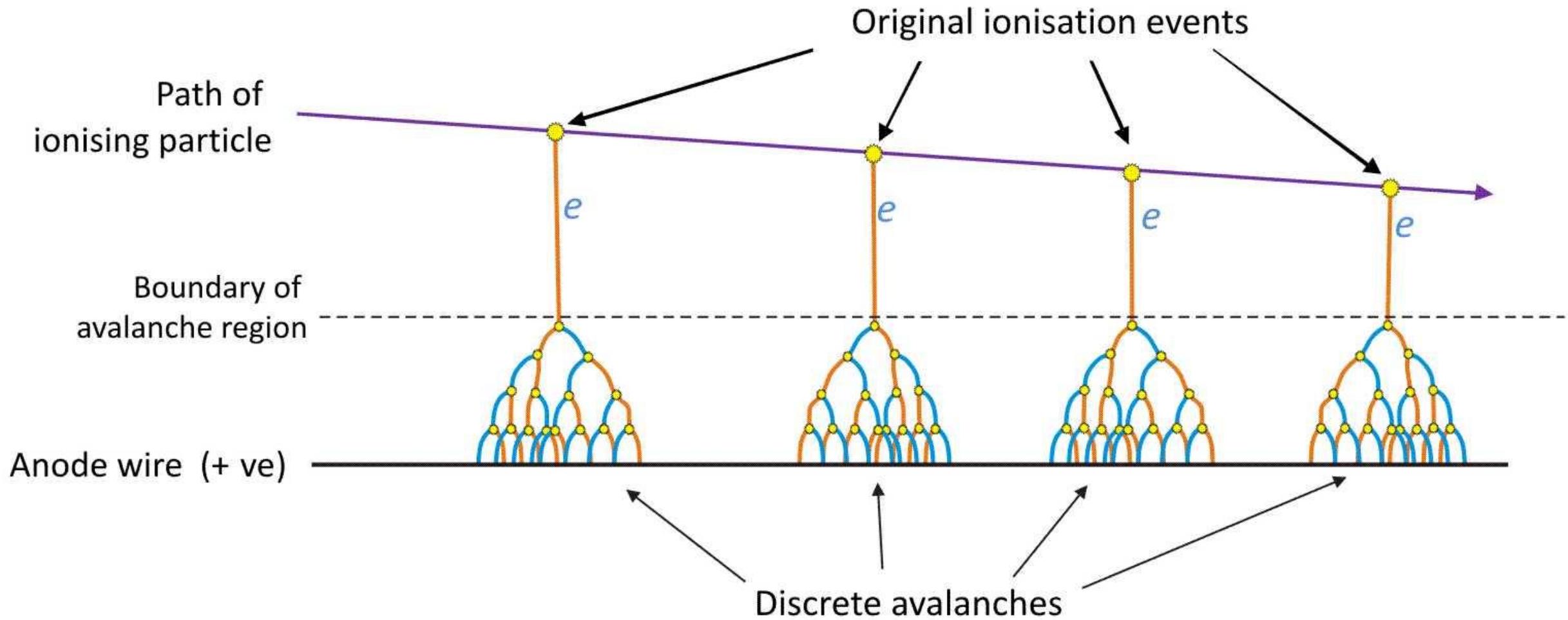


Creation of discrete avalanches in a proportional counter

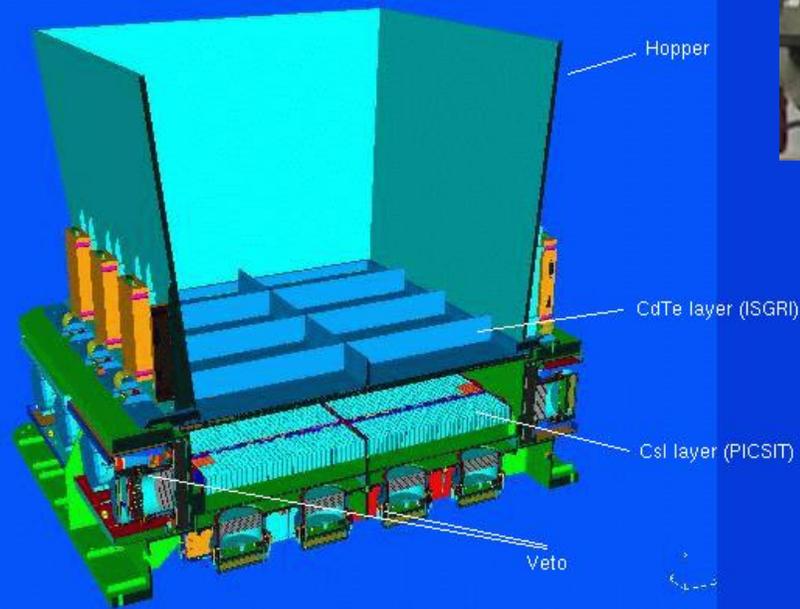
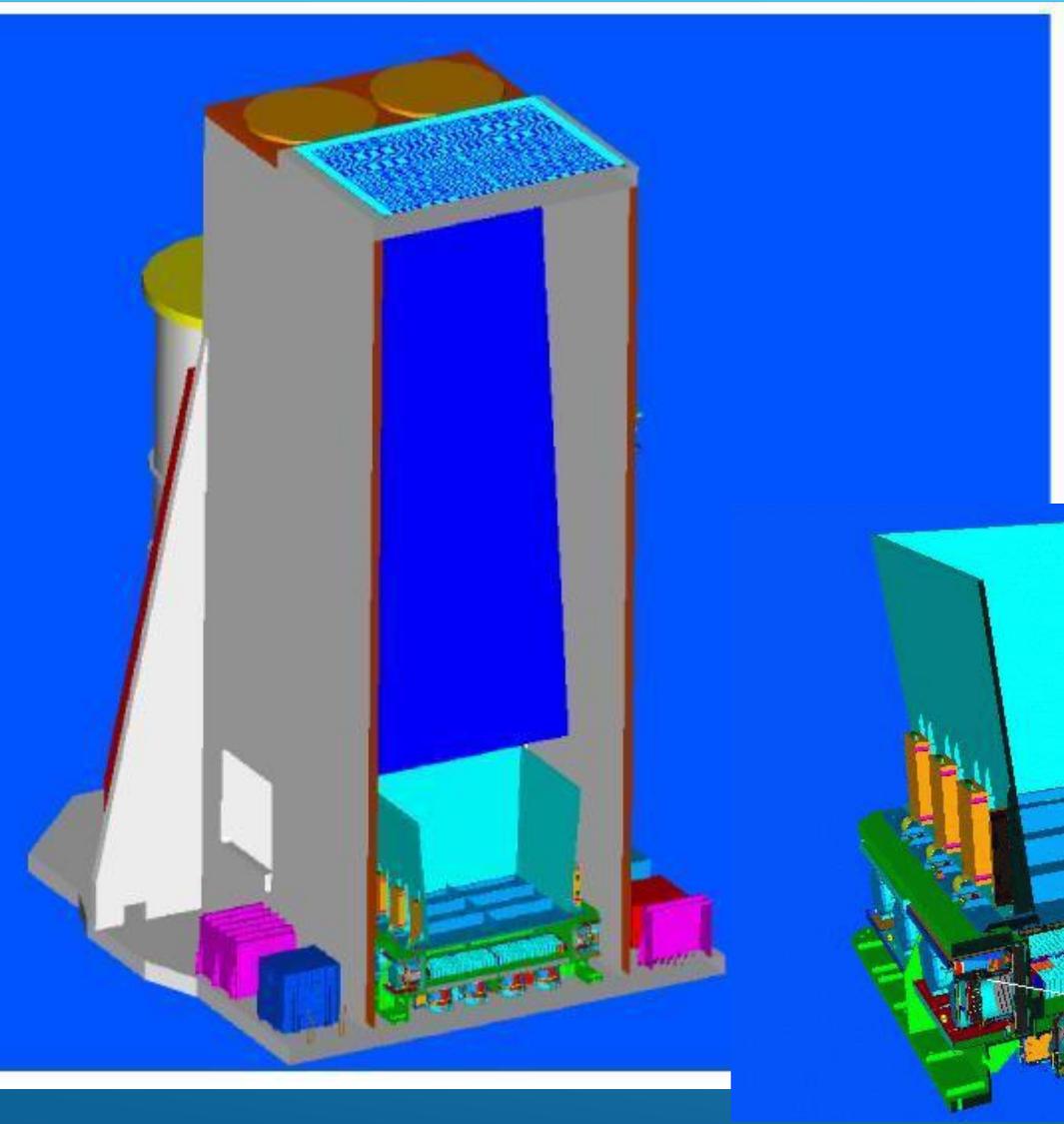


PCA

# Creation of discrete avalanches in a proportional counter



# КОДИРУЮЩИЕ МАСКИ. INTEGRAL



<http://ipl.uv.es/~q-es/content/page/fibis-coded-mask>

[http://integral.esa.int/integ\\_payload\\_imager.html](http://integral.esa.int/integ_payload_imager.html)

# СОВРЕМЕННАЯ РЕНТГЕНОВСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Фокусирующая оптика

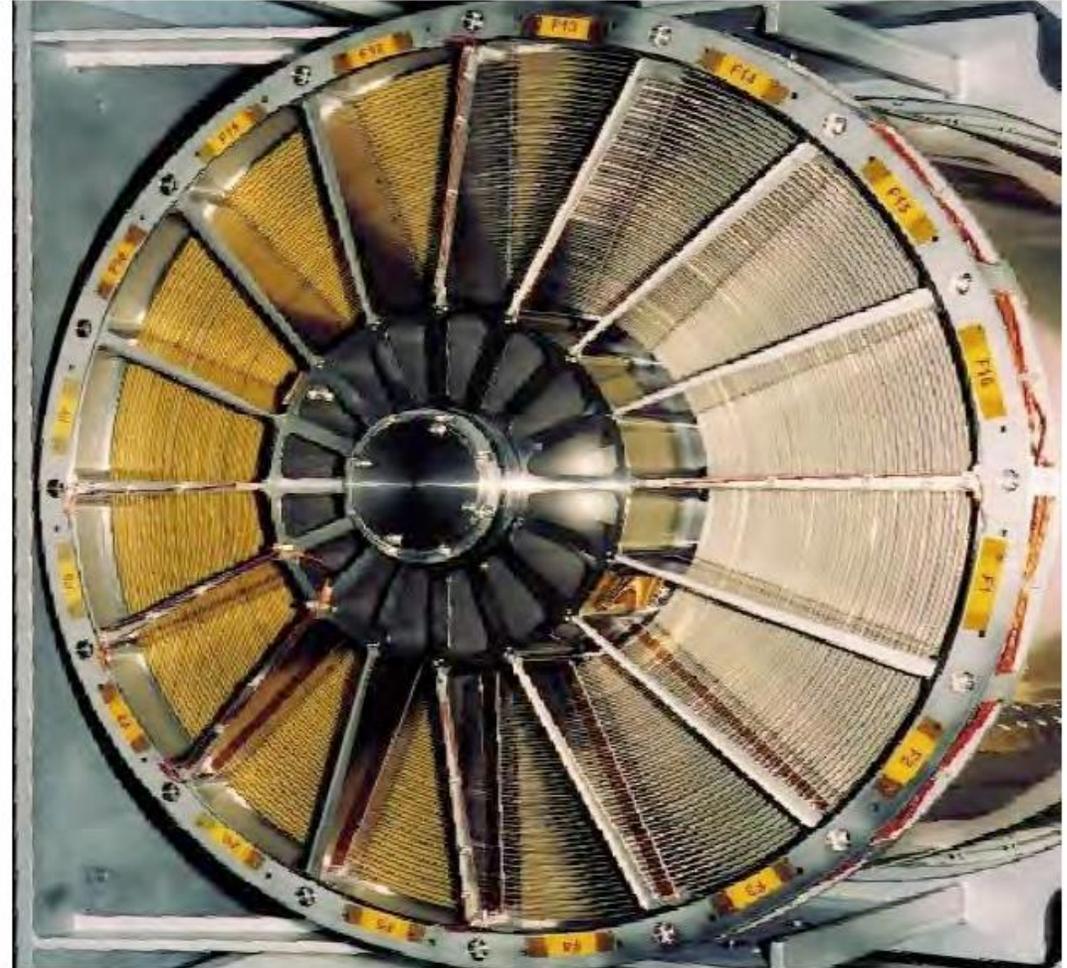
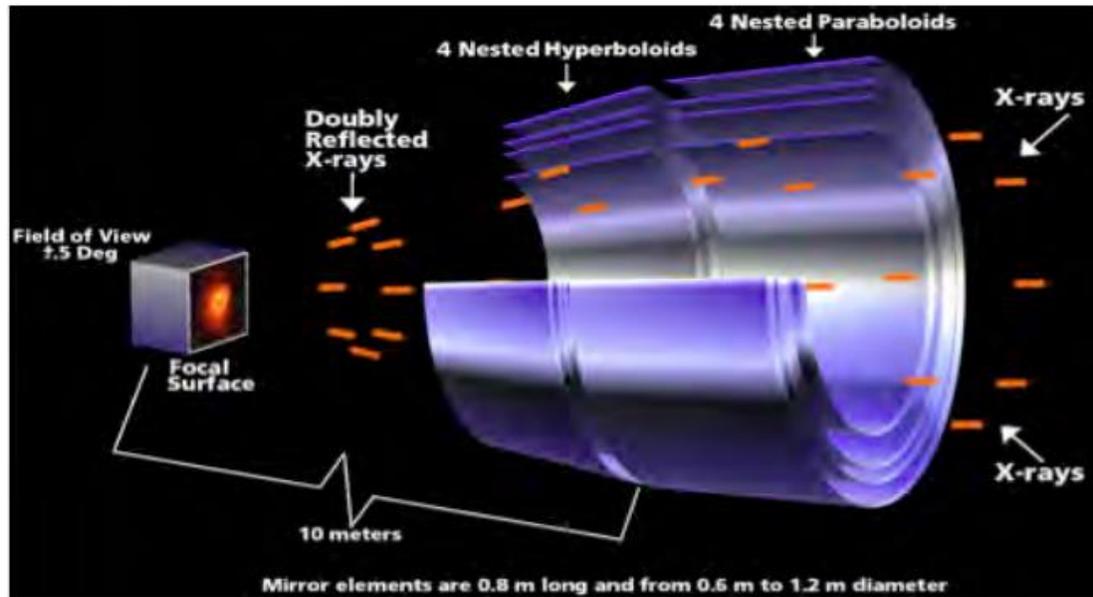
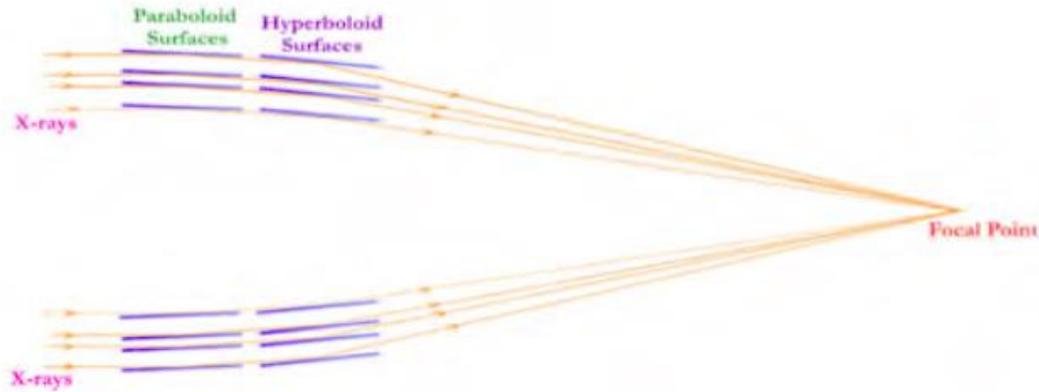


Chandra



XMM-Newton

# ЗЕРКАЛА КОСОГО ПАДЕНИЯ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ТЕЛЕСКОПОВ

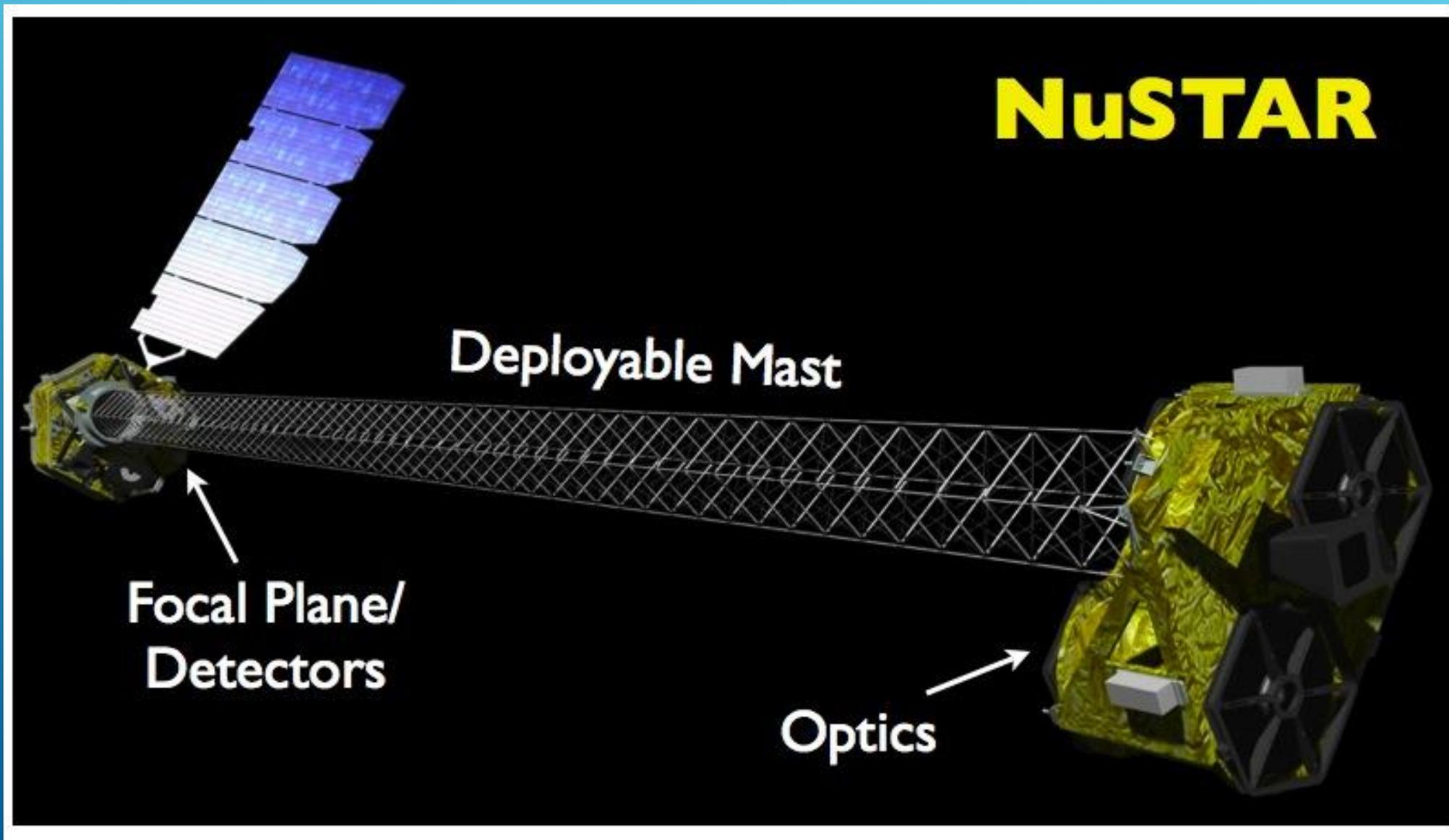


XMM-Newton mirrors during integration

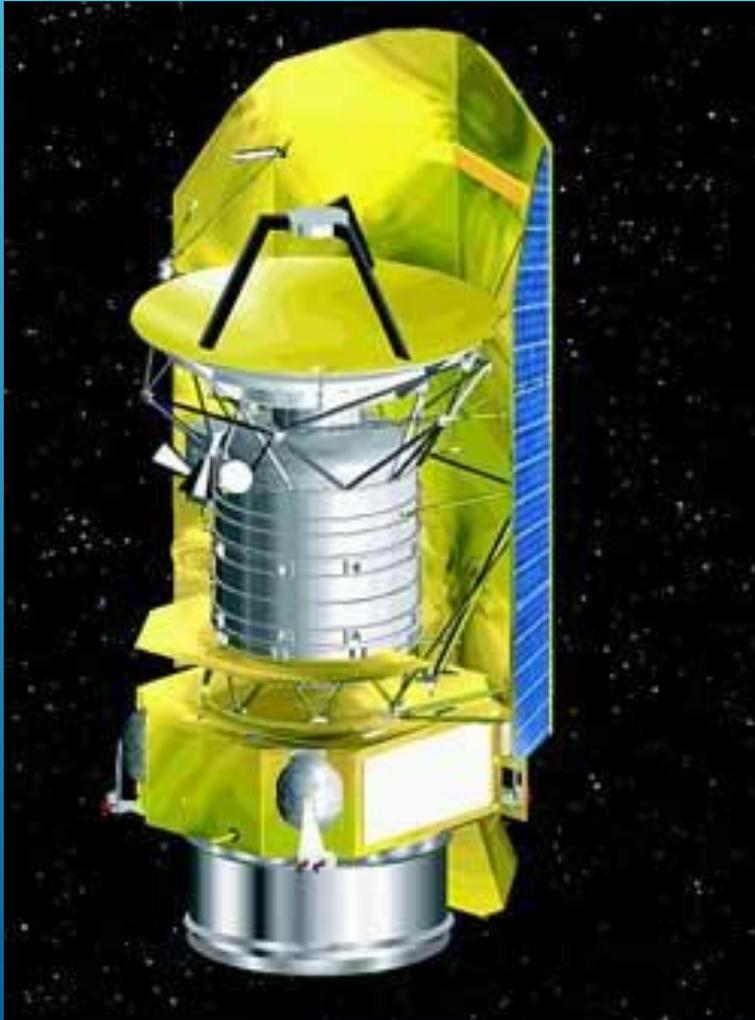
Image courtesy of Doornik Satellitensysteme GmbH

European Space Agency 

# NUSTAR



# ИНФРАКРАСНАЯ АСТРОНОМИЯ

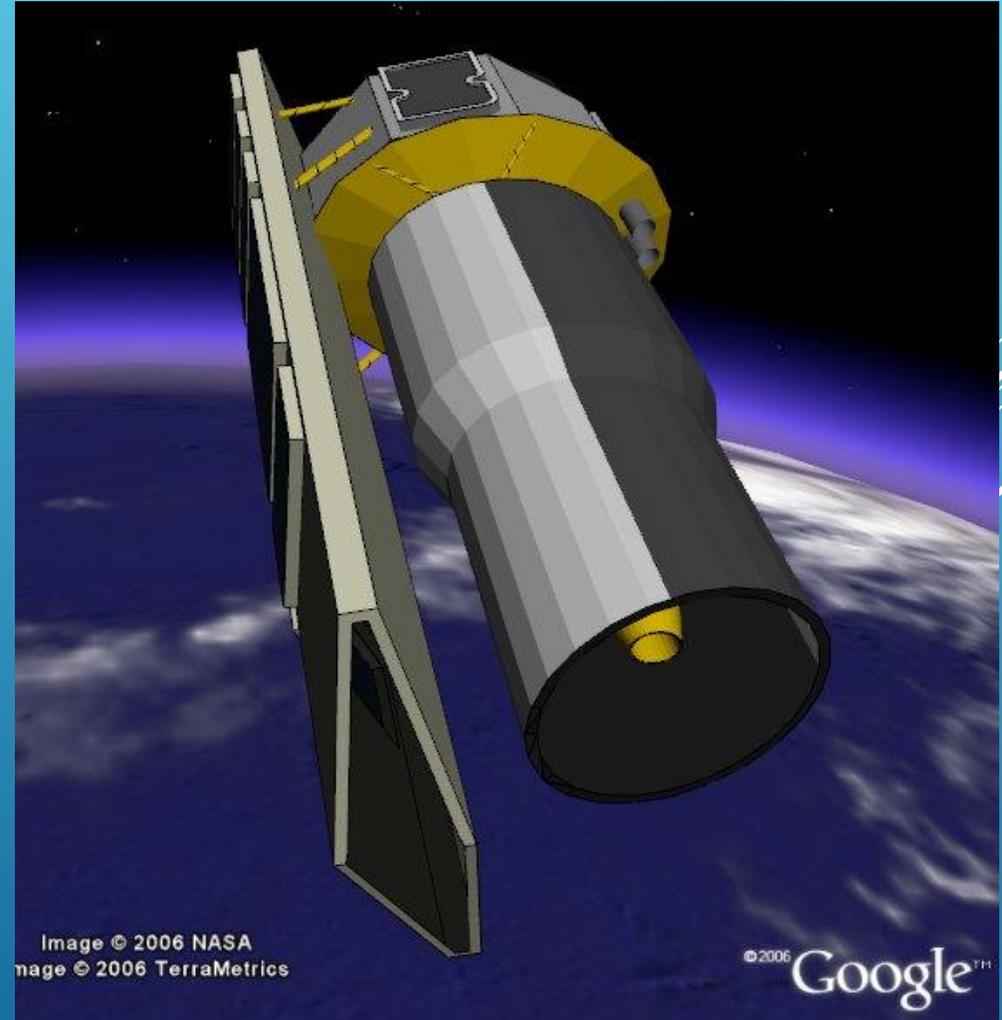


Гершель

Многие астрофизические процессы лучше наблюдать в ИК диапазоне.

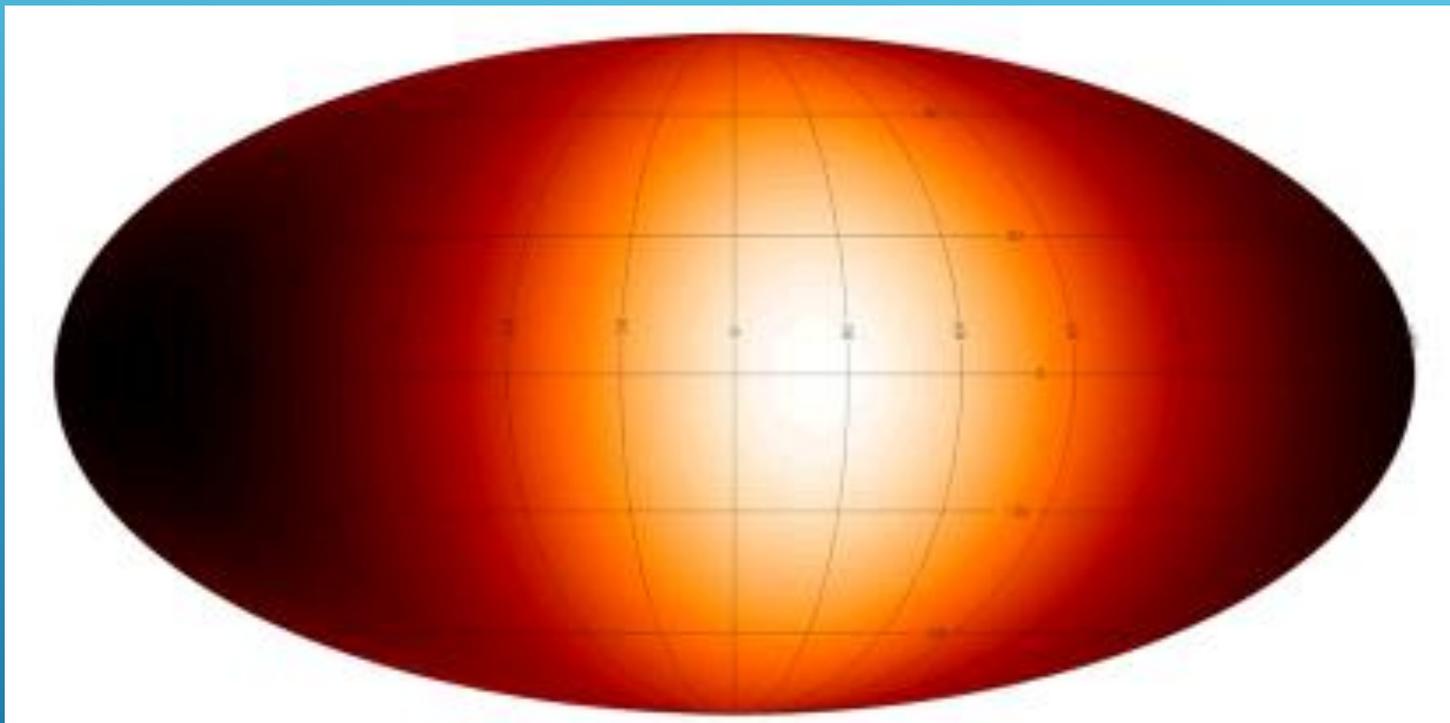
В первую очередь – рождение звезд и планет.

Необходимо охлаждение аппаратуры, что приводит к короткому сроку работы.

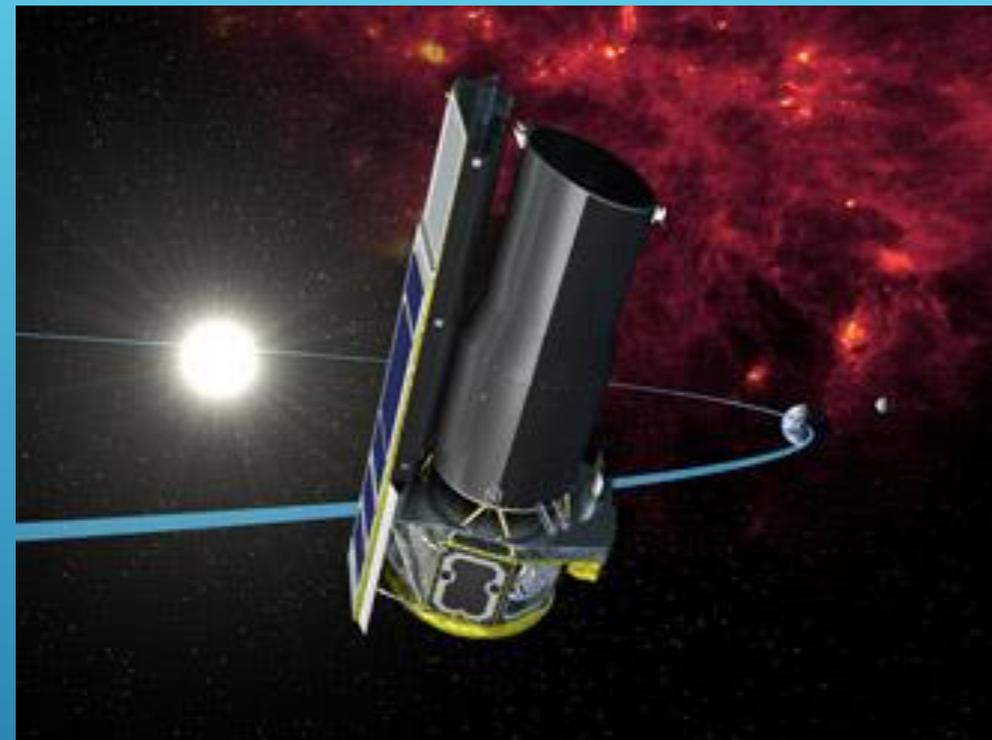


Спитцер

# КАРТА ЭКЗОПЛАНЕТЫ HD 189733B



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



Инфракрасная космическая обсерватория имени Спитцера.

# КОСМИЧЕСКИЙ ТЕЛЕСКОП



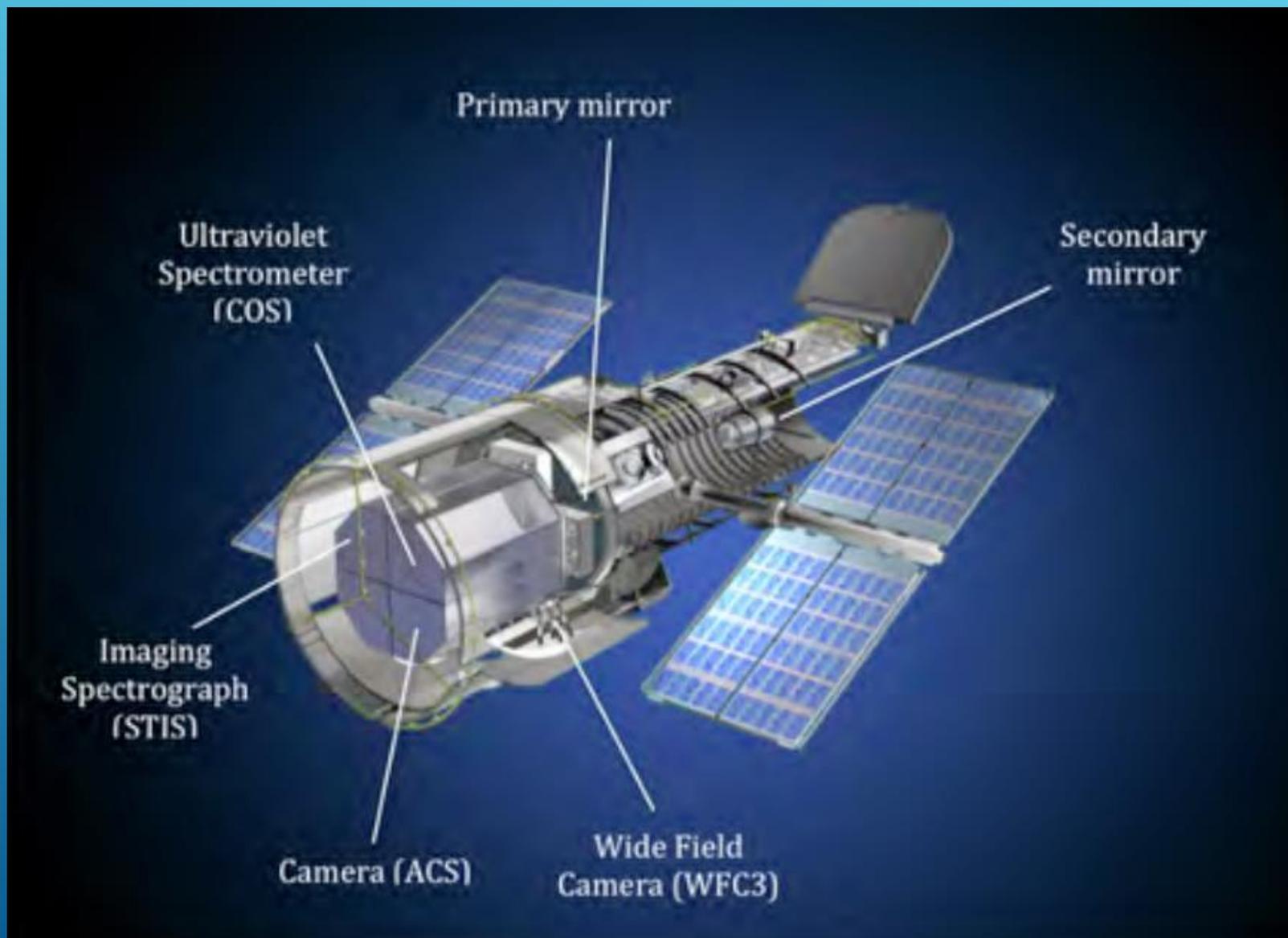
Несмотря на диаметр «всего лишь» 2.4 м телескоп по ряду параметров превосходит крупнейшие наземные инструменты.

Кроме того, он может наблюдать в УФ и ИК.

Carina nebula



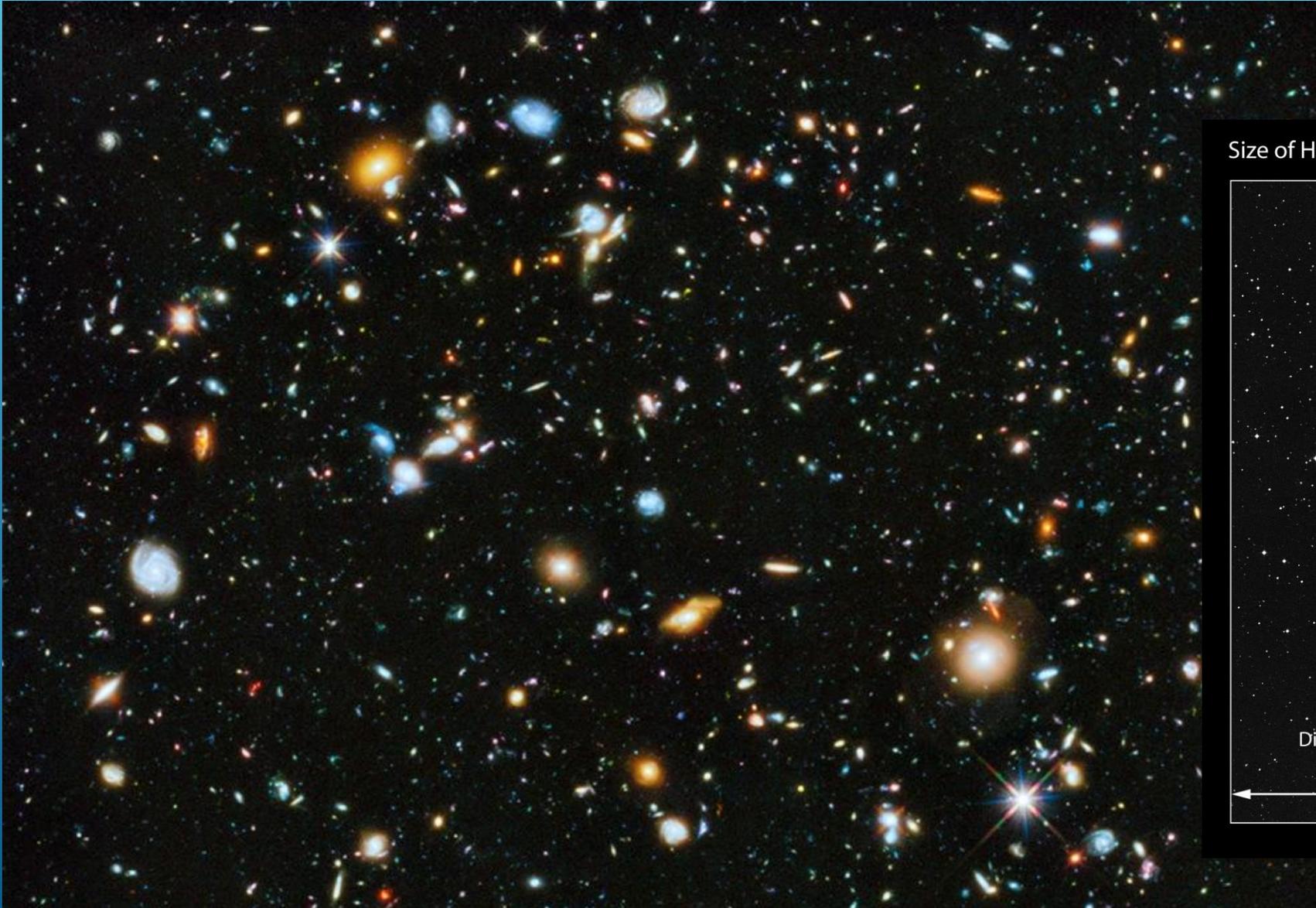
# ПРИБОРЫ ХАББЛА



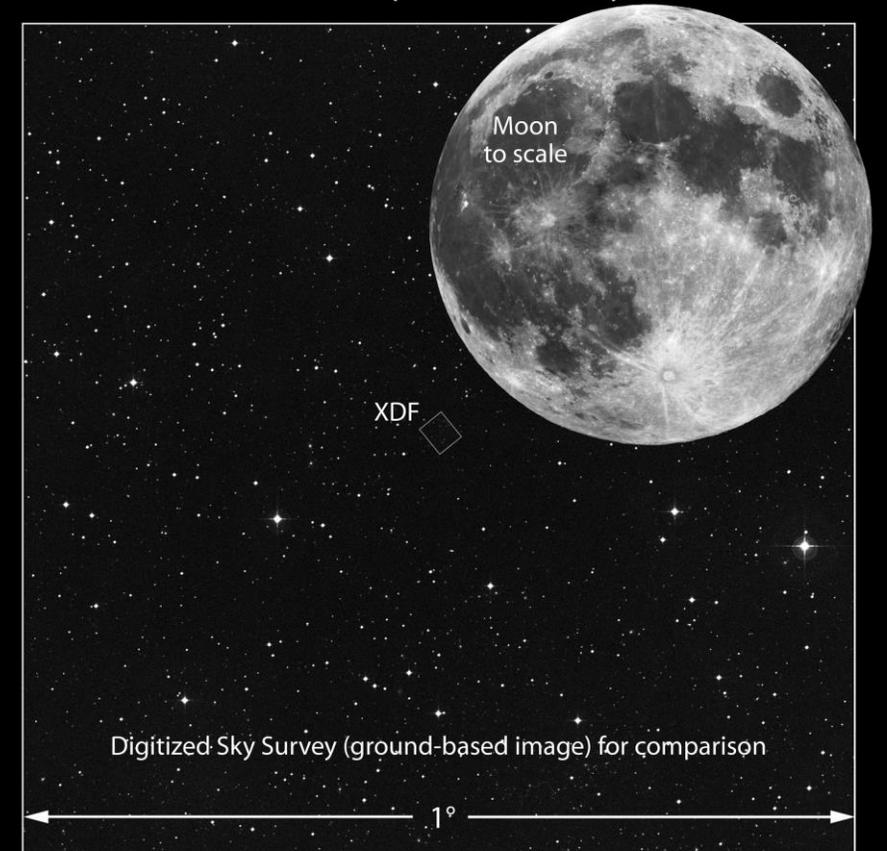
Телескоп может строить изображения и получать спектры в видимом, ИК и УФ диапазонах спектра.

Наблюдение объектов до 31 звездной величины

# ГЛУБОКОЕ ПОЛЕ ХАББЛА



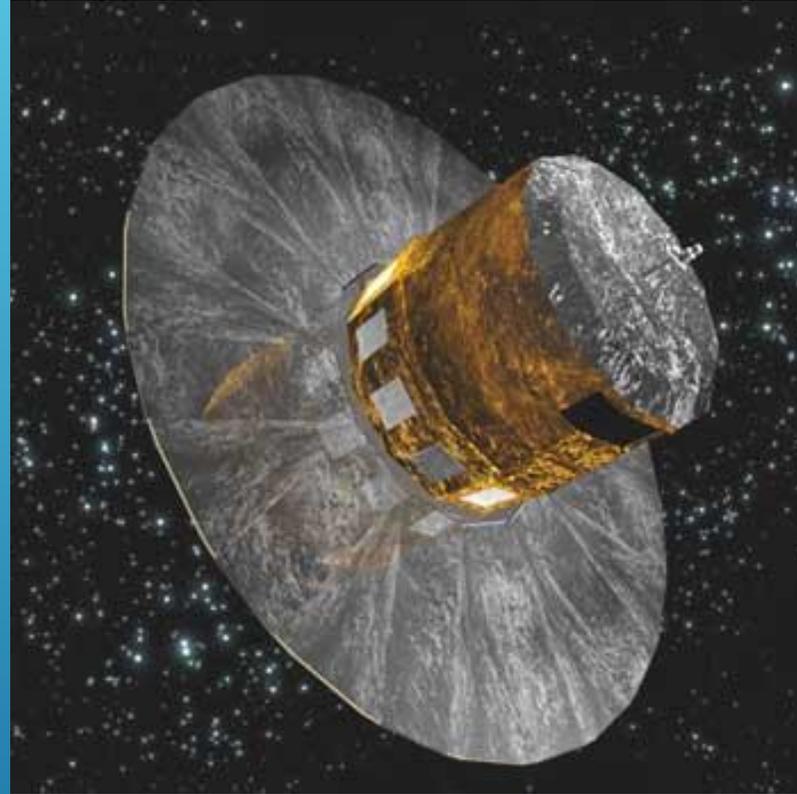
Size of Hubble eXtreme Deep Field on the Sky



# АСТРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ИЗ КОСМОСА



Hipparcos



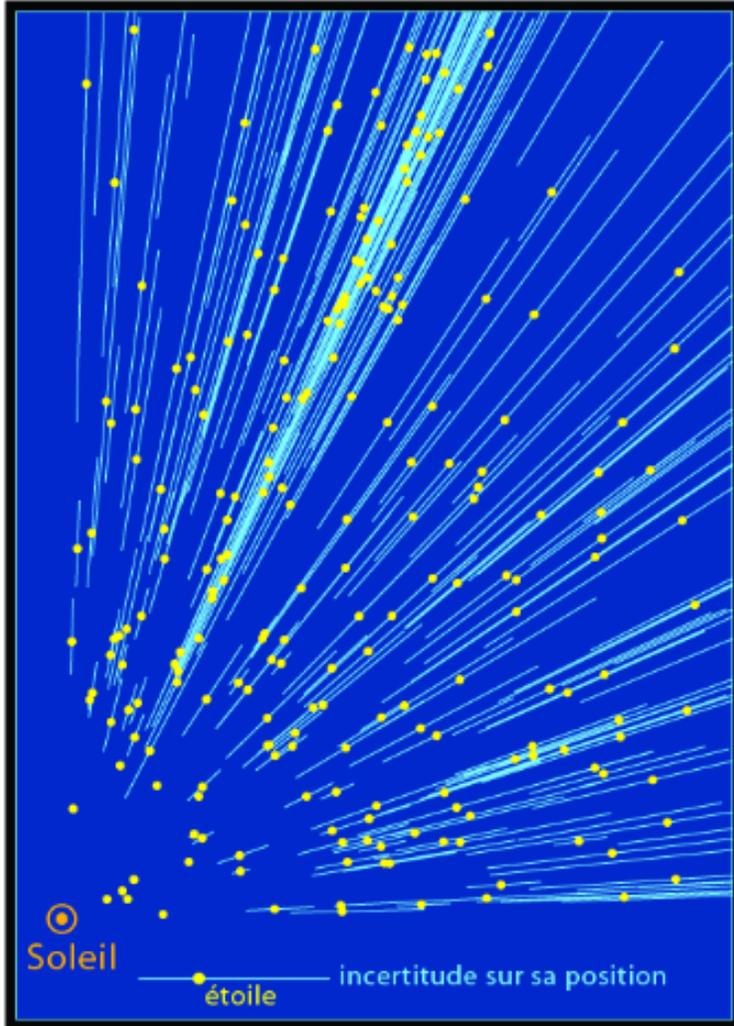
Спутник Gaia впервые даст нам трехмерную карту половины Галактики. См. детальное описание в [1609.04153](#)

GAIA

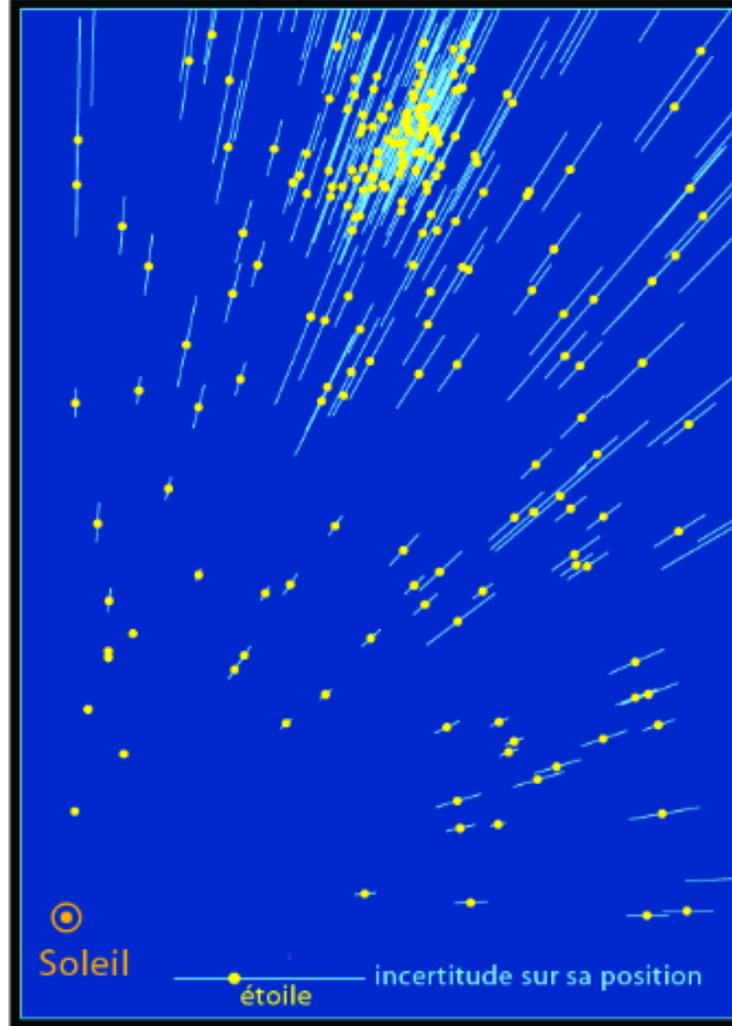
Наблюдения из космоса произвели революцию в астрометрии.

# ПРЕДЕЛЫ ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ

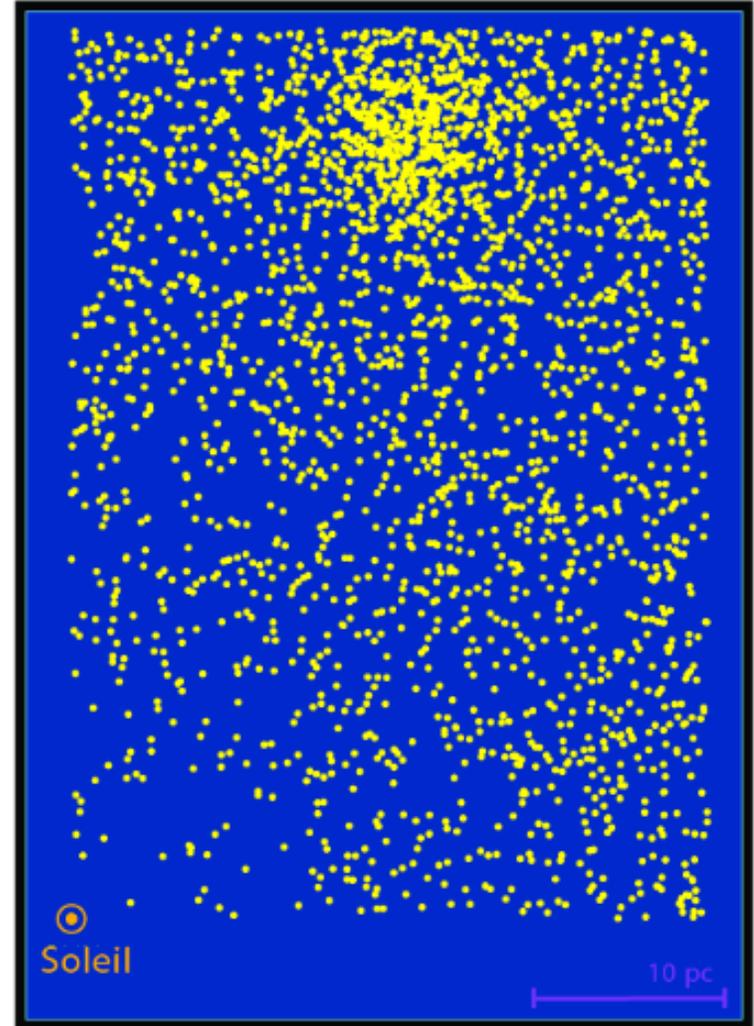
Sol



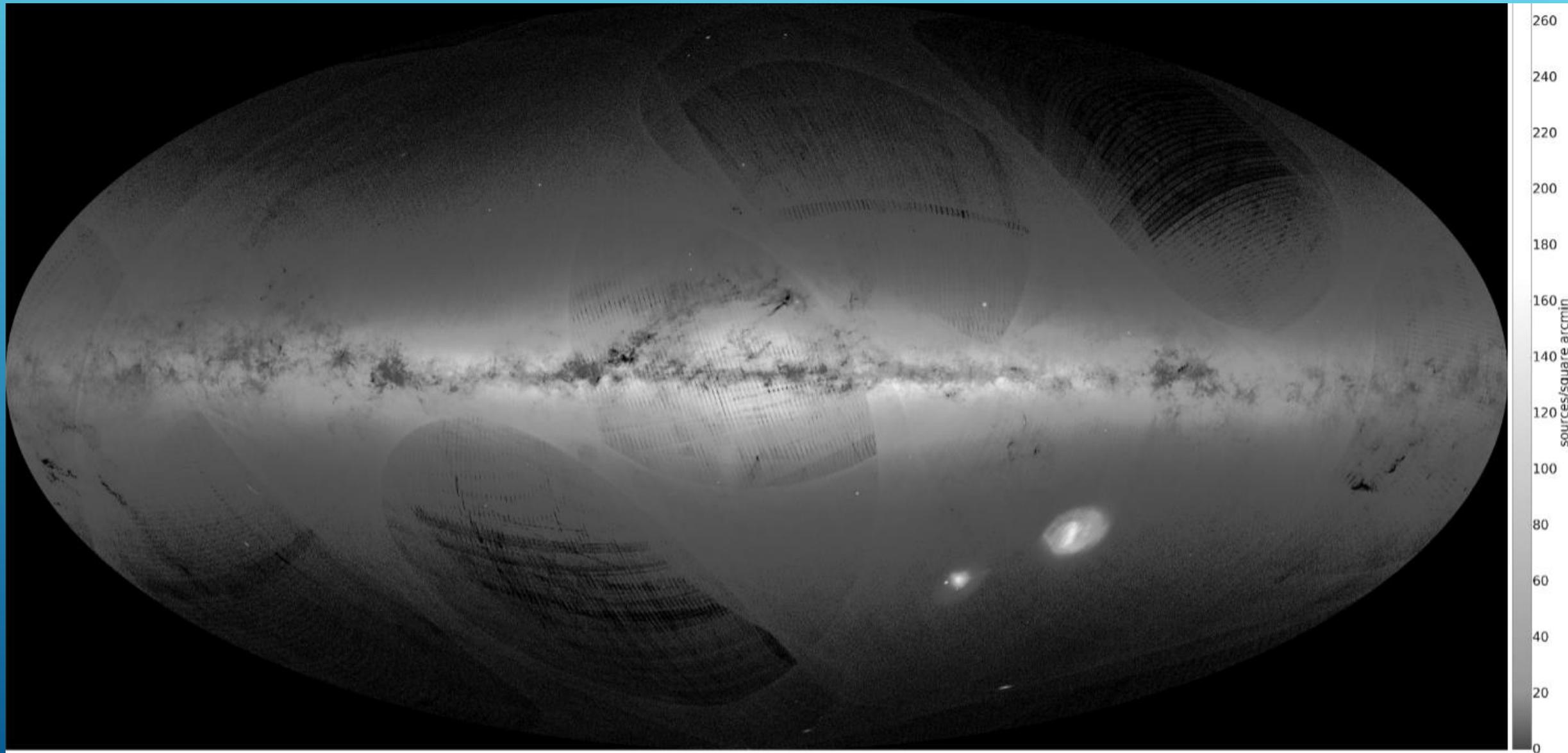
Hipparcos (1990)



Gaia (2020)



# ПЕРВЫЙ РЕЛИЗ ДАННЫХ GAIA



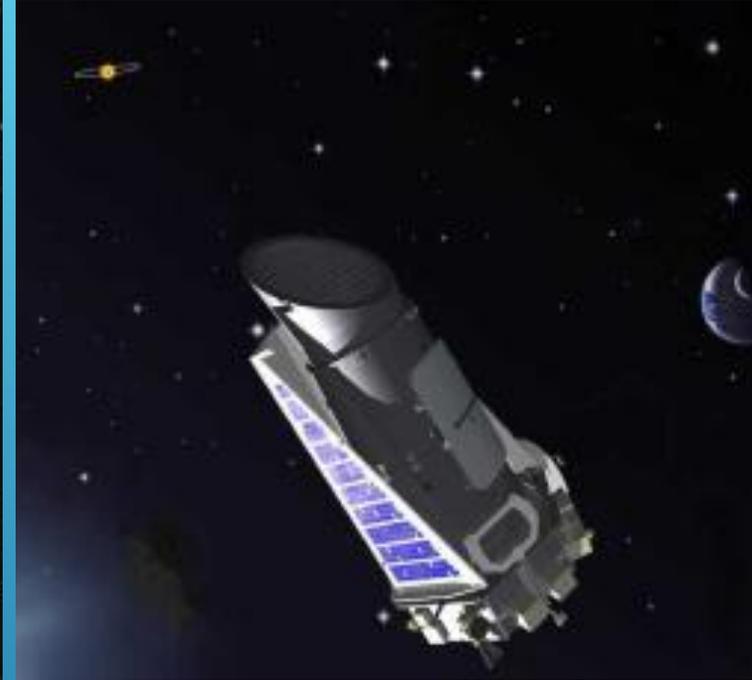
# ПОИСКИ ЭКЗОПЛАНЕТ



CoRot



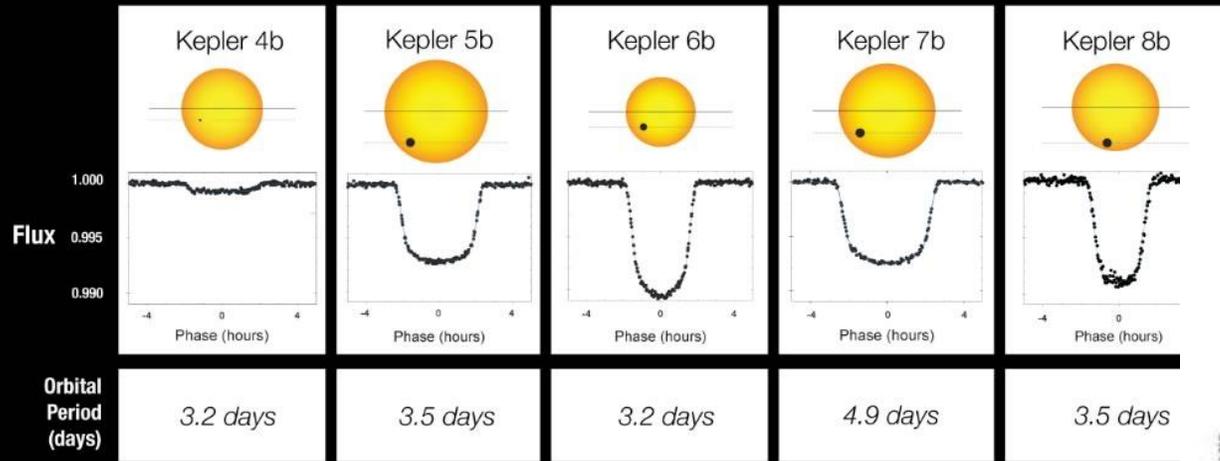
TESS



Kepler

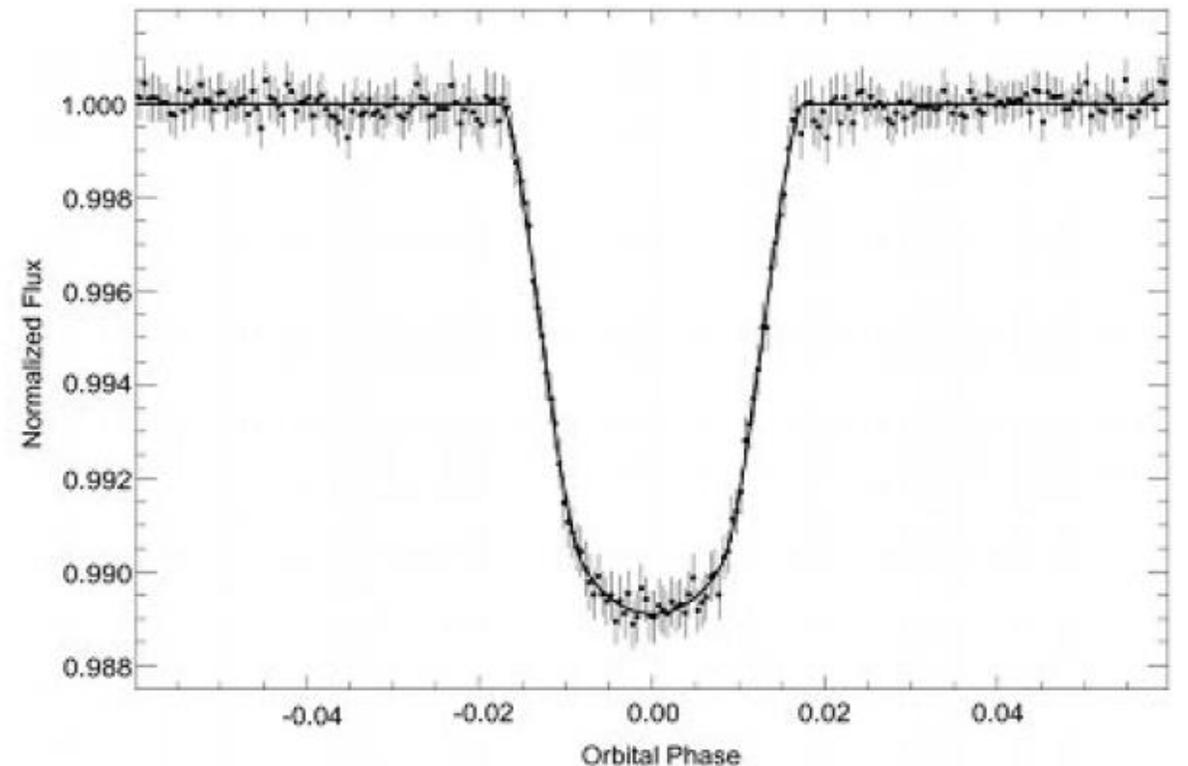
# КРИВЫЕ БЛЕСКА ПРИ ТРАНЗИТАХ

## Transit Light Curves

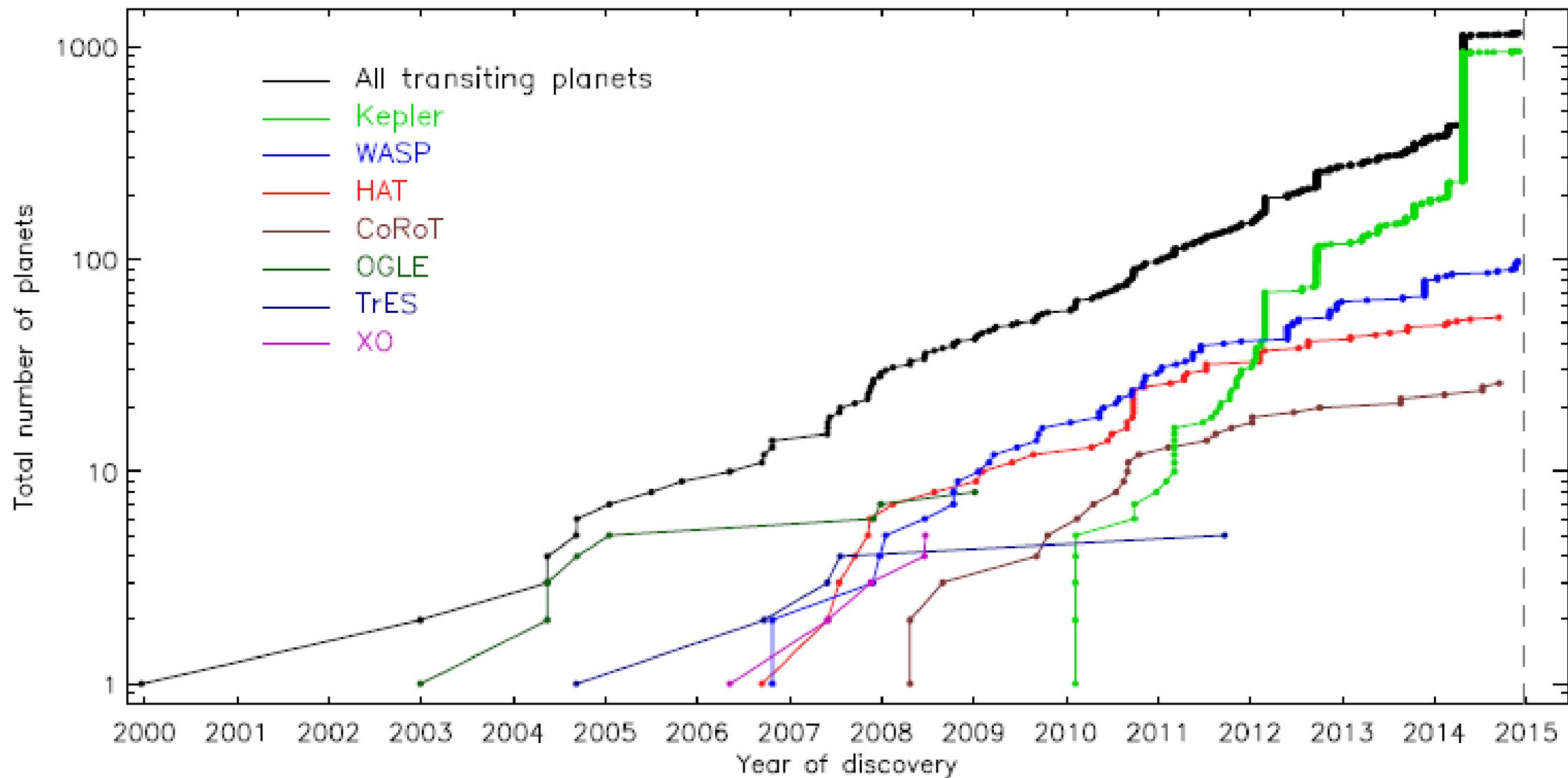


Падение блеска может составлять тысячные или даже десятитысячные доли полного потока.

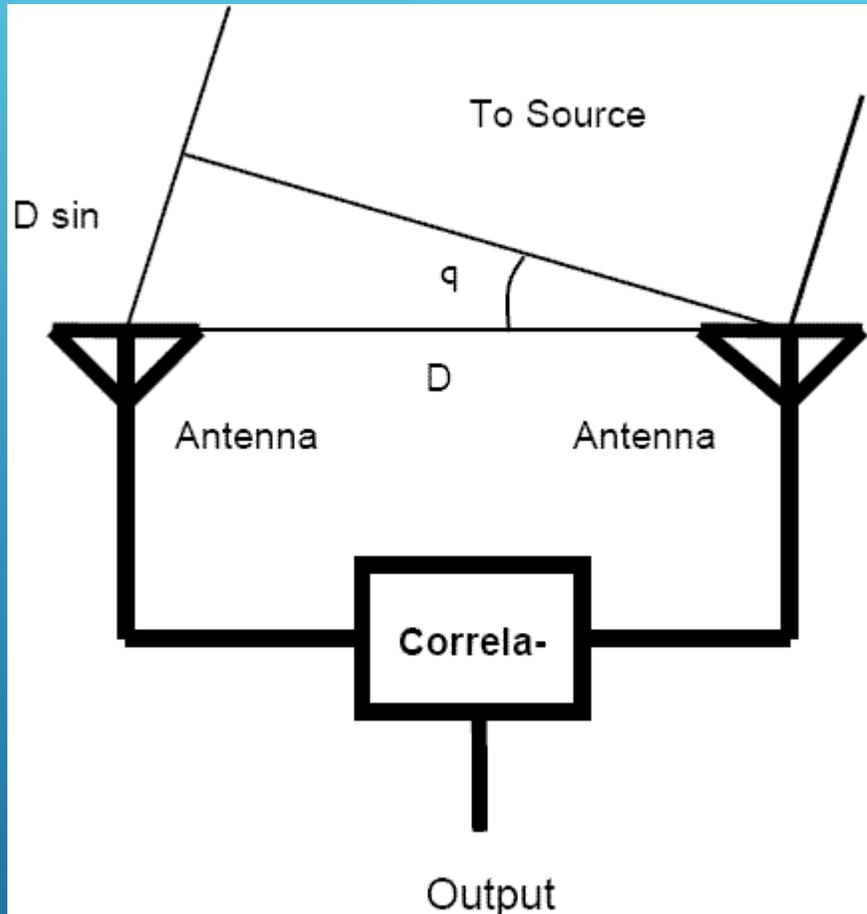
Необходимо проводить измерения, сохраняя точность в течение нескольких периодов обращения планеты.



# ТЕМП ОТКРЫТИЯ ТРАНЗИТНЫХ ПЛАНЕТ

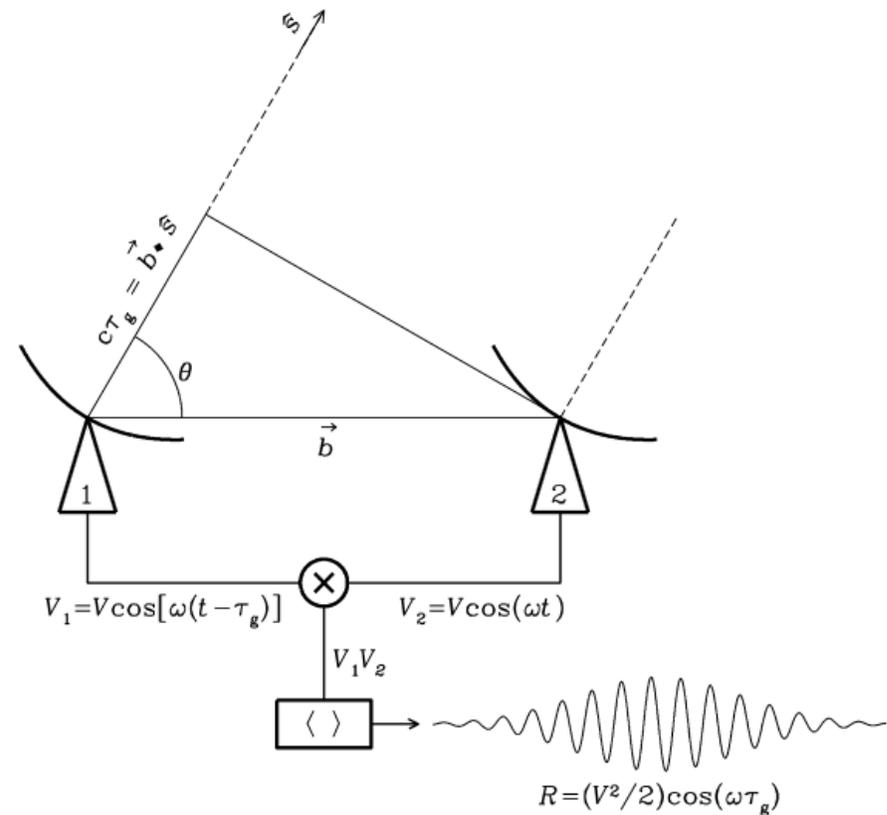


# ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ



$$\theta = 1.220 \frac{\lambda}{D}$$

Высокое угловое разрешение в направлении, соединяющем два телескопа.



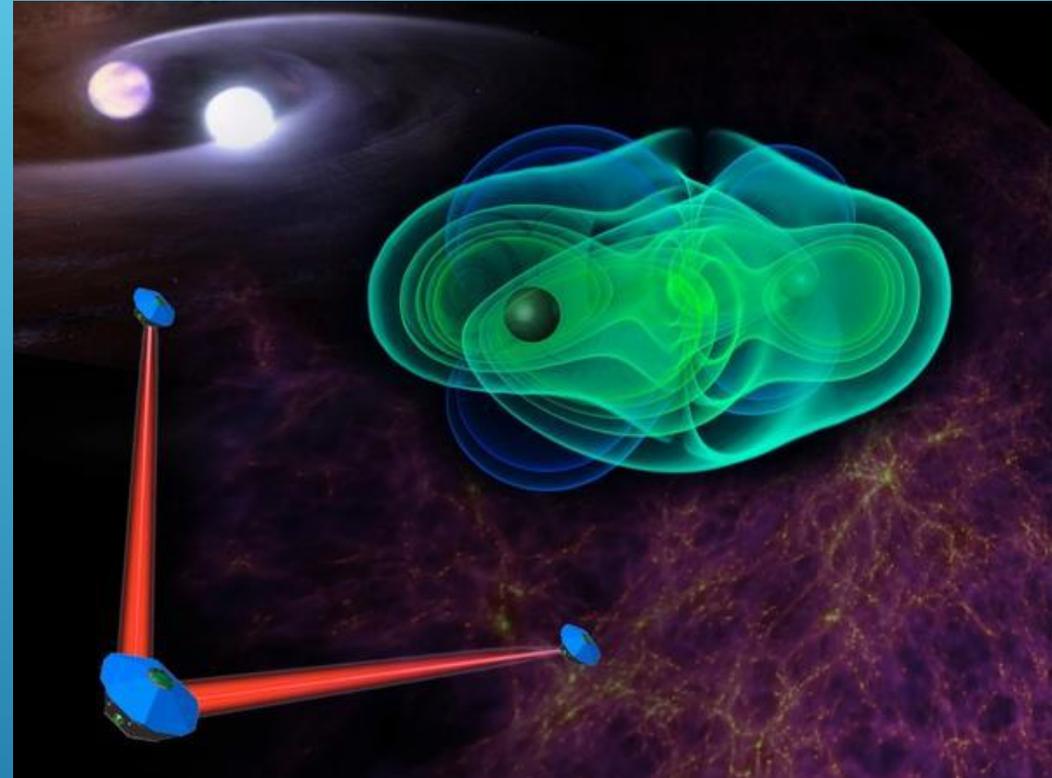
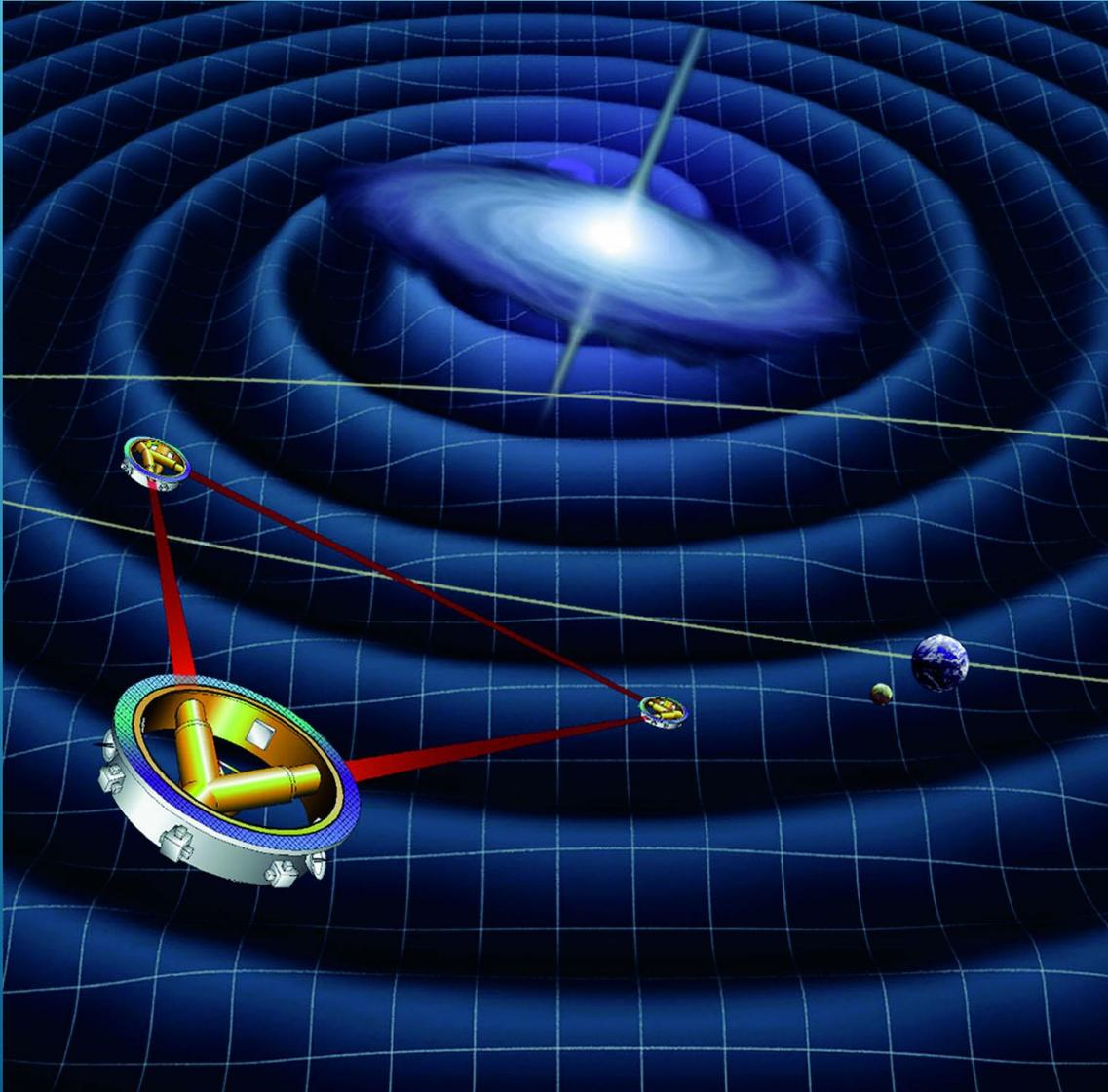
# РАДИОАСТРОНОМ



Космический  
интерферометр

Рекордное  
угловое разрешение

# КОСМИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ ELISA

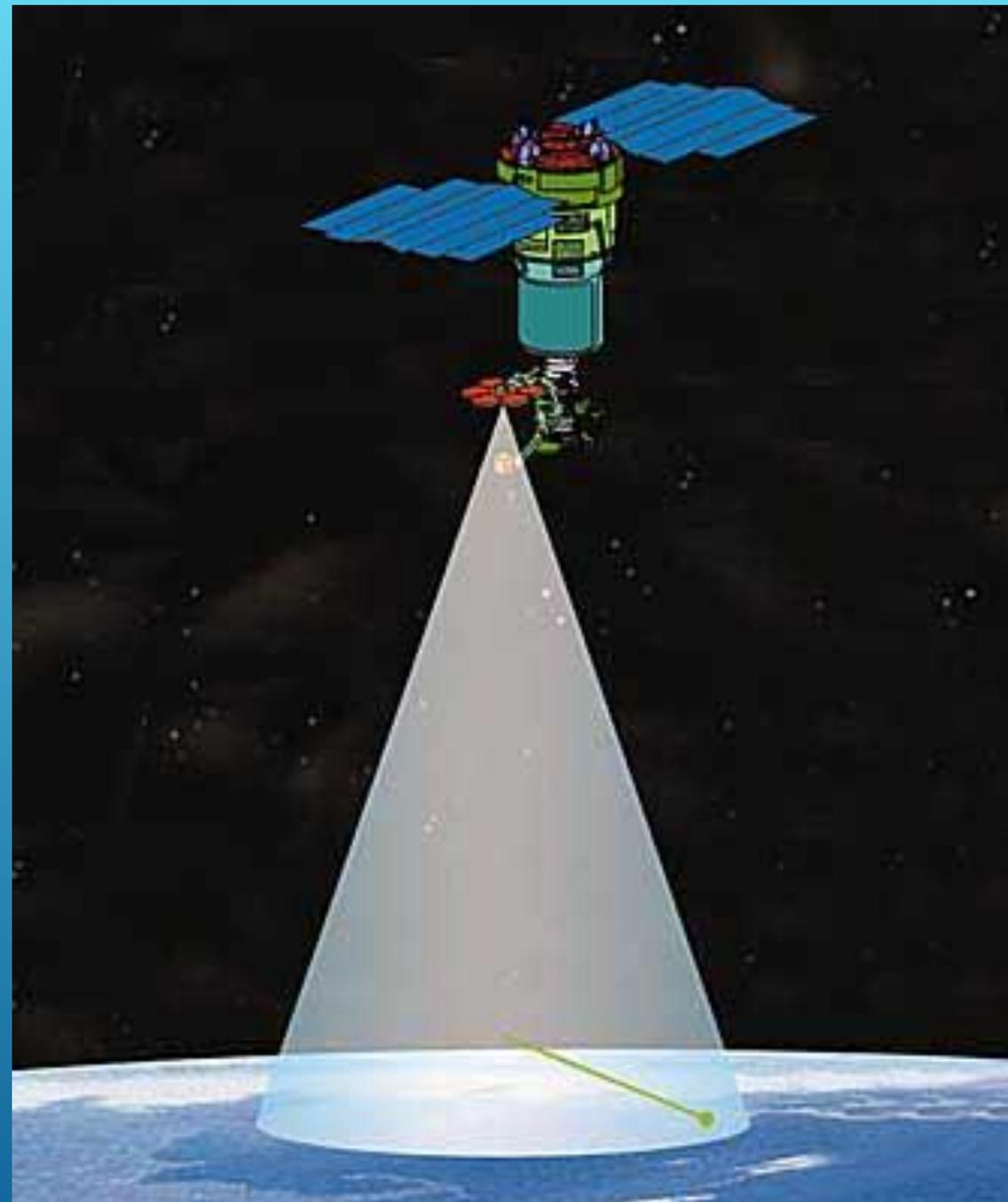


2.5 миллиарда долларов  
NASA сняла свое финансирование  
Сейчас ESA одобрена заявка на запуск  
упрощенного варианта в 2034 г.  
В новом виде проект назван eLISA.  
В 2016 г. NASA вернулось в проект!

# КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ

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

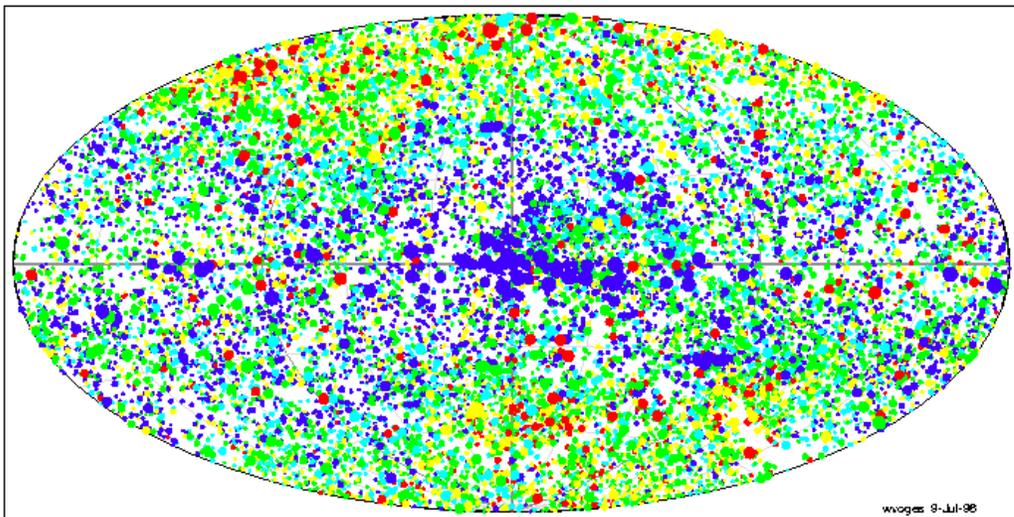
Задача: изучение редких частиц очень высоких энергий.



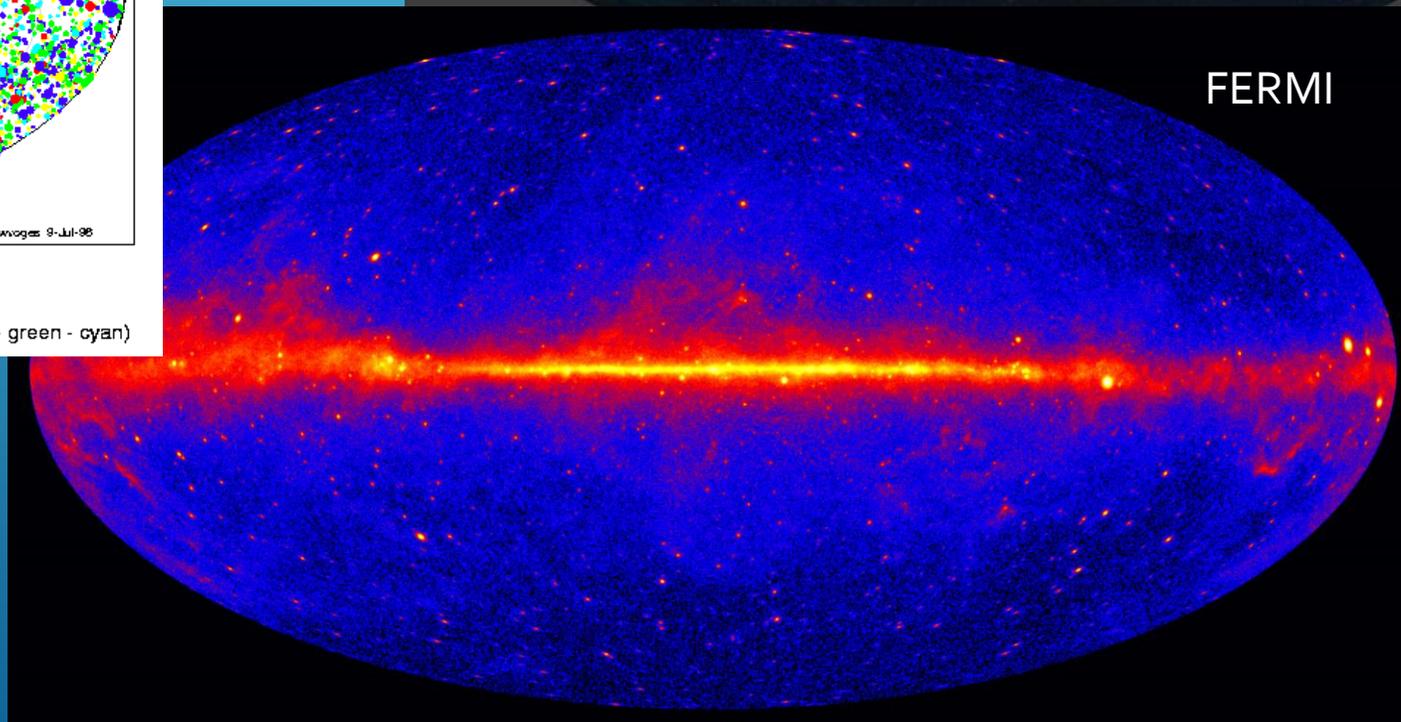
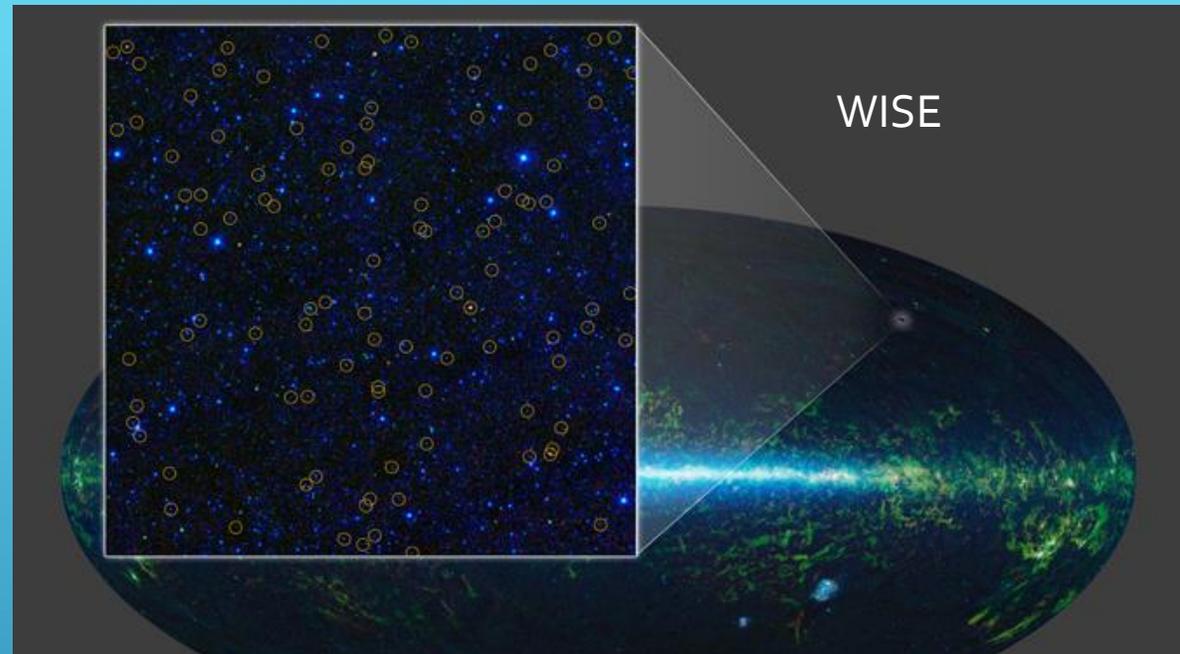
# ОБЗОРЫ

## ROSAT ALL-SKY SURVEY Bright Sources

Aitoff Projection  
Galactic II Coordinate System

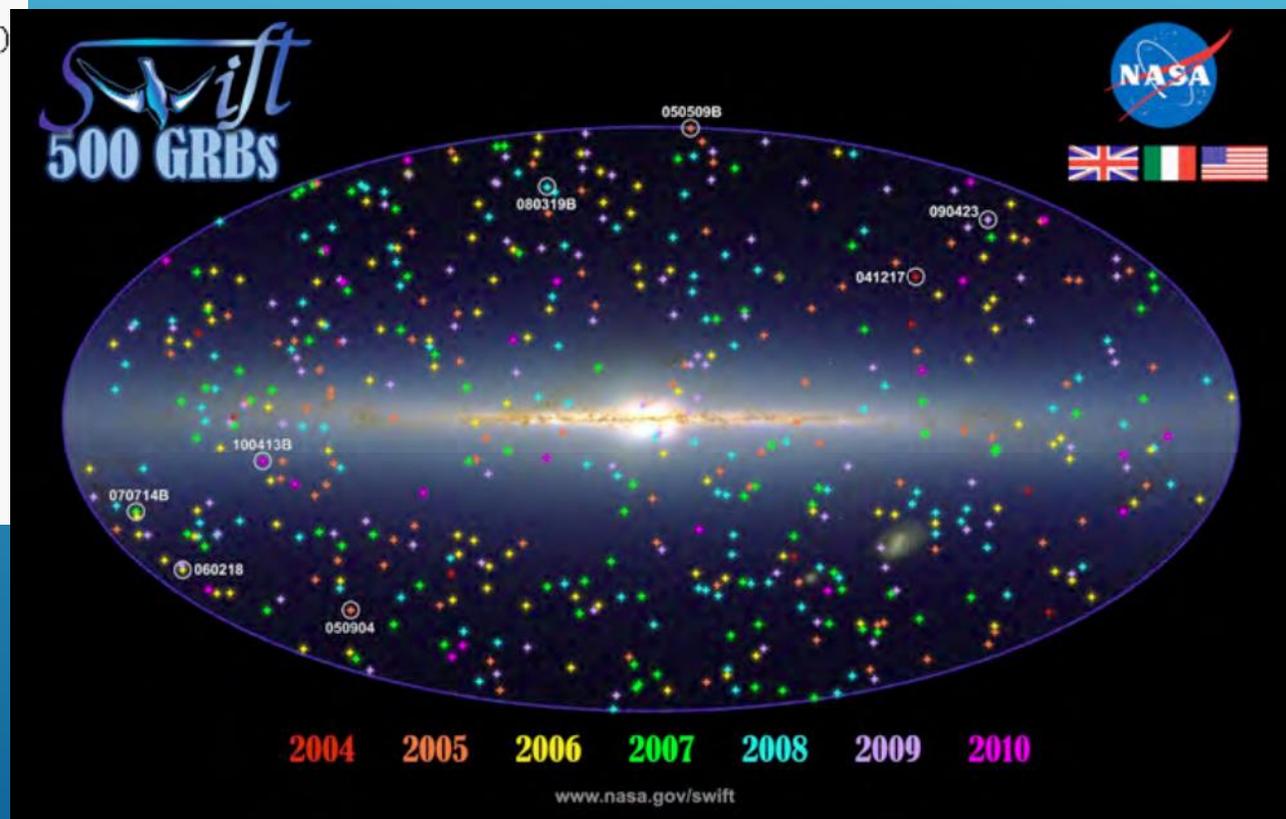
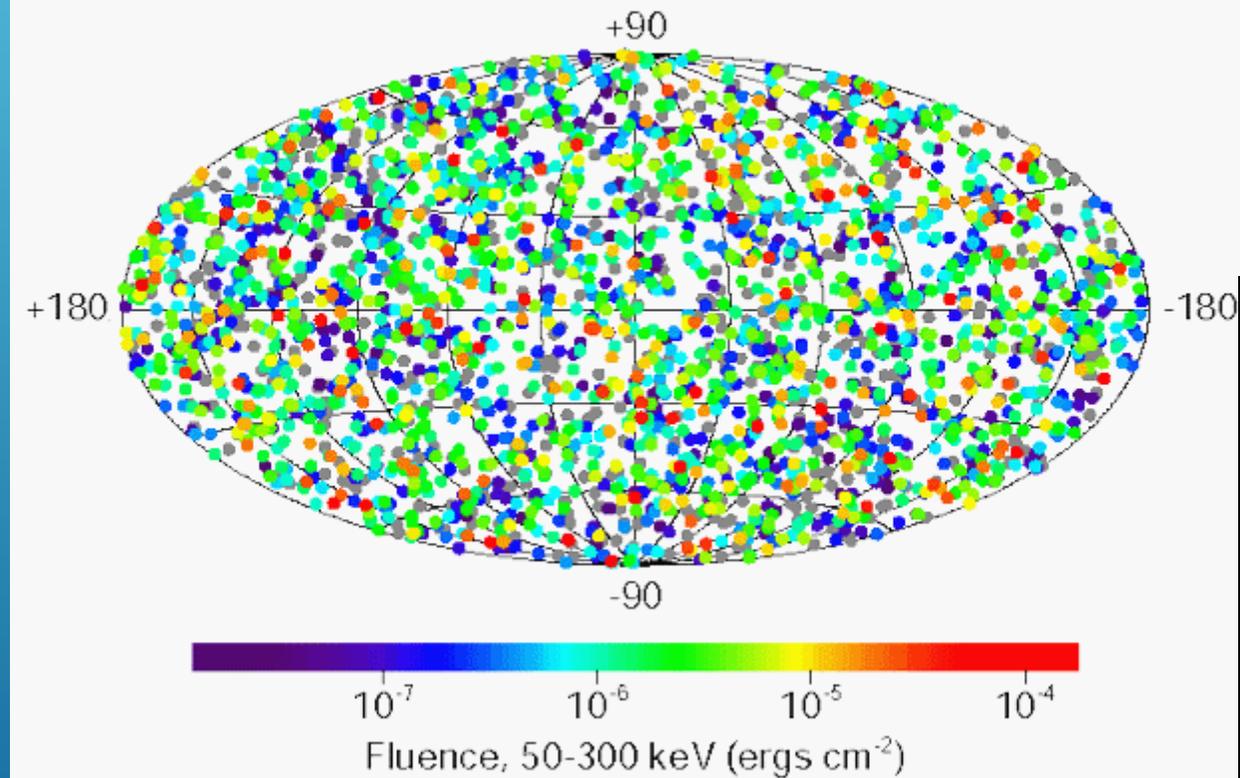


Energy range: 0.1 - 2.4 keV  
Number of RASS-II sources: 18811  
Hardness ratio: -1.0 | -0.4 | -0.2 | 0.2 | 0.6 | 1.0 (soft -> hard : magenta - red - yellow - green - cyan)



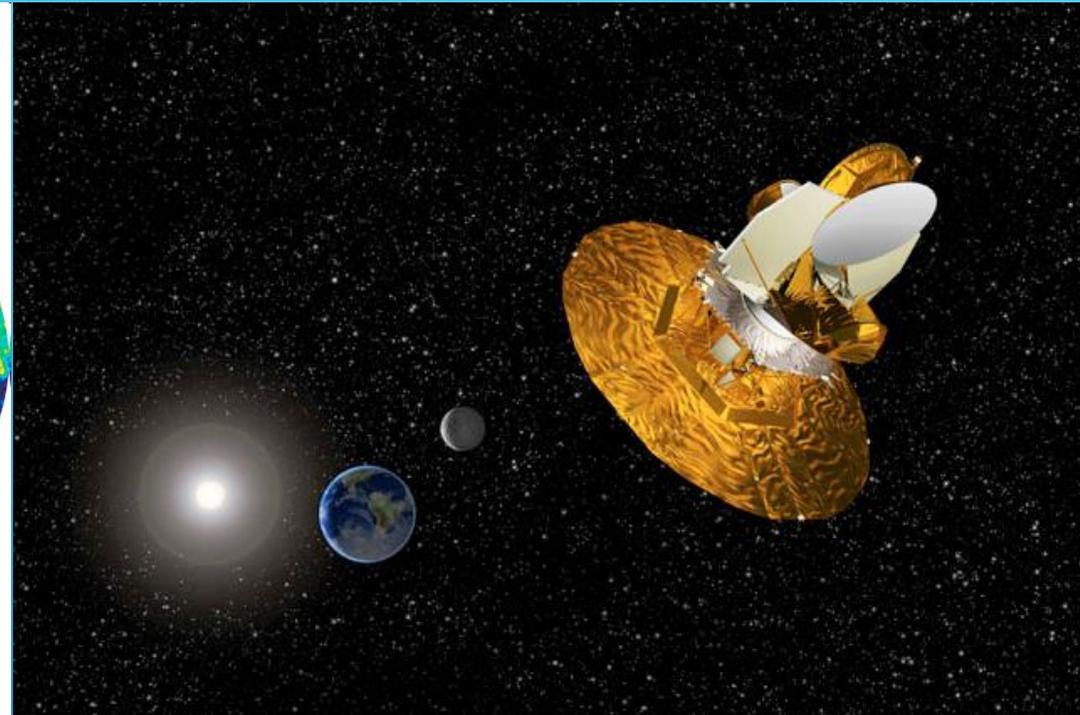
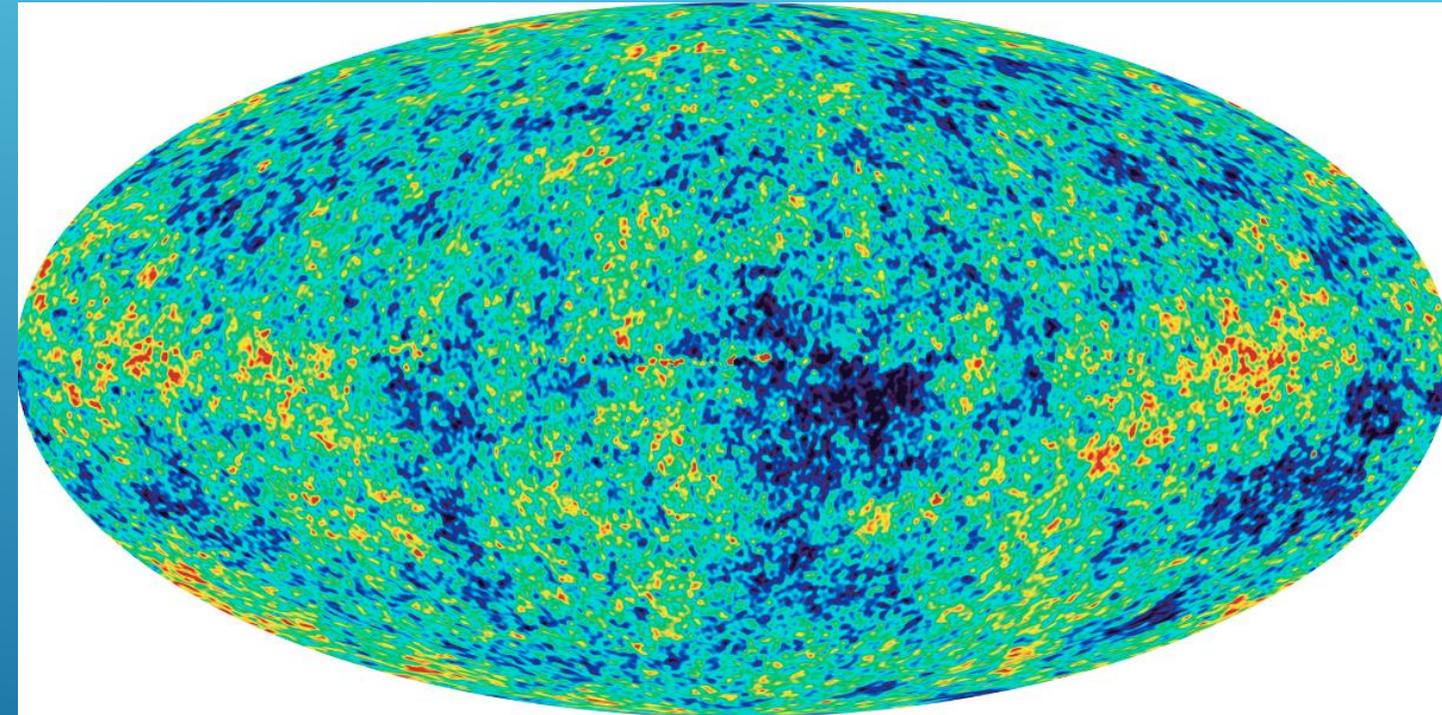
# МОНИТОРИНГ НЕБА

## 2704 BATSE Gamma-Ray Bursts



# СПУТНИК WMAP

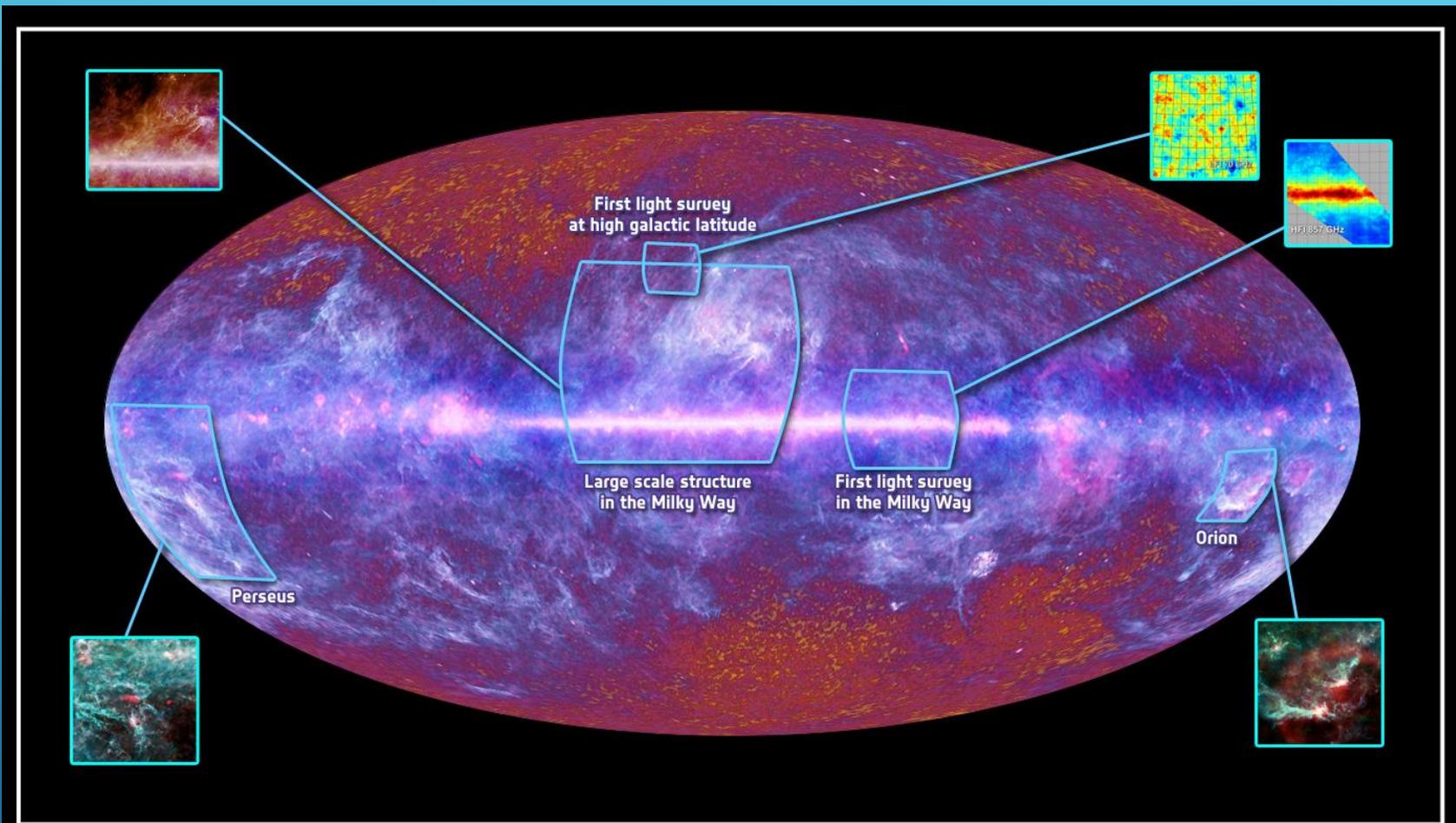
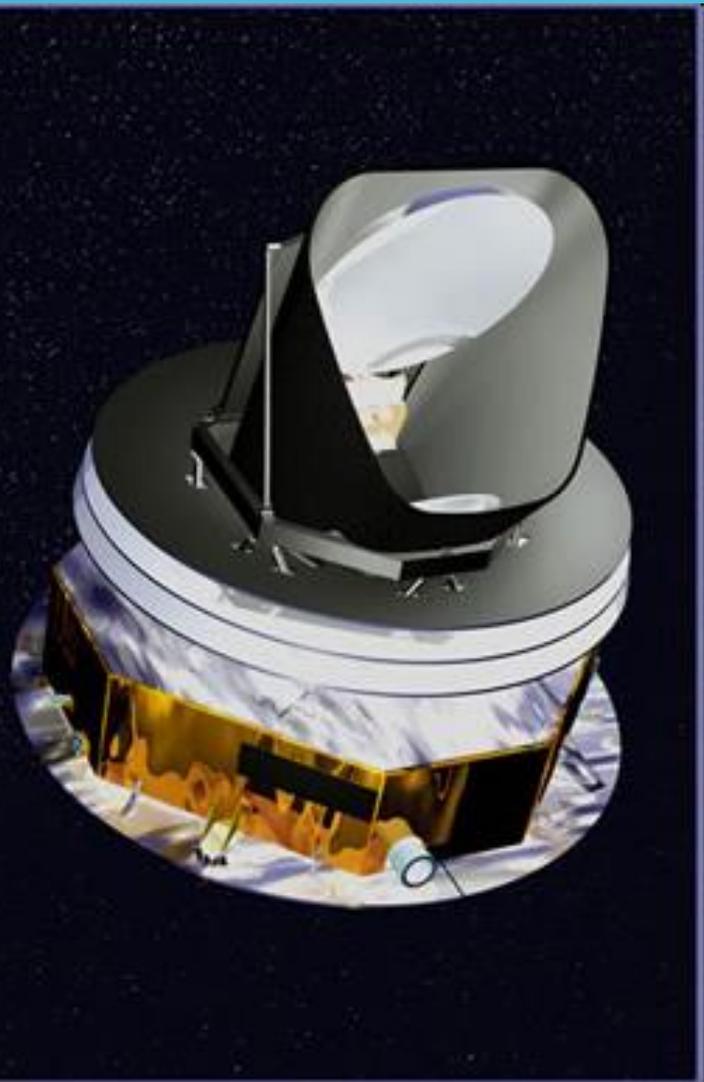
Спутник WMAP (США)



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

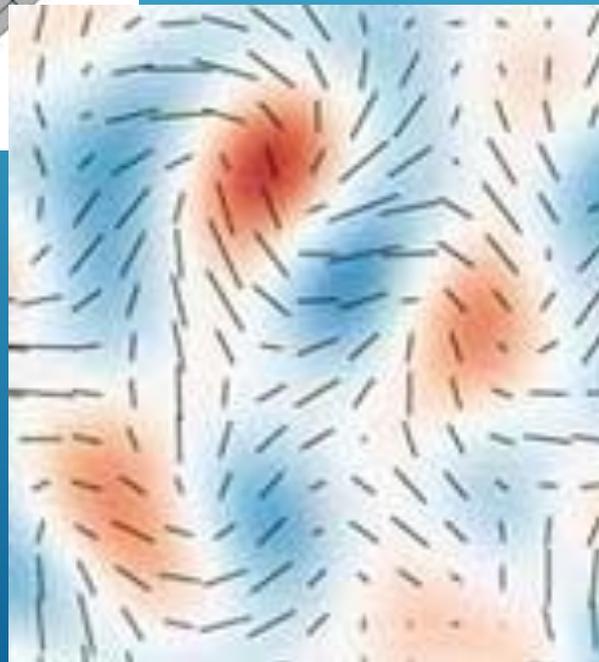
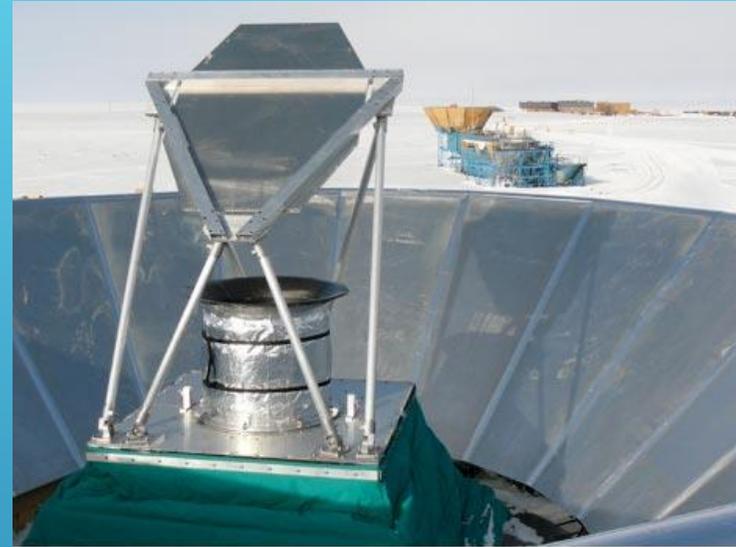
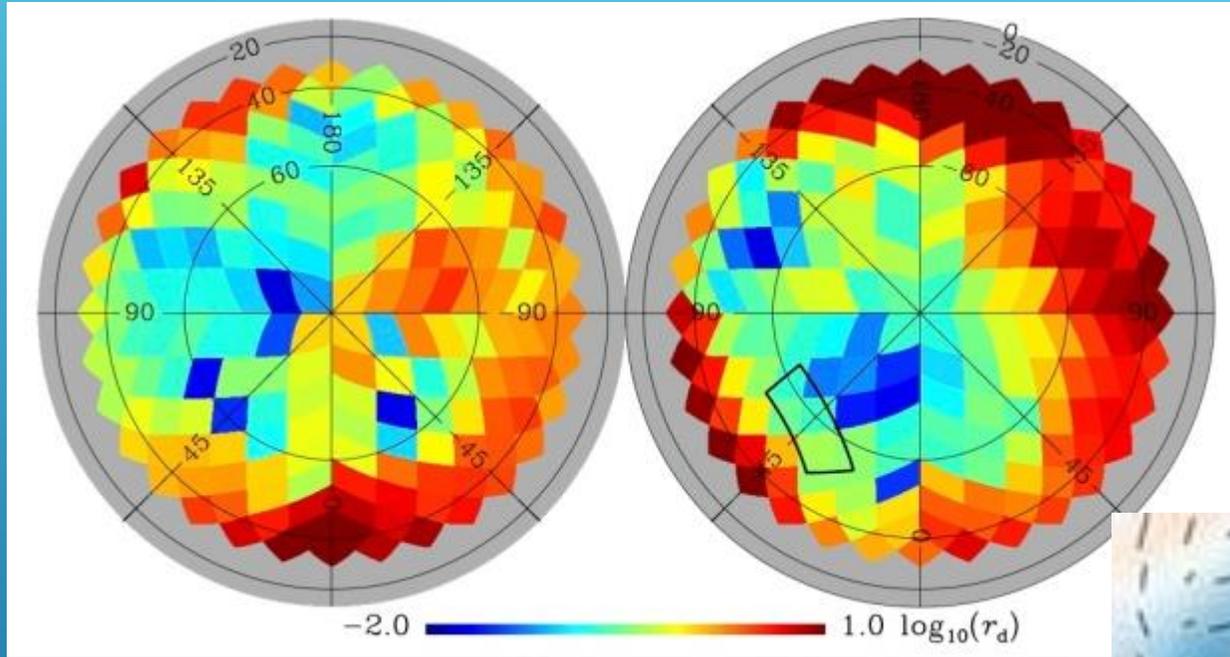


The Planck one-year all-sky survey



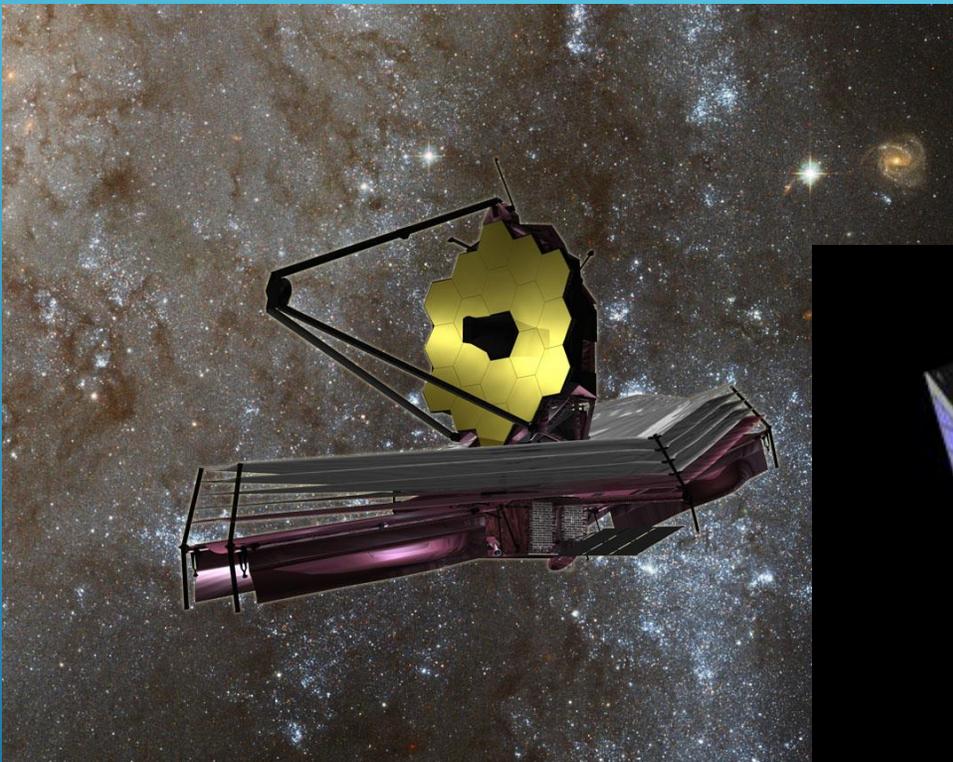
(c) ESA, HFI and LFI consortia, July 2010

# BICEP2 VS. PLANCK



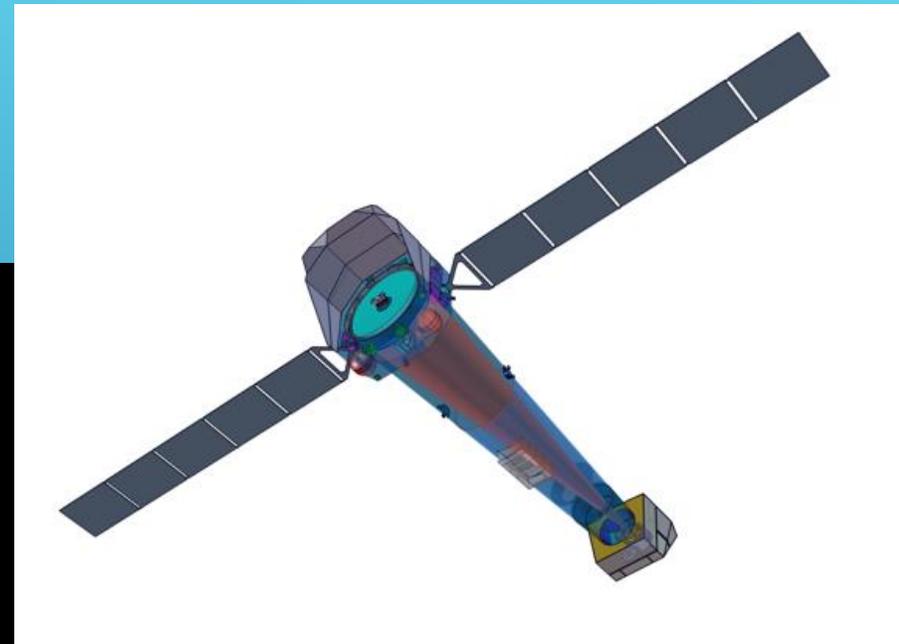
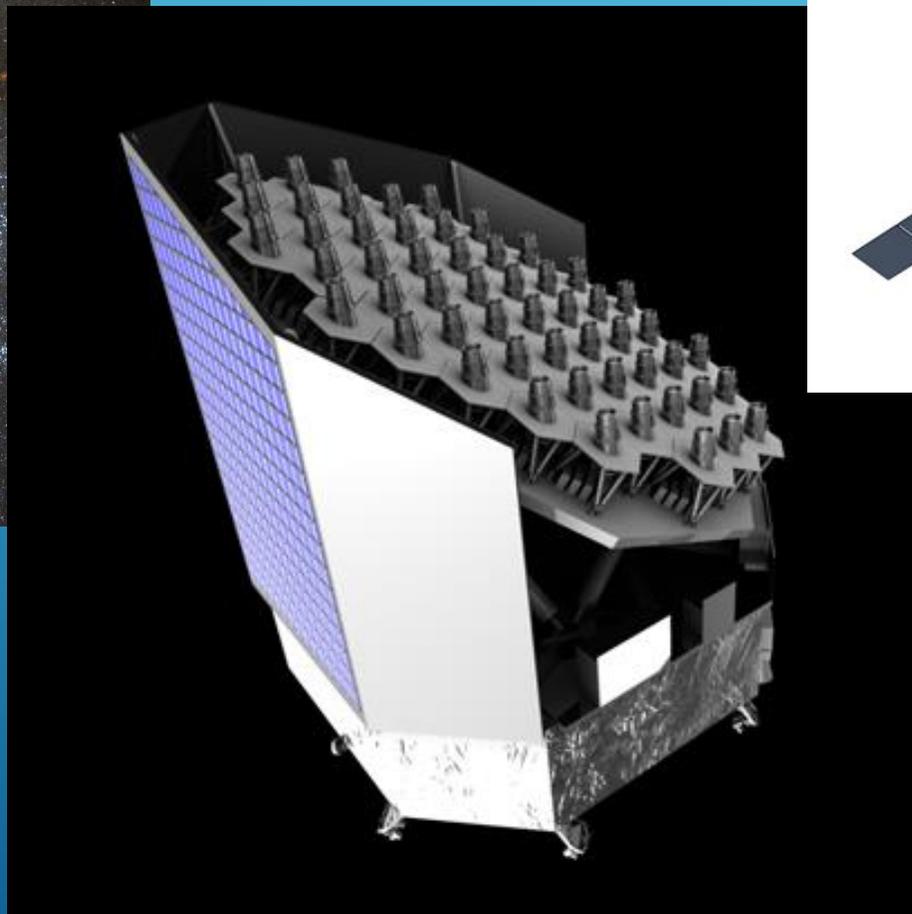
Установить истину помогло то, что Планк может наблюдать все небо на разных частотах.

# АСТРОНОМИЯ XXI ВЕКА



JWST (2020)

Plato (2026)



ATHENA (2028)