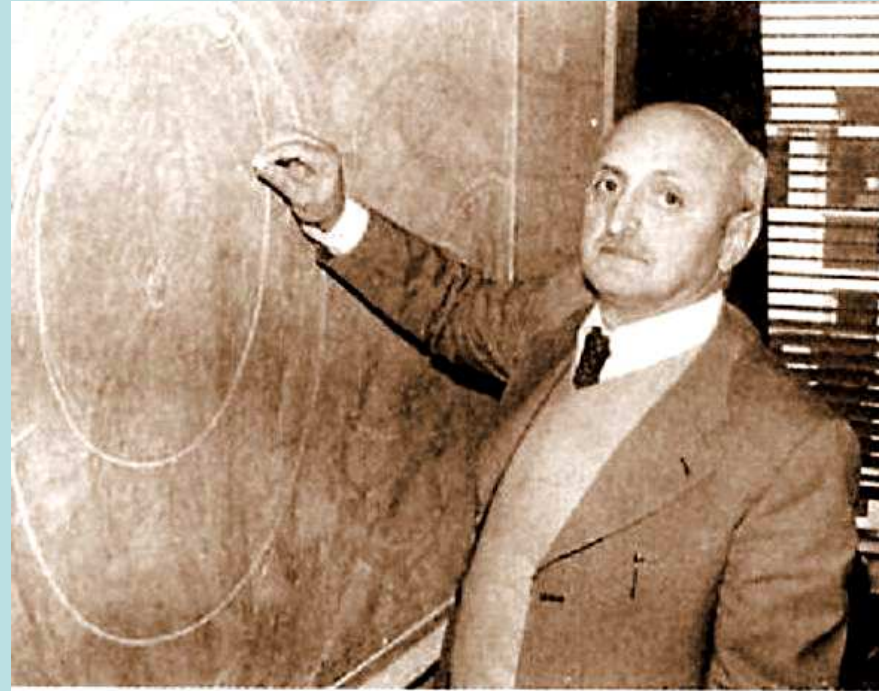
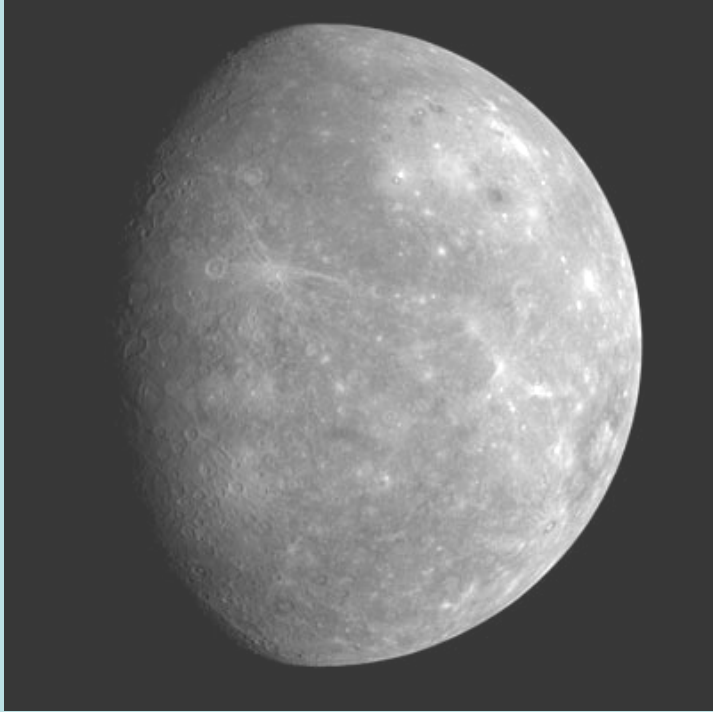




**Спектрометрические приборы с российским участием  
в проекте ESA и JAXA «Бепи Колombo».**

Кораблев ОИ (1), Гнедых ВИ (1), Котцов ВА (1), Козлов ОЕ (1),  
Моисеев ПП (2), Драпезо АП (3)

(1) *Институт космических исследований РАН,*  
(2) *ООО НПП Астрон Электроник,* (3) *ООО Вист Групп Сенсор.*

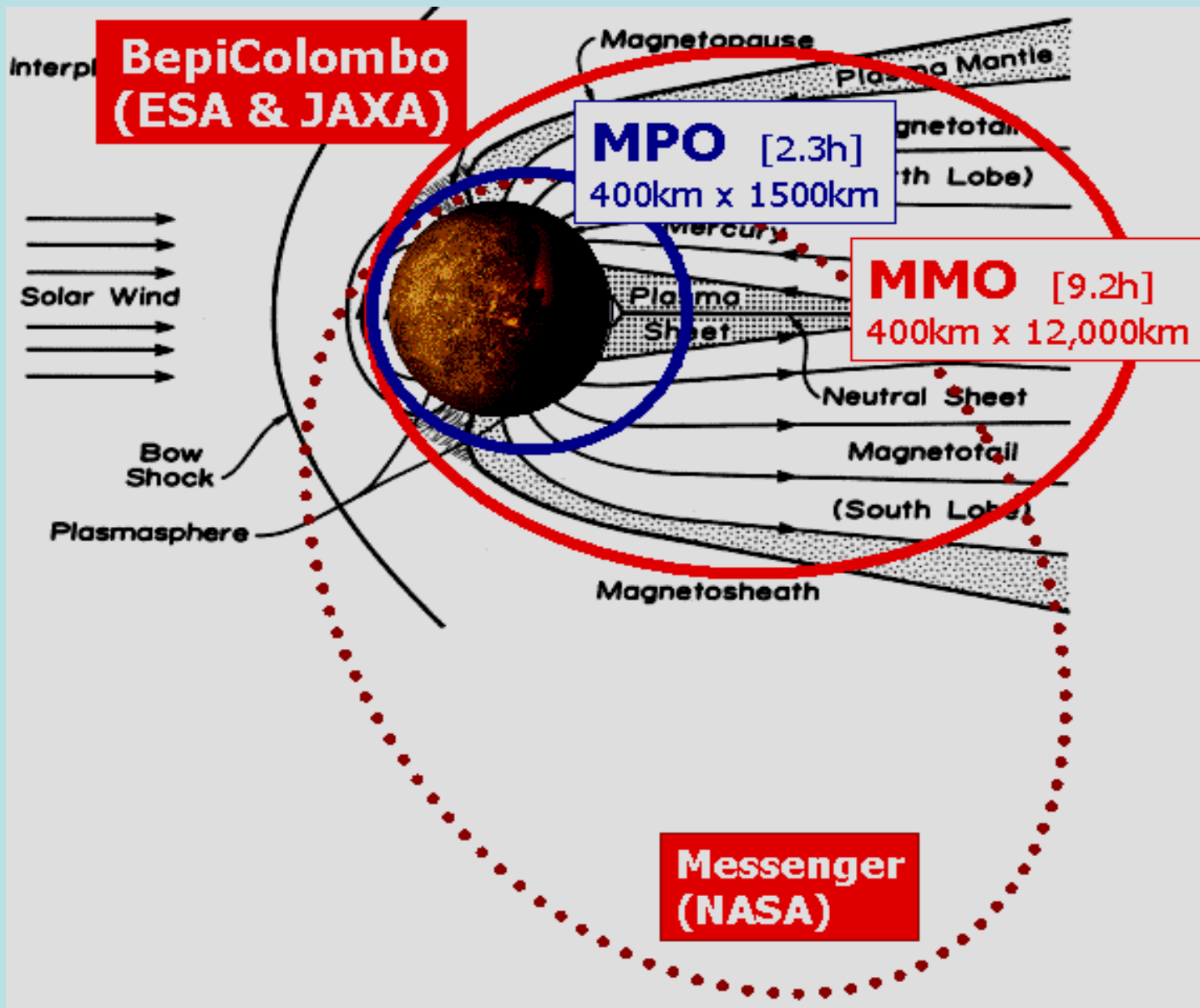


- Миссия названа в честь итальянского математика и инженера Джузеппе (Бепи) Коломбо (Giuseppe Colombo, 1920 – 1984), профессор теоретической механики Университета в Падуе. Он разработал теорию гравитационного манёвра, и участвовал в разработке траектории полета КА «Маринер–10». Время перелета к Меркурию 10 лет.
- КА «Бепи Коломбо» будет запущен в 2015 г. с космодрома в Куру и совершит четыре гравитационных маневра в поле тяготения Луны, Земли, Венеры и Меркурия. Время перелета составит 6 лет.

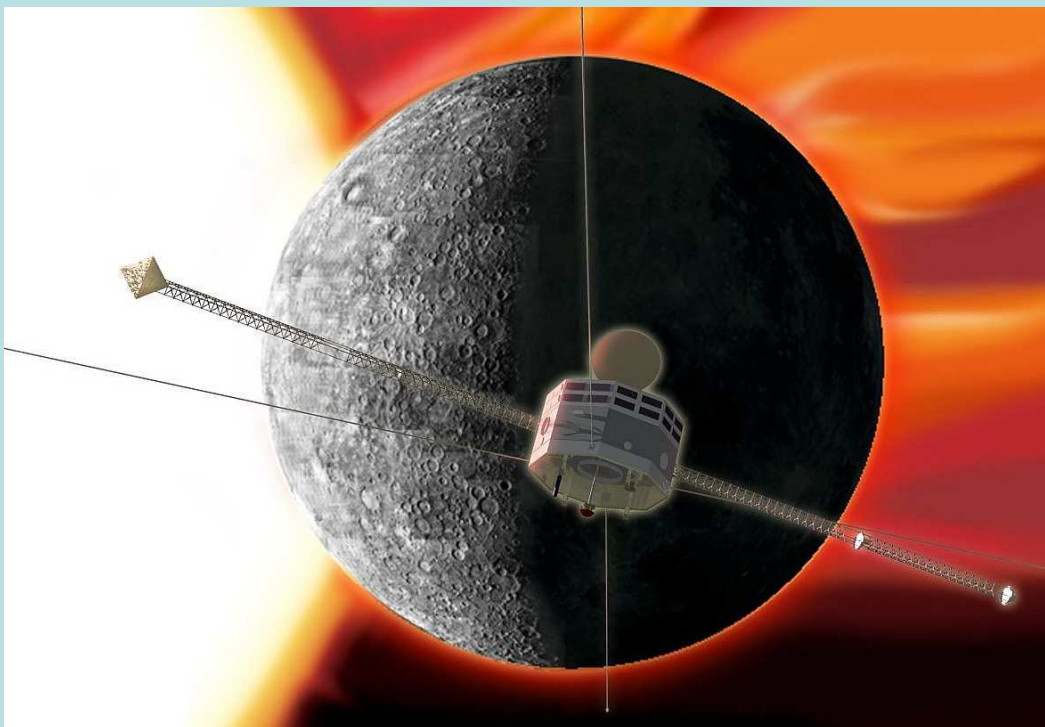
## Разделяемые части КА «Бепи Колombo»: перелетный модуль, европейский МРО, японский ММО



## Характеристики орбит зондов вокруг Меркурия



# Mercury Magnetospheric Orbiter (MMO)



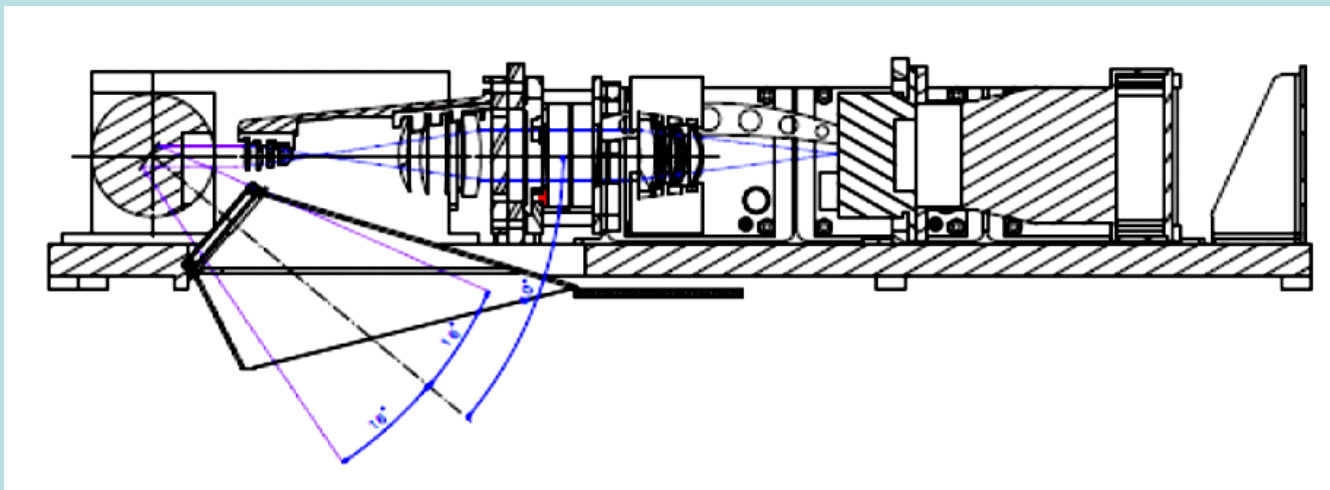
Стабилизация вращением

- **Орбита :**
- Высота ~  $400 \times 12\,000$  км,
- Наклонение = 90 град,
- Период ~ 9,3 часа



## MSASI –камера наблюдения в лучах натрия

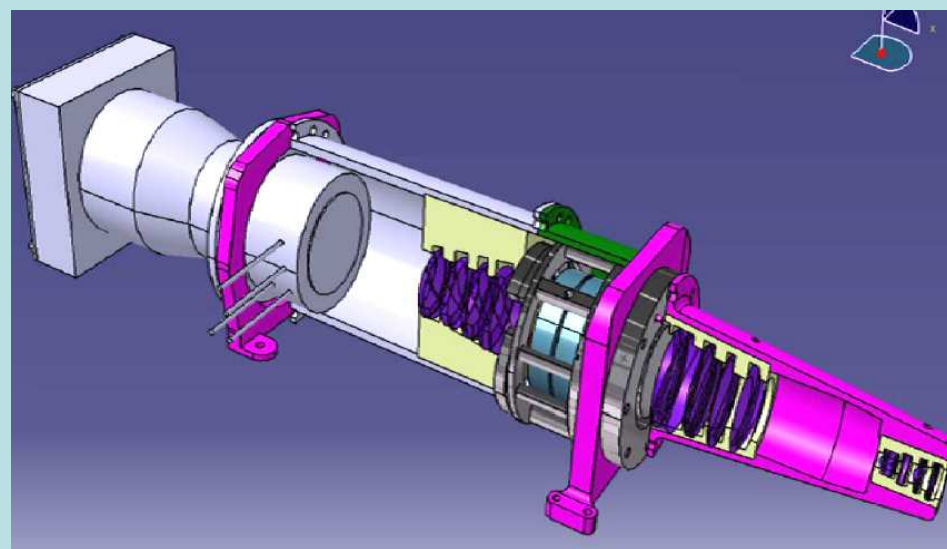
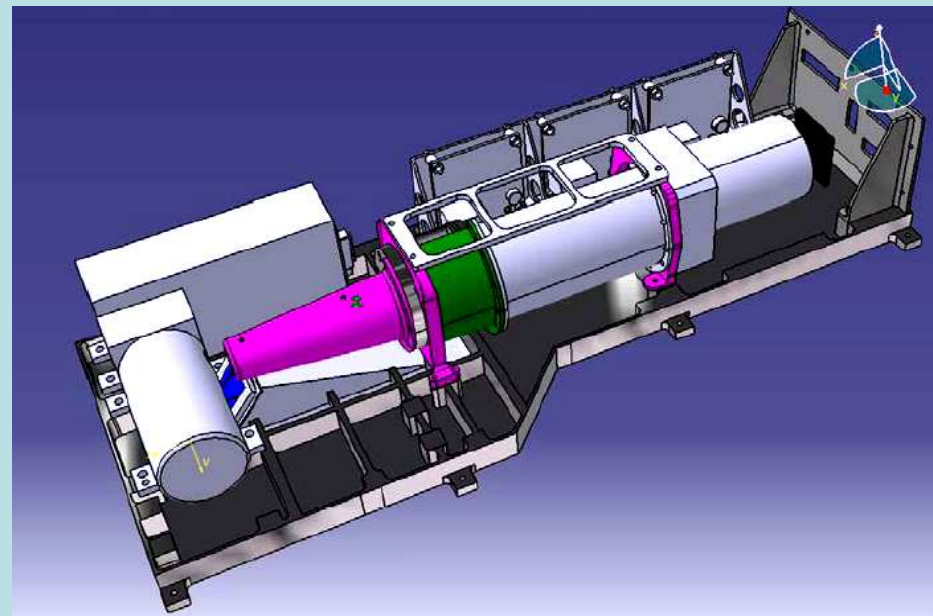
- Основной целью прибора MSASI является определение причин появления Na в экзосфере Меркурия.
- Использование сканирующего зеркала и вращение КА позволит получать изображения диска планеты в интересующих регионах, например, полярных областей, кратера Каролиса и магнитосферы.
- Все оптические элементы оптико-механического узла установлены на базовой платформе из сплава алюминия. Базовая плита имеет хорошую теплопроводность с платформой ММО.



## MSASI – камера наблюдения в лучах натрия

### Характеристики прибора

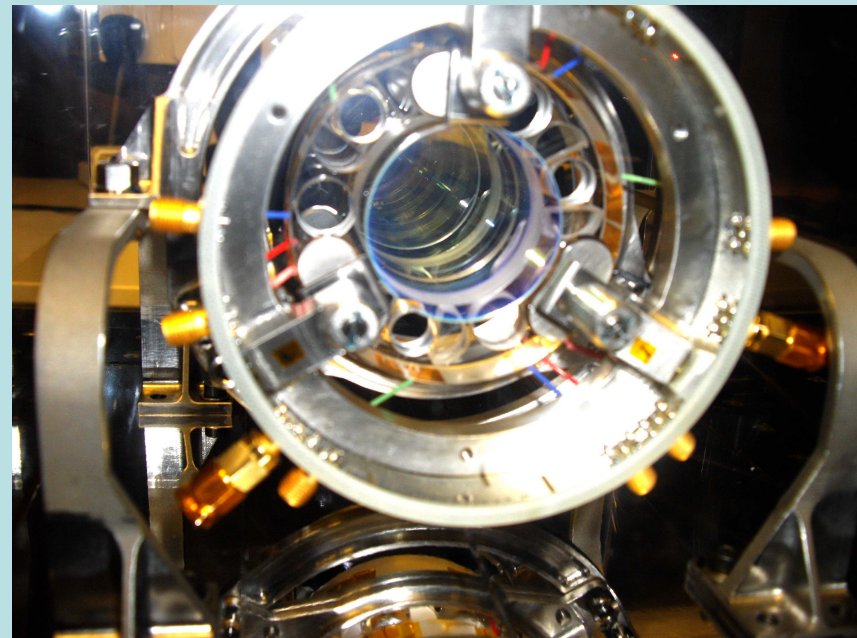
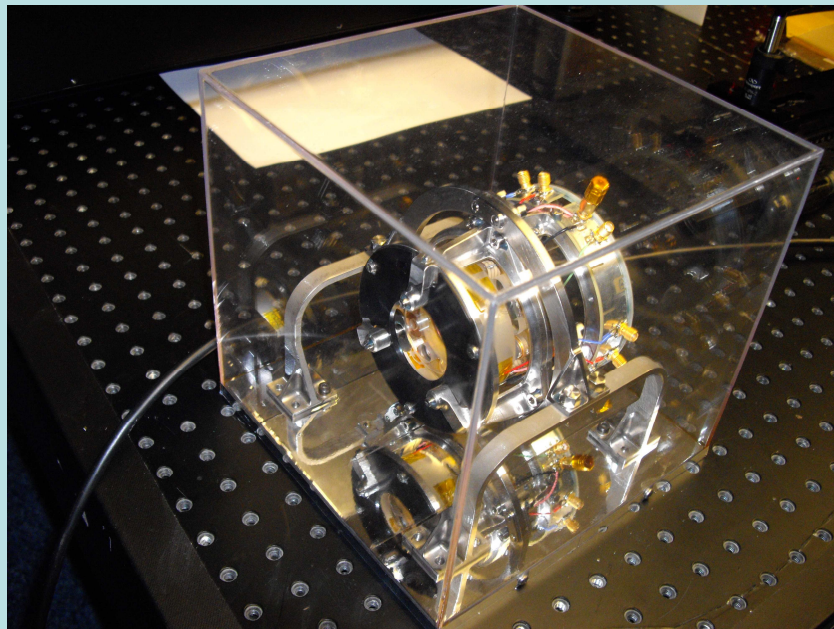
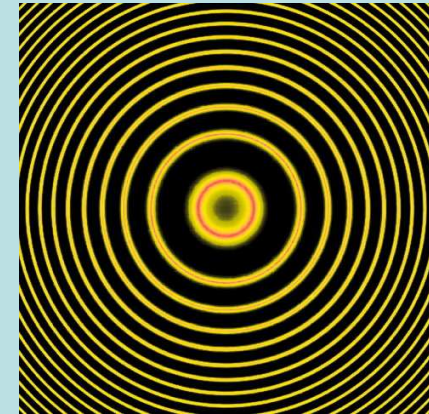
Полоса пропускания	589, 1303-589, 1863 нм
Спектральное разрешение	0,007 нм
Пространственное разрешение	0,17' (1/64RM)
Номинальная чувствительность	> 40 кR
Поле обзора	2 x 2 град
Интерферометр	Фабри –Перо
Детектор	STAR-1000 (CMOS)
Механическое сканирование	



## MSASI –камера наблюдения в лучах натрия

MSASI это высоко-дисперсионный спектрометр работающий в спектральном диапазоне длин волн натрия D2 (589 нм), предназначенный для анализа его распределения в экзосфере Меркурия.

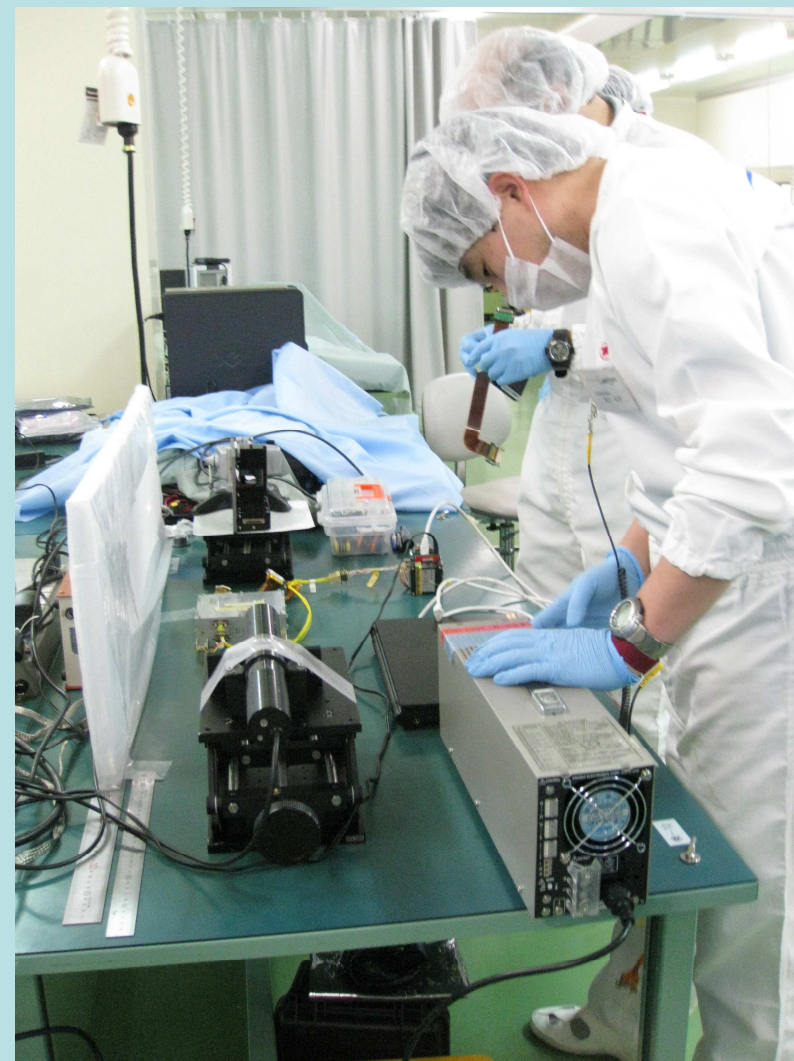
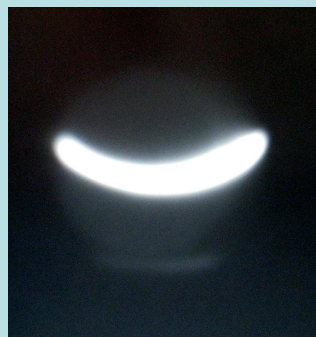
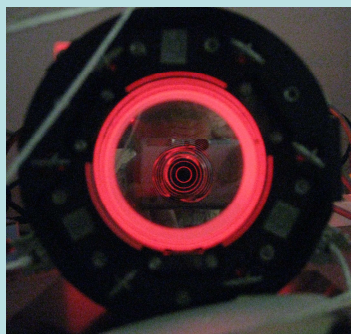
Компактность реализации его оптического узла достигается за счет применения эталона Фабри-Перо. Диэлектрические многослойные покрытия оптимизированы на 589.0 нм и имеют отражение более 94%.





# MSASI – камера наблюдения в лучах натрия

Оптические испытания моделей узлов прибора



## MSASI –камера наблюдения в лучах натрия



**Сканирующая система** содержит узел контроля положения зеркала на датчиках Холла

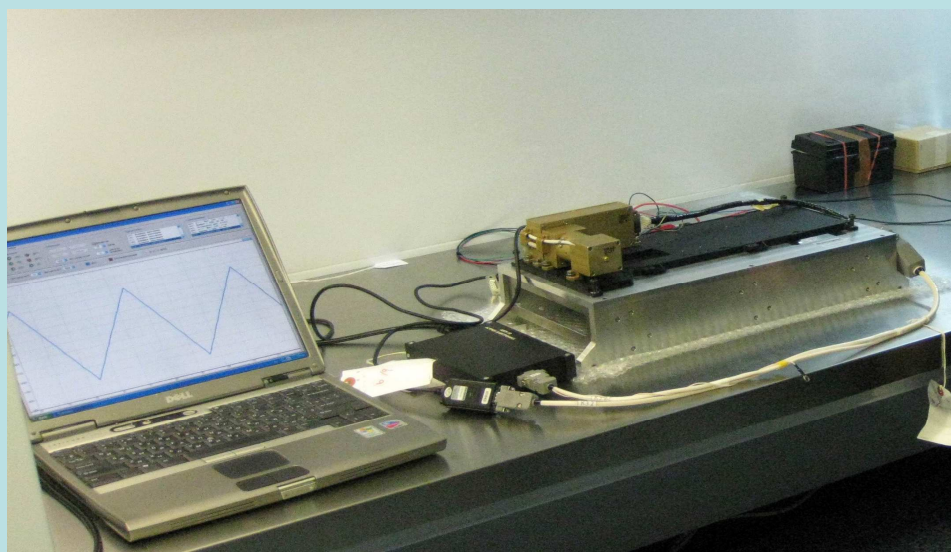
Рабочая зона визирования – 15град

Точность положения – 0,7 град

Количество шагов – 22.

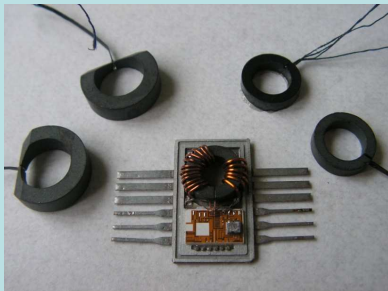
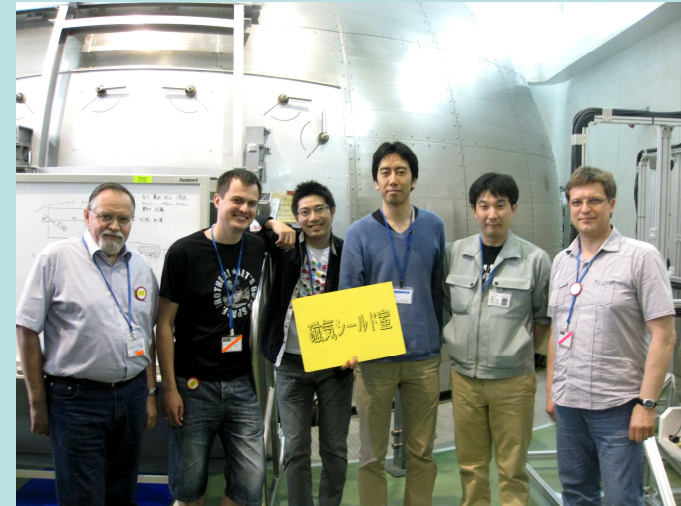
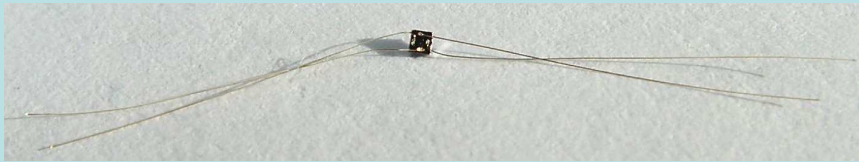
Время изменения шага – не более 1сек.

Период изменения шага – 4 сек.



# MSASI –камера наблюдения в лучах натрия

Применение датчиков Холла для контроля  
углового положения сканирующего зеркала



# Mercury Planetary Orbiter (MPO)



## Орбита :

- Высота ~ 400 × 1500 км,
- Наклонение = 90 град,
- Период ~ 2,3 часа



# Ультрафиолетовый спектрометр ФЕБУС

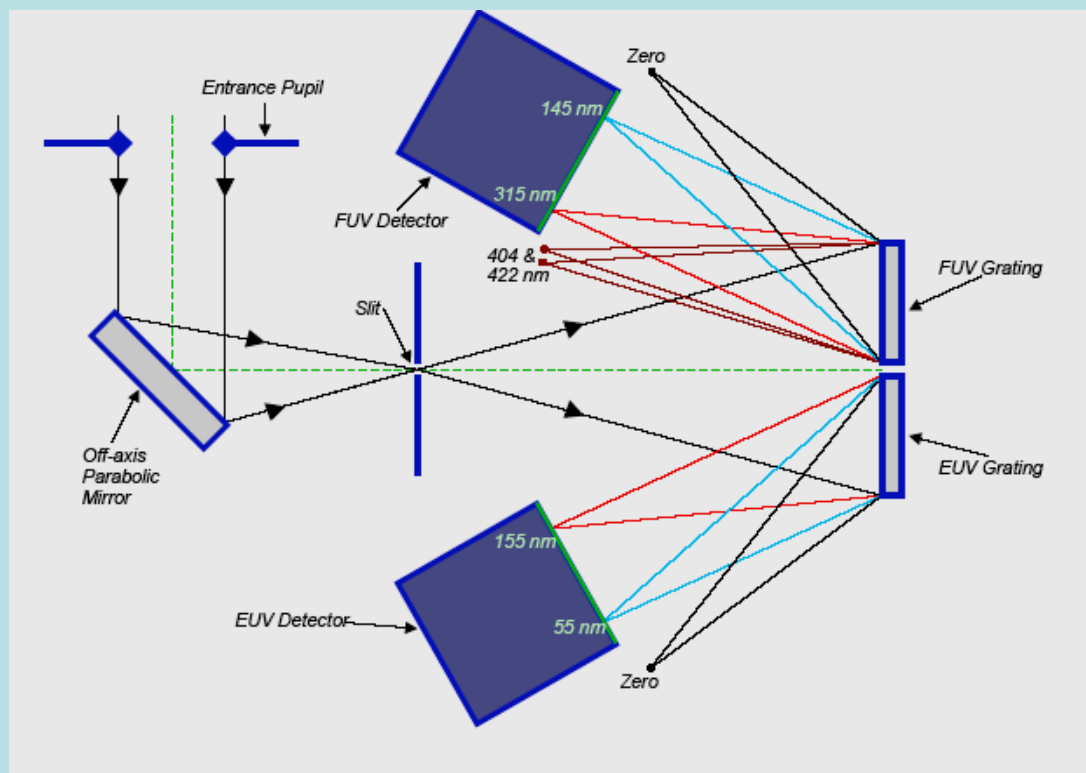
## Цели эксперимента Фебус

- Исследование экзосферы Меркурия, процессов диссипации, ионосферы и обмена нейтральной атмосферы и ионосферы и поверхности при помощи УФ-спектроскопии нейтральных частиц, и ионов в экзосферы Меркурия.
- Планетографическое и сезонное картографирование
- Вертикальное картографирование для характерных точек
- **Спектрометр Фебус** должен регистрировать спектры излучения экзосферы планеты в диапазоне глубокого вакуумного ультрафиолета, где расположены линии излучения нейтральных и ионизированных химических элементов **водород, гелий, ксенон, аргон, кислород, калий и кальций**. По данным спектрам определяется химический состав экзосферы.



# Ультрафиолетовый спектрометр ФЕБУС

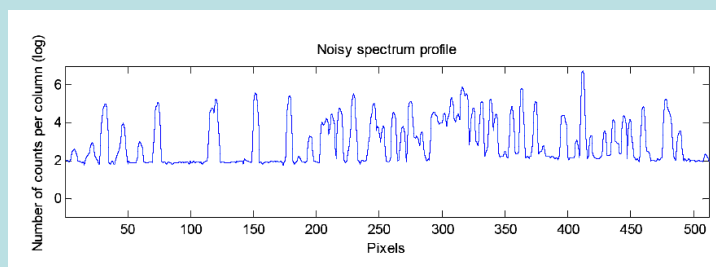
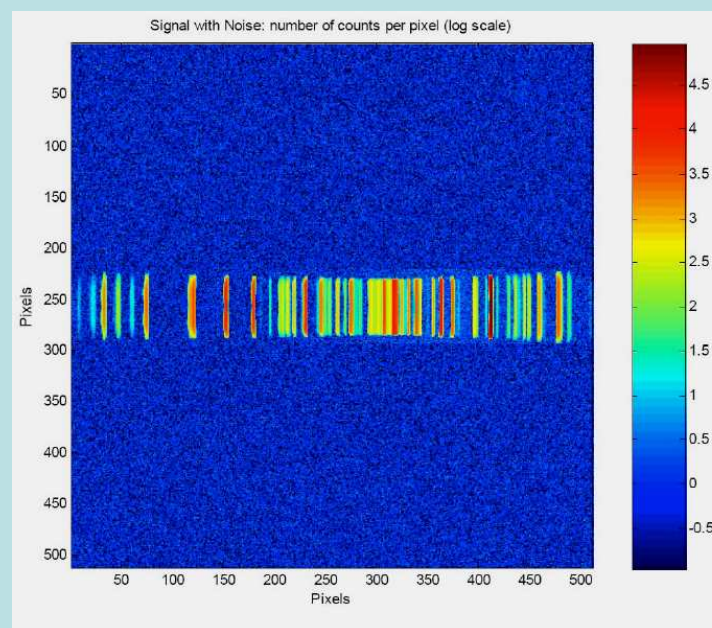
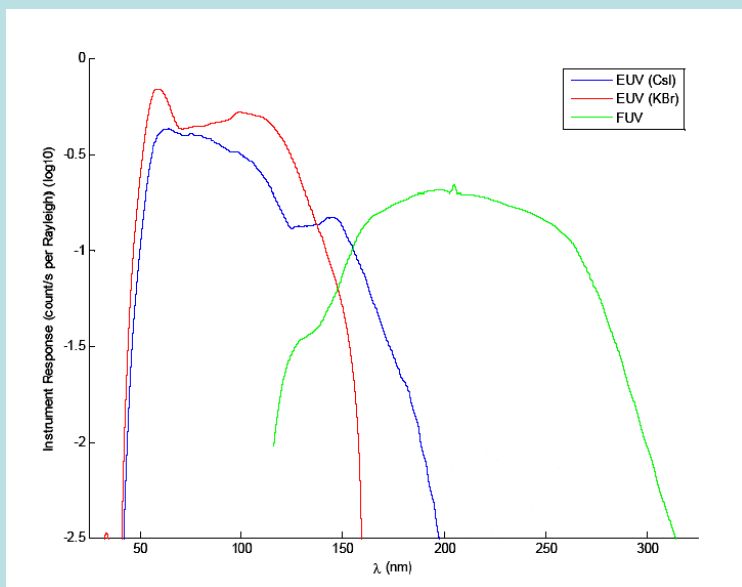
- Спектральный диапазон 30-330 нм
  - канал жесткого ультрафиолета (EUV) 30-150 нм,
  - канал мягкого ультрафиолета (FUV) 105-330 нм,
- Спектральное разрешение 1-1,5 нм
- Вертикальное разрешение 20 км
- Разрешение по широте 20 град
- Диапазон сканирования 0-1500 км



# Ультрафиолетовый спектрометр ФЕБУС



Детекторы включают микроканальную пластину анод покрыт CsI для диапазона EUV и CsTe для диапазона FUV



## Ультрафиолетовый спектрометр ФЕБУС

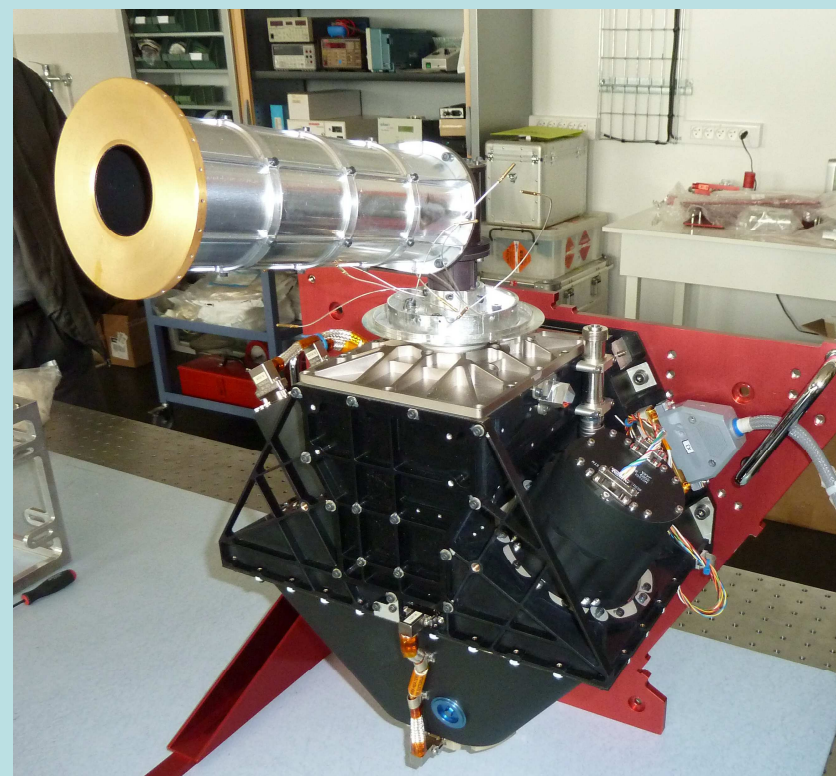
Для наблюдения пространственного распределения химических элементов спектрометр снабжен поворотной системой.

**Диапазон углов 360°**

- Скорость рабочая 4° в мин
- Максимальная скорость 5° в сек
- Точность углового положения 0.1°
- FOV 1×1°
- Масса 1,1 кг

Система содержит узел контроля положения на датчиках Холла и узел защиты от засветок.

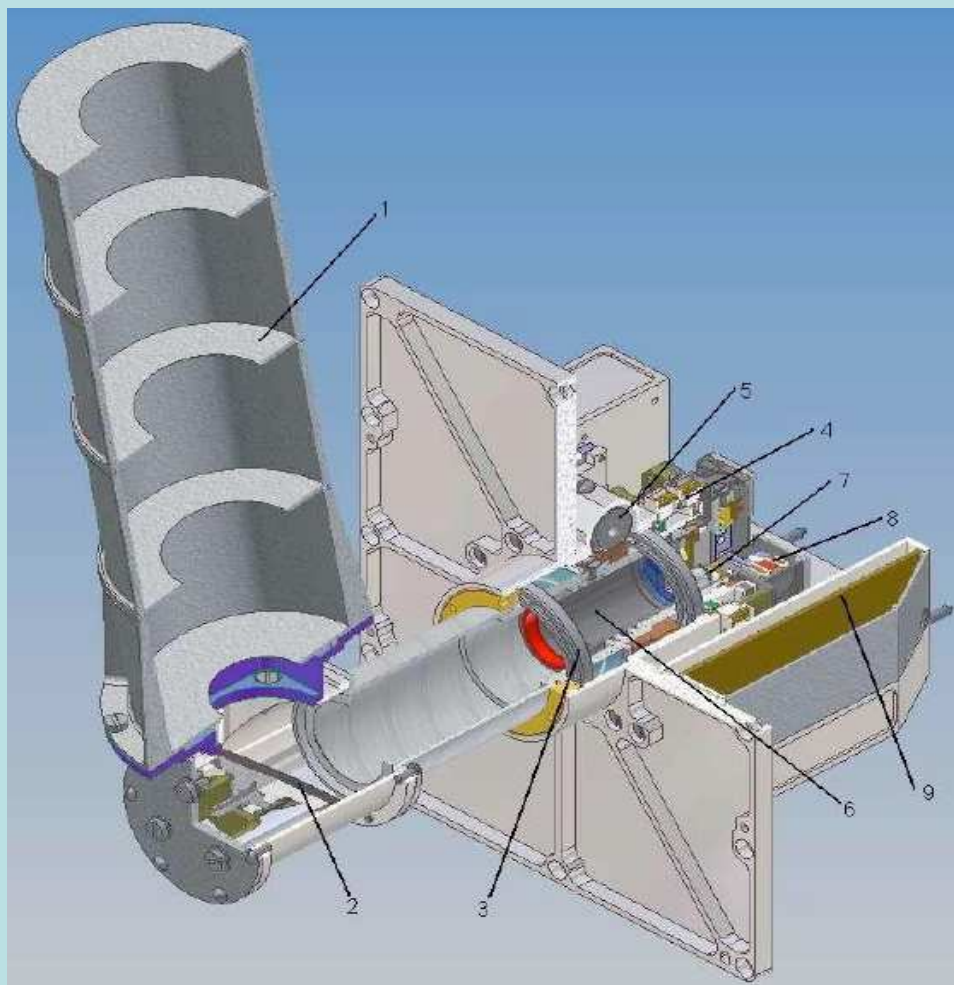
Она также обеспечивает проведение абсолютных калибровок спектрометра по известным источникам излучения





# Ультрафиолетовый спектрометр ФЕБУС

**Поворотная система**  
для наведения оптической оси в  
заданную точку наблюдения



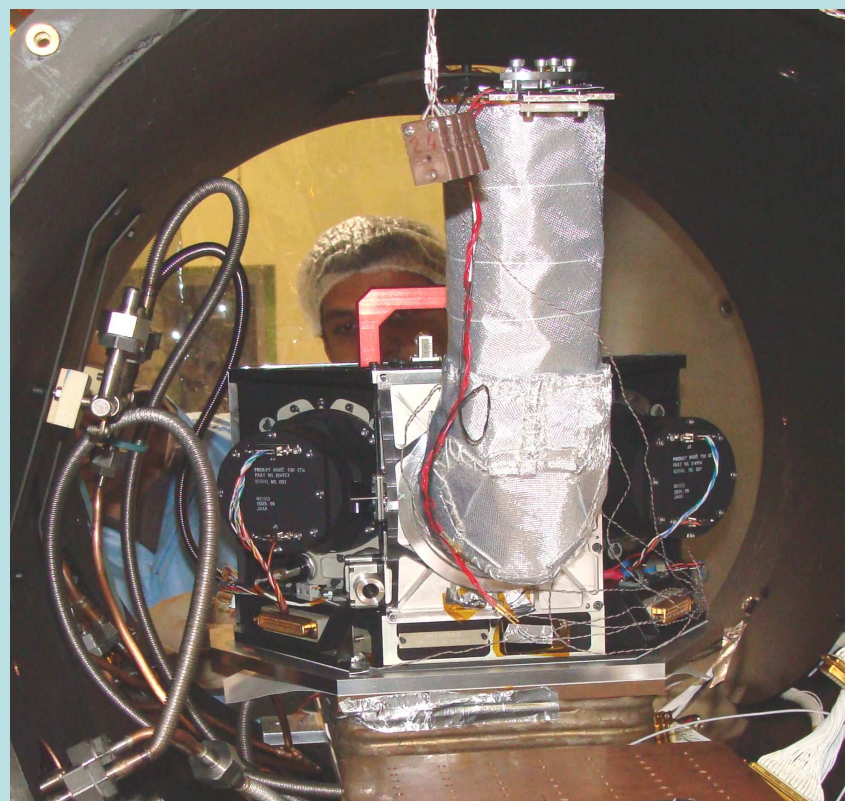
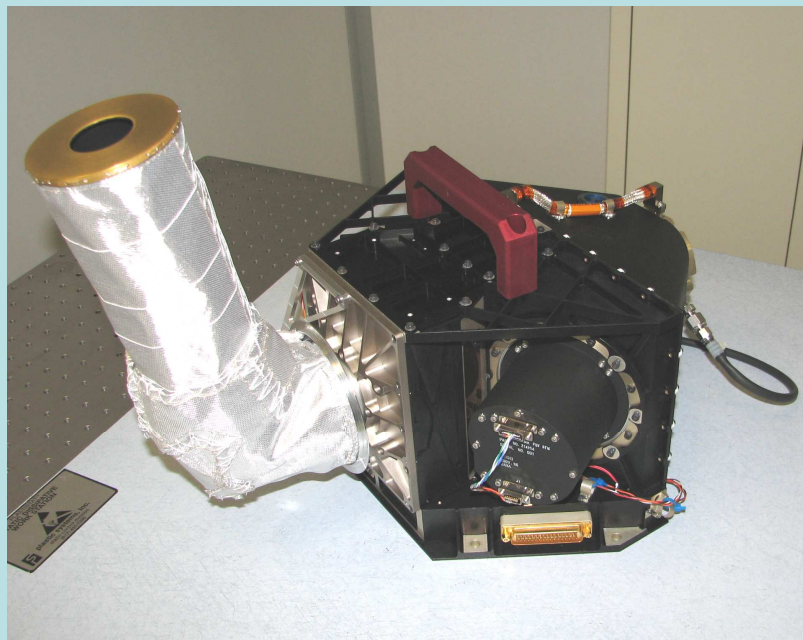
**Зеркало 33 мм из карбида кремния с тепловой развязкой из титана. Оно имеет форму внеосевого парабоида с фокусным расстоянием 170 мм и отклоняющее под углом 100 °**

- 1 – Входная бленда**
- 2 – Элемент ПУ с параболическим зеркалом**
- 3 – Подшипники вращения**
- 4 – Датчик углового положения**
- 5 – Механизм привода**
- 6 – Внутренняя бленда**
- 7 – Фотоприемник затвора**
- 8 – Затвор защиты**
- 9 – Блок электроники**

## Ультрафиолетовый спектрометр ФЕБУС

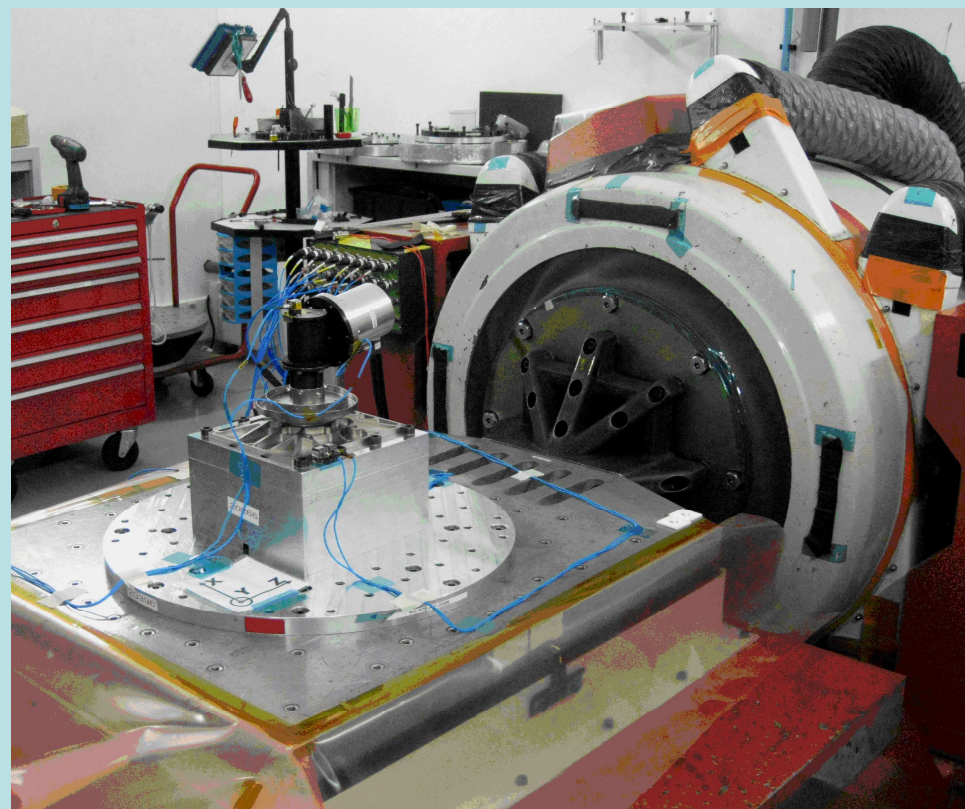
- Главные и самые чувствительные части поворотного узла и спектрометра должны иметь температуру близкую к температуре космического корабля ( $\sim 60^{\circ}\text{C}$ ).

Бленда изготовлена из алюминия и обшивается ЭВТИ.



Механические испытания узлов и моделей приборов для **КА**  
**«Бепи Колумбо»** проходили при повышенных нагрузках

Вибрационные ~ 30 g  
Ударные - до 1000 g



# Спасибо за внимание

