



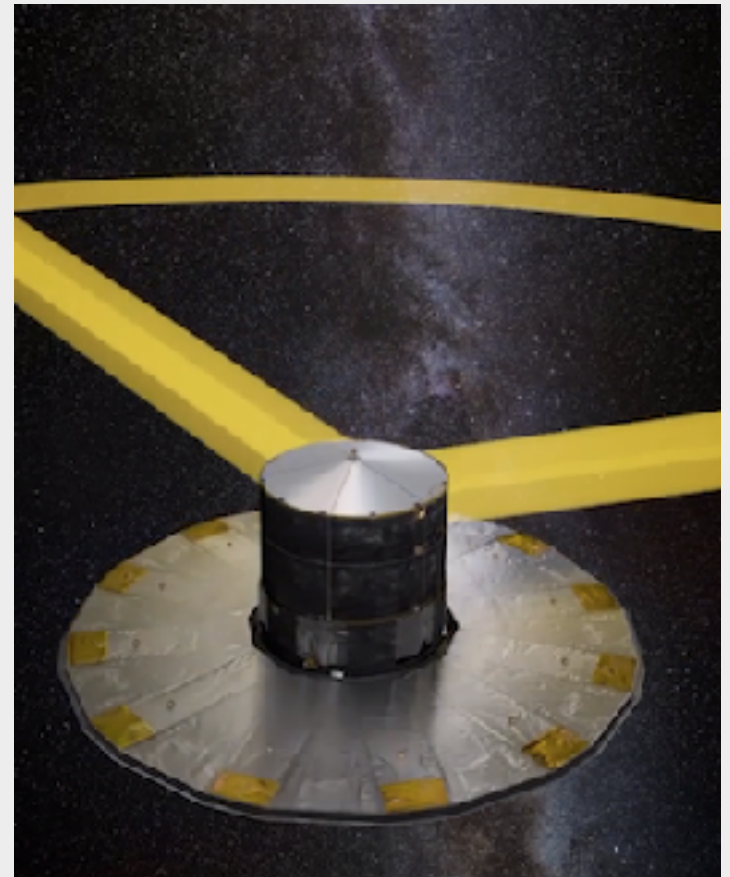
Первые результаты GAIA (DR1)



Принципы

Принципы

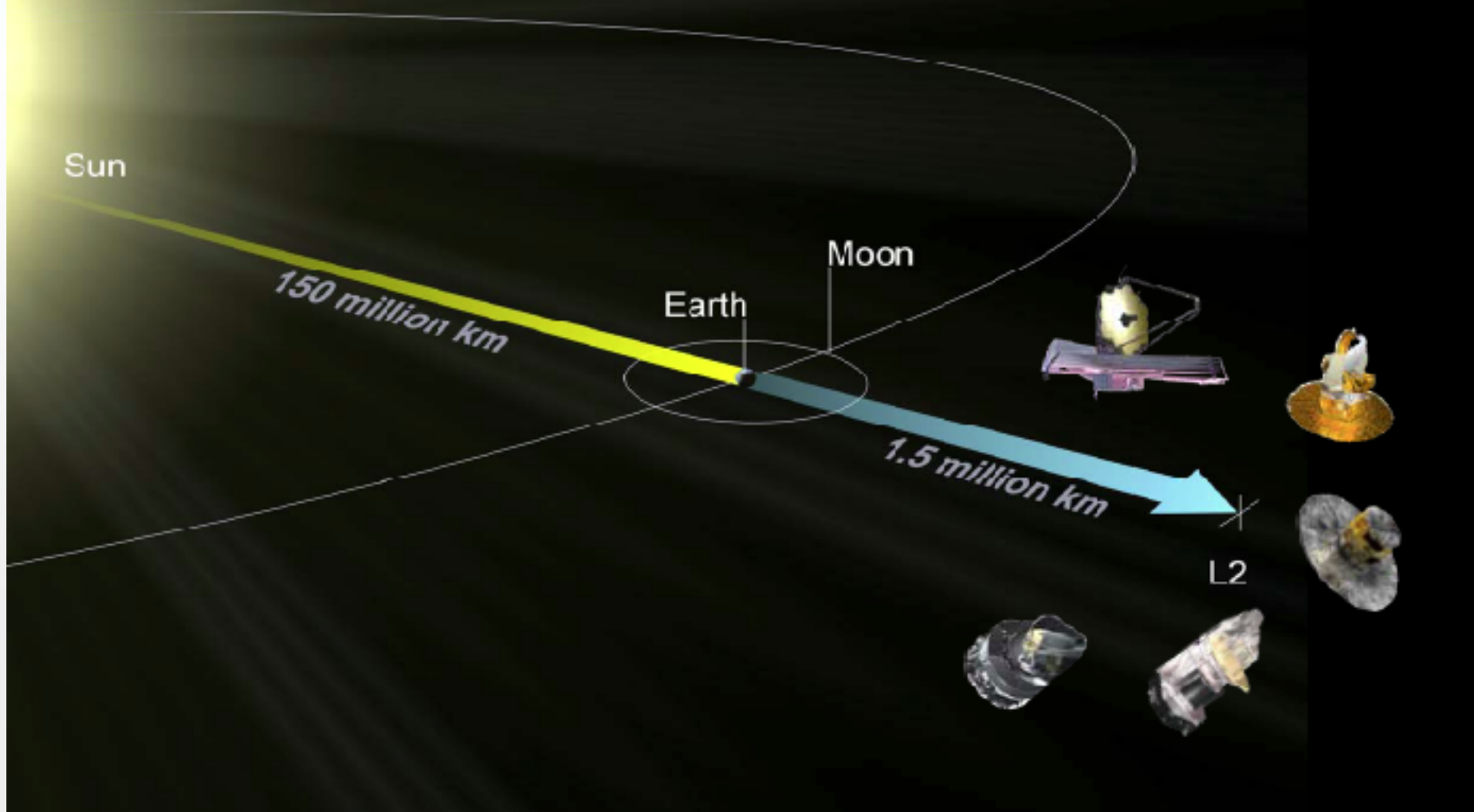
- 2 длиннофокусных телескопа ($106,5^\circ$)
- 1 общая фокальная плоскость (CCD)
- Постоянное сканирование (вращение + прецессия)
- Фокальная плоскость (CCD) в режиме ВЗН
- Аналогия с КА Hipparcos



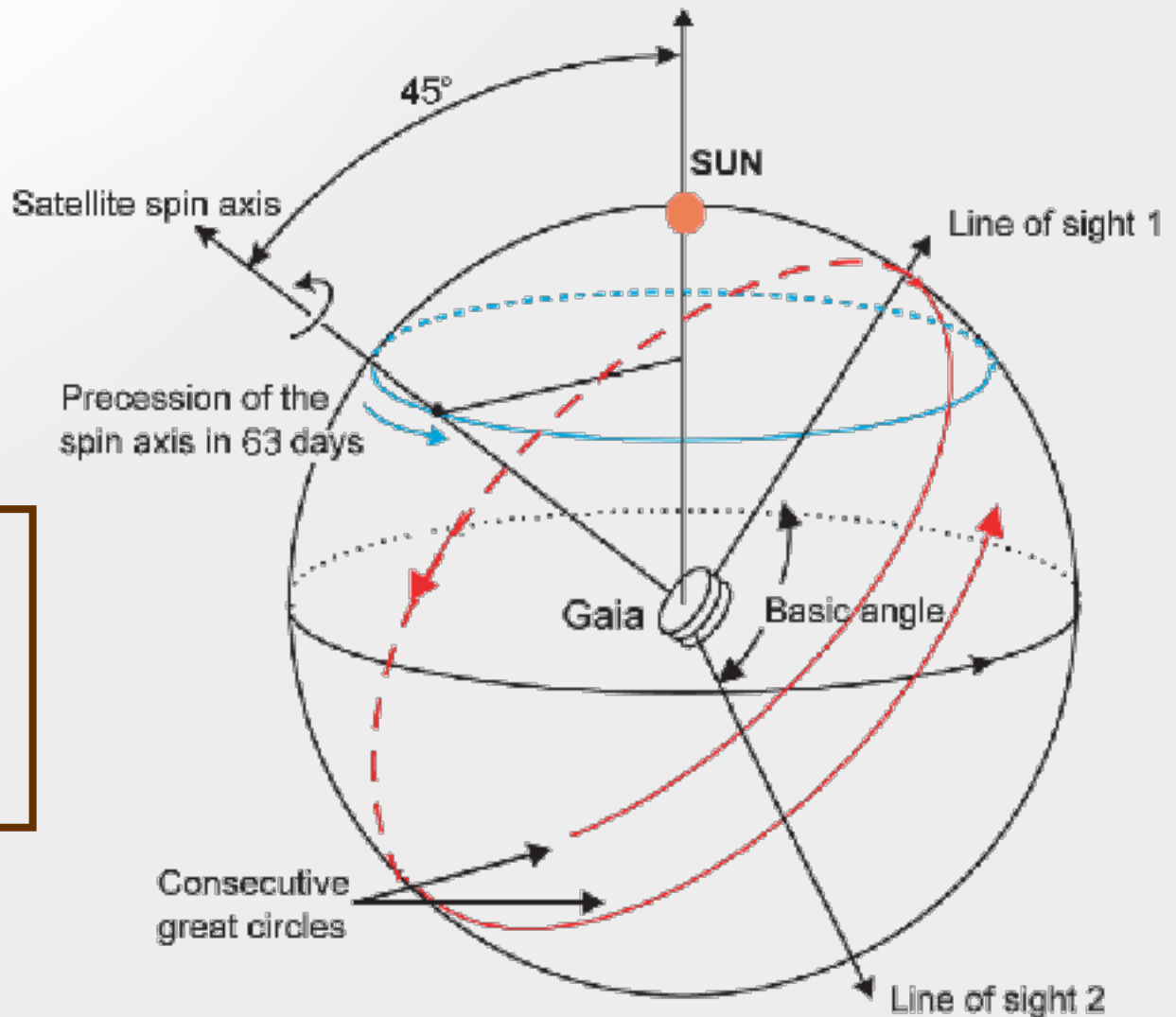
Характеристики

- Телескоп: 3-зеркальный нецентральный
- Главное зеркало: 1.45x0.5 м
- Фокусное расстояние: 35 м
- Координаты ярких звезд 10–25 μas
- Пиксель: 10x30 мкм=59x177 mas
(10 μas = 1/6000 пкс), ~100 CCD=1 Gpxl
- На CCD: 150* (ср.), 36000* (max=20^m)
- Память на борту 1Тб
- Масса КА: 2.1 тонны
- Тепловая стабильность: ~30 μK

В точку L2

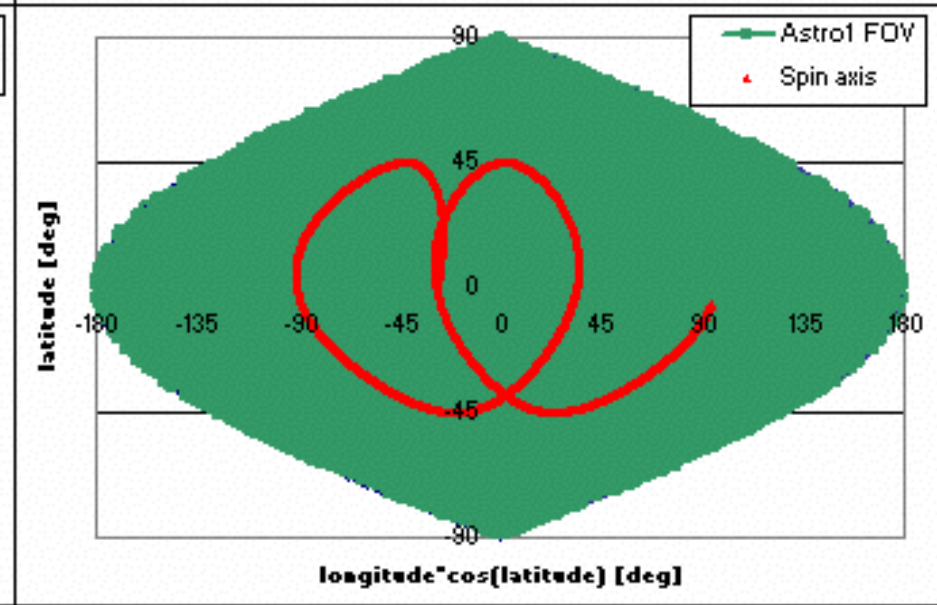
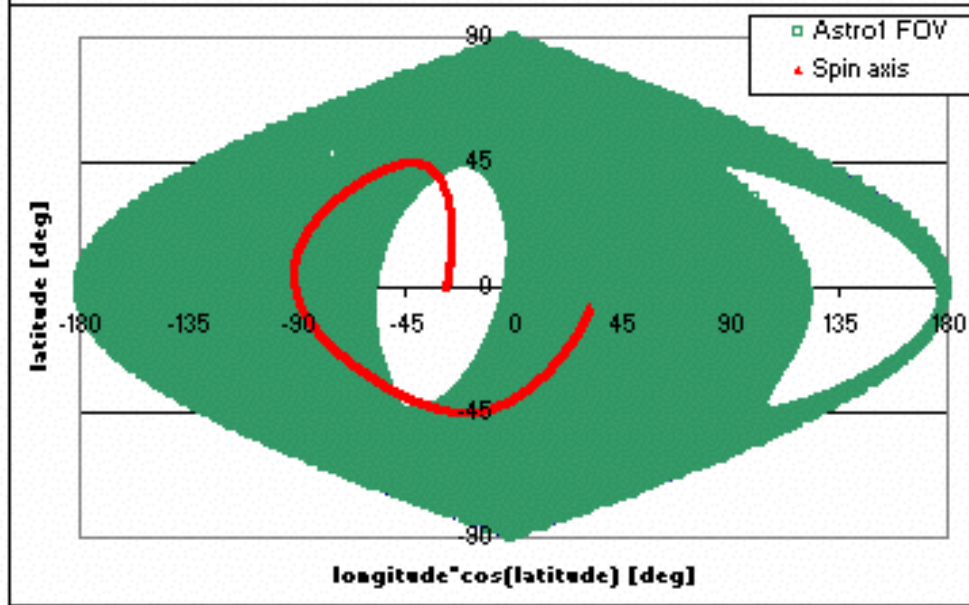
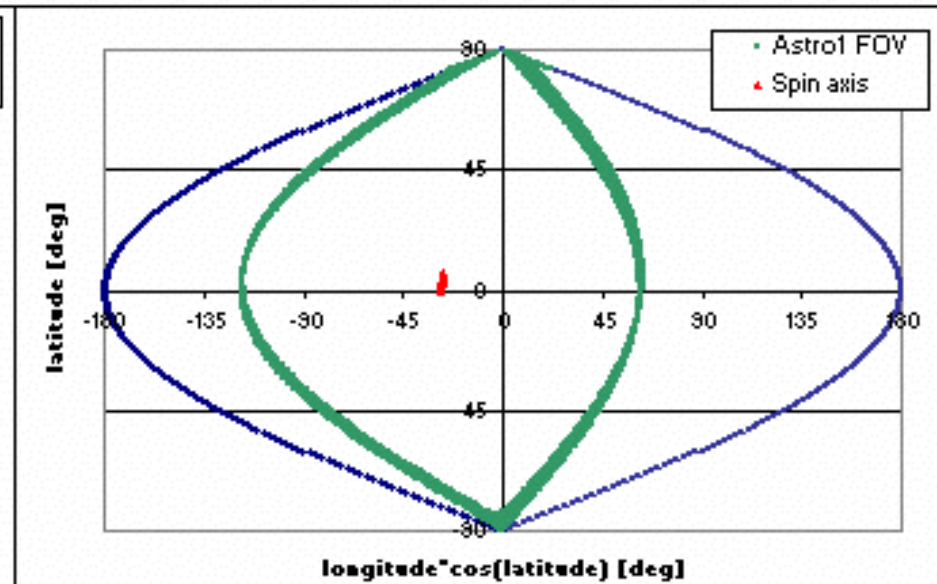
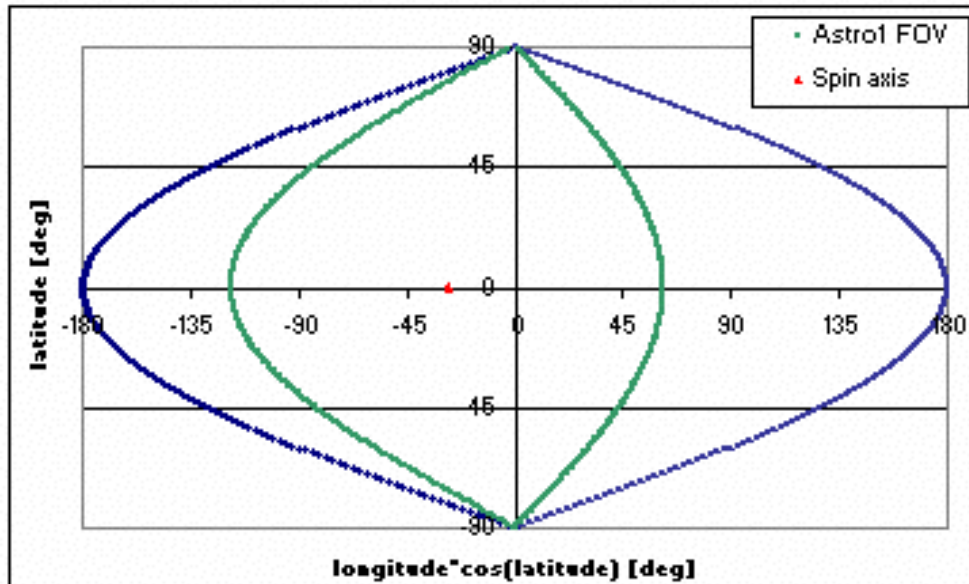


Сканирование неба

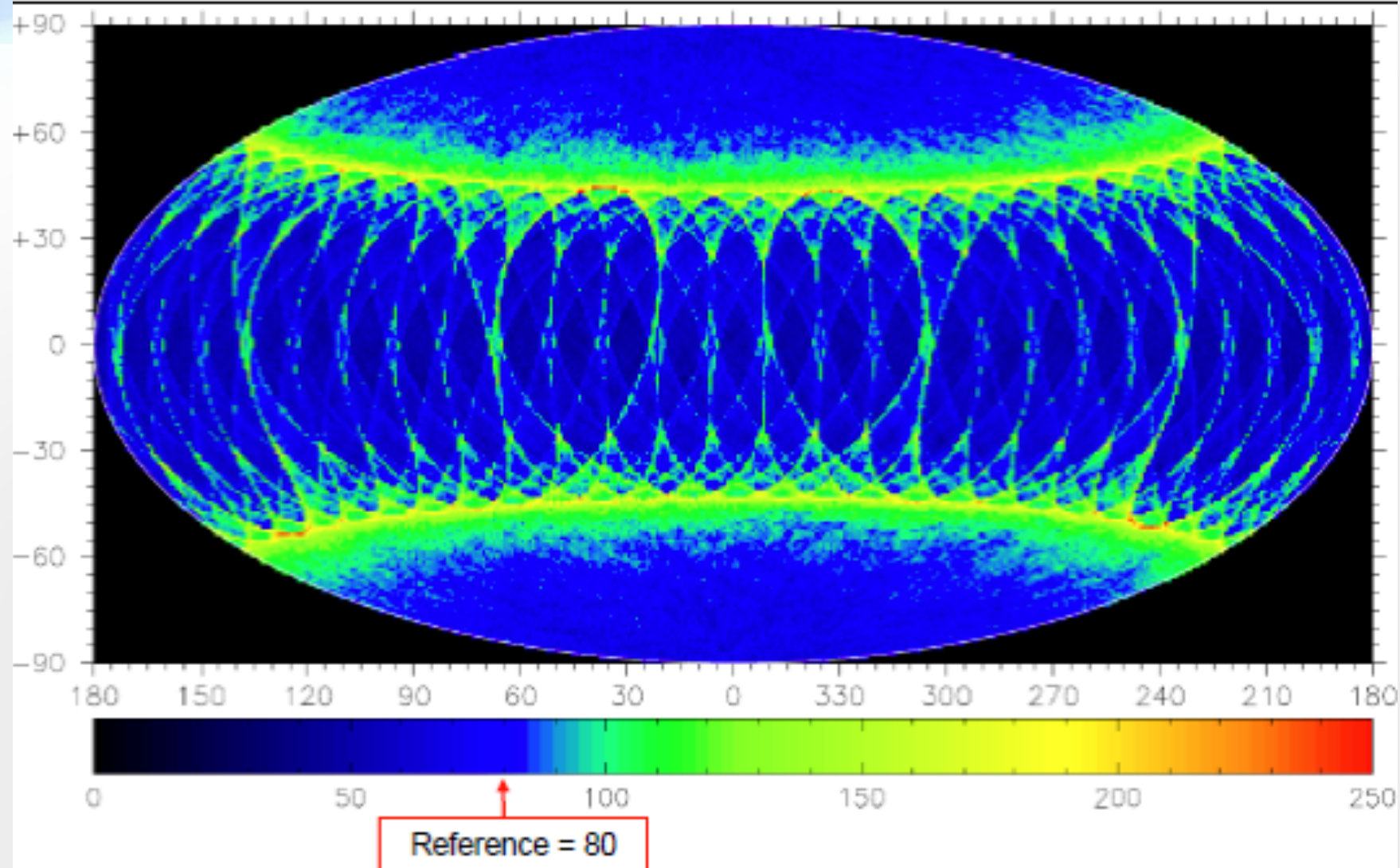


spin/Sun angle	45°
scan rate	60 "/s
period	6.0 h
precession	63.12 d
basic angle	106.5 °

Сканирование неба

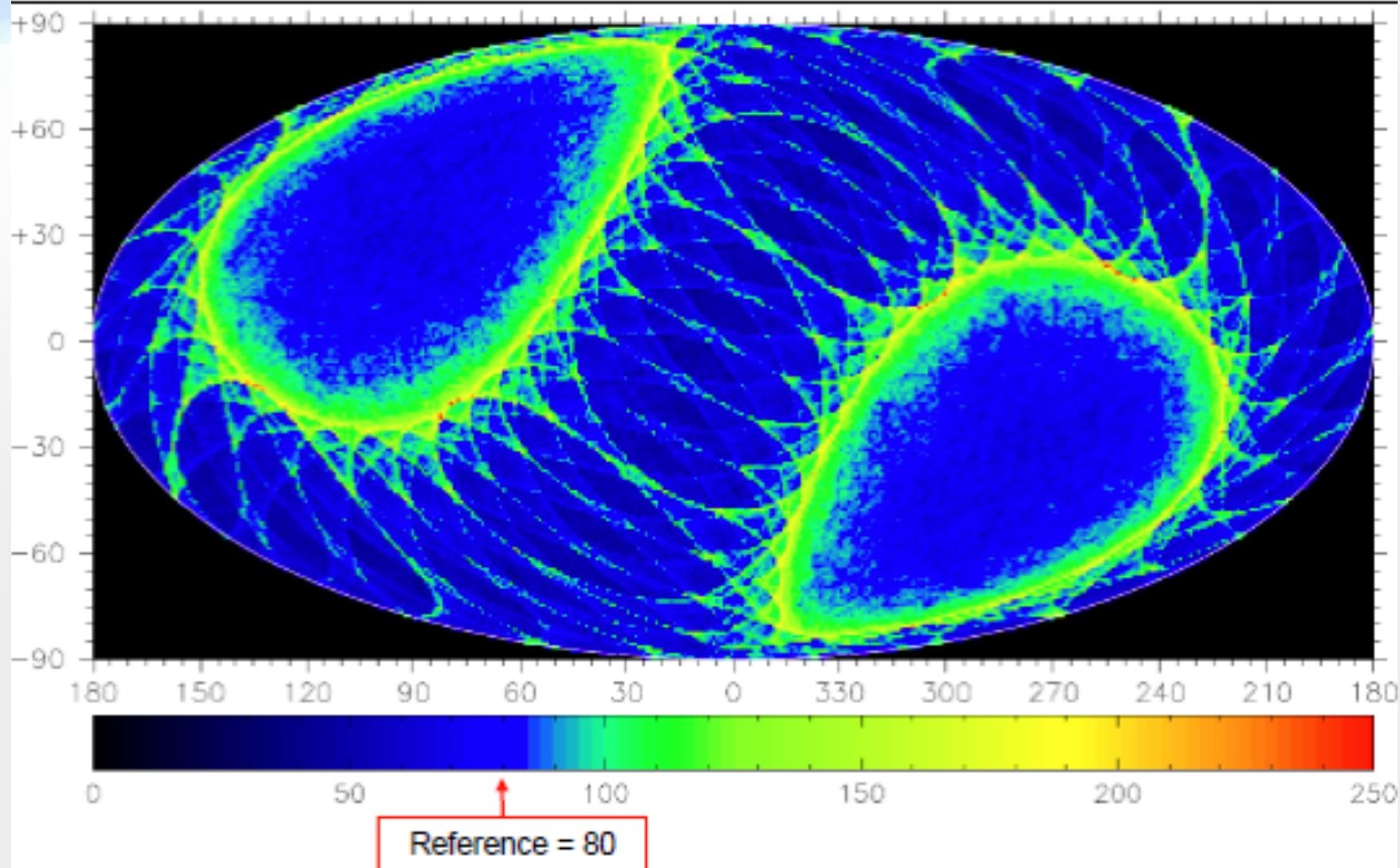


Number of focal-plane observations



Number of astrometric transits over 5 years in ecliptic coordinates

Number of focal-plane observations

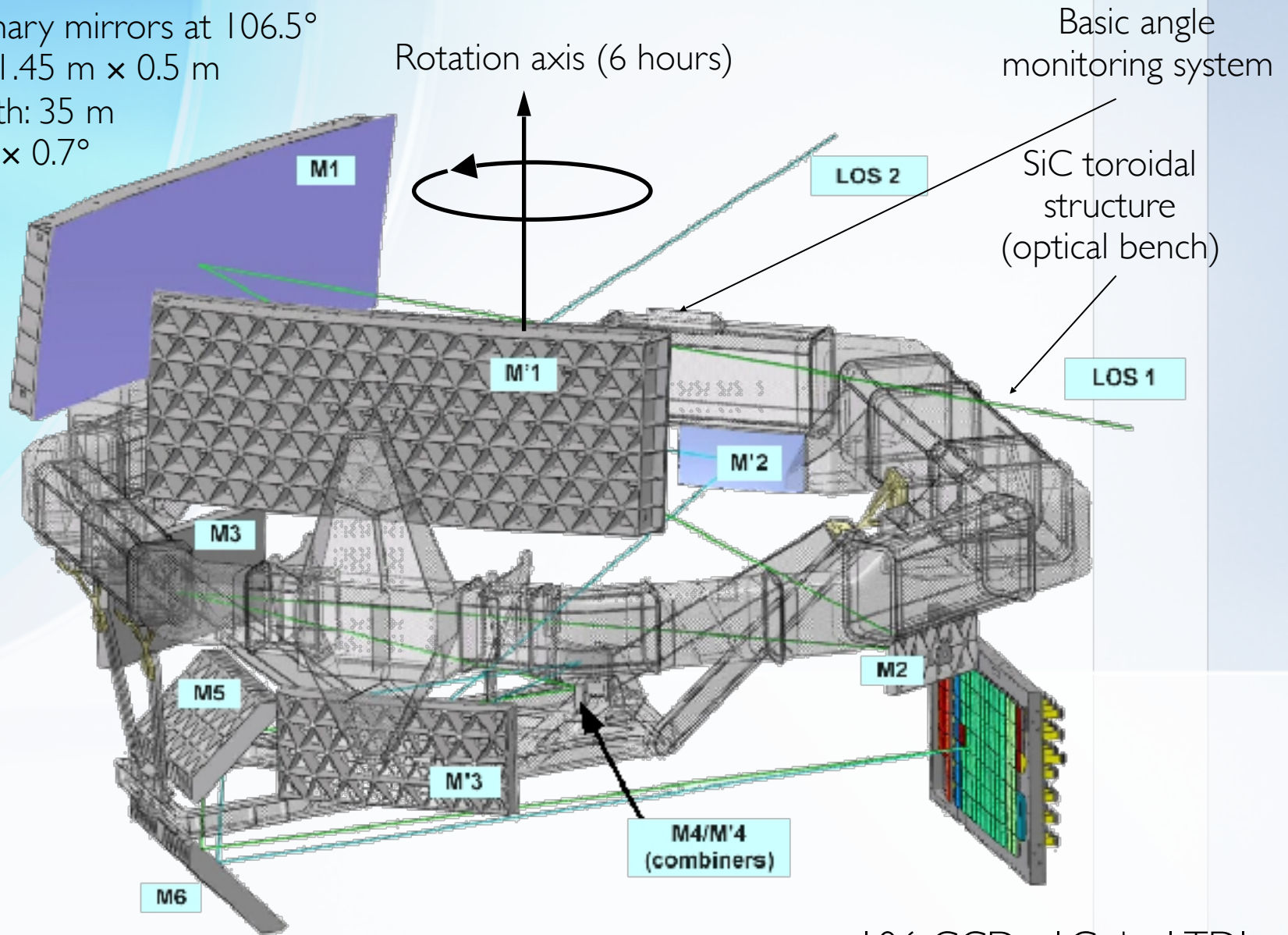


Number of astrometric transits over 5 years in galactic coordinates

Конструкция

Gaia: telescope

2 SiC primary mirrors at 106.5°
Aperture: $1.45 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$
Focal length: 35 m
FOV: $1.6^\circ \times 0.7^\circ$



106 CCDs, 1 Gpixel, TDI



Light paths

Thermal tent

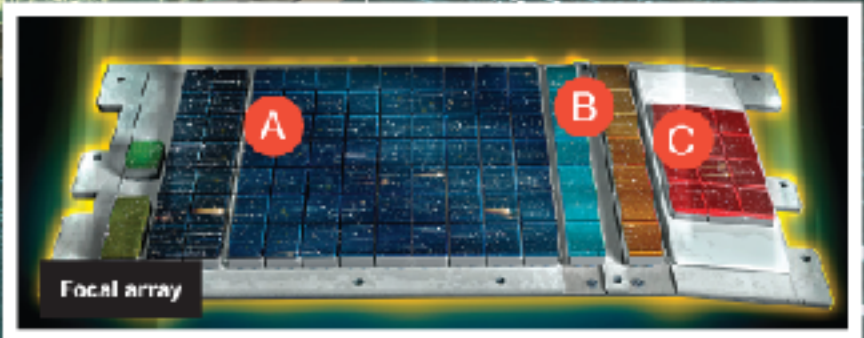
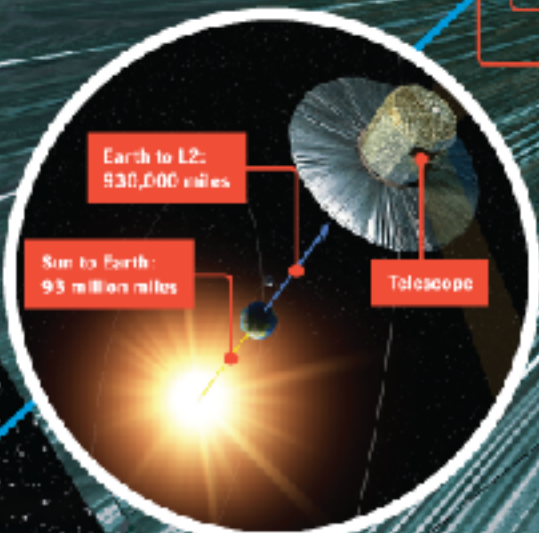
Sunshade

Service module

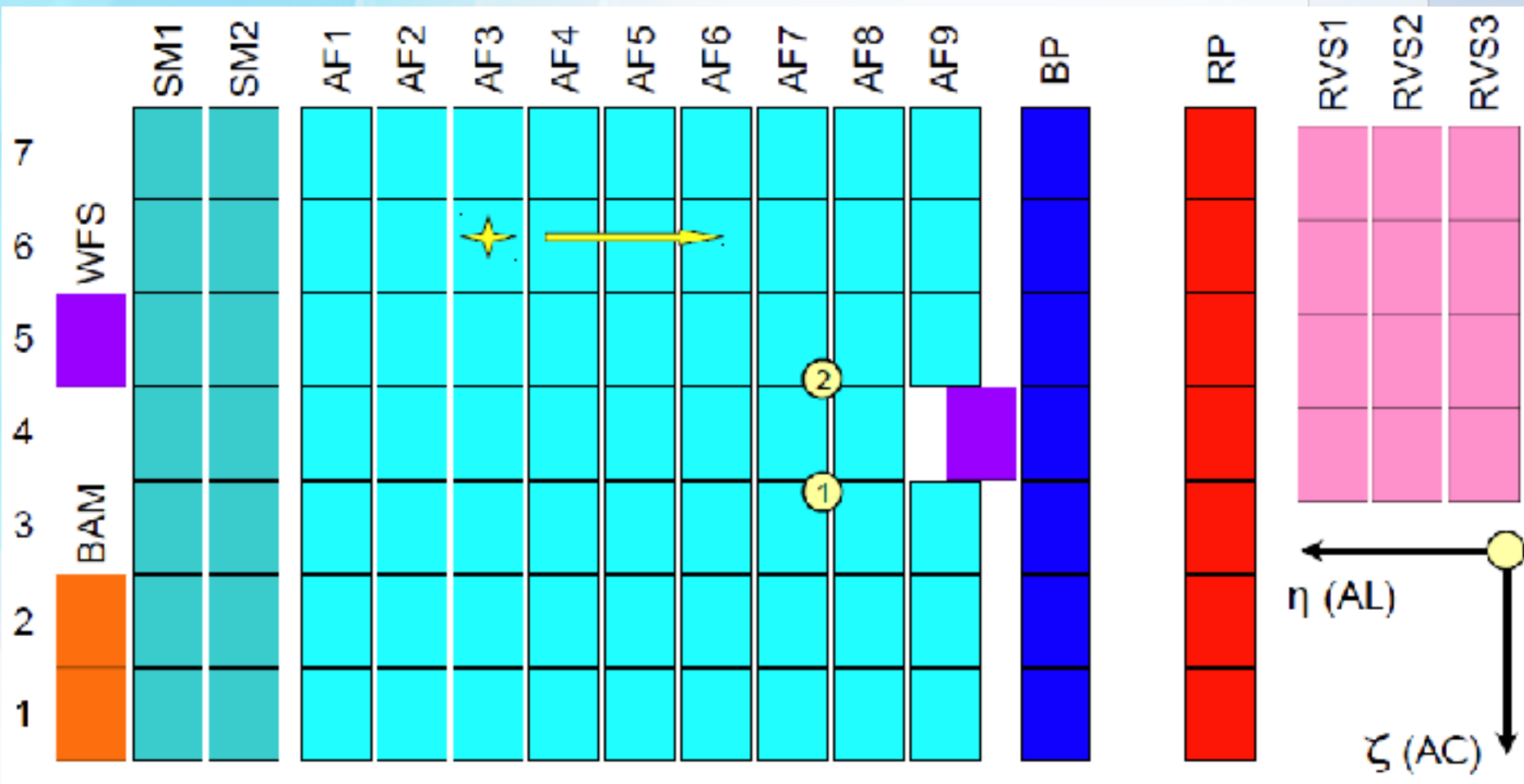
Lithium-ion battery

Optical bench

Focal array

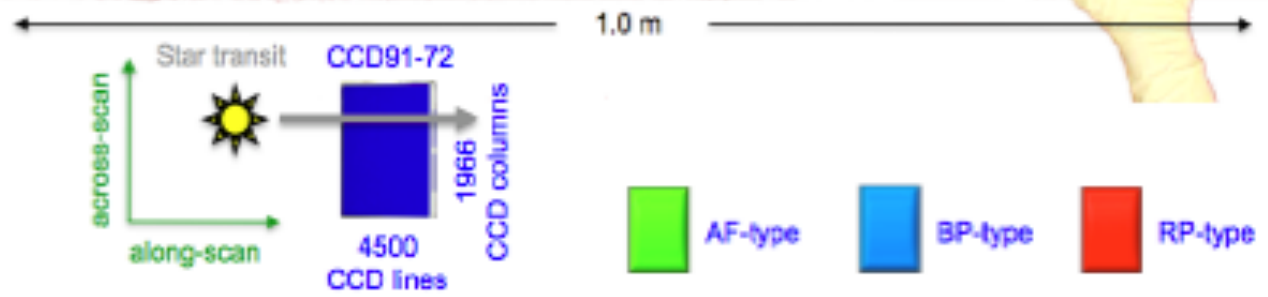


Фокальная плоскость



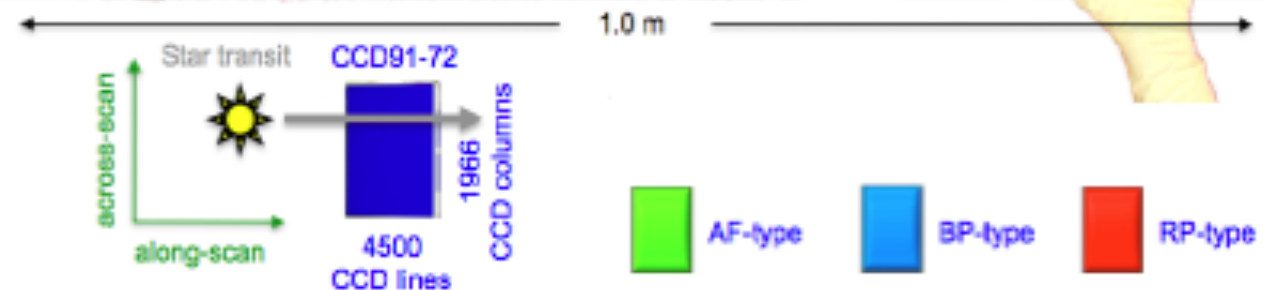
Focal-Plane Assembly (FPA)

- Wave-Front Sensor (WFS):**
- Basic-Angle Monitor (BAM):**
- Sky Mapper (SM):**
- Two strips of 7 CCDs, each strip dedicated to one telescope only
 - Unbiased object detection to 20 mag from continuous stream of full-frame CCD images



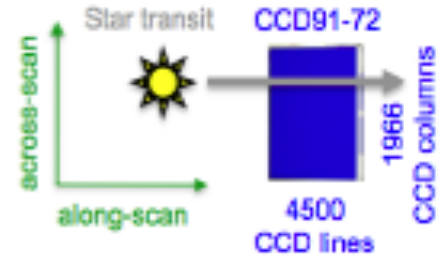
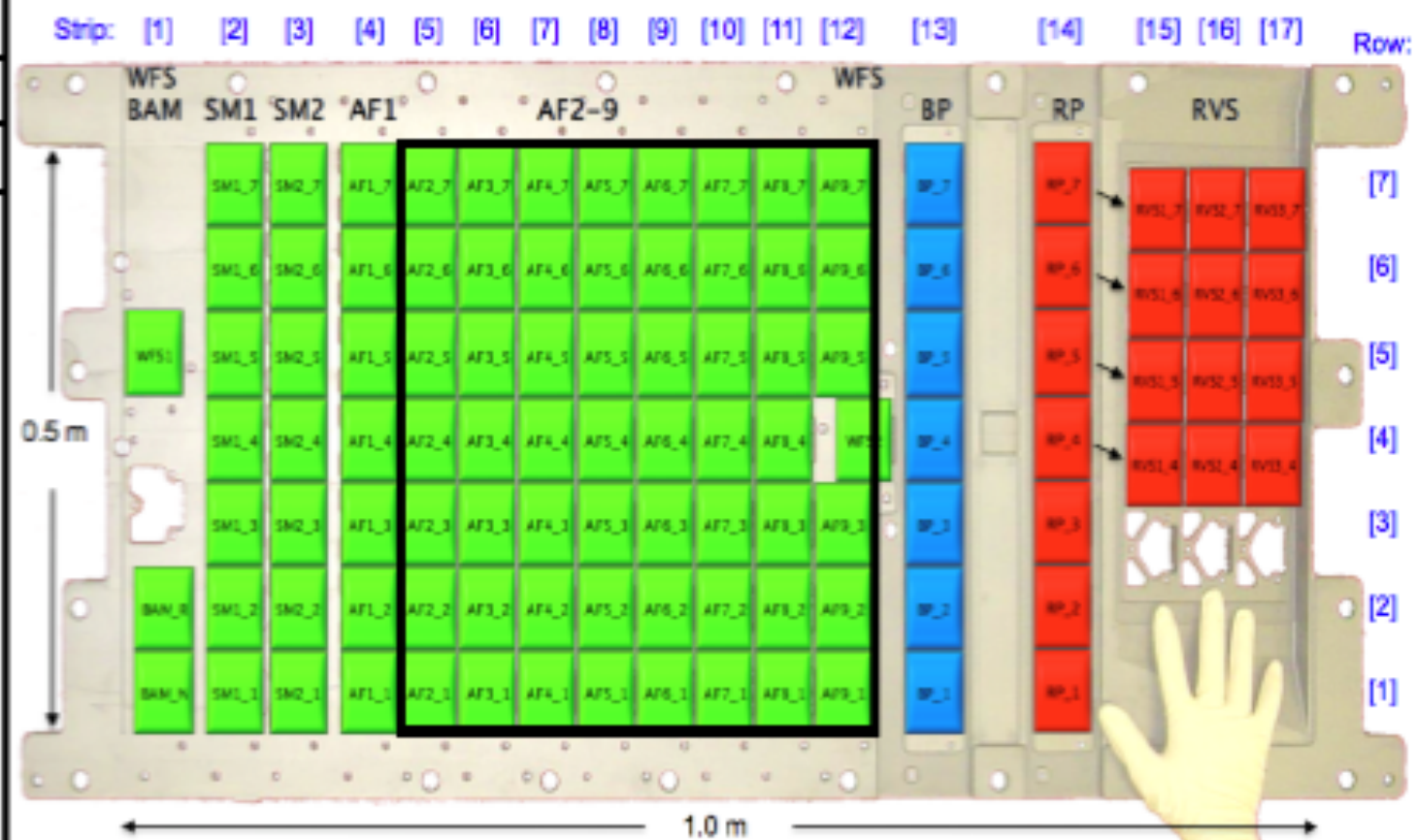
Focal-Plane Assembly (FPA)

- Wave-Front Sensor (WFS):**
- Basic-Angle Monitor (BAM):**
- Sky Mapper (SM):**
- Astro Field 1 (AF1):**
 - Object confirmation (cosmic-ray rejection)
 - Densities up to 750,000 objects deg⁻²



Focal-Plane Assembly (FPA)

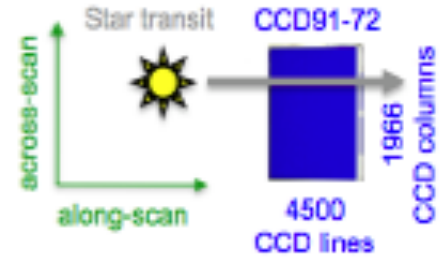
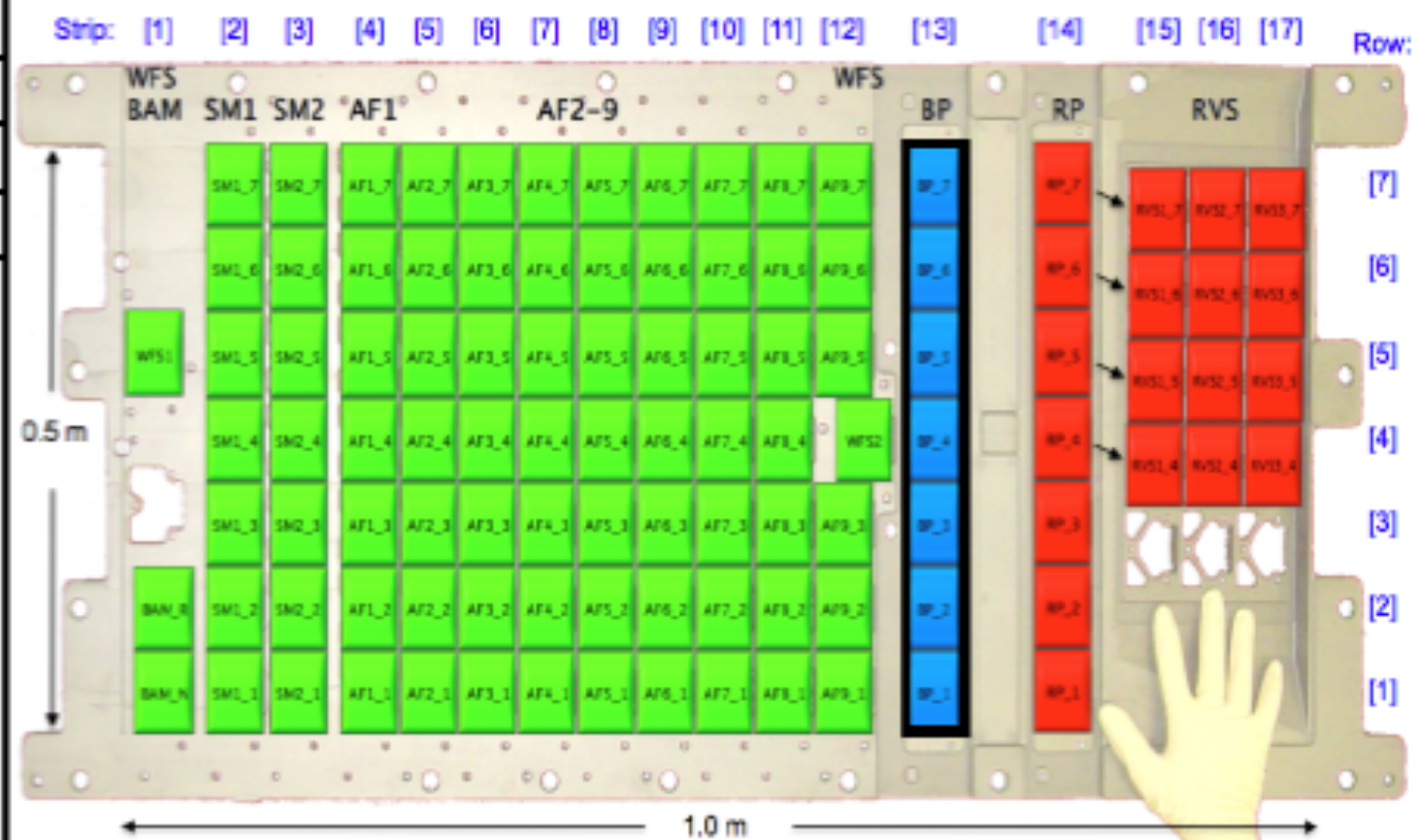
- Wave-Front Sensor (WFS):**
- Basic-Angle Monitor (BAM):**
- Sky Mapper (SM):**
- Astro Field 1 (AF1):**
- Astro Field (AF):**
 - $\sim 1 \text{ deg}^2$ FoV per telescope
 - Measure star transit times: precise time stamping on board using Rubidium atomic clock and location centroiding on ground to $1/1000^{\text{th}}$ of pixel
 - $\sim 23,000$ stars in AF on average (~ 350 stars in one CCD)



- AF-type
- BP-type
- RP-type

Focal-Plane Assembly (FPA)

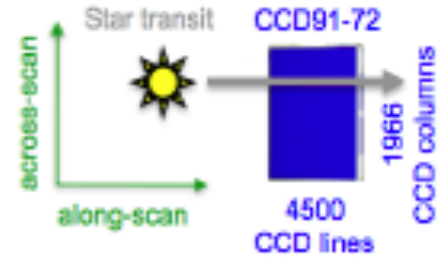
- Wave-Front Sensor (WFS):**
- Basic-Angle Monitor (BAM):**
- Sky Mapper (SM):**
- Astro Field 1 (AF1):**
- Astro Field (AF):**
- Blue Photometer (BP):**
 - Low-resolution spectro-photometry ($R \sim 20-70$)
 - $\sim 320 - 680 \text{ nm}$
 - Spectrum over ~ 45 pixels
 - Astrophysical parameters
 - Astrometric chromaticity correction



- AF-type
- BP-type
- RP-type

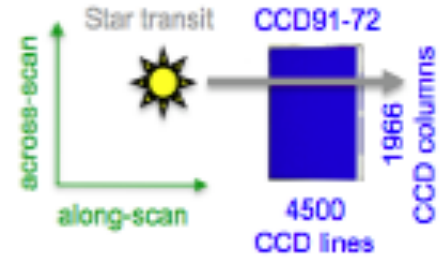
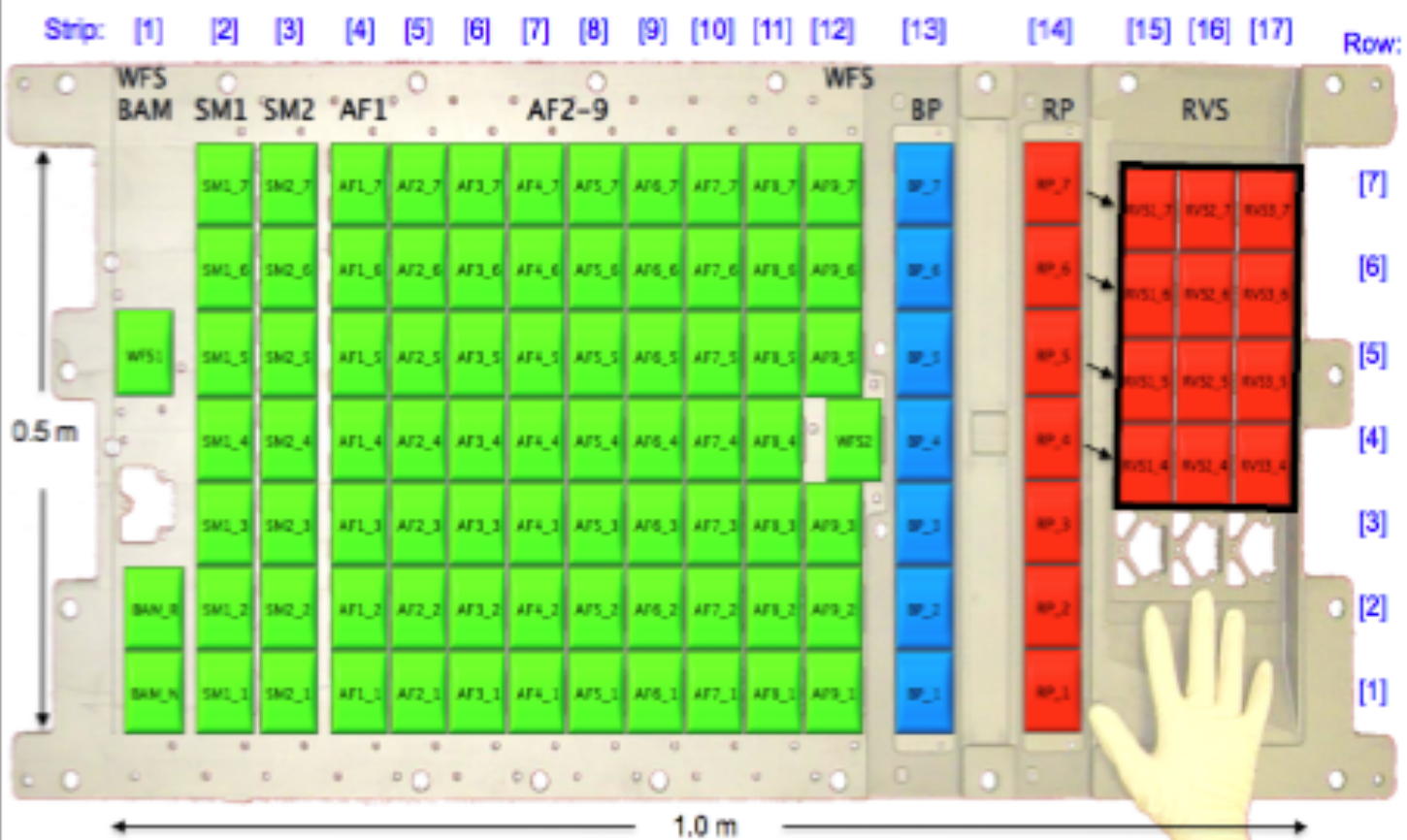
Focal-Plane Assembly (FPA)

- Wave-Front Sensor (WFS):**
- Basic-Angle Monitor (BAM):**
- Sky Mapper (SM):**
- Astro Field 1 (AF1):**
- Astro Field (AF):**
- Blue Photometer (BP):**
- Red Photometer (RP):**
 - Low-resolution spectro-photometry (R ~ 60-90)
 - ~640 - 1000 nm
 - Spectrum over ~45 pixels
 - Astrophysical parameters
 - Astrometric chromaticity correction

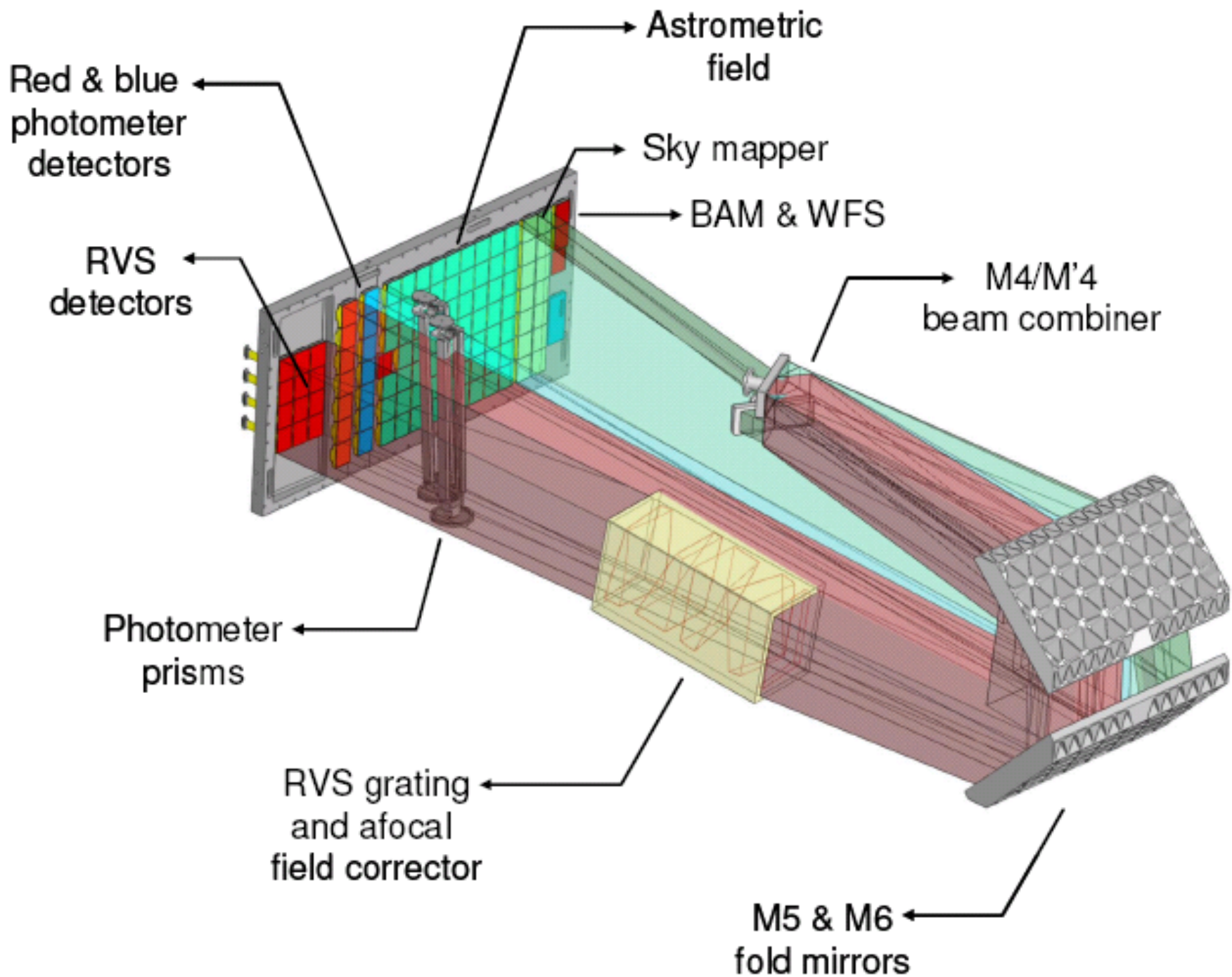


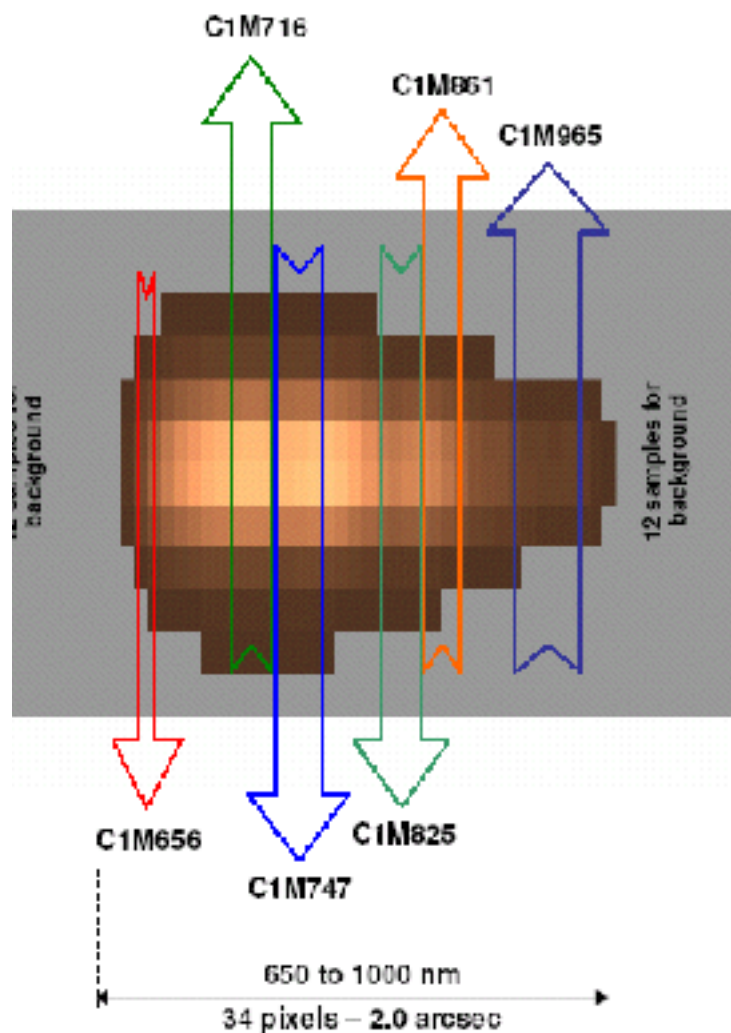
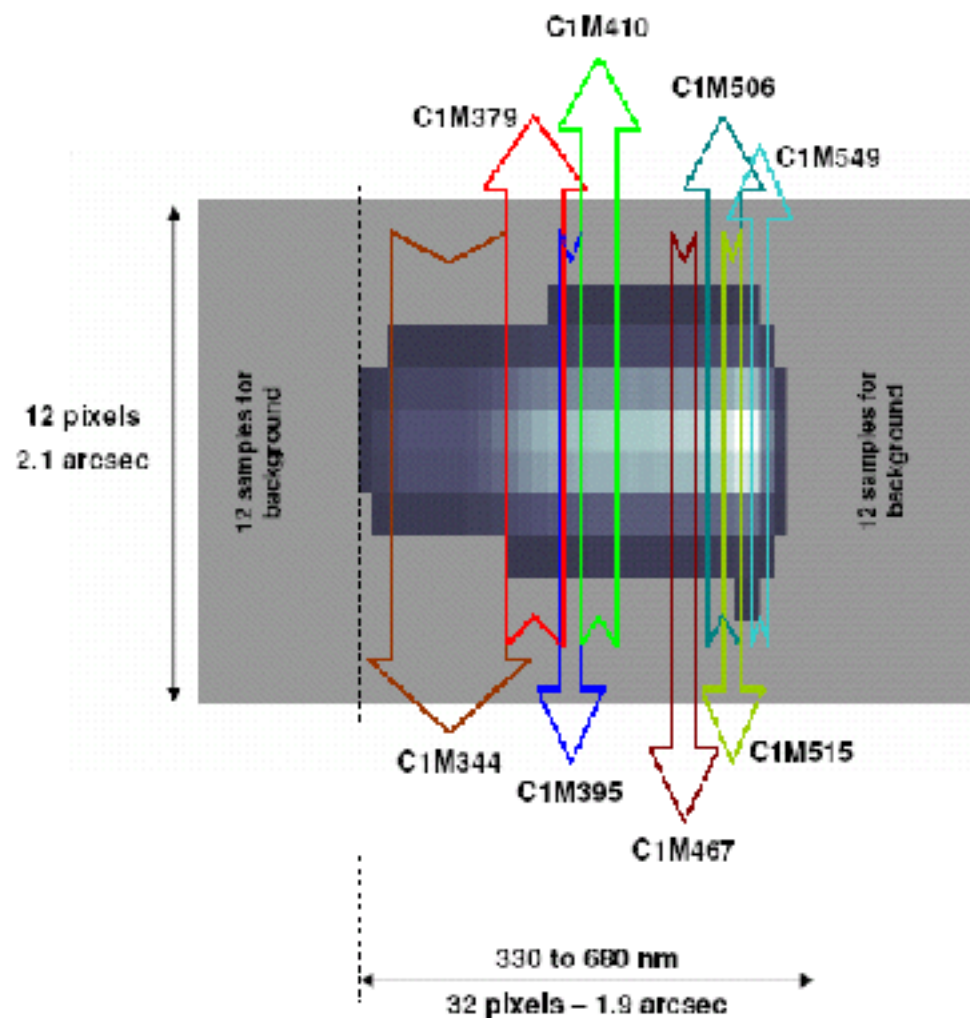
Focal-Plane Assembly (FPA)

- Wave-Front Sensor (WFS):**
- Basic-Angle Monitor (BAM):**
- Sky Mapper (SM):**
- Astro Field 1 (AF1):**
- Astro Field (AF):**
- Blue Photometer (BP):**
- Red Photometer (RP):**
- Radial-Velocity Spectrograph (RVS):**
 - High-resolution, integral-field spectrograph ($R \sim 11,500$)
 - 847 – 874 nm
 - Objects down to 17 mag
 - Radial velocities from Calcium triplet



- AF-type
- BP-type
- RP-type

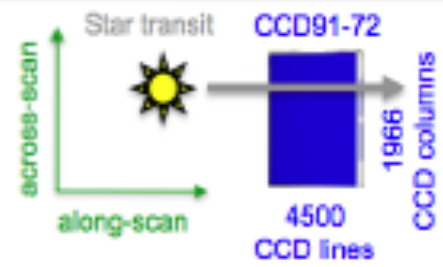
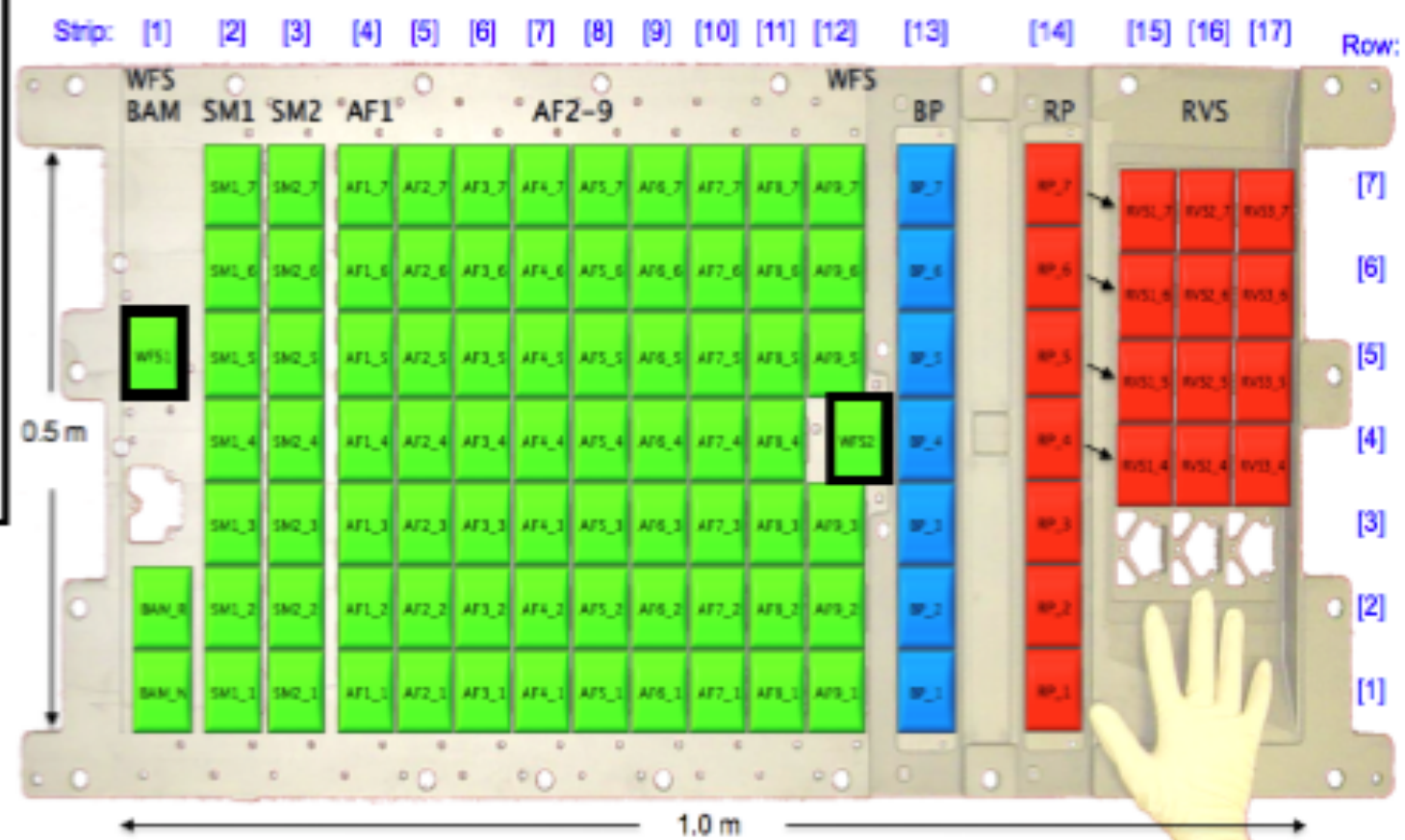




Focal-Plane Assembly (FPA)

Wave-Front Sensor (WFS):

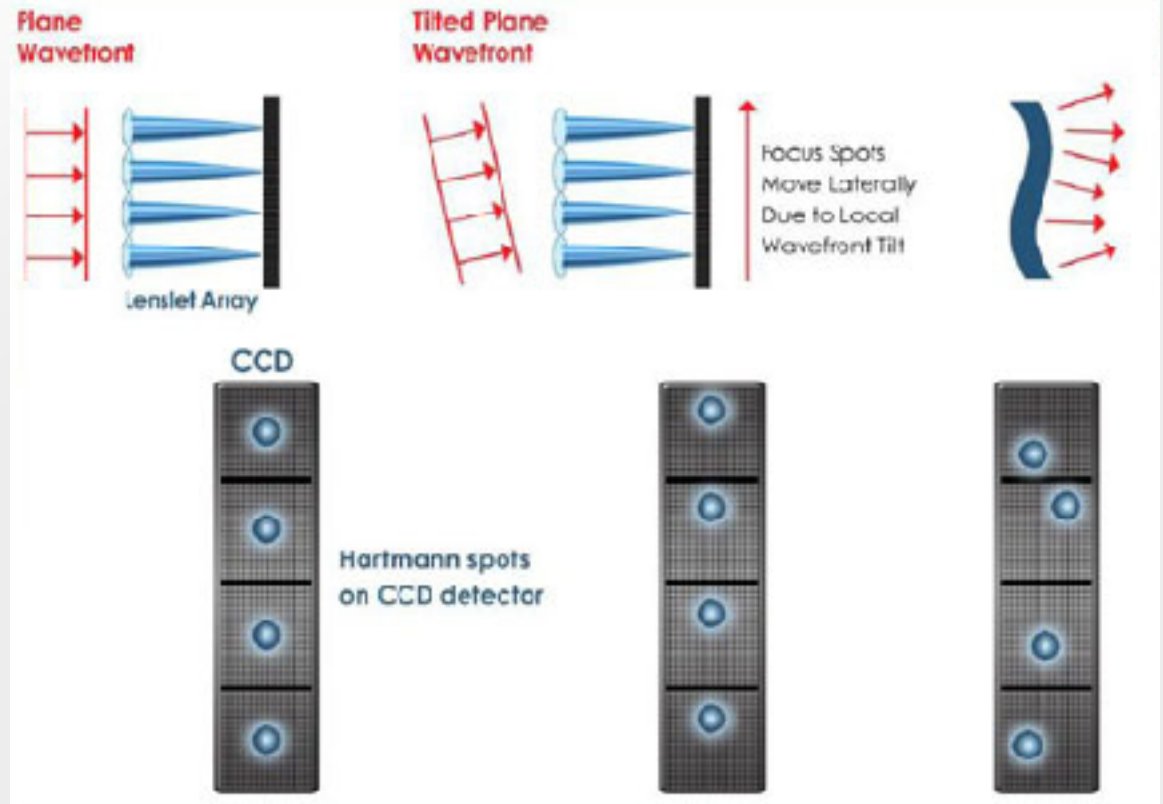
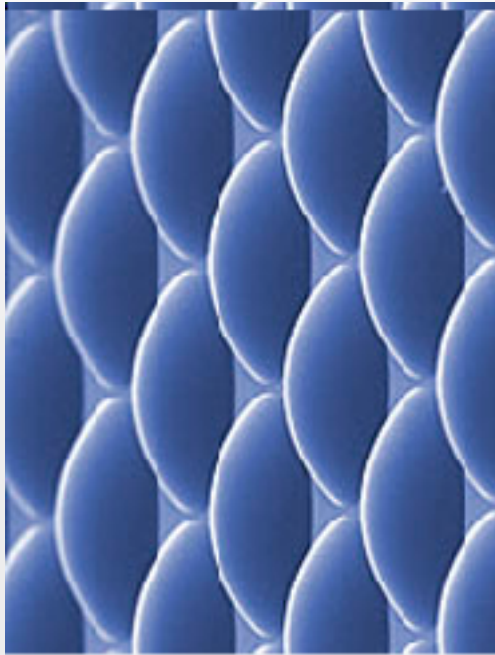
- Shack-Hartmann type
- Wavefront at two distinct positions
- Together with 5-axis M2 mirror mechanism for initial telescope refocussing



- AF-type
- BP-type
- RP-type

F. Lucchi
Asiago, 26

Датчик волнового фронта (WFS) Шака-Гартмана



Focal-Plane Assembly (FPA)

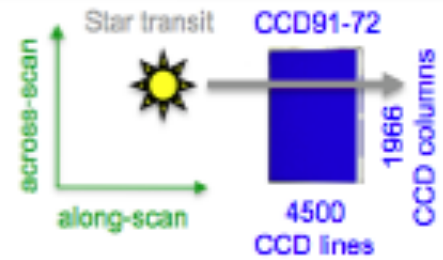
Wave-Front Sensor (WFS):

Basic-Angle Monitor (BAM):

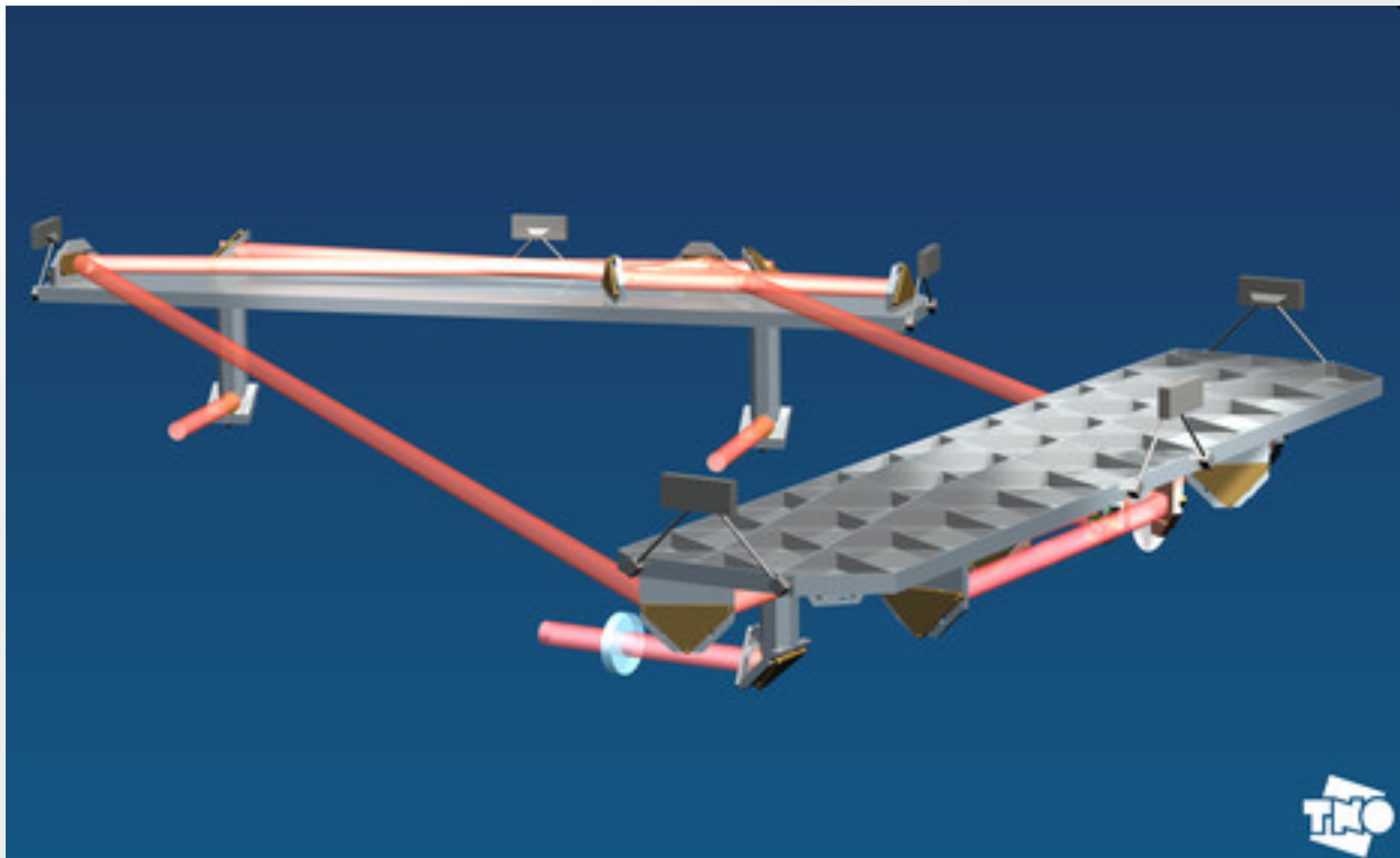
- Youngs-type laser interferometer
- Measures temporal variation of angle between both lines of sight
- One redundant unit



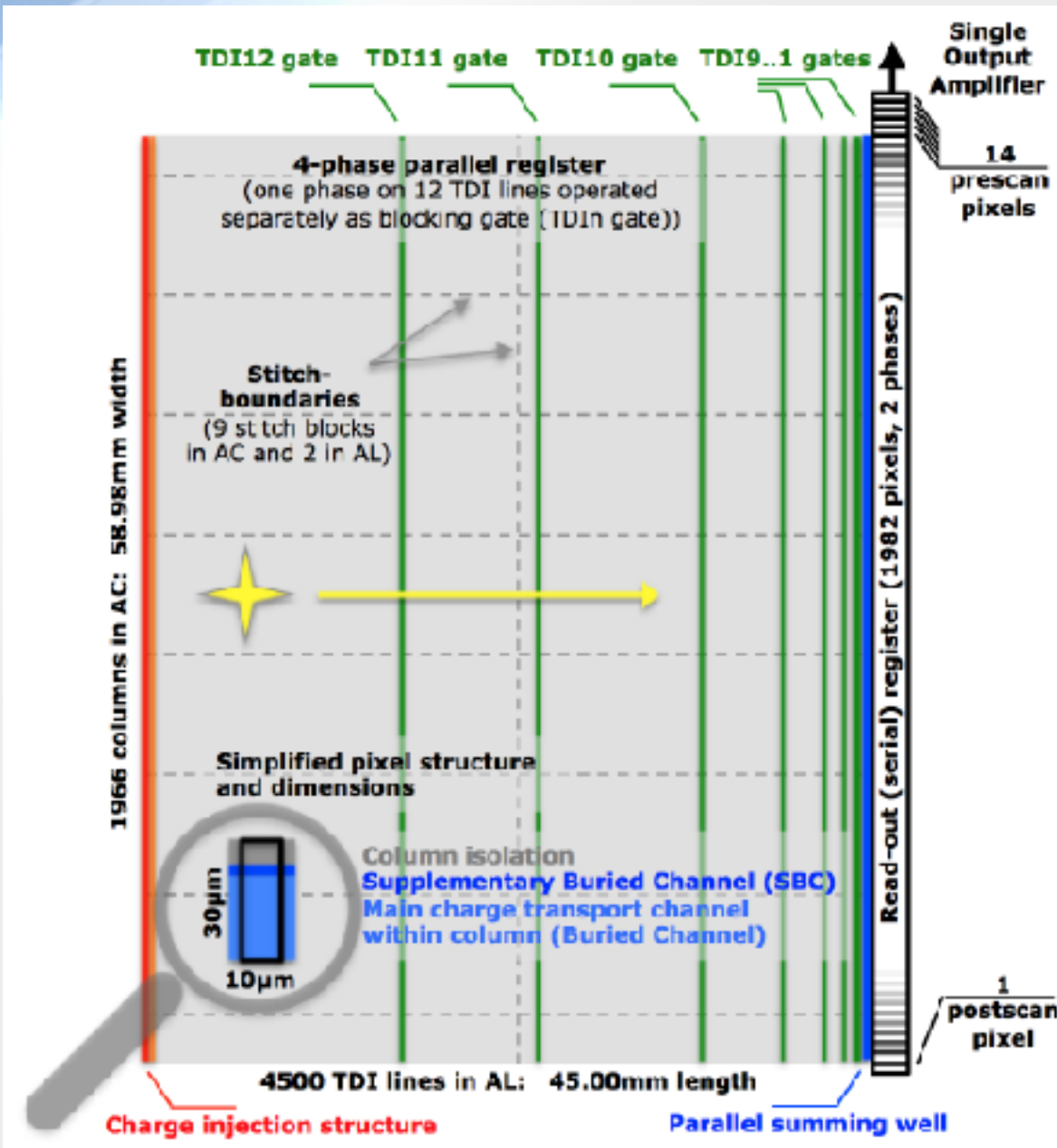
F. L. Asiag



Монитор базового угла



CCD и динамический диапазон



Число строк:

4500 – вся матрица

TDI гейты

2900 – № 12

2048 – № 11

1024 – № 10

512 – № 9

256 – № 8

128 – № 7

64 – № 6

32 – № 5

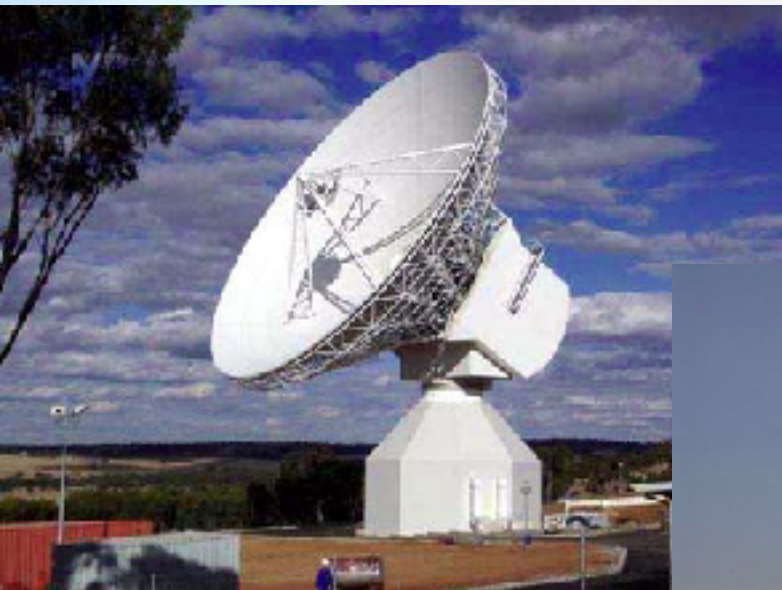
16 – № 4

8 – № 3

4 – № 2

2 – № 1

Центры связи



Нью-Йоркия
Австралия



Цереброс
Испания



Маларга
Аргентина

Центры связи

Gaia is far away (1.5 million km)

Available on-board power is limited

Gaia's data rate is high (10 Mbps)

Gaia therefore requires 35-m antennae

1. Cebreros

2. New Norcia

3. Malargüe



The nominal station is Cebreros (~8 hours per day, 100% of the time)

The support station is New Norcia (~8 hours per day, 20% of the time)

The Malargüe station will be available late 2012 (use for Gaia TBD)



Запуск

Запуск Gaia 19 12 2013



Large Lissajous orbit around L2

- 1.5 million km from Earth
- avoids Earth eclipse for 6 years

Ground stations

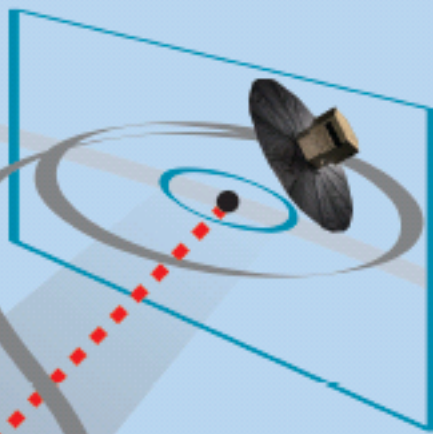
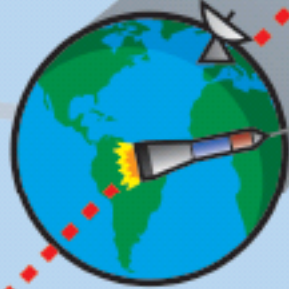
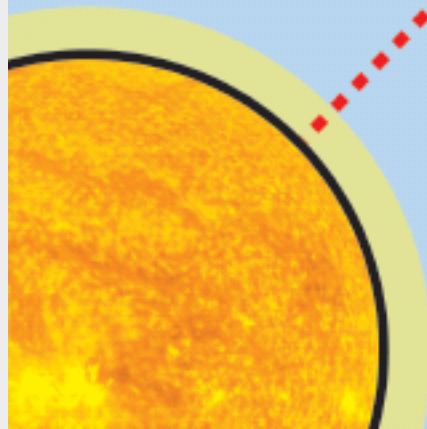
- Cebreros
- New Norcia

Transfer to L2

- about 1 month long
- eclipse free

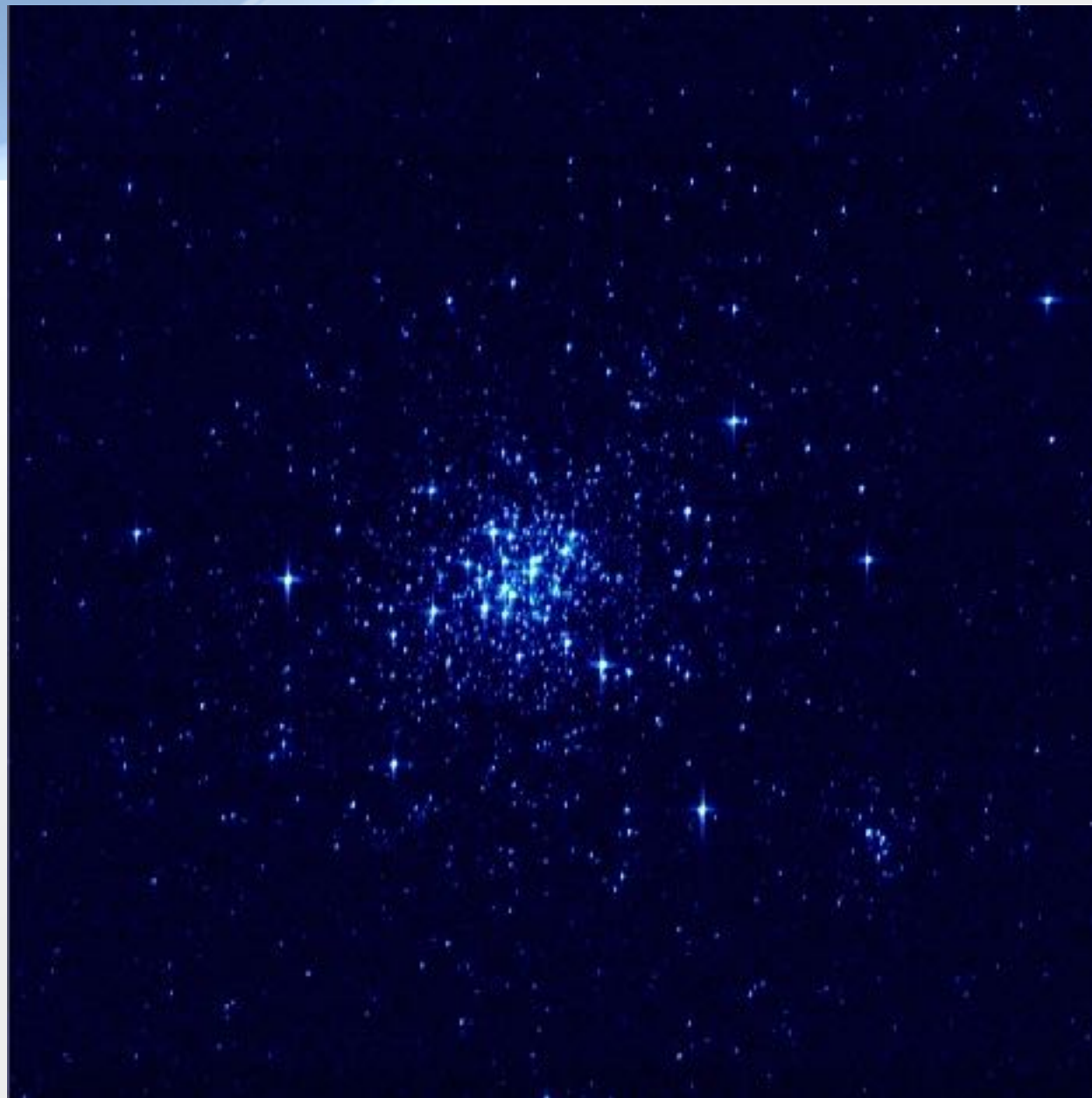
Soyuz-Fregat launch from French Guiana

- ~2000 kg launch mass

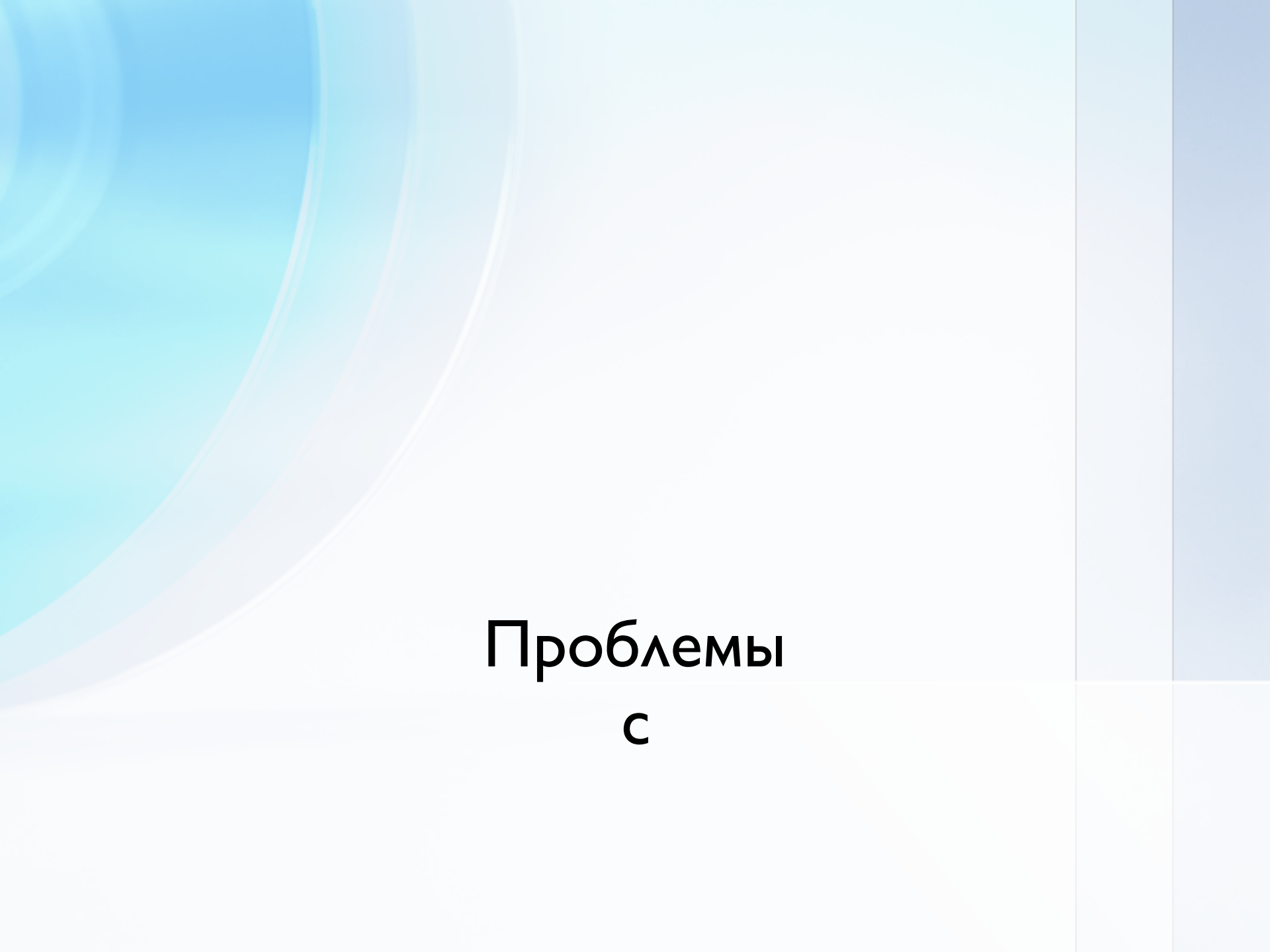




14 января 2014 г.
Gaia вышла
на орбиту
вокруг L2



6 февраля 2014 г.
Калибровочное
(фокусировочное)
изображение.
Скопление
NGC 1818 в LMC
экспозиция 2,85 с
212"×212"
(<1% FOV)



Проблемы с

Обледенение

- Лёд (водяной) осел на зеркалах телескопов Gaia
- Насыщение паром, вероятно, произошло во время предполетной подготовки (Куру)
- КА нагревали – разворачивали к Солнцу (3 раза)
- Обледенение уменьшилось, но не до конца
- Остаточное влияние – ~20% снижение потока

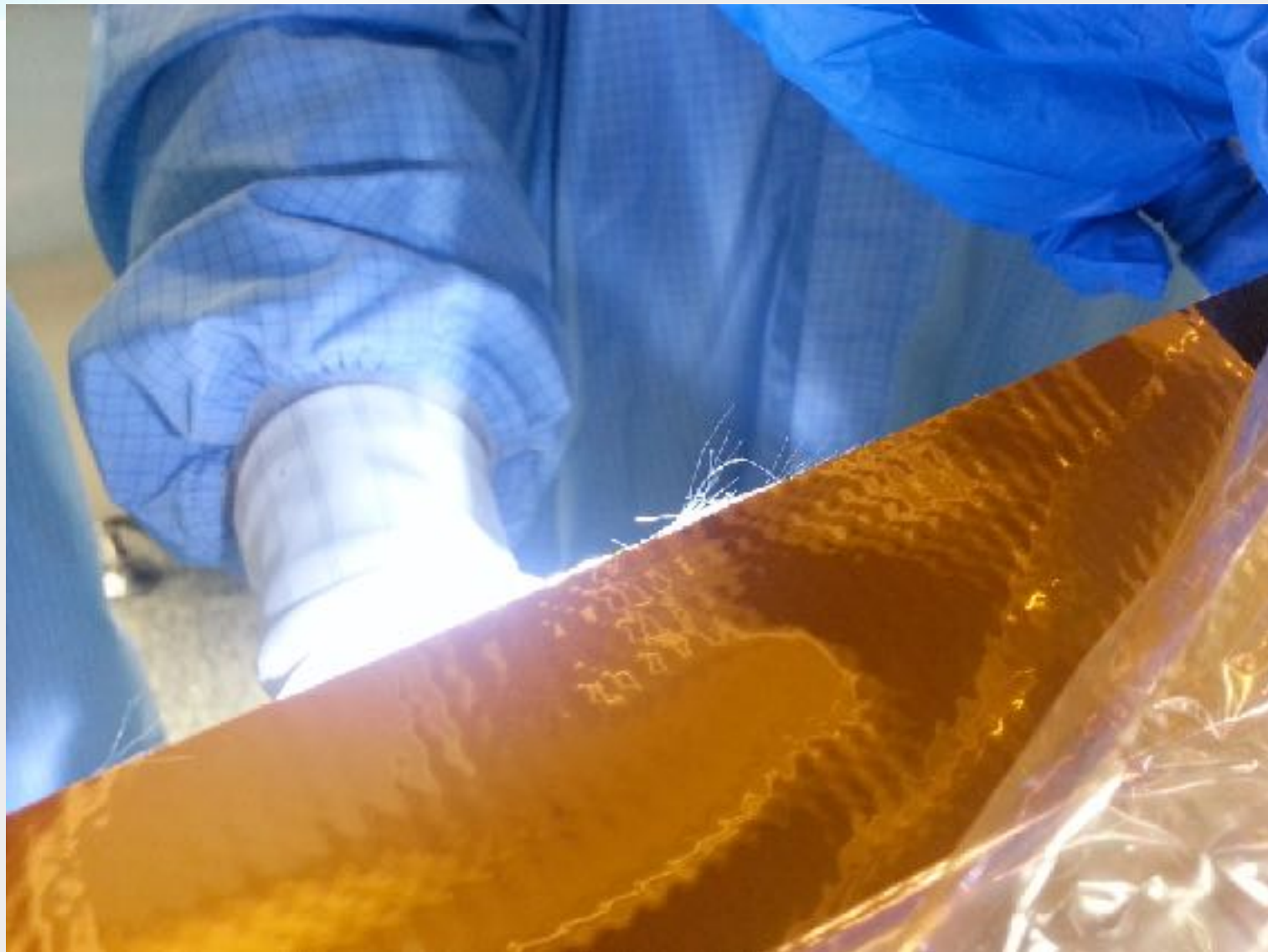
Рассеянный свет

В Gaia обнаружен избыточный рассеянный свет.

Причины:

- Млечный путь
- Пробой противосолнечного экрана
микрометеоритами
- Волокна на краю противосолнечного экрана

Рассеяние нитями на краю экрана



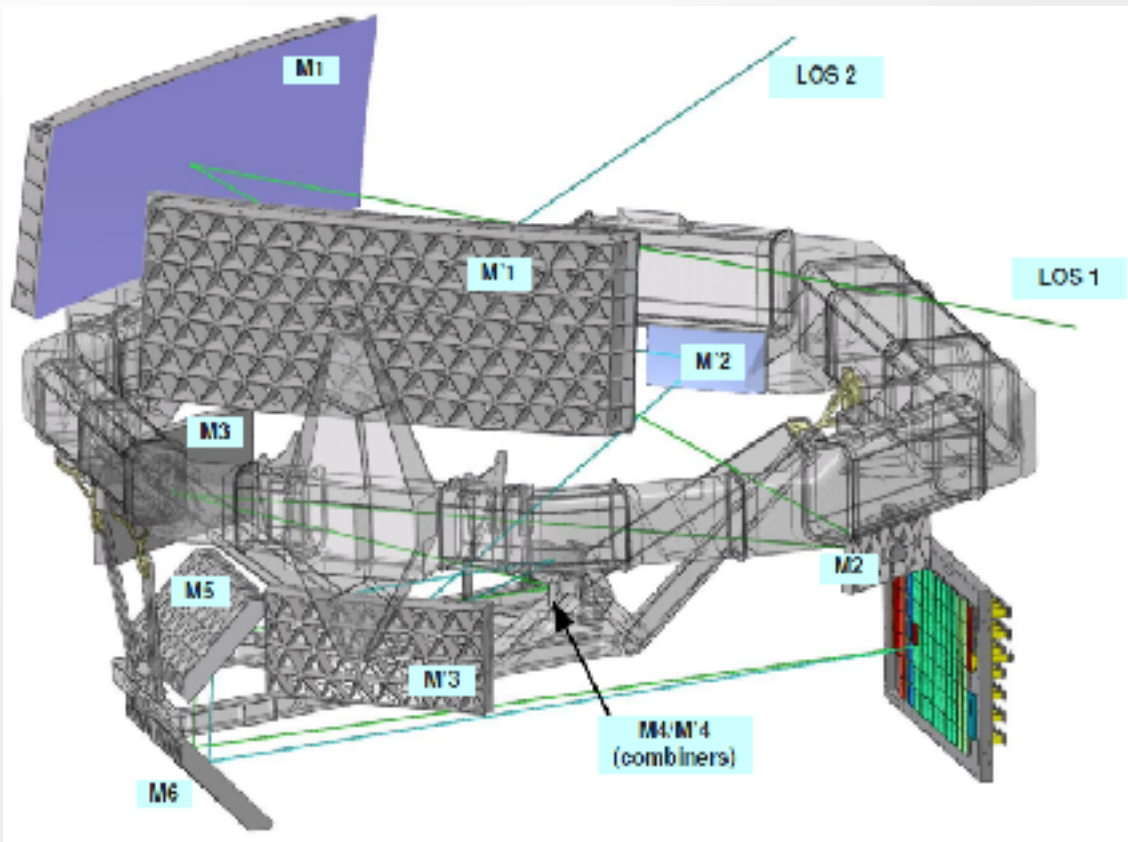
Рассеянный свет

Влияние:

- На звезды слабее 17^m – 18^m
- На фотометрию и спектры (RVS) –
постараются скомпенсировать программно

Угол между телескопами

- Изменяется гораздо больше, чем ожидалось



- Измерения – каждые 23 с
- Передний – $\pm 1000 \mu\text{as}$
- Задний – $\pm 200 \mu\text{as}$
- Периоды 6 ч, 24 ч, завис. от Солнца
- $\pm 30 \mu\text{as}$ при пересеч. плоск. Галактики ???



DR1

Характеристики DR I

- Данные за 14 месяцев: июль 2014 – сентябрь 2015
(в момент публикации – сент.2016 – 26 месяцев)
- Звезд – 1 142 679 769
- Tycho-Gaia (TGAS) – 2 057 050
 - Hipparcos – 93 635
 - Tycho-2 (без Hipp.) – 1 963 415
- Новых источников – 1 140 622 719
- Переменные с кривыми блеска – 3194 (Ceph. и RR Lyr)

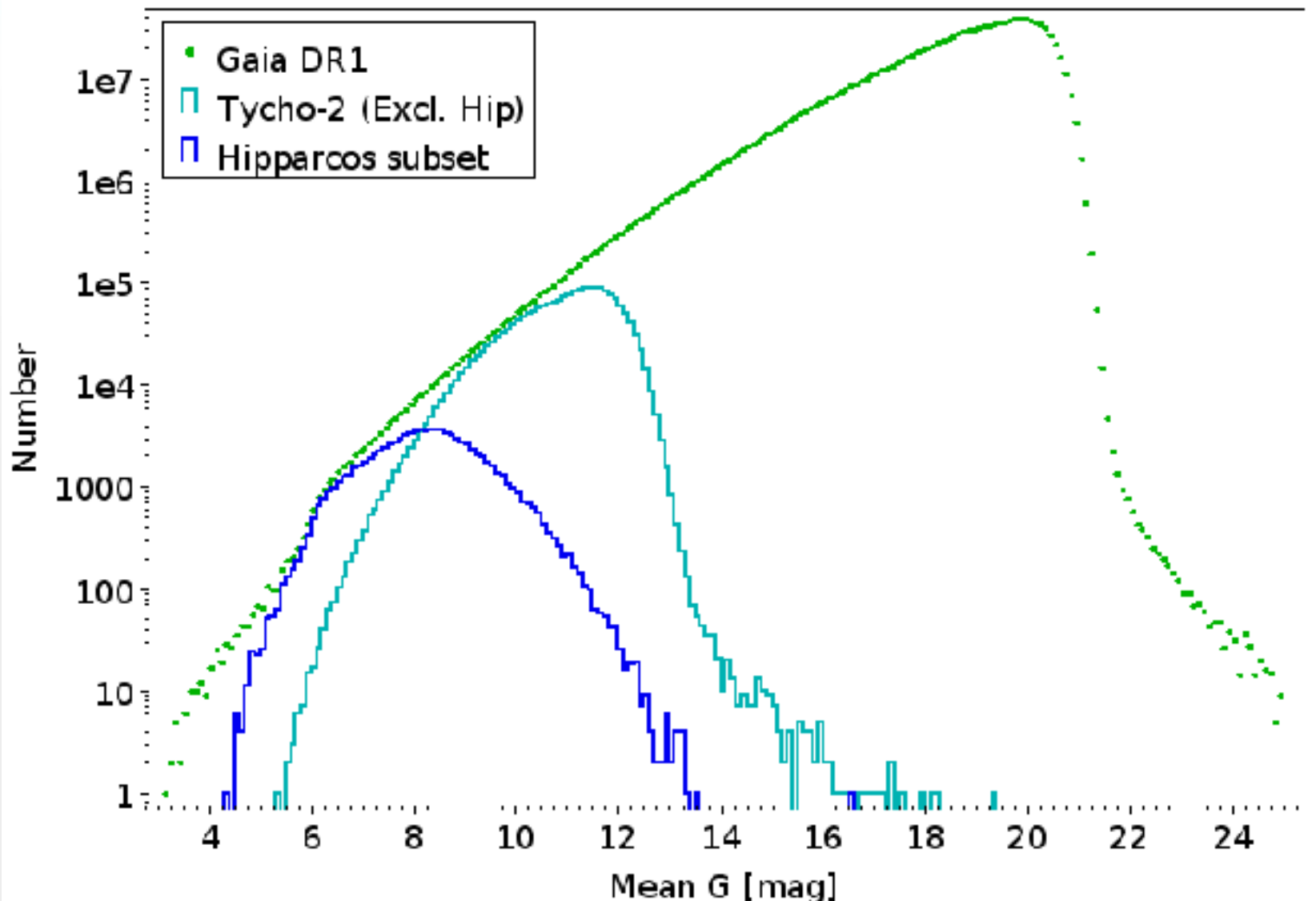
Содержание DR I

- Для всех звезд:
 - координаты α, δ
 - звездная величина G
- Для TGAS:
 - координаты α, δ
 - собственные движения μ
 - Параллаксы π
 - звездная величина G

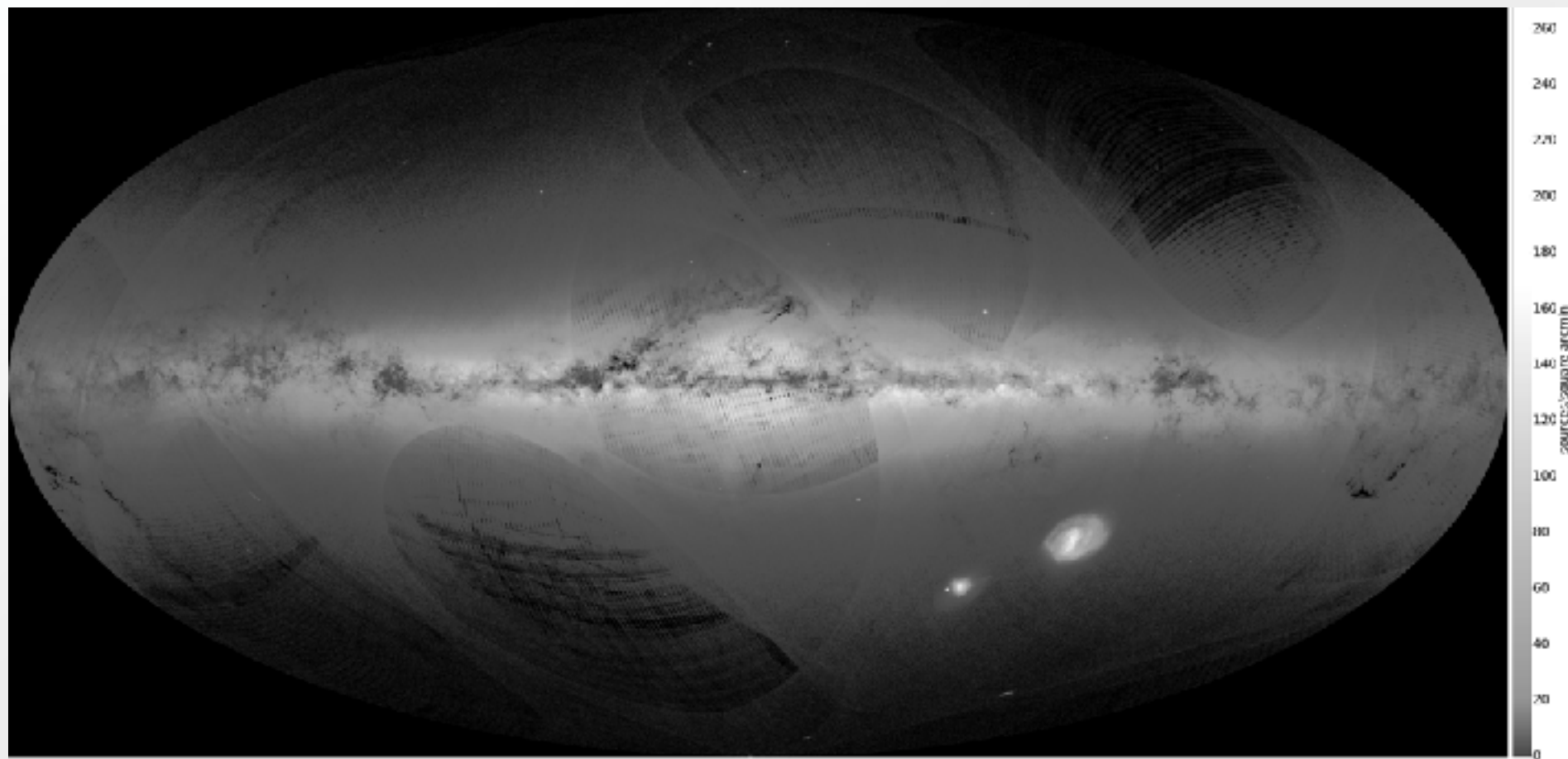
Точность DRI

- Для TGAS:
 - координаты α, δ $\sim 0,3$ mas
 - паралаксы π $\sim 0,3$ mas (+ 0,3 mas Syst.err.)
 - собственные движения μ ~ 1 mas/yr
- Для HGAS:
 - собственные движения μ $\sim 0,06$ mas/yr
- Для всех (остальных) звезд:
 - координаты α, δ ~ 10 mas
 - звездная величина G $\sim 0,03^m$ (для $5 < m < 20.7$)

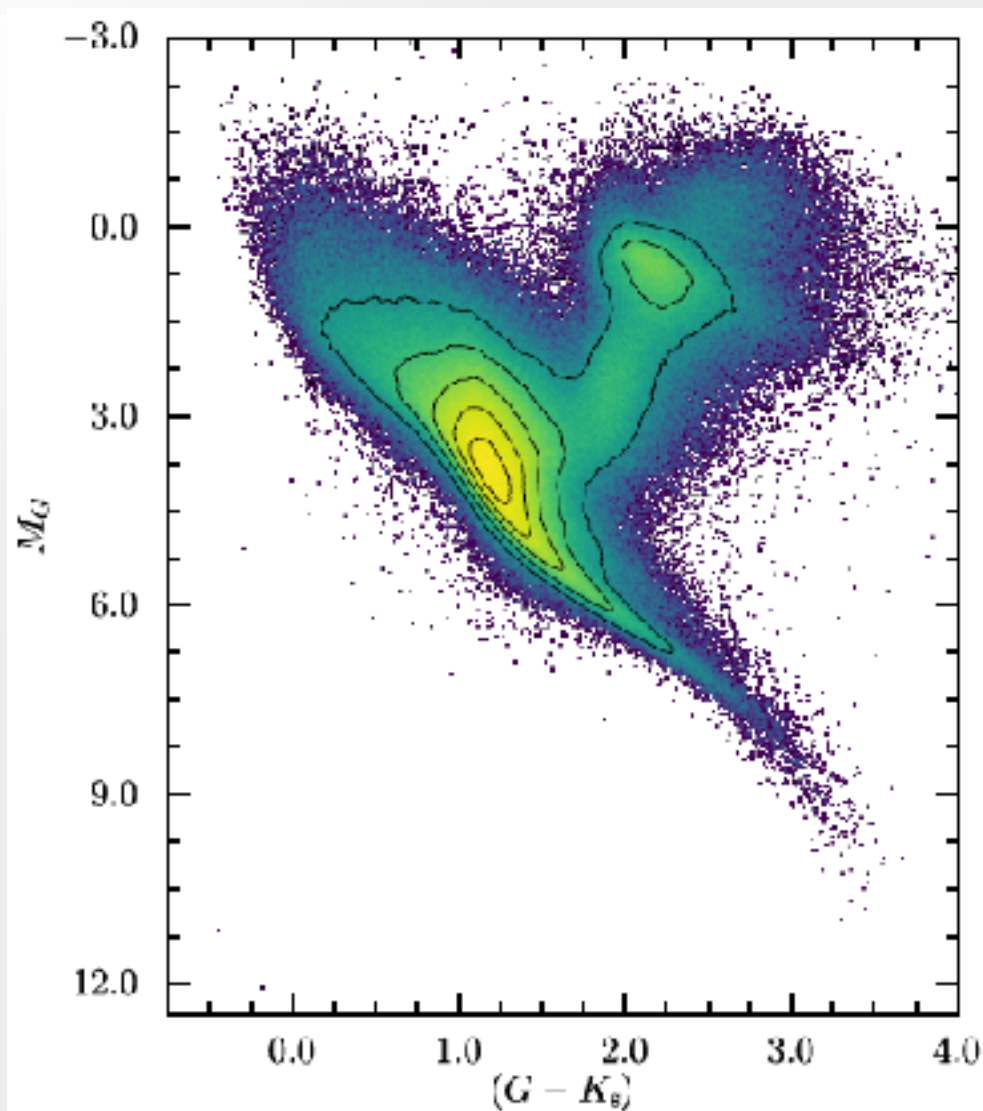
Log N – log S



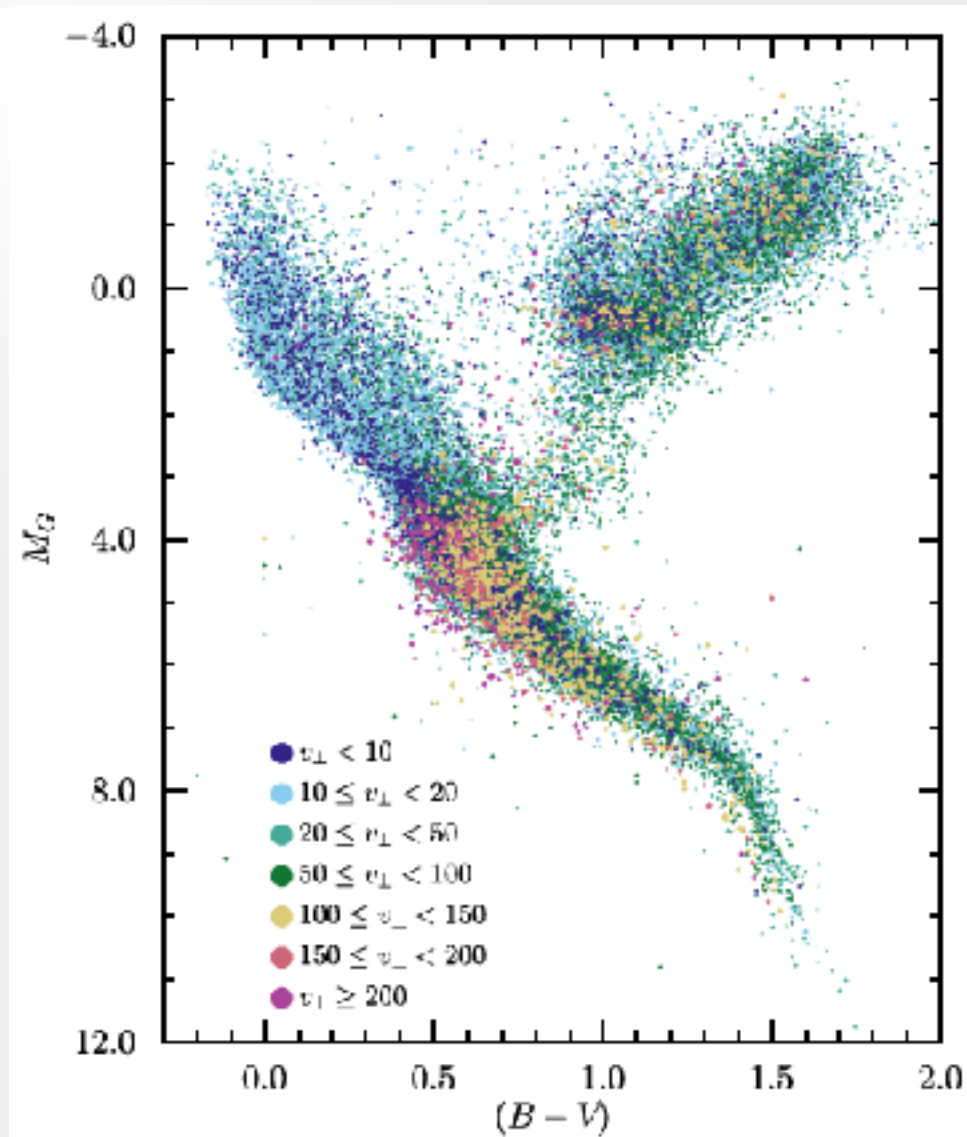
Звезд (TGAS) на кв.угл.минуту



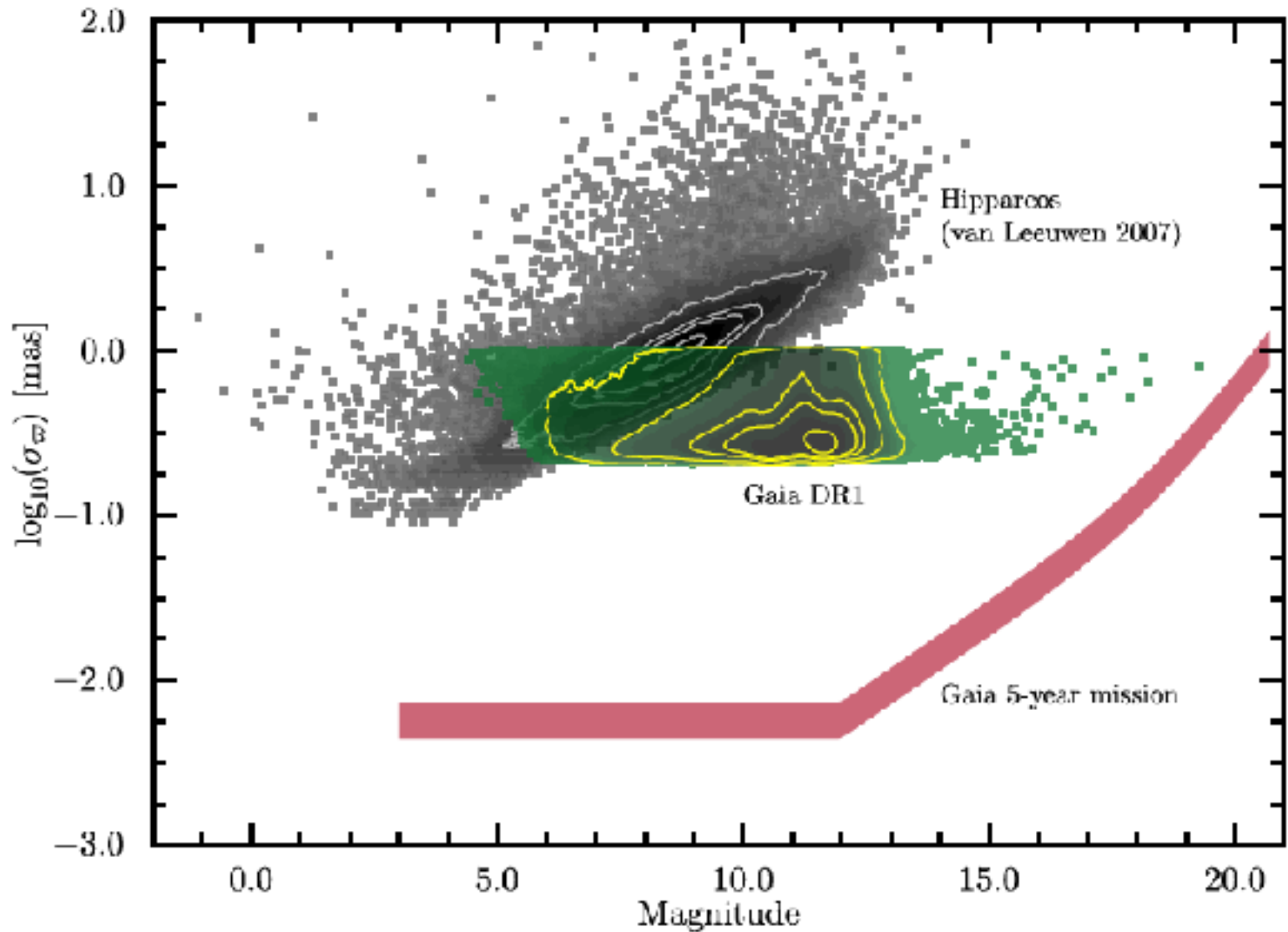
HR-диаграмма (Gaia + 2MASS)



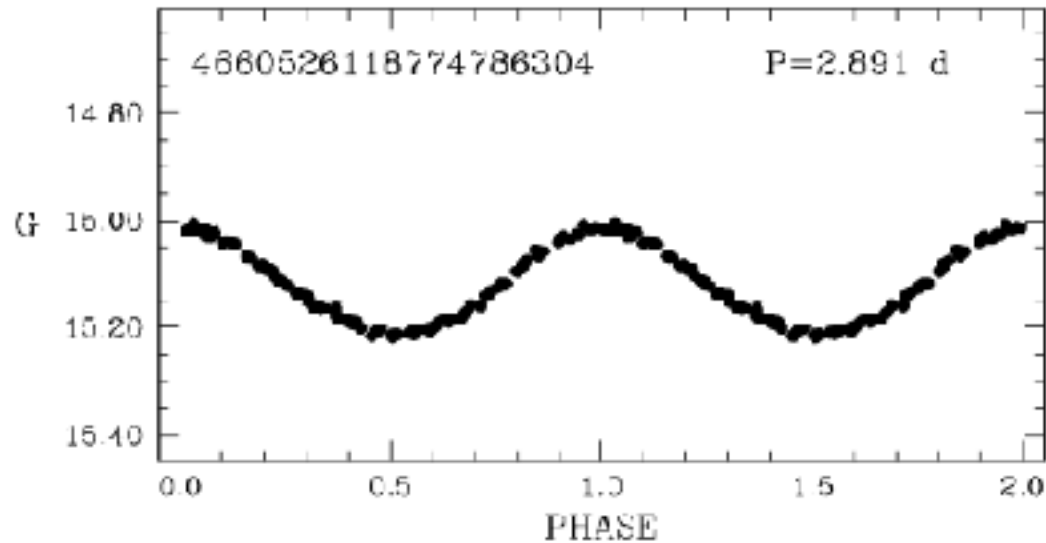
HR-диаграмма (TGAS + Tycho-2)



Параллаксы

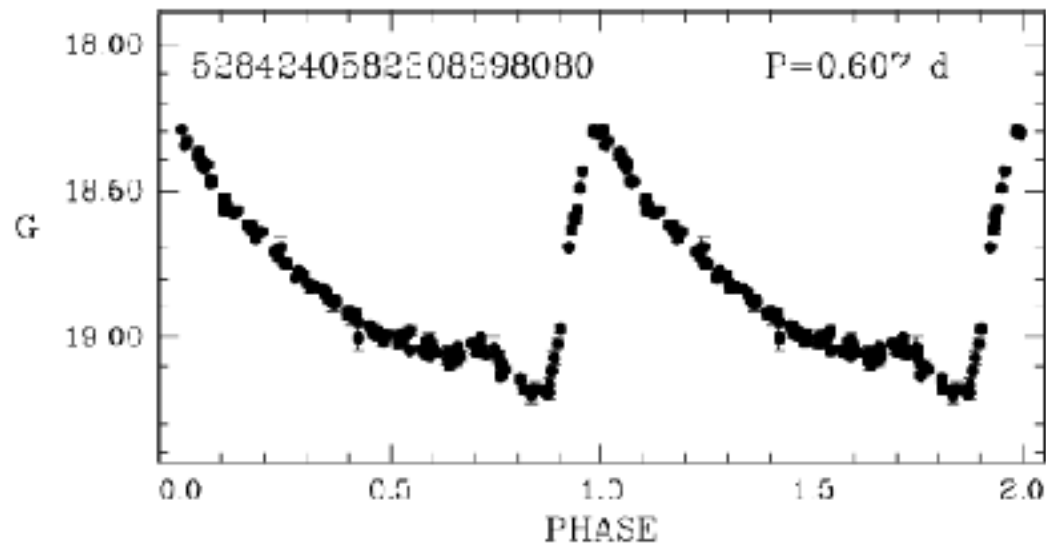


Переменные звезды



Цефеида

Обе в SMC

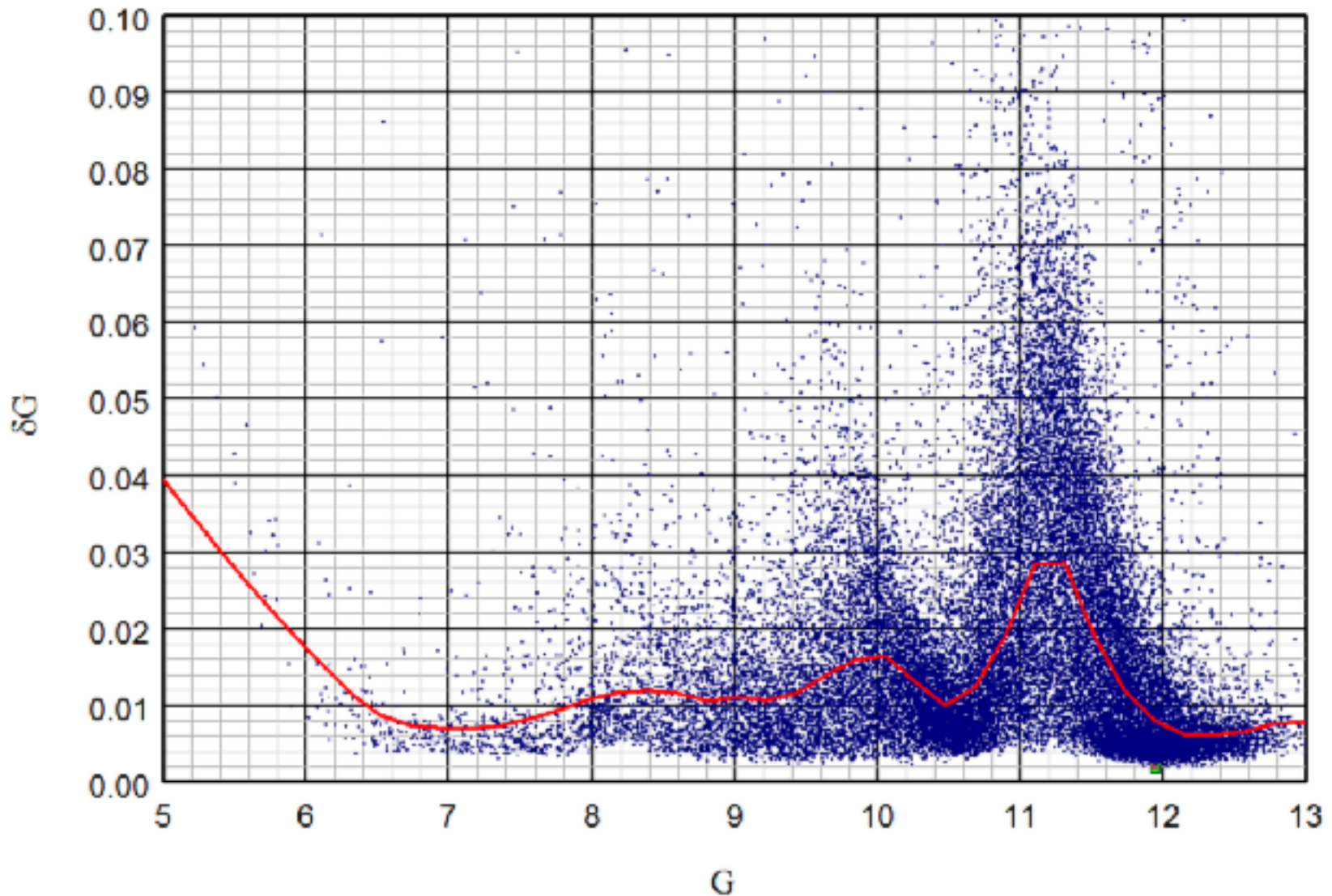


RR Lyr

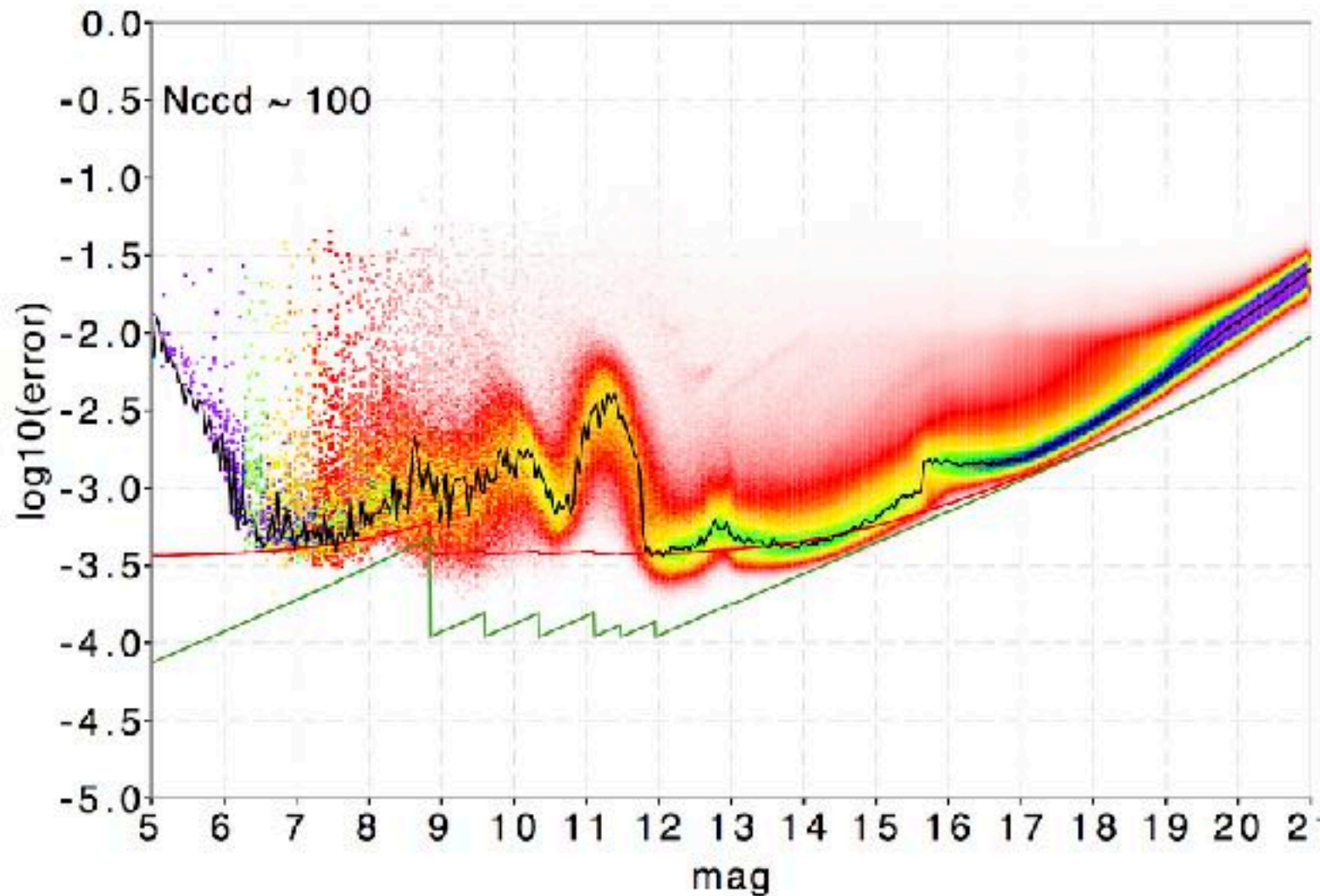


Вопросы

Погрешность G-фотометрии



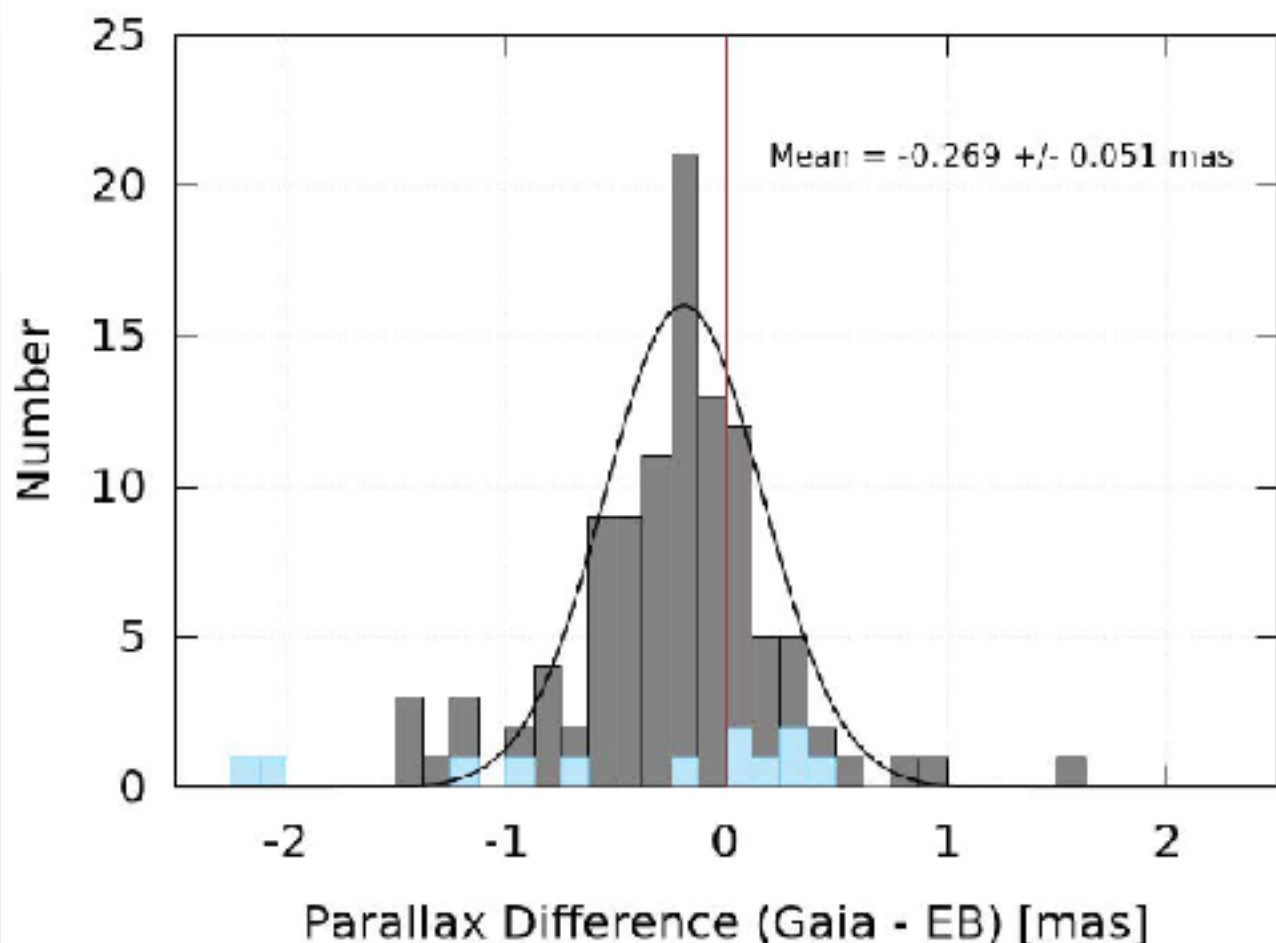
Погрешность G-фотометрии



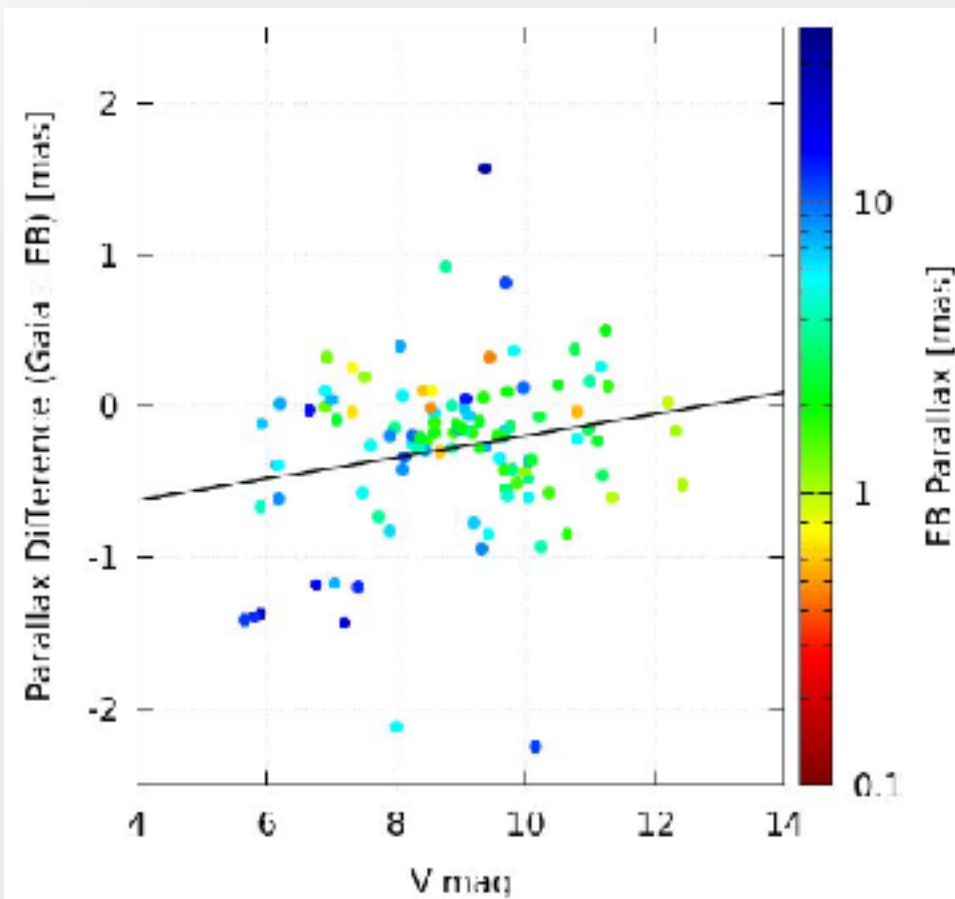
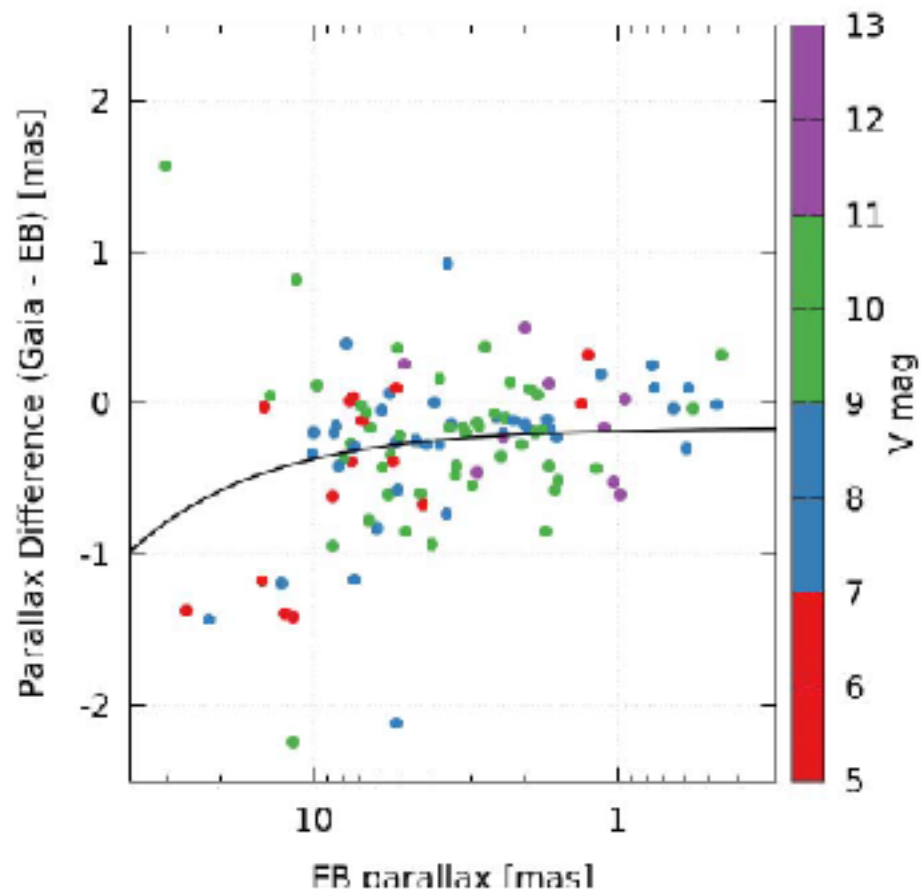
Систематическое занижение π

$$\pi_{Gaia} \approx \pi - 0.25 \pm 0.05 \text{ mas}$$

- ArXiv:
1609.05390
- Сравнение
со 158
затменными
двойными
из (Stassun,
Torres 2016)



Систематическое занижение π





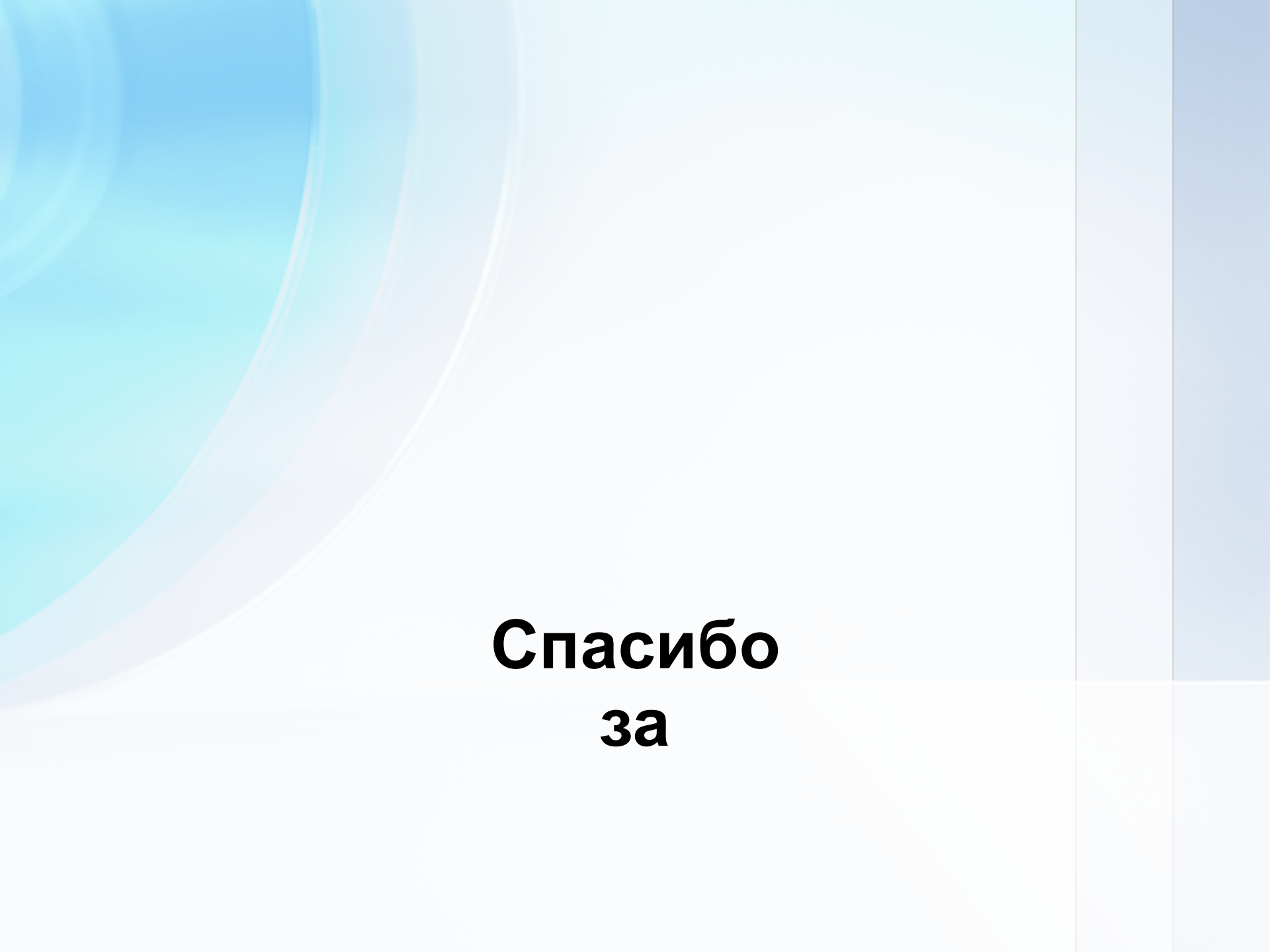
DR2, DR3 ...

Конец эксперимента Gaia

- Через 5,5 лет после прилёта в L2
(= 5 лет после начала основной программы наблюдений)
Gaia войдёт в тень Земли

Следующие релизы

- DR2: 4-й квартал 2017
 - 5 астрометрических параметров для одиночных звезд
 - BP/RP-фотометрия, ошибки
 - среднее V_r для ярких звезд
- DR3: 2018(?)
 - орбиты двойных с 2 мес. $< P < 75\%$ времени наблюд.
 - классификация звезд и их параметры
 - среднее V_r для непеременных и «хороших» классов звезд
- DR4: 2019
 - классификация переменных звезд
 - объекты Солнечной системы
 - кратные звезды
- Final DR: 2022 (+3 года после конца КЭ)
 - полные астро-, фото- и V_r -каталоги
 - все переменные и кратные звезды
 - классификация + параметры
 - экзопланеты
 - эпохи и транзиты для всех источников
 - все наземные наблюдения из программы сопровождения Gaia



**Спасибо
за**