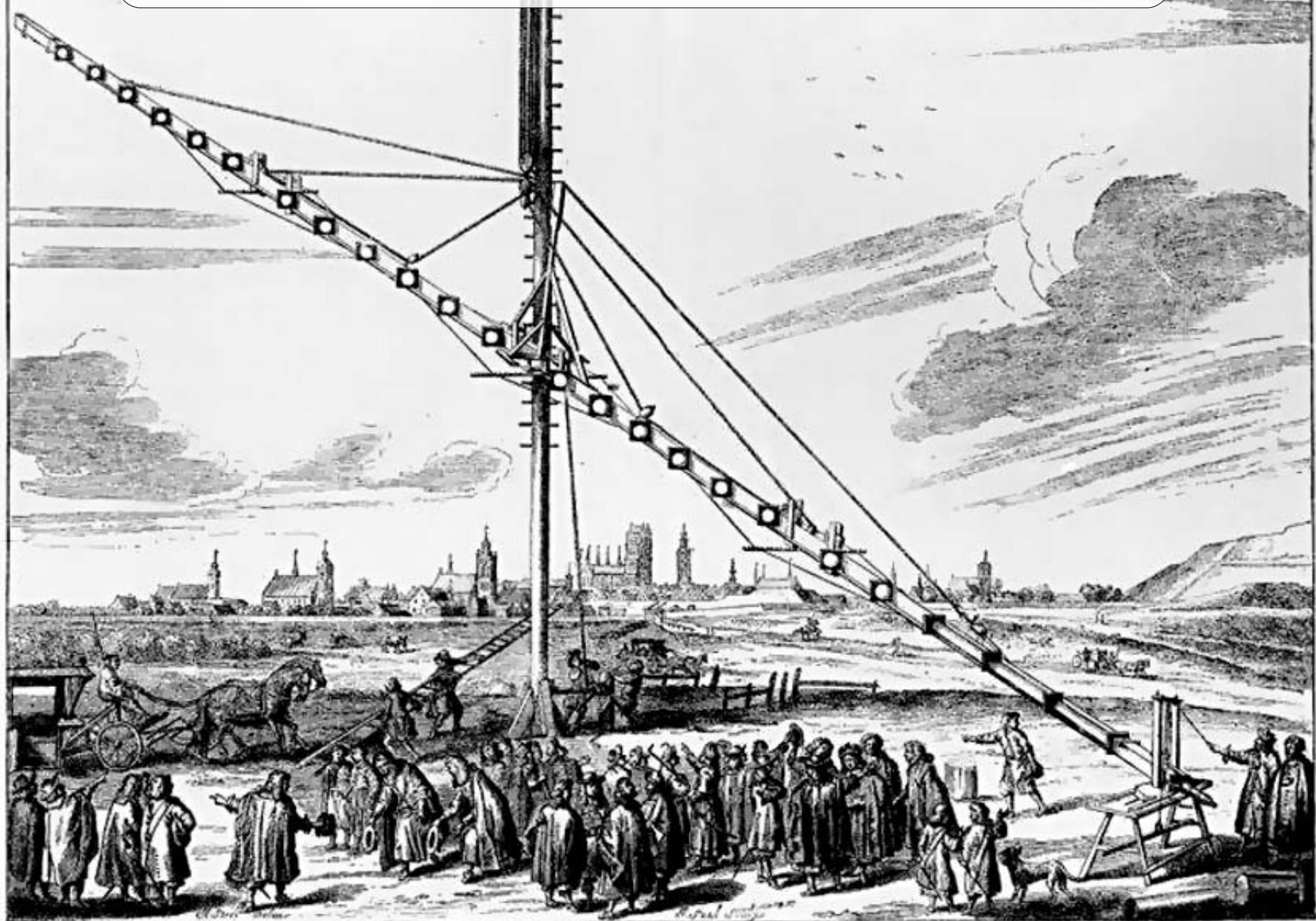
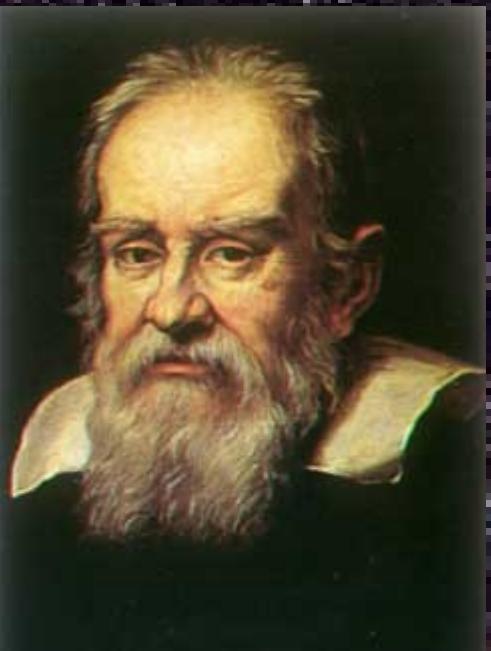


Оптические телескопы

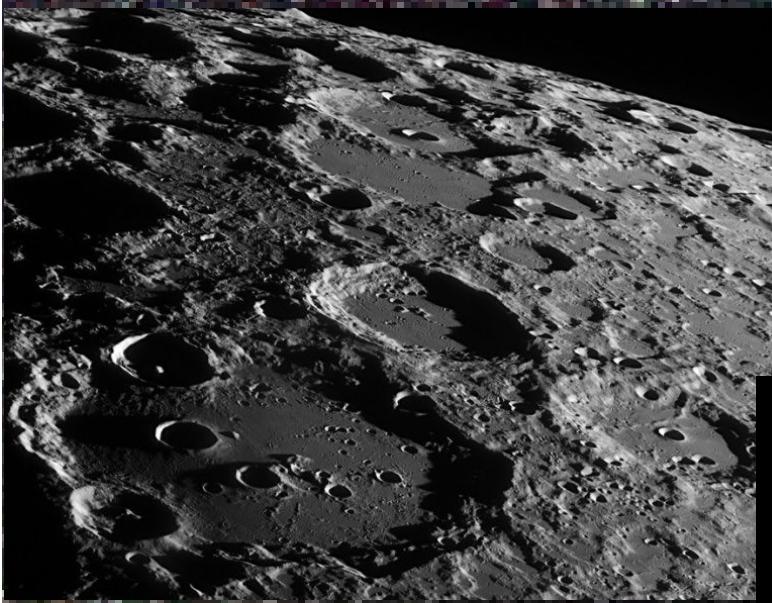




Галилео Галилей в 1609 году применил зрительную трубу 3^x в качестве телескопа

Другим своим инструментом ($D=45$ мм, $F\sim 1$ м, 32x) Галиллей смог сделать ряд открытий:

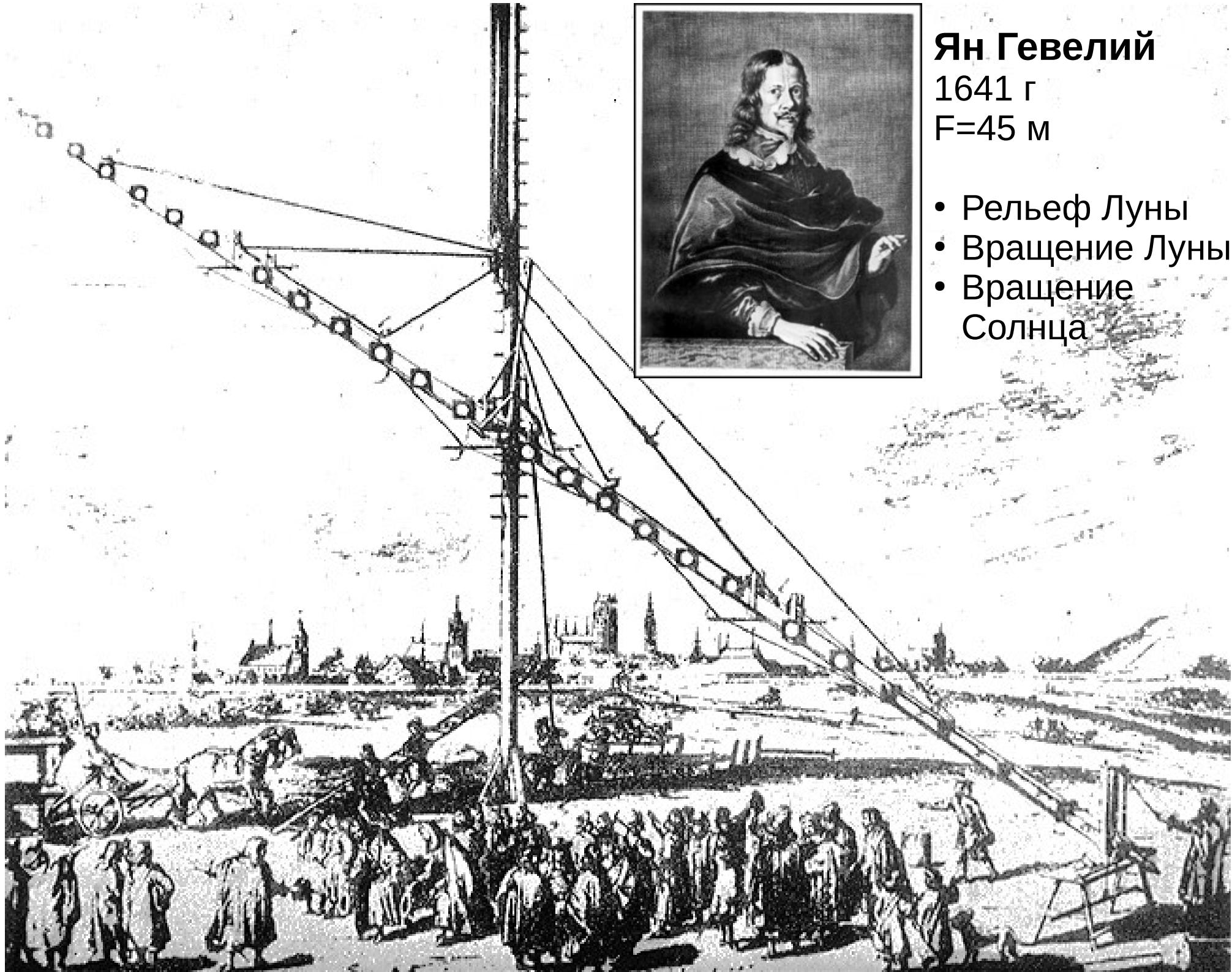
- Рельеф Луны (горы, кратеры)
- 4 спутника Юпитера
- Солнечные пятна
- Фазы Венеры
- Кольца Сатурна
- Звезды Млечного пути



Ян Гевелий

1641 г

F=45 м



- Рельеф Луны
- Вращение Луны
- Вращение Солнца



Уильям Гершель

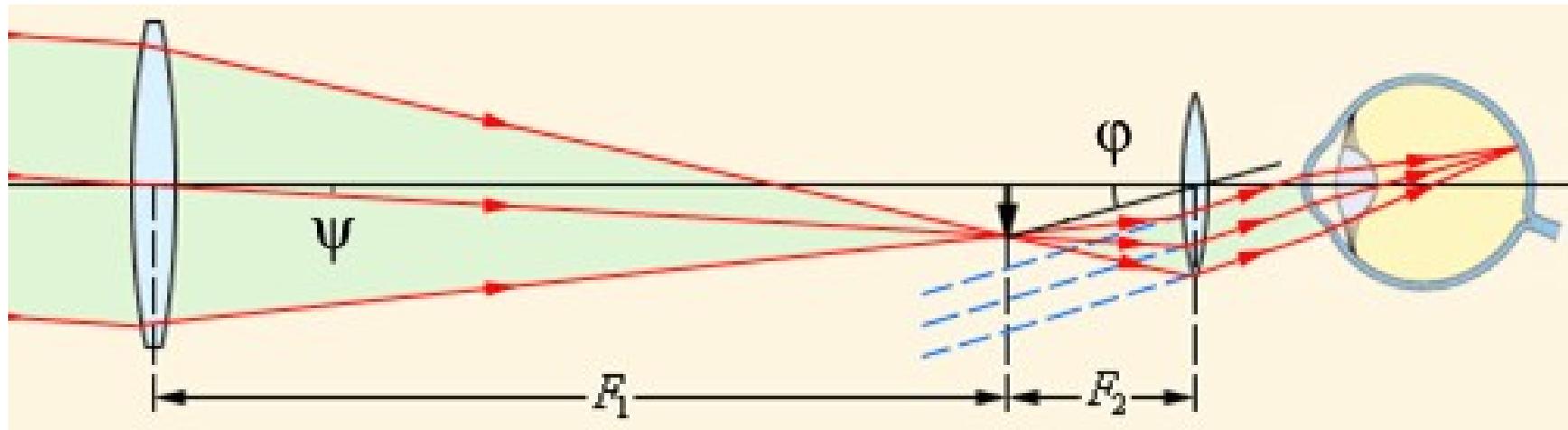
1789 г

F=12 м

D=1.26 м

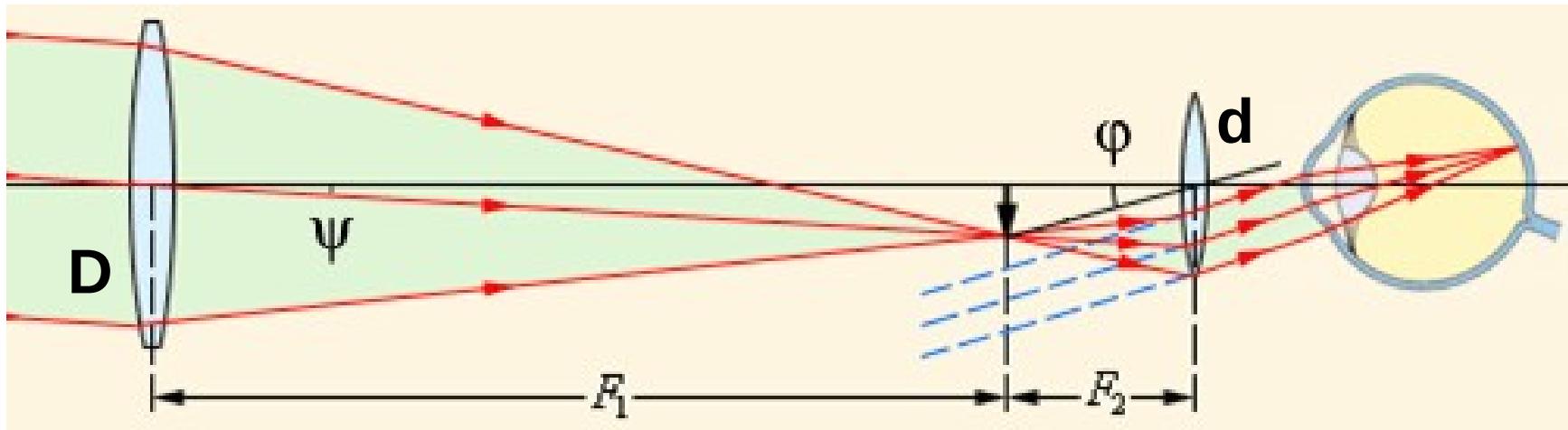
- Уран
- Двойные звезды
- Спутники Урана
- Спутники Сатурна

Основные функции телескопа



- 1) Увеличение угловых размеров наблюдаемых объектов
- 2) Увеличение площади регистрации излучения

Увеличение телескопа

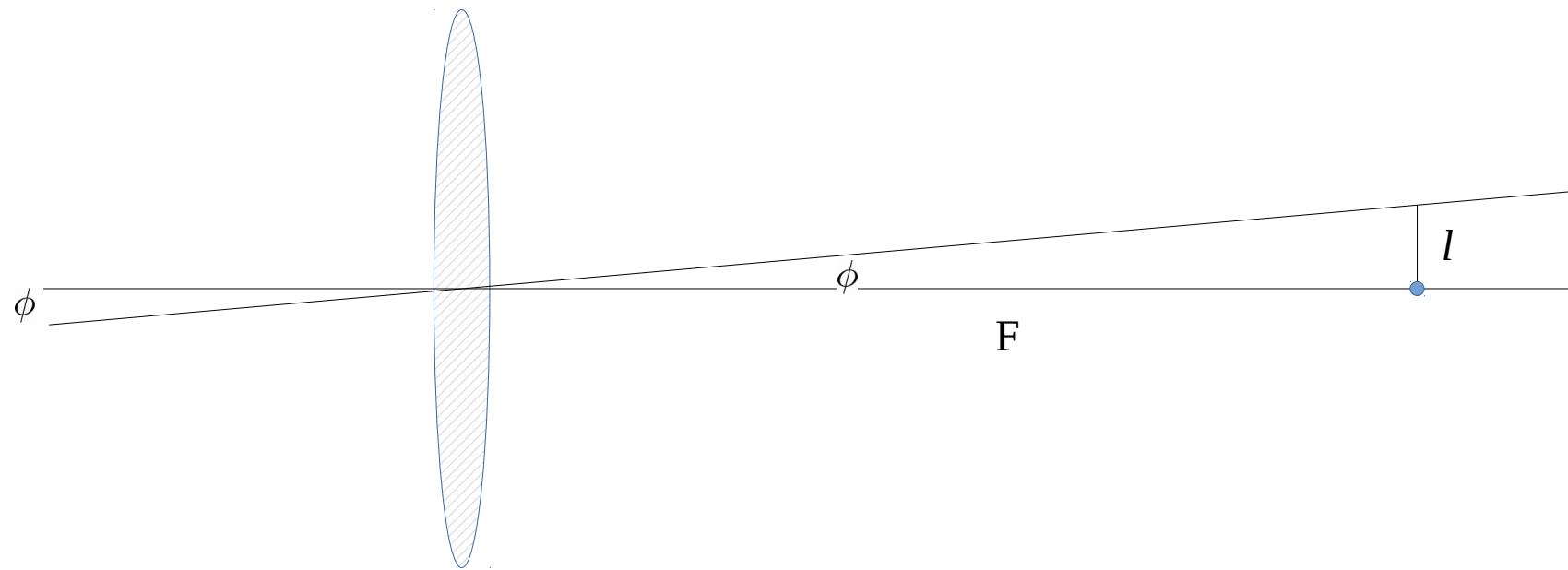


$$F_1 \operatorname{tg} \psi = F_2 \operatorname{tg} \phi$$

$$G = \frac{\phi}{\psi} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{D}{d}$$

$\frac{D}{F_1}$ Относительное отверстие или светосила (диафрагма)

Камера телескопа



$$l = F \operatorname{tg} \phi = F \phi(\text{rad}) = F \frac{\phi^\circ}{57.3} = F \frac{\phi''}{206265}$$

Разрешающая сила телескопа

Из оптики дифракционный предел: $\alpha(\text{rad}) = 1.22 \frac{\lambda}{D}$

Для видимого света 5500 Å $\alpha'' = \frac{138}{D(\text{mm})}$

Размер дифракционного изображения
в камере (мм) $6.7 \cdot 10^{-4} \frac{F}{D}$

Разрешающее увеличение $\alpha = 1' = 60'' = \frac{138}{D(\text{mm})} G$

$$G = \frac{1}{2} D(\text{mm})$$

Проницающая сила телескопа

$$\frac{E}{E(vis)} = \frac{S(tel)}{S(vis)} = \left(\frac{D}{6(mm)} \right)^2$$

Предельная звездная величина

$$m = 6 + 5 \lg \frac{D}{6} = 2.1 + 5 \lg D(mm)$$

Оптические системы телескопов

- Рефрактор — линзовый

Первые телескопы, полное использование светового пучка (отсутствие объектов, перекрывающих свет), значительные сферические и хроматические аберрации, ограничение на массу и размер объектива

- Рефлектор — зеркальный

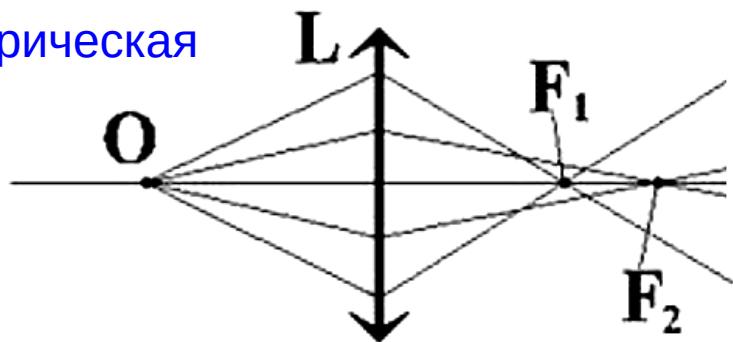
Отсутствие хроматической аберрации и возможность уменьшить сферическую. Широкие возможности придания нужной формы поверхности зеркала. Использование систем зеркал.

- Катадиоптрическая — зеркально линзовый

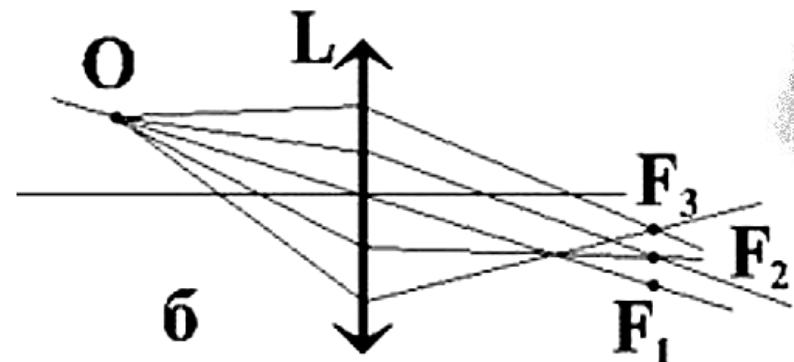
Сведение к минимуму аберраций при компактных размерах телескопа.

Аберрации оптических систем

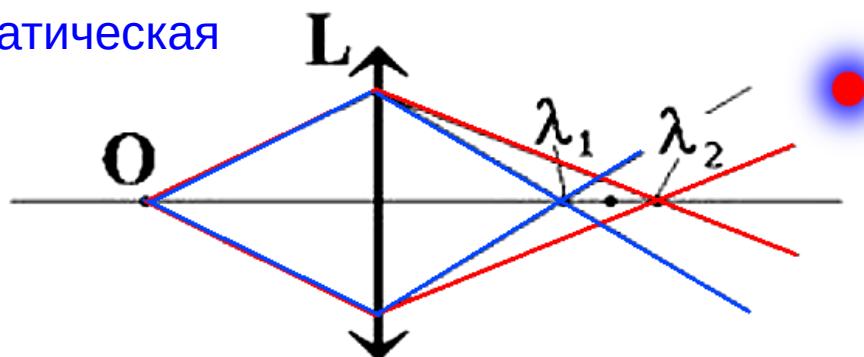
Сферическая



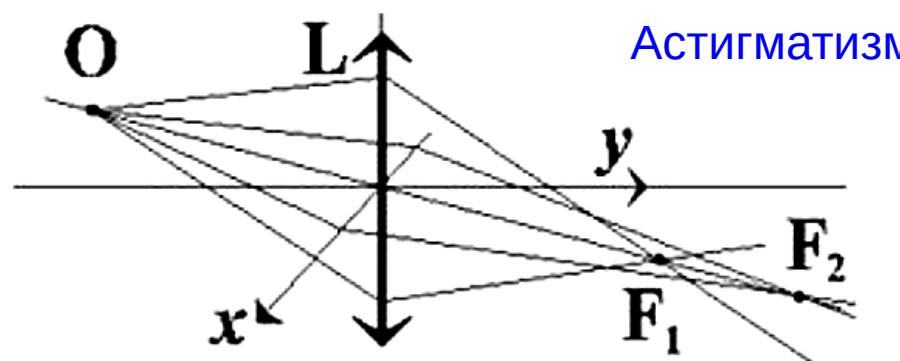
Кома



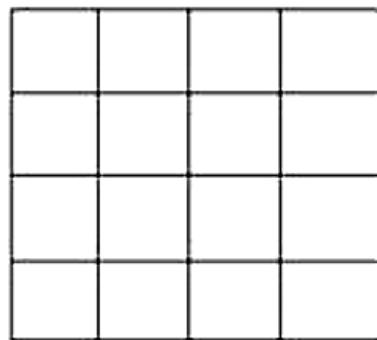
Хроматическая



Астигматизм

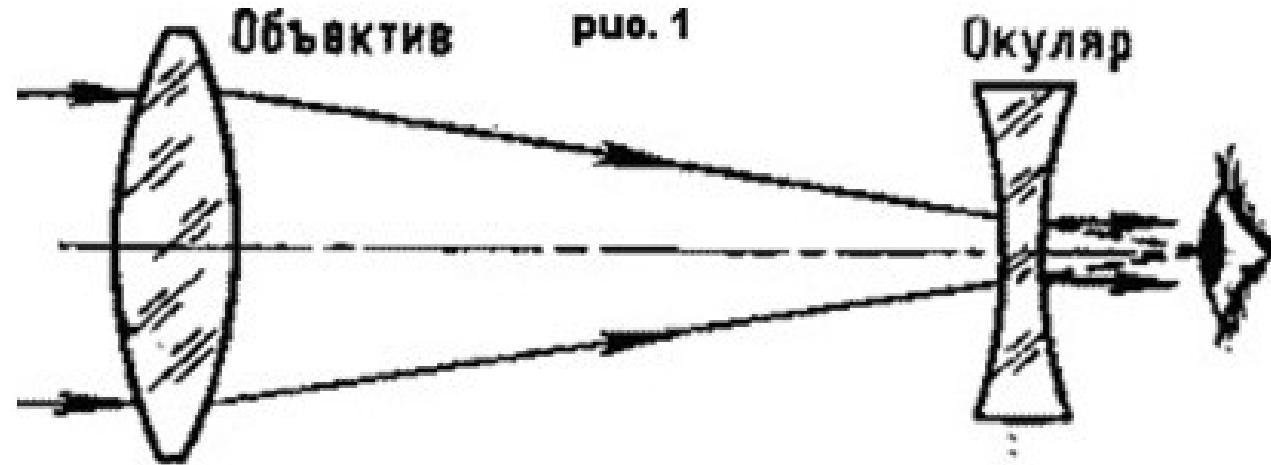


Дисторсия

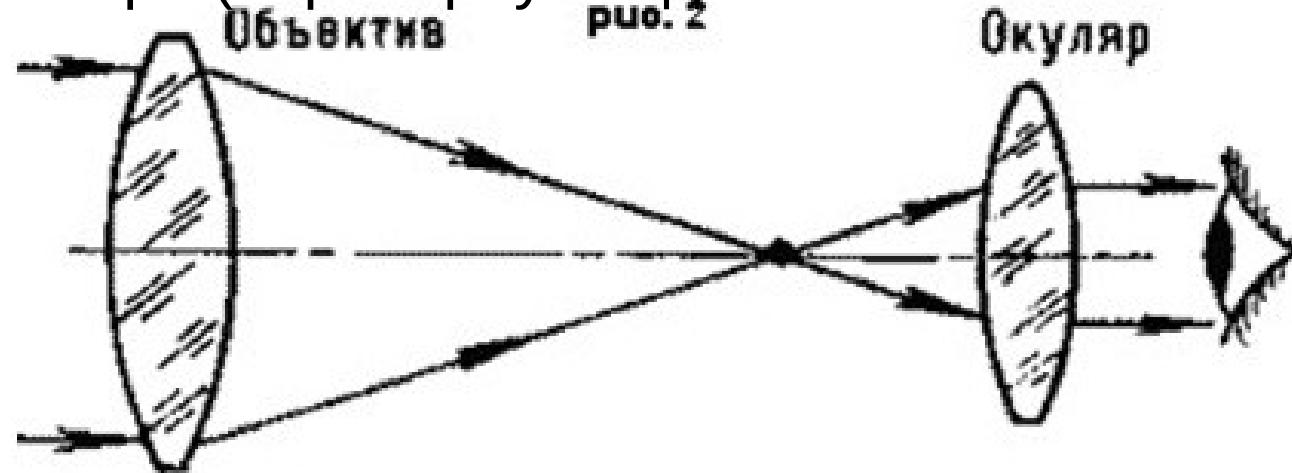


Рефракторы

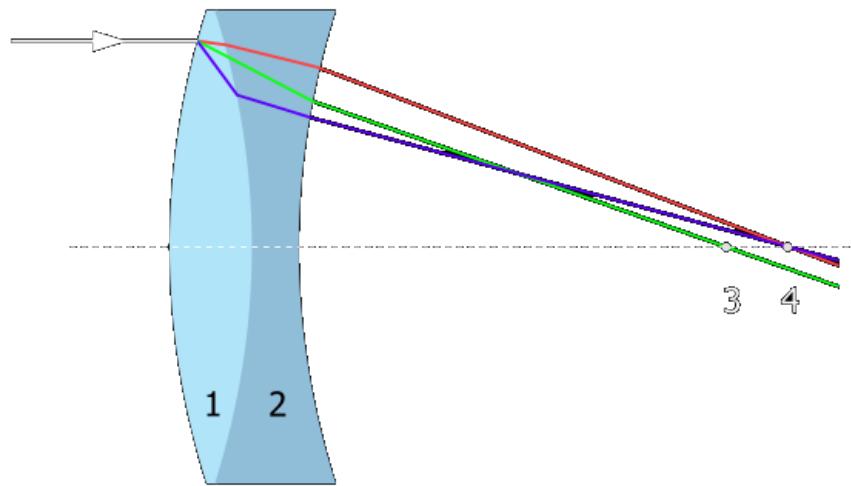
Система Галилея (прямое мнимое изображение)



Система Кеплера (перевернутое действительное изображение)

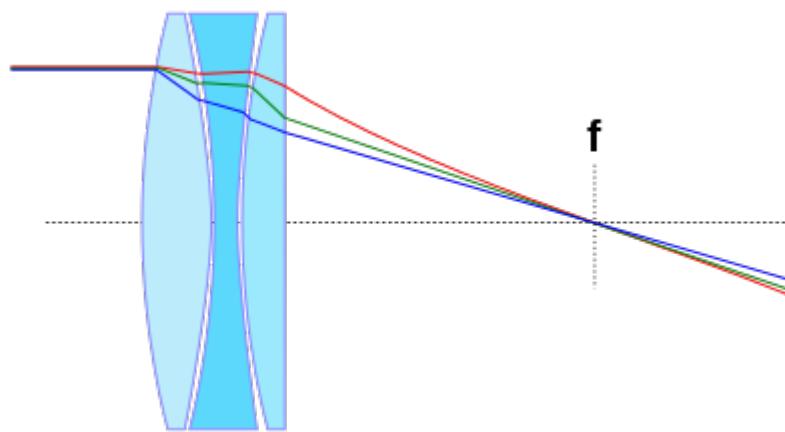


Типы объективов рефракторов



Ахромат — объектив, в котором исправлена хроматическая аберрация для лучей света двух различных длин волн и частично — сферическая аберрация

1 — крон, 2 — флинт, 3 — зелёный луч, 4 — точка сведения синего и красного лучей



Апохромат — оптическая конструкция, у которой исправлены сферическая аберрация и хроматические аберрации для трёх и более цветов. Как правило, является усложнённым ахроматом с линзами из стекла специальных сортов (например, курцфлинт) и некоторых кристаллов (флюорит, квасцы).

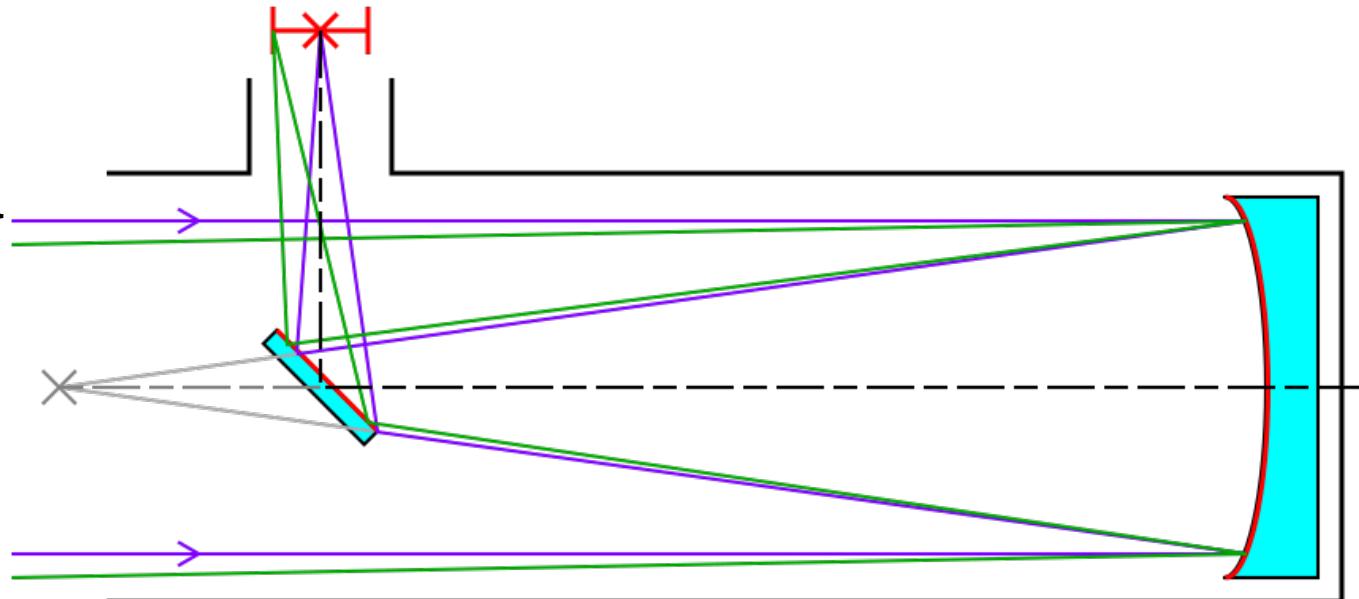
Цейсс-400



Рефлекторы

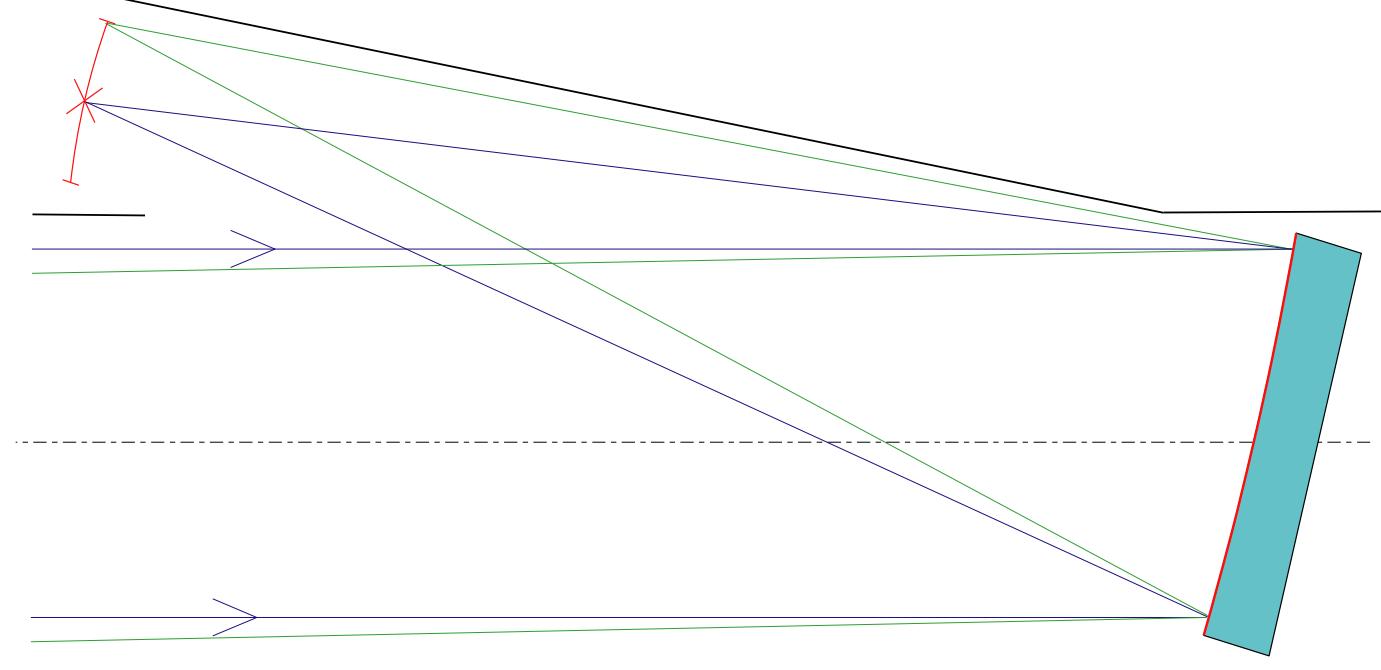
Система Ньютона

Сферическое или
Параболическое
главное зеркало
Плоское вторичное



Система Гершеля

Однозеркальная
Внеосевая



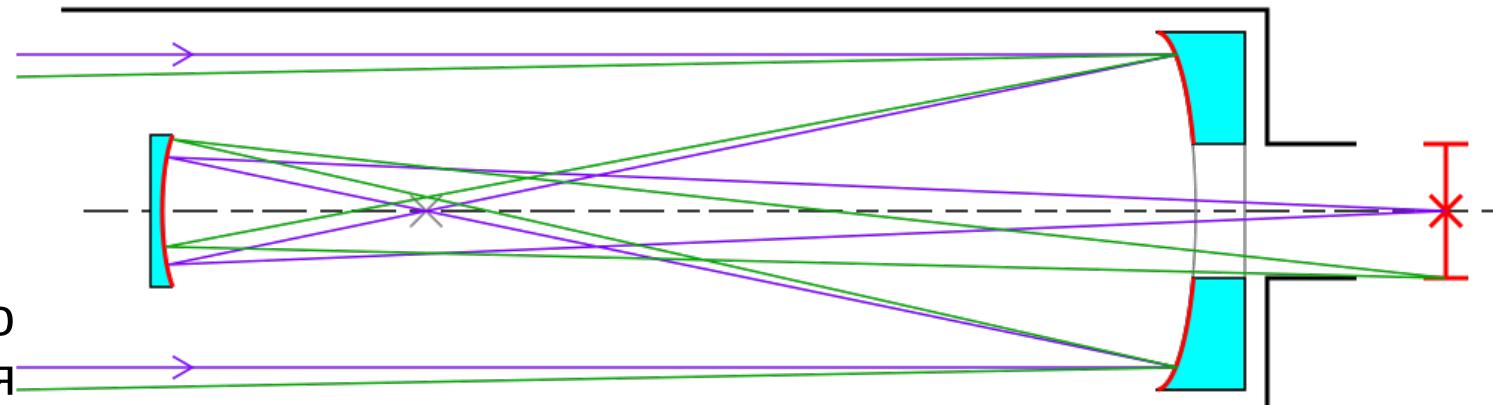


Система Грегори

Параболические
зеркала

Прямое изображение

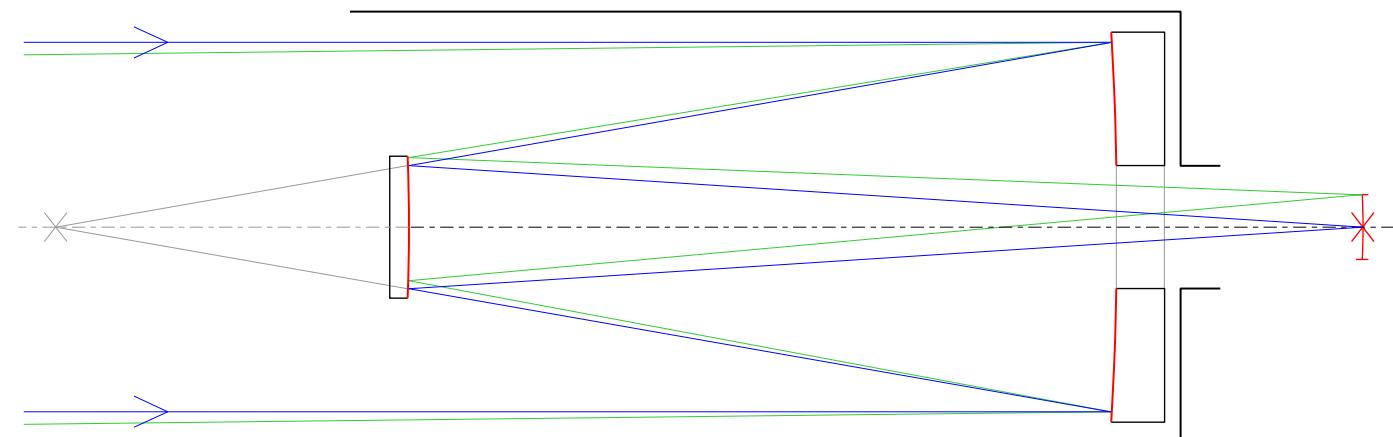
Достижение большого
фокусного расстояния



Система Кассегрена

Параболическое главное
зеркало

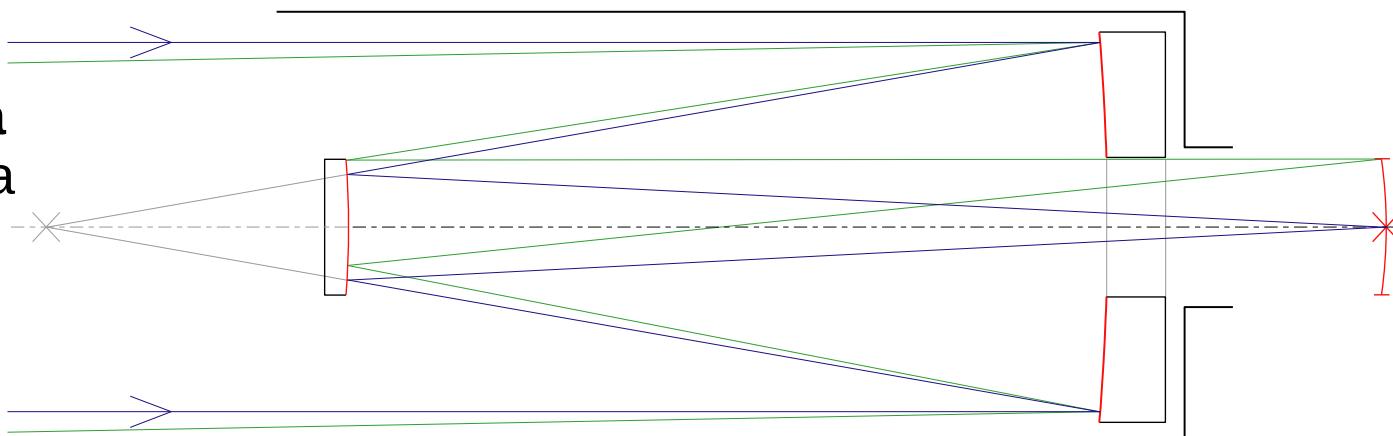
Гиперболическое
вторичное

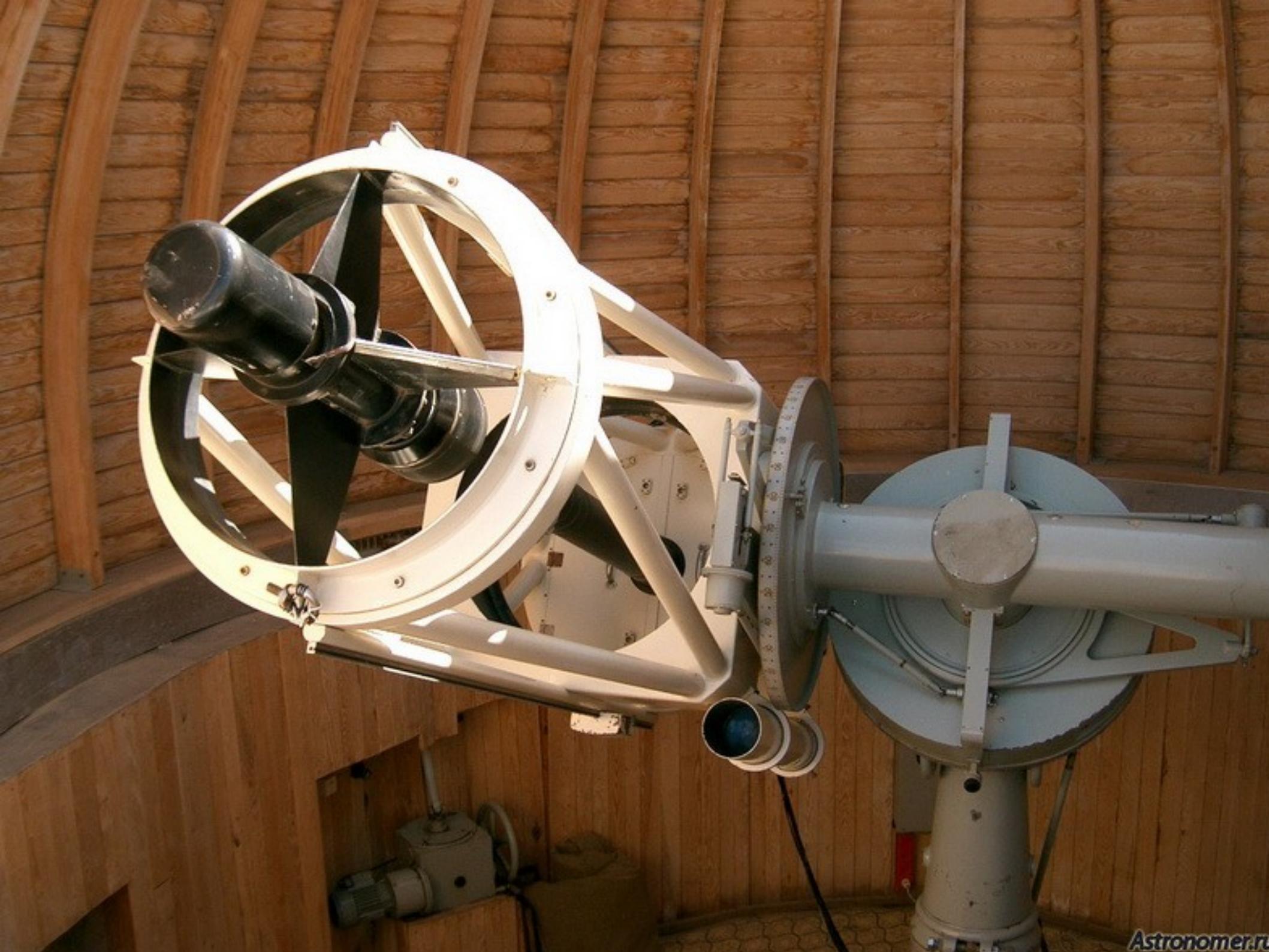


Система Ричи-Кретьена

Гиперболические зеркала

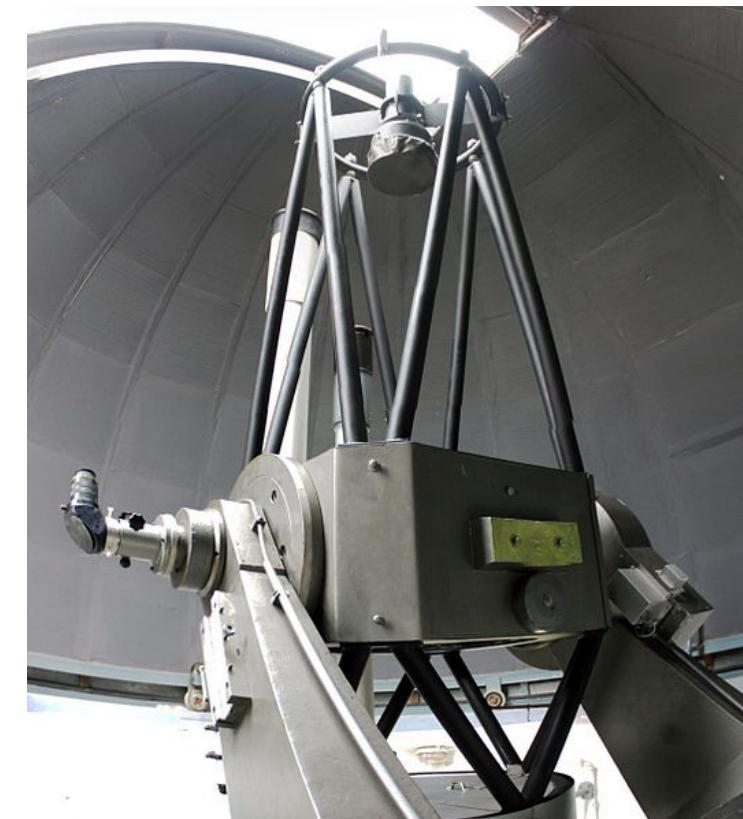
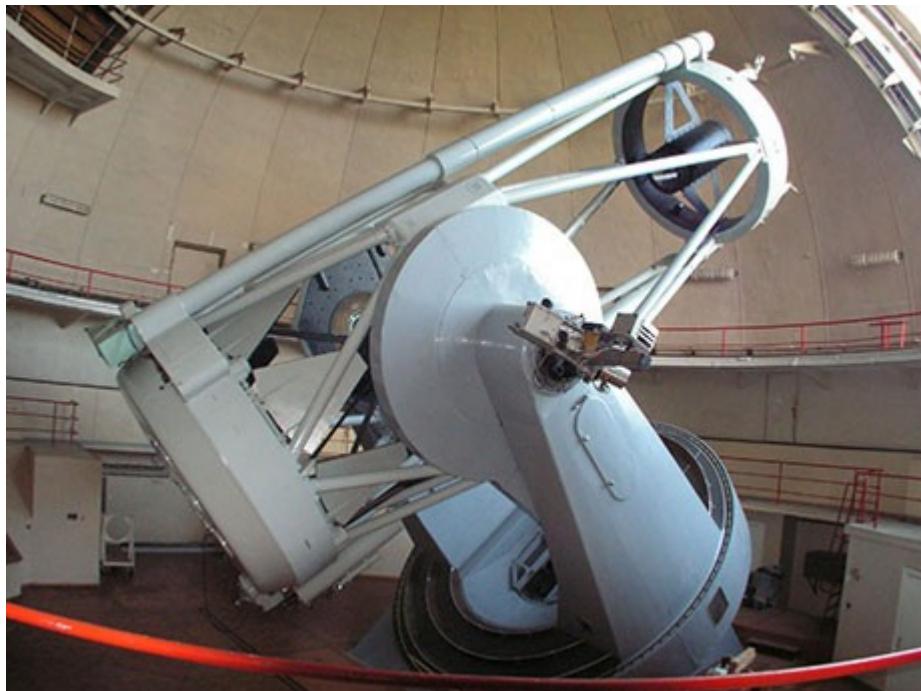
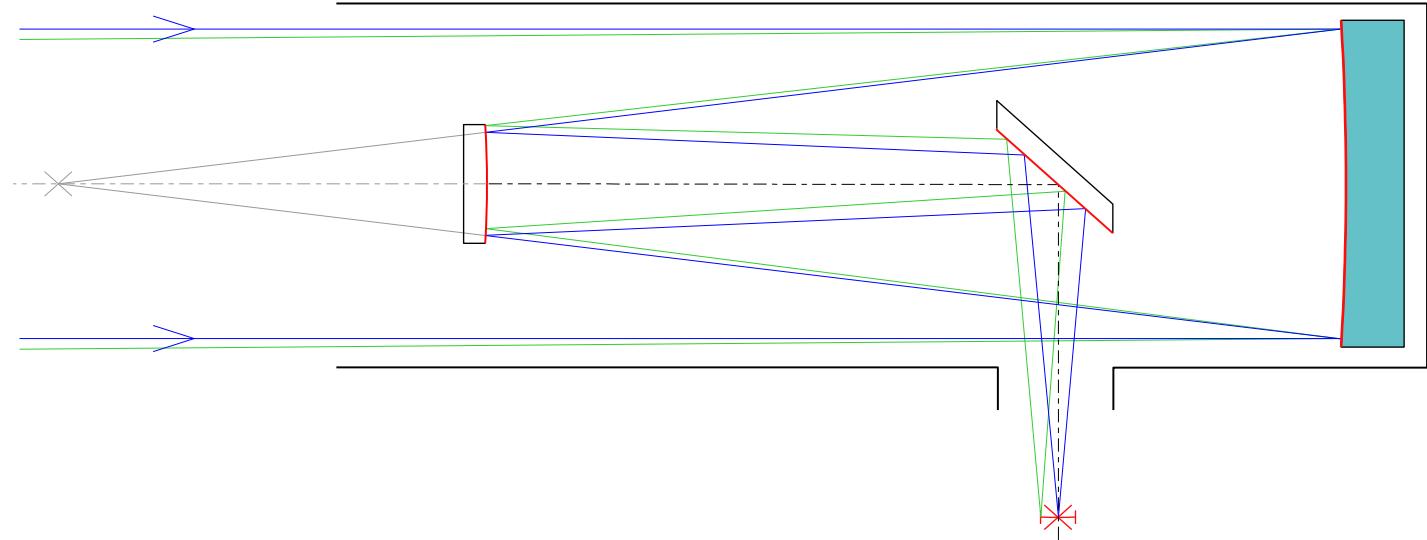
Большое поле зрения





Модификация Несмита

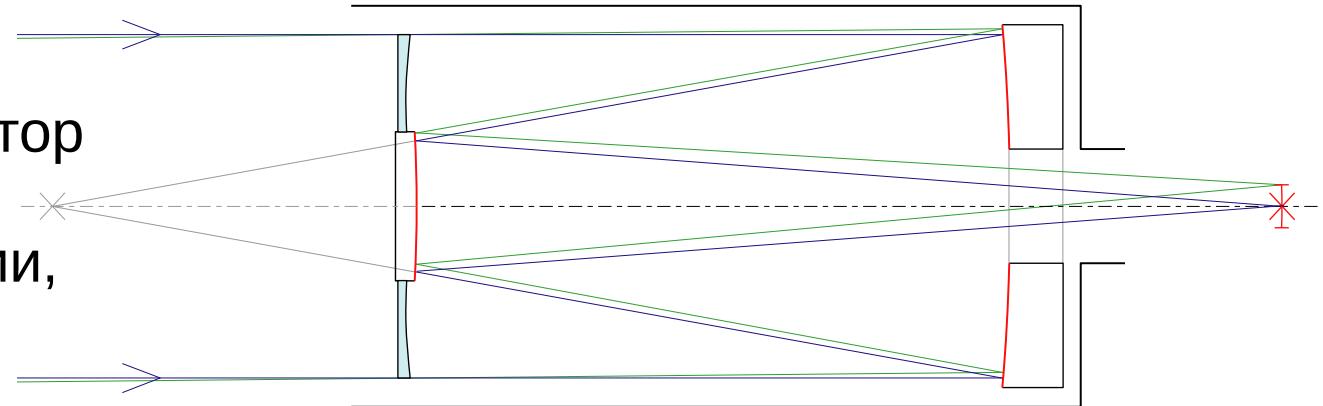
Отвод пучка света в ось телескопа



Катадиоптрические системы

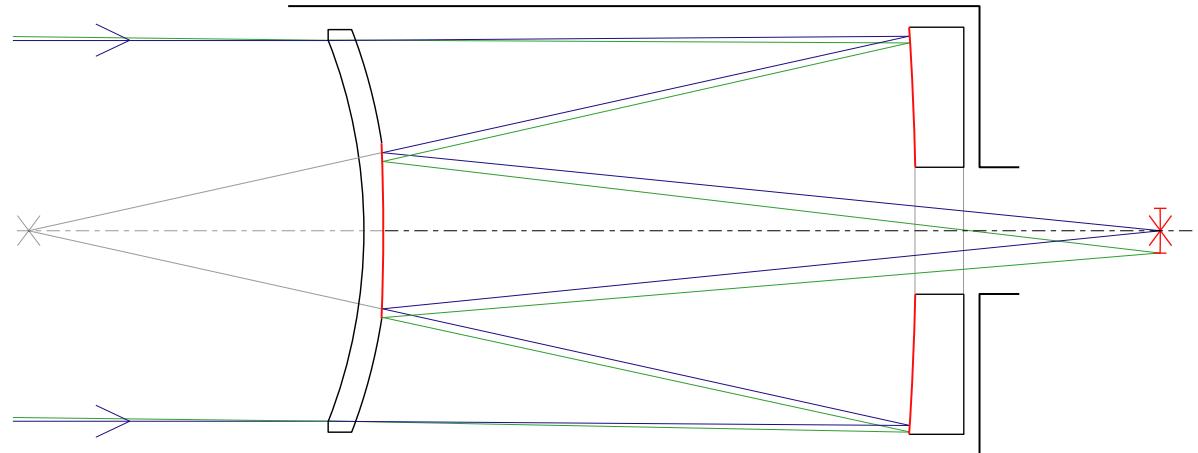
Система Шмидта

Сферическое зеркало
Сложная линза-корректор
Исправление сферической аберрации, астигматизма и комы
Большое поле зрения
Короткая труба



Система Максутова

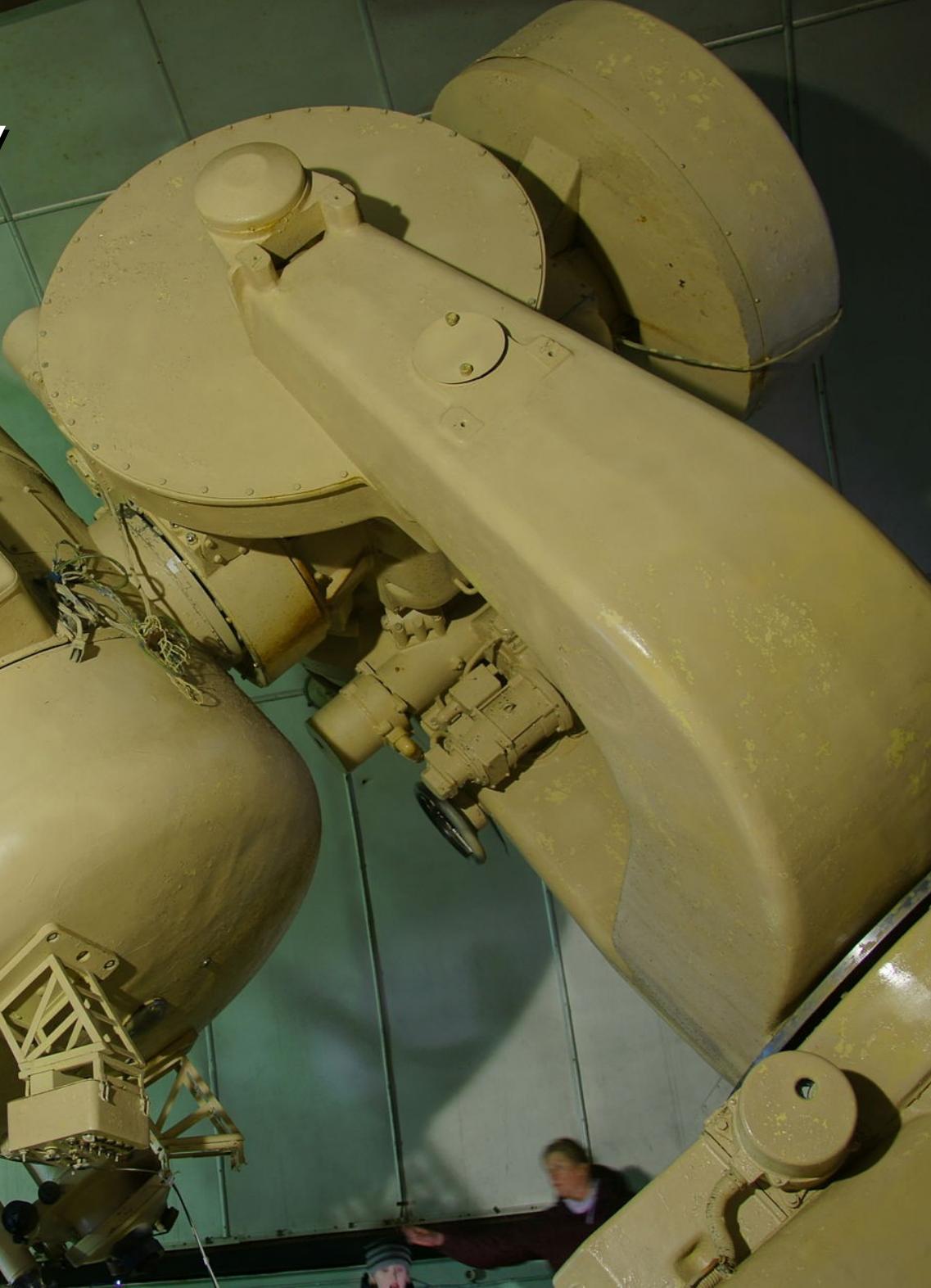
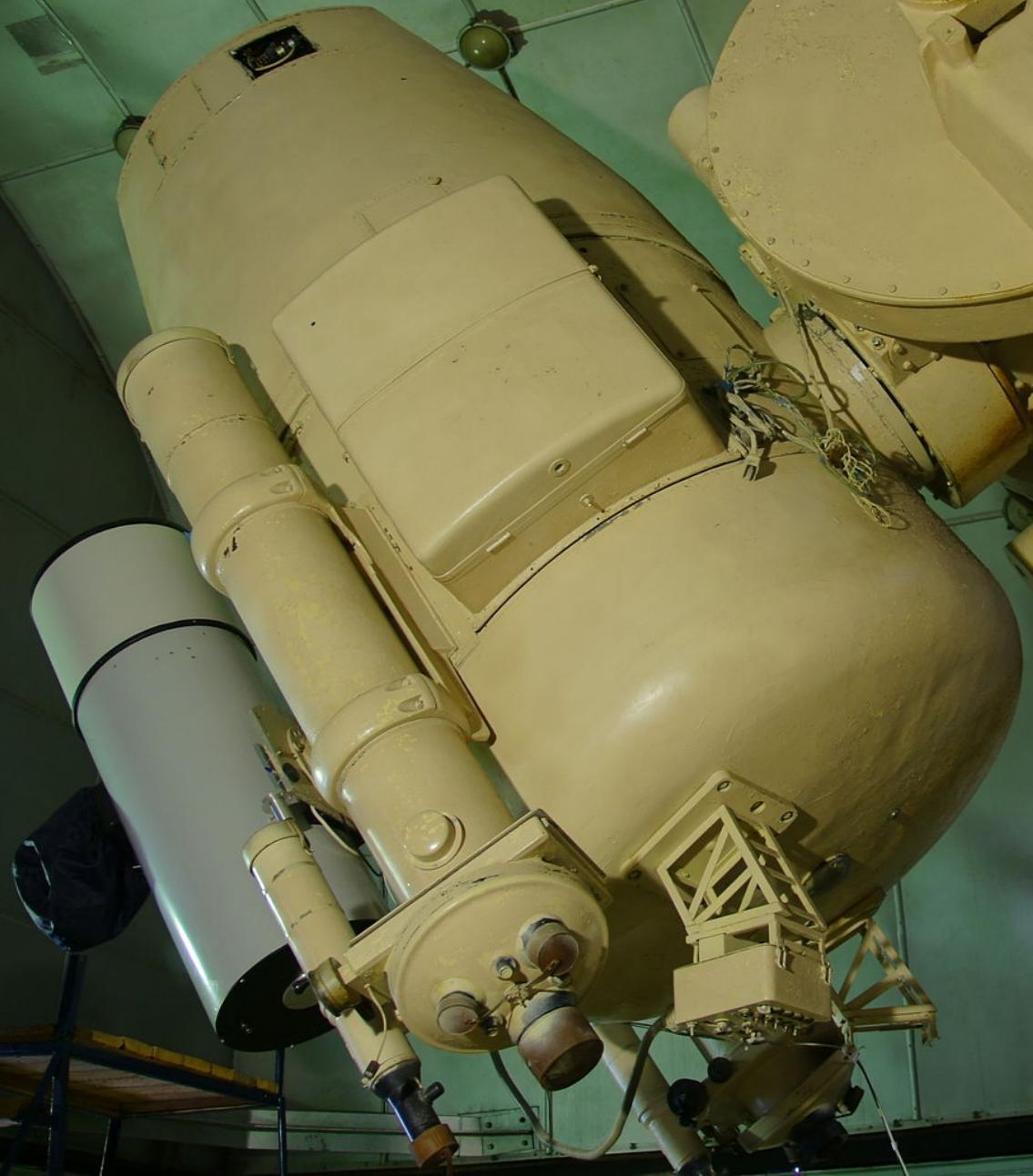
Сферическое зеркало
Простой мениск
Вторичное зеркало может быть напыленное на мениск.



A3T-7



BAY



Монтировки телескопов

Эвкаториальная



Движение телескопа по

- прямому восхождению α (RA)
- склонению δ (Dec)

+ равномерная скорость вращения по
одной оси обеспечивает неподвижное поле
зрения

+ легкий учет собственного движения
небесных тел (Луна, астероиды, кометы)

- требуется точность ориентации на полюс
- неравномерная нагрузка на монтировку

Альт-азимутальная



Движение телескопа по

- азимуту A
- высоте h

+ простота настройки
+ равномерная нагрузка

- неравномерное движение по двум
осиам

- вращение поля зрения

Цейсс-400 на экваториальной немецкой монтировке



ЗТЭ на
экваториальной
английской
монтажовке



ЗТШ на
экваториальной
американской
монтажке - вилке



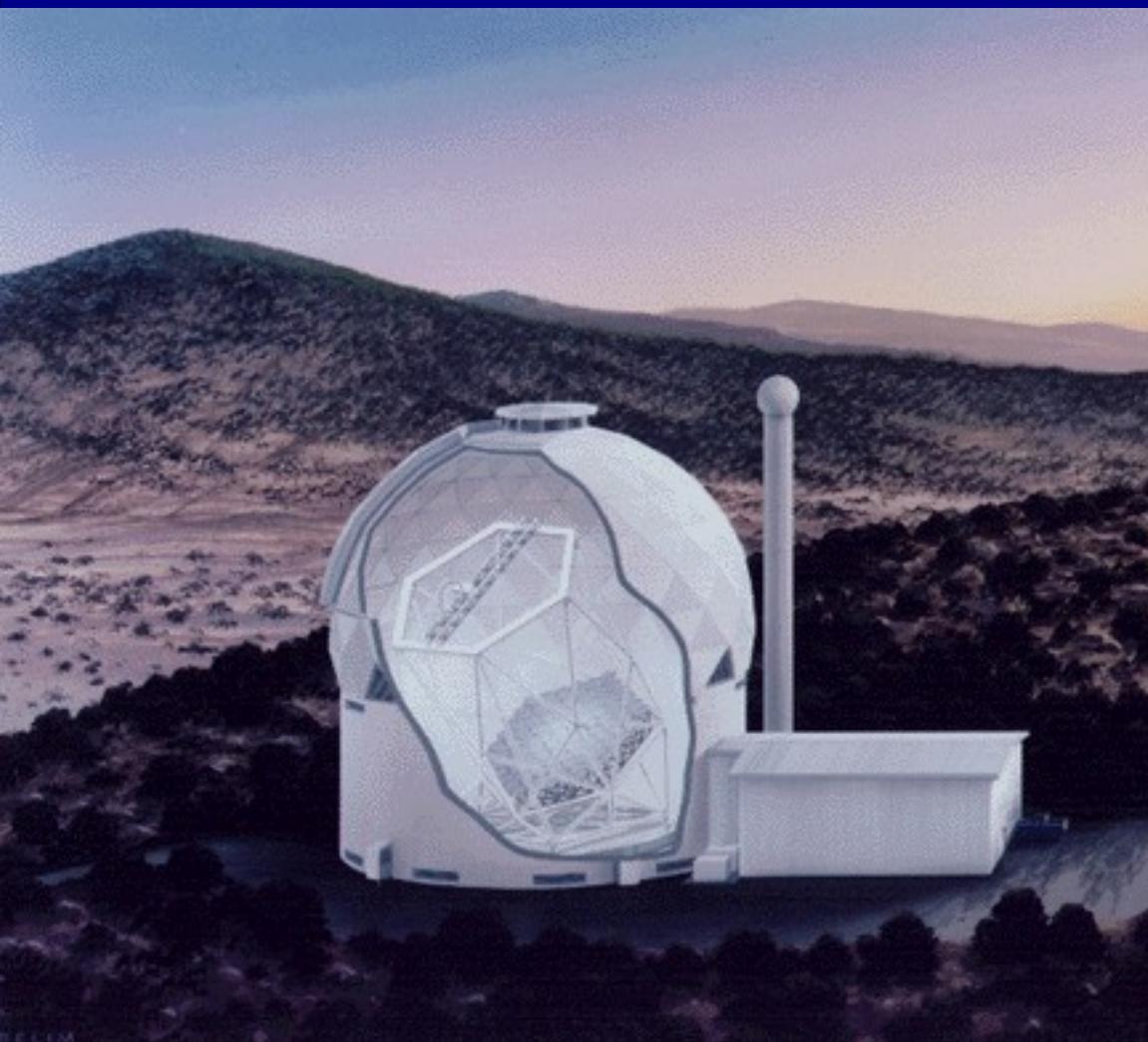
БТА на альт-
азимутальной вилке



Полуподвижные телескопы

(вращение только по азимуту)

НЕТ 10m



SOLT 10m

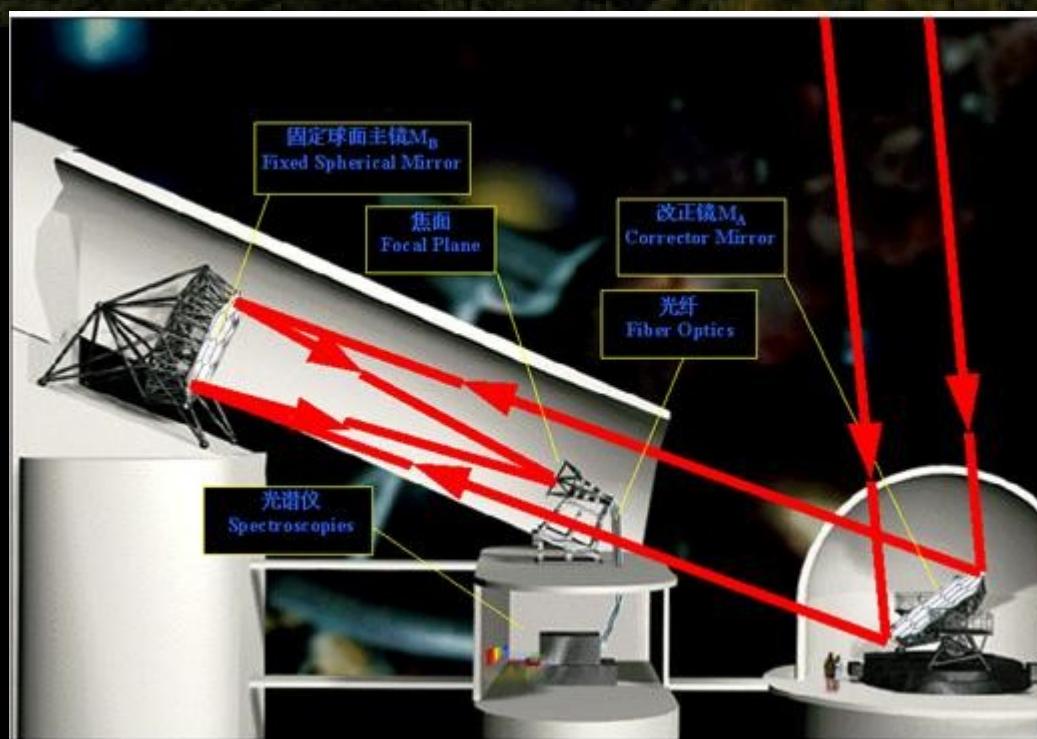
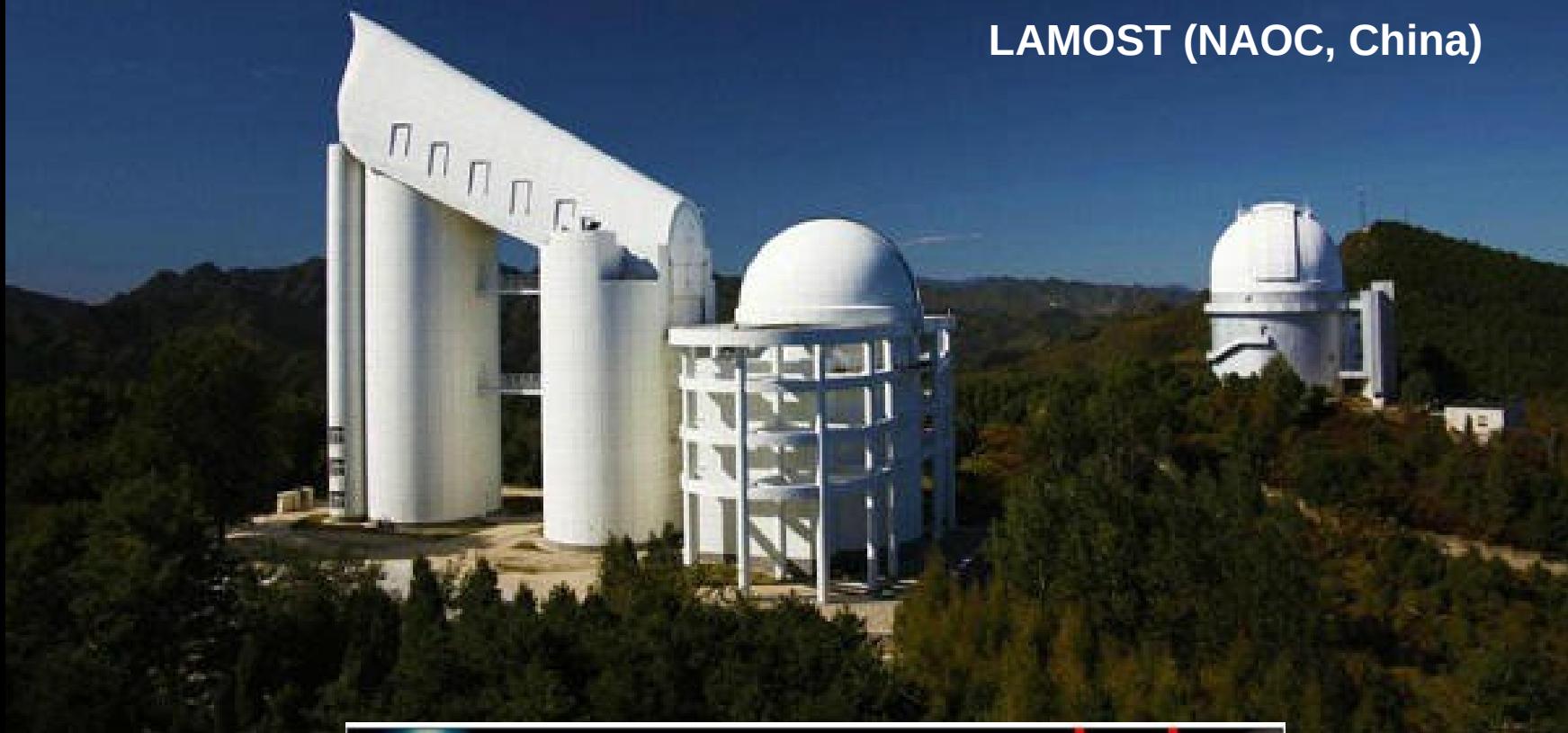


Неподвижные телескопы с подвижным зеркалом

Целостат
(вертикальные и горизонтальные
солнечные телескопы и некоторые
звездные)



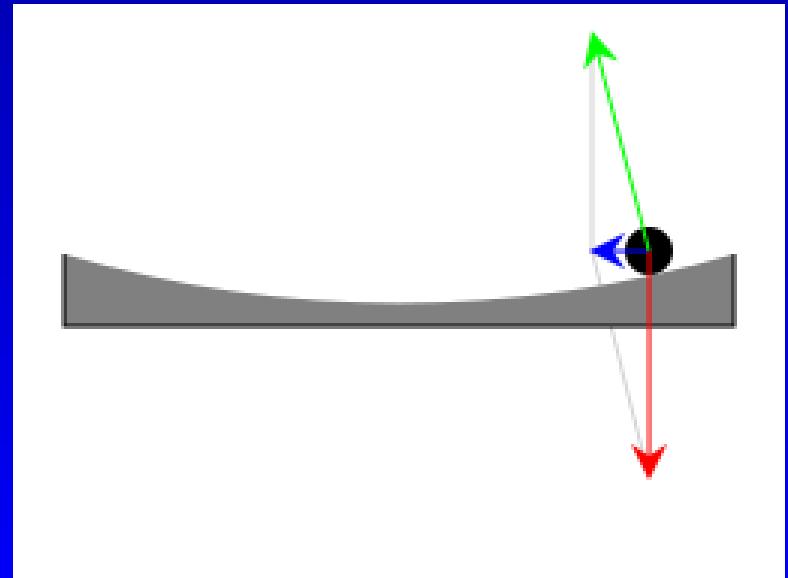
LAMOST (NAOC, China)



Неподвижные телескопы с неподвижным зеркалом (зенитные телескопы)



Идеальная форма зеркала
достигается
вращением
чаши с
жидкостью
(легкоплавкие
металлы или сплавы: ртуть,
галлий, ...)



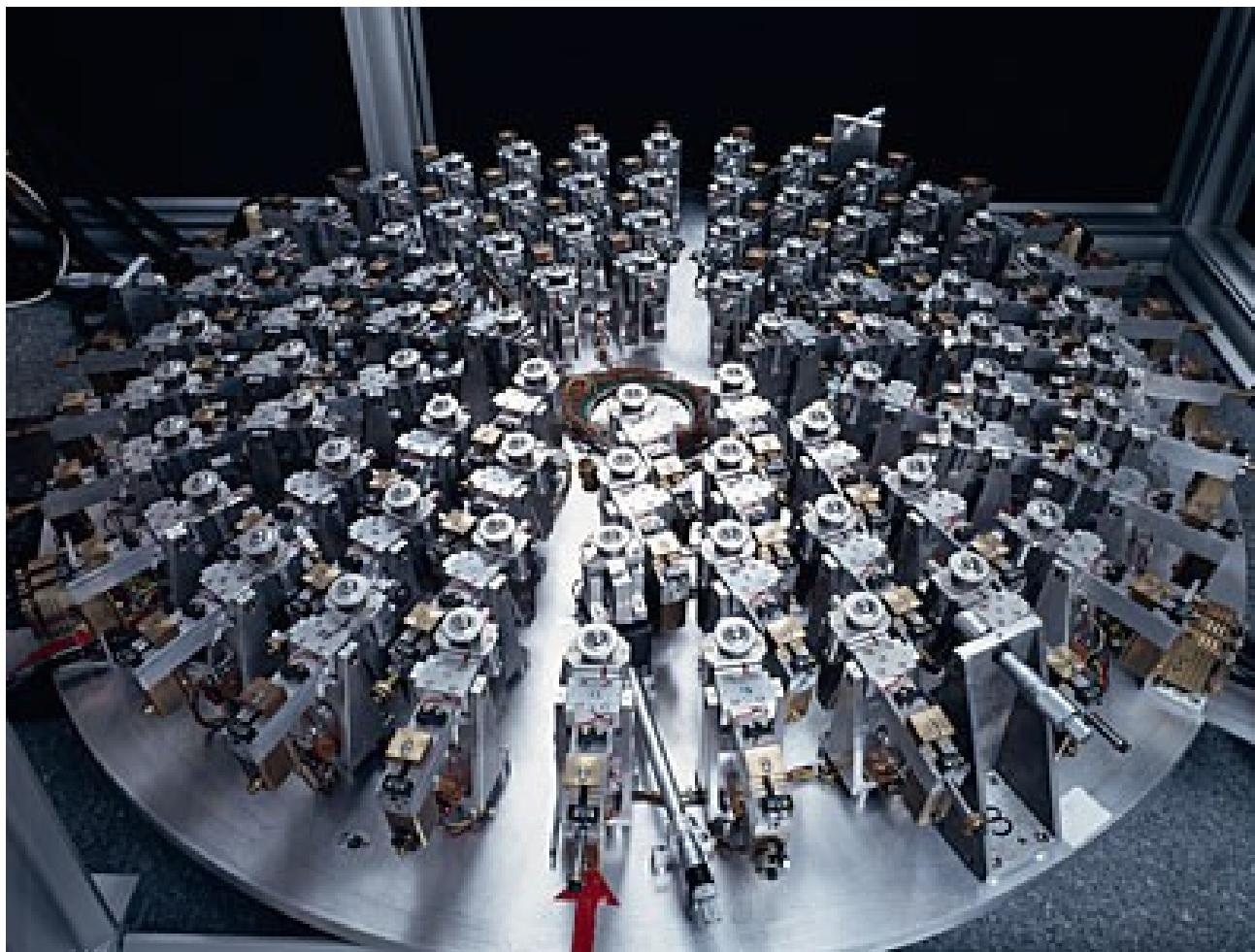
Пассивная система разгрузки зеркала



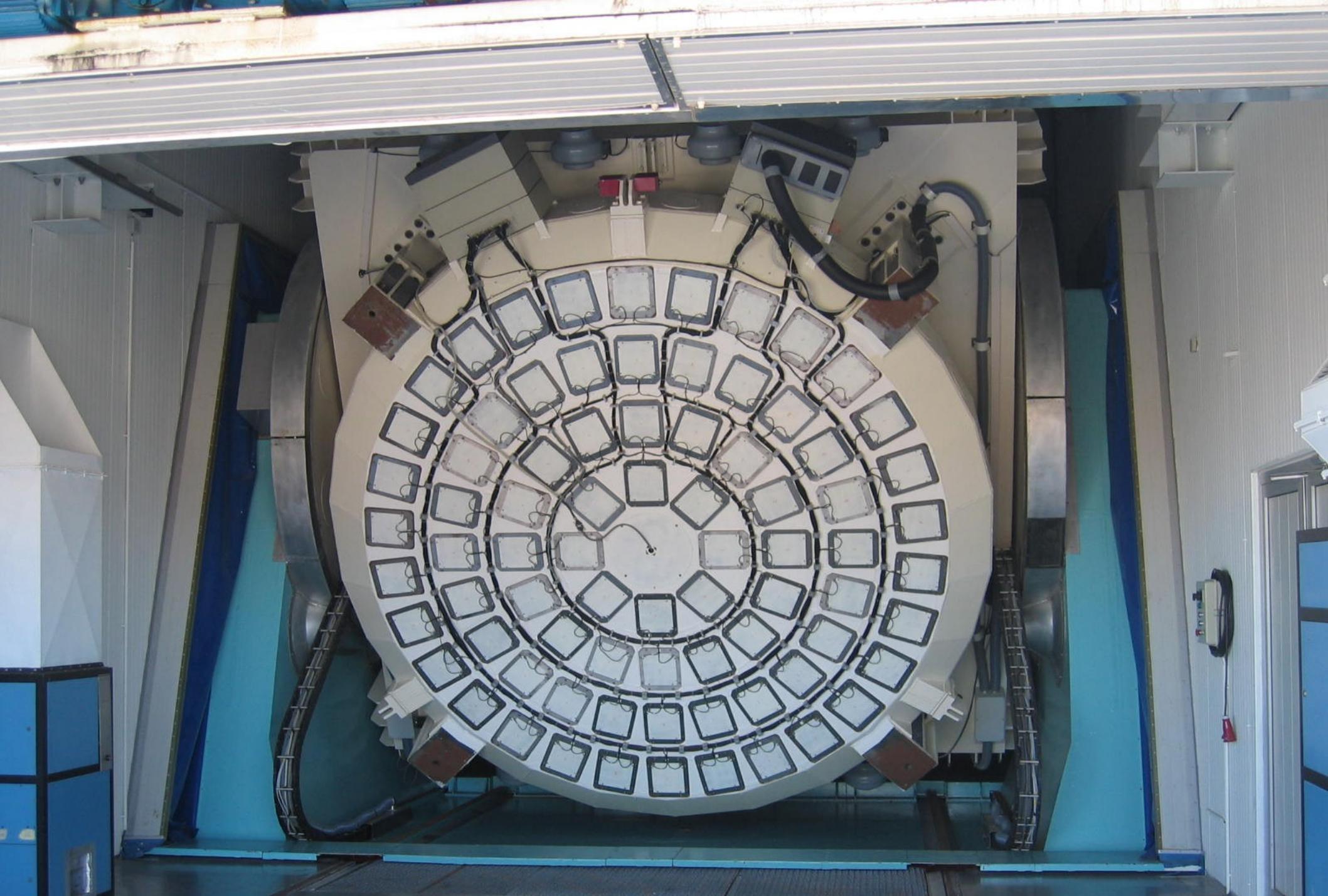
Вес главного
зеркала БТА
42 т

Активная система разгрузки зеркала

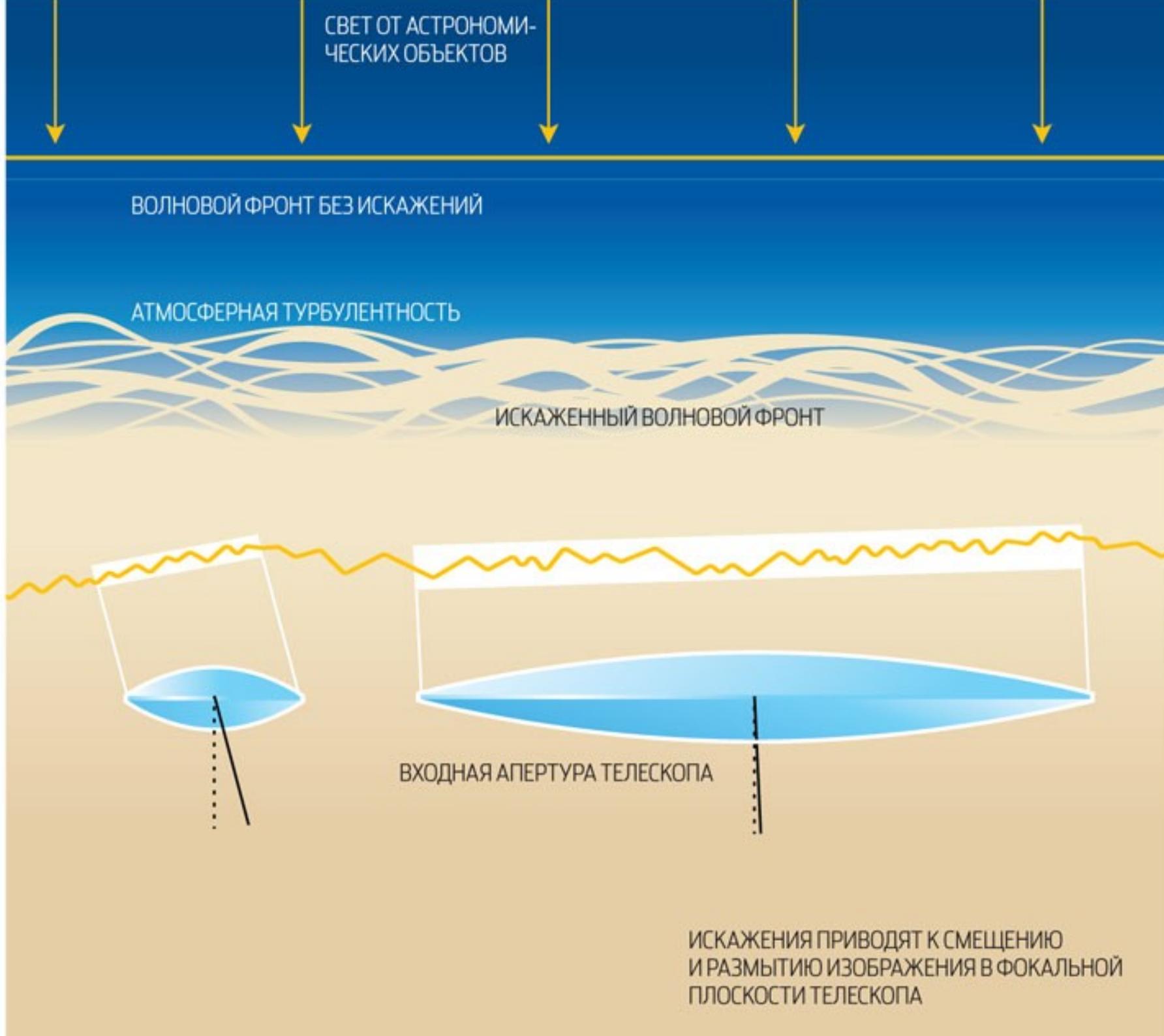
Обеспечивает компенсацию деформаций зеркала за счет внешних условий (изменение температуры, механические напряжения)



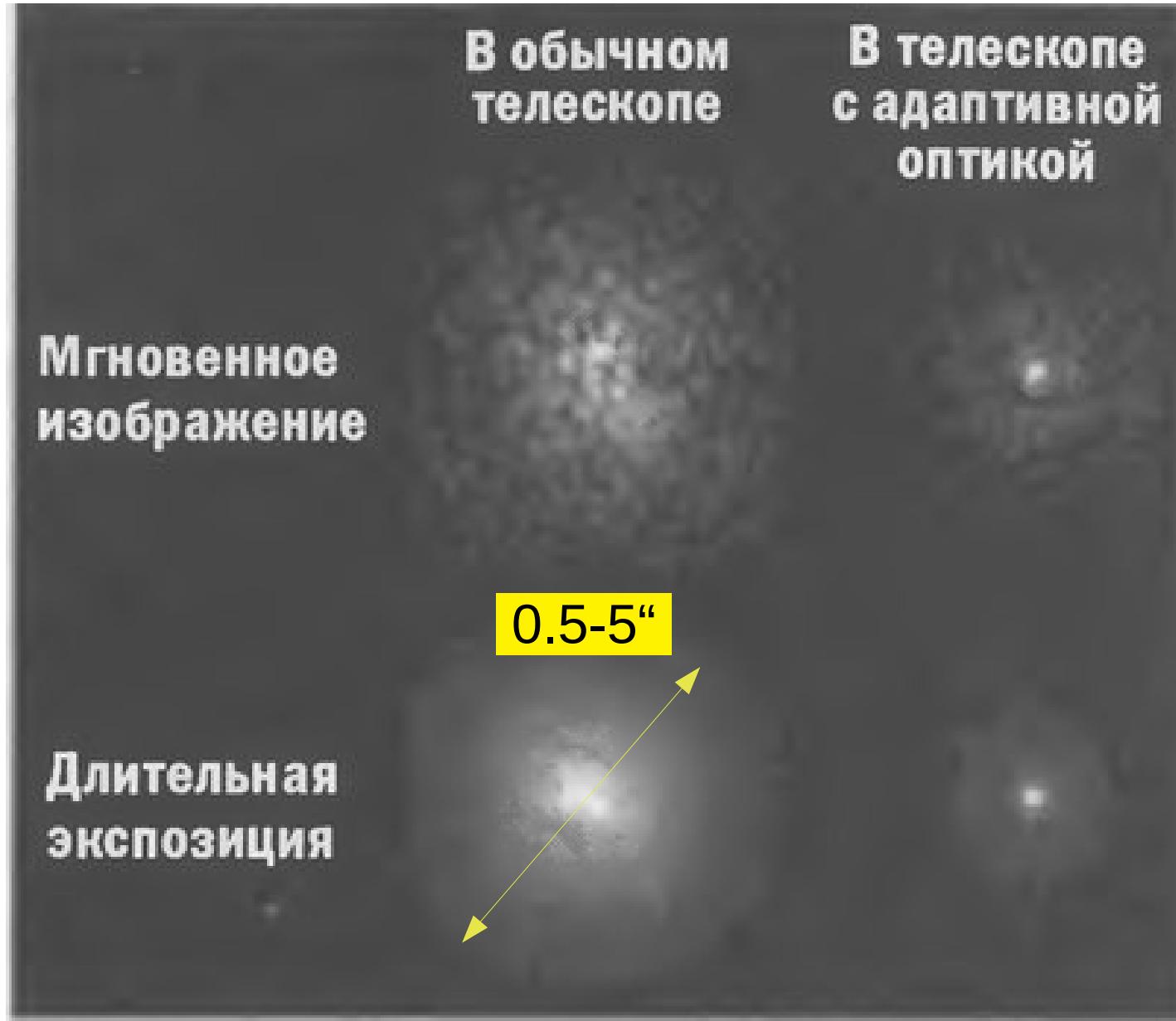
ESO
1 м зеркало
75 приводов



Телескоп NTT (ESO) — первый с активной оптикой



Адаптивная оптика

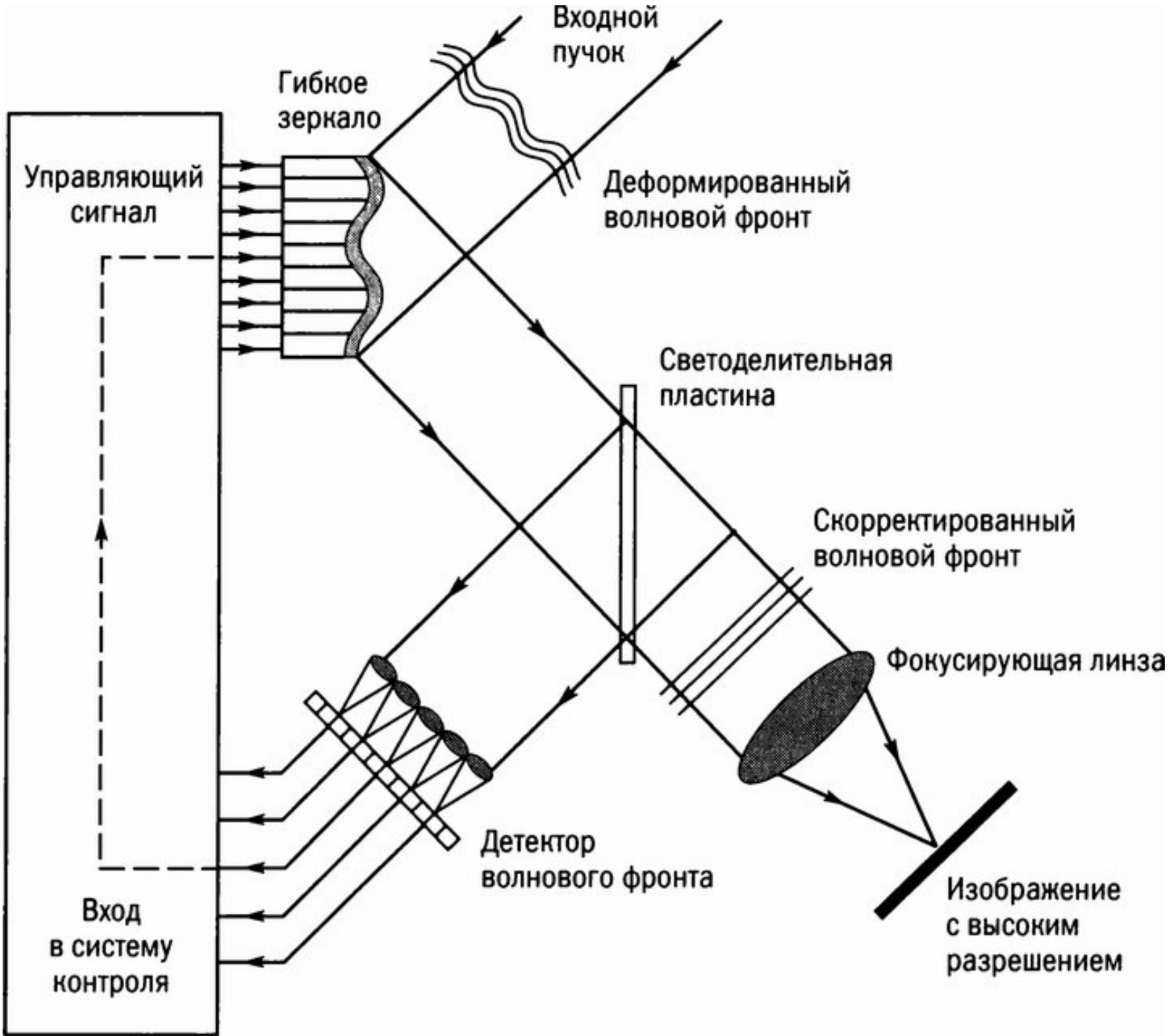


A photograph of a large astronomical telescope at night. Four bright yellow laser beams are visible, pointing upwards from the top of the telescope's main structure. The telescope is mounted on a dark, rectangular base. In the background, there are other smaller telescope domes and some faint lights.

VLT

4 лазера создают
искусственные звезды

1170 приводов ме-
няют форму вторично-
го зеркала толщиной
100 мкм с частотой 10 Гц



Результат работы адаптивной оптики



**Результат работы адаптивной оптики
второго поколения
(адаптация вторичного зеркала)**



Большие астрономические телескопы России



Крупнейшие астрономические телескопы мира

Name	Image	Effective aperture m	Aper. in	Mirror type	Nationality / Sponsors	Site	Built
Gran Telescopio Canarias (GTC)		10.4 m	409"	Segmented, 36	Spain (90%), Mexico, USA	Roque de los Muchachos Obs., Canary Islands, Spain	2006/9
Hobby-Eberly Telescope (HET) 11 m × 9.8 m mirror		10 m [1]	394"	Segmented, 91	USA, Germany	McDonald Observatory, Texas, USA	1997
Keck 1		10 m	394"	Segmented, 36	USA	Mauna Kea Observatories, Hawaii, USA	1993
Keck 2		10 m	394"	Segmented, 36	USA	Mauna Kea Observatories, Hawaii, USA	1996

Large Binocular Telescope (LBT) Phased-array optics for combined 11.9 m ^[3]		8.4 m × 2	330" × 2	Multiple mirror, 2	USA , Italy, Germany	Mount Graham International Observatory, Arizona , USA	2004
Subaru (JNLT)		8.2 m	323"	Single	Japan	Mauna Kea Observatories, Hawaii , USA	1999
VLT UT1 – Antu		8.2 m	323"	Single	ESO Countries , Chile	Paranal Observatory, Antofagasta Region , Chile	1998
VLT UT2 – Kueyen		8.2 m	323"	Single	ESO Countries , Chile	Paranal Observatory, Antofagasta Region , Chile	1999
VLT UT3 – Melipal		8.2 m	323"	Single	ESO Countries , Chile	Paranal Observatory, Antofagasta Region , Chile	2000
VLT UT4 – Yepun		8.2 m	323"	Single	ESO Countries , Chile	Paranal Observatory, Antofagasta Region , Chile	2001
Gemini North (Gillett)		8.1 m	318"	Single	USA , UK, Canada, Chile, Australia, Argentina, Brazil	Mauna Kea Observatories, Hawaii , USA	1999
Gemini South		8.1 m	318"	Single	USA , UK, Canada, Chile, Australia, Argentina, Brazil	Cerro Pachón (CTIO), Coquimbo Region , Chile	2001

MMT (1 x 6.5 m)		6.5 m	256"	Single	USA	F. L. Whipple Obs., Arizona, USA	2000
Magellan 1 (Walter Baade) ^[4]		6.5 m	256"	Honeycomb	USA	Las Campanas Obs., Coquimbo Region, Chile	2000
Magellan 2 (Landon Clay)		6.5 m	256"	Honeycomb	USA	Las Campanas Obs., Coquimbo Region, Chile	2002
BTA-6		6 m	238"	Single	USSR/Russia	Special Astrophysical Obs., Karachay–Cherkessia, Russia	1975
Large Zenith Telescope (LZT)		6 m	236"	Liquid	Canada, France, United States [5]	Maple Ridge, British Columbia, Canada	2003

