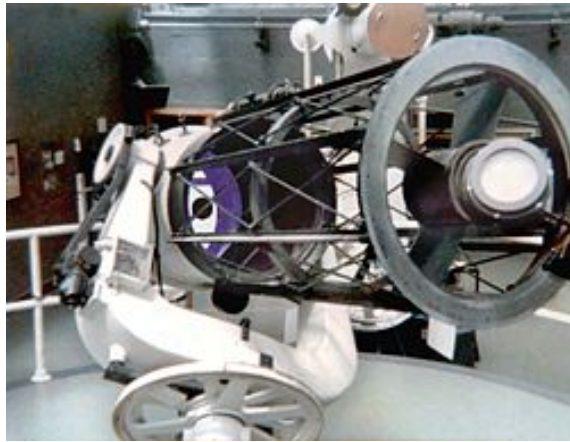


Телескоп - (от др.-греч. τῆλε [tele] — далеко + σκοπέω [skoreo] — смотреть) — прибор, с помощью которого можно наблюдать удаленные объекты путём сбора электромагнитного излучения. Соответственно, существуют телескопы для каждого участка электромагнитного спектра:



Оптические телескопы



Радиотелескопы



Рентгеновские телескопы (Chandra)



Гамма-телескопы (INTEGRAL)

Основная задача оптического телескопа – увеличить блеск и видимый угловой размер объекта, т.е. увеличить количество света и обеспечить возможность изучить детали объекта.

Основные параметры телескопа: D – диаметр (апертура) объектива, F – фокусное расстояние объектива, f – фокусное расстояние окуляра, поле зрения окуляра.

Основные характеристики телескопа:

Оптическое (угловое) разрешение – минимальный угол между объектами, который может различить оптическая система.

$$\sin \theta = 1,22 \frac{\lambda}{D} \qquad r = \frac{140}{D}, \quad r - \text{в угл.сек.}, D - \text{в мм}$$

Проницающая сила – предельная звёздная величина звёзд, различимых с помощью данного телескопа при наблюдениях в зените.

Для визуальных наблюдений:

$$m_B = 5,5 + 2,5 \lg D + 2,5 \lg \Gamma, \quad \text{где } \Gamma - \text{угловое увеличение телескопа}$$

$$m_B = 2,1 + 5 \lg D$$

Угловое увеличение (кратность):

$$\Gamma = \frac{F}{f}$$

Угловое поле зрения:

$$\omega = \frac{\Omega}{\Gamma}, \quad \text{где } \Omega \text{ — угловое поле зрения окуляра}$$

Относительное отверстие объектива телескопа (светосила объектива):

$$A = \frac{D}{F} = \frac{1}{\forall}$$

Относительное фокусное расстояние:

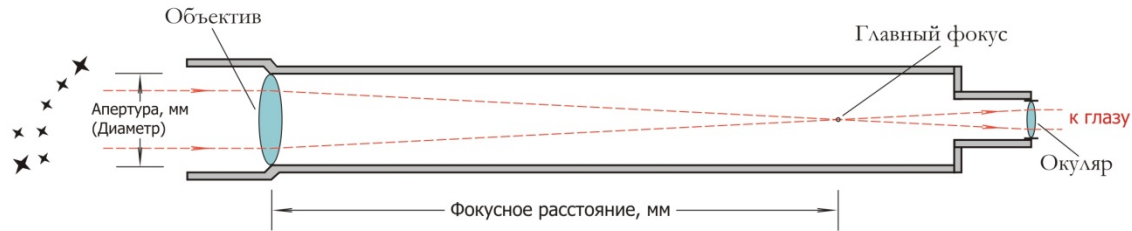
$$\forall = \frac{F}{D} = \frac{1}{A}$$

Масштаб изображения на приёмнике:

$$u = \frac{3440}{D}, \quad \text{где } u \text{ — масштаб в угловых минутах на миллиметр (\"/мм)}$$

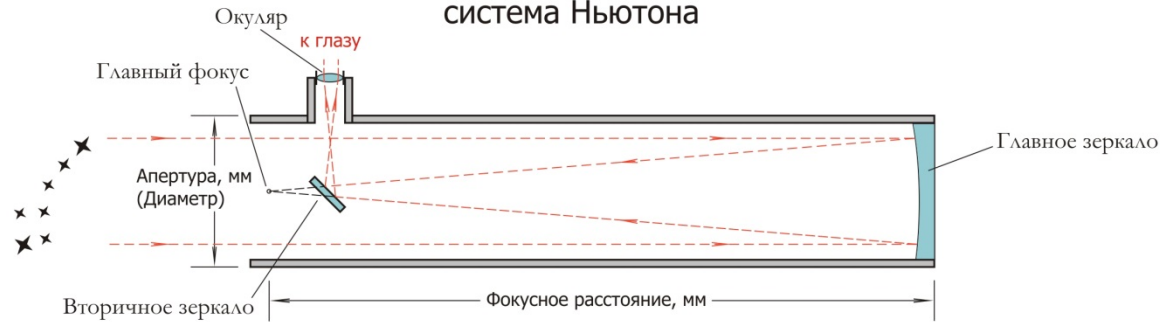
Схемы основных оптических систем

РЕФРАКТОР



РЕФЛЕКТОР

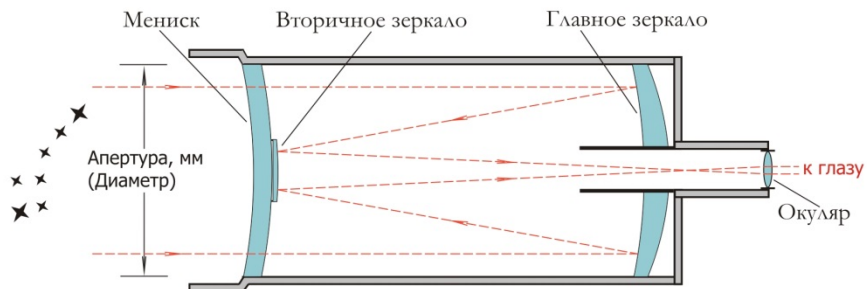
система Ньютона



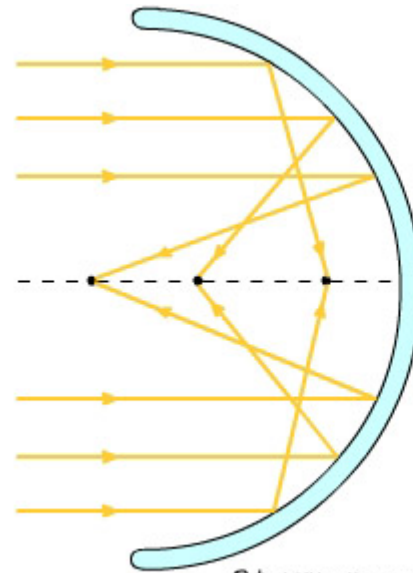
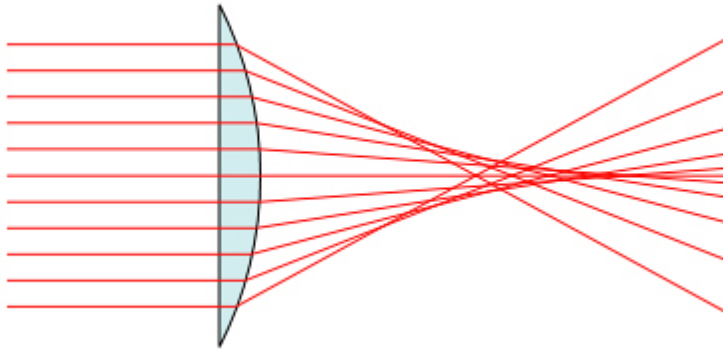
ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЙ

(катадиоптрический)

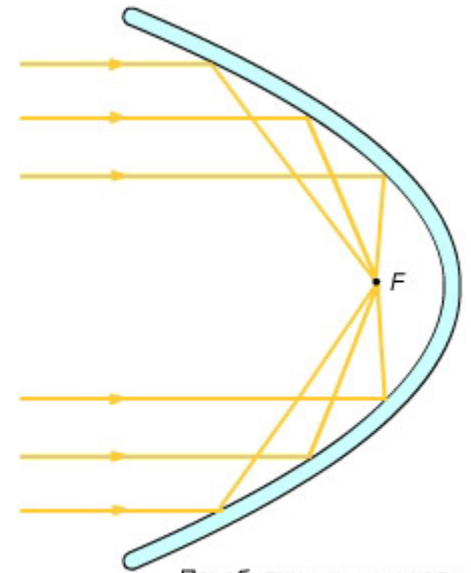
система Максутова



Сферическая аберрация



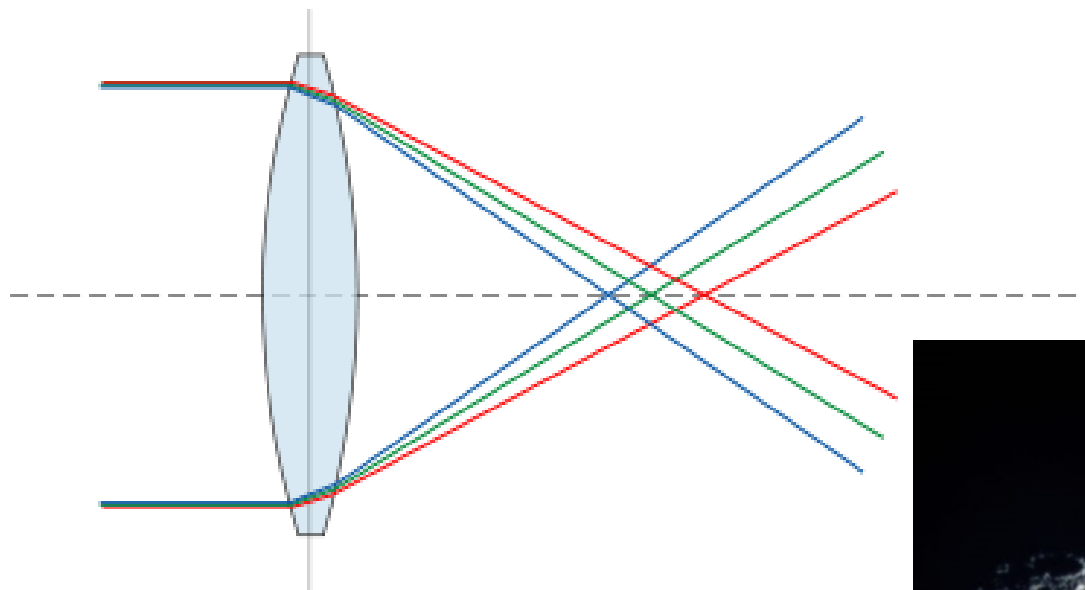
Сферическое зеркало



Параболическое зеркало



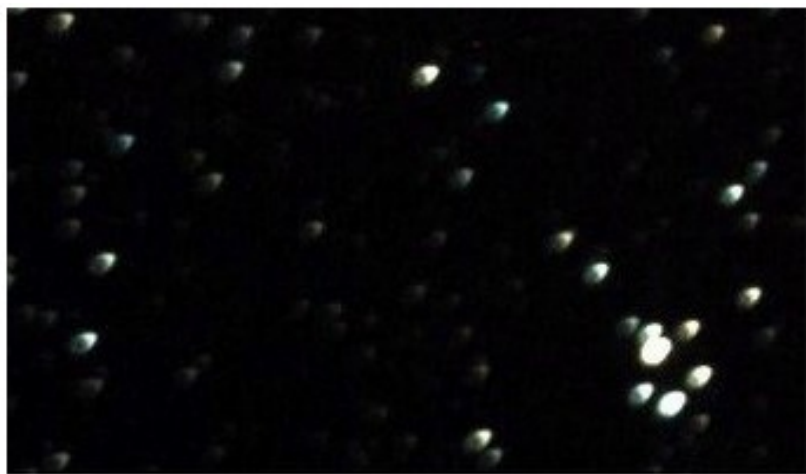
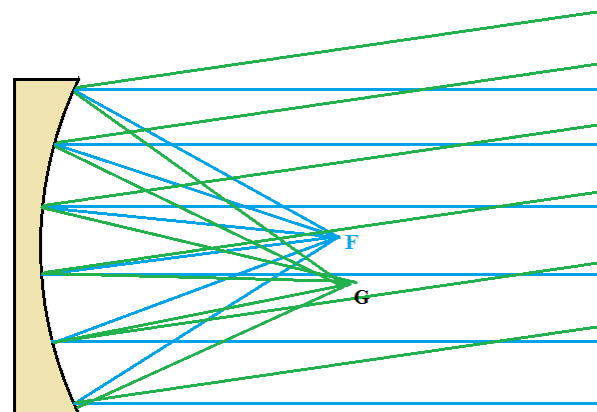
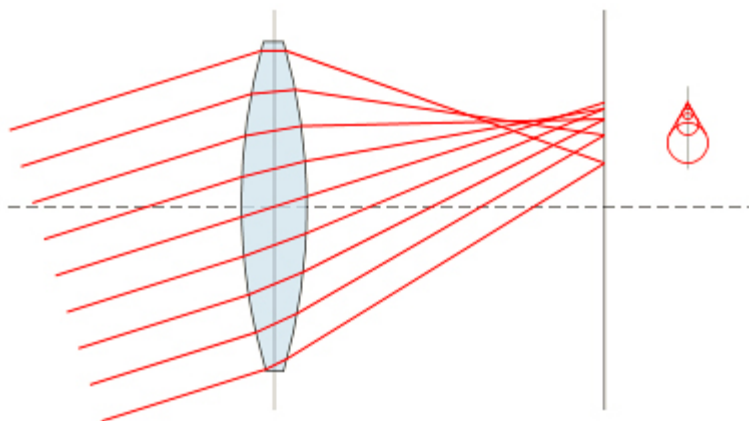
Хроматическая аберрация



Orion 80 ED
Nikon 990
10mm Televue Radian

Orion 120 ST
Nikon 990
10mm Televue Radian

Кома

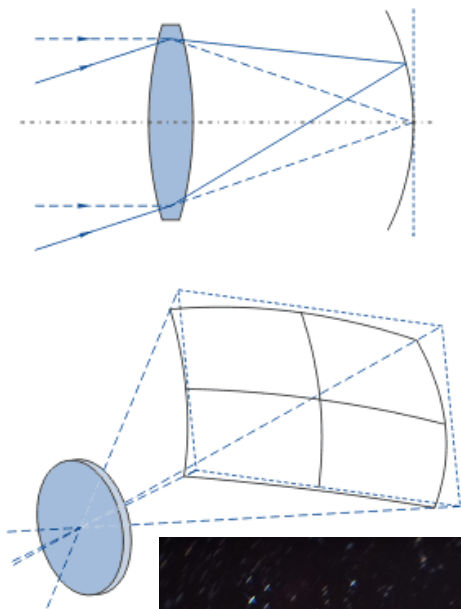


Кома на краю поля зрения

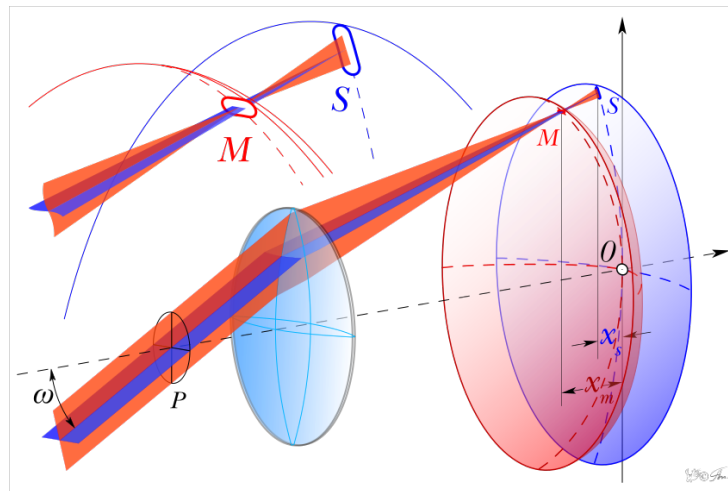


Отсутствие комы

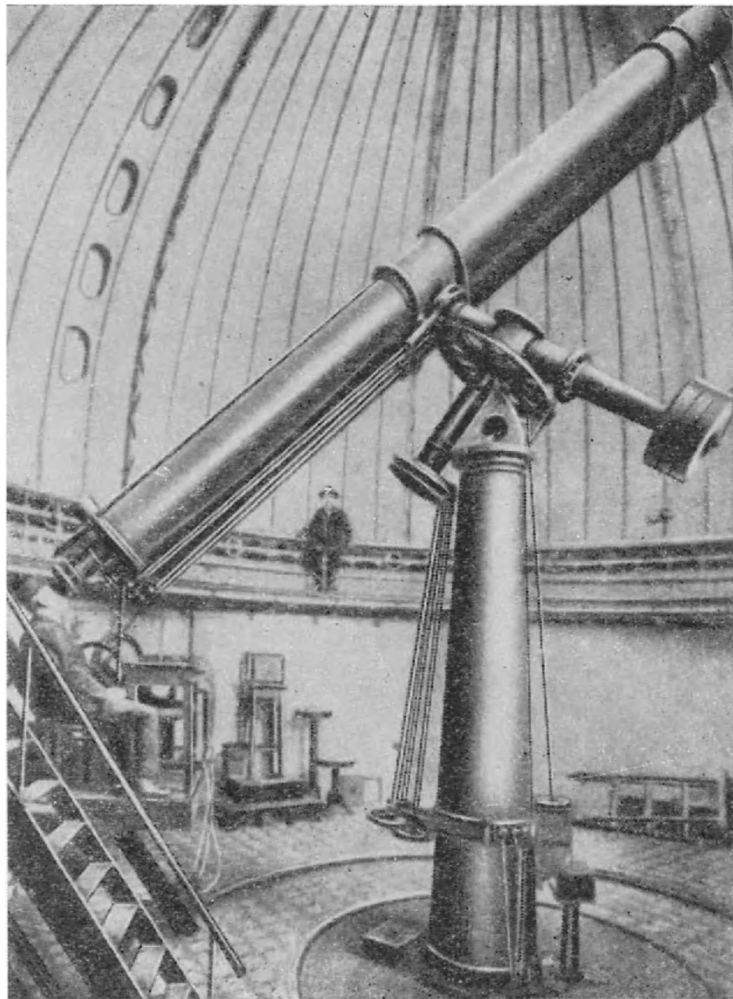
Кривизна поля



Астигматизм



Виды монтировок



Экваториальная монтировка
немецкого типа



Альт-азимутальная монтировка

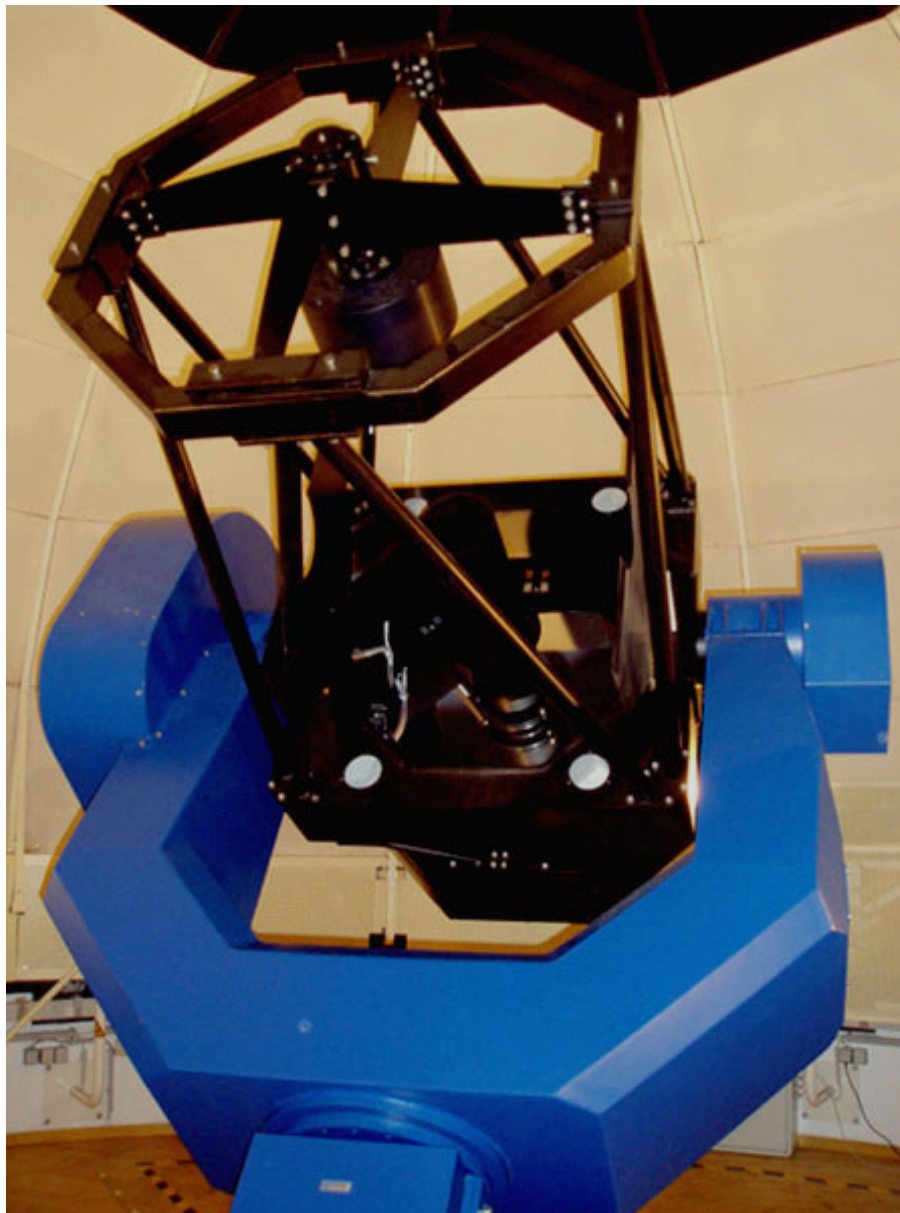
Английская монтировка



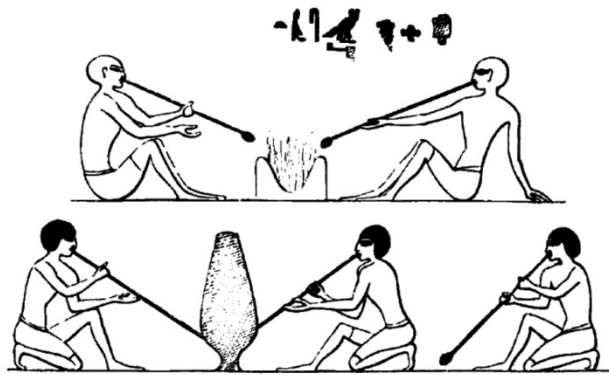
Симметричная



Несимметричная



Американская вилочная монтировка



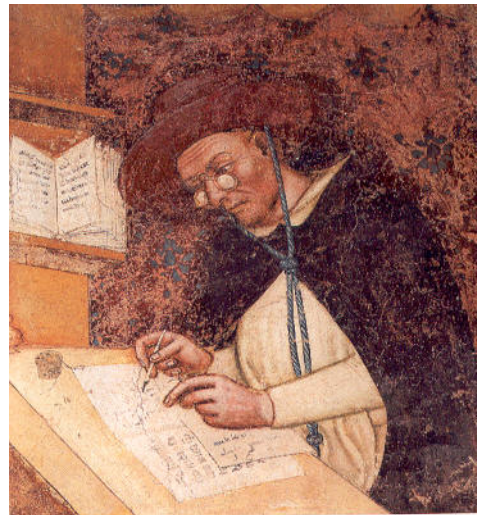
Месопотамия, ок 5500 лет назад
Стекло – побочный продукт изготовления керамики
и выплавки металла

В IX в. появились технологии производства
бесцветного стекла.



Роджер Бэкон (1214-1292)
Свойства линз и зеркал

Первое изображение очков, 1352 г.
(появились в 1284 г. В Италии)



К началу XVI в. оптические центры возникают в Германии и Голландии.

Изобретение телескопа. 1605-1608 гг.



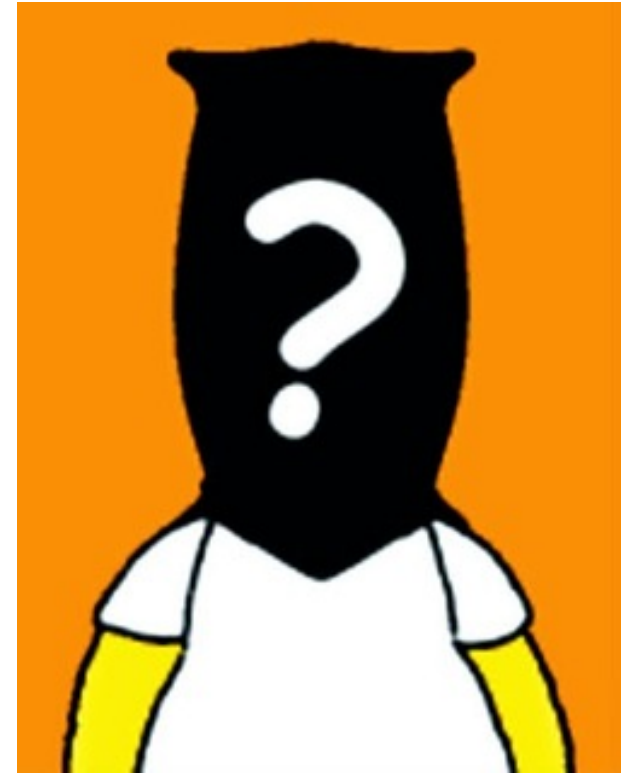
HANS LIPPERHEY,
secundus Conspiciliorum inventor.

Ганс Липперсгей

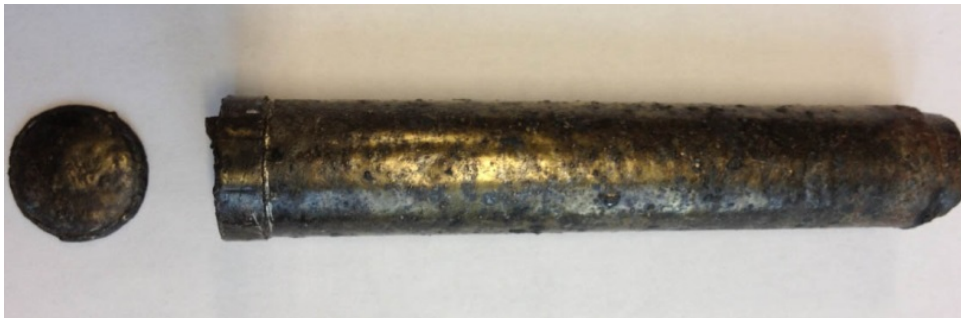


ZACHARIAS IANSEN,
sive Ioannes primus Conspiciliorum inventor.

Захария Янсен

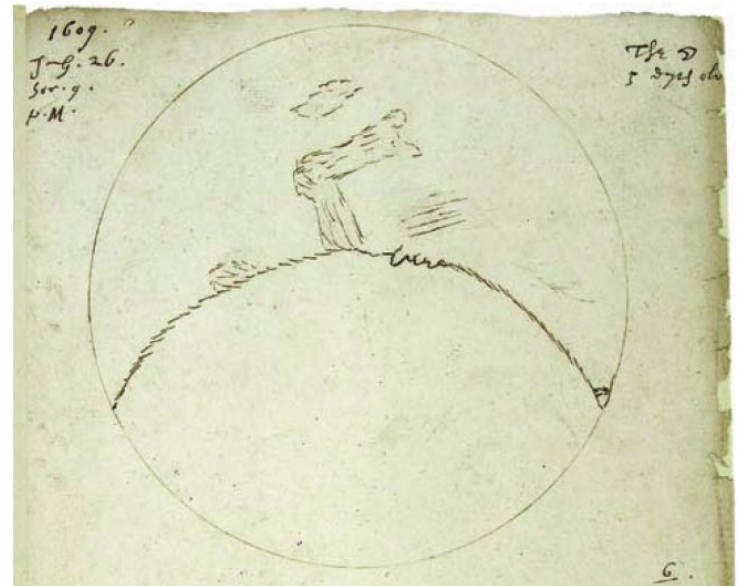


Якоб Мециус



«Голландская трубка», найденная при строительстве тоннеля в г. Делфт в 2014 г. 13

A portrait of a man with a beard and a large blue ruff collar, wearing a dark garment. The text "AN. DNI 1602." and "ATATIS SW. 3. 2." is visible in the upper left corner.

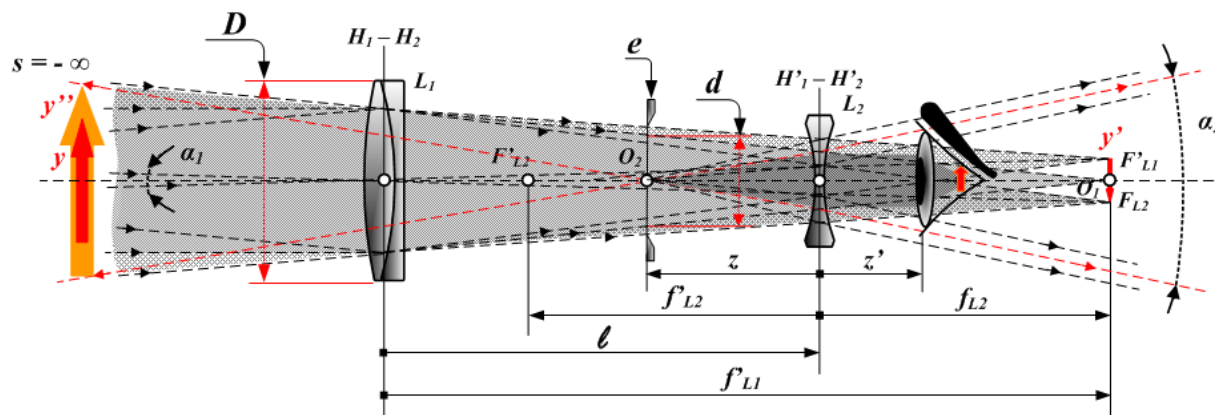
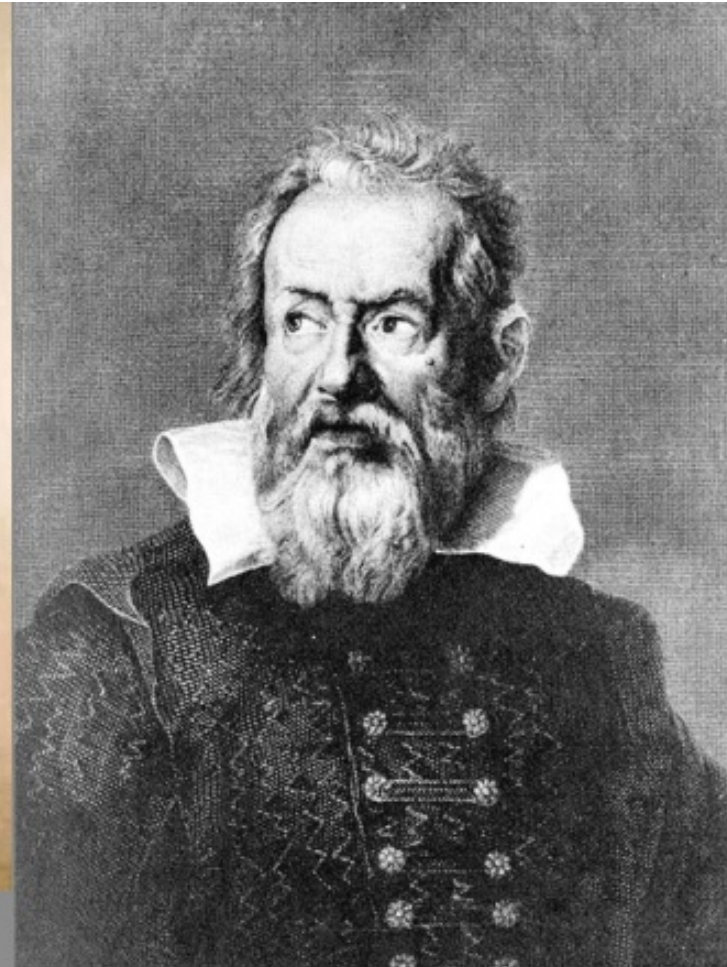


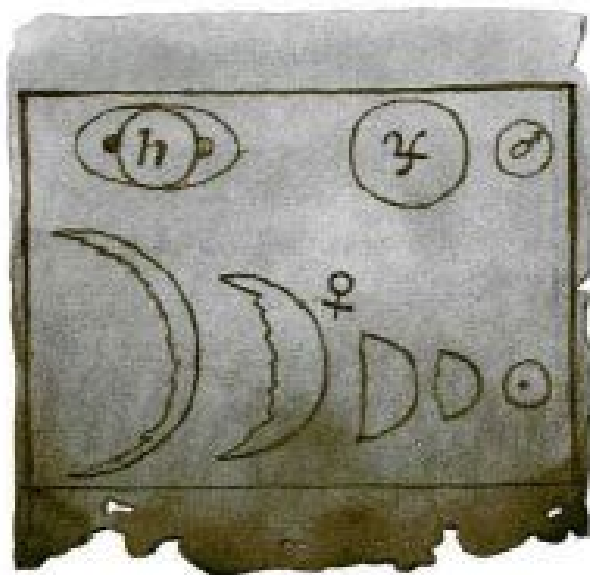
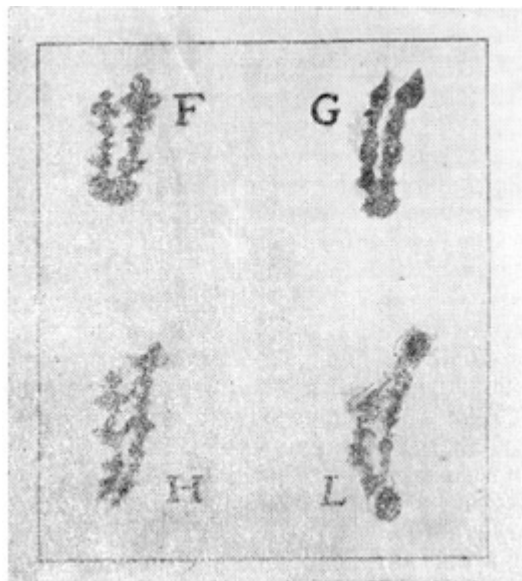
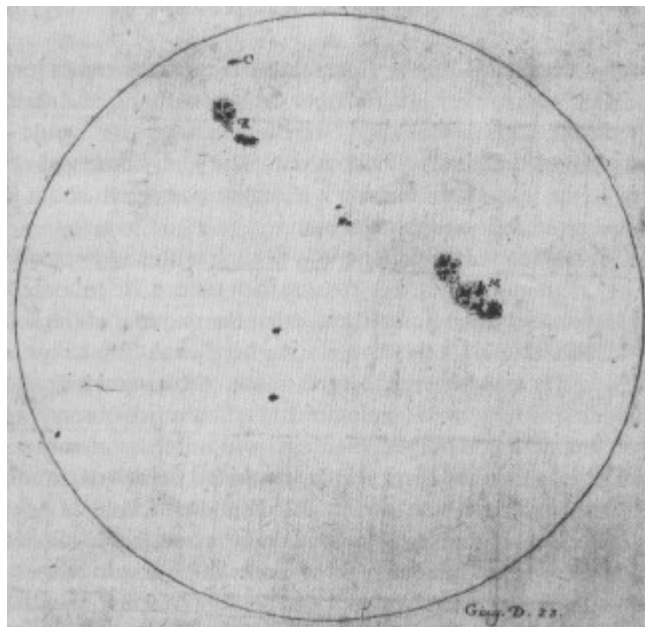
A circular map of the world, likely from a 17th-century manuscript. The map is oriented with North at the top. It shows the Americas (North and South America), Europe, and Africa. The map is labeled with various place names and numbers. The Americas are labeled with letters like A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z. The numbers 1 through 40 are scattered across the map, possibly indicating specific locations or regions. The map is drawn with a circular border and includes some internal lines representing coastlines and major rivers. The style is hand-drawn and appears to be a reproduction of an older map.

14



Галилео, 1609





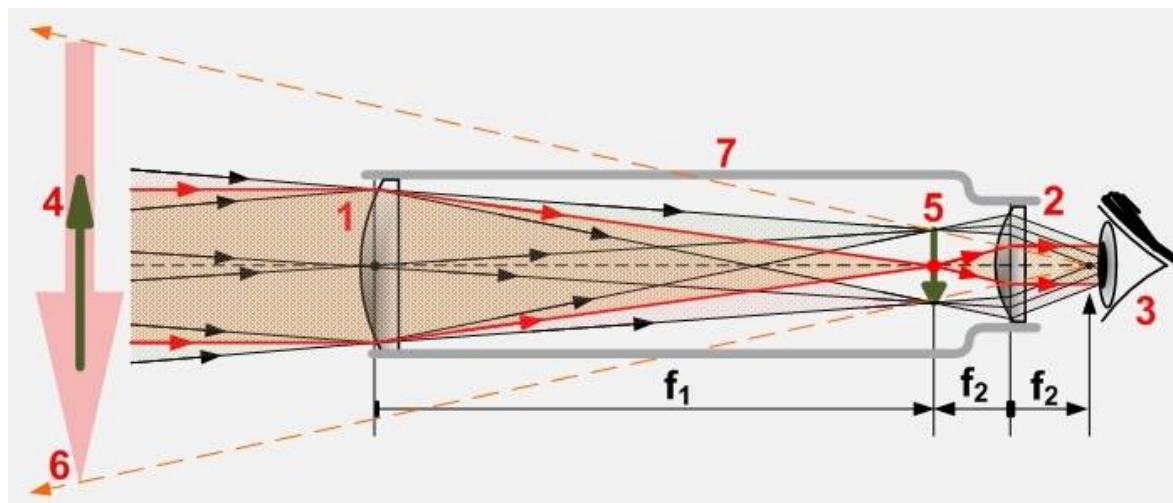
7 ЯНВ	*	*	(ф)	*
8 ЯНВ			(ф)	* * *
10 ЯНВ	*	*	(ф)	
11 ЯНВ	*	*	(ф)	
12 ЯНВ	*	*	(ф)	*
13 ЯНВ	*		(ф)	* * *
15 ЯНВ			(ф)	* * *





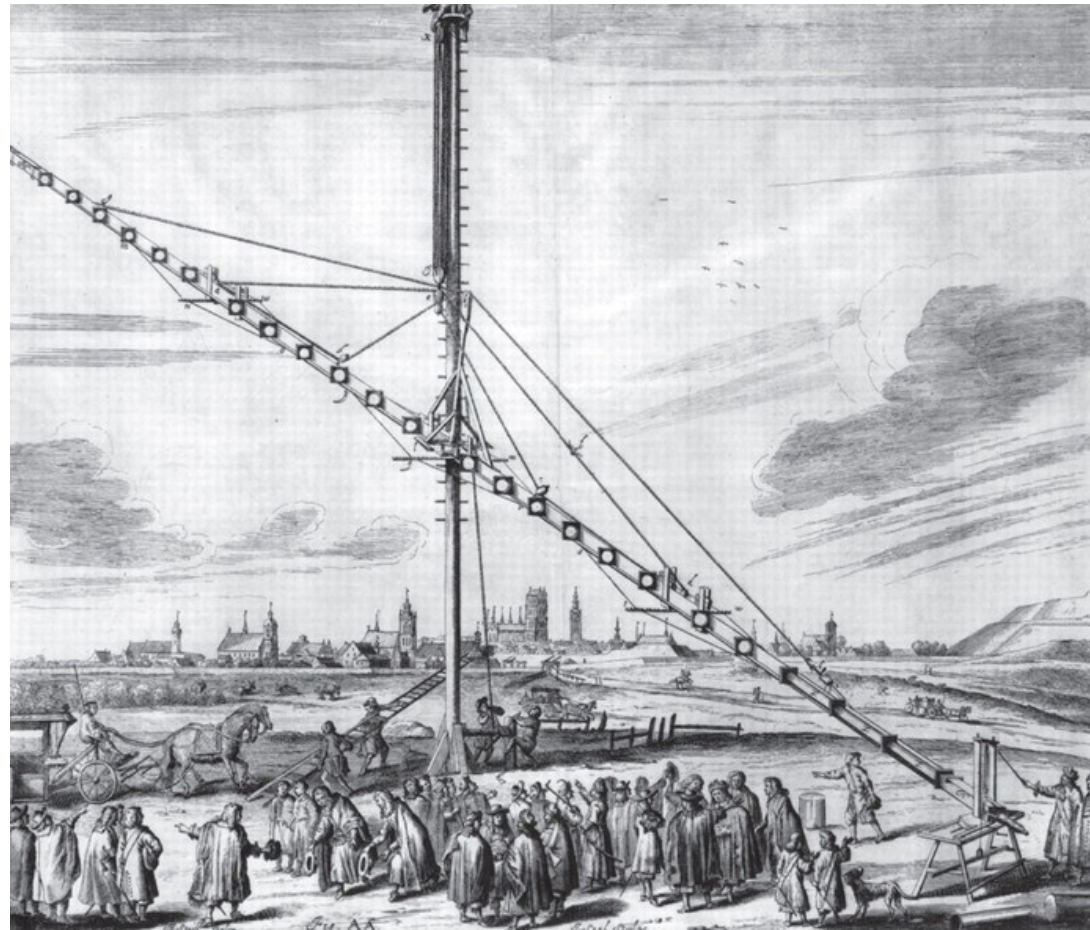
Симон Марий (Мариус)

Иоганн Кеплер, Христоф Шейнер, 1611 - 1613 г.



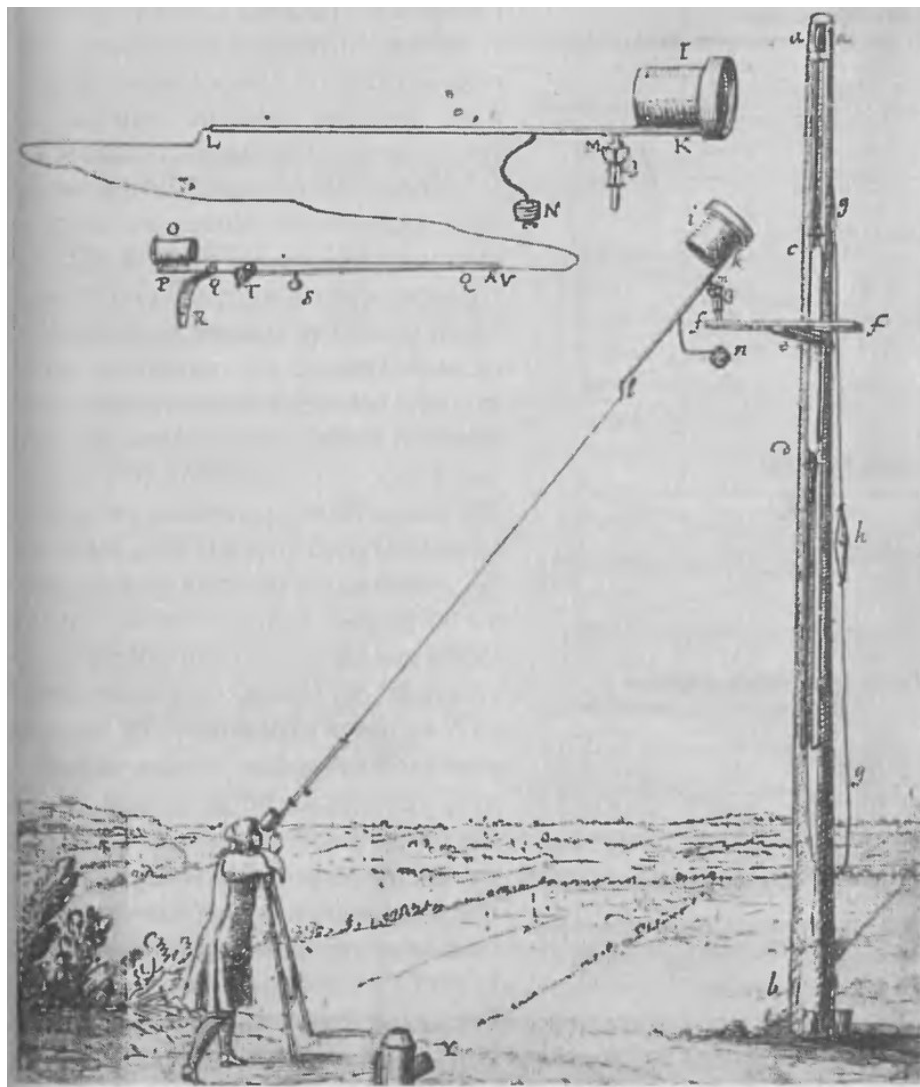


Ян Гевелий



150-футовый телескоп, $D = 12$ см, $F = 45$ м (1645 г.)

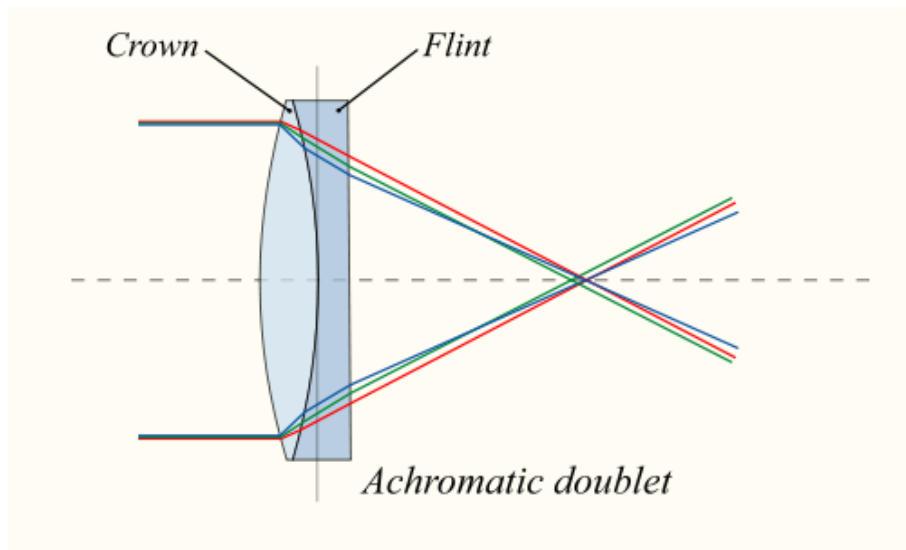
Наблюдения: Луна (описание поверхности, открыл оптическую либрацию), Солнце (период вращения), периоды обращения спутников Юпитера, двойные и переменные звёзды, открыл 4 кометы



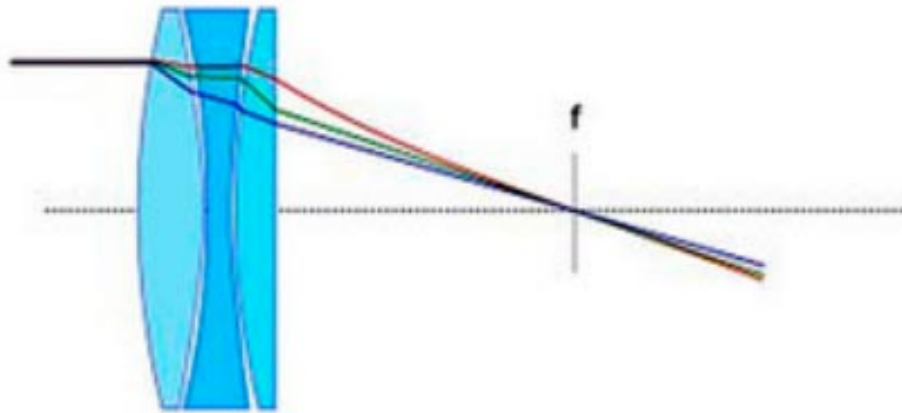
Христиан Гюйгенс (1686)

Крупнейший телескоп: длина 210 футов (64 м), апертура — 22 см

Открытия: Кольца Сатурна и его спутник Титан, полярные шапки Марса и его вращение
Межзвёздные туманности (описал М42 – Туманность Ориона) – сделаны при помощи
12-футового телескопа с объективом 5 см



Честер Мур Холл (1729 г.) – изобретение ахроматического объектива.
Линзы из стёкол разных сортов с разными показателями преломления



Питер Долланд (1763 г.) – изобретение апохроматического объектива
Лизы из стекла специальных сортов (курцфлинт) и кристаллов (флюорит)



Джон Долланд

Создание телескопа-рефлектора



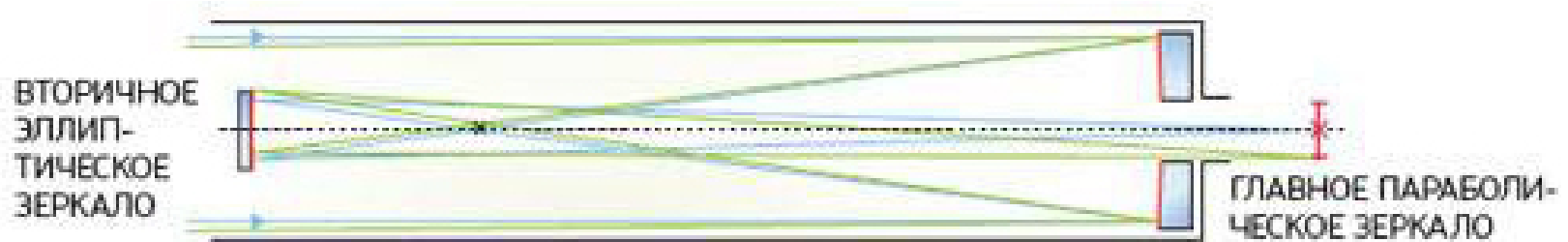
Николло Цукки, 1616 г.



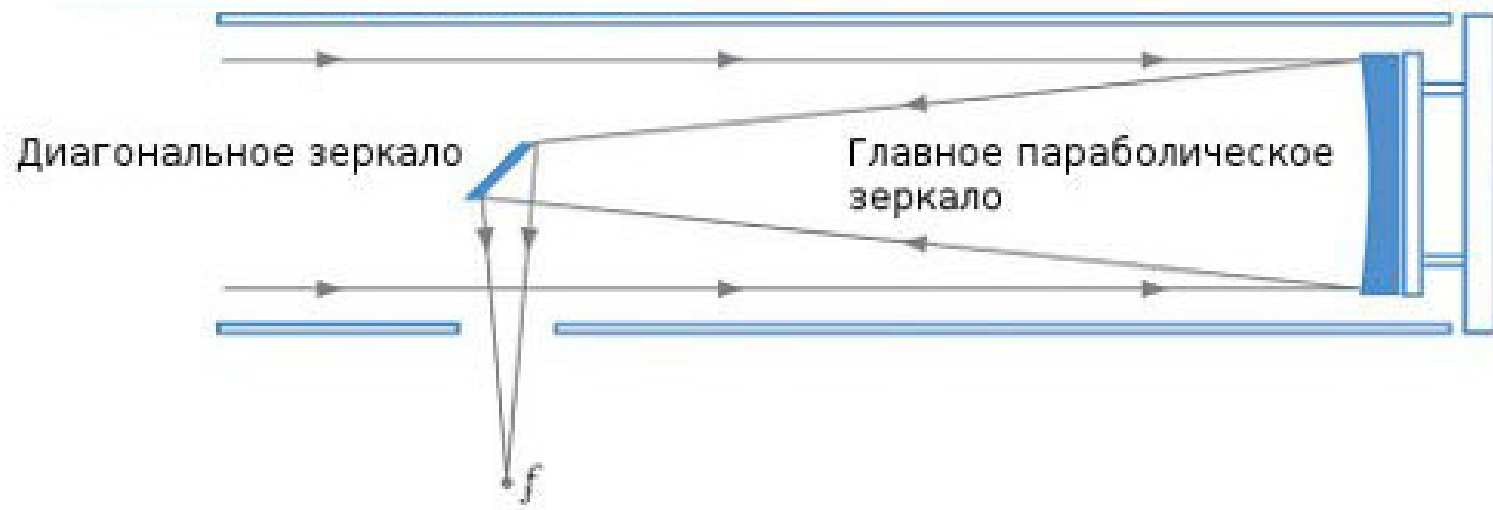
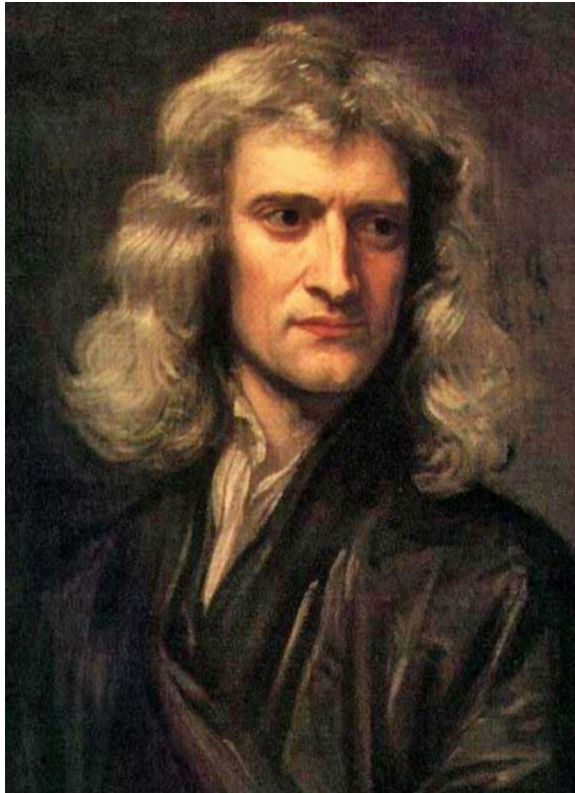
Марен Мерсенн, 1636 г.



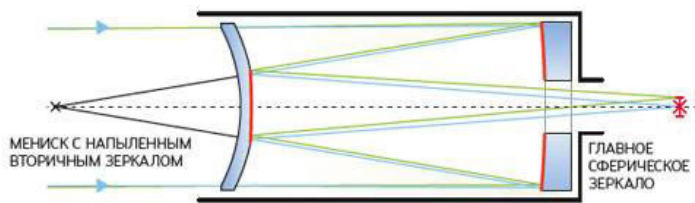
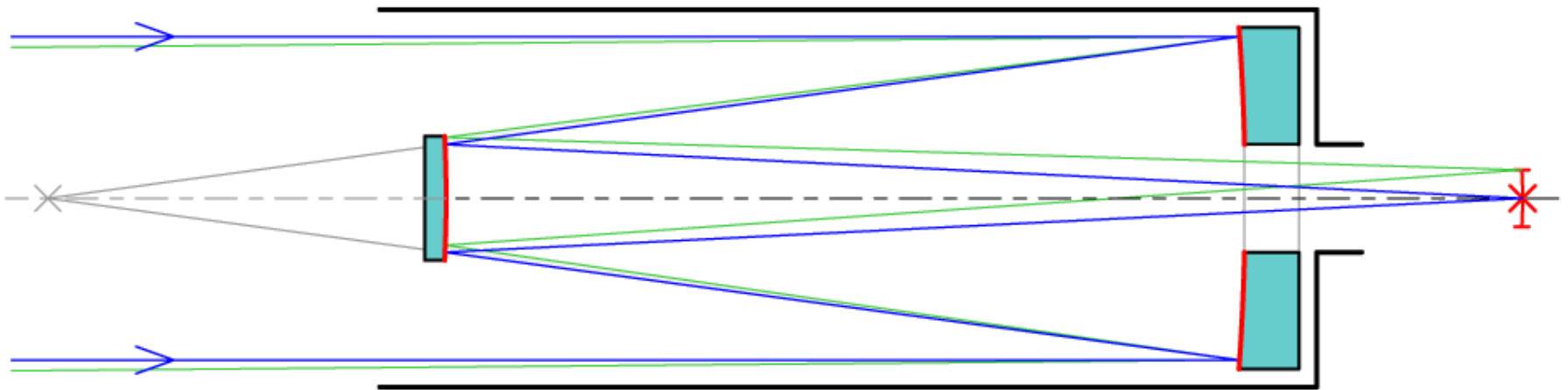
Джеймс Грегори, 1663г.



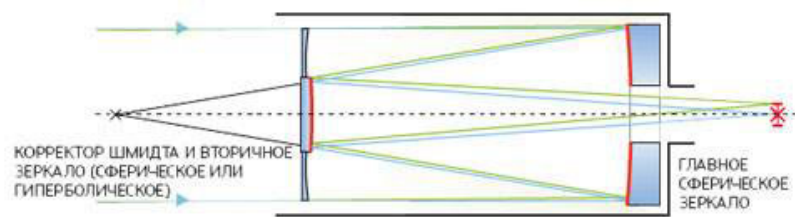
Исаак Ньютон, 1663-1668 г.



Лоран Кассегрен, 1672 г.



Максутов-Кассегрен, 1941 г.

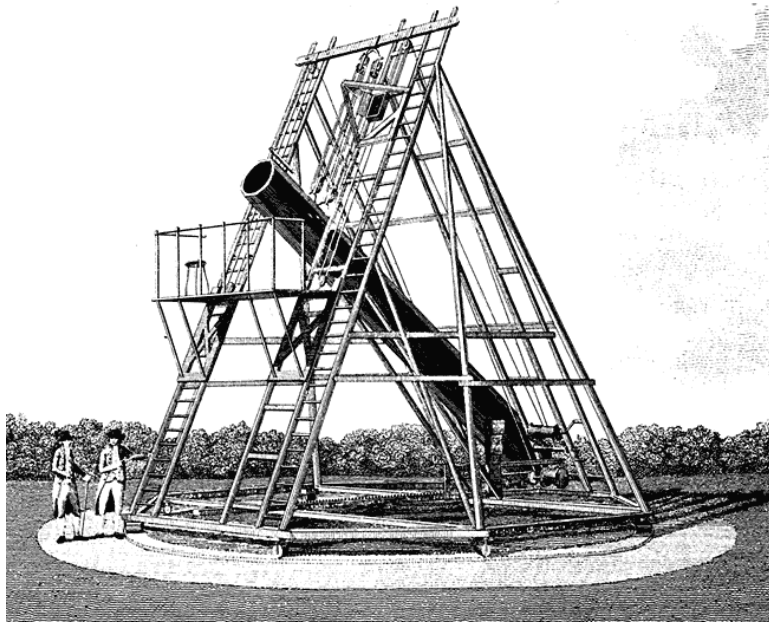


Шмидт-Кассегрен, 1946 г.

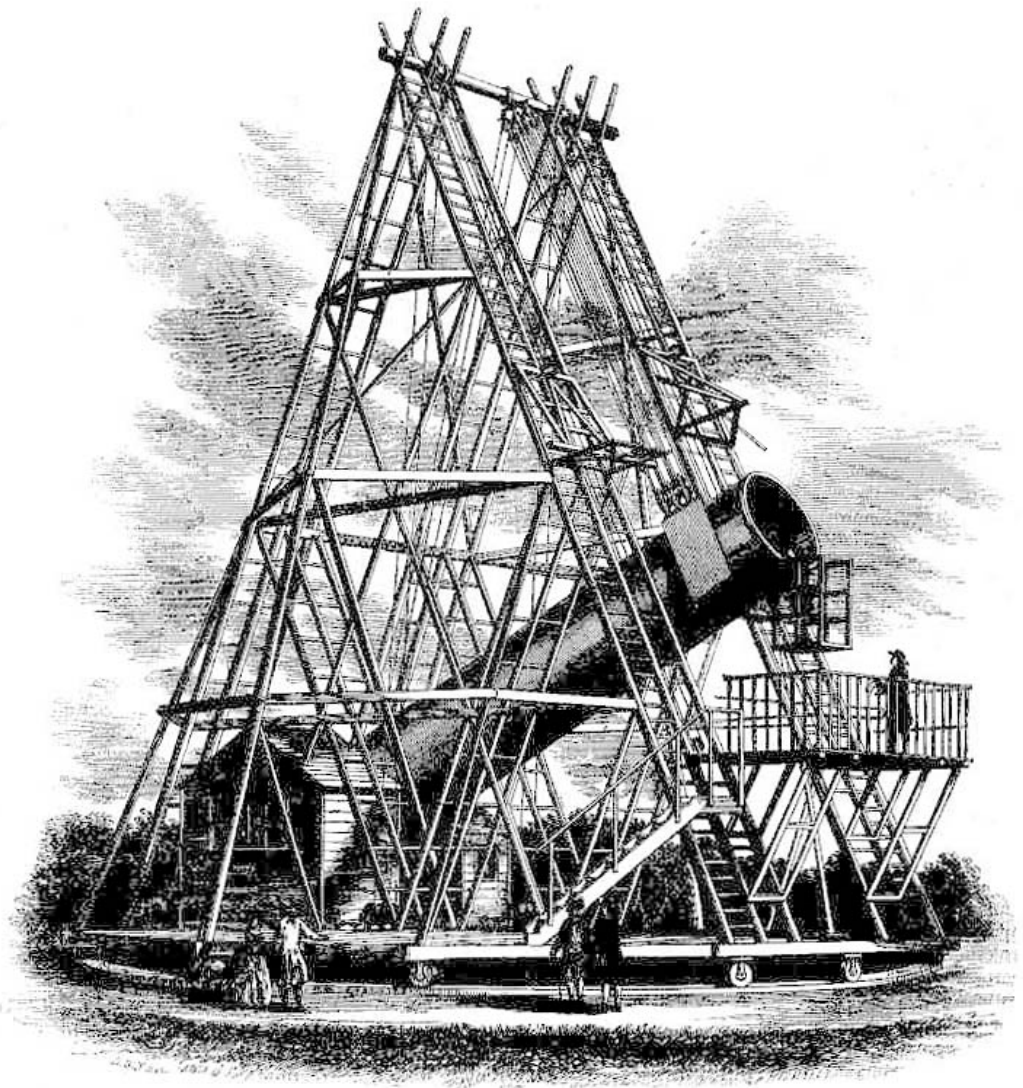
Уильям Гершель, 1773 г



Открытие Урана, 1781 г.

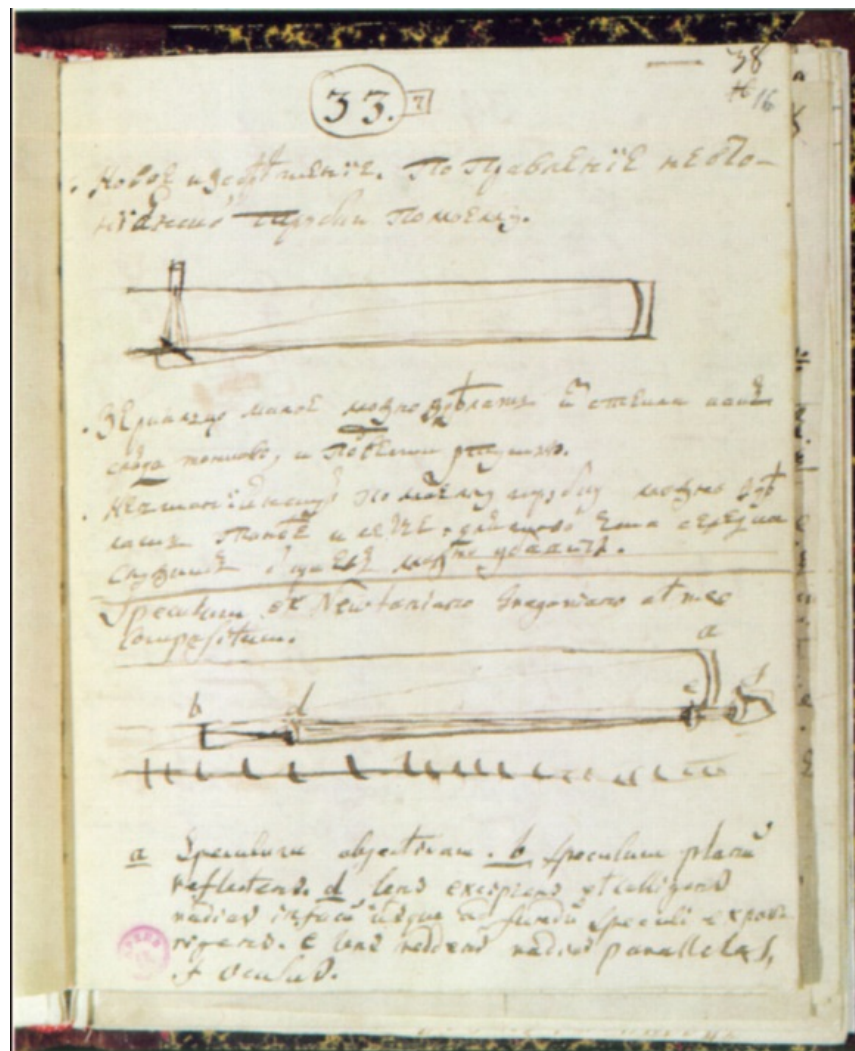


20-футовый телескоп
 $D = 46 \text{ см}$, $F = 6,1 \text{ м}$ (1783)
 Открыты спутники Урана –
 Титания и Оберон (1787)



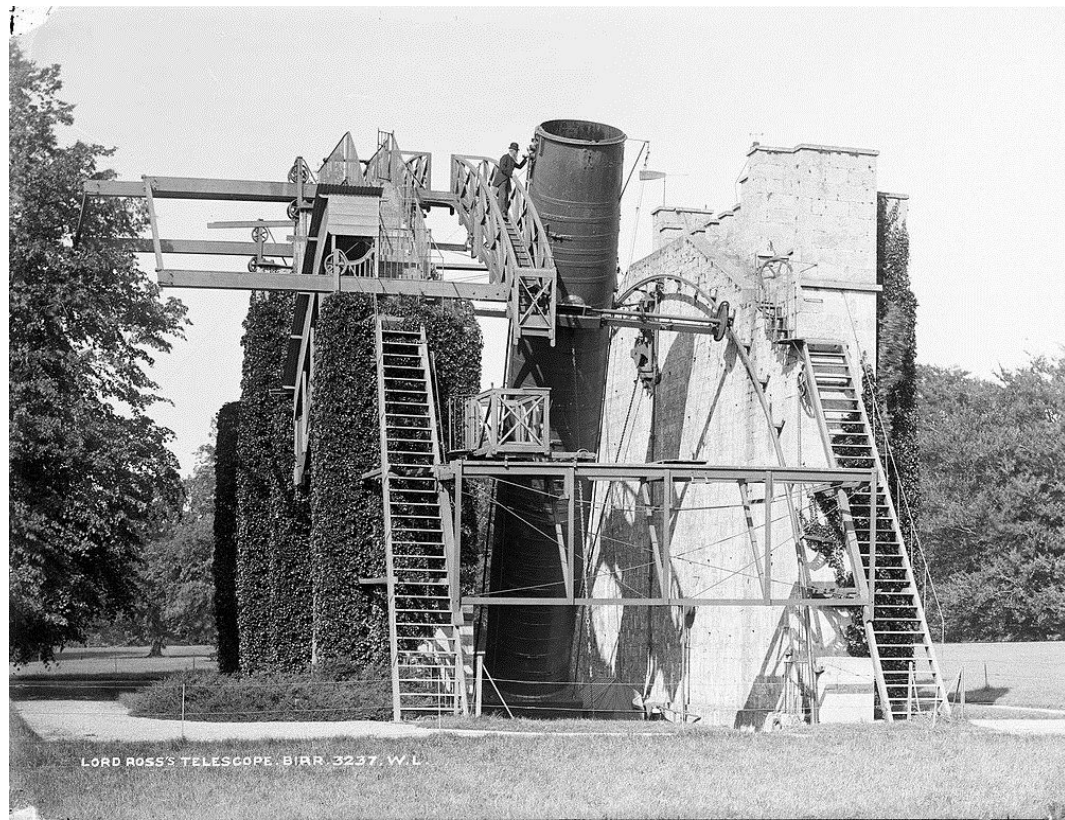
40-футовый телескоп
 $D = 126 \text{ см}$, $F = 12 \text{ м}$
 Открыты спутники Сатурна –
 Мимас и Энцелад
 (1789)

М. В. Ломоносов, 1762 г.





Уильям Парсонс,
третий лорд Росс



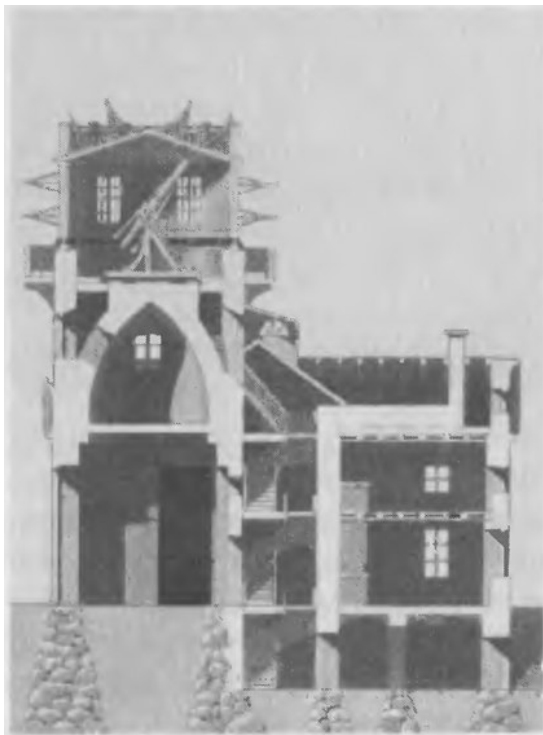
«Левиафан», $D = 1,83$ м, $F = 17$ м (1845)
Открыта спиральная структура галактик



- Уильям Лассел:
- 24-дюймовый (60см) рефлексор (1846)
 - Открыты: Тритон, через 17 дней после открытия Нептуна (1846)
 - Спутник Сатурна Гиперион (1848)
 - Спутники Урана: Ариэль и Умбриэль (1851)
 - 48-дюймовый (120 см) рефлексор (1855)



Йозеф Фраунгофер



Рефрактор Фраунгофера (1824)

$D = 24 \text{ см}$

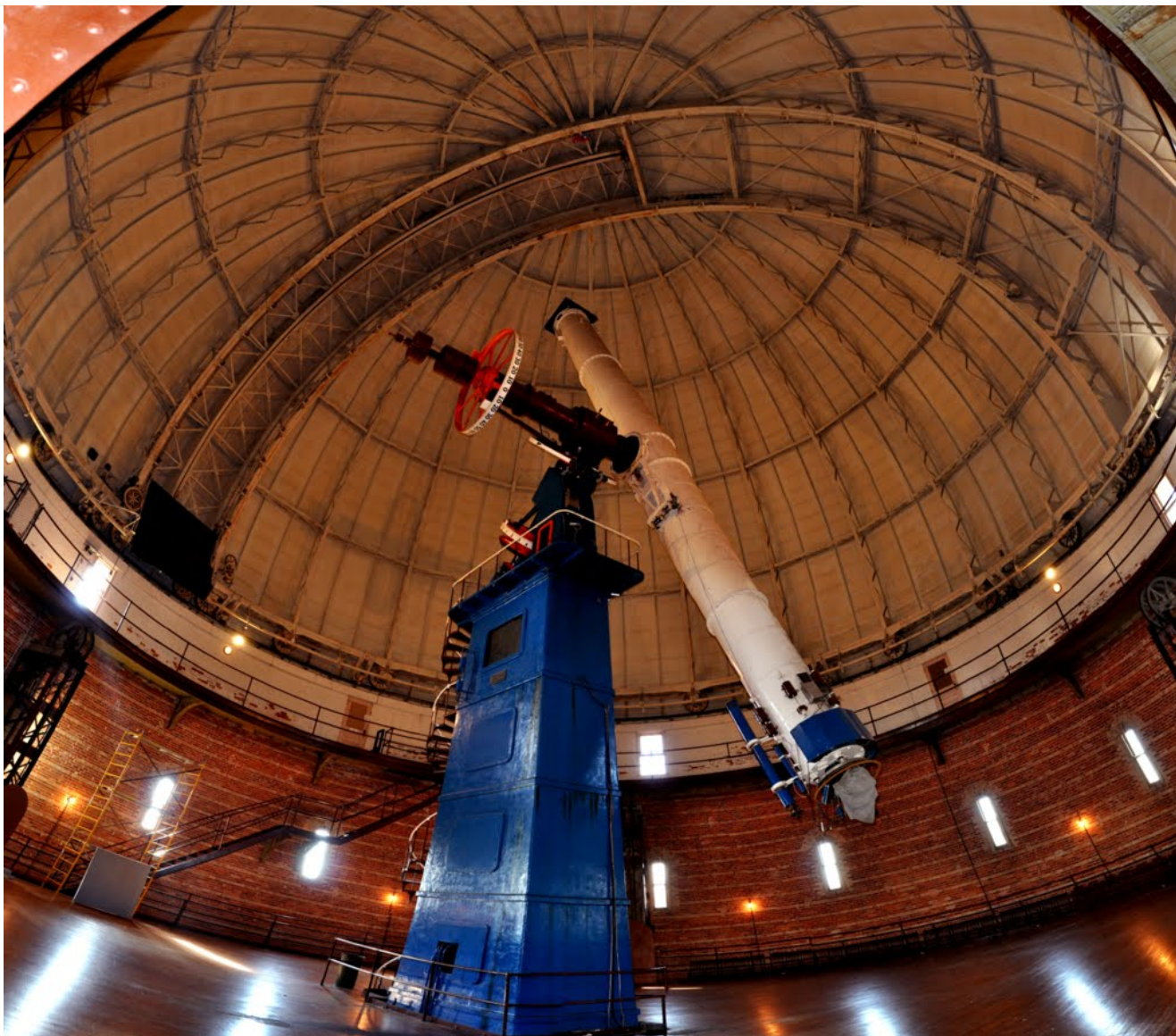
Дерптская обсерватория

Впервые измерен параллакс Веги ($0,125''$, 1837)

Эпоха великих рефракторов (1850-1900 гг)



Рефрактор Ликской обсерватории Калифорнийского университета (1888 г.)
D = 36 дюймов (91 см), установленный на горе Гамильтон в Калифорнии

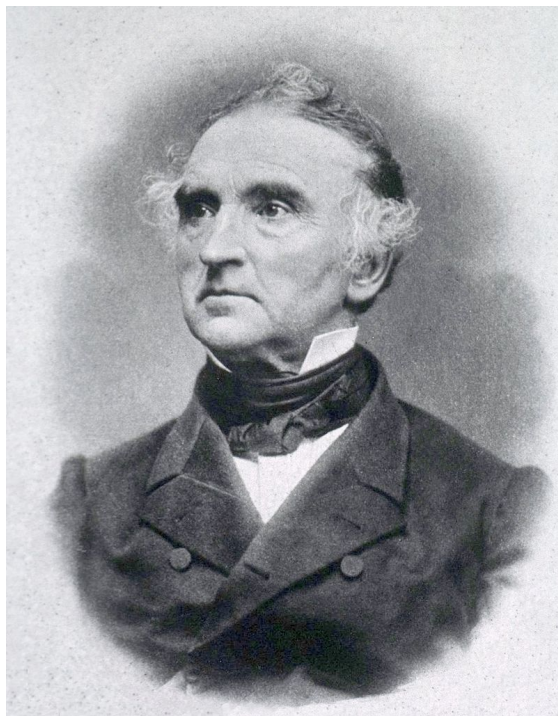


Рефрактор Йеркской обсерватории Чикагского университета (1897 г.)
 $D = 40$ дюймов (102 см), $F = 19$ м



125-см горизонтальный рефрактор, изготовленный для Парижской выставки 1900 г.

Метод серебрения зеркал (1853 г)



Юстус фон Либих

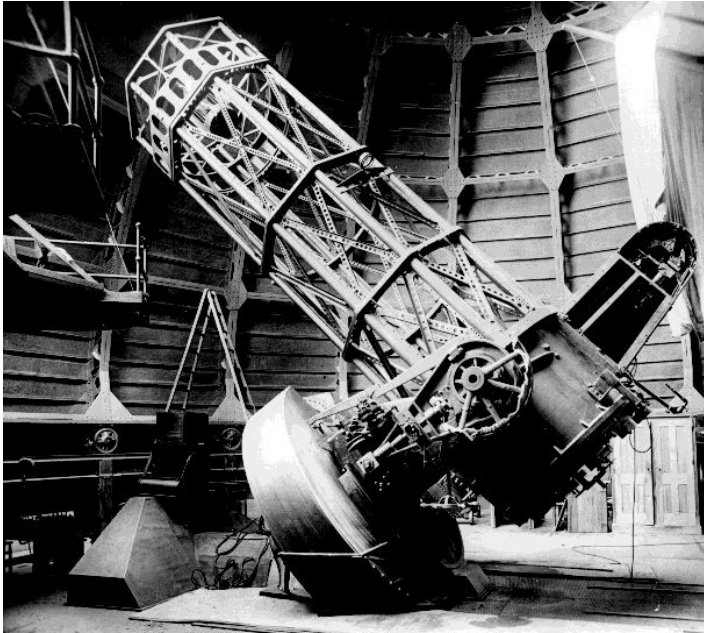


Карл Август фон Штейнгейль

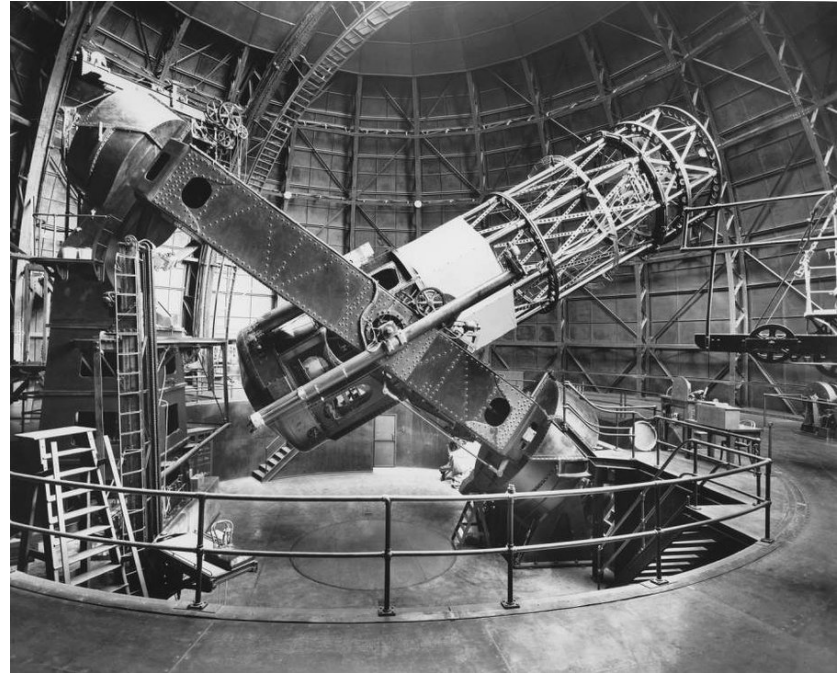


Жан Бернар Леон Фуко

Эпоха рефлекторов. Обсерватория Маунт Вилсон



60-дюймовый рефлектор «Хейл»
Крупнейший в мире (1908-1917)
Работы по звёздной спектроскопии
Изучение Галактик

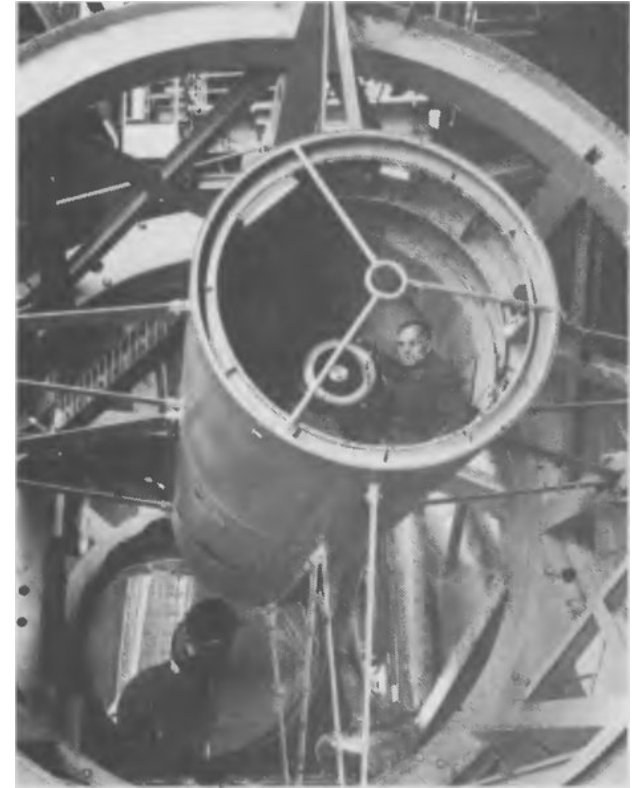


100-дюймовый рефлектор «Хукер»
Крупнейший в мире (1917-1948)
Измерены размеры некоторых звёзд
Совершены открытия Хаббла:
Определено расстояние до туманности
Андромеды
Открыто космологическое расширение
Вселенной

Обсерватория Маунт Паломар



HALE TELESCOPE (MOUNT PALOMAR OBSERVATORY)



200-дюймовый телескоп «Хейл», Крупнейший в мире (1948-1975)

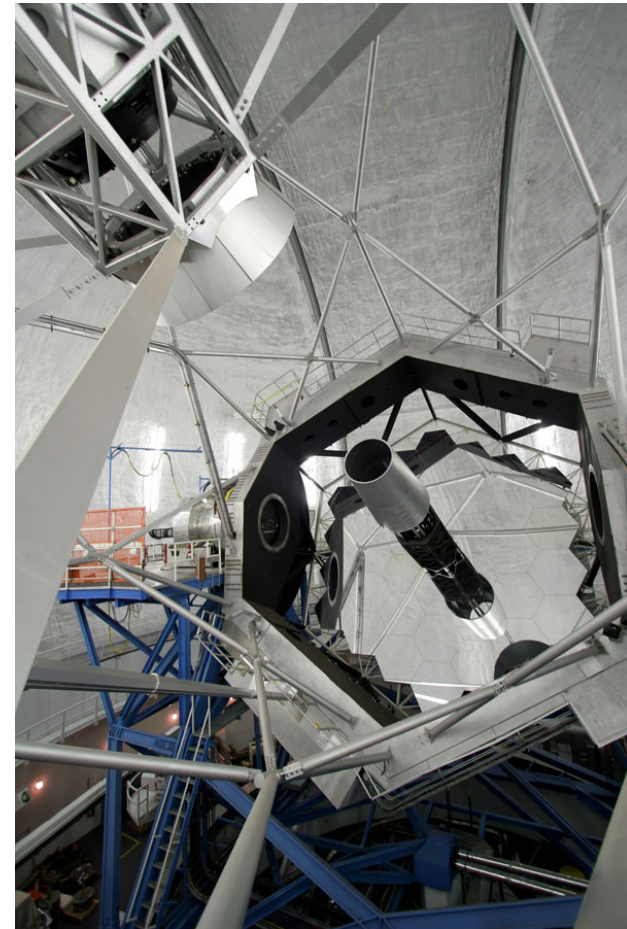
Специальная астрофизическая обсерватория



БТА (Большой Телескоп Альт-азимутальный), $D = 6$ м.

Крупнейший в мире (1975-1993 гг.) Масса зеркала 42 т – крупнейшее в мире
Впервые применена компьютеризированная альт-азимутальная монтировка

Обсерватория Кека, Мауна-Кеа, Гавайи

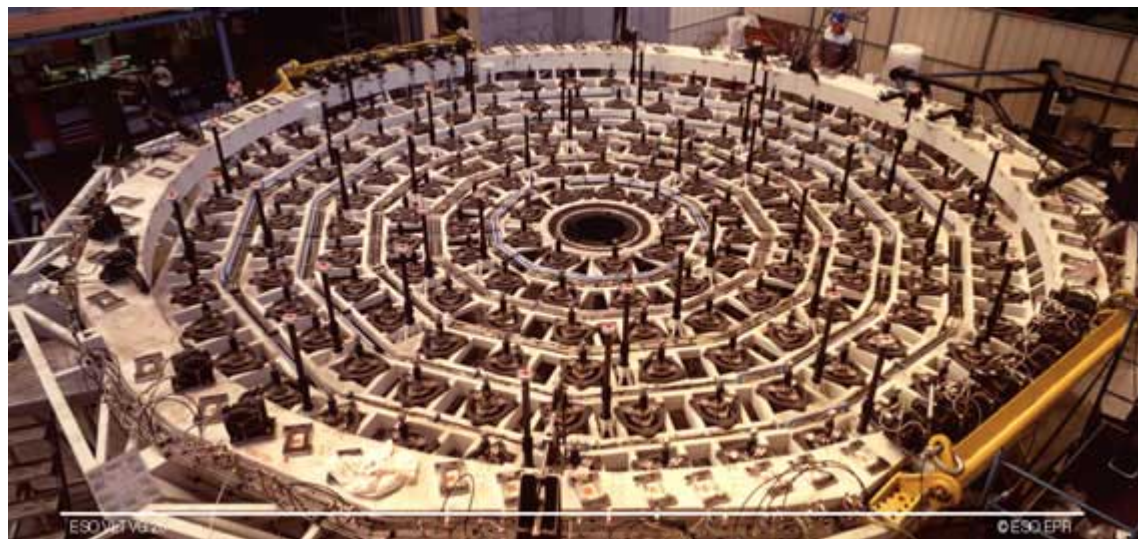
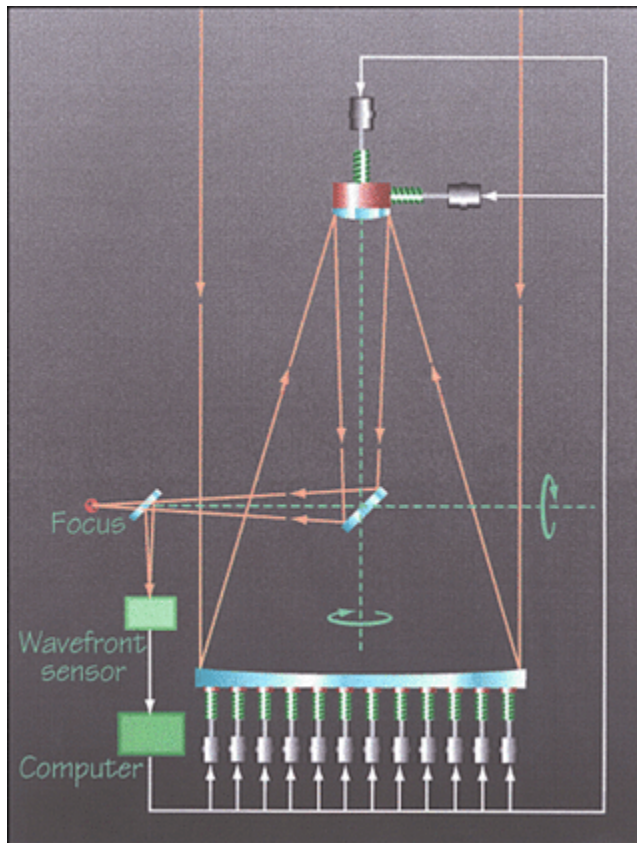


Главное зеркало: 36 шестиугольных сегмента, $D = 10$ м
Крупнейший в мире (1993-2007 гг.)

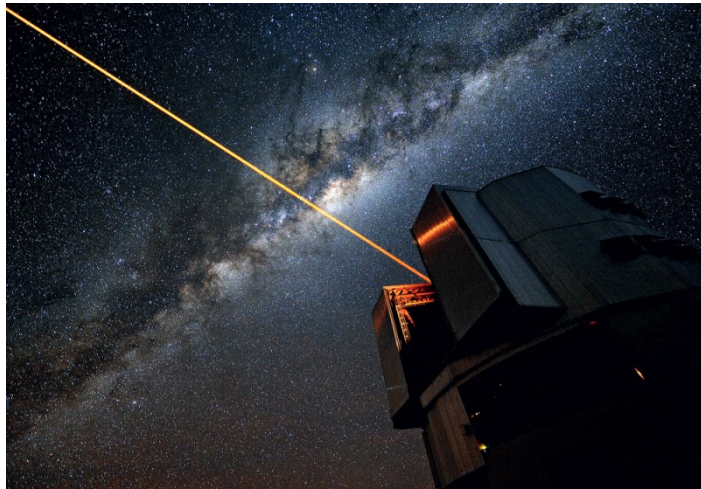
Адаптивная оптика позволяет получить разрешение $0,04''$

Разрешение в режиме интерферометра $0,005''$

Активная оптика

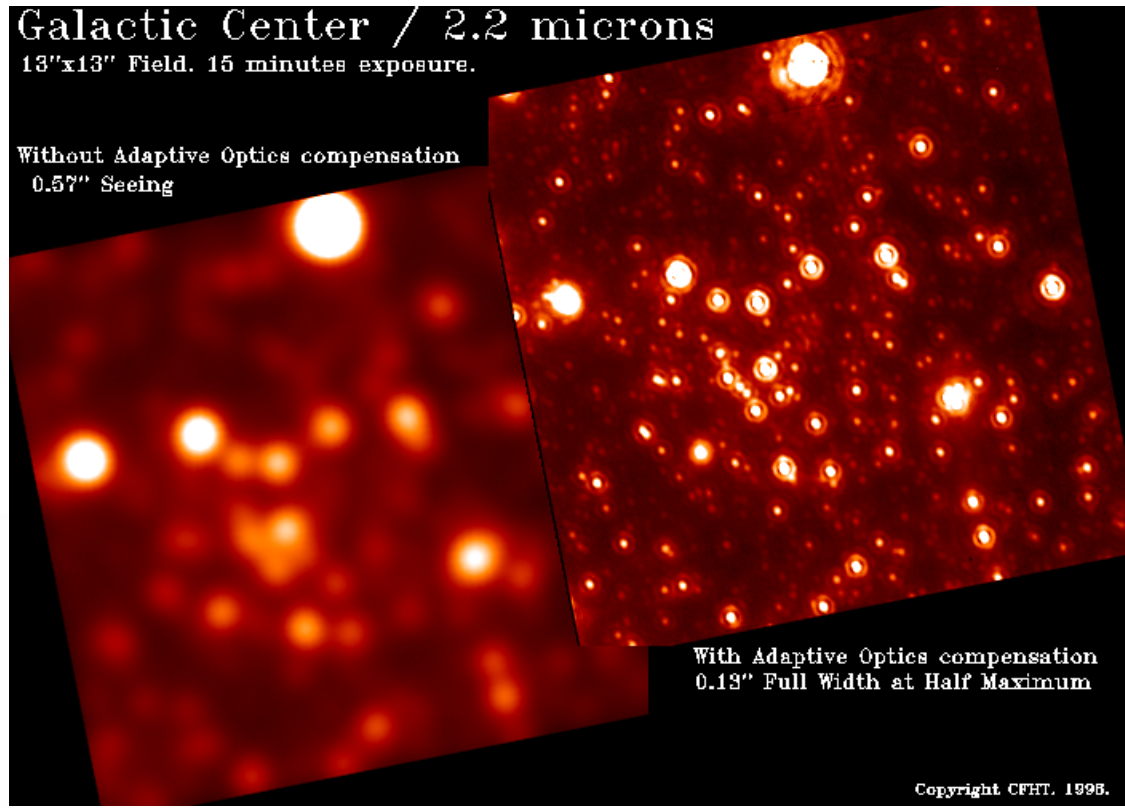


Адаптивная оптика



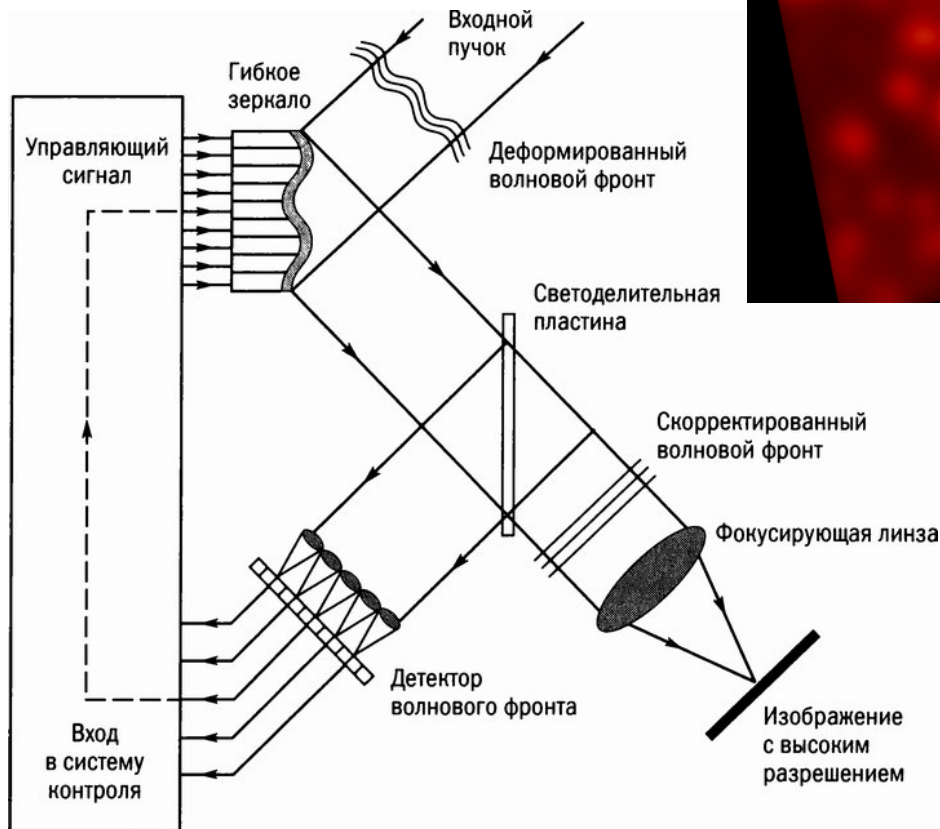
Galactic Center / 2.2 microns
13"x13" Field, 15 minutes exposure.

Without Adaptive Optics compensation
0.57" Seeing



With Adaptive Optics compensation
0.13" Full Width at Half Maximum

Copyright CFHT, 1995.



Оптические схемы современных телескопов

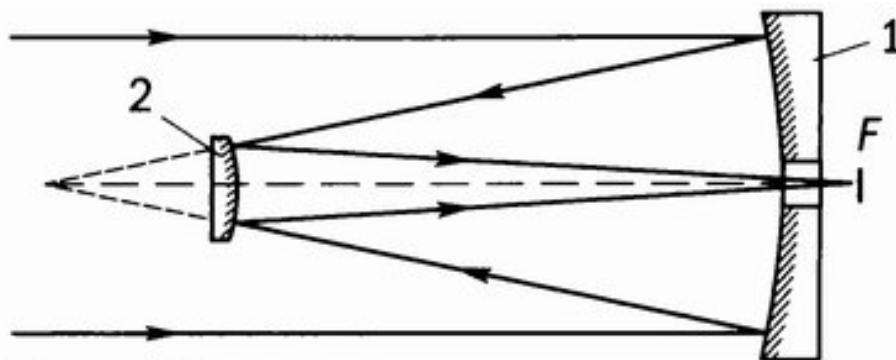


Схема Кассегрена

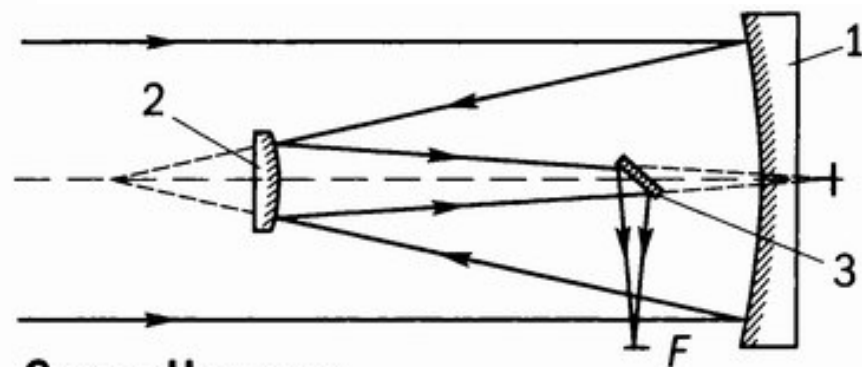


Схема Несмита

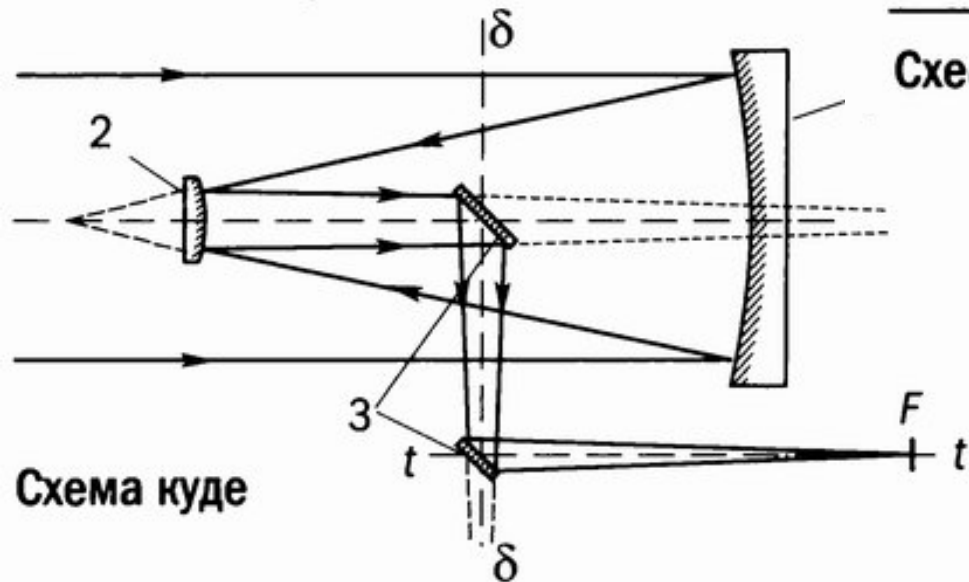


Схема куде



Gemini, Чили, 8,1 м (2001)



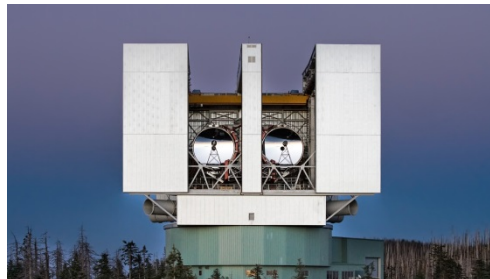
Gemini, Мауна Кеа, 8,1 м (1999)



VLT, Чили, 8,2 м (1998-2001)



Subaru, Мауна Кеа, 8,2 м (1999)



LBT, Аризона, 2 x 8,2 м (2004)



Hobby-Eberly, Техас, 11x9,8 м (1997)



Southern African Large Telescope, ЮАР, 11x9,8 м (2005)

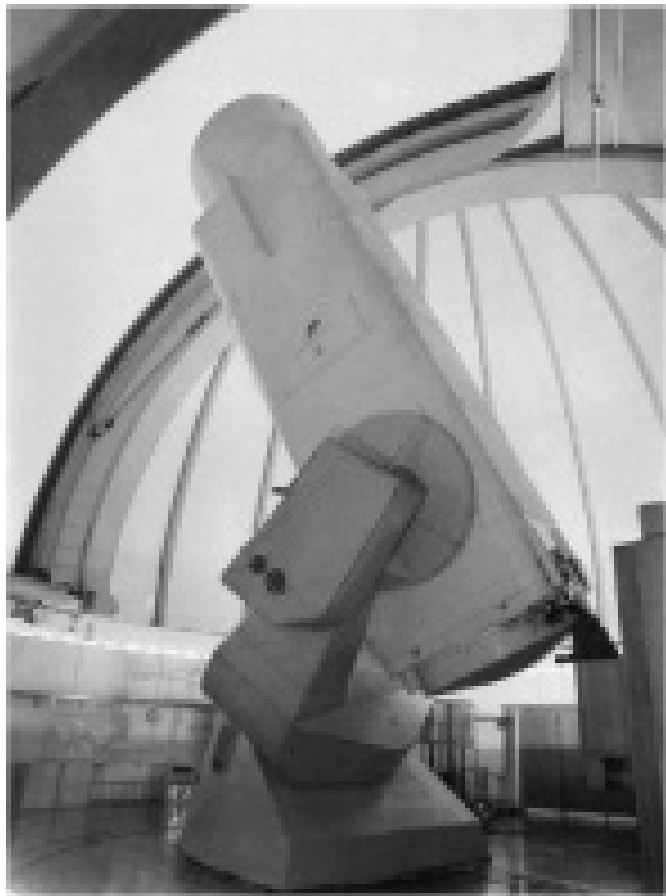


The Gran Telescopio CANARIAS
Ла Пальма, Испания (2007)

D = 10,4 м, 36 сегментов



Средние и малые телескопы

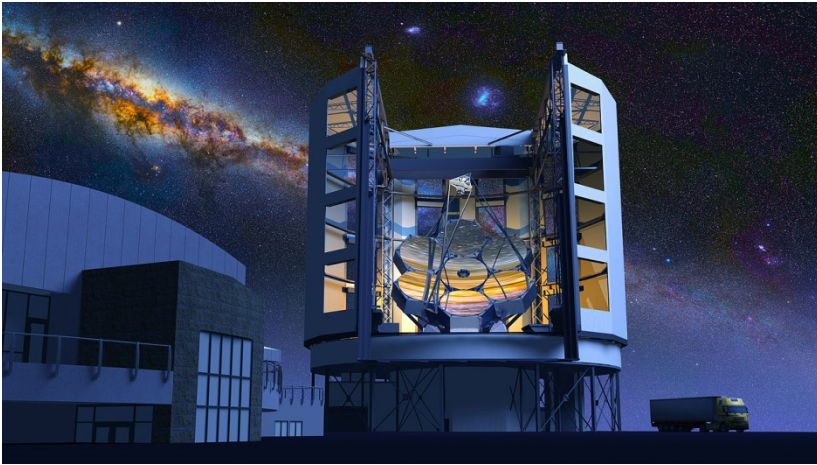


Камера Шмидта, $D = 2$ м, $F = 4$ м (1960)



МАСТЕР (Мобильная **А**строномическая **С**истема **Т**елескопов-**Р**оботов), $D = 40$ см, $F = 1$ м, поле 4 кв. гр. Благовещенск, Иркутск, Екатеринбург, Кисловодск, ЮАР, Канарские острова и Аргентина

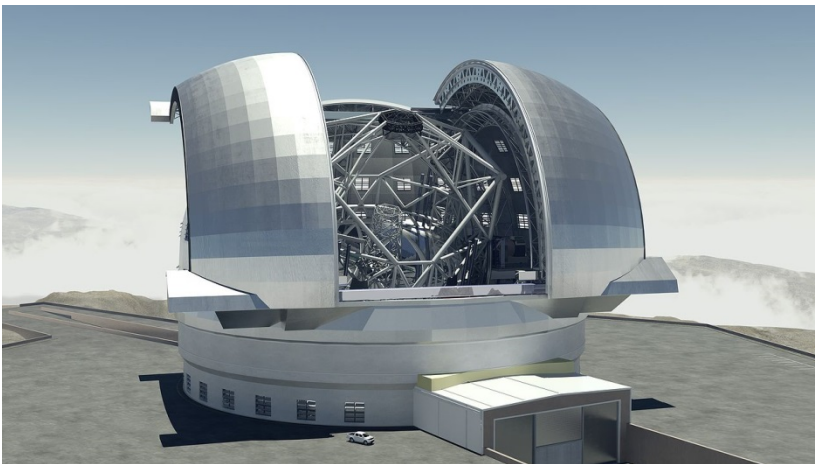
Перспективы (2025 - 2029)



Giant Magellan Telescope, Чили (2029)
D = 24,5 м (7 x 8,4 м)



Thirty Meter Telescope, Мауна Кеа, Гавайи (2027)
D = 30 м, 492 сегмента (1,4 м)



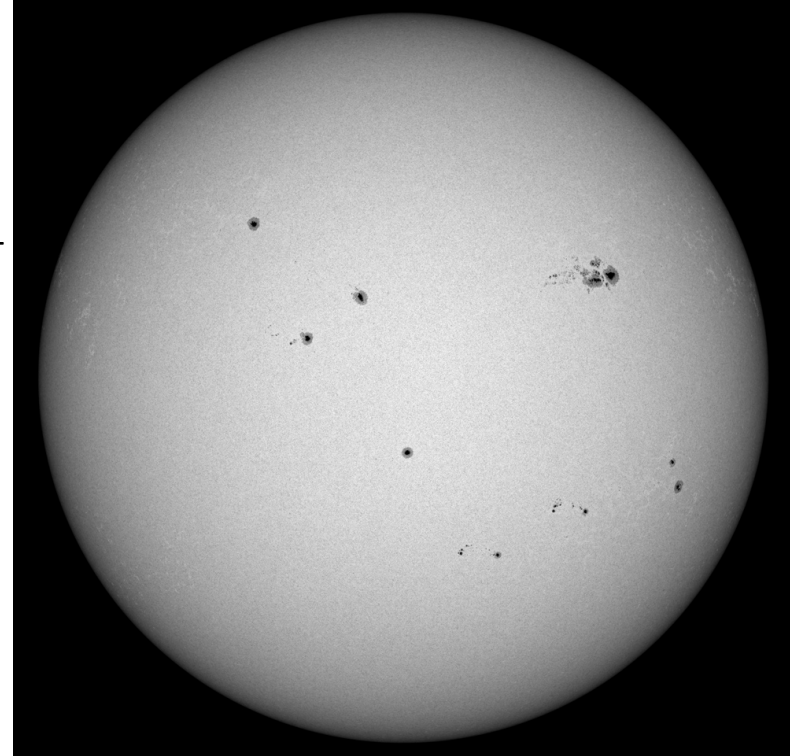
European Extremely Large Telescope, Чили (2025)
D = 39,3 м, 798 сегментов (1,4 м)

Наблюдения Солнца. Фотосфера.

Фотосфера (греч. сфера света) – излучающий слой атмосферы Солнца, в котором формируется непрерывный спектр излучения. Непрозрачна, она поглощает и переизлучает излучение, идущее из недр Солнца. Глубина фотосферы составляет 300 км. Температура 6000 К.

В состав Фотосферы входит отрицательный ион водорода (протон + 2 электрона), который активно поглощает и излучает свет, благодаря чему край Солнца кажется таким резким.

Солнечные пятна – области выхода в фотосферу сильных магнитных полей. Тёмный свет обусловлен подавлением магнитным полем конвективных движений солнечного вещества и снижением потока переноса тепловой энергии в этих областях. Температура пятен на 1500 К ниже окружающей фотосферы. Количество пятен – главный критерий оценки солнечной магнитной активности. Время жизни пятен составляет от нескольких дней до нескольких месяцев.



Факелы – более яркие по сравнению с фоном образования, их температура выше температуры фотосферы примерно на 2000К. Появляются при усилении конвекции, вызванной ослаблением магнитного поля. Продолжительность жизни 3 – 4 месяца.

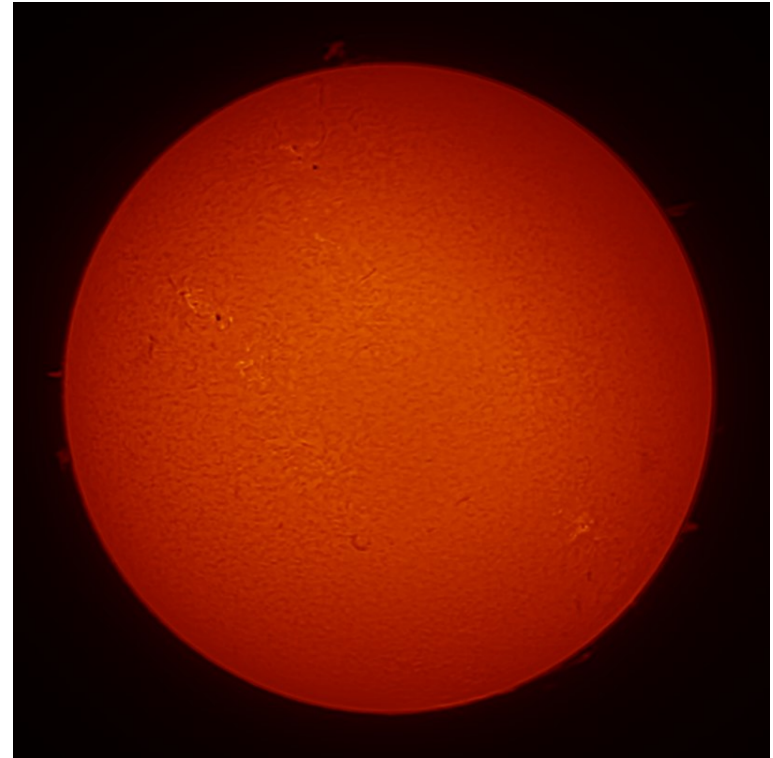
Гранулы – образования в фотосфере, вызванные конвекцией плазмы. Конвективные потоки формируют колонны, перемешивающие вещество в зоне конвекции. Гранулы являются видимыми вершинами таких отдельных колонн и образуют зернистую структуру, называемую грануляцией. Размер отдельной гранулы примерно равен 1000 км. Время жизни 8 минут.

Хромосфера

Хромосфера (греч. сфера цвета) – внешняя оболочка атмосферы Солнца толщиной 10000 км, окружающая фотосферу. Красный цвет обусловлен тем, что в видимом спектре доминирует красная линия излучения водорода Н-альфа (656,3 нм). Температура хромосферы меняется от 4000 до 15000К. Разделяют две зоны хромосферы:

- **нижняя**, простирается до 1500 км, состоит из нейтрального водорода, в спектре содержится большое количество слабых спектральных линий;
- **верхняя**, состоит из отдельных **спикул**, выбрасываемых на высоту до 10000 км со скоростью 20км/с. Температура выше чем у нижней хромосферы, водород находится в ионизированном состоянии, в спектре видны линии водорода, гелия и кальция.

Яркость хромосферы очень низкая из-за низкой плотности. Наблюдается во время солнечных затмений или при помощи узкополосных фильтров.



Хромосферная сетка – состоит из линий, окружающих ячейки супергрануляции размером до 30 тысяч км в поперечнике

Спикулы – элементы тонкой структуры хромосферы, тонкие (500 -1200) столбики светящейся плазмы. Время жизни 5-10 минут.

Флоккулы (хромосферные факелы) - волокнистые образования, более яркие и плотные, чем окружающие их участки. Являются продолжением фотосферных факелов в хромосферу. Обычно находятся вблизи областей с сильными магнитными полями (активных областей), часто окружают солнечные пятна. Ориентированы вдоль силовых линий магнитного поля. Количество зависит от солнечной активности.

Протуберанцы – плотные конденсации вещества, поднимаемые и удерживаемые магнитным полем. На фоне диска видны как тёмные **волокна**. Могут простираться на миллионы километров. Самый высокий наблюдался в 1946 г. и составлял 1,7 млн км в высоту.