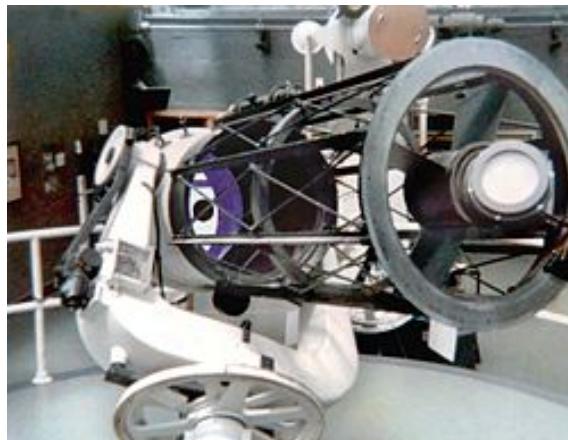


**Телескоп** - (от др.-греч. τῆλε [tele] — далеко + σκοπέω [skopeo] — смотреть) — прибор, с помощью которого можно наблюдать отдаленные объекты путём сбора электромагнитного излучения.

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.

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

**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:

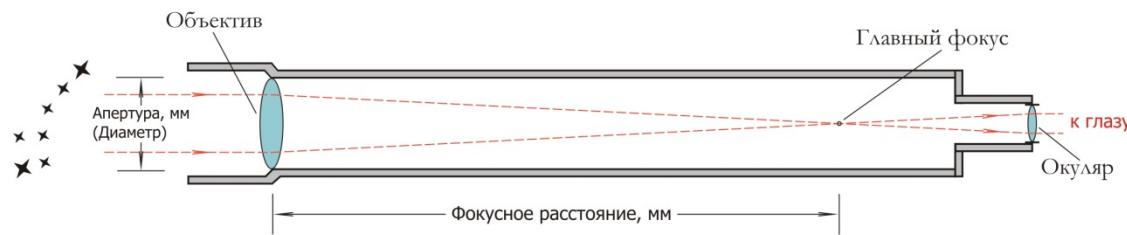
$$\forall = \frac{F}{D} = \frac{1}{A}$$

Масштаб изображения на приёмнике:

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

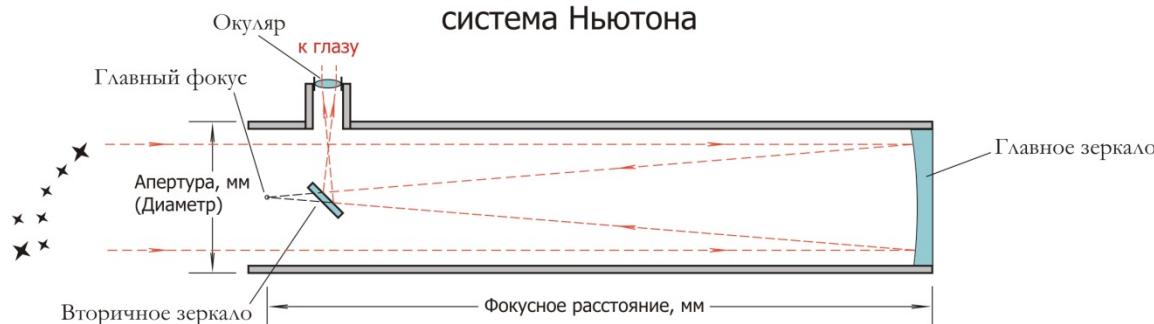
# Схемы основных оптических систем

## РЕФРАКТОР



## РЕФЛЕКТОР

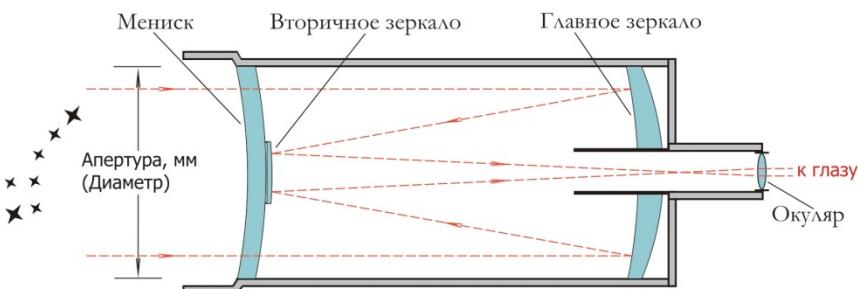
### система Ньютона



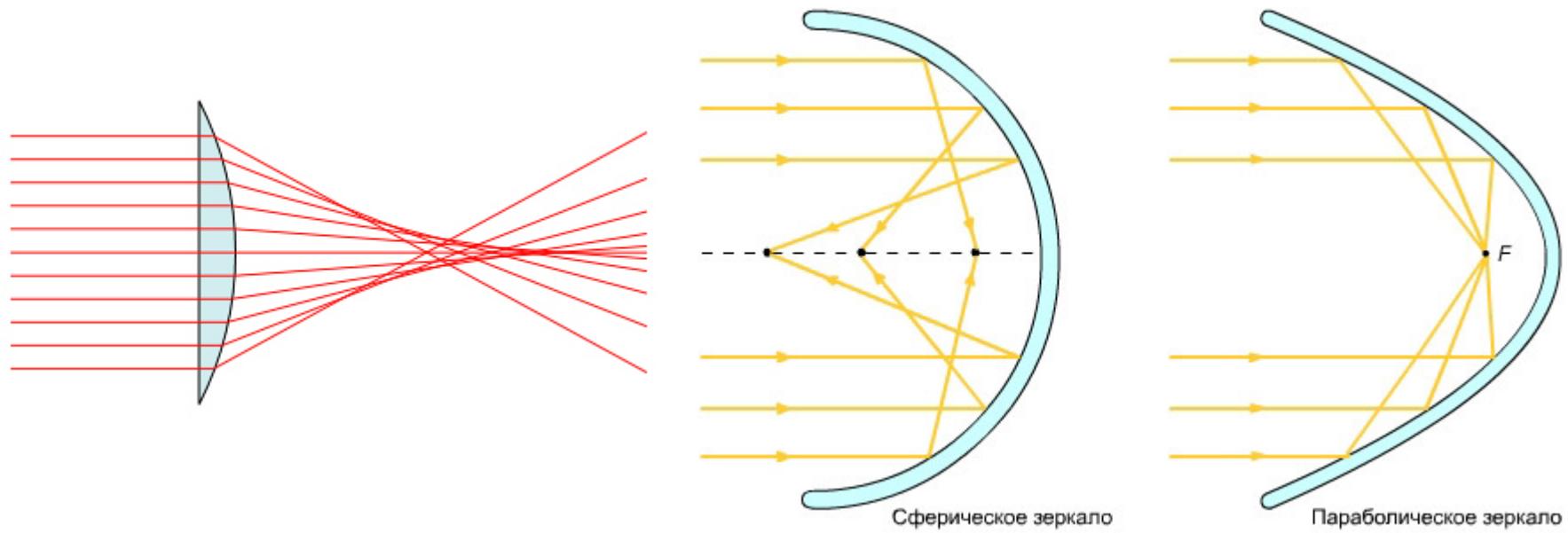
## ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВЫЙ

(катадиоптрический)

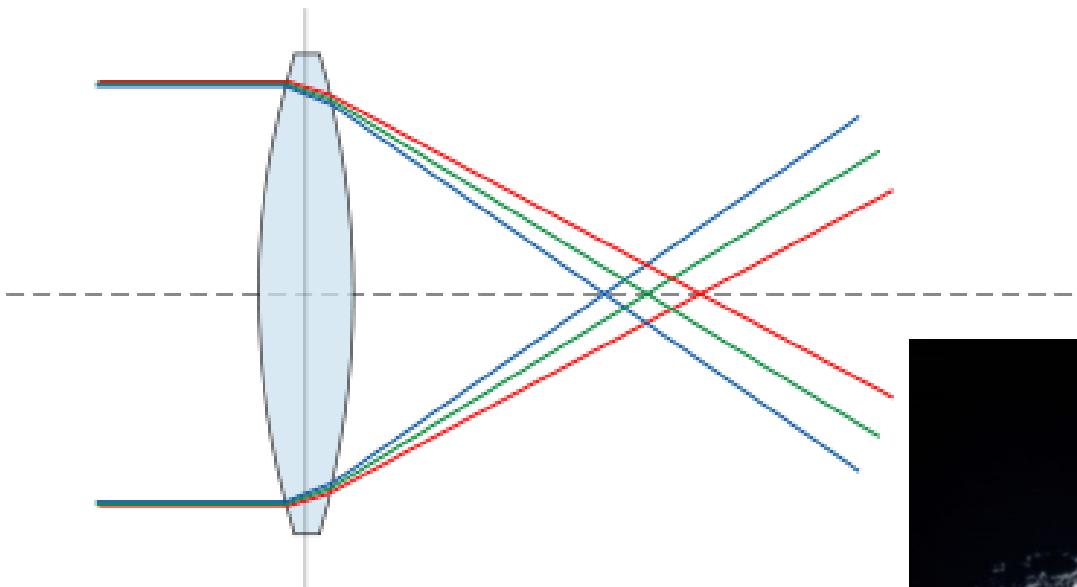
### система Максутова



# Сферическая aberrация



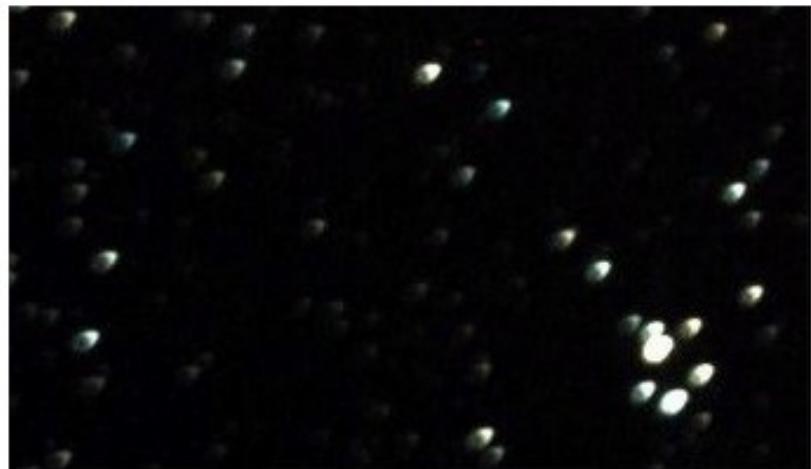
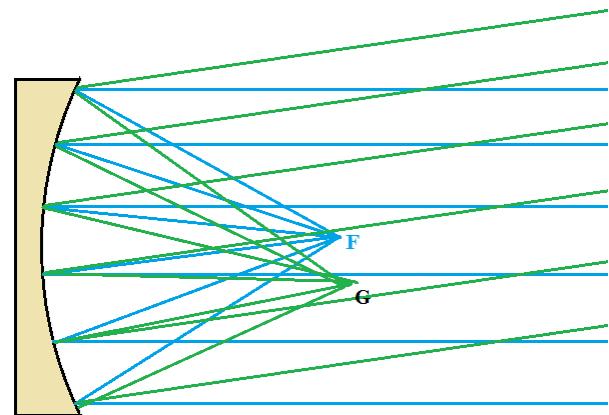
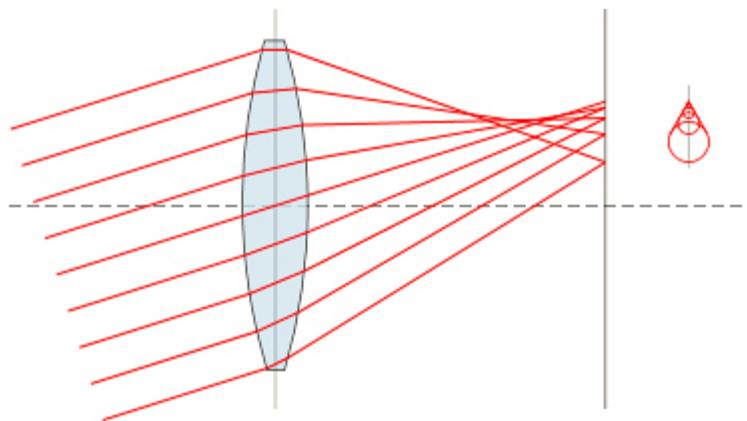
# Хроматическая аберрация



Orion 80 ED  
Nikon 990  
10mm Televue Radian

Orion 120 ST  
Nikon 990  
10mm Televue Radian

# Кома

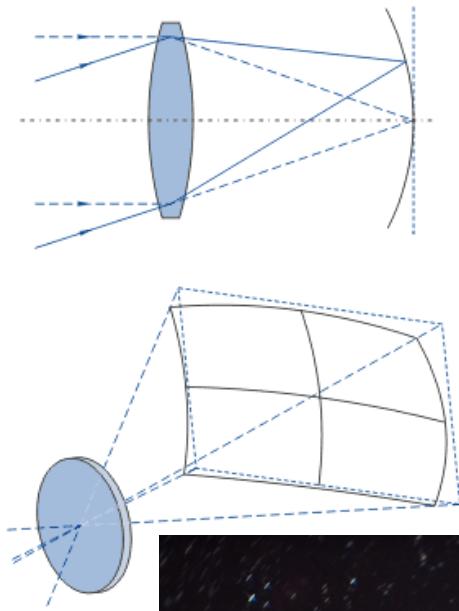


Кома на краю поля зрения

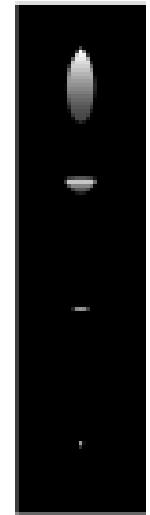
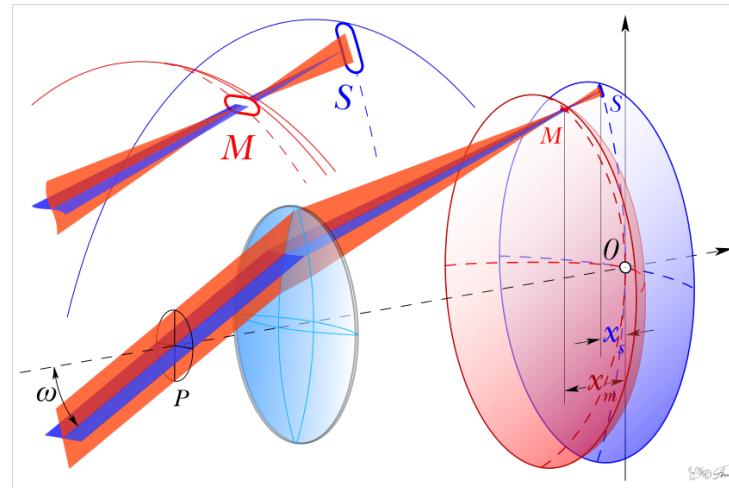


Отсутствие комы

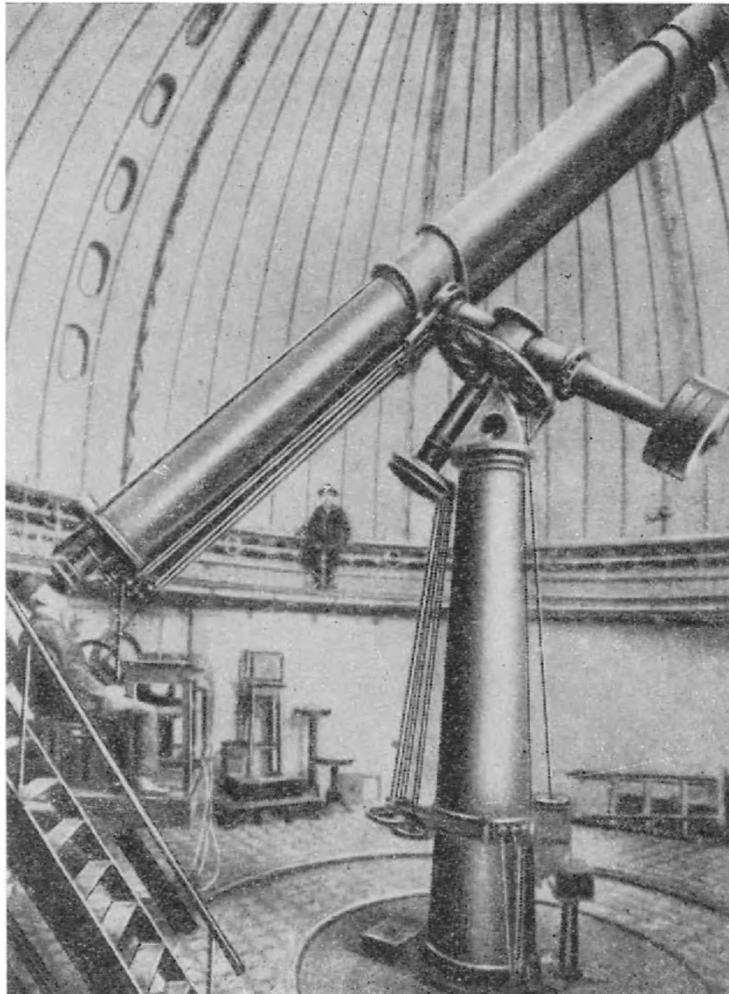
## Кривизна поля



## Астигматизм



# Виды монтировок



Экваториальная монтировка  
немецкого типа



Альт-азимутальная монтировка

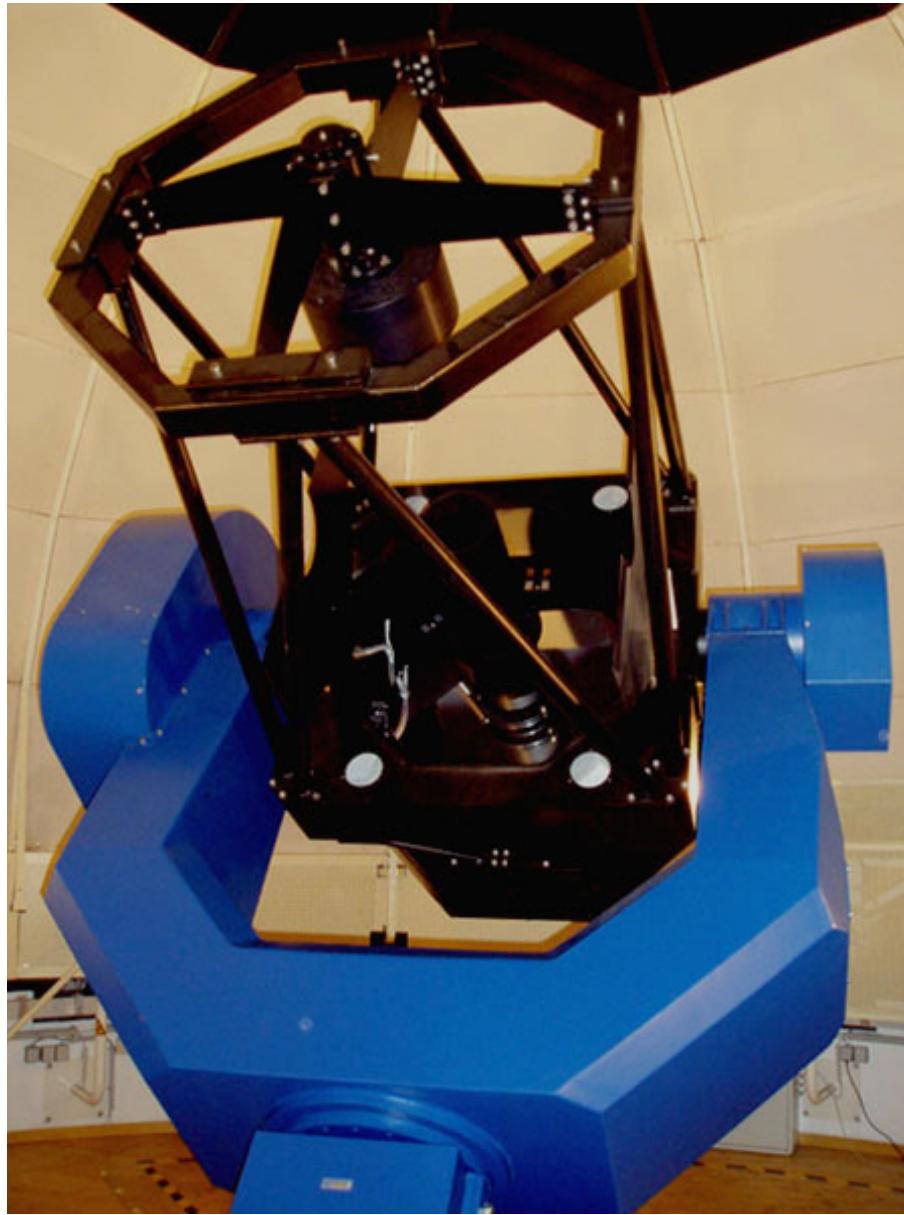
# Английская монтировка



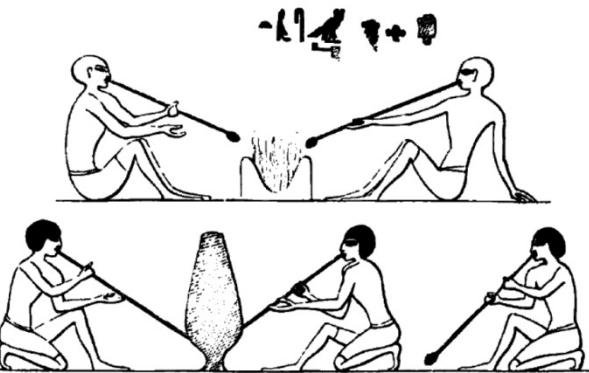
Симметричная



Несимметричная



Американская вилочная монтировка

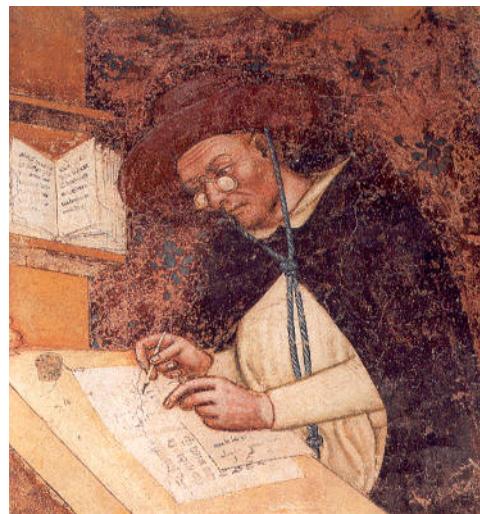


Месопотамия, ок 5500 лет назад

Стекло – побочный продукт изготовления керамики  
и выплавки металла

В IX в. появились технологии производства  
бесцветного стекла.

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



Роджер Бэкон (1214-1292)  
Свойства линз и зеркал

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

# Изобретение телескопа. 1605-1608 гг.



HANS LIPPERHEY,  
*Secundus Confiditorum inventor.*

Ганс Липпергей



ZACHARIAS JANSEN,  
*sive Ioannides primus Confiditorum inventor.*

Захария Янсен



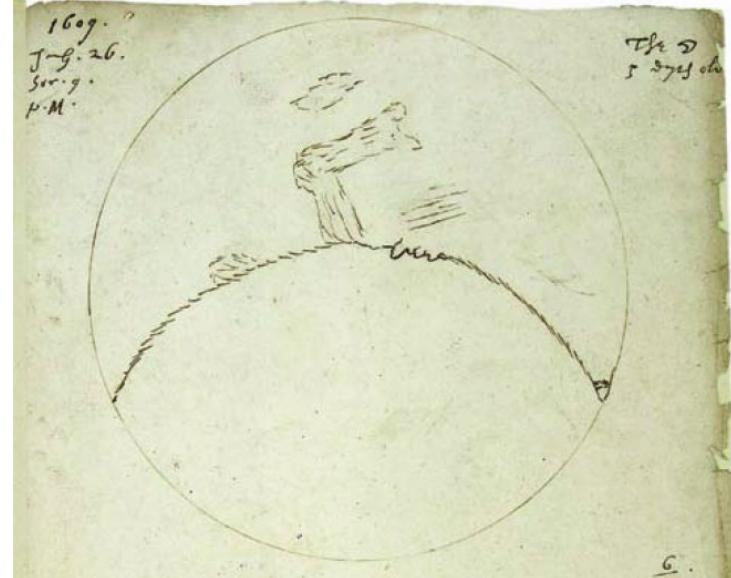
Якоб Мециус



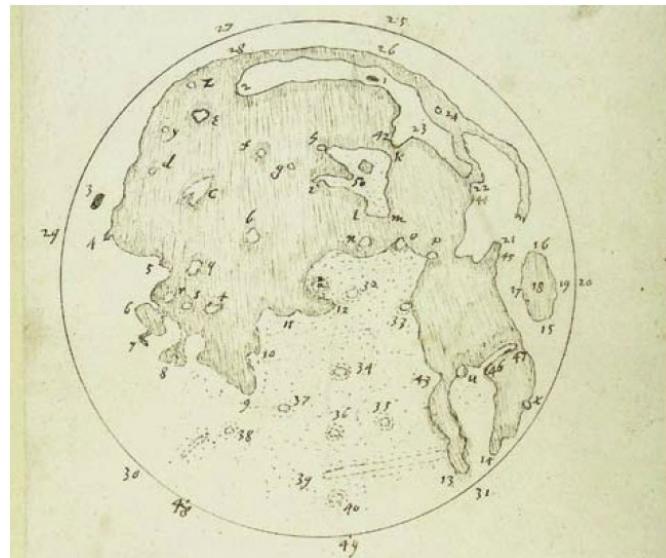
«Голландская трубка», найденная при строительстве тоннеля в г. Делфт в 2014 г. 13



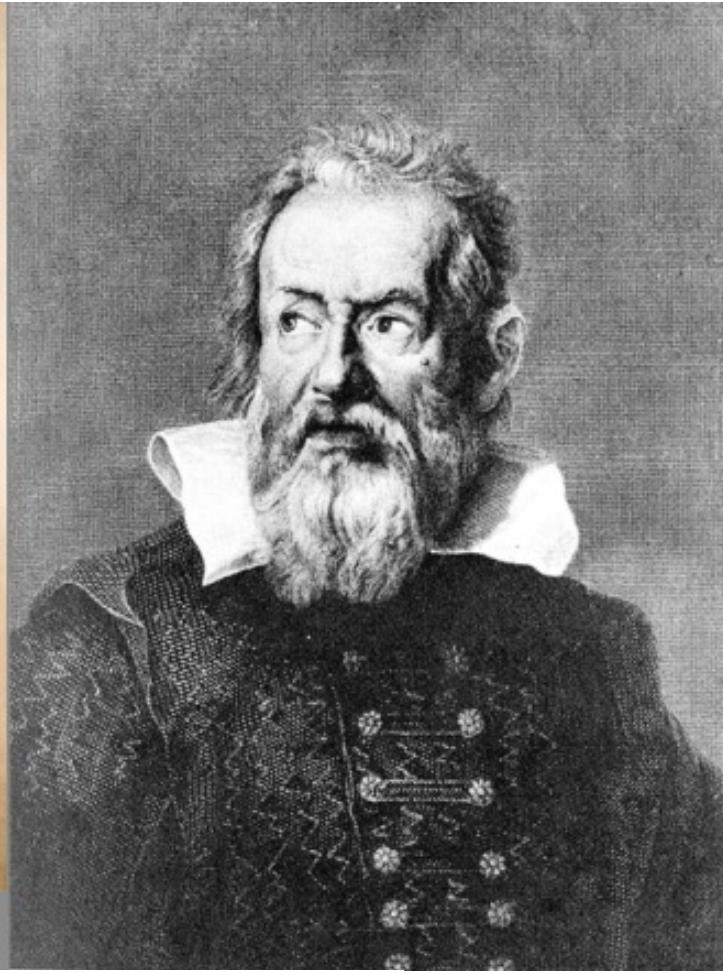
## Томас Хэрриот – предшественник Галилея



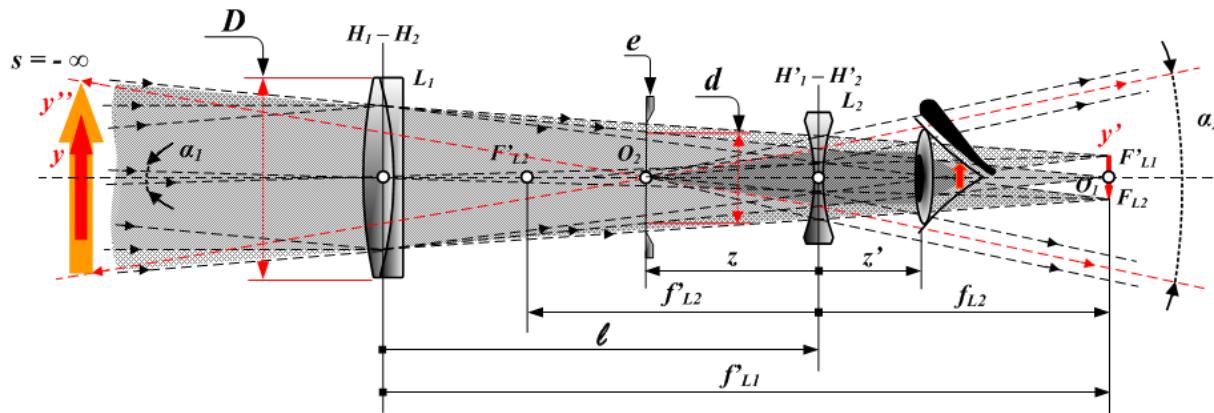
Первый рисунок Луны,  
полученный при помощи  
Телескопа 26 июля 1609 г.

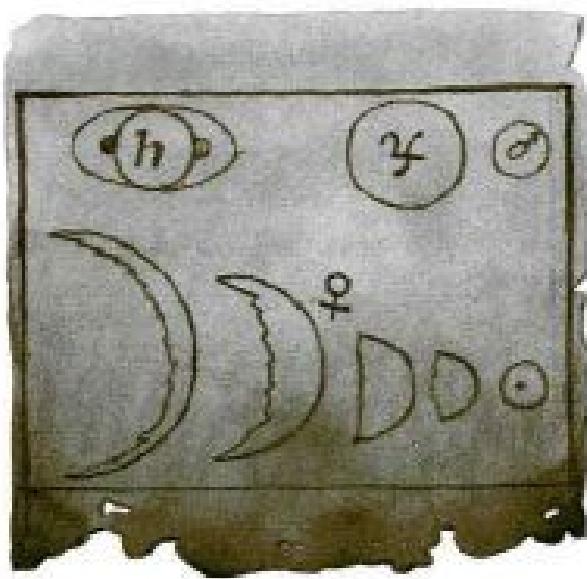
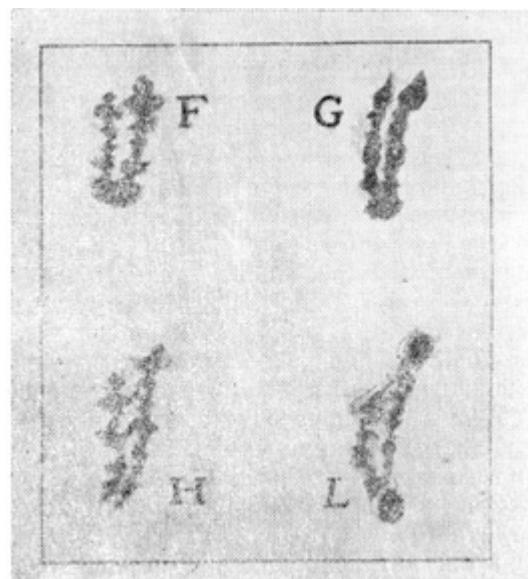
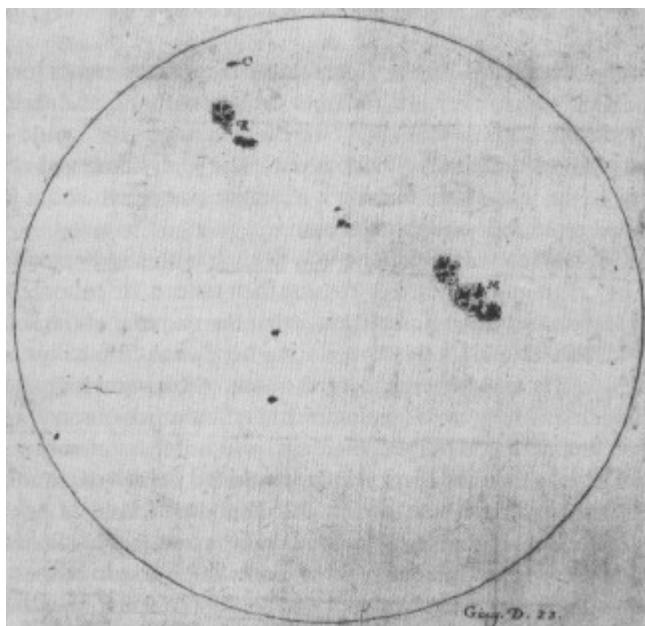


## Карта Луны, 1613 г.



Галилео, 1609



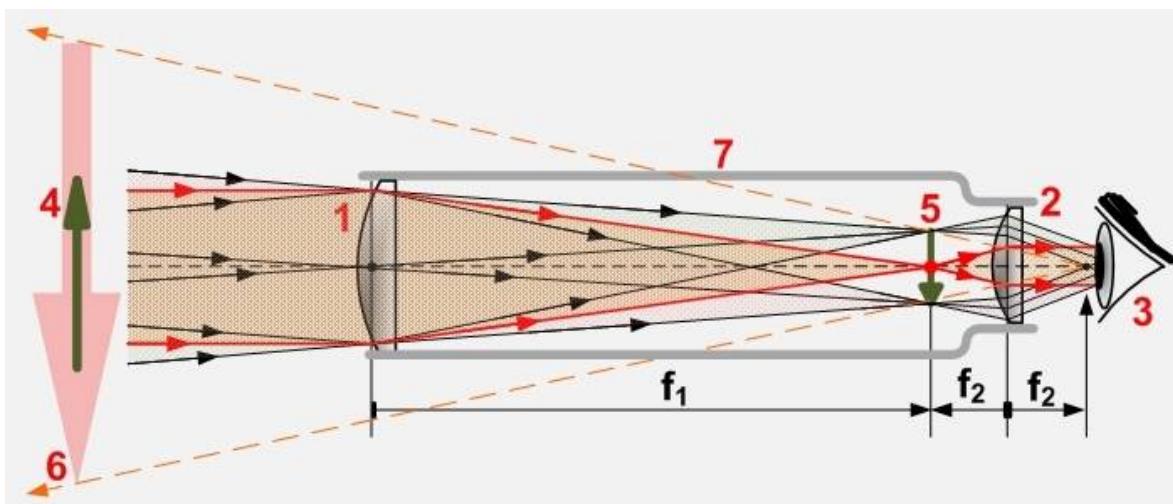


7 янв	♂	*	24	*
8 янв			24	* * *
10 янв		* *	24	
11 янв		* *	24	
12 янв		* *	24	*
13 янв		*	24	* *
15 янв			24	* ♂ * *



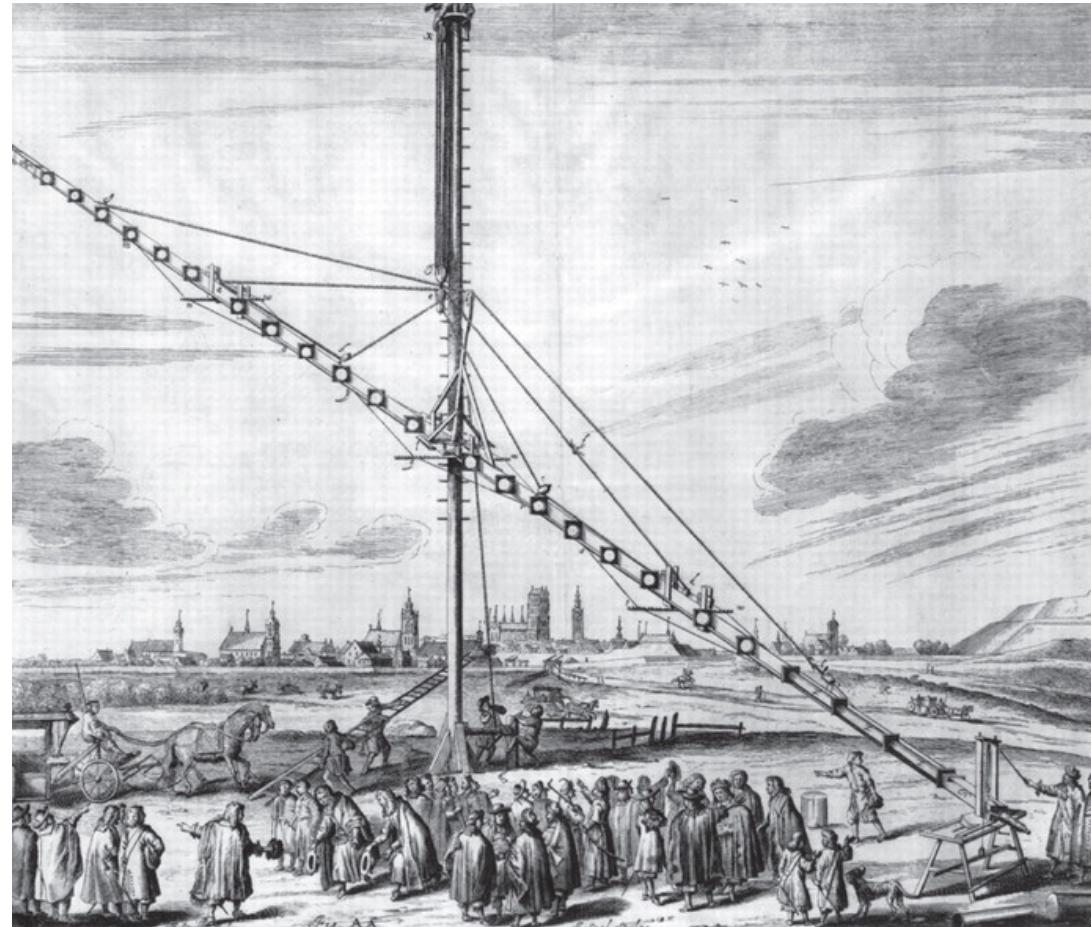
Симон Марий (Мариус)

# Иоганн Кеплер, Христоф Шейнер, 1611 - 1613 г.



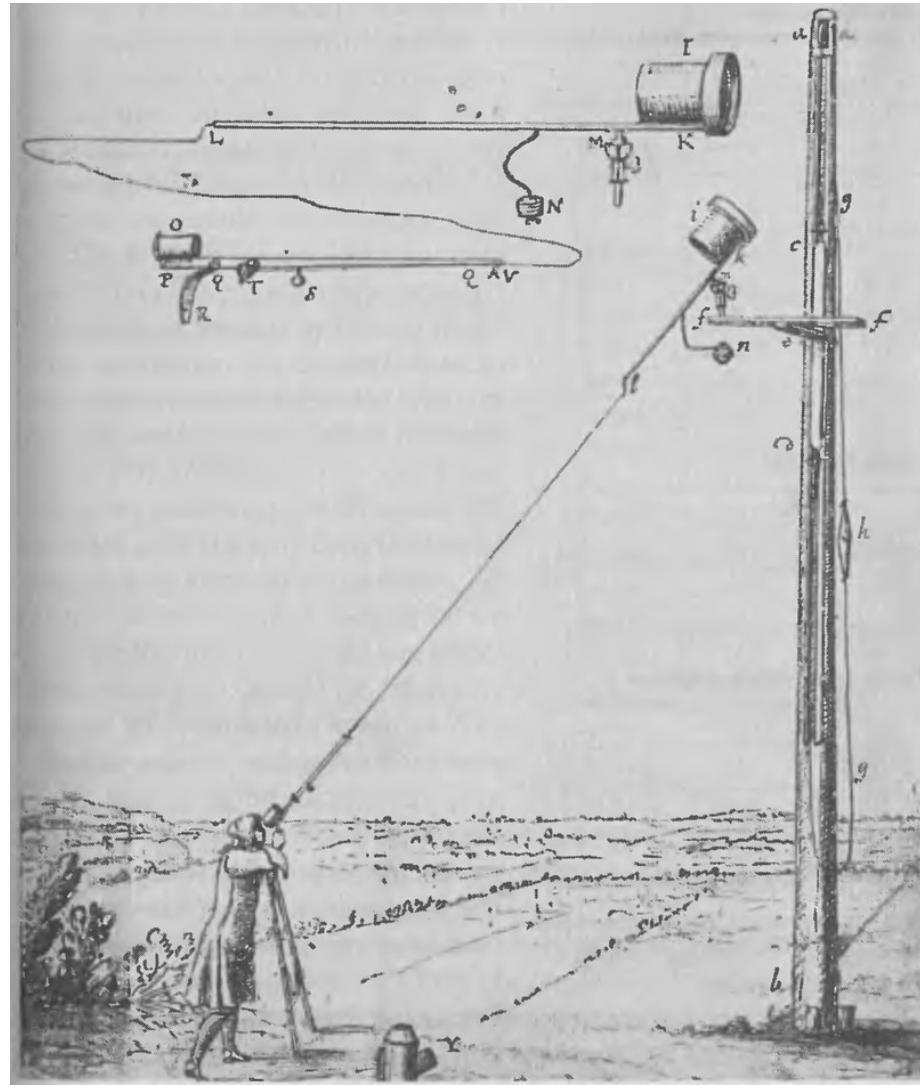


Ян Гевелий



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

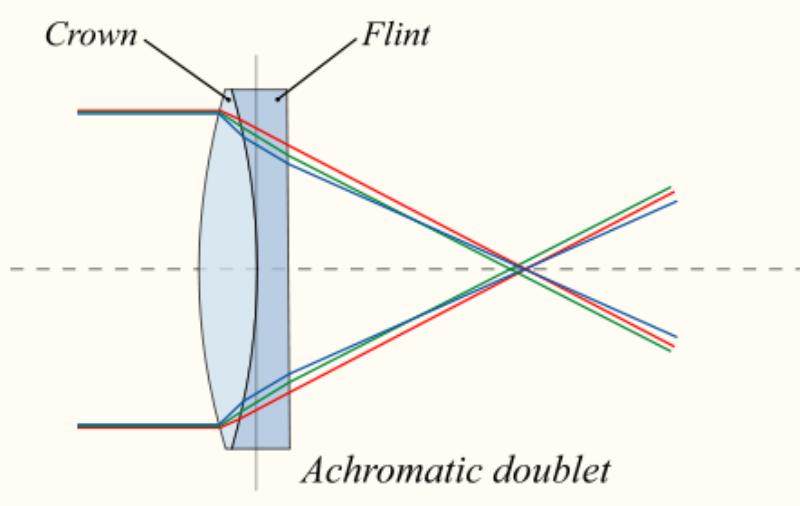
Наблюдения: Луна (описание поверхности, открыл оптическую либрацию), Солнце (период вращения), периоды обращения спутников Юпитера, двойные и переменные звёзды, открыл 4 кометы



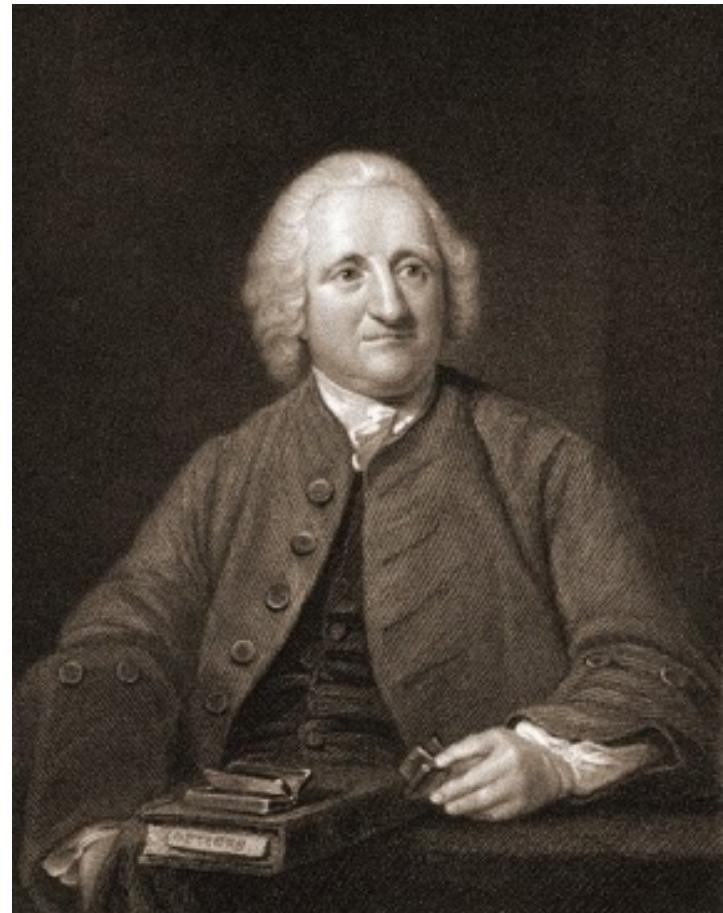
## Христиан Гюйгенс (1686)

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

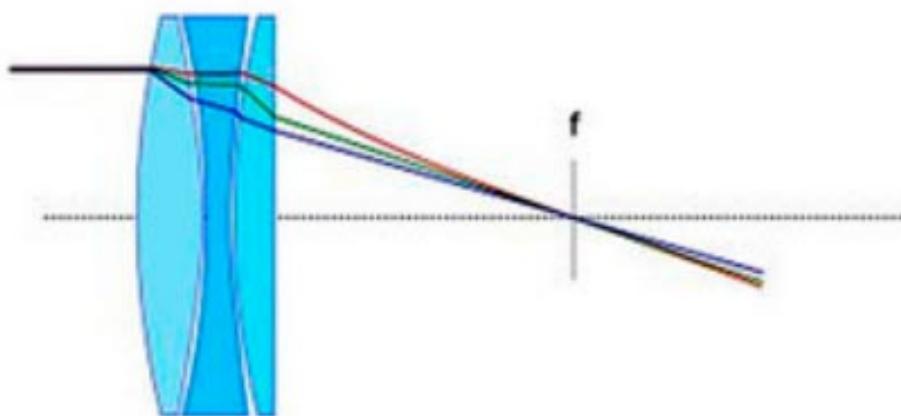
Открытия: Кольца Сатурна и его спутник Титан, полярные шапки Марса и его вращение  
Межзвёздные туманности (описал M42 – Туманность Ориона) – сделаны при помощи  
12-футового телескопа с объективом 5 см



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

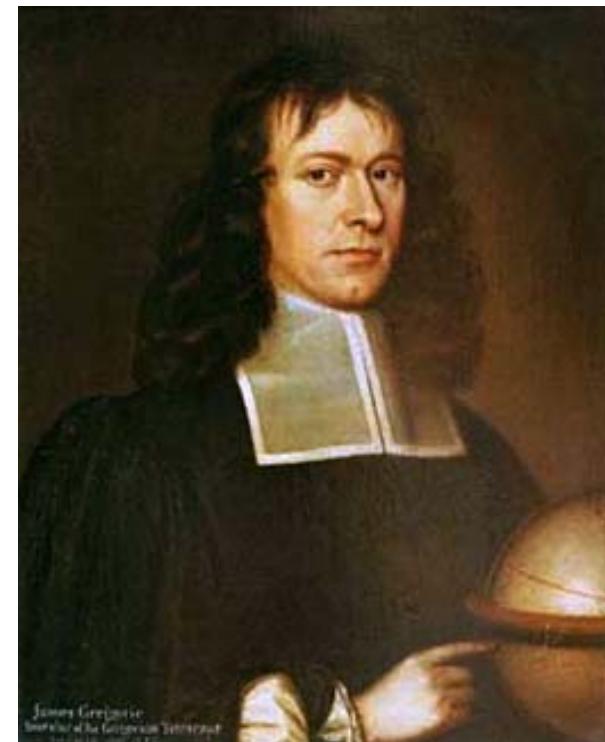


Джон Долланд



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

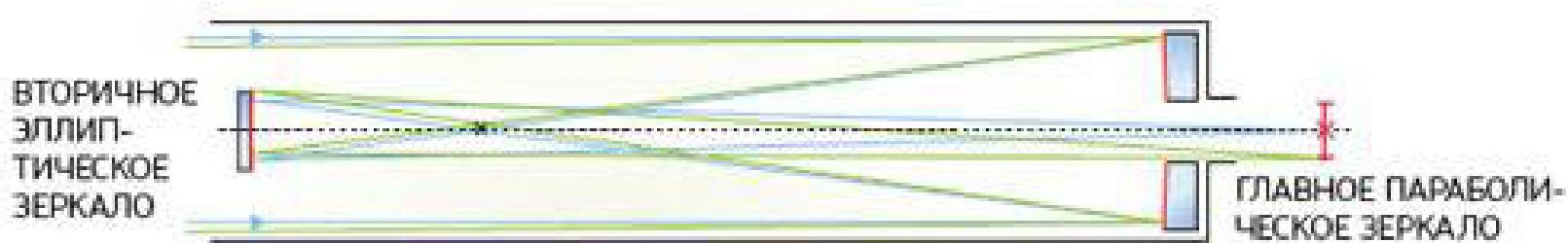
# Создание телескопа-рефлектора



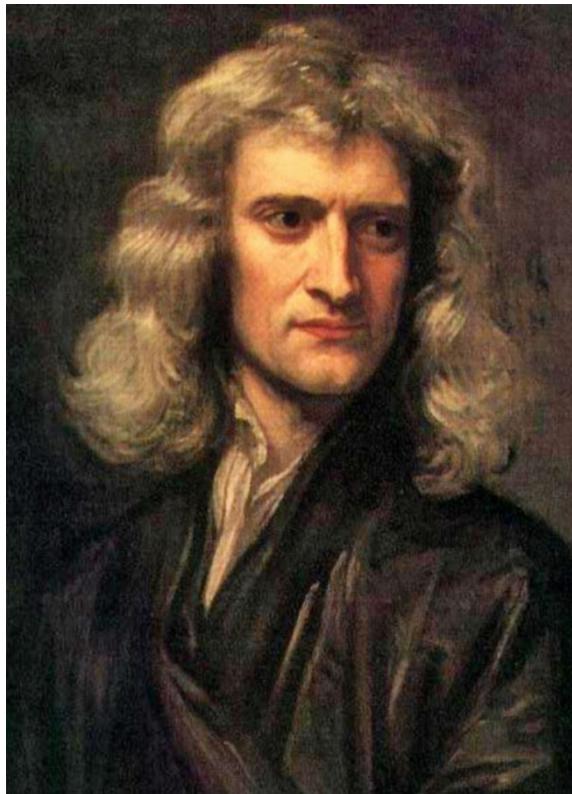
Николло Цукки, 1616 г.

Марен Мерсенн, 1636 г.

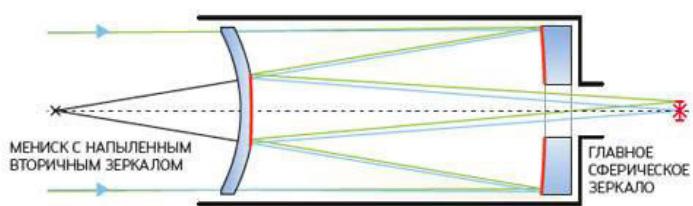
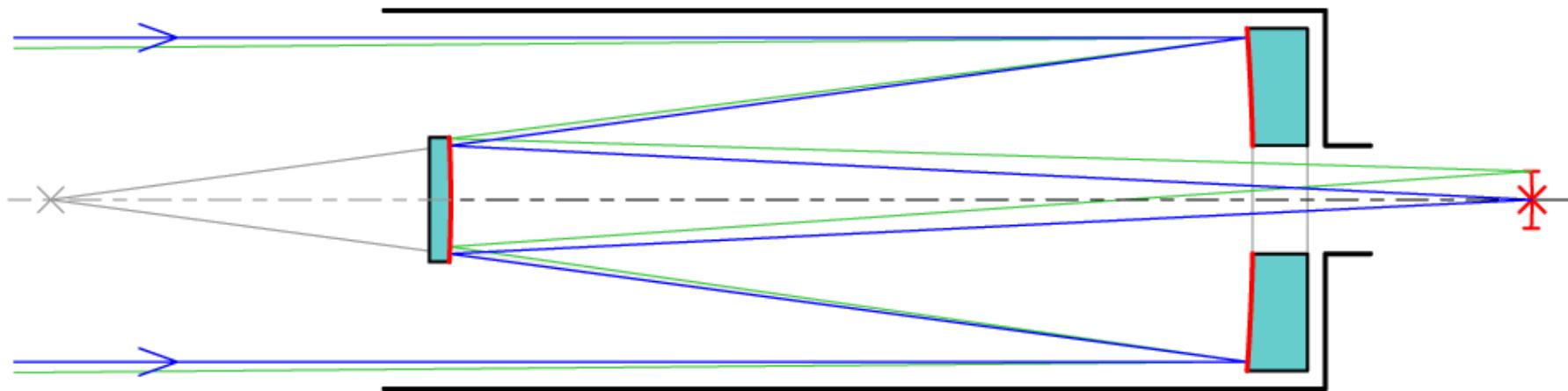
Джеймс Грегори, 1663г.



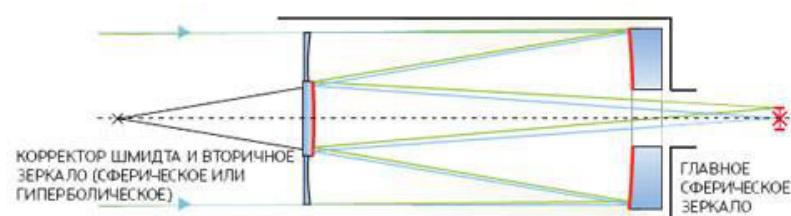
# Исаак Ньютон, 1663-1668 г.



# Лоран Кассегрен, 1672 г.



Макутов-Кассегрен, 1941 г.

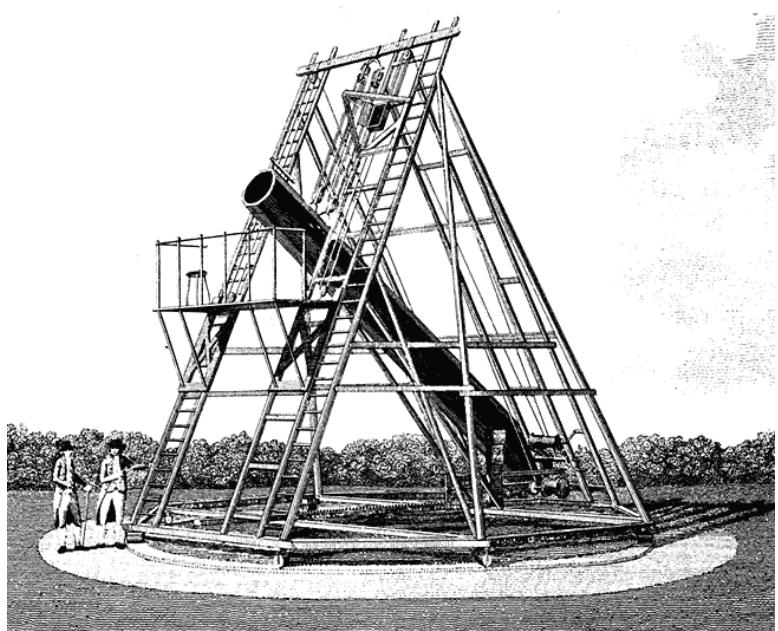


Шмидт-Кассегрен, 1946 г.

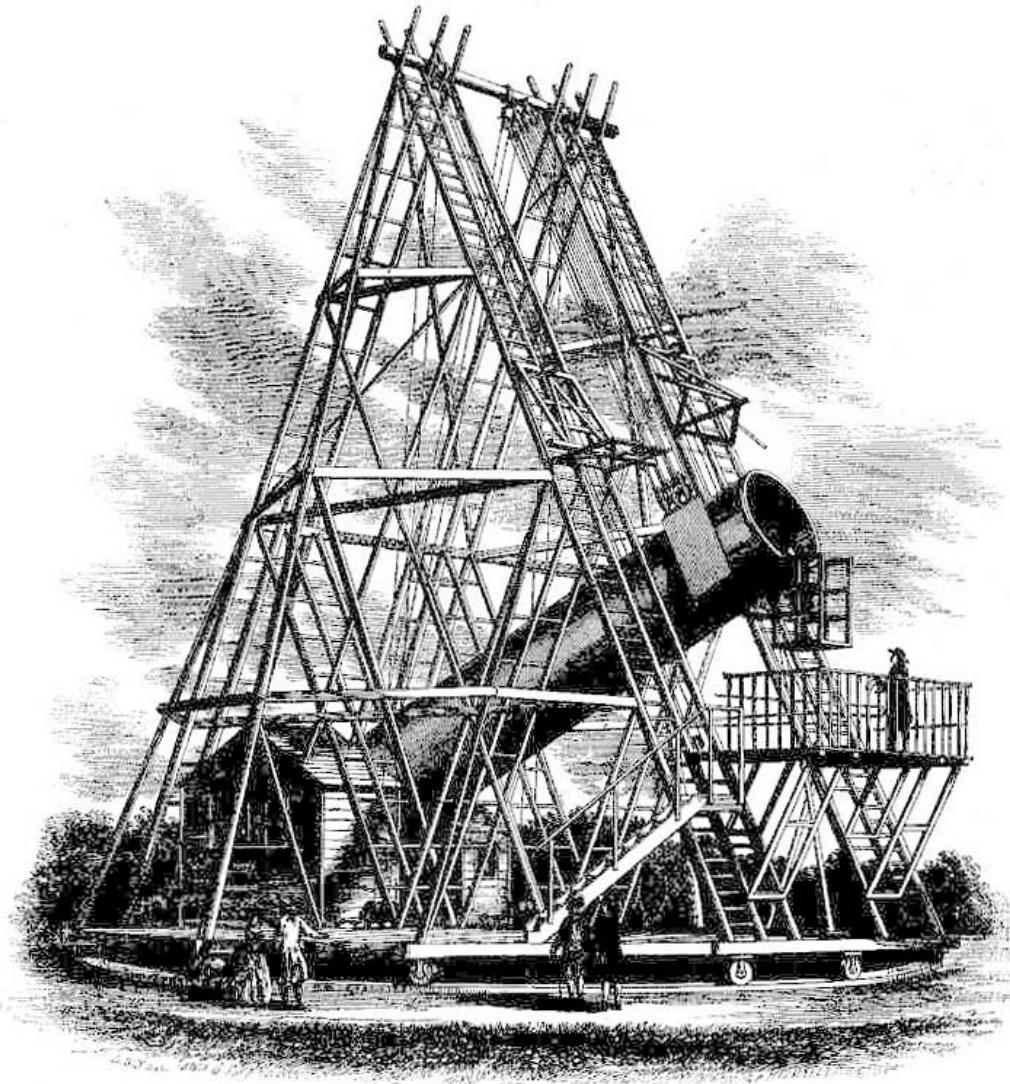
Уильям Гершель, 1773 г



Открытие Урана, 1781 г.

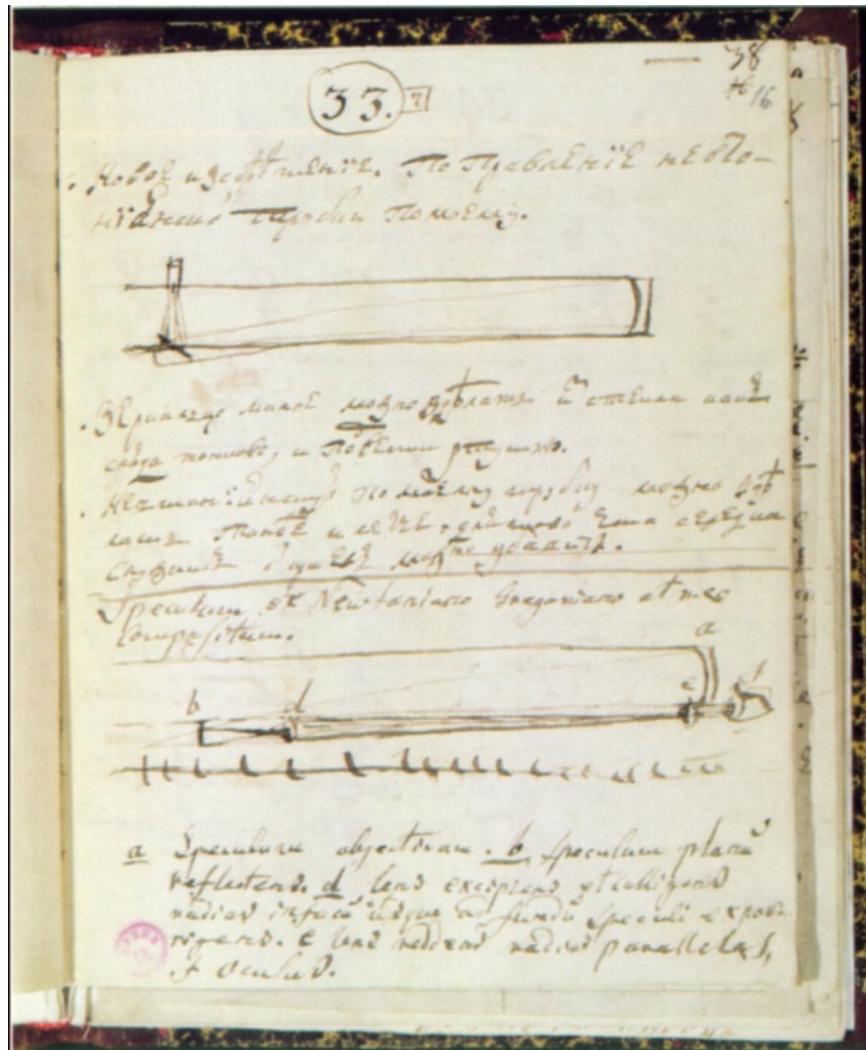


20-футовый телескоп  
 $D = 46$  см,  $F = 6,1$  м (1783)  
Открыты спутники Урана –  
Титания и Оберон (1787)



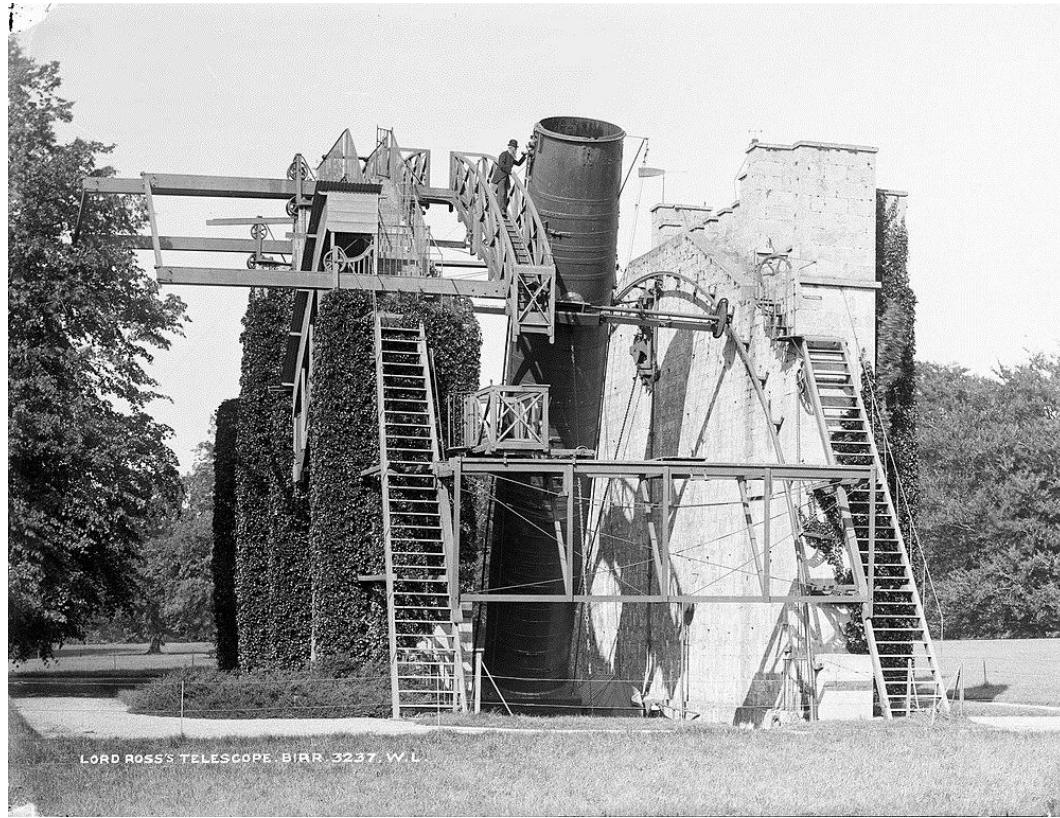
40-футовый телескоп  
 $D = 126$  см,  $F = 12$  м  
Открыты спутники Сатурна –  
Мимас и Энцелад  
(1789)

М. В. Ломоносов, 1762 г.





Уильям Парсонс,  
третий лорд Росс

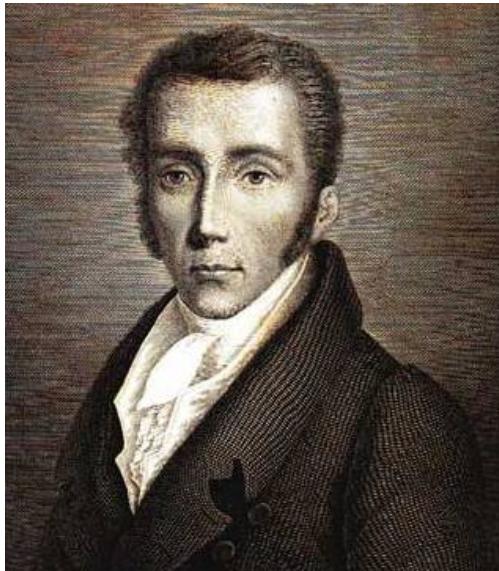


«Левиафан»,  $D = 1,83 \text{ м}$ ,  $F = 17 \text{ м}$  (1845)  
Открыта спиральная структура галактик

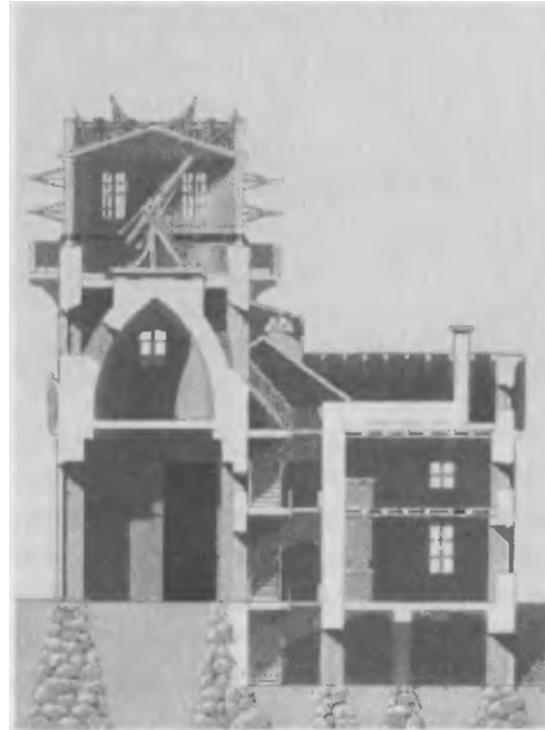


Уильям Лассел:  
24-дюймовый (60 см) рефлектор (1846)  
Открыты: Тритон, через 17 дней после открытия Нептуна (1846)  
Спутник Сатурна Гиперион (1848)  
Спутники Урана: Ариэль и Умбриэль (1851)

48-дюймовый (120 см) рефлектор (1855)



Йозеф Фраунгофер



ANTON & Annataliya.ru

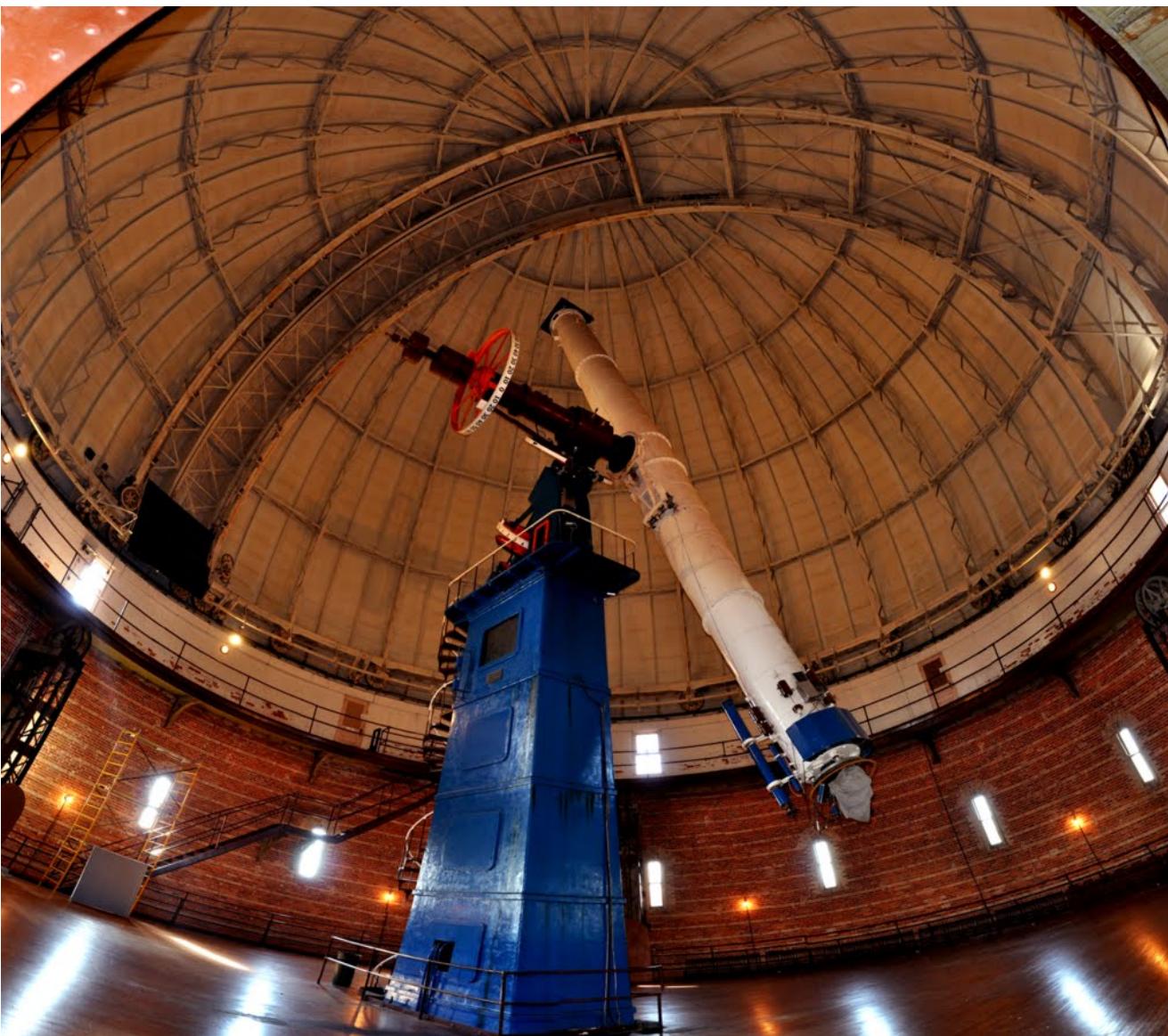
Рефрактор Фраунгофера (1824)  
 $D = 24$  см  
Дерптская обсерватория

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

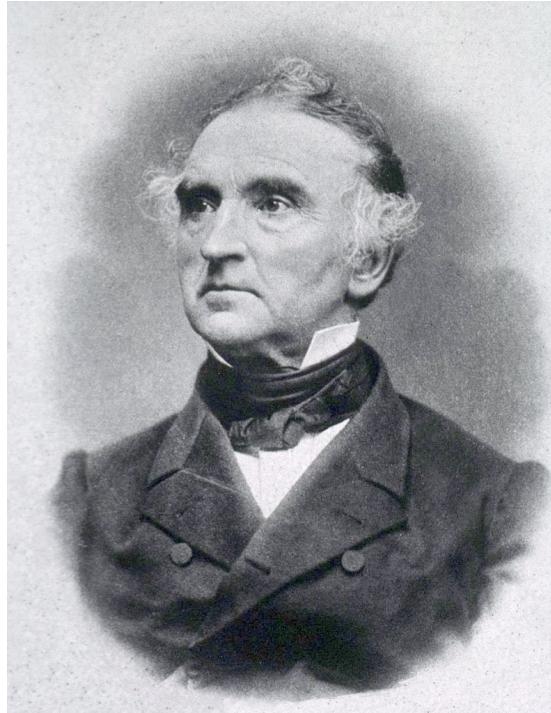


125-см горизонтальный рефрактор, изготовленный для Парижской выставки 1900 г.

## Метод серебрения зеркал (1853 г)



Карл Август фон Штейнгейль

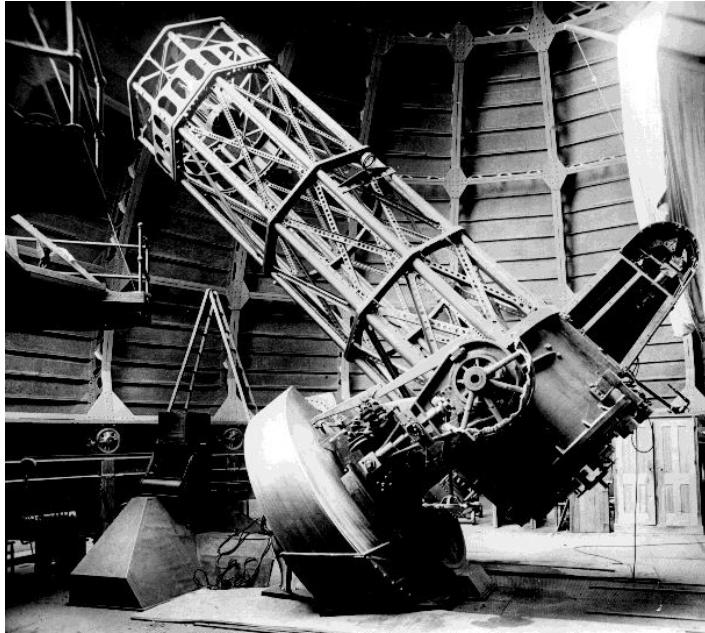


Юстус фон Либих

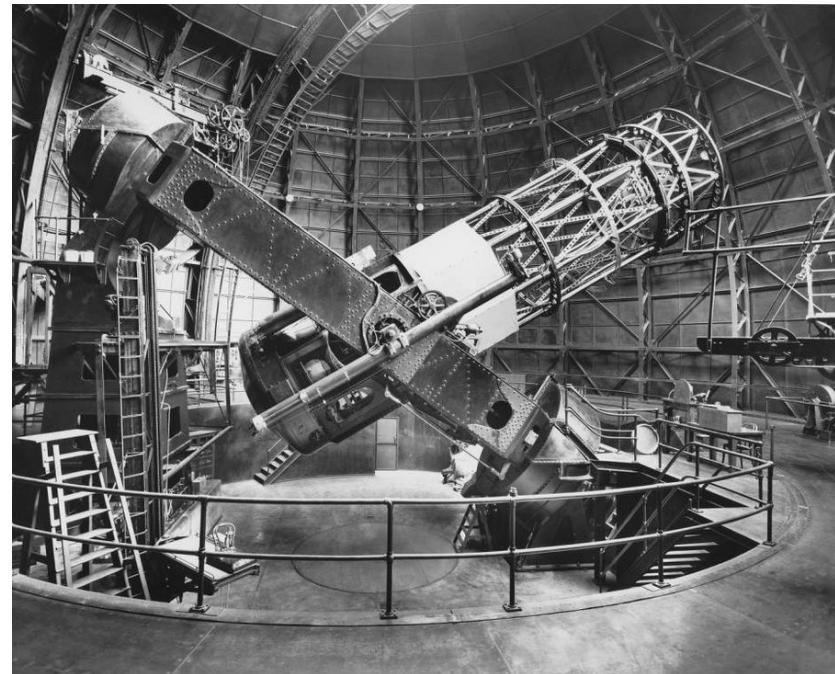


Жан Бернар Леон Фуко

# 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)



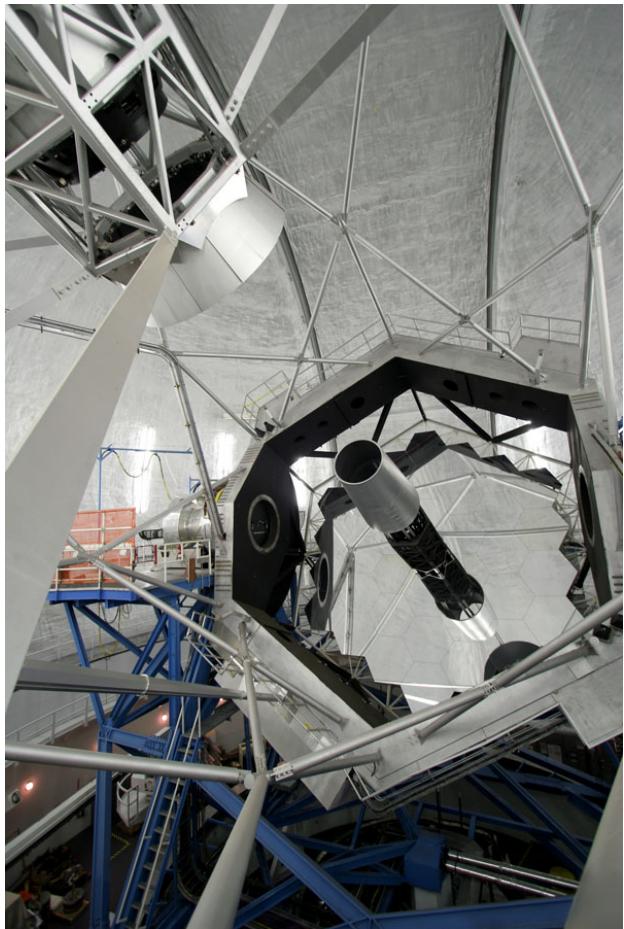
## Специальная астрофизическая обсерватория



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



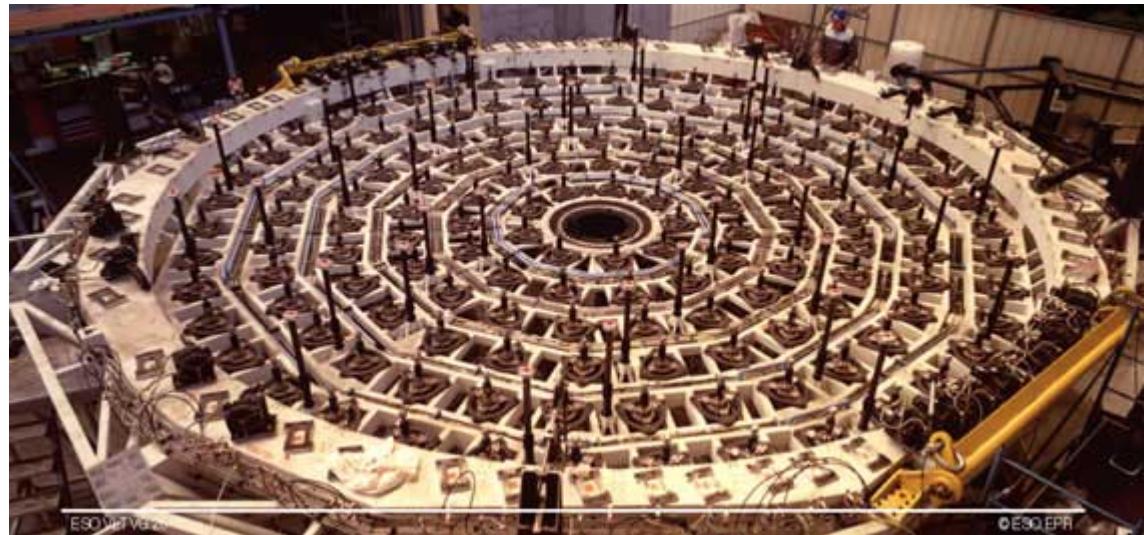
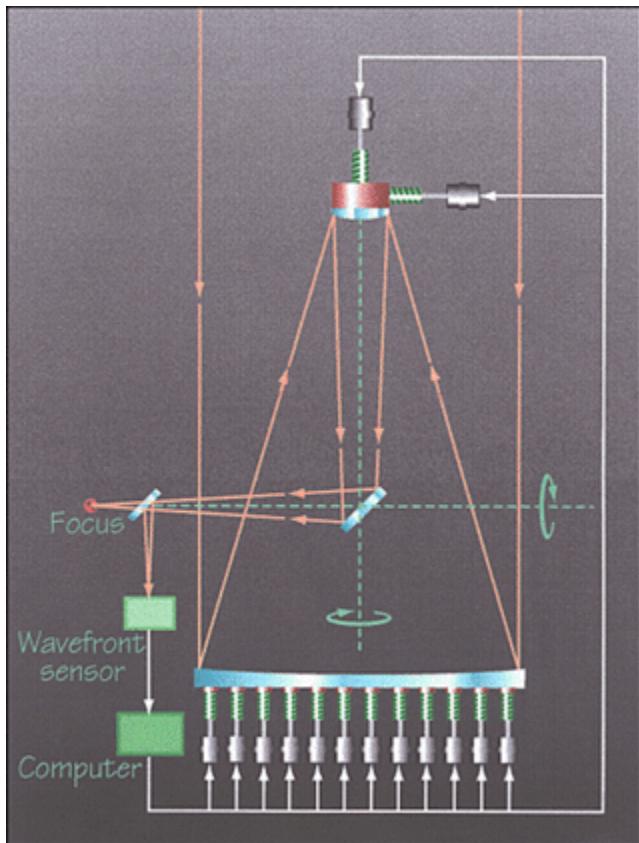
Главное зеркало: 36 шестиугольных сегмента,  $D = 10$  м

Крупнейший в мире (1993-2007 гг.)

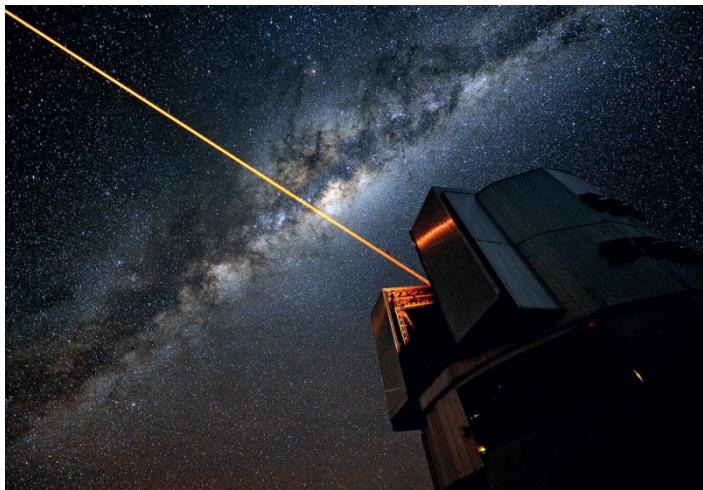
Адаптивная оптика позволяет получить разрешение 0,04"

Разрешение в режиме интерферометра 0,005"

# Активная оптика

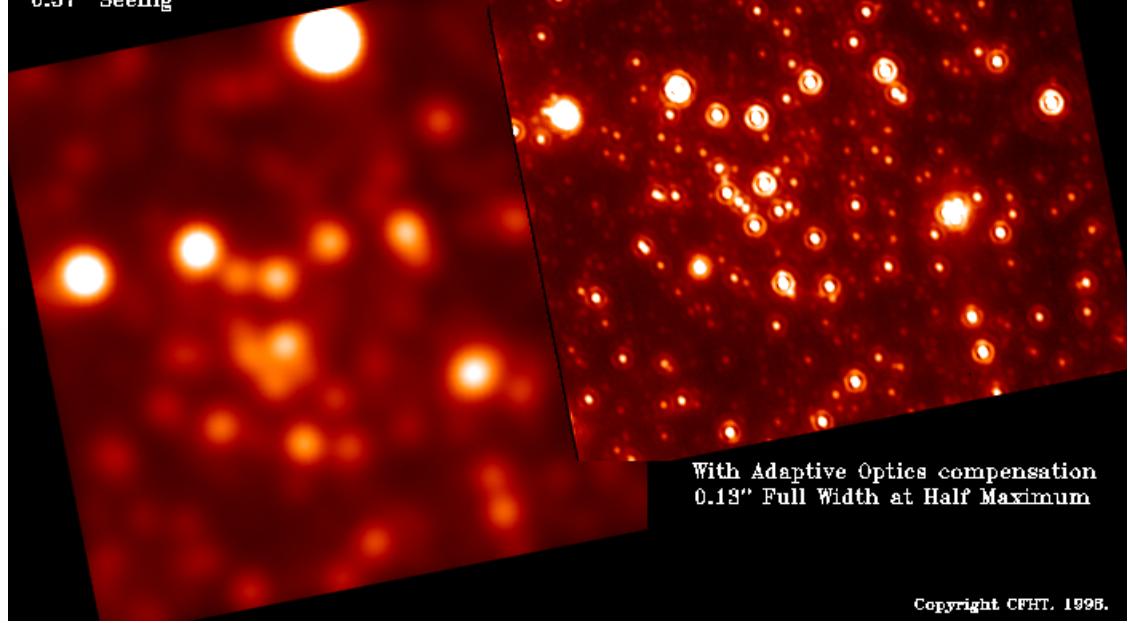


# Адаптивная оптика



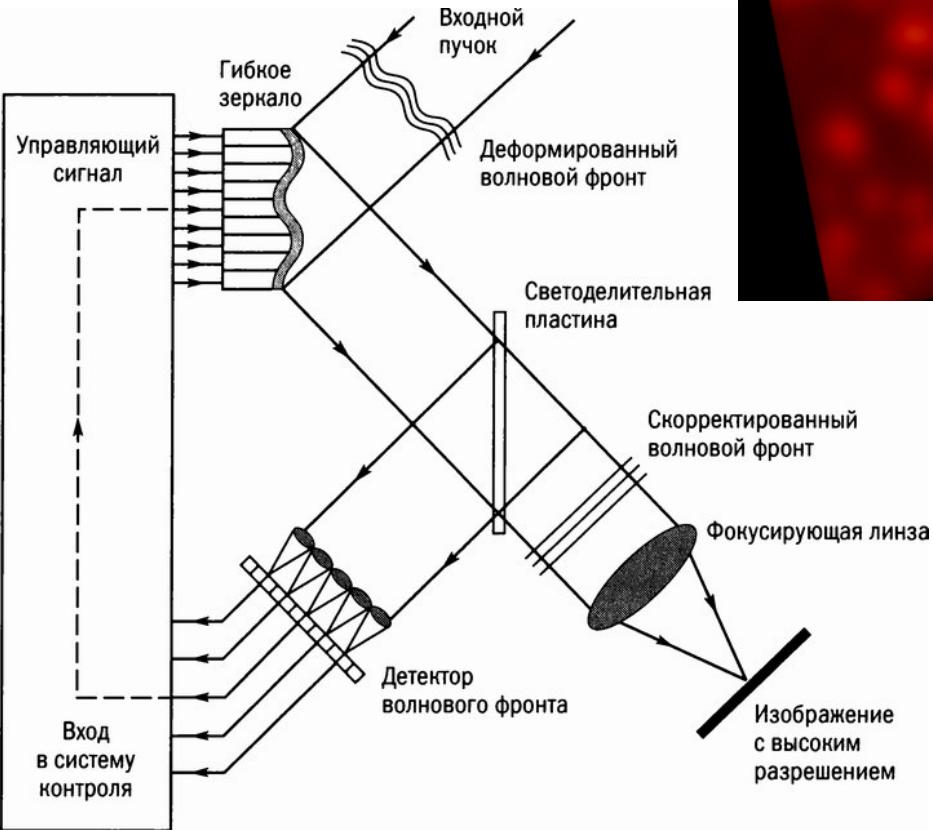
Galactic Center / 2.2 microns  
13" x 13" Field. 15 minutes exposure.

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

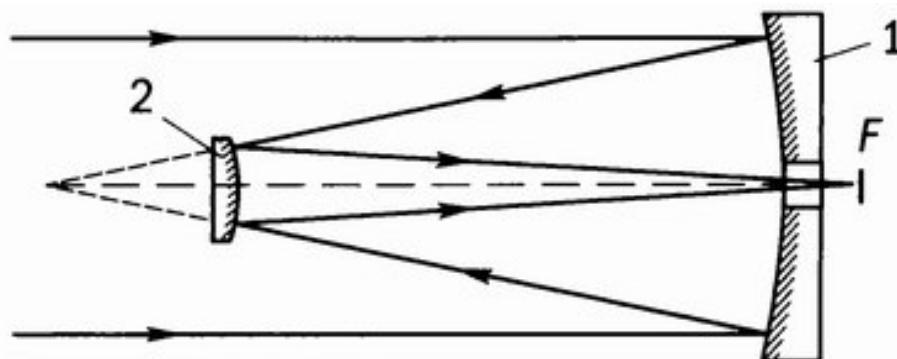


Схема Кассегрена

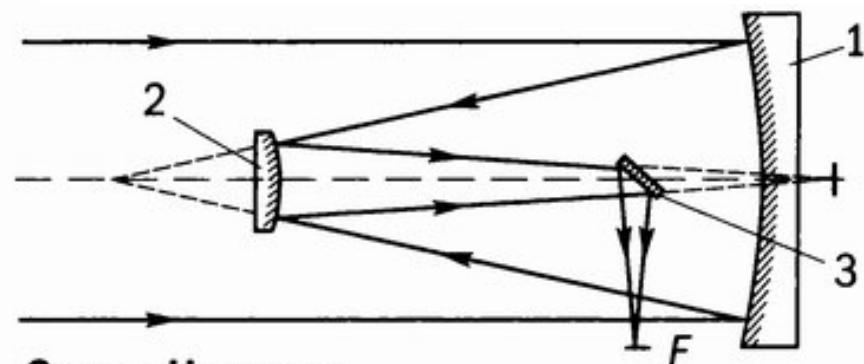


Схема Несмита

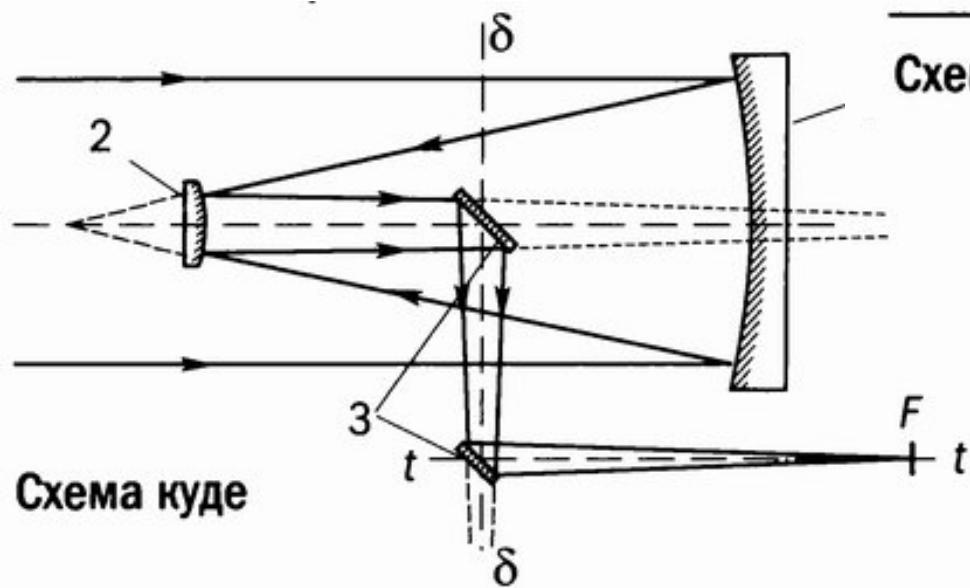


Схема куде



Gemini, Чили, 8,1 м (2001)



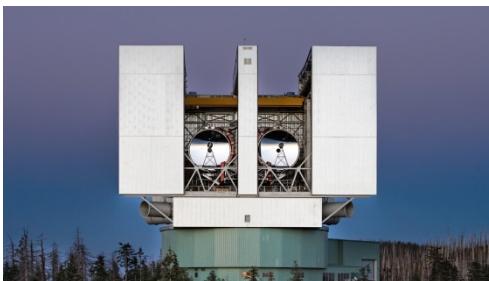
Gemini, Мауна Кеа, 8,1 м (1999)



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)

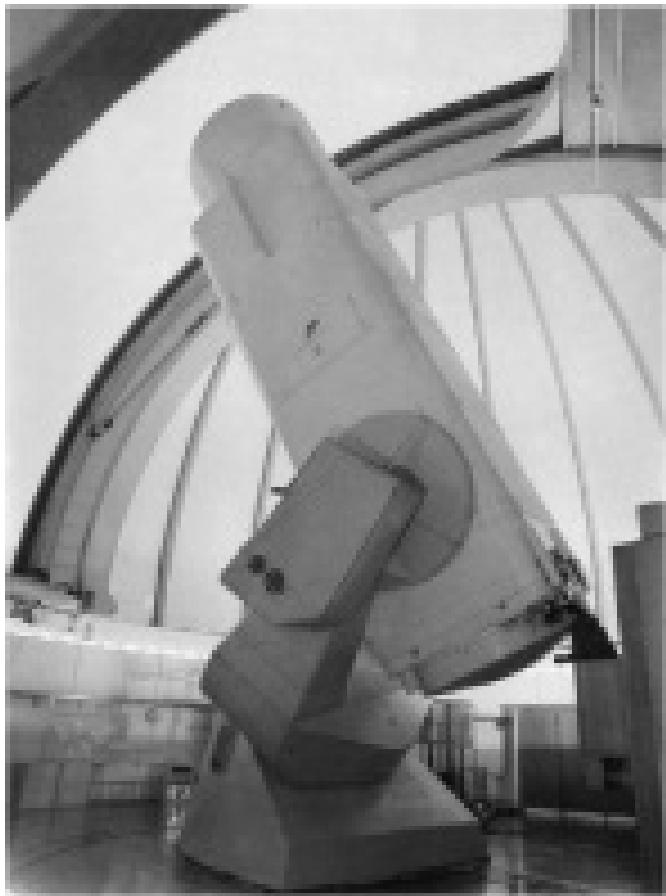


The Gran Telescopio CANARIAS  
Ла Пальма, Испания (2007)

$D = 10,4 \text{ м}$ , 36 сегментов



## Средние и малые телескопы

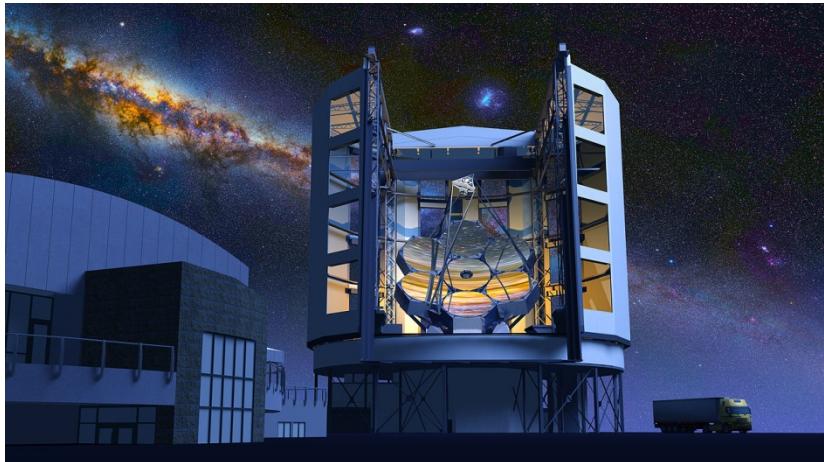


Камера Шмидта,  $D = 2$  м,  $F = 4$  м (1960)



**МАСТЕР (Мобильная Астрономическая Система ТЕлескопов-Роботов)**,  $D = 40$  см,  $F = 1$  м, поле 4 кв. гр.  
Благовещенск, Иркутск, Екатеринбург, Кисловодск, ЮАР,  
Канарские острова и Аргентина

## Перспективы (2025 - 2029)



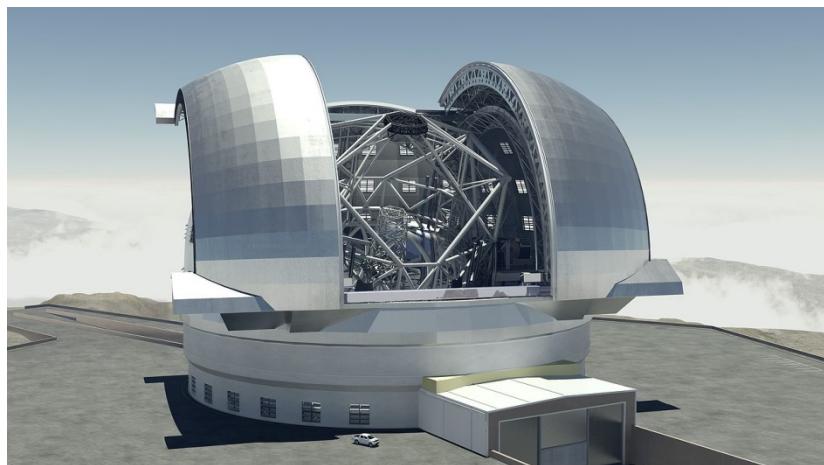
Giant Magellan Telescope, Чили (2029)

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)

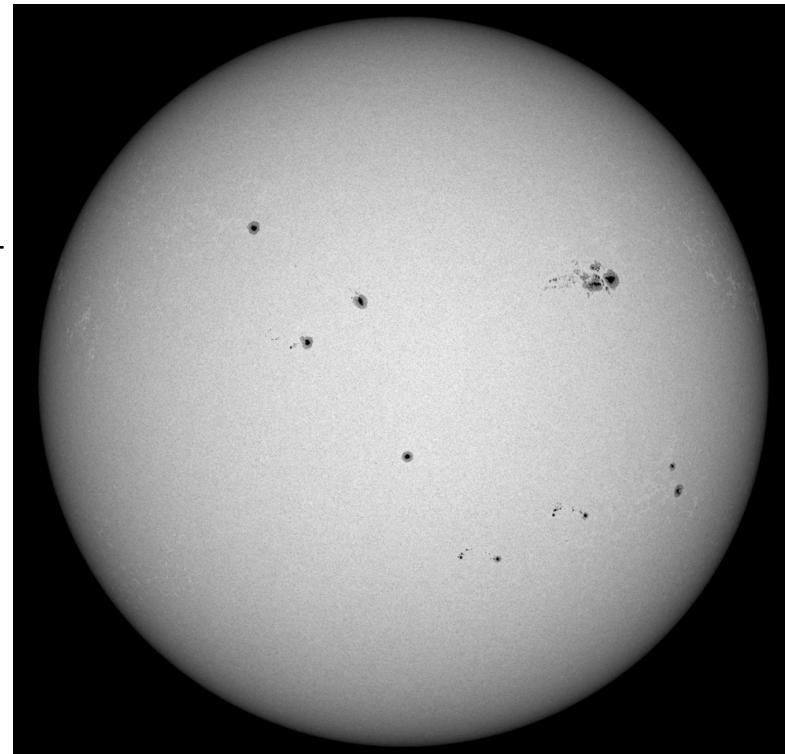
# Наблюдения Солнца. Фотосфера.

**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) столбки 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.