

АСТРОФИЗИКА

Лекция 1



Современная астрономия и современные телескопы

Сергей Попов
(ГАИШ МГУ)

Факт 1

Астрономия – наблюдательная наука

**В астрономии невозможны прямые эксперименты с изучаемыми объектами.
Это уникальное свойство для естественных наук.**



Факт 2

В телескоп не смотрят глазом

Начиная с 19 века в астрономии стала фиксировать изображение на фотопластинке, Чтобы потом детально обработать. Сейчас приемники электронные.

Вне видимого диапазона глаз вообще бесполезен.

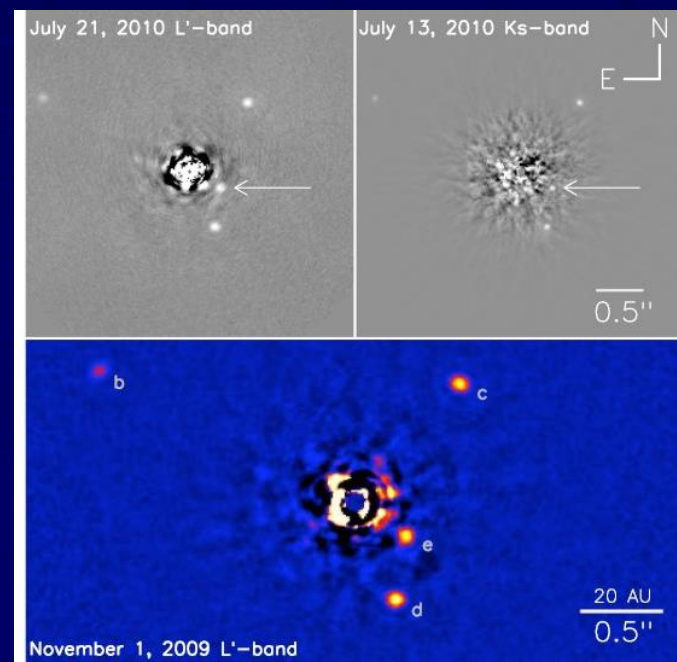


Факт 3

Важнейшей составляющей работы астрономов является обработка данных.

Среднестатистический астроном занят обработкой данных.

Изображения, которые вы видите, обычно являются итогом длительной и сложной обработки.



Факт 4

Астрономия стала всеволновой

**Наблюдения ведутся от радио до гамма-лучей.
А также есть нейтринная астрономия,
изучение космических лучей, а на подходе
гравитационно-волновая астрономия.**



Факт 5

Наблюдатели не всегда сидят у телескопа

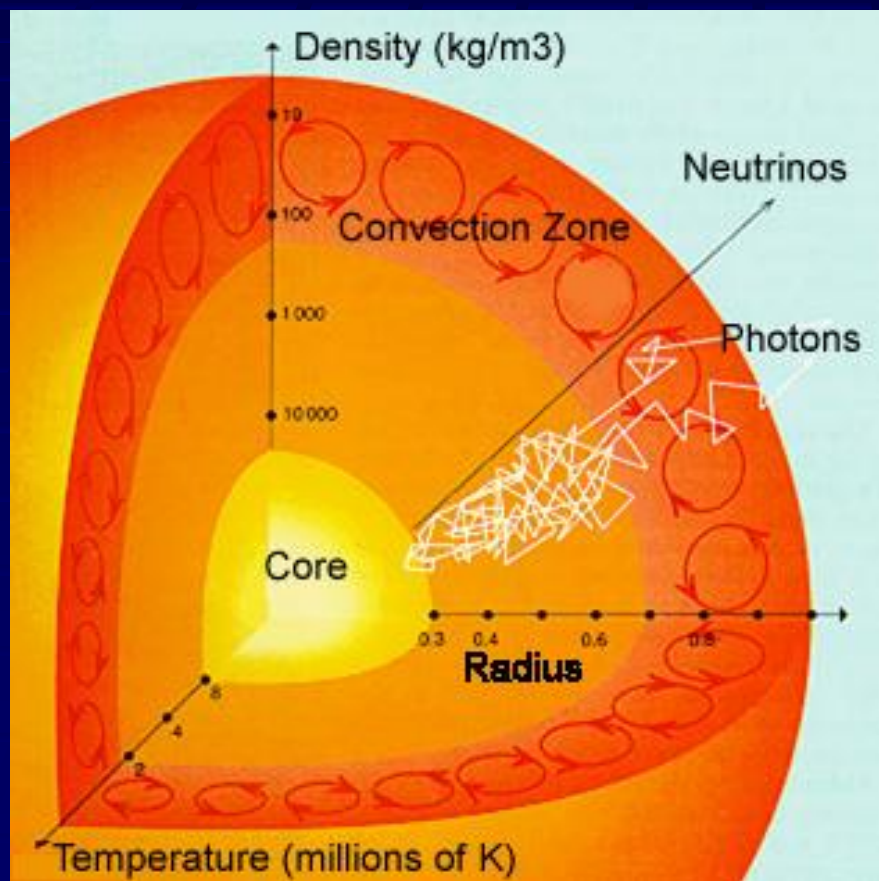
Разумеется, космические эксперименты управляются дистанционно.

Но и наземные все чаще управляются издалека. Кроме того, часто инструментом управляет команда инженеров, а астроном лишь описывается в заявке что и как наблюдать.



Факт 6

Астрономия – часть физики



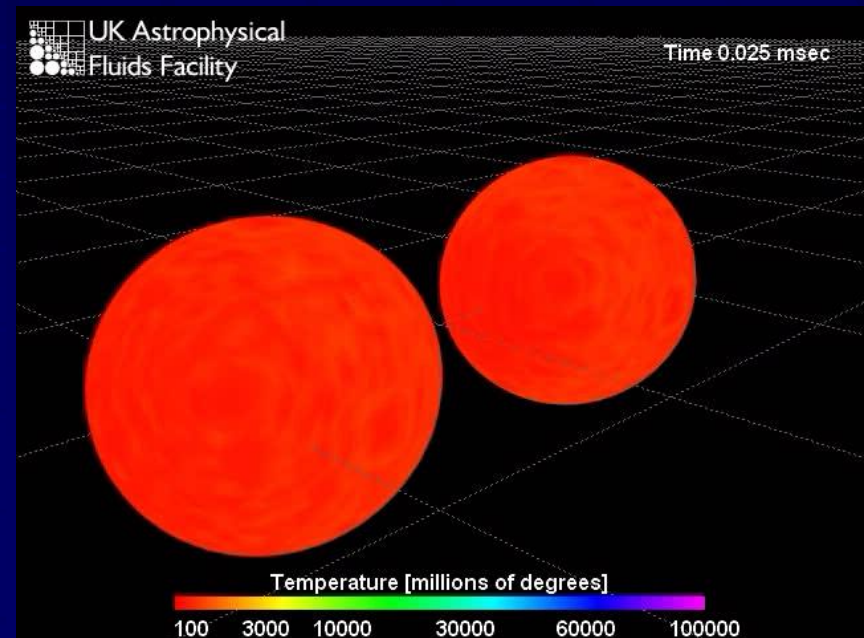
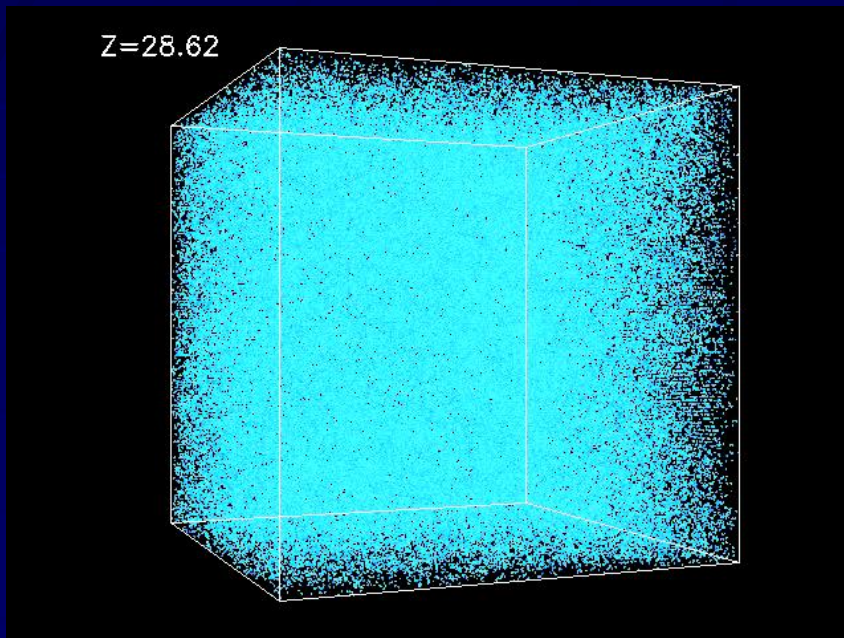
**Нам интересно
не «как выглядит»,
а «как устроено»**

**Большинство астрономов в мире
получили первую степень по физике**

Факт 7

Астрономы считают на суперкомпьютерах

**Многие астрономические задачи
требуют колоссальных вычислительных ресурсов**



Факт 8

**Основные результаты получают на
больших дорогих инструментах
коллективного конкурсного использования**



Giant Segmented Mirror Telescope
Миллиард долларов без аппаратуры

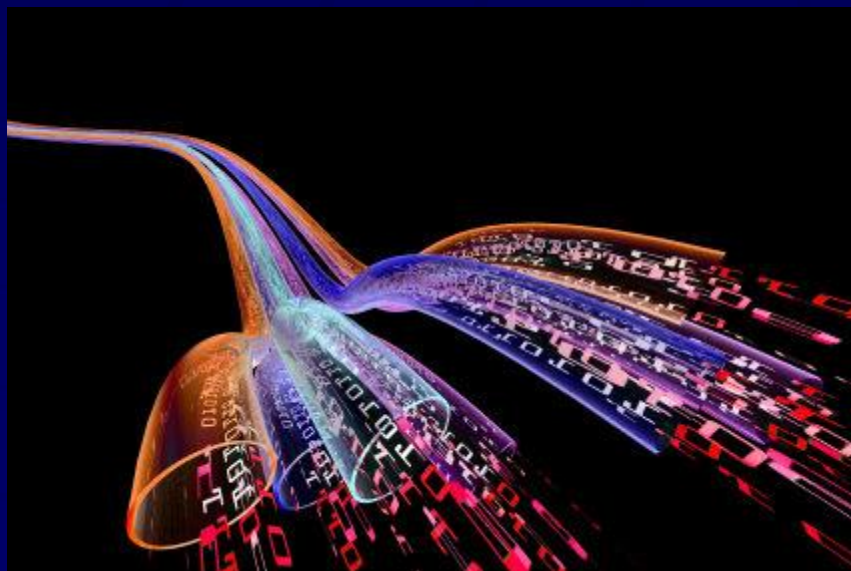


Wide Field Camera 3
132 млн. \$

Факт 9

Многие данные открыты

- **Крупные дорогие инструменты должны эффективно использоваться**
- **Элемент соревновательности повышает эффективность**
- **Необходима перепроверка важных результатов независимыми исследователями**

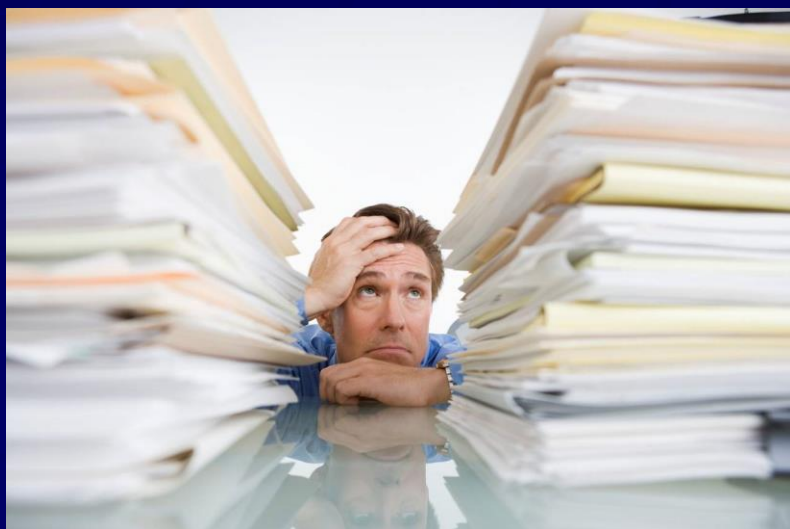


Факт 10

**Публикуется более 2000
оригинальных статей в месяц.**

**Астрономия переживает стадию бурного развития,
во многом связанную с развитием и эффективным
использованием наблюдательной техники.**

Мы живем в очень интересное время ...



**Вот только когда же
все это читать?**

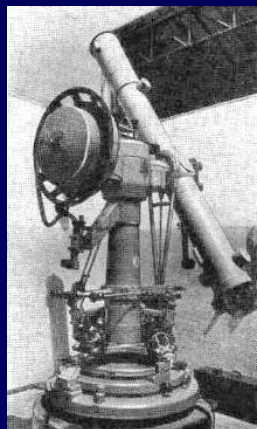
АСТРОНОМИЯ

Астрометрия

Измерение координат
и времени

Расцвет: 19 век

Новое: пульсарная
астрометрия,
спутники



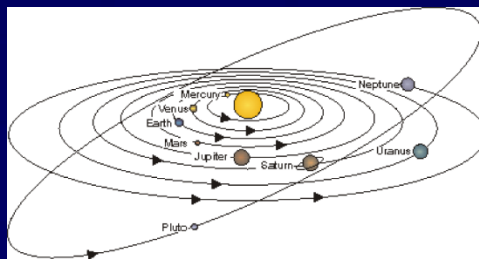
Небесная механика

Движение небесных тел

Расцвет: 18 век —

первая половина 19 века

Новое: теория относит., хаос



Астрофизика

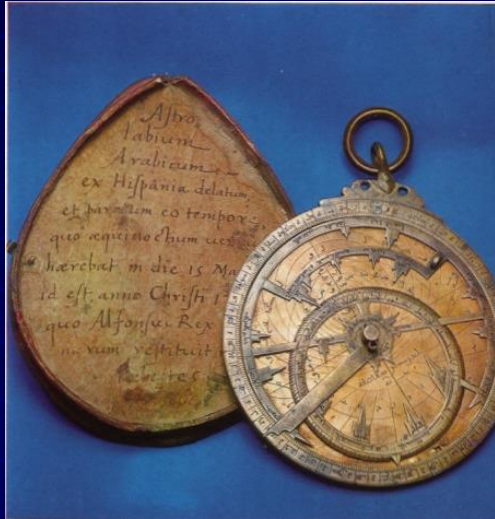
Физика небесных тел

Расцвет: сейчас

Новое: инструменты



Астрометрия



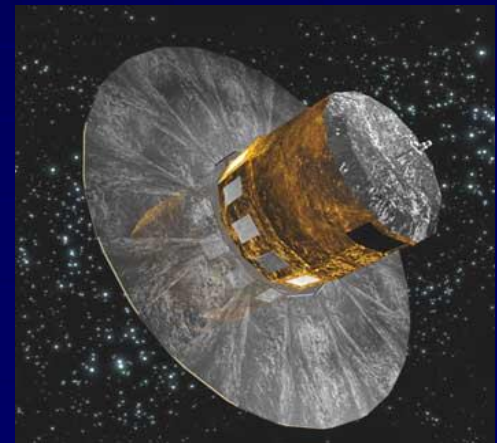
Астролябия

Прогресс в точности измерений связан с развитием техники.

Для измерения времени астрономические стандарты сейчас не используются, но в будущем ситуация может измениться благодаря наблюдениям радиопульсаров.

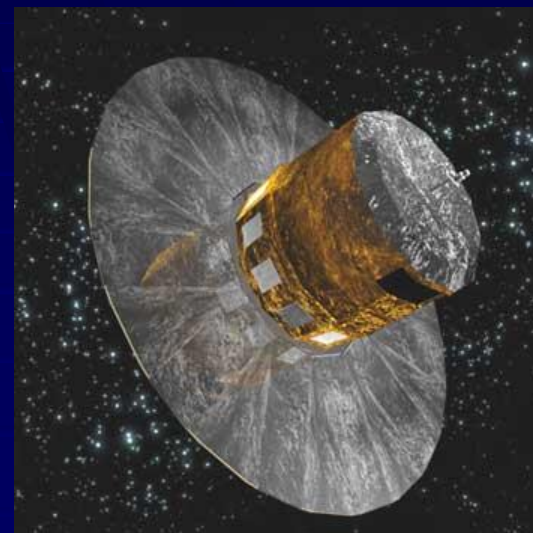
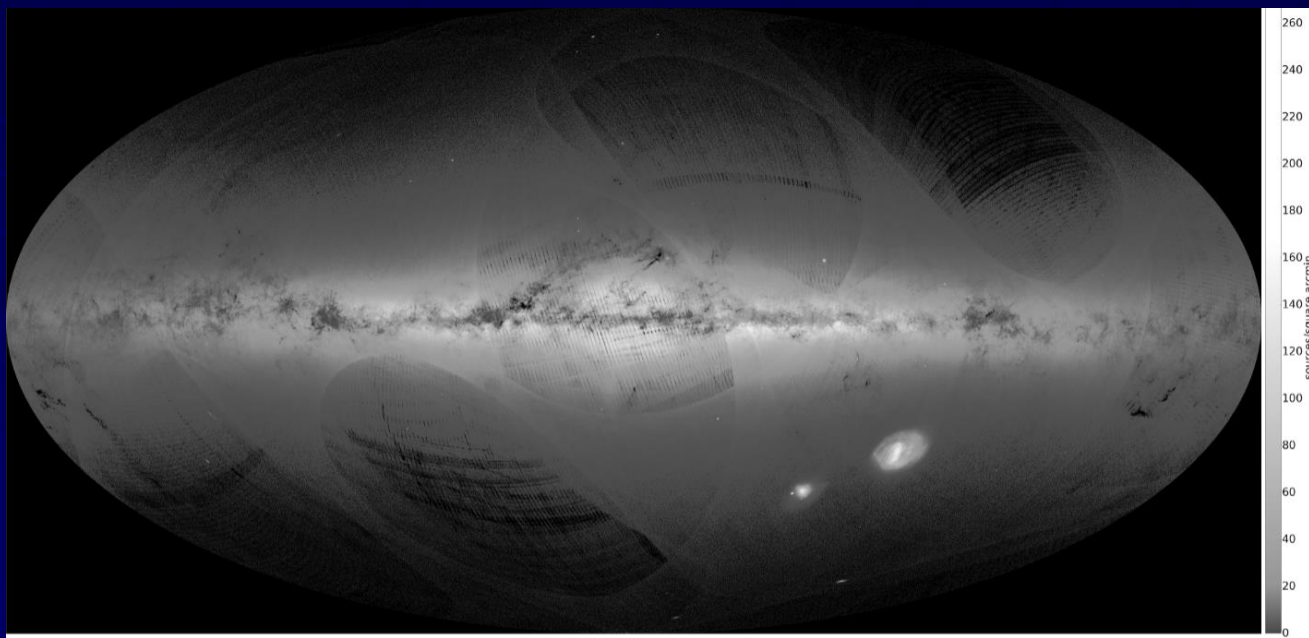


Hipparcos



GAIA

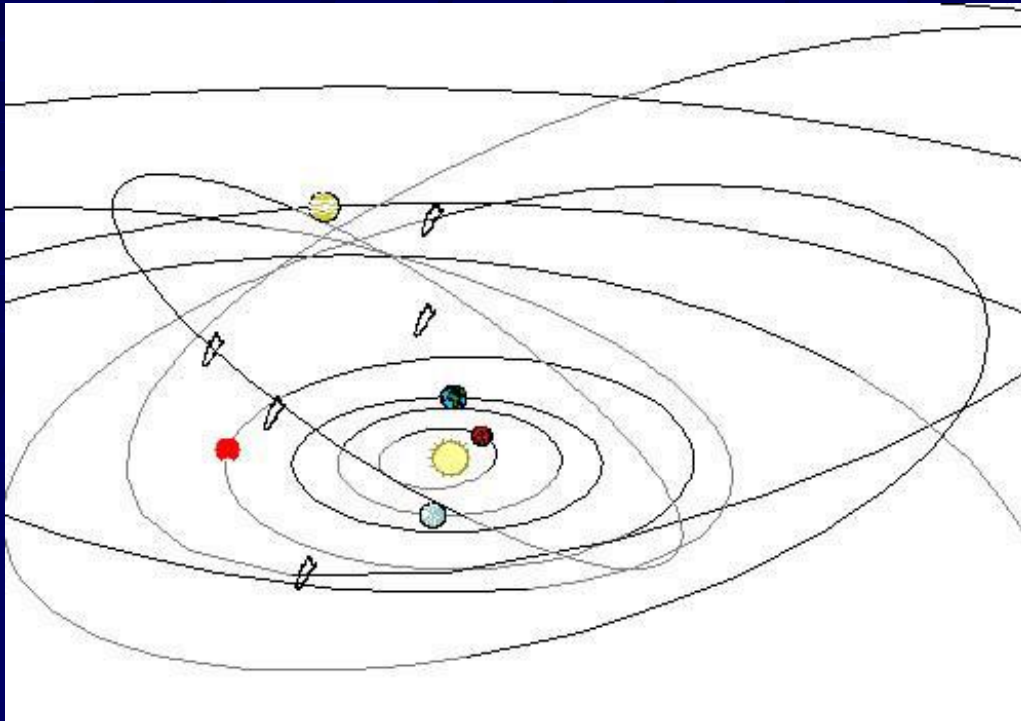
Первый релиз данных Gaia



Gaia

Спутник Gaia впервые даст нам трехмерную карту половины Галактики.

Небесная механика



В середине 20 века новым ключевым моментом стал расчет орбит спутников.

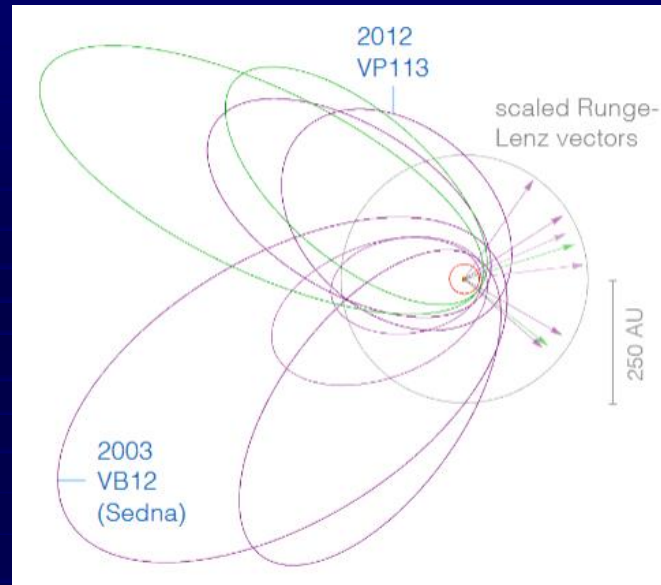
Сейчас для расчета траекторий в Солнечной системе уже приходится использовать Теорию относительности.

Девятая планета

В течение нескольких лет накапливаются данные, которые свидетельствуют в пользу того, что в Солнечной системе может быть еще одна массивная планета.

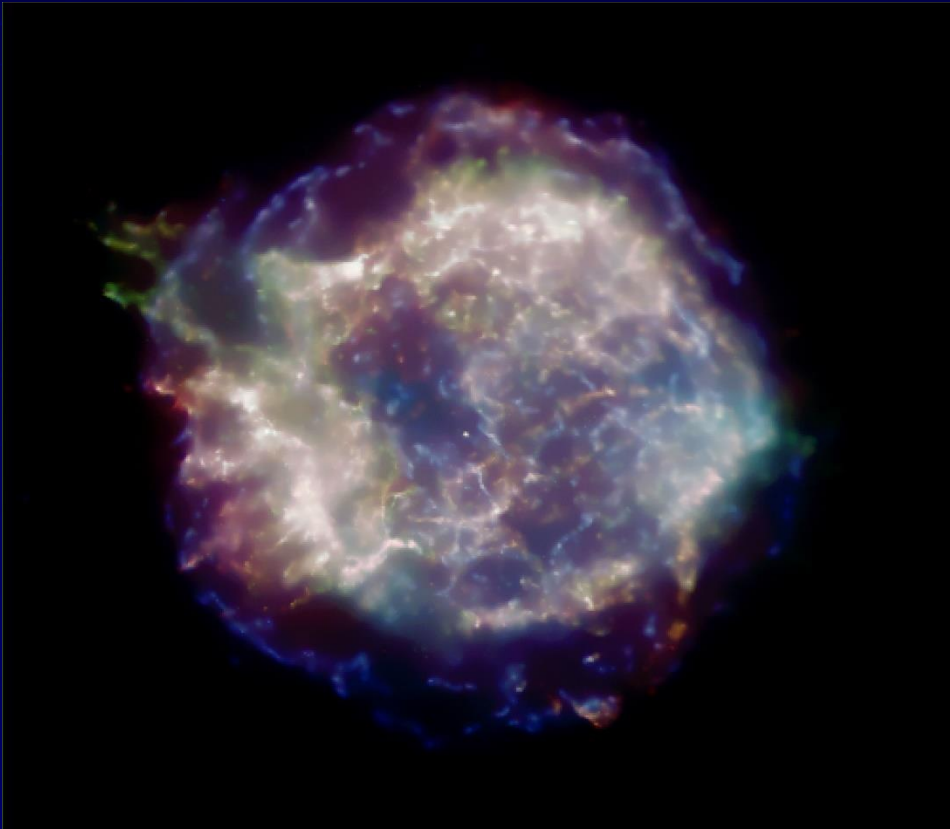
В январе 2016 г. появилась работа Батыгина и Брауна, которая вывела обсуждение на новый уровень.

Начались активные поиски девятой планеты.



Орбиты далеких малых тел оказываются особым способом «выстроены». Чтобы объяснить это можно привлечь гипотезу о существовании планеты с массой в несколько земных и >10 раз дальше Плутона.

Астрофизика



Сейчас астрофизика фактически является синонимом астрономии. Это одна из самых динамичных наук. Бурный прогресс связан с тем, что мы можем пока еще строить все более крупные инструменты.

В астрофизике важна и наблюдательная, и теоретическая составляющие.

Астрономия — наблюдательная наука



Главная особенность астрономии состоит в том, что в ней прямой эксперимент заменен на наблюдения.

Наблюдения, наблюдения, наблюдения



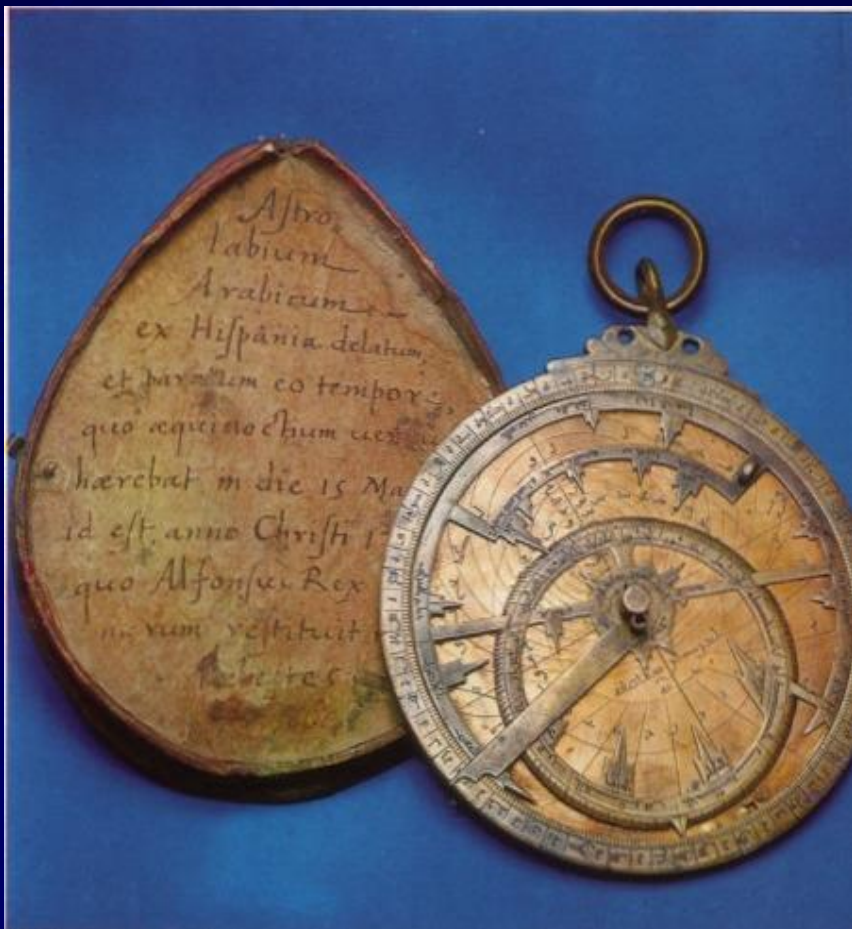
На Земле и к космосе



В радио- и в рентгеновском диапазонах



Древняя астрономия



Измерения углов
с помощью
простейших
Приборов.

Определение
относительных
положений звезд
и планет.

Ну и конечно же
определение
времени.



Первые телескопы



1564-1642

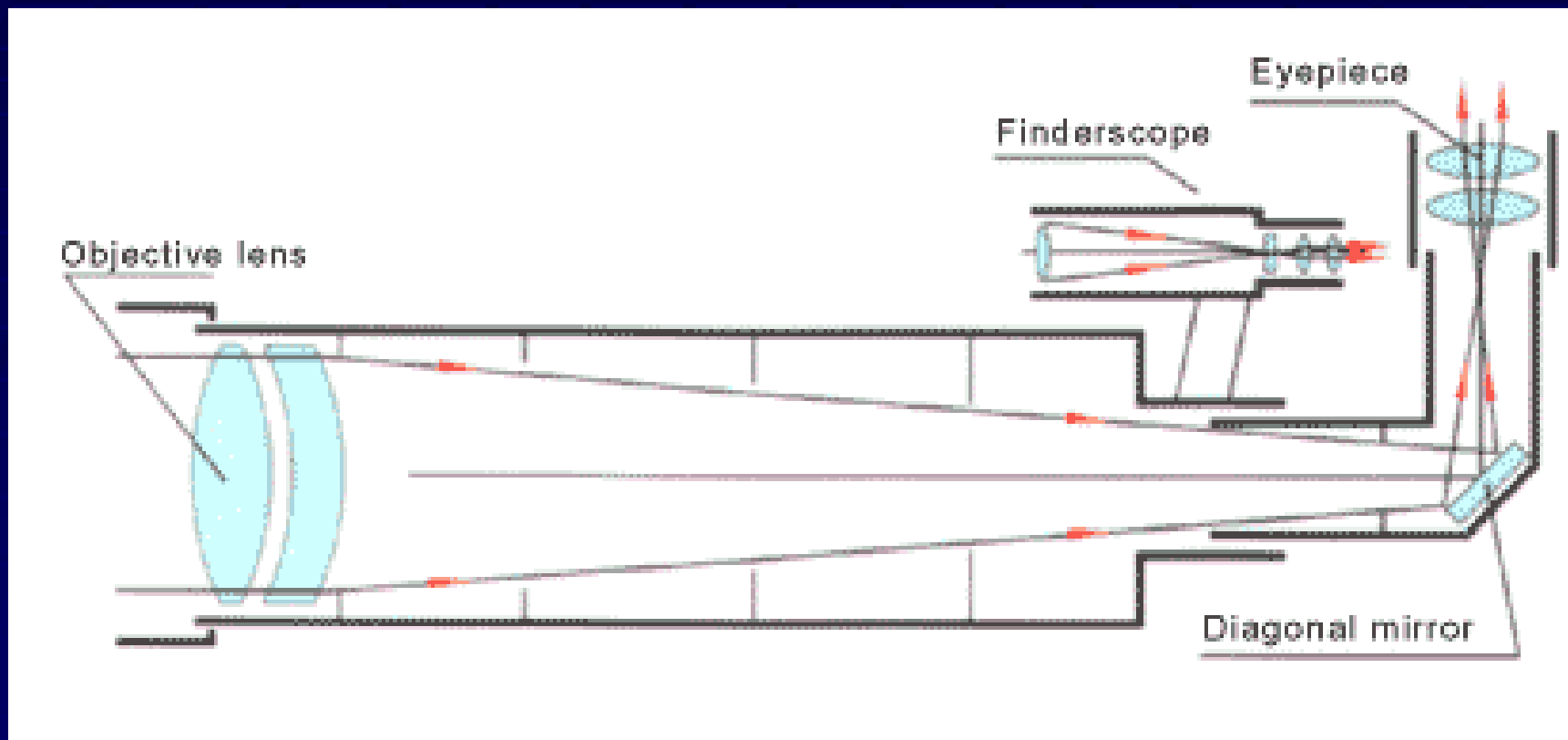


©IMSS - Firenze



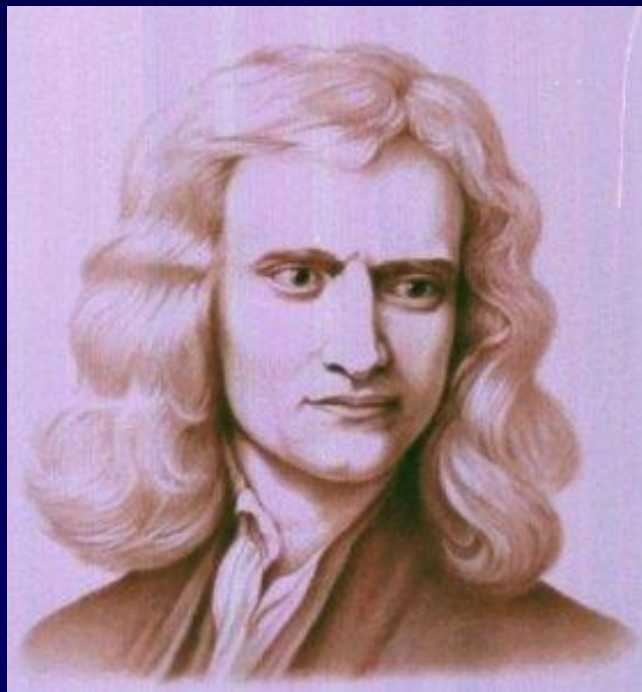
1609-10 гг.

Телескопы-рефракторы

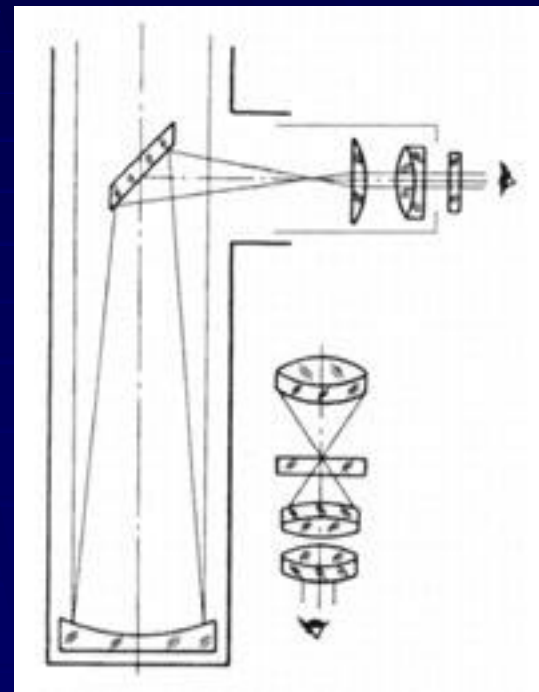


Объективом является собирающая линза (или система линз).

Телескопы-рефлекторы



1668 год



Объективом является вогнутое зеркало.

Зачем нужен телескоп???

1. Самое главное: чтобы собирать больше света!!!!
Чем больше удастся собрать света –
тем более слабые объекты мы увидим.

Количество света зависит от диаметра объектива

2. Чтобы рассмотреть более мелкие детали (увеличение).
Предельное увеличение тем больше,
чем больше диаметр объектива.

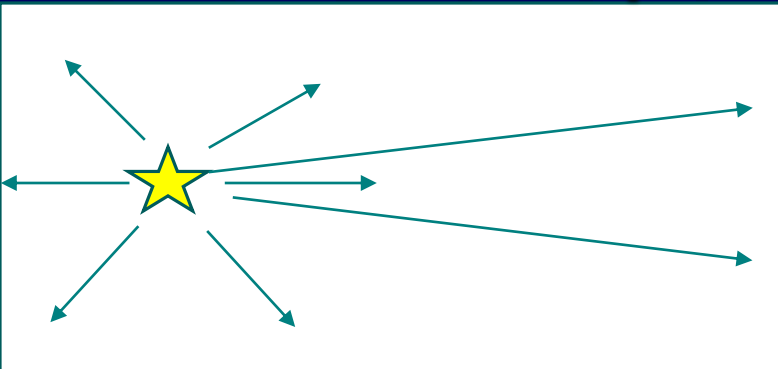
Диаметр зрачка глаза 5-8 мм.

Первые телескопы – сантиметры.

Крупные современные телескопы – до 10 метров.
Строящиеся 30-40 метров.

Проекты – до 100 метров!!!!

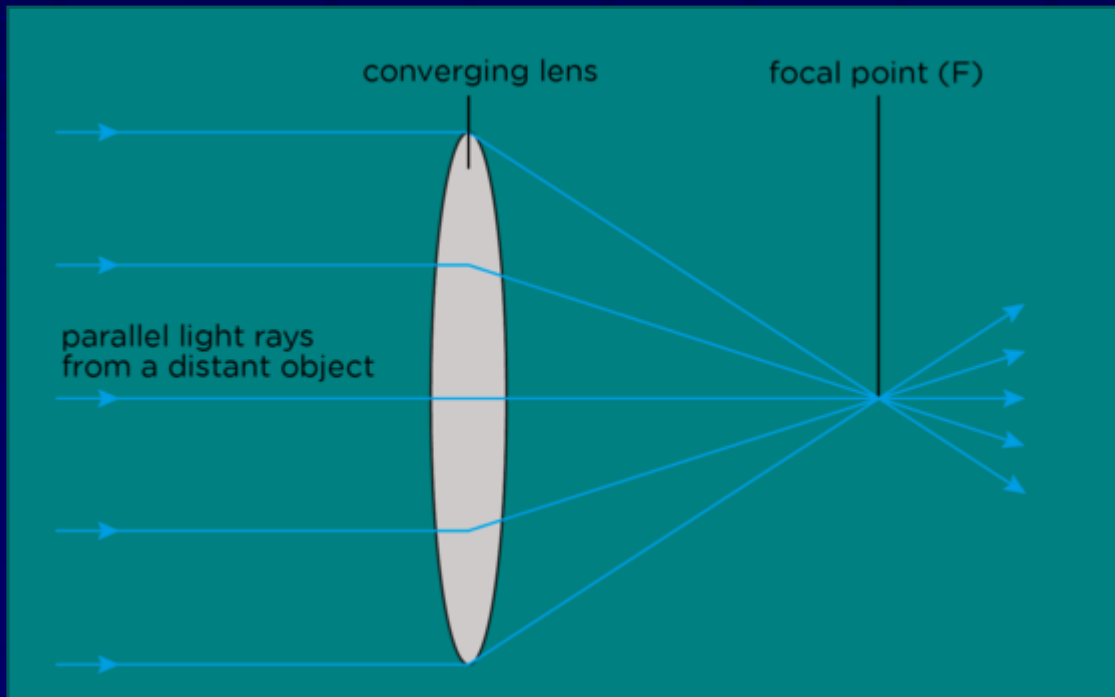
Собирающая площадь



Поток $f=L/4\pi d^2$

[Энергия/площадь/время]

Чтобы увидеть слабые источники -
нам надо собирать энергию
с большой площади.



Звездные величины

$$\Delta m = 5 \rightarrow 100 : 1$$

$$\Delta m = 1 \rightarrow (100)^{\frac{1}{5}} : 1 \\ \sim 2.512 : 1$$

От звезды нулевой звездной величины мы получаем примерно 1000 квантов в секунду на кв. см на ангстрем.

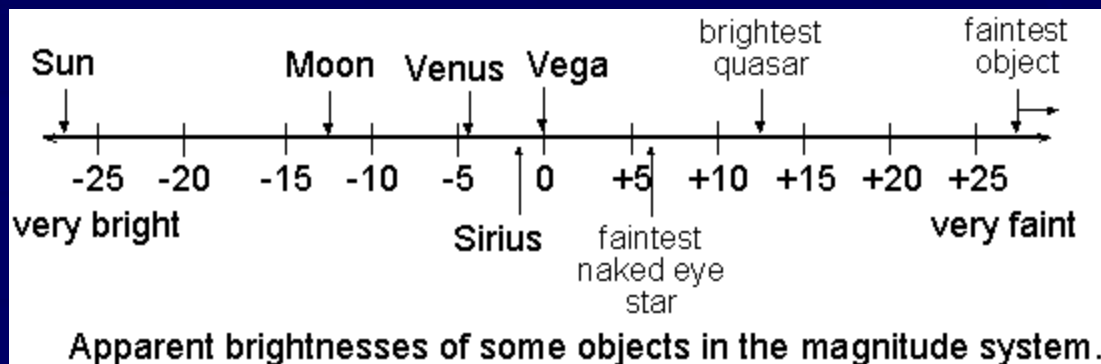
Блеск звезд можно измерять в звездных величинах.

Это логарифмическая величина, что позволяет в рамках разумной шкалы характеризовать большие изменения блеска.

$$\frac{f_2}{f_1} = 100^{(m_1 - m_2)/5}$$

or

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log_{10}\left(\frac{f_1}{f_2}\right)$$



Абсолютная звездная величина

$$m - M = -2.5 \log\left(\frac{f}{f(10\text{pc})}\right)$$

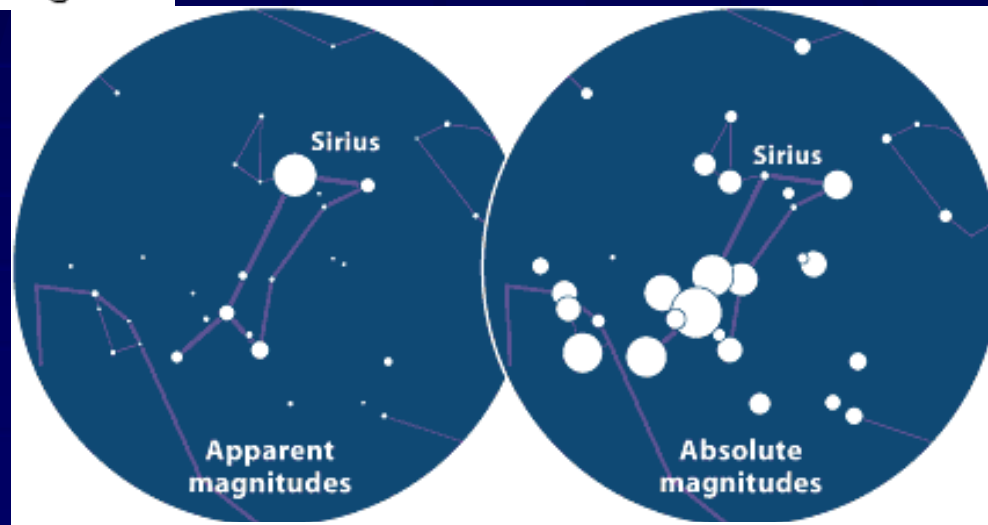
$$f = \frac{L}{4\pi d^2} \quad f(10\text{pc}) = \frac{L}{4\pi (10\text{pc})^2}$$

$$m - M = -2.5 \log\left(\left(\frac{10}{d}\right)^2\right)$$

$$m - M = -5 \log(10/d) = 5 \log d - 5$$

Абсолютная звездная величина – звездная величина, которую звезда имела бы на расстоянии 10 пк.

Абсолютная звездная величина Солнца +4.^m8



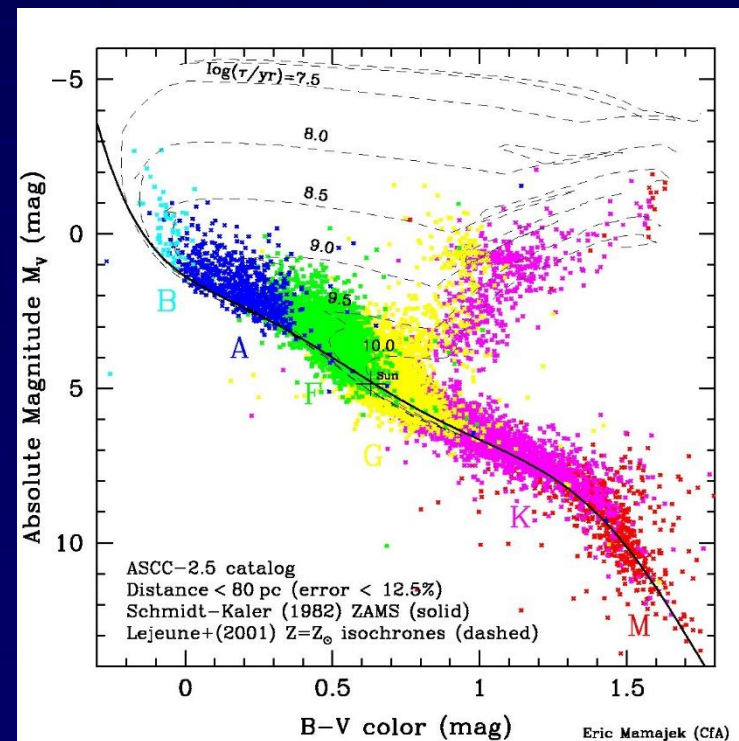
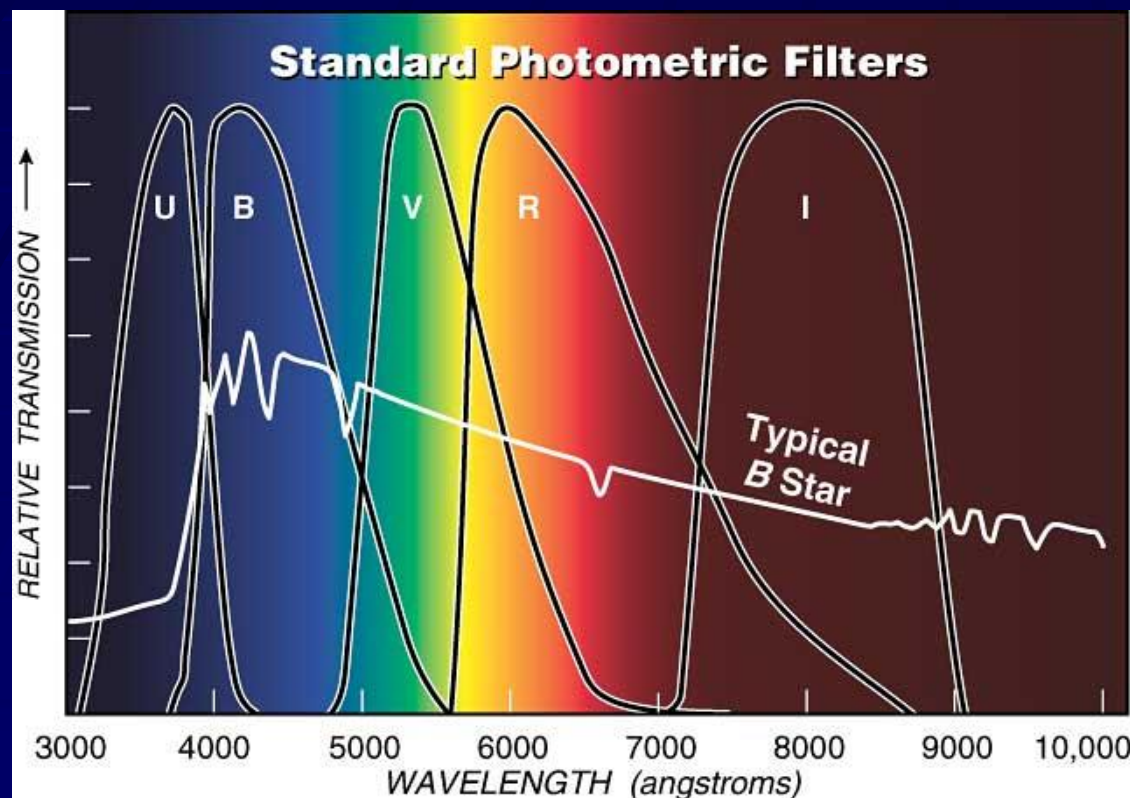
$$(m - M) = 5 \log_{10}(d) - 5$$

Показатели цвета

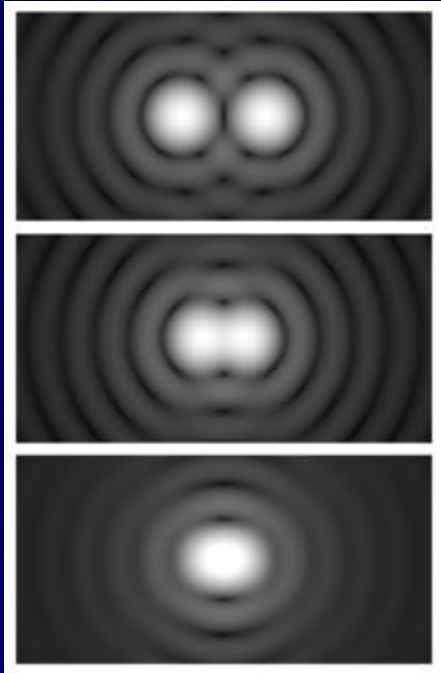
Звездная величина зависит от используемого диапазона спектра.
Есть несколько фотометрических шкал.

Разность звездных величин объекта в разных диапазонах является грубой характеристикой его спектра.

От звезды нулевой величины в полосе (U, B, V) мы получаем около миллиона квантов в секунду на кв. см.



Угловое разрешение



$$\theta = 1.220 \frac{\lambda}{D}$$

Определяется диаметром!

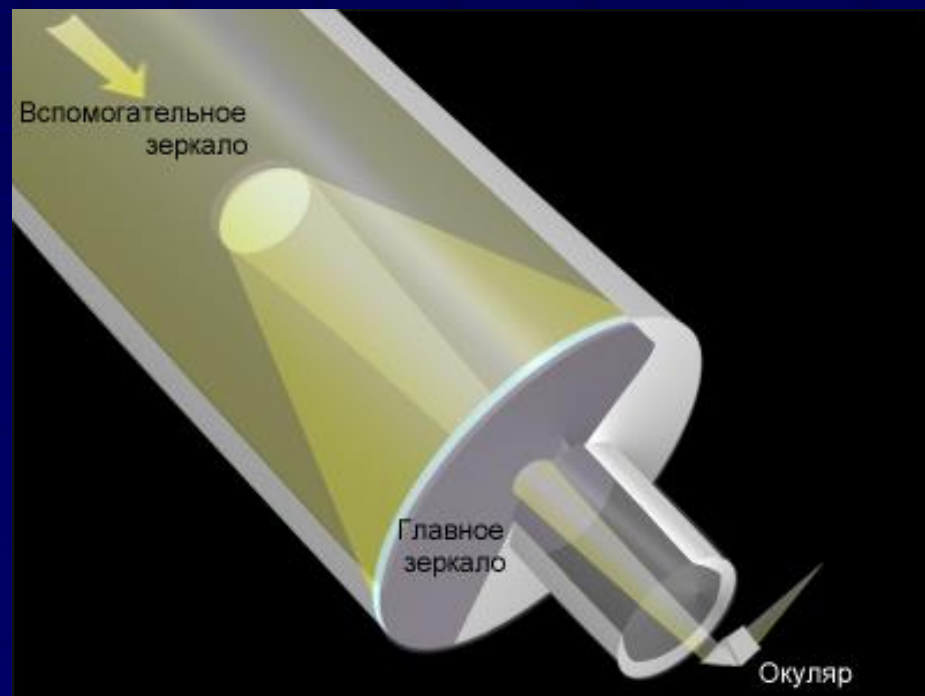
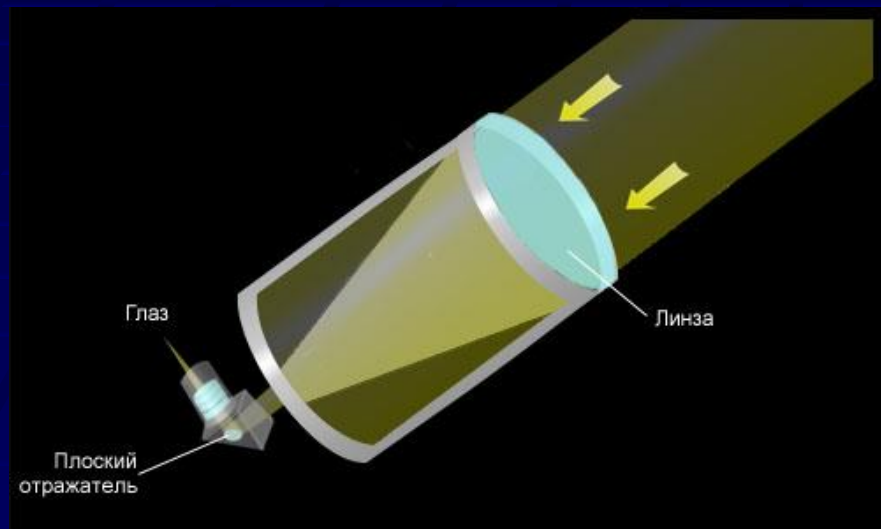
Примерно одна угловая секунда
для синего (видимого) света
и диаметра телескопа 10 см.

Для крупных телескопов (около метра)
начинает ограничиваться
параметрами атмосферы.

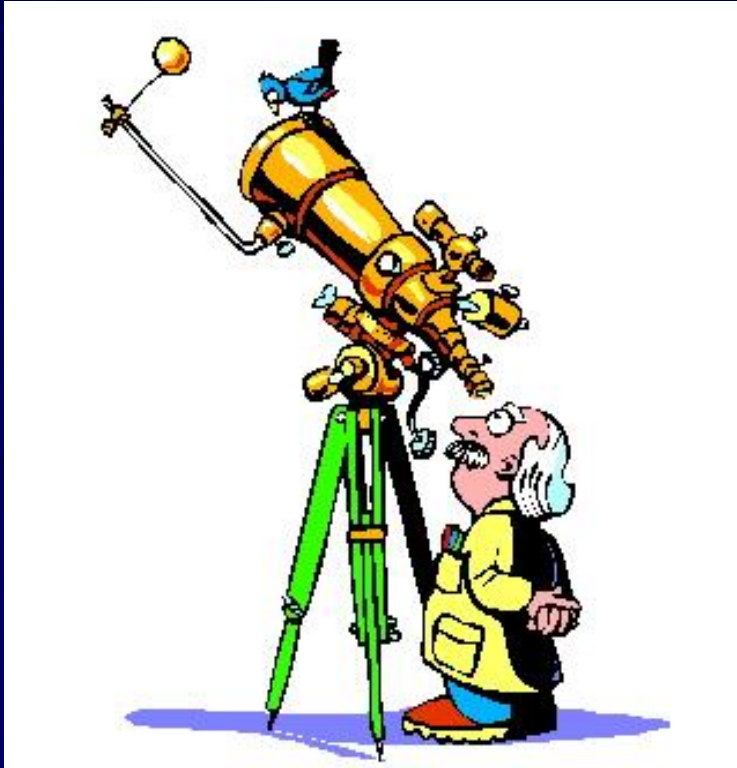
Масштаб изображения показывает какому углу соответствует
единичная длина в фокальной плоскости:

$$L \text{ [сек. дуги/мм]} = 206265 / F \text{ [мм]}$$

Рефракторы и рефлекторы



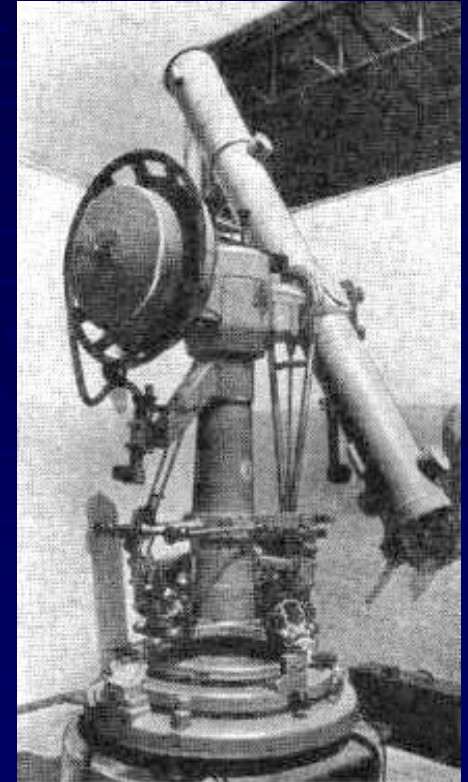
Оптические телескопы 17-19 вв.



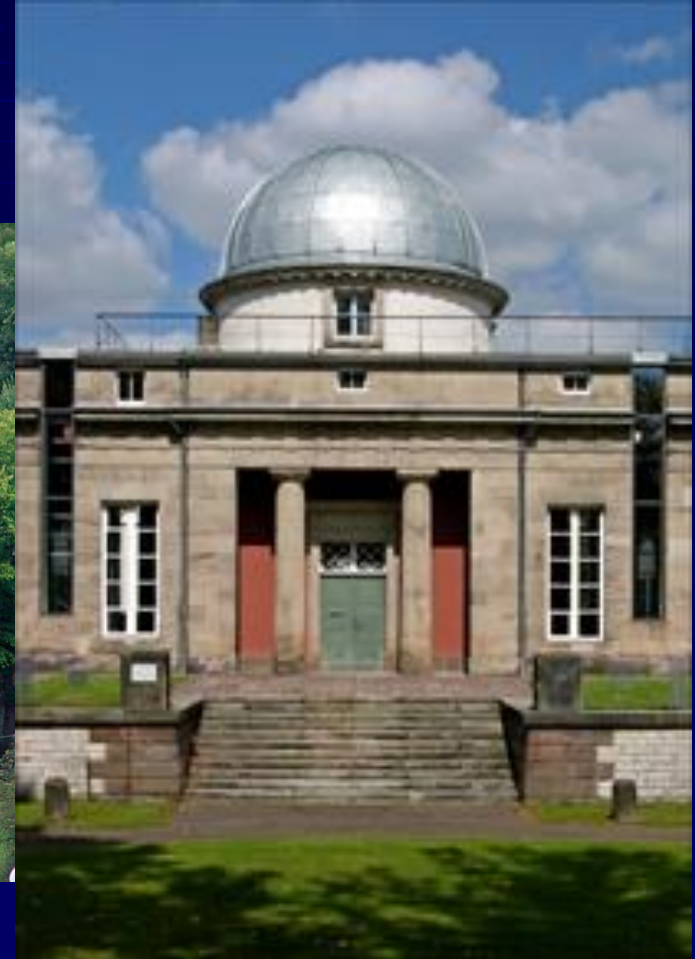
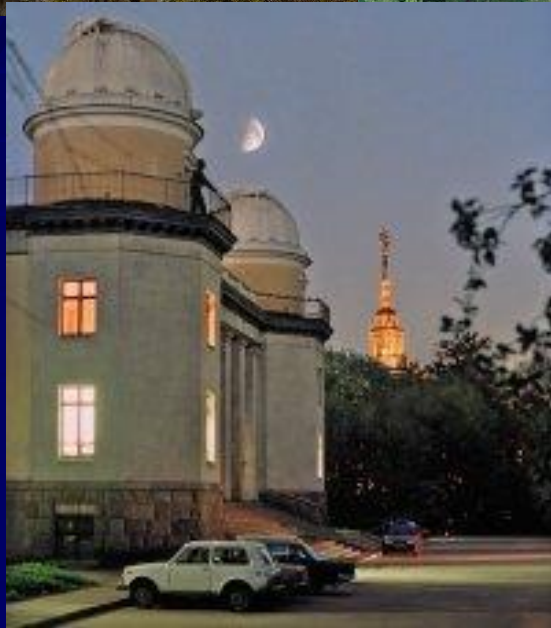
Размеры и качество
телескопов росли.

Самый большой
телескоп-рефрактор
имеет диаметр 1 метр.

Рефлектор лорда Росса
182 сантиметра (1845 г.)



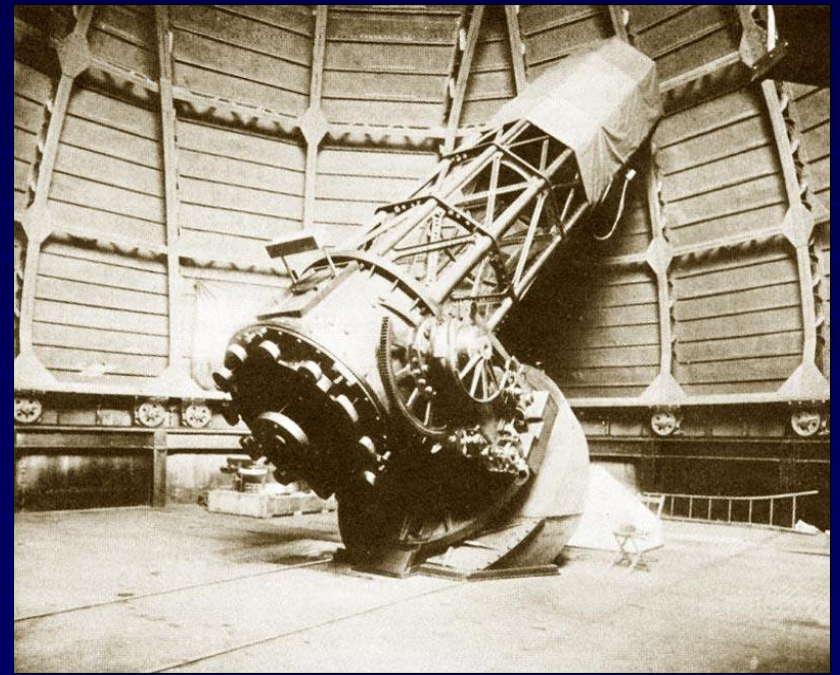
Университетские обсерватории



Оптические телескопы в начале 20 века



Йеркский рефратор (102 см). 1897 год.



Маунт Вилсон.
Рефлектор (152 см). 1908 г.

В двадцатом веке в «войне телескопов» победили рефлекторы!

Современные оптические телескопы



БТА 6 метров

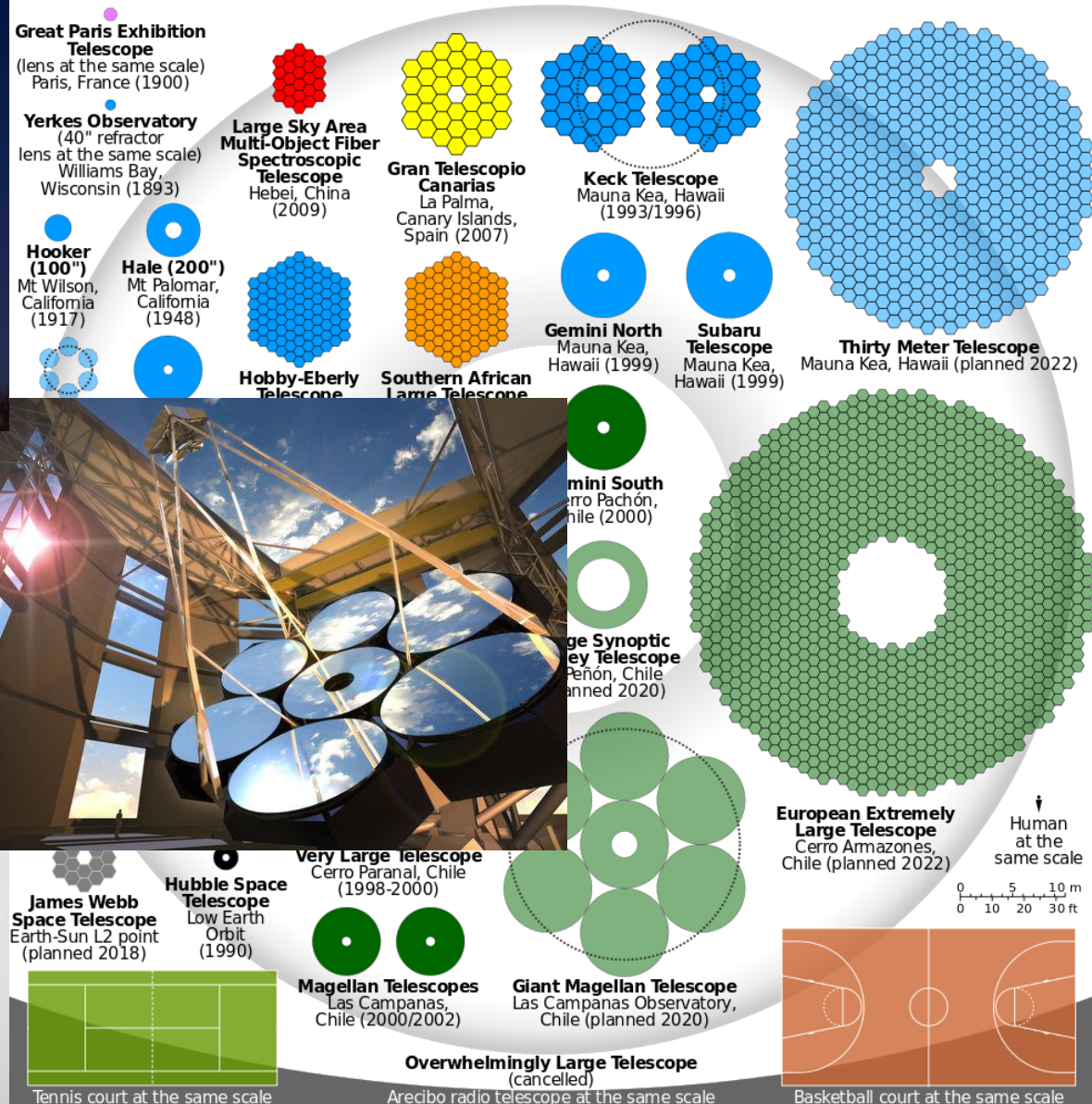


Gemini 8 метров

Большие телескопы

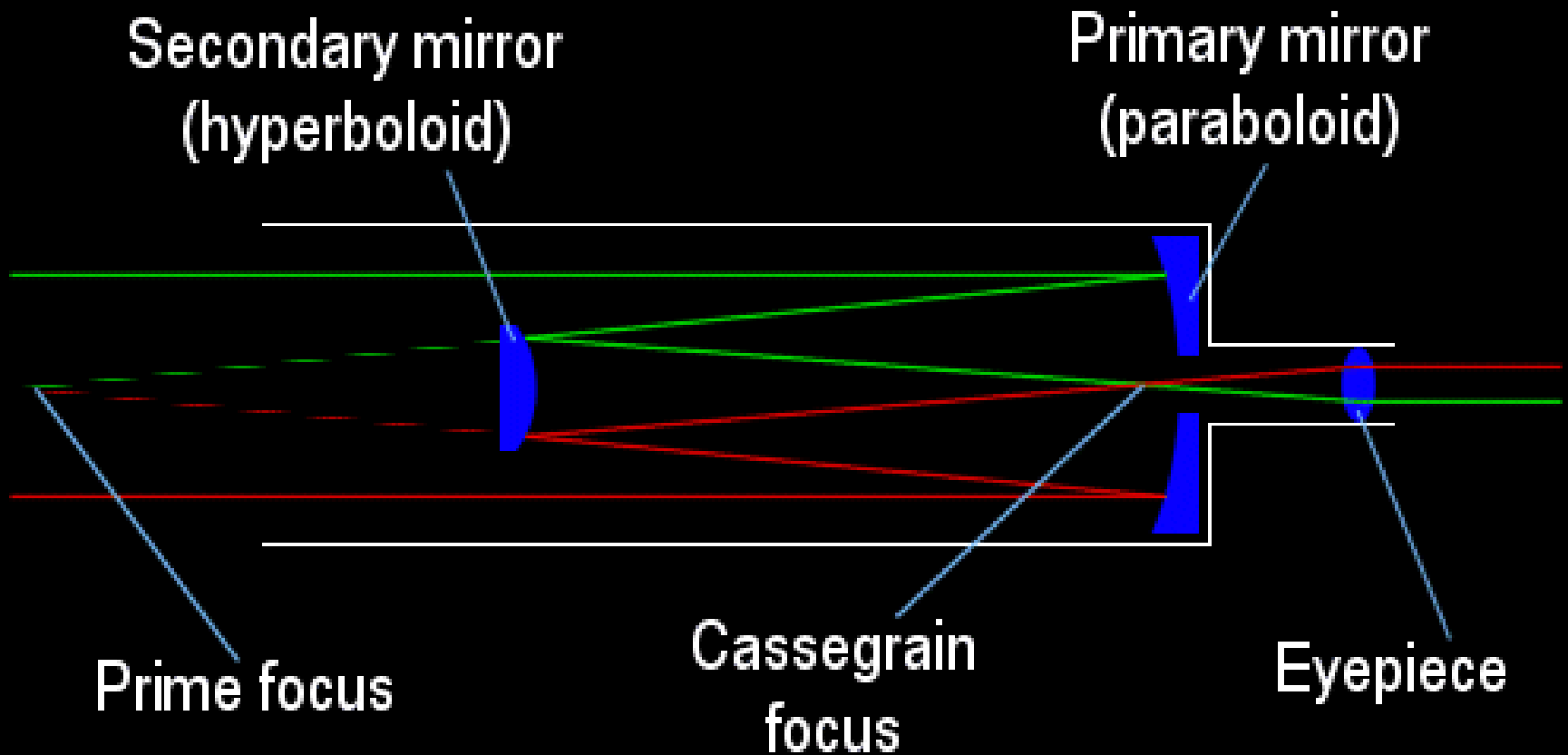


8.5 м – самые большие цельные зеркала.
Более крупные – сегменты.

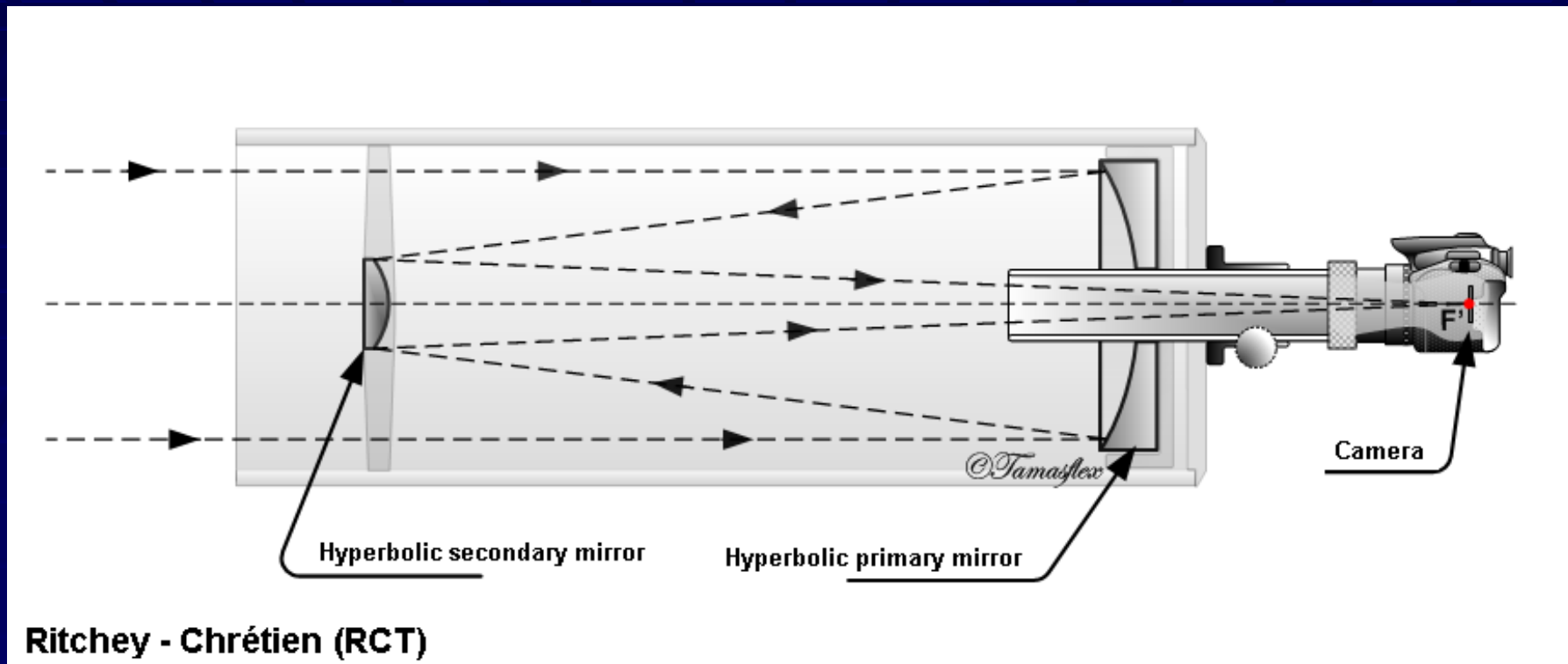


Система Кассегрена

Cassegrain Telescope



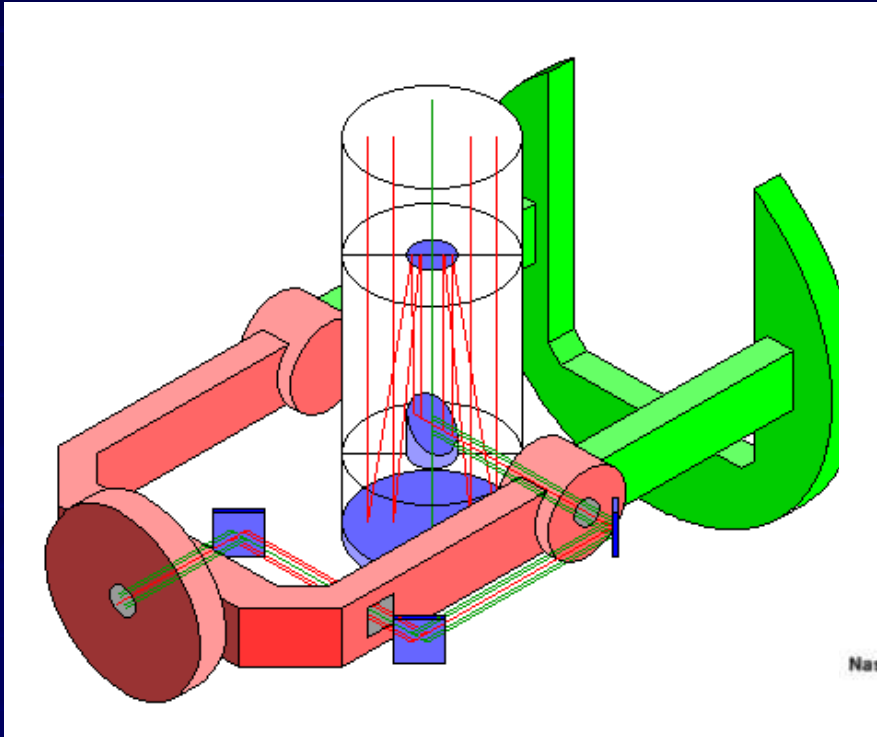
Система Ричи-Кретьена



Компактность инструмента

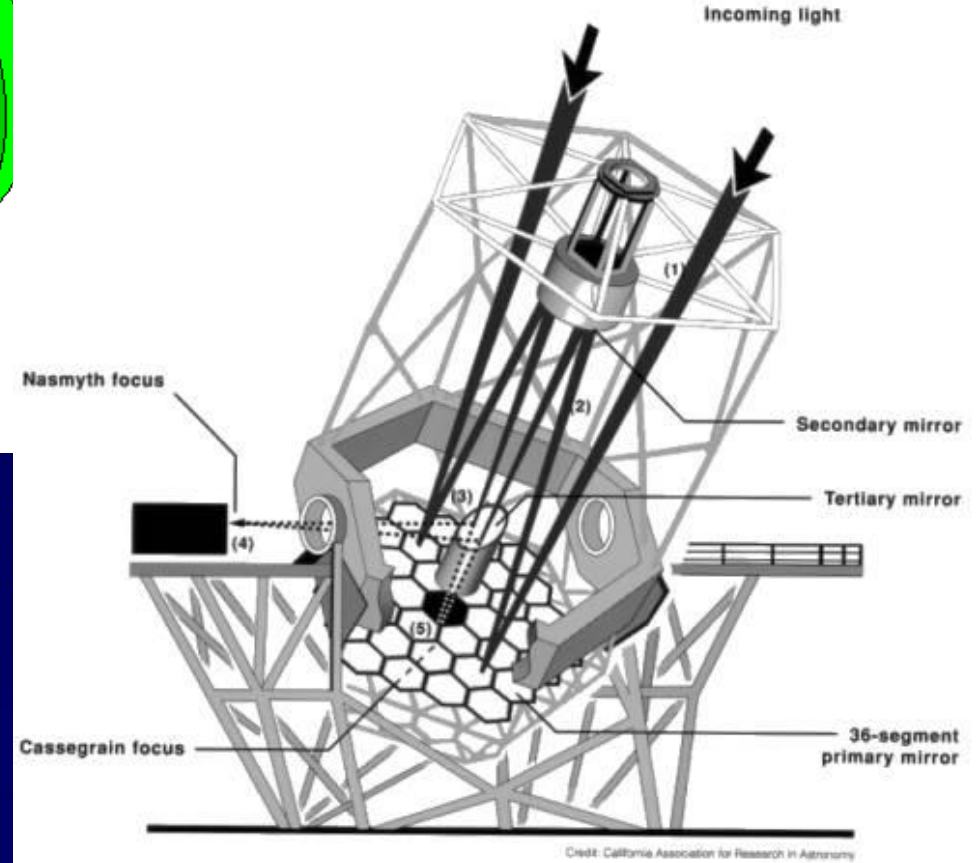
Неподвижные фокусы

<http://www.quadibloc.com/science/opt03.htm>



Фокус Кудэ

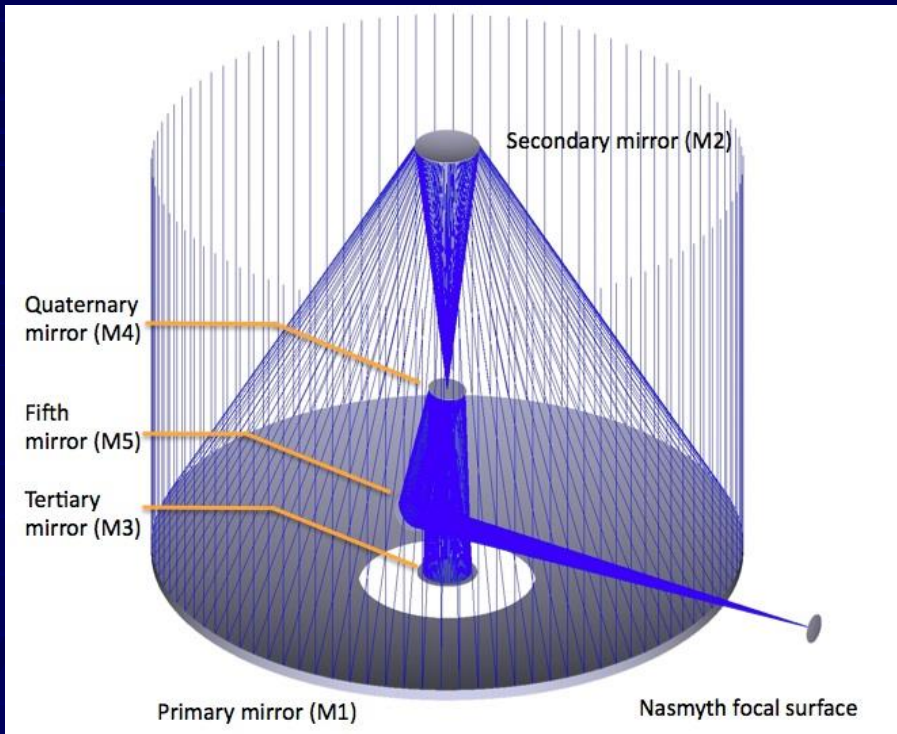
Фокус Нэсмита



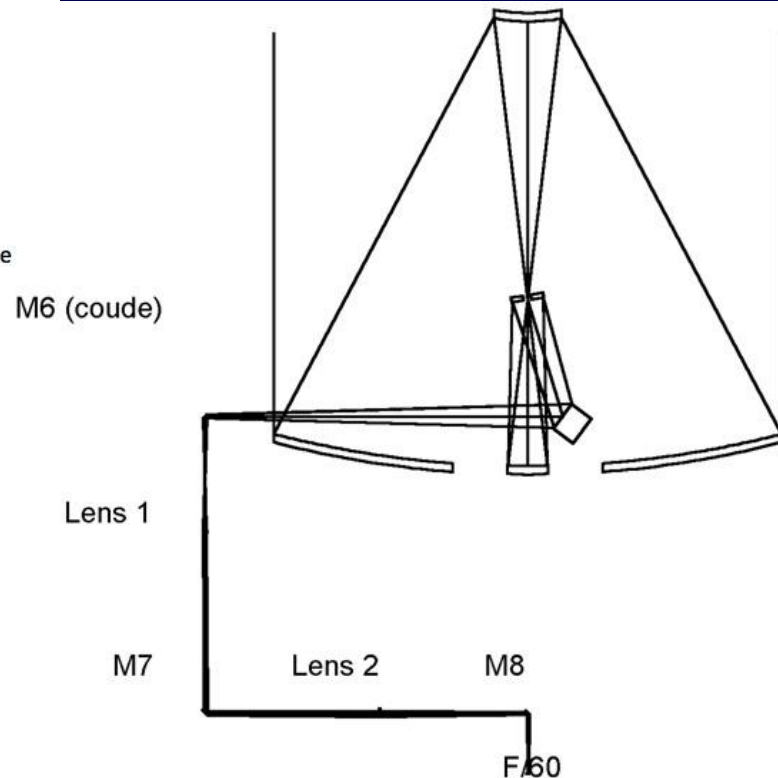
<http://www.faculty.virginia.edu/ASTR5110/lectures/optics1.html>

E-ELT

Реальные схемы могут быть сложнее и содержать несколько дополнительных оптических элементов.

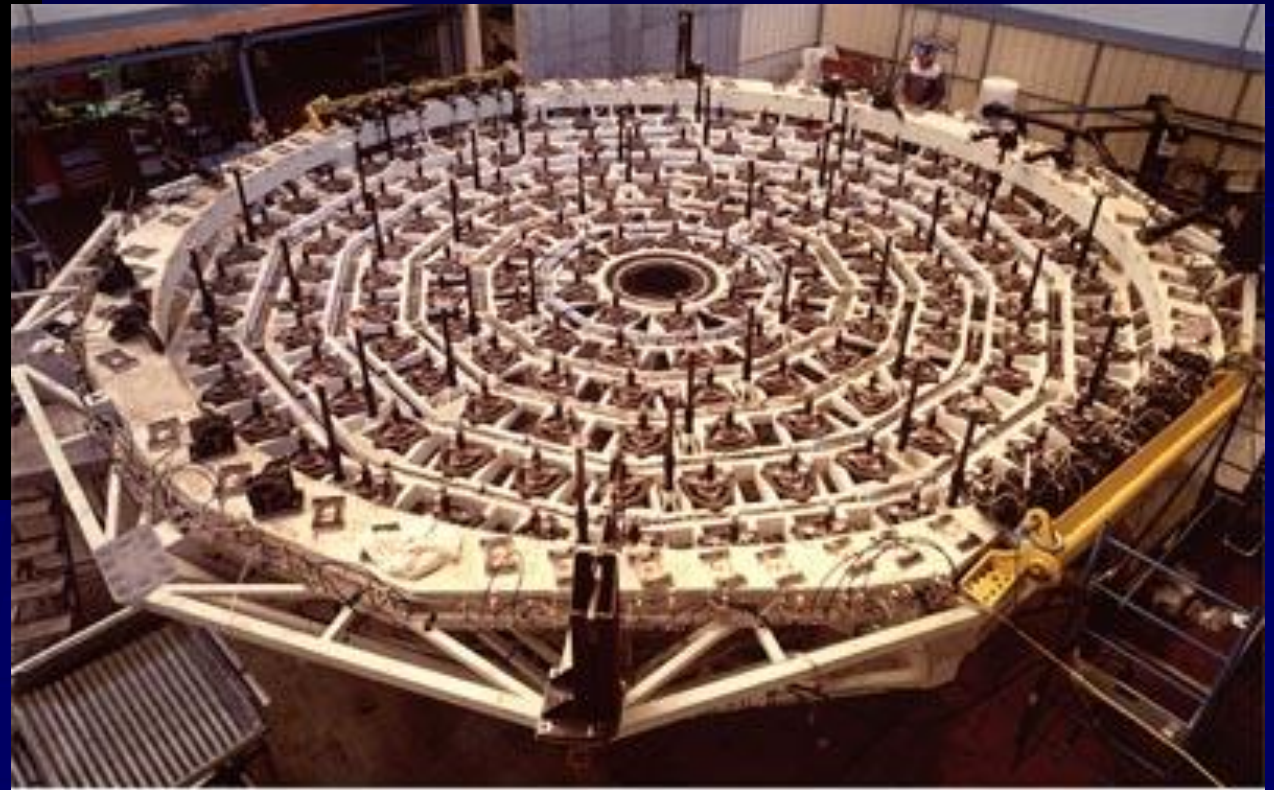
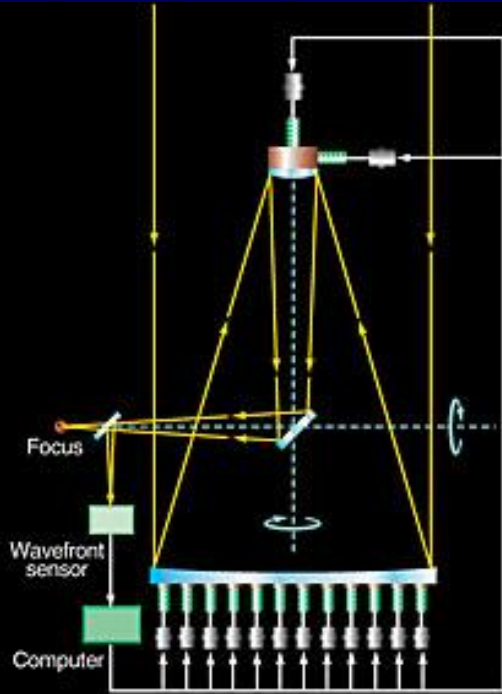


<https://www.eso.org/sci/facilities/eelt/telescope/design/>



Активная оптика

Изменение параметров главного зеркала с частотой менее 1 Гц для компенсации различных изменений его формы.



Active Mirror Supports in VLT M1 Cell

ESO PR Photo 34a/99 (13 August 1999)

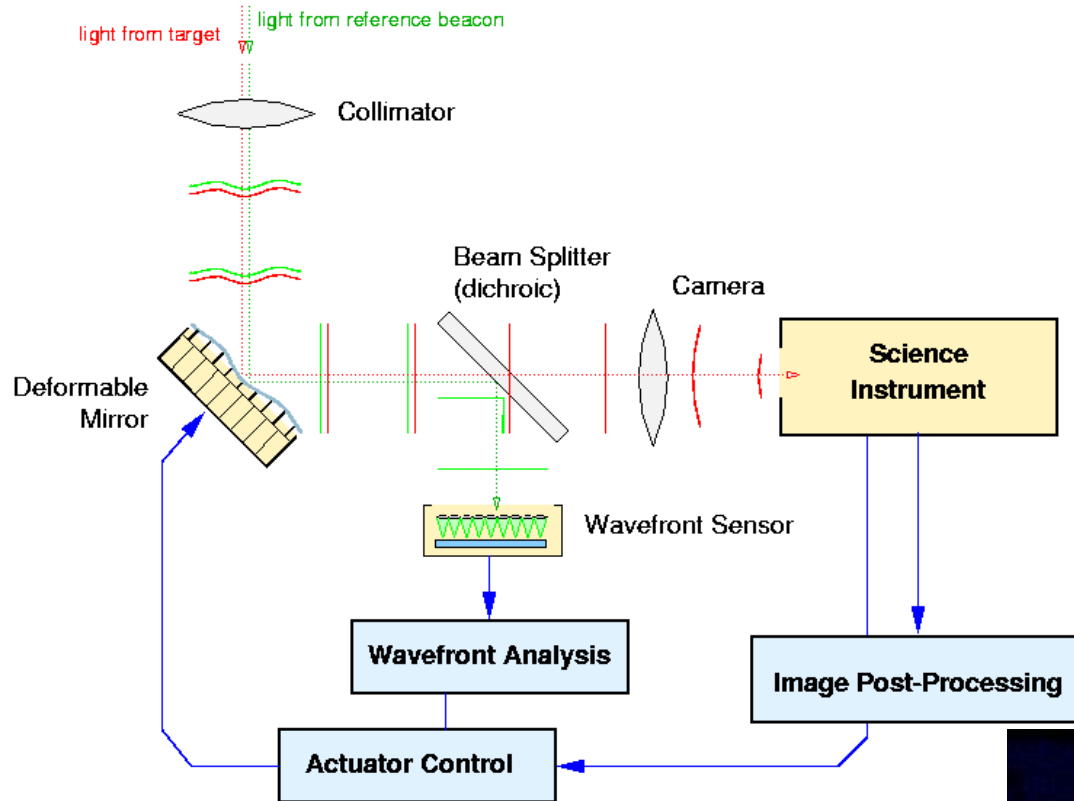
© European Southern Observatory



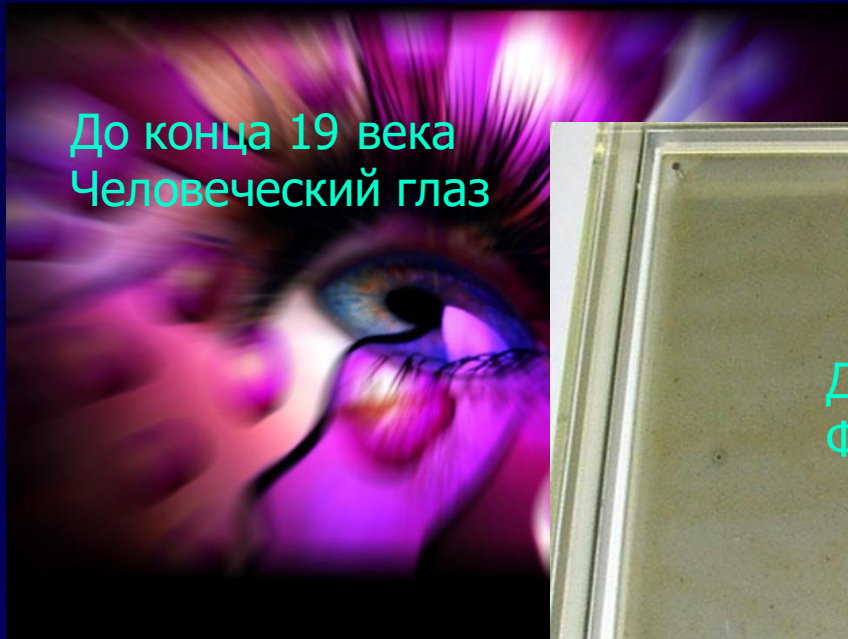
Разработана инженером ESO Raymond Wilson

Еще проще работать с сегментированными зеркалами

Адаптивная оптика



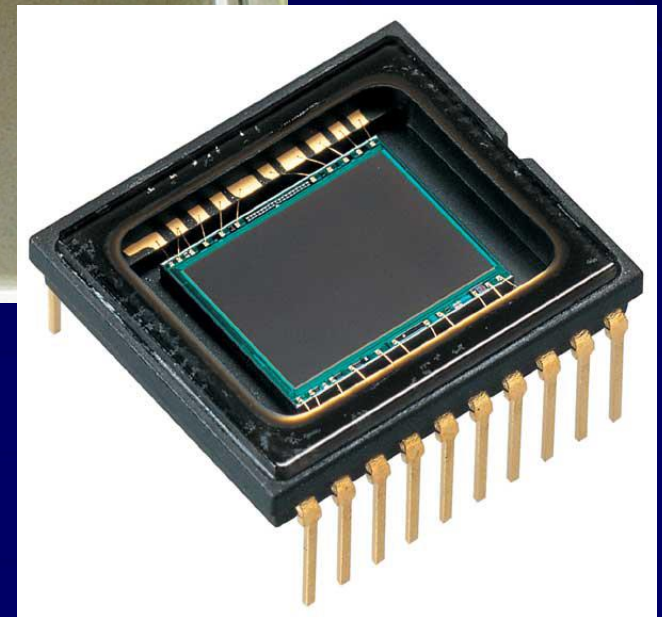
Глаз, фото, ПЗС



До конца 19 века
Человеческий глаз

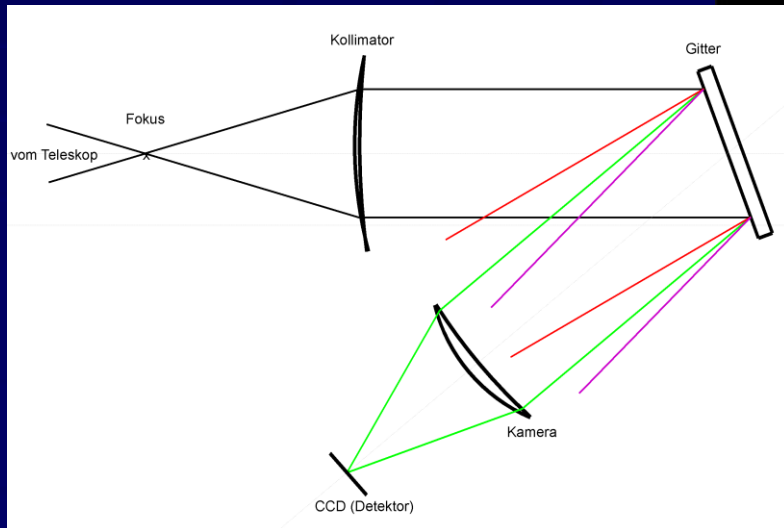
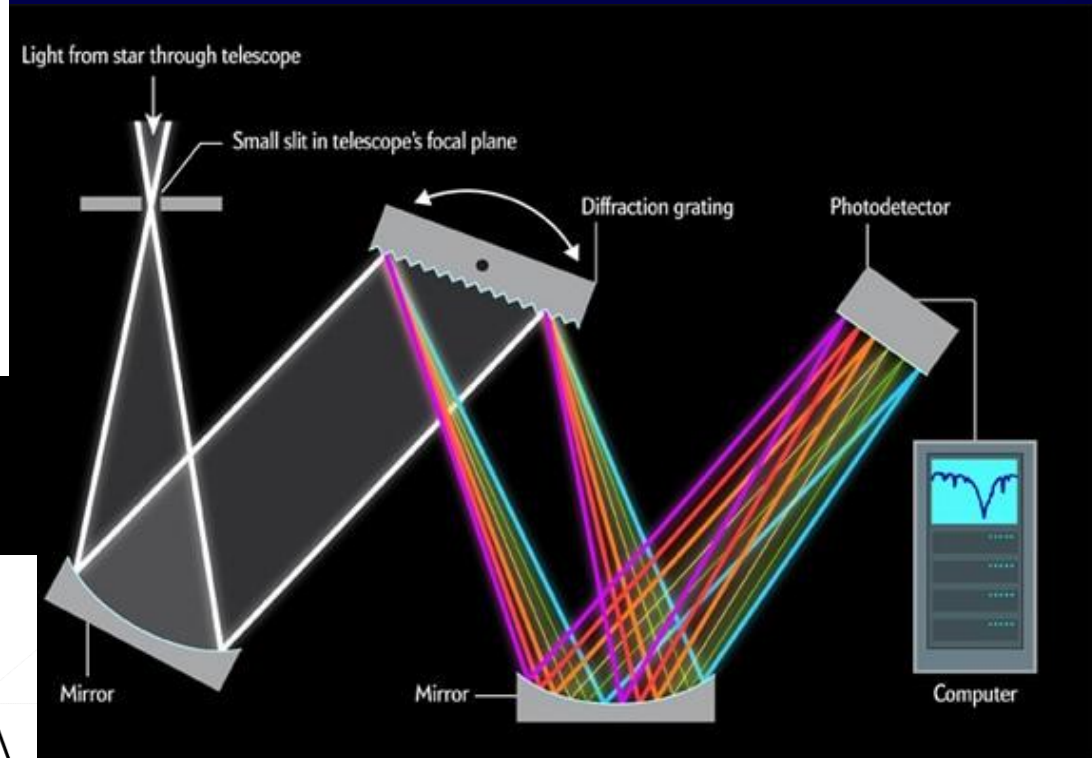
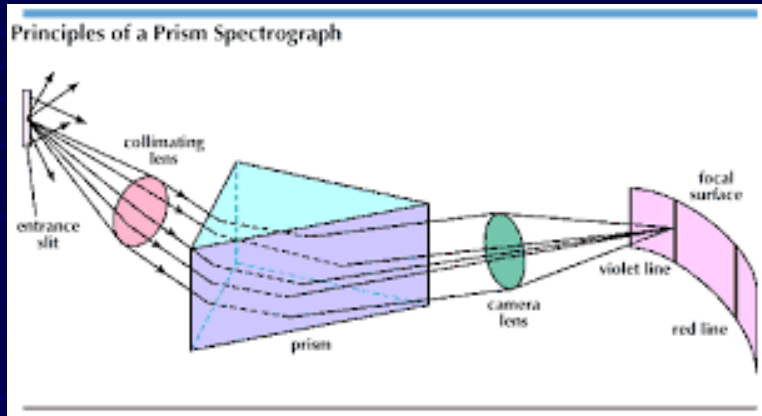


До конца 20 века
Фотопластинки



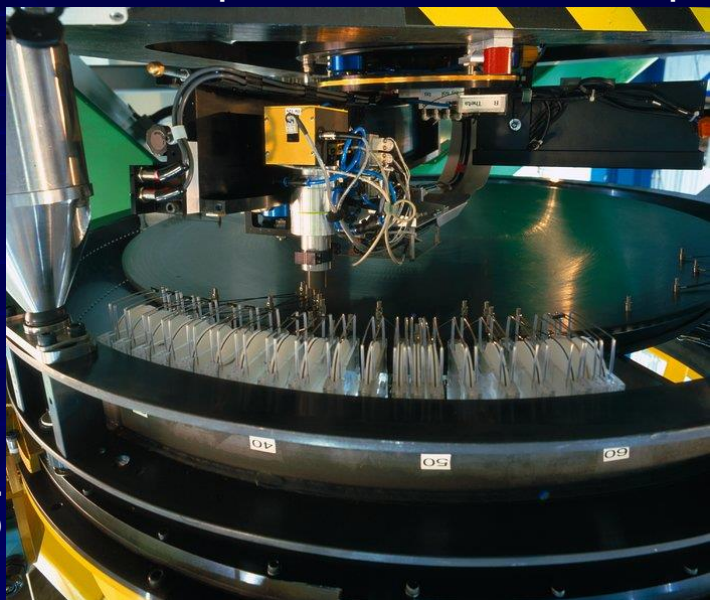
Предел – счет фотонов.

Спектроскопия



Астрономические приборы

На VLT работает около 20 приборов.



**FLAMES — Fibre Large Array
Multi Element Spectrograph**



**FORS 1 and FORS 2
FOcal Reducer and
low dispersion
Spectrograph**

**SPHERE - Spectro-Polarimetric
High-contrast Exoplanet REsearch instrument**



Телескопы-роботы и обзоры неба



Sloan digital sky survey

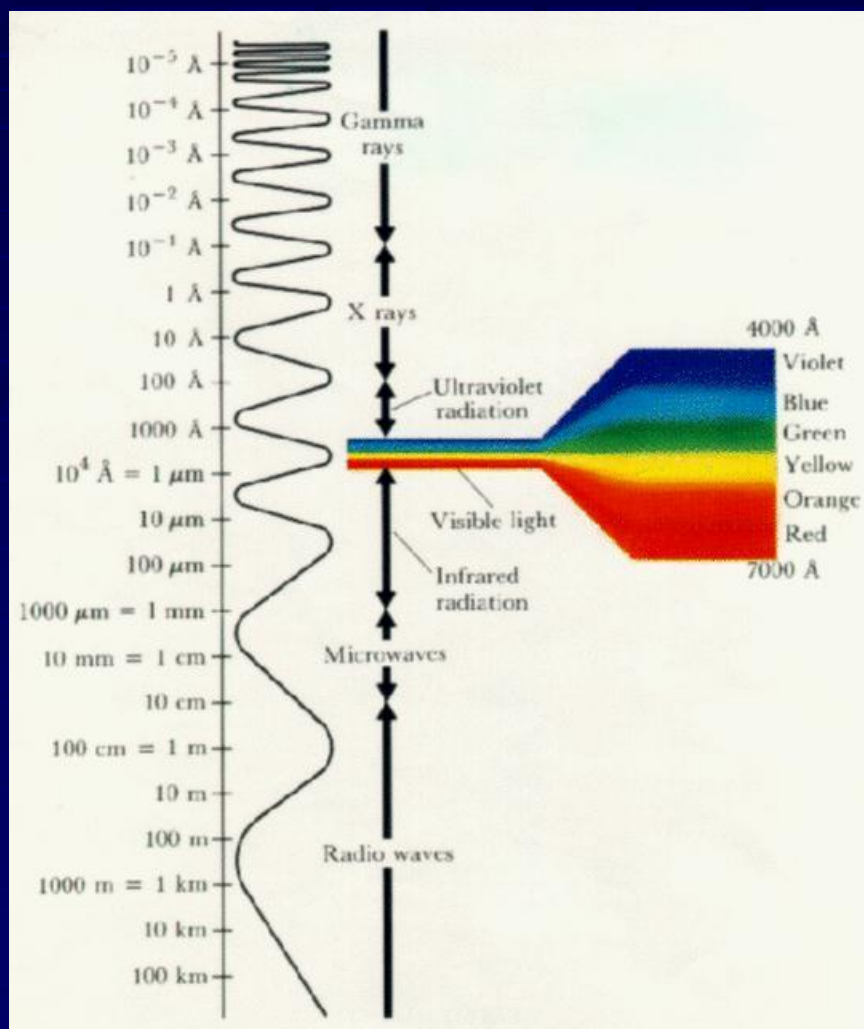


Liverpool Telescope (2m)



MACTEP

Всеволновая астрономия



Наблюдения теперь проводят во всех спектральных диапазонах:

- Радио
- Инфракрасном
- Оптическом
- Ультрафиолетовом
- Рентгеновском
- Гамма

Разные диапазоны приносят информацию о разных процессах.

Радиоастрономия

Космическое радиоизлучение было открыто в 1932 году.
Но развитие радиоастрономии началось только после Второй Мировой войны.



Два вида телескопов: «тарелки» и «рогульки»

Современные радиотелескопы



Российские радиотелескопы

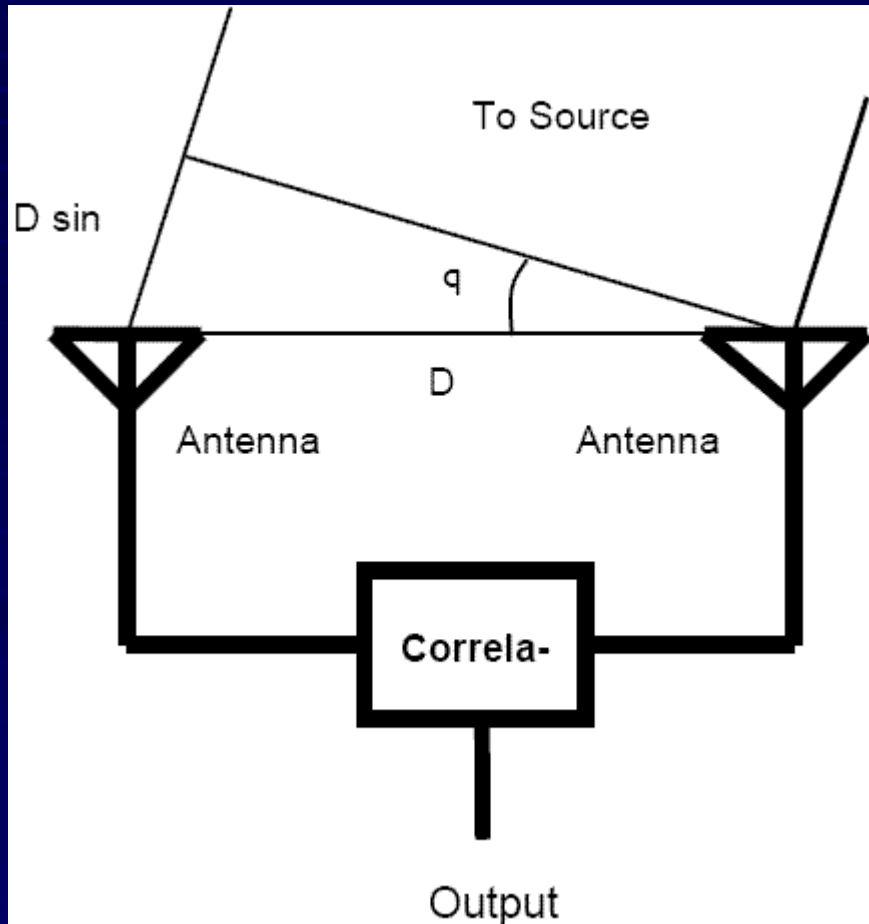


РАТАН-600

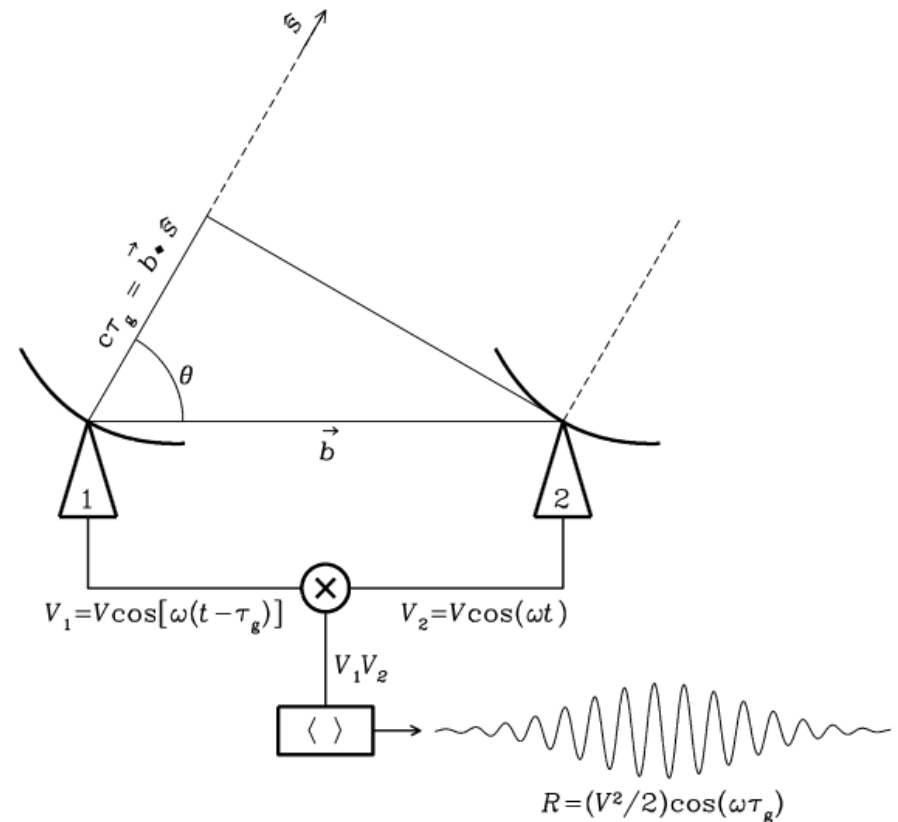
И два
телескопа
в Пуцино:
БСА и ДКР



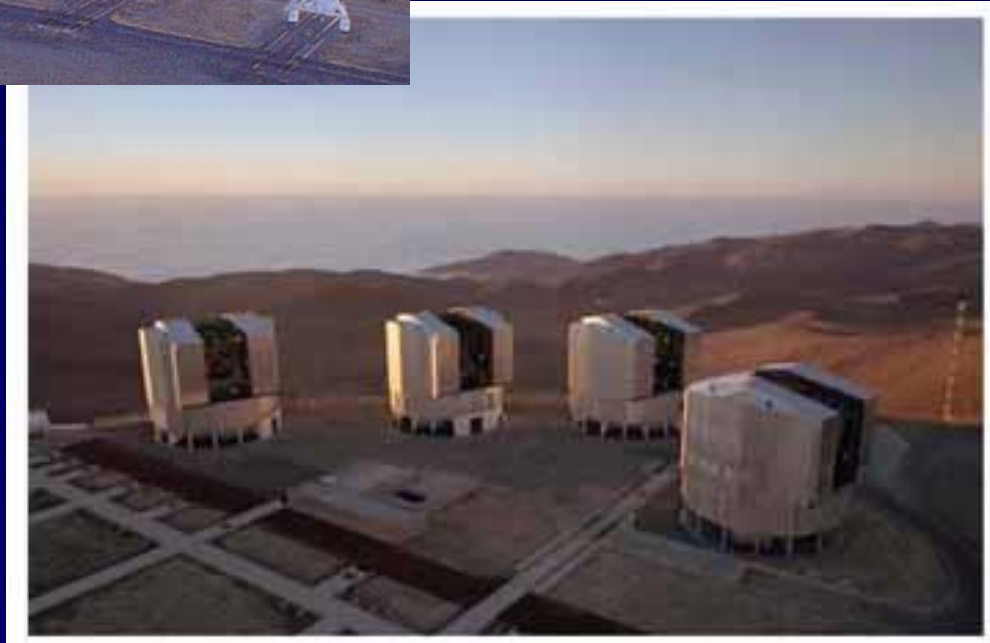
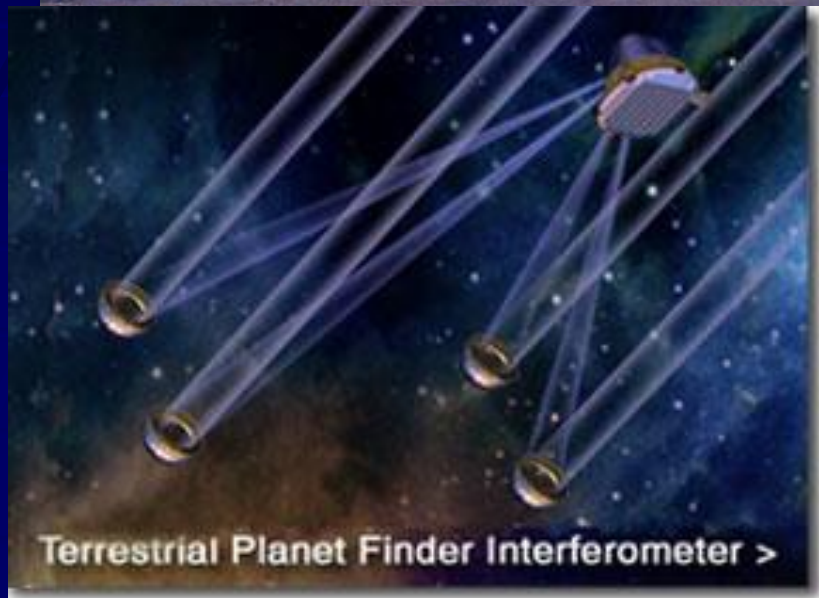
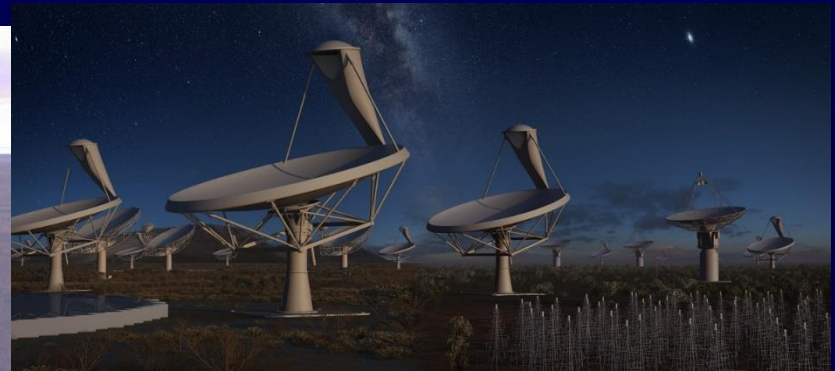
Интерферометры



Высокое угловое разрешение
в направлении, соединяющем
два телескопа.



Оптика и радио



Радиоастрон

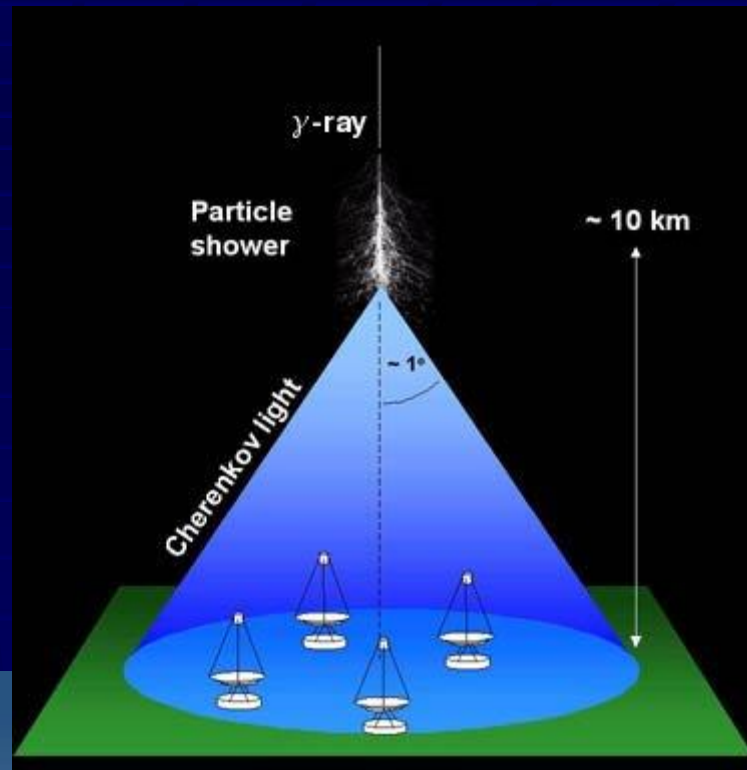


Космический
интерферометр

Рекордное
угловое разрешение
на дециметровых волнах

Гамма-астрономия на Земле

Влетая в атмосферу Земли
гамма-квант очень
высокой энергии
приводит к появлению вспышки
в оптическом диапазоне.



Источники

