

**Астрономия**  
**Тема 1:**  
**«Астрономия,**  
**ее значение**  
**и связь**  
**с другими науками»**  
**урок 2**



# Астрономические Методы Исследования



§2, Характеристики телескопов.

вопросы и упр.1

7. Методы исследования в астрономии.

8. Сравнение конструкций и преимущества видов телескопов.

13\*. Древние приборы (принцип действия)

14\*. Принцип действия цифровых детекторов

# Методы Наблюдений



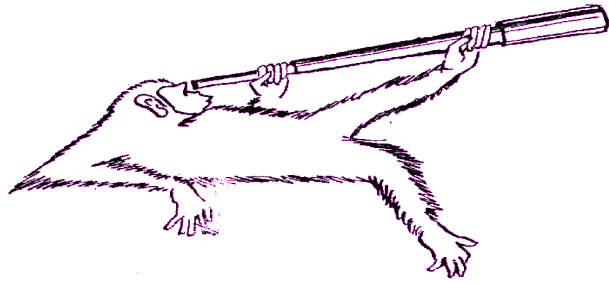
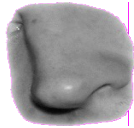
# Возможности человека



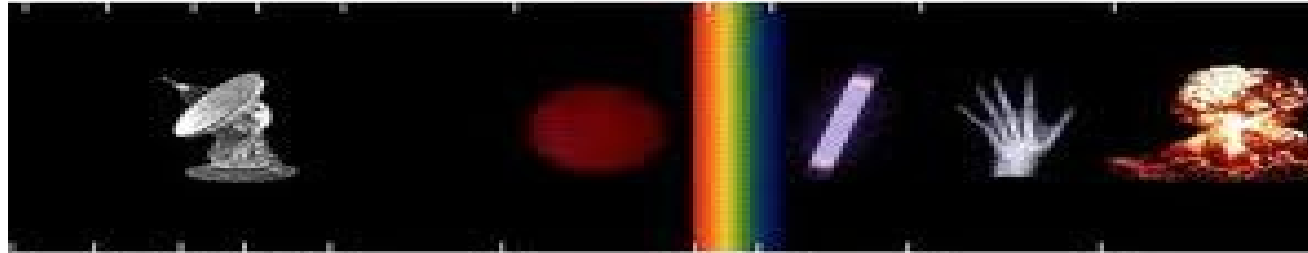
92%

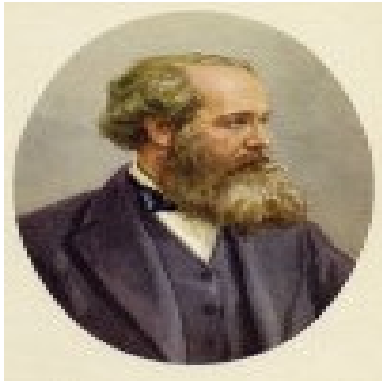


6%

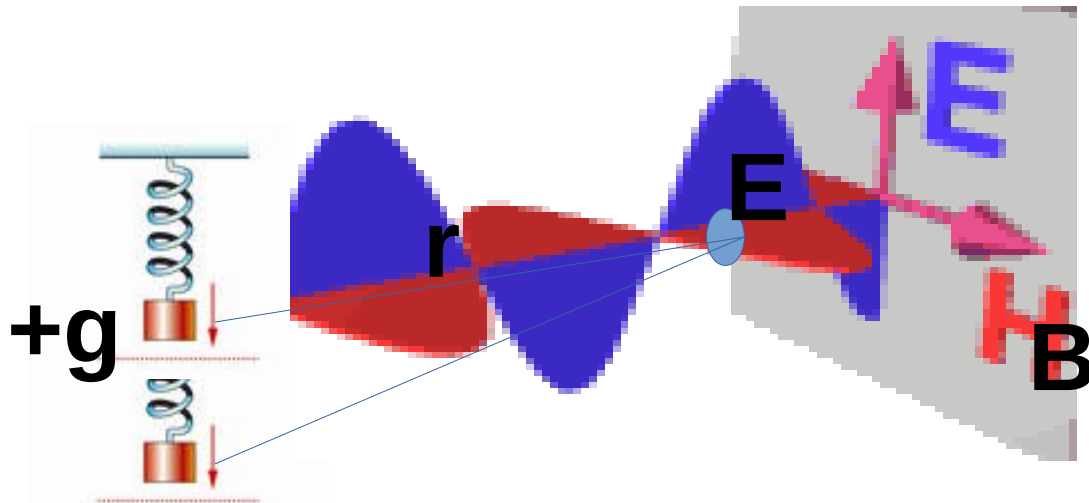


Диапазон частот  
 $4 - 7,5 \times 10^{14}$  Гц  
 $P_{\text{мин}} = 10^{-18}$  Вт (порог чувствительности)





# Электромагнитные волны



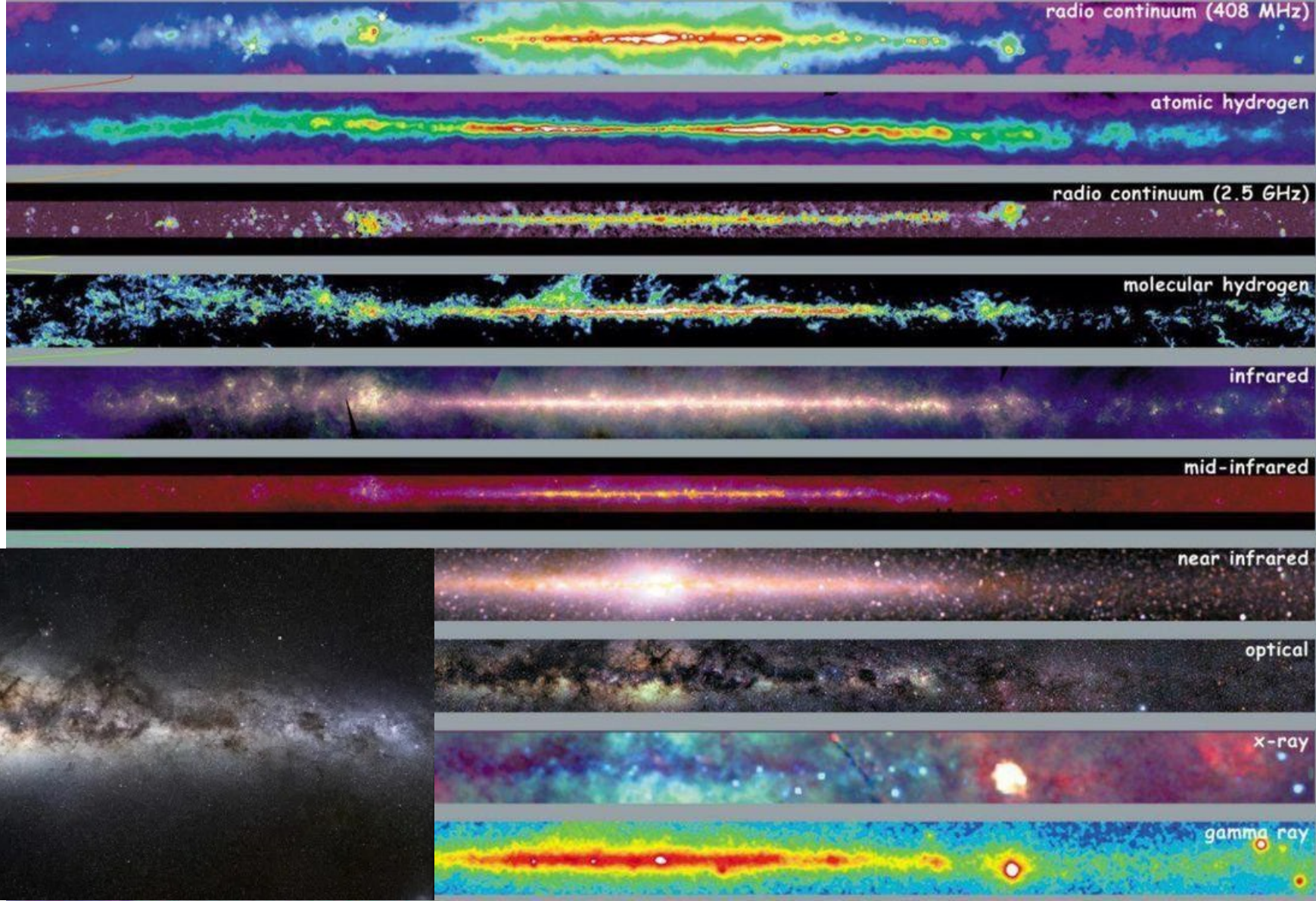
Электромагнитная волна –  
распространение в пространстве  
электромагнитного поля.

Источник –  
ускоренно движущиеся заряды.

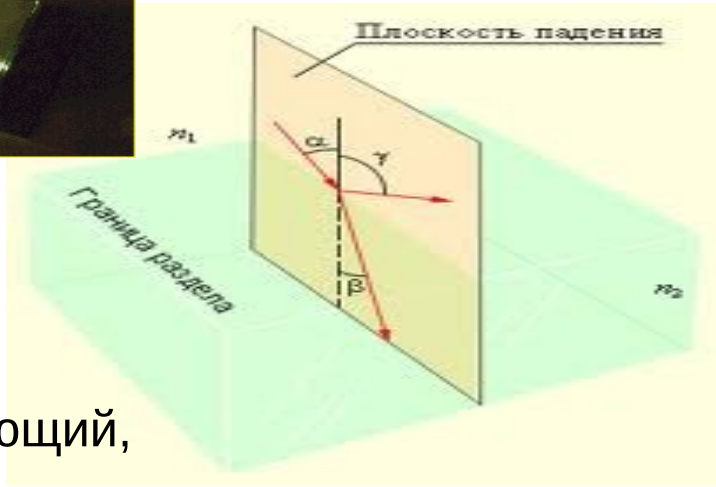
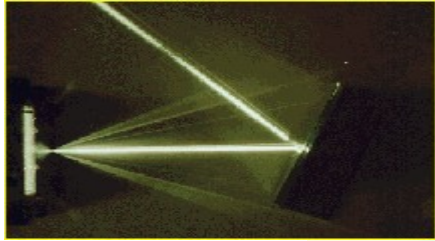
$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}},$$

Частота $\nu$ , Гц	Длина волны $\lambda$ , м	Название диапазона	Источники. Основные методы возбуждения
$10^3$	$3 \cdot 10^5$	Радиоволны	Переменные токи в проводниках и электронных потоках (генераторы радиочастот, генераторы СВЧ)
$10^{12}$	$30 \cdot 10^{-4}$	ИК-излучение	
$3,75 \cdot 10^{14}$	$8 \cdot 10^{-7}$	Видимый свет	Излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях
$7,5 \cdot 10^{14}$	$4 \cdot 10^{-7}$		
$3 \cdot 10^{17}$	$10^{-9}$	УФ-излучение, мягкий рентген	Излучение атомов при воздействиях ускоренных электронов
$3 \cdot 10^{20}$	$10^{-12}$	Рентген, $\gamma$ -излучение	Атомные процессы при воздействии ускоренных заряженных частиц
$10^{23}$	$3 \cdot 10^{-15}$	$\gamma$ -излучение	Ядерные процессы, радиоактивный распад, космические процессы



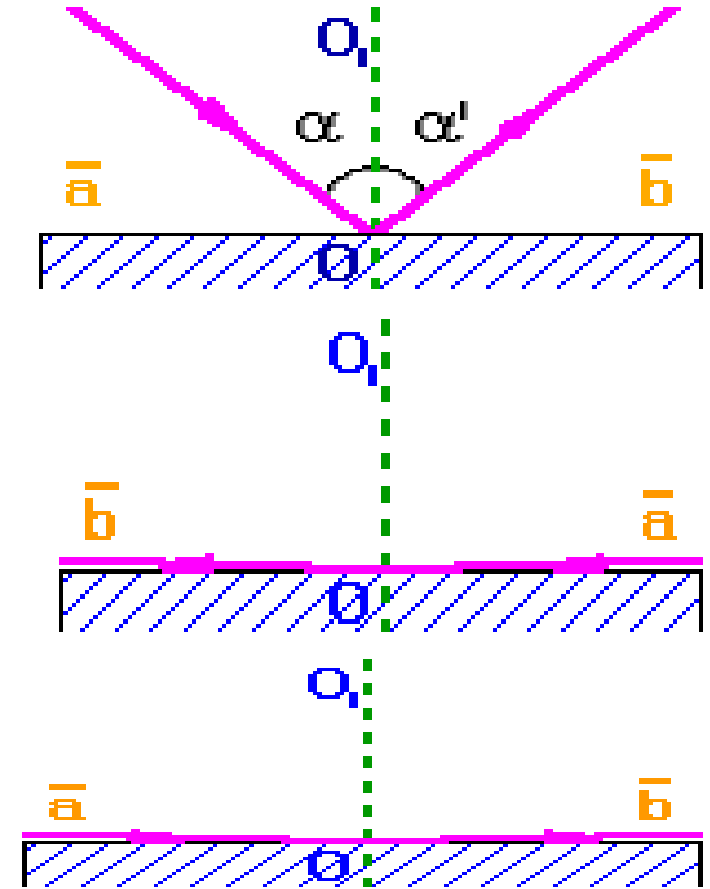


# Отражение

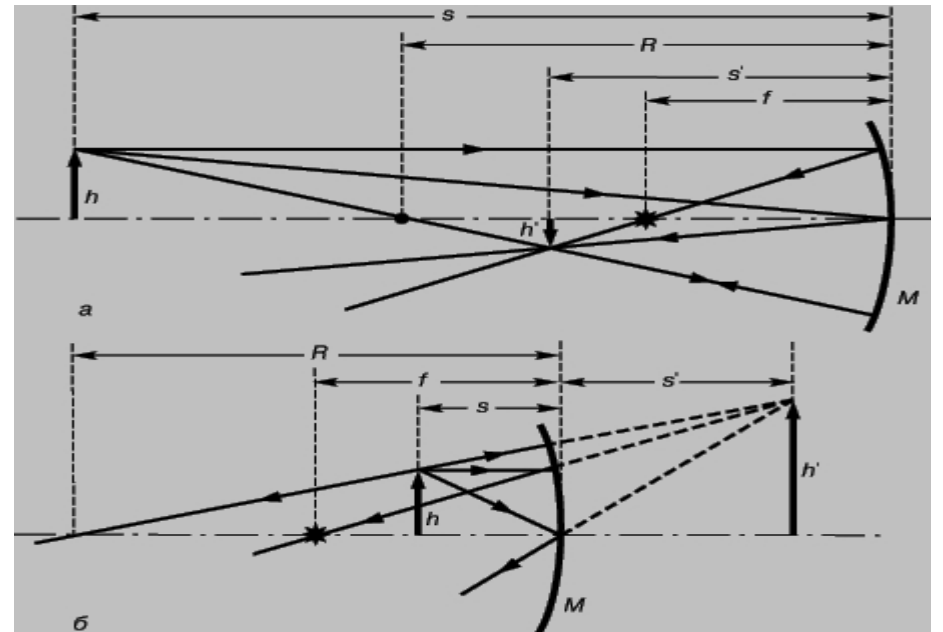
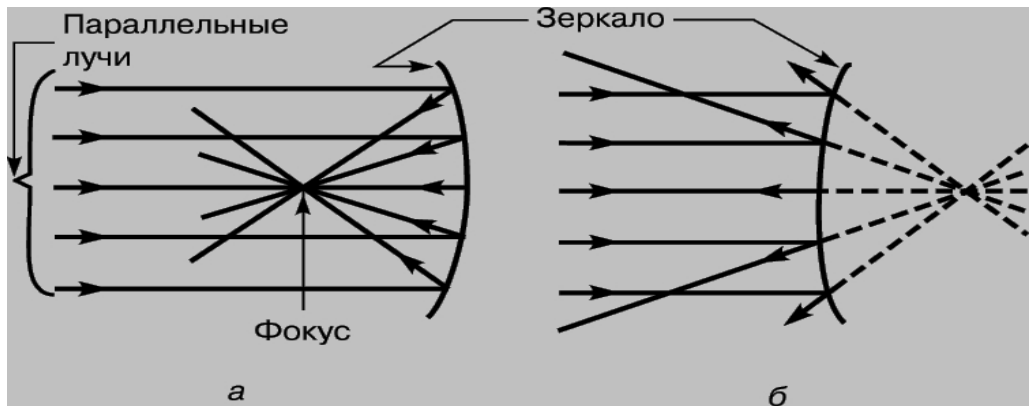


Луч, падающий,  
Луч отраженный и перпендикуляр  
из точки падения лежат в одной  
плоскости

угол падения равен углу  
отражения



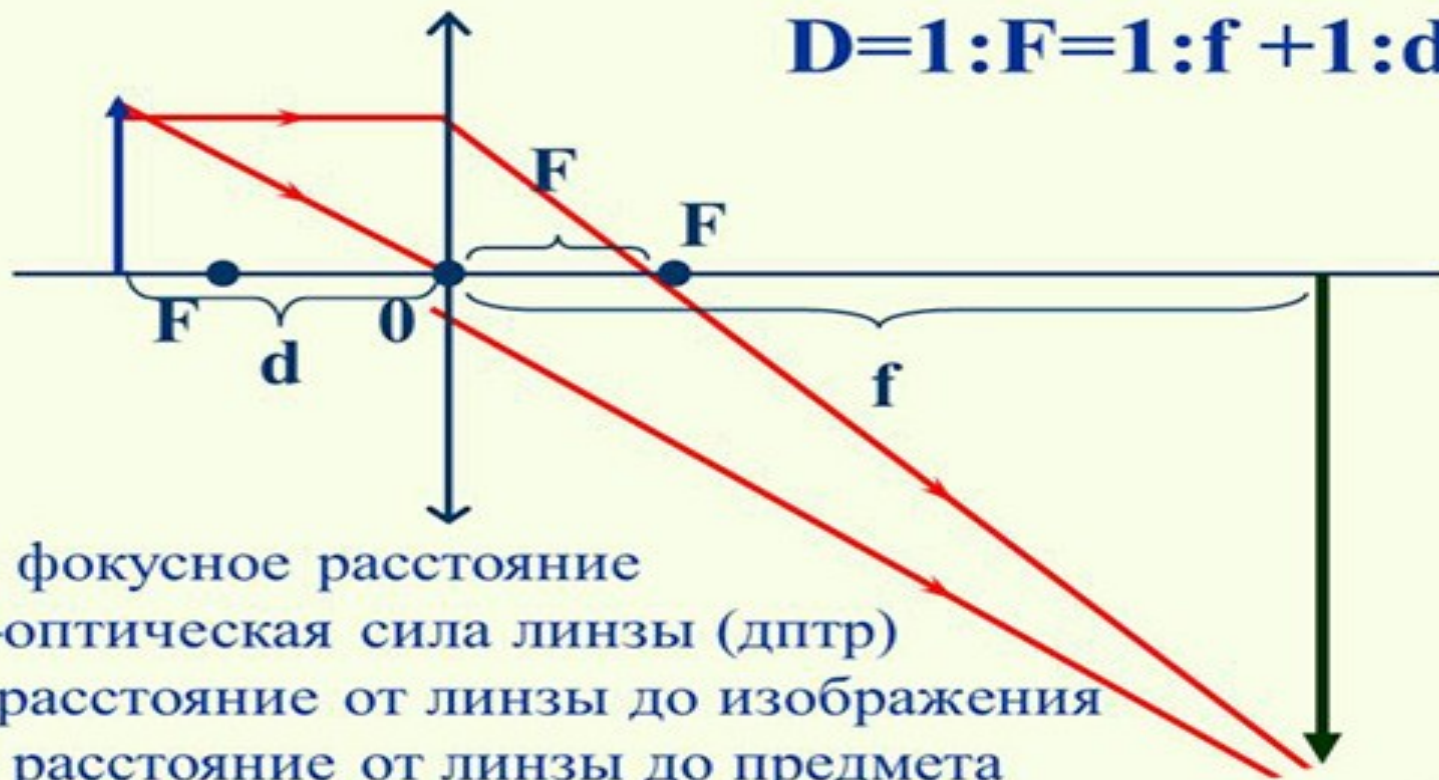
Угол отчитывается  
от перпендикуляра





# Формула тонкой линзы

$$D=1:F=1:f + 1:d$$



**F**- фокусное расстояние

**D**-оптическая сила линзы (дптр)

**f**- расстояние от линзы до изображения

**d**- расстояние от линзы до предмета

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

Если линза собирающая, то  $D > 0$ ;  
если линза рассеивающая, то  $D < 0$ .

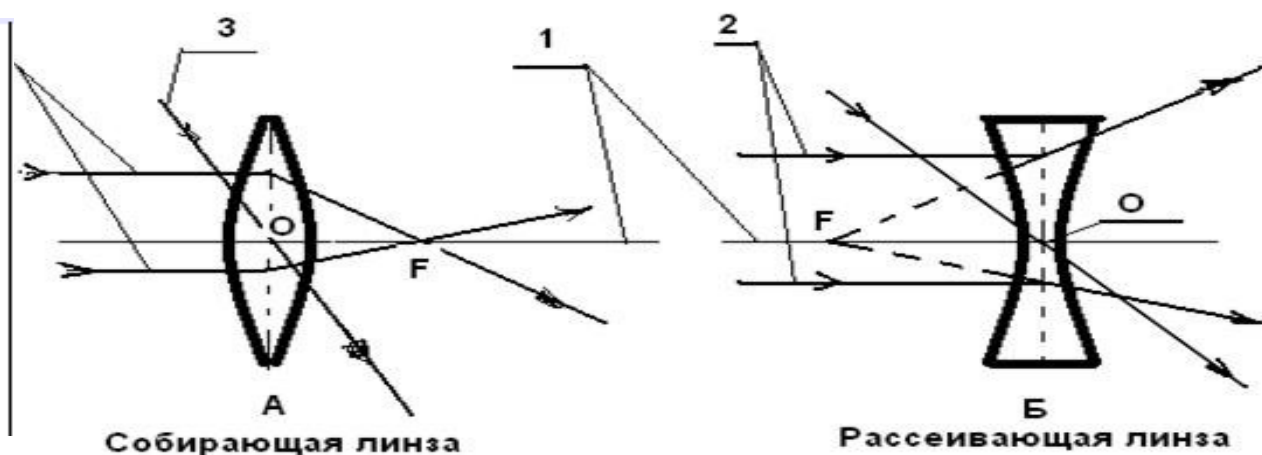
$$D = \left( \frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$$

$$D_0 = D_1 + D_2 + D_3 + \dots$$

$D_0$  — оптическая сила системы линз (дптр);  $D_1, D_2, D_3, \dots$  — оптическая сила линз, сложенных вплотную (дптр).

1. Луч, параллельный главной оптической оси, проходит через фокус и наоборот

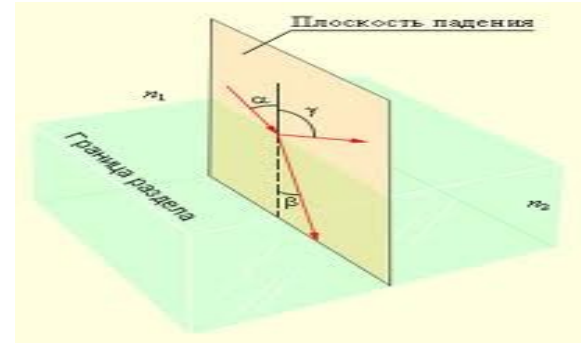


- 1 - главная оптическая ось
- 2 - лучи параллельные главной оптической оси
- 3 - лучи, проходящие через центр линзы
- F - фокус
- O - центр линзы

2. Луч, проходящий через оптический центр, не преломляется



$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_2}{n_1} = n$$



Луч, падающий,  
Луч преломленный и перпендикуляр из точки падения  
лежат в одной плоскости

Отношение синуса угла падения  
к синусу угла преломления  
есть величина постоянная  
для данных двух сред.

# Виды телескопов

Рефлекторы  
зеркальные

Зеркально-  
линзовые

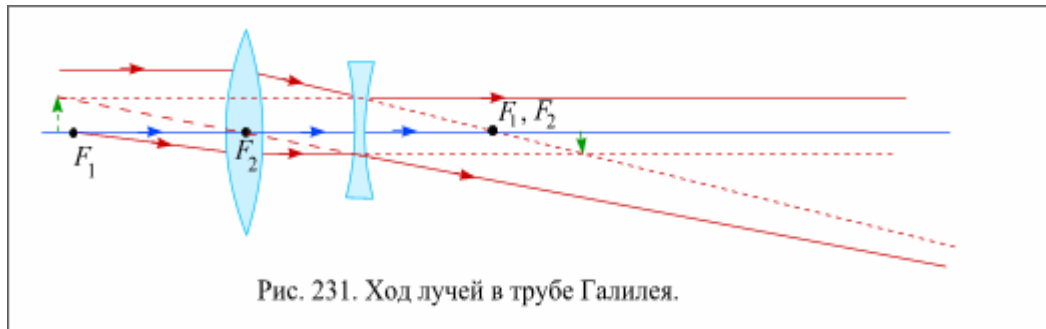
Рефракторы  
линзовые

# Линзовые телескопы (рефракторы)

Существуют косвенные свидетельства того, что оптические устройства, предназначенные для изучения звезд, были известны уже некоторым древним цивилизациям.

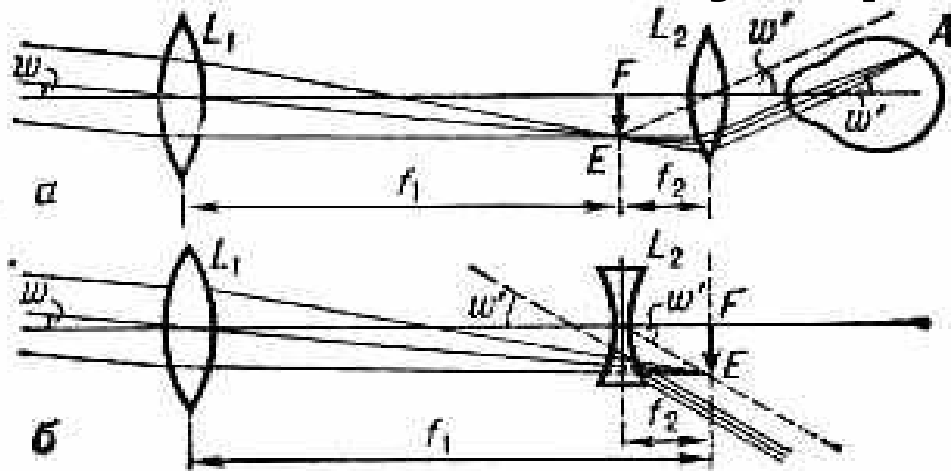


# Телескоп



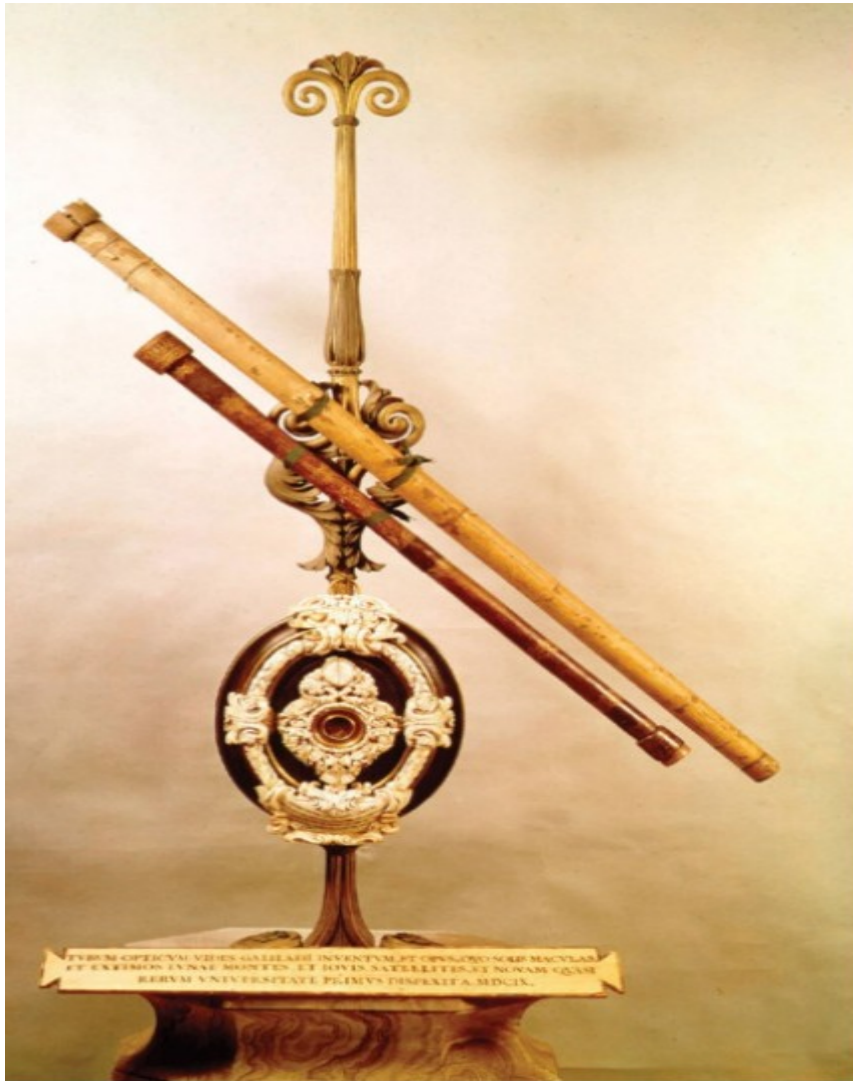
**Объектив**

**Окуляр**



1609

# Телескоп Галилея



Телескоп Галилея представлял собой свинцовую трубу с двумя линзами:

плосковыпуклой, которая служила **объективом** плосковогнутой, служившей **окуляром**.

Первая зрительная труба Галилея обеспечивала прямое изображение и лишь **трехкратное**

**увеличение**, однако впоследствии ученому удалось создать устройство, которое приближало предметы в **30 раз**.

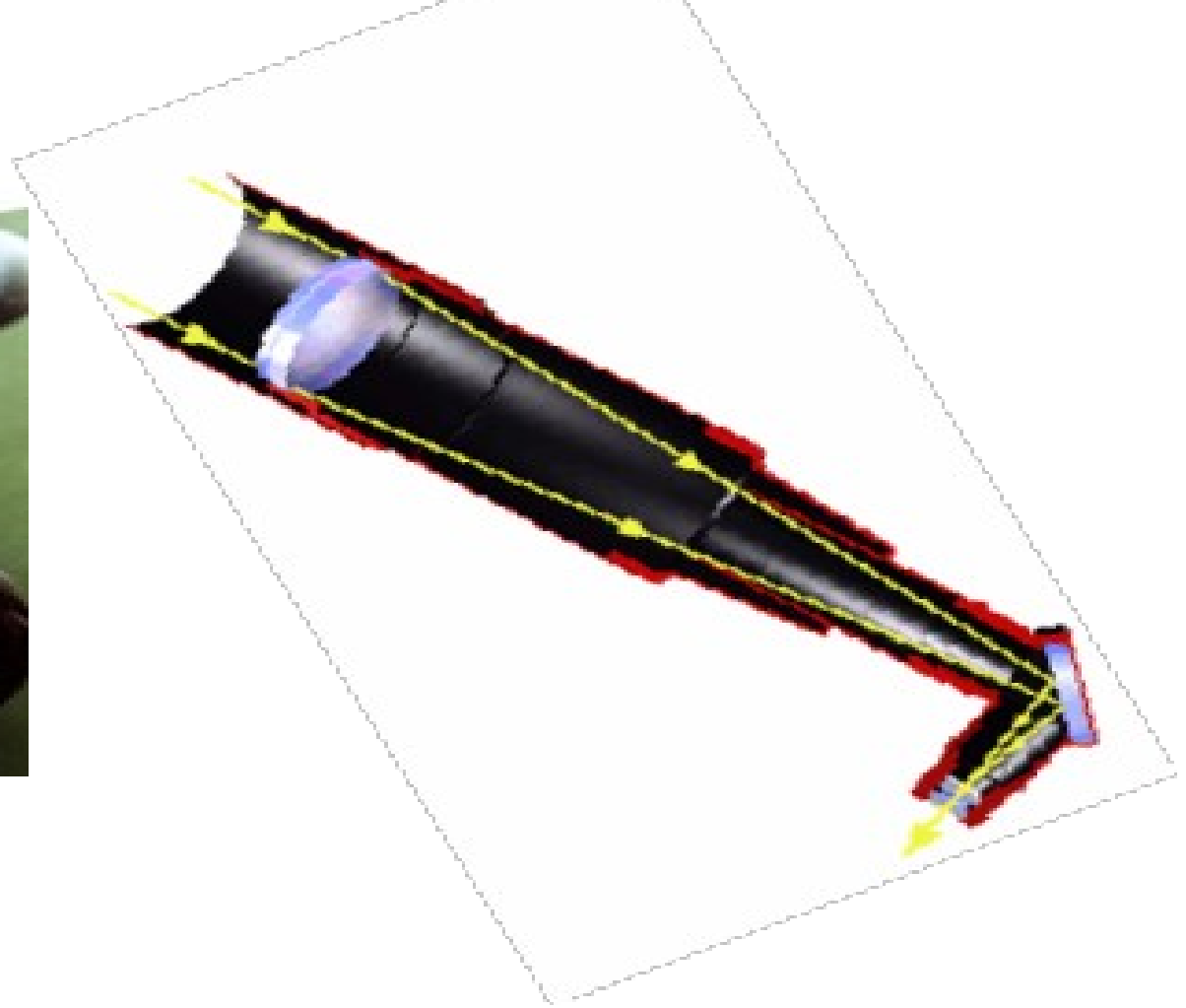
При помощи своего телескопа Галилей обнаружил:

- четыре спутника Юпитера,
- фазы Венеры,
- горы, долины, трещины, кратеры на Луне,
- пятна на Солнце.

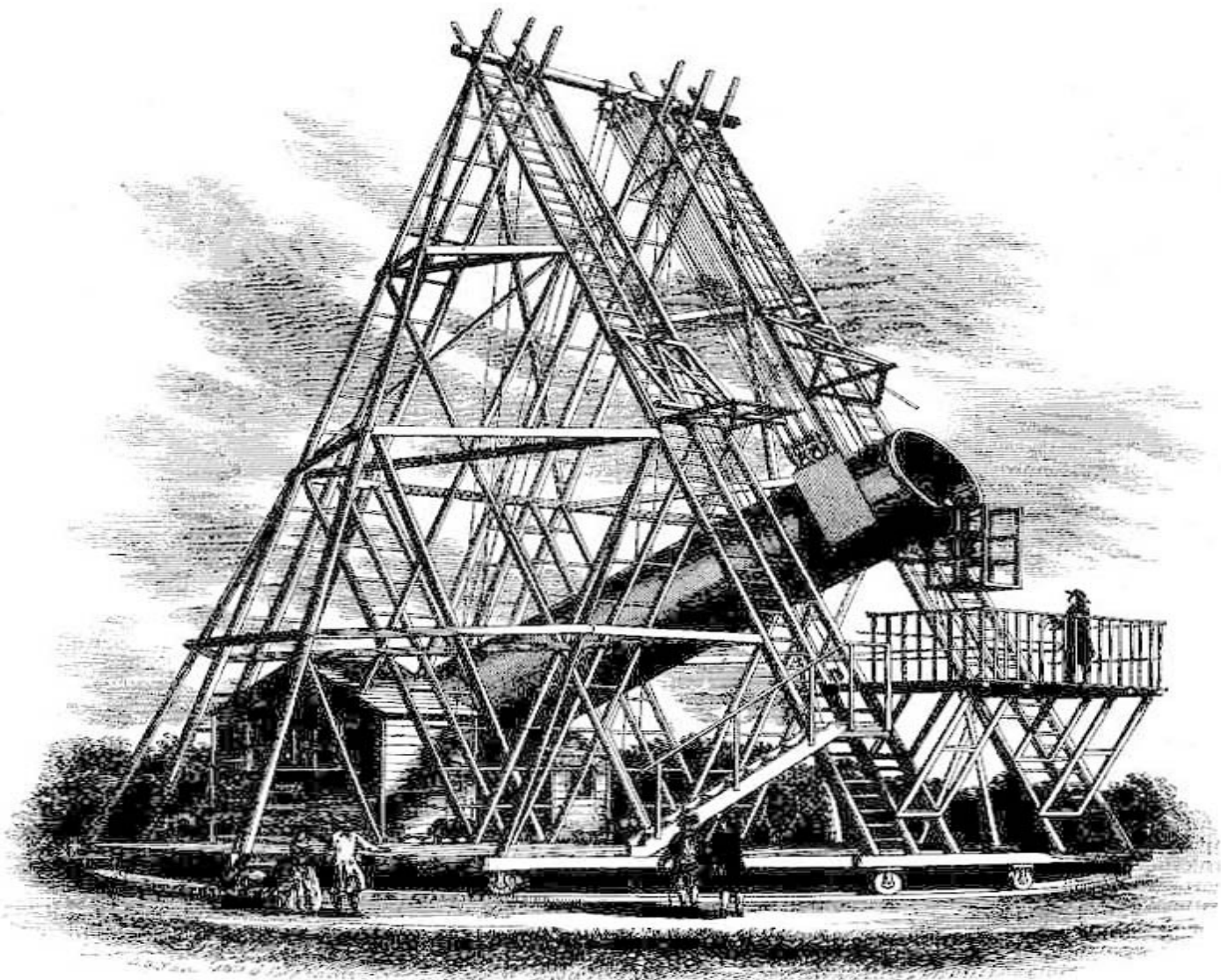


Рис. 8. Зрительная труба, подготовленная в 1613 г. по схеме И. Кеплера.

Схема галилеевского **телескопа** была усовершенствована **Кеплером**, который создал инструмент, предлагающий перевернутое изображение, но зато имеющий значительно большее поле зрения и увеличение.

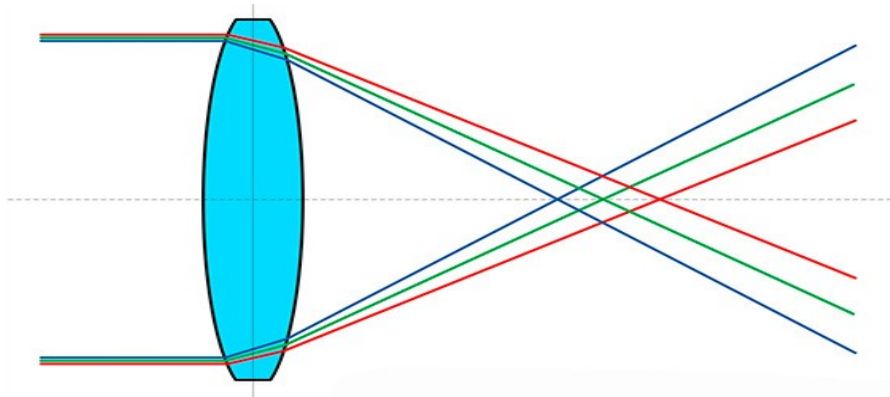






**Зенитный телескоп** — это телескоп, оптимизированный для наблюдения объектов на **относительно малом отклонении от зенита**. Благодаря высокой точности зенитные телескопы использовались для отслеживания точного положения Северного полюса Земли.

# Хроматическая aberrация



**Астигматизм** - это одна из пяти монохроматических Зейделевых оптических aberrаций 3-го порядка свойственных центрированным оптическим системам.

Астигматизм проявляется в том, что меридианальный и сагиттальный фокусы наклонного пучка не совпадают.

То есть **световой пучок при построении изображения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях фокусируется на разных расстояниях от выходного зрачка оптического инструмента**

**Кома** - это одна из пяти монохроматических Зейделевых aberrаций 3-го порядка. Она является проявлением неравенства увеличения для разных кольцевых зон апертуры объектива или неизопланатизма.

То есть **центральная зона апертуры объектива работает как бы с одним увеличением (масштабом изображения), а краевая зона с другим.**

Неизопланатизм измеряют в процентах - разности увеличений края апертуры по сравнению с ее центром.

# Рефлектор -

оптический телескоп, который использует зеркала для фокусировки света.

Впервые рефлектор был построен Исааком Ньютоном около **1670**.

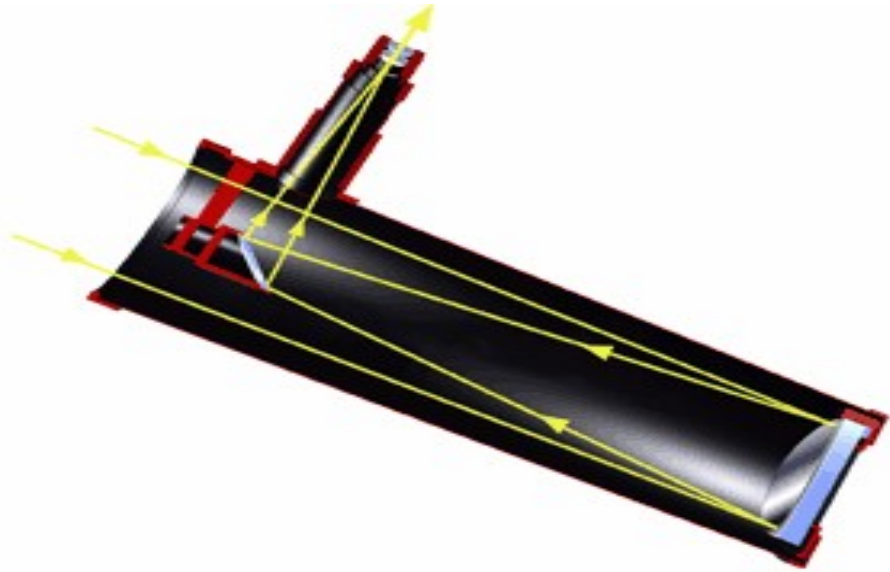


Большой  
стереотелескоп,  
**Маунт-Грэхем**,  
Аризона

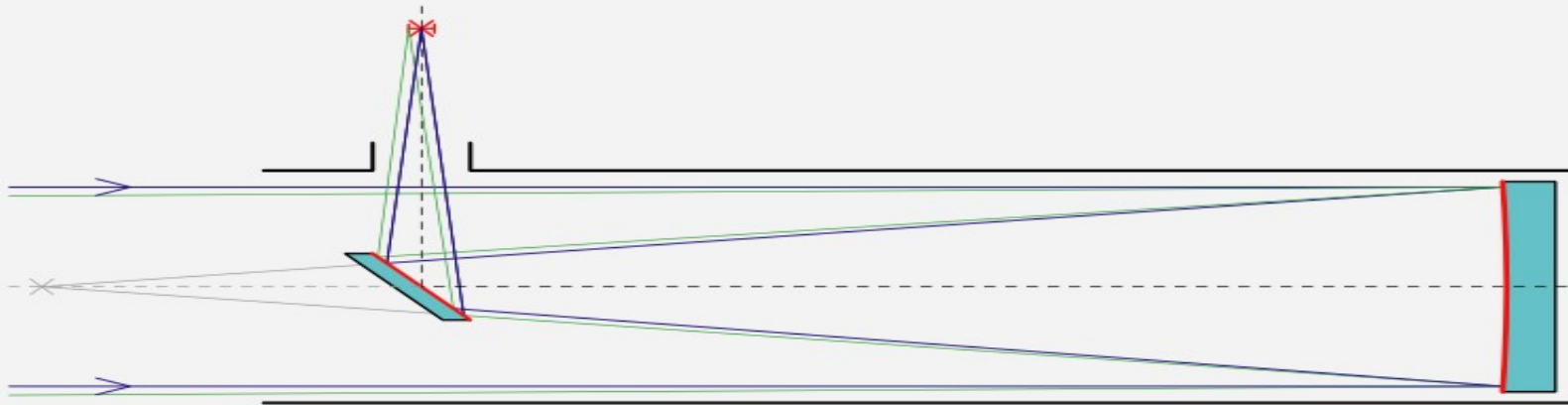
В 1668 году, после долгих экспериментов со сплавами и технологиями полировки зеркал, Ньютон продемонстрировал первый зеркальный телескоп, который, при **длине всего 15 см** и диаметре **зеркала 25 мм** действовал ничуть не хуже длинного линзового телескопа-рефрактора.

Хотя изображение, создаваемое первым телескопом Ньютона, было тусклым и недостаточно ярким, впоследствии ученому удалось значительно улучшить характеристики своего устройства.





## Newton-Teleskop



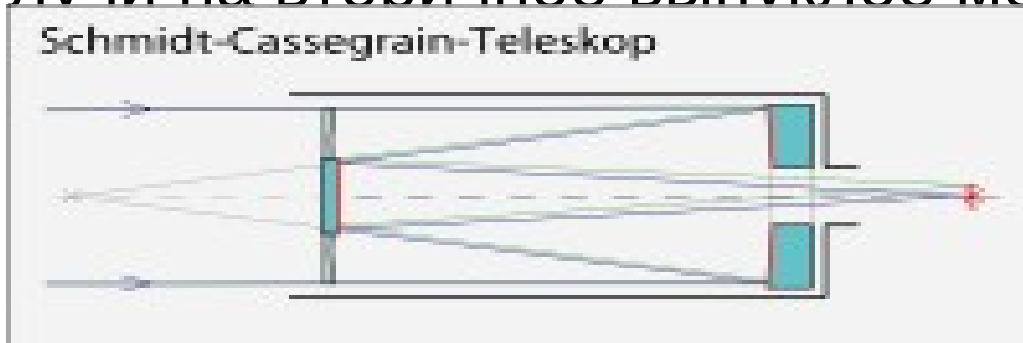
Зеркально-линзовыми принято называть такие телескопы, в которых линзовые элементы сравнимы по размеру с главным зеркалом и предназначены для коррекции изображения (оно строится главным зеркалом).

# Система Кассегрена

1672

Была предложена Лорентом Кассегреном.

Главное зеркало большего диаметра вогнутое отбрасывает лучи на вторичное выпуклое меньшего диаметра.

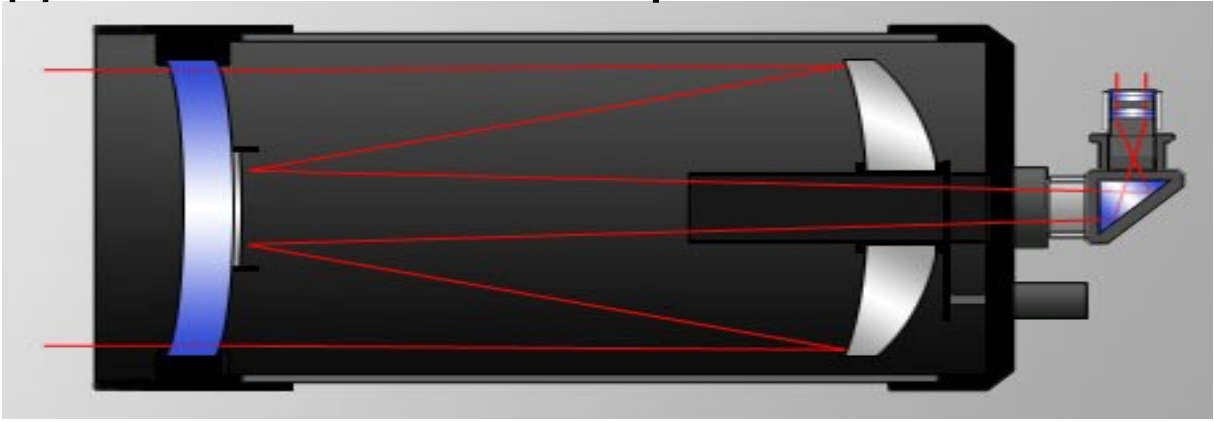


# Система Шмидта-Кассегрена

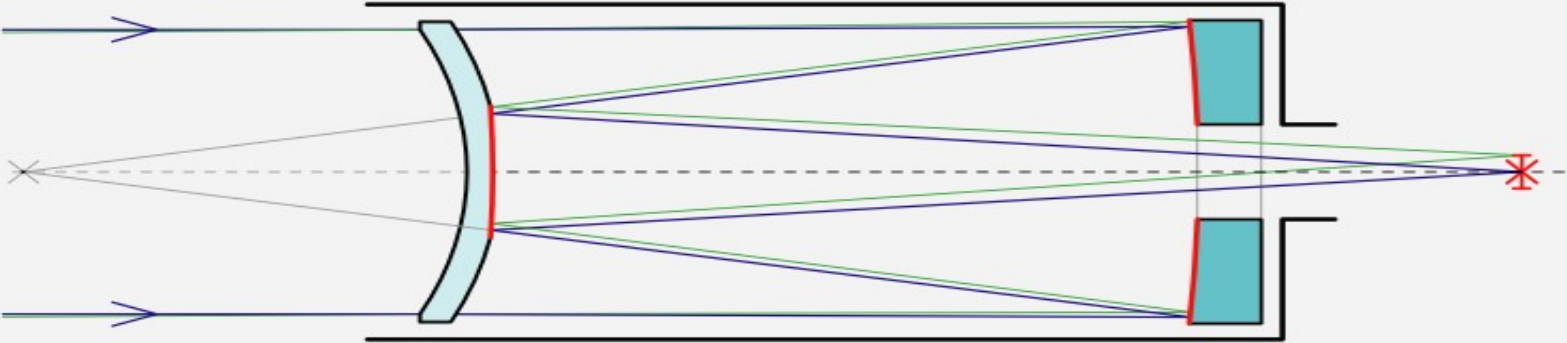
В 1930 установил в центре кривизны сферического зеркала диафрагму, сразу устранив и кому и астигматизм.

В 1946 Джеймс Бэкер установил в камере Шмидта выпуклое вторичное зеркало и получил плоское поле.

Несколько позже эта система была видоизменена и стала одной из самых совершенных систем.



### Maksutov-Teleskop

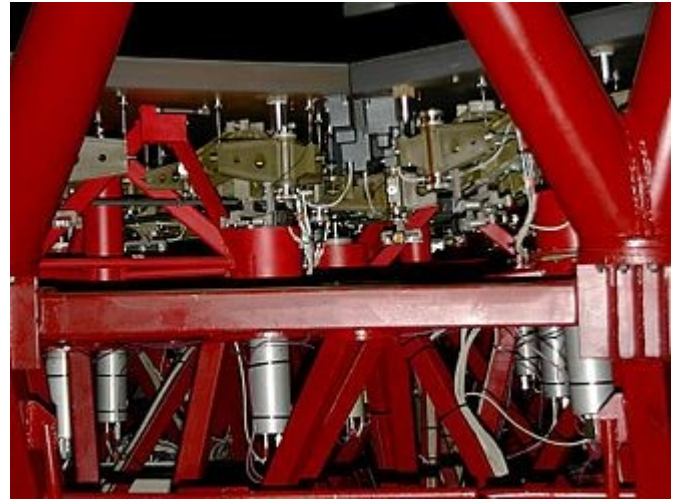


## **Активная оптика** —

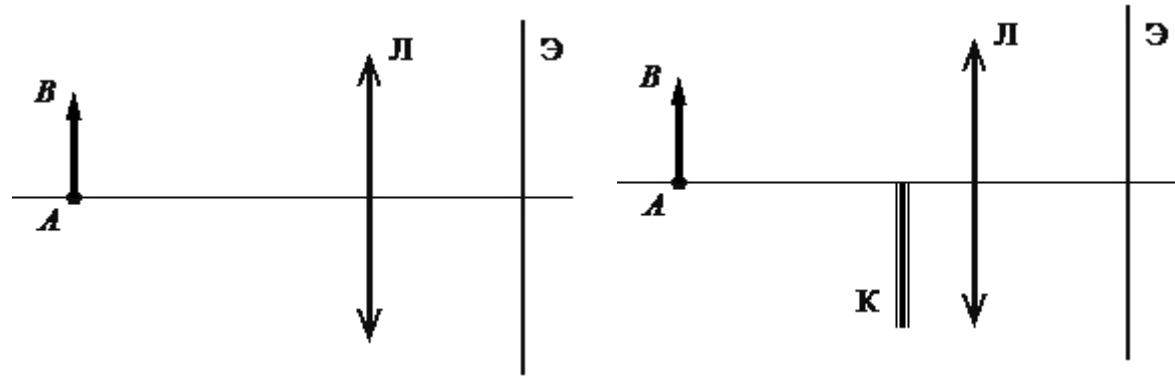
технология, используемая при создании телескопов-рефлекторов начиная с 1980-х годов, позволяющая **менять форму зеркала** телескопа для устранения деформаций вследствие внешних воздействий (ветра, температуры, механического напряжения). Без применения активной оптики невозможным было бы создание 8-метровых и более крупных телескопов.

## **адаптивная оптика**

позволяет вносить поправки за влияние атмосферы.



## Задача из ЕГЭ



Тонкая линза  $L$  даёт чёткое действительное изображение предмета  $AB$  на экране  $\mathcal{E}$  (см. рис. 1). Что произойдёт с изображением предмета на экране, если нижнюю половину линзы закрыть куском чёрного картона  $K$  (см. рис. 2)? Для обоих случаев постройте ход лучей в линзе, поясняющий решение. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



# Задача из ЕГЭ

28

Для наблюдения за ночным небом два друга купили себе по телескопу.

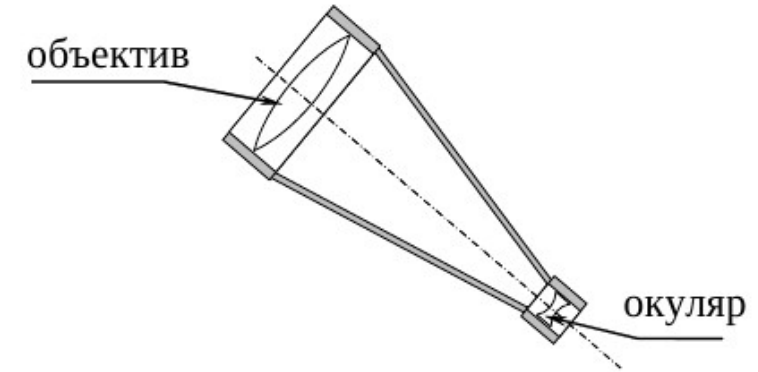
Устройство этих двух телескопов (см.схему)

и используемые материалы абсолютно одинаковые.

Единственное различие в том, что у одного из них диаметр объектива равен 15 см, а у другого – 30 см.

Размеры окуляра и его оптическая сила у обоих телескопов одинаковые.

В какой из телескопов лучше видны неяркие звёзды? Объясните свой ответ



# Крупнейшие телескопы



На данный момент крупнейшими в мире телескопами-рефлекторами являются два **телескопа Кека**, расположенные на **Гавайях**. Введены в эксплуатацию в 1993 и 1996 соответственно и имеют эффективный диаметр зеркала **9,8 м.**

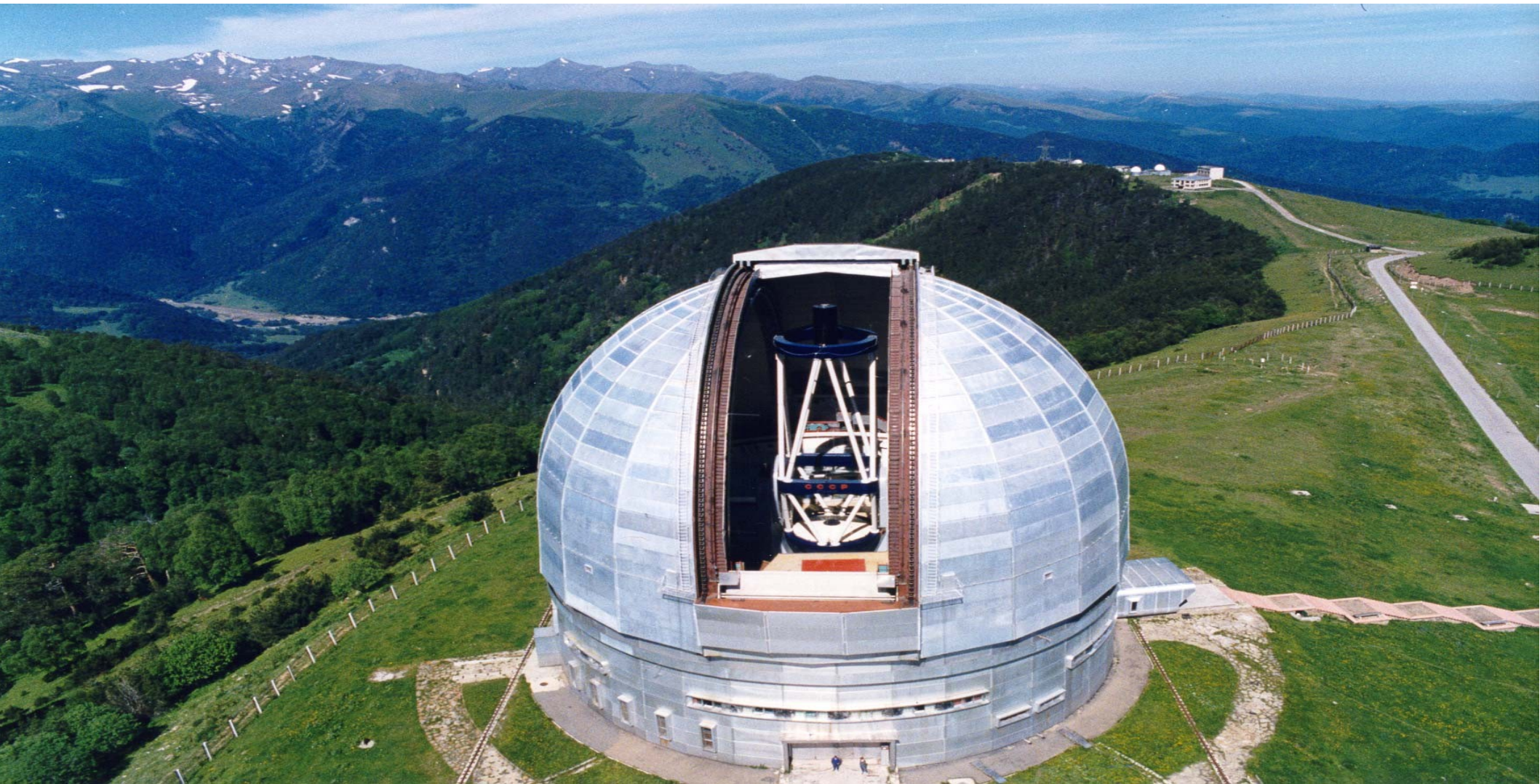


# Крупнейшие телескопы

Крупнейший в Евразии телескоп **БТА** находится на территории России, в горах **Северного Кавказа** и имеет диаметр главного зеркала **6 м**. Он работает с 1976 и длительное время был крупнейшим телескопом в мире.

**Планируется** ввод в эксплуатацию телескопа на **Канарских островах** с диаметром зеркала **10,4 м** и в **ЮАР** с диаметром зеркала **11 м**.





## Первичное зеркало (несеgmentированное)

Наибольшие зеркала находятся в двойном Большом бинокулярном телескопе, но крупнейшее одиночное зеркало является частью японского телескопа **Субару** на Мауна-Кеа (Гавайи, США). **8,2-метровое зеркало сделано из стекла толщиной 20 см и весит 22,8 т.** Благодаря 261 силовому приводу, постоянно поддерживающему зеркальный фокус, искажение снижено менее чем до 0,1 микрона.

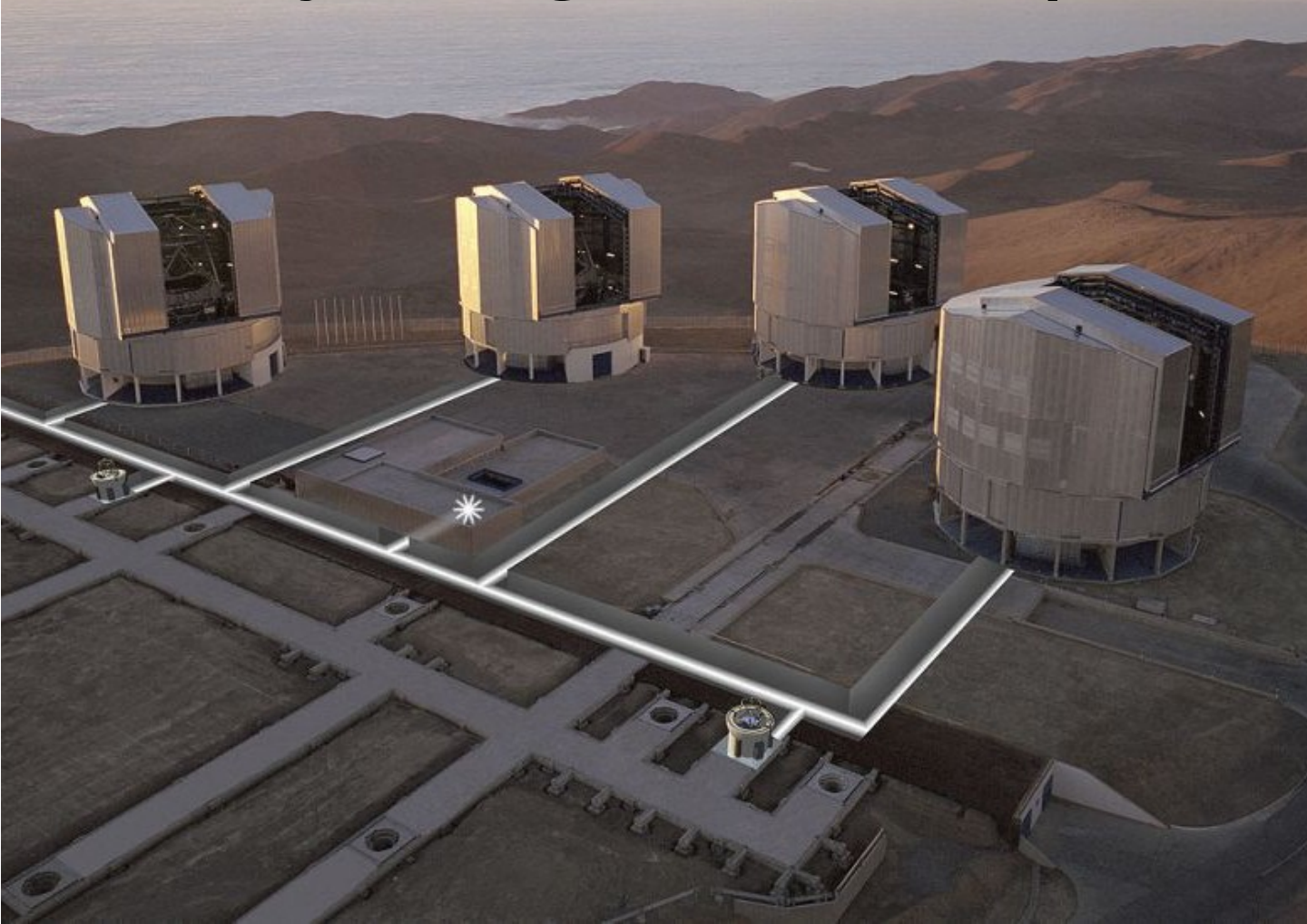


# Наибольший бинокулярный телескоп

Большой Бинокулярный телескоп в **Аризоне**, США, включает 2 идентичных телескопа, каждый с **8,4-метровым первичным зеркалом**. Работая в тандеме, они обладают светоотражательной мощностью, эквивалентной **11,8-**метровому одиночному зеркалу, и добиваются резкости изображения 22,8-метровой апертуры.



# Very Large Telescope



Комплекс из **четырёх 8,2-**метровых и четырёх вспомогательных 1,8 м оптических телескопов, объединённых в одну систему.

Среди оптических телескопов VLT является самым большим на Земле по общей площади зеркал, и имеет наибольшую разрешающую способность в мире.

Установлен на горе **Серро Параналь**, высотой 2635 м, в **Чили**, в Паранальской обсерватории.



# Самая высотная астрономическая обсерватория

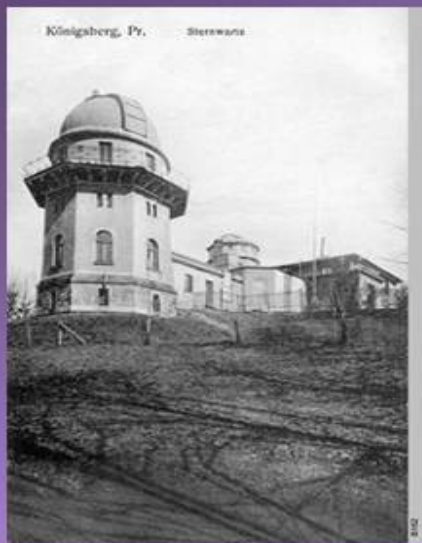


University of Tokyo Atacama Observatory (TAO) был построен в **Чили** на высоте 5640 м.

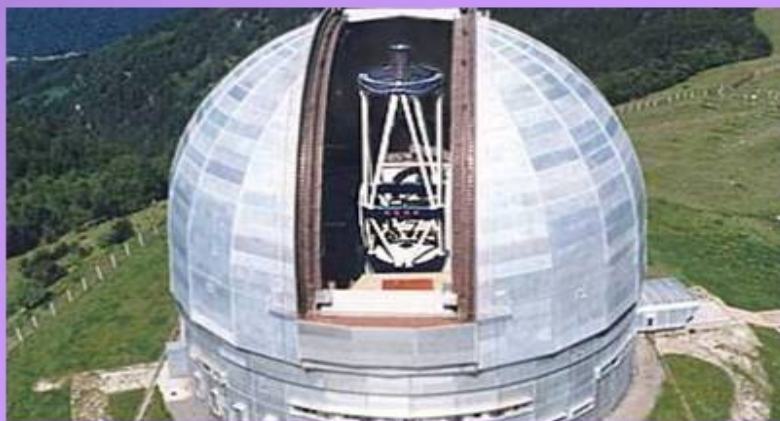
TAO установлен на вершине Серро-Чажнантор в пустыне Атакама. Обсерватория обладает **инфракрасным** телескопом, завершённым в марте 2009 г.

# Обсерватории РОССИИ

/Всего 16/



*Кёнигсбергская (24 м)*



*Астрофизическая обсерватория РАН  
(Северный Кавказ)- 2100 м*



*Уссурийская (станция Службы  
Солнца) -2000 м*



*Звенигородская (180 м)*



# Кавказская горная

обсерватория ГАИШ МГУ

**Кавказская горная  
обсерватория ГАИШ  
МГУ (КГО ГАИШ МГУ) —  
исследовательская и  
учебная астрономическая  
обсерватория,  
принадлежащая ГАИШ  
МГУ. Основана в 2009**

**году на северо-восточном  
ребре**

**горы Шатджатмаз, Республ**



Три основных конкурента в **следующем поколении  
обсерваторий** –

Giant Magellan Telescope (Ла-Серена, Чили),  
Thirty Meter Telescope (Мауна-Кеа, Гавайи) и  
European Extremely Large Telescope (Серро-Армасонес, Чили).

Их предполагается завершить в ближайшее десятилетие, со  
среднем бюджетом около **700 млн. USD**



# Радиотелескоп



Arecibo Observatory

– состоит из тарелки  
диаметром **305 м,**  
**занимающей 7,48 га**

Тарелка покрыта **38 778**  
**алюминиевыми**

**панелями.** Над  
тарелкой возвышается  
подвижный 100-  
метровый облучатель,  
позволяющий  
наблюдать больше  
участков неба.





# РАТАН-600

Крупнейший в мире радиотелескоп с рефлекторным зеркалом.

Принадлежит Специальной астрофизической обсерватории Российской академии наук.

Предназначен для исследования солнечного ветра, планет и спутников, радиогалактик, квазаров, космического микроволнового фона.

Длины волн радиоволны 0,8 — 50 см  
(610 — 35 000 МГц)

Диаметр – 576 м

Эффективная площадь антенны –  
1200 м<sup>2</sup>





## **Космический лучевой телескоп**

Pierre Auger Observatory – совокупность 1600 детекторов частиц, ищущих **космические частицы крайне высоких энергий**, которые предположительно являются продуктом излучений сверхтяжелых черных дыр.

За 100 лет лишь одна частица высоких энергий падает на 1 кв. км, поэтому обсерватория растянулась на **3000 кв. км в Аргентине**.

## Внеатмосферная астрономия

Исследования с помощью **космической техники** занимают особое место среди методов изучения небесных тел и космической среды. Начало было положено запуском в СССР в 1957 году первого в мире искусственного спутника Земли. Космические аппараты позволили проводить исследования **во всех диапазонах** длин волн электромагнитного излучения.

Внеатмосферные наблюдения позволяют принимать в космосе излучения, которые поглощает или очень меняет земная атмосфера: радиоизлучения некоторых длин волн не доходят до Земли, а также корпускулярные излучения Солнца и других тел.

Исследование этих, ранее недоступных видов излучения звезд и туманностей, межпланетной и межзвездной среды очень обогатило наши знания о физических процессах Вселенной. В частности, были открыты неизвестные ранее источники рентгеновского излучения — рентгеновские пульсары. Много информации о природе отдаленных от нас тел и их систем также получено благодаря исследованиям, выполненным с помощью спектрографов, установленных на различных космических аппаратах.

# Космические телескопы

**Астрон** — космический **ультрафиолетовый** телескоп (СССР).

**Хаббл** — космический телескоп-рефлектор. (США).

**Swift** — космическая обсерватория для наблюдения **гамма-вспышек** (США, Италия, Великобритания).

**WFIST** — **инфракрасная** космическая обсерватория (США).

**Джеймс Уэбб** (телескоп) - орбитальная **инфракрасная** обсерватория (NASA, ESA, CSA).

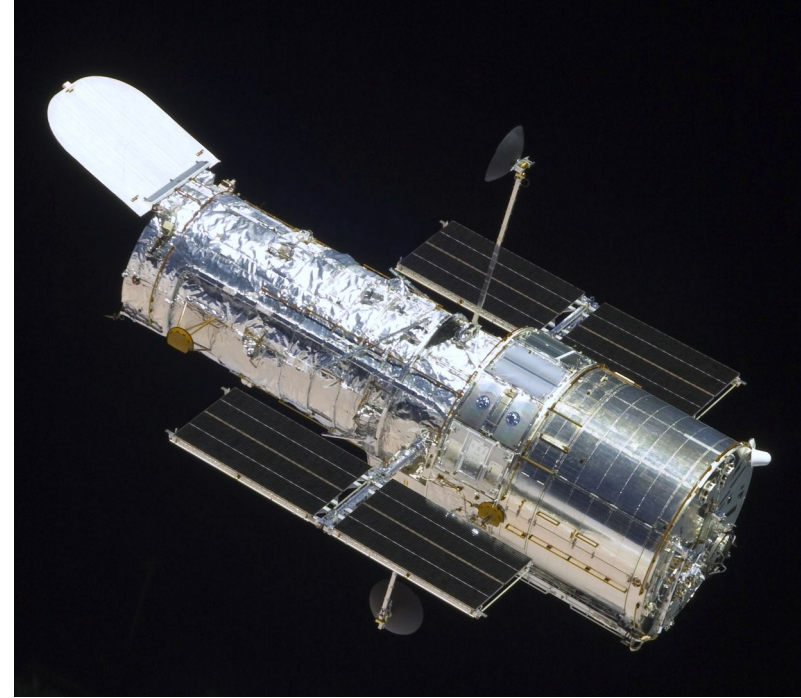
# КОСМИЧЕСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ

«Спитцер» – космический аппарат научного назначения, запущенный НАСА 25 августа 2003 года и предназначенный для наблюдения космоса в **инфракрасном** диапазоне.

Был назван в честь Лаймэна Спитцера.

В 1946 году, американский астрофизик Лаймэн Спитцер опубликовал статью «Астрономические преимущества внеземной обсерватории».

В 1962 году **Национальная Академия Наук США** рекомендовала начать разработку орбитального телескопа.







## «Хаббл»

Космический телескоп «Хаббл»  
— работает в волновом  
диапазоне: 0,11 — 2,4 мкм  
(**ультрафиолетовый,  
видимый, инфракрасный**).

# Наибольший черенковский телескоп

Телескоп H.E.S.S. II - новейшая часть High Energy Stereoscopic System - обладает диаметром **28 м** и **общей площадью отражения 614 кв. м.**

Он фиксирует слабое **черенковское излучение от частиц, чья скорость превышает скорость света в данной среде.**

H.E.S.S. II увидел 1-й свет на Кхомасском высокогорье (Намиб.) 26 июля 2012 г.

H.E.S.S. II больше многих телескопов, но как черенковский детектор, входит в другую категорию, нежели телескопы, дающие достоверное изображение.

# Обсерватория ТАІGA (Россия)



Проконспектировать слайды с 90 по 103.

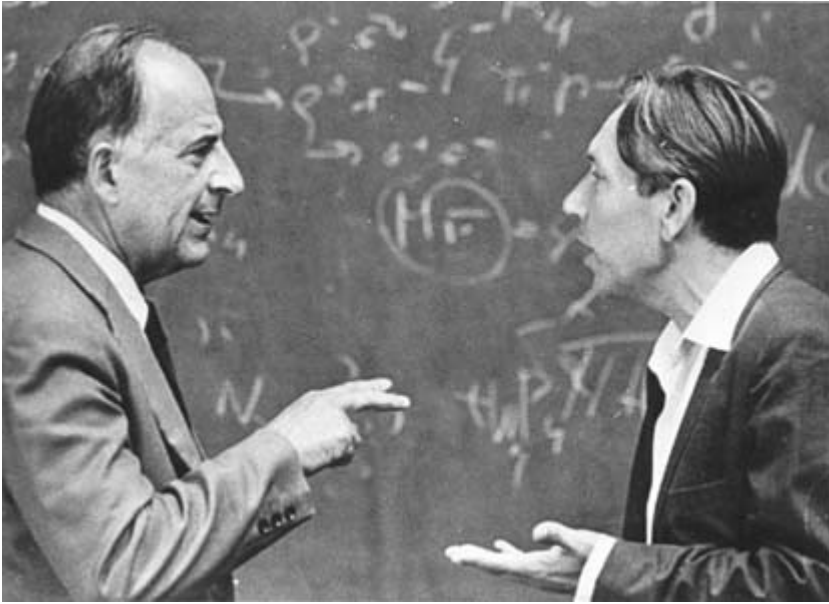
Для желающих:

\* Краткая научная биография

(Бабакин, Глушко, КБ Кузнецова, Черток,  
Каманин, Челомей).



# Нейтрино



Нейтрино – частица, которая не имеет заряда и при этом **слабо взаимодействует с веществом.**

Рождается во взаимодействиях ядер и протонов с веществом тела-источника.

В силу слабого взаимодействия с любыми материалами и электромагнитным полем нейтрино **способны беспрепятственно путешествовать на огромные расстояния, не меняя своей траектории.**

Эти свойства нейтрино дают возможность наблюдать **за дальними уголками Вселенной.**

Информация, полученная от нейтрино, дает ученым ключ к новому пониманию эволюции Вселенной, позволяет заглянуть внутрь одного из самых трудных для изучения объектов – нашей планеты.



# Нейтринная астрономия

- В для выявления нейтрино используют специальные **подземные объекты**, такие как SAGE, GALLEX и Камиока . Эти нейтрино приходят главным образом от **Солнца**, но также от **сверхновых** звёзд.
- Современные обсерватории могут регистрировать космические лучи, поскольку это **частицы очень высокой энергии**, дающие при входе в атмосферу Земли **каскады вторичных частиц**.
- Некоторые детекторы нейтрино будут также непосредственно чувствительны к частицам, рожденным, когда **космические лучи попадают в атмосферу Земли**

20 ноября **1946**

**Б. М. Понтекорво**

основы хлор-  
аргонного метода  
регистрации  
нейтрино.

Уникальные особенности этой реакции и определили ее приоритет.

Порог реакции относительно низкий (0,814 МэВ), то есть, за исключением р-р-нейтрино, все другие группы способны превратить  $^{37}\text{Cl}$  в  $^{37}\text{Ar}$ .

Используется жидкий детектор – перхлорэтилен  $\text{C}_2\text{Cl}_4$ , относительно дешевое вещество (обычная жидкость для химической чистки одежды).

Принципиально важным является то, что  $^{37}\text{Ar}$  – **благородный газ**, он не вступает в химические реакции, поэтому образующиеся атомы Ar не прилипают ни к молекулам  $\text{C}_2\text{Cl}_4$ , ни к примесным молекулам, содержащимся в перхлорэтилене

**1967 Р. Дэвис**

**Эксперимент по регистрации солнечных нейтрино** с детектором из  $C_2Cl_4$  массой в 600 т .

**380 000 литров  $C_2Cl_4$**

экспонировались в течение нескольких месяцев в старой шахте, где когда-то добывали золото, на глубине 1,5 км под землей, что эквивалентно экранировке слоем воды толщиной около 4,5 км.



Затем вся система продувается гелием, проводится отделение аргона от гелия и, наконец, производится счет **нескольких десятков атомов  $^{37}Ar$** .

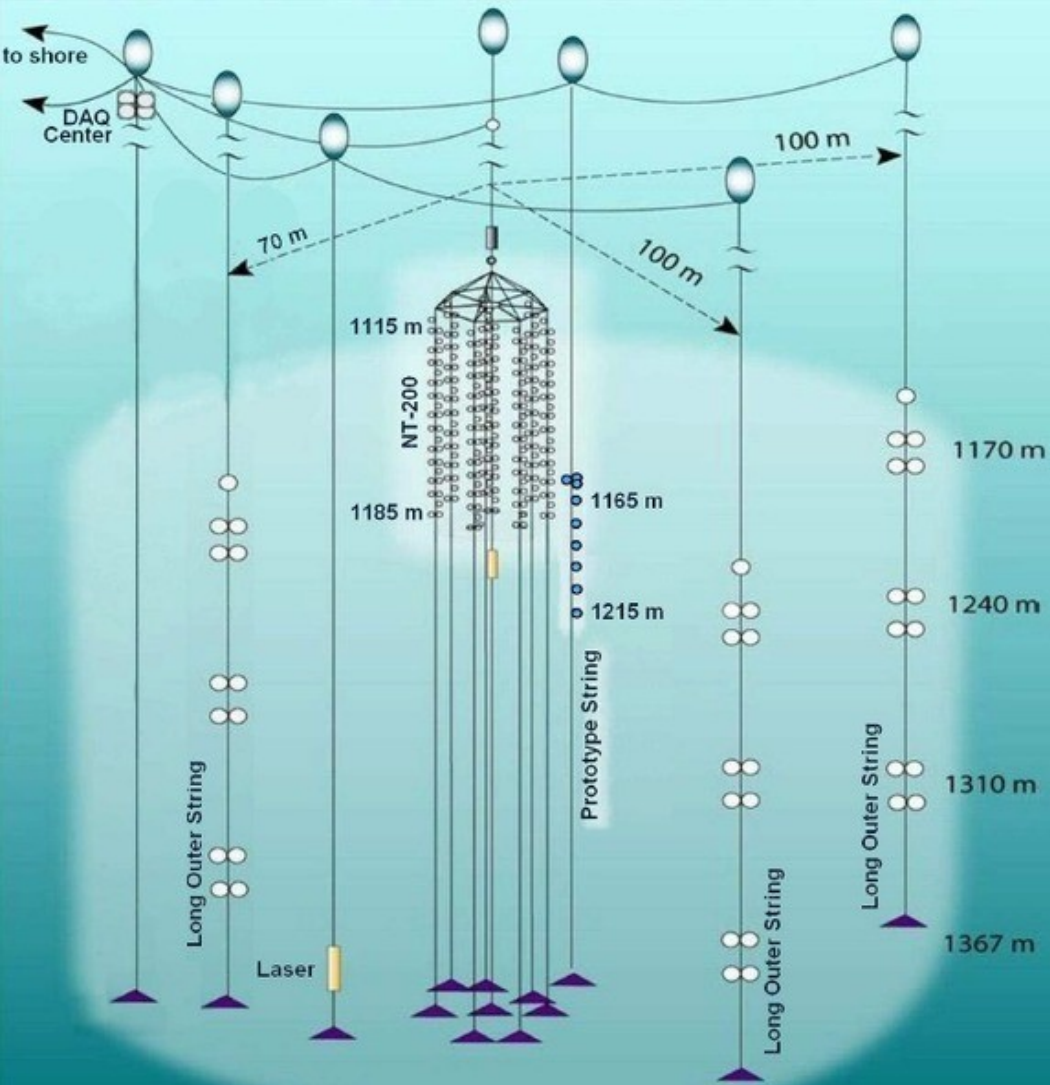
Количество образовавшихся атомов  $^{37}Ar$  и позволяет вычислить поток солнечных нейтрино.

**Моисей Александрович  
Марков**



Нейтрино в результате малых взаимодействий с водой порождает множество заряженных частиц, которые имеют высокую энергию и движутся сквозь воду быстрее, чем фотоны.

В случае, когда заряженная частица движется сквозь прозрачную среду со скоростью больше скорости света в этой среде – она излучает большое количество фотонов, которые можно зарегистрировать. Это явление и получило название — **эффект Вавилова — Черенкова**



**1994**

развертка **NT-200** на дне Байкала была окончена.

Нейтринный телескоп содержал почти **196** оптических модулей , и в том уже году смог зарегистрировать первые нейтрино

## 1995 – 2000 США

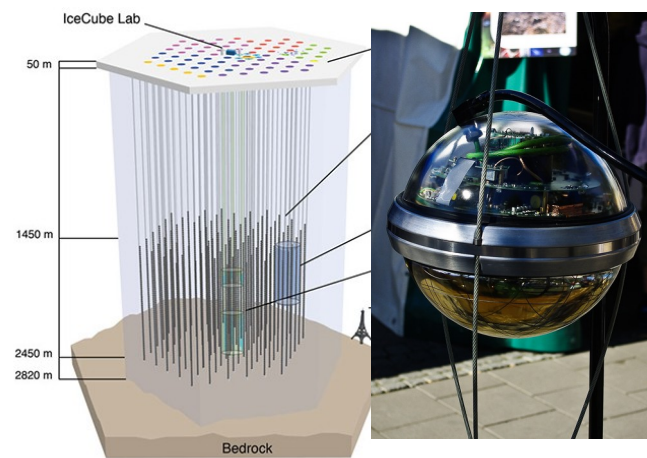
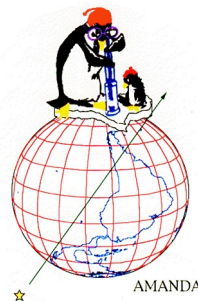
Проект был назван **AMANDA** (Antarctic Muon And Neutrino Detector Array)

**во льдах Антарктиды**, так как лед также является прозрачной средой.

Бурение скважины происходило с использованием горячей воды, далее в скважину опускались фотоумножители.

На проведение указанной операции у ученых было всего 48 часов, после чего скважина вновь замерзала.

Данный детектор представлял собой **677** оптических модулей, которые располагались на 19-ти отдельных кабелях, помещенных на глубину 1500-1900 метров и образующих кольцо диаметром 200 метров.





**2011**

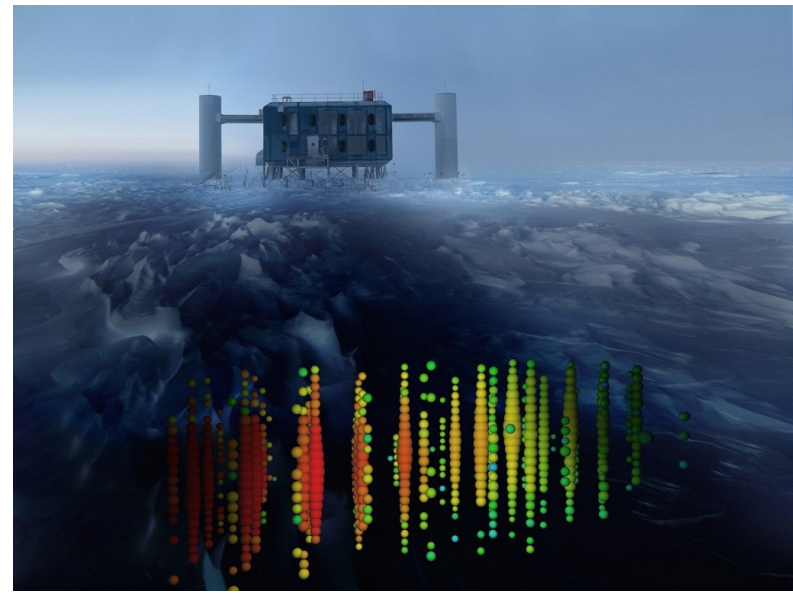
Первым завершённым проектом стал наследник детектора AMANDA — нейтринная обсерватория **IceCube** («ледяной куб»), которая располагается в Антарктиде, на станции Амундсен-Скотт — прямо у Южного полюса Земли.

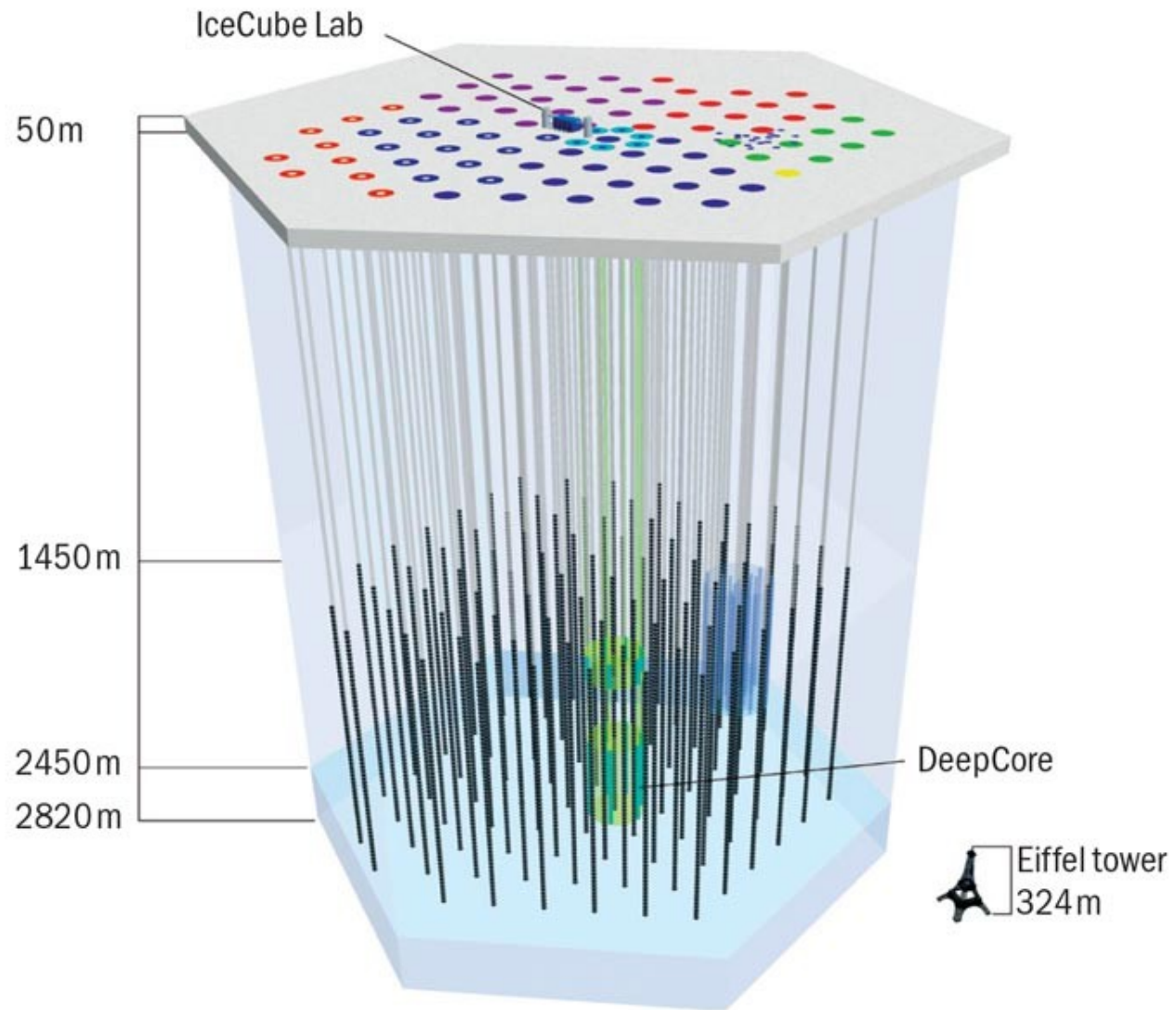
Детекторы телескопа в виде гирлянд располагаются на глубине от **1450 до 2450** метров, каждая такая гирлянда имеет **60 фотоумножителей**.

Проект получил название «ледяной куб» так как общий объем, с которого производится регистрация черенковского излучения составляет **1 кубический километр**.

**IceCube** детектирует нейтрино, которые идут со стороны Земли. Такая настройка позволяет отфильтровать поток нейтрино от общего потока частиц, которые могут приходить из атмосферы или космоса. Насколько известно ученым – **только нейтрино способно пролететь сквозь вещество Земли.**

Таким образом IceCube, находясь на Южном полюсе, улавливает частицы, приходящие с северной стороны планеты



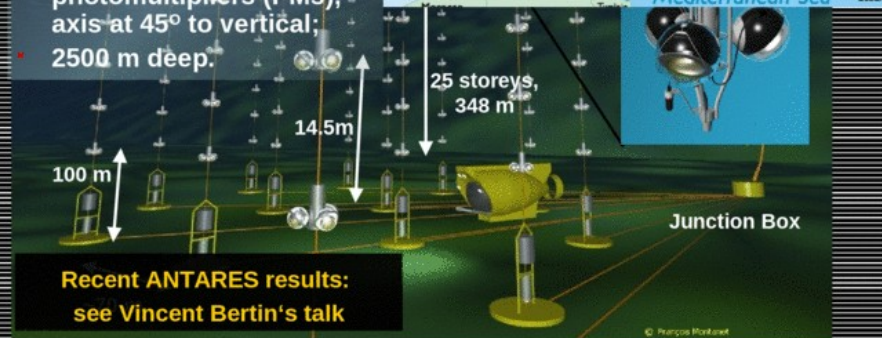


Несмотря на свои масштабы, установка IceCube все же имеет недостатки, которые вызваны тем, что **лед все же несколько рассеивает рождаемые внутри фотоны**, а потому, говоря простыми словами, получаемое изображение из космоса несколько размыто.

**В воде же рассеивание фотонов практически нет** и точность наблюдений будут значительно выше.

## ANTARES: Detector Design

- String-based detector;
- Underwater connections by deep-sea submersible;
- Downward-looking photomultipliers (PMs), axis at 45° to vertical;
- 2500 m deep.



2008

Евразийской коллаборацией (в т.ч. МГУ) была разработана еще одна подводная установка для регистрации нейтрино описанным способом – **ANTARES**. Она продолжает работу и сегодня – в Тулонской бухте вблизи Франции.

Данная установка состоит из **12-ти 30-метровых вертикальных гирлянд**, крепящихся ко дну одним концом и к бую – другим, и имеющих на себе по **75 оптических модулей**. Гирлянды располагаются на расстоянии 70-ти метров друг от друга



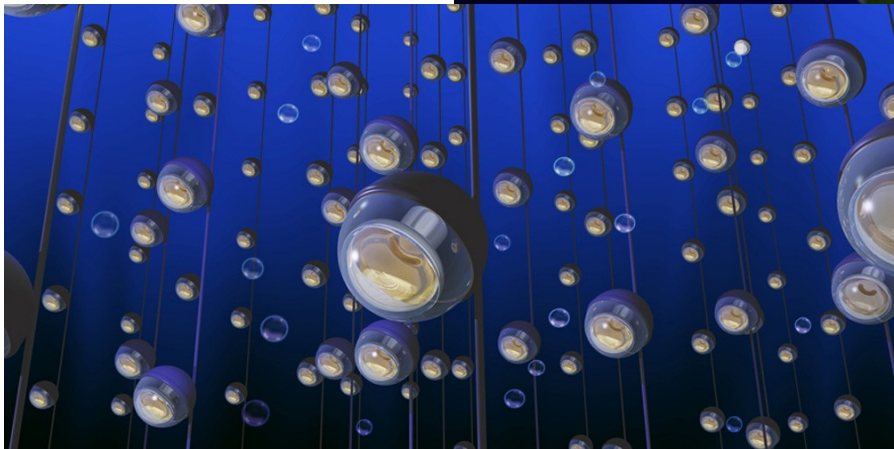
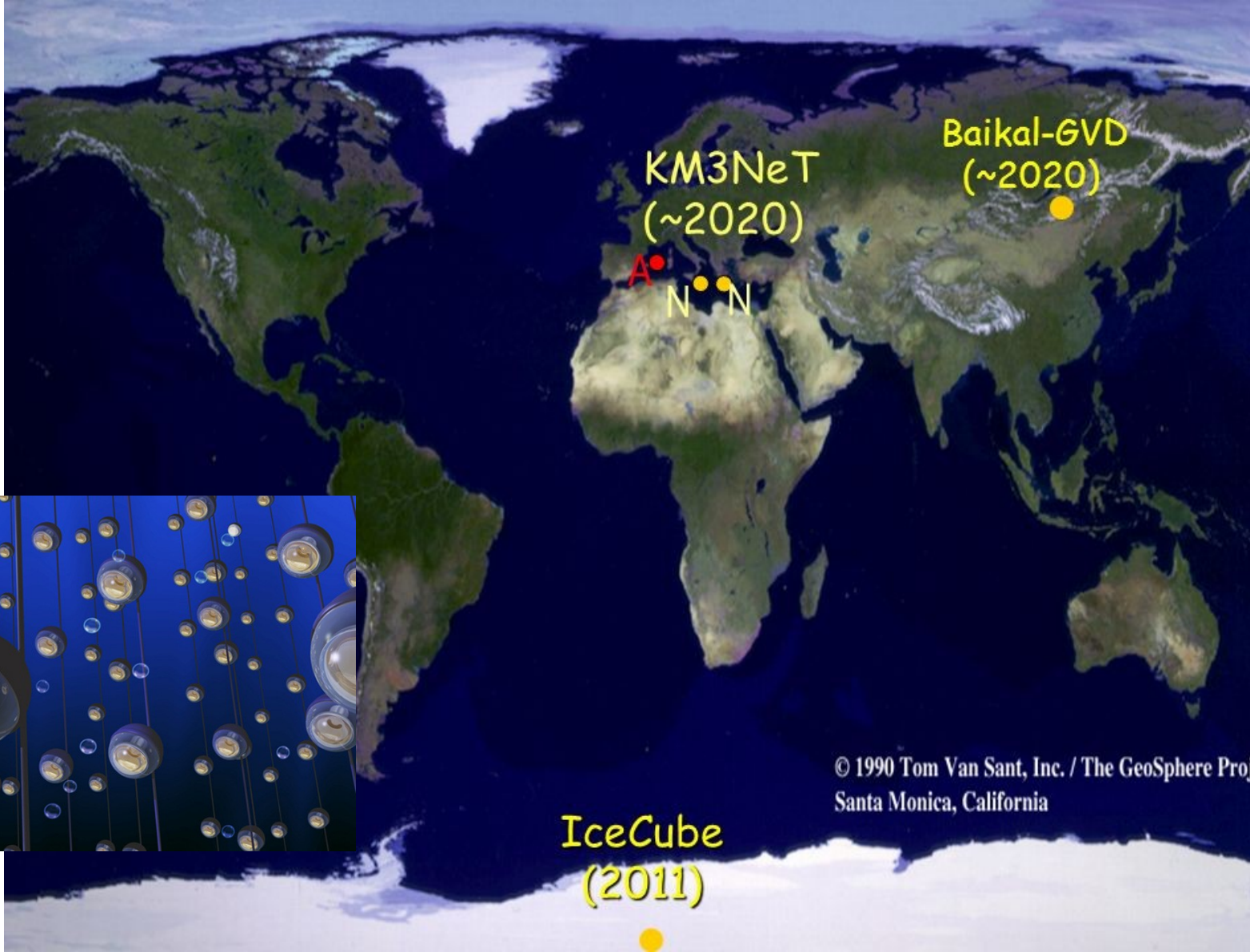
**В 2010-х** началось создание **массива нейтринных телескопов на дне Средиземного моря.**

В трех локациях, у берегов **Франции** (KM3NeT-Fr), **Италии** (KM3NeT-It) и **Греции**, планировалось расположить по два блока детекторов, каждый объемом около 0,5 кубического километра.

В 2015-м году первая гирлянда детекторов KM3NeT-It была установлена у берегов Сицилии и в декабре того же года новый телескоп начал регистрировать нейтрино.

Каждый блок KM3NeT-It будет располагаться **на глубине около 3400 метров** и **гирлянды высотой около 700 метров** образуют область детектирования объемом **0,5 кубического километра**. Оптические модули располагаются на гирлянде на расстоянии в 20 метров друг от друга.

Французский детектор KM3NeT-Fr планируется поместить на глубину в **2475 метров**. И хотя он будет иметь столько же узлов сколько их у KM3NeT-It, его **размеры будут в 250 раз меньше итальянского, так как узлы будут значительно ближе друг к другу**. В связи с этим KM3NeT-Fr сможет заняться **поиском нейтрино меньших масс**. Завершение установки всех шести блоков KM3NeT планируется к 2025-му году.

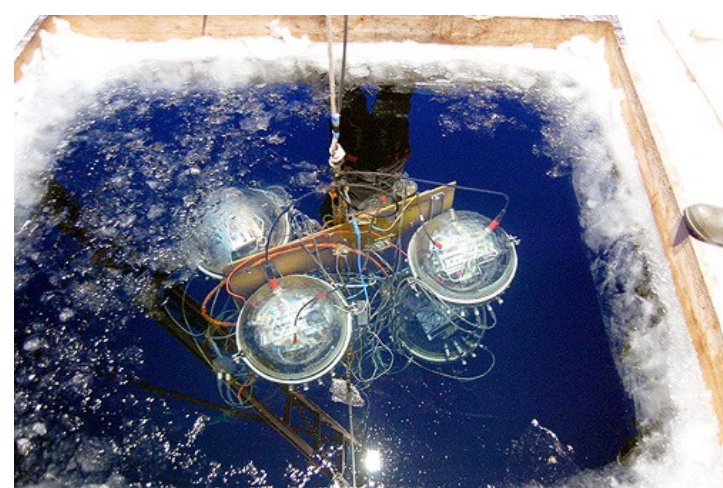


© 1990 Tom Van Sant, Inc. / The GeoSphere Project  
Santa Monica, California

IceCube  
(2011)

Кубокилометровая версия нейтринного телескопа разрабатывается и в **России**. Коллаборация «Байкал» в **2015**-м году развернула первый кластер гирлянд под названием **«Дубна»**.

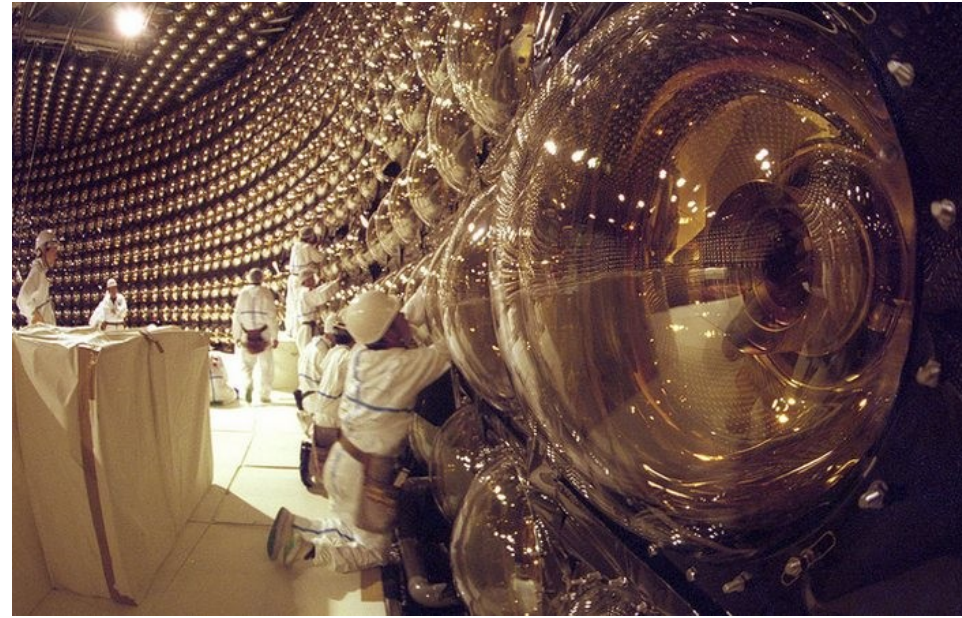
Кластер представляет собой **192 сферических оптических модуля**, расположенных на нескольких гирляндах на глубине **1300 метров** на дне озера **Байкал**. К 2020-му году планируется развертывание установки из **10-12 кластеров**, общим объемом которых составит около **0,5 кубического километра**





## Подземные нейтринные детекторы

Помимо нескольких подводных нейтринных детекторов существуют также подземные детекторы, работающие по тому же принципу. Их отличие в том, что **для детектирования используется искусственный резервуар с водой**. Также благодаря своему расположению данные телескопы используют земные породы в качестве фильтра частиц, избавляющих детекторы от регистрации стороннего (фонового) излучения, вроде космического.



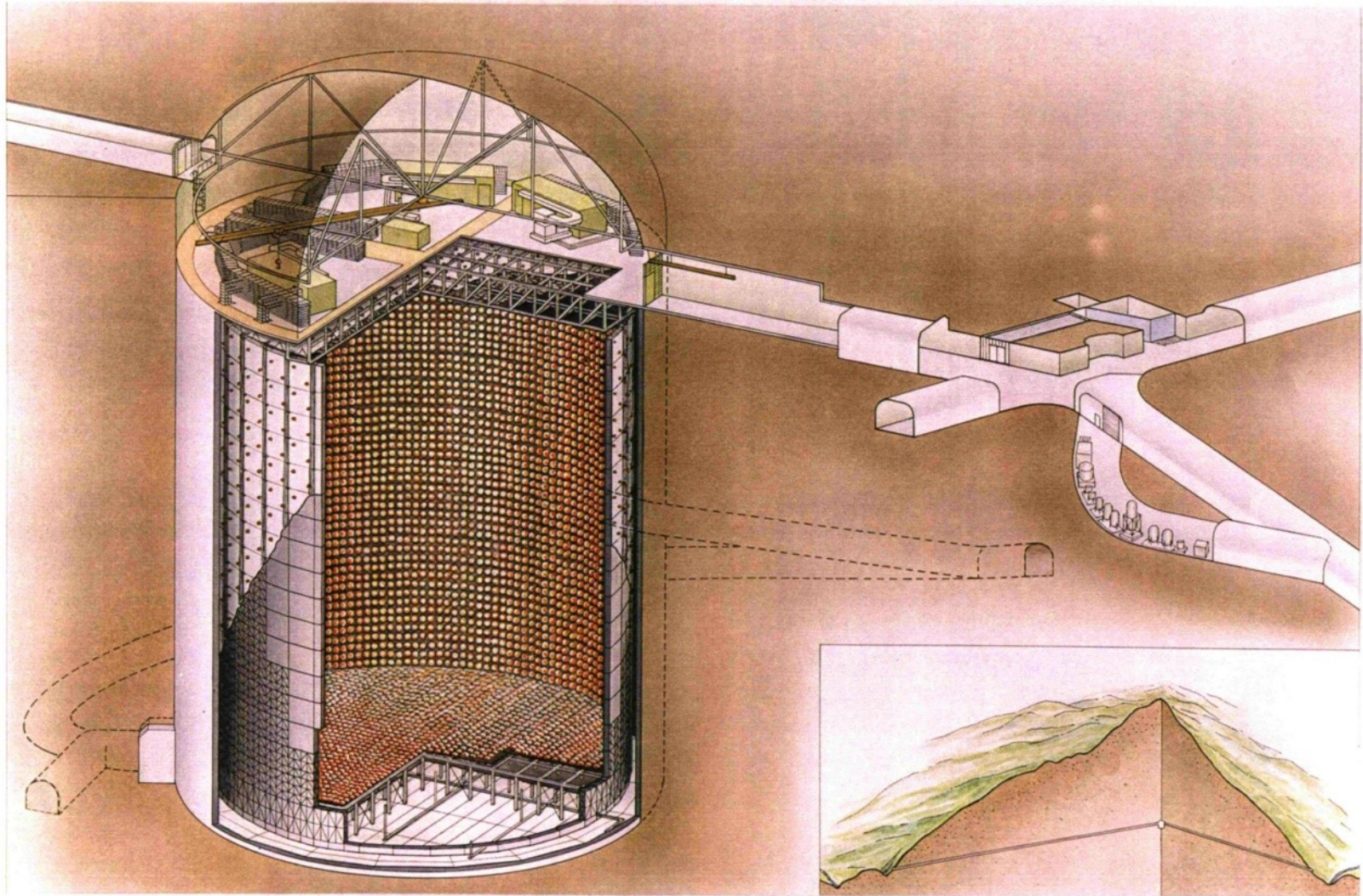
**1996** Наибольшим подземным нейтринным детектором является Super-Kamiokande, который располагается несколько севернее Токио, в **цинковой шахте на глубине 1 км**. Детектор представляет собой резервуар **диаметром 40 метров и высотой 42 метра**, который состоит из нержавеющей стали.

Он заполнен **50 000 тонн очищенной воды**.

На стенах резервуара находятся **11 146** фотоумножителей, высокая чувствительность которых позволяет регистрировать даже один квант света.

Постройка Super-Kamiokande была завершена в **1996**-м году и с тех пор количество его фотоэлектронных умножителей растет.





## SNO

Еще один детектор расположен около канадского города Садбери в шахте на глубине **двух километров** — Sudbury Neutrino Observatory.

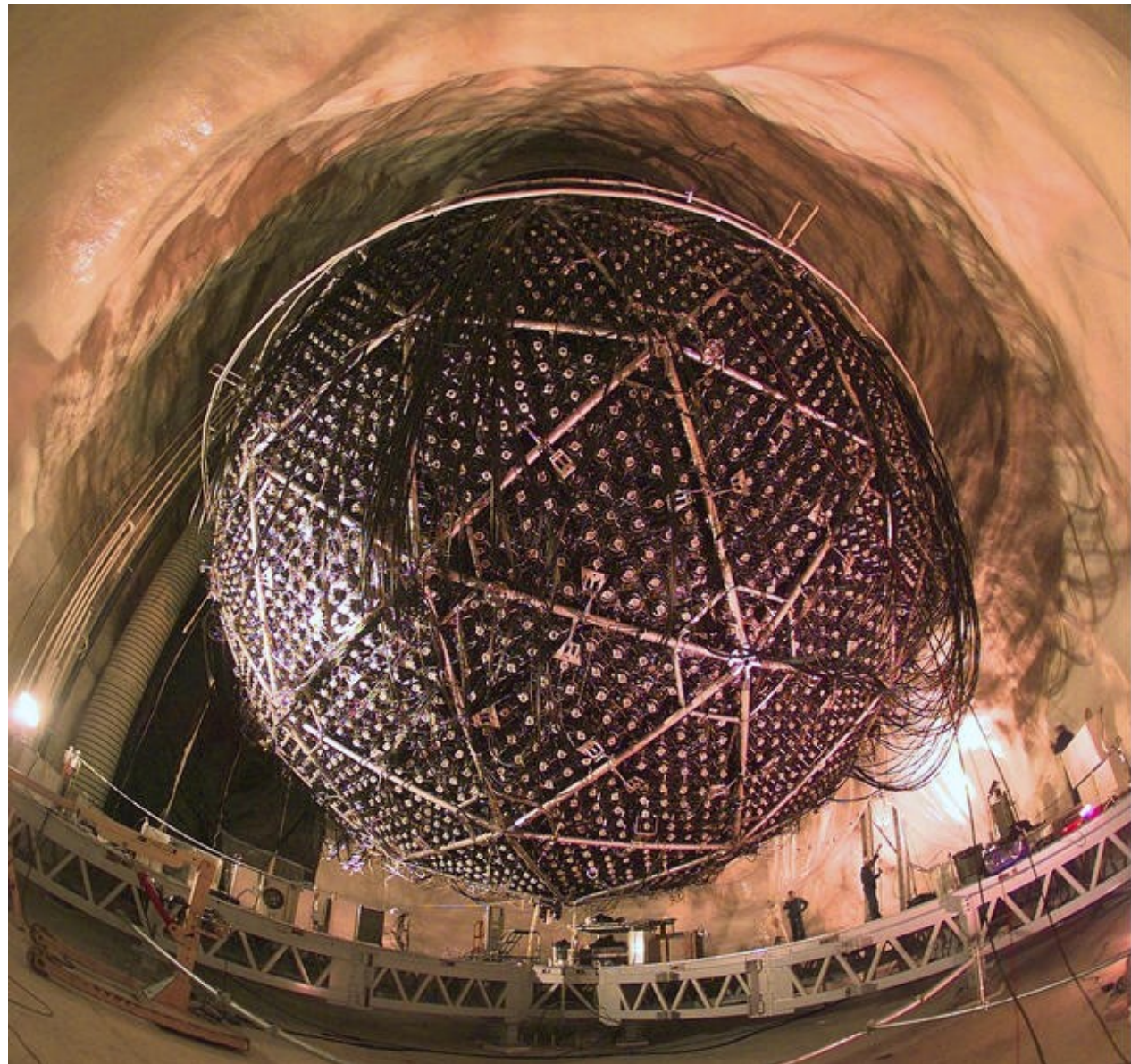
SNO – **акриловая сфера диаметром 12 метров и толщиной стенок – 5,5 см**, которая **заполнена тяжелой водой D<sub>2</sub>O** и покрыта **9 600 фотоумножителями**.

Сама сфера располагается в резервуаре с чистой водой, во избежание попадания в детектор продуктов распада тория и урана, которые рождаются в горной породе снаружи шахты.

SNO используется для изучения нейтринного излучения Солнца.

Прослужив с **1999-го по 2006-й** год, на данный момент детектор завершает процесс переоборудования. Была запланирована замена тяжелой воды на жидкий линейный алкилбензол, который увеличит чувствительность детекторана жидкий линейный алкилбензол, который увеличит чувствительность детектора.





Помимо упомянутых детекторов, основанных на эффекте Вавилова — Черенкова, существует множество иных детекторов, работающих по другому принципу.

Такие детекторы **регистрируют нейтрино посредством его взаимодействия с более тяжелыми материалами**, чем вода, и предназначены скорее не для наблюдения за Вселенной, а **для изучения свойств самих нейтрино**

# Эффект Доплера —

изменение длины и амплитуды волн при движении приёмника или источника излучения.



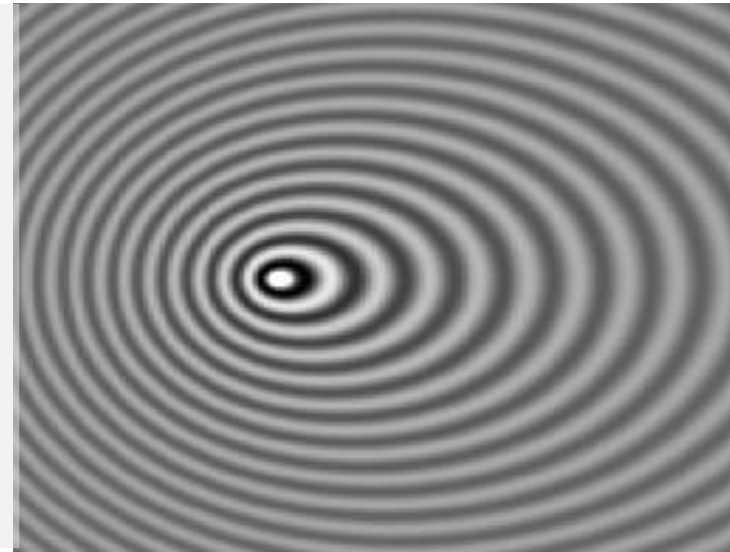
Для электромагнитных волн в вакууме имеет значение только относительное движение источника и приёмника.

Источник волн перемещается влево.

**если источник волн догоняет испускаемые им волны,**

**то длина волны уменьшается.**

**Если удаляется — длина волны увеличивается..**





# Эффект Доплера —

изменение длины и амплитуды волн при движении приёмника или источника излучения.



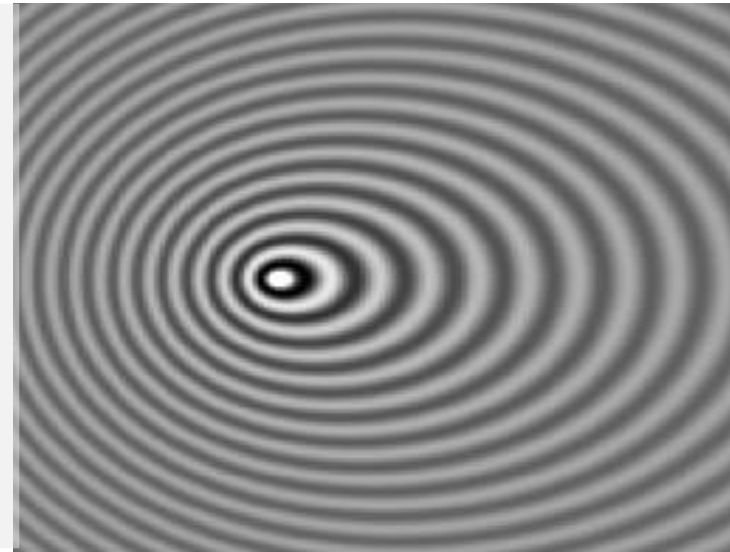
Для электромагнитных волн в вакууме имеет значение только относительное движение источника и приёмника.

Источник волн перемещается влево.

**если источник волн догоняет испускаемые им волны,**

**то длина волны уменьшается.**

**Если удаляется —                    длина волны увеличивается..**



# Спектры излучения

## Линейчатые

- Излучаются веществом в газообразном атомарном состоянии

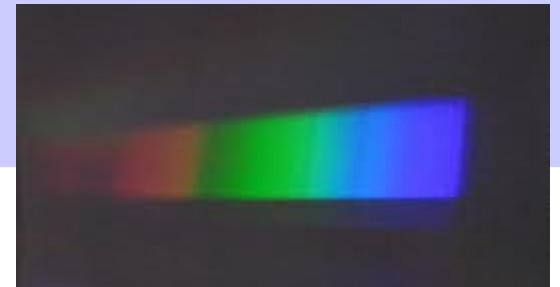


## Полосатые

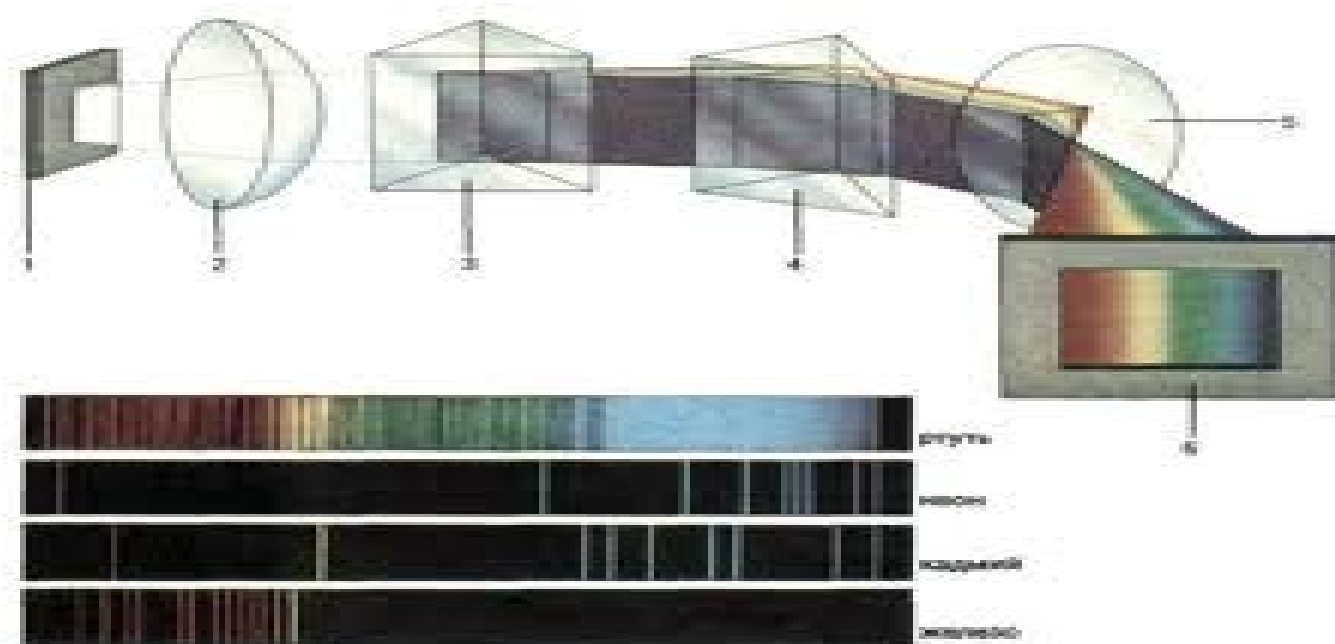
- Излучаются веществом в газообразном состоянии (вещество состоит из молекул, слабо взаимодействующих)

## Сплошные

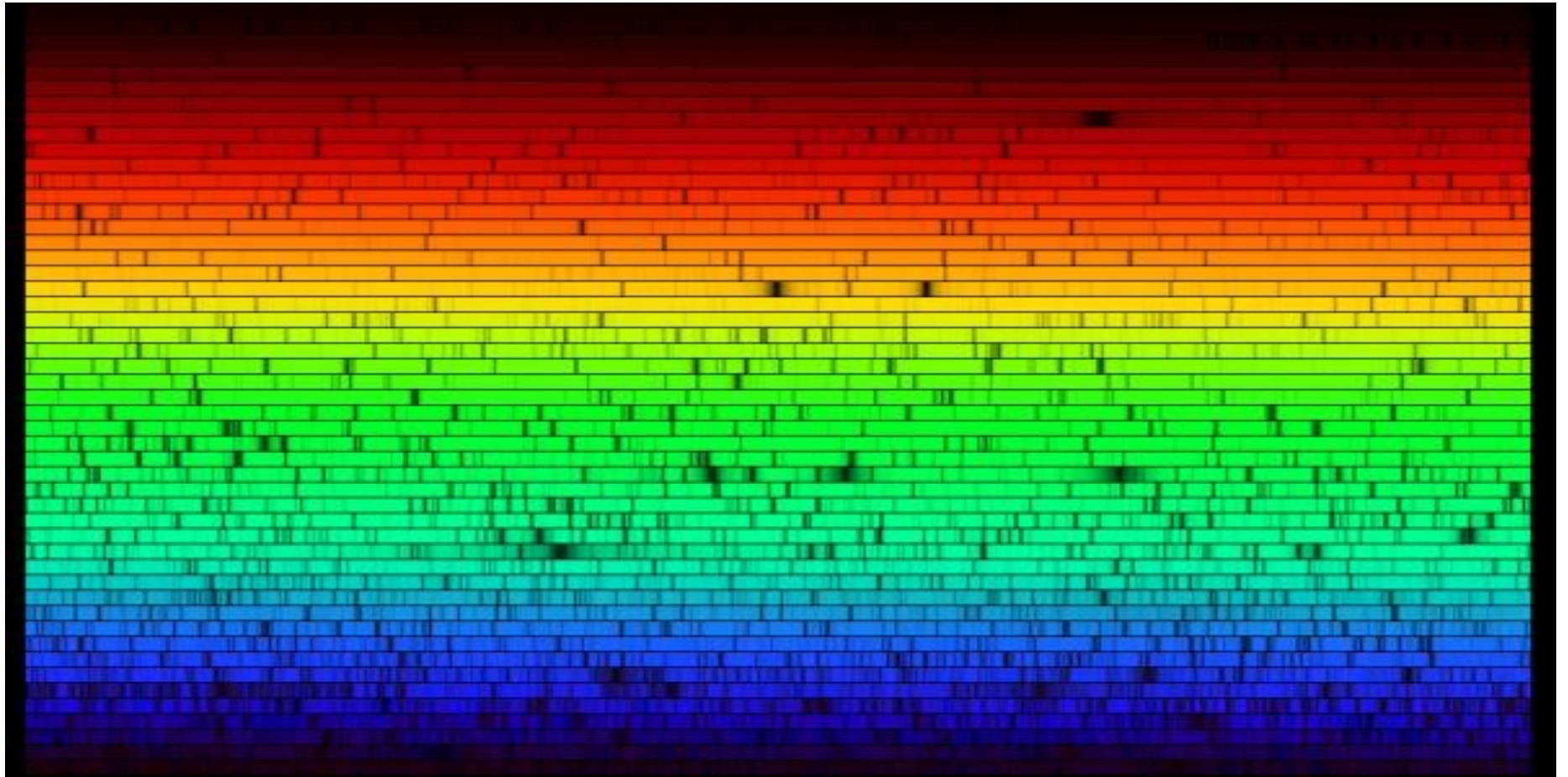
- Излучаются веществом в твердом, жидком или газообразном состоянии (в газообразном состоянии – под большим давлением)



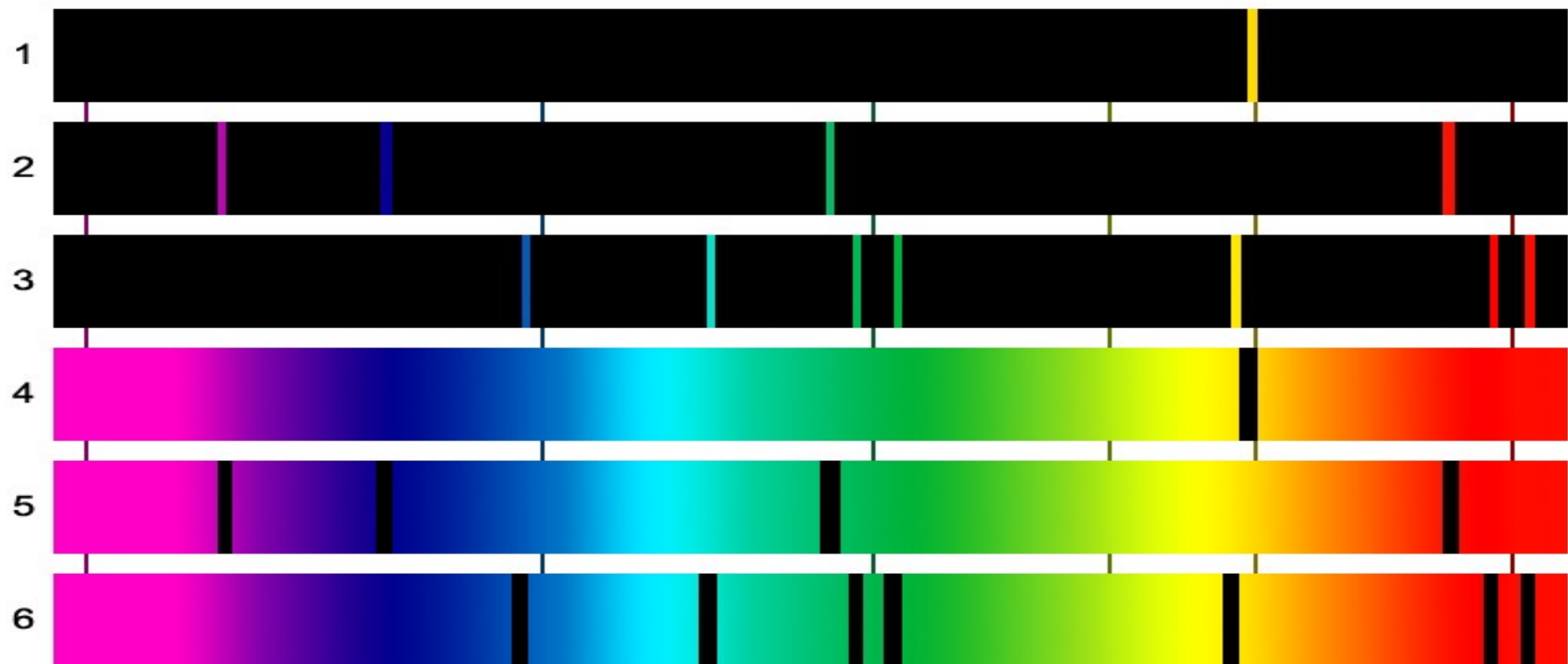
# Прибор для спектрального анализа Спектроскоп



# Спектр Солнца







Спектры испускания: 1 - натрия; 2 - водорода; 3 - гелия.  
Спектры поглощения: 4 - натрия; 5 - водорода; 6 - гелия.

Спектральный анализ-  
метод определения химического состава вещества по  
излучаемым длинам волн.

Опыт показывает, что вещества излучают и поглощают  
определенные длины волн.

Это подтверждает второй постулат Н.Бора  $h \nu_{kn} = E_k - E_n$

- **Качественный**

- определяет только химический состав вещества

- точность –  $10^{-10}$  г

- **Количественный**

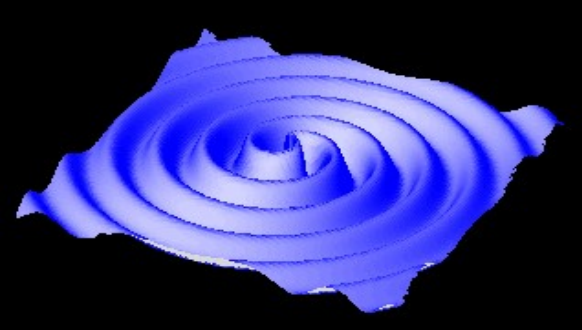
- определяет химический состав веществ и % содержание.

- Выполняется при определенном способе возбуждения атомов.

# Применение

В астрономии – для определения:

- химического состава звезд
- температуры
- скоростей вращения и движения



**11 февраля 2016**

две обсерватории

с помощью детектора LIGO

зафиксировали наличие **гравитационных волн.**

Аппаратура специально создана для фиксации волн от нейтронных звезд и слияния массивных черных дыр.

Именно последнее и удалось уловить:

14 сентября 2015 года прошла гравитационная волна, вызванная столкновением двух черных дыр массой в 29 и в 26 раз больше массы Солнца, а детекторы зафиксировали характерный звук.

Они стали единым объектом, где-то в стороне созвездия Магелланово облако.



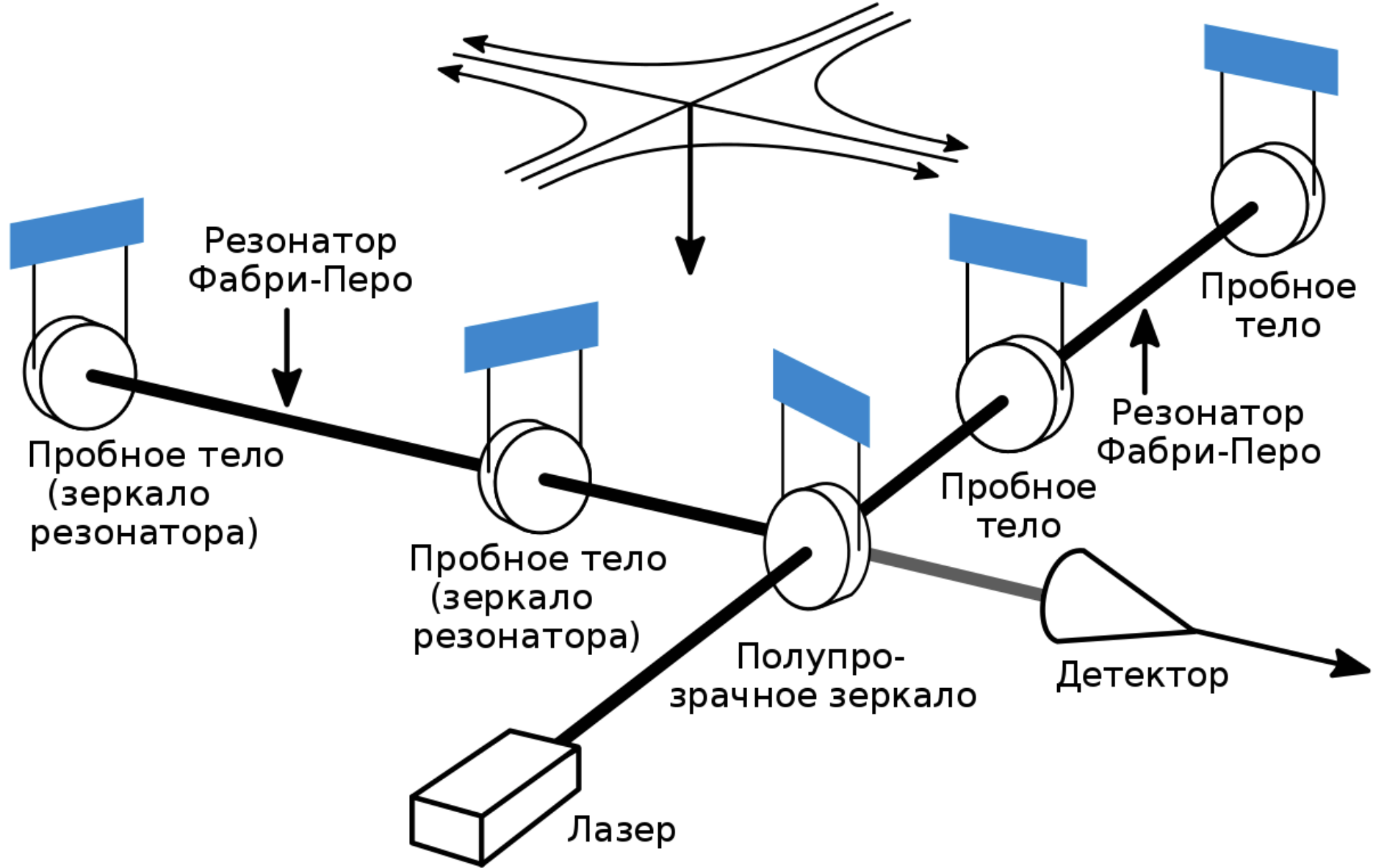
# Гравитационно-волновая астрономия

Новым направлением в разновидности методов астрономии может стать гравитационно-волновая астрономия, которая стремится использовать детекторы гравитационных волн для наблюдения компактных объектов.

Несколько обсерваторий уже построено, например, лазерный интерферометр гравитационной обсерватории LIGO.

**Гравитационный телескоп** — устройство, предназначенное для регистрации гравитационных волн.

Гравитационные волны, образуемые, например, в результате слияния двух чёрных дыр вызовут чрезвычайно **слабое «дрожание»** предметов, которое и будут регистрировать гравитационные телескопы.



## Спутники и зонды

**Планетарная астрономия** занимается не только наземными наблюдениями небесных тел, но и их непосредственным изучением с помощью **космических** аппаратов, в том числе доставивших на Землю **образцы вещества**. Кроме того, многие аппараты собирают различную информацию на орбите или на поверхности небесных тел, а некоторые и проводят там различные эксперименты.

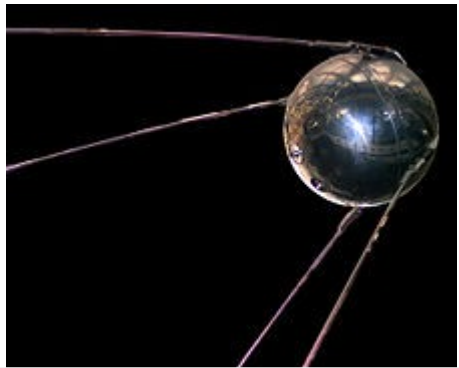
## Спутники и зонды

**Планетарная астрономия** занимается не только наземными наблюдениями небесных тел, но и их непосредственным изучением с помощью **космических** аппаратов, в том числе доставивших на Землю **образцы вещества**. Кроме того, многие аппараты собирают различную информацию на орбите или на поверхности небесных тел, а некоторые и проводят там различные эксперименты.



# Беспилотные космические аппараты (КА), околоземные пилотируемые и автоматические грузовые космические корабли, орбитальные станции

**СПУТНИКИ**



04.10.1957

70 стран

Выведено около 3000 ,  
действующих более  
700



12.04.1961

Более 574



1971-91 Салют-1 —7.

20.02.1986 «Мир»,

20.10.1998 МКС.

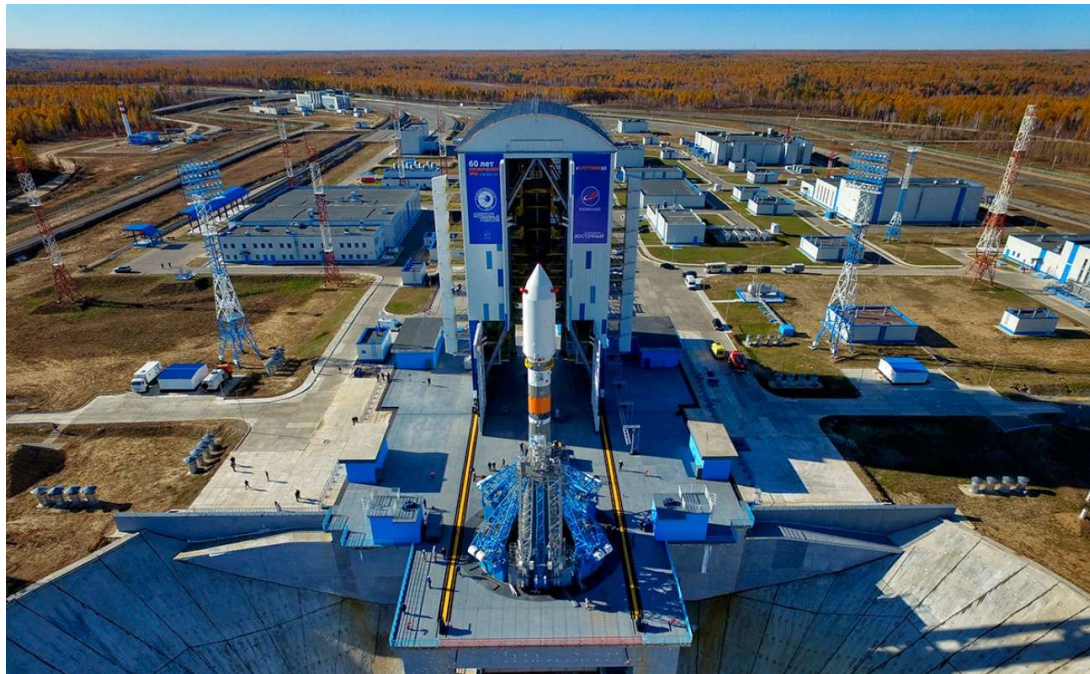
29.04.2021 «Тяньгун»

	Космонавтов (астронавтов)	Пилотируемых полётов
Всего	574	321
США	345	165
СССР / Россия	125	151
Китай	11	6
Другие страны	84	

# На Земле — 33 космодрома

действующих — 23,  
законсервированных — 5,  
закрытых — 5.





(только те, где были запуски в 2019-2020 гг)

Китай - 6

США- 6

Россия - 3

Иран - 2

Япония - 2

Новая Зеландия - 1

ЕЭС - 1

Израиль - 1

Индия - 1

# Автоматические межпланетные станции

«Зонд», «Луна» — программа исследования Луны (СССР).

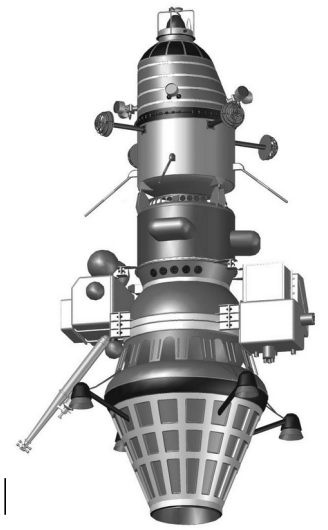
«Марс» — исследования Марса. (СССР)

«Венера» — программа исследования атмосферы и поверхности Венеры. (СССР)

«Пионер» — программа исследования Луны, межпланетного пространства, Юпитера и Сатурна. (США)

«Вояджер» — программа исследования планет-гигантов. (США)

«Маринер» — исследования Венеры, Марса и Меркурия. (США)





**«Викинг»** — программа исследования поверхности **Марса**. (США)

**«Вега»** — встреча с **кометой** Галлея, высадка аэрозонда на **Венеру**. (СССР)

**«Фобос»** — программа исследований **спутников** **Марса**. (СССР)

**«Марс Экспресс»** — искусственный спутник Марса, высадка марсохода «Бигль-2». (ЕКА)

**«Галилео»** — исследование **Юпитера** и его спутников. (НАСА)

**«Кассини»** — исследование **Сатурна**, его колец и спутников. (НАСА, ЕКА, ИКА)

**«Розетта»** — высадка космического аппарата **на ядро кометы** Чурюмова-Герасименко (ЕКА)

**MESSENGER** — исследование **Меркурия** (НАСА)

**«Магеллан»** (КА) — исследование **Венеры** (НАСА)

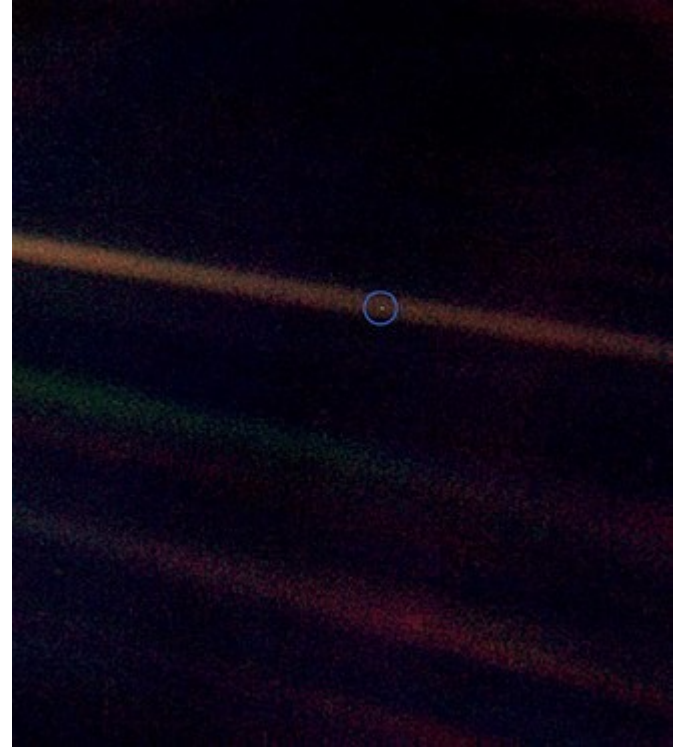
**«Новые горизонты»** — исследование **Плутона** и его спутников (НАСА)

**Venus Express** — исследование **Венеры** (ЕКА)

**Mars Atmosphere and Volatile Evolution** —  
искусственный спутник для исследования атмосферы  
**Марса** (НАСА)

## Проект «Вояджер»

Снимок Земли, сделанный космическим аппаратом **«Вояджер-1»** в 1990 году с расстояния в 6 млрд км (40 а. е.) от Земли. В ходе выполнения своей миссии «Вояджер-1» стал **самым дальним от Земли объектом, созданным человеком.**



## **Исследование Луны**

**1958 – 1976**

«Луна» 1 – 24,

**1968 – 1972**

«Пионер», «Рейнджер»  
«Сервейер», «Лунар орбитер»,  
«Аполлон»

## **Исследование**

### **Венеры**

**1961 – 1986**

«Венера» 1–16, «Вега» -1,2

**1978**

«Пионер-Венера»-1,2

## **Исследование Марса**

**1960-1976**

«Марс» 1–7

**1964-1976**

«Маринер», «Викинг»

«Марс» 1–7

**2003**

Оппортьюнити, Спирит

## **Исследование Юпитера**

**1977**

Вояджер-1,2

**1995**

«Галилео»

## **Исследование Сатурна**

**1977**

Вояджер-1,2

**2004**

«Кассини»

## **Исследование**

### **Меркурия**

**2011**

«Messenger»

## **Исследование астероидов**

**2000**

«NEAR Shoemaker  
433 Эрос

## **Исследование комет 1984—1986**

Вега-1,2 Комета Галлея.

**2006**

Вильда-2 «Стардаст»

## **Исследование Плутона**

**2006 – 2015**

«Новые  
горизонты»

## **Исследование пояса Койпера**

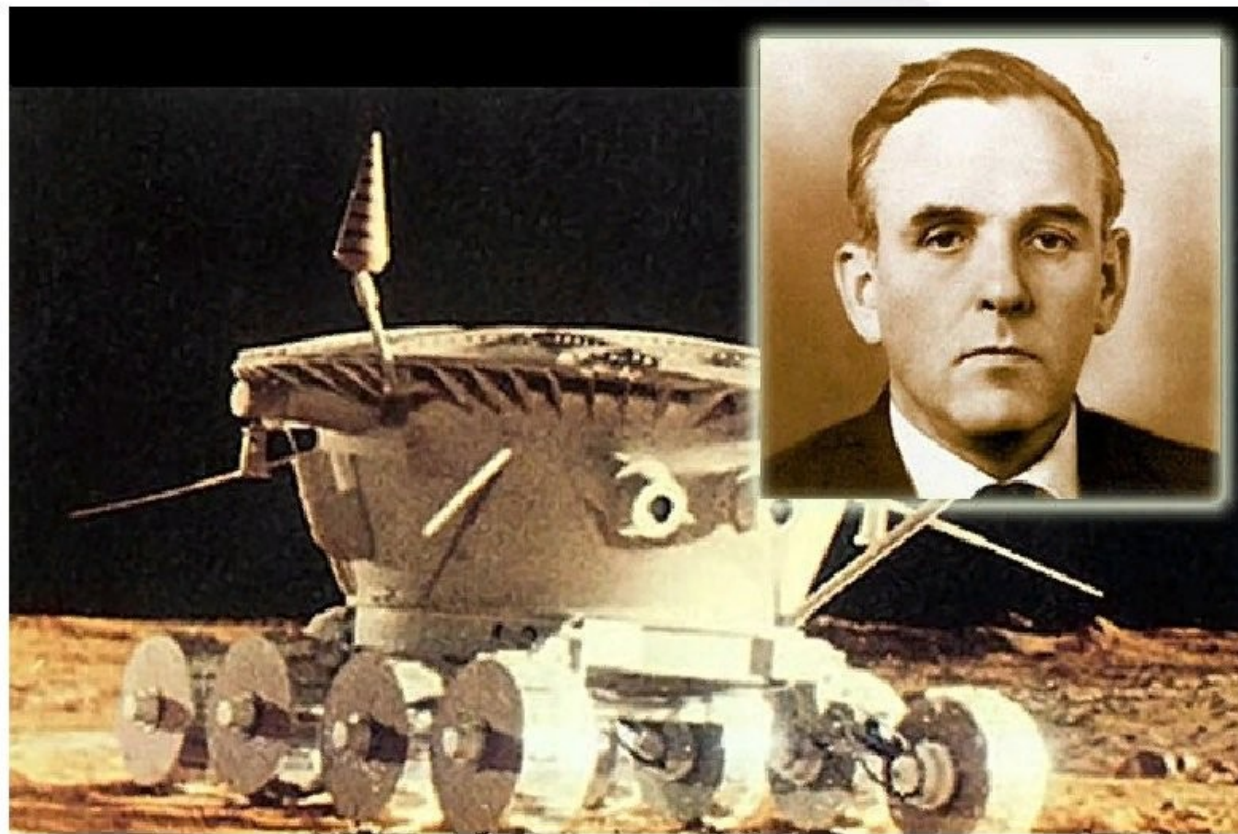
**2015 – наст.  
время**

«Новые  
горизонты»

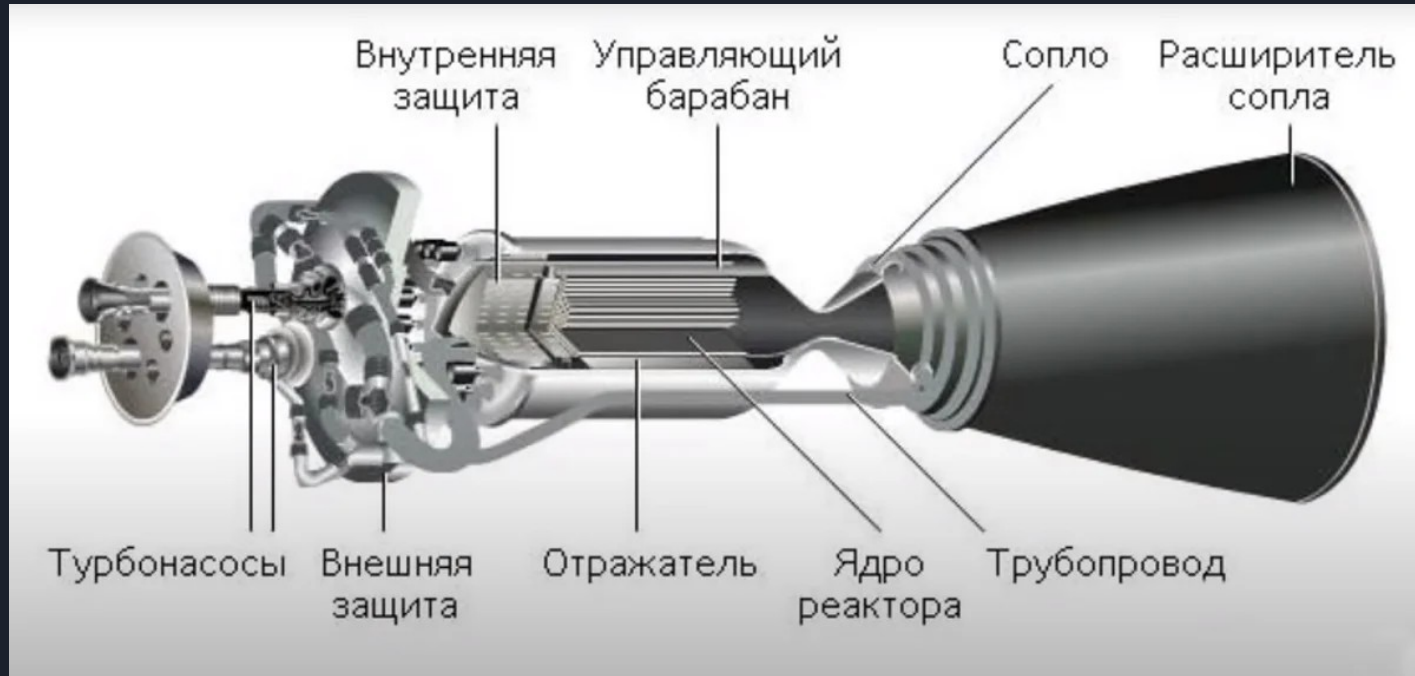


Конструктор  
Георгий  
Бабакин  
за шесть лет  
сделал 16  
космических  
аппаратов!

Григорий Николаевич Бабакин и его "Луноход-1",  
первый в истории аппарат, успешно покоривший  
лунную поверхность 17 ноября 1970.



# Ядерный ракетный двигатель



# Космические зонды для изучения Солнца

**Солнечный зонд** — исследование Солнца, его короны и магнитных полей (НАСА).

**Обсерватория солнечной динамики** — исследование Солнца и понимание его влияния на Землю и околоземное пространство путём изучения солнечной атмосферы (НАСА).

**SOHO** — изучение состояния солнечной атмосферы, активности солнечных корон и ветра (ЕКА, НАСА).