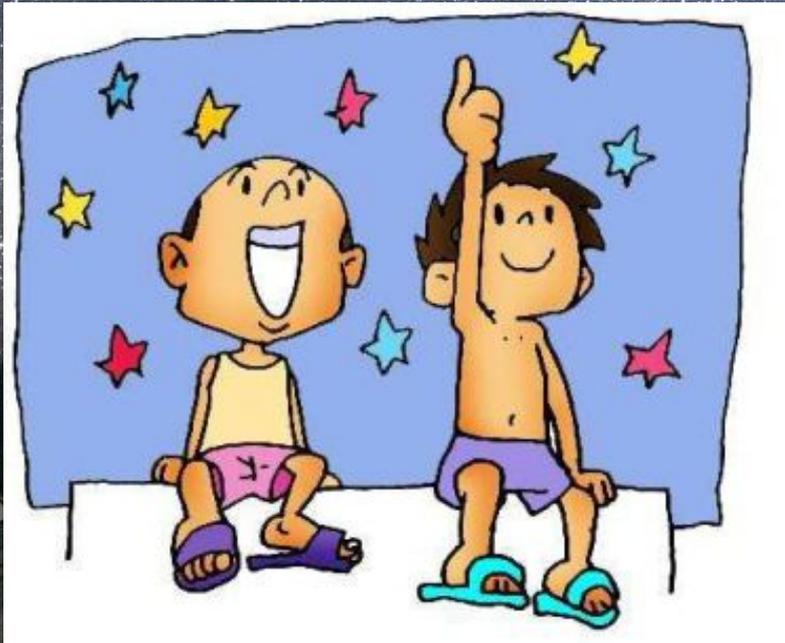


# СОВРЕМЕННАЯ АСТРОНОМИЯ И АСТРОНОМИЯ В ШКОЛЕ



д.ф.-м.н. ЗАСОВ  
Анатолий Владимирович

# Основные пункты

- 1. Астрономия сегодня в России и мире.
- 2. Зачем нужна астрономия в школе? Можно ли обойтись включением её в физику?
- 3. Школьная астрономия на трех уровнях: начальный, продвинутый, профильный.
- Готова ли школа к возврату астрономии?



# Астрономия: информационный взрыв

- Только в области галактической и внегалактической астрономии: около 500 оригинальных научных статей ежемесячно.

## *Причины быстрого роста объема информации:*

- Внедрение высокой технологии (новые большие телескопы, новые типы телескопов, цифровые приемники излучения, продвинутая техника наблюдений и цифровой обработки),
- Возросшие возможности компьютерной техники, численное моделирование сложных процессов,
- Использование космической техники (внеатмосферные наблюдения, межпланетные космические аппараты).

В астрономических и космических участвуют практически все развитые и развивающиеся страны, в том числе:

- Россия
- США
- Канада
- Япония
- Китай
- Австралия
- Израиль
- Чили
- Мексика
- Южная Корея
- Бразилия
- Индия
- Все западноевропейские страны
- Все бывшие соцстраны без исключения
- Все бывшие республики СССР кроме Туркмении и Киргизии

Запуски КА способны производить:  
США, Россия, Китай, Индия,  
Зап. Европа (ЕКА), Израиль,  
Япония, КНДР, Корея





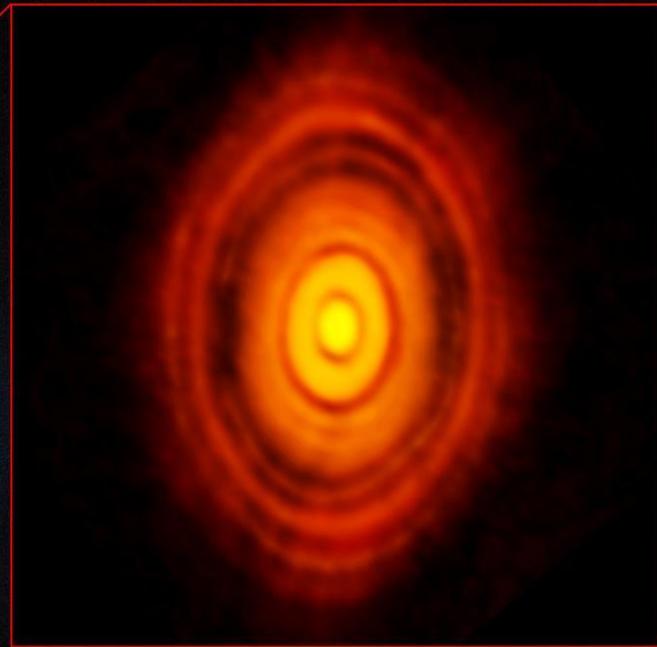
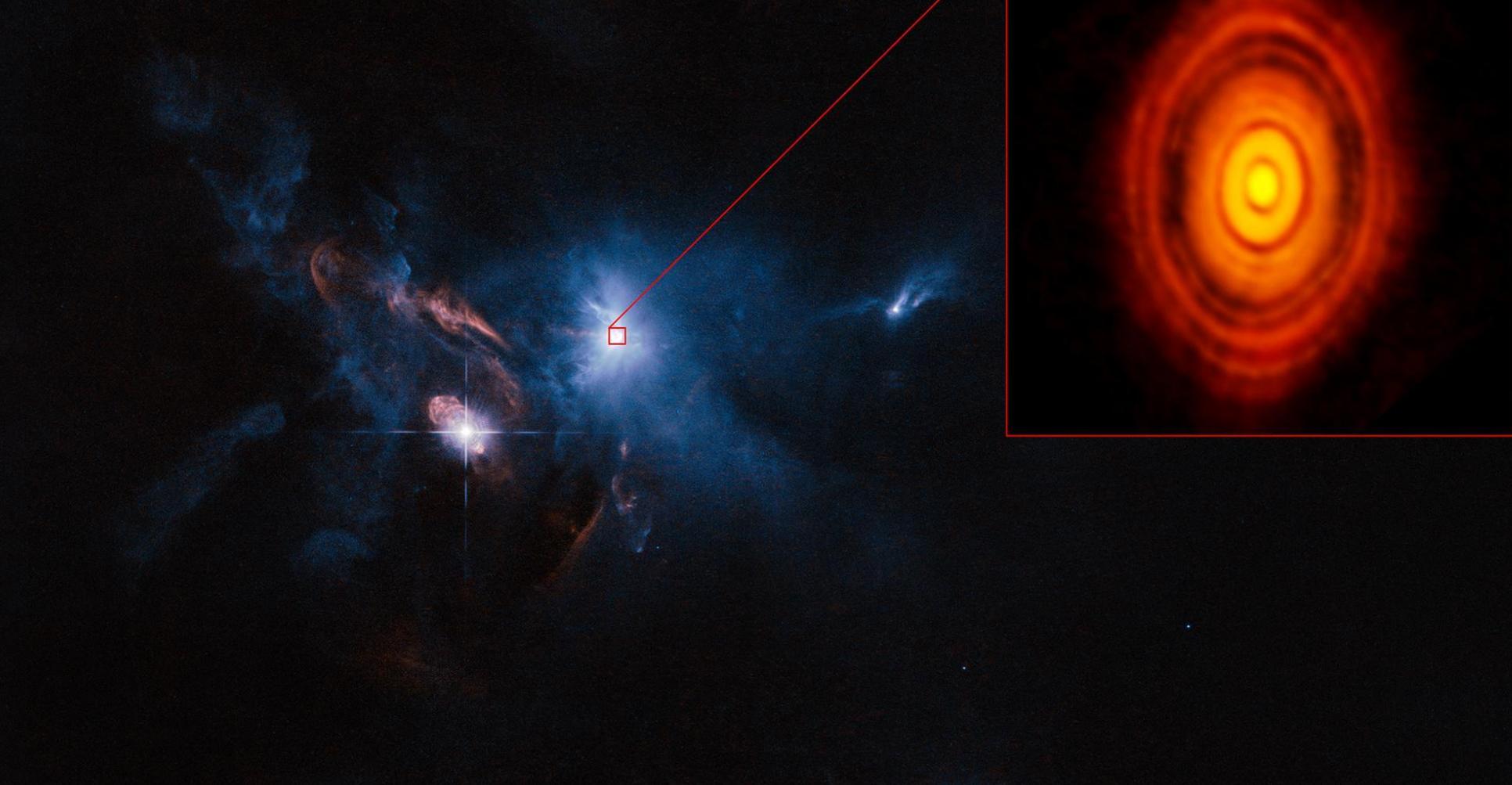
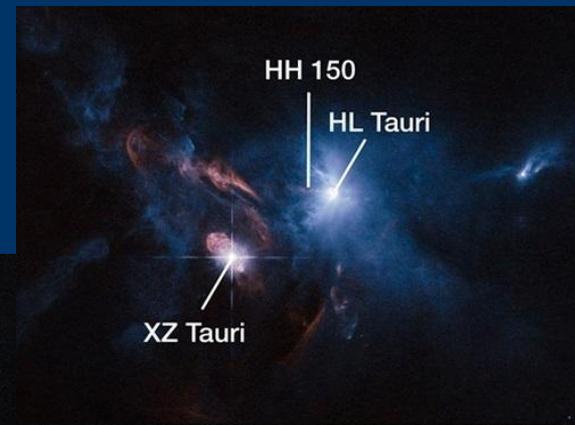
# Наземные проекты стоимостью более 1млрд \$

Проект, Начало работы	Что собой представляет	Основные участники
ALMA (Чили) 2013 год	Наземный комплекс, 66 подвижных антенн для наблюдения объектов в суб-миллиметровом диапазоне	США, Европейские страны, Канада, Тайвань, Япония, Чили
E-ELT (Чили) 2021-23	Супер-телескоп с диаметром Объектива 39м	Европейские страны
LSST (Чили)	Широкоугольный телескоп с супер-возможностями обзорных наблюдений всего неба.	США
SKA (ЮАР) 2019-2021	Наземный всеволновый комплекс из нескольких тысяч антенн на территории размером в неск. тысяч км	Европейские страны, Австралия, Канада, Китай, Индия, и др.

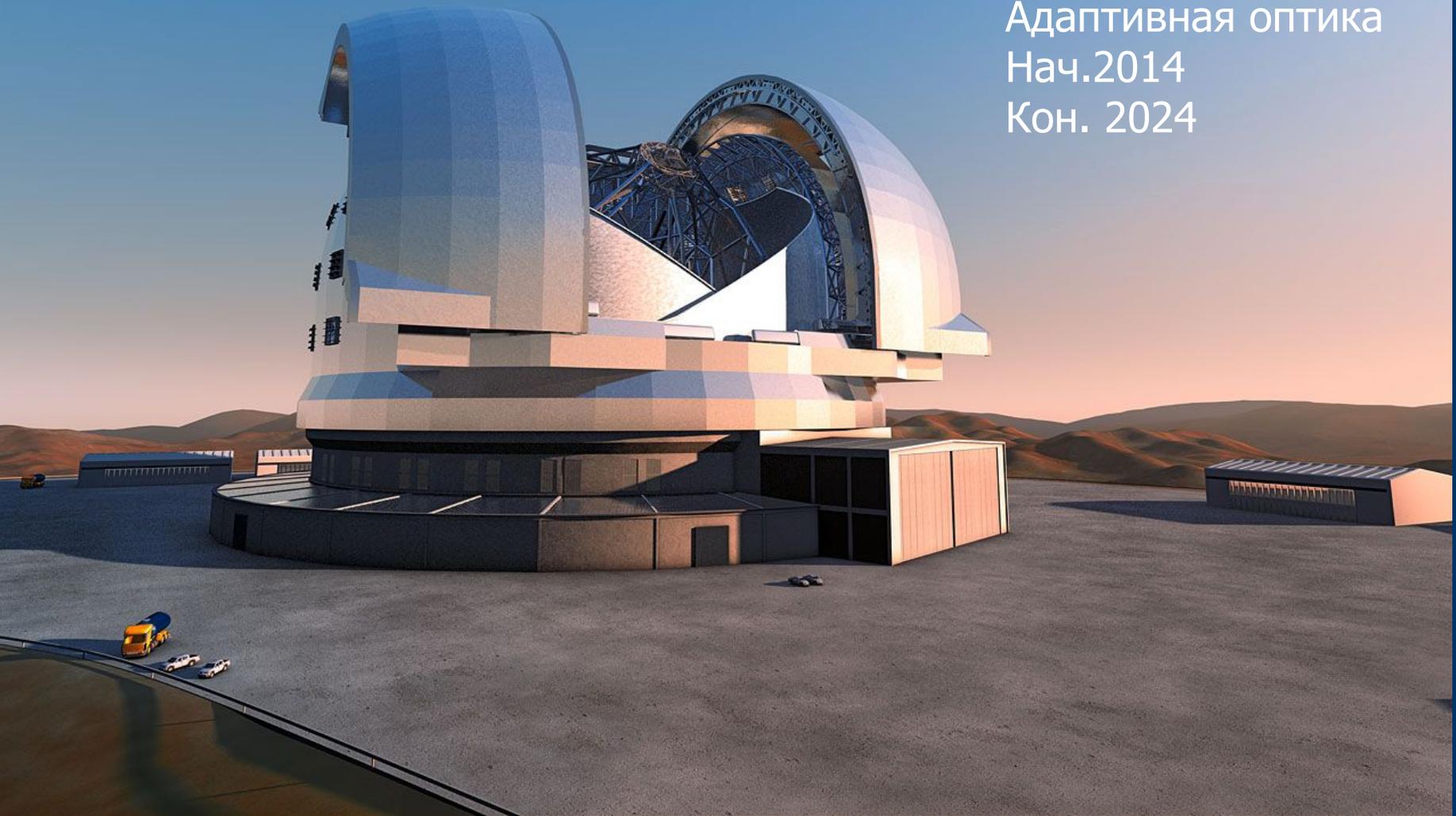
# Комплекс ALMA



# ALMA Протопланетный диск



Е-ELT, Чили  
D 39м, 796 сегментов  
Толщина зеркала 5см  
Адаптивная оптика  
Нач.2014  
Кон. 2024

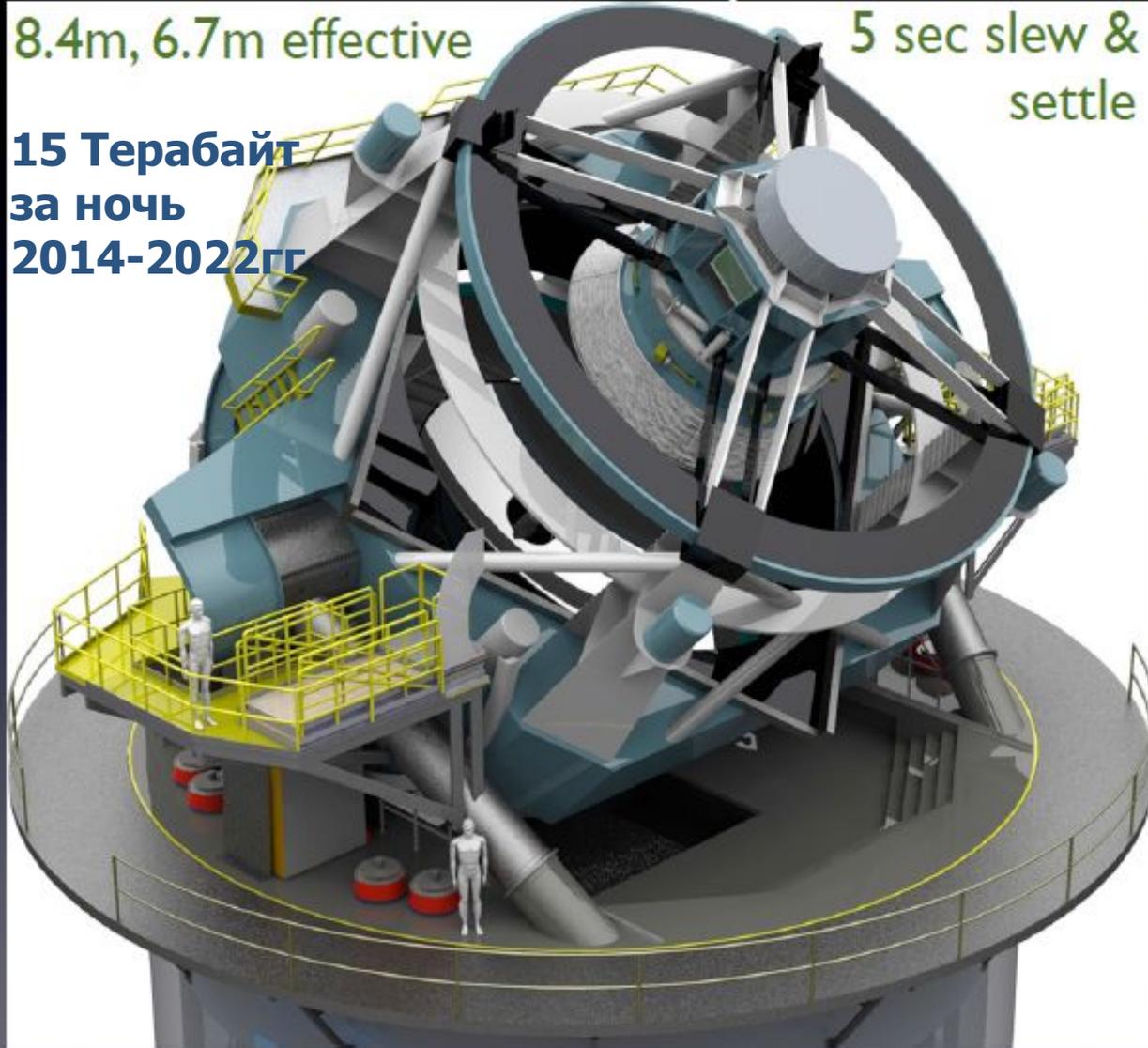


# LSST Telescope

8.4m, 6.7m effective

5 sec slew &  
settle

**15 Терабайт  
за НОЧЬ  
2014-2022гг**



## LSST (Чили): Поле $20^{\circ}$

Сканирование всего доступного неба каждую ночь. Фотометрия до 30 миллиардов звезд и галактик до 28 зв. величины от УФ до ИК диапазона.

**ЗАДАЧИ:** Процессы, формировавшие наблюдаемую Вселенную.

Массовая оценка красных смещений галактик без использования спектров. Проблема темной энергии. Открытие до 10 млн квазаров.

# FAST D500m



# SKA- самый крупный международный проект

- Система из нескольких тысяч антенн трех типов суммарной площадью в один миллион кв. метров, разбросанных в пределах области размером в 3000 км
- Стоимость не менее 2 млрд Евро.
- Исследование эволюции Вселенной
- Исследование природных ускорителей элементарных частиц
- Исследование окрестностей черных дыр в ядрах галактик

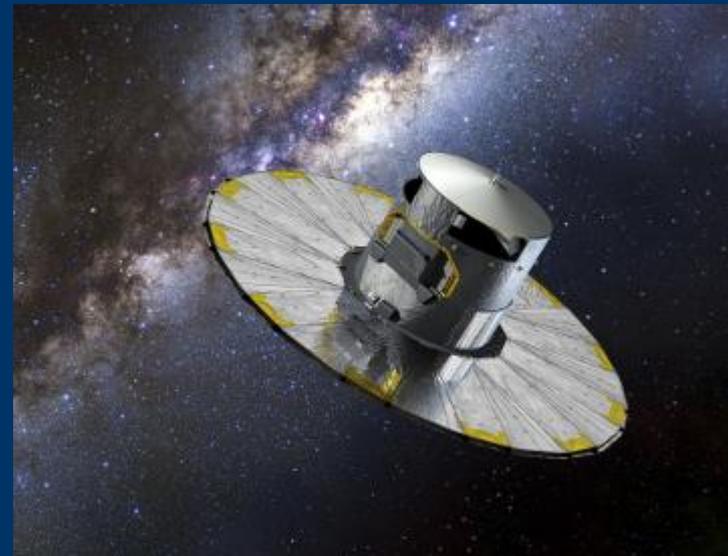
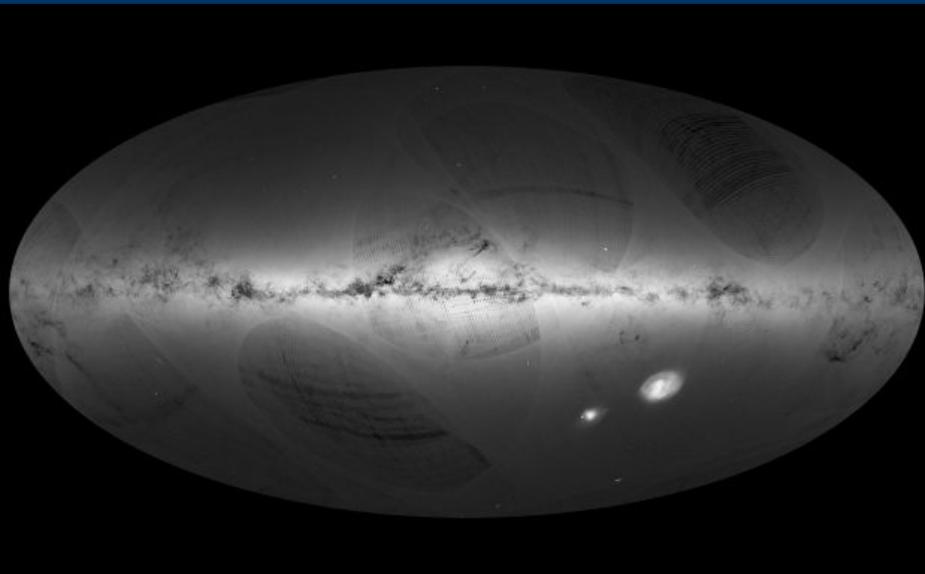




The Square Kilometre Array

# Суперпроект GAYА (ЕКА), 2013-19гг (*Global Astrometric Interferometer for Astrophysics*)

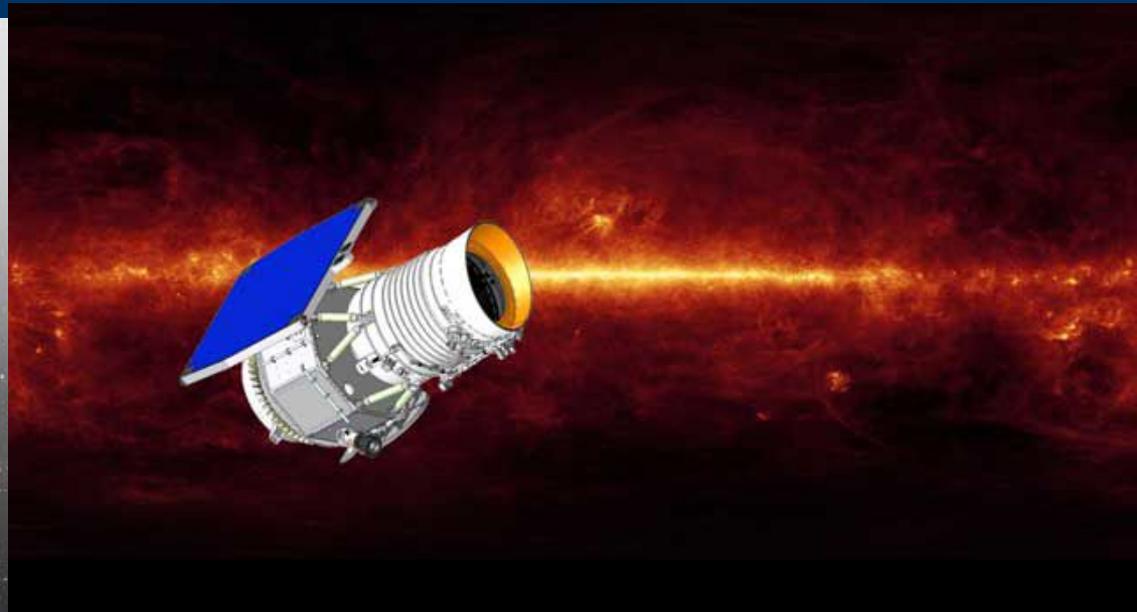
- Цель: создание трехмерной карты точного положения и скоростей движения около миллиарда звезд и галактик до  $20^m$  (по 70 оценок для каждой звезды за 5 лет работы). Точность положения звезд- десятые доли миллисекунд ( в сотни раз точнее Хаббловского т-па)
- Разработка велась 13 лет и обошлась в 750 млн евро. Сентябрь 2016- первый каталог миллиарда звезд.
- Передача данных 8 час/день со скоростью 5Мбт/сек.
- Информация будет в открытом доступе!



# Инфракрасные обсерватории

Planck (ЕКА)(2009-2013гг)  
-от зодиакального света  
до реликтового излучения

WISE (NASA), 2009-2011,  
Ре-активирована в 2013  
Обзор всего неба в интервале  
3 -23 мкм

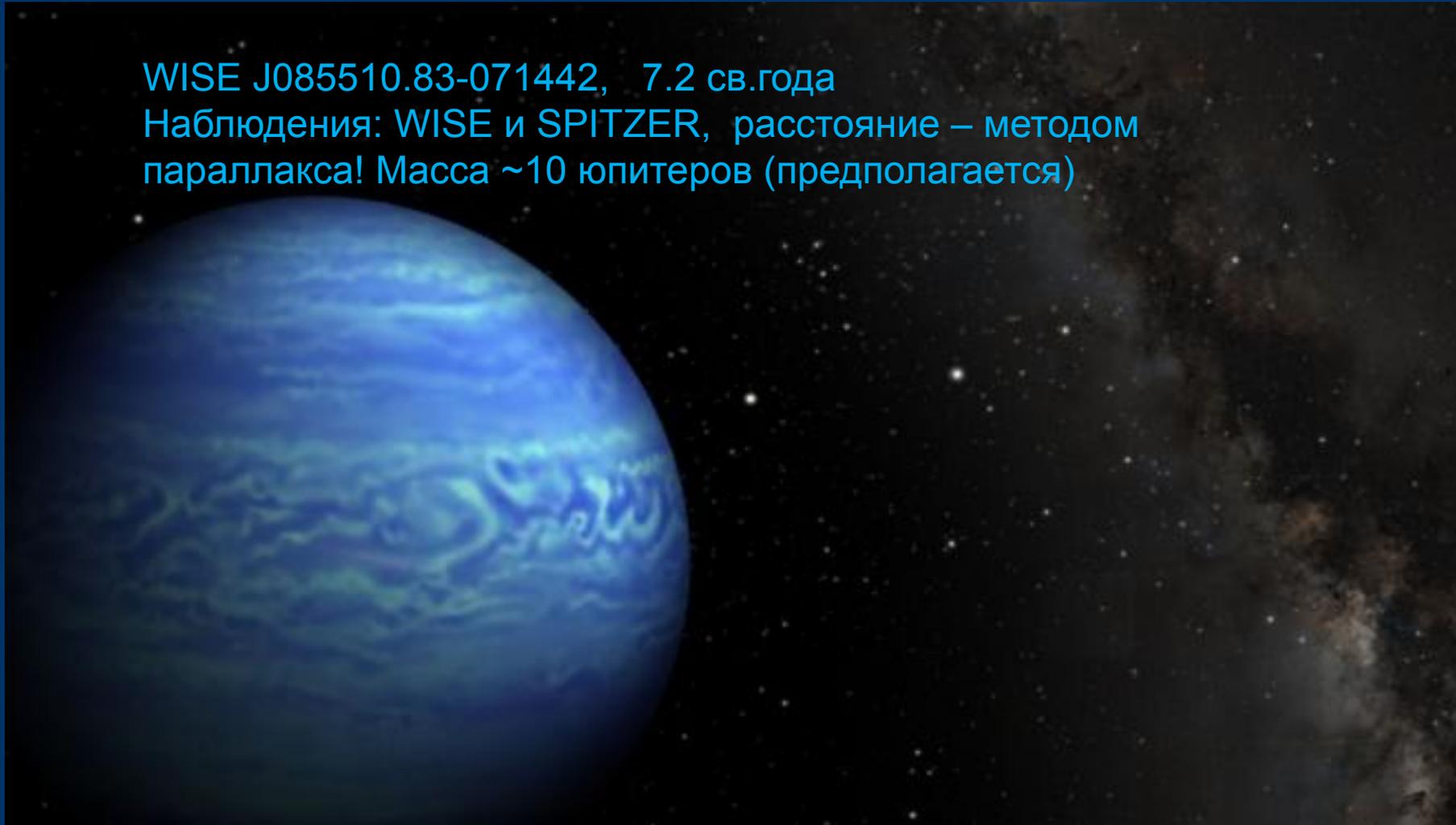


# Звезда? Планета?

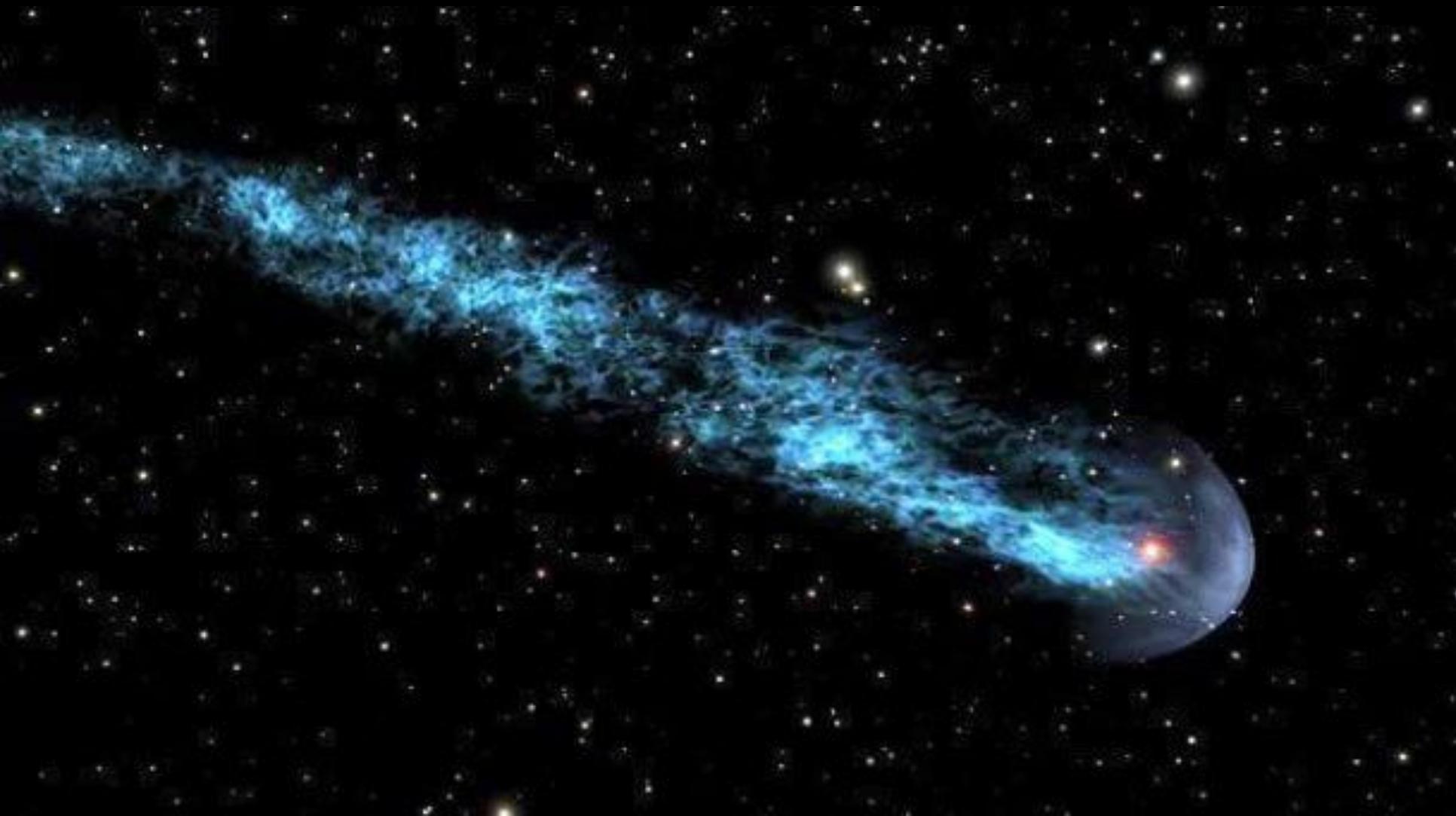
## T- ниже нуля по Цельсию

WISE J085510.83-071442, 7.2 св.года

Наблюдения: WISE и SPITZER, расстояние – методом параллакса! Масса ~10 юпитеров (предполагается)



# Mira Ceti (GALEX)



# Рентгеновские и гамма- обсерватории

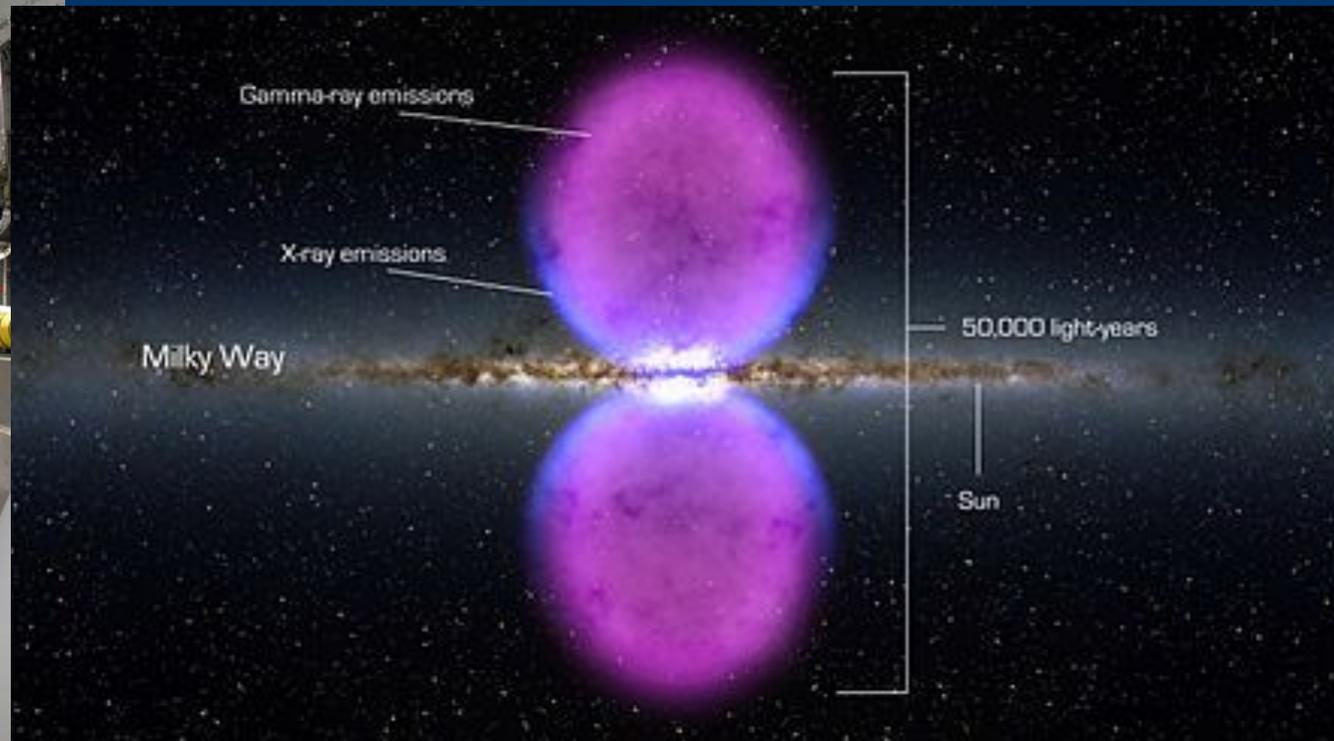
Chandra (НАСА)



XMM-Newton (ЕКА, 1999)  
 $L \sim 10\text{m}$



# Обсерватория Ферми и гамма -пузыри над ядром Галактики

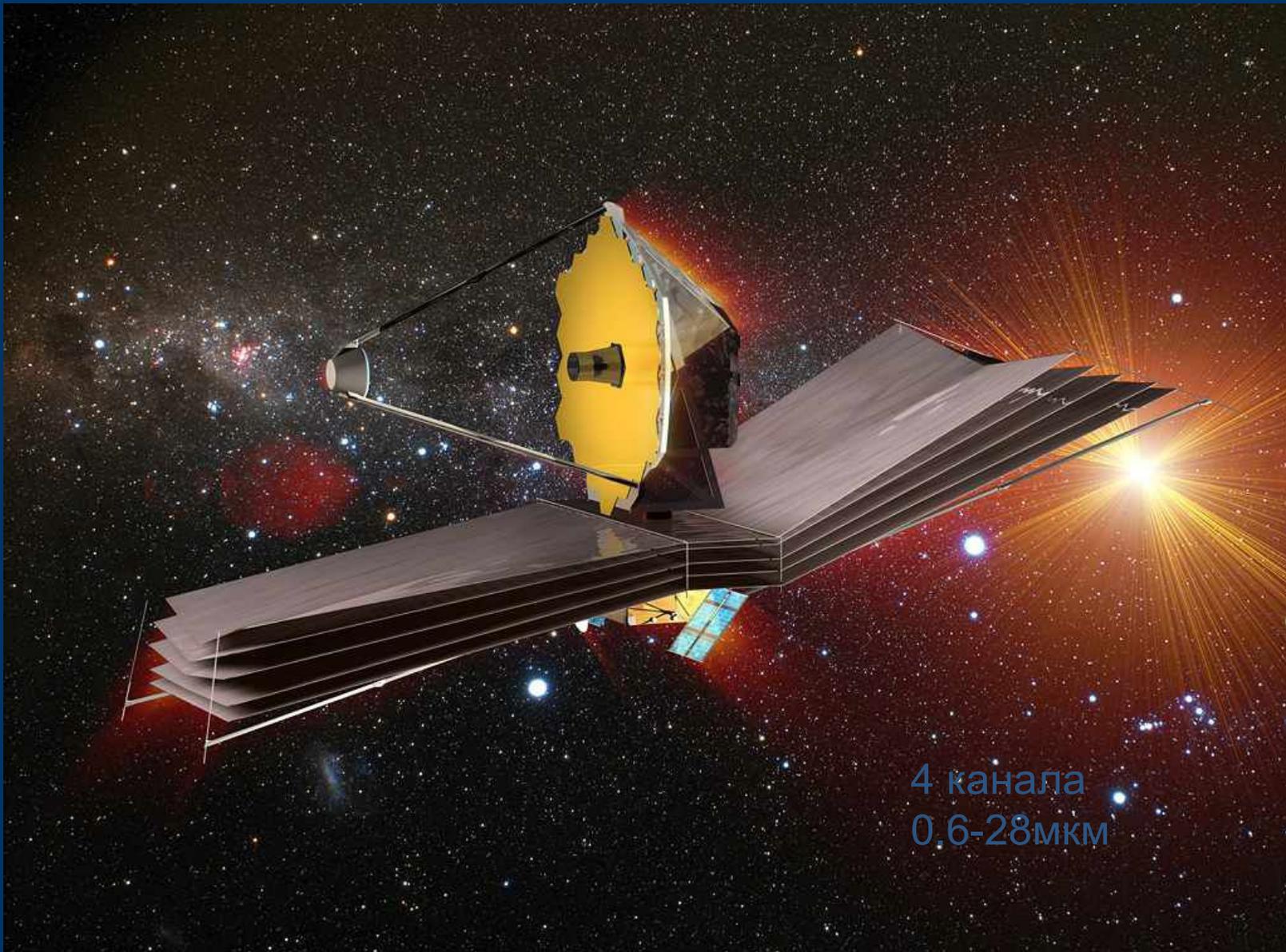


# Телескоп им. Хаббла





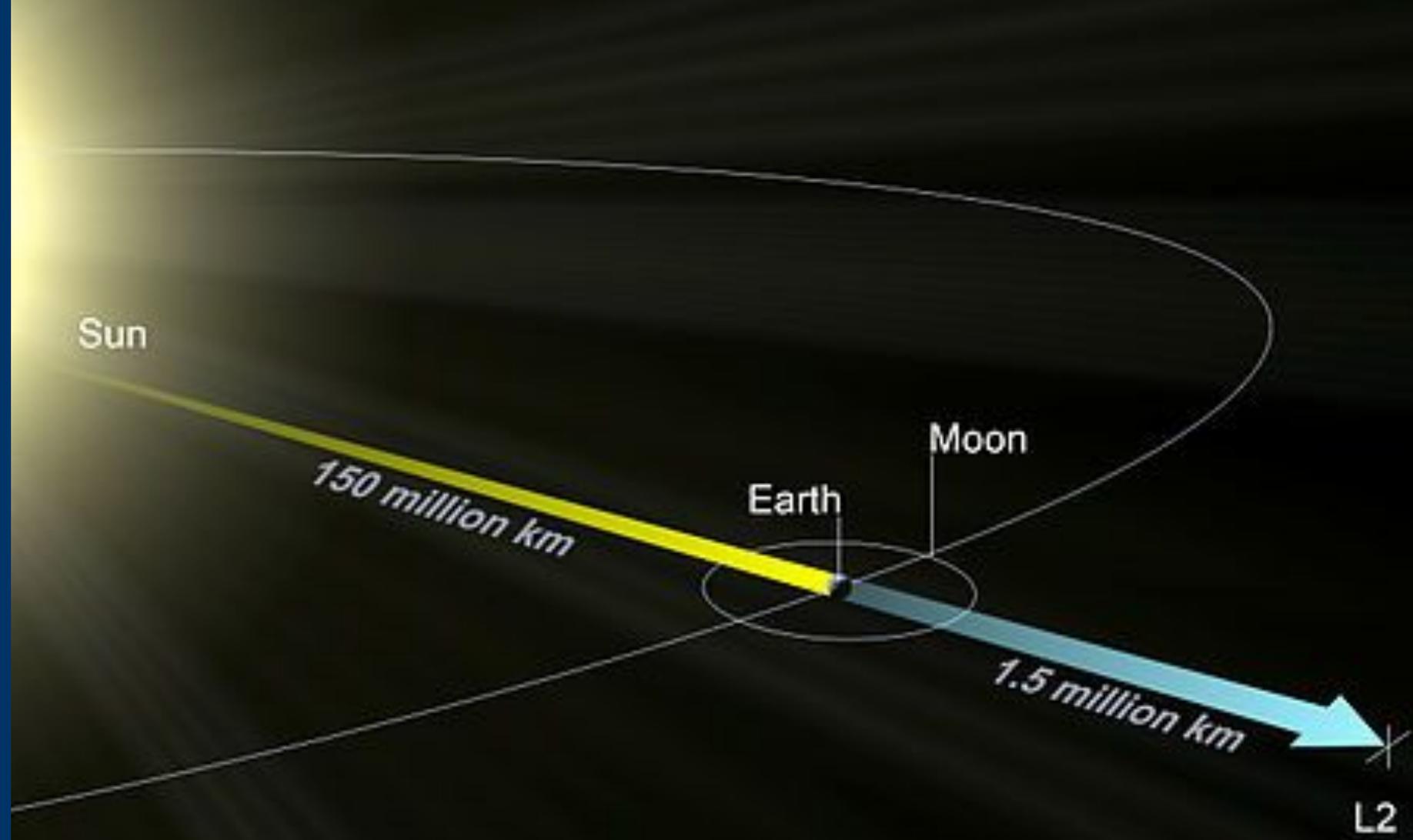
# James Webb Space Telescope 2018?



4 канала  
0.6-28мкм

# James Webb Space Telescope



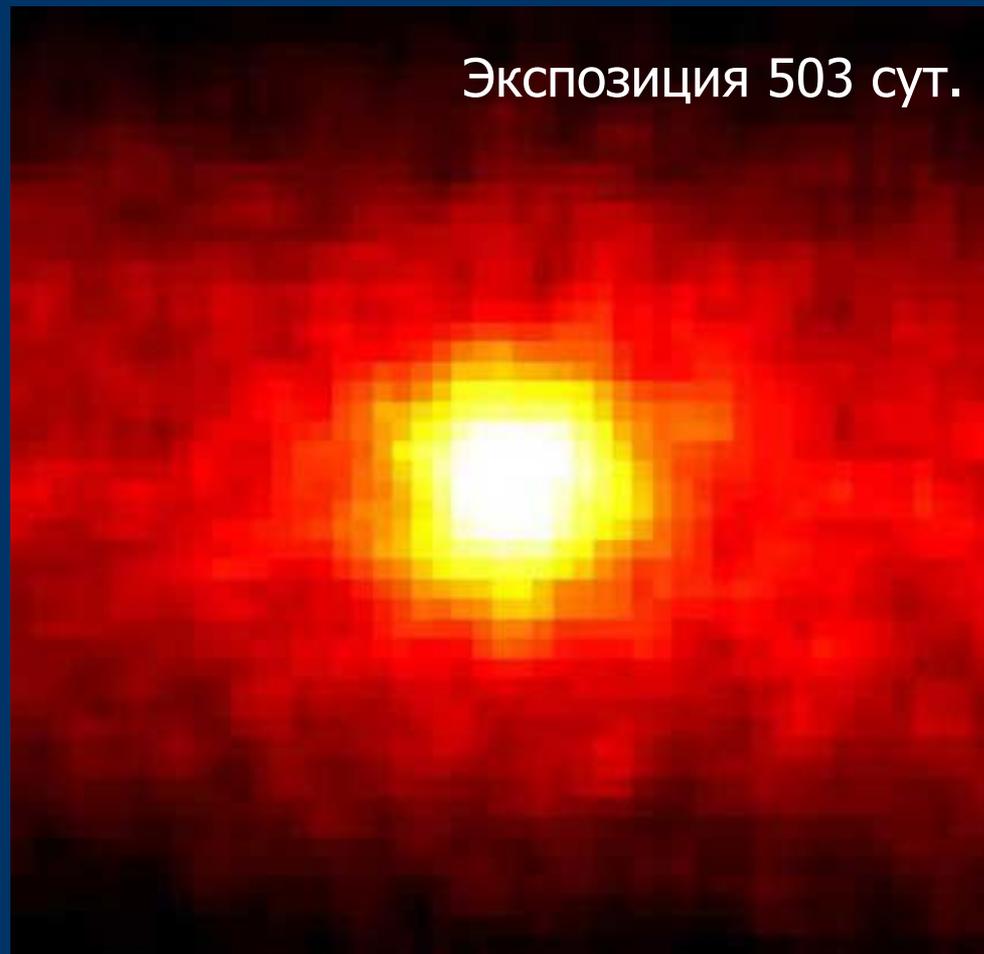
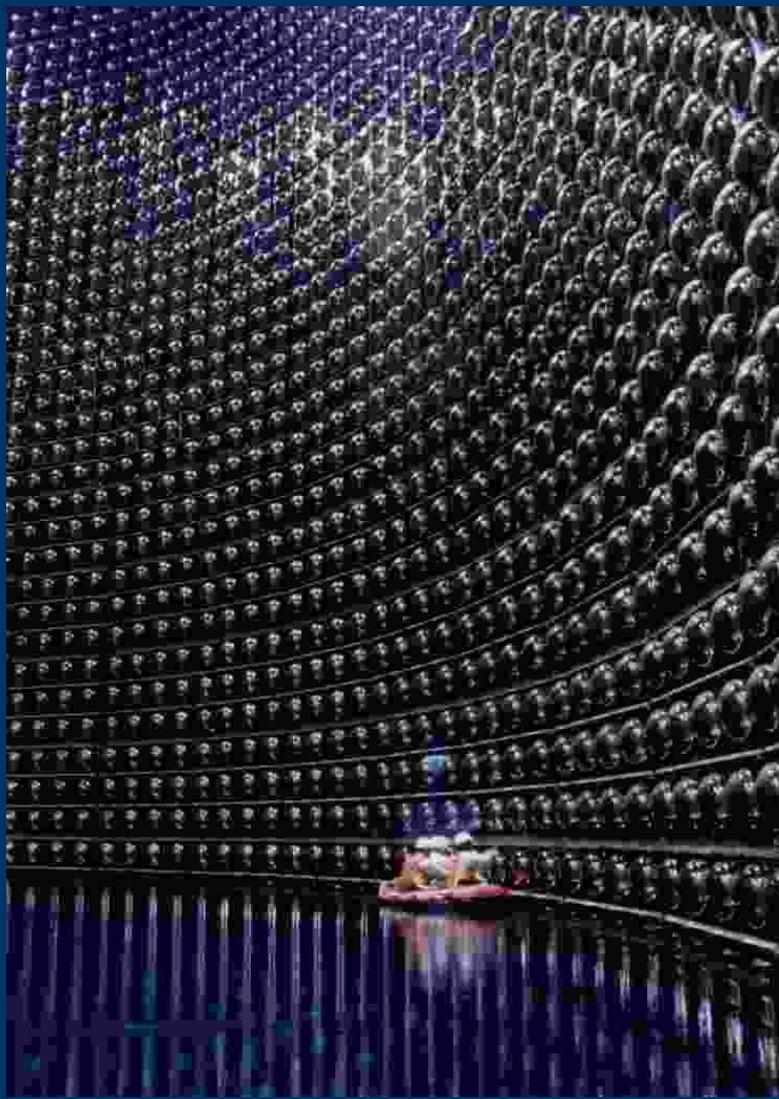


# Четыре приоритетные научные проблемы для JWST

- Первые источники света, возникшие в природе и ионизовавшие среду
- Рождение первых галактик
- Формирование протозвезд и протопланетных дисков
- Поиски планетных систем, потенциально пригодных для жизни

Начали открываться два  
новых канала информации в  
астрономии: нейтринный и  
гравитационный

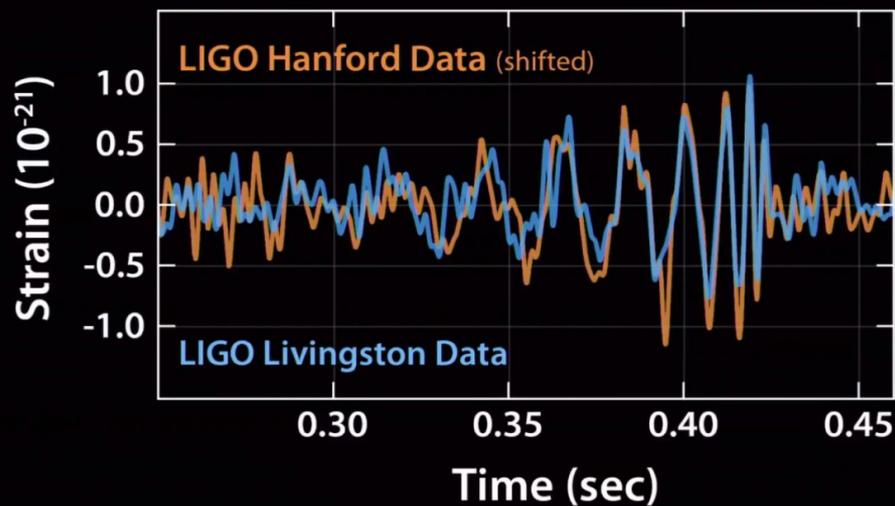
# «Нейтринное» изображение Солнца. Телескоп Суперакмиоканде.



# Гравитационно-волновые обсерватории



Проект LIGO стоит 620 млн \$.



# Исследования солнечной системы



Миссия «Rosetta»



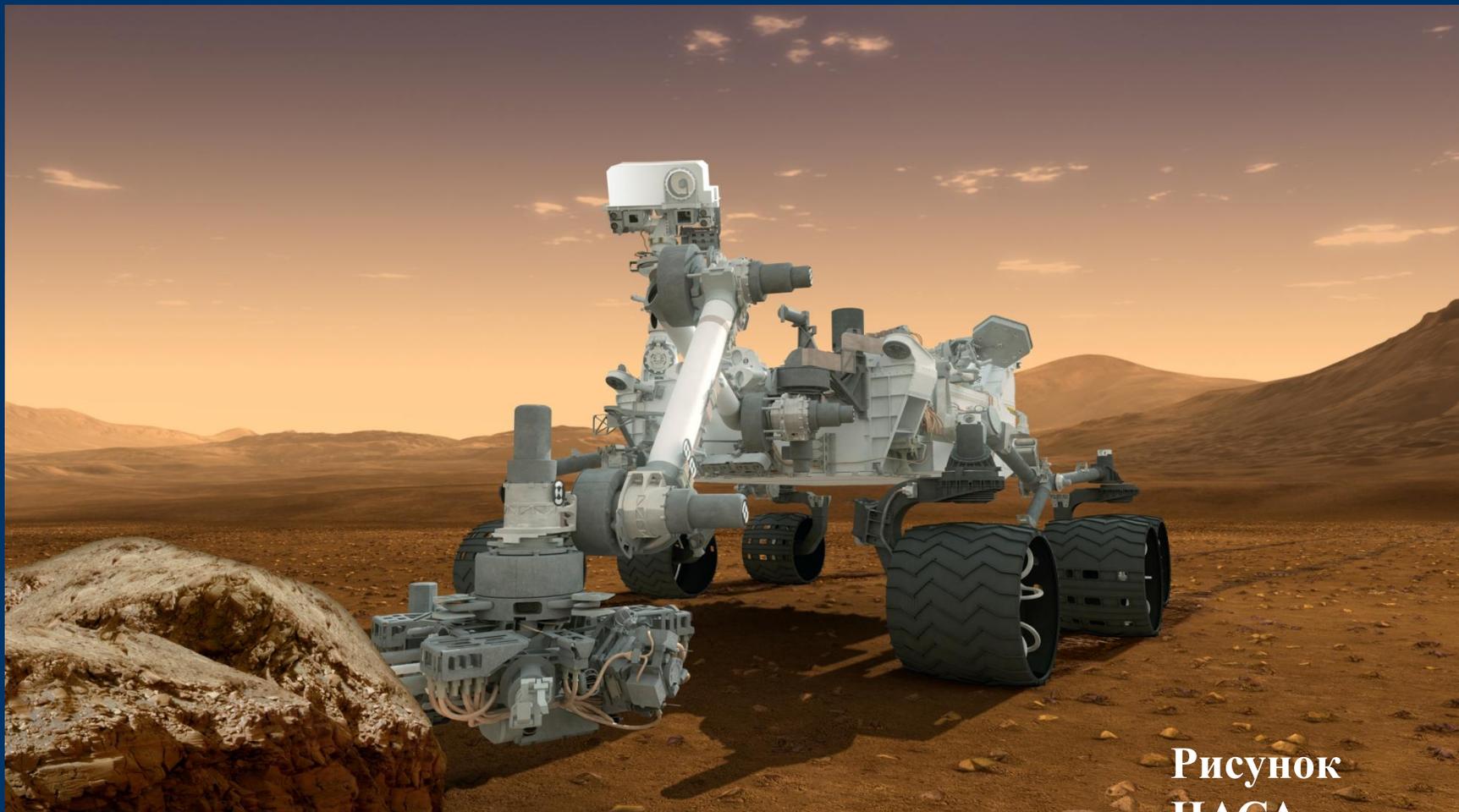


Рисунок  
НАСА

**МАРСОХОД «*CURIOSITY*» (НАСА)**

# КОМЕТА *ISON*: ВИД С МАРСА



C/2012 S1 (ISON) Date: September 22 / 2013





Юнона

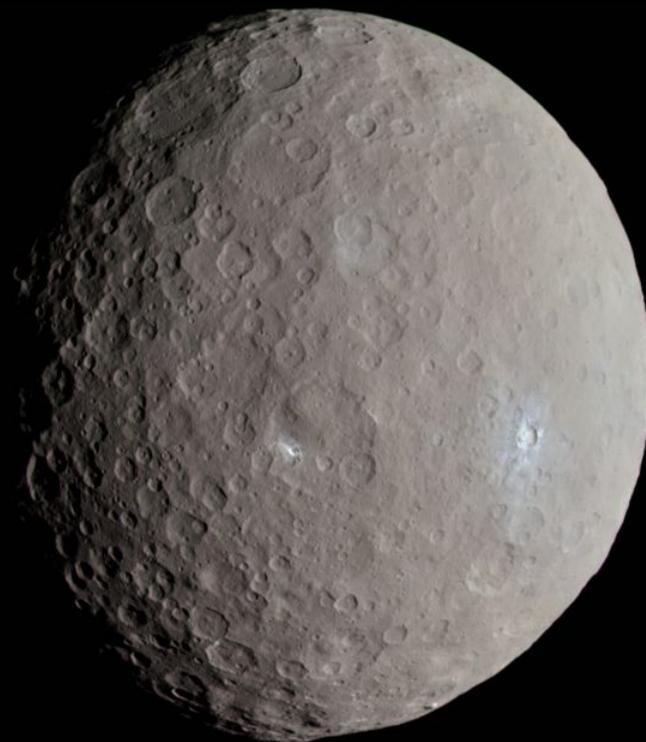


# Зонд "DOWN"

■ Веста

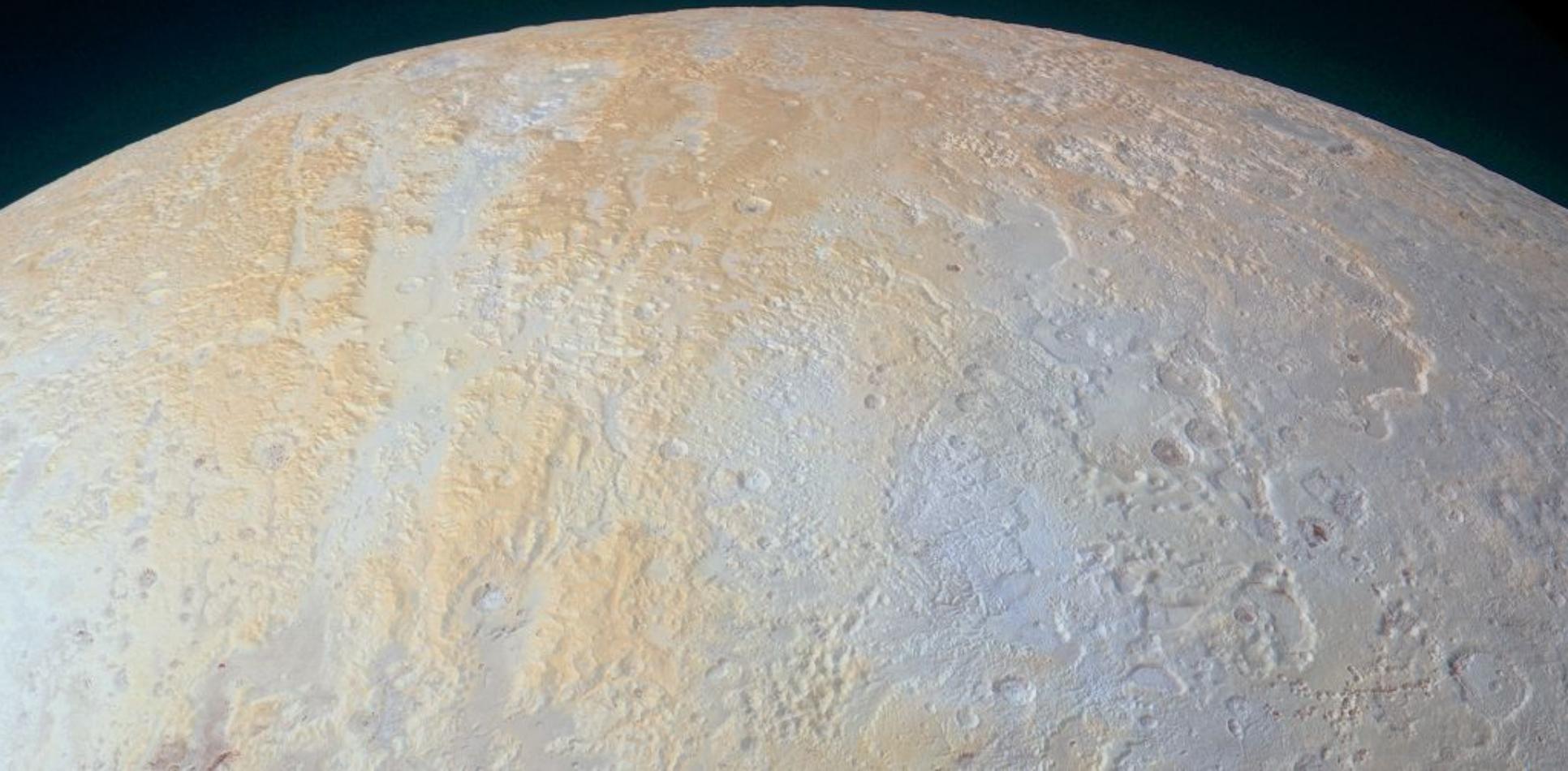


Церера



# «Новые горизонты»

Плутон

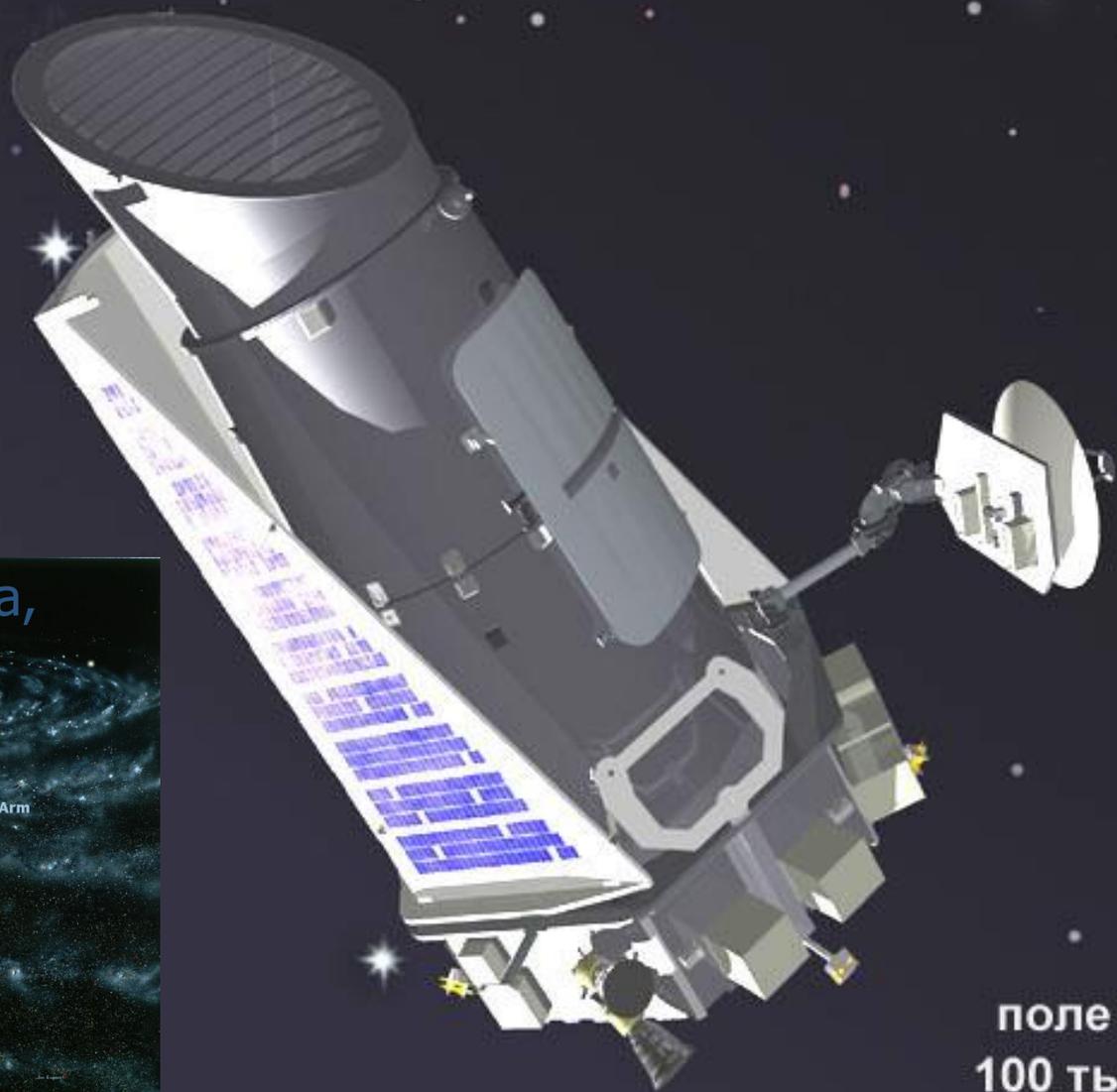
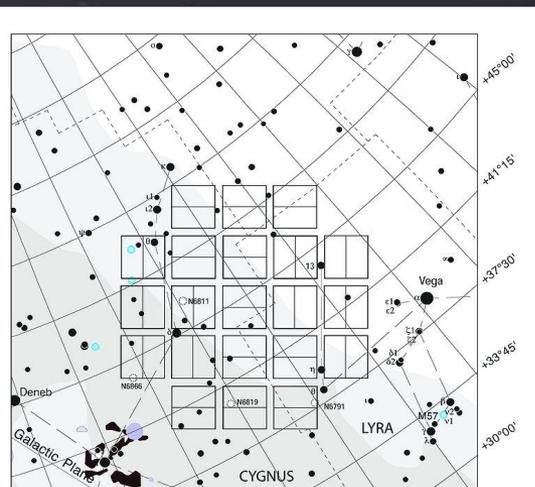


Поиски переменности более ста тыс. звезд

2009-2013 гг, 2014-2018- программа K2

Около 3500 экзопланет к июню 2017г. (с учетом других обсерваторий)

Kepler (NASA, 2009)



Созвездия Лебедь, Лира, Дракон



поле  $10^\circ \times 10^\circ$   
100 тыс. звезд

# «Космическая» астрономия в России: надежда на подъем



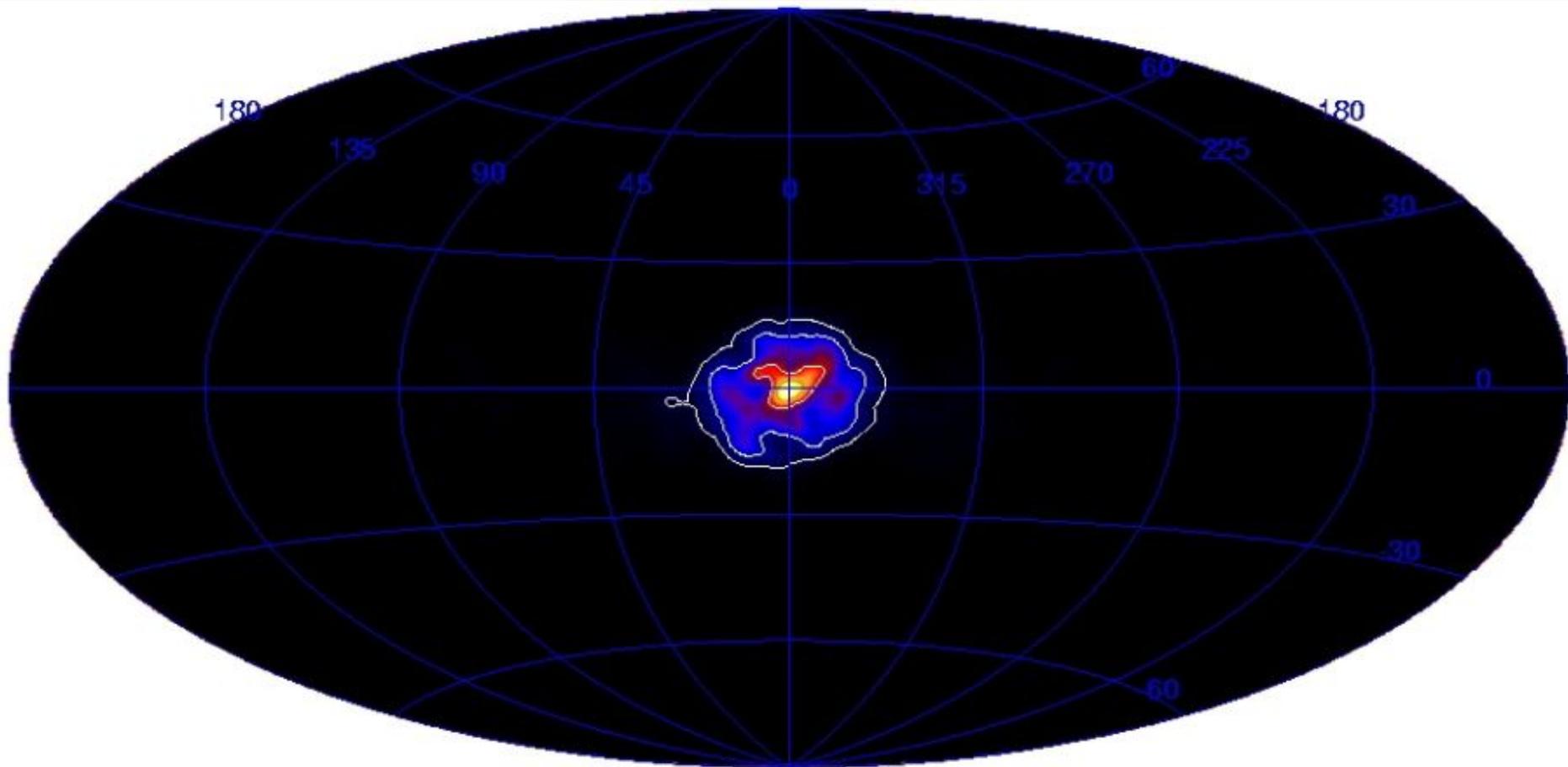
- Несколько интересных проектов отечественных космических научных программ
- Участие в международных проектах

## Прикладная астрономия:

- Солнечно-космическая погода
- Навигационные системы (ГЛОНАСС), создание инерциальной системы координат
- Отслеживание спутников и космического мусора
- Астероидная опасность

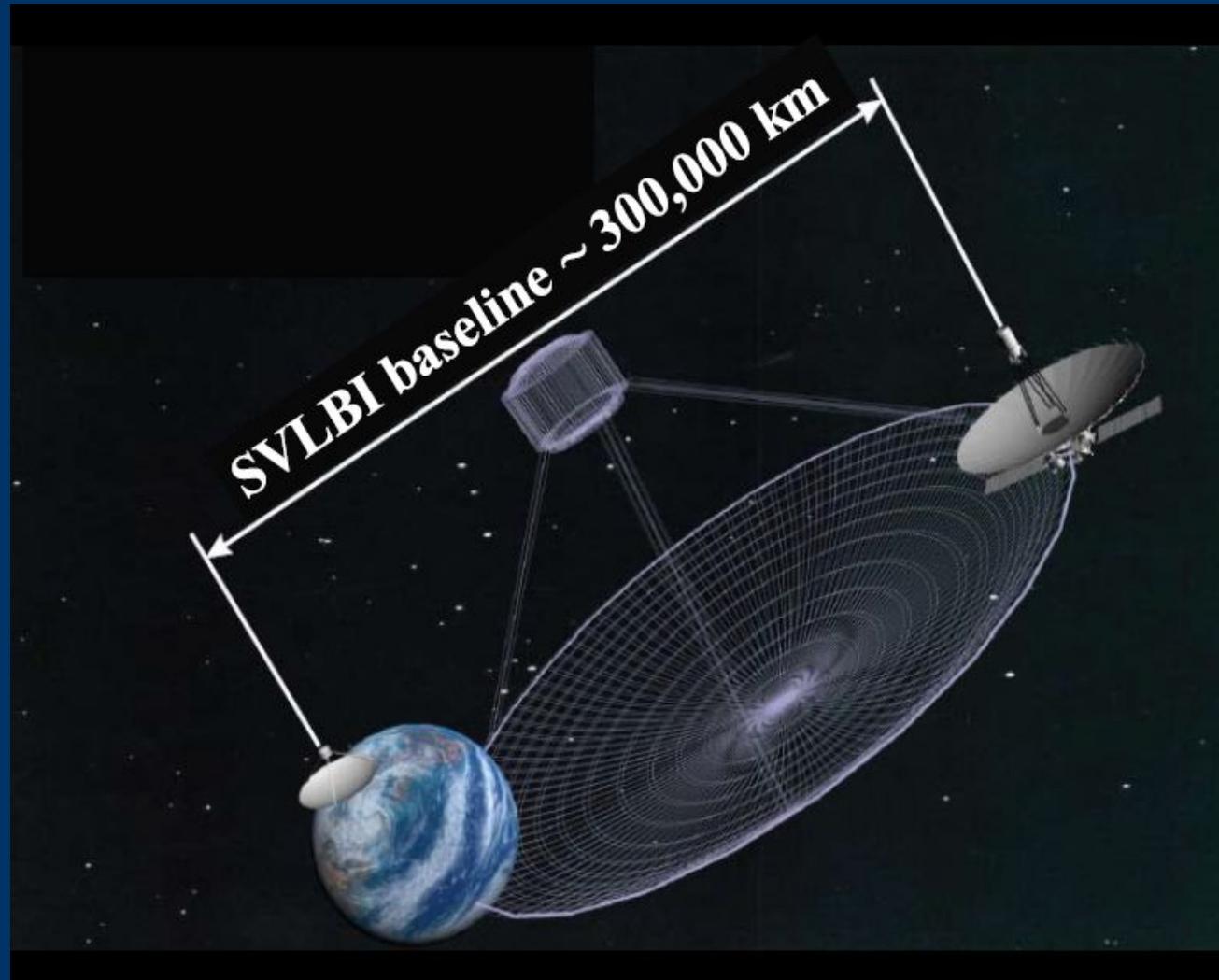
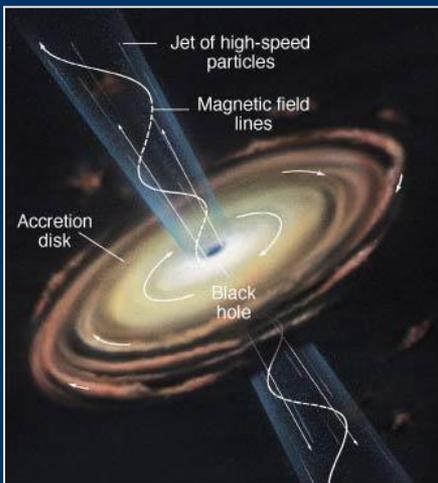
# Открытие фундаментального значения:

- Область аннигиляции «электрон-позитрон» в центре Галактики.

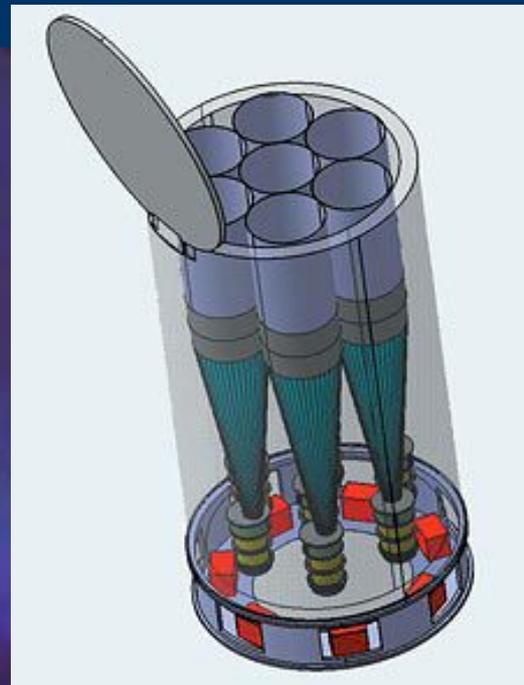
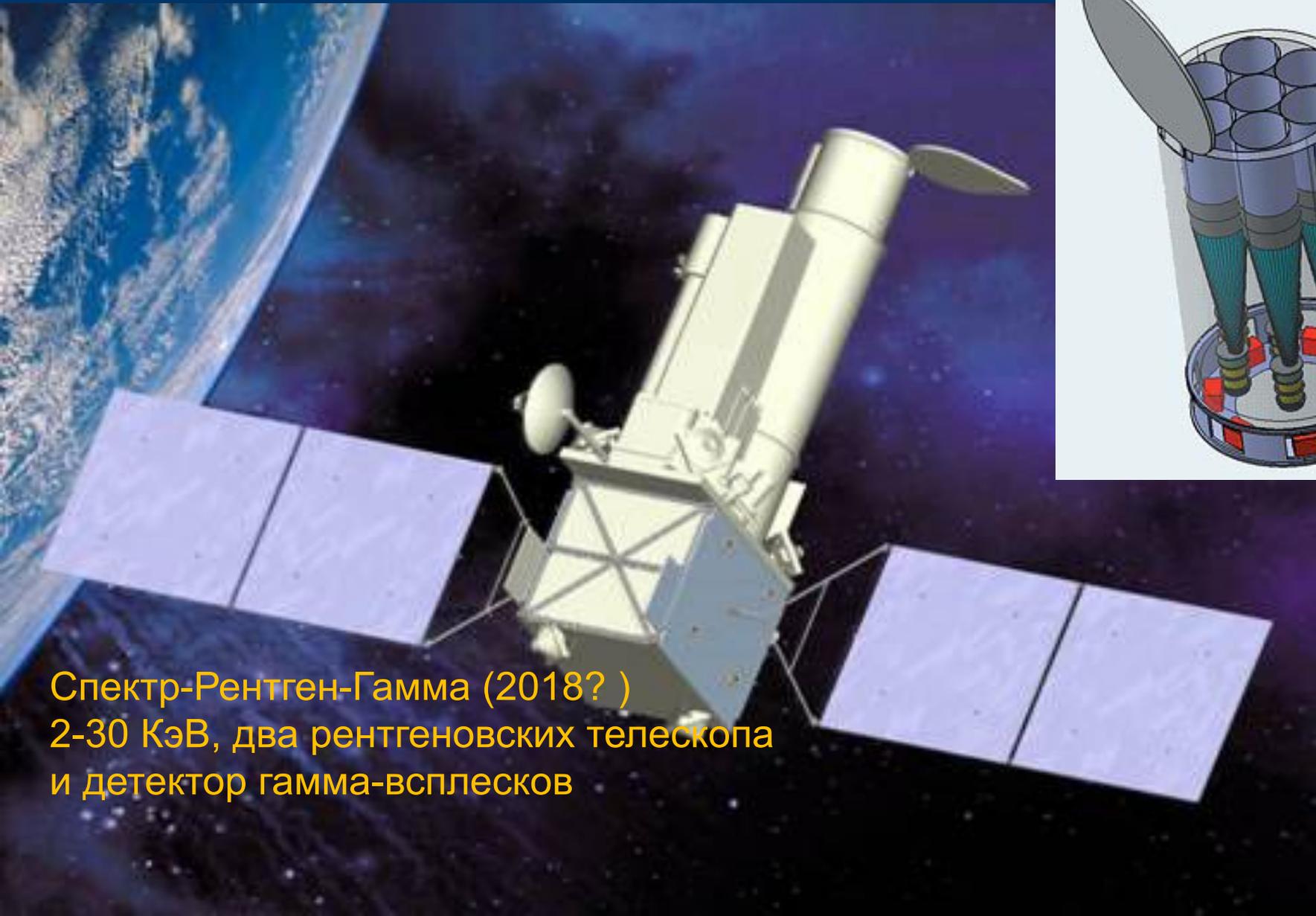


# Радиоастрон – самый большой научный комплекс в мире

- Антенна 10м
- Апогей орбиты-  
300 тыс.км
- Рекордное  
угловое  
разрешение-  
до 10 микросекунд



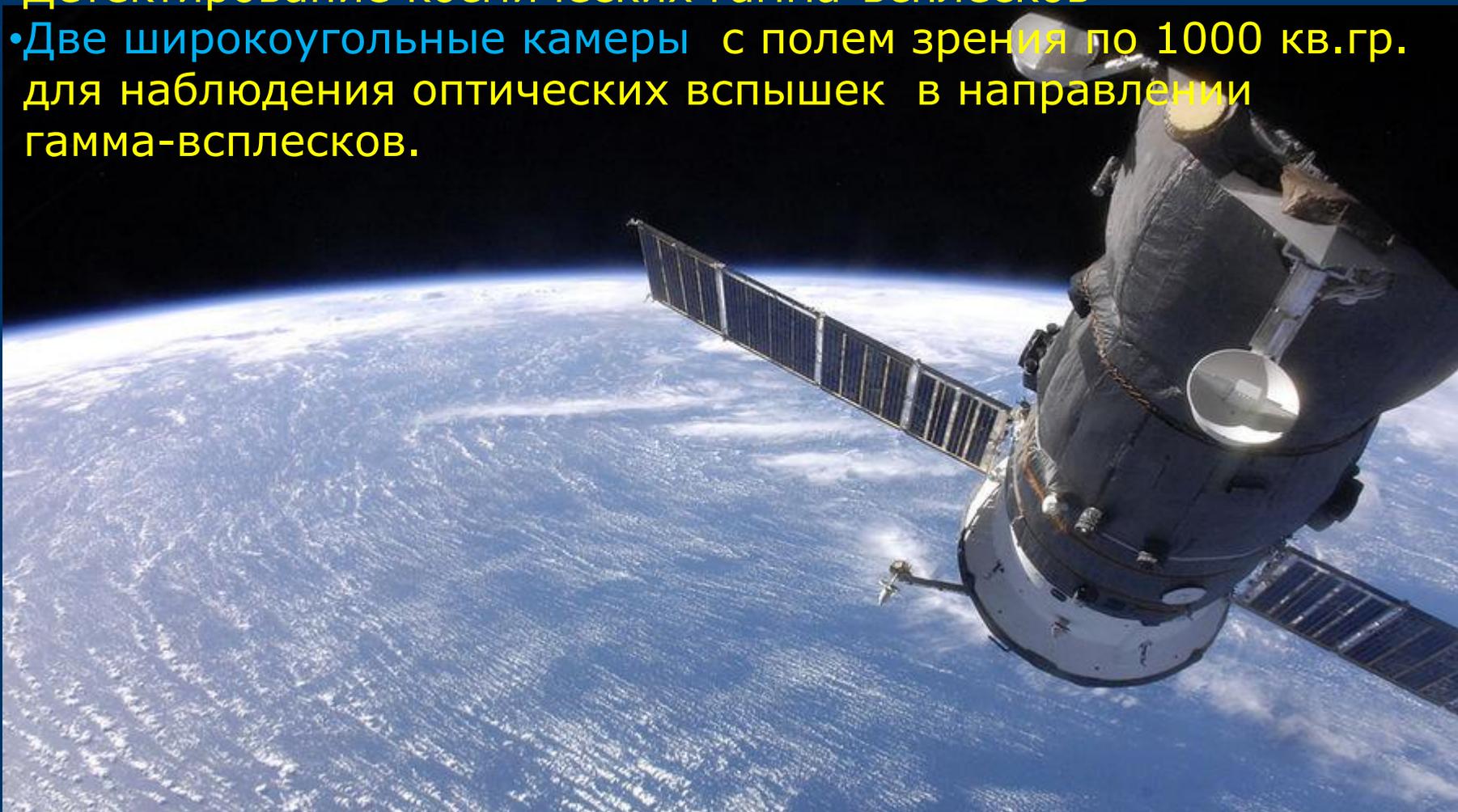
# Цель- исследовать эволюцию галактик и скоплений галактик в масштабах всей Вселенной



Спектр-Рентген-Гамма (2018? )  
2-30 КэВ, два рентгеновских телескопа  
и детектор гамма-всплесков

## Спутник «Ломоносов» (МГУ)

- Наблюдение световых вспышек в ночной атмосфере (УФ телескоп) для детектирования космических лучей сверхвысоких энергий.
- Детектор заряженных частиц
- Детектирование космических гамма-всплесков
- Две широкоугольные камеры с полем зрения по 1000 кв.гр. для наблюдения оптических вспышек в направлении гамма-всплесков.





# ВОПРОСЫ:

- А где обо всем этом может узнать обычный любознательный школьник?
- И какой учитель сможет его этим заинтересовать?
- А надо ли это ему вообще?

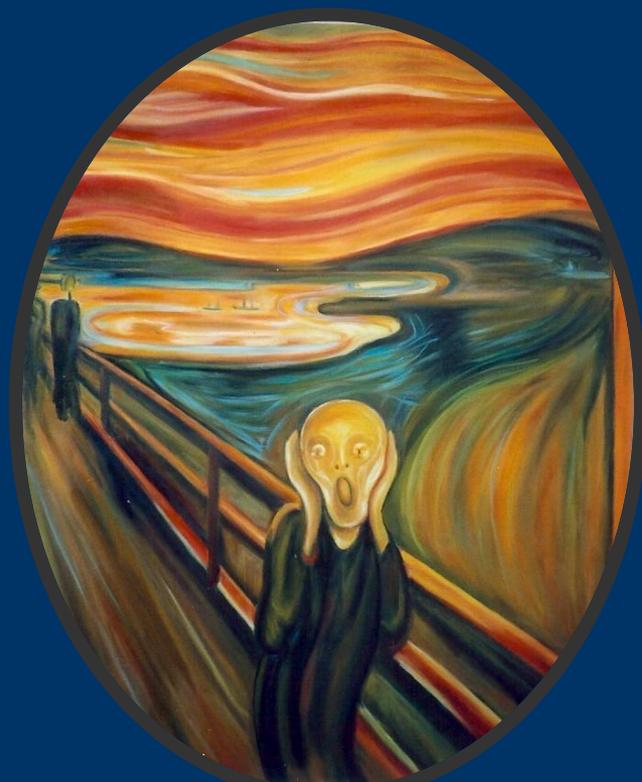


# ОСОБЕННОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ АСТРОНОМИИ

- Ребенок встречается с астрономическими явлениями с раннего детства.
- Астрономия как мировоззренческий предмет, соединяющий разные науки, должна **ненавязчиво** пройти через все годы школьного обучения.

Астрономическая безграмотность  
большинства населения, в том числе  
выпускников школ, «зашкаливает», а то  
и вселяет ужас.

Нужна ли астрономия в обычной школе?



# Что дает школьнику знакомство с астрономией?

- **1. Общая культура. Противоядие против мракобесия. Понимание астрономических явлений, наблюдаемых в повседневной жизни (смена дня и ночи, смена времен года, метеоры, солнечные и лунные затмения, движение звезд по небу и пр.)**

# Что дает школьнику знакомство с астрономией?

- **2. Астрономия как расширенный вариант физики.**
- **Иллюстрация того, как «работают» известные законы физики вне Земли.**

# Что дает школьнику знакомство с астрономией?

- 3. Знакомство с быстро развивающейся «космической» сферой деятельности Человека (наука, экономика, оборона).

# Что дает школьнику знакомство с астрономией?

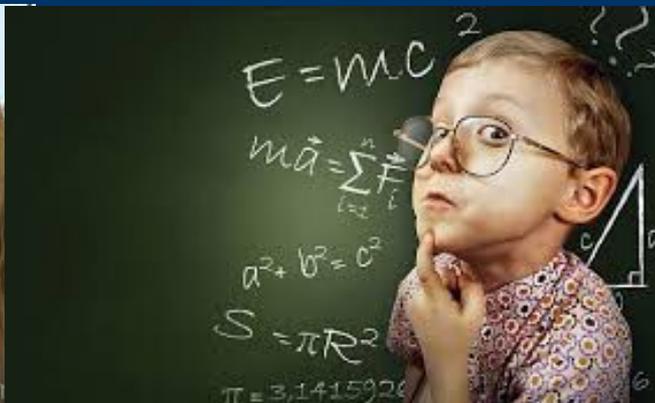
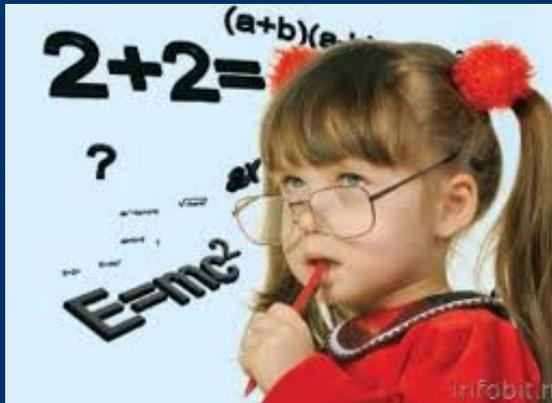
- **4. Развитие общей культуры и кругозора.**  
**Представление о физической картине мира, о пространственно-временных масштабах Вселенной, о природе Земли, Луны, планет, Солнца и звезд, а также о месте Земли во Вселенной.**

# Что дает школьнику знакомство с астрономией?

- **5. Удовлетворение естественной юношеской любознательности, воспитание интереса к науке (не только к астрономии) и уважения к ней. Связь с математикой, историей, геологией и др. науками.**

# ЧТО ДОЛЖЕН ЗНАТЬ ШКОЛЬНИК О ВСЕЛЕННОЙ?

- Объяснение почти любого астрономического явления можно дать на нескольких уровнях. Пример: смена дня и ночи.
- Три уровня астрономической грамотности школьника: **начальный, продвинутый, профильный**



# 12 КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ НАЧАЛЬНОГО УРОВНЯ

- Что представляют собой Солнце, Луна, планеты, звезды?
- Как объяснить фазы Луны?
- Как возникает смена дня и ночи?
- Почему происходят затмения Луны и Солнца?
- Сколько звезд можно видеть на небе, и почему звезды не видны днем?
- Что делают люди в космосе?



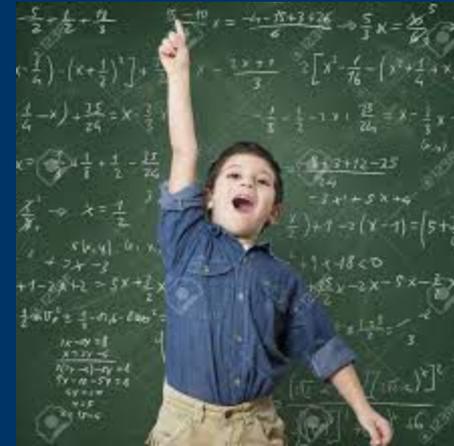
# 12 КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ НАЧАЛЬНОГО УРОВНЯ

- Почему происходит смена времен года?
- Могут ли камни падать с неба?
- Что такое «падающие звезды»?
- Как выглядят планеты солнечной системы в сравнении с Землей?
- Что такое астрономическая единица и световой год?
- Когда и в какой стране осуществлен первый «прорыв в космос»?



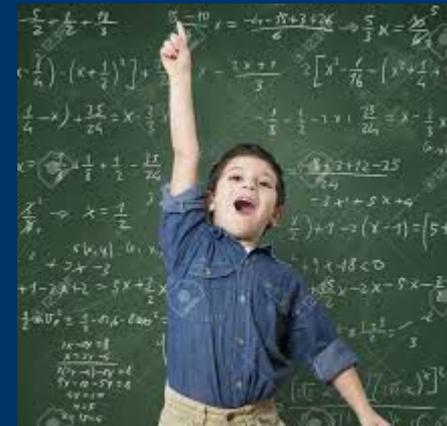
# 12 КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ПРОДВИНУТОГО УРОВНЯ

- Почему вид звездного неба и видимый путь Солнца на небе зависят от географической широты?
- Какая сила управляет движением планет, и почему планеты не падают на Солнце, а Луна на Землю?
- Каковы физические условия на поверхности планет?
- Как узнали расстояния до планет, звезд и галактик?
- Что заставляет звезды и Солнце ярко светиться, и откуда они черпают энергию?
- Как устроен телескоп?



# 12 КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ ПРОДВИНУТОГО УРОВНЯ

- Каков, по современным представлениям, жизненный путь Солнца и звезд различной массы?
- Что дают науке космические исследования?
- Что такое спектр, и что можно узнать с помощью спектрального анализа излучения космических тел?
- Что представляет собой наша Галактика?
- На чем основаны представления о расширяющейся Вселенной?
- Какую роль сыграла астрономия в развитии цивилизации?



# Школы естественно-научного профиля:

- Более глубокое изучение отдельных тем с использованием физико-математического аппарата. Решение задач.
- Проведение лабораторных работ и телескопических наблюдений
- Самостоятельная работа по заданным темам.

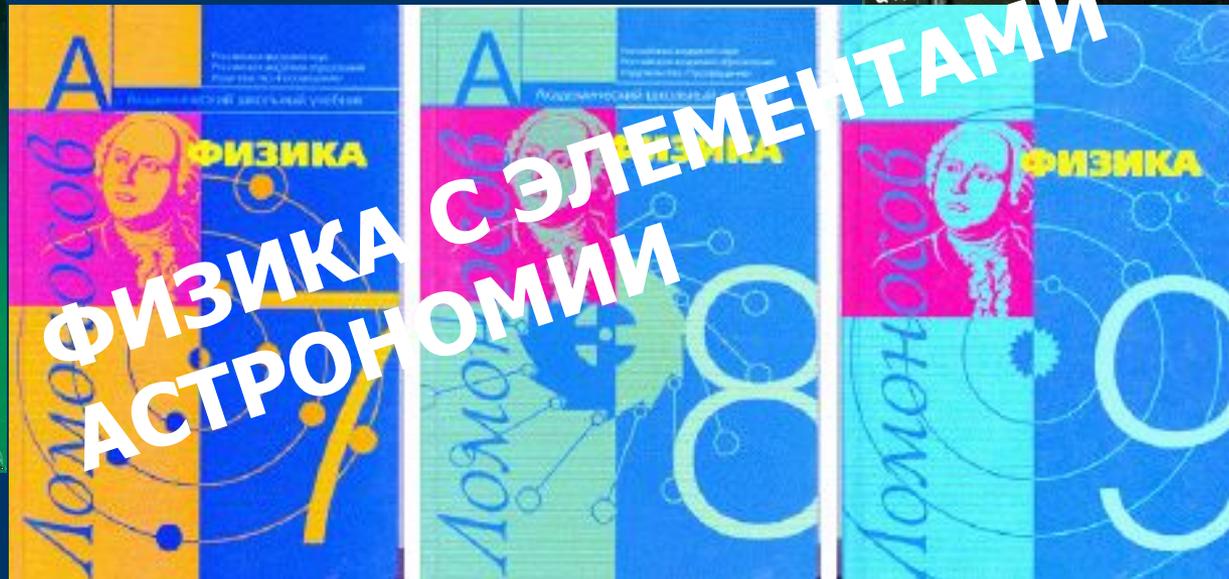
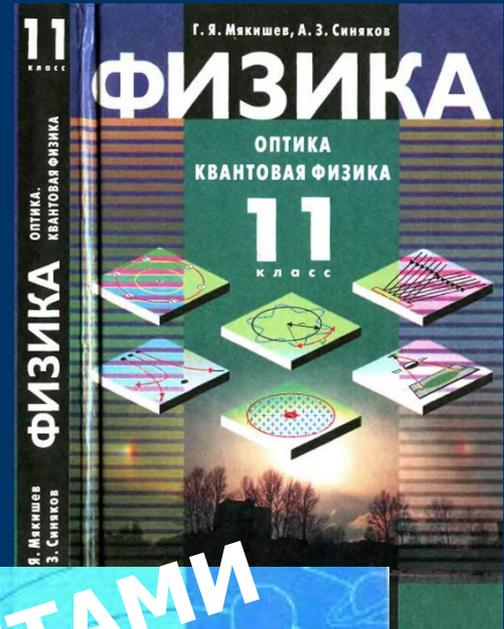
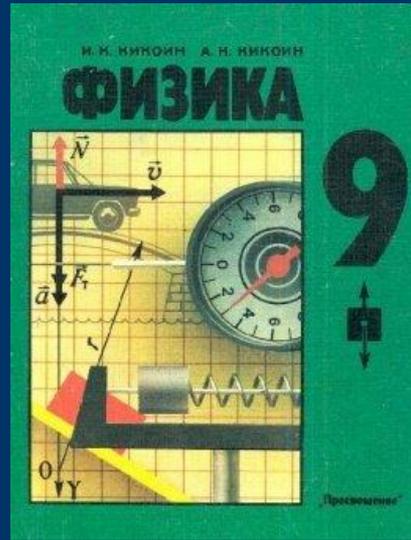
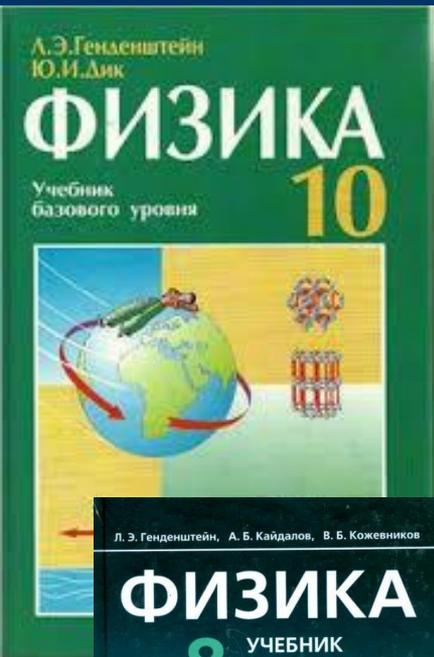


# Астрономия должна вернуться. Но есть проблемы .

- Подготовка и повышение квалификации учителей
- Учебники и методические разработки для школ и пед-университетов – они либо устарели, либо отсутствуют!
- Где место астрономии в школе?



# Астрономия и физика



# «Старые» и новые учебники астрономии

- Б.А.Воронцов-Вельяминов, Е.К.Страут
- В.В.Порфирьев
- А.В.Засов, Э.В.Кононович (2015г- вышел уже без грифа)
- В.М.Чаругин (грифа пока нет)

# Можно ли растворить АСТРОНОМИЮ в школьной ФИЗИКЕ?

- Плюс:
- Как отдельный предмет, без физики, короткий курс астрономии всегда будет не очень престижным (он был второстепенным курсом и в советское время), оставаясь сложным для преподавания.



# Можно ли растворить АСТРОНОМИЮ в школьной ФИЗИКЕ?

- Минусы:
- **Астрономия не может быть представлена в достаточном объеме, и выглядит как искусственная добавка к уже разработанным курсам физики, легко возникает желание ее «ужать»: физика в школе и так ущемлена.**



# Темы, очень слабо отраженные или отсутствующие в школьном курсе физики

- Космические масштабы пространства и времени, доступные исследованиям

*Астрономические единицы расстояний.  
Расстояния до Луны, Солнца, планет,  
звезд и галактик. Время  
распространения света.*

# Темы, очень слабо отраженные или отсутствующие в школьном курсе физики

- Знакомство с наблюдаемыми астрономическими явлениями

*Видимые движения Солнца, Луны, планет, звезд, зависимость от широты.*

*Смена фаз луны, смена суток, смена времен года.*

*Кометы, метеоры, метеориты*

# Темы, очень слабо отраженные или отсутствующие в школьном курсе физики

- Описание тел планетной системы

*Общий состав и структура солнечной системы.*

*Различия между планетами и их физические причины*

*Планеты у других звезд*

# Темы, очень слабо отраженные или отсутствующие в школьном курсе физики

- Эволюция космических объектов и Вселенной как целого

*Возраст Земли, Солнца, других звезд.  
Необратимые изменения во Вселенной.  
Изменение химического состава  
вещества*

# Темы, очень слабо отраженные или отсутствующие в школьном курсе физики

- Прикладные задачи, решаемые с использованием астрономических знаний и методов

*Космическая связь, навигация, мониторинг, Оборонно-космические задачи.*

*Создание инерциальной системы координат.*

*Солнечно-земные связи, космическая «погода»*

*Отслеживание опасных астероидов.*

# Темы, очень слабо отраженные или отсутствующие в школьном курсе физики

- Иллюстрация того, как работают законы физики в экзотических условиях

*Сверхплотные звезды (б. карлики)*

*Звезды, не состоящие из атомов (нейтронные)*

*Источники энергии фантастической мощности*

*Гипотетические черные дыры*

*Преобладание темной материи неизвестной природы в масштабах галактик и всей Вселенной*

# Ситуация на сегодняшний день

- Пока – в значительной степени неопределенная.
- Но дело начато....



- Полноценный курс астрономии директивно ввести нельзя. Нельзя требовать обязательности курса сразу во всех школах. Нужны подготовленные учителя, новые учебники и методические разработки.
- Возвращение астрономии должно начаться с педвузов. Но школы, где есть опыт и желание вести курс астрономии, должны продолжать это и поощряться как опорные, базовые школы.

Есть ряд спорных вопросов, но  
ЭТО ЛУЧШЕ, ЧЕМ ОТСУТСТВИЕ  
ВОПРОСОВ ПРИ ОТСУТСТВИИ  
АСТРОНОМИИ В ШКОЛЕ

**СПАСИБО!**



## Специализированные астрономические научные учреждения РАН (ФАНО)

- Специальная астрофизическая обсерватория РАН (Н. Архыз);
- Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН (С.-Петербург, +ГАС);
- Институт астрономии РАН (Москва, +Звенигородская обс., +обс. Терскол,);
- Институт прикладной астрономии РАН (С.-Петербург, + обсерватории: Бадары, Зеленчук, Светлое);
- Астрокосмический центр ФИАН (Москва, + ПРАО).
- Институт солнечно-земной физики СО РАН (Иркутск, + Саянская солнечная обс.+Байкальская астрофи. обс. +радиоастрофиз. обс.);
- Уссурийская астрофизическая обсерватория ДвО РАН.

## Научные учреждения РАН (ФАНО), имеющие подразделения астрономического направления

- Институт космических исследований РАН (Москва);
- Институт земного магнетизма и распространения радиоволн РАН (Троицк);
- Физический институт им.Лебедева РАН (Москва, кроме АКЦ);
- Институт прикладной физики РАН (Н-Новгород);
- Физико-технического институт им А.Ф.Иоффе РАН (С-Петербург);
- Институт прикладной математики РАН (Москва);
- Институт теоретической и экспериментальной физики РАН (Москва);
- Институт ядерных исследований РАН;
- Институт космофизических исследований и аэронауки СО РАН (Якутск);
- и др.

# Астрономические структуры в ВУЗах

- Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ им.М.В.Ломоносова (Москва,+Кавказ-ская горная obs., Крымская лаборатория, Баксанская станция)

## Кафедры, обсерватории, группы

- Санкт-Петербургского государственного университета;
- Казанского (Приволжского) федерального ун-та;
- Уральского федерального университета;
- НИИЯФ МГУ;
- Южного федерального университета;
- Томского государственного университета;
- Иркутского государственного университета;
- Волгоградского государственного университета;
- Рязанского государственного университета;
- Петрозаводского государственного университета;
- Сибирского госуд. аэрокосмического университета
- и др.