ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Лекция 10. Большая космическая наука

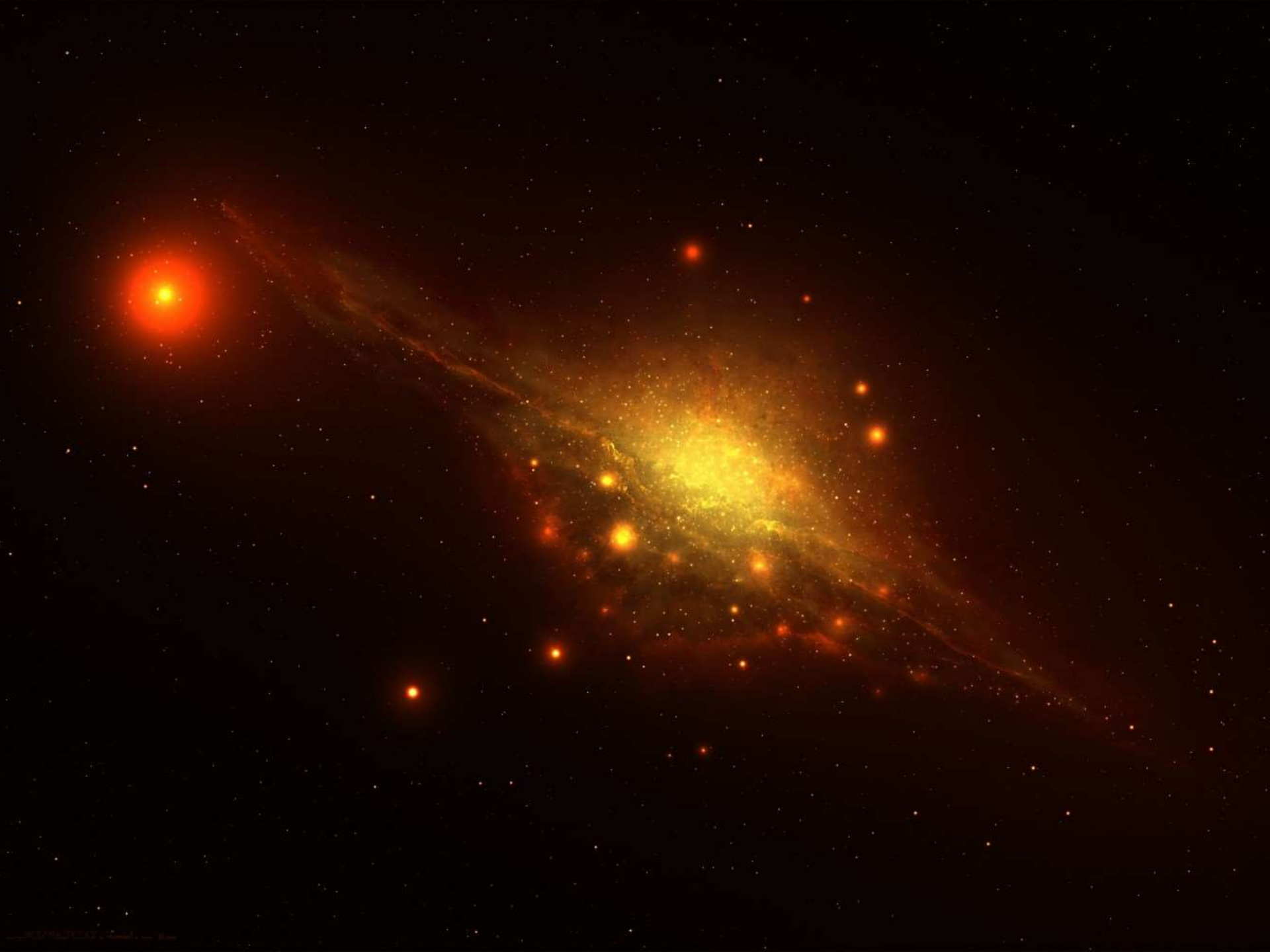
Дмитрий Пайсон

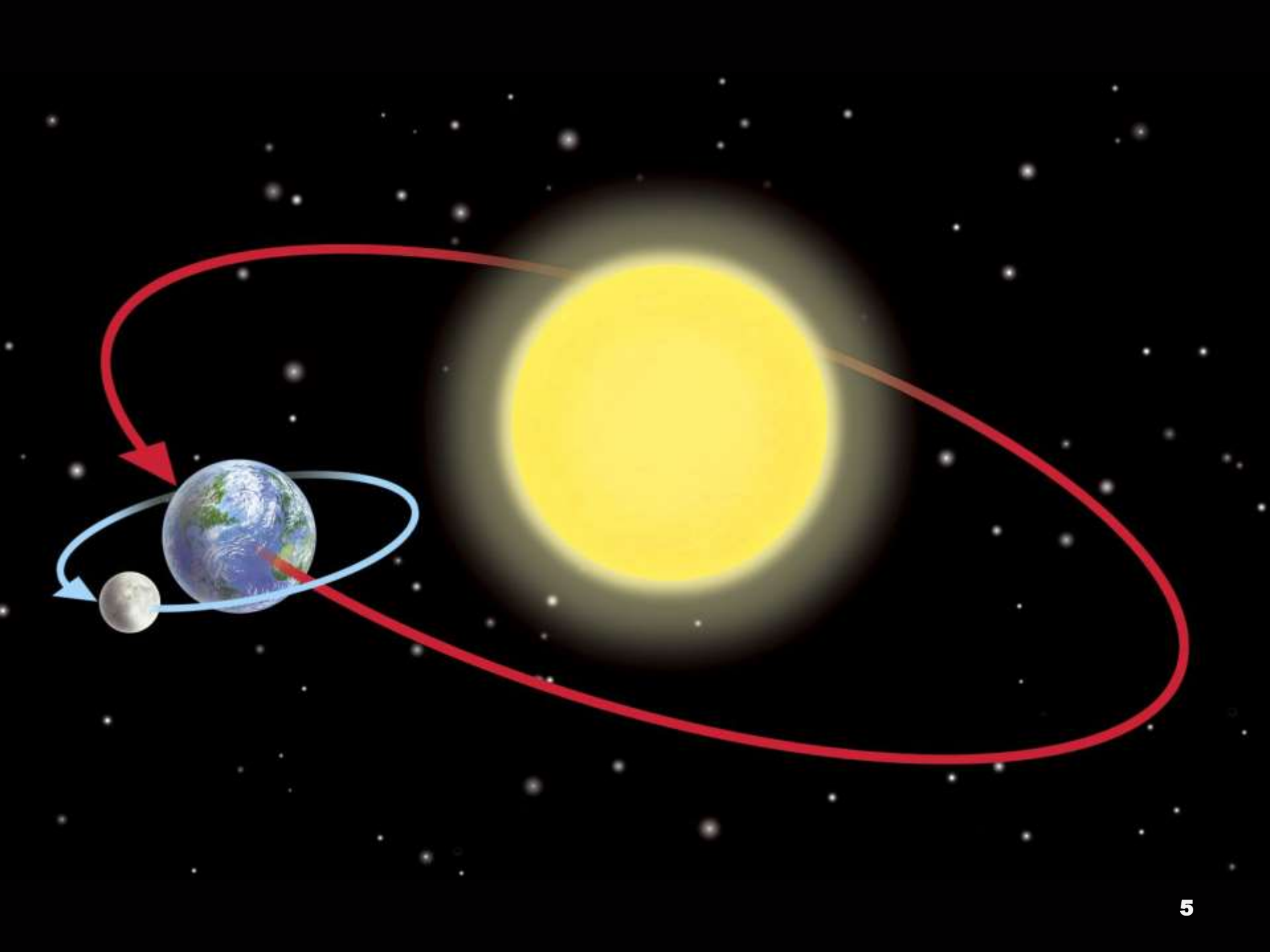
2021

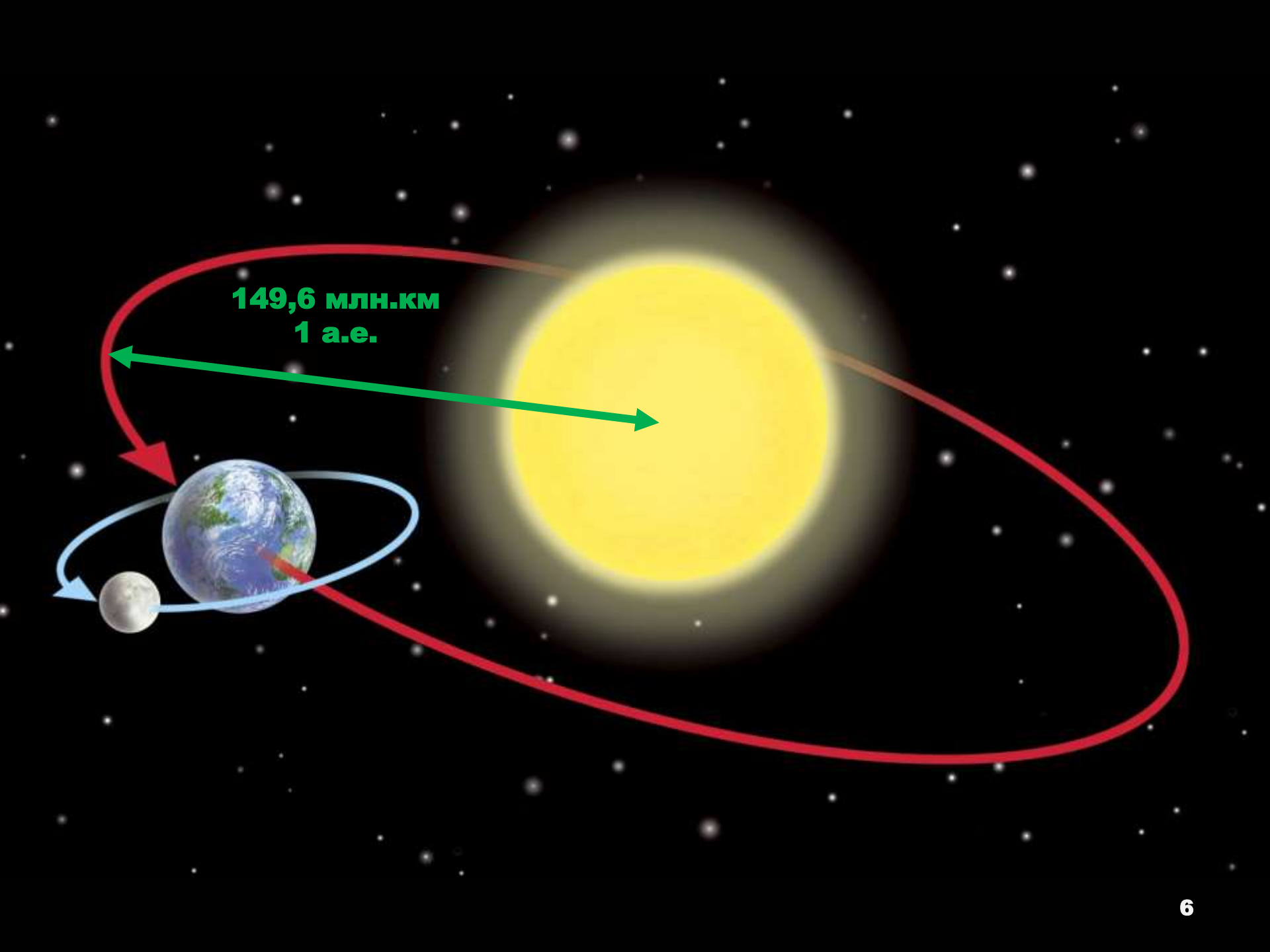
Использованы материалы акад. М.Я.Марова

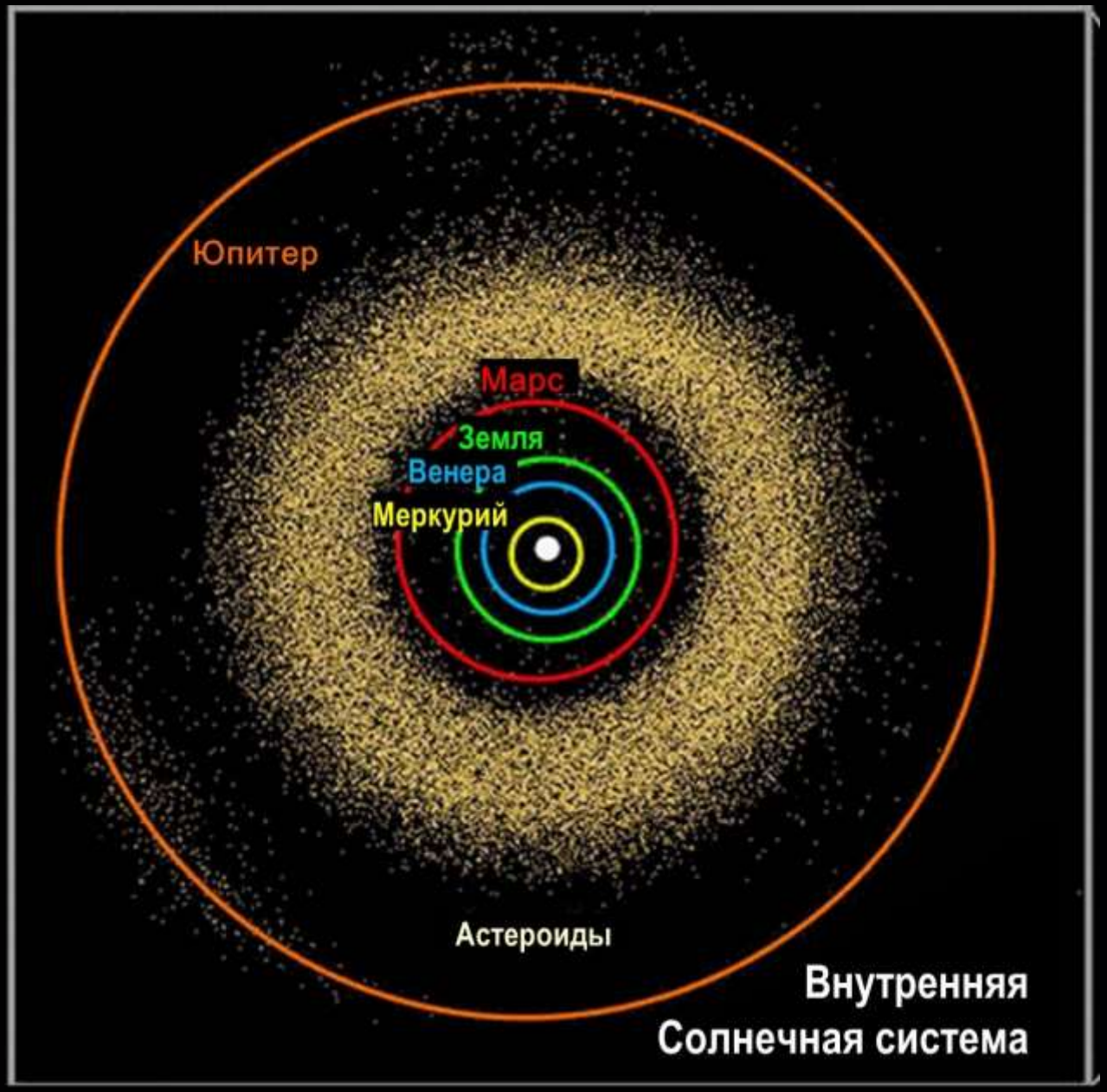
Космические исследования

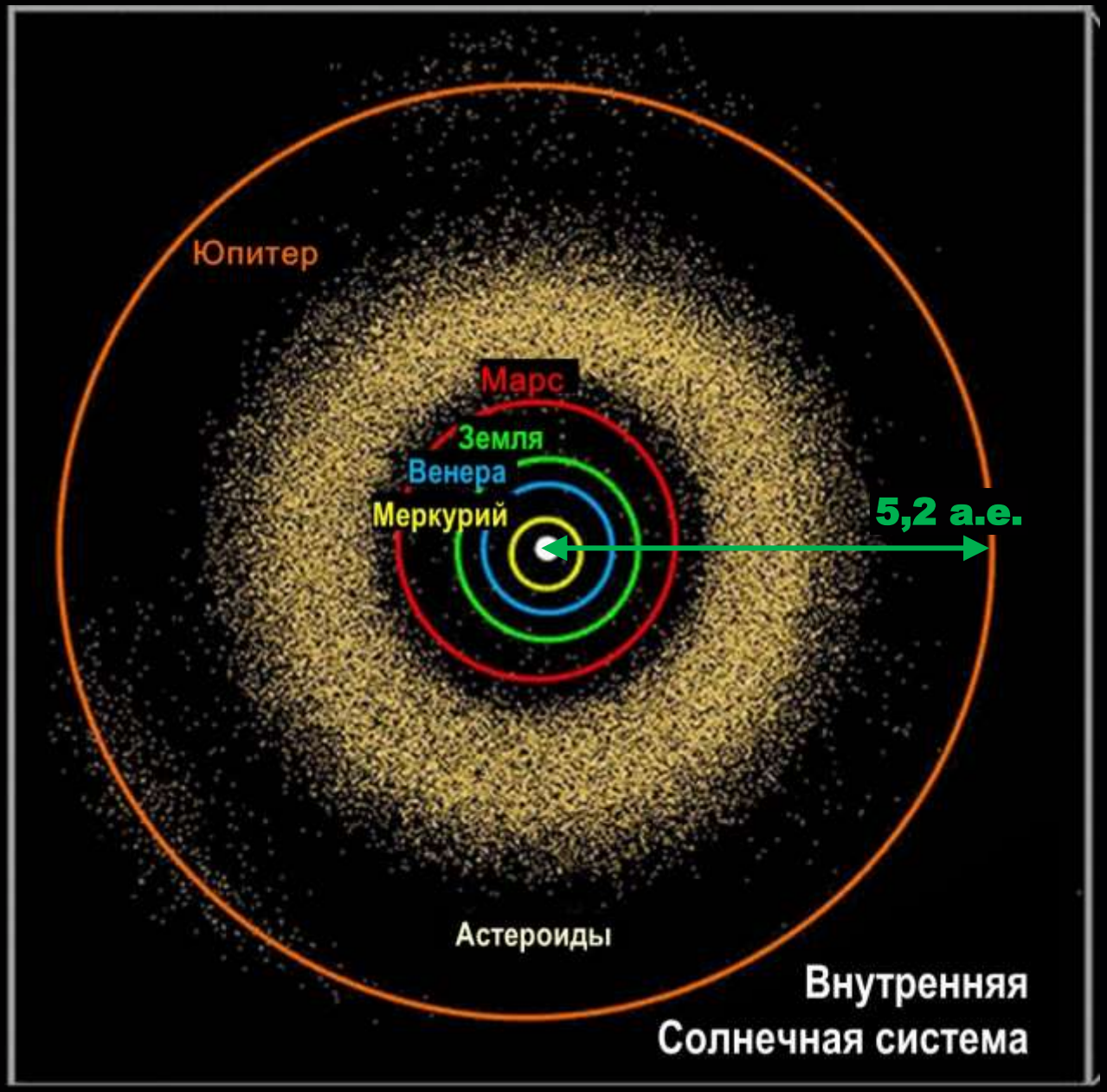
- **Фундаментальные («чистая наука»)**
  - **Исследования Вселенной**
    - **Исследования физических процессов в астрономических объектах (астрофизика)**
    - **Исследования звездных систем и планет вне Солнечной системы**
    - **Исследование планет, спутников и малых тел Солнечной системы**
    - **Исследования Луны**
    - **Исследования Земли из космоса**
  - **Исследования законов мироздания**
  - **Исследования человека и живых организмов**
- **Прикладные (ради создания новой техники и технологий)**

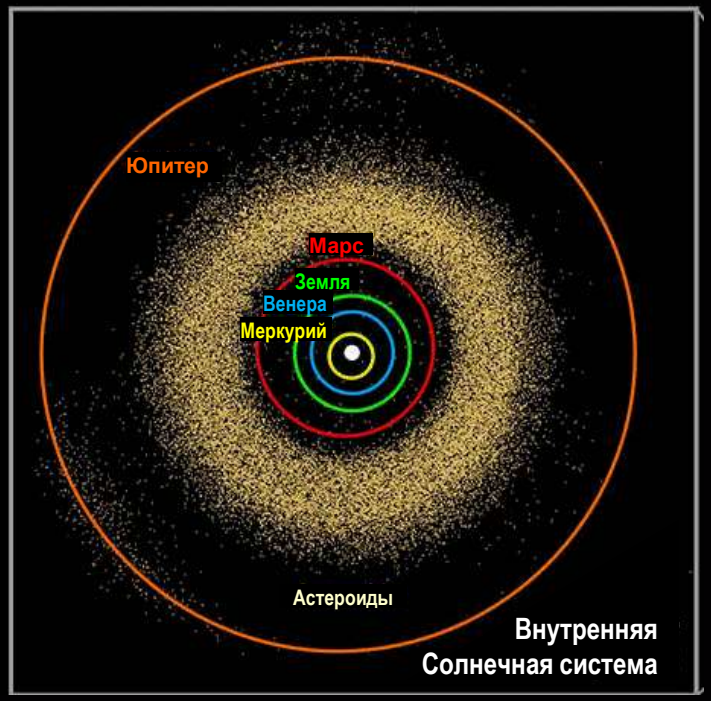


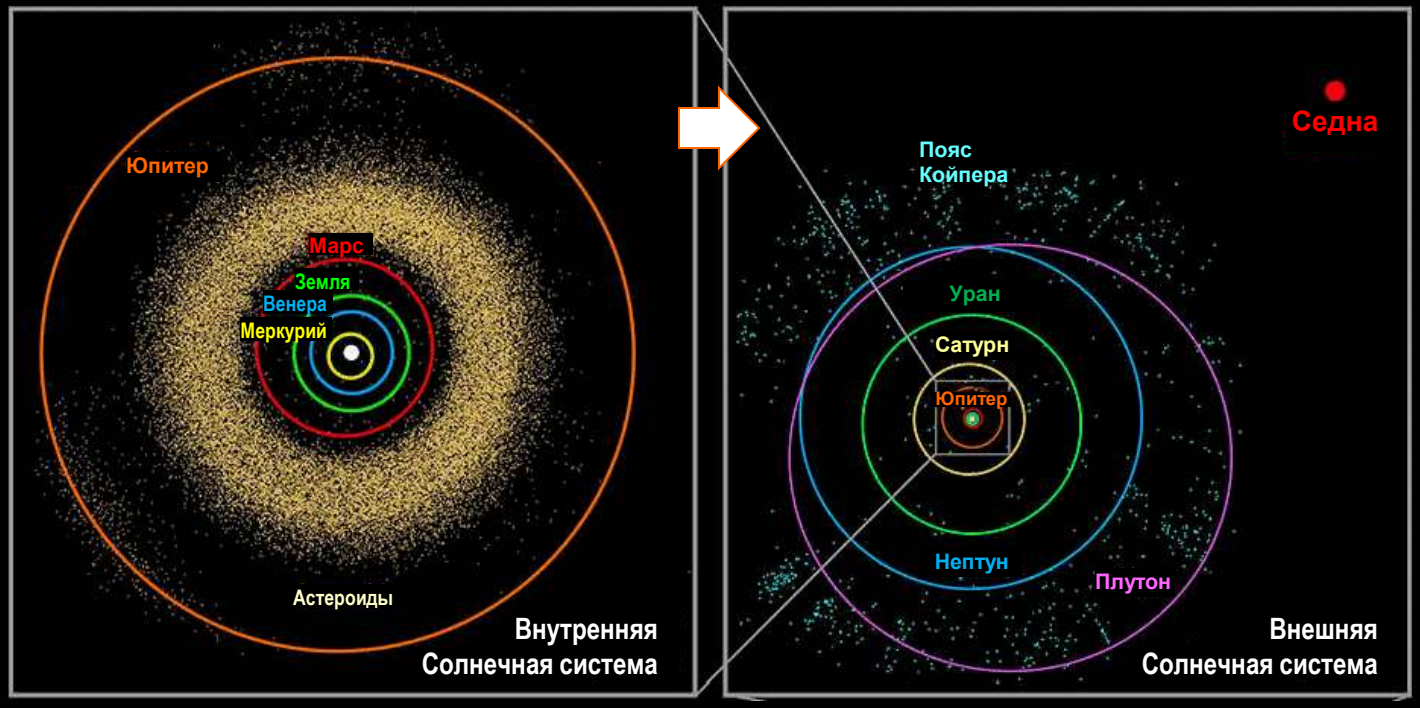


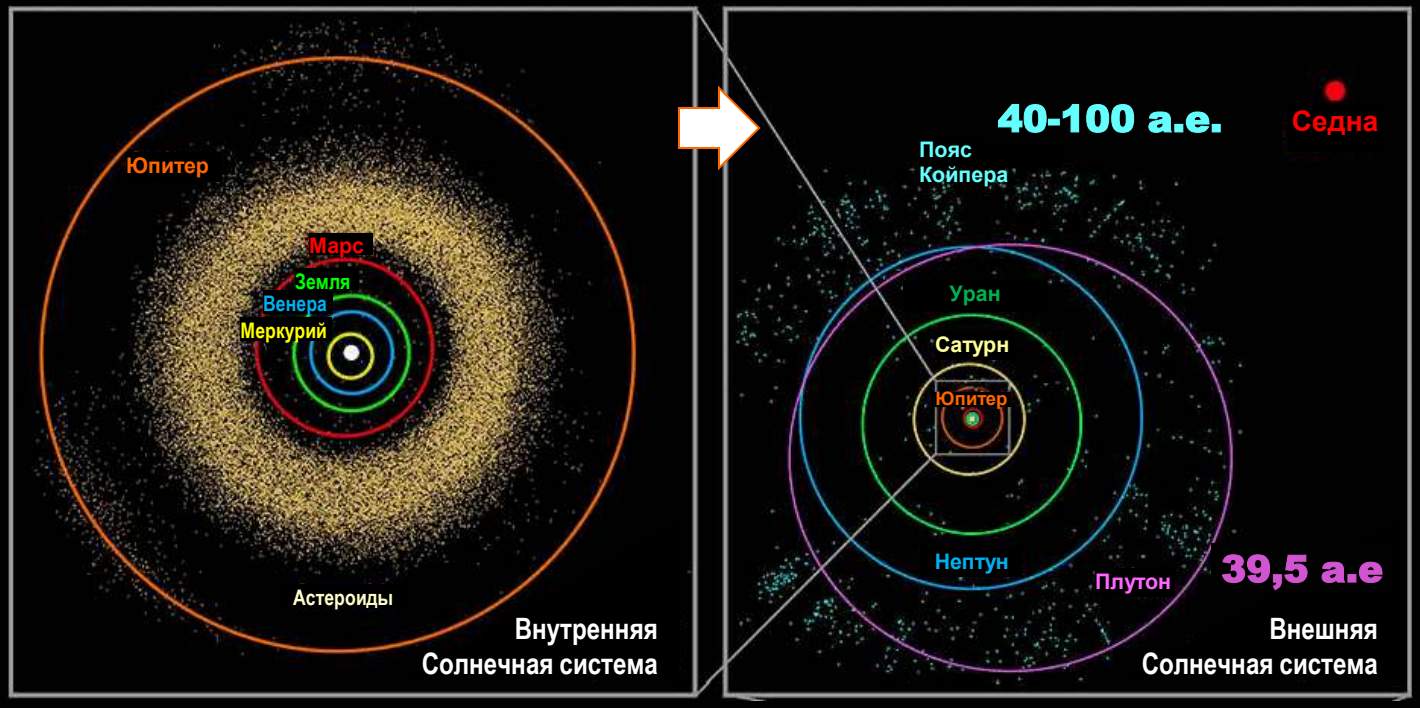

149,6 млн.км
1 а.е.

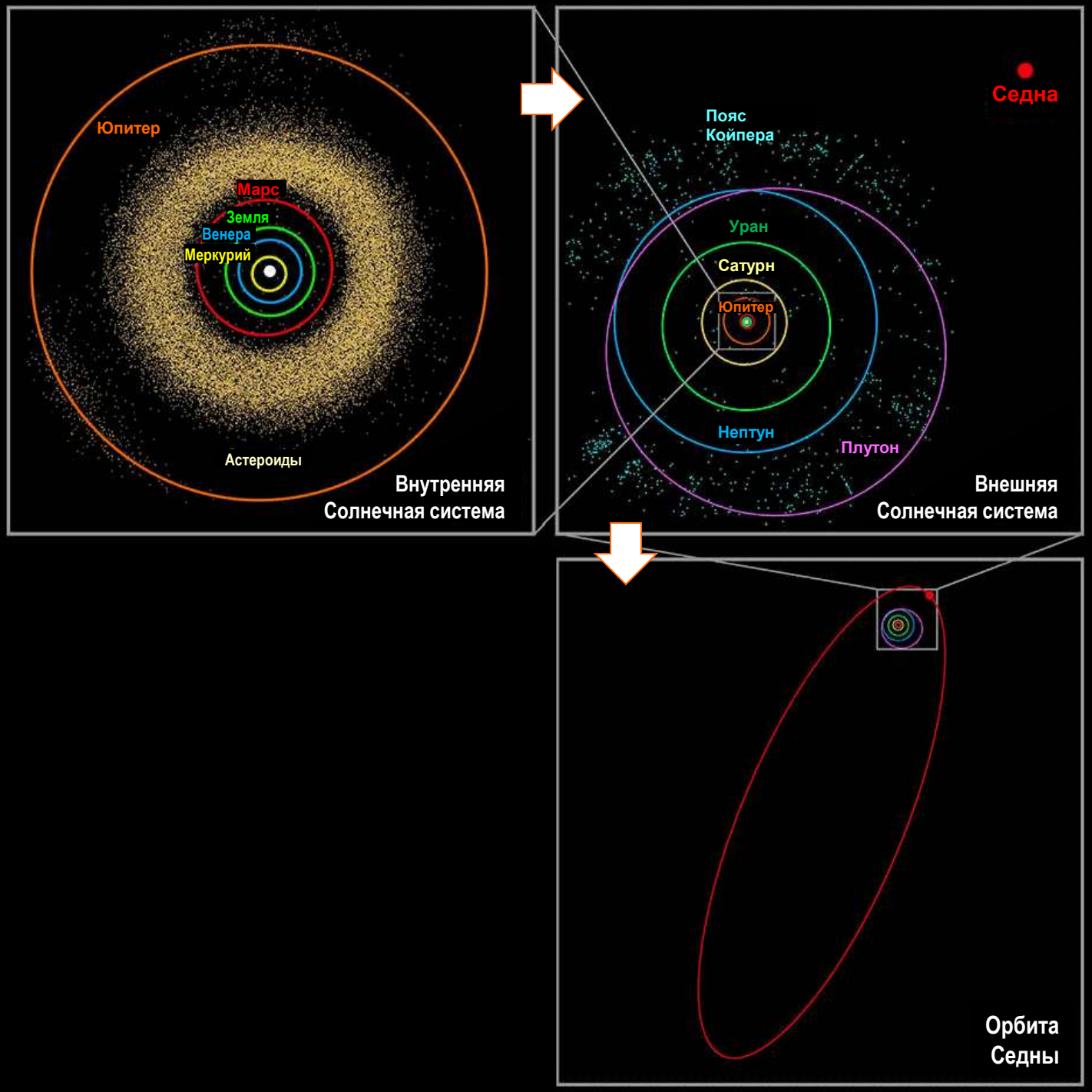

Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система

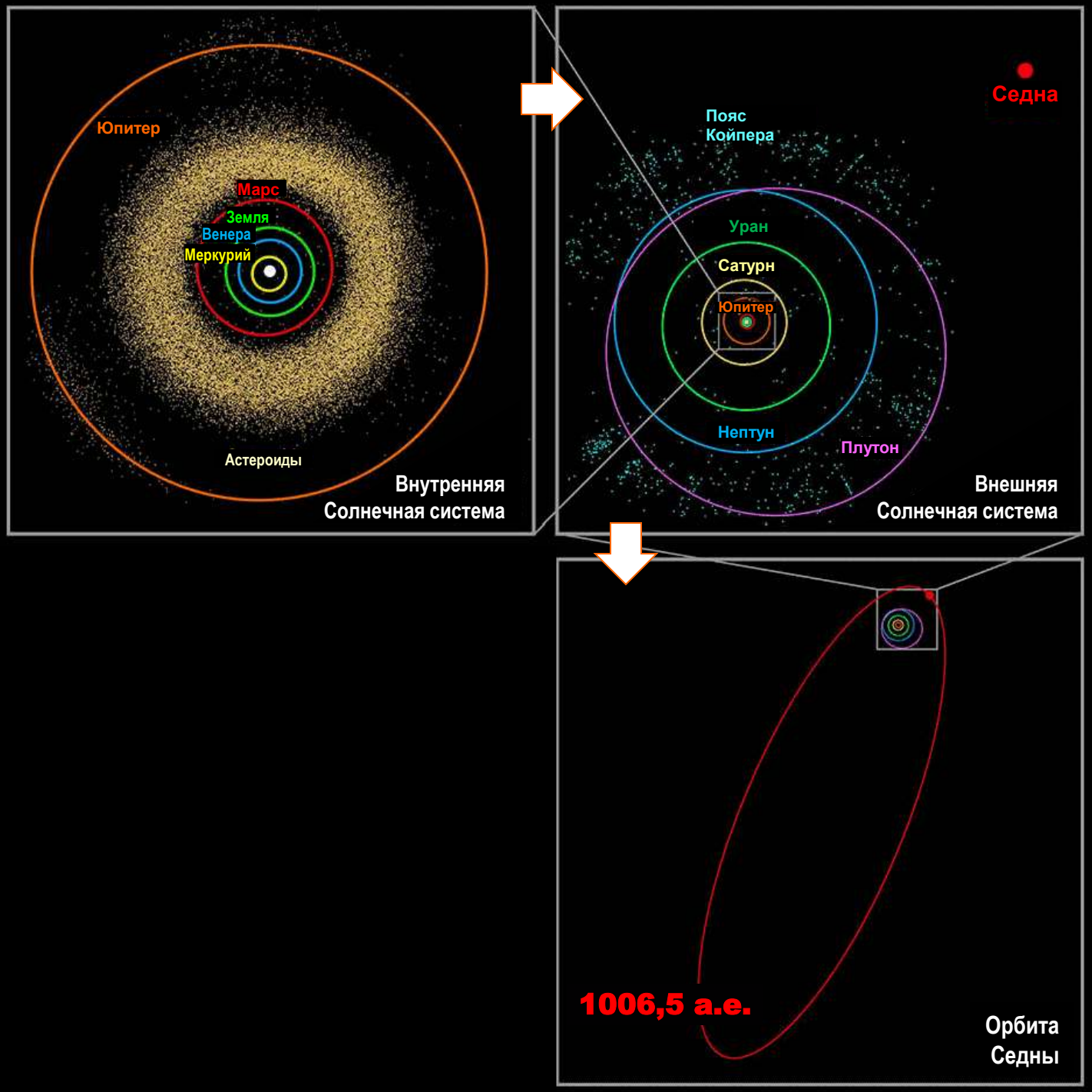

Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
5,2 а.е.
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система

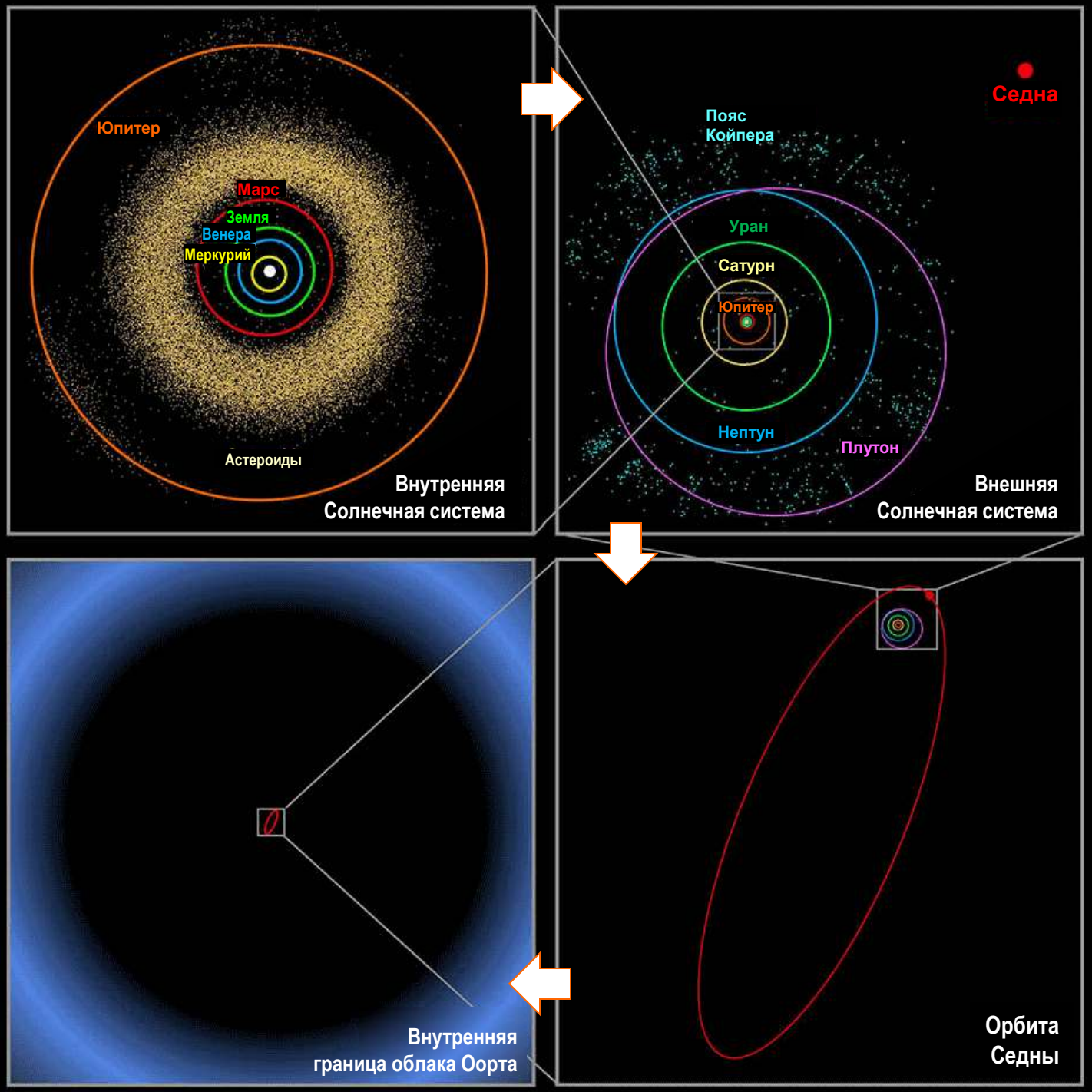

Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система

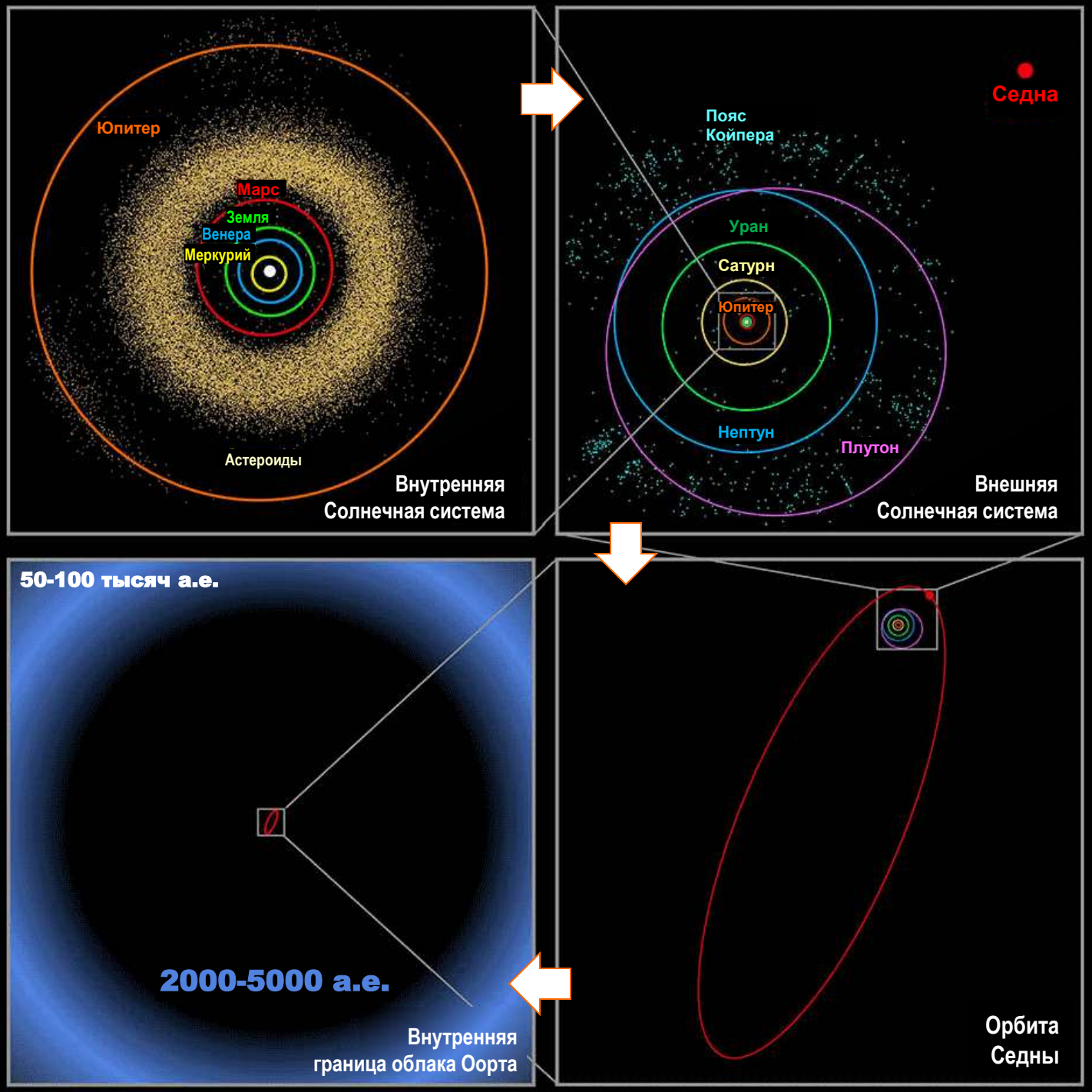

Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система
Седна
Пояс
Койпера
Уран
Сатурн
Юпитер
Нептун
Плутон
Внешняя
Солнечная система


Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система
40-100 а.е.
Седна
Пояс
Койпера
Уран
Сатурн
Юпитер
Нептун
Плутон
39,5 а.е
Внешняя
Солнечная система


Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система
Седна
Пояс
Койпера
Уран
Сатурн
Юпитер
Нептун
Плутон
Внешняя
Солнечная система
Орбита
Седны


Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система
Седна
Пояс
Койпера
Уран
Сатурн
Юпитер
Нептун
Плутон
Внешняя
Солнечная система
1006,5 а.е.
Орбита
Седны


Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система
Седна
Пояс
Койпера
Уран
Сатурн
Юпитер
Нептун
Плутон
Внешняя
Солнечная система
Внутренняя
граница облака Оорта
Орбита
Седны


Юпитер
Марс
Земля
Венера
Меркурий
Астероиды
Внутренняя
Солнечная система
Седна
Пояс
Койпера
Уран
Сатурн
Юпитер
Нептун
Плутон
Внешняя
Солнечная система
50-100 тысяч а.е.
2000-5000 а.е.
Внутренняя
граница облака Оорта
Орбита
Седны

Семья Солнца

Меркурий

Венера

Земля (с Луной)

Марс

Венера

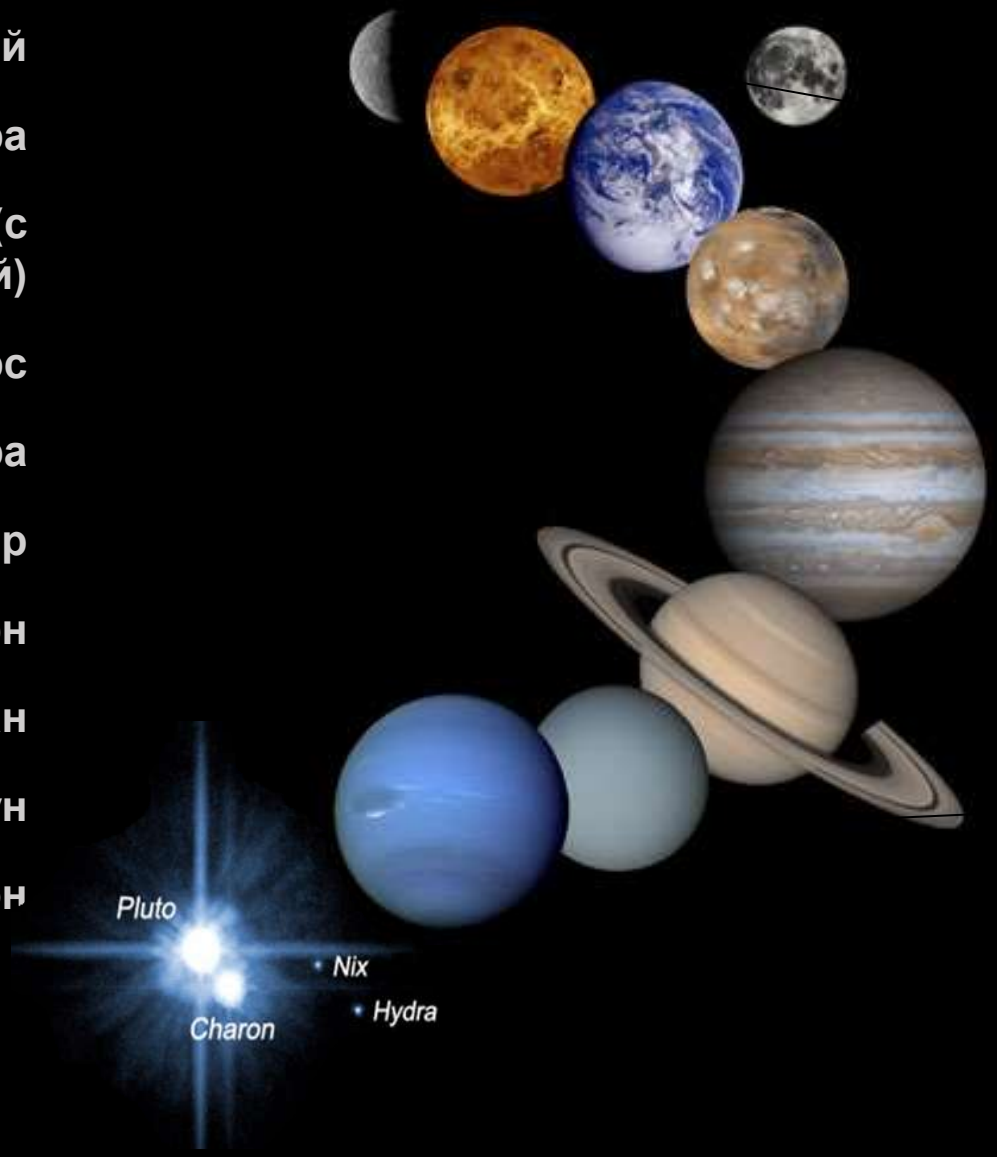
Юпитер

Сатурн

Уран

Нептун

Плутон



Семья Солнца

Меркурий

Венера

Земля (с Луной)

Марс

Венера

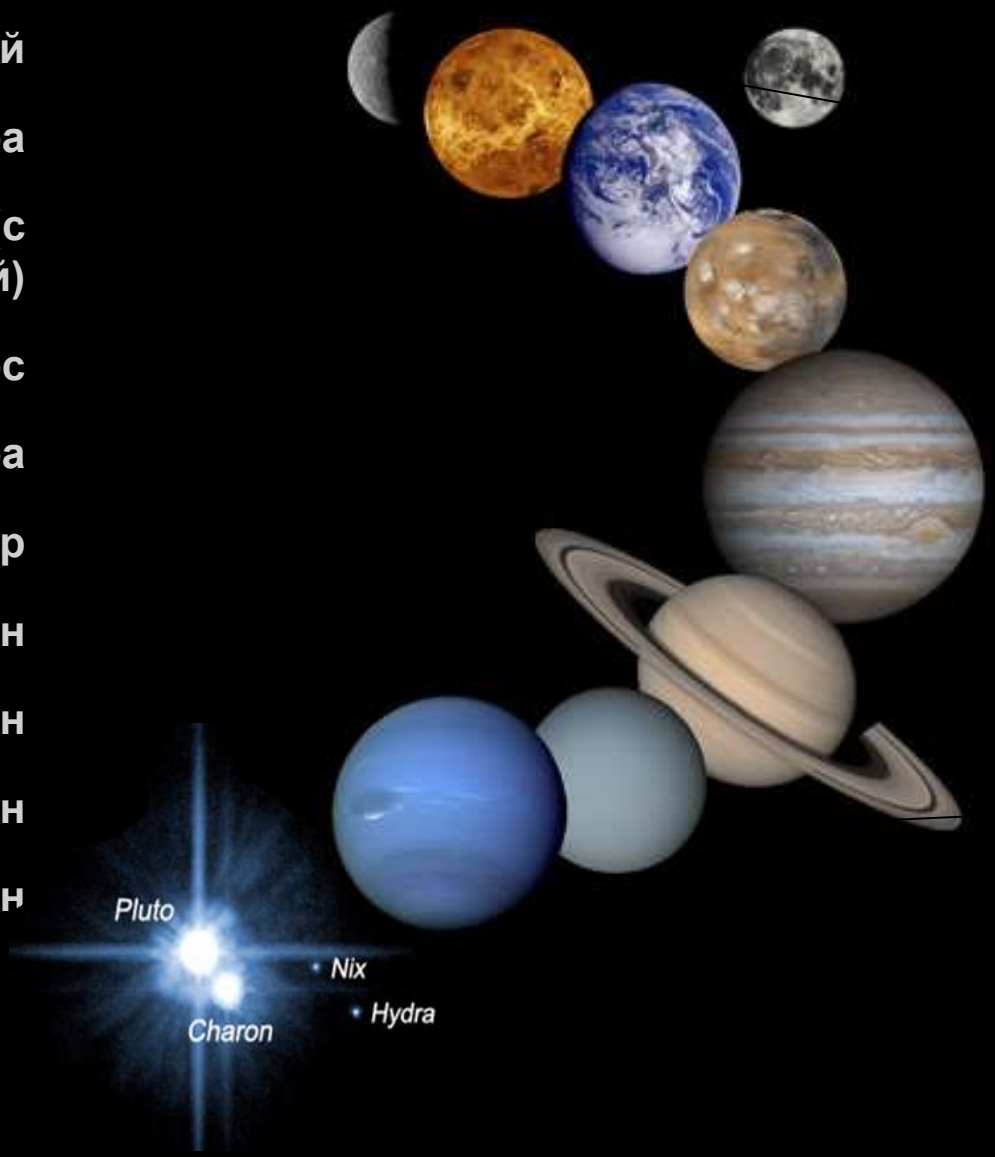
Юпитер

Сатурн

Уран

Нептун

Плутон



Мы

Все

Знаем:

Мама

Юли

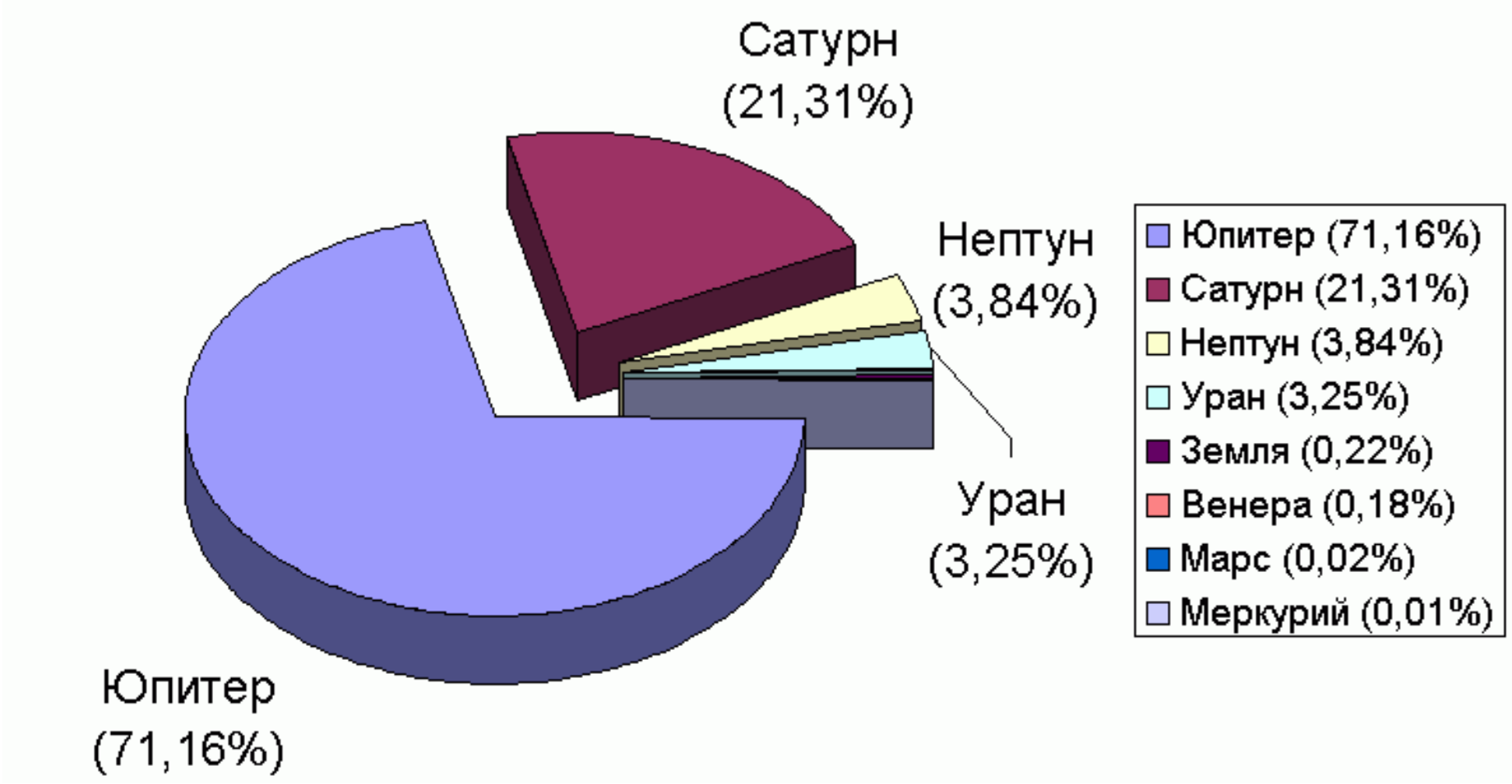
Села

Утром

На

Пилюли

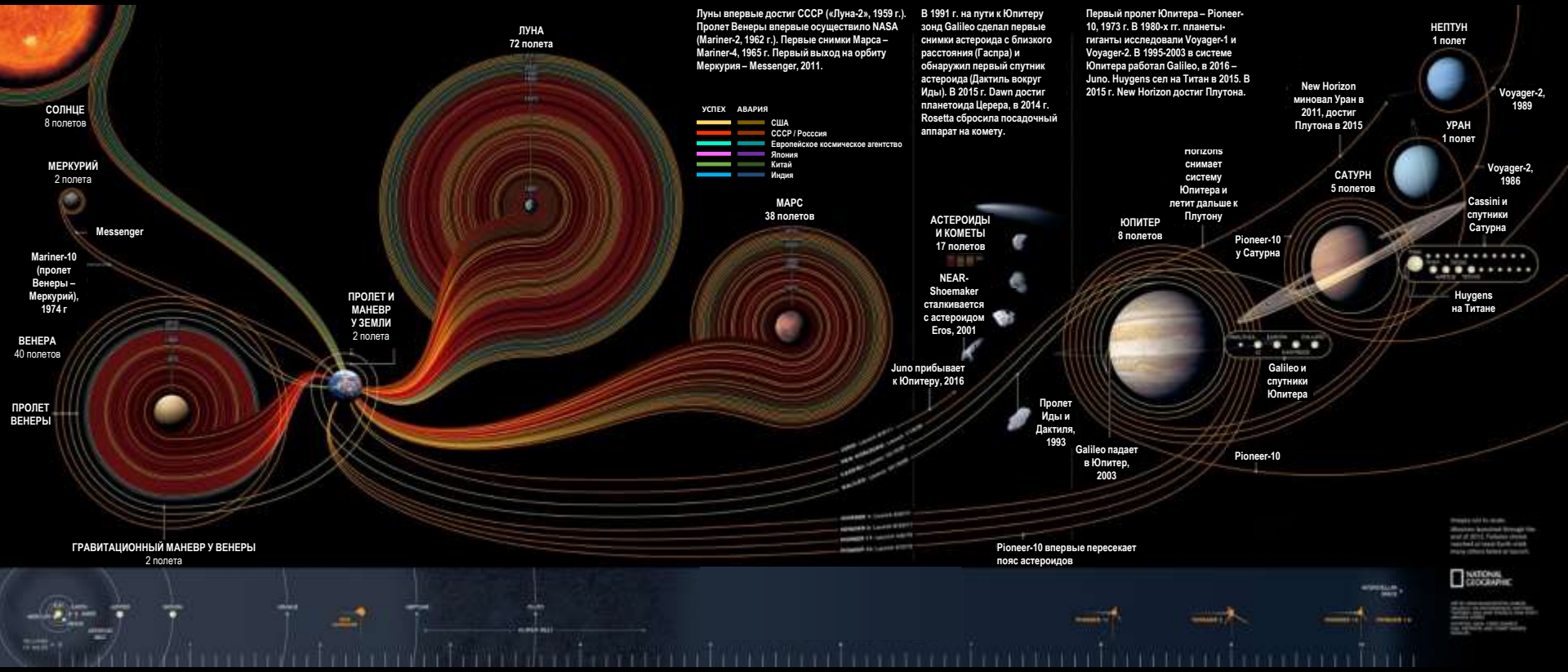
Масса планет Солнечной системы



Три основных группы малых тел Солнечной системы

- Главный пояс астероидов
  - Между орбитами Марса и Юпитера от 2,8 до 3,4 а.е.
  - Семейства сближающихся с Землей объектов
    - *Амур* – пересекают орбиту Марса, приближаются к орбите Земли
    - *Аполлон* – пересекают орбиту Земли
    - *Атон* – заходят внутрь орбиту Земли
- Пояс Койпера – источник краткопериодических комет
  - За орбитой Плутона (который, собственно, тоже принадлежит к ПК);
  - 40-100 а.е., ~10^8 тел (плутониды)
- Облако Оорта – сфера рассредоточенных комет и пыли (30 трлн км от Солнца!)
  - 10^3 -10^5 а.е., ~10^{13} комет

Земляне в Солнечной системе



Искусственные объекты

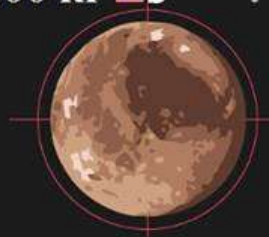
оставленные человечеством на небесных телах

Намеренно разбит
Разбился
Приземлился
Работает

Комета
Планета
Астероид
Спутник

Место
Масса
Оценка общей массы

500 кг

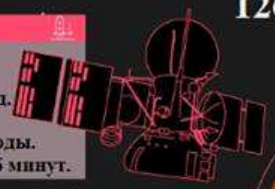


MESSENGER
2015 - США
500 кг
Suisei Planitia
Нашел воду в экзосфере, следы вулканической активности и органические соединения.

Меркурий ∅ | Σ 500 кг

12622,8 кг
876 кг

Новейший
Вега-2
1985 - СССР
1520 кг
8,05° ю.ш., 177,07° в.д.
Нашел анортозит-троктолитовые породы.
Работал в течении 56 минут.

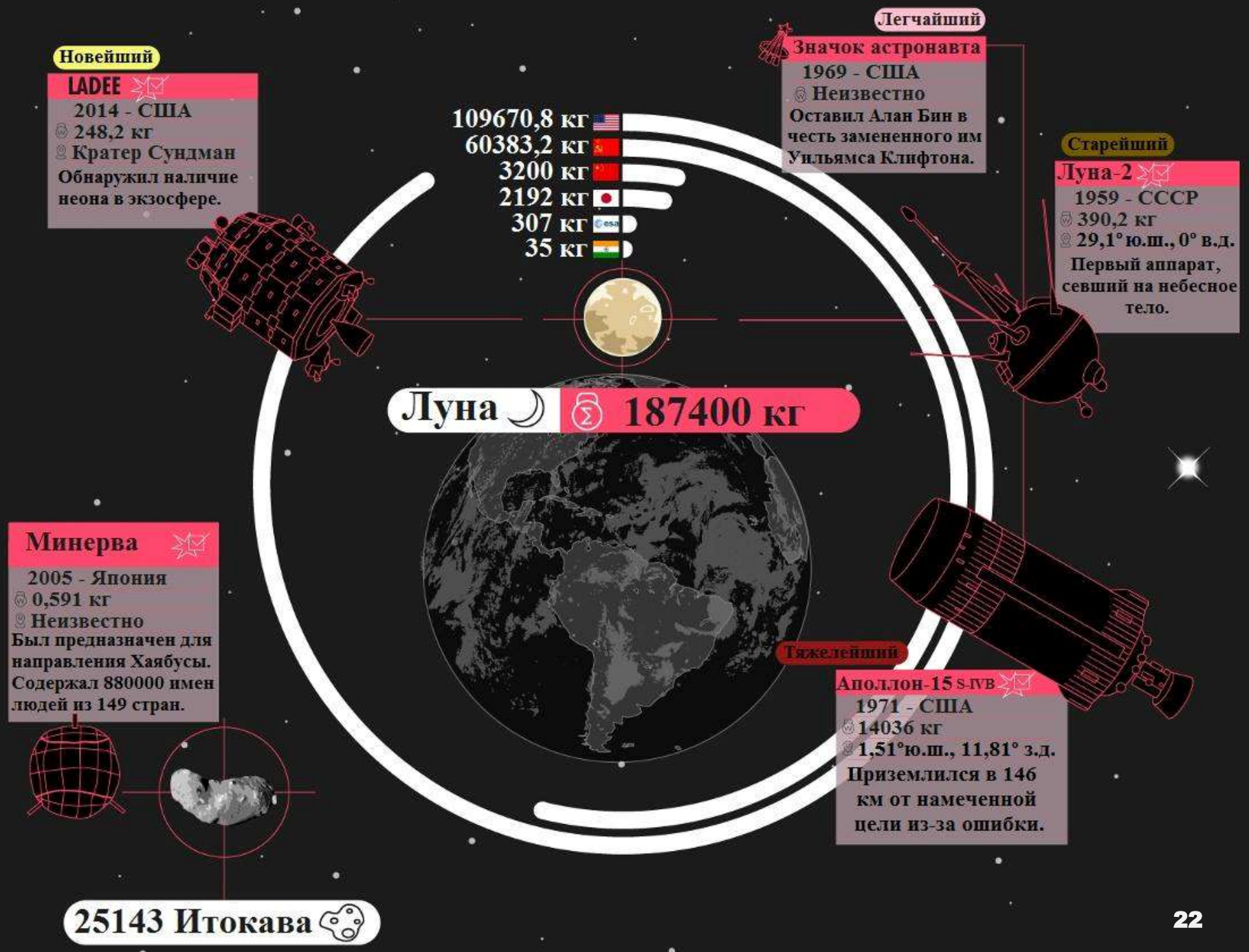


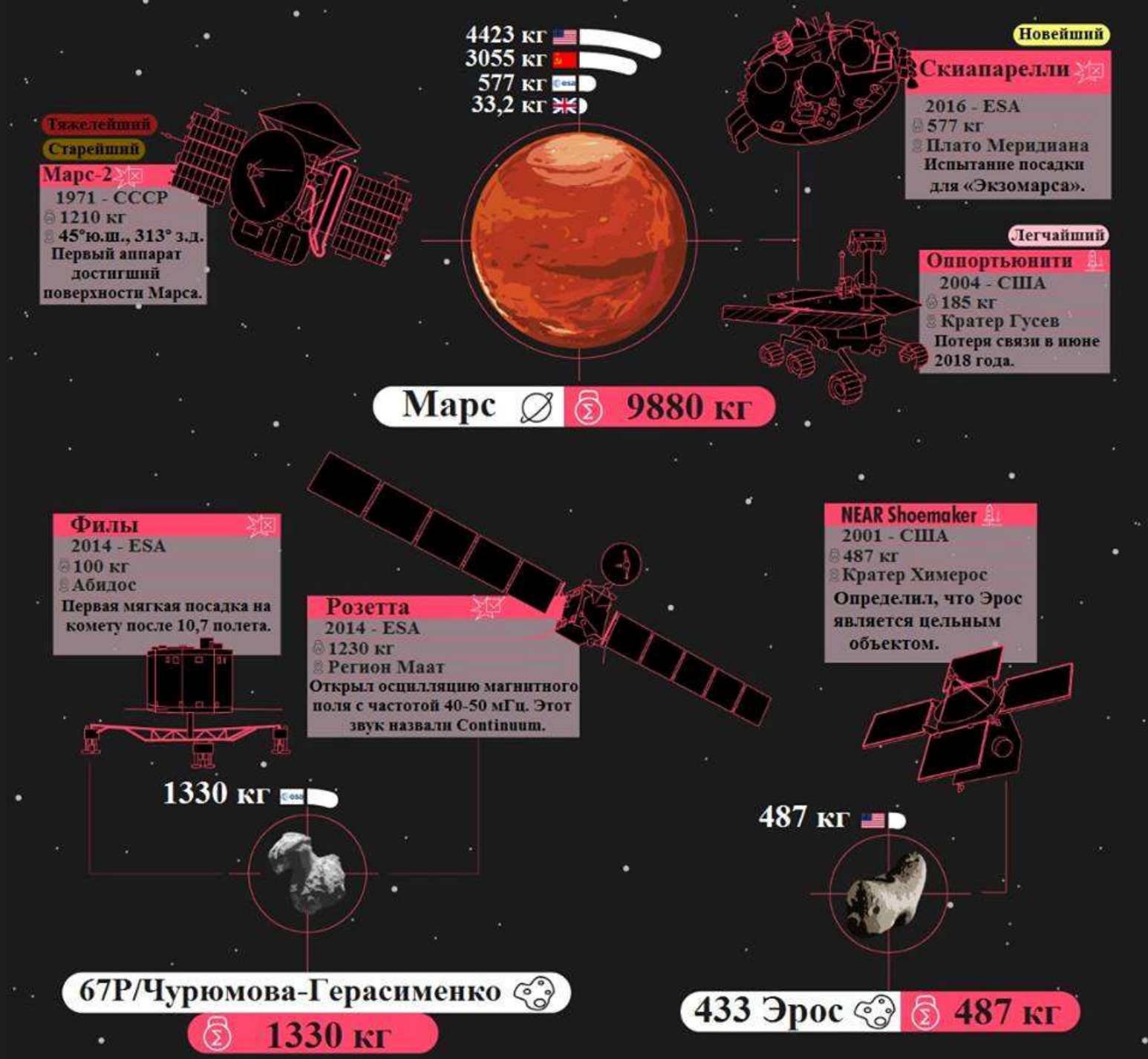
Старейший
Венера-3
1966 - СССР
377 кг
20° ю.ш., 80° в.д.
Первый зонд достигший поверхности другой планеты.

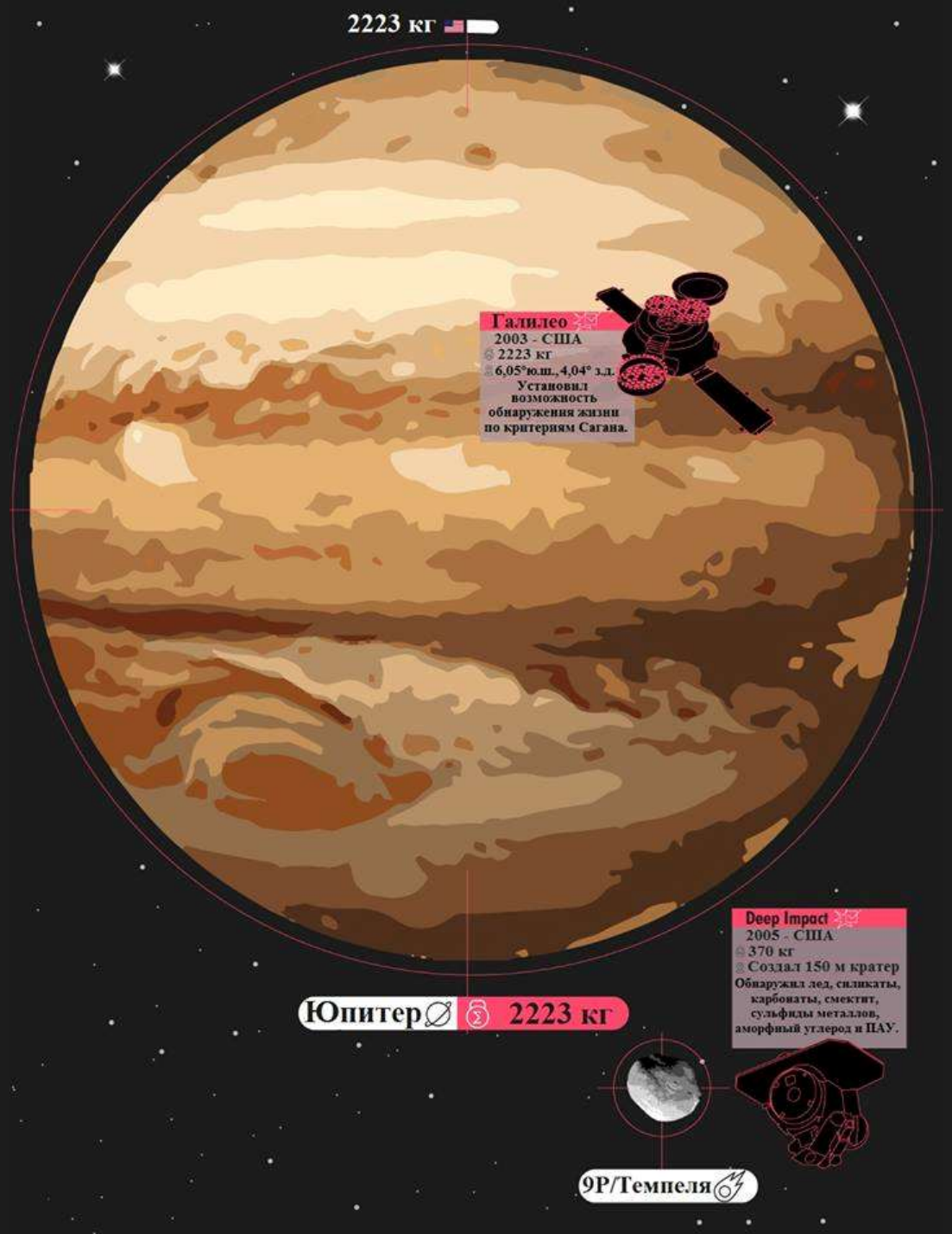
Тяжелейший
Венера-12
1978 - СССР
1600 кг
7° ю.ш., 294° в.д.
Нашел признаки молний и угарного газа на низких высотах.

Легчайший
Вега-1
1985 - СССР
6,9 кг
Земля Афродиты
Пересек около 30% окружности планеты до потери связи.

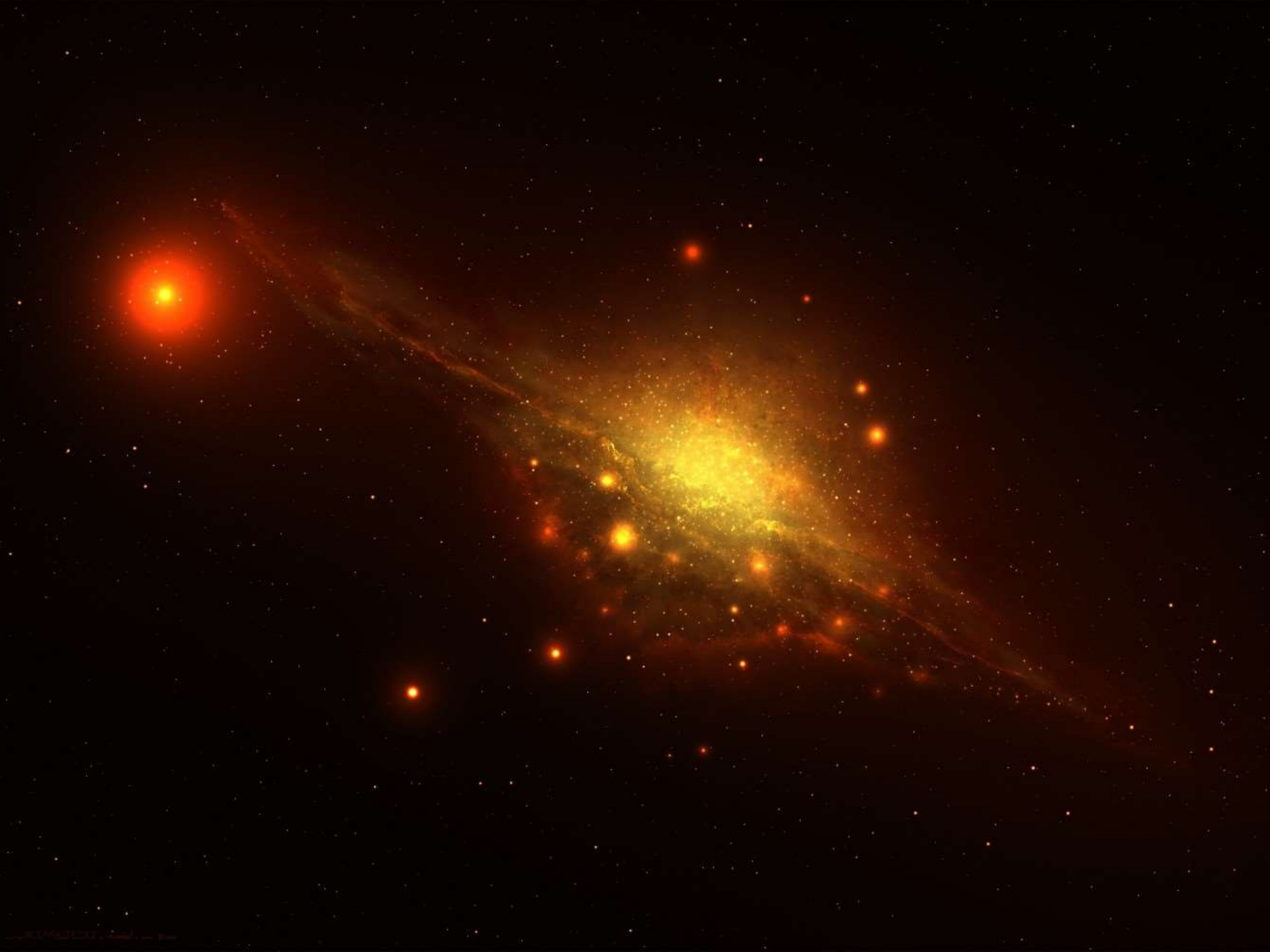
Венера ∅ | Σ 13499 кг


Новейший
LADEE
2014 - США
248,2 кг
Кратер Сундман
Обнаружил наличие неона в экзосфере.
Легчайший
Значок астронавта
1969 - США
Неизвестно
Оставил Алан Бин в честь замененного им Уильямса Клифтона.
109670,8 кг
60383,2 кг
3200 кг
2192 кг
307 кг
35 кг
Старейший
Луна-2
1959 - СССР
390,2 кг
29,1° ю.ш., 0° в.д.
Первый аппарат, севший на небесное тело.
Луна
187400 кг
Минерва
2005 - Япония
0,591 кг
Неизвестно
Был предназначен для направления Хаябусы. Содержал 880000 имен людей из 149 стран.
Тяжелейший
Аполлон-15 S-IVB
1971 - США
14036 кг
1,51° ю.ш., 11,81° з.д.
Приземлился в 146 км от намеченной цели из-за ошибки.
25143 Итокава


4423 кг
3055 кг
577 кг
33,2 кг
Новейший
Скиапарелли
2016 - ESA
577 кг
Плато Меридиана
Испытание посадки для «Экзомарса».
Тяжелейший
Старейший
Марс-2
1971 - СССР
1210 кг
45°ю.ш., 313° з.д.
Первый аппарат достигший поверхности Марса.
Легчайший
Оппортьюнити
2004 - США
185 кг
Кратер Гусев
Потеря связи в июне 2018 года.
Марс
9880 кг
Филы
2014 - ESA
100 кг
Абидос
Первая мягкая посадка на комету после 10,7 полета.
Розетта
2014 - ESA
1230 кг
Регион Маат
Открыл осцилляцию магнитного поля с частотой 40-50 мГц. Этот звук назвали Continuum.
NEAR Shoemaker
2001 - США
487 кг
Кратер Химерос
Определил, что Эрос является цельным объектом.
1330 кг
487 кг
67P/Чурюмова-Герасименко
1330 кг
433 Эрос
487 кг

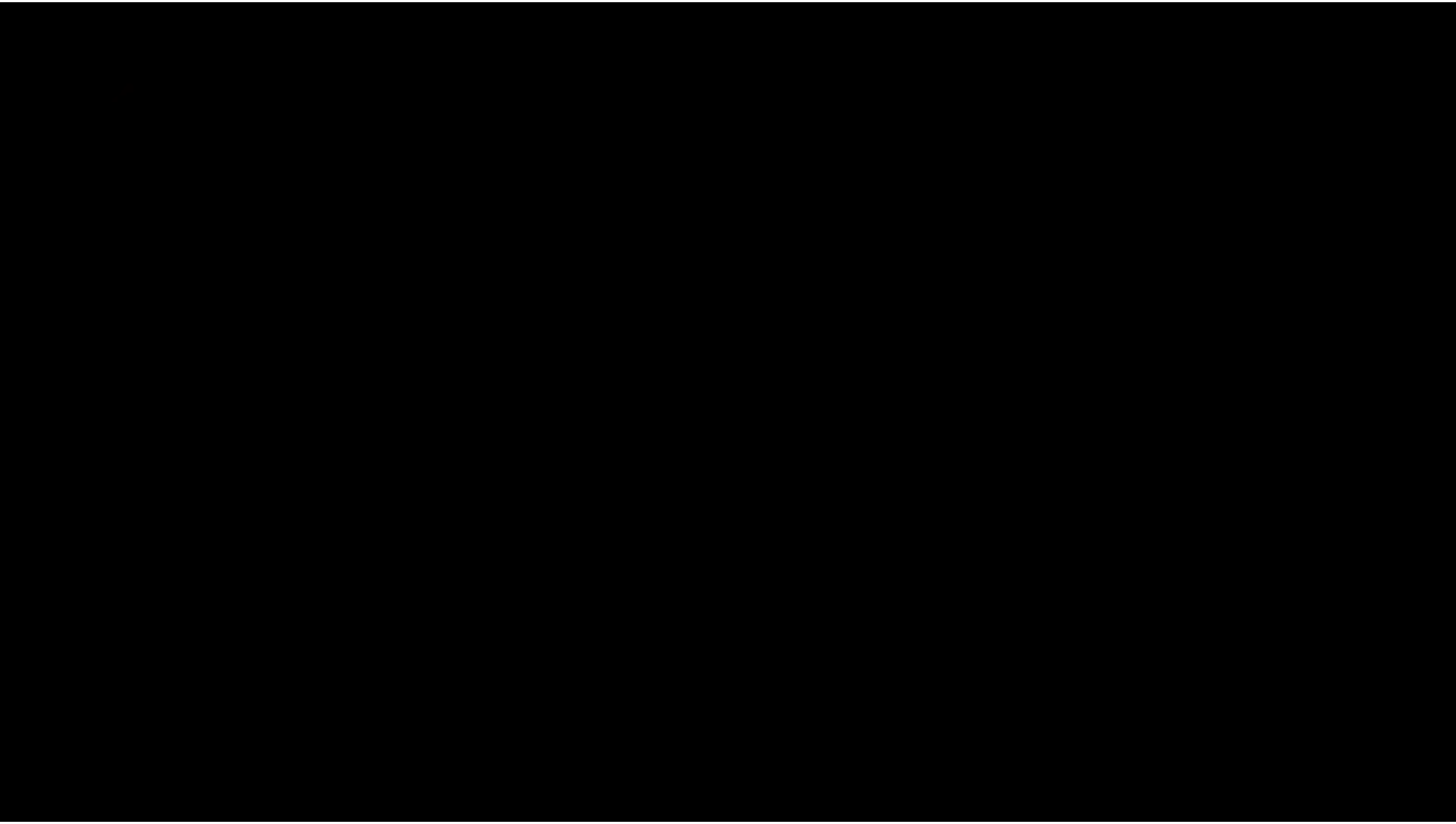

2223 кг
Галилео
2003 - США
2223 кг
6,05°ю.ш., 4,04° з.д.
Установил возможность обнаружения жизни по критериям Сагана.
Юпитер
2223 кг
Deep Impact
2005 - США
370 кг
Создал 150 м кратер
Обнаружил лед, силикаты, карбонаты, смектит, сульфиды металлов, аморфный углерод и ПАУ.
9P/Темпеля

Minerva-II-A/-B, MASCOT
2018 - JAXA, DLR
1,1/1,1 и 9,6 кг
Умеренные широты
В процессе исследований, выработана энергия батарей.
9,6 кг
2,2 кг
162173 Рюгу
12 кг
Гюйгенс
2005 - ESA
319 кг
10,573° ю.ш., 192,335° з.д.
Обнаружил много следов потоков жидкости на Титане в прошлом. Титан - самый далекий объект, на который садились зонды.
319 кг
Титан
319 кг
2125 кг
Кассини
2017 - США
2125 кг
9,4 с.ш., 53 з.д.
Открыл 7 новых спутников Сатурна.
Общая масса аппаратов оставленных на небесных телах (кроме Земли):
218067 кг
Источники:
https://www.space.com
https://saturn.jpl.nasa.gov
https://www.jpl.nasa.gov
https://www.nasa.gov/
SPACE ROOM
vk.com/inspaceroom
Alan's FACTORY OUTLET



Земля и Луна

Луна. Основные миссии

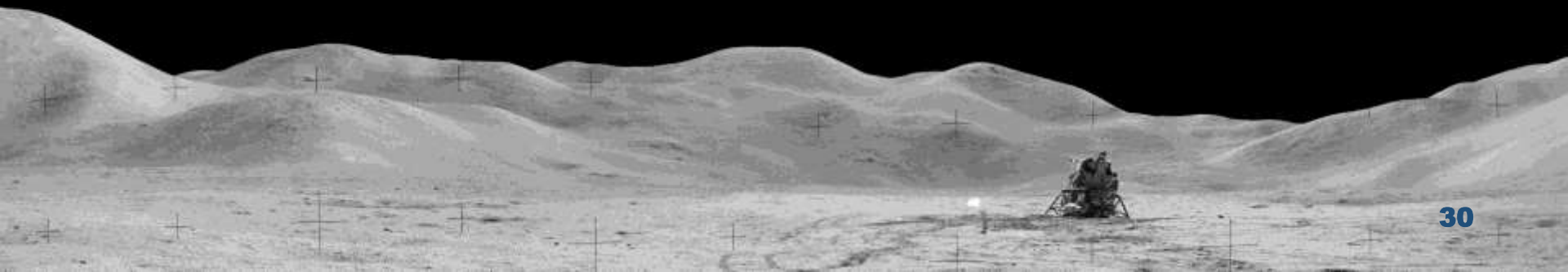


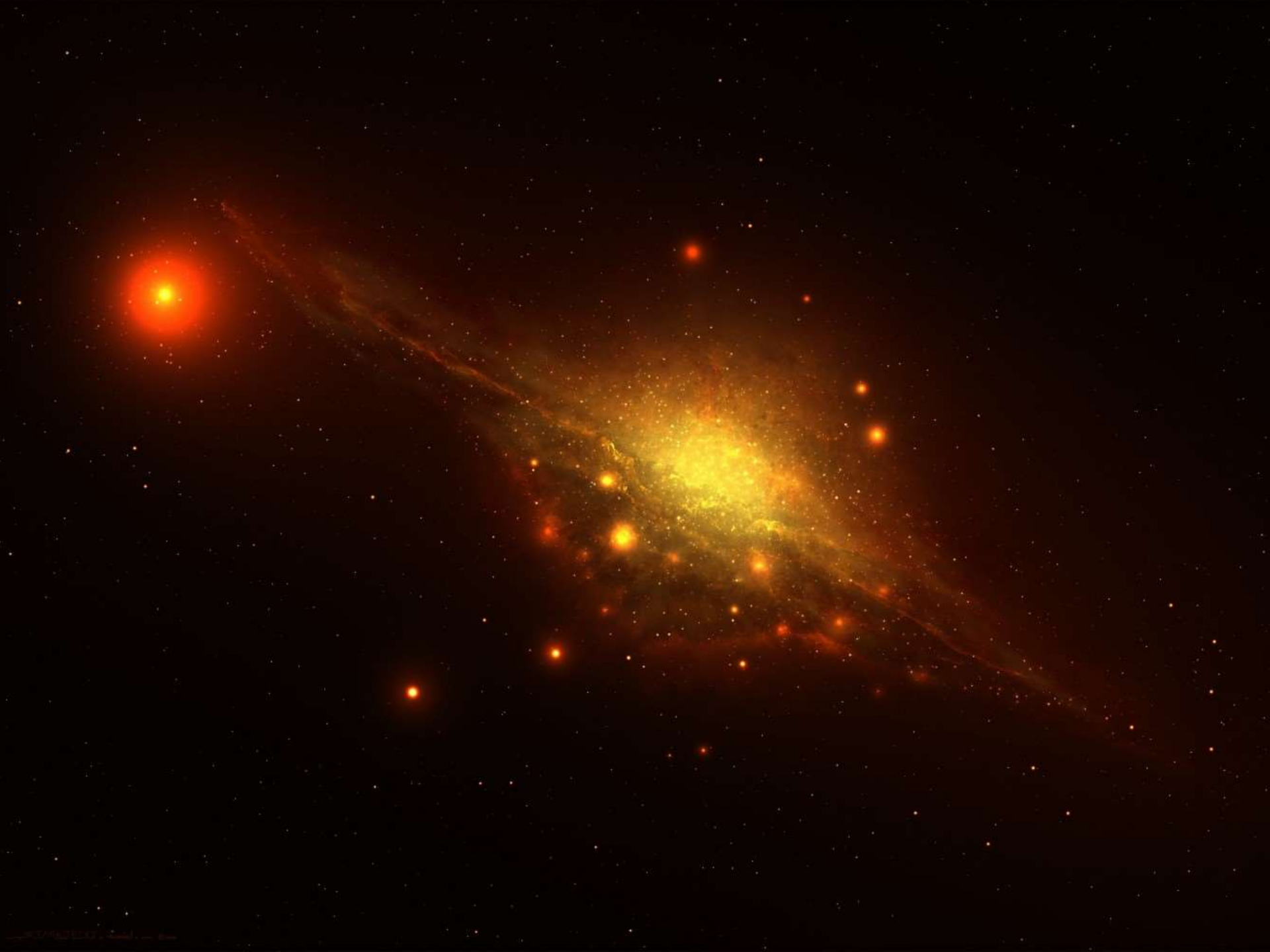
Основные научные результаты «Аполлонов» 1/2

- Луна – это не первичный «статичный» объект. Она является землеподобным телом с внутренней структурой (ядро, литосфера, кора), подобной земной.
- Поверхность Луны хранит следы ранней истории (первый миллиард лет), общей для всех планет земной группы.
- Самые молодые скалы Луны имеют практически тот же возраст (3,2 – 4,6 млрд лет), что и древнейшие скалы Земли, при этом поверхность Земли постоянно видоизменяется, а на Луне можно наблюдать ее ранние формы.
- Луна и Земля имеют общее происхождение и образовались из общего источника материалов, вошедших в их состав в разных пропорциях
- Луна безжизненна; на ней нет живых организмов, окаменелостей или местных органических соединений.
- Лунные породы возникли в результате безводных высокотемпературных процессов и делятся на три основных типа: базальты, анортозиты и брекчии.

Основные научные результаты «Аполлонов» 2/2

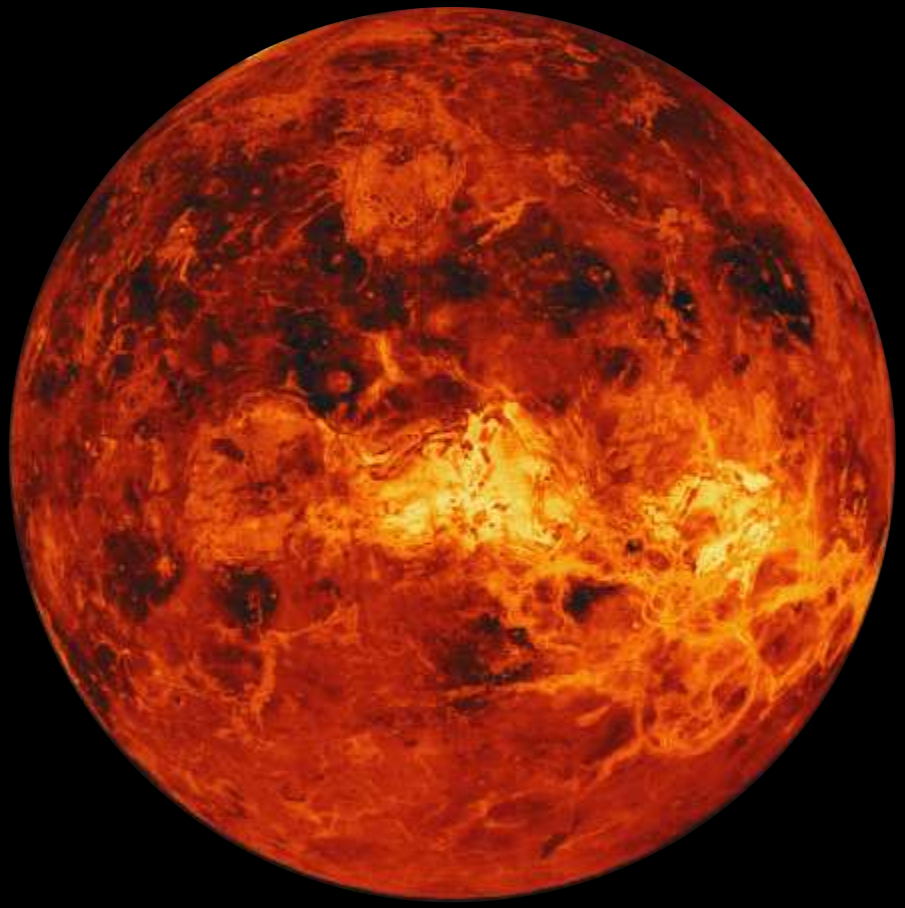
- Изначально Луна была расплавлена на большую глубину («океан магмы»). В породах нагорий содержатся остатки ранних пород низкой плотности, которые поднимались к поверхности океана магмы.
- После этапа «океана» последовала серия столкновений с крупными астероидами, создавшими бассейны, позже заполненные потоками лавы.
- Луна слегка асимметрична по форме, что, возможно, объясняется притяжением Земли. Ее кора толще на дальней стороне, а большинство вулканических бассейнов и масконов расположены на видимой стороне.
- Поверхность Луны покрыта щебнем из обломков породы и пыли – лунным реголитом, который содержит историческую информацию о солнечной радиации, важную для понимания климатических изменений на Земле.





Венера

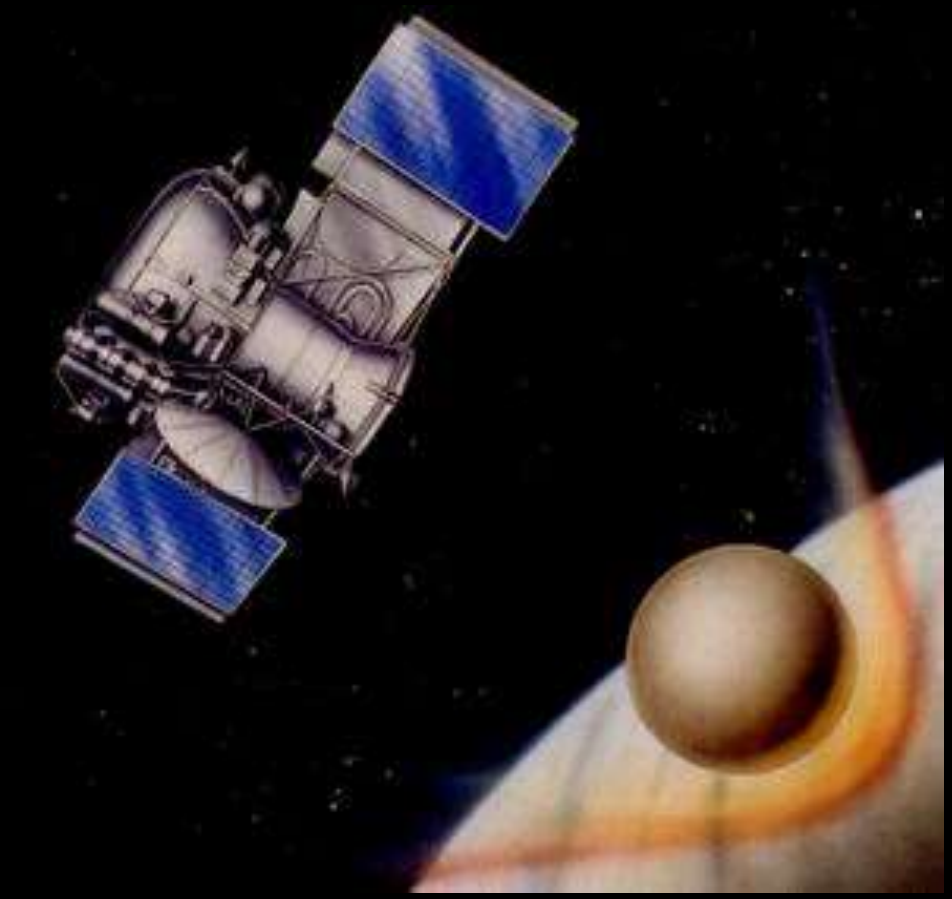
Венера



В ночном небе видна без телескопа

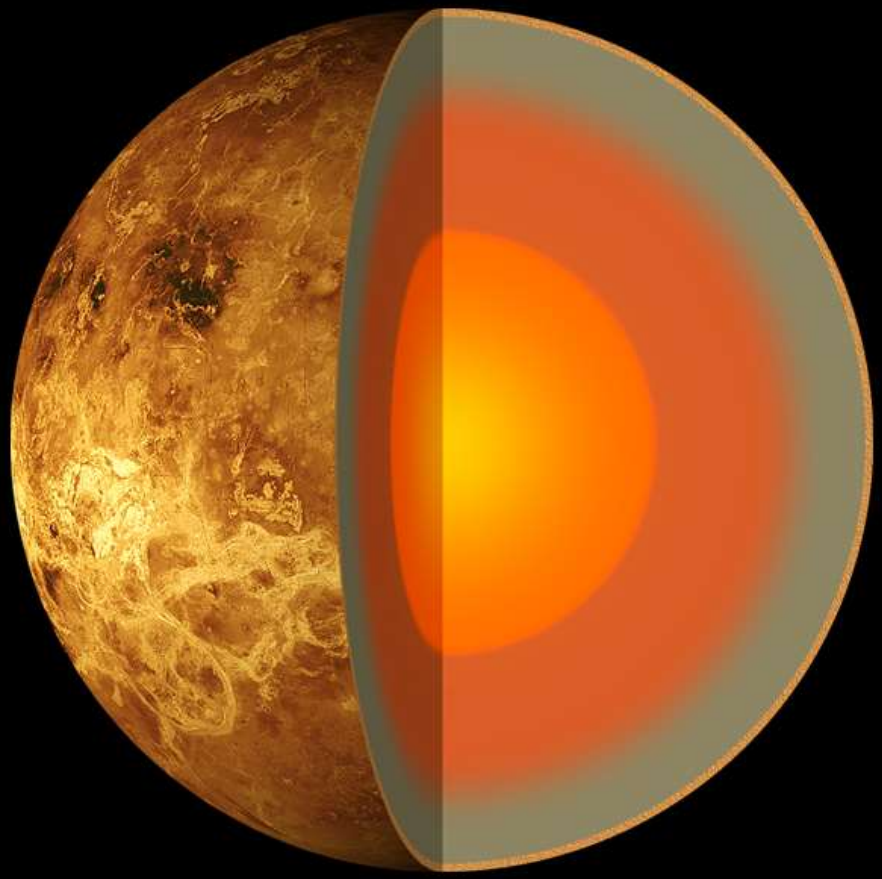
- По размеру близка к Земле (0,95)
- Наименьший период вращения из всех планет (243 дня)
- Вращается в противоположную сторону
- Температура поверхности 377-487 ºС (больше, чем на Меркурии)
- Плотная атмосфера (преимущественно – углекислый газ), поэтому наблюдения поверхности - радиолокационные
- Давление на поверхности в 100 раз больше, чем на Земле
- Необратимый парниковый эффект

Венера-9, -10 (1974 г.)



Изображения поверхности, полученные в 1982 г.

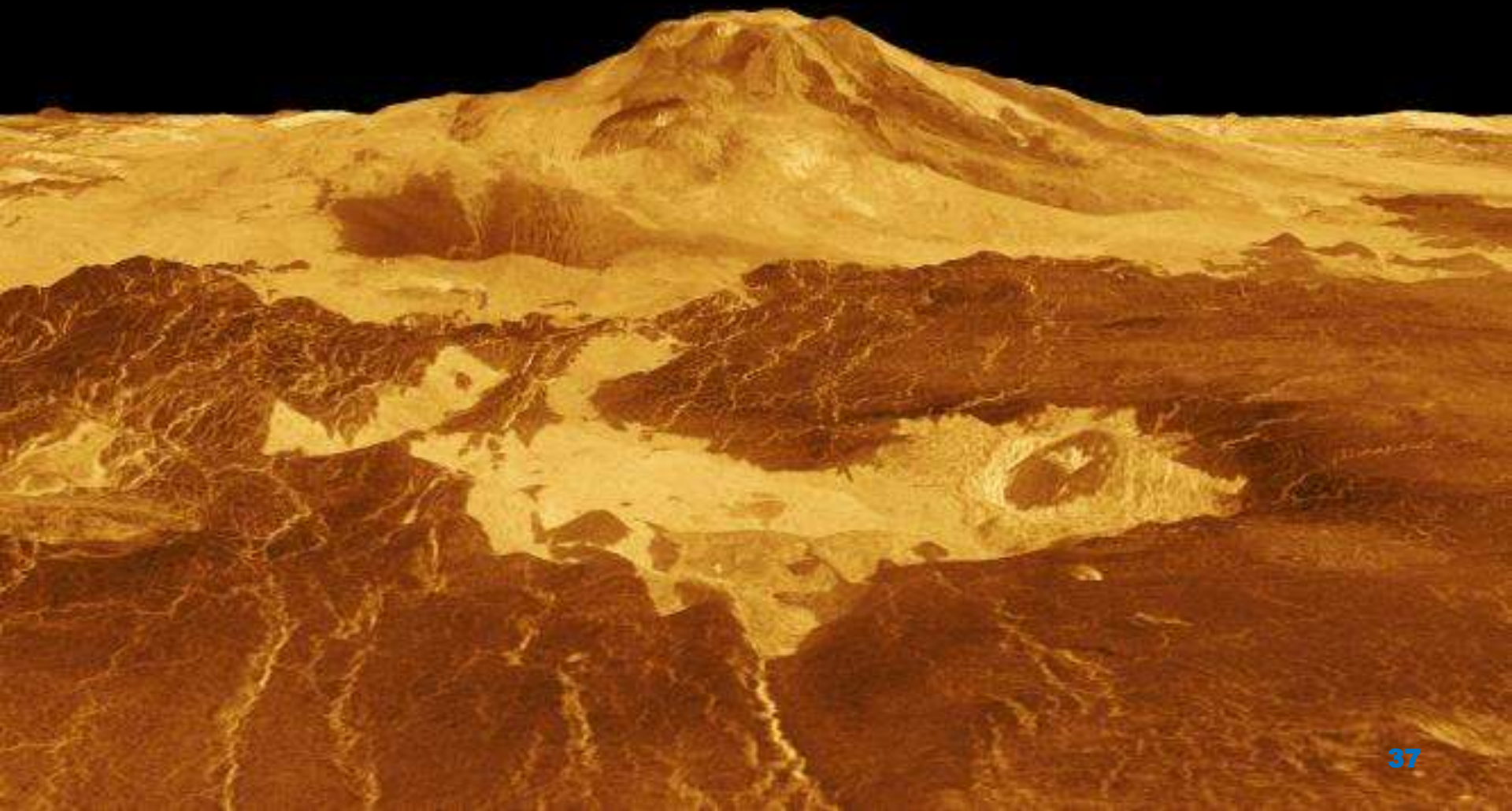
Венера



- Поверхность Венеры – скорее плоская (60% в пределах ±500 м, 5% - ± 2 км)
- Возраст поверхности – 300-500 млн.лет
- Незначительное количество кратеров
- Преимущественно базальты
- Твердое ядро, магнитное поле отсутствует
- Предполагается геологическая активность

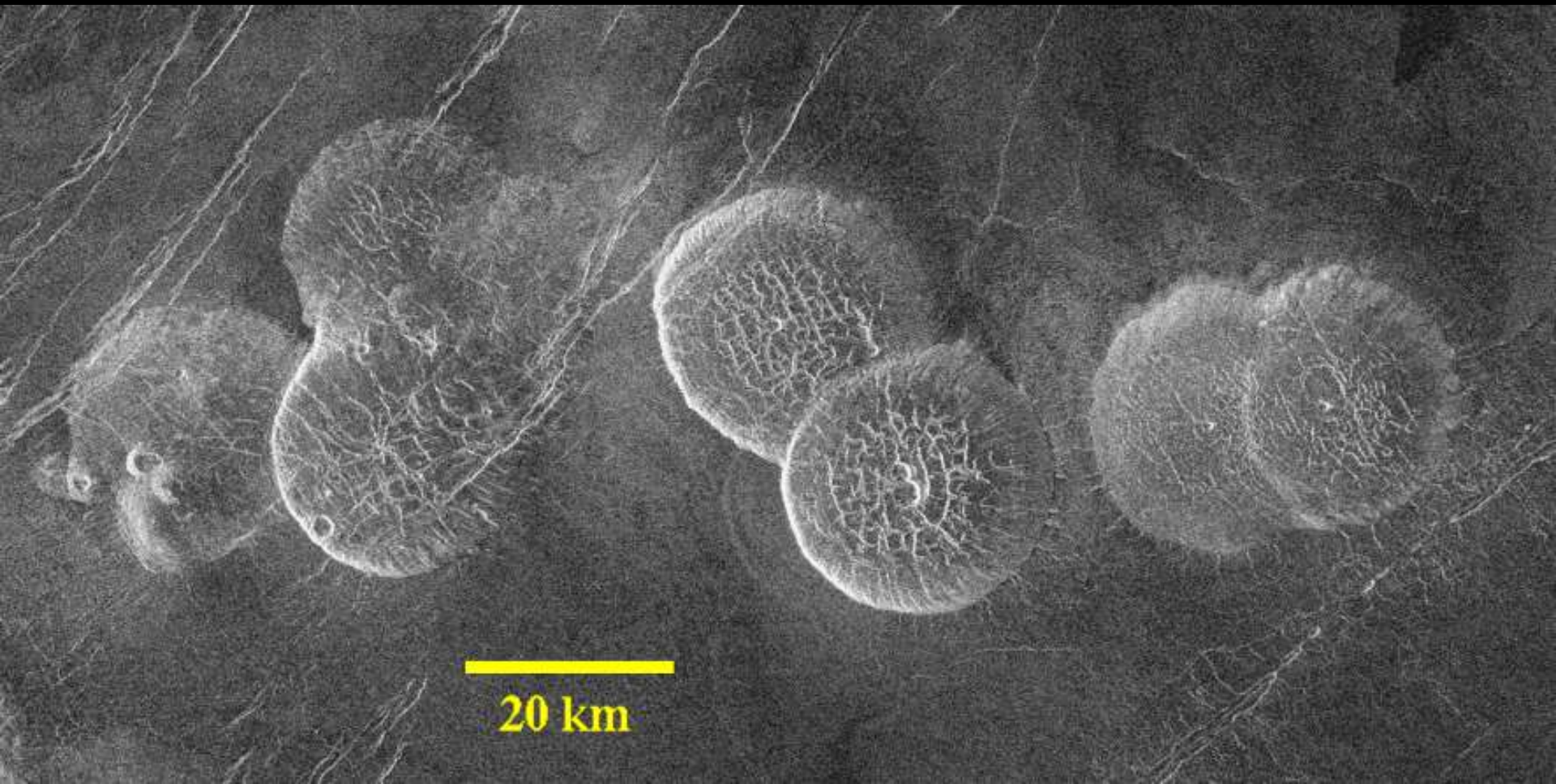
Венера

Горы Маат (около 8 км высотой)
Регион Терра Афродита
Сравнительно недавняя вулканическая активность

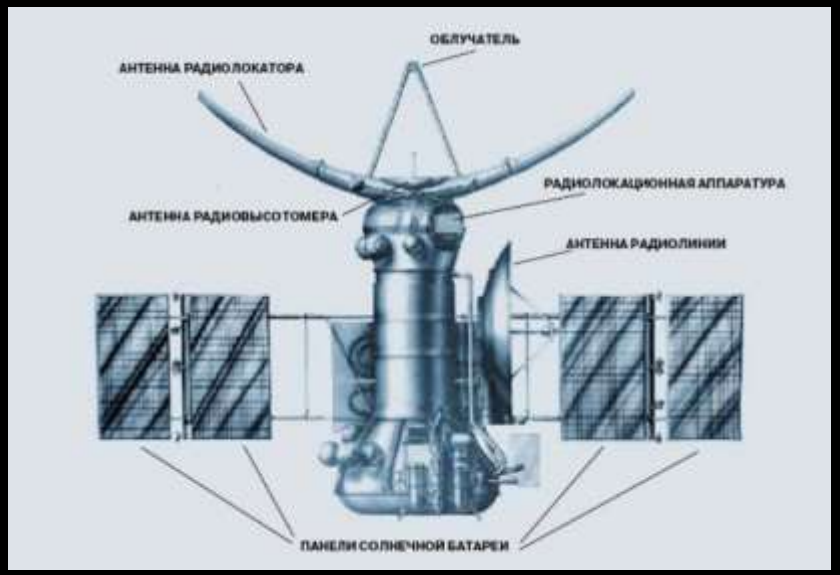


Венера

Регион Альфа Регио
«Блинные купола»

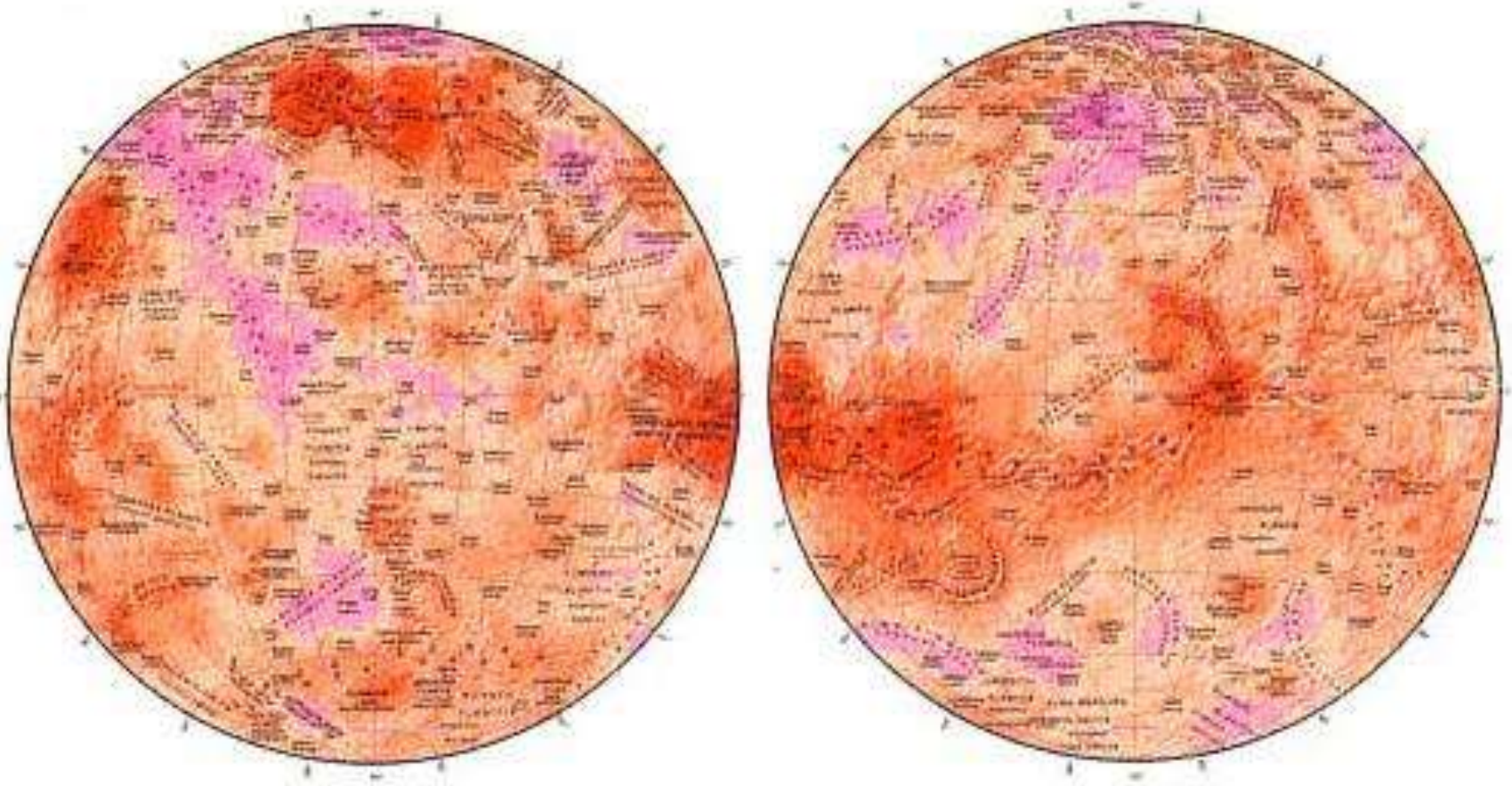


«Венера-15, -16» (1983), Magellan (1989)



С помощью радиолокаторов получены карты поверхности Венеры

Карта Венеры



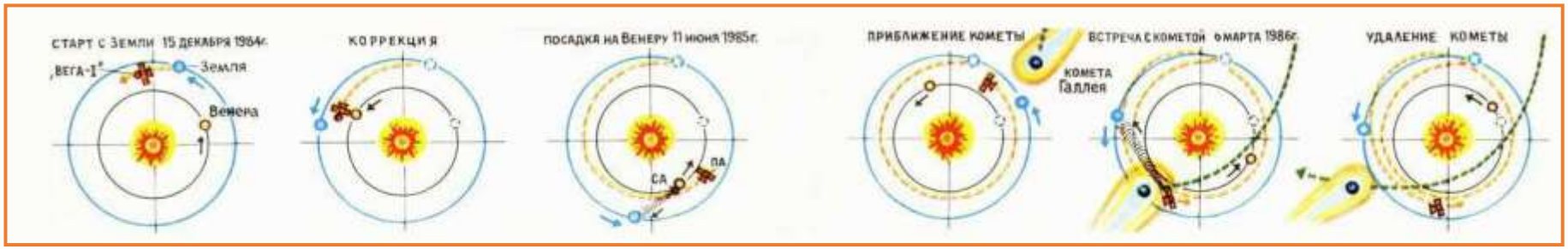
Венера – комета Галлея (ВЕГА) – 1985 г.

Космический комплекс ВЕГА

Спускаемый аппарат на Венеру

Пролетный аппарат

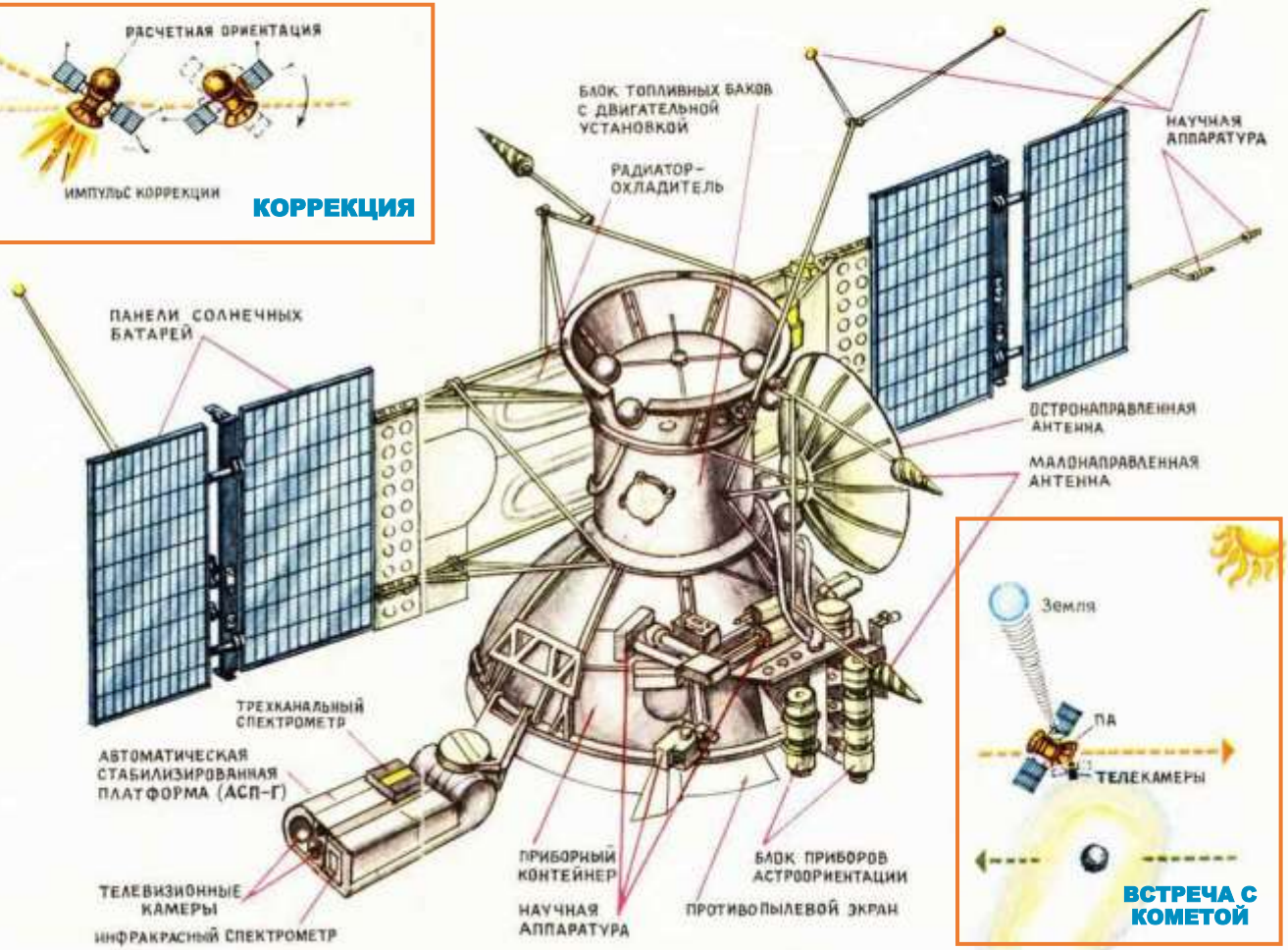
Аэростатный зонд

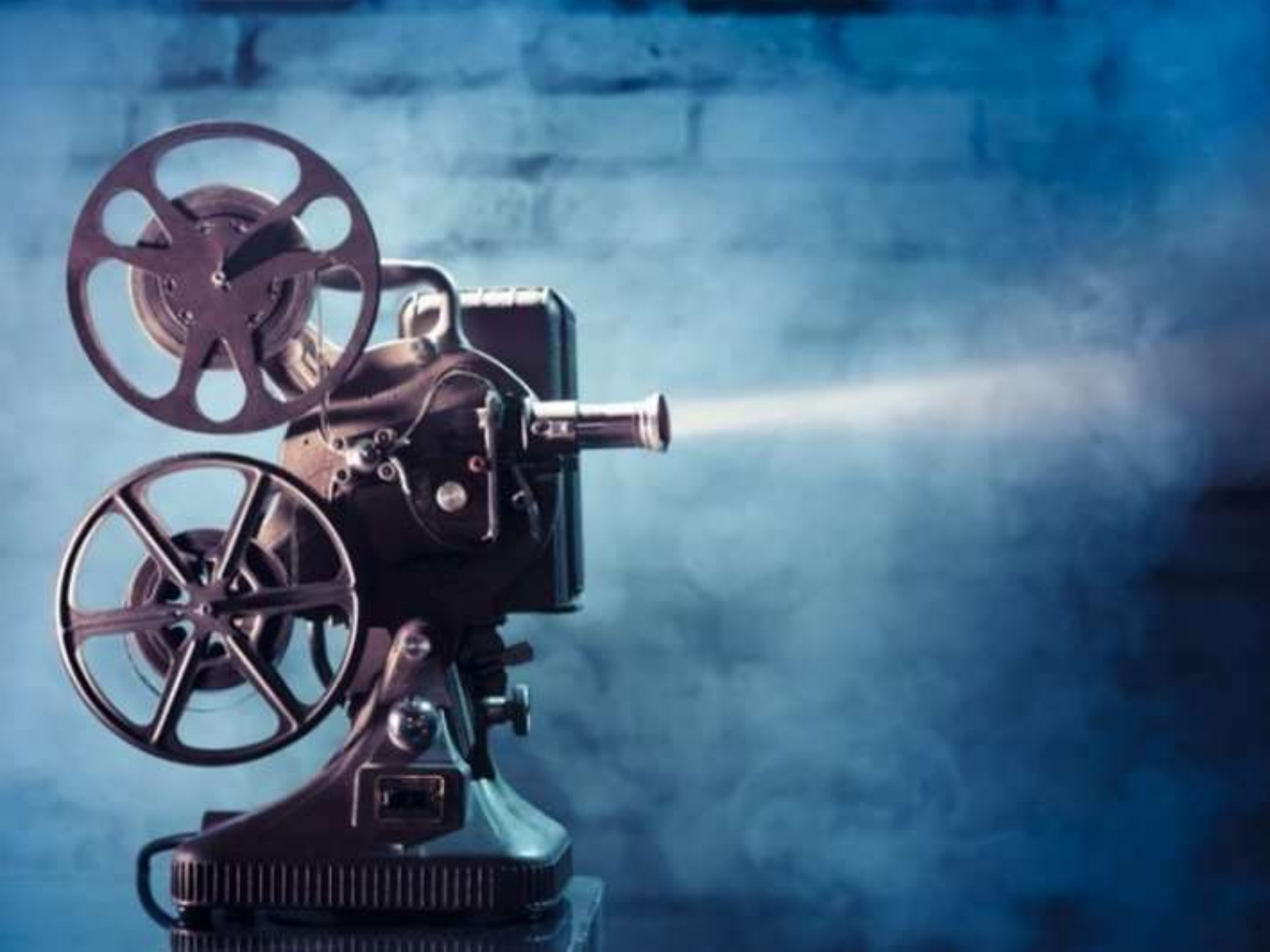

СТАРТ С ЗЕМЛИ 15 ДЕКАБРЯ 1984г.
„ВЕГА-1"
Земля
Венера
КОРРЕКЦИЯ
ПОСАДКА НА ВЕНЕРУ 11 июня 1985г.
СА
ПА
ПРИБЛИЖЕНИЕ КОМЕТЫ
ВСТРЕЧА С КОМЕТОЙ 6 МАРТА 1986г.
КОМЕТА Галлея
УДАЛЕНИЕ КОМЕТЫ

„ВЕГА-1"
СТАРТ
ВЫВЕДЕНИЕ
РАЗГОН
СТАРТ С ЗЕМЛИ

РАСЧЕТНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ
ИМПУЛЬС КОРРЕКЦИИ
КОРРЕКЦИЯ

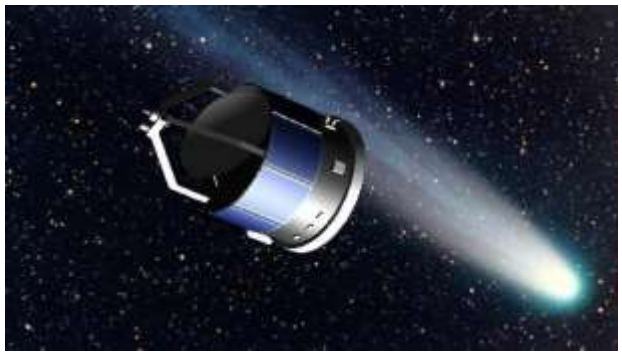
СПУСКАЕМЫЙ АППАРАТ-СА
ПРОЛЕТНЫЙ АППАРАТ-ПА
ВХОД В АТМОСФЕРУ
ТОРМОЗНОЙ ПАРАШЮТ
УВОД ВЕРХНЕЙ ПОЛУСФЕРЫ
СБРОС НИЖНЕЙ ПОЛУСФЕРЫ
СБРОС ЗОНДА
РАЗВЕРТЫВАНИЕ И НАПОЛНЕНИЕ ОБОЛОЧКИ
СБРОС ТОРМОЗНОГО ПАРАШЮТА
ВЫХОД НА ВЫСОТУ ДРЕЙФА
ОТДЕЛЕНИЕ ПАРАШЮТА С СИСТЕМОЙ НАПОЛНЕНИЯ
АЭРОСТАТ
ПОСАДКА
ОТДЕЛЕНИЕ БАЛЛАСТА
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕНЕРЫ


БЛОК ТОПЛИВНЫХ БАКОВ С ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ
НАУЧНАЯ АППАРАТУРА
РАДИАТОР-ОХЛАДИТЕЛЬ
ПАНЕЛИ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ
ОСТРОНАПРАВЛЕННАЯ АНТЕННА
МАЛОНАПРАВЛЕННАЯ АНТЕННА
ТРЕХКАНАЛЬНЫЙ СПЕКТРОМЕТР
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СТАБИЛИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА (АСП-Г)
ПРИБОРНЫЙ КОНТЕЙНЕР
БЛОК ПРИБОРОВ АСТРООРИЕНТАЦИИ
ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ КАМЕРЫ
НАУЧНАЯ АППАРАТУРА
ПРОТИВОПЫЛЕВОЙ ЭКРАН
ИНФРАКРАСНЫЙ СПЕКТРОМЕТР
Земля
ПА
ТЕЛЕКАМЕРЫ
ВСТРЕЧА С КОМЕТОЙ

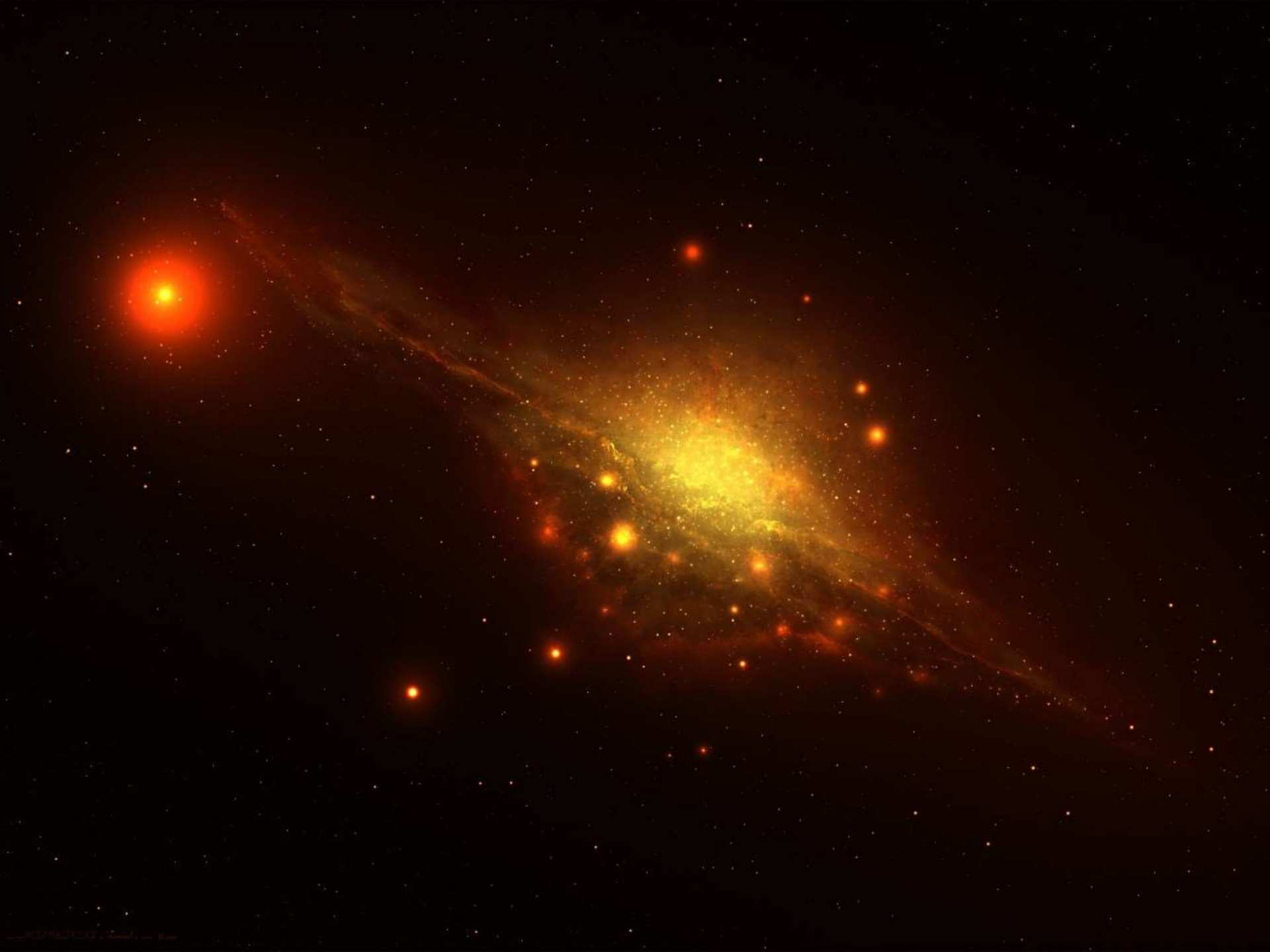


ВЕГА

Научные результаты проекта ВЕГА



- Впервые получены данные о составе грунта Венеры в высокогорном районе
- Впервые в атмосфере планеты работали в течение 46 часов два аэростатных зонда. Обнаружены активные процессы в облачном слое Венеры, вариации освещенности и грозовые разряды
- Получено около 1500 снимков внутренних областей кометы Галлея, в том числе 70 изображений ядра
- Получена информация о динамике внутренних областей кометы (пылевая установка, темп испарения льда)
- Получена информация о размере, вращательном движении и структуре ядра, включая наличие сложных органических молекул
- Данные о движении аппаратов «Вега» позволили точно навести на ядро кометы Галлея европейский аппарат Giotto.

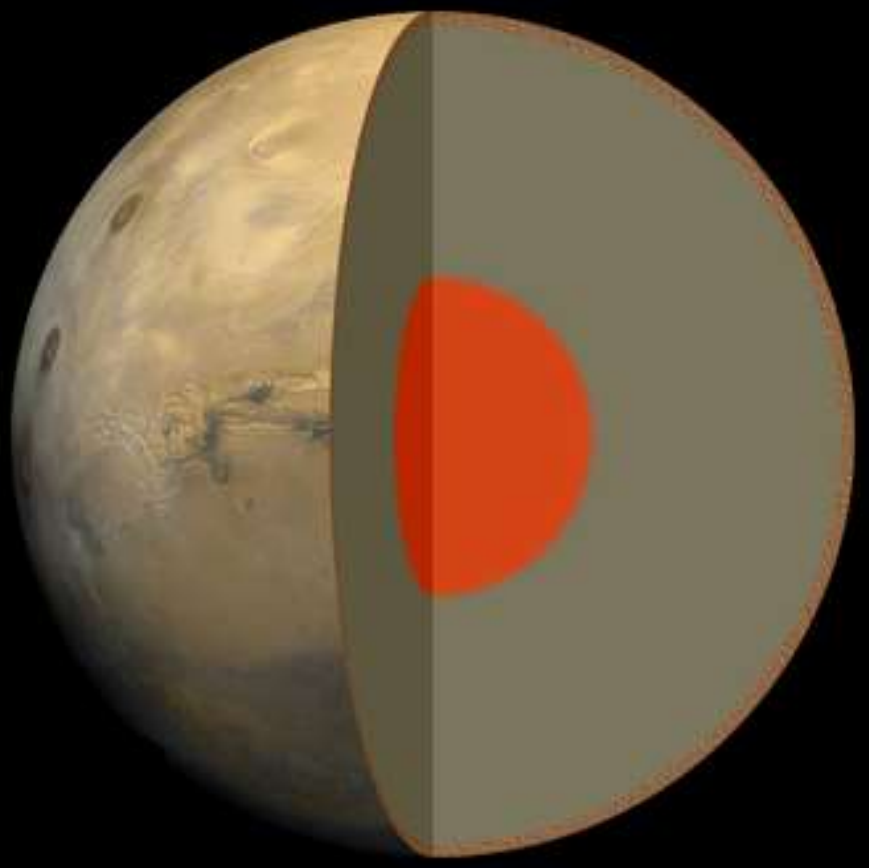


Марс

В ночном небе виден без телескопа

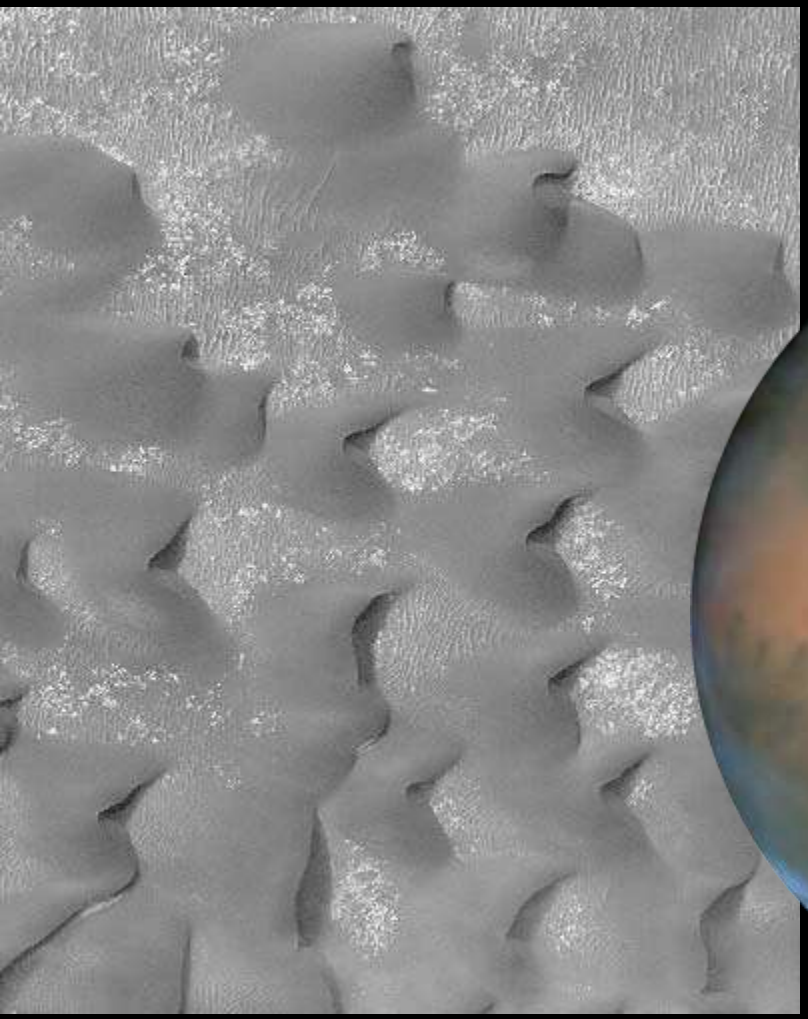
- Диаметр 6794 км (около 0,5 земного)
- Угол наклона оси – 25º (времена года)
- Сутки – около 24 часов, год – около 687 дней
- Поверхность -83ºС - -33º С
- Разреженная атмосфера (95% углекислого газа, 3% азота)
- Два малых спутника – Фобос и Деймос

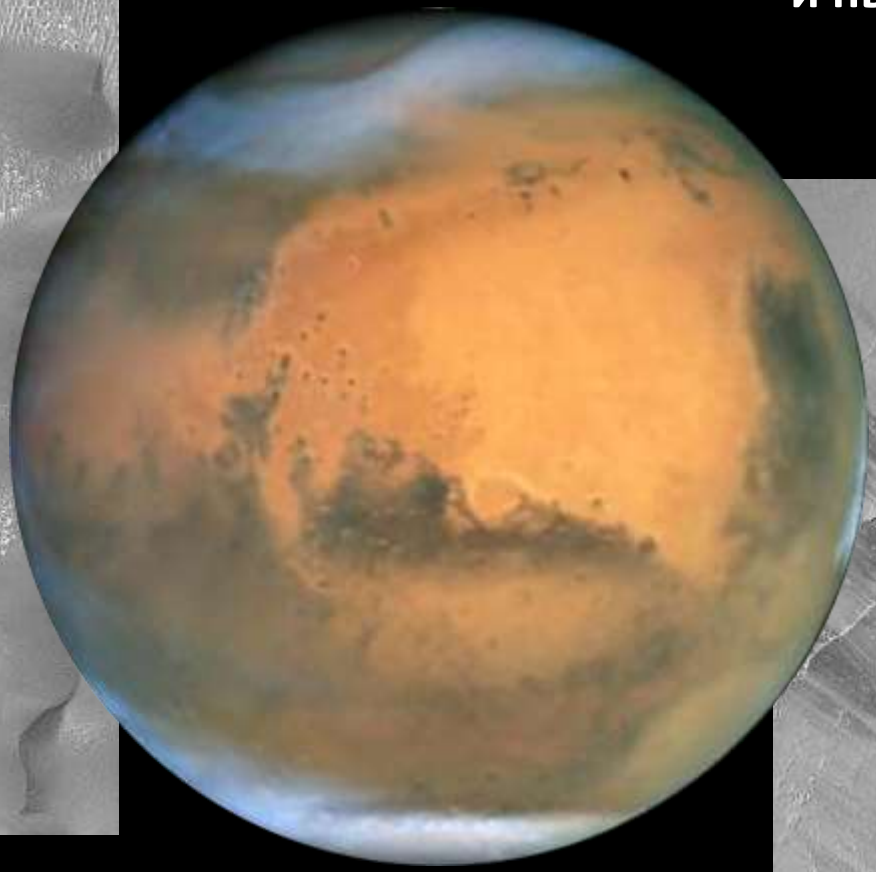
Марс



- Сила тяжести у поверхности около 38% земной (примерно как на Меркурии, поскольку Марс менее плотен)
- Застывшее ядро, толстая кора
- Магнитное поле отсутствует
- «Марсианские» метеориты – из базальтовых пород

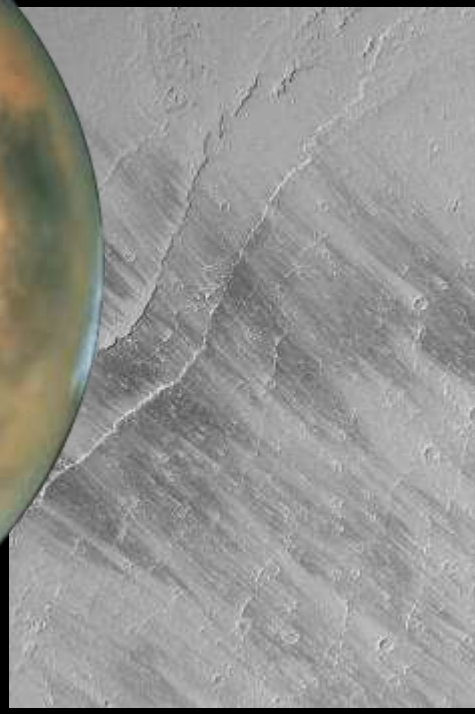
Марс





Дюны

и пылевые бури

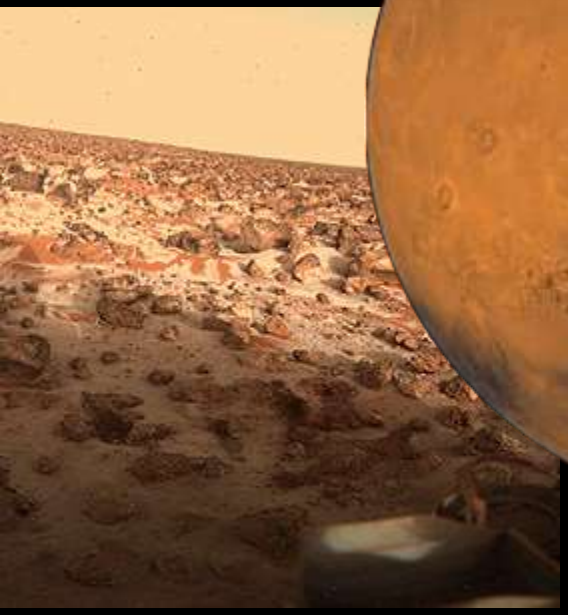


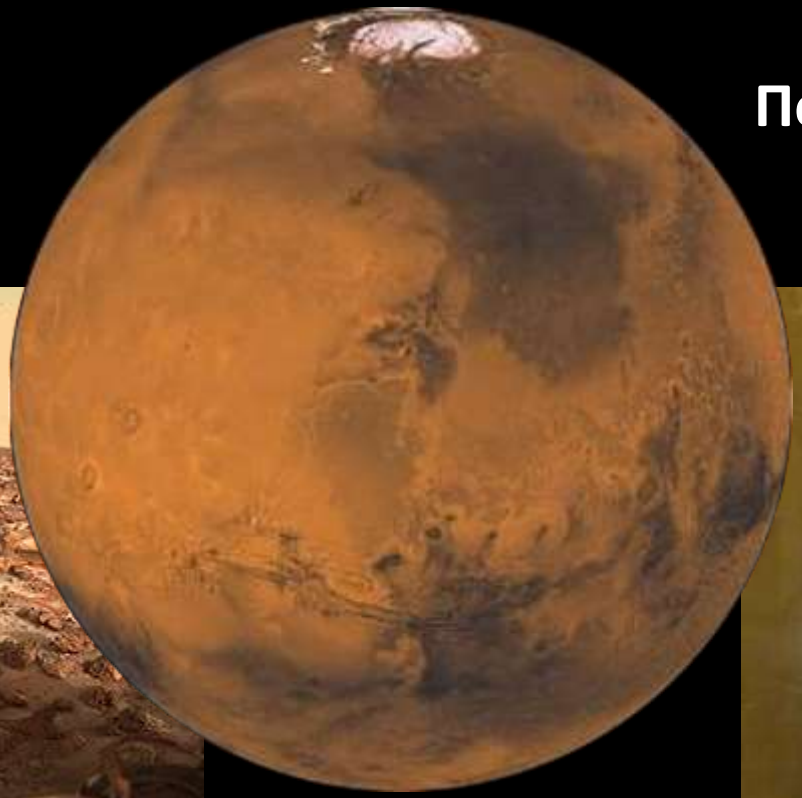
Марс

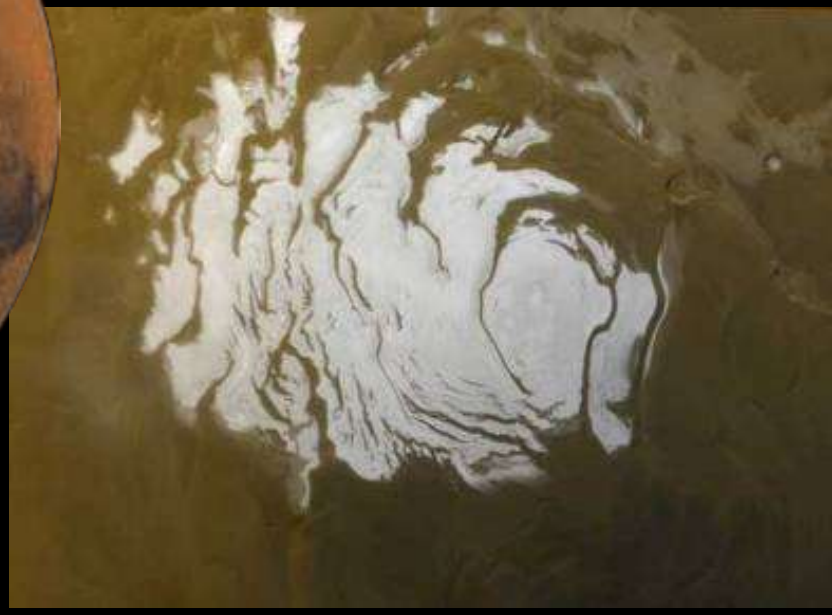
Водяной лед и пыль в полярной шапке

Зимой – углекислый лед

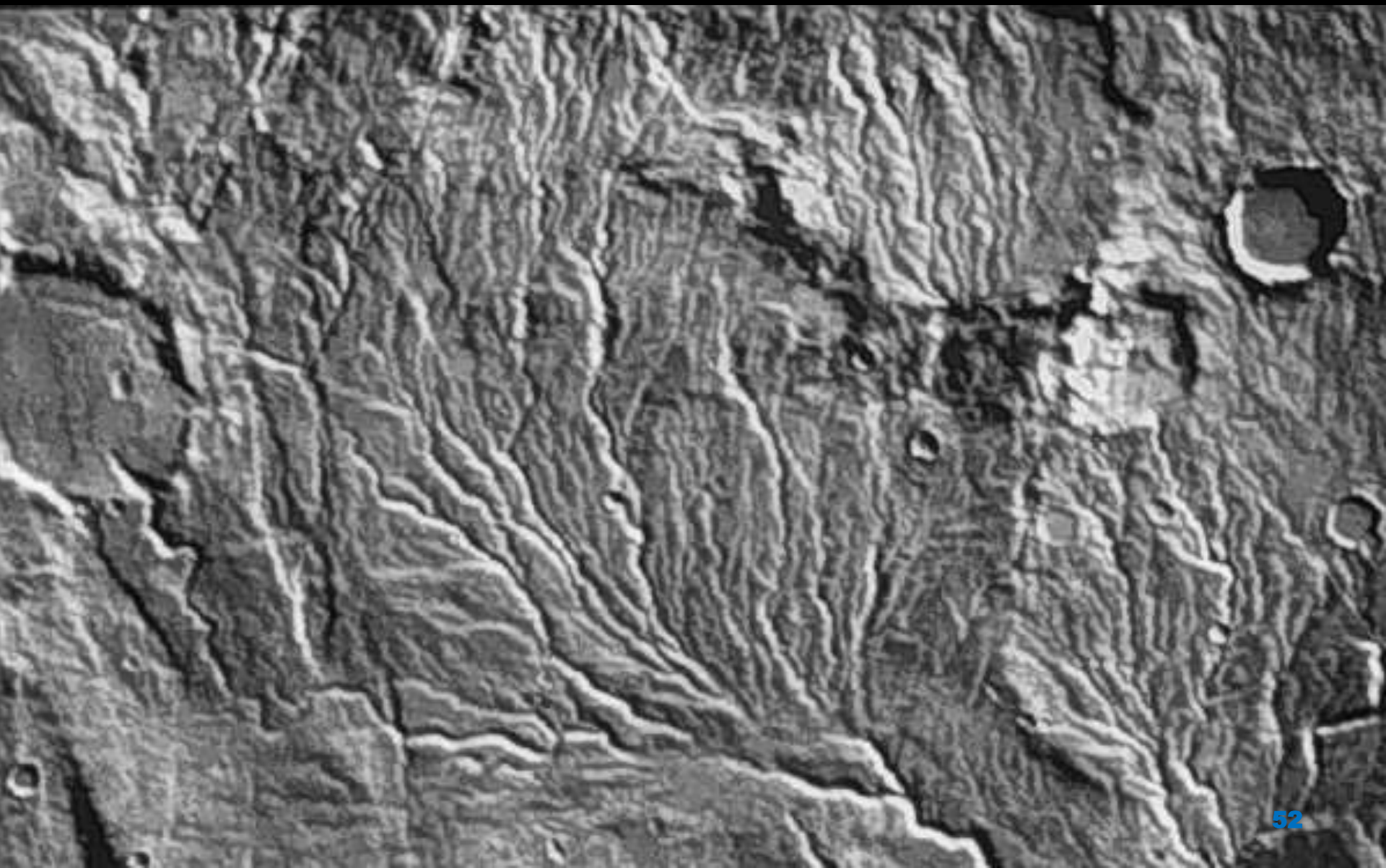
Полярная шапка меняется от сезона к сезону





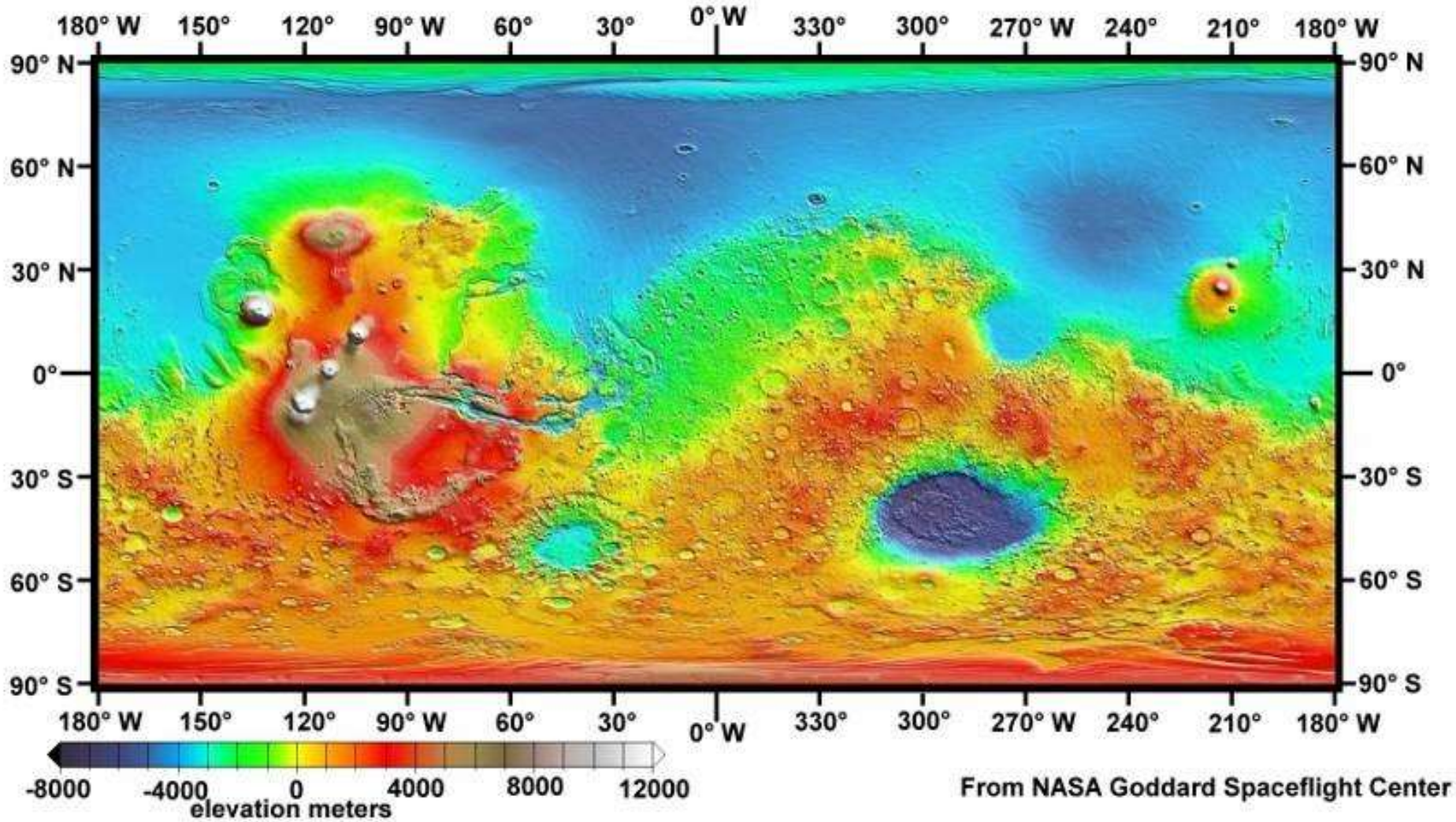


Марс: в прошлом возможна жидкая вода



Марсианские океаны: 3-4,5 млрд. лет назад?

Карта рельефа Марса (искусственные цвета)



Единственная планета, населенная роботами

СОДЖОРНЕР (Sojourner) — с 4 июля по 27 сентября 1997 года (в рамках программы Mars Pathfinder, НАСА).

Одинаковые марсоходы программы Mars Exploration Rover, NASA:

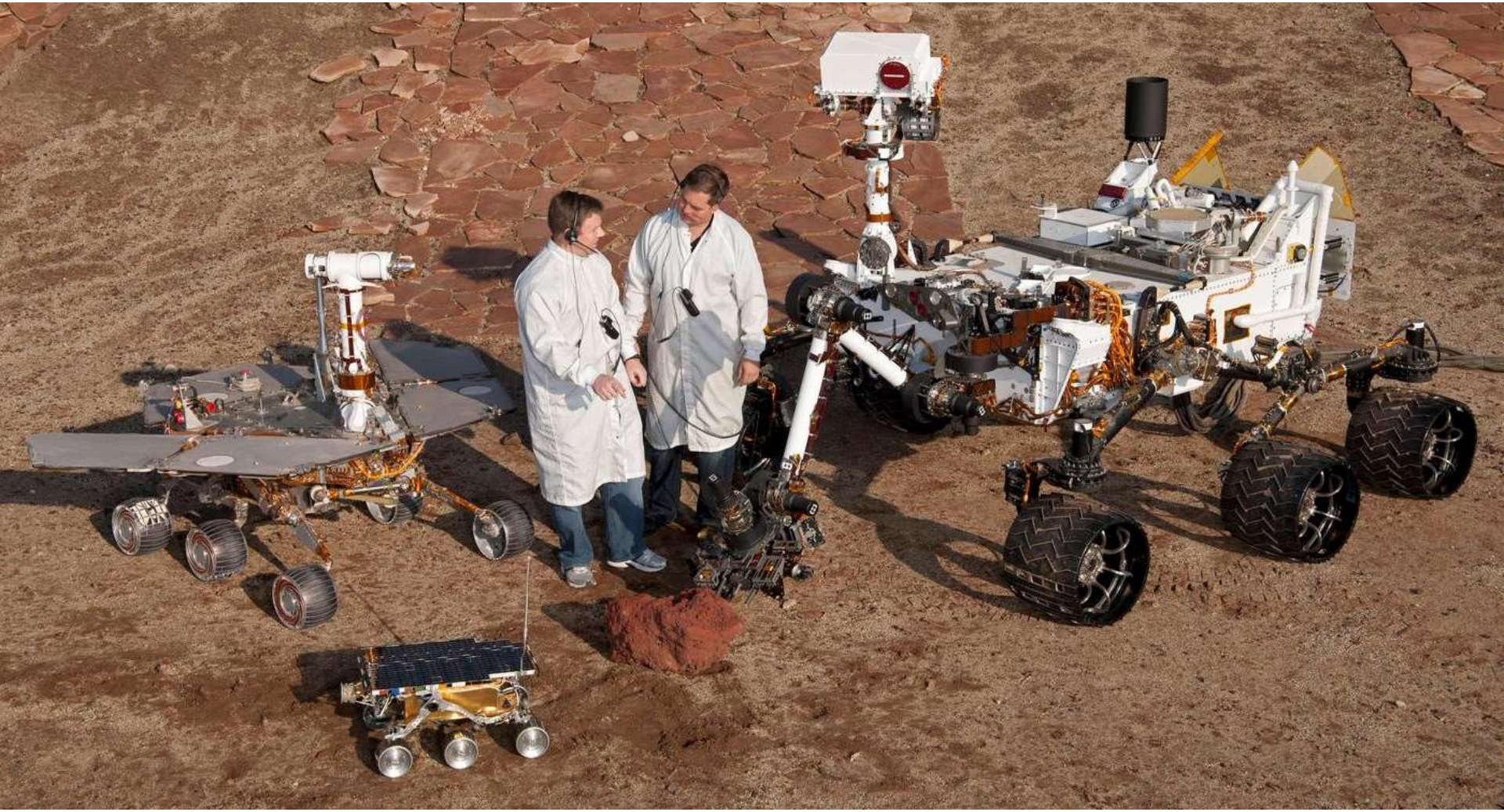
СПИРИТ (Spirit) — с января 2004 года по 22 марта 2010 года.

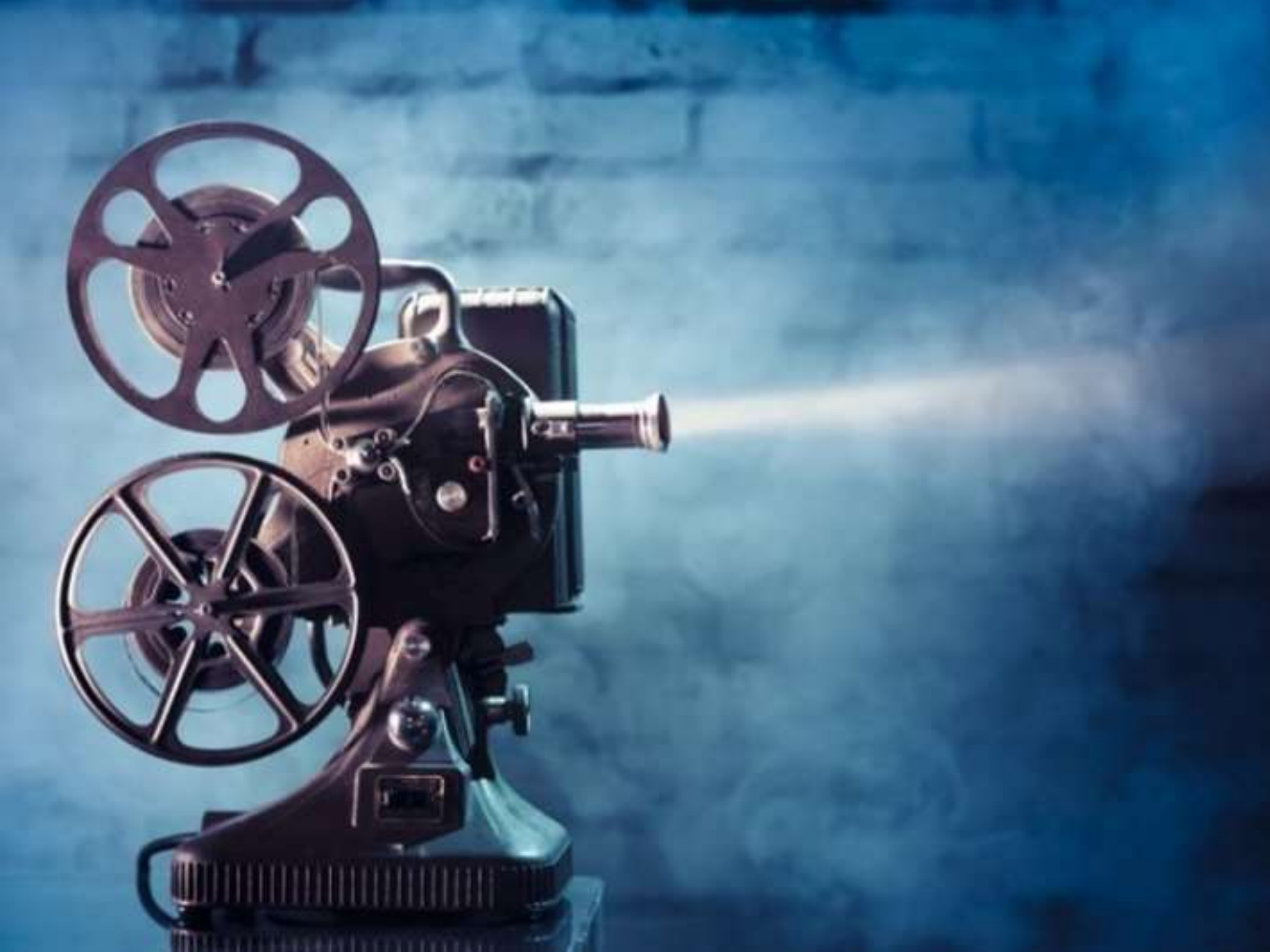
ОППОРТЬЮНИТИ (Opportunity) — с января 2004 года.

КЬЮРИОСИТИ (Curiosity) — с 6 августа 2012 года. Работает в рамках программы Mars Science Laboratory, NASA.

ИНСАЙТ (INSIGHT) – с 26 ноября 2018 г.

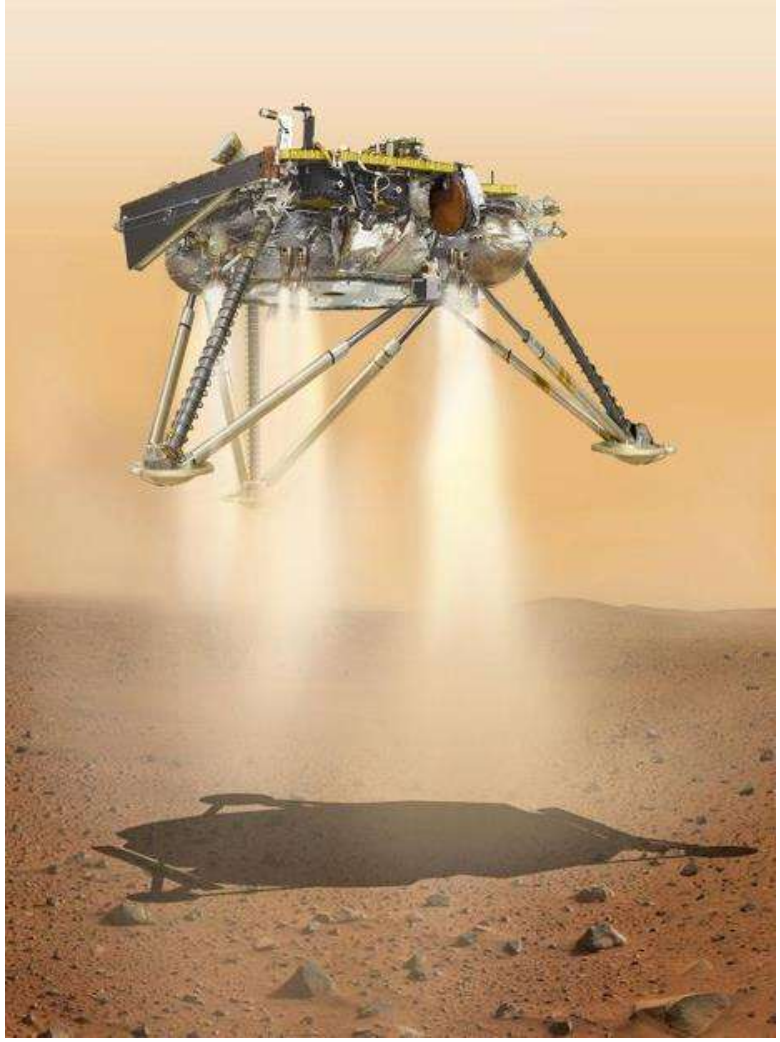
Curiosity, Opportunity и Spirit





Curiosity

InSight на Марсе!



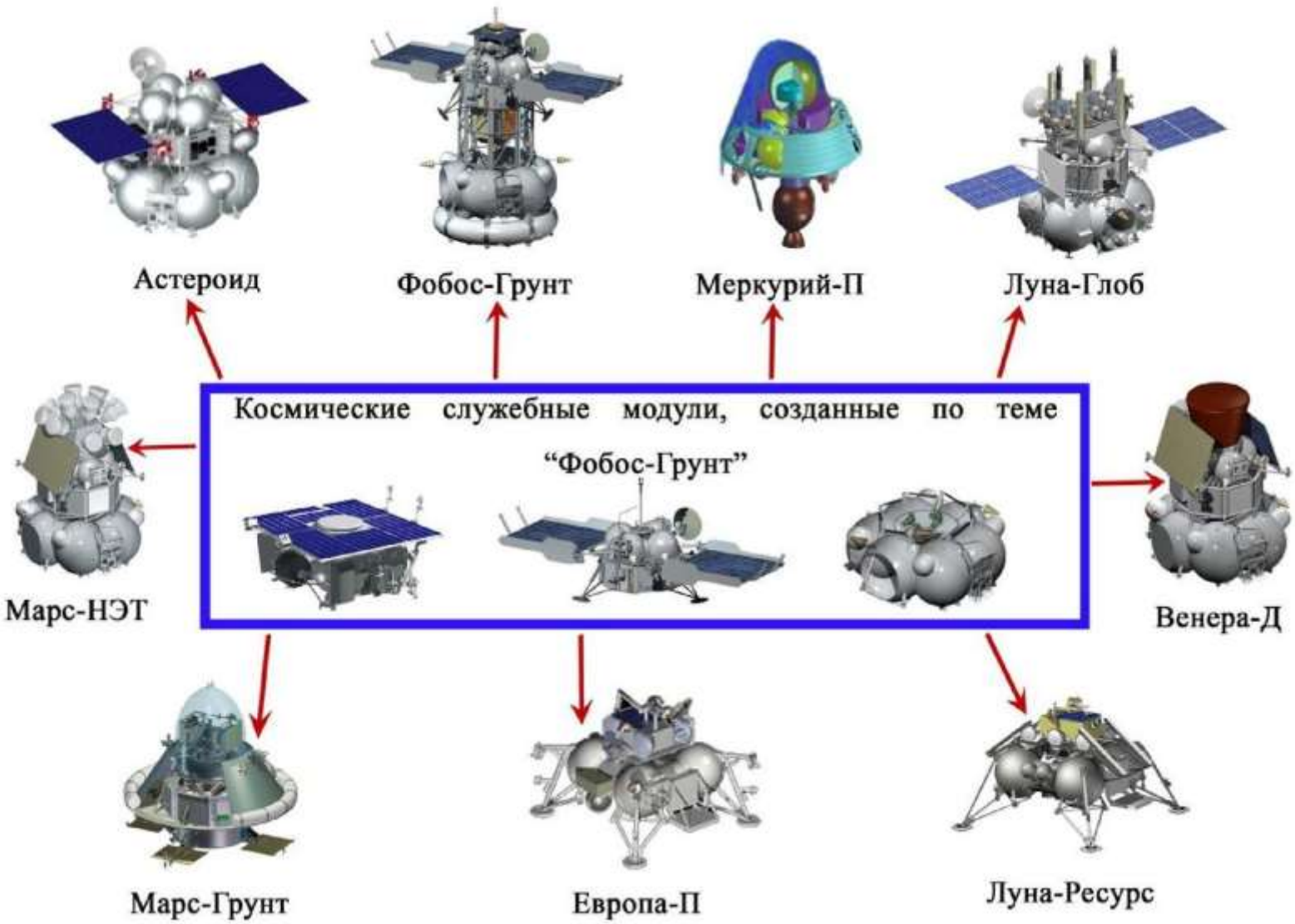
28 ноября 2018 г. на Марс успешно села автоматическая межпланетная станция NASA InSight (= ***Interior Exploration using Seismic Investigations, Geodesy and Heat Transport, Геодезические, сейсмические и термодинамические исследования подповерхностного слоя планеты***). Основная задача марсианского робота – исследование внутреннего строения и геологической истории Марса и планет земной группы вообще с помощью пятиметрового заглубляемого бура.

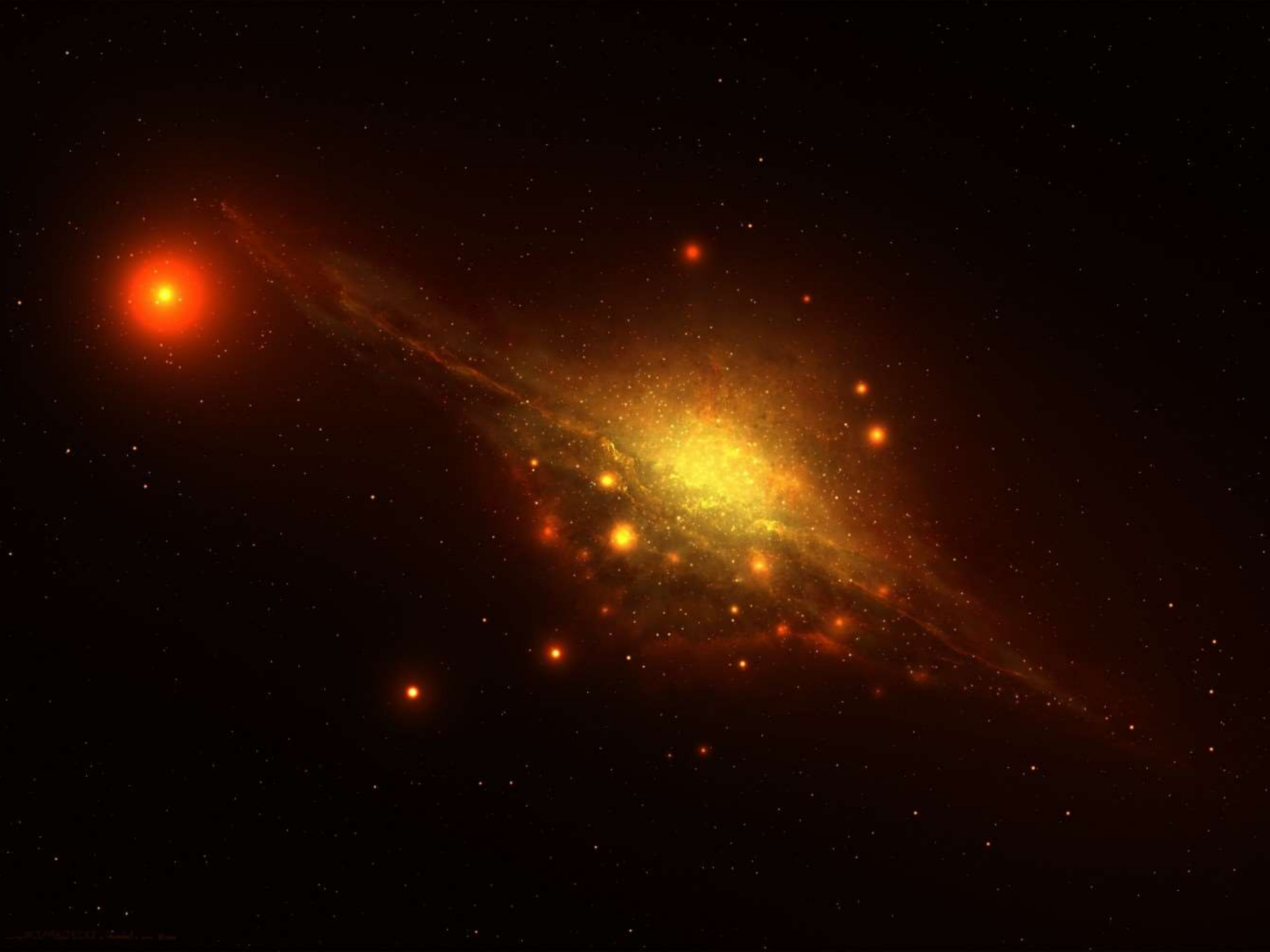
При посадке станции информация на Землю транслировалась через два микроспутника-кубсата MarCO.

Что такое «не везет»

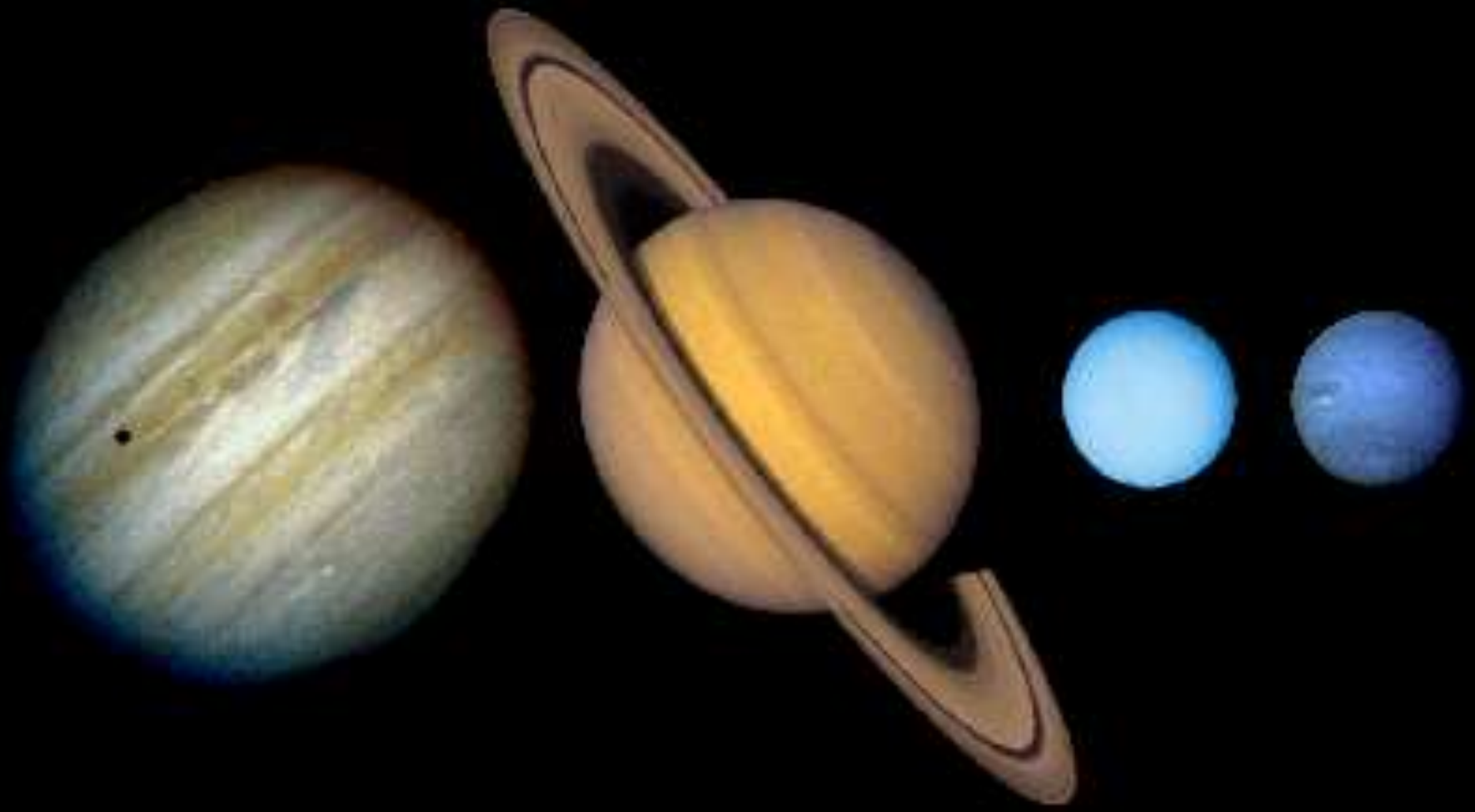
	7 июля 1988 г. – 2 сентября 1988 г.	Исследование Солнца при перелете Земля-Марс, изучение системы Марса, высадка долгоживущей автономной станции (ДАС) на поверхность Фобоса	Потерян в результате передачи ошибочной команды Центром управления полетом с Земли
	12 июля 1988 г. – 27 марта 1989 г.		Успешно выведен на орбиту вокруг Марса, вышел из строя перед отделением посадочной станции для Фобоса
	19 ноября 1996 г.	Выход на орбиту вокруг Марса, исследование планеты с орбиты, сброс двух малых автономных станции и двух ударных проникающих зондов-пенетраторов	Потерян при аварии разгонного блока при старте с околоземной орбиты
	9 ноября 2011 г	Доставка образцов грунта Фобоса	Потерян при аварии разгонного блока при старте с околоземной орбиты

Возможное будущее

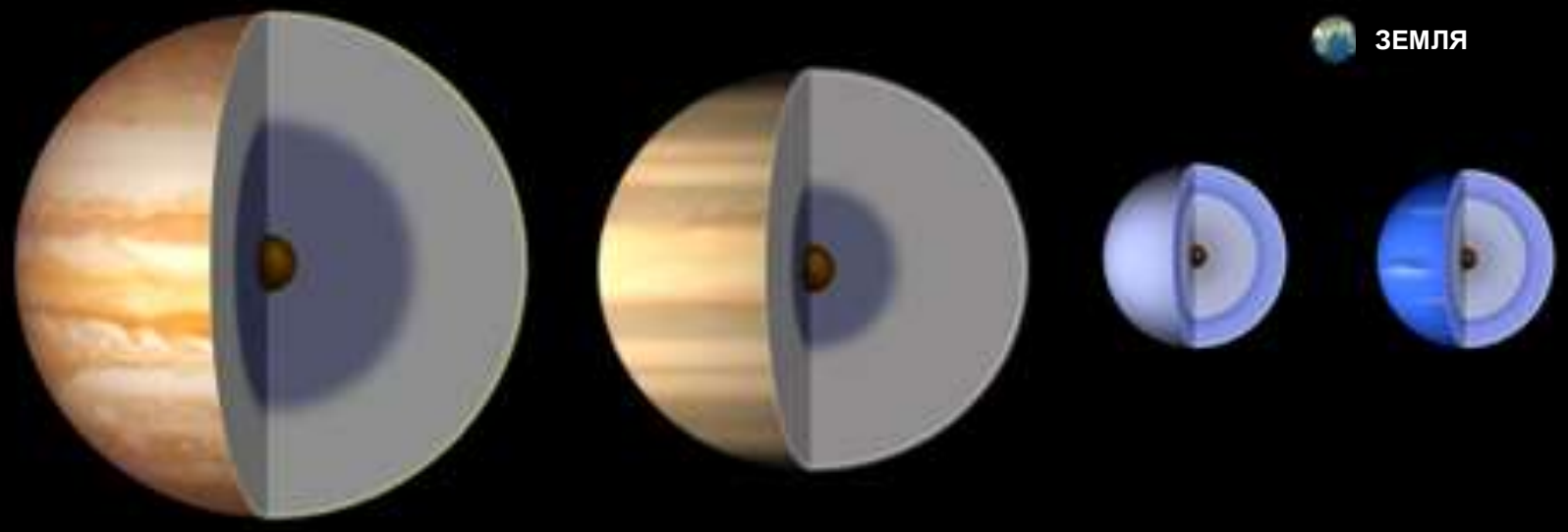




Планеты-гиганты



Состав планет-гигантов



ЮПИТЕР САТУРН УРАН НЕПТУН

Молекулярный водород

Металлический водород

Водород, гелий, метан

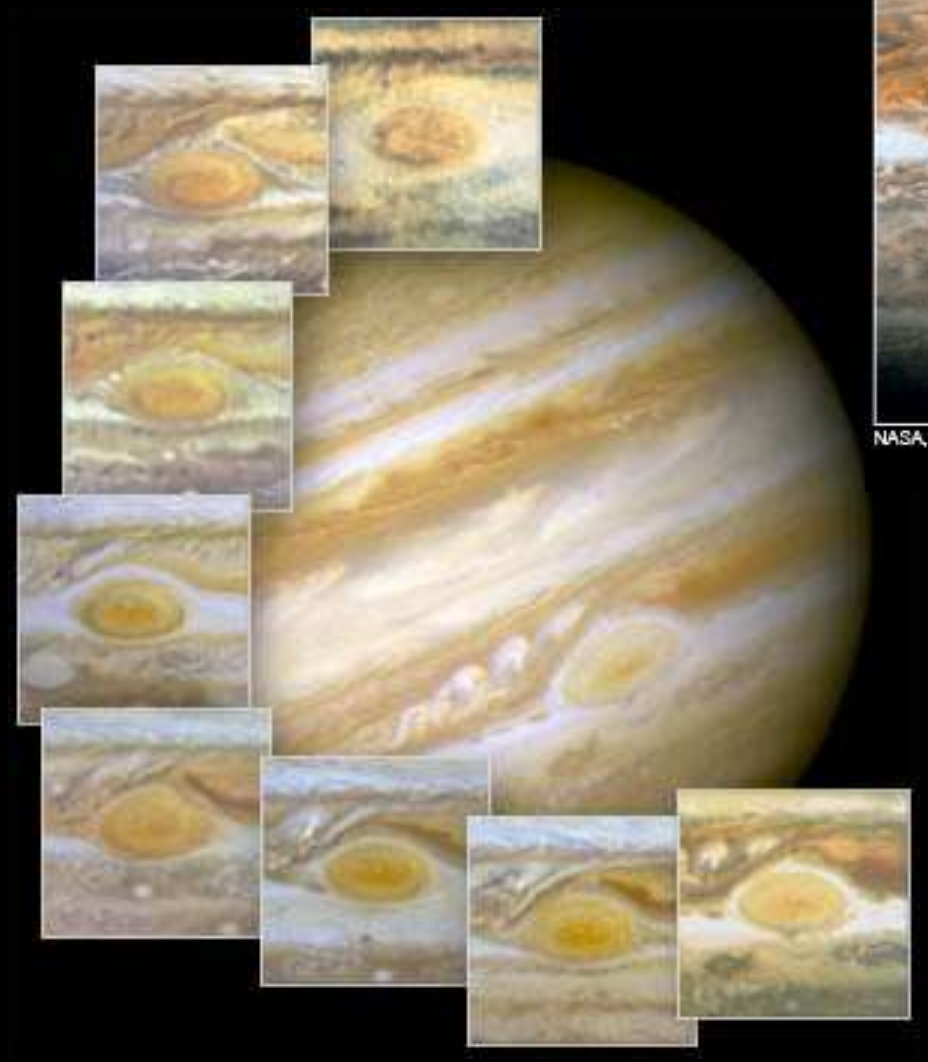
Мантия (водяной, аммиачный, метановый лед)

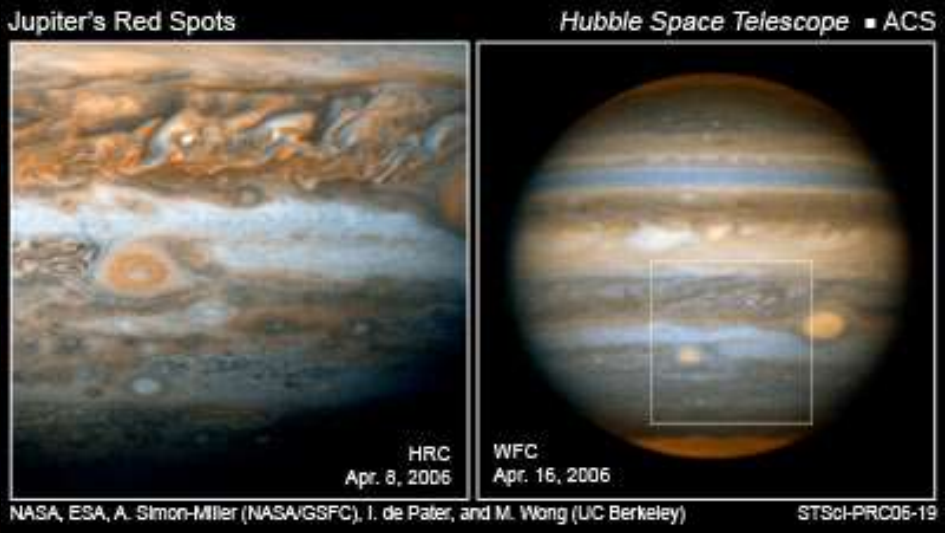
Ядро (скальные породы и лед)

Юпитер

- Диаметр 143 тыс. км – в 11 раз больше Земли
- Сутки – 10 часов, год – 12 земных лет
- В два раза тяжелее всех остальных планет вместе взятых, в 318 раз тяжелее Земли
- Сила тяжести – в 254 раза превышает земную
- 90% - водород, 10% - гелий (75 и 25 по массе)
- Кроме того – метан, вода, аммиак, скальные породы
- Наличие жидкого металлического водорода в ядре обуславливает наличие магнитного поля
- Потенциальная звезда

Долгоживущие вихри



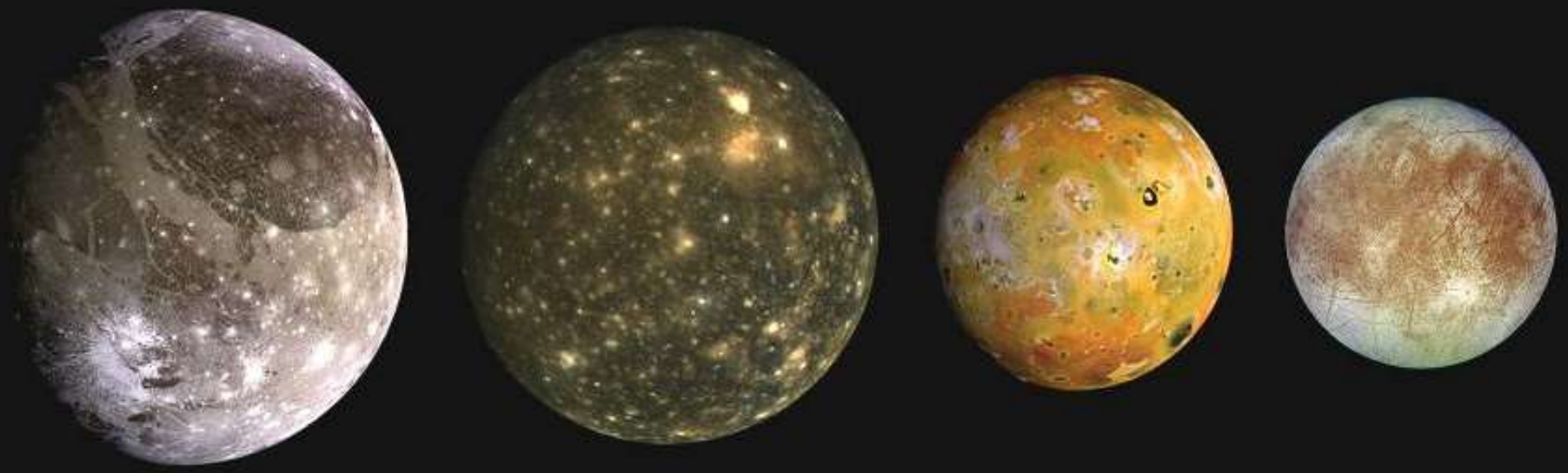


Большое Красное Пятно – не менее 300 лет

Втрое превышает по размерам Землю

Скорость ветра – до 400 км/ч

Спутники Юпитера

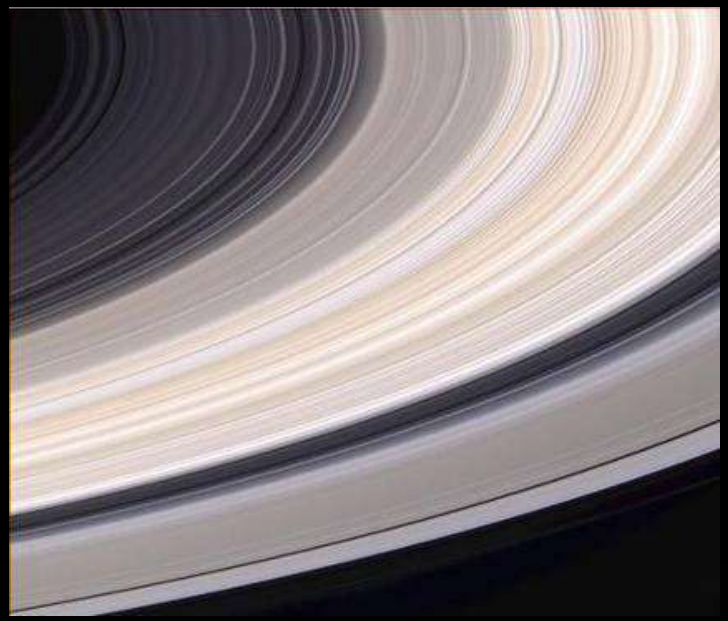


4 галилеевых спутника Юпитера (Ганнимед, Каллисто, Ио, Европа) открыты в 1610 г.

К настоящему моменту – более 60-ти

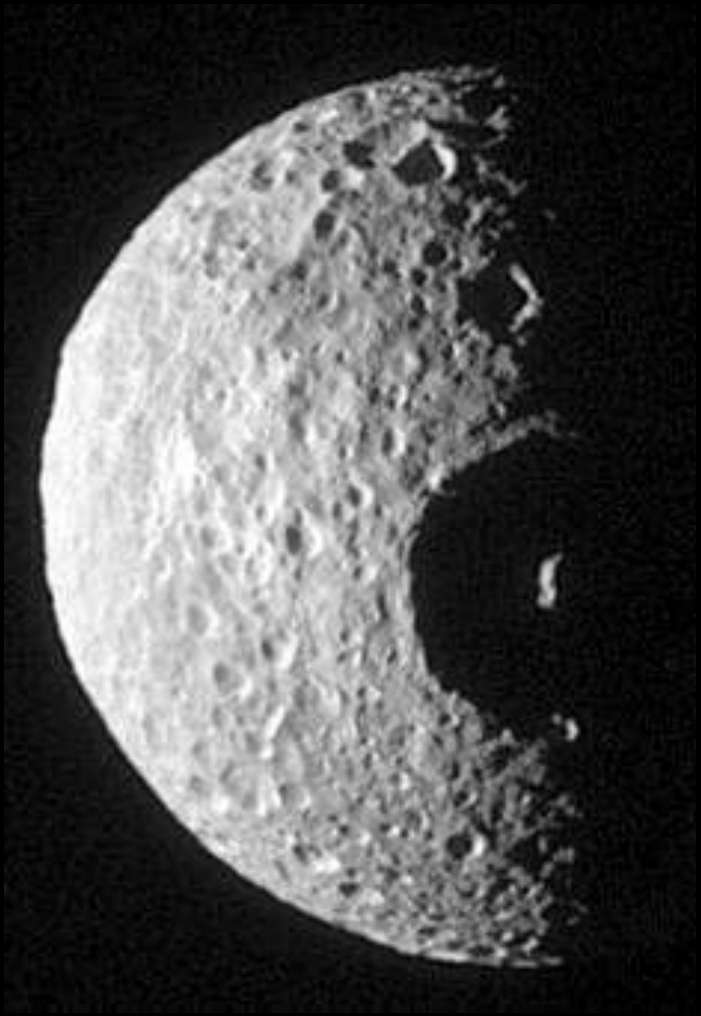
+ Кольца из твердых частиц

Сатурн



- В 9 раз больше Земли
- 75% водород, 25% гелий
- Вода, метан, аммиак, твердые породы
- Твердое ядро
- Ветры до 500 м/с
- Кольца толщиной до 4 км
- Водяной лед в кольцах
- Не менее 56 спутников
- Сутки – 11 часов, год – 29 земных

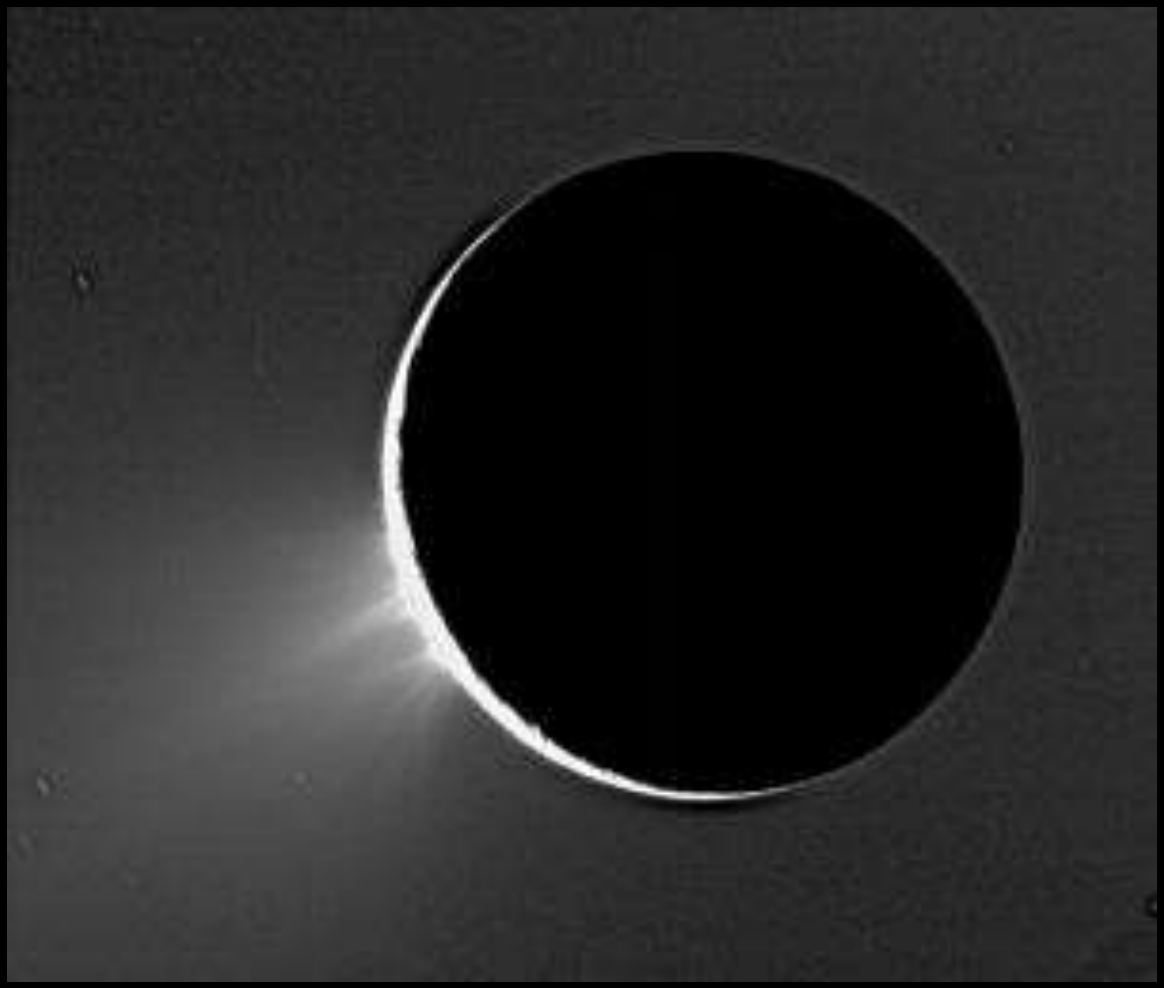
Спутники Сатурна: мир кратеров



Мимас

Феб

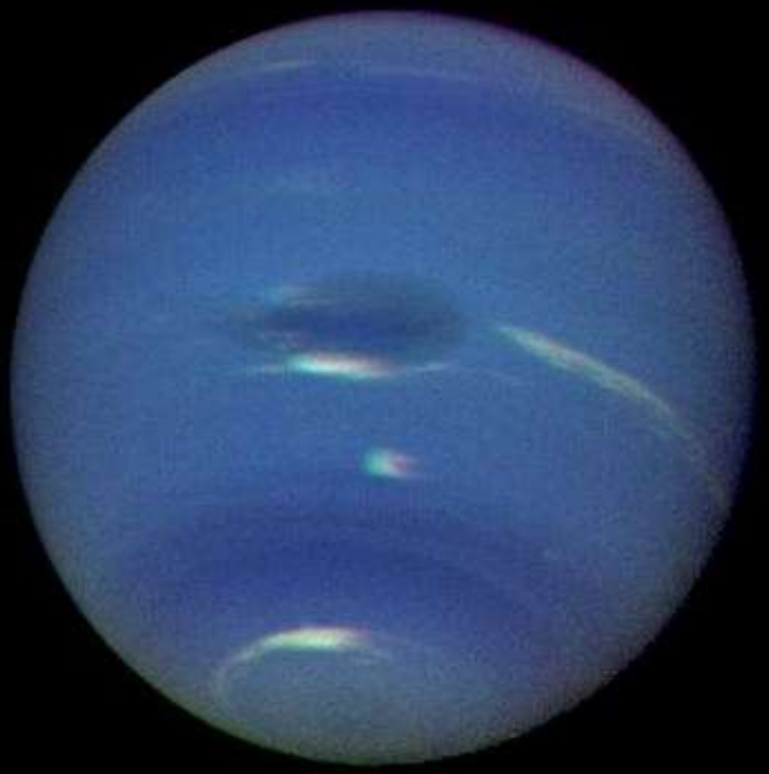
Гейзеры Энцеладуса



Уран

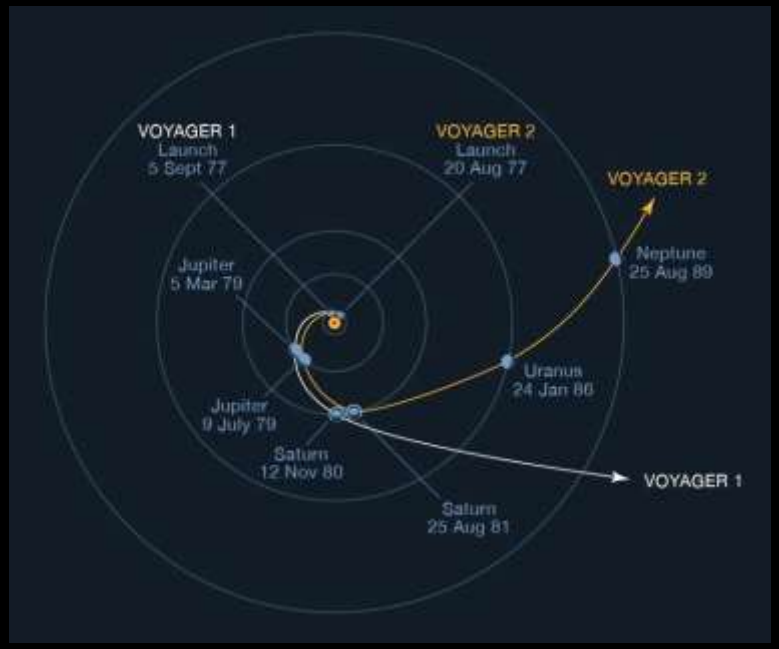
- В 4 раза больше Земли
- В основном метан, 15% водорода, немного гелия в основном в форме льда
- Твердое ядро отсутствует
- 11 колец, 27 спутников
- Сутки – 18 часов, год – 84 земных года
- Ось вращения наклонена почти под прямым углом к эклиптике

Нептун



- Льды и скалы - 15% водорода, немного гелия
- Атмосфера – водород, гелий, метан
- Маленькое ядро
- Менее стабильные вихри, чем на Юпитере
- 4 кольца, 13 спутников
- Сутки – 18 часов, год – 165 земных лет

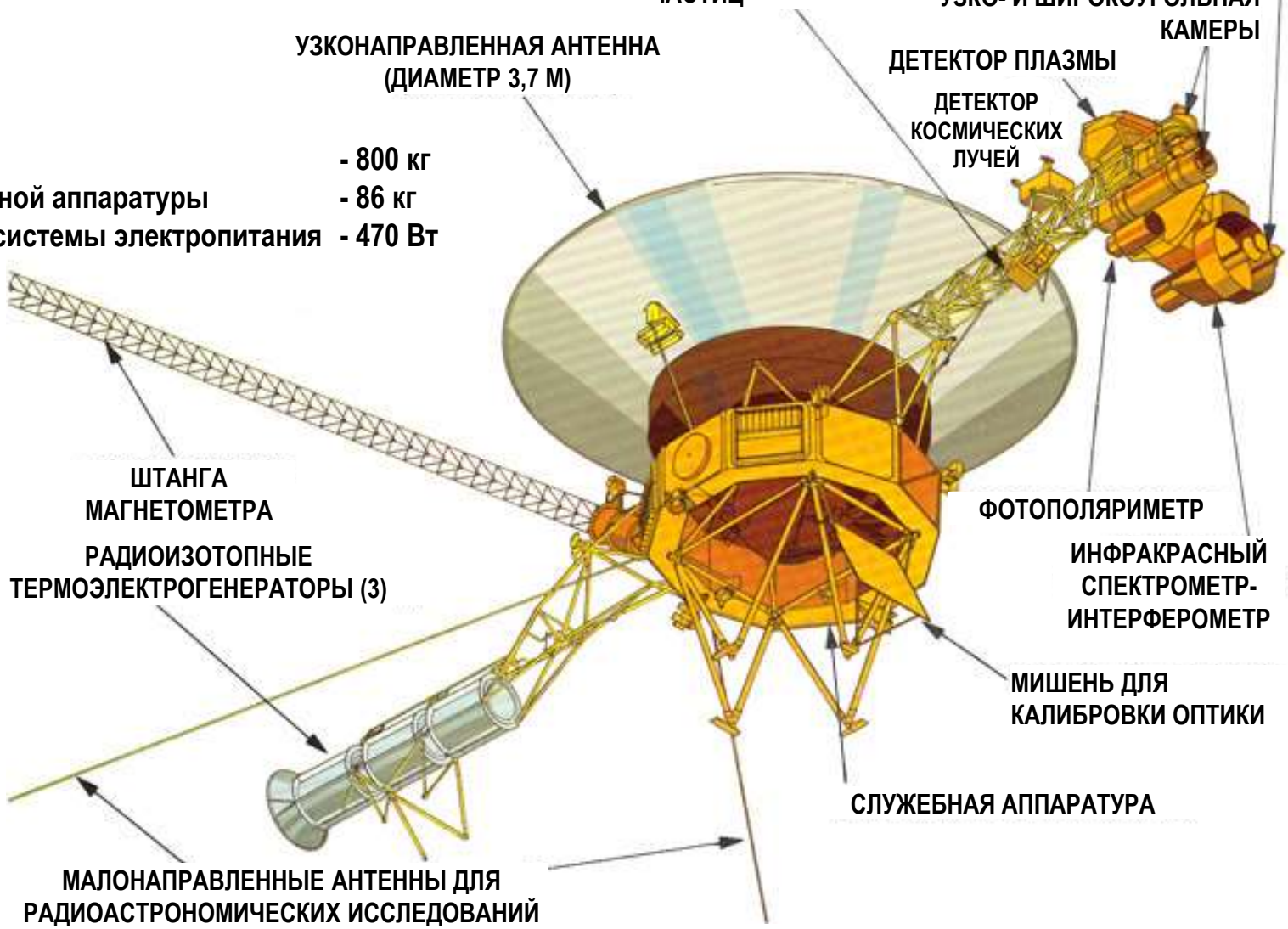
Большой Тур



- В 1965 г. была доказана возможность запуска в конце 1970-х космического аппарата, который облетел бы все четыре планеты-гиганта с использованием гравитационных маневров у каждой из них. Такая возможность открывается только каждые 176 лет.
- В полном объеме «Большой Тур» не запланировали, его заменили двумя миссиями Mariner Jupiter Saturn.
- Уже в ходе полета оказалось возможным направить аппараты дополнительно к Урану и Нептуну.

Voyager

Масса	- 800 кг
Масса научной аппаратуры	- 86 кг
Мощность системы электропитания	- 470 Вт



Voyager: Большой Тур

5 МАЯ

Voyager-1 максимально приближается к Юпитеру

12 НОЯБРЯ

Voyager-1 пролетает Сатурн и начинает покидать Солнечную систему

14 ФЕВРАЛЯ

Последний снимок с Voyager – «Портрет» Солнечной системы

17 ФЕВРАЛЯ

Voyager-1 обгоняет Pioneer-10 и становится самым дальним рукотворным космическим объектом

15 ДЕКАБРЯ

Voyager-1 пересекает границу сферы влияния Солнца

25 АВГУСТА

Voyager-1 входит в межзвездное пространство

5 СЕНТЯБРЯ

Запуск Voyager-1

20 АВГУСТА

Запуск Voyager-2

9 ИЮЛЯ

Voyager-2 максимально приближается к Юпитеру

25 АВГУСТА

Voyager-2 пролетает Сатурн

24 ЯНВАРЯ

Voyager-2 впервые в истории сближается с Ураном

Voyager-2 наблюдает сверхновую 1987A

25 АВГУСТА

Voyager-2 впервые в истории наблюдает Нептун и начинает покидать Солнечную систему ниже плоскости эклиптики

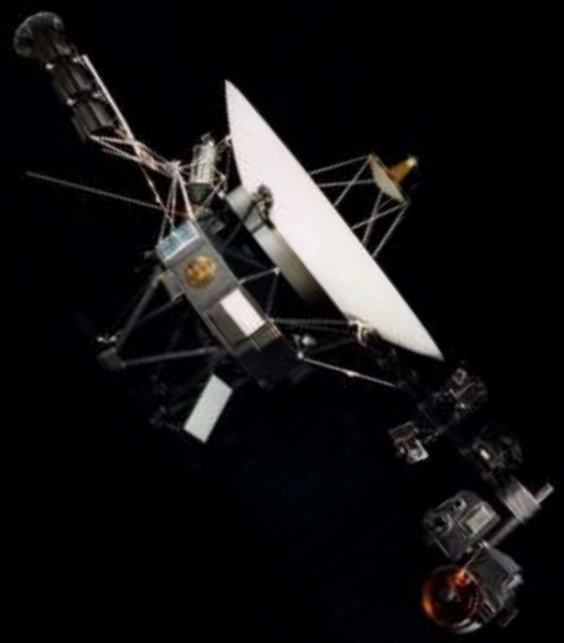
5 СЕНТЯБРЯ

Voyager-2 пересекает границу сферы влияния Солнца

13 АВГУСТА

Voyager-2 становится самым долгоживущим активным космическим аппаратом

Научные результаты



- Открытие 22 новых спутников (3 – Юпитера, 10 – Урана, 6 – Нептуна)
- Открытие колец Юпитера и получение новых знаний о кольцах Сатурна, Урана и Нептуна
- Открытие магнитосферы Урана и Нептуна

  Открытие активного вулканизма на Ио (спутник Юпитера) и активных гейзероподобных структур на Тритоне (спутник Нептуна)
- Открытие зон полярных сияний на Юпитере, Сатурне и Нептуне

Научные результаты

Большое Красное Пятно – долгоживущий вихрь на Юпитере

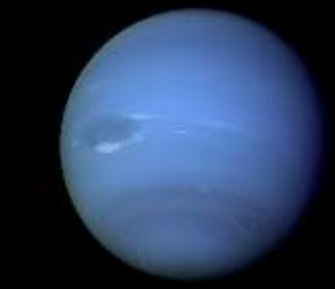
Европа – спутник Юпитера

Вулканы Ио

Кольца Юпитера

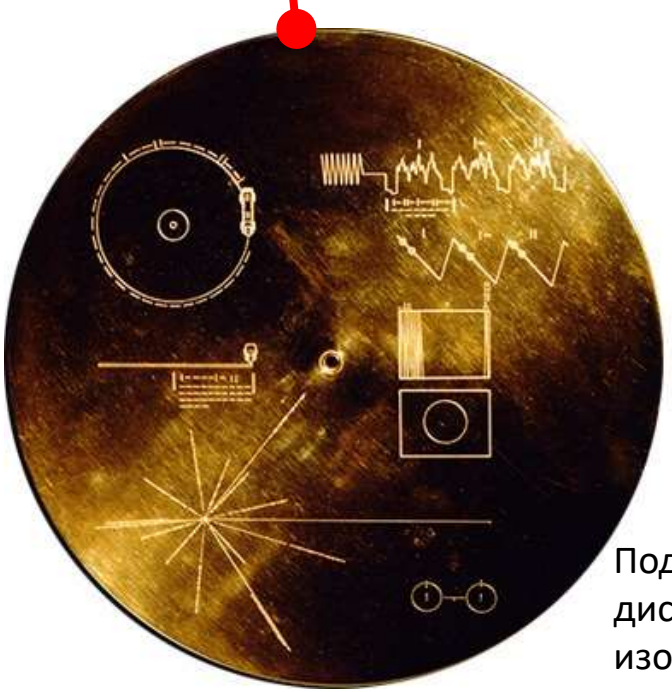
Сатурн

Уран



Нептун

Послание во Вселенную



Советский бегун Валерий Брумель – наш представитель на диске

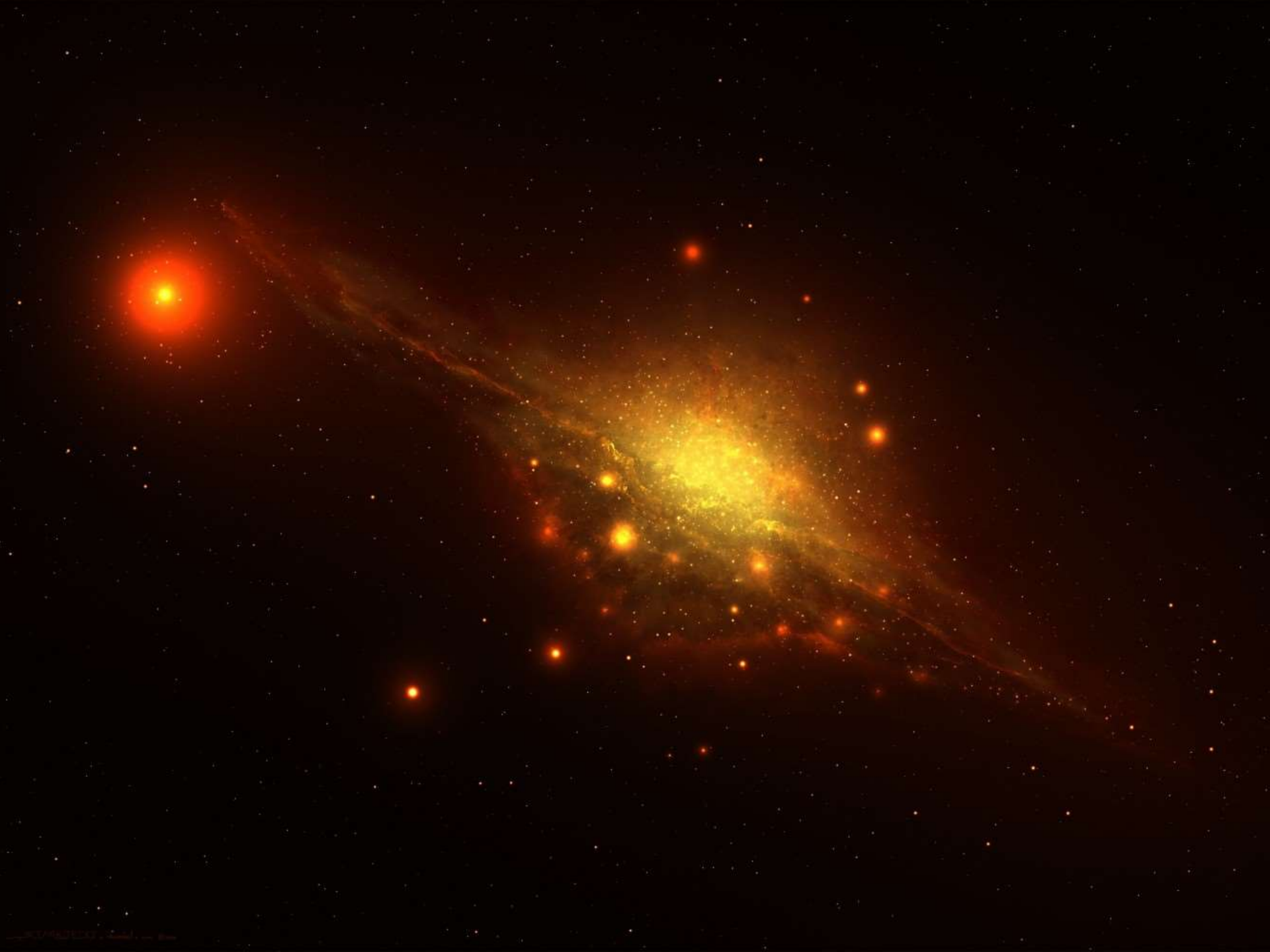
Под руководством Карла Сагана был подготовлен позолоченный диск диаметром около 30 см с аналоговой записью 115 изображений, звуков Земли и обращениями политических деятелей. На поверхности – инструкция по проигрыванию.

Cassini – Huygens:
Продолжение исследований и посадка на Титан (2005 г.)

New Horizons фотографирует Плутон

Pluto: April 2015

Pluto: July 13



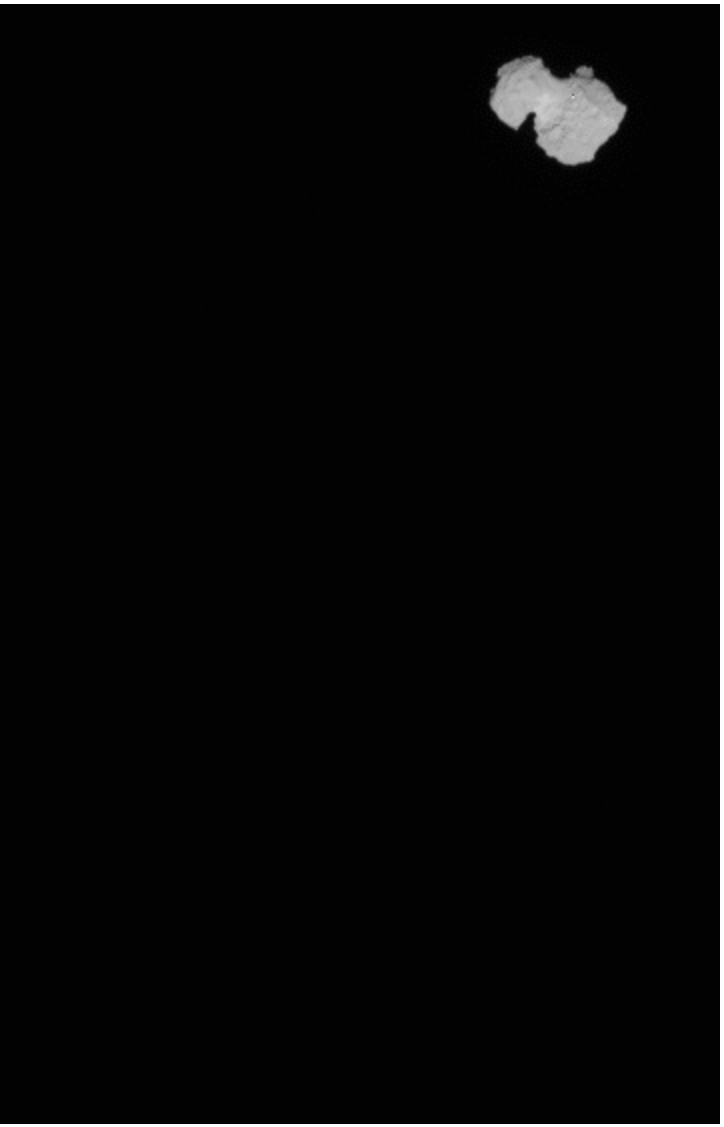
Rosetta: Свидание с кометой

Космический аппарат Rosetta стартовал 2 марта 2004 г.

Главная цель - изучение кометы Чурюмова — Герасименко для сбора информации о том, как зарождалась и эволюционировала Солнечная система.

«Розетта» достигла кометы летом 2014 года, став первым космическим аппаратом, который вышел на орбиту кометы.

Спускаемый аппарат «Филы» совершил посадку 12 ноября 2014 года в 19:05 мск.



РОЗЕТТА В ЦИФРАХ

12 лет 6 месяцев и 28 дней в космосе

мощность солнечных батарей
862-1500 Вт

запуск 2 марта 2004

пролёты

3 Земля

1 Марс

2 Астероиды

7,9 млрд км пройдено

передача КПИ: **2** кбит/с

телеметрия: **14-91** кбит/с

1-ый космический аппарат, который вышел на орбиту кометы и совершил посадку зонда

218,25 Gb научных данных

16 650+ изображений

266 маневров коррекции орбиты

21 000+ научных наблюдений

1000-1500 выполненных команд в день

14 900 часов
2483 контактов

New Norcia
4635 часов, 592 контакта

Malargüe
3969 часов, 612 контакта

Cebreros
1694 часа, 318 контактов

Deep Space Network
4602 часа, 961 контакт

esa

Инфографика: European Space Agency
Перевод: Nosator

ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Лекция 10. Большая космическая наука

Дмитрий Пайсон

2021

dpayson@mail.ru
+7 910 49 49 48 1