МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ М.АКМУЛЛЫ»

**ПЛАНЕТА САТУРН**

**/реферат по астрономии/**

Выполнила:.

ФМФ, 4 курс, 45 гр.

Проверил: Плановский В.В.

Уфа 2008

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Введение…………………………………………………………………….…....3

1. Общие сведения…………………………………………….……………...4
	1. Параметры планеты……………………………………………….…....6
	2. Внутреннее строение……………………………………………...…..6
2. Атмосфера……………………….…………………………………….……...7
	1. «Гигантский гексагон» ………………………………………….…….9
3. Космические характеристики..………………………………………….....10
	1. Магнитосфера…………………………………………………….…...10
	2. Полярные сияния…………………………………………………......12
	3. Инфракрасное свечение Сатурна..……………………….………….12
4. Кольцевая система Сатурна……………………………………..……….…13
	1. Открытие тонкой структуры колец…………….…………………....15
5. Спутники Сатурна...……………………………..……………………….....20
6. История открытий…………………………..……………………………....21
7. Приложение………………………………………………………….………24
8. Литература………………………………………………………….………..26

**ВВЕДЕНИЕ**

В античной мифологии Сатурн был божественным отцом Юпитера. Сатурн был богом Времени и Судьбы. Как известно, Юпитер в своем мифическом обличии пошел дальше отца. В Солнечной системе Сатурну отведена также вторая роль среди планет. Сатурн второй как по массе, так и по размерам. Однако он позади многих и многих тел околосолнечного пространства по плотности.

Сатурн, не желая смиряться с отставанием от Юпитера, обзавелся большим числом спутников и, главное, великолепным кольцом, благодаря которому шестая планета серьезно оспаривает первое место в номинации Великолепие. Многие астрономические книги на обложках своих предпочитают иметь именно Сатурн, а не Юпитер.

Сатурн может достигать отрицательной звездной величины в период противостояния планеты. В небольшие инструменты легко разглядеть диск и кольцо, если оно хоть чуть развернуто к Земле. Кольцо из-за движения планеты по орбите меняет свою ориентацию по отношению к Земле. Когда плоскость кольца пересекает Землю, даже в средние телескопы рассмотреть его не получается: оно очень тонкое. После этого кольцо все больше и больше разворачивается к нам, а Сатурн, соответственно становится все ярче и ярче в каждое следующее противостояние. В первый год уже недалекого третьего тысячелетия в день противостояния 3-го декабря Сатурн разгорится до -0,45-й звездной величины. В этот год кольца максимально развернутся к Земле. Не слишком тяжело заметить также и Титан - самый большой спутник планеты, он имеет блеск порядка 8,5-й звездной величины. Из-за малой контрастности, облака Сатурна рассмотреть труднее, чем облачные полосы на Юпитере. Зато легко заметить сжатие планеты у полюсов, которое достигает 1:10.

У Сатурна побывало 3 космических аппарата. Эти же АМС предварительно посетили Юпитер: "Пионер 11" и оба "Вояджера"

1. **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

Сатурн, наверное, наиболее красивая планета, если смотреть на нее в телескоп или изучать снимки «Вояджеров». Сказочные кольца Сатурна нельзя спутать ни с какими другими объектами Солнечной системы.

Планета известна с самых древних времен. Максимальная видимая звездная величина Сатурна +0,7m. Эта планета – один из самых ярких объектов на нашем звездном небе. Ее тусклый белый свет создал планете недобрую славу: рождение под знаком Сатурна издревле считалось плохим предзнаменованием.

Кольца Сатурна видимы с Земли в небольшой телескоп. Они состоят из тысяч и тысяч небольших твердых обломков камней и льда, которые вращаются вокруг планеты.

Период вращения вокруг оси – звездные сутки – составляет 10 часов 14 минут (на широтах до 30°). Так как Сатурн – не твердый шар, а состоит из газа и жидкости, то экваториальные его части быстрее вращаются, чем приполярные области: на полюсах один оборот совершается примерно на 26 минут медленнее. Средний период обращения вокруг оси – 10 часов 40 минут.

Сатурн имеет одну интересную особенность: он – единственная планета в Солнечной системе, чья плотность меньше плотности воды (700 кг на кубический метр). Если бы было возможно создать огромный океан, Сатурн смог бы в нем плавать!

По внутреннему строению и составу Сатурн сильно напоминает Юпитер. В частности, на Сатурне в экваториальной области также существует Красное Пятно, хотя оно и меньших размеров, чем на Юпитере.

На две трети Сатурн состоит из водорода. На глубине, примерно равной R/2, то есть половине радиуса планеты, водород при давлении около 300 ГПа переходит в металлическую фазу. По мере дальнейшего увеличения глубины, начиная с R/3, возрастает доля соединений водорода и оксидов. В центре планеты (в области ядра) температура порядка 20000 К.

Всякий, кто наблюдал планеты в телескоп, знает, что на поверхности Сатурна, то есть на верхней границе его облачного покрова, заметно мало деталей и контраст их с окружающим фоном невелик. Этим Сатурн отличается от Юпитера, где присутствует множество контрастных деталей в виде темных и светлых полос, волн, узелков, свидетельствующих о значительной активности его атмосферы.

Возникает вопрос, действительно ли атмосферная активность Сатурна (например скорость ветра) ниже, чем у Юпитера, или же детали его облачного покрова просто хуже видны с Земли из-за большего расстояния (около 1,5 млрд. км.) и более скудного освещения Солнцем (почти в 3,5 раза слабее освещения Юпитера)?

"Вояджерам" удалось получить снимки облачного покрова Сатурна, на которых отчетливо запечатлена картина атмосферной циркуляции: десятки облачных поясов, простирающихся вдоль параллелей, а также отдельные вихри. Обнаружен, в частности, аналог Большого Красного Пятна Юпитера, хотя и меньших размеров. Установлено, что скорости ветров на Сатурне даже выше, чем на Юпитере: на экваторе 480 м/с, или 1700 км/ч. Число облачных поясов больше, чем на Юпитере, и достигают они более высоких широт. Таким образом, снимки облачности демонстрируют своеобразие атмосферы Сатурна, которая даже активнее юпитерианской.

Метеорологические явления на Сатурне происходят при более низкой температуре, нежели в земной атмосфере. Поскольку Сатурн в 9,5 раз дальше от Солнца, чем Земля, он получает в 9,5 =90 раз меньше тепла. Температура планеты на уровне верхней границы облачного покрова, где давление равно 0,1 атм, составляет всего 85 К, или -188 С. Интересно, что за счет нагревания одним Солнцем даже такой температуры получить нельзя. Расчет показывает: в недрах Сатурна имеется свой собственный источник тепла, поток от которого в 2,5 раза больше, чем от Солнца. Сумма этих двух потоков и дает наблюдаемую температуру планеты.

Космические аппараты подробно исследовали химический состав надоблачной атмосферы Сатурна. В основной она состоит почти на 89% из водорода. На втором месте гелий (около 11% по массе). Дефицит гелия на Сатурне объясняют гравитационным разделением гелия и водорода в недрах планеты: гелий, который тяжелее, постепенно оседает на большие глубины (что, кстати говоря, высвобождает часть энергии, "подогревающей" Сатурн). Другие газы в атмосфере - метан, аммиак, этан, ацетилен, фосфин - присутствуют в малых количествах. Метан при столь низкой температуре (около -188° С) находится в основном в капельно-жидком состоянии. Он образует облачный покров Сатурна.

Что касается малого контраста деталей, видимых в атмосфере Сатурна, о чем говорилось выше, то причины этого явления пока еще не вполне ясны. Было высказано предположение, что в атмосфере взвешена ослабляющая контраст дымка из мельчайших твердых частиц. Но наблюдения "Вояджера-2" опровергают это: темные полосы на поверхности планеты оставались резкими и ясными до самого края диска Сатурна, тогда как при наличии дымки они бы к краям замутнялись из-за большого количества частиц перед ними. Данные, полученные с "Вояджера-1", помогли с большой точностью определить экваториальный радиус Сатурна. На уровне вершины облачного покрова экваториальный радиус составляет 60330 км. или в 9,46 раза больше земного. Уточнен также период обращения Сатурна вокруг оси: один оборот он совершает за 10 ч. 39,4 мин - в 2,25 раза быстрее Земли. Столь быстрое вращение привело к тому, что сжатие Сатурна значительно больше, чем у Земли. Экваториальный радиус Сатурна на 10% больше полярного.

Поскольку Сатурн весьма сходен с Юпитером по своим физическим свойствам, астрономы предположили, что достаточно заметное магнитное поле есть и у него. Отсутствие же у Сатурна наблюдаемого с Земли магнитно-тормозного радиоизлучения объясняли влиянием колец.

**1.1. ПАРАМЕТРЫ ПЛАНЕТЫ**

Эллиптическая орбита Сатурна имеет эксцентриситет 0,0556 и средний радиус 9,539 а.е. (1427 млн. км). Максимальное и минимальное расстояния от Солнца равны приблизительно 10 и 9 а.е. Расстояния от Земли меняются от 1,2 до 1,6 млрд. км. Наклон орбиты планеты к плоскости эклиптики 2°29,4'. Угол между плоскостями экватора и орбиты достигает 26°44'. Сатурн движется по своей орбите со средней скоростью 2,64 км/с; период обращения вокруг Солнца составляет 29,46 земных лет.

Планета не имеет четкой твердой поверхности, оптические наблюдения затрудняются непрозрачностью атмосферы. Для экваториального и полярного радиусов приняты значения 60,27 тыс. км и 53,5 тыс. км. Средний радиус Сатурна в 9,1 раз больше, чем у Земли. На земном небе Сатурн выглядит как желтоватая звезда, блеск которой меняется от нулевой до первой звездной величины. Масса Сатурна составляет 5,6850∙1026 кг, что в 95,1 раз превосходит массу Земли; при этом средняя плотность Сатурна, равная 0,68 г/см3, почти на порядок меньше, чем плотность Земли. Ускорение свободного падения у поверхности Сатурна на экваторе равно 9,06 м/с2.

Поверхность Сатурна (облачный слой), как и Юпитера, не вращается как единое целое. Тропические области в атмосфере Сатурна обращаются с периодом 10 ч 14 мин земного времени, а на умеренных широтах этот период на 26 мин больше.

**1.2. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ**

По внутреннему строению и составу Сатурн сильно напоминает Юпитер.

В глубине атмосферы Сатурна растут давление и температура, и водород постепенно переходит в жидкое состояние. Чёткой границы, отделяющей газообразный водород от жидкого, по-видимому, не существует. Это должно выглядеть как непрерывное кипение глобального водородного океана. На глубине около 30 тыс. км водород становится металлическим (а давление достигает около 3 миллионов атмосфер). Протоны и электроны в нём существуют раздельно и он является хорошим проводником электричества. Мощные электротоки, возникающие в слое металлического водорода, порождают магнитное поле Сатурна (гораздо менее мощное, чем у Юпитера).

На глубине, примерно равной R/2, то есть половине радиуса планеты, водород при давлении около 300 ГПа переходит в металлическую фазу. По мере дальнейшего увеличения глубины, начиная с R/3, возрастает доля соединений водорода и оксидов. В центре планеты находится массивное ядро (до 20 земных масс) из камня, железа и, возможно... льда (в области ядра) температура порядка 20000 К.

Откуда взяться льду в центре Сатурна, где температура около 20 тыс. градусв? Ведь хорошо знакомая нам кристаллическая форма воды - обыкновенный лед - плавится уже при температуре 0 С при нормальном атмосферном давлении. Еще "нежнее" кристаллические формы аммиака, метана, углекислого газа, которые ученые также называют льдом. Например, твердая углекислота (сухой лед, используемый в различных эстрадных шоу) при нормальных условиях сразу же переходит в газообразное состояние, минуя жидкою стадию.

Но одно и то же вещество может образовывать различные кристаллические решетки. В частности, науке известны кристаллические модификации воды, отличающиеся друг от друга не меньше, чем печная сажа - от химически тождественного ей алмаза. Например, так называемый лед VII имеет плотность, почти вдвое превосходящую плотность обычного льда, и при больших давлениях его можно нагревать до нескольких сот градусов! Поэтому не стоит удивляться тому, что в центре Сатурна при давлении в миллионы атмосфер присутствует лед, т.е. в данном случае смесь из кристаллов воды, метана и аммиака.

1. **АТМОСФЕРА**

Светло-желтый Сатурн внешне выглядит скромнее своего соседа - оранжевого Юпитера. У него нет столь красочного облачного покрова, хотя структура атмосферы почти такая же. Верхние слои атмосферы Сатурна состоят на 93 % из водорода (по объёму) и на 7 % — из гелия. Имеются примеси метана, водяного пара, аммиака и некоторых других газов. Аммиачные облака в верхней части атмосферы мощнее юпитерианских, что делает его не таким "цветным" и полосатым.

По данным «Вояджеров», на Сатурне дуют самые сильные ветра в Солнечной системе, аппараты зарегистрировали скорости воздушных потоков 500 м/с. Ветра дуют, в основном, в восточном направлении (по направлению осевого вращения). Их сила ослабевает при удалении от экватора; при удалении от экватора появляются также и западные атмосферные течения. Ряд данных указывают, что ветры не ограничены слоем верхних облаков, они должны распространяться внутрь, по крайней мере, на 2 тыс. км. Кроме того, измерения «Вояджера-2» показали, что ветра в южном и северном полушариях симметричны относительно экватора. Есть предположение, что симметричные потоки как-то связаны под слоем видимой атмосферы.

Южное полушарие Сатурна. "Ураган Дракона", он хорошо виден на этом изображении, полученном в ближней ИК-области (цвета на рисунке искусственные). Исследуя результаты, полученные Кассини, ученые обнаружили, что "Ураган Дракона" является причиной таинственных вспышек в радиодиапазоне. Возможно, мы видим гигантскую грозу на Сатурне, когда радиошум возникает из-за высоковольтных разрядов в молниях

Хотя пятна атмосферных вихрей на Сатурне уступают по размерам юпитерианскому Большому Красному Пятну, но и там наблюдаются грандиозные штормы, видимые даже с Земли.

Снимки, переданные АМС "Вояджер-1", обнаружили несколько десятков поясов и зон, а также различные конвективные облачные образования: несколько сот светлых пятен диаметром 2000 - 3000 км, коричневые образования овальной формы шириной ~10000 км и красное овальное облачное образование (пятно) у 55° ю. ш. Протяженность красного пятна на Сатурне 11 000 км, по размерам оно примерно равно белым овальным образованиям на Юпитере. Красное пятно на Сатурне относительно стабильно. Оно окружено темным кольцом. Полагают, что оно может представлять собой "верх" конвективной ячейки. Считают, что полосы в атмосфере Сатурна обусловлены температурными перепадами. Число полос достигает нескольких десятков, то есть намного больше, чем наблюдают с Земли, и больше, чем было обнаружено в атмосфере Юпитера. Ученые ожидали найти на Сатурне условия, сравнимые с условиями на Юпитере, поскольку в метеорологических явлениях обеих планет доминирующим фактором является нагрев за счет внутреннего источника тепла, а не поглощения солнечной энергии. Однако атмосферы Сатурна и Юпитера оказались весьма различными. Например, на Юпитере наибольшие скорости ветра зарегистрированы вдоль границ полос, а на Сатурне - вдоль центральной части полос, в то время как на границах полос и зон ветер практически отсутствует. В поясах и зонах атмосферы Юпитера чередуются западные и восточные потоки, которые разделяются областями сдвига. В отличие от этого, на Сатурне обнаружен западный поток в очень широкой полосе от 40° с. ш. до 40° ю. ш. Согласно одной гипотезе, ветры обусловлены циклическим подъемом и опусканием больших облаков аммиака. Южная полярная область Сатурна сравнительно светлая. В северной полярной области обнаружена темная шапка. Возможно, это указывает на сезонные изменения, которых на Сатурне не ожидали. Один профиль температуры, полученный для северного полушария Сатурна, показывает, что темные пятна соответствуют сравнительно высокой температуре, а большие светлые области - несколько более низкой.

Получены новые сведения об облаке нейтрального водорода, окружающего Сатурн в той же плоскости, в которой лежат кольца планеты и обращаются ее спутники. Ранее ученые предполагали, что это облако тороидальной формы расположено вдоль орбиты Титана и имеет своим источником атмосферу Титана, где происходит диссоциация метана с освобождением водорода. Однако ультрафиолетовый .спектрометр АМС "Вояджер-1" показал, что облако расположено не вдоль орбиты Титана, а простирается с расстояния 1,5 млн. км от Сатурна (несколько дальше орбиты Титана) до расстояния 480 тыс. км от нее (район орбиты Реи). Общая масса облака 25000 т, что согласуется с имеющимися теориями; плотность всего 10 атомов в 1 см3.

В атмосфере Сатурна иногда появляются устойчивые образования, представляющие собой сверхмощные ураганы. Аналогичные объекты наблюдаются и на других газовых планетах Солнечной системы. Гигантский «Большой белый овал» появляется на Сатурне примерно один раз в 30 лет, в последний раз он наблюдался в 1990 году (менее крупные ураганы образуются чаще).

Не до конца понятным на сегодняшний день остается такой атмосферный феномен Сатурна, как «Гигантский гексагон». Он представляет собой устойчивое образование в виде правильного шестиугольника с поперечником 25 тыс. километров, которое окружает северный полюс Сатурна.

В атмосфере обнаружены мощные грозовые разряды, полярные сияния, ультрафиолетовое излучение водорода.

**2.1. «ГИГАНТСКИЙ ГЕКСАГОН»**

Гигантский гексагон — на сегодняшний день не имеющий строгого объяснения атмосферный феномен на планете Сатурн. Представляет собой геометрически правильный шестиугольник с поперечником в 25 тыс. километров, находящийся на северном полюсе Сатурна. По всей видимости, гексагон является довольно необычным вихрем. Прямые стены вихря уходят вглубь атмосферы на расстояние до 100 км. При изучении вихря в инфракрасном диапазоне наблюдаются светлые участки, представляющие собой гигантские прорехи в облачной системе, которые простираются, как минимум, на 75 км. вглубь атмосферы.

Впервые эта структура была замечена на ряде снимков, переданных аппаратами Вояджер-1 и Вояджер-2. Поскольку объект ни разу не попал в кадр полностью и из-за низкого качества снимков, то серьёзного изучения гексагона не последовало.

Реальный интерес к Гигантскому гексагону появился после передачи его снимков аппаратом «Кассини». Тот факт, что объект снова замечен после миссии Вояджеров, проходившей более четверти века назад, говорит о том, что гексагон представляет собой довольно устойчивое атмосферное образование.

Полярная зима и удачный угол обзора дали специалистам возможность рассмотреть глубинную структуру гексагона.

Предполагается, что гексагон не связан с авроральной активностью планеты или её радиоизлучением, несмотря на то, что структура расположена внутри аврорального овала.

Вместе с тем, объект, по данным «Кассини», вращается синхронно с вращением глубинных слоёв атмосферы Сатурна и, возможно, синхронно с её внутренними частями. Если гексагон неподвижен относительно глубинных слоёв Сатурна (в отличие от наблюдаемых верхних слоёв атмосферы в более низких широтах), он может послужить опорой в определении истинной скорости вращения Сатурна.

Сейчас основной точкой зрения по поводу природы феномена является модель, согласно которой Гигантский гексагон представляет собой некую стабильную волну, окружающую полюс.

**3. КОСМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

При пролете около Сатурна АМС "Вояджер-1" обнаружила явления, которые, по-видимому, представляют собой интенсивные всплески радиоизлучения в районе планеты. Всплески происходили во всем регистрируемом частотном диапазоне и, возможно, исходят от колец планеты. Согласно другим предположениям, всплески могли быть порождены молниями в атмосфере планеты. Приборы АМС регистрировали скачок напряжения, в 106 раз превышающий то, что обусловила бы столь же удаленная вспышка молнии в земной атмосфере.

Ультрафиолетовый спектрометр зарегистрировал в южной полярной области Сатурна полярные сияния, охватывающие область протяженностью свыше 8000 км и сравнимые по интенсивности с такими явлениями на Земле.

**3.1. МАГНИТОСФЕРА**

До тех пор, пока первые космические аппараты не достигли Сатурна, наблюдательных данных о его магнитном поле не было вообще, но из наземных радиоастрономических наблюдений следовало, что Юпитер обладает мощным магнитным полем. Об этом свидетельствовало нетепловое радиоизлучение на дециметровых волнах, источник которого оказался больше видимого диска планеты, причем он вытянут вдоль экватора Юпитера симметрично по отношению к диску. Такая геометрия, а также поляризованность излучения свидетельствовали о том, что наблюдаемое излучение магнитно-тормозное и источник его - электроны, захваченные магнитным полем Юпитера и населяющие его радиационные пояса, аналогичные радиационным поясам Земли. Полеты к Юпитеру подтвердили эти выводы.

Поскольку Сатурн весьма сходен с Юпитером по своим физическим свойствам, астрономы предположили, что достаточно заметное магнитное поле есть и у него. Отсутствие же у Сатурна наблюдаемого с Земли магнитно-тормозного радиоизлучения объясняли влиянием колец.

Эти предложения подтвердились. Еще при подлете "Пионера-11" к Сатурну его приборы зарегистрировали в около планетном пространстве образования, типичные для планеты, обладающей ярко выраженным магнитным полем: головную ударную волну, границу магнитосферы (магнитопаузу), радиационные пояса. В целом магнитосфера Сатурна весьма сходна с земной, но, конечно, значительно больше по размерам. Внешний радиус магнитосферы Сатурна в подсолнечной точке составляет 23 экваториальных радиуса планеты, а расстояние до ударной волны - 26 радиусов.

Радиационные пояса Сатурна настолько обширны, что охватывают не только кольца, но и орбиты некоторых внутренних спутников планеты.

Как и ожидалось, во внутренней части радиационных поясов, которая "перегорожена" кольцами Сатурна, концентрация заряженных частиц значительно меньше. Причину этого легко понять, если вспомнить, что в радиационных поясах частицы совершают колебательные движения примерно в меридиональном направлении, каждый раз пересекая экватор. Но у Сатурна в плоскости экватора располагаются кольца: они поглощают почти все частицы, стремящиеся пройти сквозь них. В результате внутренняя часть радиационных поясов, которая в отсутствие колец была бы в системе Сатурна наиболее интенсивным источником радиоизлучения, оказывается ослабленной. Тем не менее "Вояджер-1", приблизившись к Сатурну, все же обнаружил нетепловое радиоизлучение его радиационных поясов.

Магнитное поле Сатурна порождается электрическими токами в недрах планеты, - по-видимому, в слое, где под влиянием колоссальных давлений водород перешел в металлическое состояние. При вращении этого слоя с той угловой скоростью вращается и магнитное поле.

Вследствие большой вязкости вещества внутренних частиц планеты все они вращаются с одинаковым периодом. Таким образом, период вращения магнитного поля - это в то же время период вращения большей части массы Сатурна (кроме атмосферы, которая вращается не как твердое тело).

**3.2. ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ**

Полярные сияния Сатурна вызваны высокоэнергетическим потоком от Солнца, которое охватывает планету. Полярное сияние Сатурна может быть замечено только в ультрафиолетовом свете, создание которого не помогает рассмотреть его с Земли.

Это снимок полярного сияния Сатурна, сделанный в ультрафиолете двумерным спектрографом (STIS) космического телескопа. Расстояние до Сатурна - 1.3 млрд. км. Полярное сияние имеет вид кольцевого занавеса, окружающего оба магнитных полюса планеты. Занавес поднимается более чем на полторы тысячи километров над поверхностью облаков Сатурна.

Полярное сияние Сатурна аналогично земному - оба связаны с частицами солнечного ветра, которые захватываются магнитным полем планеты как ловушкой и двигаются вдоль силовых линий от полюса к полюсу туда - обратно. В ультрафиолете полярное сияние лучше выделяется на фоне планеты благодаря сильному люминесцентному свечению водорода.

Изучение полярного сияния Сатурна началось более 20 лет назад: «Пионер 11» обнаружил увеличение яркости Сатурна у полюсов в далеком ультрафиолете в 1979г. Пролеты «Вояждеров» 1 и 2 мимо Сатурна в начале 1980-х дали общее описание полярного сияния. Эта аппараты впервые промерили магнитное поле Сатурна, которое оказалось очень сильным.

**3.3. ИНФРАКРАСНОЕ СВЕЧЕНИЕ САТУРНА**

Известный своей яркой системой колец и многочисленными спутниками, газовый гигант Сатурн выглядит странным и незнакомым на этом представленном в искусственных цветах снимке, полученном космическим аппаратом «Кассини». Действительно, на этом составном изображении, полученном с помощью визуального и инфракрасного картирующего спектрометра (Visual and Infrared Mapping Spectrometer - VIMS) знаменитые кольца почти не различимы. Они видны с ребра и пере-

секают центр картинки. Самый эффектный контраст на изображении - вдоль терминатора, или границы дня и ночи. Сине-зеленые оттенки справа (на дневной стороне) - это видимый солнечный свет, отраженный от вершин облаков Сатурна. Но слева (на ночной стороне) солнечного света нет, и в инфракрасном излучении теплых внутренних частей планеты, похожем на свет китайского фонарика, видны силуэты деталей более глубоких слоев облаков Сатурна. Тепловое инфракрасное свечение видно также в тенях колец, широкими полосами пересекающих северное полушарие Сатурна.

**4. КОЛЬЦЕВАЯ СИСТЕМА САТУРНА**

С Земли в телескоп хорошо видны три кольца: внешнее, средней яркости кольцо А; среднее, наиболее яркое кольцо В и внутреннее, неяркое полупрозрачное кольцо С, которое иногда называется креповым. Кольца чуть белее желтоватого диска Сатурна. Расположены они в плоскости экватора планеты и очень тонки: при общей ширине в радиальном направлении примерно 60 тыс.км. они имеют толщину менее 3 км. Спектроскопически было установлено, что кольца вращаются не так, как твердое тело, - с расстоянием от Сатурна скорость убывает. Более того, каждая точка колец имеет такую скорость, какую имел бы на этом расстоянии спутник, свободно движущийся вокруг Сатурна по круговой орбите. Отсюда ясно: кольца Сатурна по существу представляют собой колоссальное скопление мелких твердых частиц, самостоятельно обращающихся вокруг планеты. Размеры частиц столь малы, что их не видно не только в земные телескопы, но и с борта космических аппаратов.

Характерная особенность строения колец - темные кольцевые промежутки (деления), где вещества очень мало. Самое широкое из них (3500 км) отделяет кольцо В от кольца А и называется "делением Кассини" в честь астронома, впервые увидевшего его в 1675 году. При исключительно хороших атмосферных условиях таких делений с Земли видно свыше десяти. Природа их, по-видимому, резонансная. Так, деление Кассини - это область орбит, в которой период обращения каждой частицы вокруг Сатурна ровно вдвое меньше, чем у ближайшего крупного спутника Сатурна - Мимаса. Из-за такого совпадения Мимас своим притяжением как бы раскачивает частицы, движущиеся внутри деления, и в конце концов выбрасывает их оттуда. Бортовые камеры "Вояджеров" показали, что с близкого расстояния кольца Сатурна похожи на граммофонную пластинку: они как бы расслоены на тысячи отдельных узких колечек с темными прогалинами между ними. Прогалин так много, что объяснить их резонансами с периодами обращения спутников Сатурна уже невозможно.

Помимо колец А,В и С "Вояджеры" обнаружили еще четыре: D,E,F и G. Все они очень разрежены и потому неярки. Кольца D и E с трудом видны с Земли при особо благоприятных условиях; кольца F и G обнаружены впервые. Порядок обозначения колец объясняется историческими причинами, поэтому он не совпадает с алфавитным. Если расположить кольца по мере их удаления от Сатурна, то мы получим ряд: D,C,B,A,F,G,E. Особый интерес и большую дискуссию вызвало кольцо F. К сожалению, вывести окончательное суждение об этом объекте пока не удалось, так как наблюдения двух "Вояджеров" не согласуются между собой. Бортовые камеры "Вояджера-1" показали, что кольцо F состоит из нескольких колечек общей шириной 60 км., причем два из них перевиты друг с другом, как шнурок. Некоторое время господствовало мнение, что ответственность за эту необычную конфигурацию несут два небольших новооткрытых спутника, движущихся непосредственно вблизи кольца F, - один из внутреннего края, другой - у внешнего (чуть медленнее первого, так как он дальше от Сатурна). Притяжение этих спутников не дает крайним частицам уходить далеко от его середины, то есть спутники как бы "пасут" частицы, за что и получили название "пастухов". Они же, как показали расчеты, вызывают движение частиц по волнистой линии, что и создает наблюдаемые переплетения компонентов кольца. Но "Вояджер-2", прошедший близ Сатурна девятью месяцами позже, не обнаружил в кольце F ни переплетений, ни каких-либо других искажений формы, - в частности, и в непосредственной близости от "пастухов". Таким образом, форма кольца оказалась изменчивой. Для суждения о причинах и закономерностях этой изменчивости двух наблюдений, конечно, мало. С Земли же наблюдать кольцо F современными средствами невозможно - яркость его слишком мала.

Кольцо D - ближайшее к планете. Видимо, оно простирается до самого облачного шара Сатурна. Кольцо E - самое внешнее. Крайне разряженное, оно в то же время наиболее широкое из всех - около 90 тыс. км. Величина зоны, которую оно занимает, от 3,5 до 5 радиусов планеты. Плотность вещества в кольце E возрастает по направлению к орбите спутника Сатурна Энцелада. Возможно, Энцелад - источник вещества этого кольца. Частицы колец Сатурна, вероятно, ледяные, покрытые сверху инеем. Это было известно еще из наземных наблюдений, и бортовые приборы космических аппаратов лишь подтвердили правильность такого вывода. Размеры частиц главных колец оценивались из наземных наблюдений в пределах от сантиметров до метров. Когда "Вояджер-1" проходил вблизи Сатурна, радиопередатчик космического аппарата последовательно пронизывал радиолучом на волне 3,6 см. кольцо А, деление Кассини и кольцо С.

Затем радиоизлучение было принято на Земле и подверглось анализу. Удалось выяснить, что частицы указанных зон рассеивают радиоволны преимущественно вперед, хотя и несколько по-разному. Благодаря этому оценили средний поперечник частиц кольца А в 10 м, деления Кассини - в 8 м и кольца С - в 2 м. Сильное рассеяние вперед, но уже в видимом свете, обнаружено у колец F и E. Это означает наличие в них значительного количества мелкой пыли (поперечник пылинки около десятитысячных долей мм)

В кольце В обнаружили новый структурный элемент - радиальные образования, получившие названия "спиц" из-за внешнего сходства со спицами колеса. Они также состоят из мелкой пыли и расположены над плоскостью кольца. Не исключено, что "спицы" удерживаются там силами электростатического отталкивания. Любопытно отметить: изображения "спиц" были найдены на некоторых зарисовках Сатурна, сделанных еще в прошлом веке. Но тогда никто не придал им значения. Исследуя кольца, "Вояджеры" обнаружили неожиданным эффект - многочисленные кратковременные всплески радиоизлучения, поступающего от колец. Это не что иное, как сигналы от электростатических разрядов - своего рода молнии. Источник электризации частиц, по-видимому, столкновения между ними. Кроме того, была открыта окутывающая кольца газообразная атмосфера из нейтрального атомарного водорода. "Вояджерами" наблюдалась линия Лайсан-альфа (1216 А) в ультрафиолетовой части спектра. По ее интенсивности оценили число атомов водорода в кубическом сантиметре атмосферы. Их оказалось примерно 600. Нужно сказать, некоторые ученые задолго до запуска к Сатурну космических аппаратов предсказывали возможность существования атмосферы у колец Сатурна. "Вояджерами" была также сделана попытка измерить массу колец. Трудность состояла в том, что масса колец по крайней мере в миллион раз меньше массы Сатурна. Масса колец заведомо меньше 1,7 миллионных долей массы планеты.

**4.1. ОТКРЫТИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ КОЛЕЦ**

Самая "оригинальная" из планет, планета Сатурн, так же, как и Марс,

находится под пристальным вниманием астрономического населения Земли.

XVII ВЕК: "Ясно вижу кольцо"

Необычный вид планеты Сатурн впервые подметил Галилео Галилей летом 1610 года. Он "с великим удивлением наблюдал Сатурн не в виде одной звезды, а состоящим из трех неподвижных почти касающихся звезд, при этом центральная крупнее боковых и все три расположены на прямой линии... В трубу с меньшим увеличением они не видны как три отдельные звезды: Сатурн представляется удлиненной звездой в форме оливы". Галилей сравнивал боковые звезды с покорными служителями, которые помогают престарелому Сатурну совершать свой путь и всегда держатся по обе стороны от него. Вскоре, однако, природа подшутила над исследователем. В 1612 году кольцо Сатурна оказалось повернутым к Земле ребром и "покорные служители" исчезли из поля зрения галилеевой трубы.

В 1614 году "боковые звезды" Сатурна видел в свою трубу иезуит Кристофер Шайнер, в 1616 году - сам Галилей, а в 30- 50-е годы XVII века их замечали такие известные наблюдатели, как Пьер Гассенди, Франческо Фонтана, Джованни-Батиста Риччиоли, Ян Гевелий. Но хотя отдельные зарисовки планеты определенно показывали кольцевые очертания, разгадать тайну неземного дива никак не удавалось. Даже Гевелий, обнаруживший периодичность смены фаз видимости Сатурна, так и не сумел разобраться, что же являют собой сатурновы украшения, Правильное объяснение "диковинки" планеты и периодических изменений ее вида дал в 1659 году Христиан Гюйгенс, наблюдавший с 1655 года Сатурн сначала в 12-футовый, а затем в новый 23-футовый телескоп; "Опоясан кольцом, тонким, плоским, нигде не прилегающим, к эклиптике наклоненным". Предвидя "недоверие тех, кто считает необычным и неправильным", что он "приписывает небесному телу форму доселе не встречавшуюся, тогда как считается непреложным законом природы, что им подобает сферический вид", Гюйгенс подчеркнул: "я не измыслил это предположение благодаря своей фантазии и воображению.., а ясно вижу кольцо собственными глазами".

1 - Г. Галилей, 1610 год;

Зарисовки, выполненные в XVII веке

2 - К. Шайнер, 1614 год;

3 - П. Гассенди, 1633 год;

4 - Дж. Риччиоли, 1640 год;

5, 6, 7, 8 - Я. Гевелий, 1640-1650 годы;

9, 10 - П. Гассенди, 1645 год;

11 - Е. Дивини, 1647 год;

12 - Ф. Фонтана, 1648 год;

13, 14, 15 - Дж. Риччиоли, 1648-1650 годы;

16, 17- X. Гюйгенс, 1656, 1659 год;

18 - Дж. Кампани, 1664 год;

19 - В. Болл, 1665 год;

20 - Я. Гевелий, 1675 год;

21 - Ж. Кассини, 1676 год

В 1664 году Джузеппе Кампани, один из признанных мастеров телескопостроения, проверяя качество своего 35-футового инструмента, "расщепил" кольцо Сатурна на два - внешнее, более темное, и внутреннее, светлое (кольца А и В по современному обозначению, введенному в XIX веке О. В. Струве). А в 1675 году Христиан Гюйгенс и Жан-Доминик Кассини обнаружили между этими двумя кольцами темную полосу. Ее впоследствии назвали делением Кассини. Таким образом, "классические" (то есть отраженные в школьном учебнике астрономии) особенности кольца Сатурна были установлены в XVII столетии.

XVIII ВЕК: разброд и шатания

С правильными представлениями об устройстве кольца Сатурна впервые встречаемся в одном из трудов Жака Кассини (1715 г.). По его мнению, кольцо могло быть "скоплением спутников, которые находились в одной плоскости и обращались вокруг планеты; ...величина их столь мала, что они не могут быть заметны по отдельности, но в то же время они столь близки друг к другу, что невозможно различить промежутки между ними, поэтому кажется, будто они образуют единое сплошное тело". Эту версию Кассини аргументировал ссылкой на третий закон Кеплера, согласно которому твердое кольцо должно быть разрушено притяжением планеты. Правда, есть веские основания считать, что подобное объяснение природы сатурнова кольца принадлежит другому французскому ученому- Персонье Робервалю, одному из создателей Парижской академии в 1666 году. Однако эта гипотеза была чисто умозрительной, а потому далеко не единственной. В 30-х годах XVIII века французский ученый и инженер П.-Л. Мопертюи предположил, что кольцо Сатурна обязано своим происхождением кометам, которые планета захватывала при близком прохождении. Головы комет становились спутниками Сатурна, а хвосты образовали кольца. Ж.-Ж. Мэран и Ж.-Л. Бюффон, коллеги Мопертюи по Парижской академии, считали кольцо остатком экваториального вещества планеты. По Мэрану, Сатурн первоначально имел большие размеры, но, сжимаясь в результате охлаждения, сбросил внешние слои; согласно Бюффону, кольцо отделилось от планеты вследствие избытка центробежной силы. Впервые темное внутреннее кольцо Сатурна (кольцо С) наблюдал английский астроном Томас Райт. Кольцо Сатурна представилось ему "образованным из многих колец, из которых два видны очень хорошо и заметно третье. Я наблюдал их в рефлектор с 5-футовым фокусом в марте 1739 года, причем внешнее относилось к внутреннему (кольцо А к кольцу В), как 1 к 3, а остальная часть (кольцо С) казалась очень темной. В это время кольцо было максимально развернутым", Интересную гипотезу строения кольца Сатурна развил в 1755 году Иммануил Кант в своем труде "Всеобщая естественная история и теория неба". Ему уже было известно о наблюдении "многих концентрических колец, отделенных Друг от друга некоторым пространством". Считая кольцо "газом частиц". Кант доказывал, что так как равновесие кольца обусловлено равенством тяготения и центробежной силы, то в соответствии с законом сохранения углового момента разреженный, но все же "столкновительный" диск будет дробиться на узкие концентрические полосы и именно это предотвратит кольцо от полного разрушения. Рассуждения Канта о динамике разреженного кольца вполне состоятельны, а вывод о дроблении кольца на концентрические зоны предвосхитил ошеломляющие открытия XIX и XX веков. Итак, классические результаты XVII века обросли пестрыми сообщениями о наблюдении различных полос на кольцах А и В.

XIX ВЕК: А все-таки оно дробится!

Любопытнейшие детали строения кольца Сатурна открылись английскому капитану Генри Кейтеру - оптику, геодезисту, метрологу. 17 декабря 1825 года наблюдая в ньютоновский телескоп (фокус 40 дюймов, апертура 6,25 дюйма), Кейтер предположил, что видит "внешнее кольцо разделенным многочисленными темными полосами, чрезвычайно близкими, причем одна сильнее остальных и делит кольцо примерно пополам". В этот же вечер явление было засвидетельствовано двумя другими людьми, которым Кейтер показывал кольцо Сатурна. 16 и 17 января 1826 года полосы представились Кейтеру менее отчетливыми.

Наконец, 22 января 1828 года, когда основное деление прослеживалось превосходно, "не ощущалось никаких следов делений внешнего кольца. Поэтому я убежден, что они не являются неизменными". О своих наблюдениях Кейтер сообщил в начале 1826 года Джону Гершелю, который вскоре исследовал кольцо Сатурна в 20-футовый телескоп и ничего особенного не обнаружил. Летом 1826 года Василий Яковлевич Струве, основываясь на своих наблюдениях, заявил: "Что касается деления кольца на многочисленные части, я не заметил никаких следов". Однако в 1838 году римский священник Франческо де Вико в 6-дюймовый ахроматический телескоп вновь отчетливо видел и показал своим ученикам и друзьям три темные полосы - одну почти посередине кольца А и две другие на кольце В. Видимость полос немного менялась в зависимости от атмосферных условий, а при прохождении Сатурна через меридиан иногда были видны сразу шесть колец. В том же году вышла обстоятельная статья немецкого астронома Иоганна-Франца Энке. Он писал, что 25 апреля 1837 года, когда литература о делениях кольца Сатурна была ему почти неизвестна, он испытывал новый ахроматический окуляр и увидел, что "ушки" внешнего кольца разделены штрихами на две равные части. Деление систематически исследовалось в мае-июле, был выполнен ряд микрометрических измерений его положения и толщины. Появление этой низкоконтрастной полосы, которую Энке и другие одновременно наблюдали либо посередине кольца А, либо чуть ближе к его наружному краю, обусловлено, как выяснилось в наши дни, наложением нескольких близких темных полос. Вместе с тем современные наблюдения подтвердили наличие крайне узкой высококонтрастной щели вблизи наружного-края кольца А, которую отчетливо видел в 36-дюймовый рефрактор Ликской обсерватории (США) и зарисовал Джеймс Килер 7 января" 1888 года. Но именно эту полосу сейчас называют делением Энке. В своей статье Энке привел также данные наблюдений Иоганна-Готфри де Галле. Тот видел, что 8 мая 1838 года" "внутренний край внутреннего кольца расплывался", а 25 мая "темное пространство между Сатурном и его кольцом было образовано, вплоть до середины, плавным протяжением внутреннего края кольца в темноту". Это робкое описание кольца С дано" через 100 лет после наблюдений Райта. Результаты Райта так и не стал достоянием широкой астрономической общественности; напротив, наблюдения Галле, опубликованные в "Записках Берлинской академии наук", получили известность "всего" 13 лет спустя, вскоре после того, как в конце 1850 года кольцо С было окончательно открыто в Америке и Европе. Осенью 1851 года независимо, на разных материках, вновь были зарегистрированы деления на кольце В. В 1859 году будущий создатель классической электродинамики Джеймс Максвелл доказал, что кольцо Сатурна не может быть единой системой, твердой или жидкой, и подтвердил - на более высоком математическом уровне - вывод Канта о дроблении кольца. Чтобы система колец могла существовать, она, утверждал Максвелл, "должна состоять из бесконечного числа независимых частиц, обращающихся вокруг планеты с различными скоростями. Эти частицы могут собираться в серии узких колец или же могут двигаться внутри своего ансамбля хаотически. В первом случае разрушение будет чрезвычайно медленным, во втором - более быстрым, но при этом может появиться тенденция к скучиванию в узкие кольца, что замедлит разрушительное действие". Таким образом, данные наблюдений структуры кольца Сатурна получили в XIX столетии недостававшие ранее атрибуты надежных результатов: независимость от места наблюдений и конкретных инструментов, повторяемость, возможность проверки. Но почему все-таки, начиная с середины XIX века, никто больше не наблюдал многочисленных делений на кольцах А и В? Возможно, это отчасти объясняется ухудшением астроклимата - астрономы первыми ощутили последствия мирового

промышленного бума.

История визуальных наблюдений кольца Сатурна, его тонкой структуры за последние лет сто почти уже забылась, но в наши дни - благодаря "указаниям" "Вояджеров"- была спешно реставрирована, и интерес к ней возродился вновь. И тогда мы узнали, что для астрономов XIX века отнюдь не в диковинку оказалось бы открытие большого числа делений на кольце Сатурна. Поразительно, насколько совпадает предполагаемое дробление кольца на рисунках английского астронома Р. Проктора, с изображением, переданным на Землю "Вояджером-1". Признавав заслуги астрономов прошлого в изучении "сатурнова украшения", Международный астрономический союз недавно присвоил отдельным делениям кольца имена Гюйгенса, Максвелла и Килера.

**5. СПУТНИКИ САТУРНА**

Если до полетов космических аппаратов к Сатурну было известно 10 спутников планеты, то сейчас мы знаем около 60 естественных спутников Сатурна, а также три предполагаемых. Крупнейший из спутников — Титан. Ученые предполагают, что условия на этом спутнике Сатурна схожи с теми, которые существовали на нашей планете 4 миллиарда лет назад, когда на Земле только зарождалась жизнь.

Новые спутники весьма малы, но, тем не менее, некоторые из них оказывают серьезное влияние на динамику системы Сатурна. Таков, например, маленький спутник, движущийся у внешнего края кольца А, он не дает частицам кольца выходить за пределы этого края - это Атлас.

Некоторые из них имеют среднюю плотность 1,0 г/см3, что больше соответствует водяному льду. Плотность других несколько выше, но тоже невелика (исключение - Титан). Например, Рея, пятый классический спутник Сатурна, имеет плотность 1,3 г/см3. Присутствие большого количества льда в составе спутников Сатурна - это прямое указание на их образование в зоне низких температур, которые и ныне характерны для внешней части Солнечной системы. Согласно существующим теориям в период формирования планет на периферии протопланетного облака температуры были очень низкими, и легкие летучие вещества, такие, как водяной пар, конденсировались преимущественно на периферии.

Спутники названы в честь героев античных мифов о титанах и гигантах. Почти все эти космические тела светлые. У наиболее крупных спутников формируется внутреннее каменистое ядро.

Спутники планеты и ее кольца предлагают небесной механике несколько загадок. В 1980 г. несколько групп исследователей объявили о новых удивительных открытиях. Например, по орбите Дионы, четвертого крупного спутника, движется еще один спутник S6 (Хелена).

Все открытые спутники сравнительно малы no-размерам, имеют геометрическое альбедо 0,3-0,5 и неправильную, за одним исключением, форму. Среди них впервые были обнаружены так называемые спутники «пастухи» (иногда их по аналогии с английским термином называют «сторожевыми собаками»). Они своим гравитационным воздействием как бы фокусируют движение отдельных частиц в кольцах, не допуская их выпадения из общего ансамбля.

Орбиты малых спутников, обладающих этими особенностями, располагаются следующим образом. У самого внешнего края кольца A, на среднем расстоянии от центра Сатурна 137670 км, находится «пастух» кольца A, 1980 S 28 (Атлас), размерами около 20 км. 1980 S 27 и 1980 S 26 - соответственно внутренний и внешний «пастухи» кольца F с размерами 70х40 и 55х40 км и средним радиусом орбит 139353 и 141700 км. Два коорбитальных спутника, 1980 S 1 и 1980 S 3 (Янус и Эпиметий), немного больше: 110х90 км и 70х55 км. Их орбиты отличаются всего на 50 км: 151422 и 151472 км. На орбите Тефии (294700 км) находятся маленькие тела размером 50-60 км, 1980 S 25 и 1980 S 13 (Калипсо и Телесто), первое из которых, может, имеет более или менее правильную шаровую форму. Наконец, на орбите Дионы (377500 км) находится такое же маленькое тело - 1980 S 6.

Перейдем к классическим (крупным) спутникам Сатурна. Все они (кроме Фебы) находятся в синхронном вращении, т. е. постоянно обращены к Сатурну одной стороной (Мимас, Энцелад, Тефия, Диона, Рея, Титан, Гиперион, Япет, Феба).

**Слежение за спутниками Сатурна:**

На этих пяти парах фотографий, полученных космическим телескопом им. Хаббла, заметно, как некоторые спутники Сатурна движутся вокруг своей окольцованной планеты. Все снимки были сделаны последовательно, с интервалом 97 минут (это период обращения телескопа вокруг Земли) 21 ноября 1995 года. Фотографии получены 2-й широкоугольной планетной камерой. Обычно яркие кольца Сатурна видны почти с торца. На верхней паре фотографий по центру висит большой яркий спутник Диона, тогда как меньшие спутники Пандора, Прометей и Мимас (на верхнем правом снимке) находятся у диска планеты вблизи внешнего кольца. На второй и третьей паре снимков спутники Рея и Эпиметей пролетают как бы в танце. Когда кольца Сатурна расположены торцом к Земле, уменьшается количество света, приходящего от колец. Тогда астрономам предоставляется возможность исследовать сложную систему спутников этой планеты и искать с трудом замечаемые неоткрытые спутники.

**6. ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЙ**

Сатурн — одна из пяти планет Солнечной системы, легко видимых невооруженным глазом с Земли. В максимуме блеск Сатурна превышает первую звёздную величину.

Впервые наблюдая Сатурн через телескоп в 1609—1610 годах, Галилео Галилей заметил, что Сатурн выглядит не как единое небесное тело, а как три тела, почти касающихся друг друга, и высказал предположение, что это два крупных «компаньона» (спутника) Сатурна. Два года спустя Галилей повторил наблюдения и, к своему изумлению, не обнаружил спутников.

В 1659 году Гюйгенс, с помощью более мощного телескопа, выяснил, что «компаньоны» — это на самом деле тонкое плоское кольцо, опоясывающее планету и не касающееся её. Гюйгенс также открыл самый крупный спутник Сатурна — Титан. Начиная с 1675 года изучением планеты занимался Кассини. Он заметил, что кольцо состоит их двух колец, разделённых чётко видимым зазором — щелью Кассини, и открыл ещё несколько крупных спутников Сатурна.

В 1979 году космический аппарат «Пионер-11» впервые пролетел вблизи Сатурна, а в 1980 и 1981 годах за ним последовали аппараты «Вояджер-1» и «Вояджер-2». Эти аппараты впервые обнаружили магнитное поле Сатурна и исследовали его магнитосферу, наблюдали штормы в атмосфере Сатурна, получили детальные снимки структуры колец и выяснили их состав.

В 1990-х годах Сатурн, его спутники и кольца неоднократно исследовались космическим телескопом Хаббл. Долговременные наблюдения дали немало новой информации, которая была недоступна для «Пионера-11» и «Вояджеров» при их однократном пролёте мимо планеты.

В 1997 году к Сатурну был запущен аппарат «Кассини-Гюйгенс» и, после семи лет полёта, 1 июля 2004 года он достиг системы Сатурна и вышел на орбиту вокруг планеты. Основными задачами этой миссии, рассчитанной минимум на 4 года, является изучение структуры и динамики колец и спутников, а также изучение динамики атмосферы и магнитосферы Сатурна. Кроме того, специальный зонд «Гюйгенс» отделился от аппарата и на парашюте спустился на поверхность спутника Сатурна Титана.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Год | Ученый | Открытие |
| 1610 | Г. Галилей | Первое телескопическое наблюдение Сатурна. Зарисовано как три звездочки. |
| 1633 |   | Первая зарисовка Сатурна. |
| 1655 | Г.Х. Гюйгенс | 25 марта открывает кольцо Сатурна и первый спутник - Титан. |
| 1671 | Дж. Кассини | Открывает спутник Япет, 23.12.1672г - спутник Рея, 1675г - цель в кольце, в 1684г спутники Тефия и Диона. |
| 1790 | В. Гершель | Определяет период вращения Сатурна. |
| 1837 | И. Ф. Энке | Открывает вторую щель в кольце. |
| 1838 | И. Г. Галле | Открывает внутреннее кольцо Сатурна (кольцо С в кольце В). |
| 1840 | Дж. Ф. Гершель | Дает название первым пяти открытым спутникам. |
| 1857 | Д. К.  Максвелл | Доказал теоретически, что кольца должны состоять из множества несвязанных частиц (работа печатается в 1859г). |
| 1876 |   | Открывается Белое пятно (наблюдается периодически). |
| 1895 | А.А. Белопольский | Доказывает метеорный состав колец Сатурна. |
| 1932 |   | В атмосфере планеты открыты метан и аммиак. |
| 1979 | КА "Пионер - 11" | Пролетая 1 сентября в 21400 км от планеты,  обнаружил магнитосферу планеты и показал тонкую структуру колец. Открыты два новых кольца. |
| 1980 | КА "Вояджер - 1" | 12 ноября пролетает мимо планеты в 123000 км, исследует спутник Титан, открывает 5 спутников, новые кольца. |
| 1981г | КА "Вояджер - 2" | 27 августа сближается с планетой. Исследует Титан, радиационные пояса, магнитное поле. |
| 2000г | Бретт Глэдман | В течение года открывает 10 новых спутников у планеты. |

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

|  |
| --- |
| САТУРН (в сравнении с Землей) |
| Основные параметры: | Показатель Сатурна: | Земной показатель: | Сатурн/Земля: |
|  | ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПЛАНЕТЫ |
| Масса (1024 кг)  | 568,46  | 5,9736  | 95,159  |
| Объем (1010 км3)  | 82713  | 108,321  | 763,59  |
| Экваториальный радиус (км)  | 60268  | 6378,1  | 9,449  |
| Полярный радиус (км)  | 54364  | 6356,8  | 8,552  |
| Объемный средний радиус (км)  | 58232  | 6371,0  | 9,140  |
| Средняя плотность (кг/м3)  | 687  | 5515  | 0,125  |
| Гравитация (м/с2)  | 10,44  | 9,80  | 1,065  |
| Ускорение свободного падения (м/с2)  | 8,96  | 9,78  | 0,916  |
| Вторая космическая скорость (км/с)  | 35,5  | 11,19  | 3,172  |
| Альбедо  | 0,342  | 0,306  | 1,12  |
| Визуальное альбедо  | 0,47  | 0,367  | 1,28  |
| Солнечная энергия (W/m2)  | 14,90  | 1367,6  | 0,011  |
| Температура абсолютно черного тела (К)  | 81,1  | 254,3  | 0,319  |
| Момент инерции (I/MR2)  | 0,210  | 0,3308  | 0,635  |
| Число естественных спутников  | 47  | 1  | -  |
| Планетарная кольцевая система  | Да  | Нет  | -  |
|  | ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОРБИТЫ |
| Полуглавная ось (расстояние от Солнца) (106 км)  | 1433,53  | 149,60  | 9,582  |
| Сидерический период орбиты (дней)  | 10759,22  | 365,256  | 29,457  |
| Тропический период орбиты (дней)  | 10746,94  | 365,242  | 29,424  |
| Максимальная орбитальная скорость (км/с)  | 10,18  | 30,29  | 0,336  |
| Минимальная орбитальная скорость (км/с)  | 9,09  | 29,29  | 0,310  |
| Наклон орбиты (градусы)  | 2,485  | 0,000  | -  |
| Эксцентриситет Орбиты  | 0,0565  | 0,0167  | 3,383  |
| Период вращения вокруг своей оси (часы)  | 10,656  | 23,9345  | 0,445  |
| Продолжительность светового дня (часы)  | 10,656  | 24,0000  | 0,4414  |
| Наклон оси (градусы)  | 26,73  | 23,45  | 1,140  |
|  | ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ОБСЕРВАТОРИЙ |
| Исследователь  | Неизвестен  |
| Дата открытия  | Доисторические времена  |
| Минимальное расстояние до Земли (106 км)  | 1195,5  |
| Максимальное расстояние до Земли (106 км)  | 1658,5  |
| Максимальная визуальная величина  | 0,43  |
|  | ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АТМОСФЕРЫ |
| Поверхностное давление (bar)  | более 1000 bars  |
| Плотность атмосферы 1 bar (кг/м3)  | 0,19  |
| Высота атмосферы (км)  | 59.5  |
| Ср. температура 1 bar (К)  | 134 K / - 139 C  |
| Ср. температура 0,1 bar (К)  | 84 K / - 189 C  |
| Скорость ветра (м/с)  | 400 м/с (<30° широт); 150 м/с (>30° широт)  |
| Молекулярный вес  | 2,07 г/моль  |
| Основной состав атмосферы  | Молекулярный водород (H2) - 96,3%; Гелий (He) - 3,25%  |
| Другие составляющие - ppm (промили)  | Метан (CH4) - 4500 (2000); Аммиак (NH3) - 125 (75); HD - 110 (58); Этан (C2H6) - 7 (1,5); |
| Аэрозоли  | Аммиачные и водные кристаллики льда, аммиак гидросульфид  |

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Интернет, http://galspace.spb.ru/
2. Интернет, http://ru.wikipedia.org/wiki
3. Интернет, http://www.astronet.ru/
4. Интернет, http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/228/