



НЕПТУ́Н

Авторы: Л. В. Ксанфомалити

НЕПТУ́Н, восьмая, наиболее удалённая от Солнца планета Солнечной системы, астрономич. знак♆.

История открытия

Впервые Н. наблюдал Г. *Галилей* в кон. 1612 – нач. 1613: он обнаружил небольшое перемещение светила среди звёзд, но не сделал выводов о существовании новой планеты. В 1843 Джон Кауч *Адамс* предположил, что замеченные ранее отклонения положения Урана от предвычисленных значений объясняются влиянием на Уран внешней, неизвестной тогда планеты; в 1845 он вычислил её вероятное положение. В 1845–46 более точные расчёты провёл и опубликовал У. *Лeverье*. В 1846 нем. астрономы И. Галле и Г. д'Аррест обнаружили новую планету вблизи теоретически предсказанных координат. Для планеты предлагались названия: Янус, Океан, Нептун, Лeverье. Однако уже к кон. 1846 закрепилось назв. «Н.» (в честь бога *Нептуна* в др.-рим. мифологии) как более соответствующее традиции именования планет. В совр. физике планет «нептунами» часто называют обширный класс экзопланет (внесолнечных планет) с массами 10–20 масс Земли и сходным с Н. строением.

Через 17 дней после открытия Н. англ. астроном У. Лассел обнаружил его крупнейший спутник, названный Тритоном (в греч. мифологии – сын Посейдона, соответствующего рим. богу Нептуну). Следующий спутник Н. (Нереида) был открыт лишь в 1949.

Общая характеристика планеты

Масса Н. $1,043 \cdot 10^{26}$ кг (17,2 массы Земли). Большая полуось орбиты Н. составляет 30,1 а. е. (4503 млн. км). Излучение Солнца достигает Нептуна за 4 ч 10 мин. Орбита Н. наклонена к плоскости эклиптики под углом $1,77^\circ$, к плоскости экватора Солнца – под углом $6,43^\circ$. Эксцентриситет орбиты Н. равен 0,011. Сидерический период обращения вокруг Солнца ок. 164,79 земных лет (со времени своего открытия Н. сделал лишь один оборот вокруг Солнца). Ср. орбитальная скорость планеты 5,44 км/с. Экваториальный радиус Н. 24764 км (ок. 3,9 радиусов Земли), полярное сжатие 0,0171. Ср. плотность 1638 кг/м^3 . Период вращения, найденный по модуляции магнитного поля, составляет 16 ч 6 мин 36 с. Н. не имеет твёрдой поверхности, периоды вращения видимой поверхности его широтных зон различаются. Ускорение свободного падения на экваторе $11,34 \text{ м/с}^2$, причём центробежные силы, возникающие из-за быстрого вращения Н., уменьшают ускорение свободного падения на $0,29 \text{ м/с}^2$. Ср. поток солнечного излучения на орбите Н. $1,609 \text{ Вт/м}^2$ (в 906 раз меньше, чем на орбите Земли). Видимая звёздная величина Н. на земном небе ок. 8 (в 7 раз слабее предела, доступного невооружённому глазу). Угол, под которым виден диск Н. с Земли, составляет $2,3''$, поэтому в наземных наблюдениях различить к.-л. детали на Н. практически не удаётся.

Состав и строение

До кон. 20 в. Н. относили к группе планет-гигантов. Однако после получения информации, переданной КА

«Вояджер-2» (сблизившегося с Н. в 1989), а также появления новых теоретич. работ и организации наблюдений с орбитальной обсерватории «Хаббл» (Hubble Space Telescope, HST) представления о Н. подверглись существенному пересмотру. Н. и Уран были выделены из группы планет-гигантов в отд. класс – ледяных гигантов, или планет-океанов. «Льдами» в данном случае называют летучие вещества (для Н. – прежде всего воду, метан и аммиак), которые в определённых физич. условиях переходят в твёрдую фазу. По совр. оценкам, масса таких льдов (гл. обр. водяного льда) ок. 62% массы Н.; на скальные (силикатные) породы приходится ок. 24% массы Н., а на гелий-водородную (H/He) атмосферу – лишь ок. 13% массы Н. (в то время как H/He составляют более 90% массы Юпитера и ок. 80% массы Сатурна).

Представления о внутр. строении Н. опираются на теорию фигур газо-жидких тел. Расчётные модели основаны на том, что вращение изменяет структуру газо-жидкого тела и приводит к отклонению гравитац. потенциала от сферически-симметричного. Большинство расчётов базируется на т. н. трёхслойной модели планеты: ядро из скальных (силикатных) пород, железа и никеля; средний (жидкий) слой, состоящий из смеси скальных пород, льда и ионизованных H/He; атмосфера (преимущественно H/He). Масса ядра оценивается в 7% от массы планеты, темп-ра в центре может достигать 5400 К, давление 7 млн. атм ($7 \cdot 10^{11}$ Па) и более.

Атмосфера



Рис. 2. Облака (по виду подобные земным перистым) на высоте около 100 км над основным облачным слоем Нептуна. Снимок сделан КА «Вояджер-2».

Высота атмосферы Н. – ок. 3000 км. Её верхние слои на 80% состоят из молекулярного водорода, на 19% из гелия, ок. 1% приходится на метан, имеются следы этана, ацетилена, а также аммиака и гидросульфида аммония, которые образуют облачный покров Н. Спектральные полосы поглощения метана в красном и ближнем ИК-диапазонах придают Н. синеголубой цвет. Однако цвет Н. отличается от зеленоватого цвета Урана при сходстве в составе и темп-ре видимой поверхности этих планет. Расчёты показывают, что для обеспечения такого цвета Н. в его атмосфере должен присутствовать ещё какой-то неизвестный поглотитель. Темп-ра в атмосфере Н. на уровне давления 1 атм (10^5 Па) составляет 72 К и растёт с глубиной. В верхней части тропосферы темп-ра на 20 градусов ниже. Такая темп-ра намного превышает равновесную: Н. излучает в 2,6 раза больше энергии, чем получает от Солнца. На мощные собств. источники энергии указывают также бурные метеорологич. процессы в атмосфере Н.: скорость ветров достигает сверхзвуковых значений. Направление значит. части зональных ветров противоположно вращению планеты. С КА «Вояджер-2» при сближении с Н. было обнаружено неск. гигантских атмосферных вихрей, наибольший из которых – т. н. Большое тёмное пятно в юж. полушарии (рис. 1) протяжённостью более 10 тыс. км, напоминает Большое красное пятно на Юпитере. Продолжительность существования подобных вихрей неизвестна, но в 1994 наблюдения с HST этого вихря не обнаружили, хотя появилось новое пятно в сев. полушарии. На высоте ок. 100 км над осн. видимым облачным слоем располагаются

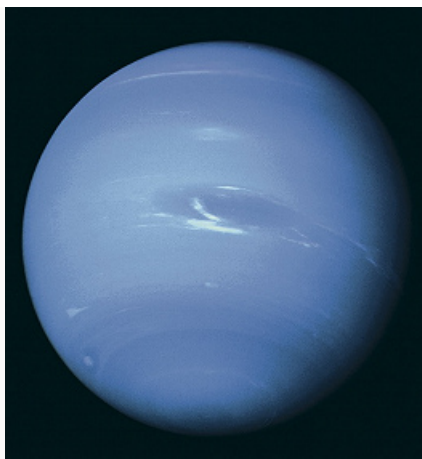


Рис. 1. Фотография Нептуна, полученная КА «Вояджер-2» (1989). В центре – Большое тёмное пятно, размеры которого сравнимы с размерами Земли.

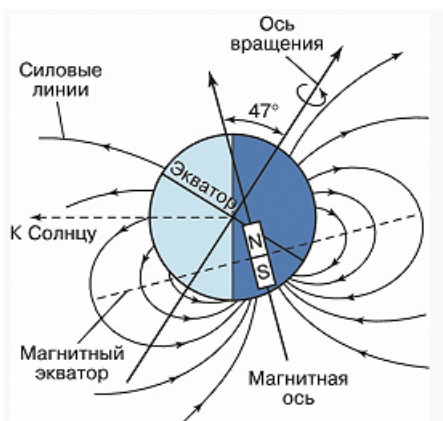


Рис. 3. Схема дипольного магнитного поля, которым можно представить магнитное поле Нептуна.

вытянутые облака из конденсиров. метана с примесями (рис. 2). Выше наблюдается дымка из углеродсодержащих соединений, образующихся при фотолизе метана. Облака водного состава должны находиться в глубине атмосферы, на уровне давления ок. 50 атм ($5 \cdot 10^6$ Па) и темп-ры 0 °С. Во внешней части атмосферы (в разреженной термосфере) темп-ра достигает 750 К. Механизм разогрева термосферы остаётся недостаточно ясным.

Магнитосфера

Магнитное поле Н. имеет необычную структуру, названную «наклонным ротатором». Приблизённо магнитное поле Н. можно представить магнитным диполем (рис. 3), но имеются значительные составляющие и высших (недипольных) порядков. Ось магнитного диполя отклонена на 47° от оси вращения, которая, в свою очередь, наклонена на 29° к плоскости орбиты. В результате ось диполя описывает (с периодом 16,11 ч) в пространстве конус с углом раскрыва 94° . Кроме того, ось диполя смещена на 13 тыс. км от центра планеты. По-видимому, поле возбуждается в жидкой проводящей среде, т. е. в среднем слое Н. («океане»), на уровне 0,55 радиуса Н. Смещение оси, возможно, объясняется взаимодействием глобального океана с твёрдым ядром Н. Величина магнитной индукции на экваторе Н. составляет $(14-19) \cdot 10^{-6}$ Тл. Магнитосфера взаимодействует с солнечным ветром и на расстоянии 35 радиусов Н. создаёт ударную волну. Хвост магнитосферы простирается на расстояние не менее 72 радиусов Н. Зарегистрировано радиоизлучение Н., состоящее из фонового непрерывного излучения и нерегулярных вспышек.

Кольца и спутники

Система Н. включает сложную структуру из 5 узких арочных колец и спутников (на 2012 открыто 13). Кольца расположены в интервале расстояний 41,9–62,9 тыс. км от центра Н. Неравномерное распределение частиц в кольцах Н. указывает на наличие резонансных явлений между кольцами и спутниками и микроспутниками Н. (в т. ч., возможно, со спутниками, плоскость орбиты которых не совпадает с плоскостью колец).

Почти все спутники Н. представляют собой тела неправильной формы с размерами от десятков км до 150 км (два спутника имеют размеры 350–400 км). Тритон – крупнейший спутник Н. и один из крупнейших спутников в Солнечной системе (см. [Спутники планет](#)) – имеет форму шара диаметром 2705 км. Большинство малых спутников Н. находится в зоне его колец.

Происхождение

Совр. теории предполагают, что Н. сформировался позднее планет-гигантов за границей льдов протопланетного

диска, который к тому времени уже потерял осн. массу газовых компонентов (см. [Космогония](#)). Об этом свидетельствует химич. состав Н.: пониженное (по сравнению с планетами-гигантами) содержание Н/Не и значит. обогащённость (по сравнению с Солнцем) химич. элементами, тяжелее He (N, S, Ar, Kr, Xe). Н. сформировался, по-видимому, на значительно меньшем расстоянии от Солнца, чем расположена его совр. орбита. В первые 600 млн. лет положение Н. в Солнечной системе подвергалось значит. миграции. На этот факт указывает, в частности, возникновение резонансных орбит у транснептуновых объектов.

Литература

Лит.: Ксанфомалити Л. В. Парад планет. М., 1997; Hubbard W. B. Neptune's deep chemistry // Science. 1997. Vol. 275. № 5304; Elkins-Tanton L. T. Uranus, Neptune, Pluto, and the outer Solar System. N. Y., 2006; Birch R. Neptune. 2nd ed. N. Y., 2008; Солнечная система / Сост. В. Г. Сурдин. М., 2009.