

## Планети земної групи та гіганти.

### План заняття

1. Планети земної групи.
2. Планети гіганти.
3. Місяць.

#### 1. Планети земної групи.

Планетам земної групи властиві порівняно невеликі розміри і маси, велика середня густина (для Меркурія, Венери і Землі відповідно 5,4, 5,2 і 5,5 г/см<sup>3</sup>, для Марса 3,97 г/см<sup>3</sup>) і тверда поверхня. Практично однакові значення густин свідчать про подібність співвідношень вмісту хімічних елементів, з яких утворені надра планет. Складаються переважно з силікатів і металевого заліза, кисню, кремнію, заліза, магнію, алюмінію та інших важких елементів.

Зовсім інший вигляд має порівняння хімічного складу атмосфер. Так, Меркурій має дуже розріджену газову оболонку, основним компонентом якої є гелій. Атмосфера Венери на 97 % складається з вуглекислого газу; азоту в ній менше 2 %, вміст водяної пари поблизу поверхні планети — всього 0,002 % . Аналогічно в атмосфері Марса вуглекислого газу 95 %, азоту 2,7 %, водяної пари 0,1 % . Щоправда, маси цих двох атмосфер різні. Атмосфера Марса дуже розріджена, і тиск біля його поверхні в середньому у 160 разів менший, ніж на рівні моря для Землі. Атмосфера Венери, навпаки, дуже густа, біля поверхні її густина лише у 15 разів менша від густини води і тиск — близько 90 атм. Отже, порівняно з іншими планетами земної групи, Земля має унікальний склад атмосфери, де переважають азот і кисень.

Ще одна особливість планет земної групи: **вони повільно обертаються навколо своїх осей**. Зоряна доба на Меркурії триває близько 59 земних діб, а на Венері, як було виявлено у 1966 р. радіолокаційним методом, — 243,2 земної доби, причому планета обертається навколо осі у зворотному напрямку, тобто за годинниковою стрілкою, якщо дивитися на неї з боку північного полюса, а не проти, як більшість планет Сонячної системи. Земля і Марс обертаються навколо осей значно швидше, відповідно за 23 год 56 хв і 24 год 37 хв. Але це все одно набагато повільніше, ніж планети-гіганти.

## **Меркурій**

Меркурій швидше за все був відкритий найдавнішими пастушачими племенами, що жили в долинах Нілу або Тигру і Євфрату і до середини ХХ ст. астрономи досить добре знали елементи орбіти Меркурія. Однак про фізичні властивості, природу планети, період її обертання навколо осі до останнього часу було мало відомостей.

1974 р. американський космічний апарат «Марінер-10» пролетів поблизу Меркурія і передав на Землю зображення його поверхні.

Дослідження фотографічних зображень поверхні Меркурія дозволили скласти ймовірну картину еволюції планети. У початковий період Меркурій зазнав сильного внутрішнього розігрівання, наслідком чого було настання однієї чи кількох епох активного вулканізму.

Розміри Меркурія незначні, він трохи більший за Місяць, середня густина його майже така сама, як у Землі. Імовірно, до центра планети густина підвищується до  $9800 \text{ кг/м}^3$ . Це значить, що в Меркурія має бути залізне ядро  $d = 1800 \text{ км}$ . На частку ядра припадає 80 % маси Меркурія. У ядрі генеруються кільцеві електричні струми, що збуджують слабе магнітне поле планети.

Меркурій обертається навколо осі за 58 земних діб, що складає  $2/3$  меркуріанського року. День на Меркурії триває 88 діб, стільки ж триває ніч. Сонце втричі більше за видимим поперечником, ніж на Землі. Опівдні поверхня Меркурія нагрівається до  $430 \text{ }^\circ\text{C}$ , і тому свинець і олово повинні там виплавлятися з гірських порід і розтікатися по поверхні сріблястими калюжами. Уночі, навпаки, температура становить  $180 \text{ }^\circ\text{C}$  нижче нуля. Ці теплові контрасти не пом'якшуються бодай скільки-небудь густою атмосферою. Атмосфера навколо Меркурія є, але вона вкрай розріджена і створює біля поверхні тиск усього в 10~12 бар. Головна складова меркуріанської атмосфери — це гелій. У незначній кількості наявні  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  з чадним газом.

## **Венера**

Ця планета — одне з найкрасивіших світил неба. Не випадково саме її давні римляни назвали на честь богині любові і краси.

Для земного спостерігача Венера не відходить від Сонця далі, ніж на  $48^\circ$ . Це пояснюється тим, що вона розташована ближче до Сонця, ніж Земля. Протягом 585 діб чергуються періоди її вечірньої і ранішньої видимості. У Венери найгустіша атмосфера серед планет земної групи, найповільніше обертання навколо осі і найменший ексцентриситет орбіти ( $e = 0,007$ ).

1761 р. очікувалося рідкісне небесне явище: проходження Венери перед диском Сонця. Багато астрономів готувалися до цієї події і навіть споряджали експедиції в далекі краї для спостережень. Адже якщо спостерігати моменти заступання Венери на сонячний диск і сходження з його з різних, віддалених один від одного пунктів Землі, можна обчислити відстань від Землі до Сонця — а. о., що входить у багато формул небесної механіки.

Після висадження на поверхню Венери станції «Венера-7» (XII, 1970), «Венера-8» (VII, 1972) з'ясувалося, що температура на поверхні Венери ще вища — 730-740 К.

У чому причина настільки сильного розігрівання Венери, адже вона усього лише вдвічі більше одержує тепла, ніж Земля? Атмосфера Венери здатна пропускати сонячне тепло, але не випускає його назовні, поглинаючи випромінювання самої планети. Поглиначами є вуглекислий газ, на долю якого припадає 96 % складу атмосфери, і водяна пара, хоча її небагато (частинки відсотка).

На рівні 65-70 км над поверхнею Венери дують ураганні вітри постійного напрямку — зі сходу на захід (біля 110 м/с). Хмари Венери складаються з крапельок концентрованої сульфатної кислоти, крім того, сульфатна кислота легко з'єднується з водою.

Ретельна радіолокаційна зйомка північної півкулі Венери з автоматичних станцій «Венера-15» і «Венера-16», виведених 1984 р. на орбіти супутників планети, показала, що багато гірських вершин мають на схилах явні сліди потоків лави. Вулкани виявляють себе й в іншому: їхні виверження породжують потужні електричні розряди — справжні грози в атмосфері Венери, що неодноразово реєстрували прилади станцій серії «Венера». Безперечно, там трапляються венеротрясіння. Порівняння зображень, отриманих апаратом

«Магеллан» з інтервалом у рік, виявило явні зміни форм поверхні.

Рельєф планети складається з великих рівнин, перерізаних гірськими хребтами і височинами типу плато. Гірські області схожі на земні материки. Низовини, схожі на океанські басейни Землі, займають тільки шосту частину поверхні планети, тоді як на Землі 2/3.

У Венери має бути рідке залізне ядро, але руху речовини в ньому не відбувається — немає переміщення заряджених частинок, тобто електричного струму, а значить, і не виникає власне магнітного поля.

### **Земля**

Земля рухається навколо Сонця по близькій до колової орбіті, середній радіус якої — 149,6 млн км — прийнято за 1 астрономічну одиницю. Період обертання по орбіті дорівнює часу 365,256 кульмінації «середнього Сонця», або земної доби, швидкість руху по орбіті — 29,8 км/с. Нахил площини екватора до площини орбіти дорівнює  $23^{\circ}27'$ .

Маса Землі -  $5,972 \cdot 10^{21}$  кг, середній радіус — 6371 км, середня густина —  $5510 \text{ кг/м}^3$ . Екваторіальний радіус планети становить  $R = 6378$  км. Земля має грушоподібну форму, звану геоїдом. Полярний радіус менше і дорівнює  $R_d = 6356$  км. Декомпозиція Землі з полюсів пояснюється її обертанням. Прискорення вільного падіння на поверхні становить в середньому  $g = 9,78 \text{ м/с}^2$ .

### **Марс**

Марс це четверта планета від Сонця і його вісь обертання нахилена відносно площини орбіти на  $22^{\circ}$  усього на  $1,5'$  менше, ніж вісь обертання Землі нахилена до площини екліптики. Марсіанський день мало чим відрізняється від земного: доба триває 24 год 37 хв.

Унаслідок малої маси сила ваги на Марсі втричі нижче, ніж на Землі. На сьогодні структура гравітаційного поля Марса детально вивчена. Вона вказує на невеликі відхилення від однорідного розподілу густини в планеті. Ядро може мати радіус до половини радіуса планети.

Очевидно, ядро Марса частково чи цілком перебуває в рідкому стані. Наявність у планети власного, хоча і слабого магнітного поля підтверджує це.

Марс повинен мати щільну кору товщиною 70-100 км. Між ядром і корою

знаходиться силікатна мантія, збагачена залізом. Червоні окиси заліза, що містяться в поверхневих породах, визначають колір планети. Зараз Марс продовжує остигати. Сейсмічна активність планети слабка.

Вигляд північної півкулі — суцільні рівнини, покриті давніми виверженими породами.

Вулкани Марса, як за земними мірками, явища виняткові. Але навіть серед них виділяється вулкан Олімп, діаметр основи якого 550 км, а висота 27 км (тобто він втричі перевершує Еверест). Олімп увінчаний 60-кілометровим кратером.

Атмосфера Марса більш розріджена, ніж повітряна оболонка Землі. За складом вона нагадує атмосферу Венери і на 95 % складається з вуглекислого газу. Близько 4 % припадає на частку азоту й аргону. Кисню і водяної пари в марсіанській атмосфері менше 1 %. Тиск біля поверхні складає 0,006 земного тиску, але може підвищуватися до 0,01.

Середня температура на Марсі значно нижче, ніж на Землі, близько  $-40$  °С. Улітку вдень  $+25$  °С, але вночі узимку до  $-125$  °С. Це спричинено тим, що розріджена атмосфера Марса не може довго утримувати тепло.

Над поверхнею планети часто дмуть сильні вітри — до 100 м/с. Мала сила ваги дозволяє навіть розрідженим потокам повітря здіймати величезні пилові бури. Найчастіше вони виникають поблизу полярних шапок. Іноді досить великі області на Марсі бувають охоплені грандіозними пиловими бурами.

Малюсінькі супутники Марса, що були відкриті Асафом Холлом у 1877 р. і названі **Фобосом** і **Деймосом**, у середині ХХ століття привернули до себе загальну увагу. 1945 р. американський астроном Б. Шарплесс обробив ще раз старі спостереження Фобоса, виконані в Пулкові ще в ХІХ в., і, зіставивши їх із даними більш пізнього часу, дійшов висновку, що Фобос навколо Марса рухається прискорено. Але це могло бути спричинене опором марсіанської атмосфери. Добре відомо, що гальмування штучних супутників у верхніх шарах атмосфери зменшує їхню кінетичну енергію.

Фобос має розміри 28 x 20 x 18 км, Деймос — 16 x 12 x 10 км. на Деймосі

є гори заввишки 1500 м. Складено карту Фобоса: найбільший його кратер назвали Стикії — на честь дівочого прізвища дружини Холла. Його ім'я носить інший великий кратер у Південній півкулі Фобоса.

## **2. Планети гіганти.**

Планети-гіганти на відміну від планет земної групи не мають твердої поверхні, бо за хімічним складом (99 % Гідрогену і Гелію) і густиною ( $1 \text{ г/см}^3$ ) вони нагадують зорі, а їх велика маса спричиняє нагрівання ядер до температури більшої ніж  $+10\,000 \text{ }^\circ\text{C}$ . Крім того, планети-гіганти досить швидко обертаються навколо осі й мають велику кількість супутників.

Найбільшою загадкою усіх планет-гігантів (крім Урана), і насамперед Юпітера, є джерело внутрішньої енергії, яку випромінюють ці планети в інфрачервоній частині спектра. Джерелом енергії не можуть бути термоядерні реакції, що протікають у надрах зір, бо маса планет-гігантів недостатня для перетворення їх у зорі. Не виключена можливість, що гіганти випромінюють зараз ту енергію, яка була накопичена під час утворення Сонячної системи кілька мільярдів років тому. Можливо, що у минулому Юпітер мав досить високу температуру на поверхні й світився на небі молодій Землі у 100 разів яскравіше від Місяця.

Планети-гіганти за хімічним складом нагадують зорі, вони не мають твердої поверхні, й тому на них ніколи не зроблять посадку пілотовані космічні кораблі. Під холодними хмарами гіганти мають гарячі надра, температура яких сягає десятків тисяч градусів. Однією з таємниць залишається джерело внутрішньої енергії планет-гігантів, бо всі вони, за винятком Урана, випромінюють у космос більше енергії, ніж отримують від Сонця.

Плутон відрізняється і від планет-гігантів, і від планет земної групи — він більше нагадує великі супутники планет-гігантів. За Плутоном можуть обертатися ще тисячі подібних холодних тіл.

Основна відмінність планет-гігантів від планет земної групи — їхні істотно більші маси і розміри. Водночас густини планет цієї групи значно менші, ніж у планет земної групи, що свідчить про різницю хімічного складу. Всі планети-гіганти мають потужні воднево-гелієві атмосфери з домішками

аміаку і метану (до 0,1%), а також великі системи супутників і кілець. Планети цієї групи обертаються навколо осі набагато швидше, ніж планети земної групи. При цьому кожна з них має помітно менший період обертання екваторіальних зон у порівнянні з приполюсними.

Такий закон обертання, типовий для всіх газоподібних тіл, спостерігається і в Сонця. При цьому Юпітер і Сатурн та Уран і Нептун також досить чітко поділяються між собою на дві пари. Юпітер і Сатурн мають більші розміри, менші густини і менші періоди обертання, ніж Уран і Нептун.

Чіткий поділ планет-гігантів на дві групи — це дуже важливий експериментальний факт, який вимагає обов'язкового пояснення сучасною теорією походження і еволюції Сонячної системи.

### **Юпітер.**

Юпітер, який був названий на честь наймогутнішого бога римської міфології, виявився найбільшою планетою Сонячної системи. Основними компонентами атмосфери Юпітера є водень — 86,1 % та гелій — 13,8 %, а у хмарах помічена присутність метану, аміаку та пари води. Верхній шар світлих хмар, де атмосферний тиск сягає 1 атм, має температуру  $-107\text{ }^{\circ}\text{C}$  і складається з кристаликів аміаку. Шар хмар з домішками сірки, що розташований нижче, має червоний колір. Найнижче знаходяться хмари з пари води, які утворюються на глибині 80 км від верхніх світлих хмар. Температура і атмосферний тиск з глибиною поступово зростають.

Недавно з'явилися гіпотези про можливість існування життя у хмарах Юпітера, адже його атмосфера має всі компоненти, які були необхідні для появи життя на Землі. Деякі шари хмар є теплими та відносно комфортними для існування навіть земних мікроорганізмів.

На глибині 20 000 км водень перетворюється у металічний стан, і його фізичні властивості нагадують розплавлений метал, який добре проводить електричний струм. Такий агрегатний стан водню (густина  $4\text{ г/см}^3$  при тиску 106 атм) на Землі не існує. Завдяки електричному струмові, що генерується у цій металевій оболонці, виникає сильне магнітне поле, тому навколо Юпітера утворюються радіаційні пояси, які в 10 разів інтенсивніші від земних. Юпітер є

потужним джерелом радіовипромінювання. У центрі Юпітера існує тверде ядро, подібне за хімічним складом до планет земної групи, яке може складатися зі скельних порід.

Юпітер — найбільша планета Сонячної системи, яка з періодом 11,86 земного року обертається навколо Сонця на відстані близько 5,2 а. о. Юпітер швидше за всі інші планети обертається навколо своєї осі — зоряна доба на Юпітері триває 9 год 50 хв. Через швидке обертання його екваторіальний радіус (71 400 км) значно перевищує полярний (66 900 км) — планета помітно сплюснута біля полюсів. Маса Юпітера і сила тяжіння на його поверхні відповідно у 318 і 2,5 рази більші за земні показники. Середня густина становить 1,3 г/см<sup>3</sup>.

Навіть у невеликий телескоп на Юпітері добре помітні світлі та темні смуги, що простягаються паралельно екватору. Вони порівняно стійкі протягом днів та тижнів, але поступово змінюються впродовж років. Це вказує на їхню хмарову природу та на відносно стійкий тип атмосферної циркуляції. Смуги мають різноманітне забарвлення, що змінюється з часом. Період обертання Юпітера, визначений за рухом деталей, розташованих на різних широтах, виявляється різним: він збільшується з ростом широти. Отже, смуги в середніх широтах рухаються повільніше, ніж на екваторі.

У 1831 р. в південній півкулі Юпітера було виявлено славнозвісну Велику Червону Пляму (ВЧП). Велика Червона Пляма, яка знаходиться в південній півкулі Юпітера і за розмірами майже вдвічі більша від Землі, є велетенським вихором в атмосфері, у якому вітер дме з ураганною швидкістю до 100 м/с. Загадкою залишається те, що цей вихор, який помітили ще 300 років тому, існує до нашого часу.

Про неї було відомо й раніше, бо є свідчення спостережень Гука, на малюнках якого, виконаних ще 1664-1672 рр., теж є пляма. ВЧП орієнтована вздовж паралелі й має розміри 15000×30000 км, а сто років тому вони були удвічі більшими. Ця пляма — це потужний антициклон, що обертається проти годинникової стрілки. Обертання всередині плями відбувається за 6 земних діб. Виникнення та існування ВЧП пов'язане з різною швидкістю руху атмосферних

мас, між якими вона знаходиться: маси, розташовані вище, рухаються проти годинникової стрілки повільніше, ніж, ті, що нижче. Через третя верхня частина ВЧП трохи гальмується, а нижня — прискорюється, що і призводить до утворення цього на диво стійкого вихра.

В атмосфері Юпітера міститься близько 86 % водню, 14 % гелію, 0,07 % метану, 0,06 % аміаку, а також вода, ацетилен, фосфін. Хмари складаються в основному з аміаку.

В розрахунку на одиницю площі Юпітер отримує у 27 разів менше тепла від Сонця, ніж Земля. Його верхні шари, відбиваючи 50 % сонячної енергії, повинні були б мати температуру близько 210 К, проте прямі вимірювання як наземними засобами, так і за допомогою космічних апаратів вказують на більшу температуру: вона на 17 К вища. Тобто надра планети дають свій власний потік енергії, в середньому удвічі більший, ніж вона отримує від Сонця. Цей додатковий потік тепла приводить до появи в атмосфері Юпітера бурхливих вертикальних течій з виносом догори гарячих мас газу, які після охолодження поринають назад.

Причиною переважання випромінюваної енергії над отриманою від Сонця можуть бути процеси гравітаційного стискування первинної речовини, з якої сформувався Юпітер. За своїми характеристиками Юпітер займає проміжне положення між планетними і зоряними утвореннями, і його остаточне формування ще й досі не завершилось.

Юпітер не має твердої поверхні. За підрахунками вже на глибині кількох тисяч кілометрів речовина атмосфери плавно переходить у газорідкий стан, ще глибше під ним залягає зона рідкого водню з гелієм, а ще глибше рідкий водень переходить у металічну фазу — перетворюється на метал, у якому протони і електрони існують окремо. Останній перехід відбувається стрибком; речовина, змінюючи свою фазу, стискається, при цьому і виділяється додаткова енергія.

У 1955 р. виявлено, що Юпітер є потужним джерелом радіовипромінювання. Планета має магнітне поле, напруженість якого у 50 разів більша, ніж у земного. Це поле формує навколо планети протяжну магнітосферу з декількома радіаційними поясами. Електрони, прискорені в

магнітосфері планети, тут же гальмуються її магнітним полем, випромінюючи головним чином у радіодіапазоні.

Чотири із 63 супутників Юпітера — Іо, Європа, Ганімед і Каллісто — ще у 1610 р. були відкриті Галілеєм, він же дав їм назви, а тому їх часто називають галілеєвими. В 1979 р. поблизу планети пройшли АМС «Вояджер-1» і «Вояджер-2» (США). Вони передали на Землю зображення планети і супутників з близьких відстаней. Особливо вражають поверхні галілеєвих супутників.

Поверхня Іо має жовтувато-червоний колір. На супутнику зареєстровано 7 діючих вулканів. Вулканічні процеси на Іо проходять досить бурхливо: продукти викиду (в основному це сполуки сірки) піднімаються на висоту до 300 км.

Практично вся поверхня Європи вкрита мережею тріщин, довжина яких в окремих випадках сягає 1 500 км. Напевно, зовнішня оболонка Європи до глибин від 10 до 100 км складається з водяного льоду. Вона відбиває до 70% сонячного світла, а тому середня температура поверхні Європи нижча, ніж у Іо, і становить 120 К.

**Ганімед** — найбільший серед супутників Юпітера і взагалі у Сонячній системі. Існує припущення, що він значною мірою складається з води або льоду. Його поверхня відбиває до 40% сонячного світла і має температуру 140К.

**Каллісто** — четвертий галілеєвий супутник, цікавий тим, що його відвернена від Юпітера сторона вкрита кратерами. Вважають, що їхній вік становить 4 млрд років, і виникли вони внаслідок потужного метеоритного бомбардування на ранній стадії існування Сонячної системи. Каллісто — темний супутник, бо його поверхня — лід, забруднений пилом відбиває лише 20% світла. Через це і температура на його поверхні найвища серед галілеєвих супутників — 150К.

Всі галілеєві супутники за своїми розмірами наближаються до планет, їхні середні густини більші, ніж у Юпітера, а періоди їхнього осьового обертання і обертання навколо Юпітера майже збігаються.

У березні 1979 р. «Вояджер-2» відкрив навколо Юпітера кільце. Воно

подібне до кілець Сатурна, але значно менше за розмірами і дуже тонке. Доречно згадати, що думку про існування у Юпітера кільця, а також існування на супутниках великих планет інтенсивних вулканічних процесів ще 1955 р. сміливо висловив київський астроном Сергій Костянтинович Всехсвятський (1905-1984).

### **Сатурн.**

Сатурн — найвіддаленішу планету, яку знали астрономи в стародавні часи, — назвали на честь батька головного бога Юпітера. Після винайдення телескопа виявили, що Сатурн є найкрасивішою планетою Сонячної системи, бо його казкове кільце зачаровує як дітей, так і дорослих. Сатурн не має того розмаїття кольорів, який ми спостерігаємо в атмосфері Юпітера, але структура атмосфери цих планет дуже схожа. Жовтуватого кольору верхнім шарам атмосфери Сатурна надають снігові хмари з аміаку. На глибині 300 км від верхніх шарів хмар знаходяться хмари води, де при підвищенні температури сніг перетворюється у дощ.

Середня густина Сатурна менша, ніж води, що свідчить про невелику кількість важких хімічних елементів у ядрі планети.

Сатурн, як і Юпітер, має магнітне поле, радіаційні пояси, та є джерелом радіовипромінювання.

Верхні шари хмар отримують енергію як від Сонця, так і з глибини Сатурна. У результаті взаємодії цих потоків енергії виникають сильні вітри, що спрямовані чомусь переважно із заходу на схід і швидкість яких досягає 400 м/с. Через вітри утворюються темні смуги хмар, які розташовані паралельно екватору Сатурн теж випромінює у космос більше енергії, ніж отримує від Сонця.

Астрономи недавно виявили дефіцит гелію в атмосфері Сатурна в порівнянні з атмосферою Юпітера і запропонували цікаву гіпотезу про можливе джерело його енергії. На Сатурні гелій не повністю розчиняється у водні, як це спостерігається на Юпітері, де вищі тиск і температура. У водневій атмосфері Сатурна гелій утворює краплі, які конденсуються в атмосфері як своєрідний туман і потім випадають у вигляді дощу. Такі гелієві опади у верхніх шарах

атмосфери можуть бути джерелом внутрішньої енергії, бо більш густий гелій (в порівнянні з воднем) опускається ближче до центра. Таким чином, потенційна енергія крапель гелію перетворюється в кінетичну енергію, що призводить до підвищення температури в надрах. З часом гелієві дощі припиняться, тому температура на Сатурні знизиться.

Сатурн — друга планета-велетень і шоста числом планета в Сонячній системі. Майже у всьому подібна до Юпітера Сонця з періодом 29,5 земних років на відстані близько 9,5 а. о. Зоряна доба на Сатурні триває 10 год 14 хв. Через швидке обертання він також сплюснутий біля полюсів: полярний радіус планети менший від екваторіального.

Як і в Юпітера, періоди обертання у різних широтах не однакові. Маса Сатурна в 95 разів більша за масу Землі, а сила тяжіння в 1,12 рази більша за земну.

Сатурн має на диво низьку густину, нижчу за густину води — лише  $0,7 \text{ г/см}^3$ . І якби знайшовся такий велетенський океан з води, куди можна було б занурити Сатурн, він би не потонув. Така маленька густина свідчить про те, що, як і решта планет-гігантів, Сатурн переважно складається з водню і гелію.

Оскільки Сатурн знаходиться в 9,5 разів далі від Сонця, ніж Земля, то на одиницю площі він отримує в 90 разів менше тепла, ніж вона. Згідно з розрахунками температура зовнішнього шару хмарового покриву повинна становити 80 К, насправді ж температура атмосфери планети дорівнює 90 К. Отже, Сатурн, як і Юпітер, перебуває у стані повільного стискання.

На диску жовтуватого кольору окремі деталі верхніх шарів атмосфери Сатурна проявляються значно слабкіше, ніж на Юпітері.

Та все ж при екваторіальні смуги видно досить добре. Помітно також, що приполярні зони здаються злегка зеленуватими. Окрім того, час від часу з'являються світлі й темні плями, завдяки яким і було визначено період обертання Сатурна. У верхніх шарах хмарового покриву спостерігаються сильні вітри, швидкість яких в екваторіальній зоні досягає 110 м/с.

Як і Юпітер, Сатурн має магнітне поле, радіаційні пояси, і є джерелом радіовипромінювання.

Серед планет-гігантів Сатурн найбільше вражає уяву величною системою кілець, які добре видно в простіший телескоп. Вони були відкриті Х. Гюйгенсом ще у XVII ст. їхня площина лежить точно у площині екватора планети, нахилений до площини екліптики під кутом  $28,5^\circ$ . Тому залежно від того, як зорієнтований Сатурн по відношенню до Землі, кільця видно максимально розкритими під тим же кутом, або, коли Земля знаходиться в площині кілець, їх взагалі не видно.

Кільця Сатурна мають складну структуру. «Вояджер-1» і «Вояджер-2», які пролетіли повз Сатурн у 1980-1981 рр., передали на Землю зображення кілець з близької відстані. На фотографії видно, що кільця Сатурна складаються з сотень окремих вузьких кілець, розділених такими ж вузькими проміжками. Самі ж кільця складаються з окремих часток водяного крихкого снігу розмірами від дрібних пилинок до брил у 10-15 м завбільшки, які добре відбивають сонячне світло. Ширина кілець разом із найвіддаленішим дуже слабким кільцем, відкритим «Вояджером», становить 65 000 км, а товщина не перевищує 1 км.

Окрім кілець, Сатурн має 30 відомих на сьогодні супутників. «Вояджери» передали на Землю зображення деяких із них. Як і всі інші тіла в Сонячній системі, що не мають атмосфери, вони вкриті безліччю кратерів. Найбільший супутник Сатурна, Титан, має потужну непрозору атмосферу товщиною до 200 км. Вона складається з азоту з домішками метану і водню.

### **Уран.**

Названий на честь бога неба Уран є по-справжньому блакитною планетою. Існує одна особливість, яка виділяє Уран з усіх планет Сонячної системи: його екватор нахилений до площини орбіти під кутом  $98^\circ$ . Такий великий кут нахилу призводить до унікальної у Сонячній системі зміни пір року — полярні кола знаходяться майже на екваторі, а тропіки — біля полюсів. Це означає, що Сонце освітлює один з полюсів планети майже 42 земні роки, в той час як на іншому полюсі стільки ж триває полярна ніч. Правда, спеки там не буває, бо Уран отримує від Сонця набагато менше енергії, ніж Земля, і температура верхніх шарів атмосфери не піднімається вище  $-215^\circ\text{C}$ .

Астрономи довгий час спостерігали за Ураном, але не виявили суттєвих

змін кольорів або утворень в атмосфері. Можливо, що смуги з'являються тільки весною або восени, коли освітлені дві півкулі планети. Вісь обертання Урана лежить майже у площині орбіти, тому там тропіки збігаються з полярним колом. Тривалість сезонів на Урані 21 земний рік. Осьове обертання Урана, як і Венери, відбувається у напрямку, протилежному напрямку обертання інших планет Сонячної системи. Уран був відкритий англійським астрономом В. Гершелем 1781 р., Так було відомо, що Уран — це планета, майже у- 4 рази більша за Землю. Вона рухається навколо Сонця з періодом 84 земних роки на відстані 19,2 а. о. і має екваторіальний період обертання навколо осі 17 год 14 хв. Нахил її осі обертання до площини орбіти становить  $98^\circ$ , тобто Уран рухається навколо Сонця «лежачи на боці» та ще й обертається, як і Венера, у зворотному напрямку. Маса Урана у 14,6 рази більша за земну, а екваторіальний радіус становить 25 600 км. Середня густина Урана —  $1,19 \text{ г/см}^3$ . Виходячи з останніх даних, робляться припущення, що Уран на 50 % складається з водяного льоду, на 40 % — з різних кам'янистих порід і на 10 % — з водню та інших газів.

У 1977 р. при покритті Ураном зорі у нього було відкрито 5 вузьких кілець. Згодом з'ясувалося, що їх 9. А при прольоті АМС «Вояджер-2» було виявлено слабке десяте кільце. Кільця Урана дуже вузькі, 1-10 км завширшки, і тільки зовнішнє кільце в найширшій частині досягає 96 км. Мабуть, вони складаються з дрібного темного пилового матеріалу, бо погано відбивають сонячне світло. Товщина кілець — кілька десятків метрів. Після прольоту АМС стала відомою геологічна будова п'яти великих супутників Урана: Аріеля, Умбріеля, Титанії, Оберона і Міранди. Було відкрито ще 12 супутників, які мають вигляд безформних брил невеликих розмірів від 10 до 100 км.

### **Нептун.**

Чи існує океан на планеті Нептун, яку назвали на честь бога підводного світу? Нептун знаходиться на околиці Сонячної системи і має період обертання 164,8 земного року. Він випромінює у космос у три рази більше енергії, ніж отримує від Сонця. Від часу свого відкриття у 1846 р. Нептун зробить повний оберт навколо Сонця тільки у 2011 р.

Під хмарами температура атмосфери поступово підвищується до +700 °С, тому вода не може знаходитись у рідкому стані. Більш реальною є гіпотеза про водяні хмари з розчином аміаку, густина яких може перевершувати густину води у кілька разів. Швидкість вітрів у хмарах сягає фантастичної величини 500 м/с. Чому виникають сильні вітри на такій холодній планеті — це ще одна нерозгадана таємниця Нептуна.

Нептун — був відкритий німецьким астрономом Галле 1846 р. після теоретичних розрахунків француза Левер'є і англійця Адамса.

Нептун у 4 рази більший за Землю. Він рухається навколо Сонця з періодом 164,8 земних років на відстані 30 а. о. і має екваторіальний період обертання 17 год 42 хв. Нахил його осі обертання до площини орбіти становить 29°, маса у 17 разів більша за земну, а екваторіальний радіус становить 24 800 км. Середня густина Нептуна найбільша серед усіх планет-велетнів — 1,66 г/см<sup>3</sup>.

Виміряні температури зовнішнього хмарового покриву для обох планет на 10-20 К перевищують розрахункові. Отже, у обох планет є додаткове джерело тепла із надр. Можливо, це тепло має таку ж природу, як і в Юпітера чи Сатурна. В атмосфері планети є молекули водню, метану, ацетилену.

Щодо планети Нептун, то у неї виявлено досить динамічну блакитного кольору атмосферу, на тлі якої видно білі метанові хмари і дві темні плями — велику і малу. Їхня природа, мабуть, така ж, як і природа Великої Червоної Плями на Юпітері.

У Нептуна, окрім двох відомих раніше, відкрито ще 6 супутників. Найбільший із них, Тритон, має дуже розріджену азотну атмосферу і поверхню, яка нагадує Місяць. Рухається Тритон навколо Нептуна у зворотному напрямку.

АМС «Вояджер-2» відкрила навколо Нептуна кільця, що складаються з дрібних пилових частинок.

## **Плутон**

Відстані у космічному просторі такі великі, що вимірювати їх у мільйонах кілометрів незручно. Тому астрономи вибрали одиницями вимірювання світловий рік та астрономічну одиницю.

ПРАГА, 24 серпня. Міжнародний астрономічний союз (МАС) офіційно позбавив Плутон статусу планети, передає РБК. Після тижня обговорень астрономи, що представляють 75 країн світу, затвердили шляхом голосування критерії, яким повинна відповідати небесне тіло для отримання статусу планети. На конференції в Празі були присутні 2,5 тис. астрономів, які представляють 75 країн світу.

Згідно схваленим МАС нормативами, Плутон не відповідає критеріям планети і тому позбавляється цього статусу. Згідно з новим визначенням, статус планети присвоюється «небесного тіла, що рухається по орбіті навколо Сонця, що належить виключно цього небесного тіла, має достатню масу для освіти гравітаційного поля, внаслідок чого дане небесне тіло отримує кулястих форму».

Орбіта ж Плутона, який був відкритий в 1930 р. і вважався дев'ятою планетою Сонячної системи, у багатьох відношеннях не схожа на сусідні з нею орбіти більш близьких до Сонця планет. До того ж еліптична орбіта Плутона перетинається з орбітою восьмою планети Сонячної системи — Нептуна. Відстань Плутона до Сонця змінюється від 29 до 49 астрономічних одиниць. Розміри Плутона можна порівняти з розмірами Місяця, але в нього є власний супутник — Харон. Плутон робить оборот навколо Сонця за 250,6 року, період обертання Харон навколо Плутона — 6,4 доби.

Після виключення Плутона з числа планет це назва закріплене лише за вісьмома небесними тілами: Меркурій, Венера, Землею, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун. Відповідно до нової класифікації, Плутон тепер відноситься до категорії малих планет, або планетоїдів. За заявами астрономів, у найближчі кілька років ця категорія поповниться новими небесними тілами, виявлених на околицях Сонячної системи.

Плутон вважався 9-й планетою Сонячної системи. Він менший, ніж всі інші планети, і навіть менше деяких супутників. Швидше за все, це небесне тіло складається із льоду и заморожених в нього каміння. Лід на поверхні Плутона складається з замерзлі метану і азоту з домішками вуглеводню. Шар атмосфери на Плутоні дуже тонкий.

Поки Плутон не відвідав жоден космічний апарат. Політ до нього заплановано на наступне десятиріччя. Плутон в грецькій міфології — бог підземного світу.

### **3. Місяць.**

**Місяць** — єдиний природний супутник нашої планети. Це другий за яскравістю об'єкт на земній небозводі після Сонця і п'ятий за величиною природний супутник планет Сонячної системи. Він також є першим і єдиним позаземним об'єктом природного походження, на якому побувала людина. Середня відстань між центрами Землі і Місяця — 384 467 км.

- Радіус = 1738 км
- Велика піввісь орбіти — 384 400 км
- Орбітальний період = 27,321661 діб
- Ексцентриситет орбіти = 0,0549
- Нахил орбіти екватора = 5,16°
- Температура поверхні = від -160 °С до +120 °С
- Доба = 708 годин
- Відстань від Землі — 384 400 км

Гравітаційні сили між Землею і Місяцем спричиняють деякі цікаві ефекти. Найвідоміший з них — морські припливи і відливи.

Вивчаючи геологічну будову Місяця, можна багато дізнатися про будову та розвиток Землі.

Вимірювання швидкості супутників «Лунар Орбітер» дозволили створити гравітаційну карту Місяця. З її допомогою було виявлено унікальні місячні об'єкти, названі масконами, — це маси речовини підвищеної щільності.

Місяць не має магнітного поля. Але деякі з гірських порід на його поверхні виявляють залишковий магнетизм, що вказує на те, що, можливо, в історії у Місяця магнітне поле було.

Залишені на Місяці сейсмографи показали наявність сейсмічної активності. Через відсутність води коливання місячної поверхні можуть тривати понад годину.

**Контрольні питання:**

2. Перелічити основні відмінності планет земної групи порівняно з планетами-гігантами.
3. Як відрізняються умови освітлення Сонцем планет земної групи і планет-гігантів?
4. На яких планетах виявляється парниковий ефект?
5. З чого переважно складаються планети земної групи?
6. Яка середня густина планет земної групи?
7. Яка планета земної групи має гідросферу і біосферу?
8. Які планети земної групи мають тверді оболонки, у яких міститься практично вся їхня маса?
9. Які планети земної групи мають густу атмосферу?
10. Який хімічний склад атмосфер планет земної групи?
11. До якої групи планет відносять Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун?
12. Які особливості мають планети-гіганти?
13. Які планети обертаються навколо осі у зворотному напрямку?
14. Які планети випромінюють у космос більше енергії, ніж отримують від Сонця?
15. На якій планеті найбільша тривалість дня?
16. Яка тривалість дня на полюсах Урану?
17. Яку з планет – гігантів вважають найкрасивішою? Чому?
18. В хмарах якої планети можливе існування життя?