

Тема 4. Планети Сонячної системи.

План

- 1. Подібність та відмінність між планетами земної групи та планетами-гігантами.**
- 2. Планети земної групи. Фізичні та орбітальні характеристики.**
- 3. Планети-гіганти. Фізичні та орбітальні характеристики.**
- 4. Супутники планет. Кільця планет. Карликові планети.**

Література

1. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії. Одеса : Астропринт, 2007. 480 с. Інформаційний ресурс. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi11/0008900.pdf>
2. Клищенко А. П. Астрономія : учеб. посіб. М. : Новое знання, 2004.
3. Кононович Э. В. Общий курс астрономии : учеб. посіб. М. : Эдиториал УРСС, 2004. Інформаційний ресурс. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Lemish/0002740.djvu>

1. Подібність та відмінність між планетами земної групи та планетами-гігантами.

Сонячна система – система небесних тіл, що складається із Сонця, 8 великих планет і їхніх супутників, десятків тисяч малих планет і їхніх супутників, десятків тисяч малих планет (астероїдів), безлічі комет, дрібних метеорних тіл і міжпланетного газу і пилу.

Все в сонячній системі визначається Сонцем, що є найбільш масивним тілом і єдине, яке володіє власним світінням. Сонце – звичайна зірка головної послідовності з абсолютною зоряною величиною +5. Його об'єм у мільйон разів перевищує об'єм Землі, однак у порівнянні з зірками-гігантами Сонце дуже мале. Інші члени Сонячної системи світять відбитим сонячним світлом і виглядають такими яскравими на небі, що не важко і забути, що для всесвіту в цілому вони навіть віддалено не є настільки важливими об'єктами, якими здаються нам. Вісім планет обертаються навколо Сонця по еліпсах (майже в одній площині в порядку віддалення від Сонця: Меркурій, Венера, Земля (з Місяцем), Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун).

Планети поділяються на дві чітко розрізніювані групи. У першу входять відносно невеликі планети: Меркурій, Венера, Земля і Марс, з діаметрами від 12756 км (Земля) до 4880 км (Меркурій). Ці планети мають деякі загальні характеристики. Усі вони, наприклад, мають тверду поверхню і, очевидно, складаються з подібної за складом речовини, хоча Земля і Меркурій більш щільніші, ніж Марс і Венера. Їхні орбіти загалом не відрізняються від кругових, тільки орбіти Меркурія і Марса більш витягнуті ніж у Землі і Венери. Меркурій і Венеру називають внутрішніми планетами, оскільки їхні орбіти лежать усередині земної; вони, як і Місяць, бувають у різних фазах – від нової до повної – і залишаються в тій же частині неба, що і Сонце. У Меркурія і Венери немає супутників, Земля має один супутник (відомий нам

Місяць), у Марса два супутники – Фобос і Деймос, обоє дуже маленькі і явно відрізняються по своїй природі від Місяця.

За Марсом знаходиться широкий провал, у якому рухаються тисячі невеликих тіл, названих астероїдами, планетоїдами чи малими планетами. Діаметр навіть найбільшого з них – Церери – складає лише близько 1000 – 1200 км.

Далеко за основною зоною астероїдів знаходяться чотири планети-гіганти: Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун. Ці планети зовсім відмінні від планет земної групи: вони скоріше газові і рідкі, ніж тверді, з дуже щільними атмосферами. Їхня маса настільки велика, що вони були здатні утримати значну частину первісного водню. Так, швидкість відриву для Юпітера складає 60 км/с, тоді як для Землі вона дорівнює 11,2 км/с. Їхні середні відстані від Сонця складають від 778 млн. км (Юпітер) до 4497 млн. км (Нептун). Планети-гіганти мають багато загального, але сильно відрізняються в деталях. Їх щільності відносно низькі, а щільність Сатурна навіть менше щільності води. Хоча Юпітер видний винятково завдяки відбитому від нього сонячному світлу, планета має також власні джерела тепла. Однак, незважаючи на те, що температура його ядра повинна бути високою, вона далеко недостатня, щоб там почалися ядерні реакції, тому Юпітер не можна порівнювати з зіркою начебто Сонце.

П'ять планет – Меркурій, Венера, Марс, Юпітер і Сатурн – відомі з древніх часів, оскільки усі вони добре видні неозброєним оком. Усі вони входять до зовнішньої групи планет. Уран, що знаходиться на межі видимості неозброєним оком, був випадково відкритий у 1781р. Усі гіганти супроводжуються свитами супутників: Юпітер має 8 постійних і 55 непостійних супутників, Сатурн – 24 регулярних і 38 нерегулярних, Уран – 27 і Нептун – 14 супутників.. Якісь із супутників мають розміри планет з діаметрами, принаймні рівними діаметру Меркурія..

Чим ближче планета до Сонця, тим більше її лінійна і кутова швидкості і коротше період обертання навколо Сонця. Площини орбіт більшості планет близькі до площини земної орбіти (різниця складає 7 градусів для Меркурія і багато менше для інших планет).

Комети також є членами Сонячної системи. Це великі утворення з розрідженого газу і пилових часток з дуже малим твердим ядром, вони також обертаються навколо Сонця. Більшість з них має еліптичні орбіти, що виходять за орбіту Плутона, так що діаметро станньої лише умовно приймається за діаметр Сонячної системи. Крім того, навколо Сонця обертаються по еліпсах незліченні метеорні тіла (їх можна розглядати як своєрідне сміття в Сонячній системі, деякі метеорні тіла виразно зв'язані з кометами) розміром від піщини до дрібного астероїда. Разом з астероїдами і кометами вони відносяться до малих тіл Сонячної системи. Простір між планетами заповнено вкрай розрідженим газом і космічним пилом. Його пронизують електромагнітні випромінювання; воно носій магнітних і гравітаційних полів.

Сонце в 109 разів більше Землі по діаметру і приблизно в 333000 разів масивніше Землі. Маса всіх планет складає усього лише близько 0,1% від

маси Сонця, тому воно силою свого притягання керує рухом усіх членів Сонячної системи.

Порівняльна таблиця основних показників планет земної групи і планет-гігантів

Показник	Група планет	
	Планети земної групи	Планети-гіганти
Маса.	Від $3,3 \cdot 10^{23}$ кг (Меркурій) до $5,976 \cdot 10^{24}$ кг (Земля).	Від $8,7 \cdot 10^{25}$ кг (Уран) до $1,9 \cdot 10^{27}$ кг (Юпітер).
Розмір (екваторіальний діаметр).	Від 4880 км (Меркурій) до 12756 км (Земля).	Від 49500 км (Нептун) до 143000 км (Юпітер).
Густина.	Густина планет земної групи близька до земної: $12,5 \cdot 10^3$ кг/м ³ (у разів більше густини води).	У планет-гігантів дуже маленька густина (густина Сатурна менша густини води).
Хімічний склад.	На прикладі Землі: Fe (34,6%), O ₂ (29,5%), Si (15,2%), Mg (12,7%).	В основному вони складаються з газів: H ₂ (,велика частина), CH ₄ , NH ₃ .
Наявність атмосфери.	У планет земної групи є атмосфера (більш розріджена, ніж у планет-гігантів).	У всіх планет-гігантів велика атмосфера.
Наявність твердої поверхні.	Усі планети земної групи мають тверду поверхню.	Не мають твердої поверхні.
Кількість супутників.	У планет земної групи мало чи їх узагалі немає: Земля – 1, Марс – 2, Меркурій – ні, Венера – немає.	У планет-гігантів значна кількість супутників: Юпітер – 63, Сатурн – 62, Уран – 27, Нептун – 14.
Наявність кільця.	Кільця відсутні.	У планет-гігантів є кільця.
Швидкість обертання навколо власної осі.	Обертання навколо своєї осі повільне (у порівнянні з планетами-гігантами).	Обертання навколо своєї осі швидке (у порівнянні з планетами земної групи).

Меркурій, Венера, Земля і Марс відрізняються від планет-гігантів меншими розмірами, меншою масою, більшою густиною, більш повільним обертанням, набагато більш розрідженими атмосферами (на Меркурії атмосфера практично відсутня, тому його денна півкуля сильно розжарюється; усі планети-гіганти оточені могутніми протяжними атмосферами), малим числом супутників чи їх відсутністю.

Оскільки планети-гіганти знаходяться далеко від Сонця, їхня температура (принаймні, над їх хмарами) дуже низка: на Юпітері – 145 С, на Сатурні – 180 С, на Урані і Нептуні ще нижче. А температура в планет земної групи значно вище (на Венері до плюс 500 С).

2. Планети земної групи. Фізичні та орбітальні характеристики.

До навколосонячних планет земної групи належать Меркурій, Венера, Земля й Марс. Вони відрізняються від планет-гігантів меншими розмірами і, відповідно, меншою масою. Ці планети рухаються усередині пояса малих планет. Планети близькі за такими фізичними характеристиками, як густина, розміри, хімічний склад, але при цьому кожна планета має свої особливості

Меркурій - найближча до Сонця планета.

Планета розташована від Сонця на відстані 58 млн. км. Повний оберт на небі завершує за 88 діб, період обертання Меркурія навколо своєї осі дорівнює 58,65 доби, тобто $\frac{2}{3}$ його обертання навколо Сонця. Таке обертання є динамічно стійким. Сонячна доба на Меркурії триває 176 днів.

Вісь обертання Меркурія майже перпендикулярна до площини його орбіти. Як свідчать радіоспостереження, температура на поверхні Меркурія в пункті, де Сонце знаходиться в зеніті, сягає 620 К. Температура нічної півкулі близько 110 К.

Уся поверхня Меркурія поцяткована кільцевими структурами різного розміру (до 120 км у поперечнику), нагадуючи цим найдавнішу формацію Місяця, але відрізняючись від неї низькою відбивною здатністю (альbedo 0,056). За допомогою радіоспостережень вдалося визначити теплові властивості зовнішнього покриву планети, що виявилися близькими до властивостей тонкоподрібнених порід місячного реголіту. Причиною такого стану порід, найімовірніше, є безперервні удари метеоритів, що майже не послаблюються розрідженою атмосферою Меркурія.

Поверхня планети вся поцяткована кратерами, утворення яких можна пояснити метеоритним бомбардуванням Меркурія, що відбувалося на перших етапах еволюції планети мільярди років тому. Великим кратерам надано імена видатних людей (Бетховен, Бах, Шекспір і т. ін.). Кратер Бетховена, наприклад, має діаметр близько 625 км, а улоговина Калорис - 1300 км. Величезна улоговина має пласку поверхню, вона поцяткована тріщинами й грядками.

Очевидно, у початковий період існування планета зазнавала сильного розігрівання, тому що глобальне стискання Меркурія зі зменшенням його радіуса на 1-2 км при охолодженні й консолідації виявилось в утворенні на його поверхні дугоподібних уступів (скарпів), що мають насувну природу.

Атмосфера Меркурія, у порівнянні із земною, сильно розріджена. За даними, отриманими з міжпланетної станції "Маринер-10", її густина не перевершує густину земної атмосфери на висоті 620 км. У складі атмосфери виявлена невелика кількість водню, гелію й кисню, містяться й деякі інертні гази, наприклад, аргон і неон.

Такі гази могли виділитися в результаті розпаду радіоактивних речовин, що входять до складу ґрунту планети. Імовірно, Меркурій у початковому стані мав повністю рідкий стан і швидке початкове обертання, яке потім сповільнилося приливним тертям.

У Меркурія виявлене власне дуже слабке **магнітне поле**, що свідчить про неповну консолідацію планети. Напруженість цього магнітного поля менша, ніж у Землі, і більша, ніж у Марса. Середня густина Меркурія ($5,44 \text{ г/см}^3$) значно вища за місячну і майже дорівнює середній густині Землі, а його маса складає лише 1/18 маси Землі.

Все це свідчить про те, що Меркурій - найбагатша на залізо планета Сонячної системи. Цілком імовірно, що материнська планета Меркурія, яка мала водневу оболонку, створила навколо себе особливо розвинуту супутникову систему, до якої відійшла велика частина її силікатного матеріалу. З утворенням Меркурія вся ця маса супутників була ним назавжди втрачена. Про життя на Меркурії не може бути й мови, оскільки на ньому дуже висока денна температура і відсутня вода.

Венера - друга від Сонця (108 млн. км) і найближча до Землі планета Сонячної системи. Період обертання навколо Сонця - 225 діб. Під час нижніх з'єднань може наблизитися до Землі до 40 млн. км, тобто ближче будь-якої іншої великої планети Сонячної системи. Синодичний період (від одного нижнього з'єднання до іншого) дорівнює 584 доби. Венера - найяскравіше світило на небі після Сонця й Місяця.

Дослідження цієї планети надзвичайно ускладнене через її дуже щільну і могутню атмосферу, що складається на 95% з молекул вуглекислого газу CO_2 , приблизно 2% азоту й інертних газів, близько 0,1% кисню, невеликої кількості окису карбону, хромоводню й фтороводню, і 0,1% водяної пари.

Діаметр Венери - 12 100 км (95% діаметра Землі), маса - 81,5% маси Землі, або 1/408 400 маси Сонця, температура біля поверхні Венери сягає 747 К, а тиск 90 атм. Знову ж через дуже щільний хмарний шар, що огортає цю планету, довго не вдавалося встановити період обертання Венери. Тільки за допомогою радіолокації з'ясували, що він дорівнює 243,2 доби, причому Венера обертається в зворотний бік у порівнянні із Землею й іншими планетами.

Вуглекислий газ і водяна пара створюють в атмосфері Венери парниковий ефект, що призводить до сильного розігрівання планети. Парниковий ефект виникає через те, що вуглекислий газ і деякі інші молекули, такі як H_2O , незважаючи на те, що їх мало, значно поглинають інфрачервоне випромінювання.

Хмарний шар Венери, за даними, отриманими зі станцій серії "Венера", розташований на висоті 49-68 км над поверхнею, а за густиною нагадує легкий туман. Але велика довжина хмарного шару робить його зовсім непрозорим для спостереження із Землі. Передбачається, що хмари складаються з крапель водного розчину сірчаної кислоти. Освітленість на поверхні в денний час подібна до земної у похмурий день.

З космосу хмари Венери виглядають як система смуг, що розташовуються зазвичай паралельно до екватора планети, однак часом вони утворюють деталі, які були помічені ще із Землі, що й дозволило встановити приблизно 4-5-добовий період обертання хмарного шару. Це чотиридобове обертання було підтверджене космічними апаратами і пояснюється

наявністю на рівні хмар постійних вітрів, що дмуть у бік обертання планети зі швидкістю близько 100 м/с.

Атмосферний тиск біля поверхні Венери складає близько 9 МПа, а густина у 35 разів перевищує густину земної атмосфери. Кількість вуглекислого газу в атмосфері Венери в 400 тис. разів більше, ніж у земній атмосфері. Причиною цього, імовірно, є інтенсивна вулканічна діяльність, а крім того, відсутність на планеті двох основних поглиначів вуглекислого газу - рослинності й океану з його планктоном. Найвищі шари атмосфери Венери складаються повністю з водню. Воднева атмосфера простягається до висоти 5500 км.

Радіолокація дозволила вивчити невидимий через хмари **рельєф Венери**. У результаті були виявлені **складчасті гірські системи** з перепадом висот від 2 до 3 км, терасові вулканічні кальдери, протяжні лавові потоки і заплутана мережа розламів. Цей рельєф виник у період інтенсивної ендегенної активності Венери, що припинилася менш 1 млрд. років тому. Поверхня Венери відносно більш гладка, ніж поверхня Місяця.

На Венері, на відміну від Місяця, зустрічаються тільки великі кільцеві структури, діаметр яких коливається від 9 до 50 км. Вони оточені високими валами викинутого матеріалу і мають центральні гірки і гладкі днища, заповнені лавою. Кільцеві структури мають вулканічне експлозивне походження і, цілком імовірно, пов'язані з падінням метеоритів, незважаючи на захищеність планети від зовнішнього впливу щільною атмосферою. У результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що за морфологічним виглядом поверхні Венера, як і Марс, є "мертвою" планетою, що втратила ендегенну активність і магнітне поле. Супутників Венера не має.

Земля - одна з планет Сонячної системи. Її ендегенна активність триває вже протягом 4,6 млрд. років. Подібно до інших планет, Земля рухається навколо Сонця по еліптичній орбіті. Відстань від Землі до Сонця в різних точках орбіти неоднакова. Середня відстань складає приблизно 149,6 млн. км. У процесі руху нашої планети навколо Сонця площа земного екватора (нахилена до площини орбіти під кутом $23^{\circ}26,5'$) переміщається паралельно до самої себе таким чином, що в одних ділянках орбіти земна куля нахилена до Сонця північною півкулею, а в інших - південною.

Велику частину поверхні Землі (до 71%) займає Світовий океан. На континентах планети поширені рівнини, переважно низинні, незначну частину поверхні планети займають гори і глибоководні западини на дні океанів.

Форма Землі ближча до кулястої. Нерівності рельєфу планети підтримуються нерівномірним розподілом маси в надрах Землі. Така поверхня називається геоїдом. Геоїд (із точністю близько до сотень метрів) збігається з еліпсоїдом обертання, екваторіальний радіус якого 6 378 км, а полярний радіус на 21,38 км менший за екваторіальний. Різниця цих радіусів виникла за рахунок відцентрової сили, створюваної добовим обертанням Землі. Добове обертання земної кулі відбувається з практично постійною кутовою швидкістю з періодом 23 години 56 хв. 4,1 с, тобто одна зоряна

доба, кількість яких у році рівно на одну добу більша, ніж сонячних. Вісь обертання Землі спрямована північним кінцем приблизно на зорю а Малої Ведмедиці, яка через це називається Полярною зорею.

Одна з особливостей Землі - частково збережений дотепер розплавлений стан ядра. Фізичною ознакою наявності рідкого ядра (за сейсмічними даними) і внутрішнього флюїдного запасу є **власне магнітне поле.** Під дією сонячного вітру магнітне поле Землі спотворюється й отримує "шлейф" у напрямку від Сонця, що простягається на сотні тисяч кілометрів.

Наша планета оточена великою атмосферою. Основними газами, що входять до складу нижніх шарів атмосфери, є азот (близько 78%), кисень (близько 21%) і аргон (близько 1%). Інших газів в атмосфері Землі дуже мало, наприклад вуглекислого газу близько 0,03%. Атмосферний тиск на рівні поверхні океану складає за нормальних умов приблизно 0,1 МПа. Припускають, що земна атмосфера сильно змінилася в процесі еволюції: збагатилася киснем і набула сучасного складу в результаті тривалої взаємодії з гірськими породами і за участі біосфери, тобто рослинних і тваринних організмів.

Одним із найважливіших завдань сучасної науки про Землю є вивчення еволюції атмосфери, поверхні й зовнішніх шарів Землі, а також внутрішньої будови її надр. Про внутрішню будову Землі насамперед роблять висновок за особливостями проходження крізь різні шари Землі механічних коливань, що виникають при землетрусах або вибухах. Цінні відомості дають також вимірювання величини теплового потоку, що виходить із надр, результати визначень загальної маси, моменту інерції і полярного стискання нашої планети.

Виходячи із загальної маси Землі $5,977 \cdot 10^{21}$ г, тепло, виділюване за рік у результаті радіоактивного розпаду в надрах, дорівнює $2,3 \cdot 10^{20}$ кал. Річна втрата тепла на сьогодні складає $2,4 \cdot 10^{20}$ кал. Таким чином підтримується приблизна рівність між генерацією і втратою тепла. Оскільки тепло може передаватися тільки від більш нагрітої до менш нагрітої речовини, температура речовини в надрах Землі вища, ніж температура на її поверхні. На основі всього комплексу наукових даних побудована модель внутрішньої будови Землі.

Тверду оболонку Землі називають літосферою. Ця оболонка складається з декількох великих літосферних плит, які повільно переміщуються одна щодо іншої. Уздовж меж "з'єднань" плит відбувається значна частина землетрусів.

Верхній шар літосфери - земна кора, мінерали якої складаються в основному з оксидів силіцію й алюмінію, оксидів феруму і лужних металів. Земна кора має нерівномірну товщину: на континентах - 35-65 км, під океаном - 6-8 км. Верхній шар земної кори складається з осадових порід, нижній - з базальтів. Між ними знаходиться шар гранітів, характерний тільки для континентальної кори. Під корою розташована так звана **мантія**, що має інший хімічний склад і велику густину. Між корою й мантією (поверхня Мохоровича) стрибкоподібно збільшується швидкість поширення сейсмічних

хвиль. На глибині 120-250 км під материками і 60-400 км під океанами залягає шар мантії, що називається астеносферою.

Тут знаходиться речовина в стані, близькому до плавлення, її в'язкість сильно знижена. Усі літосферні плити ніби плавають у напіврідкій астеносфері, як крижини у воді. Товстіші ділянки земної кори, а також ділянки, що складаються, з менш густих порід, піднімаються щодо інших ділянок кори. Одночасно додаткове навантаження на ділянку кори, наприклад, унаслідок нагромадження товстого шару материкових льодів в Антарктиді, призводить до поступового занурення ділянки. Таке явище називається ізостатичним вирівнюванням.

Нижче **астеносфери**, починаючи з глибини близько 410 км, "упакування" атомів у кристалах мінералів ущільнюється під впливом великого тиску. У результаті сейсмічних досліджень був виявлений різкий перехід на глибині близько 2920 км. Тут починається зовнішнє ядро, усередині якого знаходиться ще одне - внутрішнє ядро, радіус якого сягає 1250 км.

Зовнішнє ядро, мабуть, знаходиться в рідкому стані, тому що поперечні хвилі, які не поширюються в рідині, не проходять крізь нього. Внутрішнє ядро, очевидно, тверде. Біля нижньої межі мантії тиск сягає 130 ГПа, температура там не вища 5000 К. У центрі Землі температура, найімовірніше, піднімається вище 10000 К.

Земля має природний супутник - Місяць.

Марс за розташуванням четверта від Сонця планета Сонячної системи. На зоряному небі вона виглядає як немиготлива цятка червоного кольору, яка час від часу значно перевершує за блиском зорі першої величини. Марс періодично підходить до Землі на відстань до 57 млн. км, значно ближче, ніж будь-яка планета, крім Венери.

За діаметром Марс майже вдвічі менший за Землю й Венеру. Планета оточена газовою оболонкою - атмосферою, що має меншу густину, ніж земля. Атмосфера Марса складається з вуглекислого газу (0,95 за об'ємом), азоту (0,027), аргону (0,016), кисню (0,02) і водяної пари (0,01-0,015).

Еліптичність марсіанської орбіти призводить до значних розходжень клімату північної й південної півкуль: у середніх широтах зима холодніша, а літо тепліше, ніж у південних, але коротша, ніж у північних. Максимально висока температура на боці, зверненому до Сонця, -33°C , найнижча - поблизу південного полюса -139°C , поблизу північного полюса -123°C .

З отриманих відомостей про температуру на Марсі пояснювалася і природа полярних шапок, які видно в телескоп як світлі, майже білі плями біля полюсів планети. Коли в північній півкулі Марса настає літо, північна полярна шапка швидко тоне в розмірах, але в цей час росте інша - біля південного полюса, де настає зима. Виявляється, обидві полярні шапки складаються з твердого двоокису карбону, тобто сухого льоду, що утворюється при замерзанні вуглекислого газу, який входить до складу атмосфери, і з водяного льоду з домішкою мінерального пилу.

В атмосфері Марса спостерігаються хмари і присутній більш-менш щільний серпанок із дрібних часток пилу й кристаликів льоду. За відсутності хмар видно, що газова оболонка Марса значно прозоріша, ніж земна, і ультрафіолетові промені, небезпечні для живих організмів, впливають на планету. Сонячна доба на Марсі триває 24 години 39 хв. Марсіанський рік триває близько 686,9 днів.

Поверхня Марса дуже розчленована, на ній є великі каньйони, численні високі уступи й схили. У зразках ґрунту з Марса був виявлений великий вміст окислів силіцію й феруму. Кількість Сульфуру (у вигляді сульфатів) у десятки разів перевищує вміст його у земній корі. На знімках Марса виявлені сліди як Ударно-метеоритної, так і вулканічної активності, а також сліди багатьох процесів руйнування і згладжування рельєфу поверхні, переміщення й відкладення наносів.

У південній півкулі планети збереглася первинна, сильно кратеризована кора на величезних плато, що піднімаються на 2-4 км над умовним нульовим рівнем. У північній півкулі первинна кора представлена фрагментарно, тут переважають накладені вулканічні депресії, розташовані на 1-3 км нижче нульового рівня, і височини з найвищими щитовими вулканами. На знімках поверхні Марса чітко видно "борозни", за формою подібні до русел рік на Землі. Оскільки існування річок на планеті виключається, можна припустити, що ці русла виникли в результаті розтоплювання **підповерхневого водяного льоду** в зонах підвищеного виділення тепла планети.

Марс має два невеликі супутники - Фобос (27 км) і Деймос (15 км). Супутники обертаються синхронно з планетою (у площині її екватора) по кругових орбітах радіусом 6 і 20 тис. км відповідно. За допомогою космічних апаратів встановлено, що супутники мають неправильну форму й у своєму орбітальному положенні залишаються поверненими до планети завжди одним і тим же боком.

Поверхня супутників складається з дуже темних мінералів і вкрита численними кратерами, один із яких (на Фобосі) має поперечник близько 5,3 км. Кратери, найімовірніше, виникли в результаті метеоритного бомбардування, а походження системи рівнобіжних борозен залишається невідомим.

Кутова швидкість орбітального руху Фобоса настільки велика, що він, обганяючи осьове обертання планети, сходить, на відміну від інших світил, на заході, а заходить на сході.

3. Планети-гіганти. Фізичні та орбітальні характеристики.

До планет групи Юпітера належать гігантські флюїдні планети (Юпітер, Уран, Сатурн, Нептун), що мають могутній тепловий запас у своїх надрах

За складом флюїдних оболонок планети групи Юпітера підрозділяються на периферичні з оболонками істотно водного складу (Уран,

Нептун) і водневі планети, що займають внутрішню позицію в Сонячній системі (Юпітер, Сатурн)

Юпітер - за розташуванням п'ята від Сонця і найбільша планета Сонячної системи. Юпітер виглядає як золотий диск, ледь сплюснутий перпендикулярно до полюсів. Ця планета знаходиться від Сонця в 5,2 рази далі, ніж Земля, і витрачає на один оберт по орбіті майже 12 років. Екваторіальний діаметр Юпітера 142 600 км (у 11 разів більший за діаметр Землі). Період обертання Юпітера навколо осі в екваторіальній області складає 9 годин 50 хв., поблизу полюсів - 9 годин 55 хв.

Таким чином, Юпітер, подібно до Сонця, обертається не як тверде тіло, тому що швидкість його обертання неоднакова в різних широтах. Через швидке обертання ця планета має сильне стискання біля полюсів. Маса Юпітера дорівнює 318 масам Землі. Середня густина його речовини близька до густини Сонця - $1,33 \text{ г/см}^3$.

Вісь обертання Юпітера майже перпендикулярна до площини його орбіти (нахил 87°). Флюїдна оболонка Юпітера складається в основному з водню (74%) і гелію (26%), а також метану (0,1%) і невеликої кількості етану, ацетилену, фосфену й водяної пари. Атмосферний шар має товщину близько 1000 км.

Планету огортає шар хмар, але всі деталі на поверхні Юпітера постійно змінюють свій вигляд, тому що в цьому шарі відбуваються бурхливі пересування, пов'язані з перенесенням великої кількості енергії. Хмари Юпітера складаються з кристаликів і крапельок аміаку.

Найбільш показовою деталлю планети є Велика Червона Пляма, що спостерігається вже більше 300 років. Це величезне овальне утворення, завбільшки близько $35\,000 \cdot 14\,000$ км, розташоване між Південною тропічною й Південною помірною смугами. Колір її червонуватий, але зазнає змін. Імовірно, Велика Червона Пляма підтримується за рахунок конвективних комірок, через які з надр виноситься до видимої поверхні Юпітера його речовина і внутрішнє тепло.

У 1956 р. було виявлене **радіовипромінювання** Юпітера на хвилі 3 см, що відповідає тепловому випромінюванню з температурою 145 К. За вимірюваннями в інфрачервоному діапазоні температура зовнішніх хмар Юпітера склала 130 К. Уже вірогідно встановлено, що Юпітер випускає тепло, кількість якого більш ніж удвічі перевищує теплову-енергію, одержувану ним від Сонця. Можливо, що тепло виділяється через те, що на планеті-гіганті спостерігається постійне стискання (1 мм на рік).

У центрі планети - величезне залізокам'яне ядро, яким генерується потужне магнітне поле. Магнітне поле планети виявилось складним і складається ніби з двох полів: дипольного (подібного до земного), що простягається до 1,5 млн. км від Юпітера, і недипольного, що займає іншу частину магнітосфери. Напруженість магнітного поля поверхні в 20 разів більша, ніж на Землі. Крім цього, Юпітер ще є й джерелом радіосплесків(різких стрибків потужності випромінювання) на хвилях завдовжки від 4 до 85 м, вони тривають від часток секунди до декількох

хвилин або навіть годин. Тривалі сплески містять у собі цілу серію збурювань, що складаються зі своєрідних шумових бур і гроз. Відповідно до сучасних гіпотез, ці сплески пояснюються плазмовими коливаннями в іоносфері планети.

Юпітер має 63 супутники. Перші 4 супутники відкриті ще Галілеєм (Іо, Європа, Ганімед, Каллісто). Вони, а також внутрішній, найближчий супутник Амальтея рухаються майже в площині екватора планети. За розмірами Іо і Європу можна порівняти з Місяцем, а Ганімед і Каллісто - більші за Меркурій, але за масою значно йому поступаються.

Зовнішні супутники обертаються навколо планети уздовж сильно витягнутих орбіт із великими кутами нахилу до екватора (до 30°). Це маленькі тіла (від 10 до 120 км), очевидно, неправильної форми. Чотири зовнішні супутники Юпітера обертаються навколо планети у зворотному напрямку. В екваторіальній області Юпітер оточений системою кілець. Кільце розташоване на відстані 50 000 км від поверхні планети, його ширина близько 1000 км.

Сатурн - друга за величиною, але й найлегша (із середньою густиною 0,69 г/см³) планета в Сонячній системі. Низька густина пояснюється тим, що планети-гіганти складаються переважно з водню <г гелію. При цьому в надрах Сатурна тиск не досягає настільки високих значень, як на Юпітері, тому густина речовини там менша. Подібно до Юпітера, він обертається навколо своєї осі дуже швидко (із періодом обертання близько 10 годин) і тому помітно сплюснутий.

Спектроскопічні дослідження дозволили знайти в атмосфері Сатурна деякі молекули. У надрах планети міститься потужна теплова енергія, яку вона випромінює (у 2,5 рази більше, ніж одержує від Сонця). Температура поверхні хмар на Сатурні близька до температури плавлення метану (-184°C), тверді частки якого, швидше за все, й містяться в хмарному шарі планети.

Атмосфера за складом подібна до гелієво-водневої атмосфери Юпітера, хоча метану в ній більше, а аміаку менше. У телескоп видно витягнуті Уздовж екватора темні смуги (пояси) і світлі зони, які є менш контрастними, ніж на Юпітері, набагато рідше в них спостерігаються окремі білі й червоні плями. У Сатурна встановлюється могутнє магнітне поле з віссю, що майже збігається з віссю обертання планети. Сатурн складається із залізокам'яного рідкого центрального ядра (приблизно земного розміру), яке оточене флюїдною оболонкою з водню, гелію, метану, аміаку і води.

Сатурн оточений кільцями (завтовшки близько 3 км), які добре видно в телескоп у вигляді "вушок" з обох боків диска планети. Вони були помічені ще в 1610 р. Галілеєм. Площина кілець практично збігається з площиною екватора планети і має постійний нахил до площини орбіти, що дорівнює приблизно 27°.

Кільця Сатурна - одне з найбільш дивних і цікавих утворень у Сонячній системі. Плоска система кілець оперізує планету навколо екватора і ніде не стикається з поверхнею. У кільцях розділяються три основні концентричні зони, розмежовані вузькими щілинами: зовнішнє

кільце А (діаметром близько 275 тис. км), середнє В (найбільш яскраве) і внутрішнє кільце С, відносно прозоре. Найближчі до планети ледь помітні частини внутрішнього кільця позначаються символом D. Виявлене також існування практично прозорого зовнішнього кільця D. Кільця обертаються навколо Сатурна й швидкість руху їхніх внутрішніх шарів більша, ніж зовнішніх.

Кільця Сатурна являють собою пласку систему з безлічі дрібних супутників планети. У Сатурна відомо 62 супутника. **Найбільший супутник - Титан**, він також один із найбільших за розмірами й масою супутників у Сонячній системі. Супутник **Янус** - найближчий до Сатурна, розташований майже впритул до планети. Один із супутників - **Феба** - рухається по орбіті з досить великим ексцентриситетом у зворотному напрямку.

Уран - за розташуванням сьома від Сонця планета, за діаметром (із радіусом 25 650 км) майже вчетверо більша за Землю. Дуже віддалений від Сонця й освітлений порівняно слабо. Середня густина Урана ($1,58 \text{ г/см}^3$) трохи більша, ніж густина Сатурна та Юпітера, хоча речовина в надрах цих гігантів стиснута набагато сильніше, ніж на Урані. У складі атмосфери Урана за спектроскопічними спостереженнями знайдені водень і невелика кількість метану, є, за непрямыми ознаками, відносно велика кількість гелію. Як й інші планети-гіганти, Уран має такий склад, імовірно, майже до самого центру.

Уран дотепер погано вивчений, тому що розглянути його вкрай складно через малі кутові розміри в полі зору телескопа. З цієї ж причини неможливо вивчити і закономірності обертання планети. Очевидно, Уран (на відміну від інших планет) обертається навколо своєї осі, ніби лежачи на боці. Такий нахил екватора створює незвичайні умови освітлення: на полюсах у певний сезон сонячні промені падають майже прямовисно, а полярні день і ніч охоплюють (поперемінно) усю поверхню планети, крім вузької смуги уздовж екватора.

Через те що Уран обертається по орбіті навколо Сонця за 84 роки, то й полярний день на його полюсах триває 42 роки, потім змінюється полярною ніччю такої ж тривалості. Лише в екваторіальному поясі Урана Сонце регулярно сходить і заходить із періодичністю, рівномірною до осьового обертання планети. Навіть у тих ділянках, де Сонце розташоване в зеніті, температура на видимій поверхні хмар складає біля -215°C . За таких температурних умов деякі гази замерзають.

Залізокам'яне ядро Урана за розміром (близько 8000 км) більше порівняно з планетами земної групи. **Генероване магнітне поле** Урана також подібне до земного.

Незвичайною особливістю Урана є система кілець, віддаленість яких від планети складає від 1,6 до 1,85 радіуса Урана. Вузькі кільця, що виглядають як "ниткові" утворення, складаються з безлічі окремих непрозорих і, очевидно, дуже темних часток. В області кілець знаходиться ціла система радіаційних поясів, заповнених частинками високих енергій, які схожі на земні радіаційні пояси, але відрізняються високим рівнем радіації.

Уран має 27 супутників, що обертаються по орбітах, площини яких практично збігаються між собою. Уся система загалом відрізняється надзвичайним нахилом - її площина майже перпендикулярна до середньої площини всіх планетних орбіт.

Нептун - восьма за рахунком планета Сонячної системи і близький аналог Урана, що має ледь більшу масу і трохи менший радіус. Середня віддаленість Нептуна від Сонця - 4,5 млрд. км, період обертання по орбіті - 164 роки і 288 днів. Екваторіальний діаметр Нептуна складає 50 200 км; середня густина - 2,30 г/см³.

Характеристики Нептуна типові для планет-гігантів, які складаються головню з водню й гелію з домішкою сполук інших хімічних елементів. Нептун має важке ядро, що містить силікати, метали й інші елементи, що входять до складу земної групи. **Флюїдна (в основному водна) оболонка атмосфери** складається з водню, гелію й метану.

Нептун має сильне магнітне поле, вісь якого, як і Урана, нахилена приблизно на 50° до осі обертання і зміщена від центру планети приблизно на 10 000 км. На відміну від спокійної замерзаючої поверхні Урана на поверхні Нептуна панують сильні вітри, що викликають шторми з могутніх струменів газів, які піднімаються з надр планети. Деталі поверхні Нептуна розрізнити дуже важко.

Нептун має 14 супутників. Найбільший - Тритон - за розмірами й масою більший за Місяць, має зворотний напрямок орбітального руху. Другий супутник - **Нереїда** - на відміну від першого, дуже невеликий, має сильно витягнуту орбіту. Відстань від супутника до планети змінюється в межах від 1,5 до 9,6 млн. км. Напрямок орбітального руху прямий.

Плутон –(до 2004 р. вважався дев'ятою планетою Сонячної системи), найбільш віддалена від Сонця (39,5 а. о.) точка. Плутон робить оберт по орбіті дуже повільно - за 247,7 років. Орбіта має незвичайно великий нахил (17°) до площини екліптики, і витягнута настільки, що в перигелії Плутон підходить до Сонця на меншу відстань, ніж Нептун.

Вивчати Плутон дуже складно через значну віддаленість від Сонця і слабку освітленість. Діаметр Плутона приблизно 3 тис. км. Поверхня Плутона, що нагрівається Сонцем до -220°С, навіть у найменш холодних полуденних ділянках вкрита, очевидно, снігом із замерзлого метану.

Атмосфера планети розріджена і складається з газоподібного метану з можливою домішкою інертних газів. Блиск Плутона змінюється з періодом обертання 6 діб 9 годин. Відносно недавно з'ясувалося, що ця ж періодичність відповідає орбітальному рухові супутника Плутона - Харона. Супутник відносно яскравий, але розташований настільки близько до планети, що його зображення на фотознімках зливається із зображенням Плутона і він виглядає як "горб" планети. Харон, як і Плутон, являє собою скупчення кометної речовини, тобто суміші льоду й пилу.

Вдалося обчислити масу системи "Плутон-Супутник": 1,7% маси Землі. Майже уся вона зосереджена в Плутоні, тому що діаметр супутника, судячи з блиску, малий у порівнянні з діаметром планети. Середня густина Плутона

складає приблизно $0,7-1,12 \text{ г/см}^3$. Така мала густина означає, що Плутон складається переважно з легких хімічних елементів і сполук, тобто його склад подібний до складу планет-гігантів і їхніх супутників.

Відеоматеріали:

<https://youtu.be/uZj1WWnN-s0>