

## 2.1. Будова Сонячної системи

Центром Сонячної системи є Сонце, що знаходиться в межах однієї з спіральних гілок великого скупчення зірок, яке називається Галактикою Молочного Шляху. Діаметр нашої Галактики становить біля 100 тис. світлових років (*світловий рік* – це відстань, яку світло проходить протягом одного року і рівна приблизно  $9,6 \cdot 10^{12}$  км). До складу Галактики входить біля 100 мільярдів зірок і Сонце, яке розташоване ближче до центру Молочного Шляху та обертається разом з іншими зірками навколо центру Галактики. Період обертання складає біля 200 млн. років.

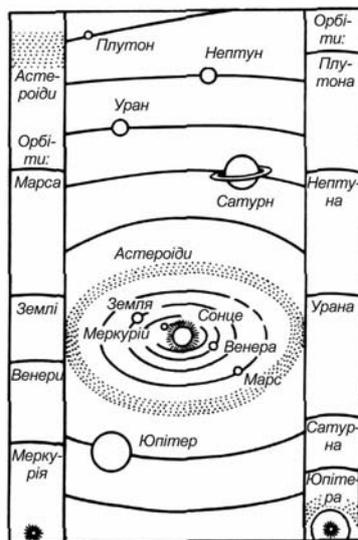
**Сонце** — це розжарена плазмова куля, яка знаходиться на середній стадії зоряної еволюції. Температура в його середині досягає  $10 \cdot 10^6$ - $15 \cdot 10^6$  градусів за Кельвіном і підтримується за рахунок енергії, що виділяється при ядерних реакціях. Сучасна наука свідчить, що Сонце складається на 70% з водню та 27% з гелію, сума інших хімічних елементів становить лише 2,5%. Зовнішня оболонка Сонця називається **сонячною короною** (рис. 2.1). В її межах температура досягає  $10^6$ - $10^7$  градусів за Кельвіном. Характерною особливістю корони є те, що вона випромінює потік іонізованих частинок, які утворюють так

званий *сонячний вітер*, і забирають з собою значну частину енергії Сонця.

Загальна протяжність Сонячної системи становить біля 40 астрономічних одиниць (*астрономічна одиниця — це середня відстань від Землі до Сонця, рівна 149500000 км*). Довкола Сонця обертається ще дев'ять планет: Меркурій, Венера, Земля, Марс, Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун і Плутон. За масою, щільністю та іншими параметрами вони поділяються на дві групи: *внутрішні*, або планети земної групи, до якої входять Меркурій, Венера, Земля та



*Рис. 2.1. Сонячна корона, зафіксована під час повного затемнення Сонця*



*Рис. 2.2. Схема будови Сонячної системи*

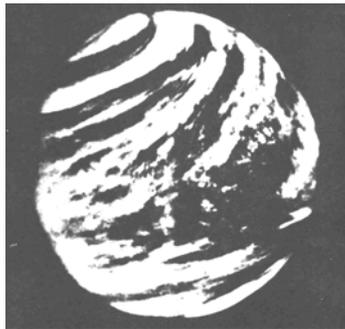
Марс, і *зовнішні*, або планети-велити – Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун і Плутон. Між першою та другою групами планет знаходиться так званий пояс астероїдів (рис. 2.2).

Внутрішні планети характеризуються незначними розмірами, високою щільністю, малою швидкістю обертання навколо осі та невеликою масою (табл. 2.1). Першою від Сонця серед планет цієї групи є **Меркурій** (рис. 2.3). Його поверхня (дані американської автоматичної міжпланетної станції “Марінер-10”) пориста та покрита кратерами; спостерігаються також крупні

лінійні структури, приурочені до розломів. Ця планета володіє сильно розрідженою атмосферою, складеною гелієм, неоном та аргоном. Походження атмосфери пов'язують з активною дією на планету сонячного вітру і, можливо, з дегазацією її твердих оболонок.

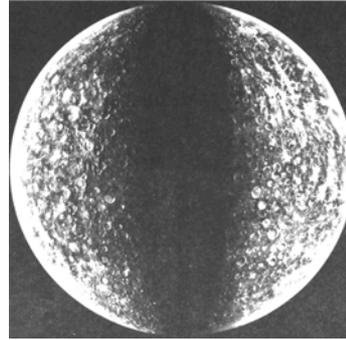
Меркурій характеризується слабким магнітним полем і його поверхня, як найближчої до Сонця планети, протягом дня нагрівається до  $430^{\circ}\text{C}$ , в той час, як на нічній стороні планети температура різко падає до  $-130^{\circ}\text{C}$ .

**Венера** — друга від Сонця і найближча до Землі за розмірами та масою планета (рис.2.4). Вона володіє потужною атмосферою, складеною на 97% вуглекислим газом, у якій у вигляді хмар плавають скупчення крапель сірки і сірчаної кислоти. Така атмосфера створює сильний парниковий ефект, завдяки якому температура поверхні планети досягає  $467^{\circ}\text{C}$ , що і спричиняє випаровування сірки. Тиск на поверхні становить 90 атмосфер.



*Рис. 2.4. Венера*

складають горбисті рівнини та підвищення – “континенти”.



*Рис.2.3. Меркурій*

Рельєф Венери в значній мірі розчленований. Перепади висот досягають  $15,5$  км. Біля  $1/6$  частини поверхні займають пониження, які зіставляються з океанічними басейнами Землі та місячними “морями”. Вони складені базальтовими покривами, вік яких за побічними даними становить  $0,5-1,0$  млрд. років. Іншу частину площі поверхні

Окрім цього, виділяються крупні – (2000 x 2000 км) вулканічні масиви та гірські хребти протяжністю в сотні кілометрів. Вони здіймаються на 7-8 км над середнім рівнем поверхні.

Таблиця 2.1.

**Характеристика планет Сонячної системи**

Планети	Радіус (по відношенню до Землі)	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Маса (по відношенню до маси Землі)	Склад атмосфери	Період обертання навколо осі	Період обертання по орбіті	Кількість супутників	Відстань від Сонця, а.од.*
Меркурій	0,39	5,42	0,04	Ne	59 діб	88 діб	—	0,39
Венера	0,97	5,11	0,81	CO <sub>2</sub>	234 доби	224,7 доби	—	0,72
Земля	1	5,51	1,0	N, O, CO <sub>2</sub> , Ar	23 год., 53 хв.	365, 3 доби	1	1,0
Марс	0,53	3,95	0,11	CO <sub>2</sub> , N, Ar	24 год., 37 хв., 29 сек.	1,9 років	2	1,52
Юпітер	10,95	1,3	316,94	NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub> , H	9 год., 50 хв.	11,86 років	15	5,20
Сатурн	9,02	0,69	94,9	NH <sub>3</sub> , CH <sub>4</sub>	10 год., 14 хв.	29,45 років	16	9,54
Уран	4,00	1,56	14,66	CH <sub>4</sub>	10 год., 49 хв.	84 роки	5	19,19
Нептун	3,92	2,27	17,16	CH <sub>4</sub>	15 год., 40 хв.	164,8 років	2	30,07
Плутон	0,46	4,00	0,7	Ne	6,4 доби	250,6 років	1	39,52

*а.од.\* – астрономічна одиниця, яка дорівнює 149 500 000 км.*

Венера характеризується дуже повільним осьовим обертанням (117 земних діб) і саме цим вчені пояснюють її слабе магнітне поле. Слід також зазначити, що ця планета

обертається в зворотному напрямку по відношенню до свого руху навколо Сонця і обертання інших планет (за винятком Урану).

Наступною планетою від Сонця є **Земля** (рис. 2.5). Вона більша за Венеру, а також характеризується більшою масою та періодом обертання навколо Сонця і набагато більшою швидкістю осьового обертання. Повний оберт навколо Сонця Земля здійснює протягом 365,26 діб, рухаючись по слабо витягнутій еліптичній орбіті, близькій до кола радіусом 149,5 млн. км. Стиснення еліпса називається **ексцентриситетом**,



Рис. 2.5. Земля

величина якого визначається як відношення відстані між центром

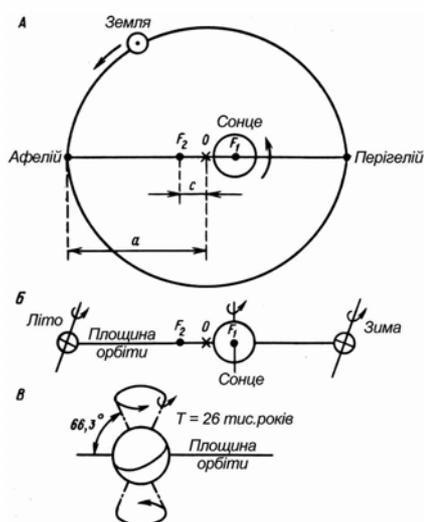


Рис. 2.6. Схема обертання Землі навколо Сонця

А – орбіта Землі; Б – положення осі обертання в афелії та перигелії; В – прецесія земної осі.

еліпса та одним з фокусів ( $c$ ) до довжини великої півосі ( $a$ ) (рис. 2.6). Для Землі  $c$  складає 2,6 млн. км,  $a$  – 149,5 млн. км, а ексцентриситет – 0,017. В найбільш віддаленій точці орбіти – **афелії** – Земля знаходиться більш ніж на 5 млн. км дальше від Сонця, ніж у точці найбільшого наближення до Сонця – **перигелії**. Стиснення земної орбіти не постійне і приблизно через 200 тис. років ексцентриситет орбіти Землі змінюється від 0,003 до 0,078. Такі періодичні зміни

стиснення орбіти Землі є однією з причин коливання середньорічної температури.

Повне обертання навколо своєї осі Земля здійснює за 23 години 56 хвилин і 6 секунд. Вісь обертання утворює з площиною орбіти кут рівний  $66^{\circ}33'$ . Проте ця величина непостійна. З періодом в 26 тис. років вісь Землі здійснює повільне дзигоподібне обертання по конічній поверхні відносно перпендикуляра до площини орбіти (рис. 2.6. В). Ці рухи осі називаються **прецесією**.

Кут нахилу осі обертання Землі обумовлює відмінності кліматичних умов у північній та південній півкулях планети, при цьому ці відмінності періодично компенсуються прецесією. З періодом близько 80 тисяч років кут нахилу осі обертання Землі змінюється від  $63,5^{\circ}$  до  $68,5^{\circ}$ , що спричиняє періодичні зміни кліматичних поясів на планеті.

**Місяць**, як єдиний природний супутник Землі, завдяки досить високому ступеню вивченості серед інших космічних тіл, є важливим об'єктом порівняльно-планетологічних досліджень. Він значно менший за розмірами від нашої планети, характеризується повільним осьовим обертанням (29,5 земних діб), зовсім позбавлений атмосфери. Температура поверхні змінюється від  $+115^{\circ}\text{C}$  на освітленій Сонцем стороні до  $-135^{\circ}\text{C}$  на протилежній. Магнітне поле

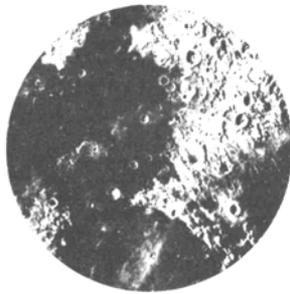


Рис. 2.7. Загальний вигляд Місяця

дуже слабе, але за результатами вивчення зразків місячних порід можна вважати, що в минулому воно було набагато сильнішим. У рельєфі виділяються позитивні та негативні форми, які за аналогією з Землею, називають континентами і морями. Перші займають біля 84% поверхні Місяця і помережені ударними кратерами, які є результатом падіння великих метеоритів (рис.2.7). Місячні моря представлені рівнинами, складеними

покривами базальтів, подібних до земних. Вік місячних порід становить 4,2-3,1 млрд. років. Замикає групу внутрішніх планет онячної системи планета **Марс** (рис. 2.8). Її діаметр приблизно вдвоє менший земного, а маса складає 0,38 маси Землі. Осьове обертання приблизно дорівнює земному і становить 24 години 37,4 хвилини. Марс, подібно до Землі, характеризується нахилом екватора до площини орбіти, що обумовлює на ньому зміни пір року. У зимовий час в полярних областях утворюються снігові шапки, сніг складається з води та вуглекислоти. Проте тривалість сезонів на Марсі вдвічі довша земних оскільки марсіанський рік складає 687 діб. Для цієї планети властива дуже розріджена атмосфера, яка складається на 95% з вуглекислого газу, 0,02% припадає на азот, аргон і кисень, а решту складає водяна пара. Температура поверхні Марса змінюється від -28 до -139 °С, що сприяє широкому поширенню на планеті вічної мерзлоти. Проте, за результатами дешифрування космічних знімків поверхні планети, в рельєфі Марса чітко виділяються форми, які нагадують пересохлі русла, що свідчить про можливе існування в минулому на планеті річок з живою водою. Окрім того на Марсі спостерігається рух повітряних мас, що нагадують земні вітри, які спричиняють великі куряви.

Рельєф Марса характеризується сильною розчленованістю, перепад абсолютних відміток досягає 27 км. Як і на Місяці, на поверхні цієї планети є материки і океани. Вигляд перших визначає велика кількість ударних кратерів, рівнин, скупчень вулканічних споруд, а також гірських масивів, що піднімаються на висоту до 12 км над середнім рівнем поверхні планети. Серед різноманіття рельєфних форм виділяються велетенські рифтові долини, які переходять у каньйони глибиною до 10 км, що приблизно вдвічі-втричі перевищує земні масштаби подібних споруд.



*Рис. 2.8. Марс*

Зовнішні планети, або планети-велити, характеризуються великими розмірами, низькою щільністю, значною масою та високими швидкостями обертання (табл. 2.1), що зумовило їх сильне сплюснення біля полюсів. До цієї групи, як вже зазначалось, входять Юпітер, Сатурн, Уран, Нептун і Плутон.

З планет-велетів найбільш вивченим є **Юпітер** (рис. 2.9), об'єм якого в 1000 разів більший за об'єм Землі, а маса в 300 разів перевищує земну. Згідно з даними автоматичних міжпланетних станцій, Юпітер характеризується наявністю потужної (10-15 тис. км) атмосфери з температурою біля поверхні планети  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Однією з особливостей Юпітера є глибока щільна хмарність широтного простягання, яка повільно впродовж 9-10 років змінює свою форму. Низька щільність планети дозволяє передбачати, що вона на 80% складається з твердих газів, але, мабуть, має мінеральне ядро.



*Рис. 2.9. Юпітер*

Юпітер володіє потужним магнітним полем з полярністю, протилежною полярності земного поля. Окрім цього, встановлено, що він випромінює тепло (вдвічі більше ніж отримує від Сонця) і характеризується значним радіоактивним випромінюванням. Ця планета

має 17 супутників, разом з якими складає невелику планетну систему. Маса супутників близькі до маси Місяця, а один з них, Ганімед, навіть перевищує за масою планету Меркурій. Деякі з супутників володіють власними атмосферами.

Характерною особливістю Юпітера є так звана Червона Пляма, яка має форму еліпса довжиною до 40 тис. км. Вважається, що це гігантське атмосферне завихрення. В його межах виявлена довга жовта хмара, яка рухається проти годинникової стрілки та здійснює повний оберт майже за 6 земних діб.

Другою з планет-велетів є **Сатурн**, довкола якого обертається 16 супутників та 5 своєрідних кілець (рис.2.10). Ця планета, як і Юпітер, має потужну атмосферу, в якій спостерігаються численні завихрення та червоні плями. Одне із завихрень досягає в поперечнику 12 тис. км. Як і Юпітер, Сатурн випромінює теплової енергії втричі більше, ніж отримує від Сонця. Як свідчать результати вивчення Космосу, кільця Сатурна та інших планет-велетів складаються з дрібних (до 10-15 м в діаметрі) твердих кам'яних і крижаних тіл.

З планет-велетів Сонячної системи найменше вивчені **Уран**, **Нептун** і **Плутон**.

Вважається, що ядра цих планет складені кам'яним матеріалом та кригою, а зовнішні оболонки – легкими газами, серед яких переважають водень і гелій з невеликими домішками метану та аміаку. Як і інші планети-велети, Уран, Нептун і Плутон також мають велику кількість супутників.

Між планетами зовнішньої та внутрішньої груп, а точніше між Марсом та Юпітером, знаходиться *пояс астероїдів* (рис. 2.2), який являє собою скупчення малих планет. На сьогодні відкрито біля 2000 астероїдів. Розмір найбільшого з них, відомого під назвою Цецера, складає 1003 км в поперечнику, а діаметр найменших не перевищує 1 км.

Астероїди дещо відрізняються від інших тіл Сонячної системи. Відмінність полягає, по-перше, в тому, що для них характерна неправильна кутасти форма на відміну від планет і їхніх супутників, які мають сфероїдальний вигляд; по-друге, астероїди займають близькі орбіти, розташовані на місці планетарної. Більшість з них рухається по кругових орбітах у тому ж напрямку, що і планети. Площини орбіт астероїдів близькі до площини *екліптики*, тобто площини сонячного



Рис. 2.10. Сатурн

екватора. Вивчення астероїдів дозволило вченим зробити висновок, що вони, вірогідно, є уламками десятої планети Сонячної системи – Фаетона, яка була зруйнована внаслідок космічної катастрофи.

Окрім планет та астероїдів до складу Сонячної системи входять також комети та метеорити.

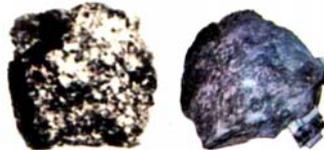
**Комети** – це невеликі космічні тіла, які рухаються по дуже витягнутих еліптичних орбітах, періодично наближаючись до Сонця та віддаляючись від нього за межі орбіти Плутона. Вони складаються зі зцементованого льодом каміння та газів, зокрема аміаку, метану, водню та інших. В цілому, за складом комети близькі до планет-велетів і особливо їх супутників. При наближенні до Сонця вони світяться завдяки віддзеркаленню сонячного світла, а під дією сонячного вітру частина матеріалу випаровується та відштовхується в напрямку Сонця, що призводить до утворення хвостів комет довжиною в мільйони кілометрів (рис.2.11).



*Рис. 2.11. Комета*

**Метеорити** – це кам'яні або залізні заокруглено-кутасті уламки (рис. 2.12), які нерідко падають на поверхню планет, залишаючи слід у вигляді ударних кратерів. У випадку щільної атмосфери планет, прикладом яких може бути Земля або Венера, більшість метеоритів, входячи в атмосферу, від тертя розігріваються та випаровуються, при цьому спостерігається яскраве свічення — це **метеори**.

До складу метеоритів входять, практично, всі відомі на Землі хімічні елементи та їх ізотопи.



*Рис.2.12. Метеорити*

*Хондрит (зліва); кам'яний метеорит (справа).*

В залежності від складу, метеорити поділяються на три групи: **залізні**, **залізо-кам'яні** та **кам'яні** (рис. 2.12). Залізні метеорити окрім заліза містять в своєму складі від 5 до 16% нікелю. Серед залізо-кам'яних метеоритів розрізняють метеорити, які складаються із заліза та домішок силікатів, і метеорити, в складі яких переважають силікати, а залізо знаходиться у вигляді домішок. Найбільш поширеними та різноманітними за складом є кам'яні метеорити: серед них виділяють **хондрити**, **вуглецеві хондрити** та **ахондрити**. Перші складені з агрегатів дрібних силікатних кульок (хондрул) і за хімічним та мінеральним складом близькі до земних мантійних порід. Вуглецеві хондрити характеризуються наявністю складних сполук вуглецю та води. Ахондрити являють собою крупнокристалічні агрегати, близькі за хімічним складом до земних базальтів і ультраосновних порід.

Таким чином, Земля як складова частина Сонячної системи, має багато спільного з іншими космічними тілами і вивчення будови та складу нашої планети дозволяє більш повно пізнавати Космос, а знання законів його розвитку дає можливість робити обґрунтовані висновки стосовно еволюції Землі, що має велике значення для забезпечення життєдіяльності людства в майбутньому.