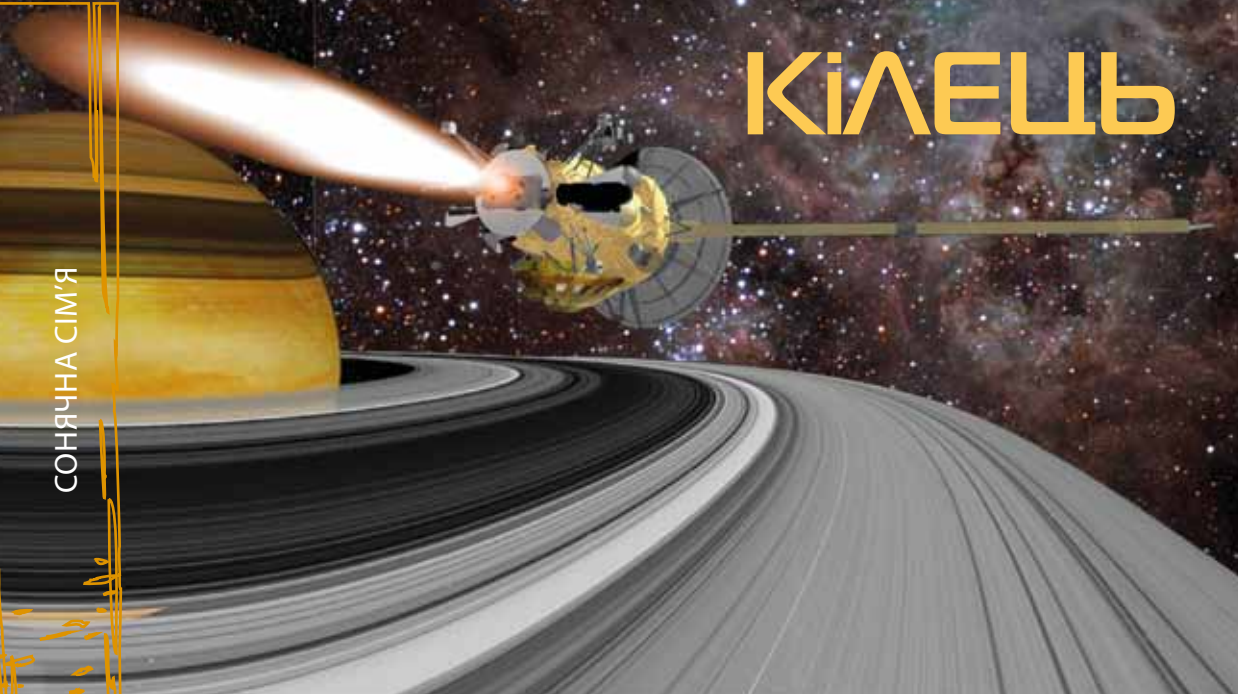


У ПОЛОЇ КІЛЕЦЬ



Мал. 1

ІСТОРІЯ ВІДКРИТТІВ

Сатурн – одна з п'яти планет Сонячної системи, яку люди споконвіку спостерігали на нічному небі. Шоста планета від Сонця і друга за розмірами в Сонячній системі (після Юпітера) планета названа на честь римського бога землеробства Сатурна (у греків – бог часу і долі Кронос, батько Зевса) (мал. 1). Астрономічний символ Сатурна ♄.

У давнину вважали, що всі планети і Місяць (його теж вважали планетою) прикріплені до кришталевих сфер, які обертаються навколо Землі. Середній добовий рух Сатурна найменший, тому згідно з цими уявленнями він знаходиться найдалше від Землі.

Галілео Галілей вперше (1609–1610 рр.) спостерігав Сатурн у телескоп. Щоб побачити кільця Сатурна, необхідний потужніший телескоп діаметром не менше 75 мм. У 1659 році Х. Гюйгенс відкрив плоске кільце (мал. 2), яке охоплює планету, не торкаючись її, та найбільший супутник Сатурна – Титан. Починаючи з 1675 року планету вивчав Кассіні. Він відкрив щілину, що розділяє кільце (її назвали щілиною Кассіні), і декілька великих супутників

Планета Земля



Мал. 2.

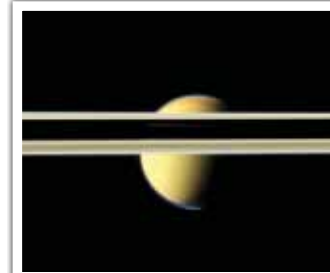
Сатурна (мал. 3): Япет (а), Тефію (б), Діону (в) і Рею (г). Через 130 років У. Гершель відкрив ще два супутники – Мімас (мал. 3д) та Енцелад (мал. 3е). Ще через сто років британські астрономи відкрили Гіперіон (мал. 3є), а У. Пікерінг у 1899 році – Фебу. У 1944 році Джерард Койпер відкрив на Титані (мал. 5) потужну атмосферу.

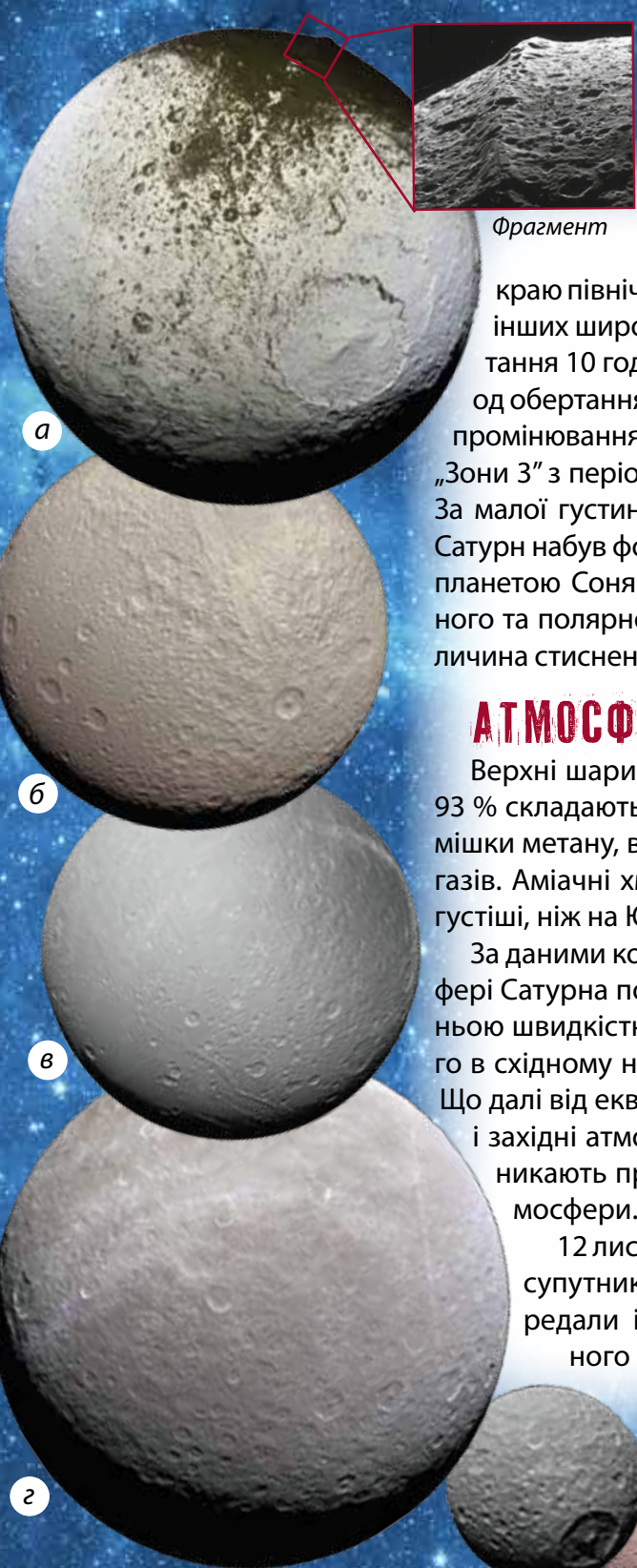
ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХУ

Середня відстань між Сатурном і Сонцем становить 1 433 531 000 км. Це в 9,58 більше, ніж від Землі до Сонця. Тому Сатурн отримує від Сонця в 92 рази менше енергії, ніж Земля. Рухаючись з середньою швидкістю 9,69 км/с, Сатурн здійснює повний оберт навколо Сонця за 10 759 земних діб (приблизно 29,46 земних років). Відстань від Сатурна до Землі змінюється від 1,181 до 1,631 млрд км. Середню відстань від Сатурна до Землі (приблизно 1,305 млрд км) світло долає за 1 год. 12 с.

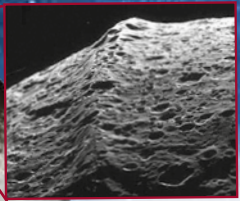
Сатурн належить до газових планет, які не мають твердої поверхні. Екваторіальний радіус планети 60 300 км, полярний – 54 000 км. Планета майже в 9,5 разів більша, ніж Земля (мал. 4) і в 95 разів масивніша. Середня густина Сатурна 690 кг/м³, і це рекорд, адже середня густина інших планет Сонячної системи більша, ніж густина води.

Як і у Юпітера, у Сатурна теж є характерні об'єкти в атмосфері. Вони обертаються з різною швидкістю залежно від широти. Так звана „Зона 1” має період обертання 10 год. 14 хв. 00 с. Вона простягається від північного краю південного екваторіального поясу до південного

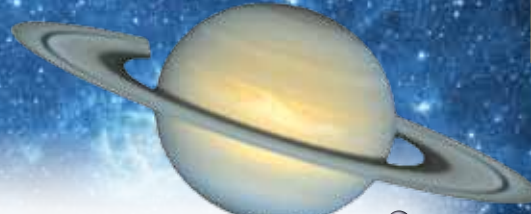




Мал. 3



Фрагмент



Мал. 4. Сатурн і Земля

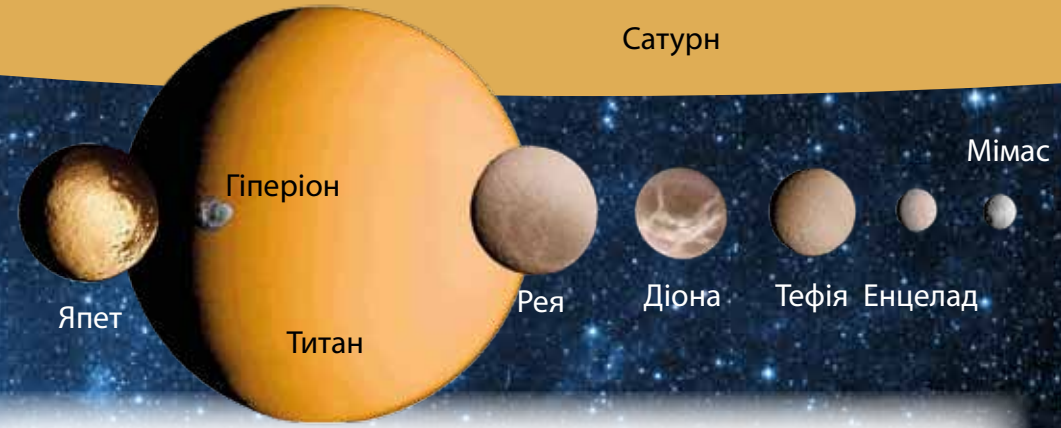
краю північного екваторіального поясу. На всіх інших широтах Сатурна („Зона 2“) період обертання 10 год. 34 хв. 13 с (його прийнято на період обертання планети). Спостереження радіовипромінювання планети передбачають наявність „Зони 3“ з періодом обертання 10 год. 39 хв. 22,5 с. За малої густини та великої швидкості обертання Сатурн набув форми дині і є найбільш „сплющеною“ планетою Сонячної системи: різниця екваторіального та полярного радіусів планети 6 300 км, а величина стиснення – 10,4 % (для Землі – 0,3 %)!

АТМОСФЕРА

Верхні шари атмосфери Сатурна за об'ємом на 93 % складаються з водню і на 7 % – з гелію. Є домішки метану, водяної пари, аміаку і деяких інших газів. Аміачні хмари у верхній частині атмосфери густіші, ніж на Юпітері.

За даними космічних апаратів „Voyager“ у атмосфері Сатурна постійно дмуть сильні вітри з середньою швидкістю 500 м/с (1 800 км/год) здебільшого в східному напрямку (за осьовим обертанням). Що далі від екватора, то вітри слабші, з'являються і західні атмосферні течії. Ймовірно, вітри проникають принаймні на 2 тис. км у глибину атмосфери.

12 листопада 2008 року камери штучного супутника Сатурна – апарата „Cassini“ – передали інфрачервоне зображення полярного саява поблизу північного полюса

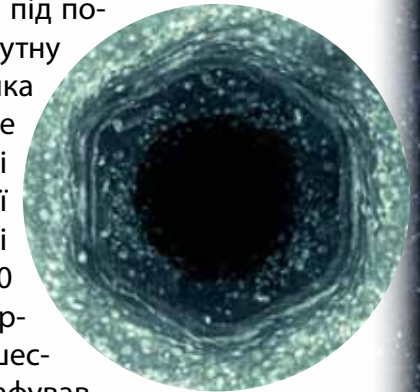


Мал. 5

Сатурна (мал. 8). На Сатурні воно може охоплювати магнітні полюси кільцем (як на Землі і Юпітері), а може покривати весь полюс.

ГЕКСАГОН З ХМАР

Пролітаючи повз Сатурн, „Voyager-1“ виявив під полярним сяйвом гігантський гексагон – шестикутну хмару (мал. 6). Усередині цього шестикутника можуть поміститися чотири Землі! Таке явище ніколи не спостерігали в жодному іншому місці Сонячної системи. Зовнішня межа шестикутної структури з хмар розташована на широті 78°, і кожна її сторона становить приблизно 13 800 км, тобто більша, ніж діаметр Землі. Період обертання гексагону становить 10 год. 39 хв. Дивну шестикутну структуру хмар неодноразово фотографував космічний апарат „Cassini“ у жовтні 2006 року. Ще раніше, за 20 років до цього, її вже фіксував „Voyager-1“! Інколи хмари на Землі теж мають форму неправильного шестикутника, але гексагон на Сатурні майже ідеальний! Пояснити це явище вченим поки що не вдалося, але вони досить точно змоделювали це атмосферне явище.



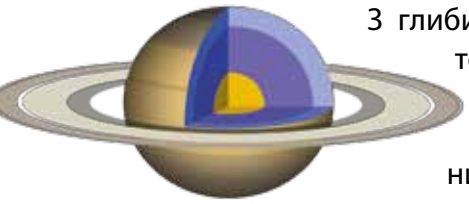
Мал. 6

ВЕЛИКА БІЛА ПЛЯМА

В атмосфері газових планет Сонячної системи іноді з'являються стійкі утворення – прояви надпотужних ураганів. Одним з найзагадковіших та найбільших таких вихорів є Велика біла пляма (мал. 4), що з'являється на Сатурні приблизно раз на 30 років. Велика біла пляма (Великий білий овал) названа за аналогією з Великою червоною плямою на Юпітері. Цей потужний антициклон сягає розмірів Землі, і його видно в телескоп. Востаннє Велику білу пляму спостерігали 1990 року.



ВНУТРІШНЯ БУДОВА ПЛАНЕТИ



Мал. 7

З глибиною в атмосфері Сатурна збільшуються тиск і температура, а водень поступово переходить у рідкий стан. На глибині приблизно 30 тис. км водень стає металевим (тиск сягає чи не 3 мільйони атмосфер!). Циркуляція заряджених частинок у металевому водні створює магнітне поле планети, яке однак слабше, ніж у Юпітера. У центрі планети знаходиться масивне ядро (до 20 земних мас) з важких матеріалів: каменю, заліза і, ймовірно, льоду (мал. 7).

СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

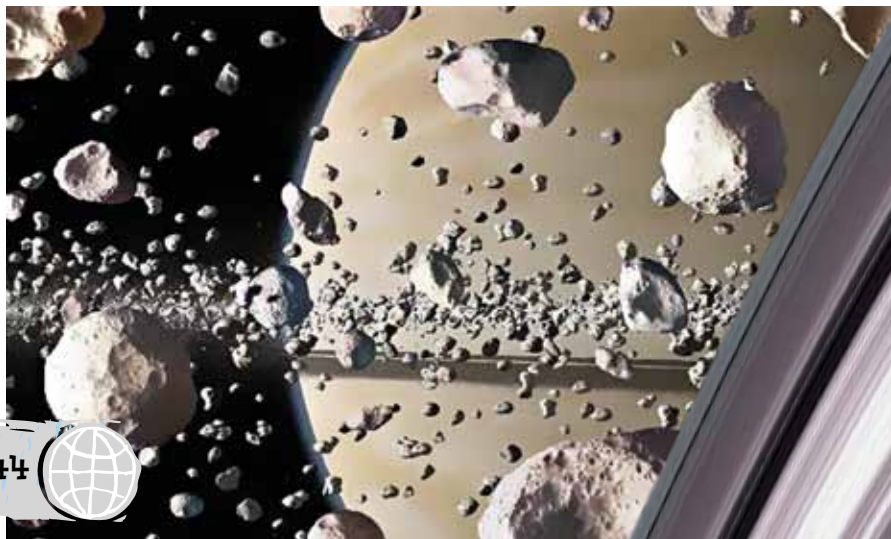


Мал. 8

У 1979 році космічний апарат „Pioneer-11” вперше пролетів поблизу Сатурна (зближення 2 серпня), а 1 вересня досягнув площини кілець. Роздільна здатність зображень планети і деяких її супутників, які надіслав апарат на Землю, виявилася недостатньою, щоб розгледіти деталі поверхні супутників. Апарат також вивчав кільця і виявив тонке F кільце. Дослідження планети тривали до 15 вересня 1979 року, і апарат полетів далі.

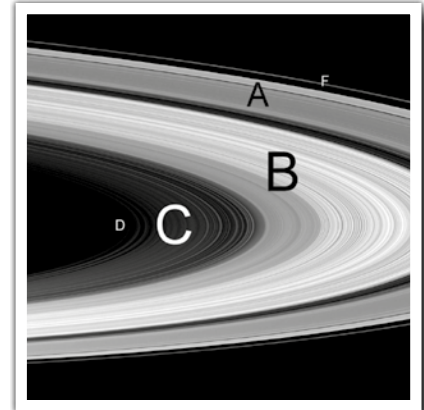
У 1980–1981 роках поблизу Сатурна пройшли космічні апарати наступного покоління, „Voyager-1” і „Voyager-2”.

„Voyager-1” наблизився до планети 13 листопада 1980 року і передав фотографії високої роздільної здатності. Серед них – зображення супутників Сатурна: Титану, Мімаса (мал. 3д), Енце-



лада (мал. 3є), Тефії (мал. 3б), Діони (мал. 3в) та Реї (мал. 3г). Апарат пролетів на відстані всього 6500 км від Титана, зібрав дані про склад його атмосфери та її температурний профіль. Щільна атмосфера Титана не пропускає достатньої кількості світла у видимому діапазоні, тому фотографій деталей його поверхні отримати не вдалося.

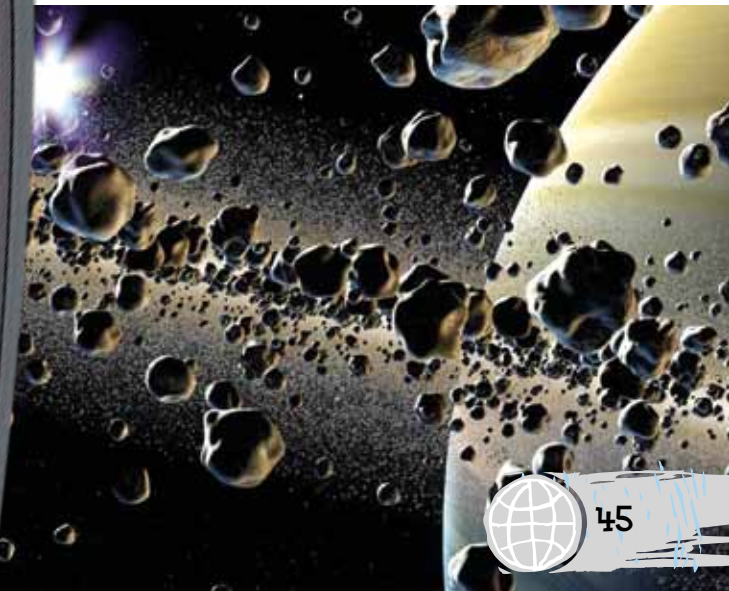
25 серпня 1981 року до Сатурна наблизився „Voyager-2”. Апарат досліджував атмосферу планети за допомогою радара, спостерігав шторми, полярне сяйво, передав дані про температуру та густину атмосфери. Він



Мал. 9

вперше виявив магнітне поле Сатурна та дослідив його магнітосферу, передав детальні знімки структури кілець і з'ясував їхній склад. У кільцях виявили нові щілини, які назвали на честь видатних учених Максвелла і Кілера. Поблизу кілець космічний дослідник відкрив декілька нових супутників, щоправда мізерних за розмірами – 10–20 км у поперечнику.

У 90-х роках довготривалі спостереження Сатурна, його супутників і кілець за допомогою космічного телескопа ім. Хаббла дали чимало нової інформації. Були відкриті нові супутники Сатур-



на, визначена максимальна товщина його кілець, а також їхній мінералогічний склад. З'ясувалося, що система плоских концентричних утворень, розташованих в екваторіальній площині Сатурна, складається переважно з криги і пилу (мал. 9) розміром від мікрометрів до сантиметрів і десятків метрів. Головні кільця приблизно на 99 % складаються з водяного льоду з домішками силікатного пилу. Товщина кілець (приблизно 10 м) надзвичайно мала порівняно з шириною (7–80 тис. км над екватором). Загальна маса кілець оцінюється в 30 квадрильйонів тонн (0,0005 % від маси Землі). 20–21 листопада 1995 року була визначена їхня детальна структура і досліджувались цікаві утворення – „спиці”. Ці світлі й темні смуги, які йдуть поперек кілець, вперше зафіксували апарати серії „Voyager-1”.



Мал. 10

Учені висловили гіпотези щодо впливу електростатичних та гравітаційних сил на формування „спиць”. Можливо, їх збуджують „пастухи” – невеликі природні супутники, які „пасуть” частинки кілець і стримують розсіювання периферійних ділянок. Гравітаційний вплив „пастухів” відхиляє частинки кілець з первісної орбіти і створює нову траєкторію руху. Тому в системі кілець з'являються „прогалини” – щілини або „закручування” у формі кілець. У системі кілець Сатурна є декілька таких супутників. Три з них однозначно „пастухи”: Атлас (кільце А), Прометей і Пандора (кільце F). Під це визначення, мабуть, потрапляють ще п'ять супутників: Дафніс, Пан, Янус, Епіметей і Егеон.

У 1997 році до Сатурна стартував апарат „Cassini-Huygens”. 1 липня 2004 року він досяг системи Сатурна та вийшов на орбіту навколо планети. У червні 2004 року він досяг Феби і надіслав на Землю її знімки високої роздільної здатності. Згодом „Cassini-Huygens” облетів навколо Титана і сфотографував великі озера на поверхні супутника зі значною кількістю

гір та островів. 14 січня 2005 року від апарату відокремився спеціальний зонд „Huygens” і на парашуті спустився на поверхню Титана.

У 2006 році NASA повідомило, що апарат виявив чіткі сліди води, які вивергають гейзери Енцелада (мал. 10). У травні 2011 року вчені NASA заявили, що Енцелад „є найбільш вдалим місцем для життя в Сонячній системі після Землі”. За допомогою фотографій, зроблених „Cassini”, поза яскравою головною областю кілець і всередині кілець G і E були виявлені нові кільця R/2004 S1 і R/2004 S2. За гіпотезою вчених матеріал

для цих кілець утворився внаслідок зіткнення метеорита (комети) і Януса або Епіметея.

У жовтні 2006 року на південному полюсі Сатурна виявлений ураган діаметром 8 000 км.

ПОХОДЖЕННЯ КІЛЕЦЬ

Існує декілька гіпотез щодо походження кілець.

- Усі планети утворюються з пилу і дрібних уламків. Можливо, гравітація Сатурна замала для того, щоб зібрати речовину кілець до купи, але достатня, щоб планета мала кільця.

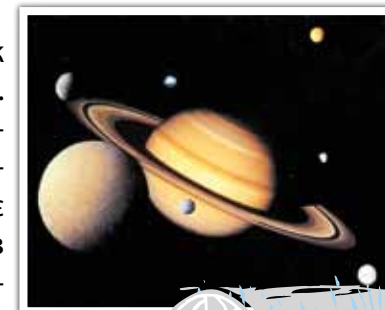
- Внаслідок зіткнення з Сатурном велике небесне тіло розпалося на дрібні уламки, і вони розподілилися на кільцевих орбітах навколо Сатурна. Загалом у системі Сатурна відкрито 9 кілець та 16 щілин.

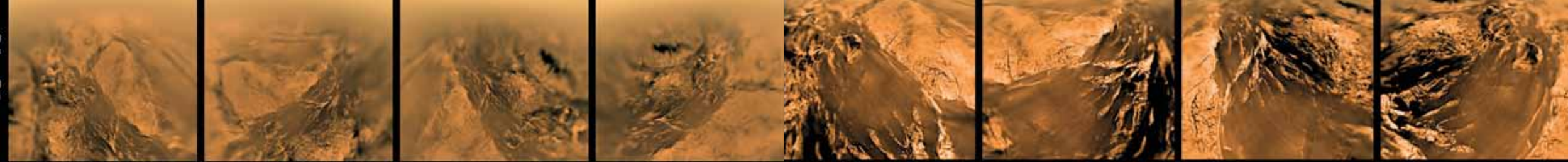
ХТО ВОНИ, СУПУТНИКИ САТУРНА?

У Сатурна є 62 природних супутники, з них 53 мають власні назви. Більшість малих супутників складаються з гірських порід і льоду, на що вказує їхня висока здатність відбивати сонячне світло. Розглянемо деякі цікаві особливості найбільших супутників Сатурна.

Мімас (мал. 3д) має величезний ударний кратер діаметром 130 км, названий на честь першовідкривача супутника Гершеля.

Енцелад (мал. 3е) – шостий за розмірами супутник Сатурна, відкритий у 1789 році Вільямом Гершелем. Орбіта Енцелада знаходиться всередині найщільнішої частини розсіяного кільця E. Супутник обмінюється з кільцем речовиною; ймовірно, кільце E завдячує своїм походженням саме Енцеладу. Енцелад – одне з трьох небесних тіл у зовнішній частині Сонячної сис-





теми (разом із супутником Юпітера Іо і супутником Нептуна Тритоном), на яких спостерігали активні виверження. Можливо, внутрішня частина Енцелада нагрівається внаслідок розпаду радіоактивних елементів.

Япет (мал. 3а). Кассіні помітив, що Япет видно в телескоп лише тоді, коли він знаходиться по один бік від Сатурна – у східній елонгації. Він висловив гіпотезу, що Япет має світлу і темну сторони і завжди обернений до Сатурна однією стороною.

У грудні 2004 року космічний апарат передав нові знімки Япета, на яких видно унікальний гірський хребет вздовж екватора супутника. Його висота сягає 13 км, ширина – 20 км, протяжність – приблизно 1300 км. Завдяки цьому хребту Япет схожий на волоський горіх (мал. 3а, фрагмент). Походження хребта досі не з'ясоване.

Титан (дав.-гр.: Τίτάν) – найбільший супутник Сатурна, другий за величиною супутник у Сонячній системі (після супутника Юпітера Ганімеда). Єдине (крім Землі) тіло Сонячної системи, на поверхні якого доведено існування рідини; єдиний супутник, що має щільну атмосферу.

Так само, як Місяць і багато інших супутників планет у Сонячній системі, Титан завжди повернений до Сатурна однією стороною. Нахил осі обер-

тання Сатурна становить $26,73^\circ$, що забезпечує зміну пір року на планеті і на її супутниках. Кожен сезон триває приблизно 7,5 земних років, оскільки Сатурн робить повний оберт навколо Сонця приблизно впродовж 30 років.

Поверхня Титана здебільшого складається з водяного льоду і осадових органічних речовин. Атмосфера переважно складається з азоту та невеликої кількості метану і етану. Останні утворюють хмари, які є джерелом рідких і, можливо, твердих опадів. На поверхні є метан-етанові озера і річки. Тиск атмосфери поблизу поверхні приблизно в 1,5 рази перевищує тиск земної атмосфери. Температура поблизу поверхні – мінус $70-180^\circ\text{C}$.

Метан та етан є причиною унікального для Сонячної системи антипарникового ефекту, який призводить до зниження температури поверхні супутника на 9°C ! Товста атмосфера не пропускає більшу частину сонячного світла. Посадковий модуль „Huygens” не зміг зареєструвати прямих сонячних променів під час перебування на поверхні супутника. Денне освітлення на Титані нагадує наші сутінки. З поверхні Титана не видно Сатурна. Як має бути прикро тутешнім мешканцям! Щоправда, вони в процесі еволюції могли пристосуватись до таких умов освітлення і бачити Сатурн, наприклад, в інфрачервоних променях. Учені висловлюють гіпотезу про наявність на Титані примітивних форм життя. Однак питання про можливість життя на Титані залишається відкритим і є темою наукових дискусій і досліджень.

