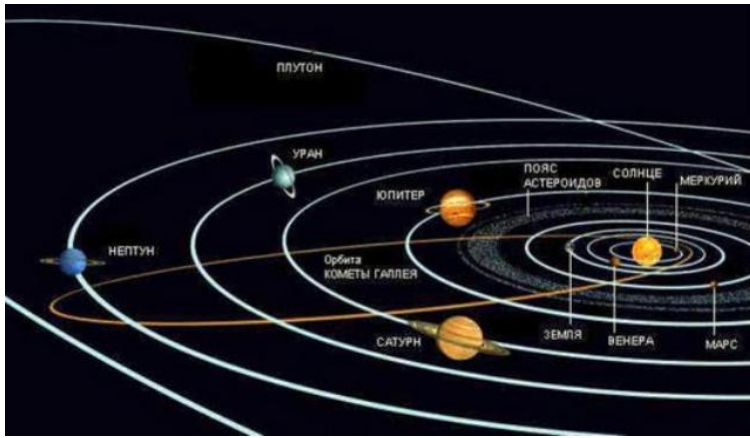


## СОНЯЧНА СИСТЕМА

### Будова Сонячної системи.

Сонячна система - одна з множини різноманітних за розмірами і складністю зоряних систем Нашої Галактики. **До неї входять дев'ять великих планет разом з супутниками, десятки тисяч малих планет - астероїдів, мільйони комет, метеоритна речовина, космічний пил і газ, та єдина зоря - Сонце, навколо якого обертаються всі тіла системи.** Загальний план її будови такий, як і



Нашої Галактики, тобто, всі планети обертаються навколо Сонця по еліптичних орбітах проти годинникової стрілки приблизно в одній площині. У тому самому напрямі вони обертаються навколо своєї осі, за винятком Венери та Урана, обертання яких зворотне. Середня віддаль між планетами закономірно зростає приблизно в два рази.

Однією з перших гіпотез про будову світу була гіпотеза Клавдія Птолемея, відома як геоцентрична система Світу. За цією гіпотезою Земля - нерухома планета, що

знаходиться в центрі світу, а всі інші небесні світила рухаються навколо неї. Це помилкове вчення існувало майже 15 століть, оскільки К. Птолемей користувався неперевершеним авторитетом, проти якого ніхто не наважувався заперечувати.

Вперше правильну схему будови світу дав М. Коперник. Прийшовши до висновку, що Сонце знаходиться в центрі системи, а Земля та інші планети рухаються навколо нього і обертаються навколо своєї осі, він визначив відносну віддаль від планет до Сонця, вичислив періоди їх обертання по орбіті. Так виникла геліоцентрична система Світу.

Вчення М. Коперника про два рухи Землі - орбітальний і обертальний - докорінно змінило попередні погляди про будову світу, змусило переглянути постулати інших наук, зокрема фізики, і звільнитися від застарілих схоластичних традицій, що гальмували розвиток наук.

### Закони руху планет.

Ідею М. Коперника поширювали його послідовники. Серед них найвидатнішими були Джордано Бруно і Галілео Галілей, які зазнали жорстоких тортур збоку церкви. Вдосконалюючи геліоцентричну систему світу Коперника, Йоганн Кеплер відкрив три закони руху планет:

- 1. *Всі планети рухаються по еліптичних орбітах, в одному з фокусів яких, загальному для всіх планет, знаходиться Сонце.***
- 2. *Відрізок прямої, який сполучає планету з Сонцем (Радіус-вектор планети) за рівні проміжки часу описує рівновеликі площі.***
- 3. *Квадрати періодів обертання планет навколо Сонця пропорційні кубам великих півосей їх орбіт, тобто:***

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

де  $T_1$  і  $T_2$  сидеричний період обертання планет;  $a_1$  і  $a_2$ — велика піввісь їх орбіт.

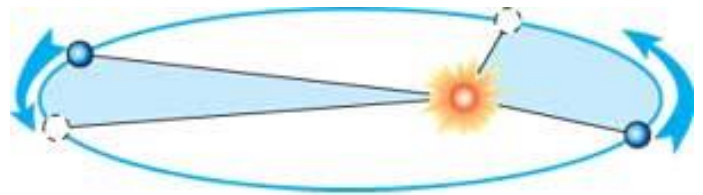
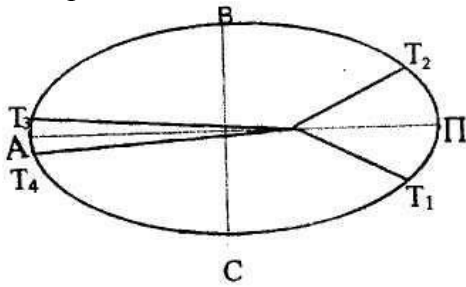
Другий закон показує (мал. 3), що площа  $ST_1T_2$ , яку описав радіус—вектор за проміжок часу  $\Delta t$  біля перигелію, рівна площі  $ST_3T_4$ , описаний радіусом-вектором біля афелію. Оскільки дуга  $T_1T_2$  більша за дугу  $T_3T_4$ , то швидкість руху планет у перигелію більша, ніж у афелію. Отже, рух планет по орбіті нерівномірний - він то прискорюється, то сповільнюється. Третій закон показує залежність швидкості руху планет від їх віддалі до Сонця і пов'язує в єдине ціле всі планети системи.

І. Ньютон, використавши закони руху планет Й. Кеплера, відкрив закон всесвітнього тяжіння, відповідно до якого всі тіла взаємодіють між собою, при цьому сила тяжіння ( $F$ ) пропорційна добутку мас взаємодіючих тіл ( $m_1$  і  $m_2$ ) і обернено пропорційна квадрату віддалі ( $r$ ) між ними:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$$

G— гравітаційна стала



Мал. 3. До пояснення законів Кеплера.

A – афелій; П – перигелій;  
BC – середня віддаль від Сонця.

За цим законом рухом небесних тіл Сонячної системи керує Сонце. Своїм притяганням воно надає тілам деякого прискорення, але й самі тіла, притягуючи його, також надають йому певного прискорення. Якби тіла Сонячної системи притягалися лише Сонцем, то вони рухалися б навколо нього на правильних орбітах відповідно до законів Й. Кеплера. Проте, взаємодіючи між собою, космічні тіла також притягаються, тому вони не рухаються точно по еліпсу, параболі чи колу. Відхилення в русі планет від законів Кеплера називають збуреннями. Вони тим більші, чим більша різниця мас взаємодіючих тіл і чим менша віддаль між ними. Комети й астероїди значних збурень у русі планет не викликають, однак планети на рух цих тіл впливають сильно.

### Сонце.

Сонце - центральне тіло Сонячної системи, найближча до нас типова зоря середньої величини, властивості якої значно краще вивчені, ніж будь-якої іншої зорі. Це розжарена плазмова куля, радіус якої  $6,96 \cdot 10^5$  км (у 109 разів більший за радіус Землі), об'єм -  $1,41 \cdot 10^{33}$  см<sup>3</sup>, маса -  $1,99 \cdot 10^{30}$  кг (99,866 % маси всієї Сонячної системи), середня густина - 1410 кг/м<sup>3</sup>, прискорення сили тяжіння біля поверхні 274 м/с<sup>2</sup>. На Сонці виявлено водень, гелій, азот, вуглець, кисень, магній, натрій, залізо та інші елементи, однак переважаючим є водень, який становить близько 90 % усієї маси Сонця, а другий за кількістю атомів - гелій (10 %). Обертається навколо власної осі з різною кутовою швидкістю на широтах. На екваторі повний оберт робить за 24 земних доби і 6 год, а біля полюсів - за 35 діб. Сонце злегка пульсує з середнім періодом 160 хв і амплітудою близько 20 км.



Мал. 4. Схема будови Сонця

Сонце - джерело життя на Землі. Джерело це - в його світловій і тепловій енергії. Температура плазми в центрі Сонця - 15 млн °С, тиск - 100 млрд атм. Навіть на поверхні гази розігріті до 5700-6000 °С. Такі високі температури і тиск підтримуються постійними термоядерними реакціями, за яких водень перетворюється в гелій, і при цьому виділяється величезна кількість енергії. Тому Сонце перебуває в газовогняному стані і випромінює в світовий простір велику кількість тепла. Земля, рухаючись навколо Сонця, перехоплює лише одну двомільярдну частку цього тепла. Проте його достатньо, щоб відбувалися всі процеси і явища в природі та існувало життя на Землі.

Вивільнена в ядрі величезна кількість енергії досягає поверхні Сонця лише через 10 млн років. В процесі переміщення від центра до периферії один вид енергії поглинається і перетворюється в інший. Замість поглинутого гама проміння, випромінюється рентгенівське, замість рентгенівського - ультрафіолетове і, нарешті, видиме та довгохвильове. Частина Сонця, де відбувається передача енергії шляхом поглинання та перевипромінювання, називається зоною

променевої рівноваги (мал. 4). Вона займає оболонку в межах 0,3-0,7 радіуса Сонця. Вище цієї зони тепло передається шляхом конвективного перемішування.

Сонячна атмосфера. Зовнішній шар Сонця, з якого йде випромінювання в навколишній простір, називають сонячною атмосферою. Вона складається з фотосфери, хромосфери й корони.

Фотосфера - нижня частина атмосфери, тонкий шар газу заввишки 200-300 км, що має температуру 5-6 тис °С і тиск близько 10,13 кПа (0,1 атм.). Випромінює стільки тепла, скільки його одержує з внутрішніх шарів Сонця. Потужність випромінювання становить  $3,8 \cdot 10^{26}$  Ват, що відповідає втраті маси Сонця величиною в 4 млн тон.

Хромосфера - шар газів над фотосферою, що простягається на висоту 15-20 тис км. Її видно під час повних сонячних затемнень у вигляді рожевого кільця навколо темного диска Місяця, в якому виділяються яскраві факели і флокули. Вони виникають над сонячними плямами. Факели (нім. Fackel - смолоскип) - яскраві ділянки фотосфери на краю сонячного диска, температура яких вища за температуру навколишнього середовища.

Корона - зовнішня частина атмосфери Сонця. Це розріджена плазма, що складається з позитивно заряджених протонів і вільних електронів, які рухаються в просторі з швидкістю 300-750 км/с і створюють сонячний вітер. Сонячний вітер це не просте рівномірне витікання плазми, а складний вихороподібний потік. Під час сонячних спалахів швидкість елементарних часток сягає 2000 км/с і це сильно впливає на фізичні властивості земної атмосфери та його магнітне поле.

Сонячне випромінювання. Кількість енергії, яку виробляє Сонце, важко уявити. За одну секунду воно випромінює більше енергії, ніж її спожило людство з початку своєї цивілізації. Лише за три доби від нього приходять до нас стільки тепла, скільки можна одержати, спаливши всі земні запаси вугілля, нафти й ліси. Свою енергію Сонце випромінює нерівномірно. Іноді на його поверхні виникають сильні вибухи, які супроводжуються виділенням величезної кількості енергії. 12 листопада 1960 р. такий вибух викинув у простір хмару сонячного водню, поперечник якої був понад 16 млн км, а довжина - 75 млн км.

Сонце випромінює корпускулярну і хвильову енергію. Корпускулярна енергія — це потік електронів і протонів, що створюють сонячний вітер. Хвильове випромінювання, на відміну від корпускулярного, характеризується великою стійкістю у видимому спектрі і значними коливаннями в ультрафіолетовому та інфрачервоному спектрах. Ці коливання, як і коливання корпускулярного випромінювання, залежать від сонячної активності, під якою розуміють сукупність явищ на Сонці, які зумовлюються процесами в його надрах і проявляються у вигляді сонячних плям, факелів, флокулів, волокон, протуберанців.

Сонячні плями - це відносно холодні (1500 °С) темні ділянки, що існують упродовж кількох годин або днів і мають розміри 7-15 тис. км. Плями завжди оточені фотосферними факелами, що існують тривалий час.



Сонячні спалахи - раптові й різкі посилення яскравості окремих ділянок атмосфери Сонця поблизу сонячних плям, що розвиваються. Тривають від кількох хвилин до кількох годин. При цьому підсилюється рентгенівське, ультрафіолетове та корпускулярне випромінювання, а також зароджуються космічні промені. Площі, охоплені ними, досягають кількох млрд км<sup>2</sup>.



Сукупність усіх нестационарних явищ на Сонці (утворення сонячних плям, спалахів, факелів тощо) називають сонячною активністю. Період, протягом якого сонячна активність виявляється найбільше, називають максимумом, а протягом якого її нема або проявляється зовсім мало, називають мінімумом.

Сонячна активність проявляється через певну кількість років, які складають її цикл. В ХІХ ст. було виявлено циклічність - істотну зміну числа плям на Сонці протягом 7,5-16 років при середній тривалості циклу 11,1 року. Проте є ще 22-річний (магнітний) та 80-90-річний (віковий)

цикли. Вважають, що існує більш тривалий цикл — тисячолітній. Причини циклічності очевидно зв'язані з процесами, які відбуваються в підфотосферних шарах Сонця.

Циклічність сонячної активності викликає циклічність явищ у географічній оболонці. В період максимуму в земній атмосфері виникають полярні сніга, магнітні бурі та інші явища.

### Планети Сонячної системи.

Планети — небесні тіла, які рухаються навколо Сонця і світяться відбитим промінням. Вони різні за розмірами й властивостями і мають власний видимий рух на небі. За фізичними властивостями об'єднуються у дві групи, які розділені в просторі кільцем астероїдів. Планети всередині цього кільця (Меркурій, Венера, Земля і Марс), називають внутрішніми, або планетами 'Земної групи'. Вони невеликі за розмірами й масами, мають тверду поверхню, велику густину, повільно обертаються навколо своєї осі і швидко рухаються на орбітах. Мають атмосферу і високу температури поверхні.



Планети, які рухаються за кільцем астероїдів, називаються зовнішніми, або планетами - гігантами (Юпітер, Сатурн, Уран і Нептун). Вони великі за розміром і масою, мають малу густину, швидко обертаються навколо своєї осі, не мають твердої поверхні але мають потужну атмосферу, яка містить водень, гелій та домішки метану й аміаку. Температури на поверхні -100 °С.



Меркурій - найближча до Сонця планета Сонячної системи, що рухається на середній віддалі 57,9 млн км. Менша за Землю в 3 рази, а сонячного тепла одержує в 6,7 раз більше. Сонячна доба становить 176 земних діб, період обертання навколо Сонця - 88 діб. Температура на освітленій частині +420 °С, на затіненій -240 °С. Атмосфера дуже розріджена.

Венера - друга планета, що рухається по коловій орбіті на віддалі 103,2 млн км від Сонця за 225 діб, а навколо своєї осі за 243 доби. Напрямок руху зворотний рухові планет навколо Сонця. Вісь обертання перпендикулярна до орбіти, тому пори року не виражені. Середній радіус Венери 6050 км, маса - 0,9528 маси Землі. Має потужну атмосферу з вуглекислого газу. Температура на поверхні +450-470 °С, атмосферний тиск — 100 кг/см<sup>2</sup>. Венеру спостерігають або увечері після заходу Сонця ("Вечірня зоря") або вранці перед сходом Сонця ("Ранішня зоря").

За Венерою на середній віддалі 149,6 млн км від Сонця розташована планета Земля. Тут ми не будемо давати їй характеристику, оскільки їй присвячується вся книга.

Марс - зовнішня планета земної групи. Середня віддаль від Сонця близько 227,9 млн км. Марсіанський рік становить 678 земних діб, а доба - 24 годин 27 хв. За розмірами в два рази менший за Землю. Має два природні супутники - Фобос і Деймос. Атмосфера розріджена, переважає вуглекислий газ. Є азот і кисень. Її тиск біля поверхні -- 0,5—8 мб. Нахилення осі обертання до площини орбіти під кутом 65° зумовлює нерівномірність дня й ночі на різних широтах та зміну пір року. Температура на поверхні коливається від +13-43 °С до -120 °С. На фотографіях, одержаних з близької віддалі, добре видно багато кратерів, гірських пасом і ущелин типу каньйон, окремі гори заввишки 27 км. На Марсі відмічаються періоди глобальних пилових бурь.

Юпітер - п'ята і найбільша планета Сонячної система. Середня віддаль від Сонця близько 778,3 млн км. Період обертання навколо Сонця 11,9 тропічного року, навколо осі - 9 год 50 хв. Екваторіальний радіус 71398 км, маса  $1,901 \cdot 10^{27}$  кг (удвічі більша за масу всіх інших планет разом узятих). Має 16 природних супутників. Навколо Юпітера виявлено кільце. Поверхня Юпітера закрита суцільним шаром хмар з темних смуг і світлих зон, розташованих паралельно екваторові. В атмосфері є водень, гелій, неон, метан і аміак. Її тиск такий як і на Землі. Гігантський атмосферний вихор (Велика Червона Пляма) утрічі перевищує, розміри Землі. Температура на поверхні Юпітера від -100 °С до -40 °С.

Сатурн - шоста за віддаленням від Сонця планета. Середня віддаль від Сонця близько 1,427 млрд км. Період обертання навколо Сонця 29,5 тропічного року, навколо осі - 10 год 14 хв. Екваторіальний радіус 60100 км, маса  $5,68 \cdot 10^{26}$  кг. Має 10 великих і 12 малих супутників. У площині екватора його оточує світло-сіре кільце складної структури. Упродовж 29,5 років його двічі видно в максимальному розкритті і двічі не видно зовсім. Температура на поверхні Сатурна від -190 °С до -150 °С. Як і на Юпітері, в атмосфері Сатурна виявлено вихор - Червону Пляму.

Уран — сьома за віддаленням від Сонця планета Сонячної системи. Середня віддаль від Сонця близько 2,870 млрд км. Період обертання навколо Сонця 84,013 тропічного року, а навколо осі — 17 год 18 хв. Екваторіальний радіус 26200 км, маса  $8,69 \cdot 10^{25}$  кг. Вісь обертання майже збігається з площиною його орбіти. Температура поверхні близько -220 °С. Має 5 природних супутників. У 1977 році навколо Урану відкрили систему кілець. Атмосфера складається з молекулярного водню і метану.

Нептун — восьма планет Сонячної системи. Середня віддаль від Сонця 4, 499 млрд км, період обертання навколо Сонця 164,8 тропічного року, навколо осі — 18 год 12 хв. Екваторіальний радіус 25230 км, маса становить 17,25 мас Землі. Атмосфера складається з молекулярного водню з невеликими домішками метану. Температура зовнішніх шарів -200 °С. Неозброєним оком Нептун не спостерігається. Має 2 природні супутники.

#### **Карликові планети. Плутон. Астероїди, комети, метеорні тіла.**

Плутон - найдалша планета Сонячної системи, тому слабо вивчена. Середня віддаль від Сонця 5,9089 млрд км, період обертання навколо Сонця 247,7 років, а навколо осі - 6 діб 9 год 17 хв. Радіус Плутона 1500 км, маса  $1,2 \cdot 10^{25}$  кг. За розмірами і масою близький до планет земної групи, за іншими фізичними характеристиками — до планет-гігантів. Має 1 природний супутник

Астероїди, комети, метеорити. Крім планет та їх супутників до Сонячної системи входить значна кількість малих планет - астероїдів. Це невеликі холодні тіла, що мають неправильну форму, обертаються навколо своєї осі і навколо Сонця по еліптичних орбітах. Найбільші астероїди (Церера, Ерос, Паллада, Юнона та інші) мають діаметр від 300 до 1003 км, а найменші з відомих - до 1 км. Орбіти більшості астероїдів лежать між орбітами Марса і Юпітера. Розрахунки показують, що в цьому місці повинна існувати ще одна планета, але вона чомусь не сформувалася або вибухнула. Можливо тут існувала планета Фаєтон з діаметром близько 6000 км - дещо більшим, як у Меркурія і меншим, ніж у Марса. Внаслідок якоїсь космічної катастрофи вона розлетілася на шматки, сформувавши кільце астероїдів. Орбіти цих астероїдів дуже витягнуті і можуть перетинатися з орбітами планет. Серед малих планет є планети з назвами Україна, Київ та ін.

Комети - це нестійкі тіла Сонячної системи, що мають вигляд світлих рухомих об'єктів з туманними обрисами і перебувають під впливом гравітаційного поля Сонця. Мають ядро і хвіст. Ядро - це монолітна брила льоду, з вмержлими в нього твердими частинками. Розміри ядра від сотень метрів до кількох кілометрів. З наближенням до Сонця лід випаровується, а вмержлі в нього тверді частинки й гази розпоршуються, утворюючи навколо ядра голову — газову оболонку з

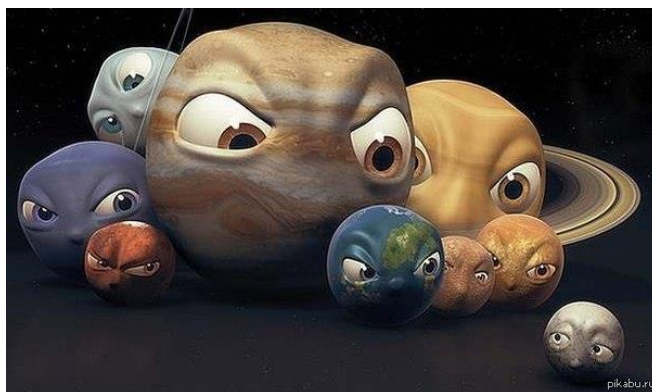
аміаку, метану та вуглекислого газу. Під дією сонячного вітру газ і пил витягуються за кометою на сотні мільйонів кілометрів у вигляді хвоста. Голови деяких комет за розмірами перевищують розміри Сонця, а хвости витягуються на сотні мільярдів кілометрів. Однак маси комет незначні. Більшість комет мають дуже витягнуті еліптичні орбіти. Є комети, що рухаються по параболічних та гіперболічних орбітах. Обігнувши Сонце, деякі з них назавжди покидають Сонячну систему.

З кожним наближенням до Сонця комети втрачають частину речовини і з часом розпадаються, утворюючи метеоритні потоки. Яскравою є комета Галлея, яка рухається навколо Сонця з періодом близько 76 років. Останній раз спостерігалася у 1986 р.

Метеорити — різні за розмірами тверді тіла, що падають на поверхню Землі чи інші планети з міжпланетного простору. Потрапляючи в атмосферу Землі, метеоритні тіла вже на висоті 110-70 км внаслідок зіткнення з повітрям нагріваються до тисяч градусів і починають світитися, залишаючи на небі яскраві сліди. Великі метеори у вигляді вогняних куль, що супроводжуються гуркотом, свистом, сюрчанням називають болидами. Розрізняють метеорити залізні, залізокам'яні і кам'яні. Щороку на Землю випадає більше 2000 метеоритів. На місці падіння великих метеоритів утворюються кратери. Арізонський метеоритний кратер має діаметр 1200 і глибину 200 м.

### Які об'єкти Сонячної системи отримали назву «плутіно» і чому?

Наприкінці 1992 року за орбітою Нептуна вперше був виявлений об'єкт діаметром близько 280 кілометрів, що одержав позначення 1992 QB1. До травня 2001 року було відкрито вже близько 370 транснептунових об'єктів (за траєкторією Нептуна). Серед них виділяється група об'єктів, орбітальні періоди яких близькі орбітальному періоду Плутона (248 років) і співвідносяться з орбітальним періодом Нептуна (165 років) як 3: 2. Це означає, що поки такий об'єкт (як і Плутон) двічі обходить свою орбіту навколо Сонця, Нептун проходить по своїй орбіті тричі. Така синхронізація орбіт дозволяє цим об'єктам (як і Плутона) перетинати орбіту Нептуна, не ризикуючи опинитися до нього надто близько. У зазначеному відношенні ці транснептунові об'єкти є як би молодшими (за розміром) братами Плутона, чому вони і отримали назву «плутіно». Найбільший з відомих у даний час плутіно (2004 DW) відкрито в лютому 2004 року. За оцінками, його діаметр становить 840-1800 кілометрів.



### Найбільші транснептунові об'єкти



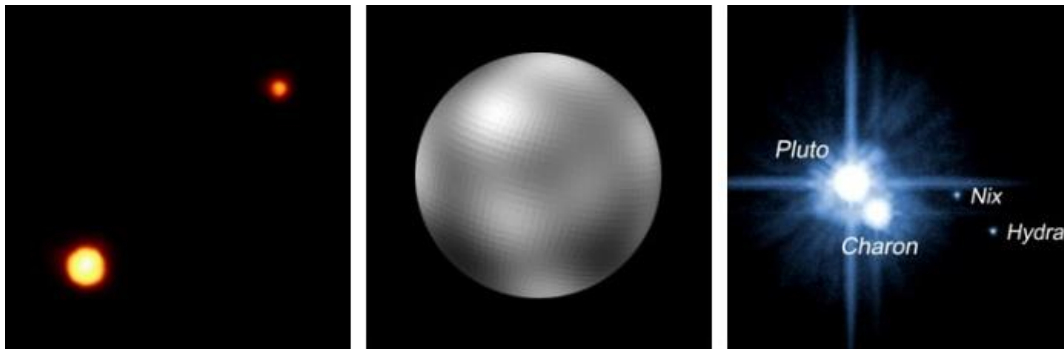
Зараз вчені дають **нове визначення планеті**.

**Планета – це небесне тіло, яке задовольняє 4 умовам:**

1. *Звернення навколо зірки (планети сонячної системи обертаються навколо Сонця);*
2. *Тіло повинно мати сферичну або близьку до сфери форму, а щоб це відбулося, воно повинно володіти достатньою гравітацією.*
3. *Тіло не повинне вважатися зіркою.*
4. *Інших великих тіл поблизу своєї орбіти небесне тіло не повинно мати.*

Після бурхливих дебатів на Генеральній асамблеї Міжнародного астрономічного союзу (МАС) у 2006 році наукова громадськість прийняла нове визначення планет. За новим формулюванням, Плутон виключено зі списку дев'яти великих планет сонячної системи, а його статус понижено до «карликової планети».

Для вивчення Плутона і його супутника Харона була спрямована автоматична міжпланетна станція *New Horizons* («Нові горизонти»). Запуск був здійснено 19 січня 2006, з прольотом у Юпітера в 2007 і прибуттям до Плутона в 2015 році.



### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ**

1. Що таке Сонячна система?;
2. Назвіть склад сонячної системи;
3. Які основні закони руху планет навколо Сонця?;
4. Чому Плутон не планета?;
5. Яка найближча зірка до нашої планети?;
6. Дайте коротку характеристику кожному об'єкту Сонячної системи;
7. Яка планета найближча до СОНЦЯ?;
8. Що знаходиться між МАРСОМ і ЮПІТЕРОМ?;
9. Планета, покрита в основному водою?;
10. Найближче до нас небесне тіло?;
11. Яка планета могла б плавати у воді?;
12. Які об'єкти називають транснептуновими?;
13. Які об'єкти Сонячної системи отримали назву «плутіно» і чому?;
14. Яка планета має кільця?.