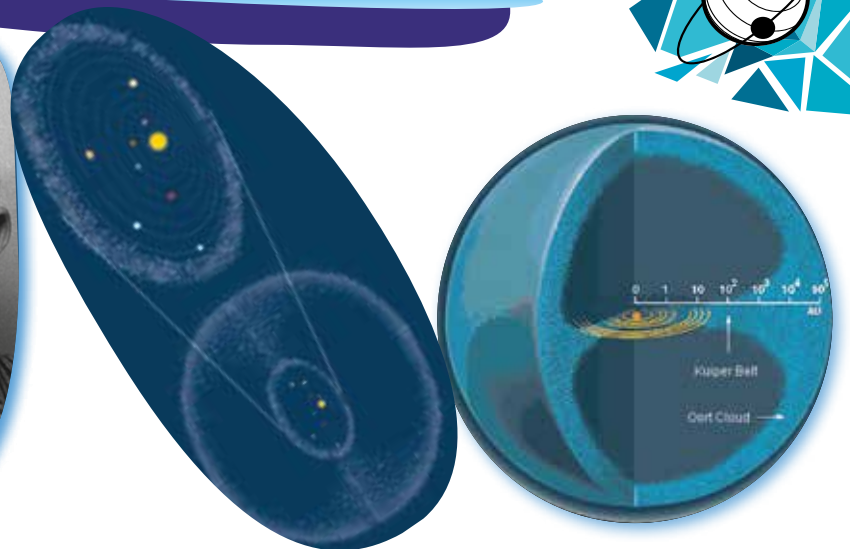


# ЯК ОДНЕ ПРАВИЛО „ЗНАЙШЛО” ДВА ПОЯСИ

## ЧАСТИНА 2

### Історія відкриття поясу Койпера

У попередній статті<sup>1</sup> ми розповідали про емпіричне правило Тіциуса-Боде, яке з великою точністю передбачає радіуси орбіт усіх планет Сонячної системи від Меркурія до Урана. Щоправда, це правило дає „збій” у передбаченні радіуса орбіти Нептуна, зате воно майже точно „вгадує” величину радіуса центральної зони головного поясу астероїдів. Віра у справедливість правила Тіциуса-Боде, попри невдачу з передбаченням радіуса орбіти Нептуна, надихнула американського астронома Персиваля Ловелла на багаторічні (і безуспішні!) пошуки дев'ятої планети. Незважаючи на це, Ловелл до кінця життя вірив у правило Тіциуса-Боде.



У лютому 1930 року Клайд Томбо, молодий співробітник обсерваторії, яку заснував Ловелл, відкрив новий астрономічний об'єкт на відстані, яка з точністю до 2 % співпала з правилом Тіциуса-Боде! Нова планета (а це був Плутон) не вписувалася в групу планет-гігантів, насамперед малими розмірами та великою середньою густиною. А, по-друге, орбіта Плутона мала великий нахил до площини екліптики<sup>2</sup>, характерний для комет та астероїдів. Тому й виникла гіпотеза, що Плутон (як свого часу Церера) – одне з тіл ще одного поясу астероїдів.

Вперше таку ідею висловив у 1930 році американський астроном Фредерік Леонард, а ірландський астроном Кеннет Ессекс Еджворт у 1940-х роках передбачив існування родини крижаних за орбітою Нептуна.

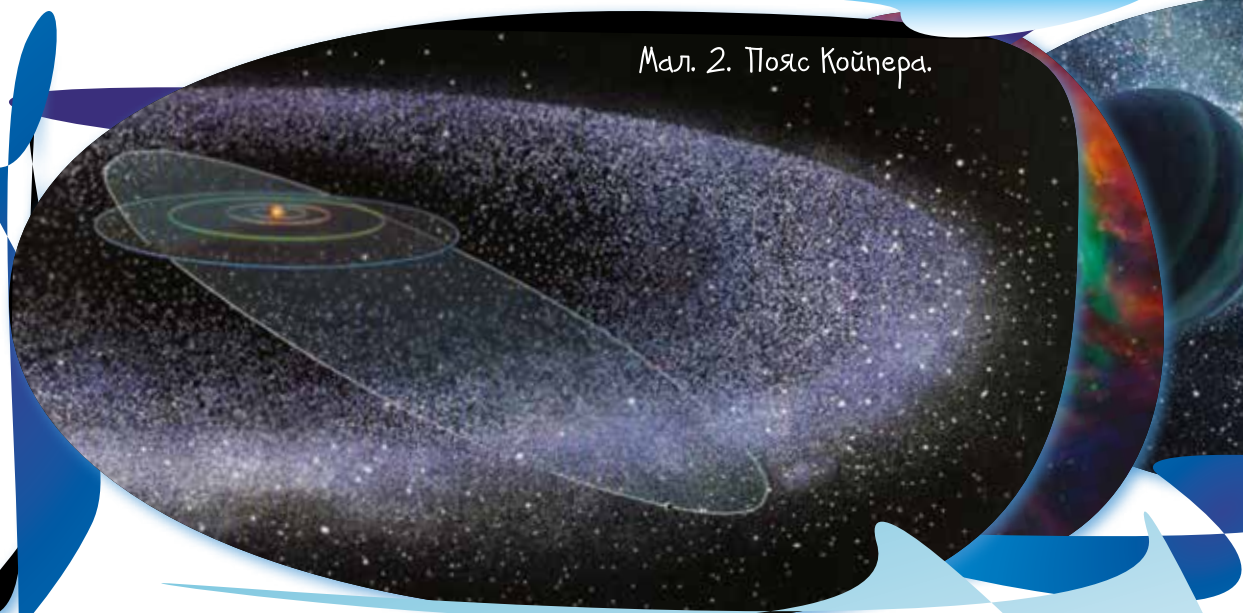
У 1951 році нідерландський і американський астроном Джерард Койпер (Мал. 1) висловив припущення, що пояс невеликих тіл за орбітою Нептуна у формі тороїда<sup>3</sup> існував у минулому, але його розсіяв Плутон, і тепер простір, що безпосередньо прилягає до орбіти цієї планети, майже порожній. Таким чином, гіпотеза Койпера була не на користь існування поясу астероїдів, а, навпаки, стверджувала, що ніякого поясу астероїдів за орбітою Нептуна немає. Тоді Леонард та Еджворт висунули протилежну гіпотезу. І справді, тривалий час (62 роки) у цій області не відкрили жодного об'єкта, окрім Плутона та його супутника Харона відкритий у 1978 році.

<sup>1</sup>Див. „Колосок” № 1/2017.

<sup>2</sup>Екліптика – видимий з Землі шлях Сонця на фоні зоряного неба. Площина екліптики збігається з площиною орбіти Землі.

<sup>3</sup>Тороїд – геометричне тіло, форма якого схожа на бублик.

Мал. 2. Пояс Койпера.



Американський астроном Девід Джуітт та його аспірантка Джейн Лу поставили собі мету – з'ясувати, яка ж гіпотеза правильна. Через 5 років наполегливих пошуків 30 серпня 1992 року вчені оголосили про відкриття небесного тіла (15760) 1992 QB1, орбіта якого пролягала в області поясу Койпера. За шість місяців Джуітт та Лу виявили другого „мешканця” поясу Койпера – (181708) 1993 FW, а у березні 1993 року одного кандидата, потім ще одного... У січні 1996 року було вже відкрито 32 об'єкти поясу Койпера (ОПК), а у січні 2005 року – понад 800. Зараз їхня кількість перевищує 1200. Передбачається, що ще понад 70 000 ОПК з діаметрами понад 100 км поки не виявлені. Таким чином, правило Тіциуса-Бодде „передбачило” існування ще одного поясу – поясу Койпера!

Після цих відкриттів склалася доволі цікава колізія: в порожній, згідно гіпотези Койпера, області насправді є величезна кількість небесних тіл! Отже, справедливою виявилася гіпотеза Леонарда та Еджворта, а не Койпера. Однак на той час за цією ділянкою простору вже прижилася назва „пояс Койпера”. Визнаючи заслуги Еджворта у передбаченні зони крижаних тіл за орбітою Нептуна, астрономи іноді називають цю зону „поясом Койпера-Еджворта”. Зважаючи на таку особливість історії астрономії, Міжнародна Астрономічна Спілка (МАС) рекомендує називати тіла в цій області не об'єктами поясу Койпера, а транснептуновими об'єктами (ТНО). Але ТНО та „об'єкти поясу Койпера” – не синоніми. ТНО – це всі об'єкти за орбітою Нептуна, а не лише ті, що утворюють чітко визначену зону. Ця зона, яку ми за традицією будемо називати



Мал. 3. Схема будови поясу Койпера.

поясом Койпера, простягається за орбітою Нептуна в межах від (4,5–7,5) млрд. км від Сонця. За верхньою межею поясу кількість об'єктів різко зменшується (мал. 2).

Пояс Койпера, як і пояс астероїдів, складається переважно з малих тіл, але він приблизно в 20 разів ширший і в 20–200 разів масивніший, ніж головний пояс астероїдів. На відміну від об'єктів головного поясу астероїдів, які складаються переважно з гірських порід і металів, об'єкти поясу Койпера складаються з легких речовин, таких як метан, аміак і вода. Є гіпотеза, що деякі супутники планет Сонячної системи (наприклад, супутник Нептуна Тритон і супутник Сатурна Феба) виникли в області поясу Койпера, а потім газові гіганти захопили їх.

Плутон – найвідоміший об'єкт поясу Койпера. З 2006 року це небесне тіло – карликова планета. На честь Плутона підгрупу з чотирьох карликових планет, які обертаються за орбітою Нептуна (Макемаке, Хаумеа, Еріс і Плутон), назвали „плутоїдами”. А всіх „мешканців” поясу Койпера астрономи поділили на три великі групи: класичні об'єкти поясу Койпера (КОПК), резонансні об'єкти поясу Койпера (РОПК) та розсіяні об'єкти (диск) поясу Койпера (РДПК) (мал. 3).

### Класичні об'єкти поясу Койпера

МАС досі не надало офіційного визначення класичних об'єктів поясу Койпера. КОПК мають приблизно колові орбіти з невеликим нахилом до площини екліптики; вони розташовані за орбітою Нептуна, не перетинають її (на відміну від Плутона) і не перебувають з цією планетою в орбітальному резонансі<sup>4</sup>. Їх називають ще „кью-

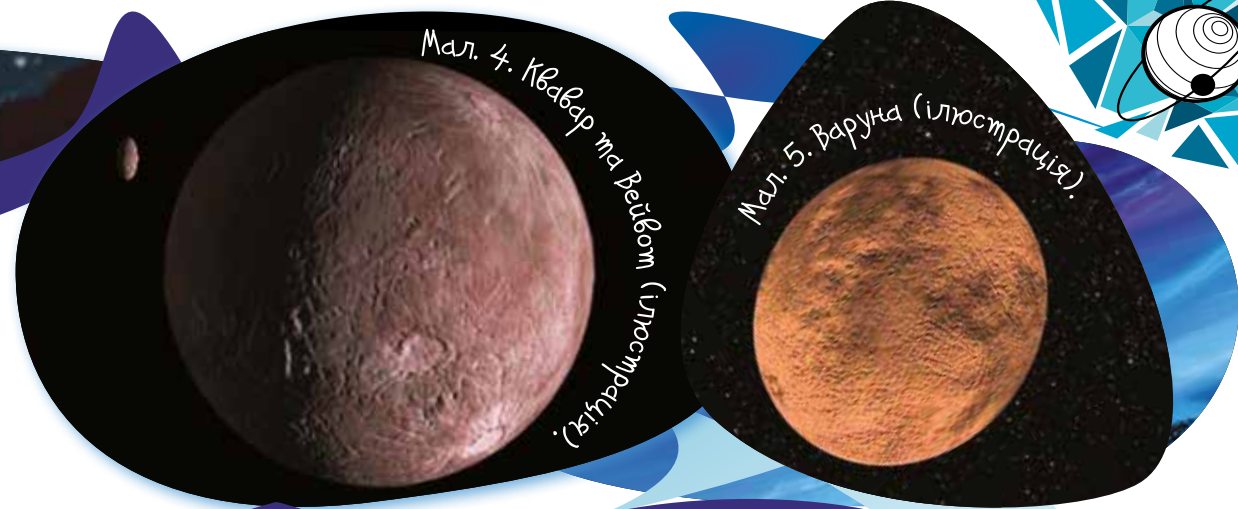
<sup>4</sup>Орбітальний резонанс – явище кратності періодів обертання небесних тіл невеликим за значенням натуральним числом. Резонансні явища виникають внаслідок гравітаційної взаємодії небесних тіл.

бівано" на честь першого (після Плутона) представника поясу Койпера – (15760) 1992 QB1. Буквена частина цієї назви читається як „кью бі ван". На початок 2017 року зафіксовано 817 кьюбівано.

Типовим представником родини кьюбівано є Кварвар. Кварвар (англ.: Quaoar) – один з найбільших об'єктів у поясі Койпера. Кварвар відкрили 4 червня 2002 року група учених під керівництвом Майкла Брауна з Паламарської обсерваторії (Каліфорнія, США). Нове небесне тіло назвали на честь Великої Творчої Сили з міфів індіанського народу тонгва – одного з корінних народів Південної Каліфорнії, де розташована обсерваторія. Розмір Кварвара оцінюють у  $(1260 \pm 190)$  км. Кварвар здійснює один оберт навколо Сонця за 286 років на середній відстані 6,5 млрд. км. У лютому 2007 року у Кварвара відкрили супутник діаметром приблизно 100 км. Вейвот (англ.: Weiwot) обертається навколо Кварвара на відстані 14 500 км і здійснює повний оберт за 12 діб та 10.5 годин (мал. 4).

Один з найбільших представників родини кьюбівано – Варуна (англ.: Varuna). Варуна (мал. 5), названий на честь божества водійського пантеону, Повелителя світових вод і Стража безсмертя. Аналізуючи зміну блиску Варуни, астрономи встановили, що у нього дуже витягнута форма ( $859 \times 453 \times 450$  км), схожа на диню (мал. 5). Це тому, що осьовий період обертання Варуни надзвичайно малий для такого великого об'єкта – 3 години 11 хв., а лінійна швидкість на поверхні поблизу „екватора", навпаки, дуже велика. Варуна обертається навколо Сонця на середній відстані 6 млрд. км і здійснює один оберт навколо нього за 283 роки. Колір поверхні Варуни червонуватий, як у Марса, але, на відміну від Марса, поверхня Варуни поглинає 97 % енергії сонячних променів – краще, ніж попіл!

1 січня 2019 року очікується проліт космічного апарату New Horizons (того самого, який у липні 2015 року досліджував з прольотної траєкторії карликову планету Плутон) неподалік кьюбівано 2014 MU69. За уточненими даними діаметр цього кьюбівано приблизно 45 км, а орбітальний період – 293 роки. Мінімальна відстань між 2014 MU69 та New Horizons за розрахунками вчених становитиме приблизно 100 000 км. Наприкінці січня 2019 року New Horizons дослідить класичний об'єкт поясу Койпера – 2014 OS393 з відстані 15 млн. км, а у березні 2019 року – кьюбівано 2014 PN70 з відстані 20 млн. км. Тож чекаємо на нові захоплюючі відкриття!



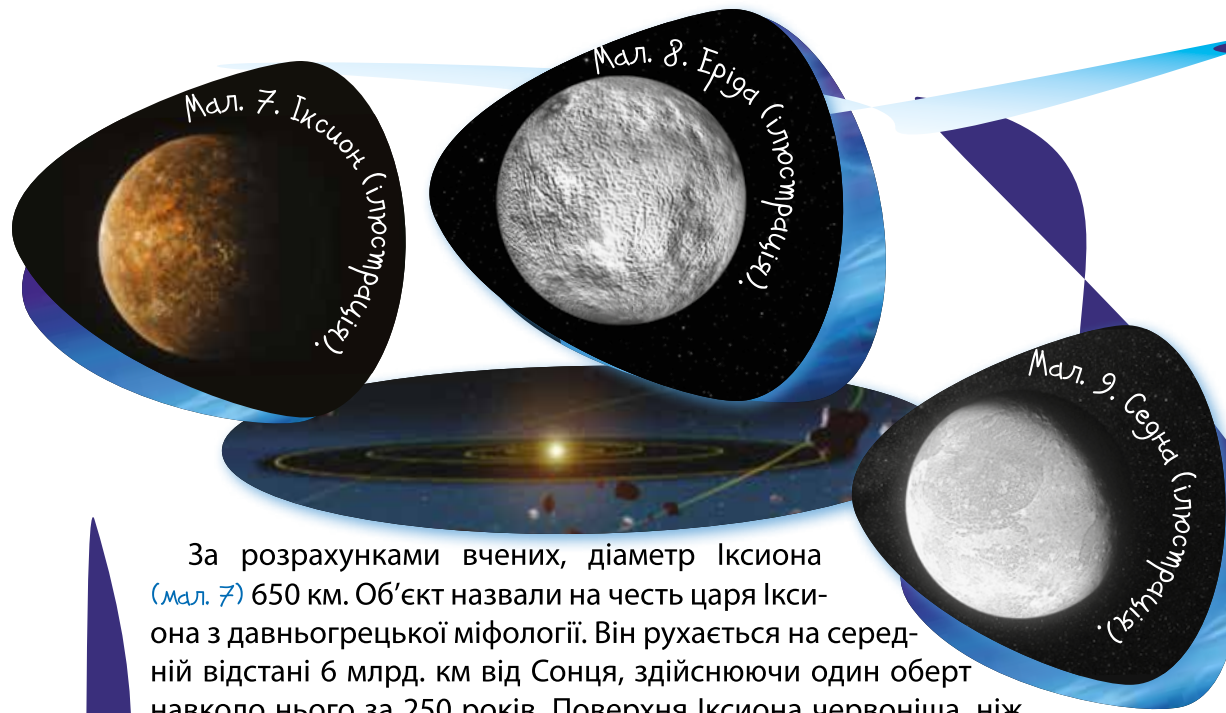
## Резонансні об'єкти поясу Койпера

Резонансні об'єкти поясу Койпера (РОПК) утворюють з Нептуном орбітальні резонанси 1:2, 2:3, 2:5, 3:4, 3:5, 4:5 або 4:7. Ці відношення вказують, скільки обертів навколо Сонця за один і той же час зробить об'єкт (перше число у відношенні) та Нептун (друге число у відношенні). Наприклад, резонанс 4:7 означає, що РОПК зробить 4 оберти навколо Сонця, а Нептун за той самий час – 7 обертів. Знаючи, що період обертання Нептуна навколо Сонця становить 164,8 років, неважко підрахувати, що період обертання РОПК становить 288,4 роки.

Об'єкти з резонансом 2:3 називаються плутіно на честь найвідомішого представника цього класу – Плутона. На кінець 2016 року відкрито приблизно 200 плутіно. За підрахунками, загальна кількість плутіно становить від 10 до 20 % від усіх об'єктів поясу Койпера. У поясі Койпера приблизно 30 000 плутіно діаметром понад 100 км. Деякі плутіно підходять до Сонця ближче, ніж Нептун. Найвідоміші з них – Орк (90482) та Іксион (28978).

Діаметр Орка за розрахунками вчених дорівнює 946 км, що становить майже 40 % діаметра Плутона. Плутіно назвали на честь Орка – бога смерті і підземного царства в етрусській міфології. Цікаво, що Орк завжди знаходиться на протилежному боці своєї орбіти по відношенню до Плутона. Тому Орк іноді називають анти-Плутоном. Орк рухається на середній відстані 5,9 млрд. км від Сонця, здійснюючи один оберт навколо нього за 245 років. У лютому 2007 року відкрили супутник Орка – Вант (мал. 6).





За розрахунками вчених, діаметр Іксиона (мал. 7) 650 км. Об'єкт назвали на честь царя Іксиона з давньогрецької міфології. Він рухається на середній відстані 6 млрд. км від Сонця, здійснюючи один оберт навколо нього за 250 років. Поверхня Іксиона червоніша, ніж у Квавара. У 2014 році у Іксиона помітили ознаки кометної активності. Цей факт переконує нас, що сучасна класифікація об'єктів астероїдної групи та класичних комет далека до завершення.

Об'єкти з резонансом 1:2 називають тутіно. На думку більшості астрономів, тутіно окреслюють межі поясу Койпера.

## Розсіяні об'єкти поясу Койпера

Розсіяні об'єкти поясу Койпера мають великий ексцентриситет орбіти<sup>5</sup>. В афелію<sup>6</sup> вони віддаляються від Сонця на сотні мільярдів кілометрів! Відкрито приблизно 120 таких об'єктів, а загальну їхню кількість оцінюють у 10 000. Деякі астрономи схиляються до думки, що розсіяні об'єкти поясу Койпера насправді не належать до цього поясу, а є представниками окремої популяції об'єктів. Цікаво, що правило Тіциуса-Бодє передбачає положення центральної зони цієї популяції з похибкою, яка не перевищує 10 %.

Внутрішня частина поясу Койпера відносно кругла і нагадує плоский тороїд, а розсіяний диск – набагато більш „пухке” середовище з об'єктами, які мають великі ексцентриситети та нахили орбіт. Походження РДПК досі не з'ясоване. Астрономи схиляються до думки, що він сформувався ще тоді, коли об'єкти поясу Койпера розсіювалися під впливом гравітації зовнішніх планет, насамперед, Нептуна.

<sup>5</sup>Ексцентриситет – число, яке характеризує ступінь стиснення орбіти. Що більший ексцентриситет орбіти, то більше її стиснення. Для колової орбіти ексцентриситет дорівнює нулю.

<sup>6</sup>Афелій – найвіддаленіша точка еліптичної траєкторії небесного тіла від Сонця.

## Kuiper Belt



Порівняльні розміри об'єктів ПК (ілюстрація).  
Scale 1000 km

Найбільші представники РДПК – Еріда та Седна. Еріду, розміри якої більші, ніж у Плутона (мал. 8), відкрили 5 січня 2003 року американські астрономи Браун, Трухільйо і Рабінович. Новому небесному тілу присвоїли тимчасову назву 2003 UB313. Про це довідалися кореспонденти ЗМІ і поспішили повідомити всьому світу новину про відкриття десятої планети Сонячної системи (тоді Плутон ще мав статус планети). „Планету” охрестили Зеною (Ксеною) на честь головної героїні серіалу „Зена – королева воїнів”.

Офіційним рішенням від 13 вересня 2006 року МАС затвердив назву об'єкта 2003 UB313 „Еріда” (грец.: „Eris”) на честь грецької богині розбрату, яку один з першовідкривачів нової „мешканки” поясу Койпера Браун назвав своєю улюбленою богинею. Еріда обертається на середній відстані 10 млрд. 167 млн. км від Сонця. Раз на 558 років вона наближається до нього на мінімальну відстань 5 млрд. 687 млн. км і віддаляється на максимальну відстань 14 млрд. 648 млн. км. Радіус Ериди 1163 км. Еріда – карликова планета, тому детальніша розповідь про неї – у наступній статті.

Седна (мал.9) названа на честь ескімоської богині морських тварин. Її відкрили 14 листопада 2003 року ті ж американські астрономи, які декількома місяцями раніше відкрили Еріду. Седна обертається на середній відстані 81 млрд. 215 млн. км від Сонця! Кожні 11 400 років Седна наближається до Сонця на мінімальну відстань 11 млрд. 447 млн. км і віддаляється на максимальну відстань 150 млрд. 982 млн. км. Цю відстань світло долає за 5 діб 19 годин 50 хвилин, а найшвидший в історії людства космічний апарат „Voyager-1” пролетів би за 290 років! Седна – один з найвіддаленіших відомих об'єктів Сонячної системи (за винятком довгоперіодичних комет). За оцінками вчених, радіус Седни 995 км (з похибкою у 80 км). Наразі Седна наближається до найближчої від Сонця точки своєї орбіти – перигелію, яку вона пройде у 2076 році.

