Олександр Шевчук

Розповідь перша:

Що ж таке планета?

Природі немає діла до визначень. Це людина намагається все „розкласти по поличках". Іноді це легко вдається, але виникають ситуації, коли властивості об'єктів одного типу плавно переходять у властивості об'єктів іншого. Класифікувати нові об'єкти іноді допомагає історична традиція, але нове відкриття завжди напружує, спантеличує дослідника. Наприклад, на Землі ми чітко знаємо, що таке острови і материки. Проблем не виникає, і ніхто не намагається перекласифікувати Гренландію в континент або Антарктиду – в острів. Тепер уявіть, що ви відкрили планету, схожу на Землю. Там теж є „частини суші, з усіх боків оточені водою", великі та малі. Вам потрібно вирішити, де провести межу. Якщо ділянки суші майже не відрізняються за розмірами, то вам доведеться нелегко! В астрономії неодноразово траплялися такі ситуації.

Здається, всі добре розуміють, що таке планета, але дати чітке визначення, яке влаштовує всіх, виявилося непросто... Зовсім недавно Плутон офіційно позбавили статусу планети. Тепер їх у Сонячній системі вісім, і, швидше за все, стільки ж і залишиться. „Збільшуватися" сім'я Сонця буде за рахунок карликових планет, на зразок того ж Плутона. Але чому виникла потреба приймати нові резолюції? І чи не доведеться їх у майбутньому переглядати? Майже напевно можна сказати: доведеться. Останні рішення Міжнародного астрономічного союзу (МАС) стосуються лише Сонячної системи, але ми вже знаємо багато планет біля інших зір. Треба подумати і про них. До того ж, окрім планет Сонячної системи і „звичайних" екзопла-

Родовід планет. Перші відкриття

нет у Всесвіті є велика кількість екзотичних об'єктів*. Тому дати визначення „що таке планета" вельми непросто. Але колись це доведеться зробити.

Сім, п'ять, шість, сім...

Почнемо з того, що були часи, коли Сонце і Місяць вважали планетами. У цьому випадку важлива не назва, а те, що, спостерігаючи за об'єктами на небі, стародавні люди об'єднали в одну групу сім рухомих світил. Недарма днів у тижні – сім, і це число є священним для багатьох народів.

Згодом кількість планет зменшилася до п'яти, а Сонце і Місяць „змінили статус". Потім їх стало шість, бо за планету врешті визнали... Землю. У XVIII столітті був відкритий Уран – сьома планета. На початку XIX століття – Церера. Планет стало вісім. Після відкриття поясу астероїдів Церера (що встигла навіть одержати як планета свій символічний знак, схожий на дзеркало Венери з відколеним шматочком) була виключена з числа планет. Їх знову стало сім. 1846 року був відкритий Нептун, і планет знову стало вісім. І, нарешті, 1930 року Клод Томбо відкрив Плутон...

Дивно, що, не дивлячись на бурхливий прогрес науки, для з'ясування того, що Плутон (як і Церера) належить до великого сімейства об'єктів поясу Койпера, потрібно було навіть більше часу, ніж на аналогічне розуміння у випадку із Церерою в XIX столітті!

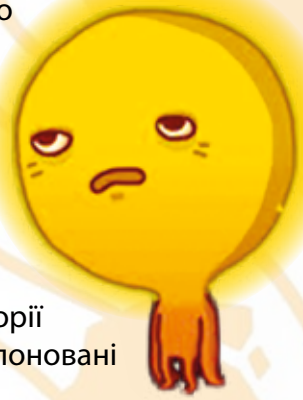
Планети чи ні?

Починаючи з 1992 року астрономи почали відкривати все більше об'єктів за орбітою Нептуна, й одразу ж захвилювалися з приводу статусу Плутона.

***Екзотичні об'єкти – білі карлики, нейтронні зірки, чорні діри тощо.**

У серпні 2006 року, після довгих сумнівів і нарад, Плутон офіційно був „понижений на посаді". Те, що відбулося з Церерою майже двісті років тому, повторилося знову.

Проте з планетами, що обертаються довкола Сонця, людство знайоме вже не одне тисячоліття. І лише в 1992 році було офіційно оголошено про відкриття першої екзопланетної системи. Відтоді – за які-небудь 19 років! – кількість планет, відкритих в околицях інших зірок, наблизилася до шести сотень. І це лише підтверджені відкриття!



Звичайно ж у астрономів відразу виникли запитання: чи всі відкриті об'єкти слід зараховувати до категорії „планети"? Чи не порушують вони визначення, запропоновані вченими для „сонячного сімейства"?

Спроби класифікації

Як і слід було очікувати, навіть за короткий проміжок часу, що минув із моменту відкриття першої екзопланети, перед астрономами з'явився значно ширший спектр параметрів цих об'єктів, ніж спостережуваний у нашій рідній Сонячній системі. Подальші дослідження вимагали проведення деякої первинної класифікації екзопланет, і тут учені вирішили йти за трьома різними напрямами.

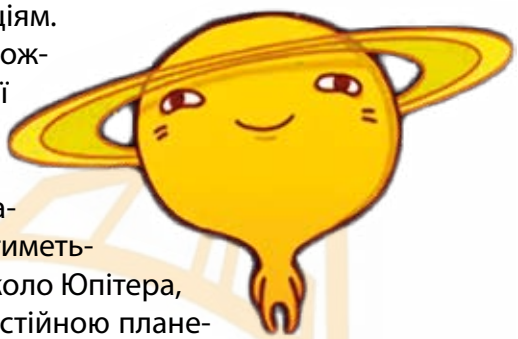
1. В основу класифікації пропонували покласти деякі фізичні характеристики об'єктів, на яких би й базувалося визначення планети.

2. Пропонували класифікувати за параметрами тіла, навкруги якого обертається „кандидат у планети". У такому разі один об'єкт, який має свого „хазяїна" – зірку – вважатиметься планетою, а інший – з тими ж характеристиками, але який не має свого „сонечка" – не буде.

3. Найскладніший спосіб класифікувати екзопланети полягає в тому, що необхідно враховувати обставини, які супроводжували процес утворення об'єкта. Тоді

два однакових тіла, які виникли різними еволюційними шляхами, належатимуть до різних класів: одні до планет, а інші – до зір. Зрозуміло, про шляхи їхнього виникнення ми поки можемо міркувати тільки теоретично.

Багато астрономів вважають, що найкращий спосіб класифікації полягає у застосуванні змішаного класифікатора: краще надавати перевагу різним варіантам або їхнім комбінаціям.



Для обґрунтування кожного способу класифікації можемо привести наступні наочні приклади. Небесне тіло в мільйон разів важче за Землю буде зорею. Якщо об'єкт, навпаки, має розмір великої гори, то він вважатиметься астероїдом. Якби Земля оберталася навколо Юпітера, то її вважали б його супутником, а не самостійною планетою. Нарешті, якщо створити сферу розміром із Землю і синьою фарбою написати на ній „Земля-2", то в кращому випадку ми одержимо „штучну планету", але ніяк не рідну сестру Землі.

Основна характеристика планети – маса?

Із тривіальними ситуаціями все ясно, але також очевидно, що Природа підкидає нам низку складних проміжних випадків.

Розглянемо позитивні та негативні риси першого з вказаних підходів до первинної класифікації екзооб'єктів. Однією з найважливіших фізичних характеристик планет є маса. В достатньо важких тілах густина і тиск у центрі сягає таких великих значень, при досягненні яких у центральних частинах небесних тіл „запускаються" термоядерні реакції. Оскільки у Всесвіті найбільш поширеним хімічним елементом є Водень, то можливе значення маси об'єкта, при до-

сягненні якого в центральних частинах небесних тіл „запускаються" термоядерні реакції, встановлюють саме для реакцій за його участю.

Якщо масу Сонця зменшити приблизно в 12–13 разів (0,08 сонячної маси або 80 мас такої планети як Юпітер), то реакції переходу Водню в Гелій припиняться. Сонце стане коричневим карликом. У таких об'єктах можуть відбуватися термоядерні реакції „згорання" дейтерію (ізотопу Водню, що містить в ядрі, окрім протона, ще один нейтрон). Проте ці реакції припиняються протягом 10–20 мільйонів років. Якщо маса об'єкта менша за 13 мас Юпітера, то термоядерні реакції навіть не починаються. Саме тут зазвичай проводять межу між коричневими карликами і планетами.

А ось із нижньою межею маси об'єкта, який претендує на звання планети, усе складніше. Ніякої „нової фізики" за умови зменшення маси не з'являється. Об'єкти малої маси можуть хіба що зазнавати труднощів із набуттям сферичної форми під дією власної сили тяжіння. Але межа ця достатньо низька і залежить від того, з якого матеріалу об'єкт складається. Для залізно-кам'яних тіл вона відповідає розміру приблизно у 800 км, для крижаних об'єктів – значно менше. Якби ми скористалися поняттям сферичності, то число планет Сонячної системи відразу зросло б у рази (і постійно зростало б за рахунок відкриття нових тіл за межами орбіти карликової планети Плутон – плутіно та плутоїдів). Крім того, спостереження показують, що сферичну форму можна прийняти і без істотної дії гравітації – за рахунок зіткнень, під час яких виділяється достатньо енергії, щоб розплавити об'єкт.

Центральні тіла

Тепер спробуємо врахувати „чинник центрального тіла".

Ясно, що планета не може обертатися навколо іншої планети. З цим проблем не виникає. Неясно, правда, навколо чого вона повинна обертатися. Варіантів – чотири:

- Навколо зорі.
- Навколо коричневого карлика.
- Навколо чогось ще (нейтронної зорі, білого карлика, чорної діри).
- Навколо… нічого!

Згідно зі спостережуваними даними, в природі реалізуються всі чотири ситуації.

Нам відомі „звичні" екзопланети, що обертаються навколо зір. Ми знаємо планети (це об'єкти, які подібні до планет Сонячної системи) біля коричневих карликів. Є планети біля нейтронних зір (радіопульсарів). Нарешті, є „бездомні" планети. Вони просто літають у міжзоряному просторі, вільні від

гравітаційних пут якого-небудь важкого об'єкта. А нещодавно навіть була відкрита подвійна планета без центральної зорі.

У зв'язку з цим виникають запитання: чи слід називати планетою аналог Юпітера, який обертається навколо коричневого карлика? А навколо загального центру мас з іншим „юпітером"? Чи втратить Юпітер планетний статус, якщо в результаті близького прольоту зорі він виявиться відірваним від Сонця і почне вільну подорож Галактикою?

Відповідей поки що немає. Чіткого визначення для таких випадків Міжнародний астрономічний союз не дав.

Бути в гордій самотності

Нарешті, завершуючи розмову про „обставини", розглянемо тонкий момент, що має відношення і до нашої Сонячної системи. Згідно з рішенням МАС, планета повинна бути в гордій самоті, тобто не володіти „свитою" з інших тіл порівнянного розміру, які обертаються навколо центральної зорі по близьких орбітах. Саме через цей пункт Церера і Плутон були позбавлені доступу в „вище планетне суспільство". Так от, виявляється, що цей пункт безпосередньо пов'язаний із масою об'єкта і з його орбітальним періодом. Що більша маса і що коротший період (тобто, що ближче проходить орбіта об'єкта до центрального тіла), то легше масивному тілу „розкидати" своїх сусідів.

Шляхи утворення планет

Багато питань, але і це ще не все. Для більшої ясності слід розглянути заплутане питання пов'язане з історією утворення планет. Ясно, що об'єкти планетних мас можуть утворюватися не лише „традиційним" шляхом (із протопланетного диска, який оточує зорі). Є ще декілька можливих варіантів. Вони приводять до появи планет навколо пульсарів, поодиноких планетоподібних тіл і об'єктів на великих відстанях від центральної зорі. Деякі астрономи вважають, що під „планетами" слід розуміти тільки ті об'єкти, що виникли з протопланетного диска, а інші – негідні цього звання.

Визначення планети буде змінюватися у процесі відкриття нестандартних екзопланет і нових об'єктів у нашій Сонячній системі.

Як усе починалося?

Астрономи ніколи не сумнівалися, що навколо деяких зір, так як і навколо Сонця, обертаються планети. Інакше і бути не могло, адже Сонце не унікальне, а це означає, що й інші подібні йому зорі, або хоча б частина з них, можуть мати свої планетні системи. Але донедавна не було відомо, чи

часто трапляються планетні системи, і наскільки схожі планети, що входять до них, на „мешканців" нашої Сонячної системи. Останнє десятиріччя XX століття подарувало астрономам довгоочікуване відкриття: були знайдені перші планетні системи біля зір різного типу, включаючи навіть нейтронні зорі – радіопульсари. В науці про Всесвіт з'явився новий напрям – вивчення планетних систем інших зір.

Зрозуміло, що тяжіння масивних планет, таких як Сатурн або Юпітер, впливає на зорю сильніше ніж тяжіння невеликих планет, схожих на Землю. Тому в першу чергу вдається знайти „юпітери". Але астрономічна техніка швидко удосконалюється, підвищується точність вимірювань положень і рухів зір, поступово вчені знаходять усе менш масивні планети.

Екзотичні сюрпризи

За нововідкритими космічними тілами закріпилося дві назви: „позасонячні планети" й „екзопланети". Обидві вони, по суті, означають одне і те ж, але термін „екзопланети" можна розшифрувати і як „екзотичні планети". Річ у тому, що більшість нових планет дійсно виявилися вельми незвичайними.

Великим сюрпризом для астрономів стало відкриття групою англійських астрономів у 1991 році у пульсара PSR 1829-10 темного супутника з нижньою межею маси 10,2 мас Землі, який обертається з періодом 184,4 земних діб. Пізніше виявилося, що в цій системі є не одна, а три планети. Відкриття в 1992 році планетної системи у пульсарів PSR B1257+12 та PSR B1620-26, а в 1993 році у пульсара PSR J2322+2057 остаточно переконали астрономів у існуванні планет, що обертаються навколо нейтронних зір. Як виявилося, нижні межі для мас планет становлять приблизно 2 маси Землі, а орбітальні періоди близькі до періоду обертання Меркурія навколо Сонця (88 діб).

Перша екзопланета біля „нормальної" зорі була помічена в 1995 році. Її відкрили астрономи Мішель Майор і Дідьє Квелоц – співробітники Женевської обсерваторії (Швейцарія), що побудували оптичний спектрометр, який вимірює допплерівський зсув ліній із дивовижною точністю – при швидкостях руху джерела сигналу до 13 м/с (про цей спосіб детектування читайте у другій розповіді про екзопланети). В 1994 році вони приступили до систематичних спостережень 142 подібних до Сонця зір і досить швидко зафіксували „похитування" зорі під номером 51, що знаходиться у сузір'ї Пегаса – 51Peg, віддаленої від нас на 50 світлових років. Аналіз руху зорі показав, що коливання відбуваються з періодом 4,23 доби й, очевидно, викликане впливом планети з масою 0,47 $M_{ю}$ (маси Юпітера).

Дивовижне сусідство: зоря – жовтий карлик – майже точна копія нашого Сонця, і поряд з нею скажено мчиться планета-гігант, віддалена від своєї зорі на відстань, яка в 20 разів менша за відстань від Землі до Сонця. Не відразу повірили вчені у свої відкриття. Адже знайдена ними планета через близькість до зорі повинна бути нагрітою до 1 000 К. „Гарячий Юпітер"! Такого не чекав ніхто! Астрономи скептично поставилися до повідомлення Майора і Квелоца. Думали, що за коливання зорі вони прийняли пульсацію її атмосфери. Проте нові спостереження підтвердили відкриття.