



Мал. 1. Велика комета 1577 року

ХВОСТАТІ КРАСУНІ ЗОРЯНОГО НЕБА

Чарівні та загадкові комети, хвостаті красуні зоряного неба... Ними милувались, їх боялися, про них складали пісні та вигадували міфи, їх малювали і від них ховали свої погляди, їх прославляли і ними проклинали. Стільки вигадок, пліток, вірувань та прикмет було висловлено на адресу цих небесних тіл, містичних історій про походження, будову, космічну „біографію"! Хто ж вони насправді? Звідки та чому так раптово з'являються? Куди зникають? Чому у них є хвости, а інколи – навіть декілька? На ці та на багато інших запитань сучасна наука знайшла майже вичерпні відповіді.

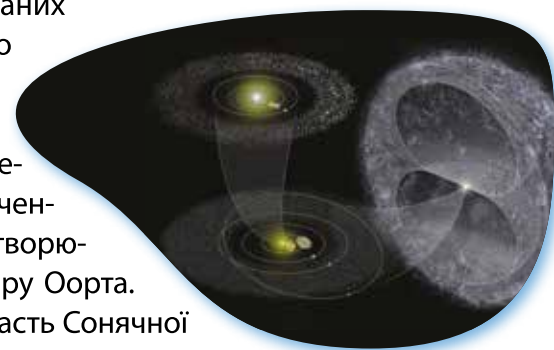
Комети – це невеликі об'єкти Сонячної системи, які рухаються навколо Сонця. У телескоп (а інколи й неозброєним оком) ми бачимо їх у вигляді яскравої плямки з довгим хвостом. Люди здавна вважали, що комети – знамення війни, голоду, епідемії та інших нещастя. У Стародавній Греції комет порівнювали із зорями, у яких розпущене волосся. Звідси й назва цих небесних тіл – від давньогрецького κομήτης, що означає „довговолосий". Приблизно один раз на 10

років ми можемо побачити комету неозброєним оком. Не частіше одного разу протягом 50 років на небі з'являються такі яскраві комети з пишними хвостами, що їх бачать десятки мільйонів людей, іноді навіть вдень. Їх назвали Великими кометами. Звичайні комети називають на честь першовідкривачів, а Великі позначають роком, коли їх спостерігали, наприклад: Велика комета 1577 року (мал. 1).

Походження та будова комет

Існує декілька найбільш обґрунтованих гіпотез щодо походження комет. Згідно однієї з них, комети виникли із залишків речовини, з якої приблизно 5 мільярдів років тому сформувалась Сонячна система. Учені вважають, що величезне скупчення цих залишків – планетозималей – утворюють на околицях Сонячної системи хмару Оорта. Отже, хмара Оорта – це гіпотетична область Сонячної системи, що є джерелом комет з довгим (понад 200 років) періодом обертання. Безпосередні астрономічні спостереження не підтверджують існування хмари Оорта, але висновки з них вказують, що така хмара має існувати. Вперше про це заговорив естонський астроном Ернст Епік у 1932 році, а в 50-х роках минулого століття ідею Епіка теоретично обґрунтував нідерландський астрофізик Ян Оорт, на честь якого й було названо цю ділянку Сонячної системи.

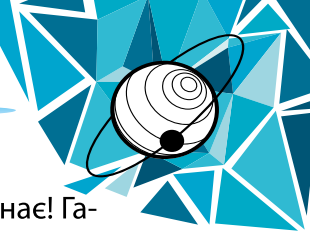
Учені вважають, що відстань від Сонця до зовнішньої межі хмари Оорта становить від 7-ми до 15-ти трильйонів кілометрів. Світло долає її приблизно за рік, і це майже чверть відстані до Проксими Центавра – найближчої до Сонця зорі. Пояс Койпера¹ та розсіяний диск у тисячу разів менші за поперечні розміри хмари Оорта. Хмара Оорта ймовірно містить кілька трильйонів ядер комет, більших за 1,3 км, з середньою відстанню між кометами у кілька десятків мільйонів кілометрів. Деякі вчені вважають, що саме комети в ранню епоху формування планет земної групи занесли на Землю воду й органічні речовини, які й стали зародками життя². Станом на 2017 рік астрономи виявили приблизно 3500 комет. Хмара Оорта найвірогідніше складається з двох підсистем: зовнішньої (сферичної) та внутрішньої (в формі диска) (мал. 2).



Мал. 2. Хмара Оорта

¹Див. „КОЛОСОК" №№ 1, 2/2017.

²Професор Чандра Вікрасасінгх і його колеги астробіологи з університету Кардіфа активно шукають докази теорії панспермії, згідно якої життя зародилося в космосі, можливо, на кометах, астероїдах, а вже потім поширилося на придатні для життя планети нашої Галактики. Останні документальні дані з космічного зонду місії Horizon підтверджують цю теорію.



Мал. 3. Газовий та пиловий хвіст

Мал. 4. Аномальний хвіст у комети

Мал. 5. Комета Хіякутаке



Мал. 6. Комета Ікея-Секі

Астрономи вважають, що об'єкти хмари Оорта сформувалися поблизу Сонця, а вже потім, на ранньому етапі розвитку Сонячної системи, розсіялися під гравітаційним впливом планет-гігантів. Зовнішня частина хмари Оорта (так звана сфера Хілла) є умовною межею Сонячної системи. На неї вже відчутно впливають гравітаційні сили з боку найближчих до Сонця зір і зір Чумацького Шляху – нашої рідної Галактики. Коли ці сили спрямовують комету до центру Сонячної системи, вона набуває більшого блиску, і астрономи фіксують на небі нову комету.

Об'єкти в хмарі Оорта складаються переважно з летких речовин: водяного, аміачного і метанового льоду. Вдалині від Сонця комета – це темне, холодне, крижане тіло, яке називають ядром комети. Ядро деяких комет складається з різних типів льоду, каміння та космічного пилу³, які зцементовує в єдине ціле льодяний покрив комети. Кометний лід – це замерзла вода з домішками різних газів (аміаку, вуглецю, метану та ін.). У центрі ядра є невелике ядечце з різних типів каменю. Маса ядечця становить 90 % від загальної маси комети.

Деякі факти з життя комет

Що ближче комета до Сонця, то більший за нею тягнеться шлейф з летких речовин (які випаровуються з поверхні ядра) та космічного пилу. Під дією Сонця газ світиться, а його молекули та частинки пилу поступово віддаляються від поверхні комети – у комети „виростає” газовий та/або пиловий хвіст (мал. 3). Іноді процес випаровування має вибуховий характер, і потужний струмінь газів та пилу під тиском виривається з поверхні комети в напрямку до Сонця. Такий хвіст називають аномальним (мал. 4). У цей час комета має щонайменше два хвости: один спрямований до Сонця, а інший – у протилежному напрямку. Аномальний хвіст живе недовго: під тиском сонячних променів молекули та частинки пилу гальмуються і відстають від комети. Якщо випаровування вибухоподібне, леткі речовини з поверхні ядра комети майже одночасно розлітаються в різні боки, і в комети може виникнути три, чотири і навіть більше

хвостів. Таких багатохвостих „істот” зоологія не знає! Газова оболонка комети, яка ще не встигла сформуватись у хвіст, утворює атмосферу навколо комети – кому.

У найменших комет розміри ядра сягають до 600 м, найбільше кометне ядро, відоме у науці, мало приблизно 40 км у діаметрі. Пилові та газові хвости комет можуть бути гігантськими. Газовий хвіст комети Хіякутаке (Велика комета 1996 року) простягався на 580 мільйонів кілометрів.

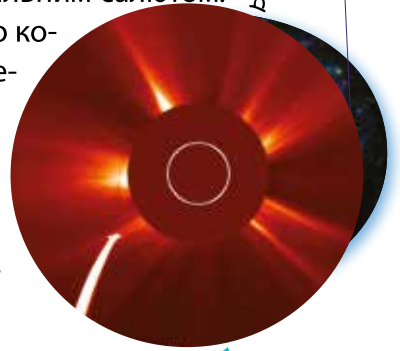
Його довжина майже в чотири рази перевищувала відстань від Землі до Сонця (мал. 5)!

Що далі комета від Сонця, то повільніші процеси випаровування. Зрештою вони припиняються, і разом з хвостом та комою комета втрачає всю свою красу та вишуканість.

Згодом внаслідок багаторазових повернень до Сонця комета поступово втрачає леткі компоненти, її активність з кожним обертом зменшується, і врешті вона... перетворюється на звичайнісінький астероїд. Щоправда, деякі з таких астероїдів раптово „пригадують” своє славне кометне минуле і знову розпушують хвости! Таке перетворення востаннє зареєстрував у грудні 2010 року молодий американський астроном Стівен Ларсон, займаючись пошуками потенційно небезпечних для Землі астероїдів. Він звернув увагу на тьмяний хвіст, що тягнувся за відомим вже понад сто років астероїдом. Відтоді астрономи невпинно спостерігають за цим цікавим об'єктом.

Та не всі комети тихо-мирно змінюють свій статус, перетворюючись на астероїди. Іноді доля комет є трагічною. Деякі з них (поступово або раптово) змінюють параметри своєї орбіти під впливом гравітації планет-гігантів (найчастіше – Юпітера). І тоді комета падає на Сонце або ж на газового гіганта! В першому випадку комети випаровуються і, не долітаючи декілька мільйонів кілометрів до поверхні Сонця, спалахують прощальним салютом. Їх називають „кометами, які шкрябають Сонце” або кометами родини Крейца (мал. 7), Сонце закрите спеціальним диском). Ймовірно, всі комети родини Крейца є залишками однієї величезної комети, яка зруйнувалася декілька століть тому. Деякі її уламки стали Великими кометами. Наприклад, комета Ікея-Секі, чи не найяскравіша комета минулого тисячоліття (мал. 6).

Мал. 7. Комета родини Крейца



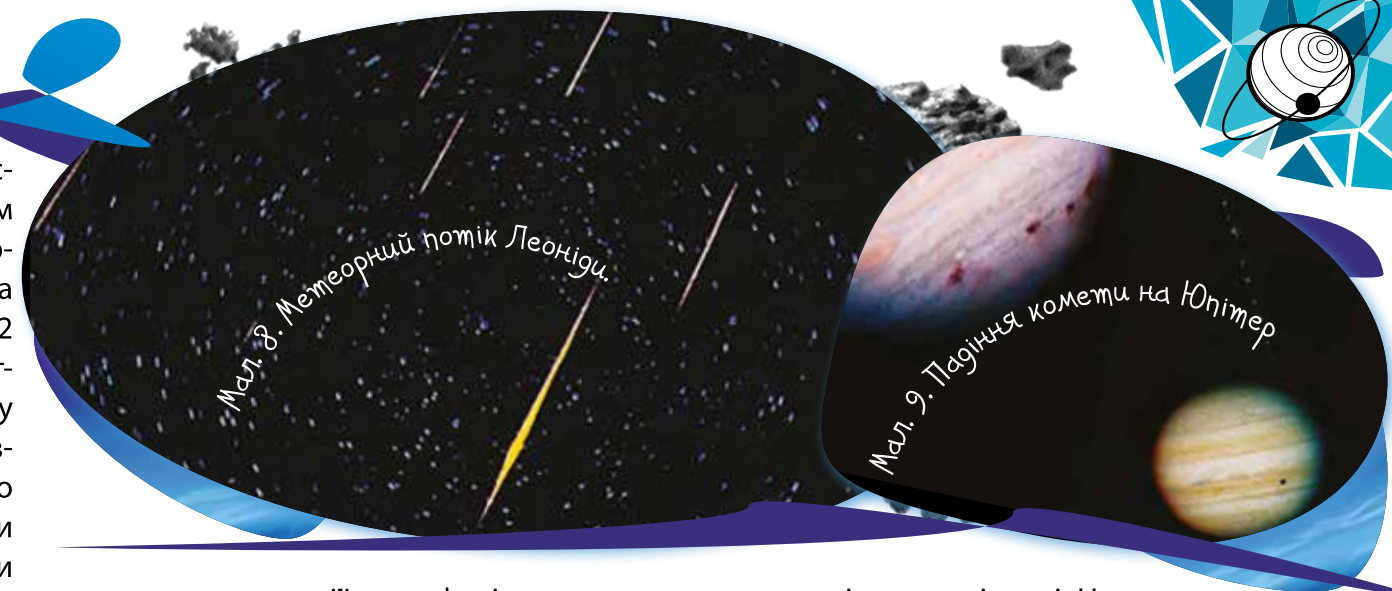
³Див. „Колосок” № 12/2016.

Короткоперіодична комета Шумейкерів-Леві 9 – єдине небесне тіло, падіння якого на Юпітер вдалося зафіксувати астрономам (липень 1994 року). Комету відкрили 24 березня 1993 року в обсерваторії Маунт Паломар подружжя Юджин та Керолін Шумейкери та Девід Леві. Розрахунки орбіти комети показали, що 7 липня 1992 року комета пролетіла на відстані 15 000 км від верхнього шару атмосфери Юпітера, і гравітаційні сили гіганта розірвали бідолашну мандрівницю на шматки розмірами до 10 км. Уламки комети розтягнулись ланцюжком на 200 тисяч кілометрів. Під час чергового наближення до Юпітера в липні 1994 року ці фрагменти комети врізалися в атмосферу Юпітера на швидкості 64 км/с, утворивши в потужній атмосфері Юпітера гігантські вихори та вири, які не „загоювались” ще протягом тижня (мал. 9). Всього зафіксовано 21-не зіткнення уламків комети з Юпітером. Перший фрагмент, увійшовши в атмосферу Юпітера, викликав спалах. Температура в центрі спалаху становила 24 000 °С. Хмара газів піднялася на висоту до 3000 км. Падіння комети передбачили і спостерігали за допомогою наземних телескопів і космічного телескопа ім. Хаббла.

Найбільший з фрагментів комети, зіткнувшись з атмосферою Юпітера, утворив в її товщі темну пляму діаметром 12 000 км – розміром з діаметр Землі. Енергія, яка при цьому виділилась, у 750 разів перевищувала енергію сумарного ядерного потенціалу, накопиченого людством! Страшно уявити, до якої катастрофи призвело б таке падіння на Землю!

Інший фінал очікує на комети, у яких поступово зменшується міцність ядра внаслідок випаровування речовин, які цементують його частини. Врешті така комета руйнується і перетворюється на величезну кількість дрібних уламків – метеороїдів⁴, які розтягуються вздовж її орбіти. Якщо цей рій перетинає орбіту Землі, метеороїди дуже нагріваються в атмосфері Землі і спалахують на висотах від 100 до 150 км над її поверхнею. Таке явище називають метеором. Метеори, блиск яких поступається лише Сонцю та Місяцю, називають болідами. Метеороїди, які належать залишкам однієї комети, породжують родину метеорів – метеорний потік. Їх зазвичай називають на честь сузір'я (на латинській мові), в якому внаслідок ефекту перспективи земний спостерігач бачить радіант потоку – точку, з якої начебто вилітають метеори. Наразі відомо сотні метеорних потоків. Якщо Земля перетинає особливо щільний рій метеороїдів,

⁴Див. „Колосок” № 12/2016.



в її атмосфері виникають короткочасні метеорні дощі. Наприклад, під час метеорного дощу Леонідів 16 грудня 1966 року на небі щогодини з'являлося до 70 000 метеорів (мал. 8). Не плутайте метеорні дощі з метеоритними! Останні утворюються за неповного згорання метеороїдів, залишки яких випадають на поверхню Землі.

Одним з найпотужніших є метеорний потік Гемініди, радіант якого знаходиться в сузір'ї Близнюків. З 7 по 17 грудня за годину можна в середньому нарахувати до 150 доволі яскравих метеорів. Метеорний потік Оріоніди (радіант в сузір'ї Оріона) пов'язують з продуктами „життєдіяльності” знаменитої комети Галлея.

Дослідження комет

Астрономи зафіксували понад 400 короткоперіодичних комет. Найменший період обертання має комета Енке, яку у 1786 році відкрив французький астроном П'єр Мешен. Період обертання цієї комети – 3,3 роки. Комету назвали на честь Йоганна Франца Енке, який вивчив орбіти декількох комет і зробив висновок, що це одна і та ж комета. Діаметр комети за даними космічного апарату Deep Impact дорівнює 4,8 км. З моменту відкриття комета Енке втратила 85 % маси. Існує гіпотеза, що Тунгуський метеорит – це великий уламок комети Енке.

Учені зафіксували майже 200 комет, які декілька разів поверталися до Сонця. Багато з них входять в так звані кометні родини. Наприклад, приблизно 50 найбільш короткоперіодичних комет (з періодом обертання навколо Сонця 3–10 років) утворюють родину Юпітера. Трохи менші кометні родини Сатурна, Урана та Нептуна (до останнього належить комета Галлея).

До 1985 року комети досліджували лише наземними астрономічними інструментами. У 1985 році почалася нова ера в дослідженнях комет – за допомогою космічних апаратів (КА) з прольотних траєкторій, траєкторій штучних супутників комет та посадкових модулів. Уже 8 комет дослідженні у такий спосіб. Зокрема з прольотних траєкторій досліджено 6 комет:

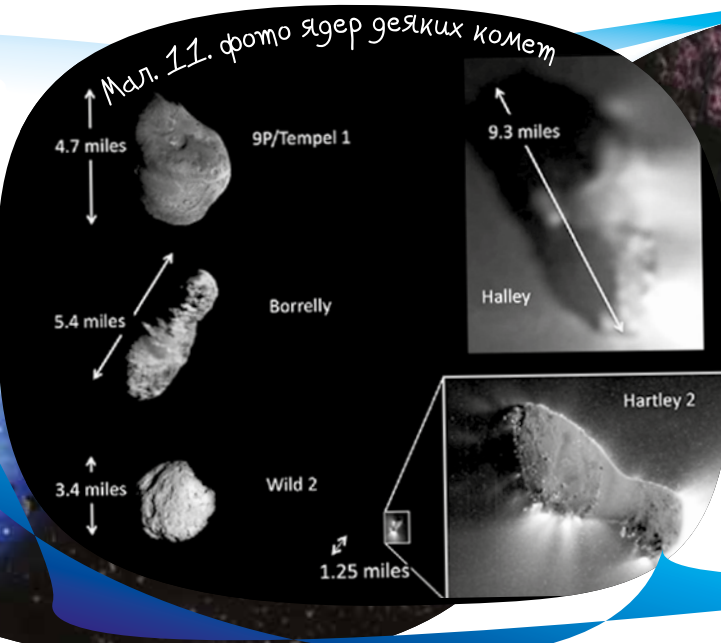
1. Джакобіні-Циннера (1985 рік, КА „International Cometary Explorer”, спільний проект NASA⁵ та ESA⁶).
2. Галлея (1986 рік, КА „Вега-1” та „Вега-2” – створені в СРСР; КА „Суйсей” (яп.: すいせい, буквально „Комета”) – Японія; КА „Джотто” – ESA).
3. Грига-Скьеллеруппа (1992 рік, КА „Джотто” – ESA).
4. Бореллі (2001 рік, КА „Deep Space 1” – NASA).
5. Хартлі (2010 рік, КА „Deep Impact” – NASA).
6. Темпеля 1 (2011 рік, КА „Stardust” – з англ. дослівно „зоряний пил” – NASA).

З орбіти штучного супутника комети досліджені три комети: Вільда (2004 рік, КА „Stardust” – NASA), Темпеля (2011 рік, КА „Deep Impact” – NASA), Чурюмова-Герасименко⁷ (2014 рік, КА „Rosetta”, спусковий модуль „Philae lander” – ESA). КА передали на Землю терабайти цінної інформації про топографічні, морфологічні, мінералогічні особливості рельєфу комет, тисячі фотографій поверхонь хвостатих красунь (мал. 10, 11).

Найвідомішу комету Сонячної системи – комету Галлея досліджували у 1986 році відразу чотири КА. Прилади передали на Землю зображення ядра комети та її коми. Виявилось, що ядро комети Галлея складається в основному із звичайної криги та пилових частинок. Воно має неправильну форму (14 x 7,5 км) і обертається навколо своєї осі майже перпендикулярної до площини орбіти комети з періодом 53 години. Так вченим пощастило зблизька познайомитися з кометою, яка, ймовірно, згадується в Біблії як Віфлеємська зоря, що сповістила людство про народження месії – Ісуса Христа.

У 2005 році космічний апарат НАСА „Deep Impact” („Глибоке зіткнення”) наблизився до комети Темпеля 1. Від нього відокремився модуль „Impactor” („Ударник”) і на швидкості 10,3 км/с зіштовхнувся з ядром комети (мал. 12). Аналіз даних, отриманих під час спостережень цього зіткнення, показав, що ядро комети складається з дуже пухкого матеріалу, пори в якому становлять до 80 % від загального об’єму ядра комети. Вчені поки що не розуміють, як у такій пухкій речовині утворилися чисельні кратери та горби, які чітко видно на знімках ядра.

⁵Національне агентство з повітроплавання і дослідження космічного простору (англ.: National Aeronautics and Space Administration), відповідає за громадянську космічну програму США, а також за наукові дослідження повітряного і космічного просторів.

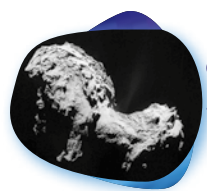


2 січня 2004 року КА „Stardust” зблизився з кометою Вільда на відстань 240 км. Провівши детальну фотозйомку поверхні комети, зібравши зразки речовини з хвоста комети (приблизно 30 великих і дрібних частинок кометної речовини), 15 січня 2006 року капсула зі зразками повернулася на Землю.

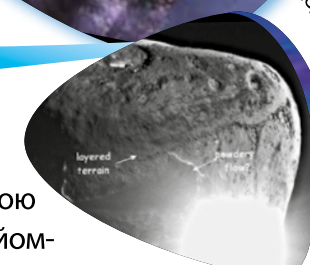
Перший КА, який вийшов на орбіту комети „Rosetta”, розроблений та виготовлений Європейським космічним агентством у співпраці з NASA, призначався для дослідження короткоперіодичної комети Чурюмова-Герасименко. Він складався з двох частин: зонда „Rosetta Space probe” та спускного модуля „Philae lander”. Проект „Rosetta” стартував 2 березня 2004 року. В рамках програми 12 листопада 2014 року відбулася перша в світі м’яка посадка спускного модуля „Philae lander” на поверхню комети. Лише з третьої спроби спускний модуль зміг „прикометитись”. При цьому він потрапив у тінь великої скелі, швидко вичерпав запаси енергії своїх акумуляторів і замовк назавжди. „Rosetta” ж завершила свою місію 30 вересня 2016 року, зробивши жорстку посадку на ядро комети. Впродовж двох років роботи поблизу комети „Rosetta” розгадала чимало таємниць з життя комет, внесла неоціненний вклад у розвиток світової астрономічної науки, передала декілька тисяч фотографій комети, зокрема і з рекордним розділенням до 1 см на піксель.

⁶Європейське космічне агентство (англ.: European Space Agency, ESA) – міжнародна організація, створена у 1975 році з метою дослідження космосу.

⁷Клим Чурюмов (1937–2016) – український астроном і дитячий письменник. Світлана Герасименко (нар. 1945 р.) – таджицький астроном.



Мал. 10. Ядро комети Чурюмова-Герасименко



Мал. 12. Зіткнення Impactor з ядром комети Tempel 1