

**Міністерство освіти і науки України
Департамент освіти і науки Хмельницької облдержадміністрації
Хмельницьке територіальне відділення МАН України
Наукове товариство учнів Кам'янець-Подільського району**

Відділення: Фізика і астрономія

Секція: Аерофізика та космічні дослідження

**ВІДКРИТТЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ КОСМІЧНОЇ МІСІЇ «РОЗЕТТА» ДО
КОМЕТИ 67P/ ЧУРЮМОВА-ГЕРАСИМЕНКО**

Роботу виконала:

Демчик Богдана Валентинівна,
учениця 10 класу
Дерев'янської загальноосвітньої
школи І-ІІІ ступенів

Науковий керівник:

Криськов Цезарій Андрійович,
кандидат фізико-математичних наук,
доцент Кам'янець-Подільського
національного університету імені Івана
Огієнка

Педагогічний керівник:

Ткачук Іванна Віталіївна,
учитель математики і інформатики
Дерев'янської загальноосвітньої
школи І-ІІІ ступенів

Дерев'яне — 2018

ТЕЗИ

ВІДКРИТТЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ КОСМІЧНОЇ МІСІЇ «РОЗЕТТА» ДО КОМЕТИ 67P/ ЧУРЮМОВА-ГЕРАСИМЕНКО

Демчик Богдана Валентинівна

Хмельницьке територіальне відділення МАН України

Дерев'янська ЗОШ І-ІІІ ст, 10 клас, с. Дерев'яне

Ткачук Іванна Віталіївна, учитель математики

Серед найважливіших завоювань людства дослідження та освоєння космічного простору займає одне з провідних місць.

Внесок українських вчених у розвиток світової космонавтики є досить солідним і багатим. Україна має півстолітній досвід космічної діяльності. Так, українські підприємства й організації «Комунар», «Арсенал», «Моноліт», Євпаторійський космічний центр брали участь у підготовці запуску першого штучного супутника Землі, виведеного на орбіту 4 жовтня 1957 року. З початку 60-х років підприємства України почали розробку і виробництво систем керування, бортової автоматики й інших систем і приладів для космічних об'єктів і комплексів.

Астрономи і астробіологи давно висловлюють гіпотезу, що комети є гігантськими скупченнями космічного пилу, льоду і водяного льоду, містять і хімічні сполуки, які були присутні на ранніх етапах утворення Сонячної системи. Існує і припущення, що саме кометам ми зобов'язані поширенням життя у Всесвіті. Комета Чурюмова-Герасименко є цікавою тим, що близько не підлітає до Сонця. Тому вона збереглася у відносно первозданному стані.

Мета роботи — описати проект «Розетта» Європейського космічного агентства, завданням якого стало зближення космічного апарата з ядром комети, відкритої Чурюмовим і Герасименко, а також посадка модуля з науковою апаратурою на ядро з метою дослідження його хімічного складу й фізичних властивостей використовуючи інформаційні ресурси мережі Інтернет.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ I. МАЛІ ТІЛА СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ	6
1.1. Астероїди — етимологія та загальна характеристика	6
1.2. Боліди і метеорити, їх характеристика	10
1.3. Комети	10
РОЗДІЛ II. КОСМІЧНА МІСІЯ «РОЗЕТТА» ДО КОМЕТИ 67P/ ЧУРЮМОВА-ГЕРАСИМЕНКО	12
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Серед найважливіших завоювань людства дослідження та освоєння космічного простору займає одне з провідних місць.

Внесок українських вчених у розвиток світової космонавтики є досить солідним і багатим. Україна має півстолітній досвід космічної діяльності. Так, українські підприємства й організації «Комунар», «Арсенал», «Моноліт», Євпаторійський космічний центр брали участь у підготовці запуску першого штучного супутника Землі, виведеного на орбіту 4 жовтня 1957 року. З початку 60-х років підприємства України почали розробку і виробництво систем керування, бортової автоматики й інших систем і приладів для космічних об'єктів і комплексів.

Комета — мале тіло Сонячної системи, яке обертається навколо Сонця і має так звану кому (атмосферу) і/або хвіст. Кома і хвіст комети — це наслідки випаровування поверхні ядра комети під дією сонячного випромінювання. Ядро складається з льоду та дрібних пористих кам'янистих частинок. Ядра мають діаметри від кількох сотень метрів до десятків кілометрів [10].

Комети часто називають небесними мандрівниками. Це пов'язано з особливостями їх орбіт. На багато років вони вирушають у глибини Всесвіту, потім повертаються з дещо зміненими параметрами руху. Цікавість вчених до небесних мандрівників зумовлена тим, що вони складаються з речовини, яка виникла невдовзі після так званого Великого вибуху, з якого утворилися зірки і планети [13].

Астрономи і астробіологи давно висловлюють гіпотезу, що комети є гігантськими скупченнями космічного пилу, льоду і водяного льоду, містять і хімічні сполуки, які були присутні на ранніх етапах утворення Сонячної системи. Існує і припущення, що саме кометам ми зобов'язані поширенням життя у Всесвіті. Комета Чурюмова-Герасименко є цікавою тим, що близько не підлітає до Сонця. Тому вона збереглася у відносно первозданному стані.

Мета роботи — описати проект «Розетта» Європейського космічного агентства, завданням якого стало зближення космічного апарата з ядром комети, відкритої Чурюмовим і Герасименко, а також посадка модуля з науковою апаратурою на ядро з метою дослідження його хімічного складу й фізичних властивостей використовуючи інформаційні ресурси мережі Інтернет.

Відповідно до зазначеної мети виникає необхідність вирішення таких завдань:

- з'ясувати сутність малих тіл Сонячної системи;
- розглянути усі відомі види малих тіл Сонячної системи: астероїди, метеорити, боліди і комети ;
- проаналізувати та описати загальну характеристику астероїдів, метеоритів, болідів і комет;
- розглянути історію запуску та траєкторію руху «Розетти»;
- проаналізувати відкриття результати місії «Розетта»;вивчити приклади використання магічних квадратів в математиці.

Об'єкт дослідження — комета 67P/Чурюмова-Герасименко.

Предмет дослідження: відкриття та результати космічної місії «Розетта» до комети 67P/ Чурюмова-Герасименко.

В методології були використані роботи декількох авторів довідників та посібників, методичних матеріалів, відомостей, отриманих з інтернету з залученням інформації, наданої кваліфікованим спеціалістом в області астрономії. Робота виконана порівняно-літературним способом.

Робота складається зі вступу, 2 розділів, висновків, списку використаних джерел, що містить 18 найменувань. Робота викладена на 38 сторінках друкованого тексту і 7 додатків, робота містить 12 рисунків.

РОЗДІЛ I

МАЛІ ТІЛА СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Малі тіла Сонячної системи — астрономічні об'єкти Сонячної системи менші за планети.

У Сонячній системі, окрім Сонця і восьми великих планет, є так звані малі тіла. Це малі планети або астероїди, комети, метеорні тіла або Метеороїди і міжпланетний пил. У наш час доводиться говорити і про космічне сміття — сукупність штучних об'єктів та їхніх фрагментів у космосі, які не функціонують, але здатні пошкодити або навіть зруйнувати штучний супутник чи міжпланетні станції (Додаток Е).

1.1 Астероїди — етимологія та загальна характеристика

Астероїд, або мала планета — тверде небесне тіло діаметром від 1 до 1000 км, що рухається по орбіті в Сонячній системі.

Термін «астероїд» було запроваджено Вільямом Гершелем, оскільки перші виявлені астероїди виглядали на небі як зірки (або точки), на відміну від планет, які під час спостереження у телескоп виглядають дисками. Водночас астероїди, на відміну від зір, рухалися. Точне визначення терміну «астероїд» досі не встановлено.

Від комет астероїди відрізняються тим, що не мають коми та характерного кометного хвоста.

До запровадження терміну «карликова планета» астероїди також називали малими планетами. Однак резолюцією Міжнародного астрономічного союзу 2006 року встановлено нову термінологію щодо об'єктів Сонячної системи. Тепер їх поділяють на три категорії[12, 3]:

- планети
- карликові планети

- малі тіла Сонячної системи, до яких включено, зокрема, астероїди, комети та транснептунові об'єкти.

Астероїди вважають залишками протопланетного диска, що залишилися після формування Сонячної системи [16]. Загальна їх кількість — більше 575 тис., а їх загальну масу оцінюють у $4,2 \times 10^{21}$ кг, що становить менше одного відсотка маси Землі [12]. Орбіти більшості відомих астероїдів розташовані між орбітами Марса й Юпітера (так званий головний пояс астероїдів).

Найвідоміші астероїди: Паллада (Додаток А), Юнона (Додаток Б), Веста (Додаток В), Ерос (Додаток Г), Амур, Гідальго, Ікар.

Розмір є одним із основних параметрів, за якими класифікують астероїди. Можна вважати, що всі астероїди розміром понад 100 км вже відкрито. Наразі відомо 26 астероїдів діаметром понад 200 км [6].

Більші небесні тіла (понад 800 км у діаметрі), що обертаються навколо Сонця, під дією власних гравітаційних сил набувають кулястої форми, і такі тіла класифікують як планети або карликові планети.

Чинна класифікація визначає астероїдами об'єкти з діаметром понад 50 м, відрізняючи їх від метеороїдів, які теж подібні до уламків скелі, але менші за розміром. Класифікація спирається на міркування, що в результаті входження до атмосфери Землі астероїди можуть уціліти й досягти її поверхні незруйнованими, у той час як метеори, здебільшого, згорають в атмосфері повністю.

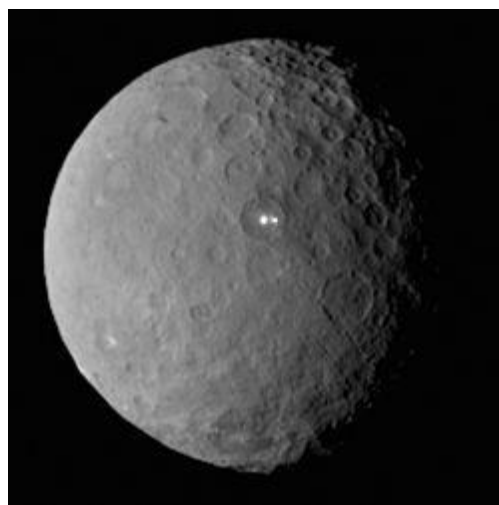
На початку астероїдам давали імена героїв римської та грецької міфології, пізніше відкривачі отримали право називати їх як завгодно, наприклад — своїм ім'ям. Спочатку астероїдам давали переважно жіночі імена, чоловічі імена отримували тільки ті астероїди, які мають незвичайні орбіти (наприклад, Ікар, який наближається до Сонця ближче Меркурія). Пізніше й цього правила перестали дотримуватися.

Надати назву можна не будь-якому астероїду, а лише тому, орбіту якого більш-менш надійно обчислено. Були випадки, коли астероїд отримував назву через десятки років після відкриття.

Після відкриття астероїда йому надають тимчасову назву на зразок 2002 AT4, яка складається з року відкриття, латинської літери, яка кодує півмісяць відкриття, і порядкового номера у півмісяці (який теж кодується латинською літерою). У позначеннях не вживають літери «I» (через подібність із одиницею) та «Z». Таким чином позначається 24 півмісяці та 24 перших астероїди у кожному півмісяці. Якщо кількість астероїдів, відкритих протягом половини місяця, перевищить 24, знову повертаються до початку алфавіту, і додають до другої літері індекс 2, далі — 3, і т. д. На прикладі астероїда 1969 TD₂ — його відкрито 1969 року, у першій половині жовтня (T), 28-м за ліком (D₂).

Процес вивчення астероїдів налічує кілька періодів. 1781 року В. Гершель відкрив планету Уран. Її середня геліоцентрична відстань виявилася відповідною правилу Тіціуса — Боде, що наводило на думку про існування ще однієї планети, на відстані близько 2,8 астрономічних одиниць від Сонця — між орбітами Марса й Юпітера. Наприкінці XVIII століття німецький астроном угорського походження Франц Ксавер фон Цах організував групу, до складу якої входили 24 астрономи. З 1789 року ця група шукала ще одну планету. Завдання полягало у визначенні координат усіх об'єктів на ділянках зодіакальних сузір'їв на певний момент часу. У наступні ночі координати перевірялися й виділялися об'єкти, які пересувалися на значні відстані. Очікуваний зсув шуканої планети мав становити близько 30 кутових секунд за годину (близько 12 кутових мінут за добу), що мало бути легко помічено.

Однак перший астероїд Церера (рис. 1.1) (тепер це карликова планета) виявив італієць Джузеппе Піацці, який не був учасником цього проекту, а багато років вів спостереження положень зір для складання зоряного каталогу. 1 січня 1801 року Піацці виявив у сузір'ї



*Рис. 1.1. Церера
(карликова планета)*

Близнят слабку зірочку, із блиском близько 7^m, якої чомусь не виявилось ні в його власному каталозі, ні в каталозі Христіана Майера, який був у Піацці. Наступного вечора виявилось, що «зірка» зсунулася на 4' за прямим піднесенням і на 3,5' за схиленням. Спостереження протягом шести тижнів дало підстави вважати виявлений об'єкт новою планетою.

Наступні три астероїди — Паллада (1802, Г. Ольберс), Юнона (1804, К. Гардінг) і Веста (1807, Г. Ольберс) було виявлено протягом декількох наступних років. Ще через 8 років марних пошуків більшість астрономів припинили дослідження.

Однак, Карл Людвіг Генке виявив наполегливість і відновив пошук нових астероїдів 1830 року. П'ятнадцять років по тому він виявив Астрею, перший новий астероїд за 38 років. Менше ніж через два роки він виявив Гебу. Після цього інші астрономи приєдналися до пошуків, і починаючи з 1847 року астероїди відкривали вже щороку (за винятком 1945 [2]). Відкривачами астероїдів у той час стали Д. Р. Гінд, Аннібале де Гаспаріс, Роберт Лютер, Г. М. С. Гольдшмідт, Жан Шакорнак, Джеймс Фергюсон, Н. Р. Погсон, Вільгельм Темпель, Д. К. Вотсон, Х. Г. Ф. Петерс та ін.

1891 року німецький астроном Макс Вольф вперше застосував для пошуку астероїдів метод астрофотографії. Він полягав у тому, що на фотографіях із довгими експозиціями астероїди залишали короткі світлі лінії на тлі нічного неба та точкових зображень зір. Фотографічний метод значно збільшив кількість відкритих астероїдів у порівнянні з візуальними методами — М. Вольф самостійно відкрив 248 астероїдів (починаючи з астероїда 323 Брюсія), тоді як до нього було виявлено трохи більше 300.

1898 року Густавом Віттом було відкрито астероїд Ерос, що наближається до Землі на небезпечну відстань [1, 2]. Згодом були відкриті інші астероїди, що наближаються до земної орбіти, але не перетинають її. Згодом їх виділили в окрему групу Амура [2].

1906 року Максом Вольфом виявлено Ахіллес, що рухається орбітою Юпітера, поблизу точки Лагранжа. Астероїди, що рухаються такими орбітами називають на честь героїв Троянської війни, а сам клас астероїдів — троянцями.

1932 Карлом Рейнмутом, був відкритий, потім загублений і виявлений знову 1973 року (через 41 рік) Аполлон — астероїд, орбіта якого перетинає орбіти Землі, Венери та Марса. Це перший представник виділеної пізніше групи Аполлона, члени якої у перигелії наближається до Сонця ближче, ніж Земля.

1976 року американським астрономом Елеанорою Гелін відкрито Атон, котрий започаткував нову групу Атона, велика піввісь орбіти яких менша за 1 а. о., а відстань від Сонця в афелії більша за 0,938 а.о.[11].

1977 року виявлено Хірон з групи астероїдів, що перетинають орбіти газових планет [1]. Отримали офіційну назву кентаври — за істотами давньогрецької міфології (що були поєднанням людини та коня), оскільки мають характеристики як астероїдів, так і комет [2].

1992 року було відкрито перший об'єкт за орбітою Плутона. Він отримав тимчасову назву 1992 QB1. Після цього в поясі Койпера стали знаходити нові об'єкти.

Класифікація астероїдів

1975 року було розроблено таксономічну систему для астероїдів. Вона базується на кольорі, альбедо та спектрах астероїдів. Ці властивості пов'язані зі складом поверхні астероїдів. Спочатку виділяли три класи:

- астероїди С-типу — темні, багаті на вуглець, вони становлять 75 % усіх відомих астероїдів;
- астероїди S-типу — кам'янисті, багаті на кремній, становлять 17 % всіх астероїдів;
- до астероїдів U-типу (від англ. Unknow) належать усі інші, що не потрапляють до перших двох категорій.

Початкова класифікація надалі вдосконалювалася, виділялися нові типи (Додаток Г). Наразі дві найпопулярніші таксономічні системи: система Толена та система SMASS. В обох системах виділяють астероїди типу C, S та X. X-тип

складається переважно з металевих астероїдів, таких як астероїди М-типу. Крім того розрізняють ще кілька дрібніших класів.

1.2 Боліди і метеорити, їх характеристика

Метеорит (рис. 1.2.) — тверде тіло небесного походження, що впало на поверхню Землі з космосу. Створена інтерактивна карта руху метеоритів[1].

Існують різні дані про кількість метеоритів, що падають на Землю, які залежать від точності вимірювань. Вважають, що за добу падає 5-6 тонн метеоритів, або 2 000 тонн на рік. Крім того, за добу на земну поверхню падає від 300 до 20 000 тонн метеоритного пилу [18]. Більшість знайдених метеоритів мають вагу від декількох грамів до декількох кілограмів. Найбільший зі знайдених метеоритів — Гоба, маса якого (за оцінками, оскільки метеорит ніколи не зважувався) сягала 60 тонн [10].

Явище падіння тіла з космосу, називається метеором, якщо воно виглядає не яскравіше — 4-ї зоряної величини, якщо тіло яскравіше або помітні його кутові розміри — болідом. Космічне тіло до падіння називається метеорним тілом і класифікується за астрономічними ознаками, наприклад, це може бути комета або астероїд. Аналогічні падінню метеорита явища на інших планетах і небесних тілах звичайно називаються просто зіткненнями між небесними тілами.



Рис. 1.2. Метеорит Вілламетт вагою 15,5 тонн.

Основними компонентами метеоритної речовини є залізо-магnezіальні силікати й нікелісте залізо. Розповсюджені мінерали, що входять до складу метеоритної речовини, — це олівіни $(\text{Fe}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4$ і піроксени $(\text{Fe}, \text{Mg})\text{SiO}_3$. Вони наявні в силікатах або у вигляді дрібних кристалів чи скла, або як суміш із різними пропорціями.

Болід — великий вогняно-яскравий метеор, досить рідкісне явище, що виглядає як вогняна куля, що рухається в небі. Явище спричиняється потраплянням у щільні шари атмосфери великих твердих частинок, які називаються метеорними тілами. Входячи у атмосферу із надзвуковою швидкістю, частинка нагрівається внаслідок гальмування, і навколо неї утворюється світна оболонка з розжарених газів. Боліди часто мають помітний кутовий діаметр, і їх видно навіть удень. Політ боліда нерідко супроводжується звуками, що нагадують грім. Від сильного нагріву метеорне тіло нерідко розколюється і з гуркотом падає на Землю у вигляді уламків. Рештки метеорних тіл, що впали на Землю, називають метеоритами.

У боліді розрізняють ядро, голову, хвіст і слід (прямий або зігнутий), що залишається після його польоту [3].

1.3 Комети

Комета (рис.1.3) — мале тіло Сонячної системи, яке обертається навколо Сонця і має так звану кому (атмосферу) і/або хвіст. Кома і хвіст комети — це наслідки випаровування поверхні ядра комети під дією сонячного випромінювання. Ядро складається з льоду та дрібних пористих кам'янистих частинок. Ядра мають діаметри від кількох сотень метрів до десятків кілометрів.

Вважається, що комети здебільшого знаходяться у двох великих резервуарах: хмарі Оорта та поясі Койпера. Хмара Оорта (яка розміщена на відстанях від кількох тисяч до кількох десятків чи сотень тисяч астрономічних одиниць), як передбачається, містить порядку 1012 комет. Загальна маса хмари Оорта складає від 1 до 50 M_{\oplus} . Пояс Койпера, який розташований далеко за межами орбіти Нептуна,



Рис. 1.3. Комета Гейла-Боппа. Спостереження 29 березня 1997 року в Пазині, Хорватія

містить 5-10×10⁹ комет із загальною масою 0.1 M_⊕ [1].

Комети з'являються з периферії Сонячної системи, тому їхні орбіти постійно змінюються під впливом гравітації основних планет. Унаслідок цього деякі з комет переходять на близько-сонячні орбіти і Сонце знищує їх, коли вони наближаються до нього, інші крижані брили назавжди залишають Сонячну систему. Яскрава комета — одне з найцікавіших космічних явищ і завжди привертає увагу.

Уважають, що комети походять із Хмари Оорта, розташованої на великій відстані від Сонця; вона складається із «решток», що залишилися після конденсації сонячної туманності. Зовнішні краї цієї хмари досить холодні для того, щоб вода існувала там у твердому (а не газоподібному) стані. Тіла, розташовані на закраїнах Сонячної системи, з правила, складаються з летючих речовин (водяних, метанових та інших льодів), що випаровуються при підлітанні до Сонця.

Усього виявлено понад 400 короткоперіодичних комет [2]. З них близько 200 спостерігалось в більш ніж одному проходженні перигелію. Багато з них входить до так званих сімейств. Наприклад, приблизно 50 найбільш короткоперіодичних комет (їхній повний оберт навколо Сонця триває 3-10 років) утворюють сімейство Юпітера. Дещо менші сімейства Сатурна, Урана та Нептуна (до останнього, зокрема, належить знаменита комета Галлея).

Комети, що виринають із глибини космосу, виглядають як туманні об'єкти, за якими тягнеться хвіст, що його довжина іноді сягає мільйонів кілометрів. Ядро комети — це тіло з твердих частинок і льоду, оповите туманною оболонкою, яка називається комою. Ядро діаметром у кілька кілометрів може мати навколо себе кому у 80 тис. км у поперечнику. Потіки сонячних променів вибивають частинки газу з коми і відкидають їх назад, витягаючи в довгий димчастий хвіст, який тягнеться за нею в просторі.

Яскравість комет дуже сильно залежить від їхньої відстані до Сонця. Лише дециця з усіх наявних комет наближається до Сонця і Землі настільки, щоб їх

можна було побачити неозброєним оком. Найпомітніші з них іноді називають «Великими кометами».

Астрономи пояснюють настільки різні форми кометних хвостів у такий спосіб. Матеріал, з якого складаються комети, має неоднаковий склад та властивості, тому й по-різному реагує на сонячне випромінювання. Таким чином, хвости космічних мандрівниць набувають різної форми.

Хвости комет різняться за довжиною та формою. У деяких комет вони тягнуться через усе небо. Наприклад, хвіст комети, що з'явилася в 1944 році, був завдовжки 20 млн. км. А комета C/1680 V1 мала хвіст, що протягнувся на 240 млн. км. Також були зафіксовані випадки відділення хвоста від комети.

Теорію хвостів і форм комет розробив наприкінці XIX століття російський астроном Федір Бредіхін (1831-1904). Йому ж належить і класифікація кометних хвостів, що використовувалася в тогочасній астрономії. Бредіхін запропонував відносити хвости комет до трьох основних типів: прямі та вузькі, направлені прямо від Сонця; широкі й трохи викривлені, що ухиляються від Сонця; короткі, сильно відхилені від центрального світила.

Астероїди походять з іншого джерела, але дуже старі комети, які втратили весь матеріал для випаровування, можуть дуже нагадувати астероїди.

Відкриття сотень гігантських комет, названих кентаврами, у зовнішній планетній системі за останні два десятиліття означає, що ці об'єкти представляють набагато більшу небезпеку для життя, ніж астероїди, як звітує команда астрономів [13].

Як правило, комети складаються з «голови» (рис.1.4.) — невеликого яскравого згустку-ядра, що оточена світлою туманною оболонкою (комою), яка складається з газу та пилу.

Тривале існування низки періодичних комет, що багаторазово пролітали поблизу Сонця, пояснюється незначною втратою речовини при кожному прольоті (через утворення пористого теплоізоляційного шару на поверхні ядер або наявності в ядрах тугоплавких речовин).

У комет із наближенням до Сонця утворюється «хвіст» — слабка світна смуга, що у результаті дії сонячного вітру найчастіше спрямована у протилежну від Сонця сторону.

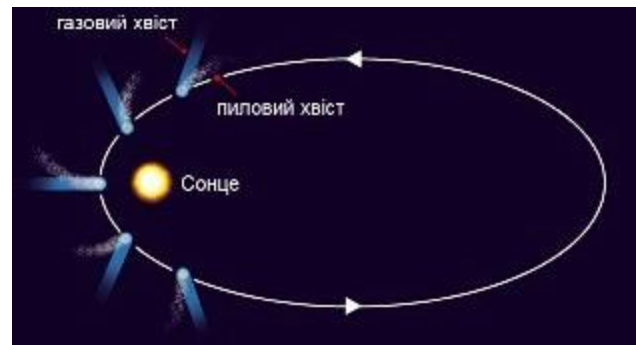


Рис. 1.4. Будова комети

Хвости комет розрізняються довжиною й формою, не мають різких обрисів і практично прозорі — крізь них добре видні зірки, — тому що утворені з надзвичайно розрідженої речовини. Склад її різноманітний: газ чи дрібний пил, або ж суміш того й того. Цей пил схожий з астероїдним матеріалом сонячної системи, що з'ясувалося в результаті дослідження комети Вільда (2) космічним апаратом «Стардаст» («Зоряний пил»). По суті, це «видиме ніщо»: людина може спостерігати хвости комет тільки тому, що газ і пил світяться. При цьому світіння газу пов'язане з його йонізацією ультрафіолетовими променями й потоками часток, що викидаються із сонячної поверхні, а пил просто розсіює сонячне світло.

Докладне уявлення про них астрономи отримали завдяки успішним «візитам» в 1986 до комети Галлея радянських космічних апаратів «Вега-1», «Вега-2» та європейського «Джотто». Прилади, встановлені на цих апаратах, передали на Землю зображення ядра комети й різноманітних відомостей про її оболонку. Виявилось, що ядро комети Галлея (Додаток Д) складається в основному зі звичайної криги (з невеликими вкрапленнями вуглекислих і метанових льодів), а також пилових часток. Саме вони утворюють оболонку комети, а з наближенням її до Сонця частина з них — під тиском сонячного вітру — переходить у хвіст [11].

РОЗДІЛ II

КОСМІЧНА МІСІЯ «РОЗЕТТА» ДО КОМЕТИ 67P/ ЧУРЮМОВА-ГЕРАСИМЕНКО

Розетта — найбільш багатообіцяюча місія з усіх коли-небудь зроблених. Більшість систем навігації і посадочних маневрів потребують автоматичного управління без найменшої можливості помилки. Складність експедиції невеликого апарата, що пройшов майже через половину Сонячної системи і посадки на невеликий кометі, величезна. Розетта стала першою місією за межами основного пояса астероїдів, енергозабезпечення якої повністю залежало від сонячних батарей, замість традиційних радіоізотопних термогенераторів [13].

З історії відкриття комети. У 1969 р. університет спорядив експедицію в складі Кліма Чурюмова і Світлани Герасименко (рис. 2.1.) для спостереження періодичних комет в астрофізичний інститут м. Алма-Ати. Спостереження кількох короткоперіодичних комет сімейства Юпітера проводили за допомогою 0,5-метрового телескопа системи Максудова. Було отримано й досліджено багато фотопластинок. На п'яти знімках виявили об'єкт, який спочатку прийняли за періодичну комету Комас Сола (32P/Comas Solà). Але потім з'ясувалося, що за координатами він на 2° відхиляється від обчисленого положення цієї комети.



Рис. 2.1. Відкривачі комети 67P/ Чурюмова-Герасименко в 1975 р. у Душамбе

Маючи три положення небесного тіла, вдалося точно вирахувати його орбіту, яка виявилась еліптичною і такою, що належить новій короткоперіодичній кометі з періодом 6,5 років. Згодом підтвердили відкриття комети, і ця комета отримала назву «комета Чурюмова–Герасименко» (67P/Churyumov Gerasimenko) [14].

Про запуск «Розетти». Європейська космічна агенція (ESA) розробила і здійснила проект запуску космічного зонду для дослідження комет Rosetta. Близько 10 років тому планувалося відправити апарат до комети 46P Віртанена, але старт довелося перенести через проблеми з надійністю важкої ракети-носія «Аріан-5». У результаті було обрано іншу мету — комету 67P Чурюмова—Герасименко. Цікаво, що вчені, які відкрили комету, особисто були присутні під час старту ракети «Аріана-5» (рис. 2.2.) на космодромі Куру (Французька Гвіана) 2 березня 2004 року.



Рис.2.2. Аріан 5 — одноразова європейська ракета-носій сімейства Аріан

Як сказав на брифінгу в Європейському центрі керування в Дармштадті фахівець проекту Rosetta Метт Тейлор, «Комети відомі вченим своєю непередбачуваністю. 67P вже піднесла нам один сюрприз: стався вибух активності. На щастя, наш апарат був ще далеко, аби цей випадок міг стати на заваді місії. У міру наближення до комети було зроблено низку вимірювань. Зокрема, виявлено замерзлі молекули води, окислу вуглецю, діоксиду вуглецю, метану, азоту, сірки. Було спіймано частки пилу і виміряно їхню швидкість» [13, 15].

З історії назви місії. Місія названа на честь однієї унікальної знахідки, зробленої в Єгипті в червні 1799 р. Поблизу древнього міста Розетта в дельті річки Ніл капітаном армії Наполеона П'єр Бушар, було знайдено базальтову плиту, що увійшла до історії під назвою «розеттський камінь». На ній збереглися

записи одного й того ж тексту, зроблені трьома мовами, це дало можливість 1822 р. розшифрувати давньоєгипетські ієрогліфи та відкрити всьому світу історію древнього Єгипту. Символізм назви місії полягає в тому, що дослідження, виконані з використанням цього космічного апарата і посадочного модуля, дадуть змогу нарешті зрозуміти древню історію розвитку Сонячної системи, процеси формування планет із протопланетної речовини і, можливо, виникнення життя на Землі [14].



Рис.2.3. Програма польоту Розетти

Успішний старт. Запуск РН Аріан-5 був запланований на 26 лютого 2004 р. Однак через сильний вітер у високих шарах атмосфери, хмарності і дощу старт був перенесений на ранок 27 лютого. Але і друга спроба зірвалася - через несправності теплоізоляції одного з двигунів РН. Можливість для запуску КА Розетта зберігалася до 21 березня 2004 року, нарешті, після усунення несправності, 2 березня 2004 року, в 7год 17хв 44с за всесвітнім часом (9год 17хв

44с за київським часом), РН Аріан-5 успішно стартував з майданчика ELA3 космодрому Куру у Французькій Гвіані. Через 2 години 15 хвилин після старту відбулося успішне відділення КА від другого ступеня РН, розкрилися панелі сонячних батарей і Розетта вийшла на задану траєкторію польоту [12, 15].

Програма польоту (рис. 2.3.). Спочатку, за сценарієм польоту, Розетта у своєму русі довкола Сонця повинна зробити гравітаційні маневри, пролетівши три рази біля Землі й один раз біля Марса. Розетта зробила перший виток по навколосонячній орбіті і в березні 2005 р. повернулася до Землі.

Отримавши від неї гравітаційний імпульс, КА попрямував до Марсу.

Далі, рухаючись по злегка витягнутій навколосонячній орбіті, у березні 2007-го Розетта пролетіла на висоті близько 200 км над поверхнею Марса. КА отримав другий прискорюючий гравітаційний імпульс, який ще більше розтягнув його навколосонячній орбітальний еліпс. При прольоті поблизу Марса прилади Розетти провели картографування поверхні Марса й інші дослідження. У

листопаді 2007 р. Розетта знову пролетіла поблизу Землі, отримала третій гравітаційний імпульс і продовжила свій політ довкола Сонця ще більш витягнутою еліптичною орбітою. 5 вересня 2008 року, знаходячись у поясі астероїдів, Розетта наблизилася на декілька тисяч кілометрів до астероїда 2867



*Рис. 2.4. Астероїд Штейнс № 2867
5 вересня 2008 року
(«Розетта»)*

Steins (рис.2.4.) і передала на Землю його зображення та інші наукові дані про нього.

Повертаючись із поясу астероїдів до Сонця, Розетта в листопаді 2009-го пролетіла поблизу Землі і, зробивши четвертий гравітаційний маневр, перейшла на остаточну орбіту польоту до комети Чурюмова-Герасименко. Обігнувши



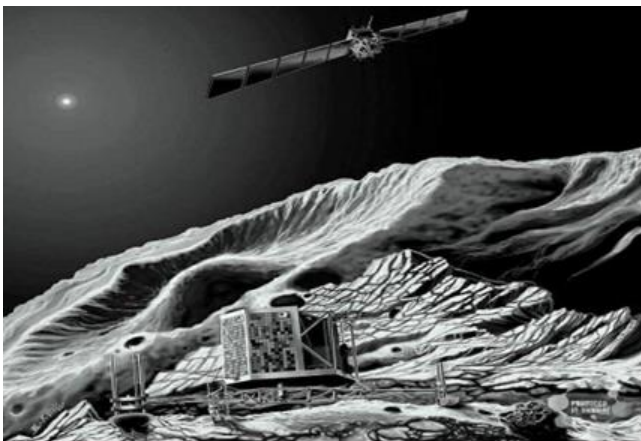
*Рис. 2.5. Астероїд Лютеція «21
10 липня 2010 року
(«Розетта»)*

вчетверте Сонце, Розетта 10 липня 2010 р. пролетіла поблизу крупного астероїда 21 Лютеція (Lutetia) (рис. 2.5.) діаметром 99 км і сфотографувала його [17].

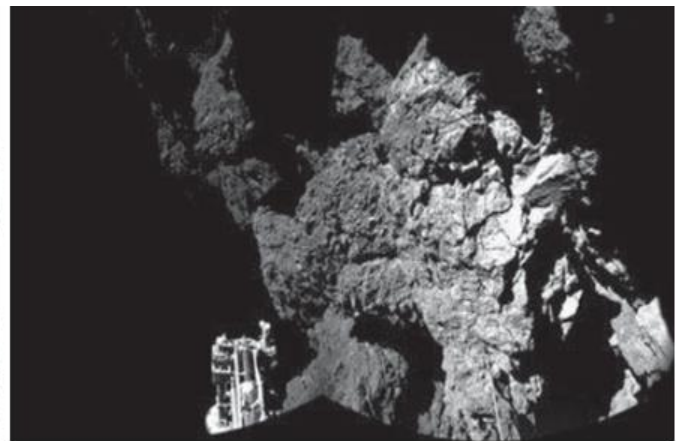
Після прольоту Лютеції всі прилади Розетти були переведені в «сплячий» режим. Це сталося в травні 2011-го (з метою економії запасів бортової енергії). У цьому режимі апарат знаходився в стані

повільного обертання (для збереження орбітальної стабільності) і зорієнтований у космічному просторі таким чином, щоб панелі його сонячних батарей могли отримувати максимально можливу кількість сонячної енергії. Космічна станція ЄКА «Розетта» 20 січня 2014 р. була виведена з режиму гібернації, у якому знаходилася протягом останнього 31 місяця.

У травні 2014 р. Розетта знизила свою швидкість щодо ядра комети до 2 м/с, наблизилася до нього на відстань 25 км і перейшла на орбіту штучного супутника ядра комети. Усі прилади були приведені в повну готовність для початку систематичних досліджень ядра та навколоядерної області комети. Було



*Рис.2.6. Основний космічний апарат
місії Розетта*



*Рис. 2.7. Перший знімок зроблений
модулем Філі зонда Розетта*

проведено повне й детальне картографування поверхні ядра. Докладний аналіз зображень дав можливість вибрати п'ять майданчиків на його поверхні, придатних для безпечної посадки модуля Філі (рис. 2.6, рис.2.7). У листопаді 2014-го був проведений найскладніший і головний етап усієї місії Розетти – відокремлення й посадка модуля на один із майданчиків. При цьому був включений двигун на Філі, який зменшив швидкість зонда до величини менше 1 м/с. Модуль здійснив торкання поверхні своїми опорами, після чого його положення було зафіксовано за допомогою гарпуна [17].

Філі – це унікальний науковий контейнер масою близько 21 кг. На ньому встановлено дев'ять приладів для комплексного дослідження ядра комети.

Перші наукові дані про комету які передав зонд — температура крижаного тіла становить приблизно -70 градусів за Цельсієм, що на 20 градусів вище, ніж передбачалося [2].

Для живлення приладів космічної орбітальної лабораторії буде використовуватися сонячна батарея, площею 32 м². За допомогою двометрової антени дані будуть передаватися на Землю [14].

Результати місії «Розетта». 30 вересня 2016 року після більш ніж дворічного дослідження ядра і околиць комети 67P Чурюмова-Герасименко була завершена місія європейського КА Rosetta.

Дослідники публікують наукові статті в журналі Science з детальними результатами аналізу даних з приладів апарату «Розетта» і посадкового модуля «Філі». Вже зараз ясно, що ця місія зробила комету Чурюмова-Герасименко найбільш вивченої кометою в історії людства.

Комета Чурюмова-Герасименко за формою нагадує дитячу гумову качечку (рис. 2.8.). Гравітаційне



Рис.2.8. Форма комети Чурюмова-Герасименко

тяжіння 67P максимально в верхній частині ядра і приблизно в шість разів слабкіше в районі «шиї» комети. На це вказує той факт, що пил з поверхні ядра комети в області її «шиї» піднімається набагато частіше, ніж в інших її регіонах.

Небесне тіло є дуже пористим. Більш того, ядро 67P має густину, вдвічі меншою, ніж у води, і потенційно здатне дрейфувати на поверхні земного океану.

На поверхні комети виявлені дюни, гірські хребти і ущелини, сотні ділянок площею в кілька квадратних метрів, які приховують під собою водяну кригу [6].

Результати дослідження також показали, що вода у поверхні комети містить прискорені високоенергетичних іони, а також локально формуються іони низької енергії. Оцінка обох потоків частинок дозволяє зрозуміти сутність магнітосфери небесного тіла.

Зонд Philae знайшов на поверхні комети 67P (Чурюмова-Герасименко) 16 органічних сполук, насичених вуглецем і азотом, в тому числі 4 сполуки, які раніше не виявлялися на кометах [15].

ВИСНОВКИ

Величезне значення для розвитку сучасного суспільства, для наукової діяльності людей, для підвищення ефективності матеріального виробництва має проникнення в космос, вивчення й освоєння космічного простору. Вихід у космос дозволяє не тільки успішніше вирішувати завдання сьогодення, скорення космосу прискорить рішення грандіозних проблем, що неминуче виникнуть перед людством у майбутньому.

Космонавтика виступає сьогодні як каталізатор процесу розвитку виробництва. Але її значення в будівництві матеріально-технічної бази планети далеко не вичерпується таким впливом як розвиток наукомістких технологій.

У даній роботі розглянута тема з астрономії, описаний проект «Розетта» Європейського космічного агентства, завданням якого стало зближення космічного апарата з ядром комети, відкритої Чурюмовим і Герасименко, а також посадка модуля з науковою апаратурою на ядро з метою дослідження його хімічного складу й фізичних властивостей використовуючи інформаційні ресурси мережі Інтернет.

В даній темі, зокрема у першому розділі, описуються малі тіла Сонячної системи: астероїди, метеорити, боліди і комети, їх загальна характеристика і будова.

У другому розділі ми проаналізували результати космічної місії «Розетта», траєкторія руху та історія місії.

У додатках наводимо фізичні характеристики найвідоміших астероїдів та класифікація досліджень комет.

Пишучи дану роботу, ми знайшли для себе багато цікавого, дізналися про важливість дослідження космосу для суспільства, та вагомий внесок українців у відкритті та дослідженні комет. Таку тематику потрібно розглядати та досліджувати сьогодні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

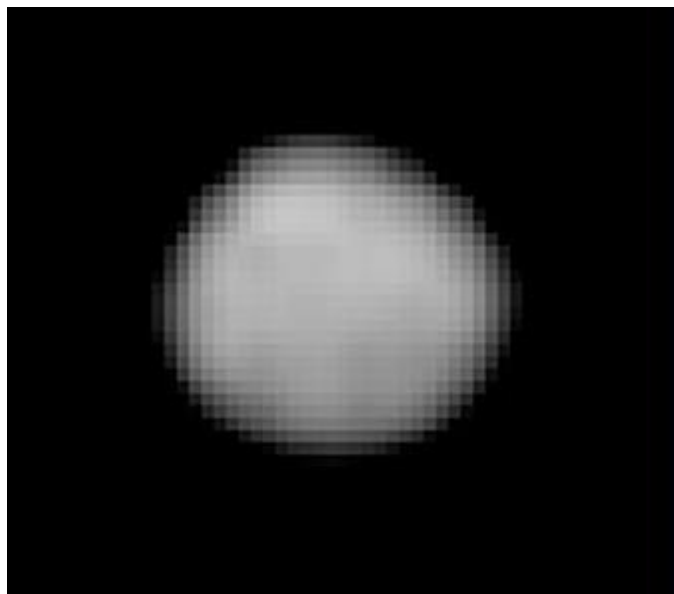
1. Chiang, Y. Lithwick, R. Murray-Clay, M. Buie, W. Grundy, M. Holman (2007). A Brief History of Transneptunian Space. *Protostars and Planets V*, B. Reipurth, D. Jewitt, and K. Keil (eds.) (Tucson:: University of Arizona Press,): 895–911
2. Horner J.; Evans N.W.; Bailey M. E. (2004). Simulations of the Population of Centaurs I: The Bulk Statistics. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 354 (3): 798–810
3. Michel, P.; Farinella, P.; Froeschlé, Ch. The orbital evolution of the asteroid Eros and implications for collision with the Earth // *Nature* 380 (6576): 1996. — pp 689—691
4. Stern, S.A. The evolution of comets in the Oort cloud and Kuiper belt [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.boulder.swri.edu/AR2003/Nature_comets.pdf
5. Александров Ю. В. Фізика планет [Текст]: навч. посібник для студ. спец. «Астрономія» / Ю. В. Александров. — К. : Інститут змісту і методів навчання, Харківський держ. ун-т, 1996. Ч. 1 : Фізика планетних тіл. — 1996. — 424 с
6. Андрієвський С. М., Климишин І. А. Курс загальної астрономії. — Одеса: Астропринт, 2007. — 476 с.
7. Астероїди // *Астрономічний енциклопедичний словник* / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. — Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. — С. 32—30
8. BBC New. Україна. «Розетта» вийшла на орбіту комети Чурюмова – Герасименко [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.bbc.com/ukrainian/science/2014/08/140806_rozetta_space_zsh
9. Козак Л. В. Основи фізики планет: навчальний посібник./ Л. В. Козак. — К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. — 205 с.

10. Кравчук П. А. Рекорды природы. — Любешов : Эрудит, 1993. — 216 с.
11. Лиза Рэндалл. Тёмная материя и динозавры: Удивительная взаимосвязь событий во Вселенной = Lisa Randall: "Dark Matter and the Dinosaurs: The Astounding Interconnectedness of the Universe". — М. : Альпина Нон-фикшн, 2016. — 506 р.
12. Метеорити // Астрономічний енциклопедичний словник / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. — Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. — С. 282—284.
13. Місія Розетта-Космос онлайн. Перегляд в реальному часі <https://cosmos-online.ru/articles/62-missiya-rozetta.html>
14. Н. Головіна, І. Панасюк Його любов чолом сягає неба. Клим Іванович Чурюмов [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://esnuir.eenu.edu.ua/bitstream/123456789/6021/1/13.pdf>
15. Новини науки. Зонд Philae знайшов на кометі Чурюмова-Герасименко необхідні для виникнення життя умови [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://dt.ua/TECHNOLOGIES/zond-philae-znayshov-na-kometi-churyumova-gerasimenko-neobhidni-dlya-viniknennya-zhittya-umovi-180363_.html
16. Планетна космогонія // Астрономічний енциклопедичний словник / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. — Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. — С. 357—359
17. УНІАН. Вчені знайшли на кометі Чурюмова-Герасименко запаси водяного льоду [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.unian.ua/science/1093999-vcheni-znayshli-na-kometi-churyumova-gerasimenko-zapasi-vodyanogo-lodu.html>
18. Хондри // Астрономічний енциклопедичний словник / за заг. ред. І. А. Климишина та А. О. Корсунь. — Львів : Голов. астроном. обсерваторія НАН України : Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка, 2003. — С. 514.

ДОДАТКИ

Додаток А

2 Паллада (лат. *2 Pallas*) — астероїд у Сонячній системі. Відкритий 28 березня 1802 року Генріхом Вільгельмом Ольберсом і названий на честь Паллади — доньки Тритона і подруги Афін Паллади з античної міфології (хоча у греків це могло бути і чоловічим ім'ям, і епітетом самої Афін, але вважається, що



перші астероїди отримували лише жіночі імена).

Паллада належить до головного поясу астероїдів. Астероїд має альbedo 0,159, стандартну зоряну величину 4,13^m і належить до спектрального класу В. Один оберт навколо власної осі астероїд здійснює за 0,32555 доби (~7,8 год).

Ультрафіолетове зображення Паллади Паллада є другим за розмірами тілом головного поясу астероїдів — 570×525×500 км (вона трохи більша, ніж Веста). Оскільки у серпні 2006 року Церері було надано статус карликової планети, наразі Паллада є найбільшим астероїдом головного поясу.

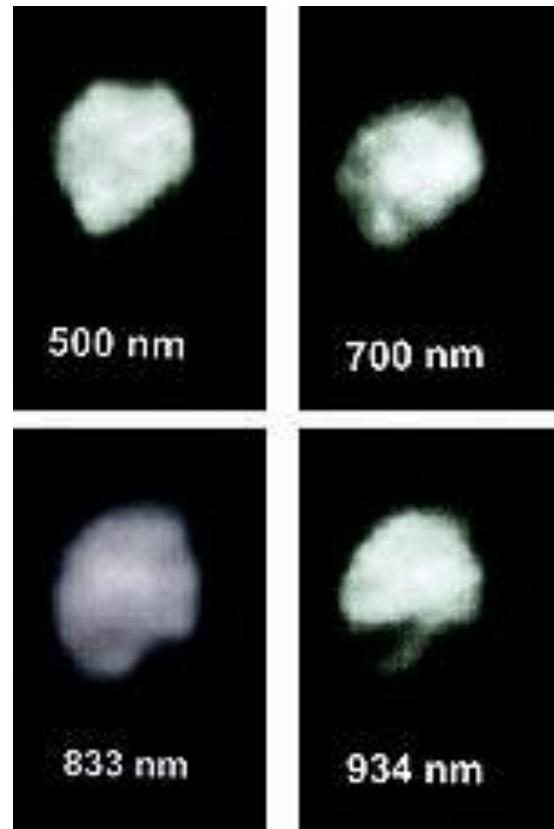
Встановлено майже цілковиту тотожність спектрів Паллади та невеликого астероїда 1580 Бетулія, що може свідчити про їх генетичний зв'язок.

Відкриття	
Відкривач	Генріх Ольберс
Місце відкриття	Бремен
Дата відкриття	28 березня 1802
Позначення	
Названа на честь	Афіна Паллада
Категорія малої планети	Астероїд головного поясу

Орбітальні характеристики	
<i>Епоха 23 травня 2014 (2 456 800,5 JD)</i>	
Велика піввісь	2,771722875768 а. о.
Перигелій	2,130434721739 а. о.
Афелій	3,413011029797 а. о.
Ексцентриситет	0,231368063393
Орбітальний період	1685,478186167 д
Середня орбітальна швидкість	0,213589237140 °/д
Середня аномалія	35,50313393617°
Нахил орбіти	34,84103374517°
Довгота висхідного вузла	173,0969085484°
Аргумент перицентру	309,9258687541°
Фізичні характеристики	
Розміри	545 км
Маса	$(2,11 \pm 0,26) \times 10^{20}$ кг
Середня густина	~2,8 г/см ³
Прискорення вільного падіння на поверхні	~0,18 м/с ²
Друга космічна швидкість	~0,32 км/с
Період обертання	7,8132 год
Нахил осі	вірогідно $78 \pm 13^\circ$
Альbedo	0,1587
Температура	~164 К _{макс} : ~265 К (-8 °С)
Спектральний тип	B (Толен) B (SMASS)
Видима зоряна величина	6,4 до 10,6
Стандартна зоряна величина	4,13

3 Юнона (лат. *3 Juno*) — астероїд у Сонячній системі. Відкритий 1 вересня 1804 року Карлом Людвігом Гардінгом і названий на честь Юнони — дружини Юпітера, верховного римського божества.

Юнона належить до головного поясу астероїдов, очолюючи однойменну родину Юнони (англ. *Juno family*). Юнона — один з досить великих астероїдів головного поясу — за різними оцінками від 234 до 267 км у діаметрі. Юнона є одним з найбільших членів головного поясу астероїдів в Сонячній системі, але це все ще тільки кілька відсотків маси найбільшого жителя цього регіону: карликової планети Церери. Оберт навколо власної осі астероїд здійснює за 0,3004 доби. Має альбедо 0,238, що дає на відстані 1 а. о. світимість 5,33 зоряної величини, і належить до спектрального класу S.



Зображення Юнони у чотирьох довжинах світла. Великий кратер видно у 934 нм

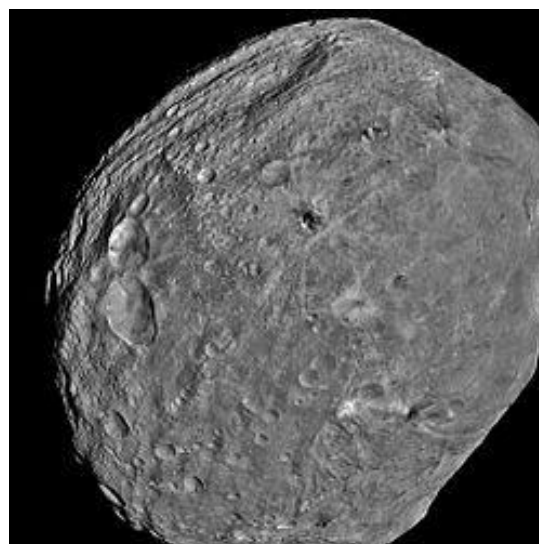
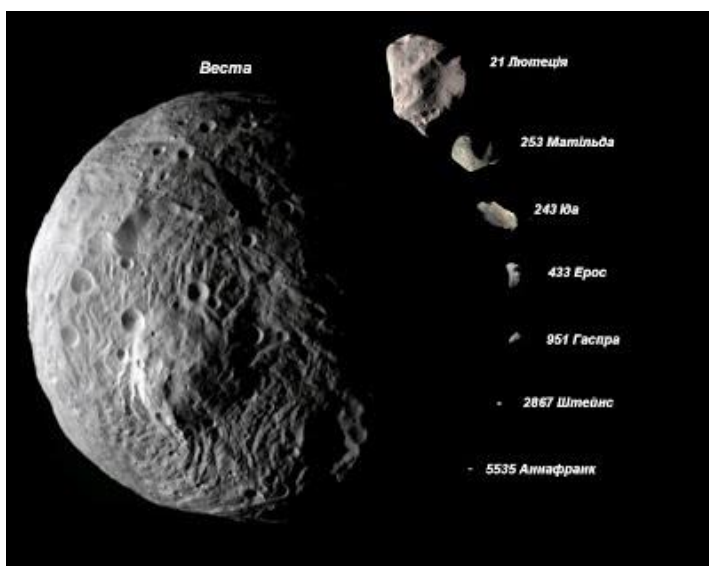
Відкриття	
Відкривач	Карл Гардінг
Місце відкриття	Лілієнталь
Дата відкриття	1 вересня 1804
Позначення	
Названа на честь	Юнона
Тимчасові назви	відсутні

Категорія малої планети	Астероїд головного поясу
Орбітальні характеристики	
<i>Епоха 23 травня 2014 (2 456 800,5 JD)</i>	
Велика піввісь	2,669858508483 а. о.
Перигелій	1,988454518929 а. о.
Афелій	3,351262498036 а. о.
Ексцентриситет	0,255221011671
Орбітальний період	1593,421952407 д
Середня орбітальна швидкість	0,225928856732 °/д
Середня аномалія	347,9222474357°
Нахил орбіти	12,98137744068°
Довгота висхідного вузла	169,8776356197°
Аргумент перицентру	248,3798174614°
Фізичні характеристики	
Розміри	233,92 км
Маса	$2,67 \times 10^{19}$ кг
Середня густина	$2,98 \pm 0,55$ г/см ³
Прискорення вільного падіння на поверхні	0,12 м/с ²
Друга космічна швидкість	0,18 км/с
Період обертання	7,210 год
Альbedo	0,2383
Температура	~163 К макс: 301 К (+28 °C)
Спектральний тип	S (Толен) Sk (SMASS)
Видима зоряна величина	7,4 до 11,55
Стандартна зоряна величина	5,33
Кутовий розмір	0,30" до 0,07"

4 Веста — астероїд завширшки близько 525 км, найбільший за масою об'єкт у поясі астероїдів (9% від розрахункової маси всього поясу астероїдів). Відкрито німецьким астрономом Генріхом Ольберсом 29 березня 1807, і названо на честь римської богині домашнього вогнища й родинного життя, жіночого уособлення вогню Вести.

Веста втратила близько 1 % своєї маси внаслідок зіткнення, що сталося менше мільярда років тому і призвело до утворення сім'ї Вести. Деякі уламки Вести впали на Землю (HED-метеорити) і є джерелом багатьох відомостей про цей астероїд.

Веста — яскравий астероїд.



Відкриття	
Відкривач	Генріх Ольберс
Місце відкриття	Бремен
Дата відкриття	29 березня 1807
Позначення	
Позначення	4 Vesta
Названа на честь	Веста

Категорія малої планети	Астероїд головного поясу
Орбітальні характеристики	
<i>Епоха 23 травня 2014 (2 456 800,5 JD)</i>	
Велика піввісь	2,361460086256 а. о.
Перигелій	2,152205932005 а. о.
Афелій	2,570714240508 а. о.
Ексцентриситет	0,088612191867
Орбітальний період	1325,468286251 д
Середня орбітальна швидкість	0,271602122611 °/д
Середня аномалія	326,5320246855°
Нахил орбіти	7,140494102347°
Довгота висхідного вузла	103,8512889221°
Аргумент перицентру	151,2172211176°
Фізичні характеристики	
Розміри	530 км
Маса	$(2,59 \pm 0,02) \times 10^{20}$ кг
Середня густина	3,42 г/см ³
Прискорення вільного падіння на поверхні	0,22 м/с ²
Друга космічна швидкість	0,35 км/с
Період обертання	5,342 год
Альbedo	0,4228
Температура	мін: 85 К (-188 °С) макс: 255 К (-18 °С)
Спектральний тип	V (Толен) V (SMASS)
Видима зоряна величина	5,1 до 8,48
Стандартна зоряна величина	3,20
Кутовий розмір	0,70" до 0,22"

433 Ерос (*433 Eros*) — астероїд групи Амура, відкритий 13 серпня 1898 року Густавом Віттом у Берліні.

Має неправильну продовгувату форму, що нагадує гантелю. Час від часу



наближається до Землі. Зокрема, у рік відкриття пролетів на відстані 22 млн км (0,15 а.о.), а 1975 року наблизився на відстань 26 млн км. 31 січня 2012 року Ерос пролетів на відстані приблизно 0,179 а. о. (26,7 млн км) від Землі, досягнувши зоряної величини +8,5.

Ерос був головною метою дослідницької місії NEAR Shoemaker. 14 лютого 2000 року, після чотирирічного польоту, космічний апарат вийшов на орбіту астероїда і перебував там більше року. Було отримано велику кількість зображень, зроблено високоточні виміри розмірів і форми астероїда, вивчено його хімічний склад. 14 лютого 2001 року апарат здійснив успішну посадку на астероїд і близько двох тижнів працював на його поверхні (здійснювалися рентгенівські спектрометричні дослідження реголіту). Це була перша в історії космонавтики м'яка посадка на астероїд. NEAR Shoemaker зібрав велику кількість наукових даних, завдяки яким було складено детальну тривимірну модель астероїда, уточнено його фізичні та орбітальні характеристики.

Відкриття	
Відкривач	Густав Вітт
Місце відкриття	Берлін
Дата відкриття	13 серпня 1898
Позначення	
Позначення	433 Eros

Названа на честь	Ерос
Тимчасові назви	1898 DQ, 1956 PC
Категорія малої планети	Амури
Орбітальні характеристики	
Епоха 23 липня 2010 (2455400,5 JD)	
Велика піввісь	1,4581528710 а. о.
Перигелій	1,13323496 а. о.
Афелій	1,783070776 а. о.
Ексцентриситет	0,22282842
Орбітальний період	643,1362852 д 1,76 р
Середня орбітальна швидкість	24,4311 км/с
Середня аномалія	55,63391°
Нахил орбіти	10,828989°
Довгота висхідного вузла	304,37048°
Аргумент перицентру	178,75794°
Фізичні характеристики	
Розміри	34,4×11,2×11,2 км 16,84 км (діаметр)
Маса	6,69×10 ¹⁵ кг
Середня густина	2,67 г/см ³
Прискорення вільного падіння на поверхні	0,0059 м/с ²
Друга космічна швидкість	0,0103 км/с
Період обертання	5,270 год
Альbedo	0,25 (геометричне)
Температура	~227 К
Спектральний тип	S (Толен) S (SMASS)
Видима зоряна величина	+7,0 до +15
Стандартна зоряна величина	11,16

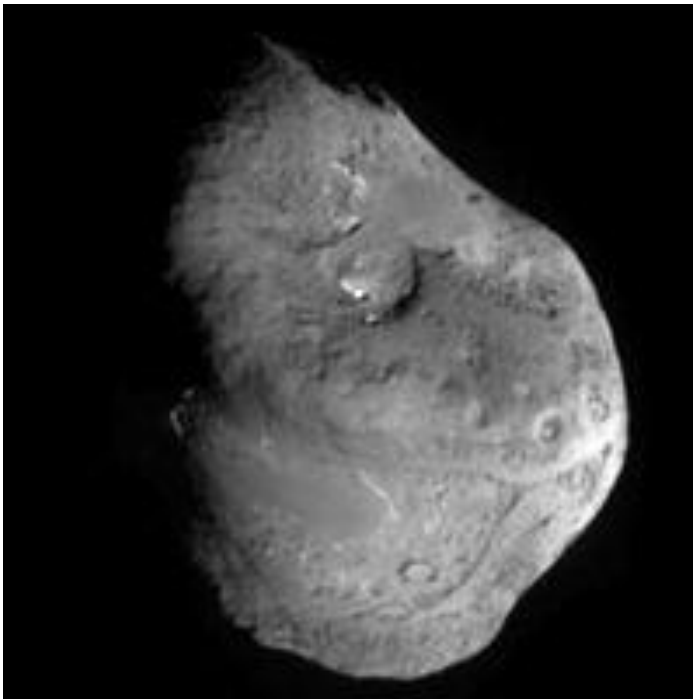
Основні типи астероїдів

<i>Тип</i>	<i>Опис</i>
A	Рідкісний тип астероїда, що характеризується помірно високим альбедо й інтенсивним червоним кольором. Сильне поглинання в ближньому інфрачервоному діапазоні інтерпретується як свідчення наявності олівіну.
B	Підклас астероїдів типу C, які відрізняються більшим альбедо.
C	Категорія темно-сірих астероїдів з альбедо близько 5 %. «C» — означає «вуглецевий», оскільки вони, як вважають, складаються з речовини того ж типу, що й вуглецеві хондрити. Астероїди типу C поширені в зовнішній частині головного поясу.
D	Тип астероїдів червонуватого кольору, рідко зустрічаються в головному поясі, але дедалі частіше виявляються на великих відстанях від Сонця.
E	Рідкісний тип астероїдів із високим альбедо. За хімічним складом вони можуть виявляти подібність із метеоритами, відомими як енстатитові ахондрити.
F	Підклас астероїдів типу C, що відрізняється слабким ультрафіолетовим поглинанням у спектрах або повною його відсутністю.
G	Підклас астероїдів типу C, що відрізняються потужним ультрафіолетовим поглинанням у спектрі.
M	Поширений тип астероїдів із помірним альбедо, що імовірно мають металевий склад, подібний до складу залізних метеоритів.
P	Астероїд з низьким альбедо. Астероїди типу P найчастіше зустрічаються в зовнішній частині головного поясу.
Q	Рідкісний тип астероїдів, схожих за своїми властивостями на метеорити, що належать до хондритів. До цього класу астероїдів належить Аполлон та кілька інших навколоземних астероїдів.
R	Рідкісний тип астероїда з помірно високим альбедо, прикладом якого є 349 Дембовська.
S	Категорія астероїдів з проміжним значенням альбедо, які, як припускають, подібно до кам'яних метеоритів, складаються з силікатів. Астероїди типу S у внутрішній частині поясу астероїдів зустрічаються порівняно часто.
T	Тип астероїдів, що характеризуються дуже низьким альбедо.
V	Клас астероїдів, найбільшим представником яких є Веста.

Будова комети Галлея

Ядро комети Галлея має неправильну форму; його розміри дорівнюють кільком кілометрам: 14 — у довжину, 7,5 — у ширину; обертається ядро навколо своєї осі, що майже перпендикулярно площині орбіти комети. Період обертання дорівнює 53 години.

Ядро комети Темпеля 1 (фото апарату «Діп імпакт»)



У 2005 космічний апарат НАСА Deep Impact («Глибоке зіткнення») наблизився до комети Темпеля 1, і за допомогою апарату Impactor («Ударник»), що відділився від основного КА, на величезній швидкості 10,3 км/с (37 000 км/год) зіштовхнувся з кометою, протаранив комету та передав зображення її поверхні.

Обробка даних, отриманих при спостереженні цього зіткнення, показала, що речовина верхнього шару комети сильно відрізняється від того, що там очікували виявити. Вважалося, що її ядро являє собою величезну брилу льоду із вкрапленням кам'яних гірських порід, у вигляді дрібних уламків. Насправді виявилось, що ядро комети складається з дуже пухкого матеріалу, що нагадує навіть не купу каменів, а величезну брилу пилу, пори в якому становлять 80 %.

Коли відбулося зіткнення зонда з ядром комети, то викинута речовина злетіла вузьким високим стовпом. Таке можливо лише при дуже пухкому й легкому ґрунті. Результати цього ефектного експерименту в космосі привели до появи нової моделі будови ядра комет. У минулому ядро вважали забрудненою сніжною кулею або засніженою кам'яною брилою, а тепер його розглядають як досить пухке тіло, трохи подовженої форми, що складається з пилу. Залишається

незрозумілим, як у такій «пухнатій» субстанції можуть зберігатися кратери, пагорби й різкі уступи поверхні, які чітко видні на знімках ядра комети Темпеля-1, отриманих як із самої станції Deep Impact, так і з ударного апарата, що передав останні зображення незадовго до зіткнення. На цих докладних знімках видно, що поверхня не згладжена й не покрита пилом — вона має досить виразні, різкі форми рельєфу й виглядає приблизно так само, як поверхня Місяця, — з безліччю кратерів і невеликих пагорбів.

Космічні дослідження

<i>Комета</i>		<i>Відвідання</i>			<i>Примітки</i>
<i>Назва</i>	<i>Рік відкриття</i>	<i>Космічний апарат</i>	<i>Дата</i>	<i>Відстань зближення (км)</i>	
21P/Джакобіні — Ціннера	1900	«Міжнародний дослідник комет»	1985	7800	Проліт
Комета Галлея	Відомі з давніх часів (не пізніше 240 р. до н. е.); періодичність появи відкрита у 1705 г.	«Вега-1»	1986	8889	Зближення
Комета Галлея		«Вега-2»	1986	8030	Зближення
Комета Галлея		«Суйсей»	1986	151000	Зближення
Комета Галлея		«Джотто»	1986	596	Зближення
26P/Грігга — Скьєллерупа	1902	«Джотто»	1992	200	Зближення
19P/Бореллі	1904	<i>Deep Space 1</i>	2001	?	Зближення
81P/Вільда	1978	«Стардаст»	2004	240	Зближення; повернення зразків на Землю
9P/Темпеля	1867	«Діп Імпакт»	2005	0	Зближення; зіткнення спеціального модуля (ударника) з ядром
103P/Хартлі	1986	«Діп Імпакт»	2010	700	Зближення
9P/Темпеля	1867	«Стардаст»	2011	181	Зближення
67P/Чурюмова - Герасименко	1969	«Розетта»	2014	0	Вихід на орбіту в якості квазісупутника; перша в історії м'яка посадка на комету (модуль «Філі»)