

provides instructions for organizing astronomical observations of meteorological streams and describes interactive applications.

Key words: Meteor shower, radiant, magnitude, interactive app.

МЕРКУРІЙ: ВІДКРИТТЯ, ВИВЧЕННЯ, СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Анна Бояновська – учениця 10 класу НВК №30, гуртківець ОЦТТУМ

В роботі йдеться про найменшу та найшвидшу планету в Сонячній системі - Меркурій. Описано дослідження проведені космічними посланцями до нього. Спостереження проходження Меркурія перед диском Сонця 11 листопада 2019 року та аналіз його транзитів у XXI столітті.

Ключові слова: Меркурій, спостереження, дослідження, елонгація, диск Сонця.



Меркурій - обпалена Сонцем планета

Один оберт навколо світила він робить за 88 земних діб. Відстань найближчої до Сонця планети змінюється: в перигелії 46 млн. км, в афелії 70 млн. км. Період обертання Меркурія навколо своєї осі — 59 діб. За один оберт навколо Сонця він робить 1,5 оберти навколо своєї осі. Відстань Меркурія від Землі змінюється від 82 до 217 млн. км [1].



Рис. 1. Меркурій

Сонячна меркуріанська доба триває 3 роки. Добовий перепад температур на ньому рекордний - денна сторона розжарюється до +467°C, а нічна охолоджується до -183°C. За температурою поверхні Меркурій поступається лише Венері. Атмосфера Меркурія — надзвичайно розріджена, головним її джерелом є сонячний вітер.

5 лютого 2008 р. астрономи з Бостонського університету відкрили у Меркурія кометоподібний хвіст довжиною понад 2,5 млн. км [2].

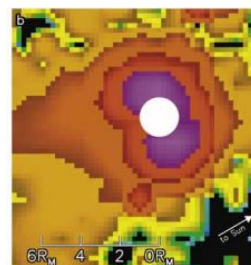


Рис. 2. Зображення натрієвого хвоста Меркурія з телескопа обсерваторії Макдональд

Актуальність дослідження кометоподібного хвоста Меркурія: 1) вивчення екзосфери планети; 2) з'ясування взаємозв'язку цієї газоподібної оболонки з міжпланетним середовищем, Сонцем та міжпланетним пилом.

Походження назви Меркурія



Планету древніми римлянами названо на честь швидкого бога торгівлі Меркурія, за те, що рухається вона по небу найшвидше.

Давньослов'янська назва «Добропан» згадується в середньовічному словнику «Mater Verboium». У давньоруському Ізборнику Святослава його називали «Єрмис» [3].

Рис.3. Прудконогий бог Меркурій

Транзити Меркурія

Проходження Меркурія перед диском Сонця - астрономічний транзит, при якому Меркурій проходить точно між Сонцем і Землею.

Це явище відбувається в середньому — 13 разів на століття, в травні або в листопаді. Травневі транзити мають періоди 13 років або 33 роки, листопадові — 7 потім 13, або 33 роки, зазвичай тривають по 5 годин [4].

Висновок: 1) ми можемо спостерігати транзити Меркурія тільки тоді, коли планета перетинає орбіту Землі, а нахил орбіти до площини екліптики Землі складає кут в 7° ;
2) в моменти нижнього сполучення, тобто нижнього протистояння, ми не бачимо Меркурій на тлі диску Сонця, бо до нас повернута його нічна сторона;
3) у верхніх сполученнях планету не видно, між нею і Землею знаходиться Сонце;
4) взагалі Меркурій на небі Землі можна спостерігати коли він в елонгації – відхиленні від Сонця від 18° до 28° .

Значення транзитів для дослідження космосу

Проходячи перед диском Сонця, Меркурій блокує крихітну частинку сонячного світла та спричиняє невелике зниження яскравості зірки. Явище транзитів використовують для пошуку екзопланет. Подібно до вивчення екзосфери Меркурія, вивчають атмосфери екзопланет. Спостерігаючи спектри – вивчаємо міру інтенсивності світла і довжину хвиль – які проходять через атмосферу екзопланет.

В результаті розуміємо їх еволюцію і склад атмосфери, а також вплив вітрів і магнітних полів материнської зорі [5].

Проходження Меркурія перед диском Сонця у XXI століті

7 травня 2003 р. відбулося перше з 14 проходжень Меркурія перед диском Сонця XXI століття. Проходження тривало більше п'яти годин. 23 зафіксованих дослідниками знімки були отримані з проміжком приблизно 15 хвилин. Близько центру і на правому краю видно сонячні плями [6].

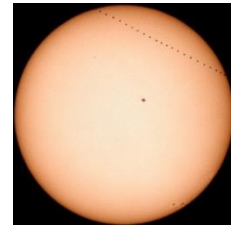
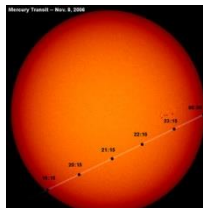


Рис. 4. Транзит Меркурія 07. 05. 2003 року



Проходження Меркурія перед диском Сонця 08. 11. 2006 р. друге в XXI столітті. Спостерігали Меркурій трохи нижче екватора в лівій частині диску Сонця. Сонячні плями видно на екваторі в правій частині сонячного диску [7].

Рис. 5. Транзит 08. 11. 2006 року

Проходження Меркурія перед диском Сонця 09. 05. 2016 року.

В цей день швидка планета вступила в нижнє з'єднання з Сонцем. Весною планета знаходиться в афелії, і рухається найповільніше, тому Меркурій спостерігали перед диском Сонця довше порівняно з листопадними транзитами. Він тривав 7,5 годин. Наступний такий транзит буде у 2049 році [8].

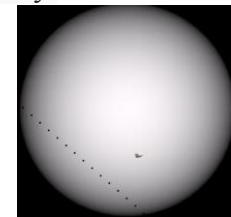
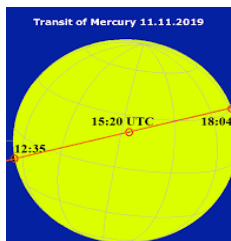


Рис. 6. Транзит Меркурія 09. 05. 2016 року



Я з друзями - астрономами Вінницького ОЦТТУМ спостерігала проходження Меркурія перед диском Сонця 11. 11. 2019 р. Це був четвертий його транзит у XXI ст. Меркурій у 300 разів менший за Сонце, тому відшукати його на диску Сонця було не просто. Він пройшов дуже близько до центра Сонця, це сприяло спостереженням і було справжнім святом для астрономів.

Рис. 7. Транзит Меркурія 11. 11. 2019 року

За допомогою програми Stellarium я визначила точний час видимості Меркурія у Вінниці. I контакт - планета з'явилася на краю диску Сонця у Вінниці о 13:45 за київським часом. II - через 2 хвилини планета повністю опинилася на диску Сонця. Закінчився транзит о 20:03. Сонце вже було під горизонтом, тому закінчення транзиту не було видно.

Для спостережень я використовувала телескоп з спеціальним світлофільтром:

1) впіймавши Сонце на приціл телескопа, налаштовувала чіткість зображення та спостерігала транзит; 2) щоб зробити фото я проектувала отримане зображення на екран. Так Меркурій було краще спостерігати та зручніше фотографувати. Планета виглядала як невелика чорна цятка, яка повільно рухалася перед диском зірки.

Проаналізувавши минулі та майбутні проходження Меркурія перед диском Сонця можна зробити висновок: травневі проходження Меркурія сприятливіші для спостережень: 1) тривають довше, 2) видимі чіткіше, 3) травневий світловий день довший за листопадовий, тому можна у наших північних широтах спостерігати весь транзит, а листопадовий – частково. Сприятливі для спостережень проходження Меркурія трапляються в 2 рази рідше несприятливих.

Висновок: спостереження проходження Меркурія перед диском Сонця дозволяє уточнити орбіту планети, її кутові діаметри, розміри та будову атмосфери. Сприяє кращому розумінню геометрії Сонячної системи.

Проходження Меркурія перед диском Сонця можливі з 6 по 14 листопада і з 6 по 10 травня. Якщо проходження Меркурія припадає на 10 листопада або 8 травня планета перетинає сонячний диск точно по діаметру. Наприклад, таким буде проходження 10 травня 2062 року.

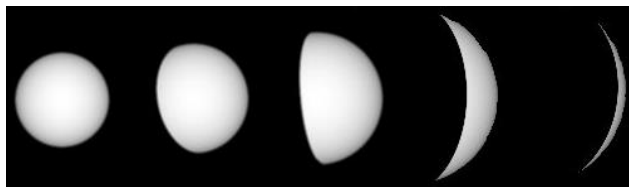
Коли проходження відбувається у сусідні дати, тоді шлях планети - хорда. Наприклад, проходження 07. 05. 2003 року. Приблизний час проходження планети перед диском Сонця можна визначити за періодичністю з якою повторюються ці небесні явища. Так як планета жодного разу за історію спостережень не перетинала диск Сонця по діаметру, то знімка цього унікального явища не існує. Але, проаналізувавши світлини минулих проходжень, роблю висновок: проходження Меркурія 11. 11. 2019 року було максимально наближене до діаметра світила.

Елонгації Меркурія

Меркурій складний об'єкт для спостережень. Його орбіта проходить занадто близько до Сонця, від якого він відхиляється на кут від 18° до 28° . Видима зоряна величина Меркурія коли змінюється від $-1,9^m$ до 5^m .

Широта Вінниці $49^{\circ}14'$, у східній елонгації – Меркурій можна бачити не довго на заході, трохи вище горизонту, одразу після заходу Сонця. У західній елонгації - його видно у східній частині неба, дуже низько над горизонтом, перед сходом Сонця.

Рис. 8. Фази Меркурія



У середніх широтах Меркурій спостерігають тільки в період максимального віддалення від Сонця; у високих - тільки під час затемнень Сонця.

Меркурій - для земного спостерігача змінює свої фази подібно до фаз Місяця.

Найкраще спостерігати за фазами, коли Меркурій перебуває в західній елонгації і з'являється в ранкових сутінках.

Існує легенда, ніби Микола Коперник за усе своє життя жодного разу не бачив Меркурій, який постійно ховається в променях Сонця. Однак, Коперник писав: "... все-таки можна зловити і його, якщо тільки взятися за це з дещо більшою хитрістю". З цих слів можна зробити висновок, що Коперник все ж таки спостерігав Меркурій [9].

Історія дослідження Меркурія

1610 року Галілео Галілей першим побачив Меркурій у телескоп. Вісь Меркурія поступово повертається у бік орбітального руху. Відбувається «прецесія перигелію», вона складає близько 43" за 100 земних років. У 1859 році Урбен Левер'є повідомив про прецесію перигелію Меркурія. Левер'є припустив, що існує планета або пояс невеликих астероїдів, які мають збурювальний вплив на Меркурій.



Рис. 9. Левер'є Урбен

Вулканоїди — це до недавнього часу гіпотетичні астероїди, яких безуспішно шукали астрономи XIX століття, в тому числі і Урбен Левер'є. Цей ефект пояснюється загальною теорією відносності, а значить, гіпотеза про існування Вулкана не має підстав [10]. Астрономи з Каліфорнійського технологічного інституту 4 січня 2019 р. виявили астероїд - 2019 AQ3, його діаметр майже 1,6 км. Один оберт навколо Сонця робить за 164 дні, а Меркурій - за 176 днів. Астероїд належить до сімейства Атірі, в якому відомо 19 подібних об'єктів. Вважають, що астероїд 2016 ХК24, який обертається з періодом в 161 день, може бути ще ближчим до Сонця ніж Меркурій [11].

Я вважаю: що повільна прецесія перигелію Меркурія збурюється астероїдами Атірі, яких раніше називали Вулканоїдами. Можливо ці астероїди є залишками планети з якою колись зіштовхнувся Меркурій.

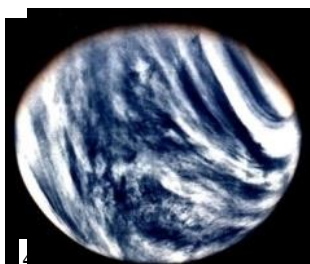
Космічні дослідження Меркурія

«Марінер-10» – перша американська автоматична міжпланетна станція, що досліджувала Меркурій, запущена 3 листопада 1973 р. ракетою-носієм Атлас-Центавр.

«Марінер-10» використав силу гравітації Венери, зігнув траєкторію польоту і опустив перигелій станції до рівня орбіти Меркурія.



Рис. 10. «Марінер-10»



«Марінер-10» пройшов повз Венеру 5 лютого 1974 року. Місія розкрила склад атмосфери Венери.

«Марінер-10» тричі пролетів біля Меркурія:

1. 29 березня 1974 р.(на відстані 703 км)
2. 21 вересня 1974р.(480 км)
3. 16 березня 1975 р. (327 км).

Рис. 11. Венера в справжніх кольорах, знімок «Марінер-10»

Рухи небесних тіл пов'язані резонансами, саме тому апарат тричі бачив одну й ту ж сторону планети.

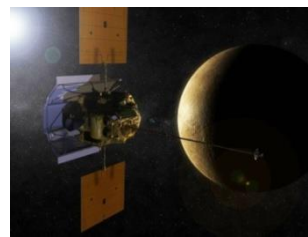
Завдяки дослідженням було: складено карту 40-45% поверхні планети; встановлено дані температури на Меркурії; передано на Землю 4000 чорно-білих знімків; виявлена доволі розріджена оболонка ізогелію; виміряне магнітне поле планети; виявлено велике багате залізом ядро.

Поверхня Меркурія сильно кратерована і схожа на місячну. Але відрізняється від неї низькою відбивною здатністю - альbedo Меркурія становить 0,056, а Місяця - 0,12. 24 березня 1975 року закінчились ресурси «Марінера-10» і він вийшов на іншу орбіту навколо Сонця [12].

«Месенджер» — друга американська автоматична міжпланетна станція запущена 3 серпня 2004 р. ракетою-носієм «Дельта II».

«Месенджер» тричі наближався до Меркурія, як його штучний супутник: 14 січня, 6 жовтня 2008 р. та 30 вересня 2009 року.

Рис. 12. «Месенджер» на орбіті Меркурія



Місія показала: не вивчена поверхня планети менш поцяткована кратерами; в її екзосфері наявна вода; в кратерах поблизу полюсів існує вічний лід. Детальні знімки зубчастих урвищ довели, що планета стискалася при формуванні; досліджено магнітосферу планети, проте її природу так і не було встановлено.

В глибоких кратерах північного та південного полюсів наявний вічний лід. Це тому, що сонячне світло в них не проникає. Його загальну масу оцінюють у 10^{10} — 10^{12} тон [1].

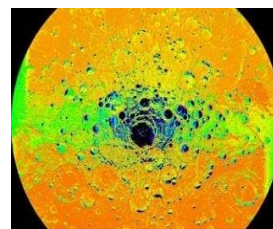


Рис. 13. Розфарбована фотографія південного полюсу Меркурія



30 квітня 2015 р. «Месенджер» вичерпав запаси палива і завершив свою роботу.

На швидкості 3,91 км/с заплановано впасть на поверхню Меркурія, від удару в північній півкулі планети утворився кратер діаметром приблизно 16 метрів. «Месенджер» 6,5 років летів до Меркурія подолавши відстань 7,9 млрд км [13].

Рис. 14. Меркурій

Місія "БепіКоломбо" стартувала до Меркурія 20 жовтня 2018 року.

«БепіКоломбо» - спільна автоматична місія Європейського (ЕКА) та Японського (JAXA) космічних агентств по дослідженню Меркурія. Названа на честь італійського математика та інженера Джузеппе Коломбо (1920-1984 роки).

Він розробив теорію гравітаційного маневру для польотів всіх космічних апаратів, що дозволяє прокладати потрібний маршрут за рахунок тяжіння інших небесних тіл.

«Бепі Коломбо» складається з двох орбіталей. Mercury Transfer Module — рухова установка, сконструйована ЄКА доставить до Меркурія два орбітальних апарати, і технічно їх підтримає під час подорожі.

Mercury Planetary Orbiter (МРО) - побудований ЄКА. Вага 1150 кг, містить 11 наукових інструментів для дослідження Меркурія.

Рис. 15. ММО та МРО



Mercury Magnetospheric Orbiter (ММО) — побудований JAXA. Оснащений чотирма провідними антенами (по 15 м) для вимірювання електричного поля та радіохвиль і двома щоглами (по 5 м) для вимірювання магнітного поля.

Завдання місії: вивчити склад поверхні Меркурія і навколишнього його простору; оцінити геологічну історію розвитку планети; вивчити хімічний склад поверхні і її внутрішню структуру; проаналізувати походження магнітного поля і досліджувати його взаємодію з сонячним вітром; дослідити водяний лід в полярних областях. Станція подорожуватиме до Меркурія 7,2 роки [14].

Космічні подорожі до Меркурія є екстремальними для космічних кораблів та важкими у проектуванні польотів, тому лише два космічних апарати побували на орбіті Меркурія, третій зараз у польоті до цілі.

Вивчення Меркурія сприяє пізнанню процесу формування Сонячної системи та Землі, глибшому розумінню процесів взаємодії нашої планети з Сонцем.

Авторські спостереження, аналіз і систематизація досліджень лягли в основу моєї статті. Вона може бути використана на уроках астрономії та на заняттях астрономічного гуртка. Вважаю, що хоч спостерігати за Меркурієм не так вже й просто, але цікаво та пізнавально. Вивчення та спостереження Меркурія значно збагатить ваші астрономічні знання та вміння, додасть наснаги та бажання продовжувати спостерігати цікаві об'єкти зоряного неба.

Список використаних джерел:

1. Меркурій (планета). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Меркурій_\(планета\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Меркурій_(планета))
2. Атмосфера Меркурія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Атмосфера_Меркурія
3. Меркурій. Назва. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Меркурій_\(планета\)#Назва](https://uk.wikipedia.org/wiki/Меркурій_(планета)#Назва)
4. Проходження Меркурія перед диском Сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Проходження_Меркурія_по_диску_Сонця
5. Транзит Меркурія, 2006-11-08 2. Вікісховище. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukurier.gov.ua/uk/news/tranzit-merkuriya-ce-yavishe-vidbuvayetsya-tilki-1/>
6. Проходження Меркурія по диску Сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.astronet.ru/db/msg/1190060>
7. Транзит Меркурія, 2006-11-08 2. Вікісховище. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transit_of_Mercury,_2006-11-08_2.jpg
8. Проходження Меркурія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.astronet.ru/db/msg/1361995>
9. Сонячна система. Спостереження Земної групи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://aerospace.klasna.com/uk/site/sonyachna-sistema-sposter.html>
10. Зсув перигелію Меркурія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Зсув_перигелію_Меркурія
11. Астрономи знайшли рекордно близький до Сонця астероїд. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://day.kyiv.ua/uk/news/100219-astronomy-znayshly-rekordno-blyzkyy-do-soncy-a-asteroyid>
12. Марінер-10. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Марінер-10>
13. *Messenger*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/MESSENGER>
14. BepiColombo. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/BepiColombo>

MERCURY: RESEARCH, STUDY, OBSERVATION

Anna Boyanovska – student of 10 grade, School-gymnasium №30, RCTCSY

This work is dedicated to the observation of the sun-burned planet, the passage of Mercury before the Sun's disk in general, and my observations of this phenomenon on November 11, 2019. Aspects of this phenomenon and its importance for exoplanet discovery and exploration are analyzed.

Key words: Mercury, observation, research, elongation, disk of the Sun.