



Олександр Шевчук



Праця, з якої починається

ПРО ВЕЛИЧИНИ І ВІДСТАНІ ДО СОНЦЯ ТА МІСЯЦЯ

Аристарх Самоський (гр. *Αρίσταρχος ο Σάμιος*; народився бл. 310 року до н. е на о. Самос – помер бл. 230 року до н. е. на о. Крит) – давньогрецький астроном, математик і філософ, який уперше запропонував геліоцентричну систему світу – систему, в центрі якої знаходиться Сонце (а не Земля, як традиційно вважалося – геоцентрична система), і розробив науковий метод визначення відстаней до Сонця і Місяця та обчислення їхніх розмірів.

З усіх творів Аристарха Самоського до нас дійшов лише один – „Про величини і відстані до Сонця і Місяця“, де він уперше в історії науки намагався встановити відстані до цих небесних тіл.

ДОСИТЬ ВИГАДУВАТИ!

Давньогрецькі вчені попередньої епохи неодноразово висловлювалися на ці теми. Так Анаксагор із Клазомен вважав, що Сонце за розмірами більше Пелопоннесу – півострова у Південній Греції розмірами 45 на 55 км. Але всі ці судження не мали під собою жодного наукового підґрунтя: відстані та розміри Сонця і Місяця не обчислювали на підставі астрономічних спостережень, а просто вигадували. На відміну від них, Аристарх використав науковий метод, заснований на спостереженні місячних фаз і сонячних та місячних затемнень. Його судження засновані на припущенні, що Місяць має форму кулі і відбиває світло від Сонця. Отже, якщо





Фламандський гобелен (1500–1515 роки), який зображає музу астрономії з астрономом, писаря і пастухів, котрі дивлять на небеса. Дизайн Гетеборга.

астрономія як точна наука

Місяць знаходиться у квадратурі, тобто виглядає розсіченим навпіл, то кут Земля – Місяць – Сонце є прямим.

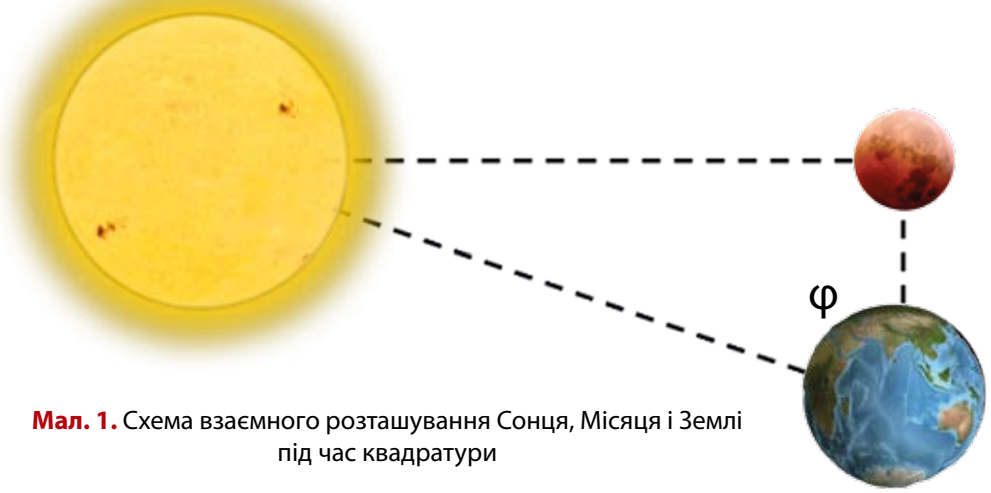
Тепер досить виміряти кут α між променями, утвореними напрямками Місяць – Сонце і Сонце – Земля (мал. 1), і, „розв’язуючи” прямокутний трикутник, встановити відношення відстаней від Землі до Місяця r_M і від Місяця до Сонця r_S : $\operatorname{tg} \alpha = r_M / r_S$. За вимірами Аристарха, $\alpha = 87^\circ$, звідси випливає, що Сонце приблизно в 19 разів далі від Землі, ніж Місяць. Щоправда за часів Аристарха ще не було тригонометричних функцій (власне, він сам у тому ж самому творі „Про величини і відстані до Сонця і Місяця” закладав основи тригонометрії). Тому для обчислення цієї відстані йому доводилося використовувати досить складні обрахунки, детально описані у згаданому трактаті.

МАЙЖЕ ПРАВИЛЬНО

Далі Аристарх залучив деякі відомості про сонячні затемнення: чітко уявляючи собі, що вони відбуваються тоді, коли Місяць загороджує від нас Сонце, Аристарх вказав, що кутові розміри обох світил на небі приблизно однакові. Отже, Сонце в стільки ж разів більше за Місяць, у скільки разів далі від Землі, ніж Місяць. Тобто (за даними Аристарха) відношення радіусів Сонця і Місяця приблизно складає 20:1.

Наступним кроком було вимірювання відношення діаметрів Сонця і Місяця до діаметра Землі. Цього разу Аристарх використав аналіз спостережень за місячними затемненнями. Причина затемнень йому абсолютно зрозуміла: вони відбуваються тоді, коли Місяць потрапляє в





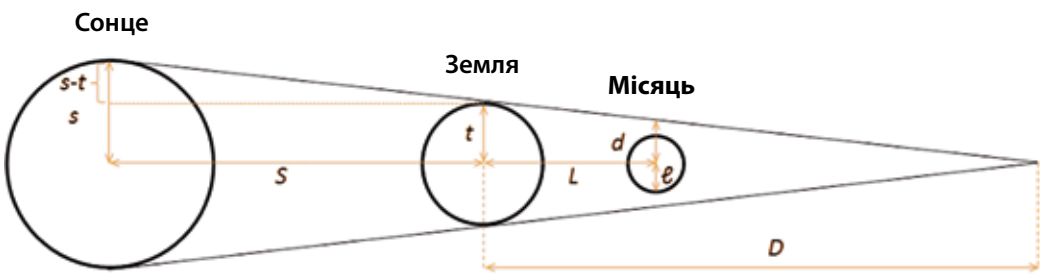
Мал. 1. Схема взаємного розташування Сонця, Місяця і Землі під час квадратури

конус земної тіні. За його оцінками, на відстані місячної орбіти ширина цього конуса в 2 рази більша за діаметр Місяця. Знаючи це значення, Аристарх за допомогою досить дотепних побудов і виведеного раніше відношення розмірів Сонця і Місяця зробив висновок, що відношення радіусів Сонця і Землі складає більше ніж 19:3, але менше ніж 43:6. Був оцінений також радіус Місяця: за Аристархом, він приблизно в три рази менший за радіус Землі, що не так уже й далеко від правильного значення (за сучасними даними 3/11 радіуса Землі, тобто всього на 6 % менше за значення, яке отримав Аристарх).

Відстань до Сонця Аристарх недооцінив приблизно в 20 разів. Причина помилки полягала в тому, що момент місячної квадратури може бути встановлений тільки з дуже великою невизначеністю, яка веде до невизначеності значення кута α і, отже, до невизначеності відстані до Сонця.

ПОМИЛИВСЯ, БО НЕДООЦІНИВ

Всупереч назві своєї праці, Аристарх не обчислював відстань до Місяця і Сонця, хоча він, звичайно, легко міг би це зробити, знаючи їхні кутові та лінійні розміри. У трактаті зазначено, що кутовий діаметр Місяця становить



Мал. 2. Схема, що пояснює визначення радіуса Місяця за методом Аристарха





1/15 частини знака зодіаку, тобто 2° , що в 4 рази більше від дійсного значення. Звідси випливає, що відстань до Місяця складає приблизно 19 радіусів Землі. Якщо зробити відповідні обчислення зі значенням $0,5^\circ$, отримаємо: відстань до Місяця складає приблизно 80 радіусів Землі, що більше за правильне значення приблизно на 20 радіусів Землі. Це пов'язане з тим, що Аристархова оцінка ширини земної тіні в районі місячної орбіти є недооціненою. Виправлене значення цієї величини (2,6 радіуса Землі, проти 2 радіусів Землі, як вважав Аристарх) було використане через півтора століття після смерті Аристарха Гіппархом Нікейським, завдяки чому було встановлено, що відстань до Місяця складає близько 60 радіусів Землі, у повній відповідності з сучасними оцінками.

Історичне значення праці Аристарха величезне: саме з неї починається розвиток астрономії як точної науки, в ході якого були встановлені справжні масштаби Сонячної системи, Чумацького Шляху, Всесвіту.

