



Олександр Шевчук



Мал. 1

# ТАКІ НЕСХОЖІ

На малюнках 1 і 2 зображені чорно-білі фотографії Місяця. Одна з них є зображенням місячного затемнення, інше фото зображає місячні фази. Яке зображення є фотографією місячного затемнення? Щоб відповісти на це запитання, давайте з'ясуємо, як утворюються фази Місяця, та чому відбуваються місячні затемнення.

## ФАЗИ МІСЯЦЯ

Місяць сам не світиться, і ми бачимо його тільки тоді, коли він освітлений Сонцем. Зміна фаз Місяця обумовлена змінами в умовах освітлення Сонцем темної кулі Місяця під час його руху по орбіті. Зі зміною взаємного розташування Землі, Місяця і Сонця термінатор (межа між освітленою та неосвітленою частинами диска Місяця) переміщується, що і спричиняє зміну обрисів видимої частини Місяця.

Оскільки Місяць – сферичне тіло, при спостереженні „збоку” виникає картина характерного вигляду, що нагадує шматок сиру або серп. З огляду на згадану сферичність Місяця та велику відстань від Місяця до Сонця у порівнянні з діаметром Місяця (150 000 000 км проти 3 500 км) та чималу відстань від Місяця до Землі порівняно з діаметром Землі (380 000 км та





# СЕРПІКИ

Мал. 2

12 600 км відповідно), Місяць освітлюється майже паралельними сонячними променями, і термінатор завжди проходить через кінці діаметра видимого диска нашого супутника. Термінатор із точки зору геометрії є дугою еліпса. Вигнута сторона „серпа” завжди вказує у бік Сонця, навіть якщо воно сховалося за обрієм.

Місяць проходить такі фази освітлення (мал. 4):

молодик – Місяць на небі не видно (стан 1);

неоменія – перша поява Місяця на небі після молодика у вигляді вузького серпа (стан 2);

перша чверть – освітлена половина Місяця (стан 3);

повний місяць – освітлена вся поверхня Місяця повністю (стан 5);

остання чверть – знову освітлена половина Місяця (стан 7);

старий місяць – освітлена невеличка ділянка поверхні Місяця у вигляді вузького серпа (стан 8).

Період зміни фаз Місяця в середньому становить близько 29,53 доби.

На мал. 4 приведені фото Місяця, які відповідають положенням 2–8 нашого супутника в системі Земля – Місяць – Сонце.



Щоб відрізнити першу чверть від останньої, спостерігач, що знаходиться у Північній півкулі Землі, може використовувати такі мнемонічні правила. Якщо місячний серп у небі схожий на літеру „С”, то це – Місяць „Старіє”, тобто це – остання чверть. Якщо ж він повернутий у зворотний бік, то, подумки приставивши до нього паличку, можна отримати літеру „Р” – Місяць „Росте”, тобто це – перша чверть.

Місяць, що росте, зазвичай спостерігають увечері, а старіючий – уранці.

### МІСЯЧНІ ЗАТЕМНЕННЯ

Земля, як і будь-яке непрозоре тіло, при освітленні сонячними променями дає тінь. Повна тінь – геометричне місце точок, в яких Сонце є повністю невидним. Використовуючи схему мал. 3 та знаючи розміри Сонця, Землі, а також відстані в системі Сонце – Земля – Місяць, можна знайти розмір тіні від Землі на заданій відстані від поверхні планети. Обрахунки показують, що діаметр тіні від Землі на відстані 363 000 км (мінімальна відстань від Місяця до Землі) складає близько 2,5 діаметри Місяця, тому Місяць може бути затінений цілком.

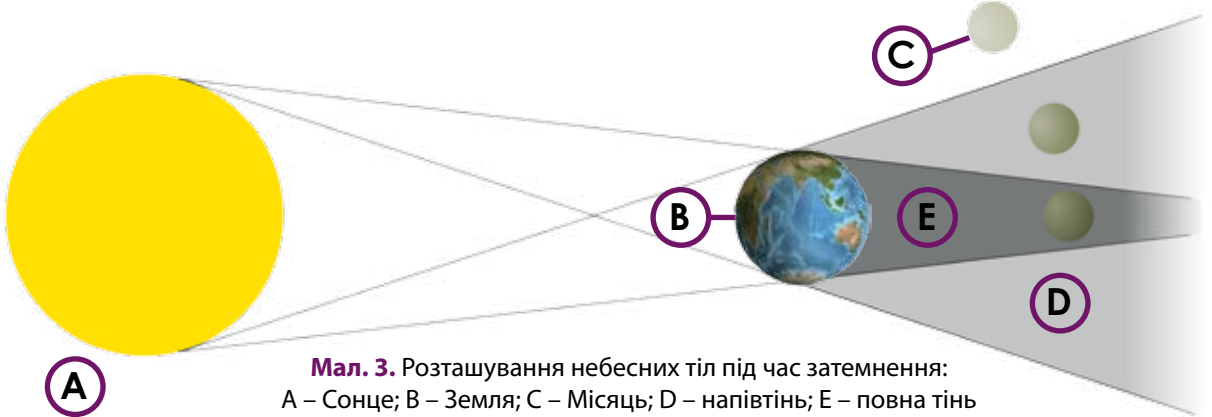
Уперше вказані вище параметри в системі Сонце – Земля – Місяць обчислив Аристарх Самоський.

Під час повного місячного затемнення Місяць повністю входить у тінь Землі. Затемнення видно одночасно з усіх точок земної поверхні, де відбувся захід Сонця (якщо, звісно, цьому не перешкоджають погодні умови). Однак місцевий час цього явища буде різним. Оскільки Місяць рухається із заходу на схід, то першим входить у земну тінь лівий край Місяця, він же першим і виходить із земної тіні наприкінці затемнення.

Форма краю земної тіні при місячних затемненнях послужила давньогрецькому філософу і вченому Аристотелю одним із вагомих доказів кулястості Землі.

Повна фаза місячного затемнення триває набагато довше, ніж повна фаза сонячного затемнення. Тривалість повного затемнення Місяця може бути різною – максимально до 1 години 48 хвилин. Такими були, наприклад, місячні затемнення 13 серпня 1859 року та 16 липня 2000 року. Найближче повне затемнення Місяця, яке було видимим в Україні, спостерігали 15 червня 2011 року. Його тривалість майже максимальна – 1 година 40





**Мал. 3.** Розташування небесних тіл під час затемнення:  
 А – Сонце; В – Земля; С – Місяць; D – напівтінь; E – повна тінь

хвилин. Чи не могли б ви, виходячи з цих даних, знайти середню швидкість руху Місяця по орбіті?

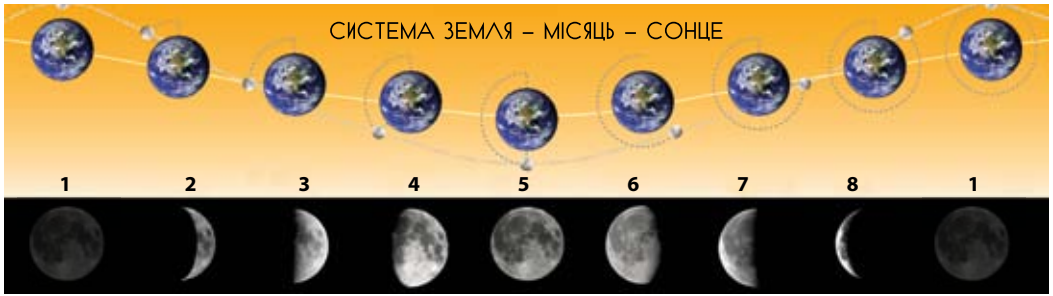
Якщо тільки частина Місяця заходить у тінь від Землі, настає затемнення часткове.

На мал. 2 приведені послідовні фото часткового місячного затемнення. Поясніть самостійно, які фото відповідають послідовним фазам затемнення у правильному порядку.

Крім тіні, Земля (як і інші непрозорі тіла) дає ще й так звану напівтінь, схема утворення якої показана на мал. 3. Напівтінь – геометричне місце точок у просторі, в яких помітна тільки частина Сонця, а частина закрита Землею. Якщо Місяць проходить область півтіні, але не входить у тінь, відбувається напівтіньове затемнення. При цьому яскравість Місяця зменшується, але незначним чином: таке зменшення практично непомітне для неозброєного ока і фіксується тільки приладами. Лише коли Місяць у напівтіньовому затемненні проходить поблизу конуса повної тіні, якщо небо ясне, можна помітити незначне потемніння з лівого краю місячного диска.

## ЧОМУ МІСЯЦЬ ЧЕРВОНИЙ?

Під час затемнення (навіть повного) Місяць не зникає повністю, а стає темно-червоним. Цей факт пояснюється тим, що Місяць навіть у фазі повного затемнення продовжує освітлюватися. Сонячні промені, що проходять по дотичній до земної поверхні, розсіюються в атмосфері Землі, і за рахунок цього розсіяння частково досягають Місяця. Оскільки земна атмосфера найбільш прозора для променів червоно-помаранчевої частини спектра, саме ці промені в більшій мірі досягають поверхні Місяця під час затемнення, що й пояснює забарвлення місячного диска. По суті,



**Мал. 4.** Система Земля – Місяць – Сонце.

1 – молодик, 3 – перша чверть, 5 – повний місяць, 7 – остання чверть

це той же ефект, що й оранжево-червоне світіння неба поблизу горизонту перед сходом (світанок) або відразу після заходу Сонця (вечірня заграва).

## ДРАКОНІЧНИЙ МІСЯЦЬ

Якби площина орбіти Місяця збігалася з площиною орбіти Землі – екліптикою – місячні затемнення повторювалися б кожен місяць. Але кут між цими площинами складає  $5^\circ$  і двічі на місяць за один оберт навколо Землі наш супутник перетинає екліптику у двох точках, які називають вузлами місячної орбіти. Про ці вузли знали ще древні астрологи, називаючи їх Головою і Хвостом Дракона (Раху і Кету). Для того, щоб відбулося місячне затемнення, повний Місяць повинен знаходитися поблизу вузла своєї орбіти.

Проміжок часу, через який Місяць повертається до свого вузла, називається драконічним місяцем (як ви гадаєте, чому?), тривалість якого складає 27,21 доби. Фази Місяця (синодичний місяць) повторюються в середньому через 29,53 доби. Проміжок часу в 346,62 доби, за який центр диска Сонця проходить через один і той же вузол місячної орбіти, називається драконічним роком. Період повторюваності затемнень – сарос – буде дорівнювати проміжку часу, після закінчення якого початки цих трьох проміжків часу будуть збігатися (сарос на давньоєгипетській мові означає повторення). Задовго до нашої ери, ще в давнину, встановили, що сарос триває 18 років 11 діб 7 годин. Сарос включає в себе 242 драконічних місяці або 223 синодичних місяці, або 19 драконічних років. Протягом кожного саросу відбувається від 70 до 85 затемнень; із них зазвичай буває близько 43 сонячних і 28 місячних.

Підраховано, що між 1207 роком до н. е. і 2162 роком нашої ери, тобто впродовж 3369 років, відбудеться 8 000 сонячних затемнень і 5 200 затемнень Місяця. Таким чином, на кожні 3 затемнення Сонця припадає 2 затемнення Місяця. Протягом року відбувається не менше двох затемнень Сонця, а за певних умов – чотири. Натомість протягом року може відбутися не більше трьох затемнень Місяця, але може статися так, що не відбудеться жодного (навіть часткового). Протягом року може відбутися найбільше сім





затемнень: або п'ять сонячних і два місячних, або чотири сонячних і три місячних.

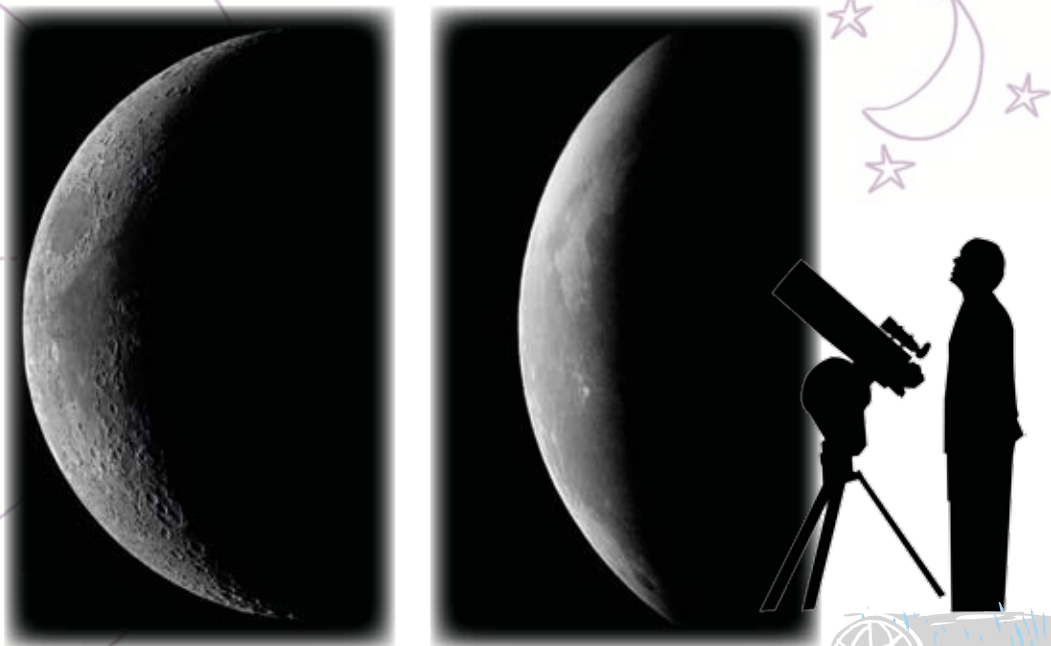
Однак для певного місця спостереження затемнення Місяця спостерігається частіше, ніж затемнення Сонця. Причиною цього є той факт, що останні спостерігаються лише у смугі, шириною до 300 км для повних затемнень. У певній точці поверхні повне сонячне затемнення спостерігається в середньому 1 раз на 200–300 років.

## ХТО Є ХТО?

То якою ж буде відповідь на поставлене на початку статті запитання?

Оскільки діаметр тіні від Землі на орбіті Місяця приблизно в 2,5 рази перевищує діаметр нашого супутника, то, по-перше, радіус кривизни термінатора – дуги еліпса – від земної тіні на поверхні Місяця повинен бути приблизно у 2,5 рази більшим від радіуса кривизни термінатора під час спостережень за фазами Місяця. По-друге, при досить тривалих фазах місячного затемнення спостерігається темно-червоне свічення затемненої частини диска Місяця, чого не буває при спостереженні за „звичайними“ фазами. По-третє, термінатор, який виникає під час затемнень Місяця, не проходить через кінці діаметра його диска, крім миттєвостей поблизу середини затемнення.

Отже, сукупність фактів однозначно свідчить: ліворуч на мал. 5 – „молодий“ Місяць, а праворуч – фото місячного затемнення, при чому в стадії від початку затемнення до його середини (здогадалися, чому?).



Мал. 5