

**Розв'язки завдань III етапу Всеукраїнської олімпіади з астрономії.
2018 рік. 10 клас**

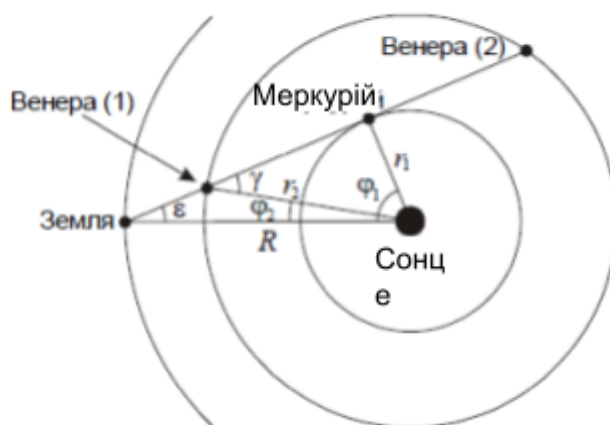
- 1.1 Г – В – Б – А
- 1.2 Б – Г – В – А
- 1.3 Г – Б – А – В
- 1.4 В – А – Б – Г
- 1.5 А – Б – В – Г
- 1.6 В – це зоря, всі інші сузір'я
- 1.7 Г – це астероїд, всі інші – супутники
- 1.8 Г – Юпітер – це планета-гігант, всі інші планети земної групи
- 1.9 А – космічна станція, всі інші телескопи (оптичний, космічний «Габбл», радіотелескоп)

2. Положення Меркурія, Венери і Землі в зазначений в умові момент показано на малюнку.

Перебуваючи в сполученні з Меркурієм, Венера може перебувати в двох точках своєї орбіти, позначених на малюнку цифрами 1 і 2. Але, оскільки Меркурій поступається за видимим діаметром Венері більше ніж в 5 разів, то це може бути, тільки тоді коли Венера знаходиться в положенні 1, недалеко від Землі.

(Можна провести і кількісний аналіз, знайшовши з прямокутного трикутника

ЗМС відстань до Меркурія, його видимий кутовий радіус. Тоді, помноживши на 5 знайти видимий кутовий радіус Венери і відстань до неї. В результаті відстань до Венери буде наближено дорівнювати 0,46 а.о., що можливе лише у випадку 1). Позначимо радіуси орбіт Меркурія, Венери і Землі через r_1 , r_2 і R і визначимо кути φ_1 і φ_2 в даний момент. Для



$$\varphi_1 = \arccos \frac{r_1}{R} = \arccos 0,39 = 67,2^\circ = 1,17 \text{ рад}$$

Меркурія отримуємо

Кут φ_2 обчислюється з трикутника Сонце-Венера-Земля з урахуванням властивості суміжних кутів:

$$\varphi_2 = \gamma - \varepsilon = \arcsin \frac{r_1}{r_2} - \arcsin \frac{r_1}{R} = \arcsin \frac{0,39}{0,72} - \arcsin 0,39 = 9,6^\circ = 0,17 \text{ рад}$$

Час, що залишився до нижнього сполучення Меркурія:

$$t_1 = \frac{\varphi_1}{\omega_M - \omega_3} = \frac{\varphi_1}{\frac{2\pi}{T_M} - \frac{2\pi}{T_3}} = \frac{1,17}{\frac{2\pi}{0,24} - \frac{2\pi}{1}} = 0,059 \text{ років} = 21,5 \text{ діб}$$

Час, що залишився до нижнього сполучення Венери:

$$t_1 = \frac{\varphi_1}{\omega_B - \omega_3} = \frac{0,17}{\frac{2\pi}{0,62} - \frac{2\pi}{1}} = 0,044 \text{ років} = 16,1 \text{ діб}$$

Таким чином, Венера вступить в нижнє сполучення на 5,4 доби раніше Меркурія.

3. а) Неважко визначити, що Рига знаходиться на 3° південніше і на $13^{\circ}20'$ східніше, ніж Осло. Оскільки міста знаходяться не далеко одне від одного, то кривизною земної поверхні можна знехтувати і визначити відстань за теоремою Піфагора. Однак довжини дуг 1° по меридіану і по паралелі співпадають лише на екваторі.

Використаємо з курсу географії, що дуга 1° земного меридіана приблизно дорівнює 111 км.

Або обчислимо, що довжина всього меридіана $l = 2\pi R = 6,28 \cdot 6378 = 40053,8$ км, що відповідає 360° . Тоді 1° відповідає $40053,8/360 \approx 111$ км.

Отже 3° відповідає 333 км.

На широті 60° радіус кола паралелі вдвічі менший, ніж радіус кола екватора, (радіус кола екватора дорівнює радіусу Землі R , а радіус кола 60° паралелі $r = R \cdot \cos 60^\circ = R/2$), отже довжина кола шістдесятої паралелі теж вдвічі менша за довжину кола екватора. Це означає, що 1° шістдесятої паралелі відповідає довжина $\approx 55,5$ км. $13^\circ 20'$ відповідає 740 км. За теоремою

Піфагора відстань між містами $l = \sqrt{333^2 + 740^2} \approx 811,5$ км.

б) Переведемо довготу Осло в години. $10^\circ = 10 \cdot 4^m = 40^m$, $46' = 46 \cdot 4^s = 184^s = 3^m 4^s$.

Отже довгота Осло $43^m 4^s$. Оскільки в Осло Сонце найвище над горизонтом, то це означає, що в Осло 12^h за місцевим часом. В Гринвічі в цей момент $12^h - 43^m 4^s = 11^h 16^m 56^s$. Довгота Риги $24^\circ 6'$ сх.д., отже Рига знаходиться в II годинному поясі, тому годинник жителя Риги покаже $11^h 16^m 56^s + 2^h = 13^h 16^m 56^s$.

в) Сонце максимально опускається під горизонт у нижній кульмінації. Висота Сонця в нижній кульмінації $h = -90^\circ + \varphi + \delta$, де δ – схилення Сонця, яке може бути максимальним $23^\circ 27'$ в день літнього сонцестояння. Для Риги $h = -9^\circ 33'$, для Осло $h = -6^\circ 33'$. Отже для Осло можливе короткочасне настання «білих ночей» поблизу 22 червня, а для Риги – ні.

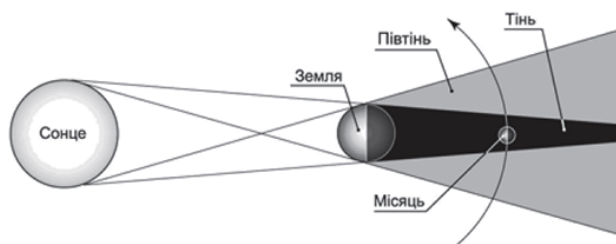
4. Оскільки потрібно знайти мінімальний період, то відстанню від супутника до зорі порівняно з радіусом зорі можна знехтувати.

Період $T = \frac{2\pi R}{v}$ (1). Згідно закону всесвітнього тяжіння $m \frac{v^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}$. Визначаємо звідси

швидкість і підставляємо в (1). $T = \frac{2\pi R}{\sqrt{G \frac{M}{R}}}$ (2). Маса зорі $M = \rho \cdot \frac{4}{3} \pi R^3$. Підставимо в (2).

$T = \sqrt{\frac{3\pi}{G\rho}}$. Після підстановки значень отримаємо: $T = \sqrt{\frac{3\pi}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 10^{17}}} \approx 1,2$ мс

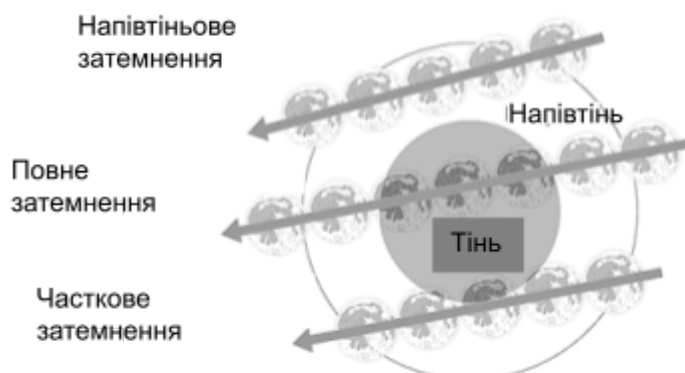
5. а)



б) Напівтіньова фаза буває, коли Місяць частково або повністю зайшов у півтінь, але ще не дотикається тіні. Потемніння місячного диска при цьому незначне. Зазвичай цю фазу не спостерігають.

Часткова фаза триває, коли Місяць частково заходить в земну тінь. Її видно чітко, хоча межа трохи розмита через розсіювання світла в земній атмосфері. Розсіяне світло (в основному червона частина спектра) потрапляє в т.ч. і на затінену частину місячного диска, тому там спостерігається слабе червонувате світіння.

Повна фаза триває, коли Місяць повністю заходить в тінь. Місяць при цьому світиться ледве помітним червонуватим світлом.



За наявності у затемнень вищеописаних фаз їх поділяють на напівтіньові, часткові тіньові і повні тіньові.

Напівтіньове - коли видно лише напівтіньова фаза. Зазвичай такі затемнення не спостерігають.

Часткове тіньове - коли Місяць входить в тінь Землі, але не повністю. Видно напівтіньова фаза на початку і в кінці, а також часткова фаза.

Повне тіньове - коли Місяць входить в тінь Землі повністю. Видно напівтіньова, часткова, повна фази, потім знову часткова і напівтіньова.

в) Під час затемнення на Місяць потрапляє світло, що пройшло крізь атмосферу і заломилося нею. Червоні промені сонячного світла менше за інші розсіюються і поглинаються в земній атмосфері, вони - то в основному і доходять до Місяця крізь земну атмосферу.

6.

а) в сузір'ї Тельця

б) $\alpha=20^h 20^m$, $\delta=-19^\circ$.

в) пряме сходження Сонця в цей день $\alpha=20^h 20^m$. Таким чином, кутова відстань між Сонцем і Місяцем вздовж місячного шляху становить ~ 7 год 40 хв, що становить 115° .

Оскільки за добу відносно Сонця Місяць зміщується на $\frac{360^\circ}{29,5 \text{ діб}} \approx 12,2^\circ$, то з моменту нового Місяця пройшло $\frac{115^\circ}{12,2^\circ} \approx 9,4$ доби. Тобто Місяць є у другій чверті.

7. За добу Земля повертається на 360° . Центр всіх дуг зір знаходиться у Північному полюсі світу (поблизу Полярної зірки), яка протягом доби практично не змінює свого положення відносно горизонту. Для знаходження центра використаємо властивість кола – перпендикуляри до середини хорд перетинаються у його центрі. Візьмемо дві дуги, які описують дві зорі за час експозиції, з'єднаємо їх кінці і знайдемо середини даних хорд. За допомогою транспортира проведемо серединні перпендикуляри. Точка їх перетину є полюсом світу. З полюса світу проводимо дві прямі до кінців будь-якої дуги. Транспортиром вимірюємо кутову довжину дуги ϕ .

Час експозиції знаходимо із співвідношення $\frac{24 \cdot 60 \text{ хв}}{360^\circ} = \frac{t}{\phi}$. $t = \frac{\phi \cdot 24 \cdot 60 \text{ хв}}{360^\circ}$.