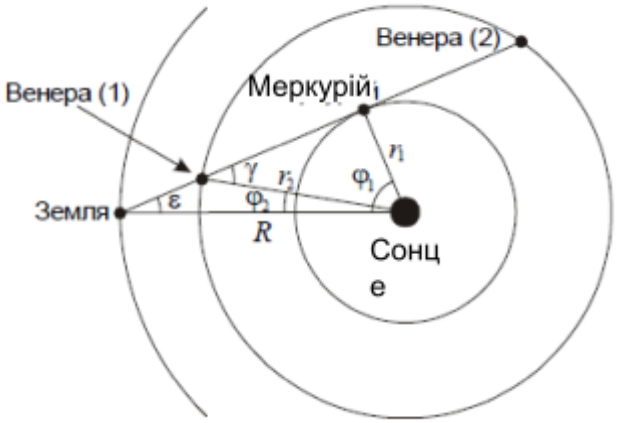
Розв'язки завдань ІІІ етапу Всеукраїнської олімпіади из астрономії.
2018 рік. 10 клас

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 Меркурія отримуємо

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

Кут $\boldsymbol{\phi}_2$ обчислюється з трикутника Сонце-Венера-Земля з урахуванням властивості суміжних кутів:

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

Час, що залишився до нижнього сполучення Меркурія:

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

Час, що залишився до нижнього сполучення Венери:

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

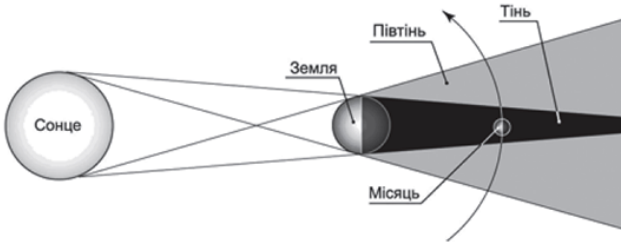
Таким чином, Венера вступить в нижнє сполучення на 5,4 доби раніше Меркурія.

3. а) Неважко визначити, що Рига знаходиться на 3^0 південніше і на $13^0 20'$ 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 1^0 по меридіану і по паралелі співпадають лише на екваторі.

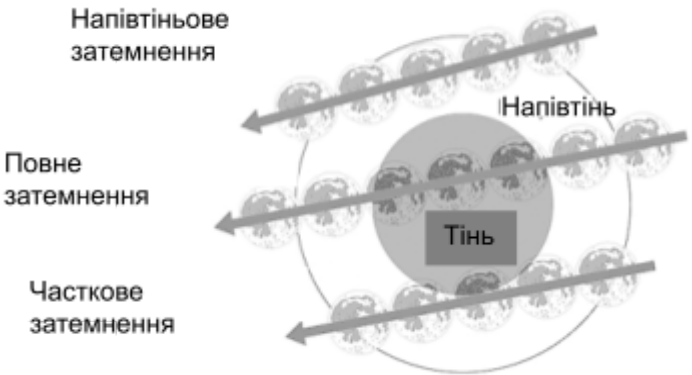
Використаємо з курсу географії, що дуга 1^0 земного меридіана приблизно дорівнює 111 км. Або обчислимо, що довжина всього меридіана $l = 2\pi R = 6{,}28 \cdot 6378 = 40053{,}8$ км, що відповідає 360^0. Тоді 1^0 відповідає 40053,8/360≈111 км.
Отже 3^0 відповідає 333 км.
На широті 60^0 радіус кола паралелі вдвічі менший, ніж радіус кола екватора, (радіус кола екватора дорівнює радіусу Землі R, а радіус кола 60 паралелі $r=R\cdot\cos 60^0=R/2$), отже довжина кола шістдесятої паралелі теж вдвічі менша за довжину кола екватора. Це означає, що 1^0 шістдесятої паралелі відповідає довжина ≈55,5 км. $13^020'$ 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. $10^0=10\cdot 4^m=40^m$, $46'=46\cdot 4^s=184^s=3^m4^s$.
Отже довгота Осло 43^m4^s. Оскільки в Осло Сонце найвище над горизонтом, то це означає, що в Осло 12^h за місцевим часом. В Гринвічі в цей момент $12^h-43^m4^s=11^h16^m56^s$. Довгота Риги $24^0\ 6'$сх.д., отже Рига знаходиться в II годинному поясі, тому годинник жителя Риги покаже $11^h16^m56^s+2^h=13^h16^m56^s$.
в) Сонце максимально опускається під горизонт у нижній кульмінації. Висота Сонця в нижній кульмінації $h = -90^0 + \varphi + \delta$, де δ − схилення Сонця, яке може бути максимальним $23^027'$ в день літнього сонцестояння. Для Риги $h=-9^033'$, для Осло $h=-6^033'$. 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 $T = \dfrac{2\pi R}{\upsilon}$ (1). Згідно закону всесвітнього тяжіння $m\dfrac{\upsilon^2}{R} = G\dfrac{Mm}{R^2}$. Визначаємо звідси швидкість і підставляємо в (1). $T = \dfrac{2\pi R}{\sqrt{G\dfrac{M}{R}}}$ (2). Маса зорі $M = \rho\cdot\dfrac{4}{3}\pi R^3$. Підставимо в (2). $T = \sqrt{\dfrac{3\pi}{G\rho}}$. Після підстановки значень отримаємо: $T = \sqrt{\dfrac{3\pi}{G\rho}} = \sqrt{\dfrac{3\cdot 3{,}14}{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 10^{17}}} \approx 1{,}2$ 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 слабке 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) $\alpha=20^h\ 20^m$, $\delta=-19^0$.
в) пряме сходження Сонця в цей день $\alpha=20^h\ 20^m$. Таким чином, кутова відстань між Сонцем і Місяцем вздовж місячного шляху становить ~7год 40хв, що становить 115^0.
Оскільки за добу відносно Сонця Місяць зміщується на $\frac{360^0}{29{,}5\ діб} \approx 12{,}2^0$, то з моменту нового Місяця пройшло $\frac{115^0}{12{,}2^0} \approx 9{,}4$ доби. Тобто Місяць є у другій чверті.

7. За добу Земля повертається на 360^0. 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 $\frac{24 \cdot 60\ хв}{360^0} = \frac{t}{\varphi}$. $t = \frac{\varphi \cdot 24 \cdot 60\ хв}{360^0}$.