

**Завдання III етапу Всеукраїнської учнівської олімпіади з астрономії**  
**Теоретичний тур**  
**11 клас**

**Завдання 1**

З яких місць на поверхні Землі можна спостерігати одне й те ж світило у верхній та нижній кульмінаціях на однаковій кутовій відстані від горизонту. Назвіть умови та тип зірок, які задовольняють зазначеним вимогам.

Відповідь надайте описово, без використання формул.

Розв'язок

Дивись розв'язок завдання № 1 для 10-го класу

**Завдання 2**

Припливи та відпливи, спричинені дією Місяця на земні оболонки, приводять до віддалення Місяця від Землі на 3,82 см/рік, а Земля сповільнює обертання. Зазначте умови, за яких уже не можна буде спостерігати повне сонячне затемнення та визначте, через скільки років повне сонячне затемнення не буде спостерігатися з будь-якого місця на Землі. Уважайте ексцентриситет орбіти Місяця незмінним.

Радіус Місяця дорівнює  $R_M = 1737,5$  км, середня відстань від Землі до Місяця –  $a_M = 385000$  км, ексцентриситет орбіти Місяця –  $e_M = 0,055$ , радіус Сонця –  $R_C = 695800$  км, середня відстань від Землі до Сонця –  $a_3 = 149,6 \cdot 10^6$  км, ексцентриситет земної орбіти  $e_3 = 0,0167$ .

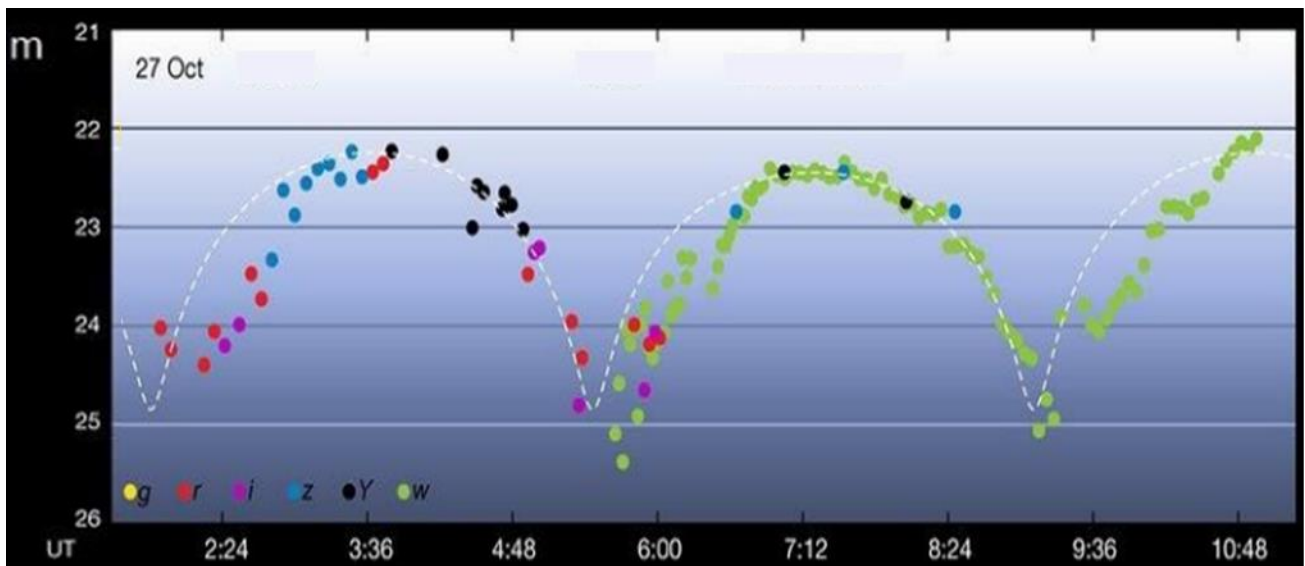
Розв'язок

Дивись розв'язок завдання № 2 для 10-го класу

**Завдання 3**

У 2017 році був відкритий астероїд Оумуамуа. Його велика швидкість вказувала на те, що він не належить до Сонячної системи, а прилетів з міжзоряного простору. Він не був захоплений гравітаційним полем Сонця та, пролетівши поблизу нього, знову вирушив у глибини космосу.

На графіку зафіксовано криву зміни блиску астероїда під час його проходження поблизу Сонця. На горизонтальній осі позначено час, на вертикальній – видима зоряна величина астероїда. Пунктирна біла крива представляє усереднені значення даних спостережень.



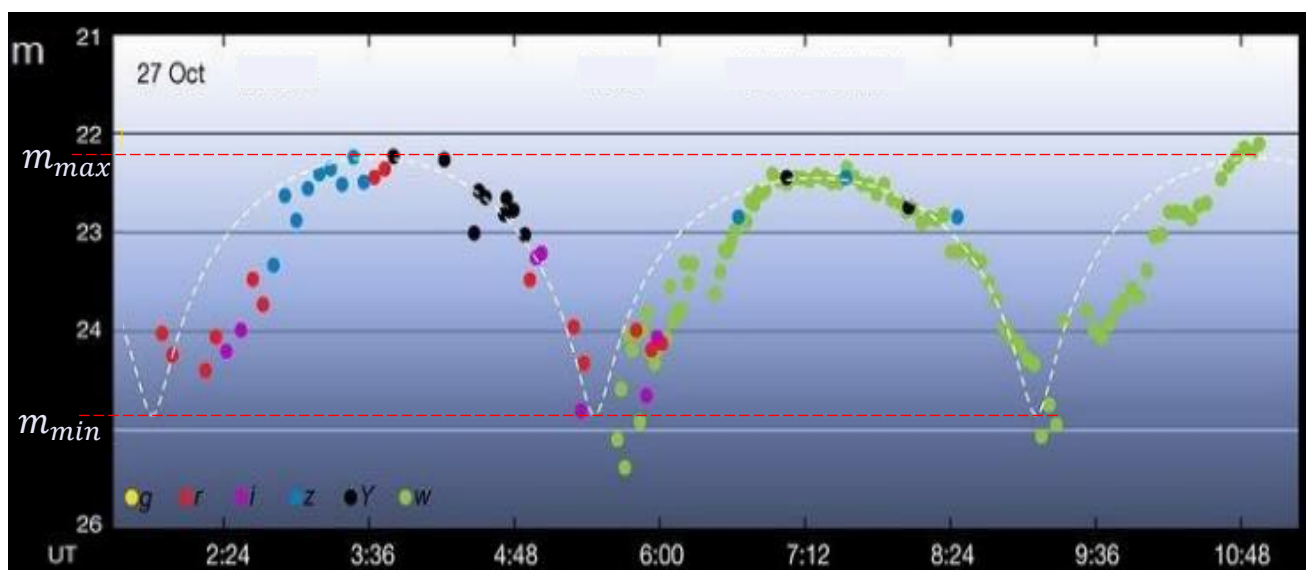
Крива свідчить про те, що астероїд є дуже витягнутим тілом. Уявіть, що астероїд є довгим вузьким циліндром з радіусом основи  $r$  та довжиною  $h$ , який обертається навколо осі, яка одночасно є перпендикулярною, як до осі циліндра, так і до лінії видимості астероїда із Землі.

Використовуючи криву блиску, оцініть відношення довжини циліндра до його діаметра:  $k = \frac{h}{2r}$ .

#### Розв'язок

Переважає більшість астероїдів рухається по орбітах, що знаходяться поза орбітою Землі. Тому можна припустити, що вся видима поверхня астероїда освітлена Сонцем. За умовою астероїд обертається, тому змінюється площа освітленої видимої частини астероїда. Отже, зміна блиску астероїда залежить від зміни площі видимої частини астероїда. Видима частина астероїда повинна орієнтуватися перпендикулярно до лінії видимості астероїда з поверхні Землі.

Під час фотометричних спостережень на кривій блиску видима зоряна величина астероїда змінюється в межах від  $m_{min} = 24,9$  до  $m_{max} = 22,2$ .



Розглянемо орієнтації астероїда, коли блиск досягає значень  $m_{min}$  та  $m_{max}$ . У цих орієнтаціях площа видимої частини астероїда повинна досягати також максимального  $S_{max}$  та мінімального  $S_{min}$  значень.

У першій орієнтації вісь циліндра розташована перпендикулярно до лінії видимості (рис. 1). Тоді проєкція видимої частини астероїда є прямокутником, більша сторона якого дорівнює висоті циліндра  $h$ , а менша – діаметру основи циліндра  $d = 2r$ . Площа проєкції:

$$S_{max} = 2rh. \quad (1)$$

У цій орієнтації астероїд має максимальний блиск  $m_{max}$ .

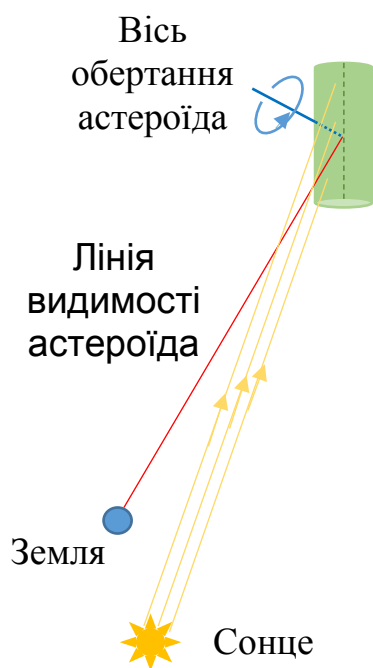


Рис. 1. Орієнтація астероїда з максимумом блиску.

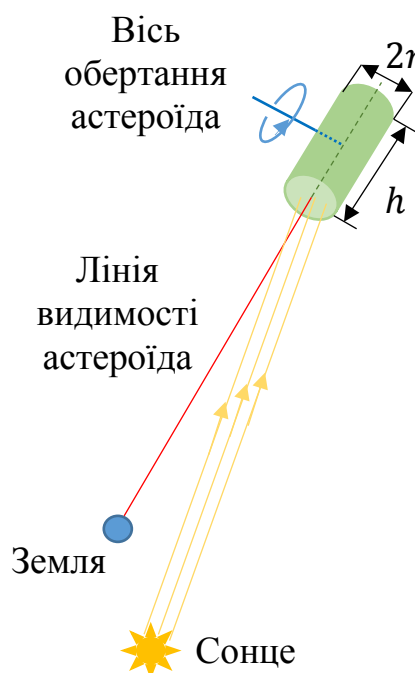


Рис. 2. Орієнтація астероїда з мінімумом блиску.

Звичайно, можна розглянути орієнтації, за яких циліндр розташований трохи по діагоналі, але зміна площі видимої проєкції дуже мала. Тоді обчислення стають складними.

У другій орієнтації вісь циліндра співпадає з лінією видимості (рис. 2). Тоді проєкція видимої частини астероїда є колом з радіусом  $r$ . Площа проєкції:

$$S_{min} = \pi r^2 \quad (2).$$

У цій орієнтації астероїд має мінімальний блиск  $m_{min}$ .

Запишемо відношення площ проєкцій видимої частини астероїда, використовуючи вирази (1) та (2):

$$\frac{S_{max}}{S_{min}} = \frac{2rh}{\pi r^2} = \frac{2h}{\pi r} \quad ).$$

Блиски в першій та другій орієнтаціях відрізняються на значення  $\Delta m = m_{max} - m_{min} = 24,9 - 22,2 = 2,7$ .

За формулою Погсона визначимо зміну освітленостей астероїда:

$$\frac{E_{max}}{E_{min}} = 2,512^{2,7} \approx 12 \text{ разів.}$$

Оскільки освітленості відрізняються в 12 разів, то й площі проєкцій видимих частин астероїда також відрізняються в стільки ж разів, тобто

$$\frac{S_{max}}{S_{min}} = \frac{2h}{\pi r} \approx 12.$$

$$\text{Звідси, } \frac{h}{r} = \frac{12\pi}{2} = 6\pi.$$

$$\text{Отже, } k = \frac{h}{2r} = \frac{6\pi}{2} = 3\pi = 9,42.$$

Довжина астероїда набагато більша за його ширину.

Можна також розглянути модель астероїда у формі диска, який має дуже малу висоту та великий діаметр основи. У даному випадку максимальний видимий блиск астероїд буде мати, коли повернеться до спостерігача основою. За тим же алгоритмом, що й у попередньому випадку, можна розрахувати  $k$ .

#### Завдання 4

Уявіть, що Ви порівнюєте зображення неба, отримані фотоапаратом із звичайним об'єктивом і зроблені через телескоп. Телескоп направлений у випадково вибране місце на небі.

- 1) На якому зображенні буде більше зірок, які масивніші за Сонце?
- 2) На якому зображенні буде більше зірок, які старіші за Сонце?
- 3) На якому зображенні буде більше зірок, які червоніші за Сонце?
- 4) На якому зображенні буде більше зірок з більшою світністю, ніж у Сонця?

Відповідь обґрунтуйте.

#### Розв'язок

1) Потрібно згадати, що ймовірність спостереження зірок різних мас різна – чим зірка масивніше, тим рідше вона зустрічається в природі. Більшість зірок – мало масивні червоні карлики. У той же час, світність зірки пропорційна її масі в третій степені. Це призводить до того, що хоча масивних зірок і мало в Галактиці, вони добре видимі здалеку і домінують на нашому небі серед яскравих зірок. Саме такі зірки будуть видимі під час спостереження неозброєним оком, і саме вони будуть сфотографовані фотоапаратом із звичайним об'єктивом. Лише з використанням телескопа вдається сфотографувати мало масивні зірки з низькою світністю.

Відповідь: Частка масивних зірок вища на фотографії, отриманої за допомогою звичайного об'єктива.

2) Пригадаємо, що тривалість життя зірки обернено пропорційна до її маси – потужні зірки живуть менше. Усі яскраві зірки відносно молоді, а серед тьмяних зустрічаються як молоді, так і старі. А це означає, що частка старих зірок буде вищою під час спостереження в телескоп.

Відповідь: Частка старих зірок більша на фотографії, отриманій телескопом.

3) Численні мало масивні зірки через свою низьку температуру мають червоний колір. Крім того, в телескоп, в середньому, ми спостерігаємо більш далекі об'єкти, і такі зірки більше схильні до ефекту міжзоряного почервоніння світла за рахунок вибіркового поглинання в міжзоряному середовищі.

Відповідь: Частка червоних зірок вища на фотографії, отриманої телескопом.

4) Світність зірок пропорційна їх масі, потужні зірки мають більшу світність (див. пункт 1).

Відповідь: Частка зірок з високою світністю вище на фотографії, отриманої звичайним об'єктивом.