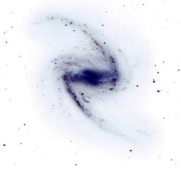


<p><b>XII Всеукраїнська учнівська олімпіада з астрономії</b>  <b>м. Львів,</b>  <b>15 березня – 19 березня 2025 р.</b></p>		<p><b>Теоретичний тур</b>  <b>10 клас</b></p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------

### 1. Екзопланета пульсара.

1991 року польський астроном Александр Вольцан, вивчаючи на радіотелескопі в Аресібо пульсар PSR 1257+12 («Ліч»), помітив періодичну зміну частоти надходження радіоімпульсів від нього. Так була відкрита перша екзопланетна система у пульсара (на той час вона взагалі вважалась першою підтвердженою екзопланетною системою). Згодом були відкриті екзопланети ще у двох пульсарів.

Уявимо собі пульсар масою  $M_* = 1.5$  сонячних, що обертається навколо власної осі з періодом  $P = 500$  мілісекунд. Оскільки вісь обертання не збігається з магнітною віссю, один з магнітних полюсів періодично спрямовується в сторону Землі, та ми реєструємо від нього короткі імпульси радіовипромінювання. Яка може бути максимальна зміна проміжків часу між зареєстрованими імпульсами  $\Delta t$  (порівняно з періодом осьового обертання пульсара) в результаті того, що пульсар рухається навколо спільного центру мас з екзопланетою масою  $M_{pl} = 3$  маси Юпітера, якщо радіус орбіти екзопланети  $a_{pl} = 0.01$  а.о.? Маса Юпітера  $1.9 \cdot 10^{27}$  кг.

**(10 балів)**

### 2. Комета наближається.

Космічний апарат, що знаходився поблизу Сонця, зареєстрував комету, що рухалася на відстані  $r = 5$  а.о. від Сонця, змінюючи свою геліоцентричну екліптичну довготу на  $\Delta \lambda = 0.03^\circ$  за добу та маючи променеву швидкість  $v_r = 14.5$  км/с. Обчислення показали, що комета має орбіту, яка лежить у площині екліптики та має перигелійну відстань  $0.5$  а.о.

1. Чи може ця комета бути періодичною? Якщо так, який її період обертання навколо Сонця?
2. Яку швидкість буде мати ця комета при проходженні орбіти Землі? Під яким кутом вона перетинає орбіту Землі (кут між напрямком швидкості комети та дотичною до орбіти Землі)? Орбіту Землі вважати коловою.

**(10 балів)**

### 3. Несподіваний сигнал.

1 січня деякого року астрономи спостерігали вибух наднової, після чого вдалося порахувати червоне зміщення цього об'єкта  $z = 0.04$ . Рівно через 5 років вони отримали сигнал від ще одної наднової, схожий на попередній. Кутова відстань між ділянками неба, з яких прийшли сигнали, складає  $\alpha = 46''$ . Було припущено, що другий сигнал потрапив до нас після гравітаційного заломлення біля деякої чорної діри. Знайдіть відстань до цієї чорної діри. Вважайте, що напрям променя змінюється в малій області поблизу чорної діри. Значення сталої Габбла прийміть  $H = 69$  км/(с \* Мпк). При розв'язанні може бути корисною наближена формула  $(1+x)^a \approx 1+ax$ , якщо  $x \ll 1$ .

**(10 балів)**

### 4. Спостереження зорі в галактиці Андромеди.

Наскільки великий діаметр дзеркала повинен мати телескоп, щоб за його допомогою можна було б зареєструвати зорю, таку як Сонце, яка знаходиться в галактиці Андромеди за час накопичення сигналу 1 година?

Вихідні дані:

- 1) для достовірної реєстрації зорі потрібно зареєструвати принаймні 25 фотонів з цієї зорі (відповідає відношенню сигналу до статистичного шуму  $S/N=5$ );
- 2) спостереження ведуться через V-фільтр з максимумом пропускання на довжині хвилі  $0.55$  мкм та шириною фільтра  $0.1$  мкм;
- 3) через недоліки оптики і реєструючого пристрою реєструються лише 50% фотонів, які прилітають від зорі;
- 4) фон неба відсутній;

- 5) відстань до галактики Андромеди 2.2 мільйона світлових років;  
6) абсолютна зоряна величина Сонця у V фільтрі рівна 4.83;  
7) потік у фільтрі V зорі з нульовою видимою зоряною величиною ( $m_V=0$ ) дорівнює  $9.97 \cdot 10^{10}$  фотонів  $\text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{мкм}^{-1}$  (фотонів за секунду на метр квадратний площі в діапазоні довжин хвиль 1 мкм).
- (10 балів)**

### 5. Народження рою метеороїдів.

Спостерігаючи за кометою, астрономи помітили раптове зростання блиску її ядра на  $\Delta m = 4.89$  зоряної величини. Провівши додаткові дослідження, цю подію класифікували як розпад ядра комети. У момент розпаду ядра комета знаходилась на відстані  $\Delta = 6.472$  а.о. від Землі та  $L = 5.819$  а.о. від Сонця, рухаючись орбітою з ексцентриситетом  $\varepsilon = 0.672$  і великою піввіссю  $a = 15.104$  а.о. Блиск ядра безпосередньо перед розпадом  $m_{\text{я}} = +17.89^m$ . Коли комета була на мінімальній відстані  $l = 4.882$  а.о. від Землі, методами інтерферометрії отримали радіозображення ядра. Виявилось, що ядро кулястої форми і в цей момент часу мало кутовий діаметр  $\rho = 3.88 \cdot 10^{-3}$ ".  
Врахуйте також деякі модельні наближення:

- ◆ уламки ядра після розпаду рухаються тією ж орбітою, що й комета до розпаду;
- ◆ всі уламки мають однаковий діаметр;
- ◆ альbedo поверхні уламків 0.354;
- ◆ уламки втратили можливість утворювати хвости;
- ◆ розсіювання світла поверхнею ядра комети та уламками – дифузне.

Визначте, чи можливе спостереження поодинокого уламку комети в афелії його орбіти в момент опозиції в телескоп Габбла з проникною здатністю  $m_G = +29.48^m$ ?

Всі фотометричні величини задані у фільтрі V. Видима зоряна величина Сонця  $m_V = (-26.78^m)$ . Орбіта Землі – колова з радіусом 1.000 а.о. Нахил орбіти комети дорівнює нулю. Всі висновки мають бути підтверджені розрахунками!

**(10 балів)**