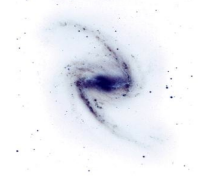


<p align="center"><b>XII Всеукраїнська учнівська олімпіада з астрономії</b> м. Львів, 15 березня – 19 березня 2025 р.</p>		<p align="center"><b>Теоретичний тур</b>  <b>11 клас</b></p>
---	---	--

### 1. 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)**

### 2. Подвійна система.

Знайти густину меншого за розміром компонента подвійної системи, якщо відомо наступне: система рухається в напрямку до Сонця, сумарна маса компонент  $1.4 M_\odot$ . Променеві швидкості зір системи внаслідок орбітального руху змінюються в межах: від -2.85 до 36.28 км/с для одного з компонент та від -16.83 до 4.84 км/с для іншого. Відносна орбіта колова, кут нахилу орбіти невідомий. **(10 балів)**

### 3. Екзопланетна система.

Не так давно у відносно близької зорі була відкрита екзопланетна система. Навколо червоного карлика з радіусом  $0.12 R_\odot$  у майже одній площині та по майже колових орбітах обертаються 7 планет. Деякі їх характеристики наведені у таблиці.

Планета	Маса $m$ , ( $M_\oplus$ )	Велика піввісь $a$ , (а.о.)	Орбітальний період $T$ , (земних діб)	Радіус $R$ , ( $R_\oplus$ )
b	1.37	0.0115	1.51	1.12
c	1.31	0.0158	2.42	1.10
d	0.39	0.0223	4.05	0.77
e	0.69	0.0293	6.10	0.92
f	1.04	0.0385	9.21	1.05
g	1.32	0.0468	12.35	1.13
h	0.33	0.0619	18.77	0.78

Наш астронавт подорожує вздовж екватора планети e. Припустимо, що її вісь обертання перпендикулярна до площини орбіти, атмосфера відсутня.

Опишіть умови спостереження астронавтом планет d та f, в яких конфігурація вони можуть бути, які в цей час їх кутові діаметри та з яким періодом конфігурації повторюються?

**(10 балів)**

#### 4. Arcanum nebula.

Зону НІІ вивчають за допомогою 4.5-метрового телескопу з головною фокусною відстанню 10 м з використанням ПЗЗ-матриці, встановленої за окуляром з фокусною відстанню 25 мм та полем зору  $50^\circ$ . Все випромінювання, яке потрапило в об'єктив телескопу, без втрат фіксується матрицею. Турбулентність атмосфери не дозволяє підвищити роздільну здатність телескопу краще ніж  $0.9''$ . Блиск нічного неба в районі обсерваторії, зумовлений власним світінням атмосфери та техногенними факторами, дорівнює  $100 \text{ мклк/стерадіан}$ . Для спрощення приймемо, що поверхнева яскравість туманності однакова в полі зору телескопа. Приймемо, що для реєстрації випромінювання астрономічного об'єкта необхідно, щоб освітленість, яку він створює в межах тілесного кута, під яким його видно, була не меншою за 10% від світіння неба в тому ж тілесному куті. Зауважимо, що зоряна величина, яка відповідає освітленості 1 люкс у смузі V пропускання ПЗЗ-матриці, дорівнює  $(-14.18)^m$ , а проникна здатність телескопу може бути апроксимована чисельною емпіричною залежністю:  $m_v = 2.5 + 5 \lg D + 2.1 \times \lg t$ , де  $D$  – діаметр об'єктиву телескопа (мм),  $t$  – експозиція (години). Щоночі спостереження тривають по  $9^h$ .

1. Якою повинна бути кількість нічних спостережень для того, щоб можна було на зображенні зони НІІ розрізнити деталі її структури, кутові розміри яких дорівнюють роздільній здатності телескопу?
2. Якою є видима зоряна величина у смузі V зображення зони НІІ в полі зору телескопу? Вважайте, що туманність повністю заповнює це поле. Відповідь заокругліть до десятих.

**(10 балів)**

#### 5. Гравітаційне лінзування.

Гравітаційне лінзування — це явище, коли світло від віддаленого джерела може відхилитися внаслідок існування масивного об'єкту-лінзи, що знаходиться поблизу або на лінії зору між спостерігачем і віддаленим об'єктом. Вперше це явище спостерігали під час сонячного затемнення 1919 року.

У цій задачі вам пропонується детальніше розібратися з явищем гравітаційного лінзування.

##### 1. Гравітаційне лінзування на прямій.

При проходженні поблизу масивного об'єкту світло відхиляється на кут

$$\alpha = \frac{4GM}{bc^2}, \text{ де } b\text{-прицільний параметр, } M\text{-маса об'єкту.}$$

Розгляньте випадок, коли лінза, джерело та спостерігач знаходяться на одній прямій. Нехай відстань від спостерігача до джерела  $D_s$ , а відстань до лінзи  $D_L$ .

Нарисуйте схему для опису фізичної картини, яку ми спостерігатимемо. Визначте кутовий радіус зображення. Відповідь подайте через параметри  $M$ ,  $D_s$ ,  $D_L$  та відомі константи.

##### 2. Гравітаційне лінзування не на прямій.

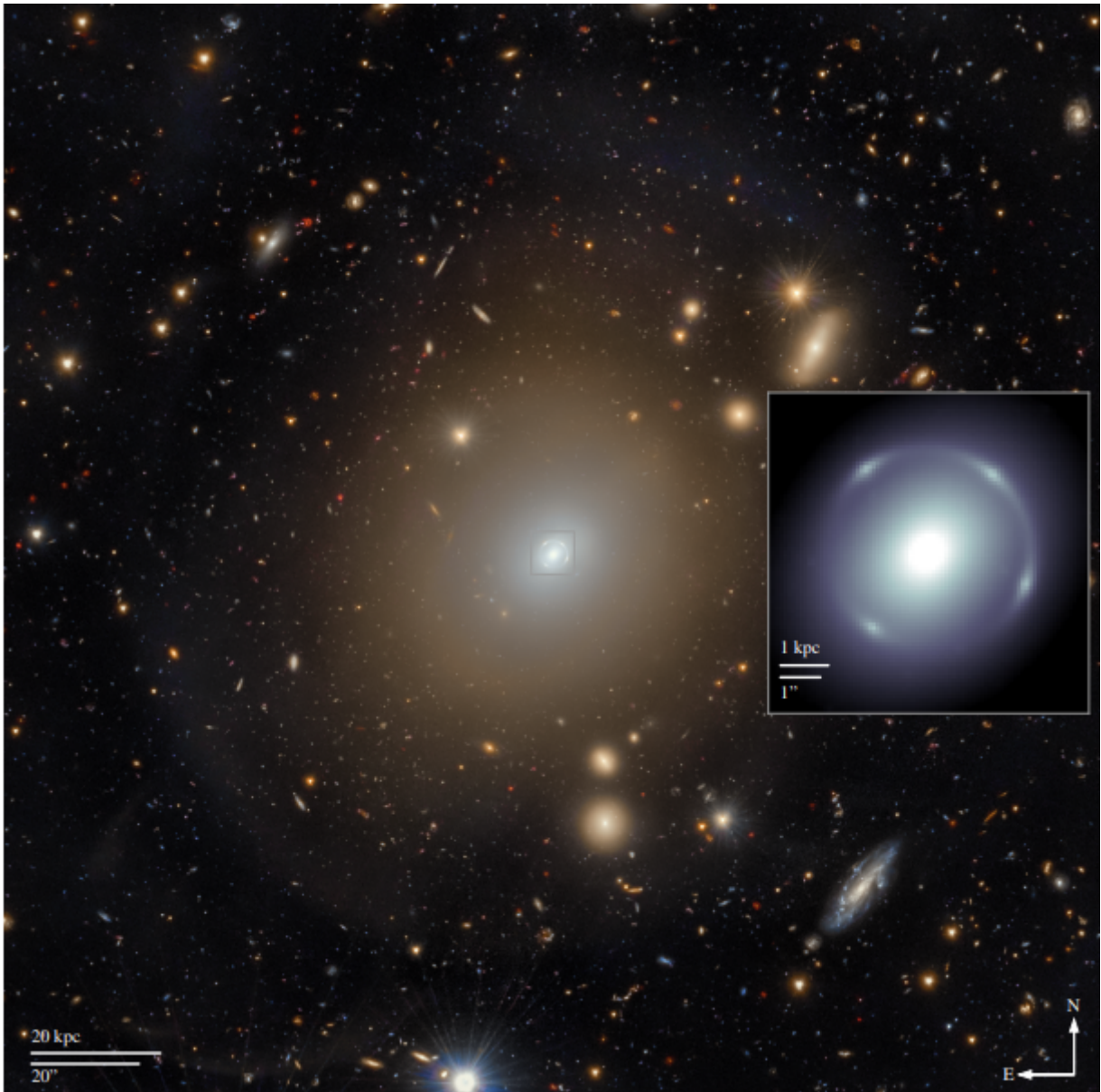
Нехай тепер для спостерігача джерело і лінза знаходяться на кутовій відстані  $\beta \ll 1$  одне від одного.

Нарисуйте схему для опису фізичної картини, яку ми спостерігатимемо. Визначте кути, під якими ми спостерігатимемо зображення джерела. Відповідь подайте через параметри  $M$ ,  $D_s$ ,  $D_L$ ,  $\beta$  та відомі константи.

##### 3. Астрономічне фото дня 26.02.2025-NGC 6505.

Вам надано зображення повного кільця Ейнштейна навколо еліптичної галактики NGC 6505 з червоним зміщенням  $z_L = 0.042$ . Це перша, виявлена телескопом "Евклід", сильна гравітаційна лінза. Поєднання малого червоного зміщення галактики-лінзи, яскравого джерела та повноти кільця робить це надзвичайно рідкісним явищем, не спостережуваним до цього.

Із спектроскопічних даних було визначено червоне зміщення джерела  $z_s = 0.406$ .



Якому з розглянутих вище варіантів відносного розташування спостерігача, джерела та лінзи відповідає дане зображення? Знайдіть ефективну масу «гравітаційної лінзи».

**(10 балів)**