

II ЕТАП ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З АСТРОНОМІЇ У 2025/2026 НАВЧАЛЬНОМУ РОЦІ

11 клас

I частина (2 години) Теоретичний тур

1. (10 балів) При спостереженні з Києва ($\varphi = 50^\circ$) в певний момент часу одна зоря перебувала у верхній кульмінації на висоті 30° над горизонтом, а друга – на такій же висоті в нижній кульмінації. Знайдіть відстань (уздовж поверхні Землі, в км) між пунктами, де у вказаний момент ці зорі спостерігаються в зеніті.

2. (10 балів) У момент середини центрального покриття Венери темною стороною Місяця його фаза була максимально можливою для такого роду астрономічних подій.

А) Якими в цей момент були фази Венери та Місяця?

Б) Через який мінімальний проміжок часу після покриття Венера знаходилась у верхньому сполученні?

Покласти, що радіус орбіти Місяця дорівнює 385000 км; радіус орбіти Венери – 0.72 а.о., радіус орбіти Землі – 1.00 а.о. Колові орбіти Землі, Місяця та Венери лежать в одній площині.

3. (10 балів) Пошук та обчислення параметрів екзопланет уже не є надзвичайним завданням, транзити є добре помітними, а кількість відкритих екзопланет уже досить давно перевищила тисячу. Тому зараз намагаються знайти сліди транзитів екзокомет чи екзомісяців.

Екзомісяці – супутники екзопланет. Для оцінки параметрів транзиту, який може спостерігатися у позасонячній системі, візьмемо модель Сонячної системи, де планетою та супутником є Юпітер та Ганімед, відповідно.

Всі орбіти у даній задачі вважайте коловими. $R_\odot = 696000$ км, $R_J = 71490$ км, $R_G = 2634$ км, $M_J = 1.90 \cdot 10^{27}$ кг, $M_G = 1.48 \cdot 10^{23}$ кг. Велика піввісь орбіти Ганімеда $a_G = 1.07 \cdot 10^6$ км. Синодичний період обертання Юпітера $S = 398.88$ доби.

Не дуже поширеним методом відкриття екзопланет є метод варіації транзиту. Дослідимо, чи можливим є використання цього методу у відкритті екзомісяців. Варіація транзиту виникає внаслідок різного

можливого положення Юпітера відносно спільного барицентру з Ганімедом.

А) Оцініть амплітуду зміщення положення Юпітера Δr відносно барицентра.

Б) Оцініть максимальну амплітуду TTV (часової затримки або випередження транзиту).

В) Порівняйте отриманий результат з технічними можливостями телескопів:

- Kepler: у швидкому режимі роботи час накопичення сигналу (експозиція) близько 1 хв

- TESS: експозиція у стандартному режимі близько 2 хв, у швидкому (для яскравих зір) – 20 с.

4. (10 балів) Метою космічної місії “Люсі” є дослідження астероїдів, розташованих поблизу точок Лагранжа L_4 і L_5 системи “Сонце – Юпітер”. На якій кутовій відстані знаходяться згадані точки на небесній сфері для земного спостерігача? Для цього:

А) Отримайте числовий результат (у градусах) для кутової відстані при $\varphi = 0^\circ$ та $\varphi = 180^\circ$. Кут φ є кутом між радіус-векторами “Сонце – Земля” та “Сонце – Юпітер”.

Б) Виведіть загальну формулу для вказаної кутової відстані залежно від кута φ .

Вважайте, що орбіти планет розташовані в одній площині й є коловими з радіусами 1.00 а.о. та 5.20 а.о. відповідно.

II ЕТАП ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ УЧНІВСЬКОЇ ОЛІМПІАДИ З АСТРОНОМІЇ У 2025/2026 НАВЧАЛЬНОМУ РОЦІ

II частина (2 години)

Практичний тур Тести (10 балів)

1. Яким є перший практично реалізований метод визначення швидкості світла?
 - А) Час проходження світла від ліхтарика на відстані 32 км
 - Б) Вимірювання часу проходження світла від сонячного спалаху для Землі
 - В) Досліди з інтерферометром Майкельсона
 - Г) Використання високоточних атомних годинників на супутниках та на Землі
 - Ґ) Варіації часу явищ у системі супутників Юпітера
2. Яким чином під час повного сонячного затемнення у 1919 році був уперше підтверджений один із основних висновків загальної теорії відносності?
 - А) Визначення спектра верхньої корони
 - Б) Визначення положень зір
 - В) Знаходження відношення кутових розмірів Сонця та Місяця
 - Г) Визначення видимого руху Меркурія
 - Ґ) Збільшення часу приходу світла від Сонця (ефект Шапіро)
3. До якого числа близький ексцентриситет спостережуваних із Землі довгоперіодичних комет?
 - А) -1
 - Б) 0
 - В) 0.5
 - Г) 1
 - Ґ) 2
4. Яке слово не є назвою метеорного потоку?
 - А) Персеїди
 - Б) Міриди
 - В) Леоніди
 - Г) Каприкорніди
 - Ґ) Ліриди
5. Якого сузір'я не існує?
 - А) Малий Кінь
 - Б) Мала Ведмедиця
 - В) Малий Пес

- Г) Малий Лев
- Г') Малий Вовк

6. У результаті якого процесу виникають нейтронні зорі?

- А) Скидання оболонки червоним гігантом
- Б) Злиття чорних дір
- В) Акреція речовини на чорну діру
- Г) Охолодження білого карлика
- Г') Вибух наднової

7. Нижче наведено перелік карликових планет. Оберіть ті із них, що були відкриті до ХХ століття.

- А) Плутон
- Б) Церера
- В) Макемаке
- Г) Ерида
- Г') Гаумея

8. Скільки природних супутників планет знаходиться між Сонцем та Головним поясом астероїдів?

- А) 1
- Б) 2
- В) 3
- Г) 4
- Г') >4

9. Яка траєкторія руху комети **31/ATLAS** відносно Сонця?

- А) колова
- Б) параболічна
- В) еліптична
- Г) гіперболічна
- Г') прямолінійна

10. На якій відстані знаходиться зоря, якщо її видима і абсолютна зоряні величини однакові? Поглинання світла на шляху до зорі відсутнє.

- А) 1 а.о.
- Б) 1 пк
- В) 10 а.о.
- Г) 10 пк
- Г') 10 св.років

Задачі

1. (20 балів) Класичні цефеїди – це змінні зорі, для яких характерні періодичні радіальні пульсації з періодами від кількох діб до кількох тижнів. Однією із особливостей цефеїд є характерна залежність між світністю (або абсолютною зоряною величиною) та періодом пульсації, так зване співвідношення період-світність. В **таблиці 1** наведено дані для 10 класичних цефеїд із зазначенням періоду пульсацій у добах та середньої абсолютної зоряної величини у фільтрі V.

Таблиця 1. Період та середня абсолютна зоряна величина для 10 цефеїд

Період (доби)	Середня абсолютна зоряна величина (V-фільтр)
1.4	-2.0
2.8	-2.7
3	-2.8
6	-3.5
10	-4.1
24	-5.0
29	-5.2
43	-5.6
67	-6.1
70	-6.1

У **таблиці 2** наведено дані про класичні цефеїди з Великої Магелланової Хмари (ВМХ). Використовуючи ці дані:

А) побудуйте графік лінійної залежності видимої зоряної величини від деякої функції періоду пульсації цефеїди за даними у **таблиці 2**

Б) знайдіть відстань до ВМХ (в кпк)

В)* оцініть характерний лінійний розмір області, в якій зосереджені зазначені в **таблиці 2** цефеїди (в кпк)

Г) порівняйте величину області із пункту В) з характерним розміром ВМХ, який дорівнює приблизно 10 кпк

Таблиця 2. Середня видима зоряна величина у фільтрі V , амплітуда зміни блиску та логарифм періоду пульсацій окремих цефеїд у Великій Магеллановій Хмарі

ASAS ID	OGLE/Harvard ID	$\langle V \rangle \pm \Delta V$ [mag]	Amp. [mag]	$\log P$ [d]
050008-6827.0	HV883	12.18 ± 0.11	1.41	2.125
051931-6841.2	HV2447	12.04 ± 0.06	0.67	2.075
045541-6625.7	HV5497	11.90 ± 0.05	0.66	1.995
054347-6635.2	HV2827	12.28 ± 0.06	0.63	1.896
054451-6729.6	–	11.68 ± 0.05	0.47	1.871
050716-6853.0	OGLE-LMC-CEP-0992	12.22 ± 0.06	0.47	1.724
053122-7057.4	OGLE-LMC-CEP-2253/HV2622	12.88 ± 0.07	0.86	1.719
051354-6703.8	OGLE-LMC-CEP-1290/HV2369	12.68 ± 0.08	1.14	1.685
052508-6738.7	HV953	12.29 ± 0.06	1.08	1.682
050648-7002.2	OGLE-LMC-CEP-0966/HV900	12.89 ± 0.08	1.09	1.676
045702-6759.7	OGLE-LMC-CEP-0461/HV877	13.38 ± 0.10	0.92	1.655
050609-7115.4	OGLE-LMC-CEP-0943/HV2338	12.84 ± 0.08	1.22	1.625
045811-6957.0	OGLE-LMC-CEP-0512/HV2257	13.07 ± 0.09	1.35	1.596
050920-7027.4	OGLE-LMC-CEP-1113/HV909	12.83 ± 0.08	1.09	1.575
045805-6927.2	OGLE-LMC-CEP-0510/HV879	13.43 ± 0.10	1.28	1.566
050615-6640.8	OGLE-LMC-CEP-0945/HV2294	12.78 ± 0.07	1.27	1.563
045833-7020.8	OGLE-LMC-CEP-0528/HV881	13.14 ± 0.09	1.27	1.553
045423-7054.1	OGLE-LMC-CEP-0328/HV873	12.92 ± 0.07	1.23	1.537
045941-6927.4	OGLE-LMC-CEP-0590/HV882	13.45 ± 0.11	1.32	1.502

Дані про деякі зорі у ВМХ наведено вище. Тут V – видима зоряна величина у фільтрі V , $Amp.$ – значення амплітуди пульсацій, $\log P$ – десятковий логарифм періоду в добах.

Дані взято зі статті: Karczmarek, P., Dziembowski, W. A., Lenz, P., Pietrukowicz, P., & Pojmanski, G. (2012). Large Magellanic Cloud Cepheids in the ASAS Data. arXiv preprint arXiv:1201.0790.

* Примітка: назва ASAS ID містить у собі орієнтовні координати об'єктів. Загальний вигляд назви ASAS ID буде таким: $hhmmss \pm ddmm.m$. Тобто об'єкт, позначений як 123456+8754.3, має координати: пряме піднесення $R.A. = 12^h 34^m 56^s$ та схилення $Dec. = +87^\circ 54.3'$.

2. (10 балів) Якийсь жартівник замалював області з 5-ма дуже яскравими зорями на зоряній мапі (**рисунок на окремому аркуші**), пронумерувавши їх від 1 до 5. Відновіть справедливість, підпишіть, під яким номером яка із зір захована, заповнивши **таблицю 3**. Назви зір (затверджені Міжнародним Астрономічним Союзом, англійською мовою або подані в українській транслітерації) оберіть із переліку в **таблиці 4**, попередньо заповнивши всі порожні місця в ній. Всі замальовані зорі на мапі точно наявні в поданій таблиці.

Таблиця 3. Таблиця відновлення справедливості

Номер зорі	Назва зорі	Позначення за Баєром
1		
2		
3		
4		
5		

Таблиця 4. Допоміжна таблиця до таблиці відновлення справедливості

Назва зорі	Позначення за Баєром
Алголь	β _____
_____	α Оріона
Вега	___ Ліри
Ельнатх	___ Тельця
_____	α Візничого
Кастор	α _____
Мірфак	___ Персея
Проціон	___ Малого Пса
_____	β Оріона
_____	α Великого Пса

