

10 КЛАС
ТЕОРЕТИЧНИЙ ТУР

1. Зоря, планета та космічний корабель

Деяка планета обертається навколо деякої зорі по коловій орбіті. Видима із Землі максимальна кутова відстань між зорею і планетою дорівнює π_1 , а період її обертання навколо зорі рівний T . Уявімо, що у майбутньому до планети відрядили космічний корабель. Коли корабель подолав відстань Δd у напрямку до цієї системи, спостережувана з корабля максимальна кутова відстань між зорею і планетою стала рівною π_2 . Знайдіть масу зорі. Рухом зір у просторі знехтувати.

2. Комета

Цікава комета, площина орбіти якої співпадає з площиною екліптики, пройде перигелій 21 квітня 2024 року, досягнувши блиску $3^m,3$, та матиме елонгацію 22° . Мінімальна відстань між кометою і Землею становитиме 1,546 а. о. 2 червня 2024 року. Велика піввісь орбіти комети – 17,2045 а. о., ексцентриситет – 0,9546.

Для моменту проходження перигелію кометою оцініть:

- а) відстань від комети до Сонця;
- б) відстань від комети до Землі;
- в) променеву та поперечну компоненти швидкості комети для спостерігача на Землі;
- г) дату наступного мінімального наближення комети до Сонця.

3. Обертання Землі.

Уявіть, що обертання Землі навколо осі відбувається з тим самим періодом, але у зворотному напрямку.

Визначте:

- а) як зміниться при цьому тривалість сонячної доби;
- б) скільки середніх сонячних діб при цьому міститиме тропічний рік.

ПРАКТИЧНИЙ ТУР

1. Світло та тінь

На фото – Місяць над горою Гривола в Італії. Границі світла й тіні на горі та на Місяці (термінатори) майже співпадають завдяки точно вибраному моменту та положенню фотографа. Гора Гривола розташована у середніх широтах Північної півкулі.

Вважаючи, що термінатор на горі проходить точно вертикально:

- 1) визначте приблизну висоту Сонця над горизонтом у момент зйомки;
- 2) вкажіть, в якій фазі Місяць на зображенні: «молодий» чи «старий»;
- 3) підпишіть місячні моря, видимі на фото;

- 4) оцініть висоту центру диска Місяця над верхівкою гори;
- 5) позначте на фотографії напрямки мінімум трьох сторін горизонту;
- 6) приблизно оцініть, у який день (або дні) року та час доби могла проводитись фотозйомка. Відповідь аргументуйте.



2. Визначення висоти гори на Місяці за її тінню

Розгляньте фотографію кратера Тихо на Місяці, отриману космічним апаратом Lunar Reconnaissance Orbiter. Центральний гірський масив відкидає довгу тінь на поверхню кратера. Використовуючи фотографію та наведені нижче дані, оцініть висоту центральної вершини над дном кратера.

Додаткові дані для розрахунку:

- довжина тіні, оцінена за масштабом зображення, — $l=16$ км;
- кут між напрямком сонячних променів і місцевою горизонтальною поверхнею — $\alpha=7^\circ$.

Вважайте поверхню горизонтальною, а сонячні промені — паралельними.

Завдання:

1. Зобразіть схему освітлення вершини та її тіні.
2. Виведіть формулу для визначення висоти вершини.
3. Обчисліть висоту.

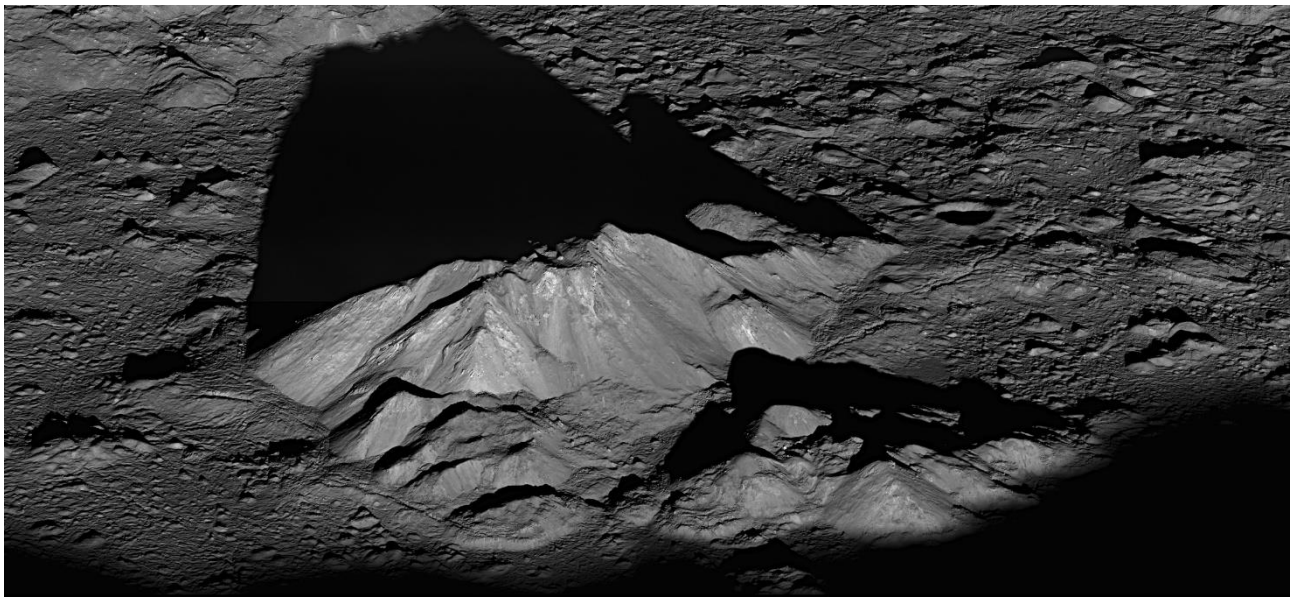


Схема освітлення гори на поверхні Місяця (не в масштабі).

11 клас

Теоретичний тур

1. Комета

Цікава комета, площина орбіти якої співпадає з площиною екліптики, пройде перигелій 21 квітня 2024 року, досягнувши блиску $3^m,3$, та матиме елонгацію 22° . Мінімальна відстань між кометою і Землею становитиме 1,546 а. о. 2 червня 2024 року. Велика піввісь орбіти комети – 17,2045 а. о., ексцентриситет – 0,9546.

Для моменту проходження перигелію кометою оцініть:

- а) відстань від комети до Сонця;
- б) відстань від комети до Землі;
- в) променеву та поперечну компоненти швидкості комети для спостерігача на Землі;
- г) дату наступного проходження перигелію кометою.

2. Подвійна зоря

Обидві зорі в подвійній системі є зорями головної послідовності. Промінь зору спостерігача лежить у площині орбіти цієї системи. Її річний паралакс становить $0'',168$. Одна компонента має радіус $1,01 R_\odot$ та температуру фотосфери 6087 К. З кривої блиску з'ясовано, що глибина первинного мінімуму становить $0^m,544$, а вторинного – $0^m,086$. Визначте відстань до цієї зоряної системи, а також радіус і температуру другої компоненти.

3. Планетна система TOI-715

Міжнародна група вчених опублікувала статтю про відкриття суперземлі TOI-715 b, що обертається навколо зорі TOI-715 ($M = 0,225 M_\odot$, $R = 0,24 R_\odot$, $T = 3074$ К) на відстані 138,49 світлового року. Планета розміром $\approx 1,55 R_\oplus$ перебуває в зоні, придатній для життя. Існує припущення про другу планету TOI-715 c — копію Землі.

- 1. Якою має бути велика піввісь гіпотетичної планети TOI-715 c, щоб потік випромінювання від зорі на цю планету дорівнював земному?
- 2. Якою в цьому випадку може бути тривалість року на цій планеті?
- 3. Оцініть межі зони, придатної для життя, в системі TOI-715 (ефективна температура планети має бути в діапазоні від 0 до 100°C). Вважайте, що альbedo та парникові властивості атмосфери планети не залежать від спектрального складу випромінювання зорі.

Практичний тур

1. Спектральна плутанина

Астроном, який виявився невпевненим користувачем програм з редагування тексту, перед початком проведення спектральної класифікації його улюбленої зорі наробив трохи шкоди і переплутав «стандартні» спектри, з якими він мав порівнювати спектр своєї зорі. Спектральні класи у нього вишикувалися в алфавітному порядку, температури зір – у порядку зростання, а зразки спектрів – у зовсім не зрозумілому порядку (див. таблицю нижче).

№	Сп. клас	Температура	Зразок спектра	
1	A	3500 K		1)
2	B	4000 K		2)
3	F	6000 K		3)
4	G	7500 K		4)
5	K	10 000 K		5)
6	M	20 000 K		6)
7	O	50 000 K		7)

Допоможіть нашому астроному відновити таблицю і розставити всі значення на належні місця. Для розташування спектрів у таблиці використовуйте їх порядкові номери, зазначені в першому стовпчику таблиці.

Щоб спростити задачу з відновлення таблиці, вдалося знайти відповідну інформацію: лінії у водневій серії Бальмера мають такі довжини хвиль: $H\alpha = 6563 \text{ \AA}$, $H\beta = 4861 \text{ \AA}$, $H\gamma = 4340 \text{ \AA}$, $H\delta = 4101 \text{ \AA}$. (Співвідношення відстаней між лініями серії є унікальним і не повторюється для жодної іншої серії того самого або іншого хімічного елемента.)

Спектральний клас O характеризується слабкими лініями H серії Бальмера, лініями йонізованого He та потужним ультрафіолетовим континуумом.

Спектральний клас B характеризується лініями H серії Бальмера середньої інтенсивності та лініями нейтрального He.

Спектральний клас A характеризується потужними лініями H серії Бальмера та лініями йонізованих металів.

Спектральний клас F характеризується лініями H серії Бальмера середньої інтенсивності та слабкими лініями йонізованого Ca.

Спектральний клас G характеризується слабкими лініями H серії Бальмера, лініями йонізованого Ca та металів.

Спектральний клас K характеризується лініями йонізованого Ca, Fe, молекул CH та CN. Лінії H серії Бальмера відсутні або ледь помітні.

Спектральний клас M характеризується наявністю молекулярних смуг, зокрема TiO, та лініями нейтральних металів. Лінії H серії Бальмера відсутні.

- Ідентифікуйте лінії H серії Бальмера хоча б на одному із спектрів і підпишіть їх.
- Визначте діапазон довжин хвиль, у межах якого отримано спектри (максимальну та мінімальну довжини хвилі на зображенні спектра), вважаючи, що спектр є лінійним (дисперсія не залежить від довжини хвилі).
- Вважаючи, що всі спектри отримані в однакових умовах і мають однаковий діапазон довжин хвиль, знайдіть і позначте, на яких спектрах присутні такі лінії: CaII ($\lambda_K = 3934 \text{ \AA}$, $\lambda_H = 3968 \text{ \AA}$), CaI ($\lambda = 4227 \text{ \AA}$), NaI ($\lambda_{D1} = 5896 \text{ \AA}$, $\lambda_{D2} = 5890 \text{ \AA}$), CH ($\lambda = 4315 \text{ \AA}$) та молекулярна смуга TiO (λ в околі $6200 \text{ \AA}$).
- За допомогою отриманих результатів відновіть таблицю і розставте всі значення на належні місця.

2. Вік кулястого скупчення

Астрономи досліджують зоряні скупчення, щоб визначити їхній вік. Для цього використовують діаграму Герцшпрунга — Рассела (HR-діаграму), яка зображає розподіл зір за абсолютною зоряною величиною M_V та показником кольору $B - V$.

Зорі головної послідовності різних класів мають характерні значення температури, показника кольору й абсолютної зоряної величини (наближені значення цих параметрів подано у табл. 1). Зорі еволюціонують з різною швидкістю: наймасивніші швидше витрачають «паливо» і першими залишають головну послідовність (наближені значення часу життя зір на головній послідовності подано у табл. 1). Дані про 51 зорю в кулястому скупченні M3 див. у табл. 2.

Таблиця 1

Спектральний клас	Температура (К)	Показник кольору (B – V)	Абсолютна зоряна величина, M_V	Маса (у сонячних масах)	Час життя (у роках)
O5	40 000	–0,4	–5,8	30	3×10^6
B0	30 000	–0,3	–4,0	12	9×10^6
B5	15 000	–0,2	–1,2	5	5×10^7
A0	10 000	0	0,6	2,5	3×10^8
A5	8500	0,15	2,0	1,7	9×10^8
F0	7500	0,3	2,7	1,5	$2,2 \times 10^9$
F5	6500	0,45	3,5	1,3	4×10^9
G0	6000	0,6	4,4	1,1	8×10^9
G8	5500	0,73	5,1	0,9	$1,3 \times 10^{10}$
K0	5000	0,9	5,9	0,9	$2,2 \times 10^{10}$
K5	4500	1,15	7,3	0,7	$4,5 \times 10^{10}$
M0	3800	1,4	8,5	0,5	$6,8 \times 10^{10}$
M5	3200	1,6	10	0,4	2×10^{12}

Таблиця 2

Дані про 51 зорю в кулястому скупченні M3

N	V	B
1	14,112	15,088
2	14,418	15,296
3	14,616	15,432
4	14,670	15,414
5	14,742	15,464
6	14,976	15,640
7	15,102	15,900
8	15,138	15,929
9	15,210	15,805
10	15,444	15,984
1	15,498	16,005
12	15,570	16,077
13	15,642	16,338
14	15,642	15,949
15	15,678	15,938
16	15,678	15,909
17	15,732	16,174
18	15,732	15,912
19	15,768	16,155
20	17,100	17,709
21	17,370	17,965
22	17,496	18,091
23	17,640	18,220
24	17,766	18,335
25	17,892	18,454
26	17,928	18,483
27	18,072	18,572
28	18,090	18,565
29	18,126	18,575
30	18,270	18,712
31	18,396	18,831
32	18,558	18,993

33	18,792	19,245
34	19,026	19,493
35	19,188	19,655
36	19,224	19,699
37	19,260	19,789
38	19,296	19,738
39	19,458	19,958
40	19,458	19,947
41	19,602	20,182
42	19,620	20,149
43	19,692	20,167
44	19,800	20,300
45	19,854	20,394
46	19,890	20,485
47	20,124	20,700
48	20,124	20,664
49	20,322	20,931
50	20,430	20,985
51	20,556	21,151

Завдання:

- а) побудуйте HR-діаграму (V як функція $B-V$; міжзоряним поглинанням можна знехтувати);
- б) визначте вік кулястого скупчення M_3 за HR-діаграмою;
- в) оцініть відстань до скупчення.