

1. Вік кулястого скупчення.

Астрономи досліджують зоряні скупчення, щоб визначити їхній вік. Для цього використовують діаграму Герцшпрунга-Рассела (HR-діаграму), яка показує розподіл зір за абсолютною зоряною величиною M_V та показником кольору $B - V$. У цій задачі вам потрібно визначити вік кулястого скупчення M3 за його HR-діаграмою.

Зорі головної послідовності різних класів мають характерні значення температури, показника кольору й абсолютної зоряної величини. Наближені значення цих параметрів подані у таблиці. Зорі еволюціонують з різною швидкістю: наймасивніші зорі швидше витрачають «паливо» і першими залишають головну послідовність. Наближені значення часу життя зір на головній послідовності також подані у таблиці.

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	$3 \cdot 10^6$
B0	30 000	-0.3	-4.0	12	$9 \cdot 10^6$
B5	15 000	-0.2	-1.2	5	$5 \cdot 10^7$
A0	10 000	0	0.6	2.5	$3 \cdot 10^8$
A5	8 500	0.15	2.0	1.7	$9 \cdot 10^8$
F0	7 500	0.3	2.7	1.5	$2.2 \cdot 10^9$
F5	6 500	0.45	3.5	1.3	$4 \cdot 10^9$
G0	6 000	0.6	4.4	1.1	$8 \cdot 10^9$
G8	5 500	0.73	5.1	0.9	$1.3 \cdot 10^{10}$
K0	5 000	0.9	5.9	0.9	$2.2 \cdot 10^{10}$
K5	4 500	1.15	7.3	0.7	$4.5 \cdot 10^{10}$
M0	3 800	1.4	8.5	0.5	$6.8 \cdot 10^{10}$
M5	3 200	1.6	10	0.4	$2 \cdot 10^{12}$

Вам надано 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
11	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

- а) Побудуйте HR-діаграму (V як функція $B-V$). Міжзоряним поглинанням знехтуйте.
 б) Оцініть вік скупчення.
 в) Оцініть відстань до скупчення. **(10 балів)**

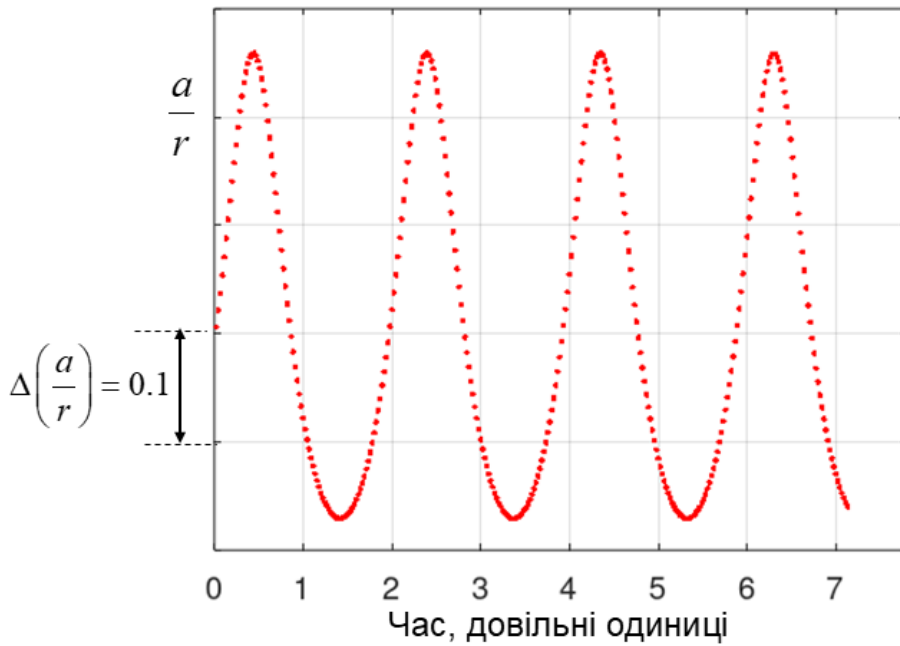
2. Два об'єкти Сонячної системи.

На поданих на наступній сторінці графіках уздовж осі абсцис відкладений час, уздовж осі ординат – відношення великої півосі орбіти до геліоцентричної відстані для двох об'єктів Сонячної системи.

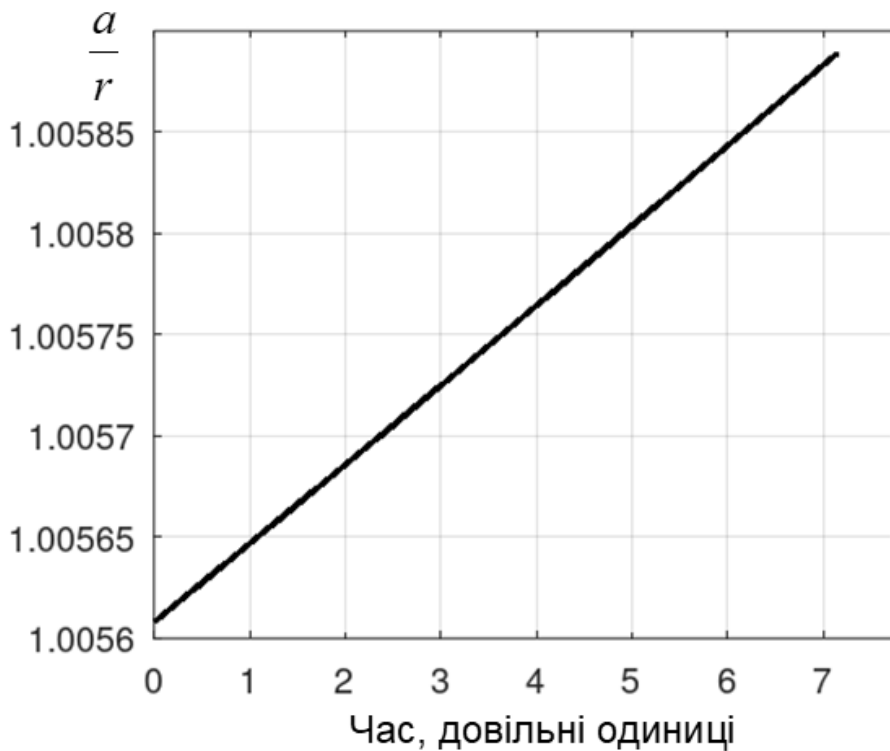
а) Визначте ексцентриситет орбіти першого об'єкта. Порівняйте отримане число з ексцентриситетами орбіт планет і зробіть висновок, якої з них має стосуватися результат. Якщо можливих варіантів більше одного, то розглядайте їх усіх.

б) Чому дорівнює одиниця часу (ціна поділки) на осі абсцис, якщо керуватися результатом із пункту а)?

в) Часовий інтервал на другому графіку такий самий, що й на першому. Враховуючи цей факт та виконавши необхідні розрахунки, визначте другу планету.



Перший об'єкт: a – велика піввісь, r – геліоцентрична відстань



Другий об'єкт: a – велика піввісь, r – геліоцентрична відстань

Визначаючи планети, візьміть до уваги такі дані:

Планета	Велика піввісь, а.о.	Ексцентриситет
Меркурій	0.387	0.2056
Венера	0.723	0.0068
Земля	1.00	0.0167
Марс	1.52	0.0934
Юпітер	5.20	0.0489
Сатурн	9.58	0.0565
Уран	19.19	0.0472
Нептун	30.07	0.0087

(10 балів)

3. «Затемнення» на Марсі.

5 березня 2024 року NASA опублікувала відео транзиту Фобоса – супутника Марса – по диску Сонця, який спостерігав марсохід Perseverance, розташований поблизу екватора планети, 8 лютого 2024 року.

Вам запропоновано декілька стопкадрів із цього відео, на яких вказаний відносний час їхнього фіксування. Використовуючи ці світлини, вам необхідно виконати такі завдання:

- Оцінити лінійні розміри Фобоса, вважаючи, що обриси тіні Фобоса мають форму, близьку до еліпса.
- Оцінити значення кутової висоти Фобоса над горизонтом у момент спостережень.
- Оцінити основні характеристики руху Фобоса: кутову та лінійну швидкості, синодичний і сидеричний періоди обертання.

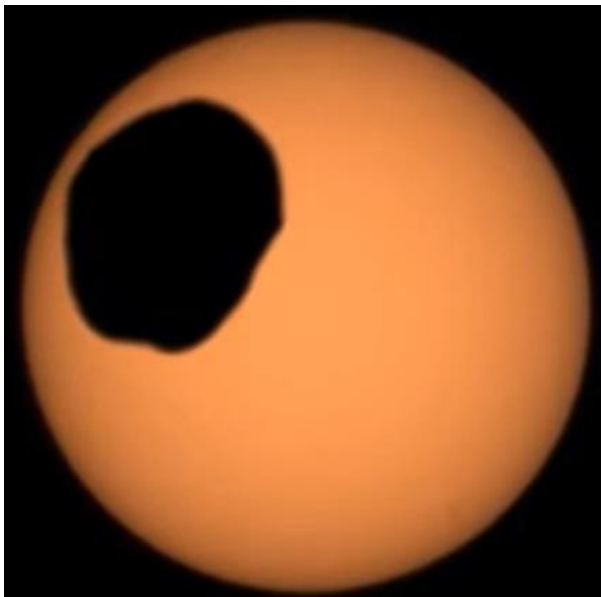
Орбіти Фобоса та Марса вважайте коловими. Фобос обертається в екваторіальній площині Марса.

У момент транзиту відстань від точки спостереження до центра Фобоса – 8064 км, відстань Марса від Сонця – 1.435 а.о., діаметр Сонця – 1391400 км, радіус Марса – 3396 км, радіус орбіти Фобоса – 9380 км, сидеричний період обертання Марса навколо власної осі – 24.62 години.

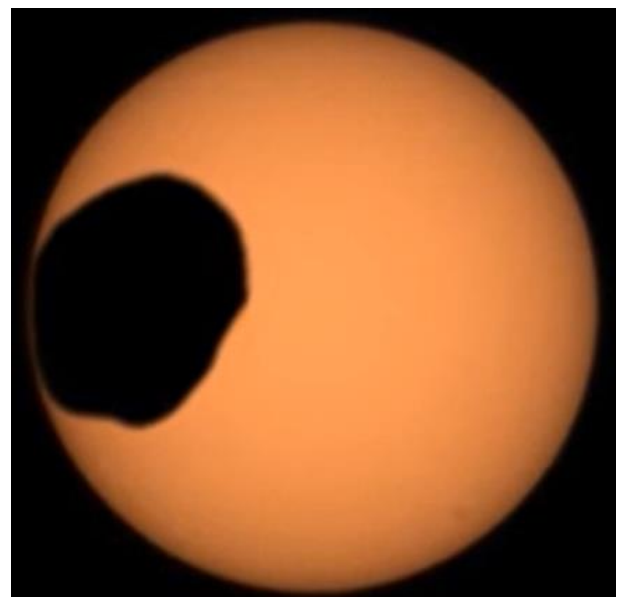
0^s



17^s



21^s



(10 балів)