

1. Вік зоряних скупчень.

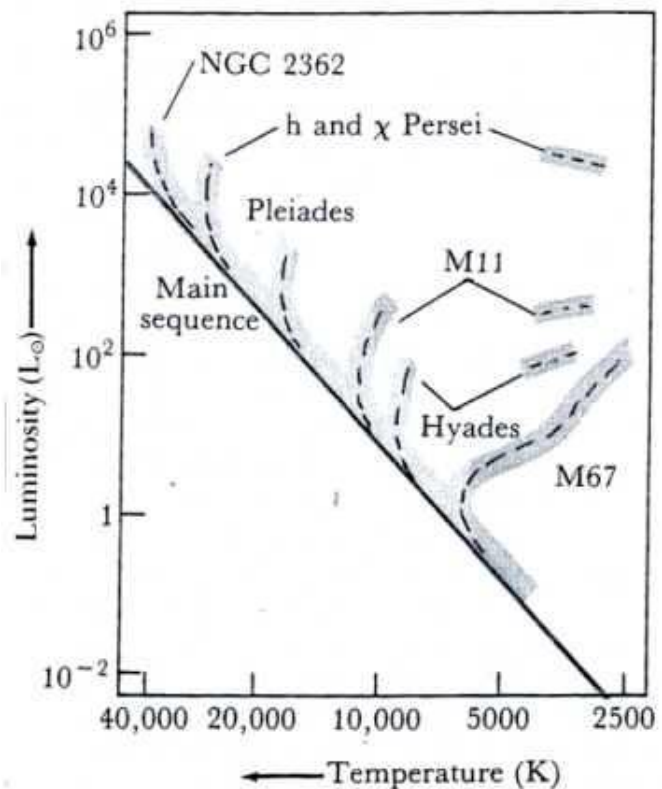
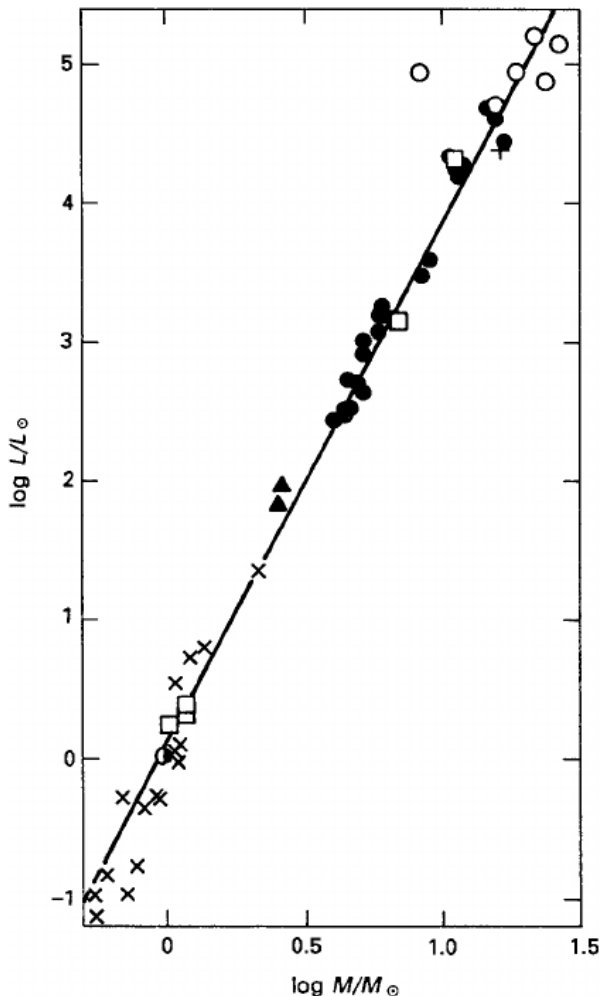
I) Побудуйте графіки для залежностей тривалості життя зір на головній послідовності від їхньої маси та світності, використавши графік залежності світності від маси. Графіки побудуйте в логарифмічній шкалі у сонячних одиницях. Для побудови графіків проведіть розрахунки щонайменше для трьох різних значень.

II) Визначте вік зоряних скупчень, вказаних на діаграмі Герцшпрунга-Рассела внизу праворуч (на діаграмі світність зір наведено в одиницях світності Сонця).

Припускаємо: а) світність зір протягом їхнього життя на головній послідовності не змінюється; б) 0.7 % від маси протонів, що об'єднуються в ядра гелію під час реакцій синтезу, виділяється як теплова енергія; в) зорі утворюються з воднево-гелієвого газу, початкова кількість атомів водню у якому складає 92 %, а атомів гелію 8 %; г) зоря припиняє своє існування як зоря головної послідовності, коли водень у її центральній частині, маса якої складає 13 % від маси всієї зорі, перетворюється на гелій; д) моментом сходження зір з головної послідовності на діаграмі Герцшпрунга-Рассела вважайте точку, дотична у якій є строго вертикальною.

Світність Сонця $L_{\odot} = 3.83 \times 10^{26}$ Вт, маса Сонця $M_{\odot} = 1.99 \times 10^{30}$ кг.

На рисунку ліворуч вказано отриману зі спостережень подвійних зоряних систем залежність між світністю зір та їхньою масою, вираженою в сонячних одиницях. **log** позначає десятковий логарифм **lg** або, що те саме, **log₁₀**.



(10 балів)

2. Астрокалендар.

У календарі одного астронома записані дати та час деяких послідовних астрономічних подій для мешканців України, а саме:

- A. 20 березня 11:00 UTC
- B. 21 червня 03:00 UTC
- C. 4 липня 10:00 UTC
- D. 22 вересня 21:00 UTC
- E. 21 грудня 15:00 UTC
- F. 3 січня 05:00 UTC

Запропонуйте, яким астрономічним подіям можуть відповідати ці дати (дайте підпис до кожної події A-F). Побудуйте схематичний рисунок орбіти Землі та позначте ці події на ньому. Використовуючи *лише* ці дані, оцініть ексцентриситет орбіти Землі. При обчисленнях можна вважати, що ексцентриситет орбіти Землі набагато менший за одиницю.

(10 балів)

3. Спіральна галактика.

Спостереження за спіральними галактиками свідчать, що їхні зовнішні ділянки обертаються значно швидше, ніж це передбачає класична ньютонівська механіка, а це свідчить про існування темної матерії. У цій задачі вам потрібно проаналізувати реальні дані спостережень галактики NGC 3198. Вважайте, що галактику спостерігаємо з ребра.

Нижче наведені спостереження галактики NGC 3198 у лінії 21 см (нейтральний водень, $\lambda_0 = 21.1063$ см). Спостереження проводились із Землі, тому вам доступні лише кутові радіуси (θ , у кутових мінутах) та довжина хвилі, на якій спостерігалася ця лінія (λ , у см).

$\theta(^{\circ})$	$\lambda(\text{см})$
0.5	21.1558
1.0	21.1572
1.5	21.1589
2.0	21.1611
2.5	21.1635
3.0	21.1659
3.5	21.1682
4.0	21.1703
4.5	21.1720
5.0	21.1734
5.5	21.1746
6.0	21.1755
6.5	21.1762
7.0	21.1762
7.5	21.1768
8.0	21.1776
8.5	21.1778
9.0	21.1779
9.5	21.1780
10.0	21.1780

а) Побудуйте криву обертання для цієї галактики (залежність швидкості обертання від кутової відстані до центра). Чи відповідає крива обертання галактики кеплерівській залежності (випадок, коли переважна частина маси зосереджена в центральному точковому тілі)?

б) Визначте відстань до галактики.

в) Побудуйте графік залежності динамічної маси галактики (такої точкової маси, розміщеної у центрі, щоб швидкість обертання відповідала заданій) від лінійної відстані до центра галактики.

г) Видима маса галактики (зорі та газ) становить $6 \times 10^{10} M_{\odot}$. Починаючи з якої відстані криву обертання не вдається пояснити гравітацією лише видимої матерії?

г) Яким має бути розподіл густини темної матерії залежно від відстані до центра, щоб спостерігалася така залежність динамічної маси на відстанях значно більших, ніж розрахованих у попередньому пункті?

(10 балів)