

Зорі



План

1. Загальні відомості про зорі.
2. Вимірювання відстаней до зір.
3. Зоряні величини.
4. Світність зір.
5. Класифікація зір.
6. Подвійні зорі.
7. Фізичні змінні зорі.
8. Пульсари.

Загальні відомості про зорі

Зорі – це небесні тіла, які являються джерелом енергії.

Неозброєним оком видно майже 6000 зір. Всі зорі мають однакову внутрішню будову (таку як наше Сонце). Відмінність у деяких типів зір полягає у співвідношенні розмірів ядра, променистої і конвективної зон. Джерелом енергії являється термоядерна реакція.

Вимірювання відстаней до зір

Зорі розташовані в мільйони разів далі, ніж Сонце. Тому відстань до них вимірюють за допомогою річного паралакса зорі.

Річний паралакс - p – кут, під яким із зорі було б видно радіус земної орбіти (1 а.о.) в перпендикулярному до променя зору напрямку.

Відстань буде

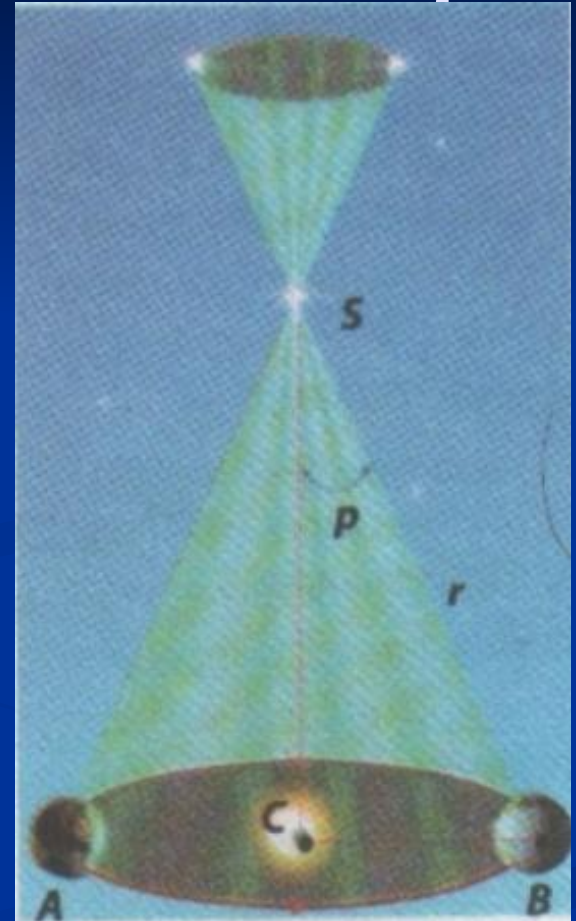
$$r = \frac{BC}{\sin p} = \frac{1 \text{ а.о.}}{\sin p} \approx 206465'' \frac{1}{p''} \text{ а.о.}$$

Відстань до небесних тіл за межами Сонячної системи, як правило, вимірюють у парсеках чи світлових роках.

Парсек (пк) – це відстань для якої річний паралакс $p=1''$.

Світловий рік – це відстань, яку проходить світло за один рік.

$$r = 1/p'' \text{ пк} = 3,26 \text{ св.року} = 3,08 \cdot 10^{13} \text{ км.}$$



Зоряні величини

Те, що одні зорі яскравіші, а інші слабші, було помічено давно. Тому грецький астроном Гішпарх у II ст. до н.е. для характеристики зір увів поняття видимої зоряної величини. Найяскравіші зорі – зорі 1-ї величини, а на межі нашого бачення – 6-ї величини. У 19 столітті англійський астроном Н.Погсон доповнив ще однією умовою: зорі 1-ї зоряної величини мають бути у 100 разів яскравіші за зорі 6-ї величини. Видиму зоряну величину позначають літерою m . Дуже яскраві зорі мають від'ємну зоряну величину

Освітленість E і зоряна величини m пов'язані залежністю
$$m = -14^m - 2,5 \lg E.$$

Для будь-яких зоряних величин m_1, m_2 буде справедливе таке відношення їх яскравості E_1 та E_2 (формула Погсона):
$$E_1 / E_2 = 10^{0,4(m_2 - m_1)} = 2,512^{m_2 - m_1}$$

Для визначення дійсної світності зір астрономи ввели поняття абсолютної зоряної величини M . Зоряну величину, яку мала б зоря на стандартній відстанні $r_0 = 10$ пк, називається абсолютною зоряною величиною.

Якщо відома відстань до зорі r в парсеках то видима і абсолютна зоряні величини зорі пов'язані формулою
$$M = m + 5 - 5 \lg r.$$

Зоря	m	M
Сонце	-26,7	+4,8
Сіріус	-1,6	+1,3
Арктур	-0,1	-0,3
Вега	0	+0,5
Капелла	+0,1	-0,7
Рігель	+0,1	-7,5
Проціон	+0,4	+2,6
Бетельгейзе	+0,4	-6,0
Альтаір	+0,8	+2,2
Денеб	+1,3	-7,4

Світність зір

Світність зорі визначає потужність випромінювання зорі, тобто кількість енергії, що випромінює зоря за одиницю часу. За одиницю світності приймається потужність випромінювання Сонця $4 \cdot 10^{26}$ Вт.

Якщо відома абсолютна зоряна величина зорі M , то її світність визначається за формулою

$$L = E/E_0 = 10^{0,4(5-M)}$$

Відомості про найяскравіші зорі наведено в додатках (таблиця 9 стр. 148)

Зоря	L
Сонце	1
Денеб	90 000
Рігель	70 000
Бетельгейзе	25 000
Полярна	17 600
Капелла	150
Арктур	102
Вега	54
Сіріус	23
Альтаір	10

Класифікація зір

Класифікація звичайних зір відбувається:

- за температурою (за кольором);
- за світністю (за розмірами).

Класифікація зір за кольором

Температура зорі пов'язана з кількістю та інтенсивністю спектральних ліній.

Гарячі зорі випромінюють більше енергії у синій області спектра, а холодні зорі – у червоній.

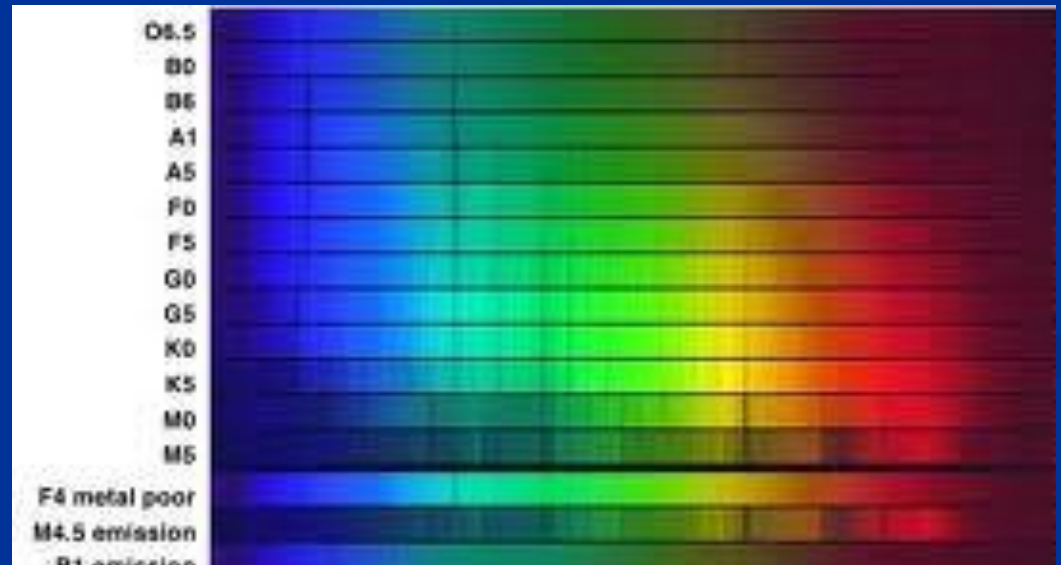
За температурою зорі розділили на 7 спектральних груп, які позначили літерами латинської абетки: O, B, A, F, G, K, M. Кожний спектральний клас поділений на 10 підкласів: O0, O1, ... O9.

Для запам'ятовування послідовності спектральних класів існує декілька жартівливих фраз. Наприклад: “однажды бравый американец финики жевал, как морковь.”

Класи O, B і A названо гарячими або ранніми. Їх температура більша за 10000 К.

Класи F і G – сонячними. Їх температура 6000 К.

Класи K, M – холодними або пізніми. Їх температура близько 2500 К.



Класифікація зір за розмірами

Розміри зір можна порівняти з розмірами Сонця.. Якщо відомо температуру зорі T , температуру Сонця T_{\odot} та світність зорі в одиницях світності Сонця L за формулою

$$r = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2$$

Зорі дуже великої світності називаються **надгігантами**.

Червоні надгіганти виявляються такими самими й за розмірами.

Білі карлики — зірки низької світності з масами, порівняними із масою Сонця, та високими ефективними температурами. Радіуси білих карликів приблизно у 100 разів менші сонячного, відповідно, їх світність у $\sim 10\,000$ разів менша сонячної.

Червоні карлики - найпоширеніші зіркові об'єкти у Всесвіті. Температура поверхні червоного карлика досягає $3,500\text{ }^{\circ}\text{K}$, маса - $0,3\text{-}0,08$ мас Сонця, діаметр - $0,3$ діаметра Сонця



Надгіганти

(R в тисячу разів більше Сонячного R)

Гіганти

(R в сотні разів більше Сонячного R)

Сонячного типу

Карлики

(R в сотні разів менші Сонячного R)

Нейтронні зорі

($R = 10-30$ км)

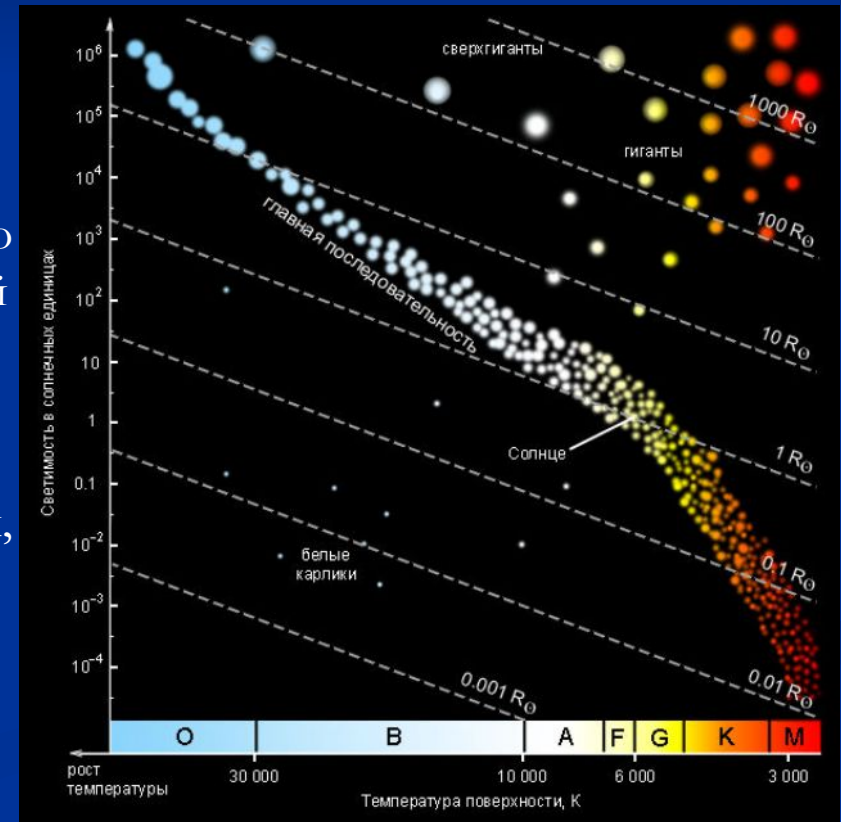
Порівняння розмірів зір



Діаграма “спектр – світність”

Данський астроном Герцшпрунг і американський астрофізик Рессел виявили існування залежності між виглядом спектра (тобто температурою) і світністю зір. Ця залежність ілюструється діаграмою “спектр – світність”

Більшість зірок (близько 90 %), розташовуються на діаграмі вздовж довгої вузької смуги, названою головною послідовністю. Вона простягнулася з верхнього лівого кута (від блакитних надгігантів) у нижній правий кут (до червоних карликів). До зірок головної послідовності відноситься Сонце, світність якого приймають за одиницю. Крапки, що відповідають гігантам і надгігантам, розташовуються над головною послідовністю праворуч, а відповідним білим карликам – у нижньому лівому куті, під головною послідовністю.



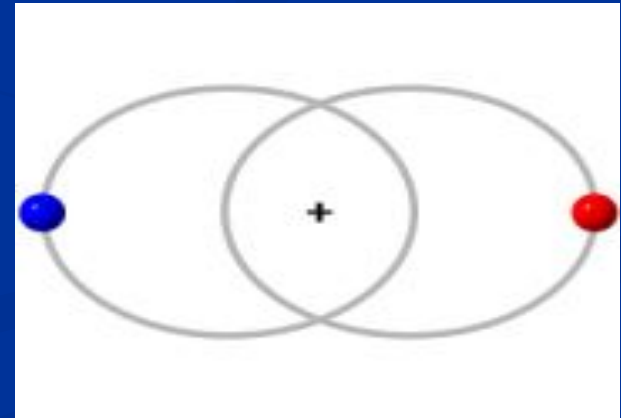
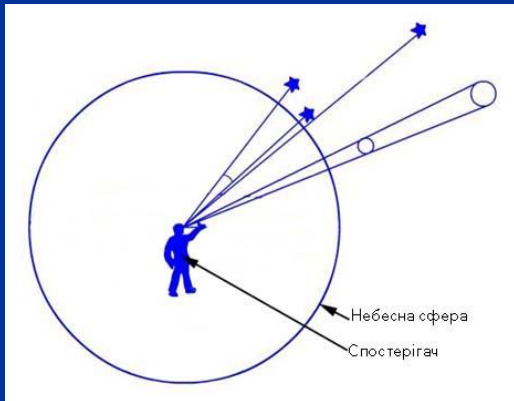
Подвійні зорі

Подвійні зорі бувають двох видів:



ити,
ко
із них
ані і

Фізично подвійними або кратними називаються системи зір, які під дією сил взаємного тяжіння обертаються навколо спільного центра мас. Кратні системи налічують від двох до десяти компонентів. У Галактиці близько половини зір об'єднані в кратні системи.



Фізично подвійні

Оптично подвійні

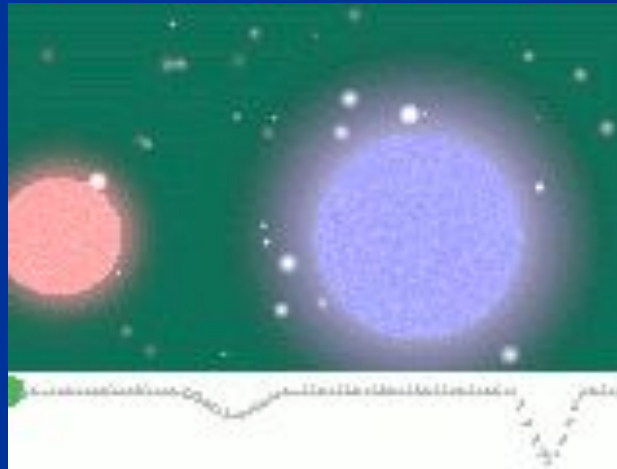
Якщо компоненти кратної зорі видно в телескоп нарізно, то її називають візуально кратною зорею. У наш час відомі десятки тисяч візуально-подвійних зір. Головну зорю у кратній системі позначають літерою А, супутник - літерою В, якщо є третій компонент - літерою С тощо .



Фізично подвійні

Затемнювано-подвійні зорі

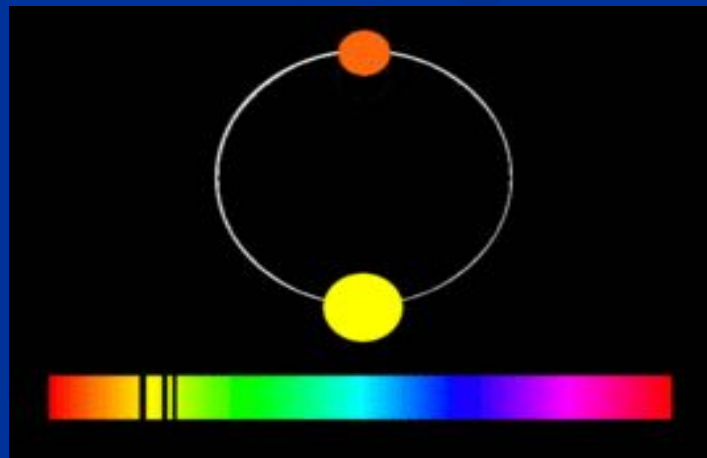
Площини, в яких подвійні зорі обертаються навколо спільного центра мас, орієнтовані довільно відносно центра Галактики. Відомо понад 3 000 систем, для яких Земля перебуває у площині їхнього взаємного руху або недалеко від неї. У цих випадках спостерігаються періодичні затемнення одного компонента іншим. Зорі, видима величина яких ритмічно змінюється внаслідок затемнення одного компонента іншим, називаються затемнювано-подвійними або затемнювано-змінними. Представником таких зір являється зірка Алголь (сузір'я Персея). Зміна блиску Алголя $T = 2$ доби 20 год 49 хв.



Фізично подвійні

Спектрально-подвійні зорі

Зорі, подвійність яких можна встановити тільки за допомогою спектральних спостережень, називаються спектрально-подвійними. У спектрах таких зір спостерігається періодичне роздвоєння спектральних ліній відносно середнього положення. Внаслідок *ефекту Доплера-Фізо* найбільшої величини роздвоєння досягає за максимальної променевої швидкості компонентів: одного - у напрямку до спостерігача (лінії відхиляються у фіолетовий бік спектра), а іншого - від спостерігача (лінії відхиляються у червоний бік спектра). Променева швидкість зорі - це складова її руху вздовж променя зору спостерігача..



Фізично змінні зорі

Змінні зорі – це зорі, які змінюють свою яскравість протягом певного часу. Зміна їх блиску зумовлена процесами, що відбуваються у їхніх надрах. Зараз достовірно виявлено кілька десятків тисяч фізичних змінних зір у нашій Галактиці й десятки тисяч в інших галактиках. Їхня кількість постійно зростає завдяки спостереженням з телескопів, винесених в космос.



Фізичні змінні зорі поділяють на дві основні групи: *пульсуючі* та *спалахуючі* змінні зорі. Окремим випадком спалахуючих змінних зір є *нові* та *наднові* зорі.



Пульсуючі змінні зорі

Найвідомішими серед пульсуючих змінних зір є цефеїди, які отримали назву від однієї з найтиповіших їхніх представниць - зорі 5 *Цефея*.

Класичні або довгоперіодичні цефеїди відзначаються ритмічними, з точністю доброго годинникового механізму їхні періоди, як правило, лежать у межах від однієї до 70 діб.

Окрім класичних довгоперіодичних, існує також клас короткоперіодичних цефеїд, типова представниця яких - зоря RR Ліри. Їхні періоди становлять від 80 хв до однієї доби.

Є ще довгоперіодичні змінні з періодом від 70 до 1400 діб.



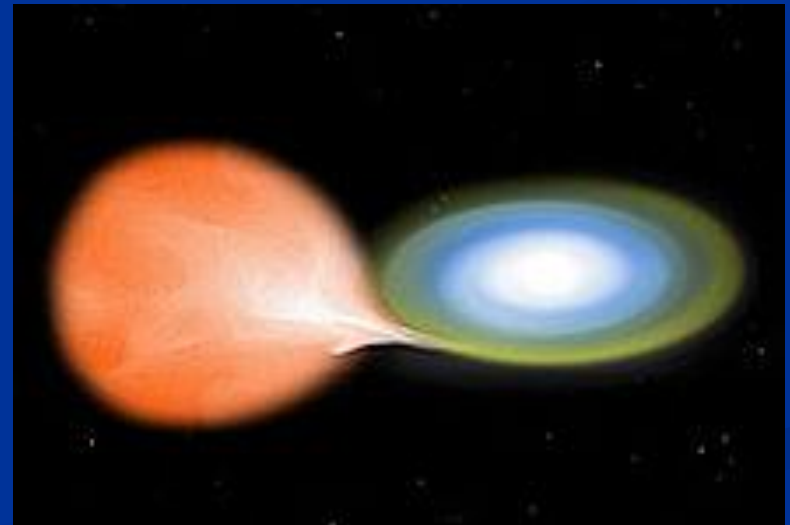
цефеїди -це зорі, протяжні оболонки яких здатні нагромаджувати енергію, що йде з глибин, а потім віддавати її. Зоря періодично стискається, розігріваючись, і розширюється, охолоджуючись. Тому енергія то поглинається зоряним газом, то знову виділяється. Внаслідок цього світність цефеїди змінюється в кілька разів з періодом у кілька діб. Аналіз показав, що пульсувати можуть лише зорі-гіганти і надгіганти, у яких є протяжні, розріджені оболонки.

Нові зорі

Зорі, блиск яких раптово зростає в тисячі й навіть мільйони разів, називаються новими зорями. При цьому виділяється енергія, яку Сонце випромінює за 100 000 років. Початковий період спалаху нової до досягнення максимуму блиску триває кілька діб, після чого він повільно, впродовж років чи десятків років зменшується до початкового значення.

Нові зорі - це компоненти таких подвійних систем, у яких одна зоря, як правило, зоря головної послідовності типу Сонця і пізніших спектральних класів, а друга - у сто разів менший від Сонця білий карлик. Виникнення спалахів нових зір пов'язане з особливостями обміну речовиною в тісних подвійних системах.

Коли одна із зір у тісній подвійній системі значно збільшує свої розміри (розширюється), її речовина починає вільно перетікати на другий компонент, утворюючи навколо неї так званий акреційний диск. Газ із внутрішньої частини диска осідає на поверхню компактної «сусідки» у щораз більшій кількості збільшуючи її масу і температуру. У підсумку за характерний час від кількох до сотень років, температура й щільність її поверхневого шару збільшується до таких великих значень, що зіткнення швидких протонів розпочинають термоядерну реакцію синтезу гелію.



Завдання додому:

§ 13. Тест, стор.109.

Для бажаючих підготувати по даній темі:

- Доповідь;
- Презентацію.