

# Зорі та їх класифікація

## 1. Особливості зір як класу небесних об'єктів.

**Зорі**, також **Зірки** (грец. *hoi Asteres*) — велетенські розжарені, самосвітні небесні тіла, у надрах яких відбуваються (відбувались) і будуть відбуватись термоядерні реакції.

### Особливості зірок:

✓Зорі — один із найпоширеніших (можливо, найпоширеніший) тип космічних тіл. (до 90 % видимої речовини, в тій частині Всесвіту в якій ми живемо і яка доступна для досліджень)

✓Всі основні характеристики зір (розміри, світність, енергетика, час «життя» і кінцеві етапи еволюції) взаємозалежні й обумовлені значенням маси зір.

✓Зорі майже цілком складаються з водню і гелію (до 98 % хімічного складу зір)

✓Існування зір обумовлено рівновагою сил тяжіння й променевого (газового) тиску.

✓Основним, найбільш продуктивним методом дослідження зір є спектральний аналіз їх випромінювання.

### 1. Вимірювання відстаней до зір

Щоб порівнювати зорі між собою та із Сонцем, потрібно знайти методи визначення відстаней до них. Зорі розташовані в мільйони разів далі, ніж Сонце, тому горизонтальні паралакси зір відповідно в мільйони разів менші, і виміряти такі малі кути ще нікому не вдавалося. Для вимірювання відстаней до зір астрономи змушені визначати річні паралакси, які пов'язані з орбітальним рухом Землі навколо Сонця.

Кут під яким із зорі буде видно середній радіус орбіти  $a$ , розміщений перпендикулярно до напрямку на зорю, називають річним паралаксом зір і позначають  $\pi$  або  $p$ . Річний паралакс визначають за зміною положення зір на фоні інших, більш далеких зір із двох протилежних точок земної орбіти. Відстань до зір  $r$  (рис.1), визначають зі співвідношення:  $r = \frac{a}{\sin p}$ .

Зоря	Відстань	
	Св. р.	Пк
Проксима	4,2	1,3
Барнарда	5,9	1,8
Вольф 359	7,5	2,4
Сіріус	8,8	2,6
Росс 154	9,5	2,9
ε Еридана	11,0	3,3
Проціон	11,4	3,5
Альтаір	16,5	5,1
Вега	26,5	8,1
Арктур	36,0	11,0

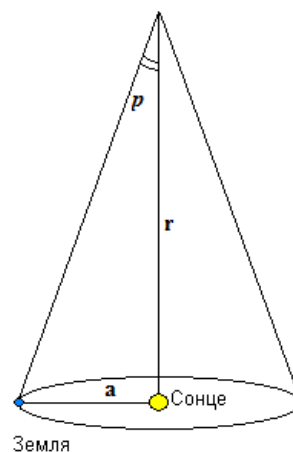


Рис 1

Зазвичай відстань до зір вимірюють в астрономічних одиницях (а. о.), світлових роках (св.р.), проте використовують в астрономії таку одиницю як парсек(пк) – відстань, для якої річний паралакс  $p = 1''$ . (1пк = 3,26 св. року =  $3 \cdot 10^{16}$  м).

Враховуючи співвідношення між цими величинами, можна записати

$$r = \frac{a \cdot 206265''}{p''} \text{ км} = \frac{206265''}{p''} a. o. = \frac{3,26}{p''} \text{ св. р} = \frac{1}{p''} \text{ пк}$$

Найближча до нас зоря Проксима має річний паралакс  $0,762''$ , а найяскравіша зоря Сіріус  $0,376''$ . Метод дозволяє визначити відстані не більші за 200 пк. Для більших відстаней використовують інші менш точні методи.

*Спектральні дослідження дають змогу визначити відстані до далеких зір методом спектральних паралаксів (згадайте метод річних паралаксів для визначення відстаней до близьких зір).*

## 2. Класифікація зір за фізичними характеристиками

За своїми характеристиками зорі різноманітні. Розрізняють різні зорі: велетні і карлики, одинокі, подвійні і кратні, затемнено-кратні, змінні зорі і нові.

Розглянемо класифікацію зір за такими фізичними характеристиками:

- За світністю;
- За спектром (за температурою)
- За розмірами;

### За світністю:

#### Абсолютні Зоряні величини

Ще в давнину люди помітили, що одні зорі яскраві, а інші ледь помітні на небесній сфері.

Однак це не означає, що одна зоря випромінює більше енергії ніж інша, тому вона не дає інформацію про справжню потужність джерела світла (зорі). Із курсу фізики відомо, що освітленість залежить від відстані, тому з двох однакових зір більший блиск дає та зоря яка знаходиться ближче. Для визначення світності зір було введено абсолютну зоряну величину (M).

**Абсолютна зоряна величина M** – це така зоряна величина, яку мала б зоря, якби перебувала від нас на відстані 10 пк. Наше Сонце з такої відстані мало б вигляд зорі 5 зіркової величини, тобто для Сонця  $M = +4,7^m$ .

Зв'язок між абсолютною і видимою зоряними величинами зорі та відстанню до неї R (в парсеках) виражається формулою  $M = m + 5 - 5 \lg R$ .

Важливою характеристикою зорі є її світність L – повна енергія, яку випромінює зоря з усієї поверхні за одиницю часу в усіх напрямках. Як правило, світність зорі виражається в одиницях світності Сонця ( $L_0$ ).

Якщо відома абсолютна зоряна величина зорі M, тоді її світність визначається за допомогою формули  $L = 10^{0,4(5-M)}$ . Світність Сонця = 1.

### Світність L деяких зір

<b>Сонце</b>	1
<b>Денеб</b>	90000
<b>Рігель</b>	70000
<b>Бетельгейзе</b>	25000
<b>Полярна</b>	17600

<b>Зоря</b>	<b>L</b>
<b>Капелла</b>	150
<b>Арктур</b>	102
<b>Вега</b>	54
<b>Сіріус</b>	23
<b>Альтаір</b>	10

### За світністю ( порівняно з Сонцем)

- ✓ В 100, 1000, 1000 000 разів сильніші за Сонце. (Денеб, Бетельгейзе, Полярна)
- ✓ Аналогічні. (Альтаір, Проціон)
- ✓ З малими і дуже малими світностями. ( $\alpha$  Центавра).

### **Температура і колір зір**

Дивлячись на небо, ми бачимо, що зорі різні за кольором. Колір яскравих зір можна визначити неозброєним оком, проте чутливість нашого ока дуже мала та ненадійна. Тому основним, найбільш продуктивним методом визначення кольору зір та інших характеристик є спектральний аналіз їх випромінювання. Під час розглядання спектрів, основні відмінності зір полягають в кількості й інтенсивності спостережуваних спектральних ліній, а також у розподілі енергії в безперервному спектрі. Колір зір залежить від інтенсивності випромінювання тіла в певній ділянці спектру, в якій ділянці спектру зоря виділяє більше енергії, такою буде і її колір. Зі зростанням температури інтенсивність випромінювання зміщується в короткохвильову частину спектру. (закон зміщення Віна)

Із урахуванням видів спектральних ліній та їх інтенсивності побудована спектральна класифікація зір.

Оскільки кольорів 7, тому зорі за температурою розділили на 7 спектральних класів, які позначили літерами латинської абетки O,B,A,F,G,K,M. Найвищу температуру мають зорі спектрального класу O, які мають синій колір. Найхолодіші – червоні зорі спектрального класу M, Сонце – жовта зоря, спектрального класу G. Кожний спектральний клас поділяється на 10 підкласів: A0, A1...A9.

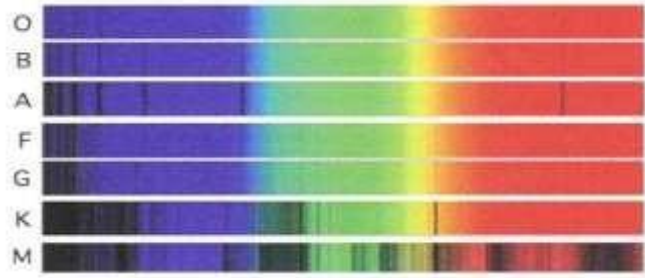
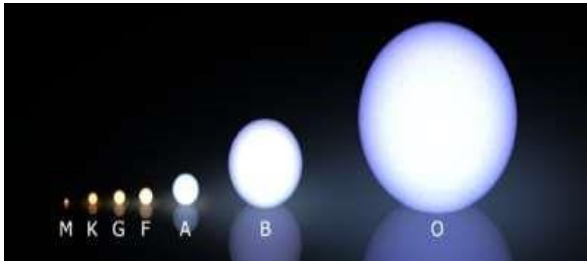
Температура більшості зір знаходиться в межах від 2 500 К до 60 000 К, хоча відомі й такі зорі, для яких вона менша або більша вказаних меж.

### За спектром (температурою)

- ✓ Гарячі зорі (O,B,A)
- ✓ Сонячні класи (F,G)
- ✓ Холодні зорі. (K,M).

### За кольором

- ✓ Блакитний 25000 ° С
- ✓ Білий 12000 ° С
- ✓ Жовтий 6000 -7000 ° С
- ✓ Червоний (2000 - 3000 ° С)



### ***Радіуси зір***

Радіус зорі можна визначити вимірюючи її світність та температуру поверхні. (це впливає із закону Стефана-Больцмана та формули потужності випромінювання зорі)

$R = R_{\odot} \sqrt{L} \left(\frac{T_{\odot}}{T}\right)^2$   $R_{\odot}$  - радіус Сонця,  $T_{\odot}$  - температура Сонця,  $L$ - світність зорі в одиницях світності Сонця,  $T$  – температура зірки.

### **За розмірами**

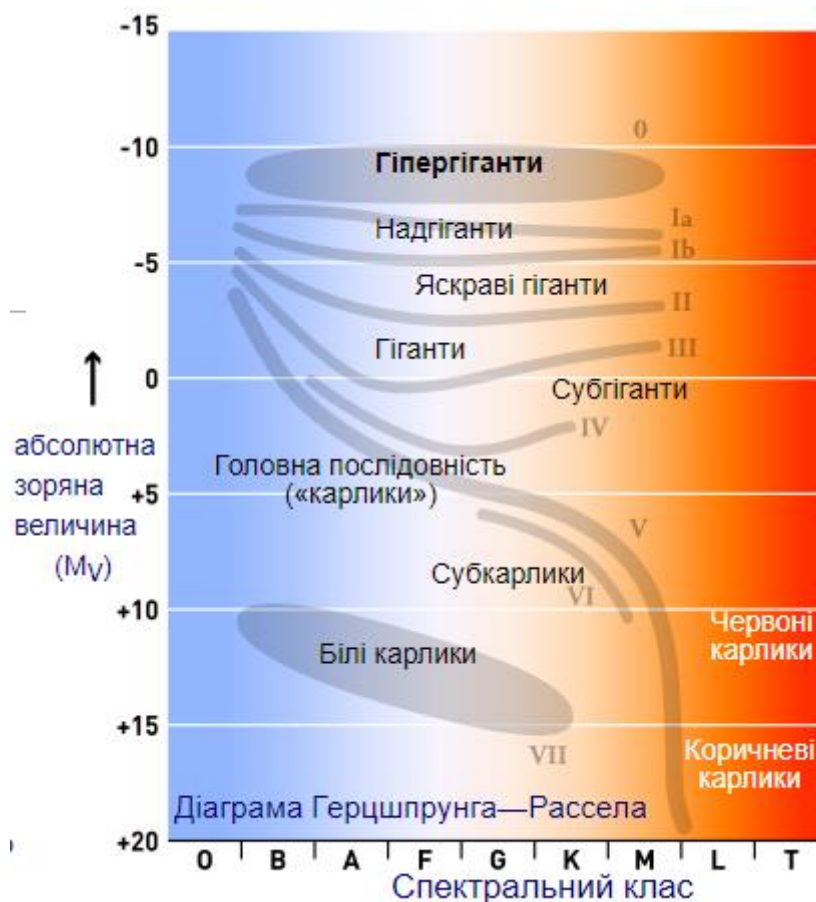
- ✓ Надгіганти (R в тисячу разів більше Сонячного R)
- ✓ Гіганти ( R в сотні разів більше Сонячного R)
- ✓ Сонячного типу
- ✓ Карлики( R в сотні разів менші Сонячного R)
- ✓ Нейтронні зорі ( R = 10-30 км ).

### ***Діаграма спектр-світність***

Сонце — одна із зірок, причому середня за своїми розмірами і світністю. Астрономи вирішили перевірити чи багато таких зір як Сонце. Для цієї мети Е. Герцшпрунг та Г. Рессел розмістили кожену зорю на діаграмі використовуючи її температуру і світність, її названо **Діаграмою Герцшпрунга-Рессела** — графічно відображена залежність між світністю (чи абсолютною зоряною величиною) та спектральним класом (тобто, температурою поверхні) зорі. Діаграма використовується для класифікації зір та відповідає сучасній уяві про зоряну еволюцію.

На осі абсцис позначена температура зір (спектральний клас), по осі ординат – її світність.(абсолютна зоряна величина). Холодніші зорі розміщені праворуч (червоного кольору), а більш гарячі – ліворуч. Зорі які випромінюють більше енергії, розташовані вище Сонця, а зорі-карлики –нижче.

Зорі на цій діаграмі розташовуються не випадково, а утворюють добре помітні ділянки, які називають *послідовностями*. Найбільш цікавим є те, що схожі за фізичними властивостями зірки займають відокремлені області: головну послідовність, послідовності надгігантів, яскравих і слабких гігантів, субгігантів, субкарликів, білих карликів та ін.



Близько 90% зір розташовано вздовж вузької смуги — головної послідовності, що перетинає діаграму по діагоналі від високих світностей та температур до низьких. Така суттєва різниця в температурі поверхні зір різних спектральних класів пояснюється їхньою масою. Маса зір визначається непрямими методами, наприклад для зір головної послідовності виконується правило, чим більша світність зорі тим більша її маса. Наприклад зорі Спіка і Сиріус А масивніші ніж Сонце в 10-ки раз.

Червоні надгіганти та білі карлики мають однакову масу, але різні розміри. Гіганти спектрального класу M, наприклад Бетельгейзе має в 400 раз більший радіус ніж Сонце і в 50 тис більший, ніж у білих карликів, отже густина цих зір в мільйони разів менша ніж густина атмосфери Землі, білі карлики спектрального класу B, наприклад, супутник Сиріуса, має радіус як у Землі, але густина має фантастичну величину -  $3 \cdot 10^6$  г/см<sup>3</sup> (якби людина з масою 70 кг, складалася з речовини білого карлика то вона важила б 210 т)

Ще більшу густину мають нейтронні зорі та чорні діри.

Головна загадка діаграми спектр-світність полягає в тому, що в космосі астрономи ще не знайшли хоча б дві однакові зорі, які мають однакові фізичні параметри Напевно, протягом еволюції зорі змінюють свої фізичні параметри, тому малоймовірно, що ми зможемо відшукати в космосі ще одну зорю, яка зародилася одночасно з нашим Сонцем, маючи тотожні початкові параметри.

У діаграмі спектр-світність захована таємниця еволюції зір: деякі зорі тільки-но народилися, інші мають середній вік, і, крім того, багато зір закінчують своє існування грандіозними спалахами.

### Корисні посилання:

1. [Астрономія: підруч. для 11 класу \(рівень стандарту\) В.Д. Сиротюк, Ю.Б. Мирошніченко](#)
2. [Факти про зорі](#)
3. [Спектральна класифікація зір \(тест\)](#)
4. [Додаток Star Walk і Solar Walk – детальні мапи зоряного неба](#)



### Додаткові відео з теми:

1. [Зорі. Класифікація зірок та як вони народжуються](#)
2. [Навіщо нам зорі](#)
3. [Утворення та еволюція зір](#)