

8. Абсалютная зорная велічыня Сонца роўна  $M = 5^m$ . Вызначце адлегласць, на якой яно будзе назірацца як зорка 15-й зорнай велічыні.
9. Зоркавае скопішча змяшчае 100 зорак аднолькавага бляску  $m = 8^m$ . Знайдзіце сумарную зорную велічыню скопішча.

## § 23. Тэмпература і памеры зорак

**1. Тэмпература зорак.** У першым прыбліжэнні можна лічыць, што зоркі выпраменьваюць як абсалютна чорныя целы. Тэмпературу  $T$  паверхні (фотасферы) зорак можна вызначыць пры дапамозе закону зрушэння Віна, а таксама закону Стэфана—Больцмана, як мы гэта ўжо рабілі пры вызначэнні тэмпературы Сонца (гл. § 18):

$$T = \sqrt[4]{\frac{L}{4\pi R^2 \sigma}}. \quad (1)$$

Падлічаную такім метадам тэмпературу называюць **эфектыўнай тэмпературай**. Але гэты метадад выкарыстоўваецца абмежавана, паколькі дастаткова дакладнае значэнне радыусаў вымерана прыкладна ў некалькіх дзясяткаў яркіх гіганцкіх зорак.

Тэмпературы зорак вельмі адрозніваюцца. Халодныя чырвоныя зоркі маюць тэмпературу каля 3000 К. Сонца з тэмпературай фотасферы 6000 К адносіцца да жоўтых карлікаў. Тэмпература самых гарачых зорак дасягае 100 000 К. Асноўная частка выпраменьвання гарачых зорак прыпадае на ультрафіялетавую частку спектра, і мы іх успрымаем як зоркі блакітнага колеру.

**2. Спектральная класіфікацыя зорак.** Зоркі адрозніваюцца вялікай разнастайнасцю, але сярод іх можна вылучыць асобныя групы, якія маюць агульныя ўласцівасці. Пры першым знаёмстве з зорным небам звяртае на сябе ўвагу той факт, што зоркі адрозніваюцца па колеры. Гэта больш прыкметна пры разглядзе спектраў. Найважнейшыя адрозненні спектраў зорак заключаюцца ў колькасці і інтэнсіўнасці назіраемых спектральных ліній, а таксама ў размеркаванні энергіі ў непарарыўным спектры. З улікам выгляду спектральных ліній і іх інтэнсіўнасці будзецца **спектральная класіфікацыя зорак**.

У Гарвардскай абсерваторыі (ЗША) у 20-я гг. XX ст. была распрацавана класіфікацыя спектраў зорак, у якой паслядоўнасць спектральных класаў абазначаецца вялікімі літарамі лацінскага алфавіта. Асноўныя характарыстыкі спектральных класаў змешчаны на форзацы 4. Тонкія адрозненні ўнутры кожнага класа дадаткова падзяляюць на 10 падкласаў — ад 0 да 9. Напрыклад, Сонца належыць да спектральнага класа  $G2$ .

Дадзеная паслядоўнасць спектральных класаў адлюстроўвае памяншэнне тэмпературы атмасфер (фотасфер) зорак ад класа  $O$  да класа  $L$ . Спектральная паслядоўнасць адначасова з'яўляецца і колеравай: зоркі класа  $O$  маюць блакітнаваты колер, класа  $B$  — блакітнавата-белы,  $A$  — белы і г. д. Для запамінання гэтай паслядоўнасці карыстаюцца фразай (мнеманічным правілам), якая ў рускамоўным варыянце гучыць наступным чынам:

O	B	A	F	G	K	M	L
Один	Бритый	Англичанин	Финики	Жевал	Как	Мелкий	Лук

Хімічны склад атмасфер большасці зорак амаль аднолькавы. Вонкавыя слаі зорак складаюцца з вадародна-геліевай сумесі з вельмі малой колькасцю больш цяжкіх элементаў. Напрыклад, аналагічна Сонцу іншыя зоркі ўтрымліваюць у сваіх атмасферах 73 % вадароду, 25 % гелію і 2 % усіх астатніх элементаў.

Адрозненні ў спектрах зорак вызначаюцца галоўным чынам адрозненнямі тэмператур. У фотасферах халодных зорак могуць існаваць самыя простыя малекулы. Таму характэрнымі дэталямі спектраў зорак класаў  $M$  і  $L$  з'яўляюцца шырокія палосы паглынання малекул, напрыклад  $C_2H$ . Пры больш высокіх тэмпературах малекулярныя злучэнні распадаюцца. У такіх спектрах знікаюць спектральныя палосы малекулярных злучэнняў, затое з'яўляюцца лініі, што адпавядаюць нейтральным металам. Такім чынам, спектральная класіфікацыя зорак — гэта тэмпературная класіфікацыя зорных спектраў, заснаваная на ацэнках адноснай інтэнсіўнасці і выгляду спектральных ліній. На дадзены момант спектральнай класіфікацыяй ахоплены больш за 500 тыс. зорак.

**3. Памеры зорак.** Лінейны радыус  $R$  зоркі можна вызначыць, калі вядомы яе вуглавая радыус  $\rho''$  і адлегласць да зоркі  $r$  або гадавы паралакс  $\pi''$ , па формуле  $R = r \cdot \sin \rho''$ .

Паколькі  $r = \frac{206\,265''}{\pi''}$  а. адз., для вуглавога радыуса  $\sin \rho'' = \frac{\rho''}{206\,265''}$ , то маем  $R = \frac{\rho''}{\pi''}$  а. адз.

Лінейныя радыусы зорак прынята выражаць у радыусах Сонца. У радыусах Сонца 1 а. адз. роўна  $149,6 \cdot 10^6$  км :  $0,696 \cdot 10^6$  км = 215. Выкарыстаўшы гэту суадносіну, атрымаем наступную формулу для вызначэння лінейных радыусаў зорак у радыусах Сонца:

$$R = 215 \frac{\rho''}{\pi''}.$$

Зоркі знаходзяцца ад нас так далёка, што іх вуглавая памеры меншыя за мяжу распазнавання самых буйных тэлескопаў. Для яркіх блізкіх зорак вуглавая радыус знаходзяць пры дапамозе двух шырока расстаўленых тэлескопаў па

інтэрферэнцыйнай карціне, якая атрымліваецца ў выніку перакрыцця відарысаў зоркі. Напрыклад, з дапамогай аптычнага інтэрферометра, які складаецца з двух сферычных люстраў дыяметрам 6,6 м кожнае, разнесеных на максімальную адлегласць 180 м, удалося вымераць вуглавы дыяметр  $\epsilon$  Арыёна. Ён аказаўся роўны 0,00072", а паколькі гадавы паралакс зоркі складае  $\pi'' = 0,0024''$ , то  $R = 215 \cdot \frac{0,00036''}{0,0024''} = 32R_{\odot}$ .

Радыусы зорак могуць быць вылічаны па іх магутнасці выпраменьвання (свяцільнасці) і тэмпературы. Запішам значэнне поўнай магутнасці выпраменьвання для выбранай зоркі і для Сонца:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4,$$

$$L_{\odot} = 4\pi R_{\odot}^2 \sigma T_{\odot}^4,$$

дзе  $L$  і  $L_{\odot}$ ,  $R$  і  $R_{\odot}$ ,  $T$  і  $T_{\odot}$  — адпаведна свяцільнасці, лінейныя радыусы і абсалютныя тэмпературы зоркі і Сонца.

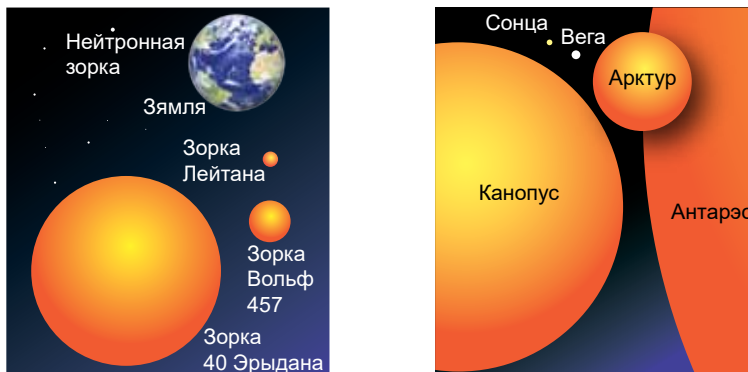
Калі прыняць  $L_{\odot} = 1$  і  $R_{\odot} = 1$ , то атрымаецца:

$$L = R^2 \frac{T^4}{T_{\odot}^4},$$

або канчаткова ў лінейных радыусах Сонца:

$$R = \sqrt{L} \left( \frac{T_{\odot}}{T} \right)^2. \quad (2)$$

Дыяметры зорак вельмі адрозніваюцца: ад дыяметраў, параўнальных з вялікай паўвоссю арбіты Юпітэра (чырвоныя звышгігanty), да памераў Зямлі (белыя карлікі) ці нават да некалькіх кіламетраў у нейтронных зорак (рыс. 124).



Рыс. 124. Памеры некаторых зорак у параўнанні з памерамі Зямлі (злева) і Сонца (справа)

### ! Галоўныя вывады

1. Спектральная класіфікацыя зорак заснавана на ацэнках адноснай інтэнсіўнасці і выгляду спектральных ліній.
2. Памеры зорак прапарцыянальны адлегласцям да іх і бачным вуглавым памерам.
3. Ведаючы магутнасць выпраменьвання зоркі (свяцільнасць), тэмпературу зоркі і тэмпературу Сонца, можна вызначыць яе памер (у радыусах Сонца).
4. Тэмпература зорак вызначаецца на падставе законаў Стэфана—Больцмана і Віна.

### ? Кантрольныя пытанні і заданні

1. Якім чынам, выкарыстаўшы законы Стэфана—Больцмана і Віна, можна вызначыць тэмпературу зоркі?
2. Па якіх прынцыпах праводзіцца спектральная класіфікацыя зорак?
3. З якіх хімічных элементаў у асноўным складаюцца зоркі?
4. У колькі разоў адрозніваюцца свяцільнасці дзвюх зорак аднолькавага колеру, калі радыус адной з іх у 25 разоў большы?
5. Вызначце памеры зоркі Спікі ( $\alpha$  Дзевы), калі тэмпература яе фотасферы роўна 22 400 К, а свяцільнасць у 13 400 разоў большая за свяцільнасць Сонца.
6. Вызначце свяцільнасць зоркі  $\alpha$  Ліры, калі яе гадавы паралакс роўны  $0,129''$ , а бачная зорная велічыня складае  $0^m,03$ .
7. Вызначце адлегласць, свяцільнасць і памеры зоркі Рэгул ( $\alpha$  Льва), калі з назіранняў вядома, што ў яе гадавы паралакс роўны  $0,040''$ , бачная зорная велічыня  $1^m,35$  і тэмпература фотасферы 13 600 К.

## § 24. Падвойныя зоркі. Маса зорак

**1. Тыпы падвойных зорак.** Назіранні паказваюць, што многія зоркі ў Сусвеце ўтвараюць пары або з'яўляюцца членамі складаных сістэм. **Падвойнымі зоркамі** называюць пары блізка размешчаных зорак. Адрозніваюць аптычныя і фізічныя падвойныя зоркі. **Аптычныя падвойныя зоркі** (пары) складаюцца з вельмі аддаленых адна ад адной у прасторы зорак, якія выпадковым чынам праецыруюцца на нябесную сферу па прамені зроку. **Фізічныя падвойныя зоркі**