

## Практикалық жұмыс №13

### Күн мен жұлдыздардың физикалық табиғаты

Жұлдыздардың жарқырауы олардың  $M$  абсолютті шамасынан есептеледі, ол көрінетін шамасы  $m$  қатынасымен байланысты:

$$M = m + 5 + 51p$$

және

$$M = m + 5 - 51gr,$$

мұндағы  $p$  – доғаның секундтарымен (") өрнектелген жұлдыздың жылдық параллаксы және  $r$  – жұлдыздың парсекпен (пс) қашықтығы.  $M = m + 5 + 51p$  және  $M = m + 5 - 51gr$  формулалары арқылы табылған  $M$  абсолюттік шамасы бірдей шамаға жатады, көрінетін шамасы  $m$  ретінде қалыптасады, яғни ол визуалды  $M_V$ , фотографиялық  $M_{pg}$ , фотоэлектрлік ( $M_V, M_B$  немесе  $M_V$ ) болуы мүмкін және т.б. Атап айтқанда, жалпы сәулеленуді сипаттайтын абсолютті болометриялық шама,

$$M_b = M_V + b$$

және көрінетін болометриялық шамадан да есептеуге болады:

$$m_b = m_V + b$$

мұндағы  $b$  – жұлдыздың спектрлік класы мен жарықтық класына байланысты болометриялық түзету.

$L$  жұлдыздарының жарқырауы Күннің жарқырауымен өрнектеледі, бірлік ретінде қабылданады ( $L_{\odot} = 1$ ), содан кейін

$$\lg L = 0,4(M_{\odot} - M),$$

мұндағы  $M_{\odot}$  – Күннің абсолютті шамасы: визуалдық  $M_{\odot V} = +4^m.79$ ; фотографиялық  $M_{\odot pg} = +5^m.36$ ; фотоэлектрлік сары  $M_{\odot V} = +4^m.77$ ; фотоэлектрлік көк  $M_{\odot B} = +5^m.40$ ; болометриялық  $M_{\odot b} = +4^m.73$ . Бұл жұлдыздық шамаларды осы бөлімнің есептерін шешуде пайдалану керек.

$lg L = 0,4(M_{\odot} - M)$  формуласы бойынша есептелген жұлдыздың жарқырауы жұлдыз мен Күннің абсолютті жұлдыздық шамаларының пішініне сәйкес келеді.

Стефан-Больцман заңы

$$\varepsilon = \sigma T_e^4$$

бұрыштық диаметрлері белгілі жұлдыздар үшін ғана тиімді  $T_e$  температурасын анықтау үшін қолданылуы мүмкін. Егер  $E$  жұлдыздан немесе Күннен 1 с ішінде Жер атмосферасының шекарасының  $1 \text{ см}^2$  ауданына нормаль бойымен түсетін энергия мөлшері болса, онда бұрыштық диаметрі  $\Delta$  доғалық секундпен (") көрсетілген, онда температура

$$T_e = 642.3 \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \Delta^2}}$$

мұндағы  $\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12}$  кал/( $\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4$ ) =  $5,70 \cdot 10^{-5}$  эрг/( $\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4$ ) және  $lg \frac{E_1}{E_2} = 0.4(m_2 - m_1)$  формуласынан табылған  $E$  энергия мөлшерінің өлшем бірліктеріне байланысты таңдалады. Күн тұрақтысы  $E \sim 2$  кал/( $\text{см}^2 \cdot \text{мин}$ ) салыстыру арқылы жұлдыз мен Күннің болометриялық шамаларының айырмашылығынан болады.

Спектрлерінде энергияның таралуы белгілі Күн мен жұлдыздардың түс температурасын Вин заңы арқылы табуға болады:

$$T = K/\lambda_m,$$

мұндағы  $\lambda_m$  – максималды энергияға сәйкес толқын ұзындығы, ал  $K - \lambda$  бірліктеріне байланысты тұрақты шама.  $\lambda$  –ды см – мен өлшегенде  $K = 0,2898$  см · градус, ал  $\lambda$  –ді ангстремдерде (Å) өлшегенде  $K = 2898$  104 Å град болады.

Жеткілікті дәпжелі дәлдікпен жұлдыздардың түс температурасы олардың  $C$  және  $(B - V)$  түс индекстерінен есептеледі:

$$T = \frac{7200^0}{C + 0^m.65}$$

және

$$T = \frac{7920^0}{(B - V) + 0^m.72}$$

Жұлдыздардың  $M$  массалары әдетте күн массаларымен ( $M = 1$ ) өрнектеледі және Кеплердің үшінші жалпыланған заңына сәйкес тек физикалық қос жұлдыздар үшін (белгілі параллаксы  $\pi$  бар) сенімді түрде анықталады: қос жұлдыздың құрамдас бөліктерінің массаларының қосындысы:

$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{P^2}$$

мұндағы  $P$  – серік жұлдыздың негізгі жұлдыздың (немесе екі жұлдыздың да ортақ массалар центрінің айналасындағы) айналу периоды, жылдармен өрнектеледі, ал  $a$  – астрономиялық бірліктердегі ( $a.б.$ ) спутниктік жұлдыз орбитасының жартылай үлкен осі.

$a.б.$ -дағы  $a$  мәні доға секундтарындағы бақылаулардан алынған  $a''$  жартылай негізгі осінің бұрыштық мәні мен  $\pi$  параллаксынан есептеледі:

$$a = \frac{a''}{\pi}$$

Егер қос жұлдыздың құрамдас бөліктерінің ортақ масса центрінен  $a_1$  және  $a_2$  арақашықтығының қатынасы белгілі болса, онда теңдік

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

әрбір компоненттің массасын бөлек есептеуге мүмкіндік береді.

Жұлдыздардың сызықтық радиустары  $R$  әрқашан күн радиустарымен ( $R_{\odot} = 1$ ) және белгілі бұрыштық диаметрлері  $\Delta$  жұлдыздар үшін (доғалық секундтарда) көрсетіледі

$$R = 107.5 \frac{\Delta}{\pi}$$

және

$$\lg \Delta = 5,444 - 0,2m_b - 2 \lg T$$

Жұлдыздардың сызықтық радиустары да формулалар арқылы есептеледі:

$$\lg R = 8,473 - 0,20 M_b - 2 \lg T$$

$$\lg R = 0,82 C - 0,20 M_V + 0,51$$

және

$$\lg R = 0,72 (B - V) - 0,20 M_V + 0,51,$$

мұндағы  $T$  – жұлдыздың температурасы (қатаң айтқанда, тиімді температура, бірақ егер ол белгісіз болса, онда түс температурасы).

Жұлдыздардың көлемдері әрқашан Күннің көлемдерімен өрнектелетіндіктен, олар  $R^3$ -ке пропорционал, демек, жұлдыздық материяның орташа тығыздығы (жұлдыздың орташа тығыздығы):

$$\rho = \rho_{\odot} \frac{M}{R^3}$$

мұндағы  $\rho_{\odot}$  – күн затының орташа тығыздығы.

$\rho_{\odot} = 1$  үшін жұлдыздың орташа тығыздығы күн затының тығыздықтары бойынша алынады; егер  $г/см^3$  бойынша  $\rho$  есептеу қажет болса, онда  $\rho = 1,41 г/см^3$  алу керек.

Жұлдыздың немесе Күннің сәулелену қуаты

$$\varepsilon_0 = 4\pi R^2 \sigma T e^4 = 4\pi r^2 E$$

және сәулелену арқылы әрбір екінші массалық жоғалту Эйнштейн формуласымен анықталады

$$\Delta M = \frac{\varepsilon_0}{c^2}$$

мұндағы  $c = 3 \cdot 10^{10}$  см/с – жарық жылдамдығы,  $\Delta M$  секундына грамммен,  $\varepsilon_0$  секундына эрг-пен өрнектеледі.

### Мысал 1.

Вега (Лира) жұлдызының эффективті температурасы мен радиусын анықтаңыз, егер оның бұрыштық диаметрі  $0''.0035$  жылдық параллакс  $0''.123$  және болометриялық жарықтығы  $0^m.54$  – ке тең болса. Күннің болометриялық шамасы –  $26^m.84$ , күн тұрақтысы  $2 \text{ кал}/(\text{см}^2 \text{ мин})$  жуық.

*Берілгені:* Вега,  $\Delta = 3 \times 5 \cdot 10^{-3}$ ,  $\pi = 0''.123$ ,  $m_b = -0^m.54$ ; Күн,  $m_{\odot b} = -26^m.84$ ,  $E_{\odot} = 2 \text{ кал}/(2 \text{ см}^2 \cdot \text{мин}) = \frac{1}{30} \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$ ; тұрақты  $\sigma = 1,354 \times 10^{-12} \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4)$ .

*Шешуі.* Күн тұрақтысына ұқсас жер бетінің бірлігіне қалыпты түсетін жұлдыздың сәулеленуі  $\lg \frac{E_1}{E_2} = 0.4(m_2 - m_1)$  формуласы бойынша есептеледі:

$$\begin{aligned} \lg \frac{E}{E_{\odot}} &= 0,4 (m_{\odot b} - m_b) = 0,4 (-26^m.84 + 0^m.54) = -10,520 \\ &= -11 + 0,480, \end{aligned}$$

Осыдан

$$\frac{E}{E_{\odot}} = 3,02 \cdot 10^{-11},$$

немесе

$$E = 3,02 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1}{30} = 1,007 \cdot 10^{-12} \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}.$$

$T_e = 642.3 \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \Delta^2}}$  формуласына сәйкес жұлдыздың эффективті температурасы:

$$T_e = 642.3 \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \Delta^2}} = 642.3 \sqrt[4]{\frac{1,007 \cdot 10^{-12}}{1,354 \cdot 10^{-12} \cdot (3,5 \cdot 10^{-3})^2}} = 10100 \text{ K}$$

$R = 107.5 \frac{\Delta}{\pi}$  формуласы бойынша, Вега радиусы:

$$R = 107.5 \frac{\Delta}{\pi} = 107.5 \cdot \frac{3,5 \cdot 10^{-3}}{0,123} = 3.1$$

### Өз бетімен шығаруға арналған есептер:

1. Көрнекі жарықтығы мен жылдық параллаксы жақшада көрсетілген жұлдыздардың көрнекі жарқырауын есептеңіз:  $\alpha$  Бүркіт ( $0m.89$  және  $0''.198$ ),  $\alpha$  Кіші жұлдыз ( $2m.14$  және  $0''.005$ ) және  $\varepsilon$  Үнді ( $4m.73$ ) және  $0''.285$ ).

2. Визуалды жарықтығы, түс көрсеткіші және Күннен қашықтығы жақшада берілген жұлдыздардың фотографиялық жарқырауын табыңыз:  $\beta$  Егіздер ( $1m.21$ ,  $+1m.25$  және  $10.75$  пс);  $\eta$  Арыстан ( $3m.58$ ,  $+0m.00$  және  $500$  пс); Каптейннің жұлдызы ( $8m.85$ ,  $+1m.30$  және  $3.98$  пс), ал Күннің шамасы ( $-26m.78$ ).

3. Алдыңғы есептегі жұлдыздардың көру жарықтығы олардың фотографиялық жарқырауынан неше есе артық?

4. Капелланың (Арбаның) визуалдық жарқырауы  $0m.21$ , ал оның серігі  $10m.0$ . Бұл жұлдыздардың түс индекстері сәйкесінше  $+0m.82$  және  $+1m.63$ . Капелланың көрнекі және фотографиялық жарқырауы оның спутнигінің сәйкес жарықтығынан қанша есе артық екенін анықтаңыз.

5.  $\beta$  Үлкен Ит жұлдызының абсолютті көру шамасы  $-2m.28$ . Екі жұлдыздың визуалдық және фотографиялық жарқырауын табыңыз, олардың бірі (түс көрсеткіші  $+0m,29$ )  $120$  есе абсолютті жарқынырақ, ал екіншісі (түс көрсеткіші  $+0m,90$ )  $\beta$  Үлкен Ит жұлдызына қарағанда  $120$  есе абсолютті әлсіз.

### Жауаптары:

1. 9.3; 4610; 1: 7.6;

2. 16.8; 12940; 1: 520.

3. 3.16; 1; 3.31.

4. 8320 және 17400

5.  $\approx 80800$  және  $61800$ ; 5.61 және 2.45.

### Әдебиеттер:

1. Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии: Учебное пособие /Под ред. В.В. Иванова. Изд. 2-е, испр. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – 544 с. (Классический университетский учебник).

2. <http://spacescience.ru/content/view/441/>