

## Зертханалық жұмыс №14

### Еселік және айнымалы жұлдыздар

**Жұмыстың мақсаты:** әр түрлі сипаттағы екілік және еселік жүйелер мен айнымалы жұлдыздардың құрылымы, құрылысы және дамуы туралы идеяларды қалыптастыру; еселік және айнымалы жұлдыздардың сипаттамаларын анықтау мәселелерін шешу.

**Құралдар-жабдықтар:** астрономиялық күнтізбелер мен анықтамалықтар.

**Жұмысты орындау үшін алдын-ала білу керек мәліметтер:**

1. Астрономиялық күнтізбелерді
2. Жылдыздардың аталуы.
3. Жылдыздардың жарқырау спектрі

### Қысқаша теориялық мәліметтер

Әр жұлдыздың жалтырауы оның жарқырауына тікелей пропорционал және бақылаушыдан қашықтық квадратына кері пропорционал болғандықтан, онда екі жұлдыздың жарқырауының қатынасы мынаған тең болады:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{\pi_2^2}{\pi_1^2}.$$

Егер еселік жұлдыз болса, онда ондай жұлдыздың  $E$  қосынды жалтырауы еселік жұлдызды құрайтын (оның құрамдауыштарын) жұлдыздар жалтырауының сомасына тең:

$$E = E_1 + E_2 + \dots + E_n.$$

Бұл жағдайда жұлдыздың және оның құрамдауыштарының жалтырауын нөлдік шамадағы  $m = 0$  жұлдыздың  $E_0$  қосынды жалтырауымен салыстырады, сонда ерікті көрінетін  $m$  жұлдызды шамасы бар жұлдыз үшін:

$$\lg E = -0,4 \cdot m.$$

Екілік және еселік жүйелерде спутниктің негізгі жұлдызға қатысты орналасуы өлшенген  $\rho$  бұрыштық арақашықтықпен және оның  $\theta$  позициялық бұрышымен, яғни солтүстік полюске бағытталған  $\rho$  бағытты құрайтын бұрышпен сипатталады. Спутниктің километрмен көрсетілген орбитасының  $A$  жартылай үлкен осі келесідей анықталады:

$$a = \frac{\alpha}{\pi},$$

мұндағы,  $\alpha$  – доға секундтарында өрнектелген орбитаның үлкен жартылай осі,  $\pi$  – параллакс. Екілік жұлдыздың массаларының қосындысын  $m_1 m_2$ :

$$m_1 + m_2 = \frac{a^3}{P^2} + \frac{\alpha^3}{\pi^3 P^2};$$

Бұл формулада  $m_1$  және  $m_2$  Күн массасында өрнектелген, ал  $P$  – жылдарда айналу кезі. Осы жерден екілік жұлдыздың *динамикалық параллакс*ын анықтауға болады:

$$\pi = \frac{\alpha}{\sqrt[3]{P^2(m_1 + m_2)}}.$$

Тұтылатын айнымалы жұлдыздың  $V$  компоненттерінің орташа орбиталық жылдамдығын оның спектріндегі орташа позициясынан сызықтардың (толқын ұзындығымен) периодты ең үлкен ығысуынан табуға болады, өйткені бұл жағдайда қабылдауға болады:

$$V = V_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda},$$

мұндағы  $c$  – вакуумдағы жарық жылдамдығы. Компоненттер жылдамдығының және жұлдыздың  $P$  айнымалы кезеңінің (бұл компоненттің айналу кезеңіне тең) табылған мәндері бойынша олардың абсолютті орбиталарының  $a_1$  және  $a_2$  жартылай осьтері есептеледі:

$$a_1 = \frac{V_1}{2\pi} P \text{ және } a_2 = \frac{V_2}{2\pi} P,$$

ал осыдан кейін салыстырмалы орбитаның үлкен жартылай осі есептеледі:  $a = a_1 + a_2$  ( $a_1$  және  $a_2$  үшін формулаларда  $\pi = 3,14$ , параллакс емес).

### *1-есеп*

Егер төрт еселенген жұлдыздың бірінші компонентінің жұлдыздық шамасы  $m_1=+4,25$ , екінші компонент біріншісінен үш есе әлсіз, ал үшінші компонент екіншісінен екі есе әлсіз, ал төртінші компонент біріншісінен 2,37 жұлдыздық шамаға аз болатын болса, оның көрінетін  $m$  жұлдыздық шамасын анықтаңыз.

*Шешуі:* Жұлдыздың қосынды жылтырауы былай анықталады:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4.$$

Бірінші және екінші компоненттердің жұлдыздық шамасы берілгендіктен, еселік  $E$  жүйесінің жылтырауы  $E_1$  және  $E_4$  компоненттердің жылтырауы арқылы өрнектеледі. Сонда:

$$E = E_1 + \frac{E_1}{3} + \frac{E_1}{6} + E_4 = \frac{9}{6}E_1 + E_4.$$

$\lg E = -0,4 \cdot m$  формуласын қолдана отырып,  $E_1$  мен  $E_4$ -ті табуға болады:

$$\lg E_1 = -0,4 \cdot m_1 = -0,4 \cdot 4,25 \Rightarrow E_1 = 0,0200;$$

$$\lg E_4 = -0,4 \cdot m_4 = -0,4 \cdot 6,62 \Rightarrow E_4 = 0,0022;$$

Сонда:

$$E = \frac{9}{6} \cdot 0,0200 + 0,0022 = 0,0322;$$

$$\lg E = -0,4 \cdot m \Rightarrow m = -\frac{\lg E}{0,4} = \frac{\lg 0,0322}{0,4} = -\frac{-1,4921}{0,4} = +3,73.$$

Осылайша төрт еселік жұлдыздың көрінетін жұлдыздық шамасы +3,73-ке тең.

### 2-есеп

Персей шоқжұлдызындағы 1901 жылғы жаңа жұлдыз екі тәулік ішінде өзінің жылтырауын  $12^m$ -нан  $2^m$ -ге дейін ұлғайтты. Оның жарықтығы (ол түсіретін жарық) қанша есе өсті?

*Шешуі:* Тапсырманы шешу үшін Погсон формуласын қолдану керек:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = -0,4(m_1 - m_2) = -0,4(12 - 2) = 0,4 \cdot 10 = 4.$$

Яғни, жұлдыздың жарықтығы  $10^4$  есе ұлғайған.

### 3-есеп

Цефеиданың жылтырауының максимумында оның температурасы 9000 К-ға тең болса, ал минимумында температурасы 7000 К-ны құрайтын болса; бұл ретте көрінетін жұлдыздық шамасы  $2^m$ -ге өзгертін болса, оның радиусының өзгеруін анықтаңыз.

*Шешуі:*  $\lg \frac{E_1}{E_2} = -0,4(m_1 - m_2)$  Погсон формуласынан шығатыны  $\frac{E_1}{E_2} = 10^{0,8} = \frac{L_1}{L_2}$  (бір жұлдыз қарастырылып жатқандықтан, онда  $\frac{r_1^2}{r_2^2} = 1$ ).

Онда:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{S_1 T_1^4}{S_2 T_2^4} \Rightarrow \frac{L_1 T_2^4}{L_2 T_1^4} = \frac{S_1}{S_2} = \frac{R_1^2}{R_2^2} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{T_2^2}{T_1^2} \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \frac{9000^2}{7000^2} \cdot \sqrt{10^{0,8}} \approx$$

4,14.

#### 4-есеп

Жұлдыз спектрінде толқын ұзындығы  $\lambda = 4227\text{\AA}$  болатын кальций сызығы спектрдің көк соңына  $0,7\text{\AA}$ -ға жылжып кетті. Көру сәулесі бойынша жұлдыз қандай жылдамдықпен қозғалып келе жатқанын анықтаңыз.

*Шешуі:* Есептеу жүргізу үшін  $V = V_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$  формуласын қолдану қажет. Сандық мәндерді қойған кезінде мынаны аламыз:  
 $V_r = 3 \cdot 10^8 \frac{0,7}{4227} \approx 49,68 \text{ км/с.}$

#### Жұмыстың орындалу барысы:

*тапсырмаларды орындап, сұрақтарға жауап беріңіз.*

Егер Жаңа Бүркіт жұлдызы жарқылға дейінгі көрінетін жұлдыздық шамасы  $+10,5$  болса, ал жарқыл кезінде оның көрінетін жұлдыздық шамасы  $+1,0$  мәніне жетсе, оның көрінетін жарқылының күшеюі қанша есе болды?

1. Бүркіт шоқжұлдызындағы 1918 жылғы жаңа жұлдыз жылтырау максимумында  $M = -8^m,8$  абсолюттік мәнге ие болды. Мыналарды анықтаңыз: а) ол Күннен қанша есе жарық болды?; ә) егер оның көрінетін жұлдыздық шамасы  $m = -1^m,1$ -ге тең болса ол қандай қашықтықта болды? б) ол қандай қашықтықта толған Ай сияқты жарық көрінетін еді, толық Айдың көрінетін жылтырауы  $-12^m,5$ -ге тең.

2. Кастор екілік жұлдызы көрінетін жұлдыздық шамалары  $+2,0$  және  $+2,8$ -ге тең жұлдыздардан тұрады. Кастордың көрінетін жұлдыздық шамасын анықтаңыз.

3. Егер төрт еселенген жұлдыздың бірінші компонентінің жұлдыздық шамасы  $m_1=2,72$ , екінші компоненттікі  $m_2=3,12$ , үшінші компонент біріншісінен төрт есе әлсіз, ал төртінші компонент екіншісінен 5 есе әлсіз болса, оның жұлдыздық шамаларындағы қосынды көрінетін жылтырауын анықтаңыз.

4. Капелланың визуалды жылтырауы  $m = +0^m,21$ -ге, ал оның серігінікі  $m = \pm 10^m,0$ -ге тең. Аталған жұлдыздардың түс көрсеткіштері тиісінше  $+0^m,82$  және  $1^m,63$ -ке тең -ге тең. Капелланың визуалды және фотографиялық жарықтығы оның серігінің тиісті жарықтығынан қанша есе көп екенін анықтаңыз.

5. Егер бірінші жұлдызда жылтырау  $2^m,2$ -ден  $3^m,5$ -ке дейін, екінші жұлдызда  $3^m,3$ -тен  $14^m,2$ -ге дейінгі шектерде ауытқитын

болса, Персейдің  $\beta$  және Акқудың  $\chi$  жұлдыздарының визуалды жылтырауы қанша рет өзгеретінін анықтаңыз.

6. Капелла екілік жұлдызының массаларының сомасын анықтаңыз, олардың орбиталарының үлкен жартылай осі  $0,85$  а.б.-ке, ал олардың айналу кезеңі  $0,285$  жылға тең.

7. Жылтыраудың өзгеру амплитудасы  $1,5$  жұлдыздық шамаға тең екені, ал беттік бірліктің жарықтығы тұрақты болып қалатын болса, цефеиданың радиусы қанша рет өзгереді?

8. Егер Акқудың  $\chi$  жұлдызының максимумы  $20$  мамырда болған болса, онда келесі үш жылдағы оның максимумы қашан болды? Жұлдыздың жылтырауының өзгеру кезеңі  $405,6$  тәулікке тең.

9. Геркулестегі  $1934$  жылғы Жаңа спектрде қара сызықтар қалыпты жағдайға қатысты көк аяққа қарай жылжытылды. Толқын ұзындығы  $\lambda_0 = 4341 \text{ \AA}$  болатын  $H_\gamma$  сызығы  $10,1$  А-ға жылжып кетті. Жұлдыздың қабықшасының кеңею жылдамдығын анықтаңыз.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Гидраның  $\epsilon$  екілік жұлдызының айналу кезеңі  $15,3$  жыл, динамикалық параллаксы  $0'',020$  және орбитаның үлкен жартылай осінің бұрыштық өлшемдері  $0'',23$  екені белгілі. Жартылай осьтің сызықтық өлшемдерін және компоненттердің массаларының қосындысын анықтаңыз.

2.  $\alpha = 2'',87$  және  $T = 317,5$  жыл болатын  $\beta$   $7642$  екілік жұлдыздың динамикалық параллаксын есептеңіз. Алынған мәнді  $0'',088$ -ге тең тригонометриялық параллакстың мәнімен салыстырыңыз және айырмашылықтарды түсіндіріңіз.

3. Жылтырауы  $3,953$  тәулікте өзгертін тұтылатын айнымалы жұлдыздың спектрінде орташа орналасуына қатысты сызықтар толқынның қалыпты ұзындығынан мезгіл-мезгіл қарама-қарсы бағытта  $1,9 \cdot 10^{-4}$  және  $2,9 \cdot 10^{-4}$  шамасына ауысады. Осы жұлдыздың құрамдас бөліктерінің массасын есептеңіз.

4. Жылтыраудың минимумында Цефейдің  $\delta$  визуальды жұлдыздық мәні  $+4^m,3$ -ге, ал Үшбұрыштың  $R$  жұлдызында ол  $+12^m,6$ -ді құрайды. Егер жылтырау оларда тиісінше  $2,1$  және  $760$  есе өсетін болса, осы жұлдыздардың жарқырау максимумындағы жылтырауын анықтаңыз.

5. Диаметрі 76 см объективі бар үлкен рефракторға диск ретінде көрінетін екілік жұлдыздың компоненттері арасындағы ең үлкен қашықтық қандай ?

6. Кит әлемінің айнымалы жұлдызы максималды жылтырауда 2,5 шамаға, ал минимумда 9,2 шамаға жетеді. Оның минимумға қарағанда максимумда қанша есе жарқын екенін анықтаңыз.

7. Алгольдің ең төменгі минимумдарының бірі 3 қаңтардағч дүниежүзілік уақыттың  $13^{\text{сағ}}55^{\text{минутына}}$  сәйкес келді. Егер тұтылатын айнымалы жұлдыздың жалтырауының өзгеру кезеңі 2,8673 тәулікке тең екені белгілі болса, ағымдағы жыл мен айдағы ең жақын минимум сәтін есептеңіз.

8. Егер олардың жылтырауы 0,93:0,07 қатынасында болса және олардың радиустары Күн радиусының 0,21 және 0,24 құрайтын болса, Алголь екілік жұлдызының құрамдас бөліктерінің беттік жарықтығының қатынасын анықтаңыз.

9. 1975 жылы табылған Жаңа аққу жылтыры  $+21^{\text{m}}$ -ге жақын болып, максимумда  $+1^{\text{m}},9$ -ға дейін ұлғайды. Егер жаңа жұлдыздардың орташа абсолютті шамасы максималды жылтырауда шамамен  $-8^{\text{m}}$ -ге болады деп есептесек, онда бұл жұлдыз жарқылға дейін және максималды жалтырауда қандай жарқырауға ие болды және бұл жұлдыз Күннен қандай қашықтықта орналасқан?

10. 1918 жылғы Жаңа Бүркіт спектріндегі  $H_{\beta}=4861\text{Å}$  және  $H_{\gamma}=4340\text{Å}$  эмиссиялық сутегі сызықтары күлгін ұшқа  $39,8\text{Å}$  және  $35,6\text{Å}$ -ға жылжытылды, ал 1975 жылғы Жаңа Аққу спектрінде  $40,5\text{Å}$  және  $36,2\text{Å}$ -ға жылжытылды. Осы жұлдыздар шығарған газ қабықшаларының кеңею жылдамдығының мәндерін анықтаңыз.

### Әдебиеттер:

1. Телегина О.С. Астрономия. / Учебно-методическое пособие для практикума. – Костанай: КГПУ им. У. Султангазина, 2018. – 148с.

2. 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).