

## Зертханалық жұмыс №13

### Күн мен жұлдыздардың физикалық табиғаты

**Жұмыстың мақсаты:** Погсон формуласын қолдануға және жұлдыздарға дейінгі қашықтықты анықтау. Күннің және басқа жұлдыздардың сипаттамаларын салыстыру.

**Құралдар-жабдықтар:** астрономиялық күнтізбелер мен анықтамалықтар, жұлдызды атлас.

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

1. Жұлдыздық шама
2. Жұлдыздық шамалардың фото-визуалды шкаласы.

### Қысқаша теориялық мәліметтер

*Жұлдыздық шама* - бақылаушының жанында аспан объектісі тудыратын *жарықтандыруды* сипаттайтын өлшемсіз физикалық шама. Оның мәні субъективті түрде *жалтырау* (нүктелік объектілерде) немесе *жарықтық* (қашықтарда) ретінде қабылданады. Бұл жағдайда бір көздің жалтырауы оны эталон ретінде қабылданған екіншісінің жалтырауымен салыстыру арқылы көрсетіледі. Мұндай стандарттар әдетте арнайы таңдалған айнымалы емес жұлдыздар болып табылады. Жұлдыздық шама бастапқыда оптикалық жұлдыздардың көрінетін жалтырауының көрсеткіші ретінде енгізілді, бірақ кейінірек басқа сәулелену диапазондарына таралды: инфрақызыл, ультракүлгін.

*Абсолютті жұлдыздық шама* – 70 пк қашықтықтан жарқырайтын шырақтың жұлдыздық шамасы; объектінің жарқырауымен анықталады. Күннің болометрлік абсолютті жұлдыздық шамасы  $M_{\odot} = +4,7$ .

Спектрдің барлық диапазондарында жинақталған сәулелену ағыны *болометрлік шаманы береді* ( $m_b$  немесе  $m_{bol}$ ) және объектінің *жарқырауын* есептеуге (егер жарық көзіне дейінгі қашықтық және жұлдызаралық сіңіру дәрежесі белгілі болса) мүмкіндік береді.

*Көрінетін жұлдыздық шама* ( $m$ ; оны көбіне жай «жұлдыздық шама» деп атайды) бақылаушының жанындағы сәулелену ағынын, яғни аспан көзінің байқалатын жарықтығын көрсетеді, ол объектінің нақты сәулелену қуатына ғана емес, сонымен бірге оған дейінгі қашықтыққа да байланысты.

Көзбен бақылау кезінде (құралсыз көзбен немесе телескоп арқылы) *визуалды жұлдыздық шама* ( $m_V$ ) өлшенеді.

Қосымша жарық сүзгілерінсіз алынған кәдімгі фотопластинкадағы жұлдыздың бейнесі бойынша *фотографиялық жұлдыздық шама* ( $m_{pg}$ ) өлшенеді.

Фотоэмульсия көк сәулелерге сезімтал және қызылға сезімтал емес болғандықтан, фотопластинкада көк жұлдыздар ашығырақ (көзбен қарағанда) көрінеді. Алайда, фотопластинканың көмегімен ортохроматикалық эмульсия мен сары жарық сүзгісін қолдана отырып, *жұлдыздық шамалардың фото-визуалды шкаласы* ( $m_{pV}$ ) алынады.

*Фотометрлік жүйе* – жұлдыздардың фотометриясына ыңғайлы спектрлік диапазондар жиынтығы. Ол жарық сүзгілері мен фотоэмульсияларды (немесе басқа сәулелену қабылдағыштарын) таңдау арқылы жүзеге асырылады. Ол жұлдыздар каталогы-стандарттар түрінде бекітіледі. Жұлдыздарды жаппай бақылау кезінде немесе кішігірім телескоптарды пайдалану кезінде дұрыс дамыған фотометриялық жүйеде жұлдыздардың жарықтығын өлшеу көптеген жағдайларда жұлдыз спектрлерін көп уақытты қажет ететін зерттеуді алмастырады.

*Кең жолақты, орташа жолақты және тар жолақты* фотометрлік жүйелер бар. Кең жолақтыларға ені шамамен 100 нм болатын диапазонды *UBV* жүйе жатқызылады: ультракүлгін *U* (350 нм-де орталықтандырылған), көк *B* (435 нм) және сары *V* (555 нм); бұл ең ескі және ең атақты 3-жолақты (3-түсті деп айтады) жүйе. Кейіннен ол қызыл *R* (700 нм) және инфрақызыл *I* (0,9 мкм) диапазондармен толықтырылды; осылайша 5-түсті жүйе алынды. Содан соң атмосфераның «ашықтық терезелеріне» бағдарланған инфрақызыл диапазондар енгізілді. Оларға арналған қатаң стандарт жоқ. Әр түрлі обсерваторияларда 1-ден 45 мкм-ге дейінгі диапазонда біршама ерекшеленетін жолақтар жүйесі қолданылады (олар бірдей *J*-дан бастап *Z*-ке дейінгі әріптермен белгіленеді). Қазіргі кездегі ең атақтысы 12-түсті жүйе, жолақтардың ені 0,2 бастап 5,8 мкм-ге дейін болатын инфрақызыл жолақтарды қамтиды (Вайоминг обсерваториясы жүйесінде): *J* (1,2 мкм), *H* (1,6 мкм), *K* (2,2 мкм), *L* (3,6 мкм), *M* (4,9 мкм), *N* (10,0 мкм), *Q* (19,5 мкм).

Орташа жолақты жүйенің мысалы ретінде 4 түсті Б. Стремгрен жүйесі келтірілген: *u* (350 нм), *b* (411 нм), *v* (467 нм), *y* (547 нм), оның жолақтарының ені: 20÷30 нм. Ең дамыған орташа жолақты

жүйе жұлдыздардың екі өлшемді спектрлік классификациясына арналған Вильнюстік 7-түсті жүйе болып саналады. Ондаған тар жолақты және аралас фотометриялық жүйелер де әзірленді.

*Жұлдыздық шамалардың шкаласы* – әр түрлі объектілерден немесе олардың белгілі бір бөліктерінен жарықтандыруды (сәулелену ағындарын) салыстыру үшін қолданылатын логарифмдік шкала. Логарифмнің негізіне ондық логарифмі дәл 0,4-ке тең 2,512... саны алынған. Дәреже сатысы «1 жұлдыздық шама» болып табылады; 1<sup>m</sup>-мен белгіленеді. 1<sup>m</sup>-ге өсу жарықтылықтың  $10^{0,4}=2,512 \dots$  есе азаюына сәйкес келеді. Есепке алудың басталуы (нөл – жұлдыздық шама шкаласының пункті) *стандарттар* деп аталатын арнайы таңдалған жұлдыздар бойынша орнатылады.

*Погсон формуласын қолдануға және жұлдыздарға дейінгі қашықтықты анықтау.*  $E$  шырағының жарқылы оның көрінетін жұлдыздық  $m$  шамасымен сипатталады. Бір шырақтың анықтау әдісіне байланысты әртүрлі көрінетін жұлдыздық шама болуы мүмкін: визуалды  $m_V$ , фотографиялық  $m_{pg}$ , фотовизуалды  $m_{pg}$ , фотоэлектрлік жұлдыздық шамалар  $V$  (сары),  $B$  (көк),  $U$  (ультракүлгін), болометрлік  $m_b$  және т.б.

Екі шырақтың  $E_1$  және  $E_2$  жарқылдарының қатынасы олардың көрінетін жұлдыздық шамалары  $m_1$  және  $m_2$ -мен Погсон формуласы арқылы байланысты:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4 (m_2 - m_1), \text{ немесе } \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)}$$

Айырмашылық

$$C = m_{pg} - m_V = m_{pg} - m_{pv}$$

кәдімгі түс көрсеткіші деп аталады,  $(B - V)$  айырмашылығы – *негізгі түс көрсеткіші*, ал  $(U - V)$  айырмашылығы – *ультракүлгін түс көрсеткіші* деп аталады, десе де көбіне оны айтқан кезде  $(U - B)$  айырмашылығы да түсініледі.

Парсекада өрнектелген жұлдызға дейінгі  $r$  қашықтық және доға бұрыштарында өлшенген оның жылдық параллакс  $\pi$  мына қатынаспен байланысты:

$$r = \frac{1}{\pi}$$

Бізден 10 парсек қашықтықта орналасқан жұлдыз ие болуы мүмкін жұлдыздық шама жұлдыздың *M абсолюттік жұлдыздық шамасы* деп аталады.

1 парсек (*пк*) қашықтық бірлігі = 3,26 жарық жылы (*ж.ж.*) = 206265 астрономиялық бірлік (*а.б.*). 10 *пк* қашықтықта жұлдыздың параллакс  $\pi = 0",1$ .

Параллакс, көрінетін және абсолютті жұлдыздық шама бірі бірімен мына қатынаста байланысады:

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi", \text{ немесе } M = m + 5 - 5 \lg r.$$

Күннің абсолюттік жұлдыздық шамасы  $M_{\odot} = +4,88$ .

*L* жұлдызының жарқырауы деп жұлдыздың шындығында Күннен қанша есе жарық екенін көрсететін шама аталады. Ол үшін жұлдыздың  $E_*$  жалпы жарқырауын және Күннің  $E$  жарқырауын олардың тиісінше абсолютті жұлдыздық шамалары  $M$  және  $M_{\odot}$  бойынша салыстырады:

$$L = \frac{E_*}{E}, \text{ немесе } \lg L = 0,4 (M_{\odot} - M).$$

Жұлдыздың  $\mu$  меншікті қозғалысы деп жұлдыздың оның Күнге қатысты кеңістіктегі қозғалысынан туындаған аспан сферасы арқылы бір жыл ішінде көрінетін бұрыштық қозғалысы, яғни  $\mu$  - бір жыл ішінде Күнге қатысты жұлдыздың кеңістіктегі қозғалысының аспан сферасына проекциясы аталады.

Жұлдыздың тангенциальді жылдамдығы  $V_t$  - бұл көру сәулесіне перпендикуляр; ол мына формуламен өрнектеледі:

$$V_t = 4.74 \frac{\mu}{\pi} \text{ (км/с)}$$

Кеңістіктегі жұлдыздың толық жылдамдығы мына формуламен анықталады:

$$V = \sqrt{V_t^2 + V_r^2},$$

мұндағы,  $V_r$  - сәулелік жылдамдық. Егер  $V$  жылдамдығы бізден жұлдызға дейінгі бағытпен кеңістікте  $\vartheta$  бұрышын құрайтын болса, онда:  $V_r = V \cdot \cos \vartheta$  және  $V_t = V \cdot \sin \vartheta$ .

Жұлдыздардың сызықтық радиустары әрдайым Күн радиусымен өрнектеледі ( $R_{\odot} = 1$ ) және белгілі бұрыштық  $\Delta$  диаметрлері бар жұлдыздар үшін (доға секундтарында) былай анықталады:

$$R = 107,5 \frac{\Delta}{\pi},$$

бұл ретте  $\lg \Delta = 5,444 - 0,2m_b - 2 \lg T$ , мұнда  $T$  - жұлдыздың температурасы (қатаң айтқанда, тиімді, бірақ егер ол белгісіз болса, онда түсті),  $m_b = m_v + b$  ( $b$  - жұлдыздың спектрлік класы мен

жарқырау класына байланысты болометрлік түзету). Жұлдыздардың көлемі де Күн көлемдерінде өрнектелетіндіктен, жұлдыздық заттың орташа тығыздығы (жұлдыздың орташа тығыздығы) былай анықталады:

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

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

Стефан-Больцман заңы (бірінші жуықтауда жұлдыздар мүлдем кара дене ретінде сәуле шығарады деп санауға болады) тек бұрыштық диаметрлері белгілі жұлдыздардың тиімді температурасын анықтауға қолданылады. Егер – жұлдыздан (немесе күннен) бір секундта жер атмосферасының шекарасының  $1 \text{ см}^2$  алаңына нормаль бойынша түсетін  $E$  энергия мөлшері болса, онда доғаның секундтарымен көрсетілген бұрыштық диаметрде тиімді температура болады:

$$T_e = 642,3 \cdot \sqrt[4]{\frac{E}{\sigma \cdot \Delta^2}},$$

мұндағы Стефан-Больцман тұрақтысының мәні Погсон формуласы бойынша күн тұрақтысымен салыстыру арқылы жұлдыз бен Күннің болометрлік шамаларының айырмашылығымен анықталатын энергия мөлшерінің өлшем бірліктеріне байланысты таңдалады (ол шамамен  $2 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ ). Сондай-ақ тиімді температураны Стефан-Больцман заңын қолдану арқылы анықтауға болады:

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{L}{\sigma \cdot 4 \cdot \pi \cdot R^2}},$$

мұндағы,  $R$  – жұлдыздың радиусы.

Жұлдыздардың іргелі параметрлерінің мәндері, әдетте, сәйкес шамалардың күн мәндерінің бірліктерінде көрсетіледі; сондықтан келесі қатынас орын алады:

$$L_*/L_{\odot} = R_*^2/R_{\odot}^2 = T_{*e}^4/T_{\odot}^4$$

Олардың спектрлерінде энергияның таралуы белгілі болатын Күннің және жұлдыздардың түстік температурасы Вин заңы бойынша табылуы мүмкін, онда тұрақтының мәні толқын ұзындығының өлшем бірліктерін таңдауға байланысты болады.

Планеталар мен олардың спутниктері шағылған шашыраған күн жарығын шығарады, сондықтан толық фаза кезінде олардың жарқылы мына формула бойынша анықталады:

$$E = kA \frac{d^2}{r^2 \rho^2},$$

мұндағы  $k$  – Күнмен жарықтандыруды және өлшем бірлігі жүйесін есепке алатын коэффициент,  $A$  – сфералық альбедро,  $d$  – сызықтық диаметр,  $r$  – гелиоцентрлік қашықтық;  $\rho$  – бақылаушыдан қашықтық; барлық қашықтықтар не километрде не астрономиялық бірліктерде өрнектеледі.

### Есептерді шығару мысалдары

#### 1-есеп

Егер жұлдыздардың көрінетін жұлдыздық шамалары тиісінше  $m_1 = +1,36$  және  $m_2 = +1,36$ , ал екінші жұлдыз біріншісінен 50 есе алыста орналасқан болса, бірінші жұлдыздың көрінетін жылтырлығы екінші жұлдыздың көрінетін жылтырлығынан неше есе көп және шын мәнінде бір жұлдыз екіншісінен неше есе жарқын?

*Шешуі:* Жарқылдың көрінетін қатынасы мына формуламен анықталады:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_1 - m_2) = 0,4(2,73 - 1,36) = 0,4 \cdot 1,37 = 0,548.$$

Логарифмдер кестелері немесе калькулятор көмегімен жарқылдың көрінетін қатынасы  $\frac{E_1}{E_2} = 3,53$ -ке тең болады, яғни бірінші жұлдыз екіншісімен салыстырғанда 3,5 есе жарық болып көрінеді.

Жұлдыздардың нақты жарықтық қатынасын салыстыру үшін оларды бізден бірдей қашықтықта орналастыру керек. Жарқыл қашықтық квадратына кері пропорционал болғандықтан, бірінші жұлдызды екінші жұлдыздың қашықтығына, яғни 50  $r$  қашықтыққа орналастырсақ, оның жарқылы 2500 есеге әлсірейді:

$$\frac{E_1}{E_2'} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \left( \frac{50 \cdot r}{r} \right)^2 = 50^2 = 2500.$$

Сонда жұлдыздардың жарықтылығының нақты қатынасы мынадай болады:

$$\frac{E_2}{E_1'} = \frac{E_2}{E_1} \cdot \frac{E_1}{E_1'};$$

ал,  $\frac{E_1}{E_2} = 3,53$  болса, онда  $\frac{E_2}{E_1'} = \frac{1}{3,53}$ , онда  $\frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{3,53} \cdot 2500 = 708$ .

Яғни шын мәнінде екінші жұлдыз біріншіден 708 есе жарқын.

### 2-есеп

Егер Процион жұлдызының (Кіші ит  $\alpha$ ) визуальды жалтырауы  $m = +0,14$  және оның параллаксы  $\pi'' = 0'',123$ , ал Сукұйғыштың  $\beta$  жұлдыздың визуальды жалтырауы  $m = 3,07$  және параллаксы  $\pi'' = 0'',003$ . Осы екі жұлдыздың жалтырауы мен жарқырауының қатынасын табыңыз.

*Шешуі:*  $lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_1 - m_2)$  формуласы бойынша екі жұлдыздың жалтырауының қатынасы табылады:

$$lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(3,07 - 0,14) = 1,172 \Rightarrow \frac{E_1}{E_2} = 14,86.$$

$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{\pi_2^2}{\pi_1^2}$  өрнегіне сәйкес осы жұлдыздардың жарқырауының қатынасы анықталады:

$$\frac{L_1}{L_2} = 14,86 \left( \frac{0'',003}{0'',123} \right)^2 = \frac{14,86}{1681} = 113,1.$$

Тиісінше, Вега жұлдызы бізге Сукұйғыштың  $\beta$  жұлдызынан 14,86 есе жарығырақ болып көрінеді, ал шындығында Сукұйғыштың  $\beta$  жұлдызы Вегадан 113 есе жарық.

### 3-есеп:

Мыналарды анықтаңыз: 1) егер Арктурдың жарқырауы (Күн жарқырауында) 210-ға, ал оның бетінің температурасы 4600 K-ға тең болса, Арктур Күннен қанша есе үлкен?; 2) Егер Сириус В-ның жарқырауы Күннің жарқырауының 0,026 құрайтын болса, ал бетінің температурасы 25200 K-ға тең болса, Күн ақ ергежейлі Сириус В-дан қанша есе үлкен?

*Шешуі:* Күннің және Арктурдың жарқырауы тиісінше мынаған тең:  $L_{\odot} = \sigma \cdot T_{\odot}^4 \cdot S_{\odot}$  және  $L_A = \sigma \cdot T_A^4 \cdot S_A$ ; онда,  $L_A = 210L_{\odot} \Rightarrow \sigma \cdot T_A^4 \cdot S_A = 210\sigma \cdot T_{\odot}^4 \cdot S_{\odot}$ . Жұлдыздардың беттерін олардың радиустары арқылы өрнектеп, Арктурдың радиусының Күн радиусына қатынасын алуға болады. Сандық мәндерді қою Арктур Күннен 25 есе үлкен деген жауап береді.

Жауабы: тармаққа ұқсас жүргізіледі. Ақ ергежейлі Сириус В Күннен 109 есе кіші.

### Жұмыстың орындалу барысы:

1. Егер көздің ажыратымдылығы 1' болса және Күнге дейінгі қашықтық 1 *а.б.* болса, онда жай көзбен көру мүмкін болатын Күн дағының ең кіші сызықтық диаметрі қандай болуы керек (ысталған әйнек арқылы бақылаулар кезінде)? Оның сызықтық диаметрі Жердің диаметріне тең болуы үшін (Жердің радиусы 6371 км деп алынсын) күн дағының бұрыштық диаметрі қандай болуы тиіс?

2. Күн тұрақтысы  $1,94 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$  деп санап және жер атмосферасы жылуды жұтпайды деп болжай отырып, Қанша уақыт ішінде күннің мөлдір сәулелері қалыңдығы 1 см болған кезде Жерді жабатын мұз қабатын ерітуі мүмкін?

3. Марстан Күнгі дейінгі қашықтық 1,52 *а.б.* тең болғанда Марс үшін Күн тұрақтысының шамасын жер үшін күн константасының белгілі мәні бойынша анықтаңыз.

4. Сәулелену процесінде Күн секунд сайын өзінң массасының 4,1 млн. тоннасын жоғалтатыны белгілі.  $E = mc^2$  қатынасын қолдана отырып, Күн бір секундта шығаратын энергия мөлшерін (джоульде өлшенетін) табыңыз.

5. Сириус (Сириус В) спутнигінің диаметрі Күн диаметрінен 30 есе аз, ал оның массасы Күн массасының 0,9-ын құрайды. Егер Күн затының орташа тығыздығы  $1400 \text{ кг}/\text{м}^3$  болатын болса, Сириустың спутнигі затының орташа тығыздығын табыңыз.

6. Анықтаңыз: а) бұл жұлдыздың орташа зат тығыздығы  $1,12 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$  және оның радиусы Күн радиусынан 350 есе көп екенін біле отырып, қызыл супергиганттың – Бетельгейзе жұлдызының (Орионның  $\alpha$ ) массасын; ә) егер оны диаметрі 2,5 м болатын телескоппен жинайтын болсақ, осы жұлдыздан Жер жылына қанша жылу алады? Бетельгейзе Жерге минутына  $7,7 \cdot 10^{11} \text{ кал}/\text{см}^2$ -қа тең жылу мөлшері жіберетіні белгілі.

7. Беткі температурасы Күнмен бірдей, ал жұлдыздың радиусы күннен 10 есе үлкен жұлдыздың жарықтығын анықтаңыз.

8. Екі жұлдыздың беткі температурасы бірдей. Егер олардың біреуінің жарықтығы екіншісінің жарықтығынан 144 есе көп болса, осы жұлдыздардың радиустарының қатынасын анықтаңыз.

9. Күн мен Айдың көрінетін жұлдыздық шамалары (толық айда) тиісінше -26,8 және -12,7-ге тең. Күннің көрінетін жылтырауы Айдың көрінетін жылтырауынан қанша есе көп?

10. Олардың көрінетін жұлдыздық шамалары сәйкесінше +1,33 және +0,14 және Денебке дейінгі қашықтық Вегаға қарағанда 24 есе көп болса, Денеб жұлдызының көрінетін жылтырауы Вега

жұлдызының көрінетін жылтырауынан неше есе аз және Денеб Вегаға қарағанда неше есе жарқырайды?

11. Егер Веганың көрінетін жұлдыздық шамасы  $m = +0,14$ , ал жылдық параллаксы  $\pi = 0",121$ -ге тең болса оның жарқырауын анықтаңыз. Күннің абсолютті жұлдыздық мәні  $M_{\odot} = +4,88$ .

12. Егер Арктур және Денеб жұлдыздарының параллаксы тиісінше  $\pi_1 = 0",085$  және  $\pi_2 = 0",005$  болса, Арктур жұлдызы Денеб жұлдызына қанша есе жақын.

13. Егер Күн, Ригель (визуальды жалтырауы  $+0^m,34$ , параллаксы  $0",003$ -ке тең), Толиман (визуальды жалтырауы  $+0^m,12$ , параллаксы  $0",751$ -ге тең) және оның спутнигі Проксима (визуальды жалтырауы  $+10^m,68$ , параллаксы  $0",762$ -ге тең) Жерден бірдей қашықтықта орналасатын болса, онда ол күнмен салыстырғанда осы жұлдыздардан жарықтық қандай мөлшерін алушы еді?

14. Спика спектріндегі энергияның максимумы ұзындығы  $1450\text{Å}$  электромагниттік толқынға, Капелла спектрінде  $4830\text{Å}$ , ал Поллукс спектрінде  $6580\text{Å}$  ұзындықтағы электромагниттік толқынға сәйкес келеді. Бұл жұлдыздардың түс температурасын анықтаңыз.

15. Күн тұрақтысы ұдайы  $1,93$ -тен  $2,00$   $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$  шегінде ауытқиды. Егер Күннің көрінетін диаметрі  $32'$ -қа тең болатын болса, оның тиімді температурасы қаншалықты өзгереді? Стефан-Больцман температурасы  $\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12} \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}^4)$  деп алынсын.

### **Бақылау сұрақтары:**

1. Марстың орташа қарсыласу дәуірінде оның серіктері Жерден жұлдыз тәрізді объекті түрінде көрінеді:  $+11^m,6$  (Фобос) және  $+12^m,8$  (Деймос). Марстың үлкен қарсыласу дәуіріндегі спутниктердің жарқырауын анықтаңыз. Марстың орташа гелиоцентрлік қашықтығы  $1524$  *а.б.*, ал орбитасының эксцентриситеті  $e = 0,0934$  - ге тең.

2. Саны  $26700$ -ге жақын сегізінші жұлдыздық шамадағы барлық жұлдыздар шығаратын жарықты нөлдік көрінетін қанша жұлдыздар алмастыра алады?

3. Мыналарды анықтаңыз: а) Жердегі толық ай ( $-12^m,7$ ) және бірінші тоқсан фазасында ( $-9^m,2$ ) Айдың тудыратын жарықтандыруларының қатынасы; ә) Егер Сириустың көрінетін жұлдыздық шамасы  $1^m,58$  болатын болса, Жер Күннен аспанның ең

жарқын жұлдыздарының бірі Сириуспен салыстырғанда қаншалықты көп жарық алады?

4. Егер Антарестің (Сарышаянның  $\alpha$ ) температурасы  $3600\text{ K}$ -ға, ал абсолюттік жұлдыздық шамасы  $1^m,58$  тең болатын болса, оның радиусын Күн радиусының бірліктерінде анықтаңыз?

5. Меркурий, Марс және Плутон планеталарынан Күннің бұрыштық диаметрін және көрінетін визуалды шамасын есептеңіз және Жердің жарықтандырылуымен салыстырғанда сол планеталардың Күнмен жарықтандырылуын анықтаңыз. Аталған планеталардың гелиоцентрлік қашықтықтары сәйкесінше  $0,387\text{ а.б.}$ ,  $1,524\text{ а.б.}$  және  $39,5\text{ а.б.}$ -ке тең. Жерден Күннің орташа көрінетін диаметрі  $32'$ -қа тең.

6. Келесі жұлдыздардың тиімді температурасын олардың өлшенген бұрыштық диаметрі (бұрыштық секундтарда) және олардан Жерге түсетін сәулелену арқылы анықтаңыз: а) Регул ( $0'',0014$ ;  $3,23 \cdot 10^{-11}\text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ ); ә) Альтаир ( $0'',0030$ ;  $2,13 \cdot 10^{-11}\text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ ); б) Бетельгейзе ( $0'',0046$ ;  $7,70 \cdot 10^{-11}\text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ ).

7. Жұлдыздардың радиустары мен көлемін олардың бұрыштық диаметрімен және жақшада көрсетілген параллакс арқылы анықтаңыз:

а) Вега ( $0'',0035$ ;  $0'',123$ ); ә) Альтаир ( $0'',0030$ ;  $0'',198$ ); в) Ригель ( $0'',0027$ ;  $0'',003$ ); г) Альдебаран ( $0'',0200$ ;  $0'',048$ ).

8. Егер Орионның  $\varepsilon$  жұлдызы жататын  $B0\text{Ia}$  спектрлік сыныбының жұлдыздары үшін болометрлік түзетудің жуықталған мәнін анықтаңыз, Орионның  $\varepsilon$  жұлдызының бұрыштық диаметрі  $0'',0007$ -ге, ал көрінетін жұлдыздық шамасы  $+1^m,75$ -ге тең; оның спектріндегі энергияның энергиясы  $1094\text{ \AA}$  толқын ұзындығына сәйкес келеді.

9. Плутондағы күн жарығының қарқындылығы Жердегі оның жарығының қарқындылығына қарағанда  $1600$  есе әлсізрек екенін және Жердегі Ай жарығының қарқындылығы (толық ай кезінде) Күннің жарығының қарқындылығына қарағанда  $440\,000$  есе әлсізрек екенін біле отырып, Плутондағы Күн жарығының және Жердегі Ай жарығының қардылықтарының қатынасын анықтаңыз.

10. Фобос (диаметрі  $d = 15\text{ км}$ ) Марстың ортасынан планетаның  $2,8$  радиусында орналасқан. Марстың диаметрін және оның Күннен қашықтығын, сондай-ақ Айдың диаметрін біле отырып, егер Ай мен Фобос беттерінің шағылысу қабілеттері бірдей болса, Марста

Фобостың «толық ай» кезінде берген жарығы Айдың толық ай кезінде жерде беретін жарықтан қанша есе әлсіз екенін анықтаңыз.

11. Жердің Күннен қашықтығында оның сәулелеріне перпендикуляр  $1 \text{ см}^2$  бетке минутына 1,99 кіші калория түсетінін біле тұрып, Күннен Меркурийге дейінгі қашықтықпен бірдей қашықтықта орналасқан абсолютті қара шардың температурасын есептеңіз.

12.  $8 \cdot 10^{-5} \text{ лк}$  жарықтылық беретін Шолпанның ең аз жылтырлауы сияқты жарықтылық тудыру үшін халықаралық шырақты қандай қашықтықта орнату қажет?

13. Айдың диаметрі Жердің диаметрімен салыстырғанда 3,67 есе аз; Жердің сфералық альбедосы 0,39-ға, ал Айдың альбедосы – 0,07-ге тең. Күннен жасалған бақылаулар бойынша Жер мен Күн қалай көрінеді? Айдың геоцентрлік қашықтығын 384 400 км-ге тең деп алыңыз.

14. Қандай да бір планетада жылулық жағдайлар жерге ұқсас, алайда осы планета айналасында айналатын жұлдыздың бұрыштық диаметрі жер аспанындағы Күннің бұрыштық диаметрі екі есе аз делік. Осы жұлдыздың тиімді температурасын анықтаңыз.

15. Массасы күннің массасының жартысына тең және беттік температурасы күннің беттік температурасынан екі есе үлген ақ ергежейлінің абсолюттік жұлдыздық шамасы  $M = +12^m$ -ге тең. Осы ақ ергежейлі затының тығыздығын бағалаңыз.

### **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).