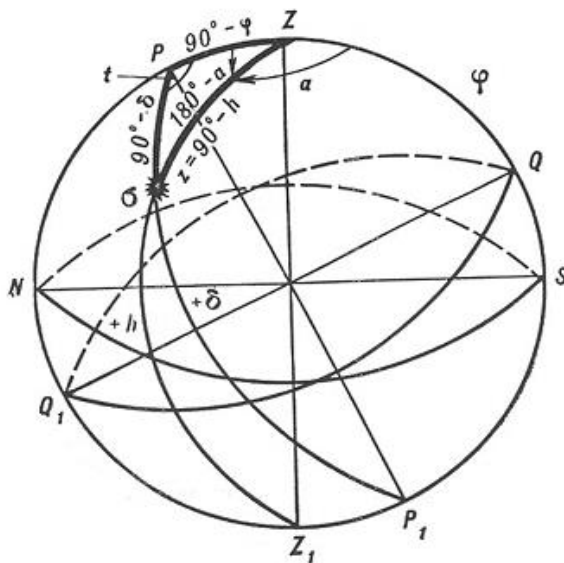


Практикалық жұмыс №5

Аспан координаталарын түрлендіру және уақытты санау жүйелері. Шырақтардың шығуы мен батуы

Горизонттық және экваторлық аспан координаттарының арасындағы байланыс PZM параллактикалық үшбұрыш арқылы жүзеге асырылады (1-сурет), оның төбелері аспан полюсі P , зенит Z және шырақ M , ал аспан меридиан қабырғалары PZ доғасы, ZM доғасы шырақтың биіктік шеңбері және PM доғасы оның еңкею шеңбері болып табылады. *Параллақтық үшбұрыш* деп аспан сферасында меридианның, биіктік шеңберінің және еңкею дөңгелегінің доғаларынан құралған үшбұрышты айтады.

ΔPZM үшбұрышының қабырғалары: $Pz=90^\circ-\varphi$, $ZM = z = 90^\circ-h$ және $PM=90^\circ-\delta$ болады, мұндағы φ - бақылау орнының географиялық ендігі, z - зениттік қашықтық, h - биіктік және δ - шырақтың еңкеюі.



Сурет 1. Параллактикалық үшбұрыш

Горизонттық координат жүйесі жұлдыздарды бақылау кезінде ыңғайлы болса, 1-экваторлық координат жүйесі астрономиялық уақытты өлшеуде ыңғайлы, өйткені оның бір координатасы, сағаттық бұрыш уақыт өткен сайын бірқалыпты өзгереді. Ал 2-экваторлық координат жүйесінде жұлдыздың координаталары мүлдем өзгермейді, сондықтан бұл жүйе жұлдыз карталарын, каталогтарын құру үшін ыңғайлы. Ал горизонттық координат

жүйесінде жұлдыздың екі координатасының мәні үнемі өзгеріп тұрады.

Параллактикалық үшбұрышта зениттегі бұрыш $180^\circ - A$ -ға тең, мұндағы A - жұлдыздың азимуты, ал аспан полюсіндегі бұрыш - сол жұлдыздың сағаттық бұрышы t .

Горизонттық координаталар төмендегі формулалар бойынша есептеледі:

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t,$$

$$\sin z \cdot \cos A = - \sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos t,$$

$$\sin z \cdot \sin A = \cos \delta \cdot \sin t,$$

экваторлық координаталар төмендегі формулалар бойынша есептеледі:

$$\sin \delta = \cos z \cdot \sin \varphi - \sin z \cdot \cos \varphi \cdot \cos A,$$

$$\cos \delta \cdot \cos t = \cos z \cdot \cos \varphi + \sin z \cdot \sin \varphi \cdot \cos A,$$

$$\cos \delta \cdot \sin t = \sin z \cdot \sin A,$$

мұндағы α шырақтың тік шарықтауы және S – жұлдыздық уақыт, $t = S - \alpha$ тең.

Есептеулер кезінде ΔS жұлдыздық уақыт интервалдарын орташа уақыт аралығына ΔT (немесе керісінше) түрлендіру қажет, ал жұлдыздық уақыт S_0 берілген күннің Гринвич түн ортасында астрономиялық жылдық күнтізбелерден алынуы керек.

Жер бетіндегі кейбір құбылыстар сол жерде қабылданған уақыт бойынша T сәтінде орын алсын.

$T_\lambda = T_0 + \lambda$, $T_n = T_0 + n$ немесе $T_\delta = T_n + I^{caz} = T_0 + n + I^{caz}$ формулалары бойынша қабылданған уақыт санау жүйесіне байланысты Гринвичтің түн ортасынан ($\Delta T = T_0$) өткен ΔT орташа уақыт аралығы болып табылатын T_0 орташа Гринвич уақыты бар. Бұл интервал ΔS жұлдыздық уақыт интервалына (яғни, $\Delta T \rightarrow \Delta S$), содан кейін берілген T моментінде Гринвичтің орташа уақыты T_0 , Гринвичтегі жұлдыздық уақытқа сәйкес келеді.

$$s_0 = s_0 + \Delta S,$$

және осы пункте

$$S = s_0 + \lambda,$$

мұндағы λ – жердің географиялық бойлығы.

ΔS жұлдызды уақыт интервалдарын орташа уақыт аралығына $\Delta T = T_0$ (яғни $\Delta S \rightarrow \Delta T$) түрлендіру арқылы жүзеге асырылады. Күннің шығуы мен батуы нүктелерінің уақыт моменттері мен азимуттары төмендегі формулалармен есептелініп

$$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t,$$

$$\sin z \cdot \cos A = -\sin \delta \cdot \cos \varphi + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos t,$$

$$\sin z \cdot \sin A = \cos \delta \cdot \sin t,$$

және $t = S - \alpha$ формулалары қолданамыз, оларда $z = 90^\circ 35'$ қабылданады ($\rho = 35'$ сынуын ескере отырып).

180-ден 360° -қа дейінгі диапазондағы сағат бұрышы мен азимуттың табылған мәндері шамның көтерілуіне, ал 0-ден 180° -қа дейінгі диапазондағы оның орнатылуына сәйкес келеді.

Күннің шығуы мен батуын есептегенде оның бұрыштық радиусы $r = 16'$ да есепке алынады. Табылған сағат бұрыштары t шынайы күн уақытына сәйкес моменттерді береді ($T_\lambda = T_\odot + \eta$ формуланы пайдалана отырып, орташа уақыт моменттеріне, содан кейін қабылданған санау жүйесіне түрлендірілетін $T_\odot = t_\odot + 12^{ca}$ формуланы қараңыз). Барлық шырақтардың күннің шығуы мен бату сәттері 1м-ден аспайтын дәлдікпен есептеледі.

Мысал 1. Аспан координаттары мен уақытты есептеу жүйелерін түрлендіру

1976 жылы 29 сәуірде күн тұтылуын суретке түсіру үшін фотокамерасы бар телескоп қандай бағытта алдын ала орнатылды, егер географиялық координаттары $\lambda = 2^{ca} 58^m$, 0 және $\varphi = +40^\circ 14'$ болатын нүктеде тұтылудың ортасы $15^{ca} 29^m$ орын алса, 8-де бір уақытта Мәскеуден +1 сағ айырмашылығы бар ма? Осы сәтте Күннің экваторлық координаттары: тік шарықтауы $\alpha = 2^{ca} 27^m$, 5 және еңкеюі $\delta = +14^\circ 35'$. 1976 жылы 29 сәуірде Гринвичтің түн ортасында жұлдызды уақыт $s_0 = 14^{ca} 28^m 19^s$.

Берілгені: бақылау орны: $\lambda = 2^{ca} 58^m, 0$, $\varphi = +40^\circ 14'$, $T = 15^{ca} 29^m, 8$,

$T - T_M = 1^{\text{сағ}}$, $s_0 = 14^{\text{сағ}}28^{\text{м}}19^{\text{с}} = 14^{\text{сағ}}28^{\text{м}}3$, Күн $\alpha = 2^{\text{сағ}}27^{\text{м}}5$; $\delta = +14^{\circ}35'$.

Шешуі:

Тұтылудың ортасында Мәскеу уақыты $T_M = T - 1^{\text{сағ}} = 14^{\text{сағ}}29^{\text{м}}8$, және сондықтан Гринвичтің орташа уақыты $T_0 = T_M - 3^{\text{сағ}} = 11^{\text{сағ}}29^{\text{м}}8$. Гринвич түн ортасынан бастап уақыт аралығы $T = T_0 = 11^{\text{сағ}}29^{\text{м}}8$ өтті, біз оны арнайы астрономиялық күнтізбелер кестесі бойынша жұлдыздық уақытының интервалына аударамыз $\Delta S = 11^{\text{с}}31^{\text{м}}7$, және содан кейін T_0 сәтінде $s_0 = s_0 + \Delta S$ формула бойынша Гринвичтегі жұлдыздар уақыты

$$S_0 = s_0 + \Delta S = 14^{\text{сағ}}28^{\text{м}}3 + 11^{\text{сағ}}31^{\text{м}}7 = 25^{\text{сағ}}60^{\text{м}} = 2^{\text{сағ}}0^{\text{м}}0$$

ал берілген орынды $S = S_0 + \lambda$ формула бойынша жұлдызды уақыт $S = S_0 + \lambda = 2^{\text{сағ}}0^{\text{м}}0 + 2^{\text{сағ}}58^{\text{м}}0 = 4^{\text{сағ}}58^{\text{м}}0$ есептейміз және $t = S - \alpha$ Күннің сағаттық бұрышын табамыз.

$$t = S - \alpha = 4^{\text{сағ}}58^{\text{м}}0 - 2^{\text{сағ}}27^{\text{м}}5 = 2^{\text{сағ}}30^{\text{м}}5,$$

немесе астрономиялық күнтізбелер кестесі бойынша $t = 37^{\circ}37',5 \sim 37^{\circ}38'$. Тригонометриялық функциялардың кестелері бойынша біз табамыз:

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= \sin 40^{\circ}14' = +0,6459, \\ \cos \varphi &= \cos 40^{\circ}14' = +0,7634; \\ \sin \delta &= \sin 14^{\circ}35' = +0,2518, \\ \cos \delta &= \cos 14^{\circ}35' = +0,9678; \\ \sin t &= \sin 37^{\circ}38' = +0,6106, \\ \cos t &= \cos 37^{\circ}38' = +0,7919. \end{aligned}$$

$\cos z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$ формуласы бойынша:

$$\cos z = 0,6459 \cdot 0,2518 + 0,7634 \cdot 0,9678 \cdot 0,7919 = +0,7477$$

және кестеден $z = 41^{\circ}36'$, $\sin z = +0,6640$ есептеп аламыз. Азимутты есептеу үшін формуланы қолданамыз $\cos \delta \cdot \sin t = \sin z \cdot \sin A$:

$$\sin A = \frac{\cos \delta}{\sin z} \cdot \sin t = \frac{0,9678}{0,6640} \cdot 0,6106 = +0,88997,$$

Бұдан екі түрлі мән аламыз: $A = 62^{\circ}52'$ және $A = 180^{\circ} - 62^{\circ}52' = 117^{\circ}08'$. $\delta < \varphi$ шартында A және t бір-бірінен көп айырмашылық болмайды, сол себептен $A = 62^{\circ}52'$. Демек, телескоп көлденең координаттары бар аспан нүктесіне бағытталды $A = 62^{\circ}52'$ және $z = 41^{\circ}36'$ (немесе $h = +48^{\circ}24'$).

Өз бетімен шығаруға арналған есептер:

1. Жұлдыздардың аттас және әр түрлі шарықтау шегі қандай орташа уақыт аралықтарында ауысады?

2. Денебтің жоғарғы шарықтау шегінен қанша уақыт өткен соң Орион γ жұлдызының жоғарғы шарықтау шегінде, содан кейін қайтадан Денебтің жоғарғы шарықтау шегіне келеді? Денебтің тік шарықтауы $20^{\text{сағ}}39^{\text{м}}44^{\text{с}}$, ал γ Орион $5^{\text{сағ}}22^{\text{м}}27^{\text{с}}$. Қажетті аралықтарды жұлдыздық және орташа уақыт жүйелерінде көрсетіңіз.

3. $14^{\text{сағ}}15^{\text{м}}10^{\text{с}}$ орташа уақыт бойынша Сириус жұлдызы (α Үлкен ит) тік шарықтауы $6^{\text{сағ}}42^{\text{м}}57^{\text{с}}$ төменгі шарықтау шегінде болды. Осыдан кейін қандай жақын сәттерде Гемма жұлдызы (α Солтүстік тәжі) жоғарғы шарықтау шегінде болады және оның сағаттық бұрышы қашан $3^{\text{сағ}}16^{\text{м}}0^{\text{с}}$ болады? Гемманың тік шарықтауы $15^{\text{сағ}}32^{\text{м}}34^{\text{с}}$.

4. $4^{\text{сағ}}25^{\text{м}}0^{\text{с}}$ кезінде жұлдыздың тік шарықтауы $2^{\text{сағ}}12^{\text{м}}30^{\text{с}}$, сағат бұрышы $34^{\circ}26',0$ болды. $21^{\text{сағ}}50^{\text{м}}0^{\text{с}}$ жоғарғы шарықтау шегінде және төменгі шарықтау шегінде болатын жұлдыздардың тік шарықтауын, сондай-ақ сағаттық бұрыштары $1^{\text{сағ}}13^{\text{м}}20^{\text{с}}$ және $5^{\text{сағ}}42^{\text{м}}50^{\text{с}}$ тең болатын жұлдыздарды табыңыз.

5. 8 ақпан мен 1 қыркүйекте Ижевск қаласының орта, белдік және декреттік түн ортасында ($\lambda = 3^{\text{сағ}}33^{\text{м}}$, $n = 3$) жұлдыздық уақыттың жуықтау мәні нешеге тең?

Жауаптары:

1. $23^{\text{сағ}}56^{\text{м}}04^{\text{с}}$ және $11^{\text{сағ}}58^{\text{м}}02^{\text{с}}$

2. $\Delta S = 8^{\text{сағ}}42^{\text{м}}43^{\text{с}} \rightarrow \Delta T = 8^{\text{сағ}}41^{\text{м}}17^{\text{с}}$;

$\Delta S_1 = 24^{\text{сағ}} \rightarrow \Delta T_1 = 23^{\text{сағ}}56^{\text{м}}04^{\text{с}}$;

$\Delta S_2 = 15^{\text{сағ}}17^{\text{м}}17^{\text{с}} \rightarrow \Delta T_2 = 15^{\text{сағ}}14^{\text{м}}47^{\text{с}}$ (Орионнан кейін)

3. $11^{\text{сағ}}01^{\text{м}}22^{\text{с}}$ және $14^{\text{сағ}}16^{\text{м}}50^{\text{с}}$

4. $17^{\text{сағ}}22^{\text{м}}38^{\text{с}}$, $5^{\text{сағ}}22^{\text{м}}38^{\text{с}}$, $18^{\text{сағ}}35^{\text{м}}58^{\text{с}}$ және $11^{\text{сағ}}39^{\text{м}}48^{\text{с}}$

5. 8 ақпанда: $9^{\text{сағ}}14^{\text{м}}$, $9^{\text{сағ}}47^{\text{м}}$ және $8^{\text{сағ}}47^{\text{м}}$; 1 қыркүйекте: $22^{\text{сағ}}32^{\text{м}}$, $23^{\text{сағ}}05^{\text{м}}$ және $22^{\text{сағ}}05^{\text{м}}$

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. Жаңабаев З.Ж., Наурызбаева А.Ж., Ізтілеуов Н.Т. Жалпы астрономия: Жоғарғы оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2010. – 184 б.

3. Ганагина И. Г. Астрономия. Методические указания к выполнению практических работ для студентов ИООТ. Электронная книга 2005 ЦИТ СГГА.

4. Кузнецов О.Ф. Астрономо-геодезические определения: методические указания по выполнению учебно-исследовательской работы студентов. -Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. -39с.

5. Кенжалиев Д.И. Астрономия: Жоғарғы оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы. – Алматы: Эверо, 2020. – 416 б.

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

7. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293849/4293849531.htm>

8. <http://www.astronet.ru/db/msg/1175352/node10.html>