

Зертханалық жұмыс № 2

Аспан сферасы және координат жүйесіндегі шырақтардың көрінуі

Жұмыстың мақсаты: Аспан сферасы моделіндегі негізгі элементтер мен оның тәуліктік айналуын зерттеу

Құралдар-жабдықтар: Аспан сферасының моделі, қара глобус.

Жұмысты орындау үшін алдын-ала білу керек мәліметтер:

1. Аспан сферасының негізгі сызықтары мен жазықтықтары.
2. Аспан координаттары жүйелері.
3. Әр түрлі ендіктердегі шырақтардың көріну шарттарын.
4. Аспан сферасының моделіндегі көрінетін шырақтардың позицияларын анықтай білу.
5. Аспан сферасының сызбасында горизонттық және экваторлық координаттар жүйелерін ажырата білу.

Қысқаша теориялық мәліметтер

Аспан сферасындағы шырақтың орналасуы аспан сферасының ортасын шырақ ортасымен байланыстыратын түзумен және қиылысу нүктесімен анықталады. Аспан сферасындағы өлшеулер тек бұрыштық (доғалық) бірліктерде жүргізіледі. Доғаның градустарында (минуттарында, секундтарында) өрнектелген бұрыштық бірліктер мен уақыт бірліктері ($k(d)$ – тәулік, $c(h)$ – сағат, $m(t)$ – минут, $s(s)$ – секунд) арасындағы қатынас мынадай:

$$360^\circ \sim 24h$$

$$15^\circ \sim 1h$$

$$15' \sim 1m$$

$$15'' \sim 1s$$

Аспан сферасының негізгі бағыттары мен негізгі жазықтықтары:

1. *Тік сызық* және оған перпендикуляр *математикалық көкжиек жазықтығы*;

2. *Әлем осі* (Жердің айналу осіне параллель) және оған перпендикуляр *аспан экваторының жазықтығы*;

3. *Эклиптика осі* және оған перпендикуляр *эклиптика жазықтығы*.

Аспан меридианының жазықтығы аспан сферасының ортасы, тік сызық және Әлем осі арқылы өтеді.

Аспан сферасының ортасынан өтетін жазықтықтар: *математикалық көкжиек, аспан экваторы, эклиптика, аспан меридианы* және т.б. Аспан сферасының үлкен де кіші де шеңберлерін бейнелейтін шеңберлер – бұл *альмукуантараттар* және *тәуліктік параллельдер* деп аталады.

Жердің өз осі бойымен айналуы батыстан шығысқа қарай, яғни сағат тіліне қарама-қарсы бағытта жүреді; бұл бағыт әдетте *түзу* деп аталады. Аспан сферасының айналуы Жердің айналуының салдары болып табылады. Жердің айналу осі *Әлем осі* болып табылады. Жердің солтүстік жарты шарындағы бақылаушы үшін оңтүстікке қараған кезде Жердің айналуы *солдан оңға қарай* (сағат тілімен), яғни оңтүстік арқылы шығыстан батысқа қарай жүреді. Аспан сферасының айналуына аспан меридианының, көкжиектің, альмукуантараттың шеңберлері, сондай-ақ тік және талтүстік сызықтар қатыспайды.

Математикалық көкжиекке қатысты аспан сферасының орнын өзгерту арқылы Әлем осін көкжиекке қарай кез келген жағдайға қисайтуға болады және осылайша бақылаушы үшін сфераны көкжиектен жоғары Әлем полюсінің биіктігіне немесе экватордың оңтүстік нүктесінің зениттік қашықтығына тең кез келген φ географиялық ендікке орнатуға болады.

Аспан сферасының негізгі нүктелері (1 - сурет):

1. *зенит* және *надир* (Z және Z') – тік сызықтың аспан сферасымен қиылысу нүктелері;

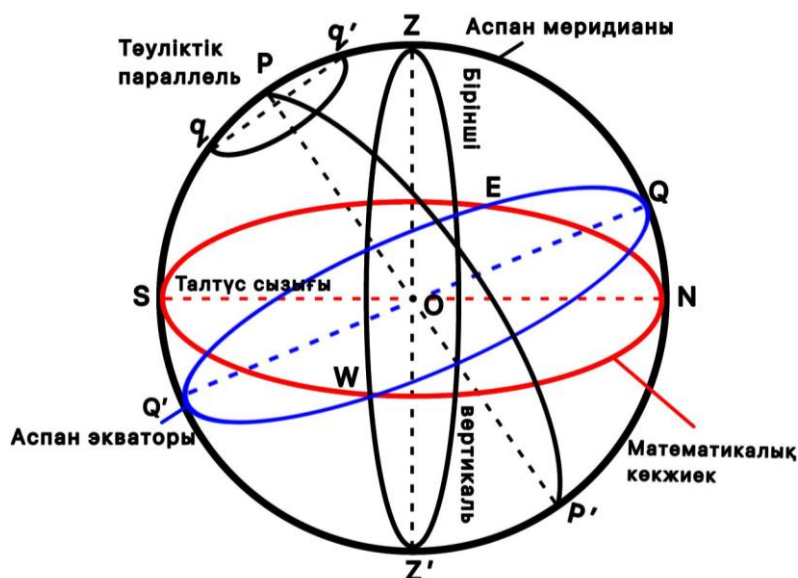
2. *Әлемнің солтүстік* (P) және *оңтүстік* (P') *полюстері* – әлем остерінің аспан сферасымен қиылысу нүктелері;

3. көкжиек нүктелері: *солтүстік* (C , немесе N) және *оңтүстік* (O , немесе S) – математикалық көкжиектің аспан меридианымен қиылысу нүктесі; *шығыс* ($Ш$, немесе E) және *батыс* (B , немесе W) – математикалық көкжиектің аспан экваторымен қиылысу нүктесі; зенит, надир, шығыс және батыс нүктелерінен өтетін аспан сферасының үлкен шеңбері *бірінші вертикаль* деп аталады;

4. эклиптиканың негізгі нүктелері: *көктемгі* және *күзгі күн мен түннің теңелуі, жазғы* және *қысқы күн тоқырауы*.

Аспан шырақтарының өзара орналасуы және көрінетін қозғалысы астрономиялық координаттардың таңдалған жүйесі арқылы орнатылады. Шырақ координаттарын (аспан сферасының

нүктелері) анықтау әдісі жер бетіндегі нүктенің географиялық координаттарын анықтау әдісіне ұқсас.



Сурет 1. Аспан сферасының негізгі сызықтары мен нүктелері

Аспан сферасының негізгі шеңбері таңдалады (математикалық көкжиек, аспан экваторы, эклиптика және т.б.), оның атауы координаттар жүйесінің атауына сәйкес келеді және жүйенің полюсінен (зенит нүктелері, Әлем полюстері, эклиптика полюстері және т.б.) негізгі шеңбермен қиылысқанға дейін үлкен шеңбердің доғасы (биіктік шеңбері) арқылы өткізіледі. Бірінші координат (астрономиялық азимут, сағат бұрышы, тік шарықтау, эклиптикалық бойлық және т. б.) негізгі шеңбердің доғасымен таңдалған (шартты) санау басынан (оңтүстік нүктеден, экватордың жоғарғы (оңтүстік) нүктесінен, көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінен және т. б.) сәйкес биіктік шеңберіне (биіктік шеңберлері, ауытқу, эклиптикалық ендік) дейін өлшенеді. Екінші координат (биіктік, қисаю, эклиптикалық ендік және т. б.) негізгі шеңберден шыраққа дейінгі биіктік шеңберінің доғасымен өлшенеді.

Көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінің орнын анықтау үшін, ең алдымен, аспан сферасының дұрыс айналу бағытын белгілеу қажет. Күн эклиптика арқылы сфераның айналуына қарай, яғни тікелей бағытта, батыстан шығысқа қарай қозғалатынын есте ұстаған жөн. Күн мен түннің теңелуінің екі нүктесінен оңтүстік жарты шардан солтүстікке ауысу кезінде Күн орналасқан нүкте көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесі болады. Көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесі - экваторлық координаттар жүйесіндегі

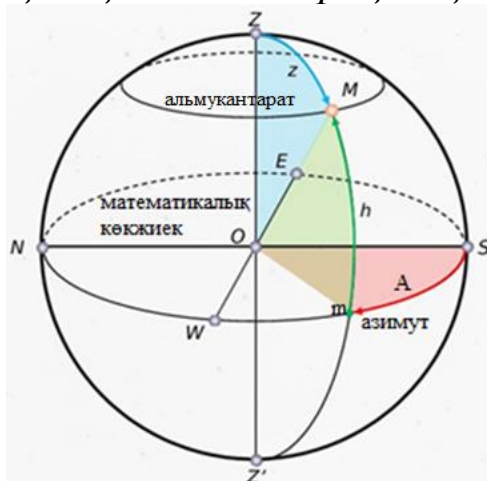
тікелей шығулар мен эклиптикалық координаттар жүйесіндегі бойлықтарды санаудың басталу нүктесі.

Аспан шырақтарының орнын, қозғалысын зерттеу үшін аспан координаталары жүйелері енгізіледі. Аспанда шырақтардың орнын көрсету үшін екі шама берсе жеткілікті. Бұл шамалар - бұрыштық шамалар, оларды *аспан координаталары* деп атайды. Астрономияда қолданылатын координаталар жүйелері: *горизонттық, 1 (бірінші) – экваторлық, 2 (екінші) – экваторлық, эклиптикалық, галактикалық координаттар жүйесі* және т. б. Координаттар жүйелерінің әрқайсысы белгілі бір жұмыстар үшін ыңғайлы. Мысалы, *горизонтальды координаттар жүйесі* – шырақтардың көрінерлік орнының координаталарын тікелей өлшеу үшін ыңғайлы. *Экваторлық координаттар жүйелері* – уақытты өлшеуде және жұлдыз орындарының каталогтарын құрғанда ыңғайлы.

Горизонттық координат жүйесі. Астрономияның әртүрлі мәселелерін шешу үшін аспан координаттарының әртүрлі жүйелері қолданылады. Бұл жүйелер бір-бірінен негізгі жазықтықты таңдауда және шығу тегі бойынша ерекшеленеді. Горизонтальды координат жүйесінде негізгі жазықтық *NWSE* математикалық көкжиек жазықтығы болып саналады (1-сурет).

Горизонттық координат жүйесінде шырақтың негізгі координаттары:

- *Азимут* – математикалық горизонттың оңтүстік нүктесінен шырақтың биіктік шеңберімен қиылысқанға дейінгі – *A* доғасы;
- *Зениттік қашықтық немесе шырақтың биіктігі* – *h*.



Сурет 1. Горизонттық координат жүйесінде негізгі жазықтық

1 суретте *M* - шырақ, *h* - шырақтың биіктігі көрсетілген. Бұл математикалық көкжиектен (*m*) шыраққа дейінгі (*M*) *mOM* доғасы

немесе математикалық көкжиектің жазықтығы мен шырақтың арасындағы бұрышы деп аталады.

Шырақтың зениттік қашықтығы деп вертикаль шеңбер бойымен зениттен бастап сол шыраққа дейінгі доғаның немесе ілме мен шыраққа дейінгі бағыттың арасындағы бұрышты айтамыз.

Z зениттік қашықтық - зениттен шыраққа дейінгі ZM доғасы немесе ZOM бұрыш.

$$Z_{\kappa} = 90^{\circ} - h$$

Зениттік қашықтық 0° ден 180° ге дейінгі аралықты қамтиды. Шырақтың зениттік қашықтығы 90° кіші болса ол аспан сферасының көрінетіндегі бөлігіндегі, ал үлкен болса көрінбейтін бөлігінде жатады.

Берілген *шырақтың көкжиектен биіктігі* (h) деп шырақ арқылы өтетін вертикаль шеңбер бойымен көкжиектеп бастап сол шыраққа дейінгі доғаны немесе көкжиек жазықтығы мен шыраққа дейінгі арасындағы бұрышты айтамыз. Биіктіктер математикалық көкжиектен (m) жоғары қарай 0 – ден $+90^{\circ}$ - қа дейінгі аралықта зенитке (Z) дейін (көрінетін бөлігі), (m) нүктесінен төмен қарай 0 – ден -90° аралықта надирге (Z') дейін өлшенеді (көрінбейтін бөлігі).

$$h = 90^{\circ} - Z_{\kappa}$$

Шырақтың зениттік қашықтығы мен биіктігі арасында:

$$Z_{\kappa} + h = 90^{\circ}$$

қатынасы орындалады. Бір альмукуантаратта жатқан шырақтардың биіктігі бірдей болады. *Альмукуантарат* – математикалық көкжиекке параллель орналасқан аспан сферасының кіші шеңбері.

Шырақтың азимуты (A) деп S оңтүстік нүктесінен бастап математикалық көкжиек бойымен батысқа қарай шырақтың вертикаль шеңберіне дейінгі доғаны немесе талтүстік сызық пен шырақтың ілме сызығының көкжиекпен қиылысу нүктесі бағыты арасындағы бұрышты айтамыз. Шырақтардың азимуты (A) – S_m математикалық горизонтының оңтүстік S нүктесінен шырақ арқылы өтетін тік шеңберге дейінгі доғасы (1-сурет). Азимуттар аспан сферасының тәуліктік айналу бағыты бойынша өлшенеді, яғни оңтүстік нүктесінен батысқа қарай $0^{\circ} \div 360^{\circ}$ -қа дейін. Кейде азимутты батысқа қарай $0^{\circ} \div 180^{\circ}$ аралығында (батыс азимут), шығысқа қарай $0^{\circ} \div -180^{\circ}$ аралығында (шығыс азимут) өлшейді. Бір вертикаль шеңберде жатқан шырақтардың азимуттары бірдей болады.

Горизонттық координат жүйесі Жер бетін бақылау үшін қажет, себебі ол шырақтардың тәуліктік қозғалысымен емес, Жер бетіндегі нысаналармен байланыстырылған.

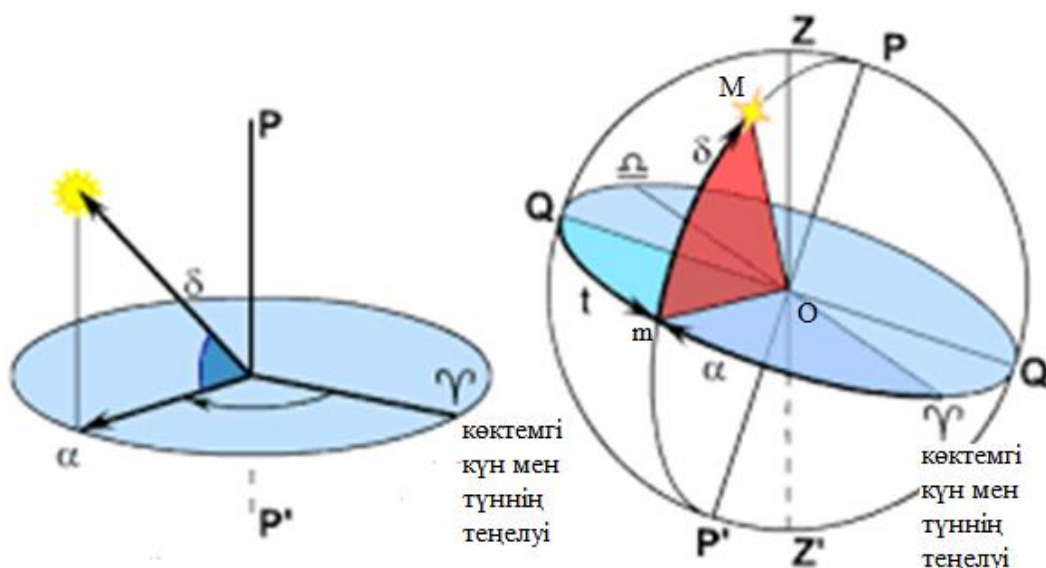
Экваторлық координат жүйесі. Бірінші экваторлық координат жүйесінің негізгі жазықтығы ретінде аспан экваторы жазықтығы алынады (QQ'). Негізгі нүктелер ретінде Әлемнің аспан экваторының жоғарғы нүктесі және солтүстік полюсі алынады (PP'). Бірінші экваторлық координат ретінде шырақтың полюстік қашықтығы P немесе ауысуы (еңкеюі) δ , сағаттық бұрышы t алынады (1-сурет).

Шырақтың еңкеюі (δ) - аспан экваторынан (QQ') шыраққа дейінгі $PMmP'$ сағаттық шеңберінің tM доғасын айтамыз. Яғни, шырақтың еңкеюі (δ) деп шырақ арқылы өтетін сағаттық шеңбер бойымен аспан экваторынан бастап сол шыраққа дейінгі доғаны немесе аспан экваторы жазықтығы мен шыраққа дейінгі бағыттың арасындағы бұрышты айтамыз. Еңкею δ - солтүстік полюске қарай 0° -ден $+90^\circ$ -қа дейін және оңтүстік полюске қарай 0° -ден -90° -қа дейін өлшенеді.

Шырақтың полюстік қашықтығы мен еңкеюі арасында:

$$P + \delta = 90^\circ$$

қатынас орын алады. Бір аспан параллельдерінде жатқан шырақтардың полюстік қашықтықтары мен еңкеюілері бірдей болады.



Сурет 1. Бірінші және екінші экваторлық координат жүйесі

Бірінші экваторлық координат жүйесінің шырақтың полюстік қашықтығы деп сағаттық шеңбер бойымен Әлемнің солтүстік

полюсінен (P) бастап сол шыраққа дейінгі доғаны (M) немесе Әлем осі мен шыраққа дейінгі бағыттың арасындағы бұрышты (POM) айтамыз. Полюстік қашықтық $0^\circ \div 180^\circ$ аралығындағы мәндерді қабылдайды. Шырақтың полюстік қашықтығы 90° кіші болса, ол аспан сферасының солтүстік жартысферасында, үлкен болса, оңтүстік жартысферасында жатады.

Шырақтың сағаттық бұрышы (t) - деп аспан сферасының айналу бағытында (батысқа қарай) аспан экваторының жоғарғы нүктесінен (Q) бастап аспан экваторы бойымен (QQ') шырақтың сағаттық шеңберіне дейінгі доғаны (Qt) немесе аспан меридианы жазықтығы мен шырақтың сағаттық шеңбері жатқан ($QQ't$) жазықтық арасындағы бұрышты айтамыз. Сағаттық бұрыш градуспен алғанда $0^\circ \div 360^\circ$, сағатпен алғанда $0^h \div 24^h$ аралығындағы мәндерді қабылдайды. Кейде сағаттық бұрышты батысқа қарай $0^\circ \div 180^\circ$ $0^h \div 24^h$ аралығында (батыс сағаттық бұрыш), шығысқа қарай $0^\circ \div -180^\circ$ ($0 \div -12^h$) аралығында (шығыс сағаттық бұрыш) өлшейді. Бір сағаттық шеңберде жатқан шырақтардың сағаттық бұрыштары бірдей болады.

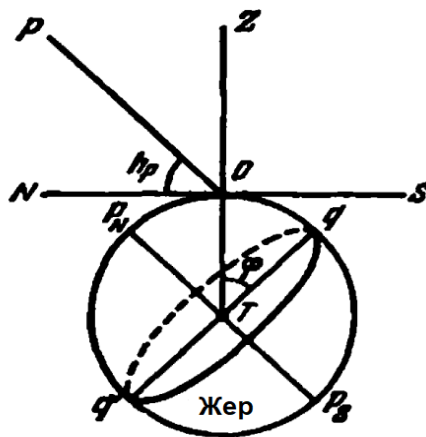
Бірінші экваторлық координаттар жүйесі негізінен дәл уақыт өлшеу үшін қолданылады. Бұл практикалық астрономияның ең маңызды мәселелерінің бірі болып табылады.

Екінші экваторлық координаттар жүйесінің негізгі жазықтығы ретінде аспан экваторы жазықтығы алынады (QQ'). Негізгі нүктелер ретінде көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесі (Y) және Әлемнің солтүстік полюсі (P), тік шарықтауы (α) алынады. *Шырақтың тік шарықтауы* (α) деп аспан сферасының айналу бағытына карама карсы бағытта көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінен (Y) бастап аспан экваторы бойымен (QQ') шырақтың сағаттық шеңберіне дейінгі доғаны (tY) немесе аспан меридианы жазықтығы мен шырақтың сағаттық шеңбері жатқан жазықтық арасындағы бұрышты (tOY) айтамыз (1-сурет). Шырақтың тік шарықтауы градуспен алғанда $0^\circ \div 360^\circ$, сағатпен алғанда $0^h \div 24^h$ аралығындағы мәндерді қабылдайды. Бір сағаттық шеңберде жатқан шырақтардың тік шарықтаулары бірдей болады.

Екінші экваторлық координаттар жүйесі негізінен жұлдыздық карталар мен жұлдыздық каталогтар жасауда қолданылады.

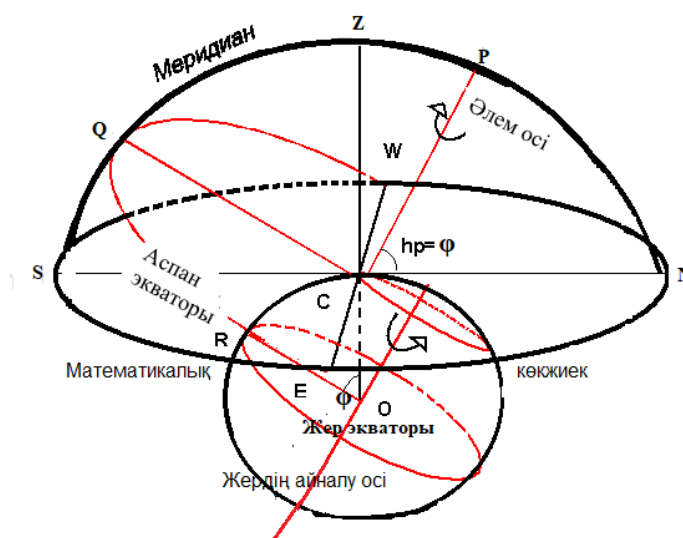
Әлем полюсінің биіктігі h_p мен географиялық ендік (φ) арасындағы байланыс

Жер өз осі бойымен аспан айналысына қарама-қарсы бағытта айналады. Сондықтан Жер бетіндегі қай нүктеден қарасақ та, аспан сферасы Жер осіне параллель түзу болып табылатын Әлем осін айнала қозғалатынын көреміз, яғни бақылаушы Жер бетіндегі орнын ауыстырғанда Әлем осінің аспан сферасына қатысты бағыты өзгермейді (1-сурет).



Сурет 1. Әлем осінің аспан сферасына қатысты бағыты

Ал ілме сызығының (ZZ') аспан сферасына қатысты бағыты бақылаушының қай географиялық ендікте тұрғанына тәуелді болады да, айналу осімен әртүрлі бұрыштарды құрайды. Осы себепті аспан сферасының Әлем осімен және ілме сызығымен байланысты нүктелері мен шеңберлерінің де өзара орналасуы бақылаушының қай ендікте тұрғанына байланысты болады. Әлем полюсінің биіктігі h_p әрдайым бақылау орнының географиялық ендігіне (φ) тең $h_p = \varphi$ (2-сурет).



Сурет 2. Әлем полюсінің биіктігі мен географиялық ендік арасындағы байланыс

Аспан шырақтарының шығуы мен бату шарттары төмендегі формулалар арқылы анықтауға болады.

Егер, шырақ еңкеюі $|\delta| < (90^\circ - |\varphi|)$ осы шартты қанағаттандыратын болса, ол сол ендікте шығып бататын шырақ, ал $|\delta| > (90^\circ - |\varphi|)$ шарты орындалса, онда шырақ батпайды немесе шықпайды.

Жұмыстың орындалу барысы:

1. Аспан сферасы (армиллярлы сфера) моделінің құрылымын зерттеңіз және ондағы негізгі элементтерді: жазықтықтарды, сызықтарды және нүктелерді көрсетіңіз.

2. Аспан сферасының сызбаларын қара глобусқа сызыңыз, онда мыналарды бейнелеңіз: бір шырақ үшін горизонталды және экваторлық (1-ші және 2-ші) координаталық жүйелерде негізгі сызықтар мен нүктелерді және жазықтықтарды көрсетіңіз.

3. Аспан глобусының құрылымын зерттеңіз, онда аспан сферасының негізгі элементтерін көрсетіңіз.

4. Аспан сферасының моделі (сызбасы) бойынша аспан сферасының негізгі нүктелерінің горизонталды және экваторлық координаттарын анықтаңыз (әлемнің солтүстік және оңтүстік полюстері; зенит пен надир; солтүстік, оңтүстік, батыс және шығыс; эклиптиканың солтүстік және оңтүстік полюстері, күн мен түннің теңелу мен күн тоқырау нүктелері).

5. Әлем осінің математикалық көкжиек жазықтығына көлбеу бұрышын өзгерте отырып, экваторда, орта ендіктерде, полюсте орналасқан бақылаушы үшін аспан сферасын дәйекті түрде орнатыңыз және аспан сферасының негізгі нүктелерінің, сызықтары мен жазықтықтарының орнын қарастырыңыз.

6. Қара глобуста келесі проекцияларды көрсетіңіз:

- математикалық көкжиек жазықтығының проекциясын;
- аспан экваторының жазықтығының проекциясын;
- аспан меридианының жазықтығының проекциясын;
- бірінші вертикаль жазықтығының проекциясын бейнелеңіз.

7. Бақылау орнының ендігі өзгерген кезде аспан сферасы элементтерінің орналасуының өзгеруін (немесе тұрақтылығын) талдаңыз.

8. Аспан сферасының моделіне сүйене отырып, оның негізгі элементтерін және олардың аспан сферасының тәуліктік айналуы кезіндегі бақылаушыға қатысты жағдайының өзгеруін зерттеңіз.

9. Қара глобусқа бормен аспан экваторын, аспан меридианын, эклиптиканы, математикалық көкжиекті, Әлемнің солтүстік және оңтүстік полюстерін, зенит пен надирді салыңыз.

10. Қара глобусқа бормен төмендегі координаталар жүйесін салыңыз:

а) аспан координаталарының горизонталь жүйесі;

ә) аспан координаталарының экваторлық жүйесі.

4. Қара глобусты аспан сферасының модельіндей елестетіңіз, центрінде Жер бар делік (яғни, бақылаушы тұр деңіз). Осы бақылаушы үшін $\varphi = 30^\circ$ ендікті және негізгі элементтерін (шырақтың көкжиектен биіктігі (h), шырақтың азимуты (A), Шырақтың еңкеюі (δ), тік шарықтауы (α), сағаттық бұрышын (t),) салыңыз.

11. Сызбаға тура 4-ші тапсырмадағыдай бақылаушы үшін $\varphi = -15^\circ$ ендікте аспан сферасын және оның негізгі элементтерінің орындарын салыңыз және оған келесі координаталары бар нүктелерді көрсетіңіз:

а) Горизонттық: $A = 135^\circ$, $h = 45^\circ$;

ә) Экваторлық: $t = 2$ сағ, $\delta = -45^\circ$ және $\alpha = 12$ сағ, $\delta = +45^\circ$.

6. 5-ші тапсырмадағы мәндерді ескере отырып, аспан сферасы модельінде (армиллярлық сфера модельінде) шырақты жылжыту арқылы осы тапсырманы қайталап көрсетіңіз.

12. Аспан сферасы модельінде өзіңіз қалаған жерге шырақты орналастырып, шырақтың биіктігін, зениттік қашықтығын және азимутын анықтаңыз.

Бақылау сұрақтары:

1. Аспан координаталары дегеніміз не?

2. Астрономияда қолданылатын координаталар жүйелерін атаңыз.

3. Горизонттық координата жүйесі.

4. Экваторлық координаттар жүйесі.

5. Аталған координаталар жүйелері қандай өлшеулер жүргізу үшін ыңғайлы?

6. Горизонттық координаттар жүйесіндегі негізгі элементтерді атаңыз.

7. Экваторлық координаттар жүйесіндегі негізгі элементтерді атаңыз.

8. Азимут дегенміз не?

9. Зениттік қашықтық қалай анықталады?

10. Шырақтың көкжиектен биіктігі қалай анықталады?

11. Альмуқантарат дегенміз не?

12. Шырақтың еңкеюін қалай анықтаймыз?

13. Шырақтың полюстік қашықтығын қалай анықтаймыз?

14. Сағаттық бұрышты қалай анықтаймыз?

15. Шырақтың тік шарықтауы қалай анықтаймыз?

16. Шақтардың шығуы мен бату шарттары айтыңыз.

17. Шырақтардың шығу нүктесі мен бату нүктесі айтыңыз.

18. Әлем полюсінің биіктігі мен географиялық ендік арасындағы байланысты көрсетіңіз.

19. Аспанның қандай нүктесінде еңкею 90° -қа тең?

20. $+53^\circ$ географиялық ендікте зенит нүктесінің еңкеюі неге тең?

21. Неліктен астрономиялық азимуттарды оңтүстік-батыс солтүстік-шығыс бағытта санау ыңғайлы?

22. Неліктен оңға көтерілу туралы есеп кері бағытта емес, батыстан шығысқа қарай жүргізіледі?

23. Шырақтың азимуты 45° , биіктігі 60° . Осы шырақты аспанның қай бөлігінен іздеу керек?

24. Шырақтың сағаттық бұрышы $t = 18$ сағ. Аспан сферасының қай бөлігінде ол көрініп тұр?

25. Жұлдыздың тік шығуы $284^\circ 15' 17''$ тең; сағаттарда, минуттарда және секундтарда өрнектеңіз.

26. Жұлдыздың тік шығуы $3^c 14^m 9^{сек}$ тең, градустық өлшемде өрнектеңіз.

27. Жұлдыздың жоғары шарықтау шегінен соң 6 сағаттан кейін оның сағаттық бұрышы неге тең болады?

28. Егер тік шығуы $21^c 9^m 23^{сек}$ болатын жұлдыздың сағаттық бұрышы шығысқа қарай $98^\circ 11' 15''$ болатын болса, жұлдыздық сағат неге тең?

29. Астрономиялық бойлық тік шығуға тең болатын сфера нүктелерінің геометриялық орнын табыңыз.

Әдебиеттер:

1. Жаңабаев З.Ж., Наурызбаева А.Ж., Ізтілеуов Н.Т. Жалпы

астрономия: Жоғарғы оқу орындарының студенттеріне арналған оқу құралы. – Алматы: Қазақ университеті, 2010. – 184 б.

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. ISBN 5-354-00866-2

3. Александр А. Ш., Владимир С.Г. Лабораторный практикум по астрономии.: Учебное издание. - Ротапринт БГПУ им. М.Танка. - 82 ст. <https://phys.bspu.by/static/um/mpf/materials/3.mr/6.astr/2.pdf> (электронная книга).

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

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