

Дәріс 4. Аспан координаталар жүйелері. Горизонттық және 1-ші, 2-ші экваторлық координаттар жүйесі.

Дәріс жоспары

1. Аспан координаталар жүйелері.
2. Горизонттық координаттар жүйесі.
3. 1-ші және 2-ші экваторлық координаттар жүйесі.
4. Әлем полюсінің биіктігі h_p мен географиялық ендік (φ) арасындағы байланыс
5. Шырақтардың шығуы мен бату шарттары.

1. Аспан координаталар жүйелері.

Аспан шырақтардың орнын, қозғалысын зерттеу үшін аспан координаталары жүйелері енгізіледі. Аспанда шырақтардың орнын көрсету үшін екі шама берсе жеткілікті. Астрономияда аспан денелерінің орналасуы мен қозғалысын зерттеу үшін дененің орны екі бұрышпен және қашықтықпен анықталатын сфералық координаталар жүйесі қолданылады. Денелердің кеңістікте орналасуын және аспан шырақтарына бағытталуын көрсететін ыңғайлы бейнелеу әдісі – координаттар жүйесі. Координаттар жүйесін таңдауы әр аспан денесіне байланысты. Координата басын және координат осьтерін: объектінің бөліктерімен; объектінің динамикалық қасиеттерімен; қозғалыс қасиеттерімен; белгілі уақыт мезетіндегі дененің кеңістікте орналасуымен; басқа арнайы әдістерімен байланыстырады.

Практикалық аспан механикасындағы қолданылатын координаттар жүйесі: тікбұрышты немесе декарт, сфералық, топоцентрлік (гео, гелиоцентрлік) болып бөлінеді. Кейбір жағдайларда аспан механикасында горизонттық, экваториалдық, эклиптикалық, галактикалық координат жүйелері және т.б. жүйелер қолданылады. Координаттар жүйелерінің әрқайсысы белгілі бір жұмыстар үшін ыңғайлы. Мысалы, горизонттық координаттар жүйесі – шырақтардың көрінерлік орнының координаталарын тікелей өлшеу үшін ыңғайлы. Экваторлық координаттар жүйелері – уақытты өлшеуде және жұлдыз орындарының каталогтарын құрғанда ыңғайлы. Эклиптикалық координаттар Күн центрімен тығыз байланысты және Күн жүйесіндегі денелердің қозғалысын зерттеуде қолданылады; ғаламдық (галактикалық) координаттар жүйесі ғалам центрімен тығыз байланысты етіп алынған, сол себепті

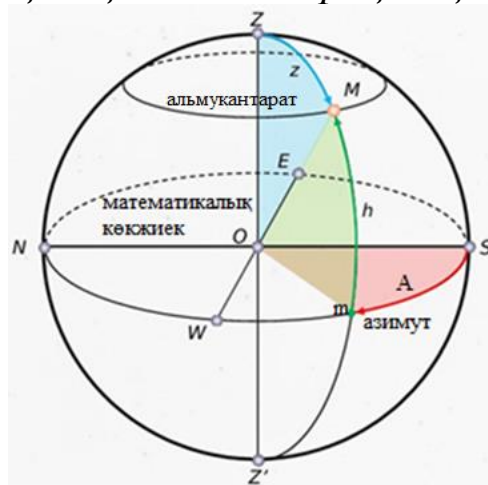
бұлар ғалам құрамындағы жұлдыздар мен тұмандықтардың өзіндік меншікті қозғалыстарын зерттеуде пайдаланады. Сонымен әрбір координат жүйесі белгілі бір физикалық инерциалды санақ жүйесімен байланыстырылған: Жер центрімен, Күн центрімен, ғалам центрімен және т.с.с. және әрқайсысы белгілі бір мақсатта қолданылады.

2. Горизонттық координаттар 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.

3. 1-ші және 2-ші экваторлық координаттар жүйесі.
Бірінші экваторлық координат жүйесінің негізгі жазықтығы ретінде

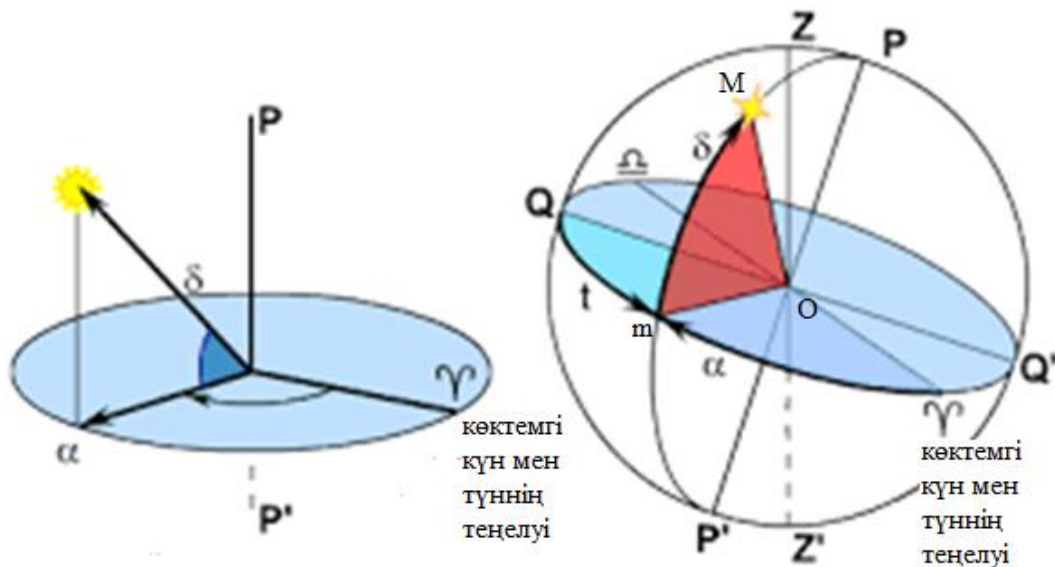
аспан экваторы жазықтығы алынады (QQ'). Негізгі нүктелер ретінде Әлемнің аспан экваторының жоғарғы нүктесі және солтүстік полюсі алынады (PP'). Бірінші экваторлық координат ретінде шырақтың полюстік қашықтығы P немесе ауысуы (еңкеюі) δ , сағаттық бұрышы t алынады (2-сурет).

Шырақтың еңкеюі (δ) - аспан экваторынан (QQ') шыраққа дейінгі PM 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 2. 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.

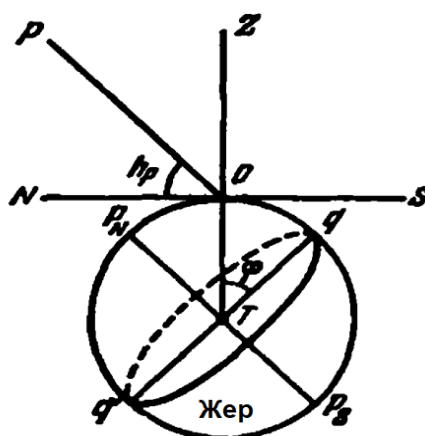
Екінші экваторлық координаттар жүйесінің негізгі жазықтығы ретінде аспан экваторы жазықтығы алынады (QQ'). Негізгі нүктелер ретінде көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесі (Y) және Әлемнің солтүстік полюсі (P), тік шарықтауы (α) алынады. *Шырақтың тік шарықтауы* (α) деп аспан сферасының айналу бағытына қарама қарсы бағытта көктемгі күн мен түннің теңелу нүктесінен (Y) бастап аспан экваторы бойымен (QQ') шырақтың сағаттық шеңберіне дейінгі доғаны (mY) немесе аспан меридианы жазықтығы мен шырақтың сағаттық шеңбері жатқан жазықтық арасындағы бұрышты (mOY) 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.

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

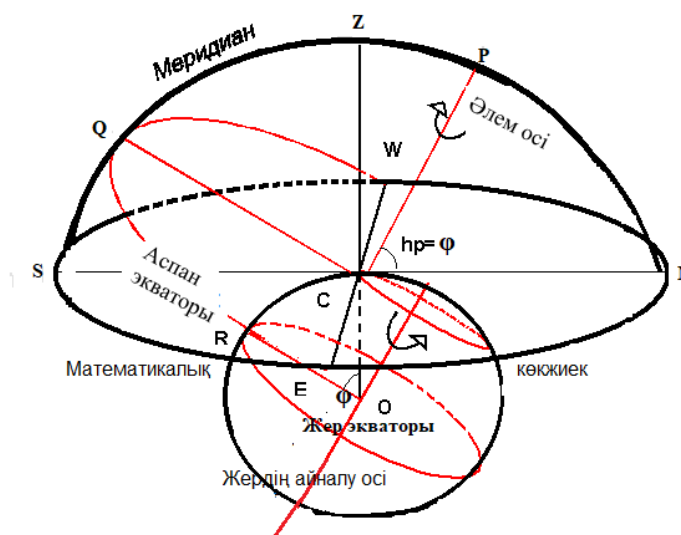
Жер өз осі бойымен аспан айналысына қарама-қарсы бағытта айналады. Сондықтан Жер бетіндегі қай нүктеден қарасақ та, аспан сферасы Жер осіне параллель түзу болып табылатын Әлем осін айнала қозғалатынын көреміз, яғни бақылаушы Жер бетіндегі орнын

ауыстырғанда Әлем осінің аспан сферасына қатысты бағыты өзгермейді (3-сурет).



Сурет 3. 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 $h_p = \varphi$ (4-сурет).



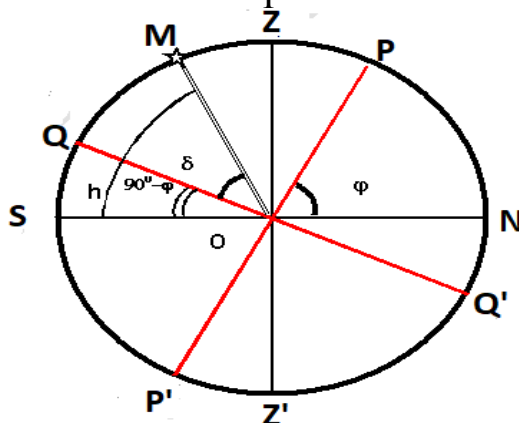
Сурет 4. Әлем полюсінің биіктігі мен географиялық ендік арасындағы байланыс

Егер шырақтың еңкеюі (δ) географиялық ендіктен (φ) аз болса, онда ол зениттің оңтүстігінде зениттік қашықтықта $Z = \varphi - \delta$, немесе h_p биіктігі $h_p = 90^\circ - \varphi + \delta$ тең.

Егер шырақтың еңкеюі (δ) географиялық ендікке тең болса, онда ол зенитте $Z = 0$, ал $h_p = +90^\circ$.

Егер шырақтың еңкеюі (δ) географиялық ендіктен (ϕ) үлкен болса, онда ол зениттің солтүстігінде $Z = \delta - \phi$, немесе h_p биіктік $h_p = 90^\circ + \phi - \delta$ тең болады.

4-ші суретті проекциялап көрейік, яғни аспан сферасының аспан меридианының жазықтығына проекциялайық. Сонда 5-ші суретте аспан сферасындағы басқа да бұрыштардың бақылау орнының ендігімен байланысы көрсетілген.



Сурет 5. Аспан сферасының меридианының жазықтығына проекциясы

5. Шырақтардың шығуы мен бату шарттары.

Шырақтардың күнделікті қозғалысын мұқият бақылайтын болсақ, олардың кейбіреулері көтеріліп, аспан меридианынан (кулминациядан) өтіп, батқанын байқаймыз. Ал кейбір шырақтар математикалық көкжиектен төмен батпайтынын байқаймыз, мысалы, Жердің солтүстік жарты шарының ортаңғы ендіктеріндегі Үлкен Аю (Темірқазық) шоқжұлдызы. Сонымен бірге аспанның оңтүстік жарты шарындағы кейбір жұлдыздар солтүстік жарты шарға мүлдем көтерілмейді. Шырақтың математикалық көкжиектен жоғары қарай қиып өтетін нүктесі оның *шығу нүктесі*, ал төмен қарай қиып өтетін нүктесі шырақтың *бату нүктесі* деп аталады. Аспан сферасының тәуліктік айналуынан шырақтар аспан параллельдері бойымен тынымсыз қозғалыста болады. Бақылау орны қай ендікте болғанына байланысты шырақтардың бір бөлігі математикалық көкжиекті қиып өтеді, ал қалғандары барлық уақытта не одан жоғары жақта, не төмен жақта қозғалады (4-сурет).

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.

Төртінші дәріс бойынша 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 дегеніміз не?
9. Зениттік қашықтық қалай анықталады?
10. Шырақтың көкжиектен биіктігі қалай анықталады?
11. Альмукуантарат дегеніміз не?
12. Шырақтың еңкеюін қалай анықтаймыз?
13. Шырақтың полюстік қашықтығын қалай анықтаймыз?
14. Сағаттық бұрышты қалай анықтаймыз?
15. Шырақтың тік шарықтауы қалай анықтаймыз?

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі:

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.