

## 2- MA'RUZA MASHG'ULOTI

**Mavzu: Yulduzlar osmoni va uning aylanishi. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, chiziq va aylanalari. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika. Gorizont, ekvatorial va ekliptikal koordinatalar sistemasi**

### Reja:

1. Yulduzlar osmoni va uning aylanishi
2. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, chiziq va aylanalari
3. Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika

### MASHG'ULOTNING MAQSADI:

Yulduzlar osmoni uning aylanishi va asosiy yulduz turkumlari bilan o'quvchilarni tanishtirish. Ularda osmon sferasining asosiy nuqta, chiziq va aylanalarining o'zaro joylashishlari to'g'risidagi tasavvurlarni shakllantirish. Quyoshning yillik ko'rinma yo'li va yillik bu harakatining sababini tushuntirish.

**Tayanch tushunchalar:** Osmon sferasi, zenith, nadir, vertical chiziq, matematik gorizont, sutkalik parallelar, og'ish aylanalari, osmon meridian, tush chizig'i, osmon ekvatori.

### MAVZUNING QISQACHA MAZMUNI

#### Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, chiziq va aylanalari

Osmon sferasi deb, radiusi ixtiyoriy qilib olingan va markazi fazoning ixtiyoriy nuqtasida yotgan shunday sferaga aytiladiki, bu sferada osmondagi yulduzlar, ma'lum bir vaqtda, fazoning tanlangan nuqtasidan qaralganda, qanday ko'rinma shundayligicha proektsiyalangan bo'ladi.

Ta'rifdan ko'rinishicha, osmon sferasi markazida joylashgan kuzatuvchi, uning sirtida joylashgan yulduzlarni, osmonda qanday ko'rinma, shundayligicha ko'radi. Osmon sferasida yoritgichlarning o'zaro joylashishi, ko'rinma va haqiqiy harakatlarini o'rganishda, uning quyidagi asosiy nuqta, chiziq va aylanalariga tayaniladi.

Osmon sferasining markazi va kuzatuvchi turgan nuqtadan o'tgan vertikal yo'nalishning osmon sferasi bilan kesishgan ikki nuqtasidan biri (kuzatuvchi bosh tomoni yo'nalishidagisi) *zenit* (Z), unga diametral qarama—qarshi yotgan ikkinchisi *nadir* (Z') deb yuritiladi (1—rasm). Sferaning bu nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq esa, vertikal chiziq deyiladi.



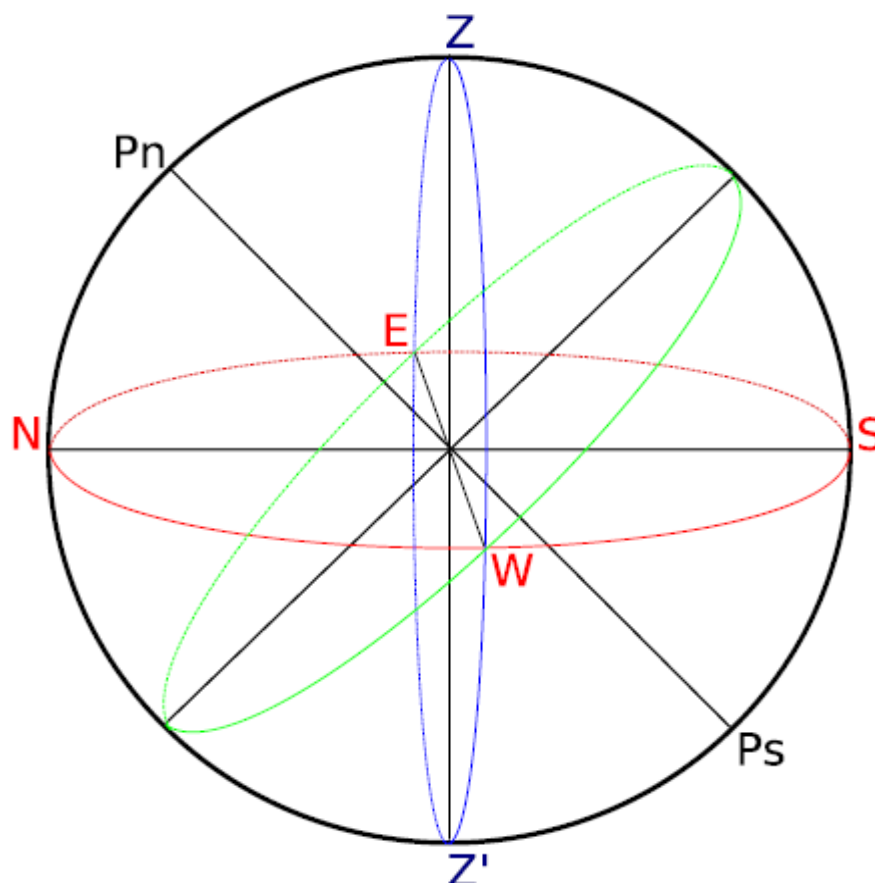
1—rasm.

Osmon sferasini markazidan vertikal chiziqqa perpendikulyar qilib o'tkaziladigan tekislik bilan kesishishdan hosil bo'lgan katta aylana - *matematik gorizont* deb yuritiladi. Matematik

gorizont tekisligiga parallel tekisliklar bilan sferani kesishishidan hosil bo'lgan aylanalar esa *almuqantaralar* deyiladi. Sferani vertikal o'q orqali o'tuvchi tekisliklar bilan kesishishidan hosil bo'lgan katta *aylanalar vertikal* aylanalar deb ataladi. Yuqorida eslatilgan nuqta va chiziqlar, kuzatuvchini Yer sharida o'z o'rnini o'zgartirishi bilan o'zgarib turadi. Osmon sferasining Yer sharining asosiy chiziq va nuqtalari bilan bog'liq bo'lgan shunday nuqta va chiziqlar mavjudki, ular Yerning istalgan joyidan kuzatilganda ham o'zgarmaydi. Olam qutblari, olam o'qi, osmon ekvatori va ekliptikalar shunday nuqta va chiziqlardan hisoblanadi. Yer o'qi davomlarining osmon sferasi bilan kesishgan nuqtalari Olam qutblari deyiladi. Yer o'qi shimoliy qutbi davomining kesishgan nuqtasi—shimoliy qutb (P), janubiy qutb davomining kesishgan nuqtasi esa Olamning janubiy qutbi (P') deyiladi. Olam qutblarini tutashtiruvchi o'q esa, Olam o'qi deb yuritiladi.

Osmon sferasini markazidan o'tib, uni Olam o'qiga tik tekislik bilan kesishishidan hosil qilingan katta aylana *osmon ekvatori* deyiladi. Osmon ekvatori Yer ekvatori bilan bir tekislikda yotadi. Osmon ekvatori tekisligiga parallel tekisliklar bilan sferani kesishishidan hosil bo'lgan aylanalar — *sutkalik parallellar* deyiladi. Olam o'qi orqali o'tuvchi tekisliklar bilan sferani kesishishidan hosil bo'lgan katta aylanalar esa, *og'ish aylanalari* deb ataladi.

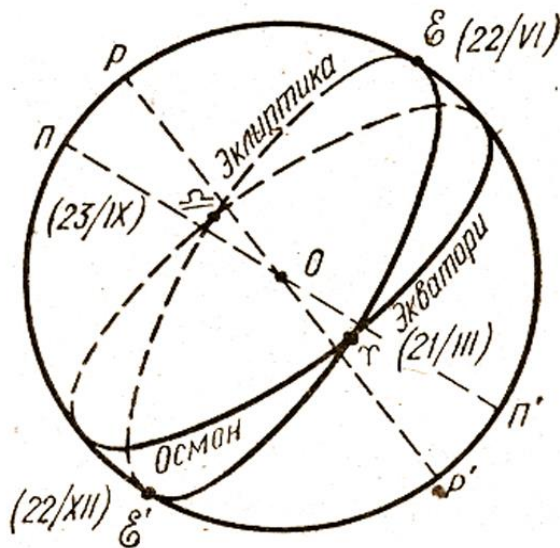
Osmon sferasining asosiy chiziqlari va aylanalari proeksiyalangan tekislikda yotib, Olam qutblari, zenit va nadir nuqtalardan o'tuvchi katta aylana - *osmon meridiani* deyiladi. Uning matematik gorizont bilan kesishgan nuqtalari esa shimol (Olamning shimoliy qutbiga yaqini) va janub (Olamning janubiy qutbiga yaqini) nuqtalari deb ataladi. Bu nuqtalardan  $90^\circ$  yoy masofada yotgan matematik gorizontning nuqtalari - Sharq va G'arb nuqtalari deyiladi. Matematik gorizont tekisligi bo'ylab yo'nalib, shimol va janub nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq *tush chizig'i* deb yuritiladi. Osmon sferasining yuqorida keltirilgan nuqta va chiziqlari o'rganilgach, ular asosida osmonning turli koordinata sistemalarini qabul qilish ortiqcha qiyinchilik tug'dirmaydi.



**Quyoshning yillik ko'rinma harakati. Ekliptika**

Quyoshning yulduzlar oralab g'arbdan sharqqa tomon siljishi, eslatilgandek, juda qadimdan sezilgan. Bu siljish har sutkada sal kam  $1^0$  bo'lib, bir yilda Quyosh osmon sferasining zodiak yulduz turkumlari oralab bir marta to'la aylanib chiqadi. Quyoshning yillik ko'rinma bu yo'li katta aylanasi ekliptika deb yuritiladi.

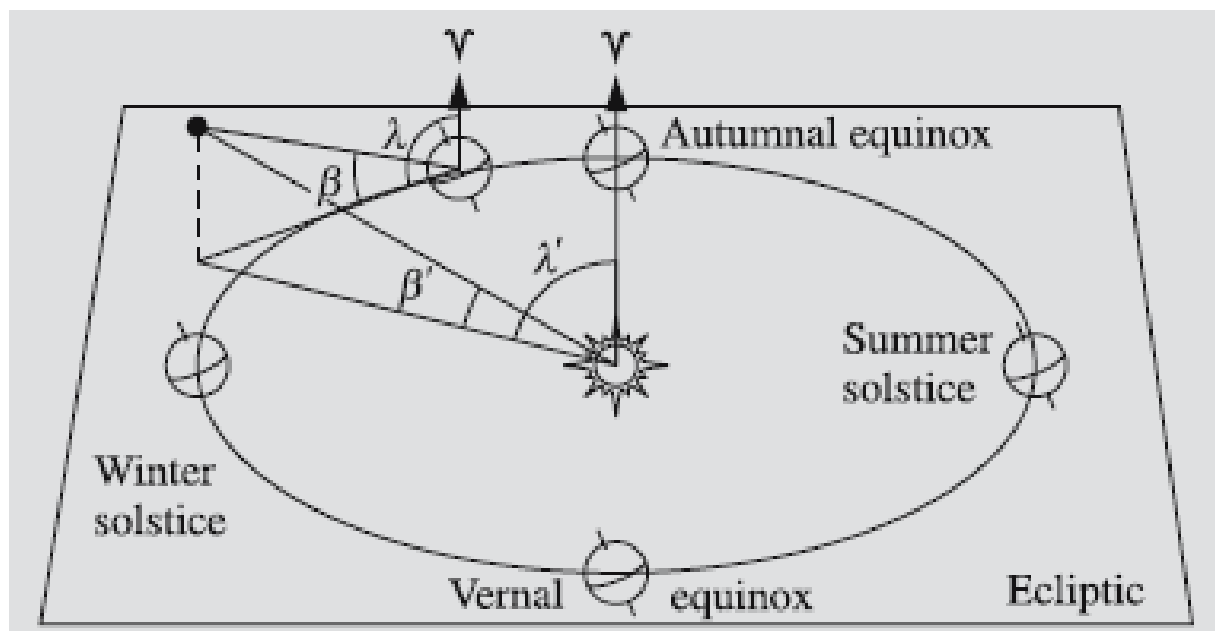
Yil davomida, ma'lum bir joydan turib sistemali ravishda, tush paytida Quyoshning zenitdan uzoqligini o'lchash, uning osmon ekvatoridan og'ishi  $-23^026'$  dan,  $+23^026'$  ga qadar o'zgarishini ma'lum qiladi. Bundan ekliptika tekisligining osmon ekvatoriga og'maligi  $23^026'$  ga tengligi ma'lum bo'ladi (3-rasm).



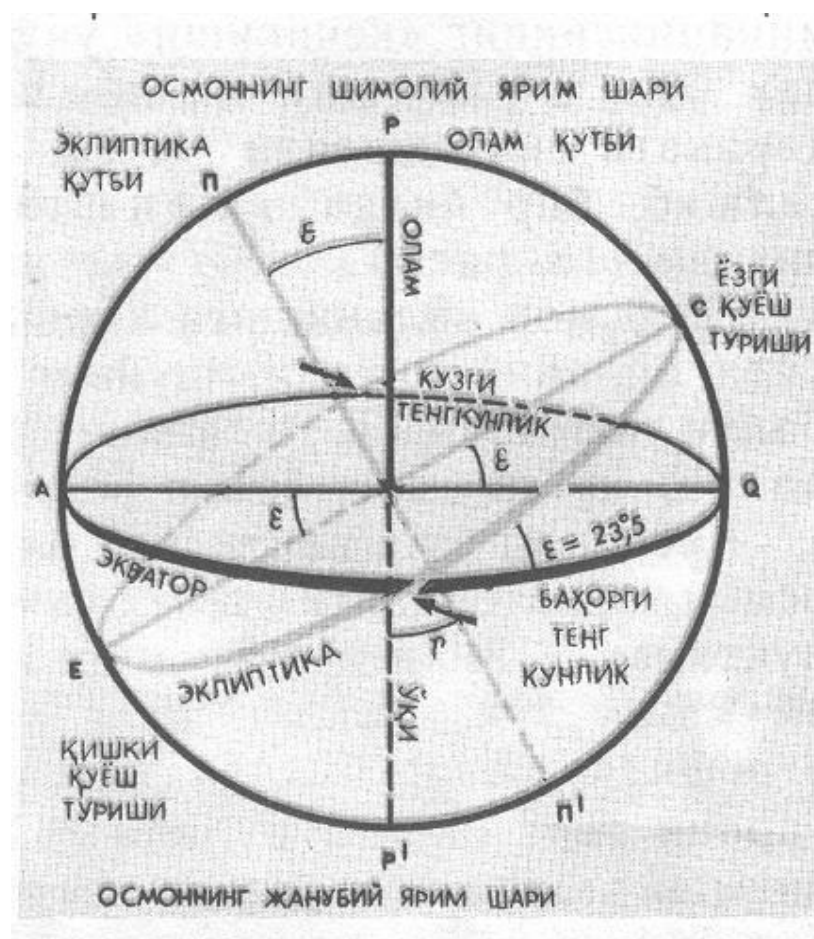
Ekliptikaning to'rtta asosiy nuqtasi bo'lib, bulardan ikkitasi uning osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtasini, qolgan ikkitasi esa, osmon ekvatoridan eng katta og'ishga ega bo'lgan nuqtalarini xarakterlaydi. Ekvator bilan kesishgan nuqtalaridan biri (Quyosh janubiy yarim shardan shimoliy yarim sharga kesib o'tganda hosil bo'lgani) - bahorgi teng kunlik nuqtasi ( $\gamma$ ) deyilib, Quyosh unda 21 mart kuni bo'ladi; ikkinchisi esa, kuzgi teng kunlik nuqtasi ( $\zeta$ ) deyilib, Quyosh unda 23 sentyabr kuni bo'ladi. Ekliptikaning osmonning shimoliy yarim sharda eng katta og'ishga ( $+23^026'$ ) ega bo'lgan nuqtasi - yozgi Quyosh turishi nuqtasi deyilib, bu nuqtada Quyosh 22 iyunda, janubiy yarim sharda eng katta og'ishga ( $-23^026'$ ) ega bo'lgan nuqtasi esa, qishki Quyosh turishi nuqtasi deyilib, unda Quyosh 22 dekabrda bo'ladi.

Osmon sferasining markazidan ekliptika tekisligiga tik qilib, o'tkazilgan o'q ( $PP'$ ) - ekliptika o'qi deyiladi. Ekliptika o'qining sfera sirti bilan kesishgan nuqtalari ekliptikaning shimoliy - P (shimoliy yarim shardagisi) va janubiy — P' (janubiy yarim shardagisi) qutblari deyiladi. Ekliptika qutblari orqali o'tgan katta aylanalar, yoritgichning kenglik aylanalari deyiladi.

Osmon sferasida Quyoshning ushbu yillik ko'rinma harakatini ham aks ettirish mumkin. Quyoshning yulduzlar fonida yillik ko'rinma harakat qilishi, aslida Yerning, Quyosh atrofida yillik haqiqiy harakati tufayli sodir bo'ladi. Binobarin Quyoshning yillik ko'rinma harakati tekisligi Yer orbita tekisligi bilan ustma-ust tushadi. Shuning uchun ham ekliptikaning osmon ekvatoriga og'maligi, Yer ekvatorining o'z orbita tekisligiga og'maligi bilan bir xil bo'lib  $\epsilon=23^026'$  ni tashkil qiladi.



4 – rasm. Ekliptika tekisligida osmon jismlarining geotsentrik va geliotsentrik koordinatalari o‘zaro teng.<sup>1</sup>



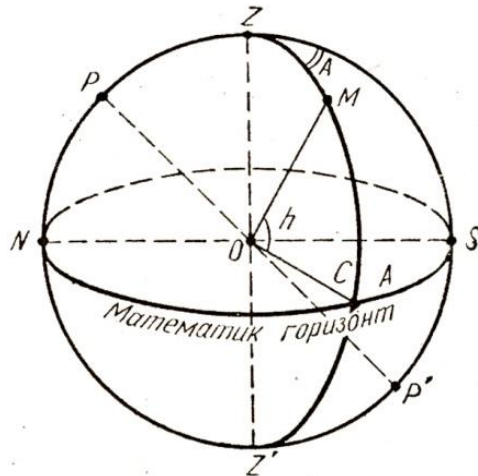
5 – rasm. Ekliptika va osmon ekvatori

<sup>1</sup> H. Karttunen, P. Krüger, H. Oja, M. Poutanen, K. J. Donner (Eds.)  
Fundamental Astronomy. Springer-Verlag Berlin Heidelberg -2007

### Gorizontalar koordinatalar sistemasi

Gorizontalar koordinatalar sistemasida yoritgichlarning o'rnini ikki koordinata bilan xarakterlanadi. Bulardan biri yoritgichning *azimuti*  $A$ , ikkinchisi uning *balandligi*  $h$  deyiladi. Bu sistemada koordinata boshi qilib Janub nuqtasi olinadi.

Yoritgichning azimuti deb, yoritgich orqali o'tkazilgan vertikal yarim aylananing osmon meridiani bilan zenitda hosil qilingan sferik burchagiga aytiladi (1-rasm). Ko'pincha azimut, shu burchakka tirilgan va matematik gorizont bo'ylab yo'nalgan yoy bilan ya'ni, Janub  $S$  nuqtasidan, eslatilgan vertikal yarim aylananing matematik gorizont bilan kesishgan  $S$  nuqtasigacha bo'lgan yoy uzunligi bilan o'lchanadi. Yoritgichning balandligi esa, yoritgichdan o'tgan vertikal yarim aylananing matematik gorizont bilan kesishgan  $S$  nuqtasidan  $M$  yoritgichgacha bo'lgan yoy uzunligi bilan o'lchanadi.



1 – rasm. Gorizontalar koordinatalar sistemasi.

Osmon sferasining markazidagi kuzatuvchi uchun azimut  $A$ , matematik gorizont bo'ylab soat strelkasi yo'nalishida o'lchansa, musbat ishorali; teskari yo'nalishda esa, manfiy ishorali bo'ladi. O'lchash chegarasi  $\pm 180^\circ$  gacha. Balandlik  $h$ , matematik gorizont ustida musbat ishorali, ostida esa manfiy ishorali.

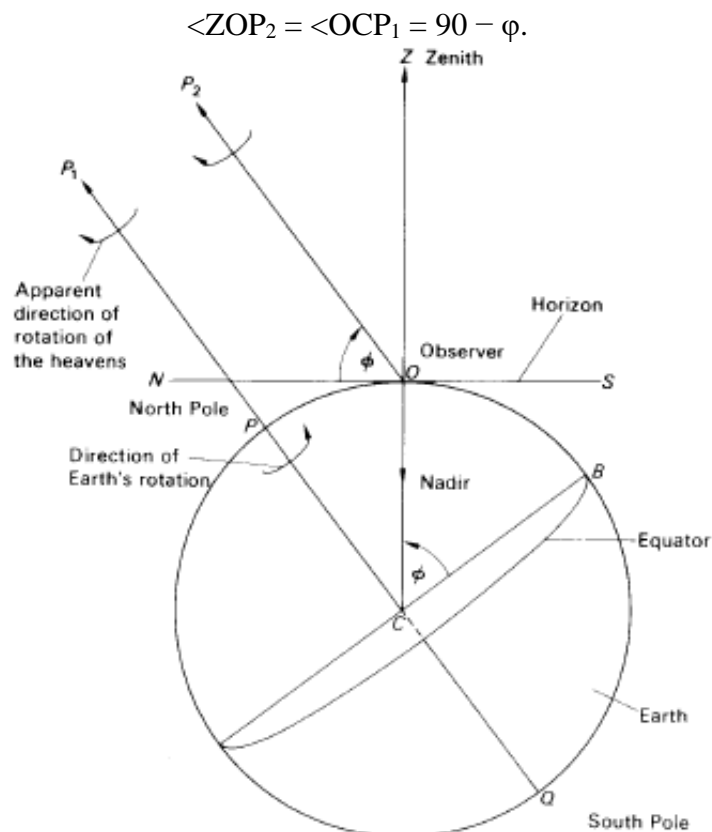
Yoritgichning balandligi  $h$  o'rniga ba'zan uning zenitdan uzoqligi  $z$  olinadi.  $h + z = 90^\circ$  bo'lganidan, bu kattaliklardan biri berilsa, ikkinchisi oson topiladi.

Gorizontalar koordinatalar sistemasi kattaliklari  $A$  va  $h$  (yoki  $z$ ) lar yoy gradusi, minuti va sekundlarida o'lchanadi. Bu koordinatalar sistemasining kamchiligi shundaki, kuzatuvchi Yer sharida o'z o'rnini o'zgartirishi bilan yoritgichning gorizontalar koordinatalari ham o'zgaradi. Bu sistema bilan faqat ma'lum observatoriyada yoki kuzatish punktlaridagina ish olib borish mumkin bo'ladi.

#### Gorizontalar (alt-Azimut) sistema

Maskur sistema ko'p hollarda ancha soddadir, ko'pincha kuzatuvchini geografik kengligiga bog'liqdir va uning markazini kesib o'tuvchi osmon jismlarini harakatiga ham bog'liq. 2-rasmda  $O$  nuqtadagi kuzatuvchining shimoliy kengligi  $\varphi$  ga teng bo'lsa, u holda unga qarama-qarshi joylashgan nuqtani aniqlash mumkin, maskur nuqta zenith deb qaraladi,  $Z$ . Bu to'g'ri chiziq yo'nalishi nadir nomi bilab ma'lumdir, Yerning markazini tashlab chiqayotganimizda biz Yerni sferik shakilli deb hisoblaymiz. Barcha tomonlardan qaraganda aylanish tekisligi gorizontga nisbatan yarimsferani hosil qiladi. Chunki Yerning aylanishi shimoldan janubga  $PQ$  o'q atrofida sodir bo'ladi, Osmonda  $P_1$  nuqtaga o'tkazilgan qarama-qarshi chiziq  $QP$  bilan osmon sferasini o'zaro kesishishidan hosil bo'ladi. Yana bir sababi sferaning radiusi Yerning radiusiga qaraganda chegaralanmagan, maskur nuqta  $P_2$  nuqtadan ahamiyatsizroqdir, buda  $OP_2$  nuqta  $QPP_1$  chiziqqa paralleldir. U holda  $P_2$  nuqtani shimoliy qutb nuqtasi deb qarash mumkin va barcha yulduzlar traektoriyalari  $P_2$  nuqtaga nisbatan markazlashgan har xil tomonlardan tashqarida aylanishi

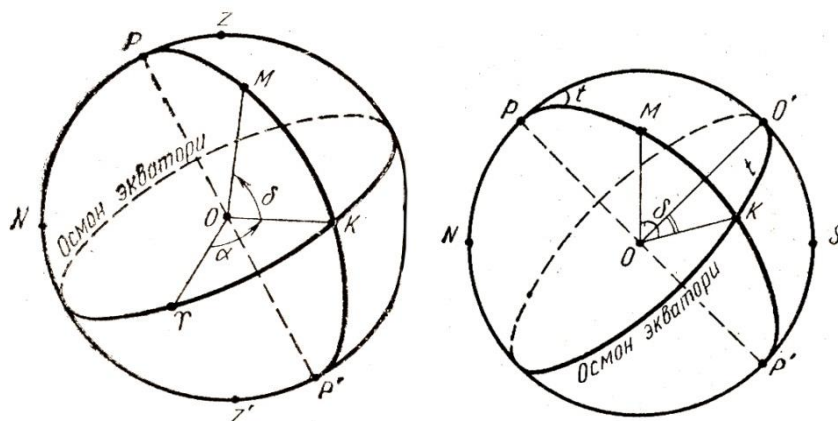
mumkin. Garchand qutb, qutb yulduzi mavqeyi bitta bo'sa ham- katta burchakli astronomik masofalar uchun biz to'rt Oy kalendari mobaynida (Oyning burchak diametri~ 30') qutb aylanasi chgarasida yotishi mumkin, ikkalasi ham shimoliy qutb atrofidadir. N va S nuqtalar shunday nuqtalarki, ularda zinetga nisbatan kesib o'tuvchi katta aylana o'tadi, qutb gotizont bilan uchrashadi. N shimoliy nuqta qutbning ikki tomoniga yaqinlashadi: quyi va yuqori. Chunonchi  $OP_2$  chiziq  $CP_1$  chiziqqa parallel bo'lgani uchun quyidagi formula o'rinlidir. [60-betlar]<sup>2</sup>



2 – rasm. Yerdagi kuzatuvchinig vaziyati bilan bog‘liq osmon jismlarini koordinatalarini aniqlash

### Ekvatorial koordinatalar sistemasi

**1-ekvatorial koordinatalar sistemasi.** Bu sistemada yoritgichlarning o‘rni soat burchagi  $t$  va og‘ish burchagi yoki og‘ish  $\delta$  deyiluvchi koordinatalarda o‘lchanadi. Koordinata boshi qilib, osmon meridianining ( $P, Q, S, P'$  yoy) janubiy qismi bilan osmon ekvatorining kesishgan nuqtasi  $Q$  olinadi (3–a, b va 4 –rasm).



<sup>2</sup> \* A.E.Roy and D.Clarke Astronomy Principles and practice 2000 y.



a)

b)

3–rasm. Birinchi va ikkinchi ekvatorial koordinatalar sistemasi.

Osmondagi istalgan yoritgichning soat burchagini topish uchun u orqali yarim og‘ish aylanasi o‘tkazilib, uning osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtasi  $K$  topiladi. Bu nuqtaning koordinata boshidan uzoqligi yoki yoritgich orqali o‘tgan yarim og‘ish aylanasining osmon meridiani bilan hosil qilgan olam qutbidagi sferik burchagi – yoritgichning *soat burchagi* deyiladi.

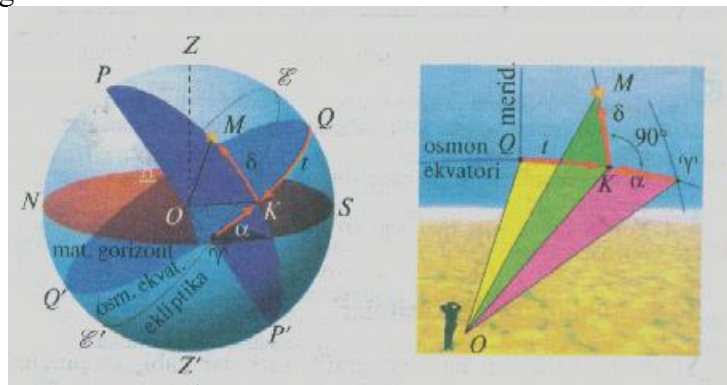
Yoritgichning og‘ishi esa, yoritgichdan o‘tgan yarim og‘ish aylanasining osmon ekvatori bilan kesishgan nuqtasidan ( $K$ ) yoritgichgacha bo‘lgan yoy uzunligi bilan o‘lchanadi. Yoritgichning soat burchagi, sferaning markazida turgan kuzatuvchi uchun, soatlarda ( $h$ ) minutlarda ( $m$ ) va sekundlarda ( $s$ ) soat strelkasi yo‘nalishi bo‘ylab yoki, boshqacha aytganda, osmon sferasining aylanishi yo‘nalishi bo‘ylab,  $0^0$  dan  $360^0$  gacha (yoy hisobida) yoki  $24^h$  gacha (vaqt hisobida) o‘lchanadi. Ba‘zan bu yo‘nalish musbat yo‘nalish deb qabul qilinib, to  $180^0$  gacha (yoy hisobida) yoki  $+12^h$  gacha hisoblanadi, u holda teskari yo‘nalish bo‘ylab  $t$  ning ishorasi manfiy hisoblanib,  $-12^h$  gacha o‘lchanadi.

Yoritgichning og‘ish burchagi, osmonning shimoliy yarim sharida musbat ishorali, janubiy yarim sharida esa manfiy ishoralidir. Og‘ish burchagi yoy graduslarida, minutlarida va sekundlarida o‘lchanadi. Ba‘zan yoritgichning og‘ish burchagi  $\delta$  o‘rniga uning qutbdan uzoqligi  $r$  ishlatiladi. Yoritgichning qutbdan uzoqligi  $r$ , og‘ish burchagini  $90^0$  ga to‘ldiruvchi burchak bo‘lganidan, (ya‘ni  $\delta + r = 90^0$ ), bu burchaklardan birining berilishi kifoya.

Aniq bir yarim og‘ish aylanasi ustida yotgan barcha yulduzlarning soat burchaklari bir xil bo‘ladi.

**2–ekvatorial koordinatalar sistemasi.** Bu ekvatorial sistemada koordinata boshi qilib, ekliptika va osmon ekvatorining kesishgan, nuqtalaridan biri – *bahorgi tengkunlik nuqtasi*  $\Upsilon$  olinadi. Yoritgichlarning o‘rni ularning *to‘g‘ri chiqishi*  $\alpha$  va *og‘ishi*  $\delta$  deyiluvchi koordinatalar orqali xarakterlanadi.

Yoritgichning to‘g‘ri chiqishi  $\alpha$ , u orqali o‘tgan yarim og‘ish aylanasining osmon ekvatori bilan kesishgan  $K$  nuqtasining  $\Upsilon$  dan uzoqligi bilan yoki  $\Upsilon OK$  tekis burchak bilan o‘lchanadi (3–b va 4–rasm).  $\alpha$  ham, soat burchagi  $t$  kabi, soatlarda, minutlarda va sekundlarda o‘lchanadi. Yoritgichning to‘g‘ri chiqishi  $\alpha$ ,  $\Upsilon$ - nuqtasidan osmon sferasining ko‘rinma aylanishiga teskari yo‘nalishda  $0^h$  dan  $24^h$  gacha o‘lchanadi.



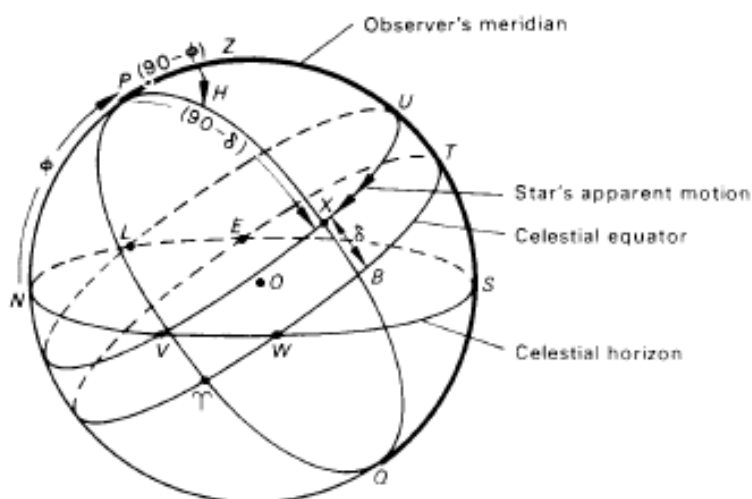
4 – rasm. Birinchi va ikkinchi ekvatorial koordinatalar sistemalarini fazoviy tasavvur qilish.

Yoritgichning og‘ishi 1–ekvatorial sistemada eslatilganidek o‘lchanadi. Yoritgichlarning 2–ekvatorial koordinatalar sistemasida aniqlangan koordinatalari, Yer sharining hamma nuqtalarida bir xil bo‘ladi; biroq gorizontal koordinatalar ( $A, h, z$ ) va 1–ekvatorial koordinatalar sistemasining soat burchagi  $t$ , yoritgichlarning sutkalik ko‘rinma harakatlari tufayli, sutka davomida o‘zgaradi. Ekvator bo‘ylab joylashgan barcha yoritgichlarning og‘ishi  $0^0$  ga teng bo‘lib, ma‘lum yarim og‘ish aylanasi bo‘ylab joylashgan barcha yoritgichlar bir xil to‘g‘ri chiqishga ega bo‘ladilar.

Ekliptikaning asosiy nuqtalarning bu sistemada koordinatalari quyidagicha bo'ladi: bahorgi va kuzgi tengkunlik nuqtalari, mos ravishda,  $\Upsilon(0; 0)$ ,  $\Omega(12^h; 0)$ , yozgi va qishki quyosh turishi nuqtalari esa, mos ravishda,  $\epsilon(6^h; +23^026')$  va  $\epsilon'(18^h; -23^026')$ .

#### Ekvatorial sistema

Agar biz Yerning ekvator tekisligini kengaytirsak, u osmon sferasini katta aylanaga ajratgan bo'lar edi va u **osmon ekvatori** deb nomlangan bo'lar edi. Maskur aylana gorizont alaynani ikki W va E nuqtalarda kesib o'tadi (5-rasm). W va E nuqtalar sharq va g'arb nuqtalaridir. P va Z nuqtalar mos ravishda osmon ekvatori va gorizontni qutblaridir. Biroq W nuqta P va Z aylanalarini  $90^0$  burchak ostida kesib o'tadi. Demak, W nuqta ZPN katta aylananing qutbidir va u shuning uchun N va S nuqtalarga  $90^0$  burchak ostida joylashgan. Shunday qilib, u garbiy nuqtadir. Shu kabi fikr yuritsak E nuqta sharqiy nuqtadir. Har qanday P va Q nuqtalardan o'tuvchi katta yarim aylana **meridian** deb ataladi. Meridian X osmon jismidan o'tadi, X PXBQ yarimaylanani hosil qiladi va osmon ekvatorini B nuqtada kesadi (5-rasmga qarang). Xususan, PZT meridian SQ chiziqni ko'rsatadi, sababi u osmono'par chiziqni ahamiyatliligini ko'rsatadi, u kuzatuvchining meridianidir. [61-betlar]<sup>3</sup>



5 – rasm. Ekvatorial sistema

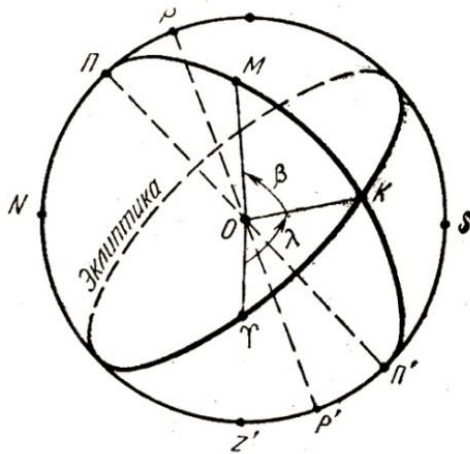
#### Ekliptikal koordinatalar sistemasi

Bu sistemada yoritgichlarning o'rni *astronomik kenglama*  $\beta$  va *astronomik uzunlama*  $\lambda$  (ba'zan, mos ravishda, *eklitikal kenglama* va *ekliptikal uzunlama*) deyiluvchi koordinatalar bilan xarakterlanadi. Koordinata boshi sifatida bu sistemada ham bahorgi tengkunlik nuqtasi  $\Upsilon$  olinadi.

Yoritgichlarning astronomik kenglamasi  $\beta$ , ekliptikadan M yoritgichdan o'tgan kenglik aylanasi bo'ylab to yoritgichgacha bo'lgan yoy bilan (yoki MOK tekis burchak orqali) o'lchanadi (6-rasm). Kenglik aylanasi deb yoritgich va ekliptika qutblari orqali o'tgan aylanaga aytiladi. Yoritgichning astronomik uzunlamasi  $\lambda$  esa, bahorgi tengkunlik nuqtasidan  $\Upsilon$  yoritgich orqali o'tgan kenglik yarim aylanasi bilan kesishgan nuqtasigacha bo'lgan yoy uzoqligi (ekliptika bo'ylab) bilan yoki  $\Upsilon OK$  tekis burchak bilan o'lchanadi. Uni o'lchash, osmon sferasining sutkalik ko'rinma aylanishiga teskari yo'nalishda bajariladi. Astronomik uzunlama yoy gradusi, minuti va sekundlarida; uzunlamasi esa – vaqt soati, minuti va sekundlarida o'lchanadi.

<sup>3</sup> \*A.E.Roy and D.Clarke Astronomy Principles and practice 2000 y.





6 – rasm. Ekliptikal

koordinatalar sistemasi.

### Olam qutbining balandligi va joyning geografik kenglamasigi orasidagi bog‘lanish

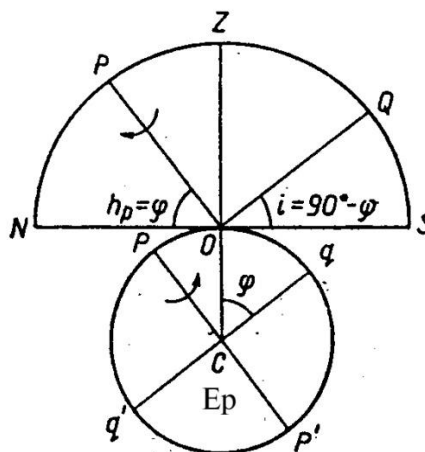
**Teorema:** Yer sharining istalgan nuqtasidan kuzatilganda, olam qutbining matematik gorizontdan balandligi  $h_p$  shu joyning geografik kenglamasi  $\varphi$  ga teng bo‘ladi.

7-rasmdan ko‘rinishicha, osmon meridiani bo‘ylab zenitdan ekvator tekisligigacha bo‘lgan yoy uzunligi  $ZQ$ , Yer sharida kuzatuvchi turgan  $O$  nuqta geografik kenglamasining yoyi  $qO$  bilan bir xil markaziy burchakni ( $QOZ$ ) tashkil qiladi. Bu burchak tomonlari, olam qutbining balandligini xarakterlovchi  $NP$  yoyga tiralgan  $NOP$  tekis burchakning mos tomonlari bilan o‘zaro perpendikulyar ekanligini tushunish qiyin emas, ya’ni

$$ON \perp OZ \text{ va } OP \perp OQ.$$

Binobarin, mos tomonlari o‘zaro perpendikulyar bo‘lgan burchaklarning tengligidan  $\angle NOP = \angle QOZ$  bo‘ladi. Ma’lumki bu burchaklar, mos ravishda,  $h_p$  va  $\varphi$  larga teng, ya’ni

$$\angle NOP = h_p, \quad \angle QOZ = \varphi.$$



7 – rasm. Olam qutbining balandligi va joyning kenglamasi orasidagi bog‘lanish.

Shunga ko‘ra, teorema aytganidek

$$h_p = \varphi$$

bo‘ladi.