

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI
NIZOMIY NOMIDAGI
TOSHKENT DAVLAT PEDAGOGIKA UNIVERSITETI

M.M.Mamadazimov A.M.Tillaboyev Sh.E.Nurmamatov

ASTRONOMIYA KURSIDAN

MASALALAR TO‘PLAMI

*Oliy o‘quv yurtlarining 5110200 – “Fizika va astronomiya o‘qitish metodikasi”
ta‘lim yo‘nalishi ixtisosliklari uchun metodik qo‘llanma*

TOSHKENT – 2019

Mualliflar:

M.M.Mamadazimov

A.M.Tillaboyev

Sh.E.Nurmamatov

Taqrizchilar:

B.Dj.Sattarova

U.Rustamov

Mazkur masalalar to'plami Oliy pedagogik o'quv yurtlarining "5110200-Fizika va astronomiya o'qitish metodikasi" ta'lim yo'nalishlari talabalari uchun mo'ljallangan.

To'plamda "Astronomiya kursi" fanining amaliy mashg'ulotlari mavzulari bo'yicha masalalar keltirilgan.

SO‘Z BOSHI

Masalalarni yechish umumiy astronomiya kursini o‘zlashtirishga yordam beradi, chunki u fanning nazariy asosini qo‘llanilishini ko‘rsatadi. Har bir bo‘limdagi masalalar qiyinlik darajasi oshib borishi tartibida soddadan murakkabga qarab joylashgan. Masalalardan oldin qisqa nazariy ma’lumotlar va xarakterli masalalarning taxlili keltirilgan.

Masalalar pedagogika universitetlarida o‘rganiladigan umumiy astronomiya kursining barcha asosiy bo‘limlari bo‘yicha tuzilgan. Ko‘pgina masalalarda bir nechta obyektlar bilan yoki Yer sirtining har xil joyida kuzatiladigan bir xil xodisalar bilan bog‘liq yechimlarni topish talab qilinadi. Bunday talab masalalar yechimiga qarab umumlashtiruvchi xulosalarni chiqarish mumkin bo‘lishi uchun qo‘yilgan, chunki har xil variantlar har xil talabalar tomonidan bajarilgan bo‘lishi mumkin. O‘qituvchi masalaning bitta variantining yechimini ko‘rsatib, qolganlarini talabalarga mustaqil yechishga taklif etishi mumkin.

Astronomiyaning barcha bo‘limlari orasidagi o‘zaro bog‘langanlik masalalarni aniq bir bo‘lim bo‘yicha taqsimlashga imkon bermaydi, shu sababli ba’zi bir masalalar joyini almashtirishga to‘g‘ri kelgan.

Sferik astronomiyaning planetalar konfiguratsiyasi va sun‘iy osmon jismlarini uchirishga doir masalalarni yechishda, masalani yechishni yengillashtiruvchi chizmalarni chizish, olgan natijalarni jadvallarga kiritish foydali bo‘lib, ularni taxlil qilish qonuniyatlarni topishga, zarur xulosalarni chiqarishga va natijalarning haqiqiylikini ko‘rsatishga yordam beradi.

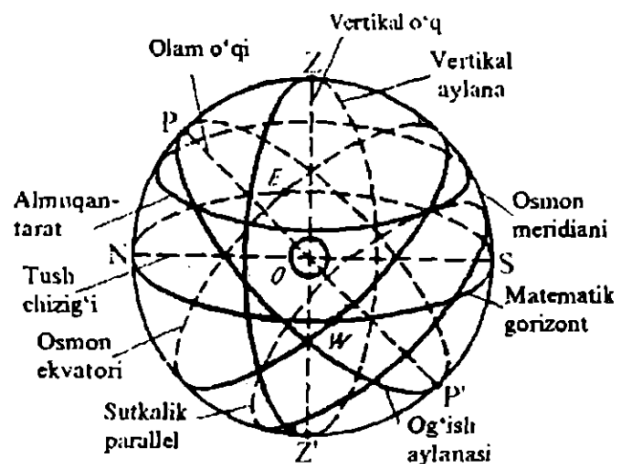
Kosmik apparatlar (KA) va yerning suniy yo‘ldoshlariga doir masalalar yechishning o‘ziga xos xususiyatlari bor, bunda talaba fikrlash va tasavvur etish qobiliyatiga ega bo‘lishi kerak.

Ilmiy tadqiqotlardan farqli o‘laroq ushbu masalalarni yechishda juda yuqori aniqlik shart emas. Shu sababli masalalarni har xil aniqlikda yechish mumkin, demak, javoblar ham bir — biridan biroz farq qilishi mumkin. O‘qituvchi masalalarda berilgan raqamlarni ma’lum bir chegarada yaxlitlashi, talabalarni xam shunday qilishga o‘rgatishga haqlidir. O‘quv jarayonida uchta raqam aniqligida xisoblashlarni olib borish yetarli hisoblanadi.

I-BOB. SFERIK VA AMALIY ASTRONOMIYA ASOSLARI

1-§. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, chiziq va aylanalari

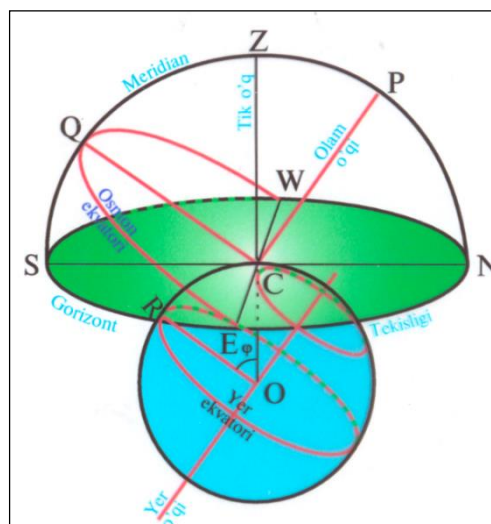
Osmon sferasi deb ixtiyoriy radiusli, markazi fazoning ixtiyoriy nuqtasida bo'lgan va fazoning ma'lum bir nuqtasidan aniq bir vaqtda qaralganda osmon yoritgichlari qanday ko'rinsa, shundayligicha proeksiyalangan faraziy sferaga aytiladi. Osmon sferasida yoritgichlarning ko'rinma o'rinlari va harakatlari uning asosiy aylana va chiziqlariga nisbatan aniqlanib, o'lchashlar yoy graduslari, minutlari va sekundlari orqali olib boriladi. Sferaning asosiy aylanalari va chiziqlari kuzatuvchining o'ri hamda Yerning asosiy aylanalari va chiziqlari bilan bevosita bog'liq bo'lib, quyidagilardan iborat bo'ladi.



1-rasm. Osmon sferasining asosiy chiziqlari va nuqtalari

Sfera markazidan o'tib, shovun ipi bo'ylab yo'nalgan to'g'ri chiziq davomlarining osmon sferasi bilan kesishgan nuqtalari *zenit* (Z) va *nadir* (Z') nuqtalari deyilib, bu nuqtalarni tutashtiruvchi chiziq esa *vertikal chiziq* deb yuritiladi (1-rasm). Vertikal chiziqqa tik qilib, osmon sferasi markazidan o'tkazilgan tekislikning sfera bilan kesishishidan hosil bo'lgan katta aylana *matematik gorizont* deyiladi. Yer o'qi davomlarining (Yer osmon sferasi markazida deb qaralganda) osmon sferasi bilan kesishgan nuqtalari mos ravishda *olamning shimoliy* (P) va *olamning janubiy* (P') qutblari deyilib, bu qutblarni tutashtiruvchi o'q *olam o'qi* deyiladi. Osmon yoritgichlarining sutkalik ko'rinma aylanishlari shu o'q atrofida kuzatiladi. Olam o'qiga tik qilib, osmon sferasi markazidan o'tkazilgan tekislikning sfera bilan kesishishidan hosil bo'lgan katta aylana *osmon ekvatori* deb yuritiladi. Olam qutblari, zenit va nadirdan o'tgan katta aylana osmon meridian deb, bu meridianning matematik gorizont bilan kesishgan nuqtalari esa *shimoliy* (N) va *janubiy* (S) nuqtalar deyiladi. Osmon meridiani va matematik gorizont tekisliklari *tush chizig'i* deb ataluvchi to'g'ri chiziq bo'ylab kesishadi.

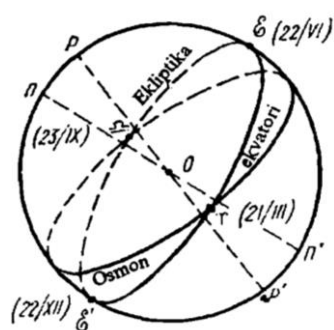
Sferaning osmon ekvatoriga parallel tekisliklar bilan kesishishidan hosil boʻlgan aylanalar *sutkalik parallellar* deyilib, matematik gorizontga parallel tekisliklar bilan kesishishidan hosil boʻlgan aylanalar esa *almuqantaralar* deb ataladi. Yoritgichlarning sutkalik koʻrinma harakatlari sutkalik parallellar boʻylab kuzatiladi. Olam qutblari (P va P') orqali oʻtuvchi katta aylanalar *ogʻish aylanalar* (yoki soat aylanalari) deb, zenit va nadir orqali oʻtuvchi katta aylanalar esa *vertikal aylanalar* deb ataladi. Osmon meridiani



2-rasm. Osmon sferasi va Yer sharidagi chiziqlar va tekisliklar orasidagi munosabat

tekisligiga tik boʻlib, vertikal oʻq orqali oʻtuvchi tekislikning sfera bilan kesishishidan hosil boʻlgan vertikal yarim aylanalar birinchi vertikkallar deyilib, ular matematik gorizontni *sharqiy* (E) va *gʻarbiy* (W) nuqtalarida kesib oʻtadi.

Olam qutbining matematik gorizontdan balandligi har doim kuzatish joyining geografik kengligiga teng boʻladi (2-rasm). Quyosh markazining yil davomida yulduzlar oralab qilgan koʻrinma harakati (Yerning Quyosh atrofidagi haqiqiy aylanma harakati tufayli) trayektoryasi Yerdagi kuzatuvchi uchun katta aylanadan iborat boʻlib, bu aylana *ekliptika* deb yuritiladi (3-rasm). Ekliptika



3-rasm. ekliptika

osmon ekvatori bilan kesishib, ularning tekisliklari oʻzaro $\varepsilon = 23^{\circ}27'$ li burchak hosil qiladi. Ekliptika va osmon ekvatorining kesishgan nuqtalari bahorgi tengkunlik va kuzgi tengkunluk nuqtalari deyilib, ulardan biri – *bahorgi tengkunlik* nuqtasi (Υ) Xut yulduz turkumida joylashadi, ikkinchisi – kuzgi tengkunlik nuqtasi (ϖ) Sunbula yulduz turkumidan joy oladi. Eslatilgan nuqtalarni bahorgi va kuzgi tengkunlik nuqtalari deyilishining sababi, Quyosh markazi bu nuqtalarda bahorda (21-mart) va kuzda (23-sentyabr) boʻlishidandir. Ekliptikaning bu

nuqtalardan 90° li burchak masofada yotuvchi nuqtalari yozgi (ξ , shimoliy yarim sharda) va qishki (ξ' , janubiy yarim sharda) Quyosh turishi nuqtalari deb ataladi. Bu nuqtalarda Quyosh markazi 22-iyun va 22-dekabrda kunlari boʻladi. Ekliptika tekisligiga tik qilib osmon sferasi markazidan oʻtkazilgan toʻgʻri chiziqlarning osmon sferasi bilan kesishgan nuqtalari ekliptika qutblari (Π va Π') deyilib, bu nuqtalarni tutashtiruvchi chiziq ekliptika oʻqi deyiladi. Ekliptika oʻqining olam oʻqiga ogʻmaligi ekliptika tekisligining osmon ekvatoriga ogʻmaligiga teng boʻlib, $23^{\circ}27'$ ni tashkil qiladi.

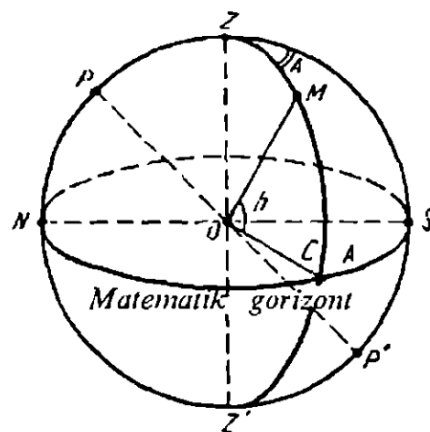
Osmon koordinatalari sistemalari

Yer shari ustida joylashgan ma'lum punktning o'rni geografik koordinatalarda aniqlansa, yoritgichlarning osmondagi o'rni esa sferik koordinatalar yordamida aniqlanadi. Ma'lumki, Yerdagi aniq bir joyning o'rni geografik uzunlama (λ) va kenglama (φ) orqali belgilanadi. Geografik koordinatalar sistemasida sanoq boshi qilib, Grinвич (Angliya) observatoriyasidan o'tgan nolinci meridianning ekvator bilan kesishgan nuqtasi olinadi. Bunda ma'lum joy meridianining Grinвич meridianidan yoy hisobidagi uzoqligi (ekvator bo'ylab) joyning sharqiy yoki g'arbiy (qaysi tomonda joylashishiga qarab) uzunlamasini beradi. Shu joyning meridian bo'ylab ekvatoridan uzoqligi uning kenglamasini xarakterlaydi.

Sferik koordinatalarda yoritgichlarning o'rnini aniqlash, geografik koordinatalarda ma'lum punktning joyini aniqlashga juda o'xshab ketadi.

Gorizont koordinatalar sistemasi

Bu sistemada sanoq boshi qilib, matematk gorizontning janubiy nuqtasi (S) olinadi (4-rasm). Osmonda M yoritgichning o'rni gorizont koordinatalar sistemasida azimut (A) va balandlik (h) deb ataluvchi koordinatalar bilan aniqlanadi. Yoritgichning azimuti deb, yoritgichdan o'tgan vertikal aylana bilan koordinata boshi (S) dan o'tgan vertikal yarim aylana orasidagi zenitda hosil bo'lgan sferik burchakka aytiladi. Bu burchak gorizontdagi Sm_1 yoy bilan o'lchanadi. Yoritgichning balandligi deb,

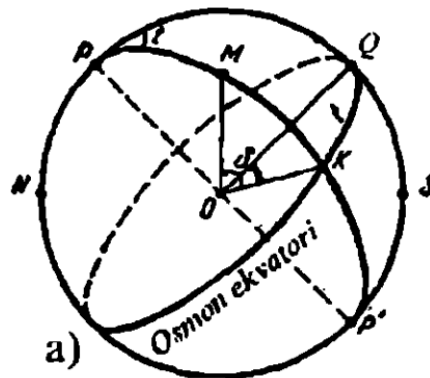


4-rasm. Gorizont koordinatalar sistemasi

yoritgichdan o'tgan vertikal aylana bo'ylab gorizontdan shu yoritgichgacha bo'lgan Mm_1 yoy uzunligiga aytiladi. Ba'zan yoritgichning balandligi o'rnida uning zenitdan uzoqligi (z) olinadi. $z = 90^\circ - h$ bo'lib, vertikal aylana bo'ylab ZM yoy bilan o'lchanadi.

Birinchi ekvatorial koordinatalar sistemasi

Bu sistemada yoritgichlarning o'rni soat burchagi t va og'ish burchagi yoki og'ish δ deyiluvchi koordinatalarda o'lchanadi. Koordinata boshi qilib, osmon meridianining (P, Q, S, P' yoy) janubiy qismi bilan osmon ekvatorining kesishgan nuqtasi Q olinadi (5 -rasm). Osmondagi istalgan yoritgichning soat burchagini topish uchun u orqali yarim og'ish aylanasi o'tkazilib, uning osmon ekvatori bilan kesishgan



5-rasm. Birinchi ekvatorial koordinatalar sistemasi

nuqtasi K topiladi. Bu nuqtaning koordinata boshidan uzoqligi yoki yoritgich orqali o'tgan yarim og'ish aylanasi osmon meridiani bilan hosil qilgan olam qutbidagi sferik burchagi – yoritgichning *soat burchagi* deyiladi.

Yoritgichning og'ishi esa, yoritgichdan o'tgan yarim og'ish aylanasi 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.

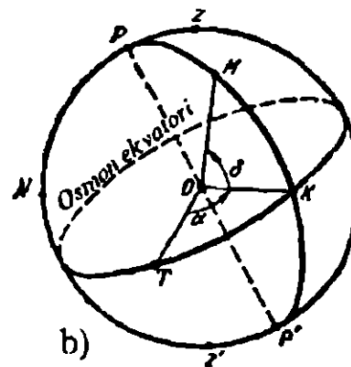
Yoritgichning og'ish burchagi, osmonning shimoliy yarim sharida musbat ishorali, janubiy yarim sharida esa manfiy ishoralidir. Og'ish burchagi yoy graduslarida, minutlarida va sekundlarida o'lchanadi. Ba'zan yoritgichning og'ish burchagi δ o'rniga uning qutbdan uzoqligi r ishlatiladi. Yoritgichning qutbdan 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.

Ikkinchi ekvatorial koordinatalar sistemasi

Bu ekvatorial sistemada koordinata boshi qilib, ekliptika va osmon ekvatorining kesishgan, nuqtalaridan biri – *bahorgi tengkunlik nuqtasi* Υ olinadi. Yoritgichlarning o'rni ularning *to'g'ri chiqishi* α va *og'ishi* δ deyiluvchi koordinatalar orqali xarakterlanadi.

Yoritgichning *to'g'ri chiqishi* α , u orqali o'tgan yarim og'ish aylanasi osmon ekvatori bilan kesishgan K nuqtasining Υ dan uzoqligi bilan yoki ΥOK tekis burchak bilan o'lchanadi (6-rasm). α ham, soat burchagi t kabi, soatlarda, minutlarda va sekundlarda o'lchanadi. Yoritgichning *to'g'ri chiqishi* α , Υ - nuqtasidan osmon sferasining ko'rinma aylanishiga teskari yo'nalishda 0^h dan 24^h gacha o'lchanadi.



6-rasm. Ikkinchi ekvatorial koordinatalar sistemasi.

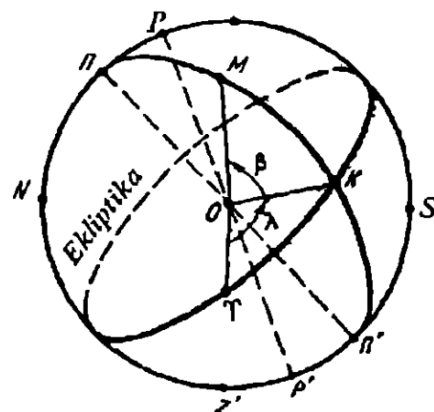
Yoritgichning og'ishi 1-ekvatorial sistemada eslatilganidek o'lchanadi. Yoritgichlarning 2-ekvatorial koordinatalar sistemasida aniqlangan koordinatalari, Yer sharining hamma nuqtalarida bir xil bo'ladi; biroq gorizont koordinatalar (A , h , z) va 1-ekvatorial koordinatalar sistemasining soat burchagi 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.

Ekliptik koordinatalar sistemasi

Bu sistemada yoritgichlarning o'zni *astronomik kenglama* β va *astronomik uzunlama* λ (ba'zan, mos ravishda, *eklitikal kenglama* va *ekliptikal uzunlama*) deyiluvchi koordinatalar bilan xarakterlanadi. Koordinata boshi sifatida bu sistemada ham bahorgi tengkunlik nuqtasi Υ olinadi.

Yoritgichlarning astronomik kenglamasi β , 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 λ esa, bahorgi tengkunlik nuqtasidan Υ yoritgich orqali o'tgan kenglik yarim aylanasi bilan kesishgan nuqtasigacha bo'lgan yoy uzoqligi (ekliptika bo'ylab) bilan yoki ΥOK 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;



7-rasm. Ekliptikal koordinatalar sistemasi.

uzunlamasi esa – vaqt soati, minuti va sekundlarida o'lchanadi.

1. Agar matematik gorizontning janubiy nuqtasi va kuzatish joyining geografik kenglamasi ma'lum bo'lsa, osmonda olamning shimoliy qutbini qanday topish mumkin?

2. Ekliptika qutbi va olam qutbi (bir xil nomlanganlari) orasidagi burchak masofani toping. Ular orqali o'tgan katta aylana qanday holda kuzatuvchining zenitidan o'tadi?

3. Toshkentning geografik kenglamasi $41^\circ 20'$. Shu yerda osmon ekvatori va matematik gorizont orasidagi burchakni toping.

4. Osmon ekvatori, matematik gorizont va birinchi vertikal aylanalarning o'zaro sharqiy va g'arbiy nuqtalarda kesishishlari va kesishgan nuqtalarda teng ikkiga bo'linishlarini isbotlang.

5. Yer sharining qaysi nuqtasida olam o'qi vertikal chiziq bilan (yoki matematik gorizont osmon ekvatori bilan) ustma-ust tushadi?

6. Qaysi geografik kenglamada olam ekvatori zenit va nadir orqali o'tib, olam o'qi matematik gorizont bo'ylab yo'naladi?

7. Kuzatuvchi turgan joyning geografik kenglamasi ma'lum bo'lsa, shu joyda vertikal chiziq: a) osmon ekvatori tekisligini; b) ekliptika tekisligini qanday burchak ostida kesib o'tishini aniqlang.

8. Yozgi Quyosh turishi nuqtasi (ξ) meridanda bo'lganda (matematik gorizont ustida) ekliptika tekisligining matematik gorizont tekisligiga og'maligini hisoblang. Kuzatish joyining geografik kenglamasi φ .

9. Osmon sferasining asosiy nuqtalari, chiziqlari va aylanalarining qaysilari Yer sharida turgan kuzatuvchi o'rining o'zgarishiga bog'liq ravishda o'zgaradi? Nima uchun o'zgarishini tushuntiring.

10. Geografik kenglamasi 30° bo'lgan joyda bahorgi tengkunlik nuqtasi botayotgan paytda yozgi Quyosh turishi nuqtasining zenitdan uzoqligini toping. Chizma chizing.

11. Kuztuvchi Yerning shimoliy qutbida bo'lganda ekliptika tekisligi matematik gorizontga qanday burchak ostida joylashadi?

12. Qaysi geografik kenglamada osmonning sutkalik ko'rinma aylanishi tufayli bahorgi tengkunlik nuqtasi (Υ) zenitdan o'tadi? Bu yerda olam qutbining matematik gorizontdan balandligi qanday bo'ladi?

13. Moskvada (geografik kenglamasi $55^\circ 45'$) 21-mart kuni Quyosh chiqayotganda ekliptikadagi asosiy nuqtalar – bahorgi va kuzgi tengkunlik ($\Upsilon; \varpi$), yozgi va qishgi Quyosh turishi nuqtalari ($\xi; \xi'$) qanday joylashishini chizmada ko'rsating.

14. Agar osmon ekvatori tekisligi vertikal chiziq bilan 32° li burchak ostida kesilsa, kuzatish joyining geografik kenglamasi qanday bo'ladi? Chizma chizing.

15. Zenit, nadir va olamning shimoliy, janubiy, sharqiy hamda g'arbiy nuqtalarining koordinatalarini gorizontalar sistemasida aniqlang.

16. Geografik kenglamalari 45° , 63° va 79° bo'lgan joylarda olam shimoliy qutbining gorizontalar koordinatalari qanday bo'ladi?

17. Kuzgi tengkunlik nuqtasi matematik gorizontning sharqiy nuqtasi bilan ustma-ust tushganda ekliptika shimoliy qutbining zenitdan uzoqligi, geografik kenglamasi 59° bo'lgan joyda qanchaga teng bo'ladi?

18. Geografik kenglamasi 50° bo'lgan joyda zenitning soat burchagi va og'ishi qanday bo'ladi? Shu joyda olam shimoliy qutbining azimuti va zenitdan uzoqligini toping.

19. Kuzgi tengkunlik, yozgi va qishgi Quyosh turishi nuqtalarining to'g'ri chiqishi va og'ishini toping.

20. Ekliptika shimoliy va janubiy qutblarining to'g'ri chiqishi va og'ishini toping (chizmadan foydalaning).

21. Bahorgi tengkunlik nuqtasi botayotgan paytda zenitning ekliptik uzunlamasi va kenglamasini toping. Joyning geografik kenglamasi 65° . Chizma chizing.

22. Olam qutblari, ekliptikaning asosiy nuqtalari ($\Upsilon; \varpi; \xi$ va ξ') ning ekliptik uzunlama va kenglamalarini aniqlang.

23. Somon yo'lining o'rtasidan o'tgan chiziq katta aylana hosil qilib, bu aylana tekisligi osmon ekvatori bilan 62° li burchak ostida kesishadi. Kesishgan

nuqtalardan birining to'g'ri chiqishi $18^h 40^m$ ni tashkil qiladi. Somon yo'li shimoliy qutbining (ya'ni Gallaktikamiz shimoliy qutbining) ekvatorial va ekliptikal koordinatalarini aniqlang.

24. Yulduzlarning to'g'ri chiqishlari $240^\circ 15' 24''$, $69^\circ 36' 15''$, $172^\circ 16' 36''$, $156^\circ 25' 18''$ va $210^\circ 45' 19''$. Bu qiymatlarni soatlarda, minutlarda va sekundlarda ifodalang.

25. Yulduzlarning soat burchaklari $4^h 15^m 36^s$, $1^h 12^m 30^s$, $5^h 03^m 15^s$ va $3^h 35^m 27^s$. Bu qiymatlarni, yoy graduslarida, minutlarida va sekundlarida ifodalang.

26. To'g'ri chiqishi $5^h 12^m 20^s$ va og'ishi 20° bo'lgan yulduz qaysi yulduz turkumida yotishini yulduz xaritasidan foydalanib toping.

27. Azimuti 120° , balandligi 30° bo'lgan yulduzni osmonning qaysi tomonidan izlash kerak? Bu yulduzning zenitdan uzoqligi kuzatish paytida qanday bo'lgan?

28. Samarqandda ($\varphi=39^\circ 35'$) tush paytida Quyosh markazi osmon ekvatorida bo'lsa, uning azimuti va balandligi qanday bo'ladi?

29. Soat burchagi 18^h , zenitdan uzoqligi 90° bo'lgan nuqtada yotuvchi yulduz, osmonning qaysi tomonida yotadi?

30. Og'ishi 40° bo'lgan yulduzning soat burchagi $0^h 0^m 0^s$ bo'lganda u zenitda bo'ladi. Kuzatish joyining geografik kenglamasini toping. Chizma chizing.

31. Og'ishi 20° bo'lgan yulduzning soat burchagi 12^h bo'lganda u matematik gorizontning shimoliy nuqtasida yotadi. Joyning geografik kenglamasini toping. Chizmadan chizing.

32. To'g'ri chiqishi 21^h , og'ishi $0^\circ 0' 0''$ bo'lgan yulduz 23 sentabrda Quyosh chiqishidan 3 soat oldin osmonning qayerida yotadi?

33. Osmon shimoliy yarim sharining eng yorug' yulduzi – Katta It yulduz turkumining α si – Sirius ($\alpha = 6^h 43^m$, $\delta = -16^\circ 38'$) bahorgi tengkunlik nuqtasi Υ meridianda bo'lganda (gorizont ustida) kenlamasi φ bo'lgan joy uchun qayerda yotishini chizmada ko'rsating.

34. Kenglamasi φ bo'lgan joyda bahorgi tengkunlik nuqtasi botayotganda yozgi va qishgi quyosh turishi, nuqtalarining azimuti, balandligi, soat burchagi, to'g'ri chiqishi hamda og'ishini toping. Chizma chizing.

35. Og'ishi qanday bo'lgan yulduzlar geografik kenglamasi 30° bo'lgan joyda har doim gorizont ustida bo'ladi?

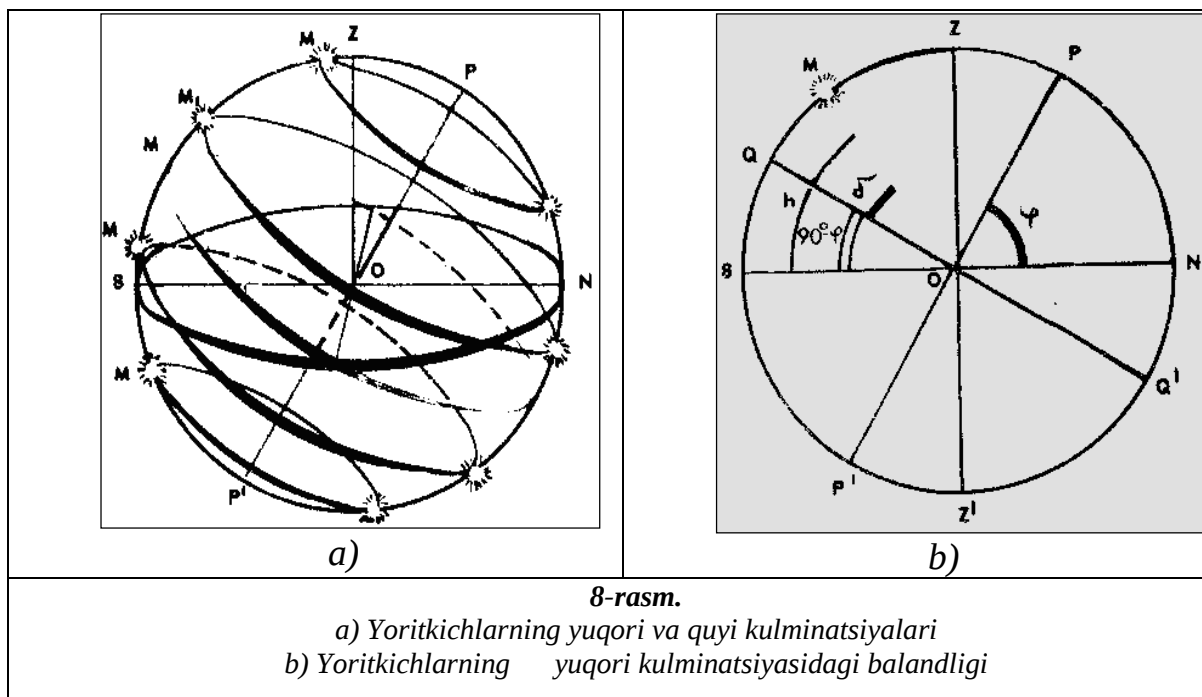
36. Agar to'g'ri chiqishi 18^h bo'lgan yulduz meridianning janubiy yarmida yotgan bo'lsa ($t=0$), bahorgi tengkunlik nuqtasi Υ ning soat burchagi qanday bo'ladi? Chizma chizing.

37. Betelgeyze (Orion yulduz turkumining α si) yulduzining koordinatalari $\alpha=5^h 49^m$, $\delta=+7^\circ 23'$. Agar bahorgi tengkunlik nuqtasining soat burchagi $0^h 0^m 0^s$ bo'lsa, bu yulduz kenglamasi $\varphi>0$ joylarda gorizont ustida ko'rinadimi? Chizmadan foydalaning.

38. 21 martda Quyosh botgandan 3 soat keyin bahorgi tengkunlik nuqtasining soat burchagi qanchaga teng bo'ladi? Chizma chizing.

2-§. Yoritgichlarning kulminatsiyalari va kulminatsiya balandliklari

Yerning o'z o'qi atrofida aylanishining aksi bo'lgan osmonning ko'rinma aylanishida olam qutbi shu kenglikdagi gorizont ustida o'zgarmas vaziyatni egallaydi (6-rasm). Yulduzlar har sutkada olam o'qi atrofida gorizont ustida ekvatorga parallel bo'lgan aylanalar chizadi.



Bunda har bir yoritkich bir sutkada osmon meridianini ikki marta kesib o'tadi.

Yoritkichlarning osmon meridianidan o'tish hodisalari kulminatsiyalar deyiladi.

Yuqori kulminatsiyada yoritkichning balandligi eng katta, quyi kulminatsiyada esa eng kichik qiymatga ega bo'ladi. Kulminatsiyalar orasida o'tadigan vaqt yarim sutkaga teng.

Ma'lum φ geografik kenglikda botmaydigan M yoritkichning (10-rasm) ikkala kulminatsiyasi gorizont ustida ko'rinadi, chiqadigan va botadigan yulduzlarning (M_1, M_2, M_3) quyi kulminatsiyasi gorizont ostida, shimoliy nuqta ostida sodir bo'ladi. Osmon ekvatoridan janubga tomon uzoqda joylashgan yoritkich M_4 ning ikkala kulminatsiyasi ham ko'rinmasligi mumkin (**chiqmaydigan yoritkich**).

Quyosh markazining yuqori kulminatsiya payti haqiqiy tush vaqti, quyi kulminatsiya payti haqiqiy yarim kecha deyiladi.

Yoritkich M ning yuqori kulminatsiyadagi balandligi h , uning og'ishi δ va joyning geografik kengligi φ orasidagi o'zaro bog'lanishni topaylik.

Buning uchun 11-rasmdan foydalanamiz, unda ZZ' vertikal chiziq, PP' olam o'qi, QQ' osmon ekvatori hamda NS gorizont chizig'ining ($PZSP'N$) osmon meridiani tekisligiga tushirilgan proyeksiyalari tasvirlangan.

Biz olam qutbining gorizontdan balandligi joyning geografik kengligiga teng bo'lishini, ya'ni $h_p = \varphi$ ekanligini bilamiz. Binobarin, tush vaqti chizig'i NS bilan olam o'qi PP' orasidagi burchak joyning geografik kengligi φ ga teng, ya'ni $\angle PON = h_p = \varphi$.

Ravshanki, osmon ekvatori tekisligining gorizontga ($\angle QOS$ bilan o'lchanadigan) qiyaligi $90^\circ - \varphi$ ga teng, chunki tomonlari o'zaro perpendikulyar bo'lgan burchaklar $\angle QOZ = \angle PON$ (11-rasm). U holda og'ishi δ va va zenitdan janubda kulminatsiyadan o'tadigan yulduz M ning yuqori kulminatsiyadagi balandligi

$$h_y = 90^\circ - \varphi + \delta$$

Hamda quyi kulminatsiyadan o'tadigan yulduz M ning quyi kulminatsiyadagi balandligi

$$h_q = \varphi + \delta - 90^\circ$$

$h_y = 90^\circ - \varphi + \delta$ ushbu formuladan joyning geografik kengligini og'ishi δ ma'lum bo'lgan yoritkichning yuqori kulminatsiyadagi balandligini o'lchab aniqlash mumkinligi ko'rinib turibdi.

Bunda shuni hisobga olish kerakki, agar yoritkich kulminatsiya paytida ekvatoridan janub tomonda joylashgan bo'lsa, uning og'ishi manfiy bo'ladi.

1. Toshkentda ($\varphi = 41^\circ 20'$) og'ishi qanday bo'lgan yulduz yuqori kulminatsiyada zenit bilan ustma-ust tushadi?

2. Yoritgich pastki kulminatsiyada bo'lganda uning azimuti qanchaga teng bo'ladi? Yuqori kulminatsiyada bo'lgandachi?

3. Geografik kenglamasi 36° bo'lgan joy uchun yuqori kulminatsiyadagi bahorgi tengkunlik nuqtasining balandligini toping.

4. Samarqanddagi ($\varphi = 39^\circ 35'$) kuzatuvchi uchun pastki kulminatsiyadagi matematik gorizontning shimoliy nuqtasiga urinuvchi yoritgichning og'ishini toping.

5. Aravakash yulduz turkumining eng yorug' yulduzi (α si) ning og'ishi $\delta = +45^\circ 54'$. Bu yulduz yuqori kulminatsiyada matematik gorizontdan $80^\circ 30'$ balandda bo'ladigan joyning geografik kenglamasini toping.

6. Moskvada ($\varphi = 55^\circ 45'$) tush paytida Quyosh markazining balandligi 57° bo'lsa, Quyoshning og'ishini toping va bu vaqt yilning qaysi oylariga to'g'ri kelishini aniqlang.

7. 22-iyun tush paytida Quyosh zenitda bo'ladigan joyda olam qutbining balandligi qanday bo'ladi? 22-dekabrda tush paytida Quyosh zenitda bo'ladigan joyning geografik kenglamasichi?

8. 23-sentyabr kuni yarim kechada Quyosh markazining balandligi -5° ga teng bo'ladigan joyning kenglamasini aniqlang.

9. Moskva va Efiopiyaning poytaxti Addis-Abeba deyarli bir meridiyan bo'ylab joylashgan. Moskvaning kenglamasi $+55^\circ 45'$. Addis-Abebaning kenglamasi esa $+9^\circ$. Bu shaharlarda Sirius (Katta It yulduz turkumining eng

yorug' yulduzi) yuqori kulminatsiyada bo'lganda ularning balandliklarining farqi qanday bo'ladi?

10. Oltin baliq yulduz turkumining eng yorug' yulduzi (α si) ning og'ishi - $55^{\circ}09'$ ga teng. Bu yulduz Buxoroda ($39^{\circ}45'$) matematik gorizontdan yuqorida ko'rinadimi?

11. Geografik kenglamasi φ bo'lgan joyda qanday og'ish burchagiga ega bo'lgan yulduzlarning yuqori va pastki kulminatsiyalarida azimutlari bir xil kattalikka ega bo'ladi?

12. Osmonning shimoliy yarim sharida joylashgan Vega yulduzining (Lira yulduz turkumining α si) to'g'ri chiqishi $18^{\text{h}}35^{\text{m}}$. 23 sentyabr kuni yarim kechada (Quyosh markazi pastki kulminatsiyada bo'lganda) bu yulduz osmonda qanday soat burchagi ostida ko'rinadi?

13. Astronomik kalendardan foydalanib, kenglamasi 70° bo'lgan joylarda 10-iyun kuni Quyoshning botish-botmasligini aniqlang. Chizma chizing.

14. Katta Aiyq yulduz turkumidagi Dubxe deb ataluvchi eng yorug' yulduzning to'g'ri chiqishi $11^{\text{h}}01^{\text{m}}$. Shu yulduz turkumidagi ravshanlikda Dubxedan keyin turuvchi Merax yulduzining to'g'ri chiqishi $10^{\text{h}}59^{\text{m}}$. Dubxe yulduzi pastki kulminatsiyada bo'lganda Merax yulduzi yuqori kulminatsiyaga borgunga qadar qancha vaqt o'tadi?

15. Osmon shimoliy yarim sharining eng yorug' yulduzlaridan ikkitasi – Vega va Kapellaning to'g'ri chiqishlari mos ravishda $\alpha_1=18^{\text{h}}34^{\text{m}}$ va $\alpha_2=5^{\text{h}}10^{\text{m}}$ ga teng. Bahorgi tengkunlik nuqtasi yuqori kulminatsiyada bo'lganda bu ikki yulduz osmonning qaysi tomonida va qanday soat burchagi ostida yotadi? Bahorgi tengkunlik nuqtasi pastki kulminatsiyada bo'lgandachi?

16. Shedar (Kasiopeya yulduz turkumidagi eng yorug' yulduz) ning pastki kulminatsiyadagi vaziyatida zenitdan uzoqligi Toshkentdagi ($\varphi=41^{\circ}20'$) kuzatuvchi uchun $82^{\circ}24'$ ni tashkil qiladi. Shu yulduzning og'ish burchagini toping.

17. Yulduz chiqishidan to botgunga qadar 180° li yoyni o'tib, yuqori kulminatsiyada zenitdan 55° li masofada bo'ladi. Shu kuzatish joyida osmon ekvatori matematik gorizont bilan qanday burchak hosil qilishini aniqlang.

18. Aldebaran yulduzi (Savr yulduz turkumining eng yorug' yulduzi) ning olam shimoliy qutbidan uzoqligi $73^{\circ}35'$. Bu yulduz yuqori kulminatsiyada bo'lganda uning balandligi $63^{\circ}15'$ ga teng bo'lgan. Kuzatish joyini kenglamasini toping.

19. Sankpeterburgda ($\varphi=59^{\circ}57'$) yuqori va pastki kulminatsiyalarida bir xil azimutga ($A=+180^{\circ}$) ega bo'lgan yulduzlarning qutbdan uzoqliklari qanday bo'lishini aniqlang.

20. Toshkentda ($\varphi=41^{\circ}20'$) osmon janubiy yarim sharining qanday kattalikdagi og'ishgacha bo'lgan yulduzlarni ko'rish mumkin? Yulduzlar atlasidan foydalanib, Toshkentda ko'rib bo'lmaydigan yulduz turkumlarini aniqlang.

21. Agar yarim kechada Quyoshning gorizontdan balandligi $4^{\circ}10'$, og'ishi esa $+22^{\circ}08'$ ga teng bo'lsa, bu joy qanday geografik kenglamaga to'g'ri keladi?

22. 22-dekabrda tush paytida Quyosh markazi gorizontning janubiy nuqtasida bo'ladigan joylarning kenglamasi qanday bo'ladi?

23. Agar 20-noyabrda Quyoshning og'ishi $-19^{\circ}30'$ bo'lsa, Murmanskda ($\varphi=68^{\circ}58'$) shu kuni Quyosh chiqadimi?

24. Quyosh zenitdan janubda meridiandalik paytida uning diski ostki qismining balandligi dengiz kemasi sekstantidan o'lchanganda $84^{\circ}21'$ ga teng chiqdi. Quyoshni kuzatish paytida uning og'ishi $18^{\circ}39'$ ekanligini e'tiborga olib, joyning geografik kenglamasini toping. Quyoshning ko'rinma burchak diametri $32'$ ni tashkil etadi.

25. Quyoshning sutkalik ko'rinma harakati osmon ekvatori bo'ylab kuzatilib, u tush paytida zenitdan o'tadigan bo'lsa, bu kuzatish joyi Yer sharining qanday kenglamasiga to'g'ri keladi? Bu hodisa yilning qaysi kunlarida kuzatilishi mumkin?

26. Fomalgaut yulduzi (Janubiy Baliq yulduz turkumining eng yorug' yulduzi) Kiyev shahrida yuqori kulminatsiyada bo'lganda $9^{\circ}28'$ balandlikka ega bo'ladi. Agar Fomalgautning og'ishi $-30^{\circ}05'$ bo'lsa, Kiyevning kenglamasi qancha ekanligini aniqlang.

27. Botmaydigan yulduz pastki kulminatsiyaning zenitdan uzoqligi 60° , yuqori kulminatsiyada balandligi 80° ga teng. Shu yulduzning og'ishi va kuzatish joyining kenglamasini aniqlang. Chizma chizing.

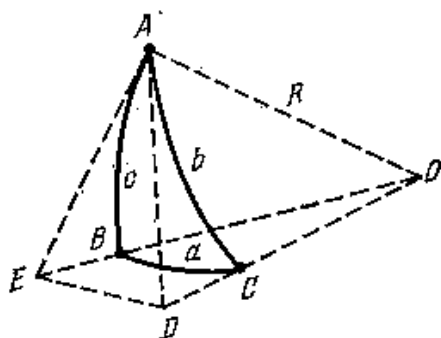
28. Aravakash yulduz turkumining Kapella yulduzi Odessa shahrida yuqori kulminatsiyada bo'lganda $89^{\circ}25'$ balandlikda, pastki kulminatsiyada bo'lganda esa $2^{\circ}23'$ balandlikda bo'ladi. Bu yulduzning og'ishi va Odessa shahrining kenglamasini toping.

29. Gorizontdan yuqoriga chiqmaydigan yulduzning og'ishi $-15^{\circ}25'$ bo'lib, yuqori kulminatsiyada olamning janubiy nuqtasiga urinib o'tadigan bo'lsa, kuzatish joyining geografik kenglamasini aniqlang. Bu yulduzning pastki kulminatsiyadagi balandligi qanchaga teng bo'ladi?

3-§. Sferik uchburchak va uning asosiy formulalari. Paralaktik uchburchak, koordinatalarni almashtirish formulalari

Sferada uchta katta aylananing kesishishidan hosil bo'lgan uchburchak sferik uchburchak deyiladi. Sferik uchburchak tekis uchburchakdan farq qilib, uning ichki burchaklari yig'indisi 180° dan katta va 540° dan kichik bo'ladi. Sferik uchburchak ABC da (rasm) uning tomonlari (a, b, c) va sferik burchaklari (A, B, C) quyida keltirilgan formulalardagidek bog'lanishda bo'ladi.

1. Kosinuslar formulasi:



9-rasm. Sferik uchburchak

$$\begin{aligned}\cos a &= \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A \\ \cos b &= \cos a \cos c + \sin a \sin c \cos B \\ \cos c &= \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos C\end{aligned}$$

2. Sferik uchburchakning besh elementli formulalari:

$$\begin{aligned}\sin a \cos B &= \sin c \cos b - \sin b \cos c \cos A \\ \sin b \cos C &= \sin a \cos c - \sin c \cos a \cos B \\ \sin c \cos A &= \sin b \cos a - \sin a \cos b \cos C\end{aligned}$$

3. Sinuslar formulasi:

$$\frac{\sin A}{\sin a} = \frac{\sin B}{\sin b} = \frac{\sin C}{\sin c} \quad yoki$$

$$\frac{\sin A}{\sin B} = \frac{\sin a}{\sin b}; \quad \frac{\sin B}{\sin C} = \frac{\sin b}{\sin c}; \quad \frac{\sin A}{\sin C} = \frac{\sin a}{\sin c}.$$

Yuqorida keltirilgan formulalar osmon jismlariga doir ko'plab masalalarni yechishga imkon beradi. Osmon koordinatalarining biridan ikkinchisiga o'tish paralaktik uchburchak yordamida amalga oshiriladi.

Paralaktik uchburchak deb, uchlari zenitda, olam qutbida va yoritgichda yotgan sferik uchburchakka aytiladi. Sferik uchburchak formulalarini paralaktik uchburchakka tadbiq etib, ma'lum φ geografik kenglama uchun quyidagi koordinatalar almashtirish formulalarini keltirib chiqrish mumkin.

1) Gorizontalar koordinatalar (A, h yoki z) dan birinchi ekvatorial koordinatalar (t, δ) ga o'tish quyidagi formulalar yordamida amalga oshiriladi.

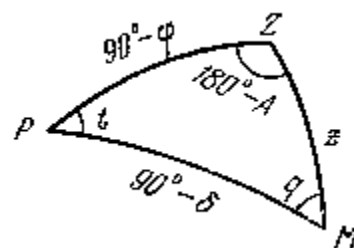
$$\begin{aligned}\sin \delta &= \cos z \sin \varphi - \sin z \cos \varphi \cos A \\ \cos \delta \cos t &= \cos \varphi \cos z + \sin \varphi \sin z \cos A \\ \frac{\sin t}{\sin z} &= \frac{\sin A}{\cos \delta} \quad yoki \quad \sin t \cos \delta = \sin A \sin z\end{aligned}$$

2) Ekvatorial koordinatalar (t, δ) dan gorizontalar koordinatalar (A, h yoki z) ga o'tish esa

$$\begin{aligned}\cos z &= \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t \\ -\sin z \cos A &= \cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t \\ \frac{\sin A}{\cos \delta} &= \frac{\sin z}{\sin t} \quad yoki \quad \sin A \sin z = \sin t \cos \delta\end{aligned}$$

Formulalar yordamida bajariladi.

Eslatma: yoritgichning ekvatorial koordinatalardan to'g'ri chiqishini (α ni) topish uchun bahorgi tengkunlik nuqtasi (Y) ning soat burchagi bilan shu yoritgichning to'g'ri chiqishi α va soat burchagi t orasidagi bog'lanishni ifodalovchi $t_Y = \alpha + t$ formuladan foydalaniladi. Bu yerda $t_Y = S$ yulduz vaqti deb yuritiladi. Yoritgichning balandligi esa $h + z = 90^\circ$ tenglikdan topiladi, ya'ni



10-rasm. Sferik uchburchak

$$h=90^{\circ}-z.$$

1. Yoritgich botayotgan paytda aniq g'arbiy nuqtada bo'lsa, uning soat burchagi va og'ishi qancha bo'ladi? Azimuti va zenitdan uzoqligi-chi?
2. Sferik uchburchakning ikki – b va c tomonlari mos ravishda $b=30^{\circ}$, $c=45^{\circ}$ bo'lib, A burchagi 60° ga teng. Uning a tomoni va B , C burchaklarini toping.
3. Suniy yo'ldosh osmon ekvatorini kesib o'tayotganda to'g'ri chiqishi $\alpha_1=15^{\circ}10'$ bo'lib, 10 minut o'tgach esa $\alpha_2=45^{\circ}30'$, $\delta=05^{\circ}$ koordinatalarga ega bo'lgan. Suniy yo'ldoshning shu 10 minut davomida o'tgan yo'lining yoy uzunligini toping. Uning yer atrofida aylanib chiqish davri qanchaga teng?
4. Soat burchagi $t=2^h0^m$ va og'ishi $\delta=+12^{\circ}18'$ bo'lgan Regul yulduzi (Asad yulduz turkumining eng yorug' yulduzi) ning Toshkent ($\varphi=41^{\circ}20'$) uchun azimuti va balandligini aniqlang.
5. Katta Ayiq yulduz turkumining eng yorug' yulduzi (α si) ning to'g'ri chiqishi $\alpha=10^h59^m$, og'ishi $\delta=+62^{\circ}10'$. Bu yulduz yuqori kulminatsiyada bo'lganda Samarqanddagi ($\varphi=39^{\circ}35'$) kuzatuvchi uchun matematik gorizontdan qancha balandda bo'ladi?
6. Iyun oyining boshlarida, ya'ni Quyoshning og'ishi 20° bo'lganda tush paytidan 2 soat o'tgandan keyin Buxoro uchun ($\varphi=39^{\circ}45'$) Quyoshning zenitdan uzoqligi va azimutini toping.
7. Koordinatalari ekvatorial sistemada berilgan sferadagi ikki nuqta ($\alpha_1 \delta_1$ va $\alpha_2 \delta_2$) orasidagi yoy uzunligini (katta aylana bo'ylab) topish formulasini aniqlang.
8. Deneb yulduzi (Oqqush yulduz turkumining eng yorug' yulduzi) ning koordinatalari $\alpha=20^h40^m$, $\delta=45^{\circ}06'$. Bu yulduz Toshkentda ($\varphi=41^{\circ}20'$) bahorgi tengkunlik nuqtasining soat burchagi 18^h50^m bo'lganda zenitdan qanday burchak masofada va qanday azimut burchak ostida bo'ladi?
9. Andromeda yulduz turkumi β si ($\alpha=1^h07^m$, $\delta=35^{\circ}21'$) ning Tibilis shahri ($\varphi=41^{\circ}43'$) uchun bahorgi tengkunlik nuqtasi yuqori kulminatsiyada bo'lganda matematik gorizontdan balandligini va azimutini aniqlang.
10. 9-may kuni quyoshning to'g'ri chiqishi $45^{\circ}30'$. Ekliptikaning og'maligini e'tiborga olgan holda ($\varepsilon=23^{\circ}27'$) Quyoshning og'ishini toping.
11. Xiva shihridagi ($\varphi=41^{\circ}30'$) kuzatuvchi uchun 21-matr kuni tush paytidan 2 soat keyin Quyosh markazining balandligi qanday bo'ladi?
12. Kuzatish joyining geografik kenglamasi $52^{\circ}30'$. Bu yerda Quyosh o'zining yuqori kulminatsiyasida bo'lgandan so'ng 3 soat-u 40 minut o'tgach, $33^{\circ}08'$ li balandlikda bo'ldi. Ayni kuzatish paytida Quyoshning azimuti va og'ishini aniqlang.
13. Haqiqiy tush paytidan ikki soat oldin yulduz vaqti 3^h15^m , Quyosh markazining azimuti esa -30° bo'lgan. Agar Quyosh markazining og'ishi 22° bo'lsa, uning gorizontdan balandligini va to'g'ri chiqishini aniqlang.

14. Meteorning yulduzlar osmoni bo'ylab o'tgan yo'lining boshi va oxiri olam shimoliy qutbidan mos ravishda 90° va $136^\circ 19'$ masofalarda yotadi. Bu nuqtalardan o'tuvchi og'ish aylanalari orasidagi burchak esa $62^\circ 20' 42''$ ga teng. Meteor yo'lining uzunligini va meteor yo'lining boshi va oxiridan o'tuvchi og'ish aylanalarining meteor yo'li bilan kesishishidan hosil bo'lgan burchaklarni graduslarda hisoblab toping.

15. Ekvatorial koordinatalarni (α va δ) ekliptik koordinatalar (λ va β) ga aylantirishning 3 ta formulasini keltirib chiqaring. Bu formulalarni Quyosh koordinatalariga tadbiq qiling. Ko'rsatma: chizma chizib, osmon ekvatorining ekliptikaga og'maligini ε bilan belgilang.

16. Termizda ($\varphi=37^\circ 15'$) 22- iyunda yarim kechada to'g'ri chiqishi 18^h bo'lib, matematik gorizontda yotuvchi yulduzning og'ishini va azimutini toping. Chizma chizing.

17. Ekliptik uzunlamasi 30° va kenglamasi 45° bo'lgan yulduzning koordinatalarini ikkinchi ekvatorial koordinatalar sistemasida ifodalang (3.15-masala javobidan foydalaning).

18. Quyoshning uzunlamasi $71^\circ 11',7$ ga teng. Uning ekvatorial koordinatalarini toping ($\varepsilon=23^\circ 27',2$).

19. Kometa $\alpha=81^\circ 48',7$, $\delta=68^\circ 28'$ ekvatorial koordinatalarga ega. Uning ekliptik koordinatalari λ va β larni toping ($\varepsilon=23^\circ 27',26''$).

20. Yoritqichning geliosentrik ekvatorial koordinatalari x, y, z bo'lsin (x o'qi bahorgi tengkunlik nuqtasiga yo'nalgan, y o'q ekvator tekisligida yotadi). X, Y, Z – markazi Quyosh bo'lgan to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasi bo'lsin (X o'qi bahorgi tengkunlik nuqtasiga yo'nalgan, Y o'q ekliptika tekisligida yotadi). Ular orasida $x=X$, $y=Y\cos \varepsilon - Z\sin \varepsilon$; $Z=Y\sin \varepsilon + Z\cos \varepsilon$ munosabat o'rinli ekanligini isbotlang, bu erda ε - ekliptikaning ekvatorga og'maligi.

4-§. Vaqtni o'lchash.

a) Yulduz vaqti

Yulduz vaqti deb, bahorgi tengkunlik nuqtasi Y ning yuqori kulminatsiyasidan o'tib, osmonning ma'lum bir nuqtasiga borguncha ketgan va yulduz sutkalarida ifodalangan vaqtga aytiladi. Yulduz sutkasi deb bahorgi tengkunlik nuqtasining ikki marta ketma-ket yuqori (yoki pastki) kulminatsiyadan o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'iga aytiladi. Boshqacha aytganda, yulduz vaqti bahorgi tengkunlik nuqtasining yulduz sutkasi birliklarida ifodalangan soat burchagiga teng bo'ladi, ya'ni

$$S = t_r$$

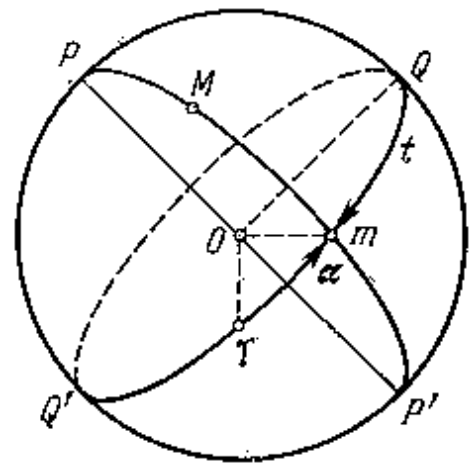
Yulduz vaqti ixtiyoriy M yulduzning t soat burchagi va α to'g'ri chiqishining yig'indisidan iborat bo'ladi.(rasm).

$$S = t_r = \alpha + t$$

Agar ixtiyoriy yulduz (u orqali yulduz vaqti topilayotgan bo'lsa) yuqori kulminatsiyada bo'lsa, u holda yulduz vaqti

$$S = \alpha$$

bo'ladi, chunki $t = 0^h 0^m 0^s$.



11-Rasm.

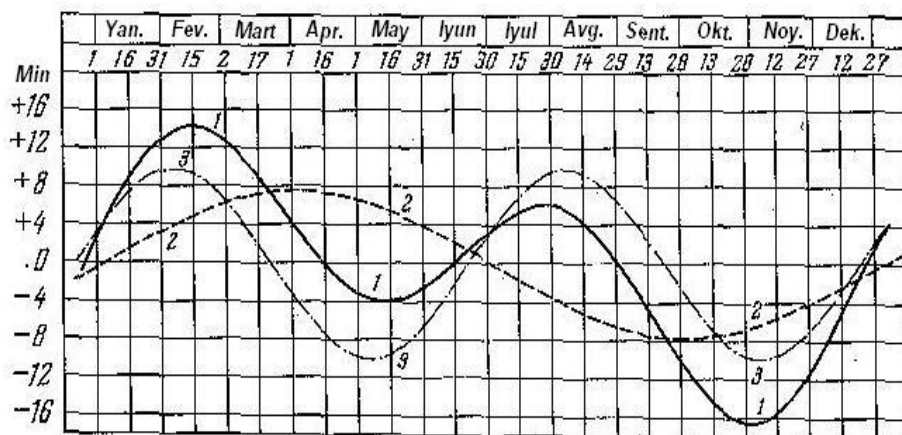
21- mart kuni Quyosh markazi bahorgi tengkunlik nuqtasi bilan ustma-ust tushganligi tufayli taxminan u bilan bir vaqtda kulminatsiyada bo'ladi. Yilning ixtiyoriy boshqa kunida tush paytida yulduz vaqtini topish uchun $3^m 56^s$ ni 21- martdan to shu kungacha o'tgan kunlar soniga ko'paytiriladi.

b. Haqiqiy va o'rtacha quyosh vaqti. Vaqt tenglamasi.

Haqiqiy Quyosh vaqti deb, Quyosh markazining pastki kulminatsiyadan o'tib, osmonning ma'lum bir nuqtasiga borguncha ketgan va haqiqiy Quyosh sutkalarida ifodalangan vaqtga aytiladi. Haqiqiy Quyosh sutkalari deb, Quyosh markazining ikki marta ketma-ket yuqori (yoki pastki)kulminatsiyasidan o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'iga aytiladi. Haqiqiy quyosh sutkalari deb, Quyosh markazining ikki marta ketma-ket yuqori (yoki pastki) kulminatsiyasidan o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'iga aytiladi.

Haqiqiy quyosh vaqti $T_{\odot}$ Quyosh markazining soat burchagi orqali quyidagicha ifodalanadi:

$$T_{\odot} = t_{\odot} + 12^h.$$



12-rasm.

Biroq haqiqiy Quyoshning ekliptika bo'ylab ko'rinma harakati bir tekis bo'lmaganligi (Yer Quyosh atrofida notekis harakatlanganligi natijasida) va ekliptikaning Quyosh sutkalik ko'rinma harakati tekisligiga og'maligi (osmon ekvatorining ekliptikaga og'maligidan) tufayli haqiqiy quyosh sutkasining uzunligi yilning turli fasllarida turlicha bo'ladi. Shu sababli haqiqiy quyosh vaqtidan amalda foydalanib bo'lmaydi.

Poyas va dekret vaqtlari

Har bir meridianning o'z mahalliy vaqti bo'ladi. Ammo Yerning har bir joyida o'zining mahalliy vaqtining bo'lishi kundalik turmushda, ayniqsa transport va aloqa ishlarida katta o'ng'aysizliklar tug'diradi.

Jamiyat ishlab chiqarish kuchlarining hamda transport va aloqa vositalarining taraqqiy etishi XIX asrning ikkinchi yarmidayoq butun Yer yuzasida vaqtni hisoblashni tartibga solish masalasini qo'ydi. Hozirda poyas vaqti sistemasi joriy etilgan.

Yer shari meridianlar bilan har biri 15° dan bo'lgan 24 ta soat poyasiga bo'lingan; har bir poyasdagi hamma nuqtalarda soatlar bir xil vaqtni, ya'ni poyas o'rtasidan o'tgan meridianning mahalliy vaqtini ko'rsatadi. Poyas vaqti bilan mahalliy vaqtning ayirmasi yarim soatdan oshmaydi. Boshlang'ich yoki nolinchi poyasning o'rta meridiani qilib Grinvich meridiani qabul qilingan; bu meridian geografik uzunliklarni o'lchashda boshlang'ich meridian hisoblanadi. Barcha poyaslarda soatlar ayni bir xil minut va sekundlarni ko'rsatishi, faqat ularning soatlari farq qilishi ravshan: nolinchi poyasdagi soat birinchi poyasdagi soatdan 1 soat ortiq, ikkinchi poyasdagilari 2 soat ortiq bo'ladi va hokazo; demak, poyas nomerining o'zi berilgan poyas bilan Grinvichdagi vaqtlar ayirmasini ko'rsatadi.

Ta'rif. Nolinchi poyasning o'rtacha quyosh vaqti dunyo vaqti deyiladi va T_0 bilan belgilanadi.

1930 yil 16 iyulda chiqarilgan hukumat dekreti bilan sobiq SSSR ning hamma territoriyasidagi soatlar strelkasi vaqtincha bir soat oldinga surilgan, binobarin, sobiq SSSR dagi har bir poyas o'zidan sharq tomonda bo'lgan poyas vaqti bilan ish ko'radi. Bunday vaqt dekret vaqti deyiladi. Bu vaqt elektrostansiyalarning ishlashlari sutka davomida mumkin qadar bir xil bo'lishi uchun kiritilgan.

Har bir joyning dekret vaqti, poyas vaqti va dunyo vaqti orasida quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$T_d = T_N + 1^h, \quad T_d = T_0 + N + 1^h, \quad T_N = T_0 + N,$$

bunda N – poyas nomeri.

Yoritgichlarning chiqish va botish vaqtlarini hisoblash

Yoritgichlarning chiqishi va botishi deganda ular ko'rinma disk gardishining ustki qismi (chekkasi) gorizontga urinib turgan holat tushuniladi. Astronomik jadvallarda esa yoritgichlar disk markazlariga doir koordinatalar keltirilgan. Shu

sababli chiqish va botish paytidagi haqiqiy zenit uzoqligi yoritgich ustki chekkasining zenit uzoqligiga nisbatan R burchakli radiusga kattaroq bo'ladi, ya'ni $z = z' + \rho + R$ deb olish kerak. Bunda ρ – ob'ekt refraksiyasi.

Chiqish va botish vaqtini hisoblash uchun parallaktik uchburchakning z tomoni uchun yozilgan kosinuslar formulasi $\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$ dan foydalaniladi. Nuqtaviy ob'ektlar uchun $z = 90^\circ$ ligini hisobga olsak

$$\cos t = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$$

bo'ladi va bu formuladan vaqtga bog'liq bo'lgan soat burchagi t ni topish mumkin. Bu yerda $t_1 = +t$ botish va $t_2 = -t$ chiqish vaqtlarini ifodalaydi.

Quyosh nurlari tog' cho'qqilarini tog' etagiga nisbatan uzoqroq vaqt ichida yoritib turadi va u Yer atmosferasining yuqori qatlamlarini yanada uzoq vaqt yoritib turadi. Shuning uchun Quyosh botish va chiqish oldidan g'ira-shira bo'ladi. Bu hodisani grajdancha g'ira-shira va astronomik g'ira-shira hodisalariga ajratish mumkin. Ertalabki va kechqurungi g'ira-shira davomiyligi Δt Quyoshning chiqish va botishidagi soat burchagiga, φ va $\delta_\odot$ larga bog'liqdir.

$$\cos(t + \Delta t) = (\sin h_\odot - \sin \varphi \sin \delta_\odot) / \cos \varphi \cos \delta_\odot$$

dan $h_\odot = -18^\circ$ da astronomik g'ira-shira, $h_\odot = -6^\circ$ da grajdancha g'ira-shira tugashligini nazarga olsak, bu formuladan g'ira-shira davomiyligi Δt ni topish mumkin.

Sananing o'zgarish chizig'i

Har qanday meridianda o'rtacha sutka o'rtacha Quyoshning quyi kulminatsiya paytidan boshlanadi. Agar ma'lum meridiandan sharq tomonga yurilsa, sutka oldinroq, g'arb tomonga yurilsa, dastlabki meridiandagiga qaraganda keyinroq boshlanadi.

Sharqqa qarab 180° ga yurilsa, sutka 12 soat oldin boshlanadi va shu yo'nalishda Yerni to'liq aylanib chiqilsa, sutka 24 soat oldin boshlangan bo'ladi. Yer sharining to'la aylanishda kunlarning o'tishini uzluksiz sanashning natijasi bir kunga ortiq yoki bir kunga kam bo'lib chiqishi ana shunday sodir bo'ladi.

Soat poyaslarining hammasida sutkalarni hisoblash umumiy taqvim bilan olib borilgani uchun, har bir sutka qaysi chiziqdan boshlanishini shartlashib olish zarur. Bu chiziq Grinvichdan 180° uzoqdagi meridian yaqinidan o'tgan bo'lib, uni kun o'zgaradigan chiziq deyiladi. Uning aniq vaziyati xalqaro kelishuvga muvofiq, hech qayerda aholi yashaydigan (Antarktidani hisoblamaganda) quruqlikdan o'tmaydi. Sharqdan g'arbgacha tomon yurishda bu chiziqni kesib o'tuvchi sanani bir kunga oshirish va g'arbdan sharqqa tomon yurishda bir kunga kamaytirish kerak. Lekin sutka davomida taqvim kunini o'zgartirmaslik uchun quyidagicha ish tutiladi: yarim kechagacha eski vaqt hisobini saqlab, keyin Amerikadan Osiyoga o'tishda bir kunni ikki marta hisobga kiritadilar. Masalan, Amerikadan Osiyoga o'tishda sana o'zgaradigan chiziqqa yaqin kun 25 may bo'lsa, yarim kechadan

keyin 26 ning o'rniga 27 may deyiladi, agar yo'nalish bunga teskari bo'lsa, yarim kechadan keyin yana 25 may deyiladi.

.....

1. Bahorgi tengkunlik nuqtasi yuqori kulminatsiyada bo'lganda yulduz vaqti qanday bo'ladi? Pastki kulminatsiyada bo'lganda-chi?

2. To'g'ri chiqishi 6^h bo'lgan yulduz yuqori kulminatsiyada bo'lganda yulduz vaqti qanchaga teng bo'lishini aniqlang. Bu paytda kuzgi tengkunlik nuqtasining soat burchagi qanchaga teng bo'ladi?

3. Sankpeterburgda yulduz vaqti $16^h 24^m 33^s$ bo'lganda Ajdaho yulduz turkumi α sining ($\alpha=14^h 01^m 57^s$, $\delta=64^\circ 49'$) zenitdan uzoqligini va azimutini toping. Sankpeterburgning geografik kenglamasi $59^\circ 57'$.

4. Osmon ekvatorida yotgan (og'ishi $\delta=0$) yulduzning to'g'ri chiqishi $18^h 15^m$ bo'lsa, bu yulduz botish paytida yulduz vaqti qanchaga teng bo'ladi? Chiqish paytida-chi?

5. To'g'ri chiqishi $12^h 45^m$ bo'lgan yulduz yuqori kulminatsiyada bo'lgandan so'ng 3 soat o'tgach, ekliptikaning to'rta asosiy nuqtalarining – bahorgi, kuzgi tengkunlik nuqtalari hamda yozgi va qishki Quyosh turishi nuqtalarining soat burchaklarini aniqlang.

6. Yulduz vaqti $13^h 20^m$ bo'lganda Yupiter yuqori kulminatsiyada bo'lsa, uning to'g'ri chiqishi qanchaga teng bo'ladi?

7. Moskvada ($\varphi=55^\circ 45'$) yulduz vaqti $7^h 15^m$ bo'lganda zenitdan shimolda va janubda 40° li burchak masofada yuqori kulminatsiyada bo'lgan ikki yulduzning o'g'ishi va to'g'ri chiqishini aniqlang.

8. Toshkentda yulduz vaqti $6^h 15^m 13^s$ bo'lganda Moskvadan telegraf orqali yulduz vaqti $4^h 8^m 24^s$ ekanligi ma'lum qilindi. Toshkentning Moskva meridianiga nisbatan uzunlamasini toping.

9. Samarqandning Grinvich meridianiga ($\lambda=0$) nisbatan uzunlamasi $4^h 27^m$. Agar Grinvichda yulduz soati $10^h 15^m 14^s$ ni ko'rsatsa, Samarqandning yulduz vaqti qanchaga teng bo'ladi?

10. Yangi kuzatilgan kometa Kiyevda ($\varphi=50^\circ 27'$) yuqori kulminatsiyada bo'ladi. Kometaning kulminatsiya paytida teodolitning vertikal aylanasi bo'yicha o'lchangan zenitdan uzoqligi (zenitdan janub tomonda) $3^\circ 52'$ ni tashkil qiladi. Kulminatsiya vaqti yulduz soati bilan o'lchanganda $15^h 15^m 10^s$ ga to'g'ri keladi. Kometaning to'g'ri chiqishi va og'ishini aniqlang.

11. Toshkentning Lelingradga nisbatan uzunlamasi $\lambda=2^h 35^m 48^s$. Bu joylarning yulduz vaqtlari orasidagi farqni toping.

12. Arktur yulduzi (Ho'kizboqar yulduz turkumining eng yorug' yulduzi) ning to'g'ri chiqishi $14^h 12^m$. Planetamizning ma'lum bir punktida bu yulduz yuqori kulminatsiyada bo'lganda Grinvich vaqti bilan yuradigan yulduz soati $7^h 15^m$ ni ko'rsatadi. Bu punktning uzunlamasini hisoblab toping.

13. Vega yulduzi (Lira yulduz turkumining eng yorug' yulduzi) Samarqandda yuqori kulminatsiyada bo'lganda boshqa bir punkt uchun bu yulduzning soat

burchagi $2^h 10^m$ ni tashkil qiladi. Bu kuzatish punktining Samarqandga nisbatan uzunlamasini aniqlang.

14. 21- mart kuni Olma-otaning yulduz vaqti bilan yuradigan xronometr (katta aniqlikka ega bo'lgan maxsus soat) $15^h 21^m$ ni ko'rsatganda Quyosh markazi yuqori kulminatsiyada bo'lgan joyning uzunlamasini toping. Olma-otaning geografik uzunlamasi $5^h 8^m$.

15. Okean paraxodi kuzatuvchilari Quyosh tutilishi boshlanishini soat 15 dan 26 minut o'tganda kuzatishadi. Bu tutilish astronomik kalendar bo'yicha soat 12 dan 14 minut o'tganda boshlanishi kerak edi. Paraxod tutgan joyning uzunlamasini aniqlang.

16. Toshkentning mahalliy vaqti bilan poyas vaqti orasidagi farqni uning uzunlamasiga va poyasi nomeriga ko'ra hisoblang. Toshkent V poyasda joylashgan bo'lib, uzunlamasi $4^h 37^m$.

17. Agar Oy tutilishi dunyo vaqti bilan $20^h 15^m 23^s$ da boshlangan bo'lsa, Toshkentning poyas vaqti bilan qachon boshlanadi? Dekret vaqti bilan-chi?

18. Samarqandda 14-avgust kuni haqiqiy tush paytida dekret vaqti qanday bo'ladi? Samarqand IV poyasda joylashgan bo'lib, uzunlamasi $\lambda=4^h 27^m$ ga teng. Vaqt tenglamasi $\eta = +5^m$.

19. O'rtacha Quyosh vaqti bilan 36 soat davomida yulduz vaqti o'rtacha Quyosh vaqtidan qancha oldinga ketadi?

20. 23-sentyabr kuni o'rtacha mahalliy Quyosh vaqti bilan yarim kecha bo'lganda yulduz vaqti qancha bo'ladi? Vaqt tenglamasi $\eta = -7^m 30^s$.

21. 1-mart kuni ertalab o'rtacha mahalliy Quyosh vaqti bilan soat 10 bo'lganda yulduz vaqti qanday bo'ladi? Vaqt tenglamasi $\eta = +12^m$, Quyoshning to'g'ri chiqishi $\alpha = -22^h 46^m$.

22. 1-may kuni Buxoroda haqiqiy Quyosh vaqti $13^h 15^m 46^s$ bo'lganda poyas vaqtini aniqlang. Buxora IV poyasda joylashgan bo'lib, uzunlamasi $\lambda=4^h 17^m$ ga teng. Vaqt tenglamasi $\eta = -2^m 40^s$.

23. Moskvaning poyas vaqti $14^h 25^m 33^s$ bo'lganda dunyo vaqti (Grinvich vaqti) qanday bo'ladi? Toshkentning dekret vaqti-chi? Moskva II poyasda, Toshkent esa V poyasda joylashgan.

24. Kema kapitani 22-iyun kuni haqiqiy tush paytida Quyosh markazi balandligini o'lchab, u $65^{\circ}38'$ ga teng ekanligini aniqladi. Bu paytda Grinvich vaqti bilan yuruvchi xronometr soat 14 dan 35 minut o'tganini ko'rsatdi. Vaqt tenglamasi shu kuni $+2^m$ bo'lsa, joyning uzunlamasini va kenglamasini toping.

25. Quyosh to'la tutilishining boshlanishi Toshkentda ($\lambda=4^h 37^m$) dunyo vaqti bilan soat 7 dan 15 minut o'tganda kuzatiladi. Bu tutilish boshlanishi Toshkentda o'rtacha Quyosh vaqti bilan tush vaqtidan oldin yoki keyin bo'lishini aniqlang.

26. 21-martda bir shaharda Quyosh botayotgan paytda boshqa bir shaharda quyosh markazining soat burchagi 1^h bo'lgan bo'lsa, bu shaharlarning uzunlamalari orasidagi farqni toping.

27. 22-iyunda V poyas vaqti bilan 12^h da Quyosh kulminatsiyada bo'lsa va bunda Quyosh markazining balandligi 72° ni tashkil qilsa, bu joyning geografik kenglamasi va uzunlamalari orasidagi farqni toping.

28. Dushanbeda ($\lambda=4^h 35^m$) tush payti bo'lganda Toshkentda ($\lambda=4^h 37^m$) Quyosh markazining soat burchagini toping. Xuddi shu paytda Samarqandda ($\lambda=4^h 27^m$) haqiqiy quyosh vaqti necha bo'ladi?

29. Buxoroda ($\lambda=4^h 17^m$) 16-aprelda dekret vaqti $15^h 14^m 26^s$ bo'lganda haqiqiy quyosh vaqti necha bo'ladi? Vaqt tenglamasi kattaligini "Astronomik kalendar" dan oling.

30. 11-fevral kuni vaqt tenglamasi maksimumga erishib, $+14^m$ ni tashkil qiladi. Shu kuni uzunlamasi $4^h 15^m$ bo'lgan joyda poyas vaqti $13^h 15^m$ bo'lganda dunyo vaqti, mahalliy va dekret vaqtlari qanday bo'lishini aniqlang.

31. Qozon shahrida poyas vaqti bilan yuradigan soat 4 dan 25 minut o'tganini ko'rsatyapti. Grinvich vaqti bilan yuradigan soat bu paytda qanday vaqtni ko'rsatishi kerak? Qozonda o'rtacha mahalliy vaqt qanchani ko'rsatadi? Grinvichdan sharq tomonda Qozonning uzunlamasi $3^h 16^m$. Qozon III poyasda yotadi.

32. Kapella yulduzi ($\alpha=5^h 13^m$) Moskvada 1-fevralda taxminan qanday vaqtda yuqori kulminatsiyadan o'tadi? a) mahalliy vaqt bo'yicha? b) III poyas vaqti bo'yicha? c) Toshkentda V poyas vaqti bo'yicha? Ko'rsatma: Moskvaning uzunlamasi $2^h 30^m$, Toshkentniki esa $4^h 37^m$.

33. 21-mart kuni Quyosh botgandan bir soat keyin Sirius ($\alpha=6^h 43^m$) osmonning qayerida bo'ladi? 23-sentyabr kuni Quyosh chiqishidan bir soat oldin-chi?

5-§. Taqvimlar

Hayotda katta vaqt oraliqlarini o'lchashda taqvimlardan foydalaniladi. Demak, uzoq muddatni vaqtning o'lchamlari (sutka, hafta, oy va yillar) bo'yicha tizimga solish **taqvim** deyiladi. Taqvim tuzishda Oy fazalarining almashinish davri yoki yil fasllarining almashinish davri (tropik yil) asos qilib olinadi. Oy fazalarining almashinish davri (sinodik davr) asos qilib olingan taqvimlar **Oy taqvimi** deb, yil fasllarining almashinish davri asos qilib olinganlari esa **Quyosh taqvimlari** deb yuritiladi.

Oy fazalarining almashinish davri, ya'ni **sinodik oy** (bu Oyni Yer atrofini bir marta to'la aylanib chiqishi uchun ketgan vaqt) 29,53 sutkaga, yil fasllarining almashinish davri, ya'ni **tropik yil** (bu Yerni Quyosh atrofini bir marta to'la aylanib chiqishi uchun ketgan vaqt) esa 365,2422 sutkaga teng bo'lib, bular butun sutkalarda ifodalana olmasligi taqvimlar tuzishni ancha mukammallashtiradi. Chunki taqvim oyi ham yili ham amalda butun sutkalarda ifodalashni talab etadi.

Insoniyatning ko'p asrlik tarixi davomida har xil va turdagi taqvimlar yaratilgan. Bu taqvimlar qanday ko'rinishda ega bo'lishidan qat'iy nazar ular Oy, Quyosh yoki Oy-Quyosh taqvimlari bo'lgan, demak, **taqvimlar 3 xil** bo'ladi.

Oy taqvimi. Birinchi oy taqvimi miloddan avvalgi 2500-yillarda qadim Vavilonda paydo bo'lgan. Yetti kunlik hafta ham o'sha paytlarda yulduzlar fonida harakatlanadigan yettita osmon jismi (Quyosh, Oy va 5 ta sayyora) soniga teng qilib joriy qilindi. Bu osmon jismlari ilohiylashtirilib, haftaning bittadan kuni ularga bag'ishlandi.

Keyinchalik musulmonlar taqvimi deb ataladigan oy taqvimi shakllandi. Ko'pgina Osiyo mamlakatlarida qo'llaniladigan bu taqvim yilining uzunligi 354 sutka bo'lib, u 12 oyga (bir taqvim yilnig 12 oyga bo'linishiga sabab, Yer Quyosh atrofini bir marta to'la aylanib chiqishi uchun ketgan vaqt ichida Oy Yer atrofini 12 marta to'la aylanib chiqadi) taqsimlangan.

Unda oylar 29 va 30 kundan alamshinib o'rtacha oy fazalarining alamshinish davri 29,5 kunga teng bo'ladi. Uning oylari osmonda **yangi oy** ko'rinishi bilan boshlanadi. Taqvim oylari oy fazalariga mos kelishi uchun musulmonlar taqvimida ba'zi yillar 355 sutka qilib olinadi.

Bu taqvim yilining uzunligi biz ishlatadigan **grigorian taqvimi** (bu taqvim milodiy taqvim deb ham yuritiladi va Rim papasi **Grigoriy XIII** sharafiga qo'yilgan) yilidan o'rtacha **11 sutkaga** kaltaligidan har yili uning yangi yili taxminan, 11 sutka oldin keladi (shu sabab Ramazon oyi bizga har yili 11 sutka oldin keladi) va natijada 33 yilda bir yilga ilgari ketadi.

Boshqacha aytganda oy kalendari bo'yicha 34 yil o'tadi (demak, grigorian taqvimi joriy etilgan mamlakatlarda 33 yoshga to'lgan kishi Oy taqvimi hisobida 34 yoshga to'lgan bo'ladi).

Ushbu taqvim erasi Muhammad payg'ambarning Makkadan Madinaga ko'chgan yilining boshidan boshlanib, u milodiy taqvim bo'yicha 622-yilning 16-iyuliga to'g'ri keladi.

Musulmonlarning bu taqvimlari **hijriy**, to'la qilib aytganda **oy-hijriy** yoki **qamariy-hijriy** taqvim deb ataladi (hijriy taqvim deyilishiga sabab, "hijratun" – arabchadan ko'chib o'tish degan ma'noni beradi).

Bu taqvimning 12 oyi quyidagi nomlar bilan yuritiladi.

- | | |
|------------------|----------------|
| 1. Muharram | 7. Rajab |
| 2. Safar | 8. Sha'bon |
| 3. Rubi-ul-avval | 9. Ramadon |
| 4. Rubi-as-soni | 10. Shavval |
| 5. Jumadal-ulya | 11. Zul-qa'da |
| 6. Jumadal-oxira | 12. Zuj-hijja. |

Mazkur taqvim bo'yicha yangi 1429-yilning 1-muharrami 2008-yilning 3-mart dushanba kuni kiradi (demak, oy hijriy taqvimida yangi yil 3-martda nishonlanadi).

Quyosh taqvimi. Qadimgi Misrda miloddan avvalgi 3000-yillar ilgari birinchi Quyosh taqvimi paydo bo'lgan. U davrda yil fasllarining almashinish davri 360 sutkaga teng deb, 12 oy 30 kundan qilib olingan.

Keyinchalik tropik yil uzunligi 365 sutka deb topilib, uning barcha oylari 30 kundan 12 oyi esa 35 kun qilib ishlatilgan. Nihoyat miloddan avvalgi III asrda Misrda astronomlar tropik yilning uzunligi **365,25** sutkaga tengligini aniqladilar.

Shuni qayd etib o'tishimiz kerakki, taqvim sodda, qulay va aniq bo'lishi uchun quyidagi ikkita shart bajarilishi zarur:

1) Taqvim yilining davomiyligi iloji boricha tropik yil (tropik yil uzunligi **365 sutka 5 soat 48 minut 46 sekund**) ning davomiyligiga yaqin bo'lishi;

2) Taqvimda sutkalar butun bo'lishi.

Shundan so'ng, eramizdan avvalgi I asrda Rim sarkarda (imperator) si Yuliy Sezar yilning uzunligi 365,25 sutkaga teng taqvimni astronomlar yordamida tuzib, uni amalda joriy qildi. Bu taqvim asoschisi aleksandriyalik astronom Sozigen hisoblaniladi (eramizdan avvalgi 46 yil).

Keyinchalik bu taqvim Yuliy Sezar sharafiga Yulian taqvimi deb ataladigan bo'ldi. Bu taqvimga ko'ra, uch yil ketma-ket keladigan yillarning uzunligi 365 sutkadan bo'lib, to'rtinchi yili 366 sutka (366 sutkalik yil Kabisa yili deb yuritiladi) qilib olinadi, chunki to'rt yilda 0,25 sutkalik (yillik) qoldiq yig'ilib 1 sutkaga teng bo'ladi. bu qo'shimcha kun fevral oyiga qoshib berishga (ya'ni uni 29-kun qilib ishlatishga) kelishib olindi.

Biroq yuz yilliklar o'tishi bilan bu taqvim yilining uzunligida hali ham xatolik (bu xatolik bir yilda **11 minut 14 sekundga** teng edi) borligi ma'lum bo'ldi. Uni tuzatish uchun 1582-yilning fevralida rim papasi Grigoriy XIII reforma qabul qilib, yilning uzunligini aniqroq olingan qiymatini (365,2422 sutka) yangi Quyosh taqvimi uchun asos qilib oldi.

Yuqoridagi xatoliklar XX asr boshlariga kelib roppa-rosa 13 sutkani tashkil etdi, albatta, bu katta xatolik. Bu xatolik 1918-yil 1 fevraldan hayotga yangi taqvim (grigorian) joriy etilishi bilan tuzatildi. Ayni paytda biz ishlatayotgan taqvimimiz grigorian taqvimi bo'lib, uning erasi Iso payg'ambarining afsonaviy tug'ilgan yilidan boshlangan. Bu taqvimda xatolik 1 yilda 26 sekundni tashkil etadi va 3300 yilda 1sutka qo'shimcha hosil qiladi va fevral oyi (har 3300 yilda) 30 kundan iborat bo'ladi.

Bu taqvimda ham taqvim yili 12 oyga bo'lingan bo'lib, taqvimning 12 oyidan beshtasining nomi qadimgi rimliklar afsonaviy xudolarining nomlari bilan (**Yanus-yanvar, Februus-fevral, Mars-mart, Maya-may, Yunona-iyun**), iyul va avgust oylari Rim imperatorlari Yuliy Sezar va Avgust nomi bilan, qolganlari esa o'zlarining taqvimdagi tartib raqamlari (sentabr-yettinchi, oktabr-sakkizinchi, noyabr-to'qqizinchi, dekabr-o'ninchi) bilan ataladi. Aprel oyi "aperire" "ochilish" (uyg'onish) degan so'zdan olingan bo'lib, bahorda tabiatning uyg'onishidan darak beradi. Bu taqvim bo'yicha yil boshi ilgari martda bo'lib, so'ngra 1-yanvarga ko'chirilgan. Yil boshi qadimda taqvim yilida ikki marta, ya'ni 1-martda va 1-sentabrda bayram qilingan.

1342-yildan Moskva metropoliti (hokimi) yangi yil bayrami faqat 1-sentabrda o'tkazilishi haqida buyruq berdi. XVII asrning oxirida podshoh Pyotr I buyrug'i bilan 1700-yildan taqvim yilining boshi 1-yanvarga ko'chirildi. Shundan buyon bu taqvim bo'yicha yangi yil 1-yanvarda nishonlanilib kelinmoqda.

Umar Hayyom taqvimi. XI asrning buyuk shoiri, faylasufi, matematigi va astronomi Umar Hayyom 1048-yilda Nishopur shahri (Xuroson, hozirgi Erondagi shahar) da tavallud topdi. Uning yoshlik yillari shu shaharda, do'sti Nizomul-Mulk bilan birgalikda o'tdi. U. Hayyom o'zining dastlabki saboqlarini

Samarqand va Buxorodagi madrasalarda oldi va 1070-yilda saljuqlar sultoni Malikshoh va uning vaziri (yoshlikdagi do'sti) Nizomul-Mulk tomonidan saroyga taklif etildi.

U. Hayyom iltimosiga ko'ra, Malikshoh Hayyom va uning shogirdlari uchun 1076-yili Isfaxon va Marv (Eron) da rasadxona qurib berdi. Malikshoh vafoti (1092-yil) ga qadar u bu rasadxonalarga rahbarlik qildi. Rasadxonalarda olib borilgan astronomik kuzatishlar natijasida yuzdan ortiq yorug' yulduzlarning koordinatlarini hamda Oy, Quyosh va sayyoralarning harakatlarini aks ettirgan jadvallarni o'z ichiga olgan "Zij" yaratildi. Bu astronomik risola, keyinchalik "Malikshoh ziji" degan nom bilan jahon astronomiya tarixidan o'rin oldi.

Abu Rayhon Beruniy o'zining "O'tgan avlodlar haqida esdaliklar" asarida qadimgi Eronda taqvim yilining uzunligi 365 sutka bo'lib, 12 ta oyining birinchi 11 tasi 30 kundan 12-si esa 35 kundan bo'lganini ma'lum qiladi. Bu taqvimning yil boshisi esa har doim bahorgi teng kunlik (21-mart) bilan ustma-ust tushishi zarur edi.

Tropik yilning uzunligi esa aslida 365 sutka bo'lmay, undan 6 soatcha uzunligi tufayli yillar o'tishi bilan taqvim yilining boshi teng kunlikdan siljib ketishiga (har to'rt yilda taxminan 1 sutka) sabab bo'lgan. Taqvimni bunday kamchilikdan xolos qilish uchun Malikshoh astronom-olimlardan kengash tuzib, uni Umar Hayyomga topshiradi.

Kengashning bosh vazifasi taqvim yillarining boshi (Navro'z) bahorgi teng kunlikdan siljimaydigan qilib tuzatishdan iborat edi. Buning uchun kengash 366 kunlik Kabisa yilini joriy qilib, uning kelish tartibini rimliklarning yulian taqvimida joriy qilgan tartibidan boshqacharoq shaklini taklif etdi.

Keyinchalik **Umar Hayyom taqvimi** deb nom olgan bu taqvimda Kabisa yili 33 yilda 8 marta kelib (rimliklar taqvimida 32 yilda) dastlabki 7 tasi har to'rtinchi yilda oxirgi 8-si esa 5-yili keladigan qilib qabul qilindi. Boshqacha aytganda 33 yillik davrning 4-, 8-, 12-, 16-, 20, 24-, 28- va 33-yillari Kabisa yillari sanalib, 366 sutkadan qilib olingan qolgan 25 yili 365 sutkadan edi.

Umar Hayyom taqvimida yilning o'rtacha uzunligi 365,24242 sutkaga teng bo'lib, tropik yilning haqiqiy uzunligidan atigi 0,00022 sutkaga, ya'ni 19,5 sekundgagina uzun edi. Bu xatolik shu qadar kichik ediki, u yig'ilib-yig'ilib 4500 yil o'tgandan so'nggina 1 sutkaga yetardi (chunki 1 yil 86400 sekund, agar bu sonni 19,5 ga bo'lsangiz 4500 kelib chiqadi).

Biz ishlatayotgan grigorian taqvimining xatosi (bir yilda 26 sekund) bir sutkaga yetishi uchun esa 3300 yil, ya'ni (Hayyom taqvimidan 1200 yil kam vaqt) kerak bo'ladi. Umar Hayyomning bu taqvimi, ayni paytda Eronda ishlatiladigan **Jaloliy** (Malikshohning taxallusi) taqvimining asosini tashkil etadi.

Mazkur taqvim erasining boshi ham keyinchalik musulmonlarning hijriy-qamariy erasida kabi 622-yilning 16-iyuliga ko'chirilib, u **Quyosh-hijriy taqvimi** degan nom bilan ataladigan bo'ldi.

Bu taqvim yili ham 12 oyga bo'lingan bo'lib, taqvimda oylar, Quyoshning yillik ko'rinma harakati davomida kesib o'tadigan yulduzlar turkumlarining nomlari bilan **Hamal, Savr, Javzo, Saraton, Asad, Sunbula, Mizon, Aqrab, Qavs, Jaddi, Dalv, Hut** deb yuritiladi.

Quyosh-hijriy taqvimi bo'yicha yangi 1389-yil 2010-yilning 21-martida kirdi, demak, bu taqvimda yangi yil 21-martda nishonlandi.

.....

1. 1473-yili Polshaning Torun shahrida geliosentrik sistemaning asoschisi Nikolay Kopernik dunyoga keldi. Yulian kalendari hisobida shu yili sutkalar soni qancha bo'lgan.

2. Eski stil bo'yicha 1900-yilning 20-fevralida kuzatilgan astronomik hodisa yangi stil bo'yicha qaysi sanaga (kunga) to'g'ri keladi? Shu yilning 2-martidagi hodisa-chi?

3. Grigorian kalendari ham hatolikdan holi emasligini bilgan holda, bu kalendar bo'yicha xatolik necha yilda 1 sutkaga teng bo'lishini hisoblang.

4. Misr astronomlarining bir yilning uzunligi 365 kunga teng bo'lgan kalendarida yillik xatolik qanchaga teng bo'ladi? Bu kalendar bo'yicha bahorgi tengkunlik 100 yildan so'ng qaysi vaqtga to'g'ri keladi? Qachon (taxminan) bahorgi tengkunlik kuzgi tengkunlikka to'g'ri keladi?

5. Yulian kalendarining xatoligi necha yildan so'ng bir oyga yetishini aniqlang. Xatolik qancha vaqtdan so'ng bir yilga yetadi?

6. Har 30 yildan (Grigorian kalendari bo'yicha) 19 yili 354 kunlik va 11 yili 355 kunlik yillarga ega bo'lgan musulmonlar kalendarida qanday xatoliklar mavjud?

7. Taklif qilingan yangi bir kalendarining loyihasiga ko'ra, har 128 yilda Yulian kalendaridek 32 kabisa yili bo'lmasdan, balki 31 kabisa yili va 97 oddiy yil bo'lgan. Bunday kalendarida kalendar yilining xatoligi $0^d,00001$ dan ortiq bo'lmasligini isbotlang.

8. 1974-yil 25-yanvar musulmonlar kalendari bo'yicha, ya'ni hijriy kalendar bo'yicha 1394 yilning 1-muharramiga (musulmonlar kalendari birinchi oyining birinchi kuniga) to'g'ri keladi. Bu kalendar bo'yicha 1400 yilning 1-muharrami Grigorian kalendari bo'yicha qaysi yilning qaysi sanasiga to'g'ri kelishini hisoblab toping.

9. Qadim Afina astronomi Meton (eramizdan oldin V asr) yil hisobida shunday davrni aniqladiki, bu davr o'tgach, yangi oy va to'lin oy yana Quyosh kalendarining oldingi sanalariga to'g'ri kelaveradi. Tropik yil va sinodik oylarning o'rtacha uzunliklari ma'lum bo'lgan holda "meton sikli" yoki "oy aylanasi" deb yurutiluvchi bu davrning uzunligini aniqlang.

10. Mashhur beruniyshunos Ibrohim ibn Muhammad al-Gadonfar at-Tabriziyning (1233 – 1293 – yillarda Eronda yashab o'tgan) aytishicha, X asrning Xorazmlik mashhur olimi va ensiklopedisti Abu Rayhon ibn Ahmad al-Beruniyning tug'ilgan kuni hijriy kalendar bo'yicha 362-yilning 3-zul hijjasiga to'g'ri keladi. Bu kun Grigorian kalendari bo'yicha qaysi yilning qaysi sanasiga to'g'ri kelishini aniqlang.

11. Hozirgi zamon kalendari bo'yicha dekabristlar qo'zg'alonining yuz yilligi qachon nishonlandi? Qo'zg'alon eski stil bo'yicha 1825-yil 25-dekabrda bo'lgan?

12. Kalendarning yangi taklif qilingan Xalqaro loyihasida oylar, haftalar va sutkalarining taqsimlanishi qanday? Bu kalendar Quyosh kalendarining qaysi biriga bo'ysunadi?

6-§. Refraksiya

Yoritgichdan kelayotgan nurning Yer atmosferasidan o'tayotib egilishi tufayli, yoritgichning o'z o'rnidan zenitga tomon siljigan holda ko'rinish hodisasi refraksiya deyiladi. Refraksiya kattaligi yoritgichning zenitdan haqiqiy uzoqligi (z) dan ko'rinma zenitdan uzoqligi z' ning ayrilganiga teng, ya'ni

$$\rho = z - z'$$

Normal sharoitda ($t = 0^\circ$ va $P = 760$ mm. sim. ust.) refraksiya kattaligi quyidagi formula yordamida topiladi:

$$\rho = 60'', 25 \cdot \operatorname{tg} z'$$

Agar temperatura t° C va bosim P mm. sim. ust. bo'lsa, u holda refraksiyaning kattaligi

$$\rho = \frac{273}{273 + t} \cdot \frac{P}{760} \cdot 60'', 25 \cdot \operatorname{tg} z'$$

formula orqali hisoblanadi.

Bu formulalar ko'rinma zenitdan uzoqligi 0° dan 70° gacha oraliqda bo'lgan yoritgichlar uchun refraksiya kattaligini hisoblashga imkon beradi. Zenitdan uzoqligi 70° dan 90° gacha oraliqda bo'lgan yoritgichlar uchun refraksiya kattaligi interpolatsiya metodi bilan hisoblab topiladi. Bunda yoritgich matematik gorizontda bo'lganda shu yoritgich uchun refraksiya kattaligi (hisoblab topilgan) $35''$ ekanligi etiborda tutiladi.

Masalan, zenitdan uzoqligi 80° bo'lgan yulduz uchun refraksiya kattaligi

$$\rho_{80} = \frac{\rho_{70} + \rho_{90}}{2}$$

tenglik yordamida topiladi, bu yerda ρ_{70}, ρ_{90} –zenitdan uzoqliklari mos ravishda 70° va 90° bo'lgan yoritgichlar uchun refraksiya kattaligi. Zenitdan uzoqligi 85° bo'lgan yulduz uchun refraksiya kattaligi

$$\rho_{85} = \frac{\rho_{80} + \rho_{90}}{2}$$

tenglik yordamida topiladi va hokazo.

Turli balandliklardagi yoritgichlar uchun refraksiya kattaliklari “Astronomik kalendar”dan (doimiy qismi) olinadi.

Paralaks. Quyosh sistemasidagi osmon jismlarigacha bo'lgan masofalarni aniqlash

Osmon jismining sutkalik paralaksi deb, shu osmon jismidan qaraganda Yer radiusining ko'rinish burchagiga aytiladi. Bu burchak yoritgichning zenitdan uzoqligi bilan bog'liq bo'lib, quyidagicha o'zgaradi.

$$p = p_0 \cdot \sin z$$

bu yerda p_0 yoritgich gorizontda bo'lgandagi (ya'ni $z=90^\circ$) paralaks burchagini xarakterlaydi va u sutkalik gorizont paralaks burchagi deb yuritiladi.

Sutkalik gorizont paralaks burchagi p_0 aniqlangach, yoritgich (M) gacha bo'lgan masofa to'g'ri burchakli uchburchak ONM dan quyidagicha topiladi:

$$L = OM = \frac{R_\oplus}{\sin p_0''}$$

p_0'' juda kichik bo'lganidan $\sin p_0''$ ni shunday yozish mumkin:

$$\sin p_0'' = p_0'' \sin 1''$$

u holda

$$L = \frac{R_\oplus}{p_0'' \sin 1''} = \frac{206265 \cdot R_\oplus}{p_0''}$$

Bu formula yordamida faqat Quyosh sistemasiga tegishli osmon jismlarigacha bo'lgan masofalargina hisoblash mumkin. Quyosh sistemasidan juda katta masofada yotgan osmon jismlari, jumladan, yulduzlargacha bo'lgan masofalarda osmon jismlarining sutkalik paralaks burchaklarini o'lchashning iloji yo'q, chunki bunday katta masofalar oldida basis sifatida qaralayotgan Yer diametri hisobga olmaslik darajada kichikdir.

.....

1. Refraksiya kattaligi har ikkala gorizont koordinatalarga (A va h) ham ta'sir qiladimi?

2. Kuzatuvchi Yerning qaysi nuqtasida bo'lganda refraksiya kattaligi faqat yoritgichning og'ishigagina ta'sir qilib, uning to'g'ri chiqishiga ta'sir qilmaydi?

3. Qanday shartlar bajarilganda (kuzatuvchining Yerdagi va yoritgichning osmondagi o'rinlariga nisbatan) refraksiya kattaligi faqat yoritgichning to'g'ri chiqishiga ta'sir qiladi?

4. Geografik kenglamasi 45° bo'lgan joyda og'ishi $+15^\circ$ bo'lgan yulduz yuqori kulminatsiyada bo'lganda yoritgich o'zining haqiqiy o'rniga nisbatan zenit tomonga qancha burchak masofagacha siljib ko'rinadi?

5. Toshkentda ($\varphi=41^\circ 20'$) Quyosh markazining tush paytidagi balandligi 60° bo'lsa, refraksiya jadvalidan foydalanib, Quyoshning og'ishini toping. Bu hodisa yilning qaysi oylariga to'g'ri keladi?

6. Og'ishi 30° bo'lgan yulduz yuqori kulminatsiyadan 3 soat keying vaziyatda o'zining haqiqiy o'rnidan qancha balandda ko'rinadi? Kuzatish joyining geografik kenglamasi 60° .

7. Yarim kechada Quyosh diski ostki qismining Rossiya muzyoraridan o'lchangan balandligi $14^\circ 11' 5''$ ga teng chiqdi. Shu kuni Quyosh markazining og'ishi $+21^\circ 19' 34''$, uning ko'rinma radiusi esa $15^\circ 47'$ ni tashkil qilgan. Refraksiyani hisobga olgan holda shunday kuzatish olib borilgan kema turgan joyning geografik kenglamasini aniqlang.

8. Tengkunlik kunlari refraksiya tufayli ekvatorida Quyoshning qancha vaqt oldin chiqishini va kech botishini, natijada kunduzining uzunligi qanchaga ortishini aniqlang.

9. Quyoshning ko‘rinma diametri 32'. Normal sharoitda ($t=0^{\circ}\text{C}$ va $P=760$ mm. sim. ust.) Quyosh botayotganda refraksiya hodisasi uning vertikal diametri gorizontal diametridan qanchaga qisqarishini aniqlang.

10. Quyosh va Oy gorizont ustida bir vaqtda ko‘rinishlari mumkinmi?

11. Oy uchun gorizontal ekvatorial parallaks (Oydan qaraganda qarash chizig‘iga tik bo‘lgan Yer ekvatori radiusining ko‘rinish burchagi) o‘rtacha $p_C = 57''$. Yerning berilgan ekvatorial radiusiga ko‘ra ($R_{\oplus} = 6378$ km) Oygacha bo‘lgan o‘rtacha masofani toping.

12. Quyoshgacha bo‘lgan o‘rtacha masofa 149.6 mln. km, uning aniqlangan diametri esa 1 mln. 392000 km ni tashkil qiladi. Yer radiusini ma’lum deb qarab, Quyoshning ko‘rinma burchak diametri va gorizontal sutkalik parallaksini hisoblab toping.

13. Zuhra planetasi (Venera) ning ekvatorial radiusi 6050 km, uning Quyosh bilan buyuk quyi qo‘shilishida ungacha bo‘lgan masofa 39 mln. km ni tashkil qiladi. Bunday vaziyatda Zuhra osmonda qanday burchak ostida ko‘rinadi?

14. Pluton Quyoshdan o‘rtacha 39.4 a.b. masofada yotadi. Plutonning qarama-qarshi turishida uning diametri qanday burchak ostida ko‘rinishini aniqlang. Plutonning diametri ma’lum deb qarang ($D=3000$ km).

15. Yupiterning Quyoshdan o‘rtacha uzoqligi 5,2 astronomik birlikka teng. Quyosh bilan qo‘shilish vaziyatida (Yerdan qaraganda osmonda Quyoshga eng yaqin vaziyatdan o‘tayotgan paytida) ko‘rinma burchak diametrini aniqlang. Yupiter diametrining o‘rtacha uzunligi Yerning ekvatorial diametridan 11,26 marta kattaligini e’tiborga oling.

16. Oyning gorizontal sutkalik parallaksi $57'2'',7$ bo‘lib, uning radiusi $15'32''$ burchak ostida ko‘rinadi. Oygacha bo‘lgan masofa va Oy radiusining Yer radiusi birligida ifodalangan qiymatlarini, Oy sirti va hajmining Yer sirti va hajmi birliklarida ifodalangan qiymatlarini toping.

17. Marsning buyuk qarama-qarshi turishida Yerdan ungacha bo‘lgan masofa 56 mln. km ga teng. Yerning ekvatorial diametrini ma’lum deb hisoblab, Marsning gorizontal ekvatorial parallaksini aniqlang.

18. Yer, Oy va juda uzoq masofada osmon ekvatorida yotuvchi yulduz bir to‘g‘ri chiziqda yotadi. Oy kulminatsiyada bo‘lgan Yer meridianidagi qanday geografik kenglamadan boshlab, kuzatuvchi yulduzni ko‘radi? $p_C = 57''$, $2\overline{R}_C = 31''$ (p_C – Oyning gorizontal sutkalik parallaksi, $\overline{R}_C$ – Oy radiusining ko‘rinma burchagi). Chizma chizing.

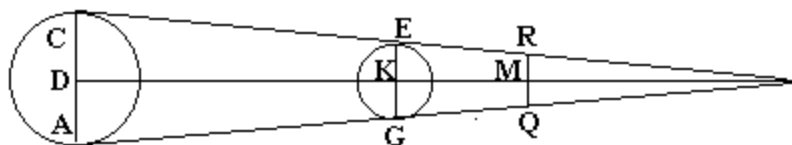
19. Yer suniy yo‘ldoshi o‘z orbitasining apogeyida Yerdan 12 000 km masofada bo‘ladi. Bu yo‘ldoshning gorizontal qutbiy va gorizontal ekvatorial parallaksini toping.

20. Yupiterning qarama-qarshi turishida uning to'rtinchi yo'ldoshi Kallistoning Yupiterdan maksimal burchak uzoqlashuvi qanchaga teng bo'ladi? Kallistoning Yupiterdan o'rtacha uzoqligi 1 882 000 km.

21. Marsdagi kuzatuvchi uchun uning yo'ldoshi Deymosning gorizontall ekvatorial parallaksini aniqlang. Deymosning Marsdan o'rtacha uzoqligi 23,5 ming km deb oling. Marsning diametri 6860 km.

22. Neptun planetasining qarama-qarshi turishida uning gorizontall ekvatorial parallaksi $0'',29$ ni tashkil qiladi. Neptungacha bo'lgan masofani toping.

23. Merkuriyning Quyosh bilan quyi qo'shilishida ungacha masofa 82 mln. km bo'lib, bu planetaning radiusi Yerdan qaraganda $6'',10$ li burchak ostida kuzatilsa, Merkuriy diametri qanday bo'ladi?



13-rasm.

24. Kopernik kitobidan olingan rasmda Oy va Quyoshning burchak radiuslari $15'$ ga tengligini (Oy tutilishida aniqlangan), Oy masofasida Yer soyasi radiusi $MR=40'$ hamda $DK/KM=390$ (xatoligi tufayli Aristarx bu munosabatni 19 ga teng deb olgan) ekanligini bilgan holda Oygacha (M) masofani Yer radiuslarida (KE) aniqlashda Aristarx qo'llagan usuli chizmasi berilgan. Aristarx usulini tiklang va Yerdan Oygacha masofa (KM) ni aniqlang. Rasmda CA – Quyosh diametri, EG – Yer diametri va M – Oy.

7-§. Yoritgichlarning chiqish va botish momentlarini hisoblash

Ma'lumki, ixtiyoriy yoritgichning aniq bir vaziyatida yulduz vaqti shu yoritgichning to'g'ri chiqishi α vas soat burchagi t orqali quyidagicha topiladi:

$$S = t + \alpha$$

Yoritgichning gorizont ustidagi yo'li uning yuqori kulminatsiyasi nuqtasi O' da teng ikkiga bo'linishini e'tiborga olsak, u holda yoritgichning chiqish nuqtasi (ch) ga tegishli soat burchagi t_{ch} va botish nuqtasi (b) ga tegishli soat burchagi t_b ning kattaliklari o'zaro teng bo'ladi, ya'ni

$$|-t_{ch}| = +t_b = t.$$

Demak,

$$S_{ch} = -t_{ch} + \alpha$$

$$S_b = +t_b + \alpha.$$

Yoritgichlarning soat burchagi t ning kattaligi paralaktik uchburchakda keltirilgan koordinatalarni almashtirish formulasi

$$\cos t = \frac{\cos z - \sin \delta \cdot \sin \varphi}{\cos \delta \cdot \cos \varphi}$$

orqali topiladi.

Yoritgichning zenitdan uzoqligi, uning chiqish (yoki botish) paytida refraksiya va yoritgichning ko‘rinma kattaliklarini e‘tiborga olsak, Yer markazi uchun quyidagi tenglikdan topiladi:

$$z = z' + \rho_{90} + \check{R} + p_0,$$

bu yerda z' - yoritgichning zenitdan ko‘rinma uzoqligi bo‘lib, chiqish va botish momentlari uchun 90° ga teng; ρ_{90} - chiqish yoki botish paytida refraksiya kattaligini ifodalab, u $35'$ ga teng; $\check{R}$ - yoritgichning ko‘rinma radiusi; p_0 - gorizonta sutkalik parallaks. Aytilganlarni e‘tiborga olsak, u holda yoritgichning chiqish yoki botish payti uchun soat burchagi quyidagicha topiladi:

$$\cos t = \frac{\cos(90^\circ 35' + \check{R} - p_0) - \sin \delta \cdot \sin \varphi}{\cos \delta \cdot \cos \varphi}$$

yulduzlar uchun $\check{R} = 0$ va $p_0 = 0$ ekanligidan:

$$\cos t = \frac{\cos 90^\circ 35' - \sin \delta \cdot \sin \varphi}{\cos \delta \cdot \cos \varphi}.$$

Yoritgichning soat burchagi topilgach, uning to‘g‘ri chiqishidan foydalanib (yulduzlar jadvalidan qarab), bu yoritgichning chiqish va botish paytiga tegishli yulduz vaqti quyidagi tengliklardan topiladi:

$$\begin{aligned} S_{ch} &= -t_{ch} + \alpha \\ S_b &= +t_b + \alpha. \end{aligned}$$

Quyosh uchun $\check{R} = 16'$ va $p_0 = 0$ deyilsa, u holda

$$\cos t_\odot = \frac{\cos 90^\circ 51' - \sin \delta_\odot \cdot \sin \varphi}{\cos \delta_\odot \cdot \cos \varphi}.$$

Demak, haqiqiy Quyosh vaqti bilan ifodalanadigan chiqish va botish momentlariga tegishli vaqt:

$$\begin{aligned} T_{\odot ch} &= -t_\odot + 12^h \\ T_{\odot b} &= +t_\odot + 12^h \end{aligned}$$

O‘rtacha quyosh vaqti esa $T_{t_\odot} - T_\odot = \eta$ ekanligidan:

$$\begin{aligned} T_{t_\odot ch} &= -t_\odot + 12^h + \eta \\ T_{t_\odot b} &= +t_\odot + 12^h + \eta \end{aligned}$$

bu yerda η - berilgan kun uchun vaqt tenglamasi bo‘lib, uning qiymati “Astronomik kalendar”dan olinadi.

Agar quyoshning chiqish va botish momentlari poyas vaqtida ifodalanishi zarur bo‘lsa, bu vaqt quyidagicha aniqlanadi:

$$T_{p, ch} = -t_\odot + 12^h + \eta + N^h - \lambda_m$$

$$T_{p,b} = +t_{\odot} + 12^h + \eta + N^h - \lambda_m$$

bu yerda N – poyas nomeri, λ_m – joyning geografik uzunlamasi.

Quyoshning chiqish yoki botish vaqtlarini dekret vaqti bilantopish uchun aniqlangan poyas vaqtlariga mos ravishda bir soatdan qo‘shiladi, ya’ni:

$$\cos \delta_{\odot} = \sin \varphi \cdot \sin z_{\odot} - \cos \varphi \cdot \sin z_{\odot} \cos A_{\odot}$$

dan quyidagicha topiladi:

$$\cos A = -\frac{\sin \delta_{\odot}}{\cos \varphi}$$

chunki $z_{\odot} = 90^{\circ}$. Chiqish nuqtasi uchun $A > 180^{\circ}$ olinadi.

.....
1. Yoritgichlarning chiqishi va botishi matematik gorizontning qaysi tomonlarida kuzatiladi? Yoritgichlarning chiqish va botish nuqtalari ustma-ust tushadigan geografik kenglama mavjudmi? Agar mavjud bo‘lsa, u holda φ kenglamaga ega bo‘lgan joyda bunday yulduzlarning og‘ishi qanday bo‘ladi?

2. Aniq sharqiy nuqtadan ko‘tarilgan yoritgich qaysi nuqtada botadi? Bunday yoritgichning og‘ishi va uning gorizont ustida qancha vaqt bo‘lishini aniqlang.

3. Tengkunlik kunlari Quyosh markazining chiqish va botish nuqtalarining azimuti qanchaga teng bo‘ladi?

4. 21-mart kuni Quyoshning chiqish va botish momentlarini yulduz vaqtida ifodalang. 23-sentyabrda, 22-iyunda va 22-dekabrda Quyoshning chiqish va botishi yulduz vaqti bilan qaysi paytda sodir bo‘ladi?

5. To‘g‘ri chiqishi $\alpha=6^h$, og‘ishi $\delta=0$ bo‘lgan gigant planetaning 23-sentyabrda Toshkentda chiqish va botish momentlarini o‘rtacha quyosh vaqti bilan hisoblab chiqaring.

6. 22-dekabrda qaysi geografik kenglamalarda Quyosh chiqmaydi? Shu kuni quyoshning og‘ishi $\delta=-23^{\circ}27'$. Refraksiyani e‘tiborga olmang.

7. Toshkent ($\varphi=41^{\circ}20'$) va Sankpiterburg ($\varphi=59^{\circ}57'$) uchun Siriusning ($\alpha=6^h42^m$, $\delta=-16^{\circ}37'$) chiqish va botish momentlarini toping.

8. Regul yulduzining ($\alpha=10^h04^m42^s$ va $\delta=12^{\circ}18'$) Samarqandda ($\varphi=39^{\circ}35'$) chiqish va botish momentlarini hamda chiqish va botishga tegishli nuqtalarining azimutlarini toping.

9. Ma’lum yulduz Samarqand ($\varphi=39^{\circ}35'$) osmonida 18 soat davomida matematik gorizont ustida va 6 soat davomida gorizont ostida bo‘ldi. Shu yulduzning og‘ishini aniqlang.

10. 4 – may kuni Quyosh markazining og‘ishi $\delta=15^{\circ}$ ga teng bo‘ladi. Shu kuni kunduzining uzunligi 6 soatga teng bo‘lgan joylarning geografik kenglamasini aniqlang.

11. Toshkentda ($\varphi=41^{\circ}20'$), Samarqandda ($\varphi=39^{\circ}35'$) va Dushanbeda ($\varphi=38^{\circ}40'$) eng uzun kunduzining uzunligini hisoblab toping. Refraksiyani e‘tiborga olmang.

12. Ekvatordagi kuztuvchi uchun ($\varphi=0$) bahorgi va kuzgi tengkunlik kunlarida Quyoshning gorizontga nisbatan sutkalik ko‘rinma harakati qanday bo‘ladi? Bu joyda tengkunlik kunlari Quyoshning chiqish va botish nuqtalari qanday azimutga ega bo‘ladi?

13. Yulduz botayotgan paytida azimuti 30° ga teng. Uning og‘ishi, gorizont ustida bo‘lish vaqtining uzunligi hamda kulminatsiya vaqtidagi balandligini Voronej shahri ($\varphi=51^\circ, 7$) uchun hisoblang.

14. 22 – iyunda Quyosh o‘zining yuqori kulminatsiyasidan o‘tgach, yulduz vaqti bilan hisoblaganda 8 soat-u 30 minutdan so‘ng botdi. Shu joyning kenglamasini aniqlang.

15. Quyoshning yozda botmaydigan va qishda chiqmaydigan kunlar kuzatiladigan joylar shimoliy yarim sharda qaysi geografik kenglamadan boshlanishini toping. Bunday kenglamaga ega bo‘lgan Yer paralleli qanday nom bilan yuritiladi?

16. 25 – sentyabrda Toshkentda ($\varphi=41^\circ 20'$) Quyoshning chiqish va botish momentlarini Toshkentning dekret vaqti bilan hisoblang. Quyoshning ko‘rinma diametri $32'$, gorizont sutkalik paralaksi esa $8'', 8$ ga teng. Vaqt tenglamasi kattaligi va Quyoshning og‘ishini, “Astronomik kalendar”dan oling.

17. Sanktpeterburgda ($\varphi=59^\circ 57'$) va Moskvada ($\varphi=55^\circ 45'$) eng qisqa kunduzining (22 – dekabrda) uzunligini toping.

18. Rossiyaning eng janubiy nuqtasi – Kushka shahri ($\varphi=35^\circ$) uchun 22 – dekabrda Quyoshning chiqish va botish momentlarini aniqlang. Kunduzining uzunligi shu kuni Kushkada qanchaga teng bo‘ladi?

19. Regul yuduzining Pulkovada chiqish va botish nuqtalarining soat burchagi va azimutini hisoblang. Yulduz qancha vaqt gorizont ustida bo‘ladi? Agar 20-aprel kuni Regulning chiqishi va botishi o‘rtacha quyosh vaqti bilan qaysi paytda ro‘y beradi? Pulkovaning kenglamasi $59^\circ 46', 3$. Regulning to‘g‘ri chiqishi $10^h 04^m 42^s$, og‘ishi $+12^\circ 18', 3$.

20. Toshkentda ($\varphi=41^\circ 20'$) kunduzining uzunligi 11 soatga teng bo‘lganda Quyoshning og‘ishi tahminan qanday bo‘ladi? Kunduzisining uzunligi shunday bo‘lgan kunlar (bir yilda ikki kun shunday uzunlikka ega) yilning qaysi oylariga to‘g‘ri keladi?

21. 24 – mayda Quyoshning og‘ishi $20^\circ 37'$ ga teng. Shu kuni tush paytida Quyosh zenitdan o‘tgan joyning geografik kenglamasini va shu yerda kunduzining uzunligini hisoblab toping. Shuningdek, Quyoshning chiqish va botish nuqtalarining azimutini aniqlang.

8-§. Planetalarning harakati

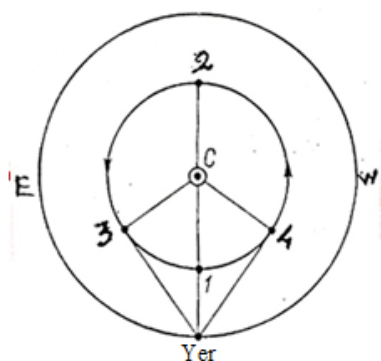
Quyosh atrofida harakatlanayotgan planetalarning yulduzlar fonidagi siljishlari harakatlanayotgan Yerdan kuzatilgani tufayli murakkab ko‘rinish kasb etadi. Planetalarning Yerdan qaraganda, Quyoshga nisbatan egallagan alohida vaziyatlari ularning konfiguratsiyalari deyiladi.

Planetaning siderik davri (T_{pl}) deb, uning Quyosh atrofida ma'lum bir yulduzga nisbatan to'la aylanib chiqishi uchun ketgan vaqtga aytiladi. Planetaning sinodik davri (S) deb, uning bir xil konfiguratsion vaziyatlarining, ya'ni planetaning Quyosh va Yerga nisbatan qabul qilingan ma'lum vaziyatlarining (planetalarining qo'shilishi, elongatsiyalari, va qarama-qarshi turishlari) biridan ikki marta ketma-ket o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'iga aytiladi. Planetaning sinodik davri S Yerning harakati bilan bog'liq bo'lib, Yerning siderik davri $T_{\oplus}$ va planetaning siderik davri T_{pl} bilan quyidagicha bog'liq:

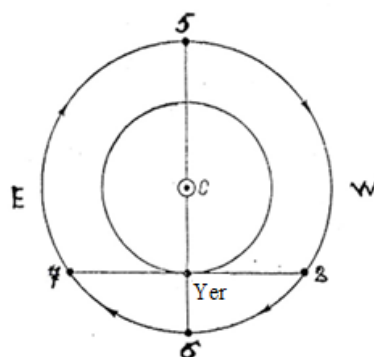
$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{ni}}, \quad \text{tashqi planetalar uchun}$$

yoki

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{ni}} - \frac{1}{T_{\oplus}}, \quad \text{ichki planetalar uchun.}$$



Ichki planetalarning konfiguratsion vaziyati



Tashqi planetalarning konfiguratsion vaziyati

14-rasm.

Keplerning umumlashgan qonunlari

Birinchi qonun: Barcha planetalar, Quyosh atrofida ellips bo'ylab harakatlanadilar. Ellipsning fokuslaridan birida Quyosh yotadi. Planetalarning orbitalari aylanadan ko'p farq qilmay, ellipsning eksentrisitetlari $ye(O F_1 / O \Pi)$ nolga yaqin bo'ladi (aylananing eksentrisiteti $ye=0$ bo'ladi).

Keplerning birinchi qonuniga ko'ra, Quyosh F_1 da yotib, orbitadagi P nuqta uning *perigeliyi*, A nuqta esa *afeliyi* deyiladi. $OA=OP=a$ orbitaning katta yarim o'qi deyiladi. Perigeliyda planetaning Quyoshdan uzoqligi $q = a(1 - e)$, afeliyda esa $Q = a(1 + e)$ ifodadan topiladi. Orbitaning ixtiyoriy nuqtasi (K) ni ellipsning fokusidagi (F_1) Quyosh bilan tutashtirilgan kesmasi – orbitaning radius-vektori r deb ataladi. Orbitaning katta yarim o'qi, perigeliy va afeliyning uzoqliklari (q, Q) orqali quyidagicha topiladi:

$$a = \frac{Q + q}{2}$$

Ikkinchi qonun: Planetaning radius-vektori teng vaqtlar ichida teng yuzalar chizadi.

Perigeliy yaqinida planeta radius-vektorining Δt Vaqtda chizgan yuzasi CK_1K_2 , shunday vaqt ichida afeliy yaqinida chizgan CK_3K_4 yuzaga tengligidan, bu davrlarda planetalarning perigeliy va afeliy yaqinida utgan yo'llari, mos ravishda, K_1K_2 va K_3K_4 bo'ladi. $q < Q$ bo'lishiga qaramay, yuzalar tengligidan $K_1K_2 > K_3K_4$ bo'lishi ayon bo'ladi. Bu yoylarni planeta bir xil Δt vaqt ichida o'tganidan, uning ellips bo'ylab harakati notekis kechishi, aniqrog'i – perigeliy yaqinida u tezroq, afeliy yaqinida esa sekinroq yurishi ma'lum bo'ladi.

Planetalarining perigeliy yaqinidagi tezligi $v_n = v_{or} \sqrt{\frac{1+e}{1-e}}$, afeliy yaqinidagisi esa $v_a = v_{or} \sqrt{\frac{1-e}{1+e}}$ ifodalardan topiladi, bu yerda v_{or} - planetaning orbita bo'ylab o'rtacha yoki radiusi $r=a$ aylana bo'ylab tezligi.

Keplerning uchinchi qonuni: Ixtiyoriy ikki planeta siderik (haqiqiy) davrlari kvadratlarining nisbati, katta yarim o'qlari kublarining nisbatiga teng, ya'ni

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

bu yerda T_1 va T_2 - planetalar siderik davrlarini, a_1 va a_2 lar esa ularning orbitalarining katta yarim o'qlarini ifodalaydi.

Agar ikkinchi planeta uchun Yer olinib, $T_2 = T_{\oplus} = 1$ yil, $a_2 = a_{\oplus} = 1$ a.b. ekanligi e'tiborga olinsa, ixtiyoriy planetaning *yillarda* ifodalangan davri T , uning *astronomik birliklarda* ifodalangan katta yarim o'qi bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$T = \sqrt{a^3}$$

1. Yerning o'rtacha orbital tezligi 30km/sek. Uning Quyosh atrofida aylanib chiqish davri bir yilga teng ekanligini e'tiborga olib va orbitani aylanadan iborat deb qarab, Yerning Quyoshdan uzoqligini toping.

2. Neptunning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 30 a. b. bo'lib, uning atrofida 165 yilda bir marta aylanib chiqadi. Neptunning orbitasini aylanaga yaqin deb qarab, uning o'rtacha orbital tezligini hisoblab toping.

3. Quyoshdan qaraganda Venera Yerdan har sutkada qancha oldinga ketadi? Yer va Veneraning Quyosh atrofida aylanish davrlari mos ravishda 365,25 va 225 sutkaga teng.

4. Venerani kechqurun quyosh botgach, sharqda ko'rish mumkinmi? Merkuriy va Marsni-chi?

5. Merkuriy orbitasining eksentrisiteti 0,206 ga teng bo'lib, o'rtacha orbital tezligi 48 km/sek. Uning perigeliydan o'tish paytidagi maksimal tezligini hisoblang.

6. Yerning o'rtacha orbital tezligi 30 km/sek bo'lib, uning afeliy nuqtasidan o'tish paytidagi tezligi 29,5 km/sek ga teng. Yer orbitasini eksentrisitetini toping.

7. Uran planetasining Quyosh atrofida aylanib chiqish davri 84 yilga teng. Uning Quyoshdan o'rtacha uzoqligini astronomik birliklarda aniqlang.

8. Saturnning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 9,5 a. b. ga teng. Yerning Quyosh atrofida aylanish davri va Yerning Quyoshdan o'rtacha uzoqligini bilgan holda Saturnning Quyosh atrofida aylanish davrini hisoblab toping.

9. Oyning Yer atrofida aylanib chiqish davri 27,3 sutka. Oygacha bo'lgan o'rtacha masofani toping. Oyning o'rtacha orbital tezligi qanday bo'ladi? Yer uchun $K_{\oplus} = 4 * 10^5 \frac{km^3}{s^2}$ ma'lum deb qarang.

10. Marsning yo'ldoshlaridan biri – fobosning Marsdan o'rtacha uzoqligi 9400 km bo'lib, planeta atrofida aylanib chiqish davri $7^h39^m14^s$. marsning ikkinchi yo'ldoshi Deymos planeta atrofida $16^h17^m55^s$ da aylanib chiqsa, Deymosning marsdan o'rtacha uzoqligi qanday bo'ladi?

11. Yupiterning Galiley tomonidan topilgan yo'ldoshlaridan biri Kallisto planeta atrofida 16,59 sutkada bir marta to'la aylanib chiqadi. Kallistonning Yupiterdan o'rtacha uzoqligi 1 882 000 km bo'lib, Yupiterning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 5,2 a. b. ga teng. Yuqorida keltirilgan ma'lumotlardan foydalanib Yupiterning Quyosh atrofida aylanishining siderik davrini va orbital tezligini aniqlang.

12. Merkuriyning Quyosh atrofida aylanish davri 88 sutkaga teng. Yerning Quyosh atrofida aylanish davrini (365,25 sutka) bilgan holda Merkuriyning ikki marta ketma-ket Yerga yaqinlashishi uchun ketgan vaqt oralig'ini aniqlang.

13. Yupiterning Quyosh atrofida aylanishining siderik davri 12 yilga teng. Bu planeta konfiguratsiya vaziyatlarining (Quyosh bilan qo'shilish yoki qarama-qarshi turish jabi holatlarining) biridan ikki marta ketma-ket o'tishi uchun ketgan vaqt oralig'ini aniqlang.

14. Agar Venera Quyosh diskini kesib o'tayotgan bo'lsa, bunday “kesib o'tish” qanday burchak tezlik bilan bo'ladi? Veneraning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 0,723 a.b ga, sinodik aylanish davri 584 kunga teng. Quyoshning ko'rinma diametri esa 32' (Osmon sferasi katta aylanasing 1/675 qismini tashkil etadi).

15. Quyosh sistemasining eng chekkada joylashgan planetasi – Plutonning Quyoshdan o'rtacha uzoqligini bilgan holda (39,4 a.b) uning siderik davrini aniqlang.

16. Pallada asteroidi (mayda planetalar ichida eng yiriklaridan biri) ning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi Yerdan Quyoshgacha bo'lgan masofadan 2,77 marta ortiq. Palladaning Quyosh atrofida to'la aylanib chiqishi uchun qancha vaqt ketadi?

17. Agar Veneraning Quyosh bilan ikki marta quyi qo'shilishi uchun ketgan vaqt 584 sutkaga teng bo'lsa, u Quyosh atrofida bir marta to'la aylanib chiqishi uchun qancha vaqt ketadi?

18. Agar planetalardan birining Quyosh atrofida aylanish davri 370 sutkaga teng bo'lsa, u holda qancha vaqtdan keyin uning qarama-qarshi turish vaziyatlari qaytariladi? U Yerga qancha masofagacha yaqinlashadi? Yerning yulduz aylanish davri 365 sutka deb, orbitasini esa aylana deb qarang.

19. Merkuriy planetalar ichida Quyosh atrofida eng yaqin masofada aylanuvchi planetabo'lib, sinodik davri 116 sutkaga teng. Uning siderik davri qanday bo'ladi?

20. Kelajakda Marsda bo'ladigan kosmonavtlar uchun Yer ham osmonda venera kabi ba'zan tonggi, ba'zan esa kechqurungi planeta bo'lib ko'rinadi. Yerning ikki marta ketma-ket tonggi (Marsdagi kuzatuvchi uchun) ko'rinishi uchun ketgan vaqt oralig'ini toping.

21. Kometalar ichida eng mashhuri hisoblangan Galley kometasi (1705-yilda Galley tomonidan orbitasi aniqlangan) ning Quyosh atrofida aylanish davri 76 yilga teng. Kometa orbitasining katta yarim o'qi qanday uzunlikka ega? Galley oxirgi marta Quyosh yaqinidan o'tganda (1910-yil 19-mayda) uning perigeliy nuqtasi Quyoshdan taxminan 100 mln. km masofada bo'lgan bo'lsa, afeliy nuqtasi Quyoshdan qanday masofada yotishini aniqlang.

22. Uran planetasi Quyosh atrofida 84 yilda bir marta aylanib chiqadi. Agar Uranning Quyosh bilan qo'shilishi 1975-yilning 26-oktyabrida kuzatilgan bo'lsa, uning navbatdagi qo'shilishi qachon sodir bo'ladi?

23. Orbitasi boshqa kometa orbitalariga nisbatan aylanaga yaqin bo'lgan kometa 1927-yil 15-noyabrda Shvassman va Vaxmanlar tomonidan topildi. Bu kometaning orbitasi Yupiter va Saturn orbitalari orasiga joylashgan bo'lib, Quyosh atrofida 16 yildan ko'proq vaqt davomida to'la aylanib chiqadi. Kometa orbitasining eksentrisiteti 0,14 ekanligini e'tiborga olib uning kichik yarim o'qi uzunligini toping.

24. Yupiterning uchinchi yo'ldoshi – Ganimed planetadan 15 yupiter radiusi masofada joylashgan bo'lib, u planeta atrofida 7,2 sutkalik davr bilan aylanadi. Planetadan 2,54 planeta radiusiga teng masofada aylanuvchi beshinchi yo'ldosh planeta atrofida qancha vaqtda aylanib chiqishini hisoblang. Orbitasining katta yarim o'qi 330 planeta radiusiga teng bo'lgan sakkizinchi yo'ldosh Yupiter atrofida qancha vaqtda aylanib chiqadi?

25. Agar palaneta katta yarim o'qini Δa kattaligi oshirilsa, uning aylanish davri qanchaga o'zgaradi?

9-§. Butun olam tortishish qonuni. Osmon jismlarining massalarini hisoblash.

Osmon jismlarining harakatlari mexikaning asosiy qonunlari, jumladan, butun olam tortishish qonuni asosida ro'y beradi. Har qanday ikki osmon jismi orasidagi tortishish kuchi shu osmon jismlarining massalariga (m_1 va m_2) to'g'ri proporsional bo'lib, ular orasidagi masofa (r) kvadratiga teskari proporsional bo'ladi, ya'ni

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Bu yerda G – gravitatsiya doimiysi. SGS sistemasida

$$G = 6,673 \cdot 10^{-8} \text{ sm}^3 / \text{g} \cdot \text{s}^2.$$

Osmon jismining massalarini butun olam tortishish qonuniga asoslangan Keplerning 3-qonunining aniq ifodasidan foydalangan holda ham topish mumkin. Har qanday ikki planeta va Quyosh (yoki planeta va uning ikki yoʻldoshi) uchun Kepler qonunining aniq ifodasi:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \cdot \frac{M_1 + m_1}{M_2 + m_2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Bu yerda $M_1 = M_2 = M_{\odot}$. Quyosh massasini, m_1 va m_2 esa ikki planeta massasini (yoki M_1 va M_2 maʼlum ikki planeta massasini, m_1 va m_2 lar esa bu planetalar yoʻldoshlarining massasini) xarakterlaydi. Agar planeta yoʻldoshlarining massalari (m_1, m_2) planetalar massalariga (M_1, M_2) nisbatan hisobga olmaslik darajada kichik, yaʼni

$$m_1 \ll M_1 \text{ va } m_2 \ll M_2$$

boʻlsa, u holda Kepler qonunining aniq ifodasi quyidagicha koʻrinish oladi:

$$M_1 = \frac{T_2^2 \cdot a_1^3}{T_1^2 \cdot a_2^3} \cdot M_2.$$

Koʻpincha planetalarning massalarini (M_{pl}) hisoblashda Yer massasi ($M_{\oplus}$) birlik sifatida qabul qilinib, planetaning massasi quyidagicha aniqlanadi:

$$M_{pl} = \frac{T_2^2 \cdot a_1^3}{T_1^2 \cdot a_2^3} \cdot M_{\oplus}.$$

Bu yerda T_1 – planeta yoʻldoshining aylanish davri (siderik davri), T_2 – Yer yoʻldoshining yer atrofida aylanish davri, a_1 va a_2 – planeta va Yer yoʻldoshlari va orbitalarining katta yarim oʻqlari.

.....

1. Mars sayyorasining radiusi 3400 km, uning massasi $6,4 \cdot 10^{23}$ kg. Mars sirtidagi tortishish maydoni kuchlanganligi aniqlansin.

2. Yerning radiusi Oyning radiusidan $n=3,66$ marta katta, Yerning oʻrtacha zichligi Oyning oʻrtacha zichligidan $k = 1,66$ marta katta. Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishini maʼlum deb hisoblab, Oy sirtidagi erkin tushish tezlanishi aniqlansin.

3. Kichik bir sayyoraning radiusi 250 km, oʻrtacha zichligi $\rho = 3 \text{ g/sm}^3$. Sayyora sirtidagi erkin tushish tezlanishi aniqlansin.

4. Marsning yoʻldoshlaridan biri – Deymos uning atrofida 1 sutka-yu 6 soat-u 18 minutda bir marta aylanib chiqadi. Deymosning Marsdan oʻrtacha uzoqligi 23 470 km. Oy massasi Yer massasidan 81 marta kichikligini eʼtiborga olib, shuningdek, Oyning Yer atrofida aylanish davri va uning Yerdan oʻrtacha uzoqligini bilgan holda Marsning massasini Yer massasi birliklarida ifodalang.

5. Oyning massasi $7,4 \cdot 10^{25}$ g, radiusi esa 1738 km. Oyning oʻrtacha zichligini va uning sirtida erkin tushish tezlanishi kattaligini aniqlang.

6. Quyosh sirtida erkin tushish tezlanishi $2,74 \cdot 10^4 \text{ sm/sek}^2$ ekanligi maʼlum boʻlsa, uning fotosfera bilan chegaralangan qismining massasi Yer massasidan necha marta ortiq ekanligini toping. Quyoshning radiusi $6,960 \cdot 10^{10} \text{ sm}$.

7. Venera planetasining kattaligi Yer kattaligiga yaqin bo'lib, diametri 12100 km ga teng. Bu planeta Quyoshdan o'rtacha 108 mln. km masofada bo'lib, 225 Yer sutkasida uning atrofida bir marta to'la aylanib chiqadi. Quyosh va Yer massalarini hamda planetaning Quyosh atrofida aylanish davrini e'tiborga olib, Venerani o'rtacha zichligini aniqlang.

8. Marsning Fobos deb nomlangan yo'ldoshi undan o'rtacha 9380 km masofada bo'lib, uning atrofida 0,32 Yer sutkasida bir marta to'la aylanib chiqadi. Yer va Oyning massalari, Oygacha bo'lgan masofa hamda uning Yer atrofida aylanish davrini bilgan holda Fobosning massasini Mars massasi birliklarida hisoblab toping.

9. Neptunning yo'ldoshlaridan biri – Triton uning markazidan 354000 km masofada bo'lib, planeta atrofida 5 sutka-yu 21 soatda bir marta aylanib chiqadi. Shu ma'lumotlardan foydalanib, Neptunning massasini Yer massasi birliklarida hisoblang.

Ko'rsatma: Hisoblashni Neptun yo'ldoshi harakati bilan Oyning Yer atrofidagi harakatlarini solishtirish orqali olib boring.

10. Yupiterning massasi Yerning massasidan 318 marta katta ekanligi ma'lum. Oy massasi esa Yer massasining $1/81$ bo'lagini tashkil qiladi. Yupiterning birinchi yo'ldoshi Io undan 421500 km masofada bo'lib, uning Yupiter atrofida aylanish davri 1,77 yer sutkasiga teng. Ioning massasini Oy massasi birliklarida hisoblang.

11. Quyosh sistemasining eng yirik planetasi – Yupiter Quyosh atrofida 12 yilda bir marta to'la aylanib chiqadi. Quyosh massasini ma'lum deb qarab, Yupiterning massasini va uning sirtida erkin tushish tezlanishi kattaligini toping. Yupiterning radiusi 71800 km.

12. Quyoshning Yerga va Yupiterga beradigan tezlanishlari kattaliklarining o'zaro nisbatini toping. Yupiterning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 5,2 a.b. ga teng. Yer massasining Yupiter massasiga nisbati 1:318 kabidir.

13. Oyning Yer atrofidagi harakati bilan Uran planetasi Titaniya yo'ldoshining planeta atrofidagi harakati (aylanish davri 8 sutka-yu 17 soat) ni solishtirib, Uranning massasini toping (Yer massasi birliklarida). Titaniyaning Uran atrofida aylanish orbitasining katta yarim o'qi 438000 km.

14. Oy Yerga nisbatan hozirgi turishidan ikki barobar yaqin masofada Yer atrofida huddi hozirgidek davr bilan aylanishi uchun Oyning massasi o'zgarmagani holda Yerning massasi hozirgidan qancha marta kam bo'lishi zarur?

15. Saturn planetasining o'rtacha zichligi $0,69 \text{ g/sm}^3$ bo'lib, diametri 120600 km ga teng. Saturnning sirtida og'irlik kuchi Yer sirtidagidan necha marta katta ekanligi aniqlang.

16. Titan – Saturn yoʻldoshlarining ichida eng yirigi boʻlib, diametri 4850 km ga teng. Titan planeta atrofida 15 sutka-yu 23 soatda bir marta aylanib chiqadi. Saturnning bu yoʻldoshi planetadan oʻrtacha 1 mln. 222000 km masofada ekanligini va Saturnning massasi Yernikidan 95 marta katta ekanligini nazarda tutgan holda Titanning massasi Quyosh sistemasining yirik planetalari ichida eng kichigi hisoblangan Merkuriynikidan katta yoki kichik ekanligini aniqlang. Quyosh va Merkuriyni massalarini ilovadagi jadvaldan oling.

17. Merkuriy sirtida tortish kuchining kattaligi Yer sirtidagi tortishish kuchi kattaligining 0,38 qismini tashkil qiladi. Yer sirtida erkin tushish tezlanishi kattaligini $9,8 \text{ m/s}^2$ ga teng deb olib, Merkuriyning massasi va oʻrtacha zichligini hisoblang. Merkuriyning radiusi 2435 km ga teng.

18. Quyosh sistemasining eng chekka planetasi hisoblangan Pluton orbitasini aylanadan iborat deb qaralsa, bu aylananing radiusi 40 a.b. ga yaqin chiqadi. Plutonning Quyosh atrofida aylanish davri 249 yilga teng ekanligini bilgan holda Quyoshning massasini hisoblab toping. Gravitatsiya doimiysi $6,7 \cdot 10^{-8} \text{ sm}^3/\text{g} \cdot \text{sek}^2$.

19. Quyosh, Yer va Oy massalarini, Oyning Yerdan oʻrtacha uzoqligini hamda uning Yer atrofida aylanish davrini bilgan holda Quyoshning uning sirtiga eng yaqin masofada minimal davr bilan aylanuvchi suniy yoʻldoshi tezligining kattaligini toping (taxminan). Quyosh suniy yoʻldoshining orbitasini aylanadan iborat deb qarang.

20. Yerning katta yarim oʻqini 1 ga teng deb, Yer massasi $m_{\oplus}$ ni esa 1:354700 Quyosh massasiga teng deb va yulduz yilini (yaʼni Yerning Quyosh atrofida maʼlum bir yulduzga nisbatan toʻla aylanish davrini – M.M.) 365,2563835 sutkaga teng deb olib, butun olam tortishish qonunidan Gauss doimiysi k ning kattaligini aniqlang. (Keltirilgan sonli kattaliklar Gauss tomonidan qabul qilingan kattaliklar miqdoriga mos keladi).

Koʻrsatma: Quyosh massasini $M_{\odot}$ deb olib, Kepler uchinchi qonunining aniq formulasidan foydalaning.

21. Yerda ogʻirligi 60 kg boʻlgan odam Uran planetasida necha kilogramm boʻlishini aniqlang. Uranning Quyoshdan oʻrtacha uzoqligi 2 mln. 870 000 km, Quyosh massasi maʼlum ($M_{\odot} = 332958m_{\oplus} = 1,99 \cdot 10^{33} \text{ g}$).

22. Marsning buyuk qarama-qarshi turish paytida Yerdan uzoqligi 56 mln. km ni tashkil qiladi. Marsning massasi $0,64 \cdot 10^{27} \text{ g}$, Yerniki esa $6,0 \cdot 10^{27} \text{ g}$ ekanligi maʼlum boʻlsa, buyuk qarama-qarshi turish vaziyatida bu ikki planeta orasidagi tortishish kuchining kattaligini aniqlang.

23. Massasi $m_{\oplus}$ boʻlgan Yer Quyosh atrofida $T_{\oplus}$ davr bilan aylanayotib, undan r masofada orbital tezligi nolga aylansa, u qancha vaqtdan soʻng Quyoshga borib tushadi? Quyoshgacha masofa $r = a_{\oplus}$ deb oling.

24. Maʼlum bir planetaning diametri Yer diametrining p ga koʻpaytirilganiga, zichligi esa Yer oʻrtacha zichligining q ga koʻpaytirilganiga teng boʻlsa,

planetaning o'z o'qi atrofida aylanishini e'tiborga olmay uning sirtiga tushayotgan jismning erkin tushish tezlanishini toping.

25. Oy radiusi 1740 km ga teng, massasi esa Yer massasining 1/81 qismini tashkil qiladi. Oyda sekundli mayatnikning uzunligi l' qanday bo'lishini va Yer sekundli mayatnigi Oyda qanday t' davr bilan tebranishini aniqlang. Yer sirtida og'irlik kuchi beradigan tezlanish $g_{\oplus} = 9,81 \text{ m/sek}^2$, Yer radiusi $R_{\oplus} = 6371 \text{ km}$.

10-§. Oyning harakati va fazalari

Oyning Quyosh bilan yoritilgan qismi, u Yer atrofida aylanganda turli tomondan ko'ringani tufayli, Yerga turli fazalarda ko'rinadi. Quyosh Yerdan Oygacha bo'lgan masofaga nisbatan juda uzoqda yotganidan uning nurlari Yer va Oyga parallel tushadi deb qarash mumkin. Oy sirtining teng yarmi Quyosh nurlari bilan yoritiladi. Oyning asosiy fazalari *fazaviy burchak* deb ataluvchi burchak orqali aniqlanadi. Bu burchak Quyoshdan Oyga tomon yo'nalish bilan Oydan Yerga tomon yo'nalish orasida hosil bo'ladi. Faza burchagi nol bo'lganda, ya'ni $\varphi=0^\circ$ bo'lganda Oy o'zining to'lin oy fazasida, $\varphi=90^\circ$ bo'lganda birinchi chorak fazasida, $\varphi=180^\circ$ bo'lganda yangi oy fazasida va nihoyat $\varphi=270^\circ$ bo'lganda oxirgi chorak fazasida kuzatiladi.

Oyning Yer atrofida bir marta to'la aylanishi uchun ketgan vaqt *yulduz* yoki *siderik davr* deb atalib, u 27,32 yer sutkasiga teng bo'ladi. Oyning ma'lum bir fazasidan (yangi oy, to'lin oy yoki boshqa bir fazasidan) ikki marta ketma-ket o'tishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'i sinodik davr deb yuritilib, u 29,53 yer sutkasiga teng bo'ladi. Sinodik davrning siderik davrdan uzun bo'lishiga sabab – Yerning Quyosh atrofida aylanishidir.

Oyning osmonda kuzariladigan ikki xil harakatini bir-biridan farq qilish zarur. Bulardan biri Oyning ko'rinma harakati bo'lib, bu harakat barcha osmon jismlari qatori osmon ekvatoriga parallel ravishda sharqdan g'arbga tomon yo'nalgan bo'ladi. Oyning bu ko'rinma harakatining tezligi soatiga taxminan $14^\circ,5$ ga teng bo'ladi.

Oyning ikkinchi xil harakati uning Yer atrofidagi haqiqiy haqiqiy harakati bo'lib, bu harakat g'arbdan sharqqa tomon yo'nalgan bo'ladi. Oy haqiqiy harakatining tezligi $13^\circ 10' 35''$ ga teng bo'ladi. Har soatda Oy taxminan $0^\circ,5$ ga yaqin, ya'ni qariyb o'z diametriga teng yoyni o'tadi.

Oyning Yer atrofidagi orbita tekisligi ekliptika tekisligi bilan $5^\circ 9'$ burchak hosil qilib kesishadi.

Oy sutkasi deb ataluvchi sutkaning (ya'ni Oyning ikki marta ketma-ket kulminatsiyada bo'lishi uchun ketgan vaqt oralig'ining) uzunligi 24 soat-u 52 minutni tashkil qiladi.

Oy o'z orbitasining apogeyida (Yerdan eng uzoq masofada) bo'lganda uning planetamizdan uzoqligi 405400 km, perigeyida (ya'ni Yerdan eng yaqin masofada) bo'lganda esa 363400 km bo'ladi. Apogey va perigey nuqtalarini

tutashtiruvchi kesma apsid deyilib, uning uchlari Oy orbitasi bo'ylab sharqqa tomon harakat qiladi va qariyb 9 yilda bir marta aylanib chiqadi.

Oy orbitasi tugunlarini tutashtiruvchi chiziq (ekliptika va Oy orbitalarining kesishgan chizig'i) esa osmonda sharqdan g'arb tomonga aylanib, 18,7 yilda bir marta to'la aylanib chiqadi. Oyning ikki marta ketma-ket ko'tarilish (yoki tushish) tugunidan o'tishi uchun ketgan vaqt oralig'i ajdaho oyi deb atalib, uning uzunligi 27,21 yer sutkasiga teng. Oyning o'z o'qi atrofida aylanish davri uning Yer atrofida aylanish davriga (ya'ni 27,32 sutkaga) teng bo'lganidan, Oy har doim Yerga bir tomoni bilan qaragan holda bo'ladi. Biroq libratsiya hodisasi tufayli Oyning Yer atrofida bir marta to'la aylanib chiqishi davomida uning 50% dan ko'p qismini ko'rish mumkin bo'ladi. Oy libratsiyasi asosan quyidagilardan iborat bo'ladi: a) uzunlama bo'yicha libratsiya; b) kenglama bo'yicha libratsiya c) sutkalik yoki paralaktik libratsiya.

Uzunlama bo'yicha libratsiya Oyning o'z o'qi atrofida bir tekis aylangani holda Yer atrofidagi harakatining notekisligi tufayli sodir bo'ladi. Kenglama bo'yicha libratsiyaning sababi, Oy aylanish o'qining uning orbita tekisligiga og'maligidandir. Bu burchakning kattaligi $83^{\circ}20'$ ga teng. Sutkalik libratsiya Oyning Yerga nisbatan yaqin masofada joylashganligi (Yer va Oy kattaliklariga ko'ra solishtirganda) tufayli sodir bo'ladi.

.....

1. Oyning amalda yangi oy deb yuritiladigan fazasi haqiqiy astronomik yangi oy fazasiga mos keladimi?

2. Terminator (Oyning Quyosh yoritgan va yoritmagan qismlarini chegaralovchi chiziq) Oyning ko'rinma diskining markazidan o'tganda diskning chap yarmi yorug' bo'lib ko'rinsa, Oy o'zining qaysi fazasida bo'ladi?

3. Osmonda Oyning o'roq shaklida ko'rinishi uning ikki bosqichida kuzatilib, ulardan biri quyosh botgach, g'arbda gorizontdan uncha baland bo'lmagan vaziyatda, ikkinchisi Quyosh chiqishidan oldin sharqda gorizontga yaqin vaziyatda kuzatiladi. Bulardan qaysi biri Oyning "o'sadigan" va qaysi biri "tugayotgan" fazasiga to'g'ri keladi?

4. Oyning Yerdan o'rtacha uzoqligi 384400 km. Oy orbitasini aylanadan iborat deb qarab, uning orbital tezligi qanchaga teng bo'lishini hisoblang.

5. Oyning siderik (yoki yulduz) davrini ma'lum deb qarab, uning bir soat davomida orbita bo'ylab siljishi qanchaga teng ekanligini toping (yoy hisobida).

6. Oy qanday sababga ko'ra Yerga har doim bir tomoni bilan qaragan holda bo'lishini tushuntiring. Oy doimo Yerga bir tomoni bilan qaragan bo'lishiga qaramay, Yerdagi kuzatuvchi Oy sirtining qariyb 60% ini ko'ra olishini qanday tushintirish mumkin?

7. Oy o'zining astronomik yangi oy fazasidan o'tgach, o'roq shaklidagi birinchi ko'rinishi osmonning qaysi tomonida kuzatiladi? Oyning bu vaziyatida

uning Quyosh bilan yoritilgan qismi ham och kulrang bo‘lib ko‘zga ilg‘anadi. Bu hodisa qanday tushintiriladi.

8. Oy o‘zining birinchi chorak fazasida bo‘lsa, Quyosh botayotgan paytda u osmonning qayerida yotadi? To‘lin oy fazasida bo‘lsa-chi?

9. Nega to‘lin oy fazasidagi Oy ko‘pincha garizontdan ko‘tarilayotgan yoki botayotgan paytda qizarib ketadi? Bunday hodisa qanday sharoitda kuchliroq seziladi?

10. Oy o‘zining oxirgi chorak fazasida osmon ekvatori tekisligida bo‘lsa, kechasi haqiqiy quyosh vaqti bilan qanday vaqtda chiqishini hisoblang. Chizma chizing.

11. Oy orbitasining ekliptikaga og‘maligini ($\gamma=5^{\circ}9'$) e‘tiborga olib, Oy markazining og‘ish (shimoliy va janubiy osmon yarim sharlarida) chegaralari qanchagacha borishini aniqlang.

12. Ma‘lum bir kuni to‘lin oyning chiqishi soat 20 dan 15 minut o‘tganda kuzatilgan bo‘lsa, ikki kundan so‘ng Oyning chiqishi taxminan qaysi paytda kuzatiladi? Oyning har kungi kechikib chiqish vaqti o‘zgaruvchan kattalikmi? Agar o‘zgaruvchan bo‘lsa, qanday sababga ko‘ra o‘zgarishini tushuntiring.

13. Geografik kenglamasi 70° bo‘lgan joyda iyun oyida to‘lin oyni ko‘rish mumkinmi? Shu joyda to‘lin oy botmaydigan kunlar yilning qaysi oylariga to‘g‘ri keladi?

14. Ma‘lum yilning iyun oyida Simferopol shahrida ($\varphi=45^{\circ}$) to‘lin oy kulminatsion vaziyatda garizontdan 16° balandda bo‘ldi. Huddi shu shaharning o‘zida ma‘lum vaqt kelib iyun oyida to‘lin oy 26° balandda bo‘lsa, bunday hol necha yildan so‘ng ro‘y beradi?

15. Toshkentda ($\varphi=41^{\circ}20'$) to‘lin oyning eng yuqori va eng quyi kulminatsiyalaridagi balandliklarini hisoblang. Oy orbitasining ekliptikaga og‘maligi ($\gamma=5^{\circ}9'$) ni e‘tiborga oling.

16. Oyning bir sutkasi Yer sutkasi bilan hisoblaganda qanchaga teng bo‘lishini hisoblang. Oyning siderik davri ma‘lum deb qarang.

17. Yerdagi kuzatuvchi osmonda to‘lin oyni kuzatayotganda Oydagi kosmonavt Yerni qaysi fazada ko‘radi? Yangi oy kuzatayotgan paytda-chi?

18. Bahorgi tengkunlik kuni Oyning to‘g‘ri chiqishi 12^h bo‘lsa, shu kuni u qaysi fazada ko‘rinadi? 23 – sentyabr kuni huddi shunday to‘g‘ri chiqishga ega bo‘lgan oy qaysi fazada ko‘rinadi?

19. Tengkunlik kuni Quyosh botayotgan paytda yuqori kulminatsiyada kuzatilgan Oyning fazasi qanday bo‘ladi? Bu paytda Oy va Quyosh to‘g‘ri chiqishlarining farqi nimaga teng bo‘ladi?

20. Agar Oyning siderik davri yulduz sutkasi uzunligiga aniq mos kelsa, u holda Oyning sutkalik ko‘rinma aylanishi qanday bo‘ladi?

21. Osmonda Oy haqiqiy harakat qilayotib, biror yorug‘ yulduzni to‘sib o‘tsin (bunday hodisa yulduzlarning Oy bilan to‘silishi deb ataladi). Agar bu to‘silish

25^m30^s davom etgan bo'lsa, u markaziy bo'lganmi (ya'ni Oy diski diametri bo'ylab to'silganmi)? Oyning ko'rinma diametri 30' ga teng deb oling.

22. Oy orbitasi perigeyi har doim bir tekis sharqqa tomon siljib borib, 3232 sutkada (taxminan 9 yilda) bir marta aylanib chiqishini e'tiborga olgan holda anomalitik oy davri (ya'ni oyning perigeyidan ketma-ket ikki marta o'tishi orasidagi vaqt oralig'i) yoki uzunlama bo'yicha libryatsiyalar davrini (sutkaning yuzdan bir ulushigacha) hisoblab toping.

11-§. Quyosh va Oy tutilishlari

Quyoshning tutilishi Quyoshning Oy bilan to'silish hodisasi bo'lib, bu hodisa Quyoshning tugunlardan (ekliptika va Oy orbitalarining osmon sferasiga proeksiyalarining kesishgan nuqtalaridan) 16°,5 dan kichik masofada bo'lganda yangi oy fazasida kuzatiladi.

Oy tutilishi esa Oyning Yer soyasiga kirish hodisasi bo'lib, bu hodisa Quyosh markazi tugunlardan 10°,6 dan kichik yoy masofada bo'lganda to'lin oy fazasida kuzatiladi.

Oy va Quyosh tutilishlari qariyb yarim yillik davr bilan qaytariladi. Aniqrog'i vaqt o'tishi bilan tugunlar siljishi tufayli bu davr bir necha kunga kamayadi.

Quyosh tutilishi bir yilda eng kamida 2 marta, ko'pi bilan 5 martagacha kuzatilishi mumkin. Oy tutilishlari soni esa bir yilda eng ko'pi bilan 3 martagacha kamida bir marta ham kuzatilmaslari mumkin.

Quyoshning to'la tutilishi konus shaklidagi Oy soyasining yer sirti bilan kesilgan bo'lagidagina kuzatilib, bu soya doirasining o'rtacha diametri 250 km ga teng bo'ladi. Oy yarim soyasi tushgan yer sirtida esa ($d \approx 3500 \text{ km}$) Quyoshning qisman tutilishi kuzatiladi. Agar Quyosh tutilishi kuzatilayotgan paytda Oy apogeyda bo'lsa, u holda Oyning ko'rinma diametri Quyoshnikidan kichik bo'lgani tufayli Quyoshning xalqasimon tutilishi kuzatiladi.

Quyosh 18 yil-u 11 kun (yoki 18 yil-u 10 kun, agar bu davrda 5 marta kabisa yil kuzatilgan bo'lsa) ichida 19 marta Oy orbitasining tugunlaridan o'tadi. 19 ajdaho yilini o'z ichiga olgan bu davr rosa 223 ta sinodik oydan (davri 29,53 sutkalik oydan) tashkil topadi. Shuning uchun ham har 18 yil-u 11 sutkadan so'ng Quyosh, Oy va Yerning fazoda O'zaro joylashuvlari qayta takrorlanadi. Binobarin, tutilishlar xarakteri ham shu davr bilan takrorlanadi. Lekin navbatdagi tutilish Yer sharining boshqa nuqtalariga to'g'ri keladi. Ma'lum bir tutilish qaytarilishining bu davri *saros* deb yuritiladi. Har bir saros davomida 70 ta tutilish kuzatilib, shundan 41 tasi Quyosh, 29 tasi esa Oy tutilishiga tegishlidir.

Quyosh tutilishi har doim uning g'arb tomonidan, Oy tutilishi esa aksincha, Oyning sharq tomonidan boshlanadi.

.....

1. Quyosh tutilishi Oyning qanday fazasida kuzatiladi? Oy tutilishi-chi?
2. Bir yilda Quyosh tutilishi necha martagacha kuzatilishi mumkin? Oy tutilishi-chi? Umumiy tutilishlar soni bir yilda necha martagacha bo'lishi mumkin?
3. Garchi Quyosh tutilishi Oy tutilishidan katta chastotada kuzatilsa-da, ma'lum joyda ko'proq Oy tutilishi kuzatilishiga sabab nima?
4. Har yangi oyda Quyosh va to'lin oyda Oy tutilishi kuzatilmasligiga sabab nima?
5. Quyoshning halqasimon tutilishiga sabab nima? Nima uchun Oyning halqasimon tutilishi kuzatilmaydi?
6. Oy tutilayotganda u Yer soyasining markazidan o'tadigan bo'lsa, Oygacha bo'lgan masofada (384400 km) Yerning konussimon soyasi tik kesimining diametri qancha bo'lishini aniqlang. Bunda Oyning to'la tutilishi qancha vaqt davom etadi? Quyoshning diametri va ungacha bo'lgan o'rtacha masofa ma'lum deb qarang.
7. Agar Yerdan qaraganda Quyosh va Oyning ko'rinma diametrlari bir xil bo'lib, 32' ga teng bo'lsa, Yer sirtida xosil bo'lgan Oy soyasining diametri qanday bo'ladi?
8. Quyosh tutilayotganda Yerdagi kuzatuvchi uchun Oy bilan dastlab Quyoshning qaysi tomoni to'siladi? Oy tutilishida uning qaysi tomoni Yer soyasiga oldin kiradi?
9. Agar ma'lum tilning 16 – fevralida Quyosh tutilishi kuzatilgan bo'lsa, may oyida yana Quyosh tutilishini kuzatish mumkinmi? Avgust oyida-chi?
10. Agar oyning to'la tutilishi dunyo vaqti bilan aprel oyida soat 1 dan 35 minut o'tganda boshlansa, uni Toshkentda ko'rish mumkinmi? Moskvada-chi?
11. Ba'zan Oy to'la tutilayotib, Quyosh botishidan oldin gorizontdan ko'tarilgan holda bo'ladi va har ikkala osmon jismi ham bir vaqtda ko'rinadi. Bundan ko'rinadiki, go'yo Oydan turib Quyoshni ko'rish mumkin, biroq Yerdagi kuzatuvchi uchun Oy tutilishda bo'ladi. Buni qanday tushuntirish mumkin?
12. Murmansk shahridagi kuzatuvchi ($\varphi=69^\circ$) iyun oyida Oy tutilishini ko'ra oladimi? Quyosh tutilishini-chi?
13. Quyoshning to'la tutilishi uning chiqish paytiga mos kelib, Oy bilan to'silishi eng tepa qismidan (ya'ni zenitga eng yaqin nuqtasidan) boshlanadi. Bu hodisa qaysi geografik kenglamada qaysi oylarda kuzatilishi mumkinligini aniqlang.
14. Ma'lumki, Oydagi kuzatuvchi uchun Yer ham turli fazalarda kuzatilib, uning davri sinodik oy (ya'ni 29,53 sutka)ga teng. Quyosh tutilayotganda (Yerdagi kuzatuvchi uchun) Oydagi kuzatuvchi Yerni qaysi fazada kuzatiladi? Oydagi kuzatuvchi uchun tutilish tufayli Yerning bu fazasida qanday o'zgarish seziladi? Oy tutilayotganda (Yerdagi kuzatuvchi uchun) Oydagi kuzatuvchi qanday tutilishni ko'radi?

15. 1975-yilda to'rtta tutilishdan ikkitasi Quyosh tutilishi, qolgan ikkitasi esa Oy tutilishi bo'ladi. Quyosh tutilishlari 11-may va 3-noyabrda, Oy tutilishlari 25-may va 19-noyabrda kuzatildi. Sarosni e'tiborga olib, bu tutilishlar qachon qaytarilishini hisoblang.

16. Oy soyasi quyosh tutilayotganda yer sirtida qaysi tomonga harakat qiladi? Bu harakat Yer ekvatoriga parallel bo'lmasligi qanday tushuntiriladi?

12-§. Teleskoplar va ularning harakteristikalari

Teleskopning fokus masofasi F , ob'ektiv diametri D va ko'pincha yorug'lik kuchi deb ataluvchi

$$A = \frac{D}{F} \quad (1)$$

uning asosiy xarakteristikasi xisoblanadi. Teleskop beradigan kattalashtirishi

$$K = \frac{F}{f} = \frac{\beta}{\rho} \quad (2)$$

ga teng bo'lib, bunda f - okulyarning fokus masofasi, ρ - qurollanmagan ko'z bilan kuzatgandagi yoritkichning burchakli o'lchamlari, β - o'sha yoritkichning teleskop yordamida kuzatgandagi burchakli o'lchami. Kattalashtirish karraligi odatda x belgi bilan belgilanib, u sonning yaqinida daraja kursatkichi shaklida qo'yiladi (masalan, 50^x , 20^x va xokazolar).

Yaxshi atmosferik sharoitlarda teleskop beradigan eng katta kattalashtirish

$$W_m = 2D \quad (3)$$

va eng kichik yoki ko'z qorachig'i beradigan kattalashtirish

$$W_z = \frac{D}{6} \quad (4)$$

bo'lib, bunda D -ob'ektivning millimetrlarda ifodalangan diametri.

Uzoqdagi ikkita yorug' nuqtani ajratib aloxida ko'rish uchun kerak bo'lgan eng kichik burchakli masofaga teleskopning farqlovchi kuchi (farqlash qobiliyati) deyiladi va θ bilan belgilanadi.

$$\theta = \frac{140''}{D} \quad (5)$$

bo'lib, unga mos kattalashtirish, yoki farqlovchi kattalashtirish

$$W_\theta = \frac{D}{2} \quad (6)$$

ga tengdir.

Teleskopning singish kobiliyati (kuchi) m_t - kechasi qorong'i bulutsiz osmonda yulduzni teleskopda kuzatganda ko'rinadigan chegaraviy yulduz kattaligini ifodalaydi:

$$m_t = 2^m, 10 + 5 \cdot \lg D \quad (7)$$

(5), (6) va (7) formulalarda teleskop ob'ektivining diametri D millimetrlarda ifodalanadi.

Teleskopning fokal tekisligida yoritgichning tasviri (yoki yoritgichlar orasidagi masofa), jumladan, unda olingan fotonegativlarda,

$$d = F \cdot tg \rho \quad (8)$$

chiziqli o'lchamlarga ega bo'ladi, kichik burchakli o'lchamlarda esa

$$d = F \frac{\rho'}{3438'} = F \frac{\rho''}{206265''}$$

bo'lib, bunda ρ' - yoy minutlarda o'lchanadigan burchak o'lchamlari, ρ'' - yoy sekundlaridagi burchak o'lchamlarini ifodalaydi.

U holda fotonegativning burchakiy o'lchami

$$\xi' = \frac{\rho'}{d} ['/mm]$$

yoki

$$\xi'' = \frac{\rho''}{d} [''/mm]$$

va chiziqli masshtabi

$$\xi = \frac{R}{d}$$

formula orqali topilib, bunda R yoritkichning chiziqli o'lchamlari.

Teleskopning ko'rish maydonining yoy minutlarida ifodalangan diametri

$$N = \frac{2000'}{W}$$

bo'lib, agarda yulduz qo'zg'almas teleskopning ko'rish maydonidagi diametri bo'ylab o'tsa, bu kattalik aniqroq aniqlanadi:

$$N = \frac{\tau}{4} \cos \delta$$

Bunda τ - yulduzning teleskopdan o'tishining davomiyligi sekundlarda, δ - yulduzning og'ish koordinatasi.

Radioteleskoplar va radio interferometrlarning farqlovchi kuchi

$$\theta = 2'',51 \cdot 10^5 = 4200' \lambda / D$$

bo'lib, bu erda λ – radioto'lqinning uzunligi va D - radioteleskopning diametrini (yoki radiointerferometrni tashkil etuvchi radioteleskoplar orasidagi masofa) ifodalab, bir xil o'lchov birliklarida olinadi.

Radiosignallarga radiopriyomnik qurilmasining qayd qilish darajasi uning sezgirligini xarakterlaydi va u quyidagi formula orqali aniqlanib,

$$\Delta T = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{T_w}{\sqrt{\tau_0 \cdot \Delta \gamma}}$$

bunda T_w – shovqinli temperaturani, τ_0 sekundlarda ifodalangan vaqt doimiyligini (yozib oluvchi asbobning ishlash vaqti) va $\Delta \gamma$ gerstlarda ifodalangan o'tkazish polosasidir.

1. Ob'ektivlarining diametrlari 37,5 sm va 1 m, fokus masofalari mos ravishda 6 m va 8 m bo'lgan ikkita teleskopning yorug'lik kuchlarini, singish qobiliyatlarini, eng katta, eng kichik va farqlovchi kattalashtirishlarini aniqlang.

2. Okulyarlarining fokus masofalari 40 mm va 10 mm, ob'ektiv diametrlari 30 sm va 91 sm, yorug'lik kuchlari mos ravishda 1:5 va 1:19 bo'lgan ikkita teleskopning kattalashtirishlarini va ko'rish maydonlarining diametrlarini toping.

3. Diametrlari 70 mm va 80 mm, fokus masofalari mos ravishda 70,4 sm va 80 sm bo'lgan Meniskli Maqsutov maktab teleskopining va maktab teleskop-refraktorining yorug'lik kuchlari, farqlovchi kuchlari, singish qobiliyatlari, eng katta, eng kichik va farqlovchi kattalashtirishlari nimaga teng?

4. Okulyarlarining fokus masofalari 28 mm, 20 mm va 10 mm bo'lgan oldingi masaladagi teleskoplarning kattalashtirishlarini va ko'rish maydoni diametrlarini toping.

5. Oldingi masalada berilgan maktab teleskoplarining okulyarlarini ob'ektiv diametrlari 65 sm, yorug'lik kuchi 1:16 (Pulkovo observatoriyasi) va 33 sm, yorug'lik kuchi 1:10,5 (Toshkent observatoriyasi) teleskoplariga qo'yib kuzatganda qanday kattalashtirishni va ko'rish maydonini beradilar? Bu okulyarlarning qaysi biri ko'rsatilgan teleskoplar uchun yaroqlidir?

6. Fokus masofasi 1,25 m, yorug'lik kuchi 1:5 va fokus masofasi 7,50 m, yorug'lik kuchi 1:15 bo'lgan teleskoplar bilan kuzatishlarni olib borganda, fokus masofasi 5 mm bo'lgan okulyarni ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladimi?

7. Qo'shaloq yulduzning komponentalari (α zolari) orasidagi qanday eng kichik burchakli masofani ob'ektiv diametrlari 20 sm va 1 m bo'lgan teleskoplarda ajrata olish mumkin bo'ladi?

8. Ob'ektivining diametrlari 70 mm va 8 sm bo'lgan maktab teleskoplarida kuzatish mumkin bo'lgan qo'shaloq yulduz komponentalari orasidagi eng kichik burchakli masofani aniqlang.

9. Fokus masofalari 1 m va 14 m, ob'ektivlarining yorug'lik kuchlari mos ravishda 1:10 va 1:16 bo'lgan teleskoplar bilan qo'shaloq yulduzlarni kuzatganda farqlash mumkin bo'lgan ular komponentalari orasidagi eng kichik burchakli masofalarni toping. Bu maqsad uchun qanday fokus masofali okulyarlarni qo'llash mumkin?

10. Ob'ektivlarining eng kichik diametri qanday bo'lgan teleskoplarda β Oqqush (35"), Katta Ayiq (14") va γ Sumbula (5"0) yulduzlarini ko'rish mumkin bo'ladi va bu maqsad uchun kattalashtirishning qanday eng kichik kiymatini qo'llash zarur? (Qavslarda qo'shaloq yulduzlar komponentalari orasidagi burchakli masofalari keltirilgan).

11. Mars, Uran va Neptun sayyoralarning ro'baro turish holatlarida burchakli diametrlari mos ravishda 18", 4", 0,2", 5 bo'lsa, bu sayyoralar gardishlarini

maktab teleskoplarida ko'rish mumkinmi? Meniskli maktab teleskopi ob'ektivining diametri 70 mm, maktab teleskoprefraktoriniki esa 80 mm.

12. Yupiterning burchakli diametri o'rtacha ro'baro'turish paytida 49" ga teng, quyi birlashish davridagi Veneraniki 60" ga yaqin. Teleskopda bu sayyoralar gardishlari qurollanmagan ko'z bilan qaralganda Oy o'lchamlariga teng bo'lib ko'rinishi uchun qanday kattalashtirishni qo'llash lozim. Oy gardishining diametri 0,5 ga yaqin.

13. Mars va Oyni ob'ektivi 20 sm va yorug'lik kuchi 1:15 bo'lgan refraktor fokusida va fokus masofasi 24 m bo'lgan dunyodagi eng katta refraktor fokusida hosil qilingan fotografik tasvirlarining chiziqli diametrlarini va tasvir negativlarining masshtablarini aniqlang. Bu yoritgichlar burchak o'lchamlarini mos ravishda 25" va 32' ga, chiziqli ko'ndalangliklarini: Oyniki - 3476 km va Marsnikini - 6800 km deb kabul kiling.

14. Ob'ektivining diametri 8 sm va yorug'lik kuchi 1:10 bo'lgan maktab teleskop-refraktorining fokusida olingan Mars va Oyni fotografik tasvirining masshtabi va chiziqli diametrlarini aniqlang. Kerakli ma'lumotlarni oldingi masaladan oling.

15. Odatdagi astrograf ob'ektivining diametri 33 sm ga teng, uning fokusida qo'yilgan negativlarning masshtabi $1'mm^{-1}$ ga teng. Astrografning fokus masofasini va yorug'lik kuchini shuningdek β Oqqush qo'shaloq yulduzining (teleskop fokusida olingan) negativlardagi komponentalari o'zaro masofalarining chiziqli o'lchamlarini toping. Komponentalar orasidagi burchakli masofa 35" ga teng bo'lsa.

16. Qo'zg'almas teleskopning ko'rish maydonini 100 marta kattalashtirganda α Sumbula, Kapella (α Aravakash) va Qutb (α Kichik Ayiq) yulduzlari qancha vaqt davomida ko'rinadi. Bu yulduzlarning og'ishlari mos ravishda $-0^{\circ}, 03'$, $+45^{\circ}58'$ va $+89^{\circ}02'$ ga teng.

17. Rigel (β Orion) yulduzi (og'ish koordinatasi $-8^{\circ}15'$) harakatsiz teleskopning ko'rish maydonining diametrini 1 minutda o'tadi. Teleskopning kattalashtirishini va shu kattalashtirishdagi ko'rish maydonining diametrini toping.

18. Og'ish koordinatasi $-16^{\circ}39'$ bo'lgan Sirius (α Katta It) yulduzi ob'ektivining diametri 20 sm va yorug'lik kuchi 1:15 bo'lgan teleskopda kuzatilmokda. Bir okulyarda bu yulduz ko'rish maydonining diametrini $1^{m53^{sek}}$ vaqtda utadi, boshqa okulyarda esa - 38^{sek} da o'tadi. Shu okulyarlarni ishlatganda, ularning fokus masofalarini va teleskopning ko'rish maydonining diametrini aniqlang.

19. Fokus masofasi 32 mm bo'lgan okulyarda Pulkovo teleskopi refraktorining farqlovchi kattalashtirishi 325x teng. Teleskop ob'ektivining diametri, fokus masofasi va yorug'lik kuchini, uning farqlovchi kuchi va singish qobiliyatini,

mumkin bo'lgan eng katta va eng kichik kattalashtirishlarni, bu uch xil kattalashtirishdagi ko'rish maydonlarini va og'ish maydonlarini va og'ishlari mos ravishda $+62^{\circ}01'$ va $+5^{\circ}21'$ bo'lgan α Katta Ayik va Proston yulduzlarining yuqorida topilgan ko'rish maydonlaridan o'tish davomiyligini toping.

20. Oltimetrlik katta teleskop - reflektor va antennasining diametri D va λ radioto'liqida ishlaydigan:

$D=22$ m, $\lambda =65$ sm;

$D=100$ m, $\lambda = 10$ sm;

$D=1000$ m, $\lambda =10$ m

Radioteleskoplarning farqlovchi kuchlarini solishtiring.

21. Uzaro masofalari 100 km, 1000 km va 9000 km bo'lgan va oldingi masalada ko'rsatilgan radioto'liqlarni qabul qilgichi ikkita radioteleskoplardan tuzilgan radiointerferometrlarning farqlovchi kuchini toping.

22. O'tkazuvchanlik polosasi $\Delta\nu$, uzgarmas vaqti τ_0 va shovqinli temperaturasi T_m quyidagicha bo'lgan:

$$\Delta\nu = 10^6 \text{ Hz}, \quad \tau = 6^S \text{ va } \Delta T = 0^{\circ}, 20'$$

$$\Delta\nu = 10^5 \text{ Hz}, \quad \tau = 10^S \text{ va } \Delta T = 0^{\circ}, 39'$$

$$\Delta\nu = 10^4 \text{ Hz}, \quad \tau = 4^S \text{ va } \Delta T = 2^{\circ}, 20'$$

Radioteleskop priyomnigining sezgirligi ΔT ni xisoblang.

23. O'tkazish polosasi $\Delta\nu$, uzgarmas vaqti τ_0 va sezgirligi ΔT quyidagicha bo'lgan:

$$\Delta\nu = 10^6 \text{ Hz}, \tau_0 = 6^S \text{ va } \Delta T = 0^{\circ}, 20'$$

$$\Delta\nu = 10^5 \text{ Hz}, \tau_0 = 10^S \text{ va } \Delta T = 0^{\circ}, 39'$$

$$\Delta\nu = 10^4 \text{ Hz}, \tau_0 = 4^S \text{ va } \Delta T = 2^{\circ}, 20'$$

teleskop priyomnigining shovqinli temperaturasini aniqlang.

II-BOB. KOSMONAVTIKA ASOSLARI

1-§. Tortishishning markaziy maydoni.

Energiya integrali formulasi. Markaziy maydonda jismning harakati.

1. Uchish paytida KAga ta'sir etadigan eng muhim tabiat kuchlaridan biri–butun olam tortishish kuchidir. Moddiy jismlar orasidagi tortishish kuchi Nyuton tomonidan kashf etilgan butun olam tortishish qonuniga bo'ysunadi. Ma'lumki, uning matematik ifodasi:

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}, \quad (1)$$

bu yerda F –moddiy jismlar orasidagi tortishish kuchini, m_1 va m_2 ularning massasini, r – ular orasidagi masofani ifodalaydi, proporsionallik koeffitsiyenti G – esa gravitatsion doimiylik deyilib, massalari kg larda, oralaridagi masofa metr larda, kuch Nyutonda ifodalanganda $G = 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ga teng qiymat bilan o'lchanadi. Shuni ta'kidlash lozimki, bu yerda jismlarning massalari Nyutonning ikkinchi qonunidagi ($F=ma$) inert massadan farq qilib, gap ularning gravitatsion (tortishish) massa ustida boradi.

2. KA ning harakati paytida unga ta'sir etadigan boshqa bir kuch–*atmosferaning qarshilik kuchidir*. Uchish qancha kichik balandlikda (Yer sirtiga nisbatan) ro'y bersa, bu kuch shuncha katta bo'ladi, chunki balandlik kamaygan sayin atmosferaning zichligi ortadi. Bunday kuch aerodinamik kuch deyiladi. Atmosferaning yuqori katlamida zichlik juda kam bo'lib (har kub santimetrida atigi bir necha yuz atom), KA uchishiga deyarli ta'sir qilmaydi va shuning uchun ham bunday hollarda qarshilik kuchi hisobga olinmaydi.

3. Planetalararo bo'shliqda uchayotgan KAga sezilarli ta'sir ko'rsatadigan yana bir kuch– bu *Quyosh nurlanishlarining bosim kuchidir*. Agar KAning massasi uncha katta bo'lmay, sirti sezilarli darajada katta bo'lsa, u holda Quyosh nurlarining bosim kuchi, uzoq uchishlarda yetarlicha katta ta'sir qilib, uni albatta hisobga olishga to'g'ri keladi.

4. Kosmik fazoda KAga kuchsiz bo'lsa-da, ta'sir etadigan boshqa bir kuchlar *elektr va magnit kuchlari* deyilib, ular KA ning to'g'ri chiziqli harakatiga emas, balki og'irlik markazi atrofidagi aylanma harakatigagina ta'sir qiladi.

Tortishishning markaziy maydoni

Osmon jismini bir jinsli moddiy shar deb qaraylik, yoki, eng kamida, bir - birining ichiga solingan bir jinsli sferik qatlamlardan tashkil topgan deylik. Bunday jism, uning butun massasi markazida (nuqta ko'rinishida) mujassamlashgandek tortish xossasiga ega bo'ladi. Bunday tortish maydoni *markaziy* yoki *sferik maydon* deb ataladi.

KA ning markaziy maydondagi harakatini o'rganaylik. Boshlang'ich holda KA osmon jismidan r_0 masofada bo'lib, v_0 tezlikka ega bulsin (5- rasm). U holda uning jism markaziga nisbatan kinetik energiyasi:

$$W_{0K} = \frac{mv_0^2}{2}, \quad (2)$$

potensial energiyasi esa:

$$W_{0P} = G \frac{Mm}{r_0^2} \quad (3)$$

bo‘ladi, bu yerda M –tortuvchi osmon jismining massasini, $r_0 = R$ KAning uning markazidan uzoqligini xarakterlaydi. Nogravitatsion kuchlarni hisobga olmasak, tortish maydoni potensial maydon bo‘lganidan, mexanik energiyaning saqlanish qonunidan foydalanamiz. Unda ma’lum vaqtdan so‘ng K nuqtada KAning kinetik energiyasi:

$$W_K = \frac{mv_r^2}{2},$$

potensial energiyasi esa:

$$W_P = G \frac{Mm}{r^2}$$

bo‘lishini e’tiborga olsak, u holda energiyaning saqlanish qonunidan:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{GM \cdot m}{r_0} = \frac{m \cdot v^2}{2} - \frac{GM \cdot m}{r} \quad (4)$$

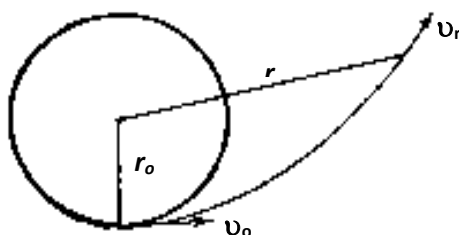
bo‘ladi, bu yerda tenglikning chap tomoni KAning boshlang‘ich to‘la energiyasini, o‘ng tomoni esa uning r masofada v_r tezlikka erishgan paytdagi to‘la energiyasini ifodalaydi. Tenglikning har ikkala tomonini m ga qisqartirib, KAning markaziy jismdan ixtiyoriy r masofadagi tezligini ifodalaydigan ushbu tenglamani topamiz:

$$v^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (5)$$

yoki

$$v^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (6)$$

Bu ifoda *energiya integrali* deyiladi, bu yerda $K=GM$ – ma’lum osmon jismining gravitatsion maydonini xarakterlab, uning *gravitatsion parametri* deb ataladi. Uning Yer uchun qiymati $K= 3,986 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$; Oy uchun $K = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$; Quyosh uchun esa $K = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$ ni tashkil etadi. Quyosh sistemasidagi boshqa osmon jismlari uchun gravitatsion parametrning qiymatlari 3-jadvalda (107-betga qarang) keltirilgan.



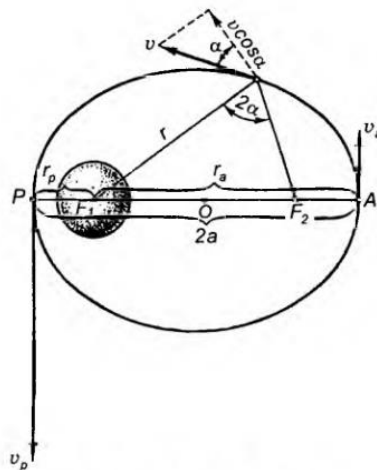
15- rasm. Tortishishning markaziy maydonida jismning harakatiga doir.

Tortishishning markaziy maydonida jismning harakati

Markaziy maydonda kuzatiladigan KA ning harakat trayektoriyalarini 4 guruhga ajratish mumkin:

1. *To'g'ri chiziqli harakat.* Agar jismning boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lsa, u markaziy maydonni beruvchi jism markazi tomon tik tushadi. Jismning boshlang'ich tezligi markazga yoxud unga qarama-qarshi tomonga (radial) yo'nalganda ham uning harakati to'g'ri chiziqli bo'ylab ko'zatiladi. Boshqa barcha hollarda jismning to'g'ri chiziqli bo'ylab harakatlanishi ko'zaticmaydi.

2. *Elliptik trayektoriya bo'ylab harakat.* Agar KA ning boshlang'ich tezligi radial yo'nalishdan farq qilsa, u holda uning harakat trayektoriyasi, Yerning tortishitufayli, albatta egiladi. Bunda uning yo'li har doim boshlang'ich tezlik va Yer markazi orqali o'tuvchi tekislikda yotadi. Agar KAning boshlang'ich tezligi, Yerning massasi va radiusi bilan bog'liq tezlikning ma'lum miqdoridan ortmasa, uning trayektoriyasi ellipsni beradi (10-rasm). Bu ellips, tortuvchi osmon jismining sirtini kesib o'tmasa, KA bu markaziy jismning sun'iy yo'ldoshiga, osmon jismi markazi esa ellips fokuslaridan biriga aylanadi.



16– rasm. Elliptik orbita.

Ellipsning fokuslari deb shunday nuqtalarga aytiladiki, bu nuqtalar bilan ellipsning ixtiyoriy nuqtasini tutashtiruvchi kesmalar yig'indisi o'zgarmas bo'lib, ellipsning katta o'qiga teng bo'ladi. Ellipsning har ikki fokusi orqali o'tgan o'qi, uning katta o'qi deyiladi. Katta o'qning yarmi a – katta yarim o'q deyilib, yo'ldoshning markaziy osmon jismidan o'rtacha uzoqligini xarakterlaydi, ellipsning ixtiyoriy nuqtasi bilan markaziy jismni tutashtiruvchi kesma radius-vektor deyilib, r_a bilan belgilanadi. Yo'ldoshning tezligi v , vaqtning ixtiyoriy momentida, uning tortishish markazidan uzoqligi r bo'lganda, vaqtning ixtiyoriy momentida a katta yarim o'q bilan quyidagicha bog'lanadi:

$$v^2 = K \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (7)$$

Ellips bo'ylab harakatlanayotgan jismning davri T va katta yarim o'qi a orasidagi quyidagi munosabatdan (Keplerning Nyuton tomonidan aniqlashtirilgan qonuniga ko'ra):

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad (8)$$

ga teng bo'lib, unga ko'ra, uning davrining kvadrati:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{K} a^3$$

bo'ladi, aylanish davri
$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{3/2} \quad (8^*)$$

ifodadan topiladi.

Fokuslar orasidagi masofaning katta o'q uzunligiga nisbati ellipsning eksentrisiteti deyilib, u :

$$e = \frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$$

Yoki
$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad (9)$$

ifodalardan topiladi.

(7) formuladan KAning boshlang'ich tezligi qancha katta bo'lsa, orbitaning katta yarim o'qi ham shuncha katta bo'lishi, (8*) formulaga ko'ra esa, davri ham ortishi ma'lum bo'ladi. Tortishish markazidan eng kichik va eng katta masofadagi ellips nuqtalari (16-rasmda P va A nuqtalar), mos ravishda, perisentr va aposentr deb ataladi. Agar tortuvchi jism Yer bo'lsa, bu nuqtalar *perigey* va *apogey* deb, Quyosh bo'lsa –*perigeliy* va *afeliy* deyiladi.

KAning perigeydagi tezligi (v_p) maksimum, apogeydagisi esa (v_a) minimum qiymatga ega bqladi. Bu ikki tezlik o'zaro quyidagicha bog'lanadi:

$$v_n \cdot r_n = v_a \cdot r_a, \quad (10)$$

bu yerda r_p va r_a perigey va apogeyning Yer markazidan uzoqliklari. Ellipsning boshqa barcha nuqtalarida ushbu tenglik o'rinli bo'ladi.

$$v \cdot r \cdot \cos \alpha = v_n \cdot r_n = v_a \cdot r_a \quad (11)$$

yoki
$$v_0 \cdot r_0 \cdot \cos \alpha_0 = v \cdot r \cos \alpha, \quad (11^*)$$

bu yerda v_0 , r_0 – lar boshlang'ich holatga tegishli kattaliklar.

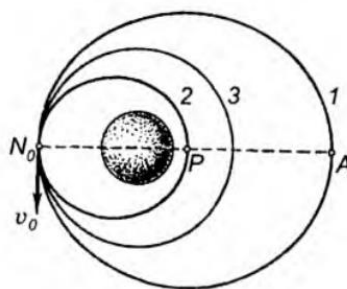
(10) va (11) ifodalarni m ga ko'paytirilsa, u holda harakat miqdorining saqlanish qonunining qo'yidagi ifodasi chikadi:

$$m \cdot v_n \cdot r_n = m \cdot v_a \cdot r_a = m \cdot v \cdot r \cos \alpha, \quad (12)$$

bu yerda $v \cos \alpha$ – v tezlikning r – radius-vektorga tik yo'nalishdagi tezlikning tashkil etuvchisini xarakterlaydi (16 –rasmga qarang).

Agar markaziy jism sirtidan kichik h balandlikdagi N_0 nuqtadan (17- rasm) boshlang'ich transversal tezlik (radial yo'nalishga tik yo'nalishdagi) bilan kosmik

apparat uchirilsa, bu nuqta, boshlang'ich tezlikning kattaligiga bog'liq ravishda, apogey yoki perigeyga (17- rasmda 1 va 2 orbita) aylanadi.



17-rasm. Boshlang'ich gorizontaal tezlikning kattaligiga ko'ra erishilgan elliptik orbitalar:
1. Elliptik (N_0 –perigey), 2. Elliptik (N_0 –afiley), 3. Aylanma.

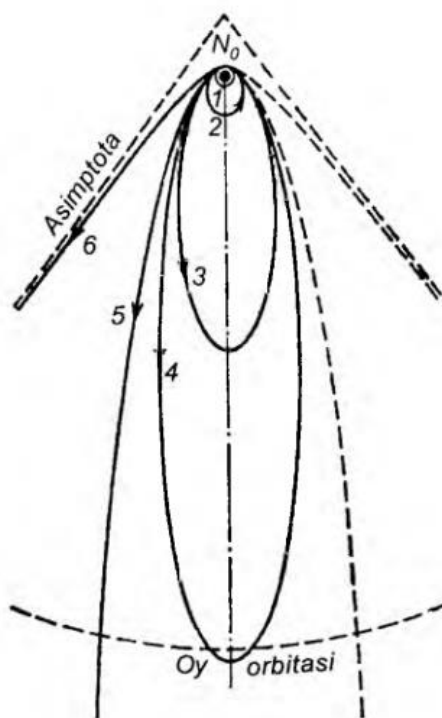
Tezlikning ma'lum qiymatlarida u aylana bo'ylab harakatlanib (rasmda 2-orbita), aylanma orbita radiusi r , katta yarim o'q a ga teng bo'ladi, u holda (7) formuladan

$$v_{a\ddot{u}l}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad (13)$$

yoki

$$v_{a\ddot{u}l} = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{r}} \quad (13^*)$$

bo'ladi, bu yerda K – Yerning gravitatsion parametri ekanligini bilgan holda, undan ixtiyoriy r masofadagi aylanma orbitaning tezligini topish mumkin



18– rasm. Boshlang'ich gorizontaal tezlikning kattaligiga ko'ra, jism erishgan turli orbitalarning ko'rinishi.

Bo‘ladi. (13) ifodadagi $r = R + h$ bo‘lib, R –Yerning radiusi, h – KAning Yer sirtidagi balandligini ifodalaydi. Agar $h = 0$ bo‘lsa, u holda tezlik

$$v_1 = \sqrt{\frac{\kappa_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (14)$$

ifodadan topilib, u *birinchi kosmik tezlikni* ifodalaydi, uning qiymati 7,91 km/s ga teng.

3. SYning parabolik trayektoriya bo‘ylab harakat. Apogeyi cheksizlikda “yotgan” elliptik orbita, shubhasiz, ellips bo‘la olmaydi (8-rasmda 5). Bunda apparat tortish markazidan cheksiz uzoqqa ketib, yopiq bo‘lmagan egri chiziqli parabola bo‘ylab harakatlanadi. Kosmik apparat tortish markazidan uzoqlashgan sayin tezligi kamayib boradi. (6*) tenglamaga ko‘ra, cheksizlikda (r_{∞}) tezlik nolga

($v = 0$) bo‘lishini e‘tiborga olib, parabolik orbitaning boshlang‘ich r masofada ta‘minlaydigan v_0 boshlang‘ich tezlikni topamiz:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0}$$

yoki

$$v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}} \quad (15)$$

(15) bo‘yicha hisoblangan tezlik *parabolik* yoki *erkinlik tezligi* deyiladi.

Bunday tezlikka erishgach, KA parabola bo‘ylab harakatlanib, tortish markaziga qaytmaydi, boshqacha aytganda, erkinlik oladi. (15) va (13) ni solishtirib:

$$v_{\text{ayl}} = v_{\text{ayl}} \cdot \sqrt{2} \quad \text{yoki} \quad v_{\text{erk}} = 1,414 v_{\text{ayl}} \quad (16)$$

ekanligini aniqlaymiz. Agar $r = R_{\oplus}$ – Yerning radiusi deb olinsa,

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}} \quad (17)$$

bo‘lib, u *ikkinchi kosmik tezlik* deyiladi, uning (Yer uchun) miqdori 11,186 km/s ni tashkil etadi. Endi (15) dan foydalanib, (6) formulani yozsak, tortishish maydonidagi tezlik

$$v_r^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r}\right) \quad (18)$$

chiqadi.

4. Giperbolik trayektoriyalar. Agar KA, parabolik tezlikdan katta tezlikka erishsa, u bu holda ham ochiq egri chiziqli parabola bo‘ylab “cheksizlikka yetadi”, biroq bunda uning trayektoriyasi giperbola ko‘rinishini oladi. Mazkur holda KAning cheksizlikdagi tezligi nolga teng bo‘lmaydi. Garchi tortish markazidan uzoqlashgan sayin uning tezligi uzluksiz kamayib borsa-da, biroq u ($r = \infty$)

bo'lganda) ushbu ifodadan topiluvchi v_{∞} tezlikning qiymatidan kam bo'la olmaydi:

$$v_{\infty}^2 = v_0^2 - v_{\text{gpk}}^2 \quad (19)$$

v_{∞} tezlikni *qoldiq tezlik* (ba'zan tezlikning giperbolik orttirmasi) deb yuritiladi.

Giperbolik trayektoriya tortish markazidan uzoqda, ya'ni cheksizlikda giperbola asimptotalari deyiluvchi to'g'ri chiziqlardan deyarli farq qilmaydi. Shuning uchun ham katta uzoqlikda giperbolik trayektoriyani to'g'ri chiziqli trayektoriya deyish mumkin (8-rasmda bu 6- trayektoriyani ifodalaydi).

Parabolik va giperbolik trayektoriyalarda ham (11) va (11*) tenglamalar baribir o'rinli bo'laveradi. Tortish maydonida KAning passiv harakati, planetalar harakatining elliptik shaklini birinchi bo'lib topgan va ularning harakat qonunlarini aniqlagan nemis olimi I. Kepler sharafiga u *Keplercha harakat* deb yuritiladi.

Yerning Quyoshga nisbatan ta'sir sferasining radiusi 925 000 km, Oy ta'sir sferasining Yerga nisbatan radiusi 66 000 km. Quyoshning galaktika markaziga nisbatan aniqlangan bunday sferasining radiusi esa $9 \cdot 10^{12}$ km, ya'ni salkam 1 yo.y. ga teng ekanligini ma'lum qiladi.

Oralari a bo'lgan ixtiyoriy kichik m massali jismning katta M massali jismga nisbatan *ta'sir sferasining radiusi*:

$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{2/5} \quad (20)$$

ifodadan topiladi.

Planetalarining ta'sir sferasi, o'z yo'ldoshini doimiy ushlab turaoladigan *Xill sferasi* deyiluvchi sferadan farq qiladi. Yerning Quyoshga nisbatan Xill sferasining radiusi 1,5 mln kilometrdir.

Tazyiq sferasi deyiluvchi va kosmodinamikada deyarli hechqanday rol o'ynamaydigan sfera esa Quyosh va Yerni tutashtiruvchi kesmada va boshqa yo'nalishlarda yotib, Quyosh va Yerning gravitatsion tezlanishlari o'zaro teng bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rinlaridan tashkil topgan sferadir.

Hisoblashlar aniq olib borilishi talab etilganda, tazyiq sferasining radiusi

$$\rho = 1,15 a \left(\frac{m}{M} \right)^{2/3} \quad (21)$$

ifoda orqali topiladi.

1. Agar poezd 100 km/saot tezlik bilan to'xtovsiz yursa, u yerdan Pluton orbitasigacha bo'lgan masofani qancha vaqtda bosib o'tadi?

2. Perigeliy masofasi Quyoshdan Yergacha (1 a. b.) masofaga afeliy masofasi esa Quyoshdan Marsgacha (1.5 a. b.) masofaga teng bo'lgan orbita bo'ylab harakatlanayotgan sayyoralaro kema yerdan marsgacha uchib borishi uchun qancha vaqt kerak?

3. Yer va Oy massasi 81:1 kabi nisbatda. Ularning markazlari orasidagi masofa 382 420 km ga teng. Bu ikkala jismning umumiy og'irlik markazi qayerda joylashgan?

4. Yer atrofida aylana bo'ylab uning sirtidan yarim va ikki radiusga teng masofada xarakatlanuvchi Yer sun'iy yo'ldoshlarining uchirish tezligi va aylanish davrlarini aniqlang.

5. Oldingi masalani Mars va Yupiter sun'iy yo'ldoshlari uchun yeching. Yerga nisbatan massa va radiuslar: Marsniki - 0,107 va 0,533, Yupiterniki - 318 va 10, 9

6. Agar markaziy jism massasi n marta, uning radiusi – m marta oshganda va xususiy $m = n$ holda oldingi masalalardagi yo'ldoshlarning davrlari va aylanish tezliklari qanday o'zgaradi?

7. Yer sun'iy yo'ldoshlari aylanali orbita bo'ylab 90^m , 150^m va 3^h li davr bilan Yer sirtidan qanday balandlikda va qanday tezlik bilan harakat qiladi? Yer radiusini 6370 km deb olinsin.

8. Statsionar sun'iy yo'ldoshning, ya'ni Yer ekvatorining ayni bir nuqtasi ustida qo'zg'almas holda osilib turuvchi sun'iy yo'ldoshning Yer sirtidan balandligi va tezligini toping.

9. Oldingi masalani 2 – masalada ko'rsatilgan sayyoralarning statsionar sun'iy yo'ldoshlari uchun eching. Marsning aylanish davri $24^h 37^m,4$ Yupiterniki – $9^h50^m,5$ ga teng.

10. Yer, Oy, Mars va Yupiterlarning sirtlaridan bir xildagi 200 va 1000 km balandlikda aylanuvchi sun'iy yo'ldoshlarning tezliklari va aylanish davrlarini toping. Bu osmon jismlarining berilgan ketma-ketlikdagi massalari 1, 0,0123, 0,107 va 318 ga, radiuslari - 6370, 1738, 3400 va 71400 km ga teng.

11. Qutb sun'iy yo'ldoshlarining Yer, Merkuriy va Venera atrofida aylanma orbita bo'ylab 7 km/sek va 2 km/sek tezlik bilan bir davrli aylanishlarida uchish trassasi necha gradusga va qanday yo'nalishda siljiydi? Merkuriyning aylanish davri $58^k,65$. Veneraniki – $243^k,2$ (sayyora aylanishi teskari yo'nalishda) Zaruriy ma'lumotlar 10- masalada.

12. Yer, Mars va Yupiterning sirtlaridan 200 km masofada 9,5 km/s gorizontal tezlik bilan uchirilgan sun'iy osmon jismlari qanday orbita bo'ylab xarakat kiladi? Zaruriy ma'lumotlarni 7- masaladan oling.

13.]Merkuriy va Veneralarning massalari Yernikiga nisbatan mos ravishda 0,055 va 0,815 ga, radiuslari esa - 2440 km va 6050 km ga teng. Bu sayyoralar atrofida 2 soat va 8 soat li davr bilan, eksstentrisitetlari 0,100 va 0,600 ga teng elliptik orbita bo'ylab xarakatlanadigan sun'iy yo'ldoshlarni qanday minimal balandlikda va qanday tezlik bilan chiqarish lozim?

14. Sun'iy yo'ldoshlar sayyoralarning peristentrik va apostentrik yarimsharlari ustidan eksstentrisitetlari 0,100 va 0,400 ga teng orbita bo'ylab o'zining davrining qancha qismini bosib o'tadi?

15. "Salyut-5" orbital stanstiyasining (orbitaga 1976 yil 22 iyunda chiqarilgan) Yer atrofida 258 km dan 283 km gacha balandlikdagi chegarada aylanishi,

“Molniya-2” aloqa yoʻldoshining (orbitaga 1973 yil 25 dekabrda chiqarilgan) Yer atrofida katta yarim oʻqi 27030 km va apogey balandligi 40860 km li orbita boʻylab aylanishi maʼlum boʻlsa, ular qancha vaqt ichida perigey va apogey yarimsharlari ustidan uchadi?

16. Oyning sunʼiy yoʻldoshlari uning sirti ustidan quyidagi balandliklar chegarasida: “Luna-19” (1971 yil 28 noyabrda) 77 km dan 385 km gacha, 2^h11^m li davr bilan, “Luna-20” (1972 yil 19 fevralda) 21 km dan 100 km gacha 1^h54^m davr bilan aylanishi maʼlum boʻlsa, Oyning (Yer massasi boʻyicha) massasini toping. Qavslarda yoʻldoshning selenostentrik orbitaga chiqarilgan sanasi yozilgan. Oy diametri - 3476 km.

17. Oldingi masalaning berilganlari va natijalariga koʻra Oy yoʻldoshlarining aylanma va selenostentrik tezliklari chegarasini toping.

18. Marsning tabiiy yoʻldoshi Deymos sayyora atrofida 1^k , 262 davr bilan oʻrtacha 23500 km masofada aylanadi, uning sunʼiy yoʻldoshi “Mars-5” (1974 yil 12 fevralda chiqarilgan) sayyora atrofida 25^h , 0 davr bilan sayyora sirtidan 1760 km dan 32500 km gacha balandliklar chegarasida aylanadi. Shu berilganlar asosida Mars radiusi 3400 km ligini hisobga olib Mars massasini aniqlang.

19. 1975 yil 25 oktyabrda uchirilgan “Venera-10” sayyoralararo sovet avtomatik stanstiyasi Veneraning ikkinchi sunʼiy yoʻldoshi boʻlib, oʻsha kunlarda sayyora atrofida uning sirtidan 1400 km dan 114000 km gacha balandliklar chegarasida 49^h23^m davr bilan aylangan. Venera radiusini 6050 km ga teng deb olib, uning massasini hisoblang.

20. 1961 yil 12 aprelda “Vostok” kosmik kemasida Y.A.Gagarin insoniyat tarixida birinchi marta Yerni uning sirtidan 181 km dan 327 km gacha balandliklar chegarasida aylanib chiqdi. Kosmik kema orbitasining katta yarim oʻqlarini, eksetentrisitetini, Yer atrofida aylanish davrini, uning oʻrtacha va chegaraviy tezliklarini va kosmik kemaning Yerning perigey va apogey yarim sharlari ustidan uchib oʻtish vaqti davomiyligini aniqlang.

21. Oldingi masalani 1973 yil 5 aprelda Yer orbitasi atrofida 500 km dan 39100 km gacha balandliklar chegarasida chiqarilgan. “Molniya-2” aloqa yoʻldoshi uchun yeching.

22. 1975 yil 14 aprelda Yerning janubiy yarim shari ustidan perigey balandligi 636 km li orbitaga chiqarilgan “Molniya-3” aloqa yoʻldoshi 12^h16^m li davr bilan Yer atrofida aylanadi. Yoʻldosh orbitasining katta yarim oʻqi va eksetentrisitetini, uning apogey balandligini, perigey va apogeydagi tezligini va Yerning qarama-qarshi yarimsharlari ustida uchish davomiyligini toping.

23. Agar Marsning oʻrtacha geliostentrik masofasi 1,524 a.b. boʻlsa, Yerdan Marsga tomon uchirilgan kosmik kemaning eng sodda elliptik orbitasining katta

yarim o'qi, eksetentrisitetini va Yerdan Marsgacha uchish davomiyligini aniqlang. Yerning o'rtacha orbital tezligini 29,8 km/sek teng deb olish kerak.

24. Oldingi masalaning berilganlari va natijalariga ko'ra, Yerdan Marsga kosmik kemani uchirish uchun eng qulay bo'lgan Marsning konfiguratsiyasini toping. Marsning Quyosh atrofidagi aylanish davri 687 sutkaga teng.

25. Marsdan Yerga qarab eng sodda orbita bo'yicha kosmik kemani uchirish tezligini va uchirish uchun qulay bo'lgan Yer konfiguratsiyasini toping. Marsning o'rtacha geliostentrik masofasi 1,534 a.b. Yerniki bilan solishtirganda uning massasi 0,107 va radiusi 0,533 ga teng.

26. Ikki osmon jismi A va V – m va m' massaga ega: ularning o'zaro uzoqliklari r ga teng. Ularning markazlarini birlashtiruvchi to'g'ri chiziqni qaysi nuqtasida birorta jism ikkala jismga ham bir xil kuch bilan tortishadi? Misol: A-yer V – oy: ular orasidagi masofa 60 Yer radiusiga teng: Oy massasi 1/81 Yer massasini tashkil etadi.

27. Birorta osmon jismi uchun o'zining markaziy jismiga qulay vaqti t ni sutkalarda ifodalangan formulasini keltirib chiqaring, bu tushish orbitasining katta yarim o'qi ular orasidagi boshlang'ich a masofaga teng juda cho'zinchoq ellips bo'yicha harakatlanadi (VV).

28. Agar Yer Quyosh atrofida aylanishidan to'xtasa, u Quyoshga qancha vaqtda qulab tushadi?

29. Mars massasini Yer massasi birliklarida, o'zining Fobos yo'ldoshi harakati bo'yicha hisoblang, yo'ldosh uchun a=9300 km, t=0,32 sutka. Oyga taalluqli kattaliklarni 384 000 km va 27,3 sutkaga teng, deb qabul qiling.

30. Keplerning umumlashgan uchinchi qonuni formulasidan foydalanib Yupiter massasini aniqlang. Bunda Quyosh massasini 1, Yer massasini 0 deb qabul qiling: $T_1 = 4332,6$ km sutka, $T = 365,26$ sutkaga teng.

31. Oynning Yer atrofida va Yerning Quyosh atrofidagi harakatlanishini solishtirib, Quyosh massasi M ni Yer massasi m birliklarida aniqlang.

$T=365,256$ sutka (yul.yili) $R= 149\,600\,000$ km (Yer)

$t=27,3217$ sutka $r= 384\,400$ km (Oy)

32. Yer aylanishining burchak tezligi sutkasiga 1° ni tashkil qilishidan, Quyosh massasini toping, tortishish doimiysi $\int = 6,7 \cdot 10^{-8} \frac{sm^3}{g} \cdot sek^2$ va Yerdan Quyoshgacha masofa $R= 1,49 \cdot 10^8$ km ga teng.

33. Agar Oy uzoqligi o'zgarmagan holda Yer atrofini ikki sutkada aylanib chiqsa, un holda Yer massasi qanday o'zgargan bo'lar edi?

34. Agar Quyoshning massasi ikki marta kamaysa, u o'zining atrofida orbita bo'ylab 29,76 km/sek tezlik bilan harakatlanayotgan yerni ushlab qola oladimi?

35. Agar Quyosh o'z massasini o'zgartirmagan holda diametrini Yer orbitasi kattaligicha kengaytirsam Yerning harakati o'zgaradimi?

36. Raketaga u Yer sirti bo'ylab aylanib chiqishi va qaytib tushmasligi uchun, qanday urinma tezlik berish kerak (Yer radiusi $R=6371$ km, Yer massasi $5,97 \cdot 10^{27} g$).

37. Ma'lumki jismga garizontal yo'nalishda 7.906 km/sek tezlik berilsa jism yerga qaytib tushmaydi va u sayyoramiz atrofida sirtga yaqin aylanuvchi yo'ldoshga aylanadi. Bu yo'ldoshning aylanish davri qanday bo'ladi?

38. Jism quyoshning eng yaqin sirtidan aylanib uchishi uchun unga qanday tezlik berish kerak? Bu masalani Keplerning uchinchi qonunidan foydalanib yeching va masalani jism Quyosh sirtiga qulab tushmaydigan holda izlanayotgan chegaraviy tezlik uchun hal eting.

39. Quyosh sirtiga eng yaqin aylana bo'yicha harakatlanayotgan jismning aylanish davri qancha bo'lishi kerak? Ko'rsatma: Keplerning uchinchi qonunidan foydalaning.

40. Agar Yerning aylanish davri Oynikidek bo'lgan yo'ldoshi bo'lsa, ungacha masofa qanday bo'lar edi?

41. Marsning o'z o'qi atrofida aylanish davriga teng davr bilan harakatlanayotgan yo'ldosh Mars sirtidan qanday masofada joylashgan bo'ladi?

42. Mars sirtidan bosqa sayyoraga uchib ketishi uchun sayyoralararo kosmik kemaga qanday tezlik berilishi kerak?

43. Agar Quyoshni, uning o'rtacha zichligini o'zgartirmagan holda, ikki marta kattalashtirsak, u holda Quyosh sirtidagi og'irlik kuchi tezlanishi qanday o'zgaradi?

44. Neptunning diametri, hajmi va zichligini hamda sirtidagi og'irlik kuchi tezlanishini aniqlang. Uning o'rtacha ko'rinma diametri $2''{,}3$, massasi 17,2 Yer massasiga teng, Quyosh parallaksi $8''{,}80$, Neptunning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 30,1 a.b.

45. Quyoshdan 0,7184 a.b. masofada joylashgan noma'lum jism ayni paytda Quyoshga nisbatan 33,2 km/sek tezlikka ega. Jism chizgan konus kesimining ko'rinishini aniqlang? Bilasizmi bu qanday jism?

46. Kometa ayni vaqtda 565,4 km/sek tezlik bilan Quyosh atrofida harakatlanmoqda. Uning radius vektori 0,005543 a.b. ga teng. Kometa orbitasining eksentrisitetini aniqlang.

47. Quyoshdan 1 a. b. masofada aylanma tezlik yo'nalishiga mos, lekin undan 10 marta kichik tezlikka ega fazoviy kometaning katta yarim o'qi, aylanish vaqti, eksentrisiteti va perigeliy masofasini aniqlang.

48. Yer sirtidan Oyga yo'nalishda snaryadga u Yer va Oy bir xil tortishish kuchiga ega nuqtaga etib borishi uchun, qanday minimal v_0 tezlik berilishini toping. Yer va Oy harakatini hamda havoning qarshiligini hisobga olmang. Yer sirtida og'irlik kuchining tezlanishi $g=9,8 \text{ m/sek}^2$. Oy va Yer massalarining nisbati $m:M=1:80$; ular orasidagi masofa $d = 60R$, bu yerda $R=6000 \text{ km}$ – Yer radiusi. Butun olam tortishish kuchidagi f kattalikni, har biri bir birlik massaga teng, uzunlik birligi birga teng masofa uchun berilgan tenglamadan topamiz.

49. Kosmonavt Valentina Tereshkova kosmik kemada 170 km balandlikda Berlin ustidan uchib o'tdi. U bir vaqtning o'zida Berlinda 2000 km uzoqdagi Moskvani ko'rishi mumkinmi?

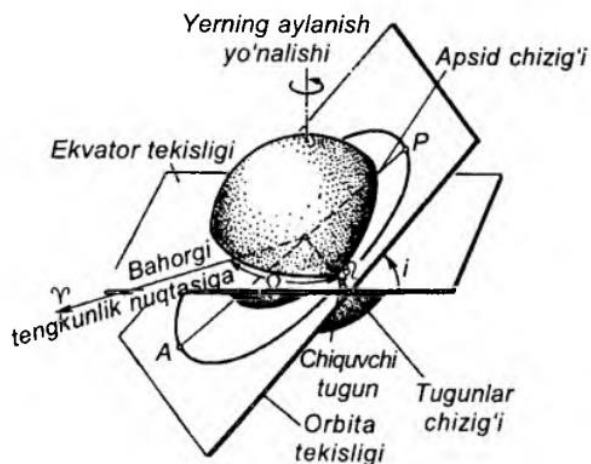
50. Nega dvigateli o'chirilgan holda uchib borayotgan kosmik kema ichidagi jismlar vaznsiz bo'ladi?

51. Yerning sun'iy yo'ldoshidan otilgan raketa tashuvchi avval uning orqasidan harakatlanadi, keyin esa uni quvib o'tadi. Nega shunday bo'ladi? Kosmanavtlarni kemada Yerga qaytarishga tayyorgarlik ko'rishda ham bu narsa sodir bo'ladimi? Bunda kema hali Oy atrofi orbitasida joylashgan?

52. Tekisligi Yer qutblarida yotuvchi orbita bo'ylab harakatlanayotgan yo'ldoshni qutbiy yo'ldosh deb ataladi. Agar uning balandligi 250 km bo'lsa, u holda Yerdan $55^{\circ}37''$ kenglamada uning orbitasini proektsiyasi bir aylanib chiqishda necha kilometr G'arbga siljiydi?

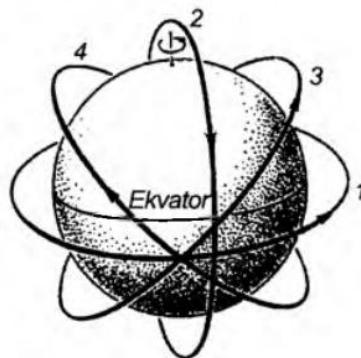
2-§. Yer atrofida uchishlar. Orbital manyovrlar. Orbita tekisliklarini burish.

Yer atrofi fazosida harakatlanayotgan sun'iy yo'ldoshning (SY) harakati, Yer atrofi uchishlari deb yuritiladi. Osmon mexanikasi nuqtai nazaridan Yer atrofi fazosi deganda, Yer ta'sir sferasi bilan chegaralangan soha tushunilib, unda jismning harakatini faqat birgina Yerning tortish maydonida kuzatilayapti deb qarash mumkin bo'ladi. Shunday qilib bu bo'limda biz Yerning ta'sir sferasidan chiqmaydigan kosmik jismlarning harakatini o'rganish bilan shug'ullanamiz. Boshqacha aytganda Yer atrofida elliptik (xususiyl holda aylanma) orbita bo'ylab harakatlanadigan Yer sun'iy yo'ldoshlarining harakati bilan ish ko'ramiz.



19- rasm. Sun'iy yo'ldoshning orbita elementlari.

16-rasmda Yer atrofida aylanayotgan shunday Yer sun'iy yo'ldoshi tasvirlangan bo'lib, u yerdagi P va A nuqtalari, mos ravishda, perigey va apogey nuqtalariga mos keladi. Sun'iy yo'ldoshning orbitasi fazoda aniq bir vaziyatda joylashgan bo'lib, vaqt o'tishi bilan turli sabablarga ko'ra, uning Keplercha orbitadan chetlanishlarini hisobga olmaganda, uning qo'zg'almas yulduzlarga nisbatan vaziyati o'zgarmaydi.



20- rasm. Ekvatorial(1), qutbiy(2), to'g'ri (3) va teskari (4) yo'ldoshlar.

Rasmdan ko'rinishicha, Yer sun'iy yo'ldoshining (YESY) orbita tekisligi, Yer ekvatori tekisligi bilan *tugunlar chizig'i* deyiluvchi tekislik bo'ylab kesishadi, SY orbitasining bu chiziq bilan kesishish nuqtalari *tugunlar* deyilib, chiqish tugunida, u Yer ekvatorini janubiy yarim shardan shimoliy yarim sharga kesib o'tadi, botish tugunida esa, aksincha bo'ladi. Bundan ko'rinadiki SY, geografik kengligi, uning tekisligining Yer ekvatorga og'maligidan (ya'ni i burchagidan), katta bo'lmagan Yer shari rayonlari ustidan uchib o'tadi. Uning balandligi yetarli darajada katta bo'lganda $\varphi > i$ rayonlardan ham yo'ldoshni ko'rish mumkin bo'ladi. Ekvatorial yo'ldoshni Yerning qutbiy rayonlaridan ko'rib bo'lmagani holda, qutbiy yo'ldoshni turli kenglamalardan turib ham ko'rish mumkin bo'ladi.

Yo'ldosh orbitasining eng muhim xarakteristikalaridan bo'lib, uning apogeyi va perigeyining balandligi, Yer atrofida aylanish davri, ekvator tekisligiga og'maligi hisoblanib, aksariyat yo'ldoshlar uchun ular o'chirilganda, matbuotda e'lon qilinadi.

Agar sun'iy yo'ldosh Yer atrofida, uning sirtiga juda yaqin masofada aylanayotgan bo'lsa, uning to'la aylanib chiqishi uchun 84,4 minut kerak bo'ladi. 1000 km li balandlikkacha balandlik har 50 km ga ko'tarilganda bu davr 1 minutdan ortib boradi. Shuningdek SYning orbitasining biror nuqtasidan (masalan perigeydan) o'tish momenti aniq bo'lsa, u holda osmon mexanikasi formulalaridan foydalanib, ixtiyoriy momentda mazkur yo'ldosh orbitaning qaysi nuqtasidan o'tishini aniq hisoblash mumkin bo'ladi. Faqat bunda sun'iy yo'ldoshga boshqa osmon jismlari tomonidan beriladigan chetlanishlarni hisobga olish zarur bo'ladi.

Sun'iy yo'ldoshlarning quyidagi orbita elementlari mavjud (16-rasm):

* i – SY orbitaning Yer ekvatori tekisligiga og'maligi ($i = 90^\circ$ bo'lganda u *qutbiy yo'ldosh* (17- rasm, 2- orbita) deb, $i = 0$ bo'lganda esa, *ekvatorial yo'ldosh* (17-rasm, 1-orbita) deb ataladi. SY ning harakat yuli, Yer aylanishining yo'nalishiga mos kelsa, u *to'g'ri* (17-rasm, 3-orbita), aksincha bo'lganda esa, *teskari yo'ldosh* (17-rasm, 4-orbita) deb yuritiladi ($i > 90^\circ$ – yo'ldoshlar, Yerning aylanish yo'nalishiga teskari harakatlanadi);

* h_a – SY apogeyining balandligi;

* h_p – uning perigeyining balandligi;

* T – SY ning aylanish davri;

- * a – SY orbitasining katta yarim o‘qini;
- * ye – SY orbitasining eksentrisitetini;
- * Ω – orbita tugunlarining Yer ekvatori tekisligida yotgan bahorgi tengkunlikka tomon yo‘nalishdan burchak uzoqligi bo‘lib, ko‘tarilish tugunining uzunlamasini xarakterlaydi;

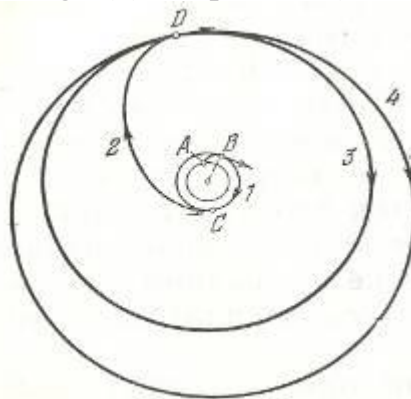
Orbita elementlari ma‘lum bo‘lganda, ma‘lum vaqt uchun SYning o‘rni (koordinatalari) oson topiladi.

SYni ko‘p impulsli manyovrlar yordamida orbitaga chiqarish

1. Sun‘iy yo‘ldosh orbitasini ma‘lum maqsadni mo‘ljallab har qanday o‘zgartirish orbital manyovrlar deyiladi. Ko‘p hollarda ma‘lum mo‘ljallangan orbitaga SY ni bevosita chiqarishning iloji bo‘lmaydi. Bunday hollarda SY dastlab oraliq orbitaga chiqarilib, so‘ngra qo‘shimcha impuls yordamida mo‘ljallangan orbitaga chiqariladi.

Agar mo‘ljallangan orbita, Yer atrofidagi juda baland aylanma orbita yoki yuqori perigeyli elliptik orbita, yohud past perigeyli, biroq fazoning ma‘lum bir sohasida yotgan elliptik orbita bo‘lsa, u holda dastlab yo‘ldoshni past oraliq orbitaga chiqarish zarur bo‘ladi.

Faraz qilaylik, Yerning A nuqtasidagi kosmodromdan, apogeyi A nuqta tepasida yotgan elliptik orbitaga yo‘ldoshni chiqarish talab etilsin. U holda yo‘ldosh tezligini orttira borib, V nuqtada aylanma tezlik kattaligiga erishishini ta‘minlab, uni past aylanma orbitaga (1) chiqaramiz (19-rasm.).



21- rasm. SYni ko‘p impulsli manyovr yordamida orbitaga chiqarish.

So‘ngra S nuqtada dvigatelni ishga tushirib, qo‘shimcha berilgan tezlik impulsi yordamida uni apogeyi A nuqta tepasidagi D nuqtada bo‘lgan 2- elliptik orbitaga o‘tkaziladi. Shunday yo‘l bilan apogeyi albatta shimoliy yarim sharda taxminan 40000 km balandlikda yotgan “Molniya” tipidagi aloqa yo‘ldoshlari orbitaga chiqariladi. Xususan, SY D nuqtaga yetganda, tezlikning ikkinchi impulsi yordamida yo‘ldosh tezligi mahalliy aylanma tezlikkacha oshirilsa, unda yo‘ldosh aylanma orbitaga (3) o‘tadi. Bordi-yu SY ni D nuqta perigeyi bo‘lgan elliptik orbitaga (4) chiqarish talab etiladigan bo‘lsa, u holda buning uchun D nuqtada unga kattaroq qo‘shimcha tezlik tanlanadi.

Agar D nuqta 35793km balandlikda bo‘lsa, unda biz tezligi 3,08 km/s bo‘lgan sutkalik (ya‘ni davri 1 sutka bo‘lgan) yo‘ldoshga erishamiz. Agar bunda kosmodrom Yer ekvatorida yotib, yo‘ldosh orbitasining tekisligi ekvator tekisligi bilan ustma-ust tushirilsa, unda biz stasionar yo‘ldoshga ega bo‘lamiz.

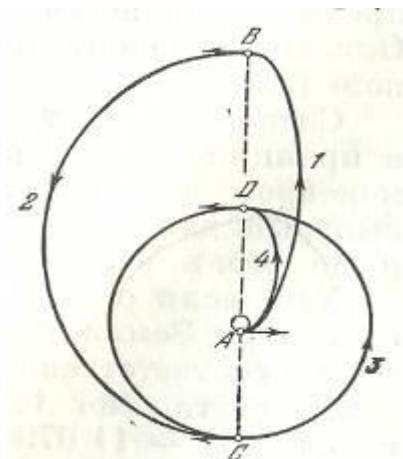
Shunday qilib biz, yer atrofi fazosida ko‘p impulsli manyovrlarning bir necha xil misoli bilan tanishdik.

2.Endi yo‘ldoshni baland aylanma orbitaga, tezlikning yana bir qo‘shimcha impulsi yordamida yoqilg‘i sarfini tejashga qanday erishish mumkinligi bilan tanishaylik. Buning uchun yo‘ldoshni mo‘ljallangan orbitaga chiqarishning ikki usuli bilan tanishaylik:

1-usul. Dastlab tashuvchi – raketa Yerdagi A nuqtadagi kosmodromdan yo‘ldoshni (juda katta yarim o‘qli) elliptik orbitaga chiqaradi (21-rasm). Bunda ellipsning V apogey nuqtasi, mo‘ljallangan aylanma orbitadan ancha balandda joylashgan bo‘lmog‘i lozim. Yo‘ldosh V nuqtaga erishgach, unga harakat yo‘nalishi bo‘yicha berilgan gorizontal tezlikning qo‘shimcha impulsi uning S perigeyi mo‘ljallangan aylanma orbitaga urinuvchi 2-yangi orbitaga chiqaradi. Mazkur yo‘ldosh S nuqtaga erishgach, gorizontal tormozlovchi impuls yordamida yo‘ldoshning tezligini mahalliy aylanma orbitada harakatlanishini ta’minlovchi tezlikkacha kamaytiradi. Natijada yo‘ldoshning mo‘ljallangan aylanma orbitada (3) harakatlanishi ta’minlanadi.

2-usul. Bu usul birinchisiga nisbatan ancha sodda bo‘lib, buning uchun Yerning A kosmodromidan apogeyi mo‘ljallangan aylanma orbitaning D nuqtasida yotuvchi elliptik o‘tish orbitasiga (4) chiqariladi. So‘ngra D nuqtada, berilgan tezlikning qo‘shimcha impulsi yordamida yo‘ldosh mo‘ljallangan aylanma orbitaga (3) chiqariladi.

Ma’lum bo‘lishicha, mo‘ljallangan 3 – orbitaning radiusi 11,9 Yer radiusidan katta bo‘lsa, u holda bayon qilingan birinchi uch impulsli usul (A-V-S) bilan yo‘ldoshni orbitaga chiqarish, keyingi ikki impulsli usulga (A-D) nisbatan energetik nuqtai nazaridan tejimli bo‘lib, mo‘ljallangan orbitaning radiusi 11,9 Yer radiusidan kichik bo‘lganda esa, aksincha ikki impulsli usul, uch impulsli usulga nisbatan tejimli ekanligi hisoblashlardan ma’lum bo‘ldi. Radiusi 11,9 Yer radiusiga ega bo‘lgan chegaraviy orbitaga yo‘ldoshni chiqarish zarur bo‘lganda esa, har ikkala usul bo‘yicha ham tezliklar impulslarining yig‘indisi bir xil qiymatni berishi bilan tengkuchli hisoblanadi.



22- rasm.SYni ikki va uch impulsli manyovrlar yordamida mo‘ljallangan aylanma orbitaga (3) chiqarish va ularni energetik tejamliligini aniqlash.

SY orbita tekisligini o'zgartirish

Zarur bo'lganda sun'iy yo'ldosh orbita tekisligini ma'lum burchakka burish, katta energiya sarfi bilan amalga oshiriladi. Masalan, aylanma orbitada v tezlik bilan harakatlanayotgan SY tezligining qiymatini o'zgartmagan holda, uning orbitasini α burchakka burish talab etilsin, u holda. Buning uchun zarur bo'lgan Δv tezlik impulsning kattaligi 26-rasmdagi tezliklarning teng yonli uchburchagiga ko'ra, ushbu formuladan topiladi:

$$\frac{\Delta v}{2} = v_0 \sin \frac{\alpha}{2},$$

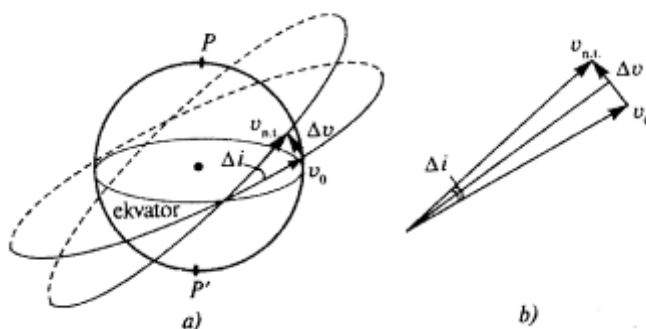
$$\text{bundan} \quad \Delta v = 2 v_0 \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (22)$$

Agar yo'ldosh orbitasi tekisligini 90° li burchakka burish talab etilsa, u holda

$$\Delta v = 2 v_0 \sin 45^\circ$$

$$\text{yoki} \quad \Delta v = \sqrt{2} \cdot v_0. \quad (23)$$

Bundan yo'ldosh orbitasini 90° ga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan tezlikning qiymati salkam 2- kosmik tezlikka teng bo'lishi ma'lum bo'ladi.



23-rasm. SY orbitasini α burchakka o'zgartirish.

Shu bois yo'ldosh orbitasi tekisligini katta burchakka burish talab etilganda, uni "cheksizlik orqali burish" deyiluvchi boshqa bir usul orqali amalga oshirilsa, bu jarayon yoqilg'ining katta tejami bilan yuz beradi. Gap shundaki yo'ldosh Yer atrofi aylanma orbitadan parabolik orbitaga yaqin trayektoriyaga chiqarilsa, uning tezligi nolga yaqin bo'lib, shu bois uning tekisligini cheksizlikda zarur bo'lgan burchakka burish uchun lozim bo'lgan tezlikning miqdori (Δv) ham (22) formulaga ko'ra nolga intiladi. U holda yo'ldosh orbitasining tekisligini cheksizlikda α burchakka burish uchun zarur bo'lgan tezlikning impulsi, uning quyidagi tashkil etuvchilarning yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$(\sqrt{2}v_0 - v_0) + \Delta v + (\sqrt{2}v_0 - v_0), \quad (24)$$

Bu yerda birinchi qavs yo'ldoshni parabolik orbitaga o'tkazish uchun zarur tezlik impulsini, ikkinchi Δv - cheksizlikda tezlikni α burchakka burish uchun zarur bo'lgan tezlik impulsini (bu yerda $v_0 \approx 0$ bo'lganidan, Δv ham nolga intiladi) va nihoyat uchinchi qavs, yo'ldosh cheksizlikdan qaytib kelgach uning parabolik tezligini boshlang'ich v_0 tezlikkacha kamaytirish uchun zarur bo'lgan impulsni xarakterlaydi.

Shubhasiz yoʻldosh orbitasini kichik burchakka burish uchun talab etiladigan tezlikni qiymati (22) ga koʻra, $2\nu_0 \sin \frac{\alpha}{2}$ ga teng boʻlishini eʼtiborga olsak, u holda yoʻldoshning orbita tekisligini α burchakka burish uchun, qanday kattalikdagi burchakkacha uni oʻz oʻrnida burish, “cheksizlik orqali burish” dan qancha afzalligini aniqlashga imkon beradi. Buning uchun (22) va (24) ifodalarni tenglab, osongina chegaraviy α burchakni topish mumkin:

$$(\sqrt{2}\nu_0 - \nu_0) + \Delta\nu + (\sqrt{2}\nu_0 - \nu_0) = 2\nu_0 \sin \frac{\alpha}{2} \quad (25)$$

Tenglamadagi $\Delta\nu$ cheksizlikda nolga intilganidan

$$2\nu_0(\sqrt{2} - 1) = 2\nu_0 \sin \frac{\alpha}{2}$$

boʻladi, yoki $\sin \frac{\alpha}{2} = 0,414,$

bu yerdan $\frac{\alpha}{2} = 24^\circ 27'$

ga teng boʻlib, $\alpha = 48^\circ 54'$

ni tashkil etadi. Binobarin bunday holda orbitani α burchakka burish uchun talab etilgan tezliklarning impulsleri har ikkala hol uchun teng boʻlib, orbitani bundan katta burchakka burishda, uni “cheksizlik orqali burish” har doim tejimli boʻladi. Aksincha uni $48^\circ 54'$ dan kichik burchakka burish talab etilsa, uni shu joyning oʻzida burish energetik jihatdan tejimli kechadi.

Agar yoʻldosh orbitasini maʼlum joydan berilgan impuls yordamida $48^\circ 54'$ dan katta burchakka burish bilan birga uning orbitasini yuqori balandlikka koʻtarish ham talab etilsa, uni “cheksizlik orqali burish” energetik nuqtai nazardan yanada samarali boʻlishini tushunish qiyin emas.

1. Agar kosmik kema Yer ustidan 227 km perigey balandlikda uchib oʻtgan boʻlsa, uning perigey va apogeydagi chiziqli tezliklarini hisoblang, kema orbitasining katta yarim oʻqi 13900 km ni tashkil qiladi.

2. Birinchi kosmik kemalar Parigeyda oʻrtacha 7,9 km/sek tezlikga ega boʻlgan va ularning orbitalari Yer sirti aylanishi yoʻnalishi bilan 65° burchakni tashkil qilgan. Start (uchirish) 47° li geografik kenglamada amalga oshirilgan. Raket- tashuvchilar tezliklarining kattaligi va yoʻnalishi qanday boʻlgan?

3. Xalqaro television aloqalar uchun, Yerning qandaydir bir nuqtasi ustida hamma vaqt <<osilib>> turadigan yoʻldosh zarur. Uni sharqqa – Yer aylanishi tomoniga uchishi kerak. Yoʻldoshni qanday balandlikka uchirish kerak ?

4. Eng kam yoqilgʻi sarfi bilan Oygacha uchib borish orbitalarining tartiblarini va vaqt davomiyligini aniqlang.

5. Kosmanavtlar Oyni 50km balanlikda aylanma orbita boʻylab aylanib oʻtishida, kemani yerga qoʻnishga yoʻnaltirish uchun ular oʻzlarining dvigatellari yordamida sayyoralararo kemaga qancha tezlik berishi kerak?

6. Oy sirtidan 50 km balanlikda uchib yuruvchi sunʼiy yoʻldoshning tezligi qanday boʻladi?

7. Oy Mars va Yerdan 250 km balanlikda aylanma orbita bo'ylab harakatlanuvchi sun'iy yo'ldosning tezligini aniqlang.

8. Agar Marsga uchib borish va qaytib kelish yarim elliptik orbita bo'yicha sodir bo'lsa, kosmonavtlar qo'ngandan keyin unda qancha vaqtlarida o'tqazishlari kerak, bunda ularga orqaga qaytishga imkon bo'lsin?

9. Marsning sun'iy yo'ldoshlari <<Mars-2>> va <<Mars-3>> uning sirtidan mos ravishda 1380 va 1500 km minimal masofaga uzoqlashdi, aylanib chiqish davrlari 18 soat va 11 sutkani tashkil etdi. Bu yo'ldoshlar o'zlarining apoariyalarida Mars sirtidan qancha uzoqlashgan?

10. Raketa boshlang'ich 11,2 km/sek tezlik olib, yerni butunlay tashlab ketadi va yerga bo'g'liq bo'lmagan holda Quyoshning yo'ldosh sayyorasi bo'lib qoladi. Raketa Quyosh sistemasini tashlab ketishi uchun unga yana yerga nisbatan 12,3 km/sek tezlik berish kerak. Agar shunday natijaga birdaniga erishish uchun Yer sirtidan raketa qanday tezlik berish kerak?

11. Saturn va Neptun sayyoralarining perigeliy va afeliy masofalarini hisoblang, ularning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi 9,54 a. b. va 30,07 a.b. eksentrisitetlari esa 0,54 va 0,008 ga teng.

12. Ikki sayyora (Neptun ($a=30,07$ a. b. $e=0,008$) yoki Pluton ($a=39,52$ a.b. $e=0,253$)) dan qaysi biri Quyoshga yaqinroq keladi? Qavs ichida sayyora orbitasining katta yarim o'qi va eksentrisiteti berilgan.

13. Sayyorani radius – vektori o'rtacha galiotsentrik masofaga teng bo'lganda, uning haqiqiy anamoliyasi qiymatini toping?

14. Mars sayyorasi va Adonis Asteroidining orbitasi eksentrisiteti va perigey masofasini toping. Mars orbitasining katta yarim o'qi 1,52 a.b. va Quyoshdan eng uzoq masofasi 1,66 a.b. ga teng, Adonisniki esa mos ravishda 1,97 a.b. ga 3,50 a.b. Ulardan qaysi biri Quyoshga yaqinroq kelishini ko'rsating.

15. Ikar va Simeiza kichik sayyoralari qanday o'rtacha va eng katta galiosentrik masofalarda harakatlanadi? Ikarning perigeliy masofasi va orbitasining eksentrisiteti 0,187 a.b. va 0,827 Simeizaniki esa 3,219 a.b. va 0,181 . Bu sayyoralardan qaysi birining radius vektori katta chegarada o'zgaradi, mutlaq va nisbatan?

16. Venera sayyorasi va Yevropa asteroidining Quyosh atrofida aylanish davrini hisoblang, ularning o'rtacha galiosentrik masofalari mos ravishda 0,723 a.b. va 3,10 a.b. ga teng.

17. Agar Apollon kichik sayyorasi va Ikey kometasi Quyoshdan deyarli bir xil masofada o'tsa (Appollon 0,645 a.b. kometasi 0,633 a.b.) da lekin orbitalar mos ravishda 0,566 va 0,9933 eksentrisitetga ega bo'lsa, ularning Quyosh atrofidagi aylanib chiqish davrini aniqlang.

18. Yupiter sayyorasining birinchi yo'ldoshi – Io uning atrofida o'rtacha 421800 km masofada 42^h28^m davr bilan aylanadi. Orbitasining katta yarim o'qlari mos ravishda 671,1 ming km va 1070 ming km ga teng bo'lgan Yupiterning yevropa va Ganimed yo'ldoshlari qanday davr bilan aniqlanadi ?

19. Saturn atrofida 22^h37^m va $4^d,518$ davr bilan aylanayotgan Mimas va Rey yo'ldoslarining sayyoradan o'rtacha uzoqliklarini toping. Sayyoraning eng katta

yoʻldoshi – Titan uning katta yarim oʻqi 1221 ming. *km* li orbita boʻylab $15^k, 945$ da aylanib chiqadi.

20. Quyoshning ekliptika boʻylab Yerdan sutkalik siljishi yanvar oyining boshida eng katta qiymat ($67'$) ga, iyulning boshida esa eng kichik qiymat ($57'$) ga erishadi. Yer orbitasining eksentrisitetini hisoblang va shu kuni yer orbitasining qaysi nuqtalaridan oʻtishini koʻrsating.

21. Fortuna asteroid Yerga 1,056 a.b. masofagacha ofeliy asteroid esa 1,716 a.b. gacha yaqinlashadi. Ularning oʻrtacha galiosentrik masoflari mos ravishda 2,442 a.b. va 3,129 a.b. ga teng. Bu asteroidlar orbitasining ekstrisitetini, ularning perigeliy va afeliy masofalarini toping. Yer orbitasini aylana, deb hisoblab, asteroidlar orbitasining ogʻmalarini ($1^\circ, 5$ va $2^\circ, 5$) hisobga olmang.

22. Merkuriy ($a=0,387$ a.b. $e=0,206$) va Mars ($a=1,524$ a.b., $e=0,093$) sayyorolari Yerdan qanday chegaraviy uzoqlikda joylashadi? Qavs ichida sayyoralar orbitasining katta yarim oʻqlari va eksentrisitetlari berilgan. Yer orbitasining eksentrisitetlari berilgan. Yer orbitasining eksentrisitetini hisobga olmang.

23. Mars sayyorasidan kuzatganda Quyosh gardishi (diski) diametri oʻzgarishining chegaraviy qiymatini toping, u soyyaraning oʻrtacha galiosentrik masofasida $21'03''$ ga teng. Sayyora orbitasining eksentrisiteti 0,093.

24. Quyosh gardishining diametri Yerdan yanvar boshida $32'35''$, iyul boshida esa $31'31''$ burchak ostida koʻrinadi. Yer orbitasining eksentrisitetini, Yerning perigey va afeliy masofalarini hisoblang, hamda $23^\circ 27'$ ga teng Yer oʻqi ogʻishini yil fasllarini oʻzgarishiga eksentrisitet taʼsirini solishtiring (hisob-kitobni $0^\circ, 30^\circ$ va 60° geografik kenglamalar uchun bajaring.).

25. Uran va Pluton sayyoralarining aylanma tezligi qanchaga teng, ularning Quyoshdan oʻrtacha uzoqliklari mos ravishda 19,19 a.b. va 39,52 a.b. ni tashkil etadi?

26. Ikar (1,078 a.b.), Qrimiy (2,774 a.b.) va Nestor (5,237 a.b.) asteroidlarining oʻrtacha orbital tezliklarini toping. Qavs ichida asteroidlarning oʻrtacha galiosentrik masofalari berilgan.

27. Haqiqiy animaliyaning qanday qiymatlarida elliptik orbita boylab harakatlanayotgan osmon jismining tezligi uning aylanma tezligiga teng boʻladi?

28. Lidiya asteroidining qarama qarshi turishi odatda har 469 sutkadan keyin, Inna asteroidiniki esa 447 sutkadan keyin sodir boʻladi. Bu asteroidlar Quyoshdan yerga qaraganda oʻrtacha qancha uzoqlikda joylashgan?

29. Agar Merkuriyning oldingi quyi qoʻshilishi 1975 y. 9 oktyabrda boʻlib oʻtgan boʻlsa, uning navbatdagi yuqori va quyi qoʻsilishlarining sanalarini hisoblang. Merkuriy aylanishining yulduz davri 88 sutkaga teng.

30. Agar 1975 y. 9 martda Merkuriyda geliosentrik uzilmasi 243° Yupiterniki esa 359° boʻlgan bolsa shu yilning 25 sentyabr kuni Merkuriy va Yupiterning geliosentrik uzunlamalarini aniqlang. Merkuriyning oʻrtacha sutkalik harakati $4^\circ, 09$, Yupiterniki $5^\circ, 0$ ga teng.

31. Merkuriyning eng katta gʻarbiy elongatsiyasi ($\Delta\lambda = 27^\circ$) 1975 y. 6 marta boʻlib oʻtgan, uning navbatdagi eng katta sharqiy elongatsiya ($\Delta\lambda = 22^\circ$) qachon

bo'lishini hisoblang. Merkuriyning o'rtacha sutkalik harakati $4^{\circ},092$, Yerniki esa $0^{\circ},986$ ga teng.

32. Irma asteroidining ro'para turishi 1976 y. 23 sentabrda Lina asteroidiniki esa 1976 y. 2 dekabrda sodir bo'ldi. Irma orbitasining katta yarim o'qi 2,772 a.b. ga, Lina orbitasini esa 3,139 a.b.ga teng. Bu asteroidlarning bir-biri bilan yaqin kelajakdagi qo'shilishi qachon ro'y beradi?

33. 23 Sentyabrda Yer va quyidagi sayyoralarning galiosentrik uzunlamalari nimaga teng bo'ladi, bunda Merkuriy eng katta g'arbiy elongatsiyada ($\Delta\lambda = 28^{\circ}$), Venera – quyi qo'shilishda, Mars – qo'shilishda va Yupiter - qarama qarshi turishda joylashgan

34. Agar 22 iyun kuni Merkuriy quyi qo'shilishda Venera eng katta sharqiy elongatsiyada ($\Delta\lambda = 45^{\circ}$), Mars ro'para turishda va Yupiter g'arbiy kvadraturada turgan bo'lsa, shu kuni Yer va ushbu sayyoralarning galiosentrik uzunlamalarini aniqlang. Yupiterning galiosentrik masofasini 5,20 a.b. ga teng, dwb qabul qiling.

35. Merkuriy aylanishining siderik davri 88^d , sinodik davri esa 116^d ga teng. Taxminan qancha vaqtdan keyin Merkuriyning yerga eng yaqin kelishi taakrorlanadi?

36. Mars orbitasining katta yarim o'qi 1.52 a.b. va ekscentrisiteti 0.093 ga teng, Erot asteroidining orbitasi esa 1,46 a.b. va 0.222. Bu sayyoralarning ro'poro turishlari taxminan qancha vaqt oralig'ida sodir bo'ladi, bu davrda ular Yerga qanday masofalarda yaqinlashadi va bu davrdan tashqarida qanchaga uzoqlashadi? Yer orbitasini aylana, deb qabul qiling va sayyora orbitasining og'maligini hisobga olmang.

37. Yerning ekvatorial radiusi 6378 km, qutbiy radiusi esa 6357 km ga teng, uning o'rtacha radiusi va siqqligini hisoblang.

38. Quyoshdan o'rtacha 0,7233 a.b. masofada turgan Veneraning quyi qo'shilish paytida unga yuborilgan radio impuls Yerga 4^m36^s dan keyin qaytib keldi. Radiolokatsiya vaqtida sayyoraning geotsentrik masofasini, astronomik birlik uzunligini kilometrlarda va Quyoshning o'rtacha gorizantal ekvatorial parallaksini hisoblang?

39. Marsga uning o'rtacha ro'poro turish paytida yuborilgan radiosignal 522,6 sekunddan keyin Yerga qaytib keldi. Yerning o'rtacha geliosentrik masofasini va unga mos Quyoshning garizontal ekvatorial parallaksini toping. Mars aylanishining siderik davri 1,881 yilga teng.

40. Oyning o'rtacha (384 400 km), eng yaqin (356 410 km) va eng uzoq (406 740 km) geosentrik masofalardagi gorizontal ekvatorial parallakslari nimaga teng? Yerning ekvatorial radiusi 6378 km.

41. (40) masalaning ma'lumotlari yoki natijalaridan foydalanib oy diski diametrining chegaraviy qiymatlarini hisoblang, o'rtacha geotsentrik masofa $31^{\circ}05''$ ga teng.

42. Oyning radiolokatsion meton bilan o'lchangan geotsentrik masofalari: 1975 y. 16 yanvarda 406 090 km; 28 yanvarda 357 640 km va 12 fevralda 406 640 km ga teng bo'ladi. Araash sanalar uchun vaqt intervalida oy orbitasining katta yarim o'qi va ekstristetini qiymatini toping.

43. Merkuriyga (u Yerga eng yaqin kelgan paytida) yuborilgan radiosignal 8^m52^s dan keyin yerga qatib keldi. Agar sayyora orbitasining katta yarim o'qi 0,387 a.b. ga teng bo'lsa, sayyoraning geosentrik masofasini va orbitasining ekscentrisitetini aniqlang.

44. Erot asteroiding sinodik davri 2,316 yilni tashkil qiladi. 1975 y. 23 yanvarda , ya'ni buyuk ro'para turish davrida, uning garizontal ekvatorial parallaksi $58',26$ ga teng bo'ldi, Yerning radius- vektori esa uning perigeliy masofasidan kam farq qiladi(Yer orbitasining ekscentrisiteti 0,017). Asteroid shu kuni Yerdan qanday masofada o'tgan va uning orbitasi ekscentrisiteti qanchaga teng?)

45. Uran va Neptunning qarama – qarshi turish paytida ularning o'rtacha, perigeliy va afeliy masofalarda garizontal ekvatorial parallakslari nimaga teng? Birinchi sayyoraning orbitasini katta yarim o'qi va ekscentrisiteti mos ravishda 19,19 a.b. va 0,0460, ikkinchi sayyoraniki esa 30,07 a.b. va 0.0079 ga teng. Yer orbitasining aylana, Quyosh paralaksini esa $8'',794$ ga teng deb oling.) Agar Quyoshning garizontal ekvatorial parallaksi Yerning o'rtacha galiosentrik masofasida $8'',794$ ga teng bo'lsa, uning qiymati qanday chegarada o'zgaradi? Yer orbitasining ekscentrisiteti 0,0167.

3-§. Oyga uchish asoslari.

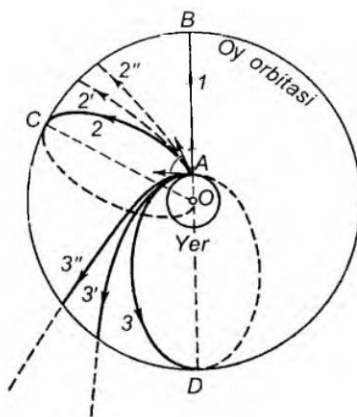
Oyga uchishning tekislikli masalasi

Avtomatik stansiya yoki ekipajli kosmik kemanding Oy bilan yaqinlashuvi (unga qo'nish, aylanib o'tish yoxud eng kamida, yaqindan o'tib ketish jarayonlarini ko'zlab) biz uchun foydali va muhim axborotlarni uzatish imkonini beradi. Bularning hammasi *Oy bilan yaqinlashish* deyilib Oy ta'sir sferasining ichida yotuvchi ixtiyoriy nuqtaga kosmik apparatning yetib borishiga aytiladi. Kosmik apparatning Yer atrofini bir marta aylanishidan oldin, Oyning ta'sir sferasiga eltuvchi trayektoriyasi yaqinlashish trayektoriyasi deyiladi.

Yaqinlashish trayektoriyalari ichida *Oyga yetish* trayektoriyasi, yoki Oy tushish trayektoriyasi, amaliy ahamiyati jihatidan eng katta qiziqish uyg'otadi. Oyga uchishning asosiy qonuniyatlarini aniqlash uchun mazkur masalani quyidagicha soddalashtiramiz. Oyni, tortishish kuchiga ega bo'lmagan, biroq Oy bilan usta-ust tushuvchi va Yer atrofida o'rtacha 384 400 km li radius bilan harakatlanuvchi nuqta deb hisoblaymiz. Unda Oyga yetishish uchun Keplercha trayektoriyalardan barcha turlaridan (to'g'ri chiziqli, elliptik, parabolik va giperbolik) foydalanish mumkin. Bunda Oyga tushish uchun mazkur trayektoriyalar Oy orbitasini kesib o'tishi yoxud, eng kamida, unga tegib o'tishi lozim.

Agar bunday trayektoriya sifatida elliptik trayektoriya tanlangan bo'lsa, u Oy orbitasini o'z apogeyiga yetmasdan yoxud apogeyidan qaytishda kesib o'tishi mumkin. Oy bilan apparatning uchrashish nuqtasi, bunda nishon sifatida hisob-kitob bilan Oydan oldinda shunday nuqta tanlanadiki, natijada Oy o'z orbitasi bo'ylab harakatlanib, apparatning Oyga uchib borish vaqtiga teng vaqtda u ham tanlangan nuqtaga yetib kelsin.

Dastlab Oyga uchishning Oy orbita tekisligida yotuvchi trayektoriyalari bilan tanishamiz. Kosmik apparatni Oyga uchirish trayektoriyasi, Oyning orbita tekisligida yotgan holda o'rganiladigan masala, Oyga uchishning tekislikli masalasi deb yuritiladi. Bunday trayektoriyalar to'g'ri chizikli, elliptik, parabolik va giperbolik trayektoriyalar (gorizonga α burchak ostida yoki gorizont bo'ylab) bo'lishi mumkin. 30-rasmda 1-to'g'ri chiziqli, yoxud, mos ravishda, elliptik, parabolik va giperbolik (2, 2', 2'' va 3, 3', 3'') trayektoriyalardan iborat bo'lishi mumkin.



24- rasm. Oyga uchishning tekislikli masalasini bayoniga doir chizma.

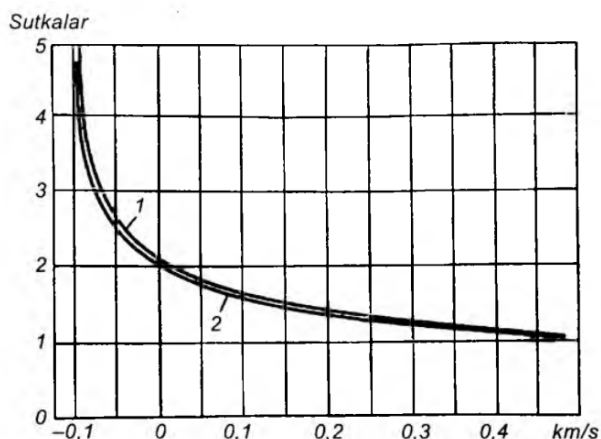
Bu yerda $v_1 > v_2 < v_3$ bo'lib, $v_1 < v_3$ bunda v_1, v_3 dan atigi 1,6 m/s gagina ortiq bo'ladi. Shuning uchun ham Oy orbitasiga o'rinish o'tadigan barcha trayektoriyalar, minimal tezlik trayektoriyalari deyilib, KA Yer sirtidan Oyga start olganda 11,09 km/s ni, 200 km balandlikdagi orbitadan start olganda esa 10,9 km/s ni tashkil etadi. Gorizontga nisbatan burchak qancha ortib borsa, uzoqlik burchagi ham shunchalik kamayib boradi.

1-trayektoriya uchun uzoqlik burchagi 0° bo'lib, 2-trayektoriya uchun u AOS burchakka teng va 180° dan kichik, 3-trayektoriya uchun esa $\angle AOD = 180^\circ$ ga teng bo'ladi. Gorizont boshlang'ich tezlik bilan boshlangan parabolik trayektoriya uchun uzoqlik burchagi 165° ni tashkil etadi.

Shunday qilib uzoqlik burchagi qancha katta bo'lsa, Oyga uchish energetik nuqtai nazardan shuncha qulay bo'lib, bunda uchish uchun nisbatan kichik boshlang'ich tezlik talab qilinar ekan. Oyga uchishda uzoqlik burchagi 180° bo'lgan eng qulay yagona orbita mavjud bo'lib u yarimelliptik ko'rinishda bo'ladi. Shuningdek, Oyga uchish trayektoriyasini tanlashda, uchish vaqti qanchaga teng bo'lishini hisobga olish ham muhim rol o'ynaydi.

Oyga uchishda uzoqlik burchagi katta bo'lgan trayektoriya tanlashga harakat qilinadi. Chunki bunday trayektoriya eslatilganidek, energetik qulayligi bilan ajraladi. Trayektoriya tanlashda uchish vaqti ham muhim rol o'ynaydi. Yerdan gorizont va vertikal boshlang'ich tezliklar bilan Oyga uchirilgan yo'ldoshlarning uchish uchun ketgan vaqtlari chizmada keltirilgan (24-rasm). Boshlang'ich parabolik tezlik bilan yo'ldosh Oyga uchirilganda, uchish vaqti ikki sutkani tashkil qiladi. Bunda KA harakati 1-gorizont va 2-vertikal boshlang'ich tezliklar bilan boshlanganda, uchish vaqtini qanchaga teng bo'lishilagini aks qilgan chizmadan

ko‘rinishicha, minimal tezlik bilan Oyga uchirilgan yo‘ldosh unga besh sutkada yetib boradi. Shuningdek, boshlangich minimal tezlik atigi 50 m/s orttirilganda, uchish vaqti ikki baravar qisqarishini ko‘ramiz. Oyga parabolik trayektoriya bilan uchishda, tezlik 0,5 km/s orttirilganda, Oyga uchish vaqti 1 sutkagacha qisqarishi mumkinligi ham chizmadan yaqqol ko‘rinadi. Oy orbitasi tekisligining Yer ekvatorining tekisligiga og‘maligi $18^{\circ}18'$ dan $28^{\circ}36'$ ga qadar (9,3 yil davomida) ortib, so‘ngra yana kamayadigan xususiyatga ega.



25- rasm. Yerdan gorizontal va vertikal boshlangich tezliklar bilan Oyga uchirilgan yo‘ldoshlarning uchish uchun ketgan vaqtlari.

Shularni inobatga olsak, Oyga uning orbitasi tekisligida yotuvchi trayektoriya bo‘ylab uchish uchun, kosmodrom Yer ekvatori tekisligiga $+28^{\circ}36'$ dan (shimoliy yarimsharda)– $28^{\circ}36'$ gacha (janubiy yarimsharda) og‘ishga ega bo‘lgan parallellar orasidagi zonada bo‘lganda, energetik qulay bo‘lishi oson anglashiladi.

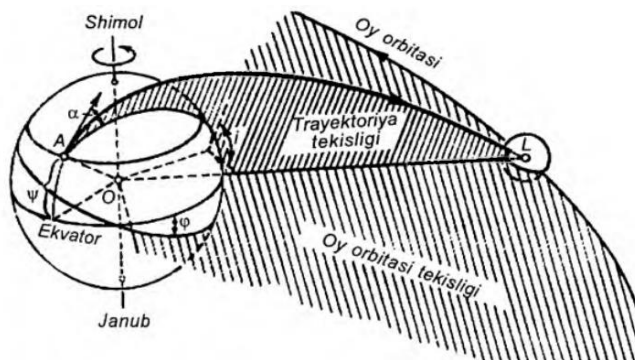
Ayniqsa kosmodrom shu kenglamalarning o‘zida yotgan bo‘lsa, Oyga uchish juda qulay bo‘ib, uzoqlik burchagi 180° gacha boradi. Shunga qaramay, bu zonadagi kosmodromlardan Oyga uchish har doim ham mumkin bo‘laversin, ular Oy orbitasi tekisligini kesib o‘tayotgandagina (ya‘ni sutkada ikki martagina) mumkin bo‘ladi.

Oyga uchishning fazoviy masalasi

Endi, Yer ekvator zonasidan tashqaridagi kengliklardan, ya‘ni, Oyga uchish uchun qulay bo‘lmagan zonalaridan Oyga uchish masalasi qanday hal qilinishi bilan qiziqadigan bo‘lsak, bunday masala, Oyga uchishning fazoviy masalasi deb nom olgan.

Endi Yerdan ekvator zonasidan tashqarida yotuvchi kengliklardagi kosmodromlardan Oyga uchish sharoiti qanday bo‘lishi bilan tanishaylik. Faraz qilaylik, bu nuqta 47° li shimoliy kenglamada yotuvchi Baykanur (Qozog‘iston) kosmodromi bo‘lsin. Oy o‘z orbitasi bo‘yicha harakatlanayotganda u, eslatilganidek, $\pm 18^{\circ}18'$ dan $\pm 28^{\circ}36'$ gacha og‘ishlar chegarasida harakatlanib, bu kosmodromga nisbatan u hech qachon nadirda (kuzatuvchining “oyog‘i ostida”) bo‘la olmaydi, binobarin unga 180° li uzoqlik burchagi ya‘ni yarim elliptik trayektoriya bilan kosmik apparatni uchirishning iloji yo‘q. 26-rasmdan ko‘rinishicha, Yerdagi A kosmodromdan Oyga (L) tomon uchgan kosmik

apparatning trayektoriyasi, osmonning eng janubiy nuqtasida yotgan Oyga AOL - eng katta uzoqlik burchagi orqali, ya'ni Yer o'qi tekisligi orqali uchib o'tib (Yer ekvatori tekisligiga 90° li burchak ostida), Yer aylanish tezligidan "bahra olaolmaydi". Kosmodromdan sharqqa tomon uchirilgan yo'ldosh, Yerning aylanish tezligidan foydalansada, biroq uning uzoqlik burchagi kichik bo'lganligi bilan noqulay trektoriya hisoblanadi.



26-rasm. Oyga uchishning fazoviy masalasini tushintirishga doir chizma.

Ma'lumki, sutka davomida kosmodrom Yerning paralleli bo'yicha siljib, fazoda turli – A va V holatlarni (27- a va b rasmlarda) egallaydi. Chizmadan ko'rinishicha (27-rasm a), agar nishon (ya'ni Oy) Yerning janubiy yarimsharida ekvatoridan maksimal og'ish holida yotgan bo'lsa, A kosmodromdan unga eng katta uzoqlik burchagi bilan uchish mumkin bo'lib, V nuqtadan uchganda esa, uzoqlik burchagi nisbatan kichik bo'ladi. Keyingi – 27-b rasmdagi chizmaga ko'ra esa, Oy o'z orbitasining eng shimoliy nuqtasida bo'lganidan, V kosmodromdan uchirilgan KA Oyga eng katta uzoqlik burchakli trayektoriya bo'ylab boradi..

Bunda birinchi holda yo'ldosh A kosmodromdan Oyga (L_1) uchirilsa, SY trayektoriyasining uzoqlik burchagi AOL_1 burchak bilan o'lchanib, bunda maksimal uzoqlik burchagi $\angle AOL_1 = 180^\circ + \varphi - \psi$ ifodadan topiladi, bu yerda L_1 nuqta - KAni uchrashish paytida Oyning o'rnini, ψ -kosmodromning kenglamasini, φ esa Yer ekvatori va Oy orbitasi tekisliklari orasidagi burchakni xarakterlaydi. Uchirish uchun eng qulay paytida, ya'ni Oyning ekvatorga og'ish burchagi $\sim 28^\circ 30'$ ga teng bo'lganda, Baykanurning kengligi ($\psi=47^\circ$) uchun aniqlangan uzoqlik burchagi $\angle AOL_1 \approx 162^\circ$ ni tashkil etadi. Bordi-yu bunda Oy eng kichik og'ish burchagiga teng bo'lganda ($18^\circ 18'$), Baykanurdan KA ni unga 151° li maksimal uzoqlik burchagi bilan uchirish mumkin bo'ladi.

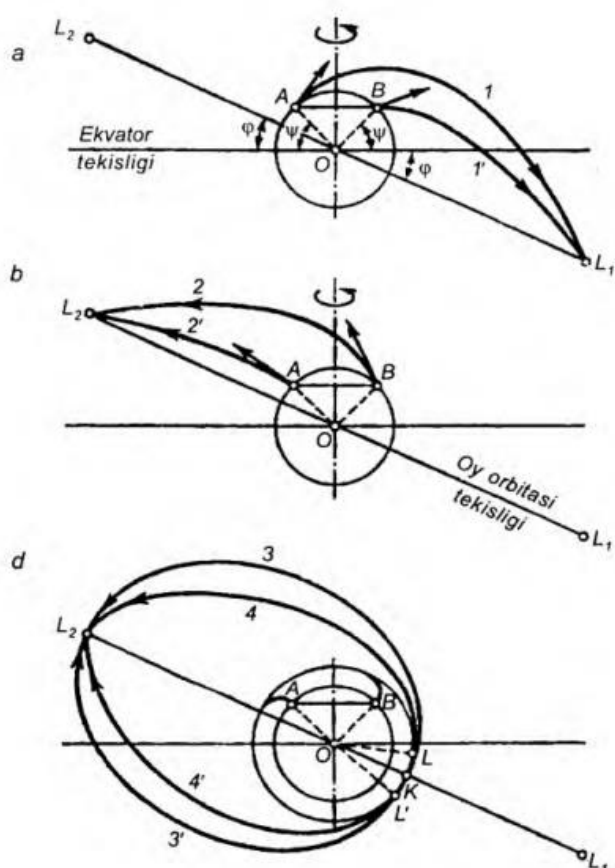
Oy birinchi chizmadagidek janubiy yarim sharda (L_1) bo'lganda unga V nuqtadan unga uchirilgan yo'ldosh uchun uzoqlik burchagi, A nuqtadan uchirilganidan ancha kichik bo'lib, u $\angle VOL_1 = \varphi + \psi$ ifodadan topiladi. Bunda uzoqlik burchagi taxminan 76° ni tashkil etadi.

Endi Oyning ikkinchi chizmadagidek shimoliy yarim sharda eng katta og'ishga ega bo'lgan holatidagi L_2 o'rniga (27-b rasm), kosmik apparat V kosmodromdan uchirilsa, unda maksimal uzoqlik burchagi $\angle VOL_2 = 180^\circ - \varphi - \psi$ ifodadan topiladi. Bordi-yu bunda Oyning shimoliy yarim shardagi L_2 o'rniga

kosmik apparat A nuqtadan uchirilsa, bunda uzoqlik burchagi, uning V nuqtadan uchirilgandagidan kichik bo'lib, $\angle AOL_2 = \psi - \varphi$ ni tashkil etadi.

AQSH ning Kanaveral kosmodromi uchun ($\psi=28^\circ 27'$) esa, Oy janubiy yarimsharda ekvatoridan maksimum og'ishga ega bo'lgan eng qulay davrda ($\varphi=28^\circ 35'$) uning uzoqlik burchagi 180° gacha borishi bilan eng tejamli uchishlarni amalga oshirishga imkon beradi.

Biroq olimlar Oyga uchishda, kosmodrom joylashgan joyning geografik kenglamasi bilan bog'liq noqulaylikdan qutilishning imkonini allaqachon topishgan. Buning uchun KA dastlab A yoki V kosmodromdan Yer atrofi past (balandligi $\sim 200\text{km}$) oraliq aylanma orbitasiga chiqariladi (27-d rasm).



27-rasm. Oyga uchishda uzoqlik burchagini hisoblash va unga tejamli oraliq orbita bo'ylab uchirish usulini tushintirish uchun chizma.

Bunda yo'ldoshning Yer atrofida bir aylanishi (taxminan 1,5 soat) davomida uning orbital tezlik-vektori gorizontol holda saqlanib va orbita tekisligida yotib, istalgan yo'nalishda harakatlanadi. Shu bois uchish davomida yo'ldosh orbitaning ixtiyoriy nuqtasidan uchish yo'nalishi bo'yicha chiqib, Oyga xohlagan burchak uzoqligidagi uchish trayektoriyasi bo'yicha borishi mumkin.

Masalan, orbitaning K nuqtasidan minimal tezlik bilan chiqqan yo'ldosh 3 – yarim elliptik trayektoriya bo'yicha, ya'ni 180° uzoqlik burchagi bilan Oyga chiqishi mumkin. Agar yo'ldosh L nuqtasida orbitadan uzoqlik burchagini $\angle LOL_2 = 165^\circ$ qilib tanlab Oyga tomon ko'tarilsa, u 4-parabolik trayektoriya bo'yicha Oyga borish imkoniga ega bo'ladi.

Agar bunda orbitaning balandligi 200 km qilib olinsa, u holda yoʻldoshning 7,79 km/s li orbital tezligiga $10,9 - 7,79 = 3,11$ km/s tezlikni, ikkinchi holda esa $11,02 - 7,79 = 3,93$ km/s (200 km balandlikda parabolik ortiga chiqarish uchun 11,02 km/s talab qilinadi) tezlikni qoʻshish kerak boʻladi. Yoʻldoshning qarama-qarshi harakat yoʻnalishida K' va L' nuqtalardan Oyga chiqish 4'-parabolik va 3'-yarim elliptik trayektoriyalar boʻyicha amalga oshiriladi.

Oyga uchish trayektoriyalari

KAlarni Oyga uchirishning trayektoriyalari koʻp xil boʻlib, bular ichidan eng soddasi – Oy orbita tekisligida yotuvchi trayektoriya bilan tanishamiz. Shuningdek bu masalani yanayam soddalashtirish uchun Oyning Yer atrofida orbitasini radiusi 384 400 km li aylanadan iborat deb qaraymiz (aslida u ellips boʻlib, apogeyida Yerdan bu masofadan 21 ming kmga nari ketib, perigeyida 21 ming km yaqin keladi. KAni Oyga uchirish uchun dastlab u, Yer atrofida Oy orbitasi tekisligida yotuvchi (kamida 200 km balandlikdagi) orbitaga chiqariladi (25- v rasm). Eslatilganidek, kosmanavtikada oʻtish orbitalari (misolimizda –Yer atrofi orbitasidan Oy orbitasiga oʻtish orbitasi) ichida kam energiya sarfi bilan kechadigan orbitalarga katta ehtiyoj seziladi. Oyga uchishda, bunday trayektoriya, oraliq orbitadan ($h=200$ km) boshlanib, radiusi 384 400 kmli Oy orbitasida tugaydigan yarim elliptik trayektoriya sanaladi. Bunday oʻtish trayektoriyasi, eslatilganidek, uning ixtirochisi sharafiga gomon orbitasi deb yuritiladi.

Shu xildagi Oyga uchish trayektoriyasining hisob-kitobini qilaylik. Buning uchun dastlab Yer atrofida 200 km balandlikdagi oraliq orbitada harakatlanayotgan KAning tezligini Yerning gravitasion parametri $K = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$ va orbita radiusi $r = R_0 + 200 \text{ km} = (6370+200) \text{ km} = 6570 \text{ km}$ ga koʻra aniqlaymiz:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_0}{R_0 + h}} = 7,789 \text{ km/s} \approx 7,79 \text{ km/s}$$

Oyning orbital tezligi esa $v_s = 1,018 \text{ km/s}$

Oʻtish trayektoriyasi hisoblangan yarim elliptik orbitaning katta yarim oʻqi

$$a = \frac{r_{orb} + R_0 + h}{2} = 195485 \text{ km}$$

Gomon trayektoriyasining peregeyidagi tezligi:

$$v_n = \sqrt{K_\oplus \left(\frac{2}{R_\oplus + h} - \frac{1}{a} \right)}; \quad v_n = 10,923 \text{ km/s}$$

binobarin oraliq orbitadan oʻtish orbitasiga oʻtish uchun KAga $\Delta v = (10,923 - 7,789) \text{ km/s} = 3,134 \text{ km/s}$ qoʻshimcha tezlik berish lozim boʻladi.

Gomon trayektoriyasining apogeyida KA Oy orbitasiga yetganda

$$v_A = \sqrt{K_\oplus \left(\frac{2}{r_{op6}} - \frac{1}{a} \right)}; \quad v_A = 0,187 \text{ km/s} \text{ tezlikka ega boʻladi.}$$

Bundan koʻrinadiki, KA Oy orbitasining biror nuqtasiga yetib borganda, uning Oyga nisbatan tezligi (Oyga tushish tezligi)

$$\Delta v = v_\oplus - v_A = (1,018 - 0,187) \text{ km/s} = 0,871 \text{ km/s} \text{ boʻladi.}$$

Endi Oyga uchib borish vaqtiga kelsak, u KAning Oy orbitasiga o‘rinib o‘tuvchi gomon-elliptik orbitasi bo‘ylab to‘la aylanish davrining yarmiga teng bo‘lishini topish qiyin emas. Bu davr Kepler qonuniga ko‘ra

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{3/2},$$

yoki $K_{\oplus}$ va π larning qiymatlariga ko‘ra:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ min} = 9 \text{ sutka } 22 \text{ soat } 56 \text{ min.}$$

t uchish vaqti T davrning yarmiga tengligidan $t = \frac{T}{2} = 4 \text{ sutka-yu } 23 \text{ soatu } 28 \text{ minutni}$ tashkil etadi. Apogeyida Oy orbitasigacha ko‘tariladigan yarim elliptik o‘tish orbitalar, KA ni oraliq orbitadan gorizonta ko‘tarilish tezligining kattaligiga bog‘liq bo‘lib, u $\pm 2 \text{ m/s}$ xatolik bilan oraliq orbitadan ko‘tarilsa, apogeyda uning balandligi $\pm 8000 \text{ km}$ ga o‘zgaradi.

Oy diametrini bu ($\pm 8000 \text{ km}$) bilan solishtirsak, $\pm 2 \text{ m/s}$ li xatolik bilan KA uchirish, Oyni mo‘ljalga olishda kattagina xatolik ekanligi ayon bo‘ladi.

Oy apogeyda bo‘lganda, u Yerdan Oygacha bo‘lgan o‘rtacha masofadan ($384\,400 \text{ km}$) 21 ming kilometr narida bo‘lib, unga yetish uchun KAning minimal boshlang‘ich tezligini 5 m/s ga orttirish lozimligi ma’lum bo‘ladi.

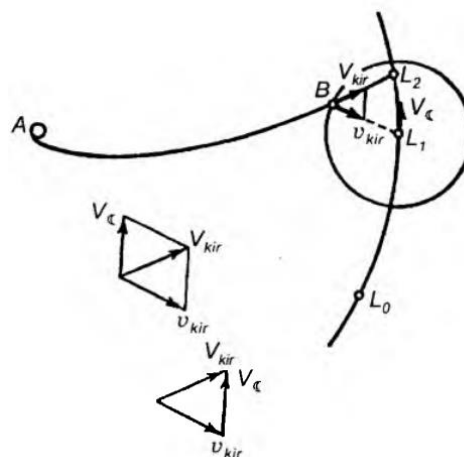
Sobiq Ittifoqning dastlabki “Luna-1”, “Luna-2”, “Luna-3” avtomatik stansiyalari 1959 yilda Oyga oraliq orbitasiz, keyingi bir qancha stansiyalari unga oraliq orbitalar yordamida uchirilgan.

AQShning “Pioner-1”, “Pioner-2”, “Pioner -3” avtomatik stansiyalari 1958-1959 yillarda Oyga oraliq orbitasiz uchirilganda, ulardan birinchi ikkitasi Oygacha bo‘lgan masofani $1/3$ qismini o‘tgach, Yerga qulab tushgan. “Pioner-3” esa Oydan $60\,000 \text{ km}$ naridan o‘tishga muvofiq bo‘lgan edi.

Oy orbitasining elliptikligi, Oyning tortishish kuchi va Oyning o‘lchamlarini hisobga olish

1. To shu paytga qadar Oyga yetish trayektoriyalari o‘rganilayotganda biz Oyni, Yer atrofida undan $384\,400 \text{ km}$ li radius bilan aylanuvchi geometrik nuqta deb qabul qildik. Aslida esa Oy, Yer atrofida elliptik orbita bo‘ylab aylanayotib, u o‘z orbitasining perigeyida bo‘lganda, Yerdan $363\,300 \text{ km}$, apogeyida bo‘lganda esa $405\,500 \text{ km}$ narida bo‘ladi. Bu masofalar Oygacha bo‘lgan o‘rtacha masofadan

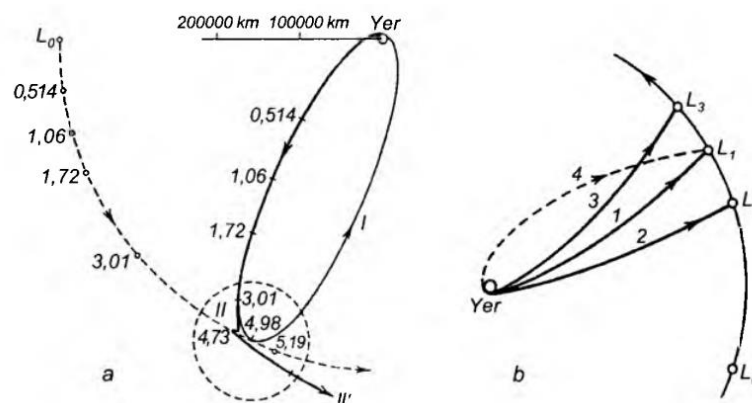
$\pm 21\,000 \text{ km}$ narida yotadi. Bularan tashqari Oy moddiy nuqta bo‘lib, uning massasi, Yer massasining $1/81,3$ qismini, diametri esa 3474 km ni tashkil qiladi. Oyning gavitasion parametri $K_{\odot} = 4,903 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$ ga teng.



28-rasm. Tortayotgan Oyga tomon raketaning tushishi(Oy ta'sir doirasi ichida tezliklarning parallelogram va uchburchakli qo'shilish sxemasi berilgan).

Shu boisdan Oyga uchishda uning orbitasining elliptikligini hisobga olish zarur bo'ladi. Biroq Oyga uchishning energetik sharoitlarida, uning orbitasining elliptikligi juda kam rol o'ynaydi. Chunki Oyga uchishning boshlang'ich tezligini 1 m/s ga oshirilsa, unga tomon elliptik uchish trayektoriyasi apogeyining balandligi 4000 km ga ortadi. Binobarin Oy perigeyida bo'lganda, unga uchish uchun talab etiladigan tezlik, u o'rtacha 384 400 km li masofada bo'lgandagi boshlang'ich tezlikdan 5 m/s ga kam, apogeyida bo'lganda esa, undan 5 m/s ga ortiq bo'lishi talab qilinadi. Agar Oy Yerdan o'rtacha masofada bo'lganda, unga parabolik tezlik bilan uchish uchun bir yarim sutka vaqt talab etilsa, u perigeyida bo'lganda bu uchish vaqti taxminan 3 soatgacha kamayadi.

2. Endi kosmik apparatga Oyning tortishish kuchi qanday ta'sir qilishi bilan tanishaylik. Faraz qilaylik, sun'iy yo'ldoshning Oyga tomon Yerdagi A kosmodromdan start olishda, Oy o'z orbitasining L_0 nuqtasida bo'lsin (34-rasm). Kosmik apparat Oyning ta'sir sferasi chegarasidagi V nuqtaga yetganda, Oy orbitasining L_1 nuqtasida 1,02 km/s tezlik bilan uchayotgan bo'ladi. Bunda kosmik apparatning trayektoriyasi yo'nalishida Oy ta'sir sferasiga geosentrik trayektoriya bo'ylab kirish tezligi V_{kir} , absolyut tezlik sifatida qaralib, u Oyning orbital tezligi V_ϵ va kosmik apparatning selenosentrik tezligining v_{kir} vektorial yig'indisidan iborat bo'ladi. Tezliklarning teng ta'sir etuvchisi, yuqoridagi tezliklardan tashkil topgan parallelogram diagonalini ko'rinishida yoki bu tezliklarning uchburchagi ko'rinishida bo'lishi mumkin (34-rasmga qarang). Bu holda selenosentrik kirish tezligi v_{kir} aniq Oyga tomon yo'nalsada, aslida kosmik apparatning tezligi fazoda aniq bir to'g'ri chiziqli (VL_1) bo'ylab kuzatilmay, balki u ayni vaqtning o'zida Oyning ta'sir sferasi bilan birga uning orbitasi bo'ylab siljib boradi. Oqibatda bunday harakat tufayli $KA VL_2$ trayektoriya bo'ylab harakatlanadi. Hisob – kitobning ko'rsatishicha, geosentrik harakat trayektoriyasi, amalda AV trayektoriyasining davomidan keskin farq qilmaydi. Boshqacha aytganda Oyning tortishi, amalda uning tortishi va o'lchamlarini hisobga olgandagi trayektoriyasidan farq qilmas ekan.



29-rasm. Oyga uchishda uning orbitasining elliptikligi, tortish kuchi, o'lchamlari va boshlang'ich tezlikning qiymatini hisobga olish.

Boshqacha aytganda, Oyning tortishish kuchi amalda yo'ldoshning geosentrik harakatiga deyarli ta'sir etmaydi. Faqat bu trayektoriya Oy yaqinida unga peshvoz chiqish uchun unga tomon ozroq buriladi (29- rasm), biroq Oy nuqta bo'lmaganidan kosmik apparat baribir Oyga tushadi. Oyning tortishish kuchi tufayli ro'y beradigan apparat tezlanishining ma'lum miqdorga ortishi, Oyga uchish vaqtini, boshlang'ich parabolik tezlikli hol uchun taxminan 30 minutgagina qisqartira olishi mumkin xolos.

Biroq Oyga uchishda KA passiv harakatining biror bir boshlang'ich shartining (boshlang'ich uchish nuqtasining balandligi, boshlang'ich tezlikning qiymati va yo'nalishi) hisoblab topilgan qiymatlaridan ozroq bo'lsada chetga chiqishi, trayektoriyaning buzilishi va mo'ljallangan nuqtada uni Oy bilan uchrashaolmasligiga olib keladi. Shuningdek Oy, diametri 3474 kmli kattagina shar bo'lganidan boshlang'ich shartlarga tegishli arziyas xatoliklar tufayli buzilgan trayektoriya, baribir Oy sirti bilan uchrashadi.

Endi boshlang'ich shartlar bo'yicha yo'l qo'yilgan xatoliklarning qanchagacha bo'lgan maksimum qiymatlarida KA ning Oy bilan uchrashuv ta'minlangan bo'lishi bilan tanishaylik.

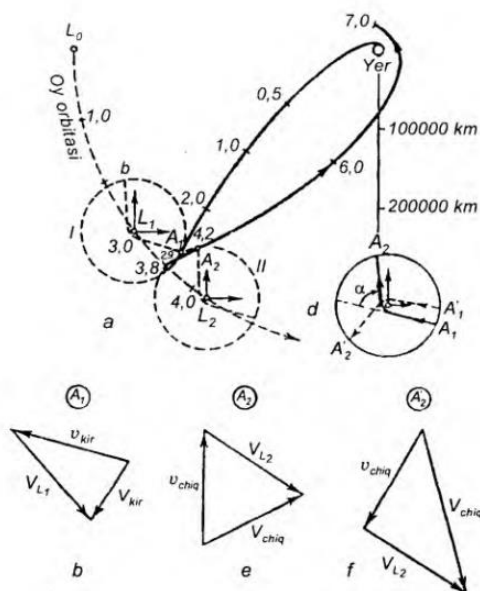
1. Agar xatolik boshlang'ich tezlikning qiymati bo'yicha yo'l qo'yilgan bo'lib, uning vektor yo'nalishi bo'yicha to'g'ri tanlangan bo'lsa, unda trayektoriya, hisoblanganga ko'ra ko'proq yoki kamroq egilib, Oy trayektoriyasidagi Oyning o'rnidan ancha oldingi nuqtada (L_3) yoxud orqadagi (Oy o'tib ketgan) nuqtada (L_2) orbitaga urinadi (29-b rasm). Bunda birinchi trayektoriya bo'yicha uchish vaqti, hisoblanganidan kamroq, ikkinchi holda, aksincha, ko'proq bo'ladi. Hisob-kitobga ko'ra, Oyga uchishning normal trayektoriyasi (1) mo'ljallangan nuqtaning o'ziga (L_1), hisoblangan vaqtda yetib boradi. Bunda KAga Yerdan start berilganda Oy o'z orbitasining L_0 nuqtasida bo'ladi.

Bunda trayektoriyaning ko'rinishi, ayniqsa, boshlang'ich minimal tezlikning kattaligiga sezgir hisoblanadi. Eslatilgandek, boshlang'ich tezlikning 1m/s ga orttirilishi, yarim elliptik uchish trayektoriyasi apogeyining 4 000 km ko'tarilishiga

olib keladi. Bunda uchish vaqti keskin kamayib, KA Oy orbitasini L_3 nuqtaga yetib undan o'tayotganda, Oy hali bu nuqtaga yetib kelmagan bo'ladi. Aksincha boshlang'ich tezlik (uning vektor yo'nalishi to'g'ri tanlanganda) hisoblanganidan 1 m/s ga kam bo'lsa, u holda uning uchish vaqti cho'zilib, Oy orbitasining L_2 nuqtasiga yetganda, Oy bu nuqtadan o'tib ketgan bo'ladi va ularni uchratish maqsadi amalga oshmay qoladi.

Oyni aylanib o'tish trayektoriyalari

Kosmonavtikani Oyga borish masalalaridan tashqari, kosmik apparatni Oy yaqinidan o'tkazish, jumladan uni aylanib o'tish va bunda KA tomonidan Oyning tortish kuchini qanday "his" etishi masalalari ham juda qiziqtiradi. Bunday trayektoriyalar, ilmiy tadqiqotlar nuqtai nazaridan juda e'tiborli bo'lib, kosmonavtikaning boshqa murakkab vazifalarini hal etishda muhim ahamiyat kasb etadi.



30-rasm. Oyga uchirilgan KAning Oyni aylanib o'tish trayektoriyasini tushintiruvchi chizma (ostida mos nuqtalarga tegishli tezliklar uchburchaklari).

Aniq bir hol uchun kosmik apparatning Oyni aylanib o'tishi qanday kechishi bilan tanishaylik. Oy o'z orbitasining aniq bir nuqtasida (L_0) bo'lganda (30- a rasm) kosmik apparat taxminan 200 km balandlikda gorizontall yo'nalishda, mahalliy orbital tezlikdan 0,5 km/s ortiqcha tezlik bilan Oyga tomon uchirilsin deb faraz qilaylik. Kosmik apparat 2,9 sutka o'tgandan so'ng, yarim elliptik orbita bo'ylab borib, Oy ta'sir sferasining A_1 nuqtasiga yetib boradi (bunda Oy L_1 nuqtada bo'ladi). Oy harakatlanganligi tufayli apparat uning ta'sir sferasiga selenosentrik kirish tezligi (v_{kup}) bilan kiradi.

Bu tezlikning yo'nalishi, tezliklar uchburchak yordamida topiladi (34- b rasm). Bunda apparatning ta'sir sferasiga geosentrik kirish tezligi V_{kir} , uning

selenosentrik kirish tezligi v_{kup} va Oyning orbital tezliklarning V_{ζ} (u 1,02km/s bo'lib, yo'nalishi aniq) vektorial yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni:

$$V_{kup} = v_{kup} + V_{\zeta}$$

KAning selenosentrik tezligining qiymati va yo'nalishini bilgach, biz uning ta'sir sferasi ichidagi selenosentrik trayektoriyasini chiqara olamiz. Bu trayektoriya, oldin ko'rganimizdek, giperbola ko'rinishida bo'ladi. Mazkur misolda KA uchun nishoniy masofa Oy radiusidan katta bo'lganidan giperbolaning uchi Oy sirtidan ancha balanddan o'tadi va qariyb 4,2 sutkadan so'ng KA ya'ni ta'sir sferasi A_2 chegarasiga yetib keladi (30- d rasm). KA ning ta'sir sferasi bo'ylab harakatining sferikligini inobatga olsak, uning ta'sir sferasidan chiqish tezligi v_{chik} qiymatiga ko'ra v_{kup} ga teng, biroq unga nisbatan α burchakka og'gan bo'ladi va u burchak giperbola asimptotalari orasidagi burchakka teng bo'ladi. α burchak Oyning ta'sir sferasi ichidagi o'tish trayektoriyasining asosiy xarakteristikasini belgilaydi. Nishoniy masofa qancha kichik bo'lsa burchak shuncha katta bo'ladi. Uning maksimal qiymati 120° gacha borib, bunda KA Oyning ta'sir sferasiga minimal tezlik (0,8 km/s) bilan kirib, giperbolaning uchi Oy sirtiga urinib o'tish holatiga mos keladi.

Endi geosentrik fazoda A_2 nuqta, undan kosmik apparat chiqayotganda, qaysi nuqtada bo'lishi bilan qiziqaylik. Buning uchun Oyning ta'sir sferasi bilan o'z orbitasi bo'ylab 4,2 sutkadan so'ng qancha masofaga siljishi bilan qiziqamiz. Bunda A_1 nuqtadan KA A_2 nuqtaga borguncha qanday geosentrik trayektoriyaga ega bo'lishi chiqadi. Buning uchun bir qog'ozga KA ning selenosentrik giperbolik trayektoriyasini chizib, Oyni orbitasi bo'yicha L_1 dan L_2 gacha siljitayotganda, KA o'rnini (selenosentrik trayektoriyada) igna teshib borsak, chizmada qidirilayotgan KAning geosentrik trayektoriyasi kelib chiqib, u "sakkizga" o'xshash egri chiziqni beradi (chizmaga qarang). Bu, KAning Oyni aylanib o'tish trayektoriyasini xarakterlaydi.

Shundan so'ng KA ning Oy ta'sir sferasidan chiqqach, qanday trayektoriya bilan Yerga qaytishini topish mumkin. Buning uchun A_2 nuqtada tezliklar uchburchagi yordamida geosentrik chiqish tezligini V_{chiq} topamiz (bu nuqtada tezliklar uchburchagiga ko'ra $V_{chiq} = V_{\zeta} + v_{chik}$ bo'ladi). Shuningdek bu nuqtada Oyning orbital tezligi V_{ζ} , KA uning ta'sir sferasi ichida siljishi davomida ma'lum burchakka ($360^\circ:27,3 = 13,2^\circ/sut$) burilganligini ko'ramiz. Natijada bu nuqtada geosentrik V_{chiq} chiqish tezligi bu nuqtadagi tezliklar uchburchagiga ko'ra $V_{chiq} = V_{\zeta} + v_{chik}$ ifodadan topiladi. Tezliklar uchburchagidan ko'rinishicha, bu nuqtada V_{chiq} belgilaydigan geosentrik trayektoriya Yer tomon egilib, yo'ldoshning geosentrik elliptik trayektoriyasini beradi.

Agar apparatning A_2 nuqtadagi V_{chiq} geosentrik tezligi, Yerga nisbatan parabolik tezlikka teng yoki undan ortiq chiqsa, u holda KA harakatlanib, Yer ta'sir sferasini tashlab ketadi.

Yana shuni aytish joizki, agar KA Oy ta'sir sferasiga Oyning chap tomonidan emas, balki o'ng tomonidan A_1 nuqtadan kirsam, uning Oy ta'sir sferasidan chiqish nuqtasi A_2 nuqtaga to'g'ri kelib, (30 – d rasm), u holda geosentrik chiqish tezligi, tezliklar uchburchagidan ko'rinishicha, giperbolik bo'lgan bo'lar edi.

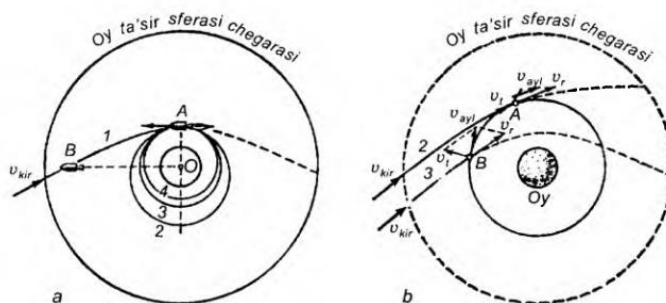
Oy sun'iy yo'ldoshlarini uchirish

Amaliy nuqtai nazaridan, Oy yo'ldoshi orbitasiga kosmik apparatni chiqarish, Oyning ta'sir sferasiga kirgan yo'ldoshning selenosentrik harakatlari paytida uning giperbolik tezligini tormozlovchi impuls yordamida elliptik tezlikkacha tushirish usuli yordamida bajariladi. Bunda elliptik orbitaning aposeleniyesining balandligini uning ta'sir sferasining radiusidan kichik bo'lishiga erishmoq zarur bo'ladi, aks holda, u Yerning chetlantiruvchi tezlanishi ta'sirida Oyni tashlab ketishi mumkin bo'ladi. Tezlikni kamaytirish, apparat bortidagi tormozlovchi dvigatel yordamida bajariladi.

Faraz qilaylik, KAning Oyning ta'sir sferasiga v_{kir} tezligi bilan kirib, uning ichida Oyga nisbatan giperbolik trayektoriya bo'ylab harakatlansa

(37 – a rasm), bunda u, energiya integrali formulasiga ko'ra giperbolik orbitaning A periseleniyesida quyidagi maksimal tezlikka erishadi

$$v_A^2 = v_0^2 + v_{\text{apk}}^2 \left(1 - \frac{R_{oi} + h}{r_{m.c}}\right)$$



31-rasm. Oy atrofidagi turli orbitalarga sun'iy yo'ldoshlarni chiqarish.

Bu yerda $v_0 = v_{kir}$, $r_{t.c} = 66000 \text{ km}$ – Oy ta'sir sferasining radiusi, $r_A = R_{oy} + h$ (R_{oy} - Oyning radiusi), $v_{erk} = 2,35 \text{ km/s}$, Oyga nisbatan erkinlik (ikkinchi kosmik) tezligi hisoblanadi.

Bu tezlik, tormozlovchi impuls yordamida elliptik tezlikkacha kamaytirilishi lozim, buning uchun dvigatelning tortish kuchi apparatning tezlik vektori yo'nalishiga qarama-qarshi yo'naltiriladi. Dvigatelni V nuqtada (bu nuqta giperbolaning periseleniyesida raketa harakat tezligi vektoriga Oy markazidan o'tkazilgan parallelning Oyning ta'sir sferasi ichidagi trayektoriyasi bilan kesishish nuqtasi) dvigatelni VO yo'nalishi bo'yicha oriyentirlab (soplani old tomonga qaratib), so'ngra u to A nuqtaga borguncha, kemaning oriyetasiya tizimi raketa korpusining holatini aynan shu holatda saqlaydi. Bunda stabilizasiya tizimi,

dvigatelni butun ish faoliyati davomida tortish kuchining yo'nalishini o'zgartirmay saqlab turadi.

Tormozlovchi impulsning ma'lum qiymatida v_t , biz periseleniyesi A nuqtada bulgan 2- elliptik orbitaga erishamiz, (37 - a rasmga qarang) , uning kattaroq qiymatida 3- aylanma orbitaga, yanada kattaroq qiymatida esa yana 4 – elliptik (aposeleniyesi A nuqtada bo'lgan) orbitaga erishamiz.

Yo'ldoshni Oy atrofidagi ma'lum 1-aylanma orbitaga chiqarishda, shunday giperbolik trayektoriyani tanlash kerakki, u giperbolaning periseleniyasida mo'ljallangan aylanma orbitaga urinib o'tsin (29–b rasm).

Bordi-yu ta'sir sferasi ichida KA 3-giperbolik orbita bo'ylab harakatlanayotib uning tezlik vektori Oy atrofidagi mo'ljallangan aylanma orbitaga urinmay, uni V nuqtada kesib o'tadigan bo'lsa, unda yo'ldoshni mo'ljallangan aylanma orbitaga chiqarish uchun uning tezlik vektori yo'nalishiga o'tmas burchak ostida tormozlovchi tezlik impulsini shunday berish kerakki, bunda ularning tezliklarining vektorial yig'indisi $v_{ch} + v_t$ mo'ljallangan orbitaga urinib o'tuvchi v_{ayl} tezlikni berishi lozim bo'ladi, ya'ni $v_{ch} + v_t = v_{ayl}$ ga teng bo'ladi. 29 - b rasmdan ko'rinishicha, V nuqtadagi tormozlovchi impuls v_t , A nuqta yo'ldoshni mahalliy aylanma orbitaga o'tkazuvchi tormozlovchi tezlikdan katta bo'lar ekan. Oy yo'ldoshi orbitasi tekisligi, chetlanishlarni hisobga olmaganda , har doim fazodagi vaziyatini o'zgartmagan holda saqlaydi va u, tormozlash tugagan keyingi selenosentrik tezlik vektori va Oy markazidan o'tadi. Agar tormozlovchi tezlik vektori selenosentrik harakat tekisligida qolsa, Oy yo'ldoshi orbitasi ham shu tekislikda qoladi.

Oy sirtiga qo'nish

KA ning Oy yaqinidagi harakatini, unga nisbatan birinchi va ikkinchi kosmik tezliklarga tayanib tahlil qilish mumkin. Oyning gravitasion parametriga ($K_c = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$) va radiusiga ($R_c = 1737 \text{ km}$) ko'ra 1- va 2 kosmik tezliklar:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_c}{R_c}}; \quad v_1 = 1,680 \text{ km/s}$$

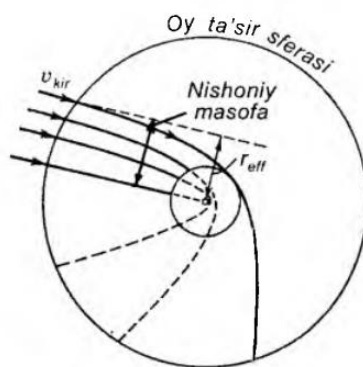
$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_c}{R_c}}; \quad v_{II} = 2,375 \text{ km/s}$$

ifodalardan topiladi.

Agar Oy sirtidan biror jism 2-kosmik tezlik (2,375 km/s) bilan uloqtirilsa, u Oyga nisbatan parabolik tezlik bilan harakatlanib, uning ta'sir sferasi chegarasida ($r_{ts} = 66\,000 \text{ km}$) ushbu tezlikka erishadi:

$$v_{par} = \sqrt{\frac{2K_c}{r_{TC}}} = 0,385 \text{ km/s}$$

Bordiyu jism Oyning ta'sir sferasiga $v = 0,385 \text{ km/s}$ boshlang'ich tezlik bilan kirib, keyin Oy sirtiga tushadigan bo'lsa, Oy tortish kuchi ta'sirida tezligi orta borib, uning sirtiga yetganda tezligi energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra,



32- rasm. Oy atrofini aylanib o'tishda unga urilib ketmaslikni tushintiruvchi effektiv radius kattaligini aniqlash.

$$r_{ef} = \sqrt{r_{pl} \left(\frac{K_{pl}}{v_{er}^2} + r_{pl} \right)}$$

Oy uchun ikkinchi kosmik tezlikka (2,375 km/s) erishadi. Endi gomon orbitasi bo'ylab Oyga yetib borgan KAning elliptik orbita apogeyida uning geosentrik tezligi 0,187 km/s tushub qolishini va u Oy ta'sir sferasiga, Oyga nisbatan taxminan 0,833 km/s (ya'ni $1,02 - 0,187 = 0,833$ km/s) tezlik bilan kirishini (oldingi paragrafqa qarang) e'tiborga olsak, u Oy sirtiga ikkinchi kosmik tezlikdan katta tezlik bilan tushushini anglash qiyin emas. Shu tufayli KAning Oy sirtiga ohista qo'ndirish uchun tormozlovchi impuls yordamida uning tezligini so'ndirishga to'g'ri keladi.

1. Agar Oyni garizontal ekvatorial parallaksi 55',1 bo'lganda uning ko'rinma diskini radiusi 15',0 ga teng bo'lsa, Oyni chiziqli radiusini Yer radiuslarida va kilometrlarda hisoblang.

2. O'rtacha ro'para turis paytida Yupiterning garizontal ekvatorial parallaksi 2",09 ga, Saturnniki esa 1",03 ga teng. Agar birinci sayyoraning burchakiy ekvatorial diametri 46",8 , qutbiy diametrining burchagi 43",9 , ikkinchi sayyoraniki esa mos ravishda 19",4 va 17",5 ga teng bo'lsa, bu sayyoralarning ekvatorial, o'rtacha va qutbiy radiuslarini, shuningdek siqqliklarini hisoblang.

3. Quyoshdan o'rtacha 5,20 a.b. masofada turgan Yupiterning qarama-qarshi turish vaqtida, uning juda kichik cho'zinchoq orbitalar bilan aylanayotgan to'rtta Galiley yo'ldoshlarini eng katta elongatsiyalari Yerdan kuzatilganda mos ravishda 138",5; 220",3; 351",2 va 618",1 ni tashkil etdi. Bu yo'ldoshlar orbitasining katta yarim o'qlari qiymatlarini toping?

4. Marsning Fobos va Deymos yo'ldoshlari undan taxminan qanday masofalarda aylanadi? Yerdan kuzatishar bo'yicha sayyoraning o'rtacha qarama-qarshi turishida yo'ldoshlari undan mos ravishda 24",7 va 61",8 ga uzoqlashgan, Mars orbitasining katta yarim o'qi 1,524 a.b. ga teng.

5. Venera (0,723 a.b.), Yer (1,00 a.b.) Yupiter (5,20 a.b.) va Pluton (39,5 a.b.) lardan o'rtacha uzoqlikdagi Quyoshga nisbatan aylanma va parabolik tezliklar

nimaga teng? Umumiy natijalar bo'yicha topilgan qonuniyatni tushuntiring. Sayyoralarining Quyoshdan uzqligi qavs ichida ko'rsatilgan.

6. Lidiya va Adonis asteroidlarini o'rtacha , perigeliy va afeliy masofalaridagi tezliklarini, shuningdek, ushbu masofalardagi aylanma va parabolic tezliklarini hisoblang. Birinchi asteroidning katta yarim o'qi va orbitasining ekscentrisiteti 2,73 a.b. va 0,078 ga, ikkinchi asteroidniki esa 1,97 a.b. va 0,778 ga teng.

7. Merkuriyning qanday galiosentrik masofalarda rezligi 56,1 km/s va 41/7 km/s ga teng? Sayyoralar orbitasining katta yarim o'qi 0,387 a.b.

8. Agar kometa Quyoshdan biror balandlikda 65km/s tezlik bilan o'tsa va parabolik orbitasi bo'yicha harakatlansa , shu masofani aniqlang.

9. Uzbekistaniya asteroidining orbitasi ekscentrisiteti 0,092 ga, uning afeliydagi tezligi 15,21 km/s ga teng. Asteroidning katta yarim o'qi, aylanishlarining yulduz va sinodik davrlarini, perigeliy va haqiqiy anomaliya 30,90 va 120°larda tezliklarini toping.

10. Yer aylanishining parametrlaridan foydalanib Quyosh massasini Yer massasi birliklarida hisoblang.

11. Markaziy jism yo'ldosigacha O'rtacha masofa k marta, aylanish davri n marta ortsa, xususan $k=n$ bo'lsa, markaziy jismning massasi qanday ozgarisi kerak?

12. Yer quyosh atrofida hozirgidek davr bilan, lekin ikki barobar uzoqlikda aylansa, Quyoshning massasi qanday bo'lishi kerak? Bunda Mars va Saturnlarning aylanish davrlari, agar ulargacha masofa o'zgarmasdan qolsa, qanday o'zgaradi? Bu sayyoralarining hozirgi paytdagi aylanish davri mos ravishda 1,881 yil va 29,46 yilga teng.

13. Quyosh sirtida va uning sirtidan u va sakkiz Quyosh radiusiga teng masofalarda aylanma va parabolik tezliklar nimaga teng? Quyosh massasi Yer massasidan 333 000 marta ortiq, radiusi esa 109,1 Yer radiusiga teng.

14. Yer atrofida uning sirtidan yarim va ikki Yer radiusiga teng balandlikda aylanma orbita bo'ylab harakatlanayotgan sun'iy yo'ldoshning boshlang'ich tezligi va aylanish davrini aniqlang.

15. Oldingi masalani Mars va Yupiter sun'iy yo'ldoshlari uchun hal qiling. Massalari va radiuslari Yerniki bilan solishtirilgan : Mars – 0,107 va 0,553, Yupiter – 318 va 10,9.

16. Aylanish davrlari $90^m, 150^m, va 3^h$ bo'lgan sun'iy yo'ldoshlar Yer sirtidan qanday balandlikda va qanday tezlik bilan aylanma orbitalar bo'ylab harakatlanadi? Yer radius 6370 km ga teng, deb qabul qiling.

17. Yer ekvatori ustidan harakatsiz bir nuqtada osilib turadigan yo'ldosh, ya'ni statsionar yo'ldoshning yer sirtidan balandligi va tezligini hisoblang.

18. Merkuriy va Venera atrofida sun'iy yo'ldoshlar $2^h va 8^h$ davr bilan aylanishi uchun ularni qanday minimal balandlikka va qanday tezlik bilan ekscentrisiteti 0,100 va 0,600 bo'lgan elliptik orbitaga olib chiqish zarur, sayyoralarining massalari yerniki bilan solishtirilganda mos ravishda 0,055 va 0,815, radiuslari esa 2440 km va 6050km?

19. Agar <<Salyut-5>> orbital stansiyasi (1976 y. 22 iyunda orbitaga chiqarilgan) 258 km dan 283 km gacha chegaraviy balandlikda, << Molniya -2>> aloqa yo‘ldoshi (1973 y. 25 dekabrda orbitaga chiqarilgan) esa katta yarim o‘qi 27 030 km va apogey balanligi 40 860 kmli orbita bo‘ylab harakatlansa, ular perigey va apogeyli yarim sharlarni qancha vaqtda uchib o‘tadi?

20. <<Venera-10>> avtomatik sayyoralararo stansiya (1975 y. 25 oktabrda Veneraning ikkinchi yo‘ldoshiga aylangan), shu kuni Venera sirtidan 1400 km dan 114 000 km gacha chegaraviy balandlikda 49^h23^m davr bilan sayyorani aylanib chiqdi. Venera massasini, uning radiusini 6050 km ga teng, deb olib, hisoblang.

21. Insoniyat tarixida birinchi marta sobiq ittifoq qahramoni Yu.A.Gagarin << Vostok>> kosmik kemasida 1961 y. 12 aprelda, Yer sirtidan 181 km dan 327 km gacha chegaraviy balandlikda Yer atrofida aylanib chiqdi. Kema orbitasining katta yarim o‘qi va eksentrisitetini, uning Yer trofida aylanib chiqish davrini, o‘rtacha chegaraviy tezliklarini, shuningdek yo‘ldoshning perigey va apogey yarimsharlari ustidan uchib o‘tish davomiyligini aniqlang.

22. Agar Marsning o‘rtacha geliosentrik masofasi 1,524 a.b. ga teng bo‘lsa, kosmik kemani oddiy elliptik orbitasining katta yarim o‘qi va eksentrisitetini, Yerdan Marsgacha uchish davomiyligini va Yerdan uchirish tezligini aniqlang. Yerning o‘rtacha orbital tezligi 29,8 km/s ga teng, deb qabul qiling.

23. Kosmik stansiyalarni Yerdan sayyoralarga qanday vaqt oraliqlaridan keyin uchirish maqsadga muvofiq ?

24. Oy massasi Yernikida 81,3 marta, diametri esa 3,67 marta kichik. Oydagi kosmonavtni og‘irligi Yerdaginigiga qaraganda necha marta kam?

25. Quyosh va Saturnlarning sirtidagi erkin tushish tezlanishi qanchaga teng, ularning mos ravishda Yernikidan 109,1 va 9,08 marta katta, o‘rtacha zichliklari esa Yerniki bilan solishtirganda 0,255 va 0,127 ni tashkil etadi. (273 va $11,3 \text{ m/s}^2$)

26. Agar sayyora massasi m marta, o‘rtacha zichligini n marta oshirsak, shuningdek, xususiy holda $m=n$ bo‘lganda, uning sirtidagi erkin tushish tezlanishi qanday o‘zgargan bo‘ladi?

27. Yerning massasi o‘zgarmagan holda uning o‘lchami 60,3 marta ya’ni Oy orbitasigacha kattalashtirilsa, Yerdan erkin tushish tezlanishi qanday o‘zgaradi?

28. 1973 y. 15 fevralda katta yarim o‘qi 106 670 km va perigey balanligi 590 km li geotsentrik orbitaga chiqarilgan <<Molniya – 3 >> aloqa yo‘ldoshining gravitatsion tezlanishi qanday chegarada o‘zgaradi.

29. Yer radiusi 6370 km, Oy massasini $1/81$ Yer massasiga, Yer va Oy orasidagi teng tortishish nuqtasining o‘rnini toping, bunda bu jismlarning gravitatsion tezlanishlari o‘zaro son jihatdan teng, lekin qarama- qarshi yo‘nalgan.

30. (29) Masalaning ma’lumotlaridan foydalanib, Yer va Oy orasidagi teng tortishish nuqtasining o‘rnini toping, bunda bu jismlarning gravitatsion tezlanishlari o‘zaro son jihatdan teng, lekin qarama- qarshi yo‘nalgan.

31. Quyoshdan qaraganda Venera Yerdan har sutkada qancha oldinga keladi? Yer va Veneraning Quyosh atrofida aylanish davrlari mos ravishda 365,25 va 225 sutkaga teng.

32. Yerning oʻrtacha orbital tezligi 30km/sek boʻlib, uning afeliy nuqtasidan oʻtish paytidagi tezligi 29,5 km/sek ga teng Yer orbitasining akstsentrisitetini toping.

33. Oyning Yer atrofida aylanib chiqish davri 27,3 sutka. Oygacha boʻlgan oʻrtacha masofani toping. Oyning oʻrtacha orbital tezligi qanday boʻladi? Yer uchun T_+ va a_+ maʼlum deb qaralsin.

34. Quyosh sistemasining eng chekkada joylashgan planetasi – Plutonning Quyoshdan oʻrtacha uzoqligini bilgan holda (39,4 a.b.) uning siderik davrini aniqlang.

35. Kelajakda Marsda boʻladigan kosmonavtlar uchun Yer ham osmonda Venera kabi baʼzan tongi, baʼzan esa kechqurungi planeta boʻlib koʻrinadi. Yerning ikki marta ketma-ket bir xil fazada (Marsdagi kuzatuvchi uchun- M.M.) koʻrinishi uchun ketgan vaqt oraligʻini toping.

36. Orbitasi boshqa kometa orbitalariga nisbatan aylanaga yaqin boʻlgan kometa 1927 yil 15 noyabrda Shvassman va Vaxmanlar tomonidan topildi. Bu kometaning Orbitasi Yupiter va Saturn orbitalari orasida joylashgan boʻlib, Quyosh atrofida 16 yildan koʻproq vaqt davomida toʻla aylanib chiqadi. Kometa orbitasining eksentrisiteti 0,14 ekanligini etiborga olib, uning kichik yarim oʻqi uzunligini toping.

37. Oyning massasi $7,4 \cdot 10^{25}$ g, radiusi esa 1738 km. Oyning oʻrtacha zichligini va uning sirtida erkin tushish tezlanishi kattaligini aniqlang.

38. Venera planetasining kattaligi yer kattaligiga yaqin boʻlib, diametri 12 100 km ga teng. Bu planeta Quyoshdan oʻrtacha 108 mln. km masofada boʻlib, 225 Yer sutkasida uning atrofida bir marta toʻla aylanib chiqadi. Quyosh va Yer massalarini hama planetaning Quyosh atrofida bir marta toʻla aylanib chiqadi. Quyosh va Yer massalarini hamda planetaning Quyosh atrofida aylanish davriini eʼtiborga olib, Veneraning zichligini aniqlang.

39. Quyosh sistemasining eng yirik planetasi – Yupiter Quyosh atrofida 12 yilda bir marta toʻla aylanib chiqadi. Yer massasini maʼlum deb qarab, Yupiterning massasini va uning sirtida erkin tushish tezlanishi kattaligini toping. Yupiterning radiusi 71 800 km.

40. Oy Yerga nisbatan hozirgi turishidan ikki barobar yaqin masofada Yer atrofida xuddi hozirgidek davr bilan aylanishi uchun Oyning massasi oʻzgarmagan holda Yerning massasi hozirgidan qancha marta kam boʻlishi zarur?

41. Merkuriy sirtida tortish kuchining kattalig Yer sirtidagi tortishish kuchi kattaligining 0,38 qismini tashkil qiladi. Yer sirtida erkin tushish tezlanishi kattaligini $9,8 \text{ m/sek}^2$ ga teng deb olib, Merkuriyning massasi va oʻrtacha zichligini hisoblang. Merkuriyning radiusi 2435 km ga teng.

42. Oyning Yerdan uzoqligi 384 400 km boʻlib, u yer atrofida gʻarbdan sharqqa tomon har sutkada 13° yoyga siljiydi. Oy massasi oʻzgarmagan holda Yerdan 500 000 km masofada uning atrofida turgʻun orbitada aylanishi uchun oʻrtacha orbital tezligi qanday boʻlishi kerak?

43. Marsning buyuk qarama-qarshi turish paytida Yerdan uzoqligi 56 mln. Km ni tashkil qiladi. Marsning massasi $0,64 \cdot 10^{27}$ g, Yerniki esa $6,0 \cdot 10^{27}$ g ekanligi

malum bo'lsa, buyuk qarama - qarshi turish vaziyatida bu ikki lpaneta orasidagi tortishish kuchining kattaligini aniqlang.

44. Massasi m_+ bo'lgan Yer quyosh atrofida T_+ davr bilan aylanayotib, undan r masofada orbital tezligi no'lga aylansa, u qancha vaqtdan so'ng Quyoshga borib tushadi? Quyoshgacha masofani $r=a_+$ deb oling.

45. Oy atrofida aylanuvchi sun'iy yo'ldosh uchun birinchi kosmik tezlik qanchaga teng bo'lishini hisoblab toping. Oyning massasi $7,35 \cdot 10^{25} g$ Bo'lib radiusi 1738 km ga teng.

46. Mars planetasining massasi $0,64 \cdot 10^{27} g$ va radiusi 3430 km ekanligi ma'lum bo'lsa, uning sirtidan gorizantal yo'nalishda ko'tarilgan kosmik raketa qandya tezlikga erishgach, Marsni taslab ketadi?

47. Quyos atrofida harakatlanayotgan jismning porobarik tezligi 618 km/sek bo'lsa, Quyosh sirtiga eng yaqin masofada aylanma arakat qilayotgan jismning minimal tezligi qanchaga teng bo'lishi kerak?

48. Sun'iy yo'ldoshning o'rbita bo'ylab o'rtacha tezligi 8,2 km km/sek ga teng. Yo'ldosh orbitasining eksentrisiteti esa 0,05 ga teng. Bu yoldoshning perigey va apogeydagi tezliklarini aniqlang. Katta yarim o'qi 18 000 km ga teng bo'lgan Yer sun'iy yo'ldoshining aylanish davri qanchaga teng bo'ladi?

49. 1963 yilning 16 iyunida ayol – kosmonavt V. Tereshkova boshqargan << Vostok- 6>> kosmik kema Yer atrofida 70,7 saot davomida 28 marta aylanib chiqdi. Bu kema orbitasi Perigeyining balandligi 183 km, apogeyining balandligi esa 231 km bo'lgan. << Vostok-6>> kemasining apogey va perigeydagi tezliklarini aniqlang.

50. 1969 yilning 16 iyulida uchirilgan AQSH ning <<Apolon-11>> kosmik kemasi ekipaji N. Armstrong va E. Oldrin Oyga qo'nishdan oldin selenotsentrik orbitada aposeleniesi 314 km, periseleniesi 112 km balandlikda bo'ldi. Bu orbitada kosmik kemaning aposeleniesidagi tezliklari va o'rtacha tezligi qanday bo'lgan? Oy massasi va radiusi qiymatlarini 37-masaladan oling.

51. 1975 yilning 24 mayida sobiq Ittifoqda uchirilgan << Soyuz- 18 >> kosmik kemasining ekipaji P.I. Klimuk va S.I. Sevastyanovlar kosmanovtika tarixida uzoq uchish bo'yicha rekord qo'yib, 63 sutka fazoda bo'ldilar . << Soyuz-18 >> ning apogeyidagi balandligi 356 km va Yer atrofida aylanish davri 91,3 minut ekanligini e'tiborga olib, uning perigeydagi balandligini, yo'ldosh orbitasining eksentrisitetini va o'rtacha burchak tezligini hisoblab toping. Yerning radiusi va massasiga tegisli qiymatlarni ilovadan qarang.

52. Mars sayyorasining radiusi 3400 km, uning massasi $m = 6,4 \cdot 10^{23} kg$. Mars sirtidagi tortishish maydoni kuchlanganligi aniqlansin.

53. Yerning radiusi Oyning radiusidan $n=3,66$ marta katta, Yerning o'rtacha zichligi Oyning o'rtacha zichligidan $k=1,66$ marta katta. Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi g ni ma'lum deb xisoblab, Oy sirtidagi erkin tushish tezlanishi aniqlansin.

54. Kichik bir sayyoraning radiusi 250 km, o'rtacha zichligi $\rho = 3 g/sm^3$. Sayyora sirtidagi erkin tushish tezlanishi aniqlansin.

55. Yerning massasi Oy massasidan $n=81,6$ marta katta. Yer va Oyning massa markazlari orasidagi masofa $l = 60,3R$ (R – Yerning radiusi). Yer va Oy tortishish maydonlari kuchlanganliklarining yig'indisi nolga teng bo'lgan nuqta Yer markazidan qanday r (R larda hisoblanganda) masofada bo'ladi.

4-§. Planetalararo uchish asoslari.

Planetalaro uchish uchun sanoqsiz orbitalar mavjud bo'lib, ular formalari, uchish vaqti, zaruriy energiya sarfi (birlik foydali yuklamaga to'g'ri keladigan) kabi parametrlaridan bir-birlaridan keskin farq qiladi.

Kosmik apparatlarni planetalaro uchirish trayektoriyalarining hisob- kitobi yetarlicha murakkab bo'lib, agar ular Quyosh atrofida ma'lum bir tekislikda aylana orbitalar bo'ylab harakatlanadi deb qaralsa, masalaning yechimi ancha yengillashadi. Darvoqe, Quyosh atrofida harakatlanuvchi barcha yirik planetalarning orbitalari ellips ko'rinishida bo'lib, aksariyat hollarda, ularning orbita tekisliklari, Yer orbita tekisligi (ya'ni ekliptika tekisligi bilan) juda kichik burchak tashkil etadi.

Agar planetalarning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklari kilometrlarda, ularning tezliklari esa km/s larda ifodalansa, Quyoshning gravitasion parametri $K_{\odot} = GM_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{S}^2$ ga teng bo'ladi.

Quyida keltirilgan 2-3 jadvallarda planetalar, Quyosh va Oyning orbita elementlari va fizik xarakteristikalariga tegishli talay ma'lumotlar keltirilgan bo'lib, ularning ko'plaridan biz kelgusi mashg'ulotlarimizda foydalanamiz. Xususan 1- jadvalning ustunlarida keltirilgan ma'lumotlar, "Astronomik kalendar"ning doimiy qismida keltirilgan, masofalariga tegishli ma'lumotlar esa, Xalqaro Astronomik Ittifoqning (XAI) 1976 yili Grenobl'da (Fransiya) o'tkazilgan 16 – Bosh Assambleyasida qabul qilingan ma'lumotlar asosida tuzilgan. Uning 5 va 6 ustunlarida keltirilgan ma'lumotlar ushbu :

$$V_{pl} = \sqrt{K/R_{pl}} = V_{\oplus} \sqrt{R_{\oplus}/R_{pl}}$$

formuladan foydalanib hisoblab topilgan.

2-jadvalning 2 va 3 ustuni ma'lumotlari, XAI ning 16-Assambleyasi materiallari asosida tuzilgan bo'lib, 4 va 5 ustunlari, mos ravishda,

$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{5}{2}} \quad \text{va} \quad \rho = 1,15 \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{1}{3}}$$

formulalari yordamida hisoblangan. Jadvalning 6, 9, 10 ustunlari "Astronomik kalendar"ning doimiy qismi materiallari asosida, 7 ustuni esa, 3 va 6 ustunlarda keltirilgan ma'lumotlar asosida formulalar yordamida hisoblangan.

Planetalaro uchishning passiv trayektoriyalari, odatda quyidagi uch qismga bo'lib o'rganiladi: 1) Birinchi yuz kilometr balandlikda dvigatellarni o't oldirilgan

start nuqtadan Yerning ta'sir sferasigacha; 2) Yerning ta'sir sferasi chegarasidan to mo'ljallangan planeta ta'sir sferasigacha; 3) Mo'ljallangan planeta ta'sir sferasi chegarasidagi harakat.

Kosmodinamikada keng qo'llaniladigan planetalar ta'sir sferalarining radiusi 4-ustunda keltirilgan. Eslatilgan uchishning bo'lingan uchta uchastkasining birinchisida, KA faqat Yerninggina ta'sirida, ikkinchisida Quyoshning tortish kuchi ta'sirida, uchinchisida esa faqat mo'ljallangan planetaning ta'sirida xarakatlanadi, deb qaraladi.

$$V = \sqrt{K_{\odot} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

energiya integrali ifodasiga qo'ysak,

geliosentrik orbita bo'ylab harakatlanayotgan jismning tezligini ushbu formula bilan hisoblash qulay bo'ladi:

$$V = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}$$

bu yerda r va a lar astronomik birliklarda ifodalangan.

Navbatta planetalarga uchishning butun passiv trayektoriyasini eslatilganidek, uch qismga bo'lib o'rganish bilan shug'ullanamiz.

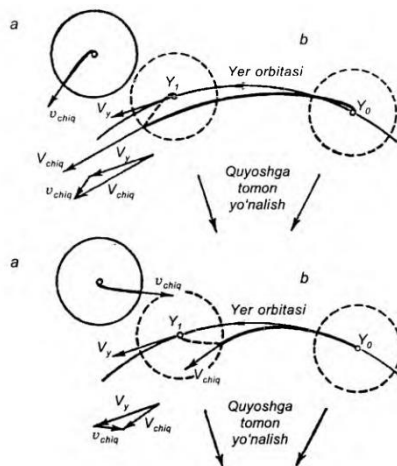
Yerning ta'sir sferasi ichidagi harakat

Quyida 34 - a va b rasm chizmalarida Yerning geliosentrik va KA ning geliosentrik hamda geosentrik harakat trayektoriyalari tasvirlangan. Shuningdek 34-rasmda Yerning ta'sir sferasi (Yer atrofida doiracha bilan tasvirlangan) ichida KA ning geosentrik harakati ham tasvirlangan. Tepadagi a) chizmada KA Yer ta'sir sferasi ichida harakatlanib, uning chegarasiga yetib, undan chiqish yo'nalishi tasvirlangan. Bunda Yer o'z orbitasining Z_0 nuqtasidan chiqib, nuqtasidan chiqib Z_1 nuqtasiga yetib keladi. KA ning Yer ta'sir sferasidan chiqish paytidagi geosentrik tezligi- v_{chik} , geliosentrik tezligi esa $-V_{chik}$ bilan belgilangan.

Bu tezliklarning Yer orbital (geliosentrik) tezligi bilan bog'liqligi

$$V_{qurk} = V_{\oplus} + v_{qurk} \quad (1)$$

orqali topilishi, tezliklar uchburchagidan ko'rinib turibdi. Bunda KA Yer ta'sir sferasining old tomonidan chiqib Yerdan ilgari ketadi (b -chizma).



33-rasm. KAning Yer ta'sir sferasidagi harakati: a va b (tepada)—tashqi planetalarga uchish, a va b (pastda)—ichki planetalarga uchish sxemalari.

a) chizmada esa, KA Yerdan ko'tarilib, uning ta'sir sferasiga yetganda, Yer o'z orbitasining Y_{E0} nuqtasidan Y_{E1} nuqtaga kelib, ta'sir sferasining orqa tomonidan chiqadi va Yerdan orqada koladi (pastki b chizma). Birinchi holda KA tashqi planetani mo'ljallab yo'lga chiqqani holda, ikkinchi holda u ichki planetalardan birini (Merkuriy, Venera) mo'ljallab yo'lga chiqqan bo'ladi. Bu hollarda KA erishgan tezliklari, tezliklar uchburchagidan ko'rinib turibdi.

Kosmik apparat Yerdan uzoqlashgani sayin uning tezligi kamaya borib, Yer ta'sir sferasining chegarasiga yetganda, u boshlang'ich tezlikka (v_0) nisbatan quyidagicha topiladi.

$$v_{\text{chik}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\oplus}}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r_{Emc}}\right) \quad (26)$$

yoki

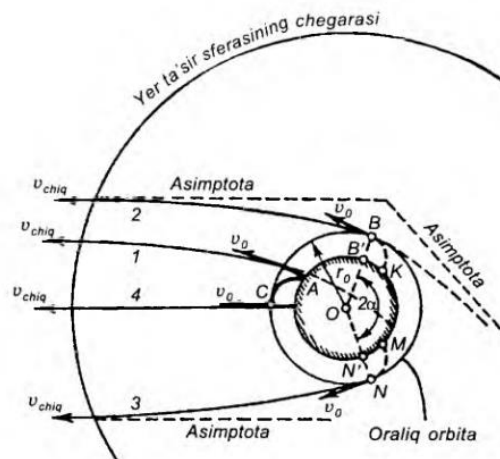
$$v_{\text{chik}}^2 = v_0^2 - v_{\text{nap}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r_{Emc}}\right) \quad (26^*)$$

bu yerda $r = R_{\oplus}$ Yerning radiusi. r_{Yets} – Yerning ta'sir sferasining radiusi. $r_{Yets} > R_{\oplus}$ bo'lganidan yuqoridagi ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$v_{\text{chik}}^2 = v_0^2 - v_{\text{nap}}^2 \quad \text{yoki} \quad v_{\text{chik}}^2 = v_0^2 - \frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}. \quad (27)$$

Bu formuladan Yer ta'sir sferasi ichida $v_0 > v_{\text{par}}$ ligidan u yerda KAning trayektoriyasini giperbolik deb olaolamiz. Bunda ma'lum bir planetaga yo'l olgan KA uchun u ta'sir sferasining qaysi nuqtasidan chiqib ketishi uncha muhim bo'lmay, qanday yo'nalishda va qanday tezlik bilan chiqib ketganligi muhim bo'ladi.

Planetalar uchishda bunday ma'lum yo'nalishdagi va aniq tezlikdagi giperbolik trayektoriyalar cheksiz ko'p bo'lishi keltirilgan chizmadan oson ayon bo'ladi (34-rasm). Bulardan tashqari chizmadan, planetalar uchishda bitta to'g'ri chiziqli trayektoriya ham mavjudligi ko'rinadi.



34-rasm. Planetalar uchishda Yer ta'sir sferasi chegarasida KA uchun mumkin bo'lgan chiqish trayektoriyalari (bu yerda 1,2,3 lar –giperbolik, 4 esa to'g'ri chiziqli trayektoriya).

Bu orbitalar bo'ylab harakatlangan KA ta'sir sferasi chegarasini, berilgan yo'nalishda, Yerga nisbatan taxminan bir tezlikda kesib o'tadi. Yer sirtidan yotiq

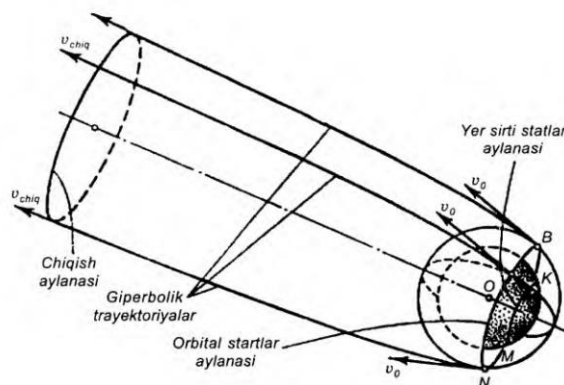
orbita bilan ko'tarilish energetik qulay bo'lsada, biroq har doim ham bunga erishish oson bo'lavermaydi (Yer sirtida kosmodrom qulay geografik kenglamada joylashmaganligi tufayli bo'ladi).

Bu qiyinchilikdan bizni oraliq orbita qutqaradi. Energetik qulay oraliq orbita tekisligi, planetaga tomon to'g'ri chiziqli trayektoriya tekisligida yotuvchi barcha aylanma orbitalar ichidan tanlash mumkin bo'ladi. Bunda ta'sir sferasidan chiqish mumkin bo'lgan barcha giperbolik trayektoriyalarning Yer ta'sir sferasi chegarasini kesib o'tish nuqtalarining geometrik o'rinlarining majmui – aylanani chizadi (35-rasm). Bu trayektoriyalarning ikkinchi uchlaridan (rasmda V va N nuqtalar) ko'tarilgan bo'lib, bu nuqtalarning geometrik o'rinlari ham aylanani beradi. Bu aylana *orbital startlar aylanasi* deb yuritiladi. Uning yoyiqligi $\angle VON = 2\alpha$ burchak bilan xarakterlanib, uning yarmi

$$\cos \alpha = \frac{1}{(v_{\text{chik}} / v_{\text{aitl}})^2 + 1} \quad (28)$$

ifoda orqali topiladi.

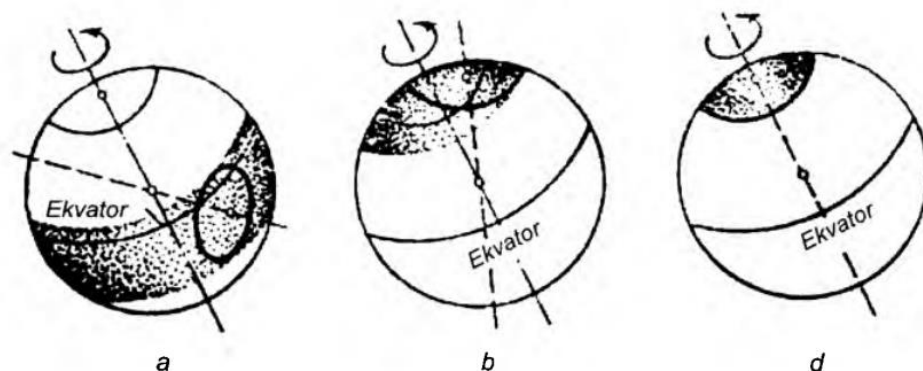
Agar kosmodrom Yer sirtidagi K yoki M nuqtalardan o'tuvchi aylanada bo'lganda edi, unda mo'ljallangan planetaga uchish uchun oraliq orbitalarga ehtiyoj bo'lmagan bo'lar edi. Yer sirtidagi bunday nuqtalar majmui ham, eslatilganidek, aylanani berib, u *Yersirti startlar aylanasi* deb yuritiladi (35-rasmga qarang).



35-rasm. Yer ta'sir sferasi chegarasiga chiquvchi trayektoriyalaridan shakllangan sitr (giperbolik trayektoriyalar majmui), orbital va yersirti startlar aylanalari.

Yer sirti startlar aylanasi markazi, giperbolik trayektoriyalar sirtining o'qida yotadi. Bu o'q, KA ning Yer ta'sir sferasidan chiqish tezligi yo'nalishiga parallel bo'ladi. Shubhasiz chiqish tezliklarining yo'nalishi, (ma'lum mo'ljallangan planetaga nisbatan) Quyosh, Yer va planetaning o'zaro qanday joylashishiga bog'liq bo'ladi.

Yer o'z o'qi atrofida aylanganligi tufayli, bir sutka ichida uning talay nuqtalari Yer sirti startlar aylanasi ikki marta kesib o'tadi. Agar bu nuqtalar ichida kosmodrom joylashgan nuqta ham bo'lsa, u holda uning Yer sirti startlar aylanasi kesib o'tish paytida KAni, oraliq orbitadan foydalanmay turib, kerakli trayektoriyaga chiqarish mumkin bo'ladi (36-rasm).



36-rasm. Yer sirti startlar aylanasi turli kenglamalarda joylashish hollari. Yerning qoraytirilgan sohalaridan sutka davomida, oraliq orbitadan foydalanmay turib, mo'ljallangan planetalarga KA ni uchirish mumkin bo'ladi.

Yer sirti startlar aylanasi, Yer to'la sirtiga nisbatan juda kichik bo'lganidan, uning juda katta qismiga tegishli nuqtalari, Yer aylanganda mazkur startlar aylanasi kesib o'tmaydi. Agar kosmodrom startlar aylanasi kesib o'tmasa, u holda mo'ljallangan planetaga bu kosmodromdan KA ni bevosita uchirishning imkoni bo'lmay, yo'ldoshni planetaga uchirish, Yer atrofi oraliq orbitasi orqali amalga oshiriladi. 36- a rasmda Yer sirti startlar aylanasi ekvator zonasida, Yer qutbi atrofi zonasida va ayni ekvator zonasida joylashgan hollar tasvirlangan. Bu hollarda shtrixlar bilan chegaralangan zonadagi ixtiyoriy kosmodromdan mo'ljallangan orbitaga bir sutkada ikki marta (chunki bunda kosmodrom startlar aylanasi ikki marta kesib o'tadi) KA ni uchirish mumkin bo'ladi. Kosmodrom shtrixlangan Yer tasmasidan tashqarida bo'lsa, unda mo'ljallangan planetaga KA faqat oraliq orbitadan foydalangan holdagina kosmik apparatni uchirish mumkin bo'ladi.

KAning Yer ta'sir sferasidan tashqaridagi harakati

Endi KAni mo'ljallangan planetaga uchirishda uning passiv trayektoriyasining ikkinchi - eng uzun uchastkasini tahlil etaylik. Yuqorida biz, KAning Yer ta'sir sferasidan chiqish geliosentrik tezligi (V_{chiq}) geosentrik chiqish tezligi (v_{chik}) bilan qanday bog'langanini ko'rdik, u

$$V_{chik} = V_{\oplus} + v_{chik} \quad (29)$$

ko'rinishida bo'lib, bu yerda $V_{\oplus}$ - Yerning geliosentrik tezligini ifodalaydi. Bu o'rinda dastlab oldindan hisoblangan ma'lum geliosentrik chiqish tezligining qiymatiga (V_{chiq}) ko'ra, (29) ifodadan geosentrik chiqish tezligi - v_{chik} topiladi. Sungra (26*) ifoda yordamida KAning boshlang'ich, ya'ni Yer sirtidan ko'tarilish geosentrik start tezligi v_0 topiladi. V_{chiq} ning kattaligiga ko'ra, KAning geliosentrik orbitasi elliptik, parabolik, giperbolik (ya'ni cheksizlikda to'g'ri chiziqli) bo'lishi topiladi.

Birinchi holda KA Yer ta'sir sferasidan chiqib, Quyoshning sun'iy yo'ldoshiga (sun'iy planetaga) aylanadi. Ikkinchi va uchinchi hollarda esa, KA Quyoshni butunlay tashlab ketadi. Yerning Quyoshdan o'rtacha uzoqlikdagi uning parabolik tezligining qiymati

$$V_p = \frac{\sqrt{2K_{\odot}}}{R_{yer}} = 29,785\sqrt{2} = 42,122 \text{ км/с} \quad (30)$$

ga teng bo'ladi.

Agar KA Yer ta'sir sferasidan chiqish paytida uning v_{chiq} geosentrik chiqish tezligi Urning geliosentrik tezligi bilan bir xil yo'nalishda bo'lsa, u holda v_{chiq} ning kattaligi:

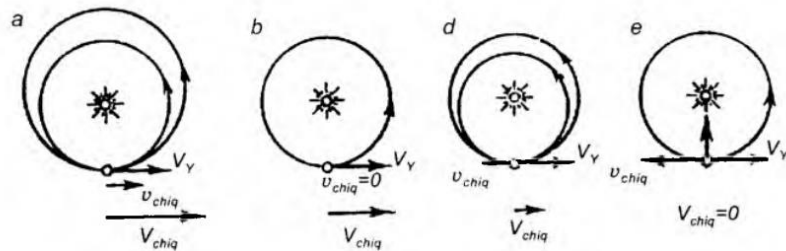
$$v_{chiq} = V_{\Pi} - V_{\oplus} = 12.337 \text{ км/с} \quad (31)$$

Ifodadan topiladi. Endi KAning Yer sirtidan ko'tarilish tezligini (27) orqali aniqlasak, unda boshlang'ich tezlikning qiymati

$$v_0^2 = \sqrt{v_{chiq}^2 + v_{\oplus}^2} = \sqrt{12.337^2 + 11.186^2} = 16,659 \text{ км/с}$$

bo'lib, u ko'pincha *uchinchi kosmik tezlik* deb yuritiladi.

$V_{chiq} < V_{par}$ bo'lgan barcha hollarda KA sun'iy planetaga aylanib, unda u quyidagi trayektoriyalarga erishishi mumkin (37-rasm):



37-rasm. KAning Yer ta'sir sferasidan geliosentrik chiqish tezligining Yerning tezligiga nisbatan qiymatiga ko'raerishgan orbitalari.

1. v_{chiq} ning yo'nalishi Yer tezligi $V_{\oplus}$ bilan ustma- ust tushsin, u holda $V_{chiq} > V_{\oplus}$ bo'lib, sun'iy planeta orbitasi Yer orbitasidan tashqarida yotadi (37- a rasm).

2. $v_{chiq} = 0$ bo'lsa, $V_{chiq} = V_{\oplus}$ bo'ladi. Unda sun'iy planeta Quyosh atrofida Yer bilan birga uchadi (37- b rasm).

3. v_{chiq} Yerning harakat yo'nalishiga qarama - qarshi yo'nalgan, unda $V_{chiq} < V_{\oplus}$ bo'lib, sun'iy planetaning orbitasi Yer orbitasining ichki kismida yotadi (37- d rasm).

4. $v_{chiq} = V_{\oplus}$ bo'lib, v_{chiq} Yerning harakat yo'nalishiga qarama- qarshi yo'nalgan. Bunda sun'iy planetaning geliosentrik tezligi $V_{chiq} = 0$

bo'lib, u tikka Quyoshga tomon tusha boshlaydi va 64 sutkadan so'ng Quyoshga borib uriladi (38- g rasm).

Bu hol uchun KA ning Yer sirtidan ko'tarilish tezligi

$$v_0 = \sqrt{29,785^2 + 11,186^2} = 31,816 \text{ км/с}$$

ga teng bo'lib, u ba'zan *to'rtinchi kosmik tezlik* deb ham yuritiladi.

Yerdan uchirilgan KAning to'rtta kosmik tezligining qiymatlari

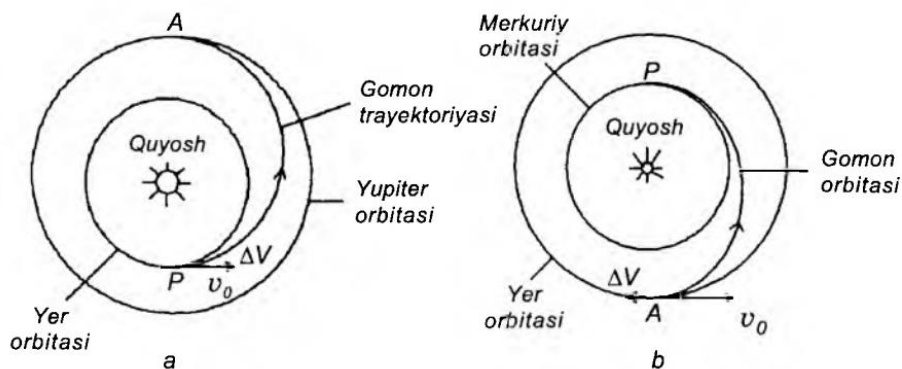
Tezlik	Birinchi	Ikkinchi	Uchinchi	To'rtinchi
Yer sirtida , km/sec	7.910	11.186	16.659	31.816
Balandlikda 200km, km/sec	7.789	11.015	16.539	31.756
Balandlikda orbitadan chiqish impulsi 200km, km/sec	0	3.226	8.750	23.967
Yer ta'sir sferasidan chiqish geosentrik tezligi (v_∞), km/sec	–	0	12.337	29.785
Yer ta'sir sferasidan chiqish geliosentrik tezligi, km/sec	0	29.785	42.122	0
Yer sirtida “solishtirma energiya” km^2/sec^2	–62.565	0	152.20	887.15
200 km balandlikda solishtirma “energiya”, km^2/sec^2	–60.661	0	152.20	887.15

Gomon va parabolik orbitalar bo'ylab uchishlar

Soddalik uchun planetalarning orbitalarini aylana deb, hamda ularning orbita tekisliklari ekliptika tekisligi (ya'ni Yer orbita tekisligi) bilan ustma-ust tushadi deb faraz qilaylik. Planetalararo avtomatik stansiyaning Yerdan mo'ljallangan planetaga eltuvchi trayektoriyani odatda *o'tish orbitasi*, deyiladi. Oldingi paragrafda ko'rgan – Yerdan KAni sun'iy planeta orbitasiga chiqarishning to'rtta holdan birinchisiga ko'ra, o'tish orbitasining afeliyi Quyoshdan uzoqlashib, uchinchisida esa orbita perigeliyi Quyoshga yaqinlashib kelardi. Shunga ko'ra, tashqi planetalarga uchirishda, uning boshlang'ich tezligining aniq qiymatlarida, birinchi hol uchun o'tish yarim elliptik orbitasining afeliyi tashqi planeta orbitasiga

(39 - *a* rasm), ikkinchi holda esa, o'tish yarim elliptik orbitasining perigeliyi ichki planeta orbitasiga urinib o'tishi (39 - *b* rasm) energetik jihatdan eng qulay hisoblanadi.

Agar Yer orbitasining P nuqtasida berilgan qo'shimcha tezlikning impulsi, Yerning harakat yo'nalishi bilan bir xil bo'lib, unda KAning chiqish geliosentrik tezligi – V_{chiq} , Yerning orbital tezligidan son jihatdan katta bo'lib, tashqi planetalardan birini nishonga oladi. Bordi-yu Yer orbitasining P nuqtasida berilgan qo'shimcha tezlik impulsi Yerning tezligiga qarama-qarshi, ya'ni tormozlovchi bo'lsa, unda KA ichki planetalardan birini nishonga olib, uning geliosentrik tezligi Yernikidan kichik bo'ladi. KAning Yer ta'sir sferasidan chiqish paytidagi, tashqi ma'lum planetaga uchish uchun zarur bo'lgan v_{chiq} minimal tezligining Yer sirtidan boshlang'ich v_0 tezligi orasidagi bog'lanishni ushbu



38-rasm. a – tashqi planetalarga gomon orbitasi bo‘yicha uchish, b – ichki planetalarga gomon orbitasi bo‘yicha uchish.

$$v_0^2 = \sqrt{v_{\text{чик}}^2 + v_{\text{эпк}}^2}$$

ifodadan topiladigan qiymati, Yer va mo‘ljallangan planeta orbitalariga o‘rinib o‘tadigan geliosentrik o‘tish orbitasiga mos keladi. Bunda o‘tish orbitasining ko‘rinishi, har ikkala hol uchun ham yarim elliptik orbitaga mos keladi (38- a va b rasmlar)

Shu bois bunday orbita *gomon orbitasi* yoki *yarim elliptik* orbita deyiladi. Chizmadan ko‘rinishicha, gomon orbitalari bo‘ylab Yer ta’sir sferasidan chiqish geosentrik va geliosentrik tezliklari v_{chiq} va V_{chiq} bir xil yo‘nalgan bo‘lib, ular o‘zaro quyidagi munosabatlarda bo‘ladilar:

$$\text{tashqi planetalar uchun} \quad v_{\text{чик}} = V_{\text{чик}} - V_{\oplus} \quad (28)$$

$$\text{ichki planetalar uchun} \quad v_{\text{чик}} = V_{\oplus} - V_{\text{чик}} \quad (29)$$

yoki umumiy holda vektor ko‘rinishida

$$\vec{v}_{\text{чик}} = \vec{V}_{\text{чик}} - \vec{V}_{\oplus} \quad (30)$$

bo‘ladi, bu tenglamadagi V_{chiq} tezlikning qiymatini ikki jism masalasidagi (29) tenglamaga ko‘ra:

$$V_{\text{чик}} = K_{\odot} \left(\frac{2}{R_{\oplus \text{op} \delta}} - \frac{1}{a} \right) \quad (31)$$

ifoda orqali hisoblash mumkin, bu yerda $K_{\odot}$ -Quyoshning gravitasion parametrini, a esa gomon orbitasining (yarim elliptik orbitaning) katta yarim o‘qini ifodalab, ushbu

$$a = \frac{R_{\oplus \text{op} \delta} + R_{\text{nl.op} \delta}}{2} \quad \text{formuladan topiladi.}$$

a ning kiymatini (31) ga quyib, V_{chiq} ga nisbatan ushbuni topamiz:

$$V_{\text{чик}} = \sqrt{\frac{2K_{\odot}}{R_{\oplus \text{op} \delta}}} \cdot \sqrt{\frac{R_{\text{nl.op} \delta}}{R_{\oplus \text{op} \delta} (R_{\oplus \text{op} \delta} + R_{\text{nl.op} \delta})}} \quad (32)$$

bu yerda

$$\sqrt{2K_{\odot} / R_{\oplus op \delta}} = \sqrt{2}V_{\oplus} = 42,122 \text{ км/с}$$

ligidan, planetalar orbitalari radiuslarini astronomik birliklarda ifodalasak V_{chiq} :

$$V_{chiq} = 42,122 \sqrt{\frac{R_{nlop \delta}}{1 + R_{nlop \delta}}} \quad (33)$$

bo'ladi. Gomon orbitasi bo'yicha uchish vaqti, yarim elliptik orbitani ellipsga to'ldirganda, KA ning bu ellips bo'ylab aylanish davrining yarmiga teng bo'lishini tushunish qiyin emas. Binobarin:

$$t_{rom} = \frac{T}{2} = \frac{\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{\left(\frac{R_{\oplus op \delta} + R_{nlop \delta}}{2}\right)^3} \quad (34)$$

Masofani $a.b.$ larda vaqtни yulduz yilida ifodalasak, u holda Yerning Quyosh atrofida bir to'la aylanish davri uchun

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \sqrt{a^3}$$

ifodadan foydalansak, u holda

$$1 = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\odot}}} \cdot \sqrt{1^3}$$

yoki

$$\sqrt{K_{\odot}} = 2\pi \quad (35)$$

ekanligin aniqlaymiz. Shunga ko'ra gomon orbitasi bo'yicha ma'lum planetaga uchish vaqti ushbu

$$t_{rom} = \frac{\sqrt{2}}{8} \sqrt{(1 + R_{nlop \delta})^3} = 0,177 \sqrt{(1 + R_{nlop \delta})^3} \quad (36)$$

ifodadan aniqlanib, u yulduz yilida chiqadi. Bunda $R_{pl. orb}$ - ni $a.b.$ ifodalab, yulduz yilini Quyosh sutkalarida ifodalasak ($1Y.y. = 365,256236$ o'rtacha Quyosh sutkasi) uchish vaqti:

$$t_{rom} = 64,569 \sqrt{(1 - R_{nlop \delta})^3} \text{ cym} \quad (37)$$

ga teng bo'ladi. Gomon orbitalari uchun burchak uzoqligi $\varphi = 180^\circ$ ga tengligidan Yer va mo'ljallangan planetaning Quyoshga nisbatan boshlang'ich konfiguratsiya burchagi ψ :

$$\psi = 180^\circ - a \quad (38)$$

bo‘ladi, bu yerda α mo‘ljallangan planeta orbitasidagi uchish vaqti davomida, planeta bosib o‘tadigan yoyni (P_0P_1 va $P'_0P'_1$) xarakterlaydi (24-rasmga qarang).

Boshlang‘ich konfigurasiya holati, ichki planeta Yerni “quvib” Quyosh–Yer chizig‘ini kesib o‘tgunga qadar (planetaning Quyosh bilan qo‘shilish konfigurasiyasi) yoki Yer tashqi planetani “quvib” yetib, Quyosh–planeta chizig‘ini kesib o‘tgunga qadar (tashqi planeta uchun qarama-qarshi turish holati) boshlang‘ich konfigurasiya holatining ro‘y berishi uchun ketgan vaqt ushbu ifodadan topiladi:

$$\tau = \frac{\psi}{\omega_{\oplus} - \omega_{ni}} \quad (39)$$

bu yerda ω va ω_{pl} lar, mos ravishda, Yer va mo‘ljallangan planetaning bir sutkalik siljish yoylaridir.

Boshqacha aytganda, mo‘ljallangan planetalarning boshlang‘ich konfigurasiya holatlari, planetalarning ushbu– sinodik davrlarini ifodalovchi davr bilan qaytarilib turadi:

$$\text{tashqi planetalar uchun} \quad T_{cun} = \frac{T_{ni} \cdot T_{\oplus}}{T_{ni} - T_{\oplus}} \quad (40)$$

$$\text{ichki planetalar uchun} \quad T_{cun} = \frac{T_{ni} \cdot T_{\oplus}}{T_{\oplus} - T_{ni}} \quad (41)$$

Agar tashqi planetalarga Yer sirtidan uchish, uchinchi kosmik tezlik (16,653 km/s) bilan amalga oshirilsa, ya‘ni $v = 42,122$ km/s tezlik bilan parabolik orbita bo‘ylab tashqi planeta orbitasiga uchish vaqti

$$t_{yu} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{K_{\oplus}}} R_{\oplus} \sqrt{\frac{R_{ni}}{R_{\oplus}} - 1} \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{R_{ni}}{R_{\oplus}} - 1 \right) \right] \quad (22)$$

ifodadan topiladi (isbotsiz keltiramiz). Agar o‘chish vaqti sutkalarda ifodalanilishi talab etilsa, u holda quyidagi ifodadan topiladi:

$$t_{yu} = 82,212 \sqrt{R_{ni} + 1} \left[1 + \frac{1}{3} \left(\frac{R_{ni}}{R_{\oplus}} - 1 \right) \right] \text{ cym} , \quad (23)$$

bu yerda R_{pl} -a.b. larda ifodalanadi.

Parabolik uchish paytida uzoklik burchagining kattaligi ushbu

$$\varphi_{nap} = 2 \arccos \sqrt{1/R_{ni,op6}} \quad (24)$$

ifodadan topiladi, bu yerda ham $R_{pl,orb}$ - a.b. larda ifodalanadi.

KAning mo‘ljallangan planeta ta’sir sferasidagi harakati

Mo‘ljallangan planetaning ta’sir sferasida harakatlanayotgan KAning harakat trayektoriyasining hisob-kitobini qilish uchun dastlab, gomon trayektoriyasi bo‘ylab harakatlanayotgan KA ning mo‘ljallangan planeta ta’sir sferasiga kirish tezligini (V_{kir}) topish zarur bo‘ladi. Buning uchun planetaning

ta'sir sferasiga kirish geliosentrik tezligi sifatida KAning mo'ljallangan planetaga yaqinlashish tezligi olinadi. Tashqi planetalarga (Mars, Yupiter, Saturn va boshqalar) KAning yaqinlashish tezligi, bu planetalarning orbital tezliklaridan kichik bo'lgani holda, ichki planetalarga (Merkuriy, Venera) KA ning yaqinlashish tezligi ularning tezligidan katta bo'ladi. Shuning uchun ham KA tashqi planetalarning ta'sir sferasiga old tomondan, ichki planetalar ta'sir sferasiga esa, orqa tomondan kirib boradi. Planetalar ta'sir sferasining o'tish orbitalarining o'lchamlariga nisbatan juda kichikligi tufayli, KAlarning planetaning ta'sir sferasiga kirish tezliklari (V_{kir}), planetaning orbital tezligi bilan deyarli bir to'g'ri chiziqda yotadi deb qarash mumkin. U holda planetasentrik kirish tezligi v_{kir} – geliosentrik kirish tezligi $-V_{kir}$ va mo'ljallangan planetaning orbital tezligi V_{pl} orasida quyidagicha bog'lanish bo'lishini tushunish qiyin emas. Unda tashqi planetalar uchun

$$v_{kir} = V_{pl} - V_{kir} , \quad (25)$$

ichki planetalar uchun esa

$$v_{kir} = V_{kir} - V_{pl} \quad (26)$$

bo'ladi. Umumiy holda bu kattaliklar uchun quyidagi vektorial bog'lanish o'rinli bo'ladi:

$$\vec{v}_{kir} = \vec{V}_{kir} - \vec{V}_{pl} \quad (27)$$

yanada ochiqroq hisoblash talab etilib, V_{kir} va v_{kir} orasida θ burchak (juda kichik) mavjud deb qaralsa, tezliklar uchburchagi yasali, kosinuslar teoremasidan quyidagi tenglamani olamiz:

$$v_{kir}^2 = V_{kir}^2 + V_{pl}^2 - 2V_{kir} \cdot V_{pl} \cdot \cos \theta \quad (28)$$

bu yerdagi V_{kir} tezligining kattaligi, energiyaning saqlanish qonunidan (yoki energiya integralidan) ushbu ifoda orqali topiladi:

$$V_{kir}^2 = V_0^2 - \frac{2K_{\odot}}{R_{\oplus}} \left(1 - \frac{R_{\oplus}}{R_{kir}} \right) \quad (29)$$

Formuladagi $K_{\odot}$ –Quyoshning gravitasion parametri, $R_{\oplus}$ –Yer ta'sir sferasidan chiqishdagi boshlang'ich geliosentrik tezlik, $R_{\oplus} = 1$ a.b. –Yerning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi (boshlang'ich momentda), R_{kir} va $R_{pl,orb}$, mos ravishda, planeta va KAning mo'ljallangan bu planeta ta'sir sferasiga kirish paytidagi Quyoshdan uzoqliklari bo'lib, uni planeta orbitasining radiusi (R_{pl}) sifatida olish mumkin, ya'ni $R_{kir} \approx R_{pl}$.

Agar mo'ljallangan planeta orbitasi aylanadan iborat deb qaralsa, u holda eslatilgan θ burchak, geliosentrik kirish tezligi vektori V_{kir} bilan transversal orasidagi α burchakka mos keladi va uni harakat mikdori momentining saqlanish qonunidan quyidagicha topish mumkin:

$$R_0 V_0 \cos \alpha_0 = R_{pl} V_{kir} \cdot \cos \alpha \quad (30)$$

bu munosabat ixtiyoriy o'tish orbitasi uchun o'rinlidir. Bordi-yu o'tish trayektoriyasi Yer orbitasiga o'rinib o'tsa, u holda $\alpha_0 = 0$ bo'lganidan

$$\cos \theta = \frac{R_{\oplus} V_0}{R_{\text{пл}} V_{\text{кпр}}} \quad (31)$$

ifodadan topiladi. Buning ustiga u mo'ljallangan planeta orbitasiga ham o'rinadigan bo'lsa (ya'ni $\vartheta = 0$), u holda:

$$V_{\text{кпр}} = V_0 \frac{R_{\oplus}}{R_{\text{пл}}} = \frac{V_0 \cdot 1}{R_{\text{пл}} (a \cdot \delta)} \quad (32)$$

Bu formula yordamida topilgan $V_{\text{кпр}}$ ning qiymati 6- jadvalning 7 –ustunida keltirilgan. KA Yerdan uchinchi kosmik tezlik (16,653 km/s) tezlik bilan uchirilsa, uning ixtiyoriy mo'ljallangan planetaning ta'sir sferasiga yaqinlashish geliosentrik tezligi, planetaning orbitasi aylana deb qaralsa

$$V_{\text{кпр}} = V_{\text{пл}} \cdot \sqrt{2} \quad (33)$$

ga teng bo'ladi, u holda (28) tenglama quyidagicha ko'rinish oladi:

$$v_{\text{кпр}} = V_{\text{пл}} \cdot \sqrt{3 - 2\sqrt{2} \cos \theta} \quad (34)$$

$\cos \theta = \frac{V_{\text{пл}}}{V_{\oplus}}$ bo'lganidan (34) tenglama

$$v_{\text{кпр}} = V_{\text{пл}} \cdot \sqrt{3 - 2\sqrt{2} V_{\text{пл}} / V_{\oplus}} \quad (35)$$

quyidagicha ifodalanadi.

KA ni planetaning sirtiga tushirish uchun uning planeta ta'sir sferasiga kirish tezligi yo'nalishini davom ettiruvchi to'g'ri chiziq, planeta markazidan shunday masofadan (bu masofa nishoniy masofa deyiladi) o'tishi kerakki, natijada ta'sir sferasi ichidagi KA trayektoriyasining egilishi, KA ning planeta sirti bilan uchrashuvini (KAni Oyga qo'ndirilgandagi kabi) ta'minlasin.

Boshqacha aytganda, bu o'rinda nishoniy masofa effektiv radiusdan katta bo'lmasligi kerak. Ma'lum tezlik bilan planeta ta'sir sferasiga kirgan KA egilib, planeta sirtiga o'rinib o'tadigan bo'lsa, bunday nishoniy masofa effektiv radius deyilib, uning kattaligi ma'lum planeta uchun ushbu ifodadan topiladi:

$$r_{\varphi\phi}^2 = r_{\text{пл}} \left(\frac{2K_{\text{пл}}}{v_{\text{кпр}}^2} + r_{\text{пл}} \right) \quad (36)$$

yoki

$$r_{\phi\phi}^2 = r_{nl}^2 \left[\left(\frac{v_{\phi\phi}}{v_{kup}} \right)^2 + 1 \right] \quad (37)$$

bu yerda K_{pl} –planetaning gravitasion parametrini, r_{pl} – planeta radiusini, $v_{kir}=v_{\infty}$ planetosentrik kirish (ta'sir sferasiga) tezligini, v_{erk} – planeta sirtidan KAga erkinlik bera oladigan tezlikni (2- kosmik tezlikni) ifodalaydi.

Quyosh sistemasi planetalariga qo'nish ikki yo'l bilan amalga oshiriladi. Bulardan biri atmosferadan xoli bo'lgan Merkuriy va planetalarning yo'ldoshlariga (jumladan Oyga) qo'ndirish yo'li bo'lib, bunda KAning osmon jismi sirtiga tushish tezligi tormozlovchi reaktiv dvigatel yordamida so'ndiriladi. KA ning planeta sirtiga tushish (aniqrog'i urilish) tezligi:

$$v_{yp} = \sqrt{v_{kup}^2 + v_{\phi\phi}^2} \quad (38)$$

ifodadan topiladi.

Atmosferasi mavjud planetaga KA qo'ndirish esa, ko'p hollarda Oydan qaytgan KA ni Yerga qo'ndirishga juda o'xshaydi. Bu planetalarning massalariga va atmosferalarining zichligiga juda bog'liq bo'lib, har bir planeta uchun alohida shart-sharoit mavjud bo'ladi, Planeta atmosferasiga kirish koridorining kengligi ham turlicha talab etiladi. Uchish ekipaj yordamida bajarilgan bo'lsa, kirish koridorining kengligi, ruxsat etilgan peregruzkaga ko'ra (uning koeffitsiyenti shartli ravishda 10 gacha boradi) tanlanadi. Uzoq uchishlarda kosmonavtlar toliqqanligini e'tiborga olib, bu koeffitsiyent 3 va 4 orasida tanlanadi va bu, kirish koridorini keskin toraytirishga olib keladi.

1. Suniy yo'ldosh Yer atrofida $h=3600$ km balandlikda aylanma orbita bo'ylab aylanadi. Yo'ldoshning chiziqli tezligi aniqlansin. Yerning radiusi va Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi ma'lum deb hisoblansin.

2. Oyning ta'sir sferasini (Yerga nisbatan) hisoblab toping. Oyning massasi Yer massasidan 81 marta kichik. Oy bilan Yer orasidagi o'rtacha masofa 384400 km. $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 km^3/s^2$.

3. Yer atrofida sutkalik davr bilan aylanuvchi sinxron va geostatsionar yo'ldoshlar deb qanday yo'ldoshlarga aytiladi. Geostatsionar yo'ldoshlarning davri uning balandligiga ko'ra qanday topiladi.

4. Yer atrofida 10 sutkada aylanuvchi yo'ldoshning katta yarim o'qini hisoblab toping. Agar uning perigeydagi balandligi 500 km bo'lsa, apogeyda qanday balandlikda bo'ladi? ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 km^3/s^2$. $R_{\oplus} = 6400 km$).

5. Biror m massali jismning M massali jismga nisbatan ta'sir sferasi deb qanday sferaga aytiladi? Uning radiusi qanday topiladi?

6. SY orbita tekisligini (SY) 60° ga burishda, SY parametrlarini o'zgartirilmagan holda, burish uchun zarur bo'lgan tezlik impulsi qanday topiladi?

$$(K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$$

7. Yer atrofida aylana orbita bo'ylab harakatlanuvchi SY ning aylanish davri 2 soat. Orbita radiusini toping. ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$

8. Yer SY ning orbita elementlarini sanab o'ting va chizmada ko'rsating.

9. Yer atrofida 200 km balandlikda aylanayotgan SY qanday qo'shimcha tezlik impulsi yordamida Yer ta'sir sferasiga ko'tarila oladi?

$$(r = 930000 \text{ km } K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$$

10. Sialkovskiy formulasi yordamida raketa tezligi uning yoqilg'isining boshlang'ich va qolgan massalariga ko'ra qanday topiladi?

11. Ekvator tekisligida 300 km balandlikda aylanadigan SY ni qutb tekisligida aylanuvchi SY ga aylantirish uchun zaruru bo'lgan tezlik impulsi va uning yo'nalishini toping. ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$

12. Yer atrofida erkin tushayotgan SY ga qanday kuchlar ta'sir qiladi va ular qanday hisoblanadi?

13. Yer atrofida 200 km balandlikda aylanayotgan SY ning tezligini toping. Uni parabolik orbitaga o'tkazish uchun qanday qo'shimcha tezlik talab qilinadi?

$$(K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$$

14. SY yer atrofida 300 km balandlikda harakatlanmoqda. Qanday tezlik impulsi yordamida SY parabolik traektoriyaga o'tkazish mumkin?

$$(r = 930000 \text{ km}, K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$$

15. SY ning tezligi qanday bo'lganida u Yer atrofida geostatsionar orbit bo'ylab aylanadi? ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$

16. Yer atrofida 600 km balandlikda aylanadigan SY qanday tezlik bilan uchmoqda? Bu yo'ldoshni 1600 km balandlikdagi aylanma orbitaga o'tkazish uchun tezliklarning qanday impulslaridan foydalaniladi? ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$

17. Agar yo'ldoshga boshlang'ich 12 km/s boshlang'ich tezlik berib, Yerdan uchirilsa uning cheksizlikdagi ortiqcha tezligi topilsin. Yer atmosferasining qarshiligi hisobga olinmasin. ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$

18. Agar SY ga 200 km balandlikda gorizontaal yo'nalishda $8,3 \text{ km/s}$ tezlik berilgan bo'lsa uning erishgan orbitasi apogeyining balandligi, eksentrisitetini va yo'ldoshning aylanish davrini toping. ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{\oplus} = 6400 \text{ km}).$

19. Oy sirtidan 250 km balandlikda uning atrofida aylanayotgan sun'iy yo'ldoshning tezligi qanchaga teng? ($K_{oy} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{oy} = 1750 \text{ km}).$

20. Oy ta'sir sferasiga $0,8 \text{ km/s}$ seliosentrik tezlik bilan kirgan KA ning effektiv radiusi hisoblansin. Bunday KA Oy sirti yaqinidan ($h=20 \text{ km}$) o'tayotganda qanday tezlikka erishadi? ($K_{oy} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2. R_{oy} = 1750 \text{ km}).$

21. Yerning ta'sir sferasi chegarasigacha Yer sirtidan yarim elliptik traektoriya bilan boruvchi KA Yerdan qanday tezlik bilan ko'tarilishi kerak? Yer ta'sir sferasi chegarasida (ya'ni orbitaning apogeyida) uning tezligi qanchaga teng bo'ladi?

$$(r = 930000 \text{ km } K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2, R_{\oplus} = 6400 \text{ km}.)$$

22. Yerdan Veneraga gomon traektoriyasi bo'yicha uchish uchun KA Yerdan qanday tezlik bilan ko'tarilishi lozim? Uchish vaqti qanchaga teng bo'lishini hisoblang? ($K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2, R_{\oplus} = 6400 \text{ km}.$)

23. Oy ta'sir sferasiga 0,15 km/s seliosentrik tezlik bilan kirayotgan KA uchun effektiv radius kattaligini toping? $K_{oy} = 4,9 \cdot 10^3 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}, R_{oy} = 1750 \text{ km}.$

24. Yer atrofida 7000 km li radius bo'ylab aylanuvchi yo'ldoshni 10 000 km li aylanma orbitaga yarim elliptik orbita orqali o'tkazish uchun zarur bo'lgan tezliklar impulsini toping? $R_{\oplus} = 6400 \text{ km } K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}.$

25. Yerning Janubiy va Shimoliy qutblaridan bir vaqtda ikkita raketa bir xil tezliklar bilan gorizonta yo'nalishda harakatga keltirildi. $\tau = 3 \text{ soat } 20 \text{ min}$ vaqtda raketalar bir-biridan maksimal uzoqlikda bo'ldilar. Raketalar orasidagi maksimal masofani aniqlang. Yer sirtida erkin tushish tezlanishi ma'lum deb oling. $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}, K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}.$

26. Oy sirtidan 250 km balandlikda uning atrofida aylanayotgan SY ning tezligi qanchaga teng? U Oyga nisbatan parabolic orbitaga o'tish uchun qancha qo'shimcha tezlik berish kerak bo'ladi? $K_{oy} = 4,9 \cdot 10^3 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}, R_{oy} = 1750 \text{ km}.$

27. Perigeyning balandligi 600 km apogeyning balandligi 1600 km bo'lgan qubiy yo'doshning, balandligi 1600 km ekvator tekisligida yotuvchi orbitaga o'tkazish uchun zarur bo'lgan tezliklar impulsini hisoblang? $R_{\oplus} = 6400 \text{ km } K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}.$

28. Gomon traektoriyasi bo'yicha KA Marsga uchish uchun u Yerdan qanday tezlik bilan ko'tarilishi zarur bo'ladi? Bunda uchish uchun qancha vaqt ketadi?

$$R_{\oplus} = 6400 \text{ km } K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}, r_m = 230 \cdot 10^6 \text{ km}, K_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}.$$

29. 100 000 km radiusli Yer atrofidagi aylanma orbitaga ikki impulsli manyovr yordamida chiqarilgan SY traektoriyasining hisob-kitobini chiqaring. Bu yo'ldoshni aylanish davrini hisoblang. $R_{\oplus} = 6400 \text{ km } K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2},$

30. Yerdan 11 km/s tezlik bilan 180° li uzoqlik burchagi astida Oyga uchirilgan yo'ldoshning Oy orbitasiga urinish paytidagi geosentrik tezligi topilsin. Bu paytda uning ostidan kelayotgan (Oy orbitasida), Oyga nisbatan KA ning seliosentrik tezligi qanday bo'ladi? $R_{\oplus} = 6400 \text{ km } K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}, K_{oy} = 4,9 \cdot 10^3 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}, R_{oy} = 1750 \text{ km}.$

31. Yer atrofida 600 km balandlikda aylanayotgan qutbiy yoʻldoshni ekvator tekisligida huddi shunday balandlikda aylanayotgan yoʻldoshga aylantirish uchun zarur boʻlgan tezliklar impulsini toping? $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}$ $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$,

32. KA Yer taʼsir sferasi chegarasiga yetganda Quyoshga nisbatan tezligi $v = 0$ boʻlishi uchun u Yerdan qanday tezlik bilan koʻtarilmogʻi lozim. Taʼsir sferasi chegarasida uning Yerga nisbatan tezligi qanday boʻladi?
 $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}$ $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$,

33. Yerdan Oyga 180° li uzoqlik burchagi bilan uchish uchun KA qanday boshlangʻich tezlik bilan Yerdan koʻtarilmogʻi lozimligini hisoblang?
 $K_{Oy} = 4,9 \cdot 10^3 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$, $R_{Oy} = 1750 \text{ km}$.

34. Agar YSY ekvator tekisligiga ogʻma ravishda (60° burchak ostida) 600 km balandlikda aylanayotgan boʻlsa, uning orbitasini geostatsionar orbitaga aylantirish uchun zarur boʻlgan tezliklar impulsini hisoblang. $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}$

$$K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}.$$

35. Yerdan Oyga 11,19 km/s tezlik bilan uchirilgan KA Oy orbitasiga yetganda apogey nuqtasigacha koʻtarilsa, bu nuqtada u qanday tezlik bilan harakatlanadi? Agar bu nuqtada u Oyning taʼsir sferasiga kirsam, uning oyga nisbatan tezligi qanday boʻladi?

$$R_{\oplus} = 6400 \text{ km}, K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}, K_{Oy} = 4,9 \cdot 10^3 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2},$$

$$r = 66\,000 \text{ km}, R_{Oy} = 1750 \text{ km}.$$

36. Kometa orbitasining afeliyi Quyoshdan 60 a.b. masofada, perigeliyi esa 4 a.b. masofada boʻlsin. Yerdan uchirilgan KA kometa orbitasining afeliy nuqtasida (uzoqlik burchagi 180°) uni quvib oʻtganda, gelio sentrik tezligi qanday boʻladi?

37. Merkuriyning Quyoshga nisbatan taʼsir sferasi topilsin?

38. Yerdan moʻljallangan orbitaga ($r_{mol} = 30000 \text{ km}$) SY ni 2 impulsli va 3 impulsli manyovr yordamida chiqarishda tezliklar impulsleri yigʻindisini solishtirib, ulardan qay biri tejamli ekanligini aniqlang?

$$R_{\oplus} = 6400 \text{ km}, K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2},$$

39. Yer sirtidan uning taʼsir sferasi chegarasiga yerim elliptik orbita bilan borgan SY qancha vaqt uchgan? $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}$, $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$,

40. Gomon orbitasi boʻyicha Marsga uchirish uchun planetalar aro kosmik apparat (PKA) Yerdan qanday tezlik bilan koʻtarilishini hisoblang. Mars orbitasining radiusi 228 mln. km taʼsir sferasining radiusi esa 577 000 km Yerning va Marsning orbital tezliklari mos ravishda 30 km/s va 24 km/s. $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$, $K_m = 4,3 \cdot 10^4 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$, $K_{\odot} = 1,37 \cdot 10^{11} \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$,

41. Yer atrofida 600 km balandlikda aylanayotgan qutbiy yoʻldoshning orbitasini 60° ga burib toʻgʻri yoʻldoshga aylantirish uchun zarur boʻlgan impuls

yig'indisini toping. Kosmik apparat Oy orbitasiga urinish nuqtasida (ya'ni afeliyida) qanday tezlikka erishadi. Oyga boorish uchun qancha vaqt ketadi?

42. Oy ta'sir sferasiga 0,8 km/s seliosentrik tezlik bilan kirgan kosmik apparat uchun effektiv radius kattaligi topilsin. Bunday kosmik apparatning ta'sir sferasi ichidagi traektoriyasi qanday ko'rinishda bo'ladi. U Oy sirtiga urinib turganda ($h=0$) uning tezligi qanchaga teng bo'ladi? ($K_{Oy} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$, $R_{Oy} = 1750 \text{ km}$, $r = 66\,000 \text{ km}$).

43. Yerdan Venera tomon traektoriyasi bo'yicha Oy uchishi uchun u Yerdan qanday tezlik bilan ko'tarilishi lozim. Bunda Veneraga boorish uchun qancha vaqt ketishini hisoblang. $K_{Oy} = 4,9 \cdot \frac{10^3 \text{ km}^3}{\text{s}^2}$, $v_{\oplus} = 30 \text{ km/s}$, $v_{II} = 11,2 \text{ km/s}$, $K_{\odot} = 1,37 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$, $r_{\oplus} = 925000 \text{ km}$, $R_{or.Ven} = 108 \cdot 10^6 \text{ km}$,

44. Oy sirtidan 250 km balandlikda uning atrofida aylanayotgan suniy yo'ldosh tezligi qancha bo'ladi. Bunday yo'ldoshni elliptik orbitadan parabolik orbitaga o'tkazish uchun unga qancha qo'shimcha tezlik berish kerak bo'ladi? $K_{Oy} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$, $R_{Oy} = 1750 \text{ km}$

45. Yer atrofida 200 km balandlikda aylanayotgan SYni qanday kattalikdagi qo'shimcha tezlik yordamida Yerning ta'sir sferasigacha balandlikka ko'tarish mumkun bo'ladi. $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}$, $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$, Yerning ta'sir sferasi radiusi $r_{\oplus} = 925000 \text{ km}$.

46. 200 km balandlikda aylanuvchi "Molniya-1" aloqa yo'ldoshini ($i = 65^\circ$) shu tekislikda yarim sutkalik davr bilan aylanuvchi elliptik orbitaga o'tkazish uchun qanday qo'shimcha tezlik impulsi talab etiladi? Bunda qo'shimcha tezlik o'tkazilmoqchi bo'lgan elliptik orbitani Yerning shimoliy kengliklarining tepasidan joy olishi uchun xarakteristik tezlik kattaligini orbitaning qanday nuqtasida berish ma'qulligini aniqlang?

47. Keltirilgan gradiyentga ko'ra raketaning birinchi bosqichi ishlayotganda yonilg'i maxsulotining soplodan chiqish tezligi 3 km/s, ikkinchi bosqich ishlayotganda esa -4 km/s bo'lsa, ikki bosqichli bu raketa uchun xarakteristik tezlik kattaligini toping.

48. Oyning ta'sir sferasiga 1 km/s tezlik bilan kirgan "Luna – 10" KA ni Oyning SY ga aylantirish uchun berilgan tormozlovchi tezlik kattaligi Oy ta'sir sferasi ichidagi giperbolik traektoriyasining birinchi yarmida berilgan deb qaralib, uning kattaligi topilsin. Bunda yo'ldosh orbitasining radiusi, giperbolik traektoriyasining pereselenilsi radius-vektoriga teng deb qaralsin. $K_{Oy} = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$, $R_{Oy} = 1750 \text{ km}$, $r = 66\,000 \text{ km}$

49. Yupiterning orbital tezligi 13,06 km/s deb qarab, uning orbitasiga 7,415 km/s geliosentrik tezlik bilan borgan planetalararo kosmik stansiyaning planeta tasir sferasiga kirish tezligi va uning sirtiga urilish tezligi topilsin. Yupiterning radiusi 69 400 km, ta'sir sferasi radiusi $R_V = 48,2 \cdot 10^6 \text{ km}$.

50. Yupiterning orbital tezligi 13,06 km/s deb qarab, uning orbitasiga 7,415 km/s geliosentrik tezlik bilan borgan planetalararo kosmik stansiyaning planeta tasir sferasiga kirish tezligi, ta'sir sferasi ichida giperbolik traektoriya bo'ylab harakatlanib uning sirtiga urinib o'tayotganda planetaning SY ga aylantrish uchun zarur bo'lgan tormozlovchi tezlik impulsining kattaligi hisoblansin. Yupiterning radiusi 69 400 km, ta'sir sferasi radiusi $R_V = 48,2 \cdot 10^6 \text{ km}$.

51. SY Yer atrofidagi 200 km balandlikdagi orbitadan Oyga uchish elliptik orbita bo'ylab uchirilsa, ellipsning katta yarim o'qi, bu elliptik traektoriyaning perigey va apogeyidagi tezliklari, yo'ldoshning Oyga nisbatan tezligi va Oyga uchib boorish vaqti topilsin.

52. Oyga uchirilgan "Luna 10" kosmik apparati Oyning ta'sir sferasi ichida tormozlovchi manyovrdan so'ng pereselenilsining balandligi 350 km aposelensining balandligi 1017 km bo'lgan elliptik orbitaga (Oyning SY ga) aylantrildi. Bu orbitaning katta yarim o'qi eksentrisiteti va aylanish davri topilsin.

53. Oy atrofida aposemensining balandligi 1050 km peresemensining balandligi 250 km bo'lgan orbitaga chiqarilgan yo'ldoshning aposemniye va perisemniye nuqtalardagi tezliklari va aylanish davri topilsin.

54. 200 km balandlikda aylanma orbitada uchuvchi yo'ldosh yarim elliptik orbita bo'ylab ko'tarilib, 234 km balandlikda aylanma orbitada harakatlanayotgan yo'ldosh bilan o'tish orbitasining apogeyida uchrashishi uchun qanday geliosentrik burchak ostida bo'lishlari talab etiladi.

55. Yer atrofida 600 km balandlikda kutish orbitasida harakatlanayotgan aktiv SY ni 1600 km balandlikda harakatlanayotgan passiv yo'ldosh bilan uchrashtirish uchun yarim elliptik traektoriyadan foydalanilsa, passiv yo'ldoshga nisbatan qanday boshlang'ich konfiguratsiyaga teng bo'lganda qanday qo'shimcha Δv tezlik bilan start olshini hisoblang. $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}$, $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$,

56. 21- mart kuni $\varphi = 50^\circ$ li kenglamada 200 km balandlikdan gorizontal yo'nalishda 8,3 km/s tezlik bilan uchirilgan, Yer suniy yo'ldoshining orbita elementlari topilsin.

57. 200 km balandlikda orbita bo'ylab harakatlanayotgan YSY ni balandligi 234 km bo'lgan aylanma orbitaga o'tkazish uchun (yarim elliptik traektoriya bo'ylab) zarur bo'lgan xarakteristik tezlik qiymati topilsin.

58. Yer sirtidan 200 km balandlikda aylanma orbita bo'ylab harakatlanayotgan YSY ni elliptik statsionar orbitaga yarim elliptik traektoriya bo'ylab o'tkazish uchun zarur bo'lgan xarakteristik tezlikning qiymati topilsin. $R_{\oplus} = 6400 \text{ km}$, $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$, $T = 24 \text{ soat}$.

59. Agar yo'ldoshga boshlang'ich 12 km/s tezlik berib Yerdan uchirilsa, uning cheksizlikdagi ortiqcha tezligi aniqlansin. Yer atmosferasining qarshiligi hisobga olinmasin.

60. Marsning Quyoshga nisbatan ta'sir sfera radiusi topilsin. Quyosh massasining Mars massasiga nisbati 3098710 ni tashkil etadi. Mars orbitasining o'rtacha radiusi 228 000 000 km.

61. Agar SY ga 200 km balandlikda gorizontal yo'nalishda 8,3 km/s tezlik berilgan bo'lsa, uning erishgan orbitasining apogeyining balandligi, eksentrisiteti va yo'ldoshning aylanish davri topilsin.

62. Yer sirtidan vertikal yo'nalishda ko'tarilgan raketaning boshlang'ich tezligi 7 km/s uning yer sirtidan maksimal ko'tarilish balandligi topilsin. Atmosfera qarshiligi hisobga olinmasin. $R_{\oplus} = 6370 \text{ km}$.

63. 600 km balandlikkacha ko'tarilgan geofizik raketa qaytib tushganda Yerga qanday tezlik bilan uriladi. Atmosfera qarshiligi hisobga olinmasin.

III-BOB. ASTROFIZIKA ASOSLARI

1-§. Nurlanish qonunlari. Yulduziy kattaliklar

Asosiy yorug'lik kattaliklari yorug'lik kuchi, oqim, yoritilganlik, ravshanlik, yorqinlik hisoblanadi.

Kirxgof qoninu: jismning yutish qobiliyatiga uning nurlanish qobiliyati nisbati haroratning universal funksiyasidir:

$$a/e=B(\lambda,T).$$

Absolyut qora jism uchun (issiqlik muvozanati holatida bo'lgan) $a=1$, uning nurlanishi esa Plank funksiyasiga bo'ysunadi

$$B(\lambda,T) = \frac{2\pi h \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \text{ - chastotalarda, yoki}$$

$$B(\lambda,T) = \frac{2\pi h c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \text{ - to'liq uzunliklarda.}$$

Oxirgi holatni juda kichik yoki juda katta to'liq uzunliklarda qaraydigan bo'lsak, undan Vinn va Reley-Jins formulalarini olish mumkin. Plank funksiyasini hamma chastotalarda integrallasak, Stefan-Bolsman formulasini olamiz.

Ko'rinma yulduziy kattaligi quyidagi ifoda orqali topiladi:

$$m = -\log_{2,512} H + const.$$

Yulduziy kattaliklar farqi esa Pogson formulasidan aniqlanadi:

$$m_1 - m_2 = -2,5 \lg \frac{E_1}{E_2}.$$

Pikering usulida $a k V l b$ deb yozilganda va bunda $k+l=10$ bo'lganda osmon sferasida bir-biriga yaqin joylashgan hamda yulduziy kattaligi ma'lum bo'lgan yulduzlarga taqqoslash orqali osmon yoritqichining ravshanligini ko'z bilan chamalashga imkon beradi:

$$m_V = m_a + k \frac{m_b - m_a}{10}.$$

1. O'lchamlari bir xil bo'lgan ikkita yulduzning haroratlari 2 marta farqlanadi. Ularning yoritilganligi, spektrning maksimumiga to'g'ri keladigan to'liq uzunligi qanday farq qiladi?

2. 8-chi yulduz kattalikdagi yulduz beradigan $1,4 \cdot 10^{-9}$ lyuks yoritilganlikni hosil qilish uchun xalqaro shamni qanday masofaga joylashtirish lozim bo'ladi (havo tomonidan yorug'lik yutilishi hisobga olinmasin)?

3. Nima uchun bitta qorajism fotonining o'rtacha energiyasi $(3/2)kT$ ga teng emas? Uni toping.

4. Plank egri chiziq maksimumidagi qorajismli intensivlik $B_\lambda(T)$ Vin yaqinlashuvidan foydalanilganda juda yaxshi chamalanadi. Nima uchun shunday bo'lishini tushuntiring va xatoligini chamalab ko'ring, Maksimumdan qanchalik

uzoqda, ya'ni, $\lambda > \lambda_{\max}$ sohada Vin yaqinlashuvidan foydalanish mumkin bo'ladi? T ortib borishi bilan $B_{\lambda}(T)$ maksimumda qanday o'sadi?

5. Turli harorat qiymatlariga mos keluvchi to'liq uzunliklar shkalasidagi Plank egri chiziqlari to'plamini olib ko'ring. Ular kesishmasligini, bunda yuqoriroq haroratga mos keladiganlari yuqoriroq joylashishini isbotlang. Nega harorat qanchalik yuqori bo'lsa bu Plank egri chiziqlaridagi maksimumlar shunchalik "uchli" bo'lib boradi? Harorat ortishi bilan chastotalar shkalasidagi Plank egri chiziqlarining shakli qahday o'zgarib boradi?

6. Qorajism intensivligi $B_{\lambda}(T)$ ni $T=T_0$ atrofidagi haroratga bog'lanishning darajaviy approksimatsiyasini oling.

7. Yulduzlararo vodorod chizig'i $H10_{\alpha}$ ni (elektronning 11-dan 10-chi satxga o'tishi) Yerdan turib kuzatsa bo'ladimi?

8. Vodorodning rekombinatsion radio chizig'i $H n_{\alpha}$ ($n > 1$) ning to'liq uzunligini chamalab ko'ring.

9. Vodorodning rekombinatsion radiochiziqlari n_{α} , n_{β} , n_{γ} , n_{δ} chastota bo'yicha ekvidistant ekanligini isbotlang.

10. $\lambda = 5000 \text{ \AA}$ to'liq uzunlikdagi nurlanish ikkinchi satxda joylashgan vodorod atomlarini ionlashtira oladimi?

11. 1-yulduz kattaligidagi yulduz ko'zga ko'rinuvchi eng xira yulduzdan (ya'ni 6-yulduz kattaligidagi yulduzdan) necha marta yorug'roq?

12. Agarda 4-yulduz kattaligidagi yulduzgacha bo'lgan masofani ikki marta kamaytirsak, uning ko'rinma yulduz kattaligi qanday bo'ladi?

13. 1-yulduz kattaligidagi bitta yulduz beradigan yorug'likni 6-chi, 5-chi, 4-chi va 3-chi yulduz kattaligidagi nechta yulduz beraoladi?

14. Teleskopda bir xil ravshanlikka ega va bir-biriga juda yaqin joylashgan yulduz ko'rinmoqda. "Qurollanmagan" ko'zga ular bitta bo'lib qo'shilib ketgan. Ularning natijaviy ravshanligi har birining yulduz kattaligidan qanchaga farqlanadi?

15. Qandaydir yulduzning deyarli o'zgarmas haroratda, ya'ni, yulduz yuza birligidagi yorqinlik o'zgarmasligida, davriy pulsatsiya sodir etilayotgan bo'lsin. Pulsatsiya vaqtidagi chetki holatlarida yulduz radiuslari nisbatlari 1:2 ga teng. Yulduzning yulduz kattaliklardagi natijaviy ravshanligi o'zgarish amplitudasi nimaga teng?

16. Kuzatuvlarning quyidagi yozuvlaridan o'zgaruvchan yulduzning yulduz kattaligini aniqlang (4 ta aloxida kuzatuvlardan o'rtachasini olish kerak):

$$a7v3b, a9v1d, c8v2d, c7v3b.$$

17. Yerdagi eng yirik teleskoplar (xususan, dunyoda eng katta 10 metrli Keka teleskoplari) orqali 28^m yulduz kattaligidagi yulduzlarni kuzatsa bo'ladi. U yulduzlar "qurollanmagan" ko'zga ko'rinadigan eng xira yulduzlarga nisbatan qanchalik xira (zaif)?

18. Yorituvchanligi bir xil ikkita yulduzlarning yulduz kattaliklari ayirmasi $2^m,5$ ga teng. Biri ikkinchisidan qanchalik uzoqda joylashgan?

19. Sayyoraning ro'baro' turishdagi yulduz kattaligi birlashishdagiga nisbatan $3^m,43$ ga kichik. Bu qaysi sayyora bo'lishi mumkin?

20. To'siluvchan qo'shaloq sistema bir xil komponentalarga ega. Bitta komponenta to'liq to'silgan momentida sistemaning ravshanligi necha yulduz kattalikka o'zgaradi?

21. 100-vattli lampochka 0-chi yulduz kattalikdagi yulduz bo'lib ko'rinishi uchun uni qanday masofada joylashtirish lozim bo'ladi?

§ 2. Yoritkichning yoritilganligi.

Yoritkichning yoritilganligi E uning ko'rinma yulduziy kattaligi m bilan xarakterlanadi. Xar bir yoritkich, aniqlanish usuliga qarabhar xil ko'rinma yulduziy kattalikka ega bo'lishi mumkin: vizual yulduziy kattaligi m_v , fotovizual yulduziy kattaligi m_{PV} , fotoelektrik V (Sariq) B (ko'k) v U (ultrabinafsha) ranglardagi yulduziy kattaliklar, bolometrik yulduziy kattalik m_b va hokazolar.

Ikkita yoritkich yoritilganliklarini nisbati ularning ko'rinma yulduziy kattaliklari m_1 va m_2 bilan Pogson formulasi orqali bog'langandir:

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_2 - m_1)$$

orqali bog'langandir.

$$C = m_{pg} - m_v = m_{pg} - m_{PV}$$

farq, oddiy rang ko'rsatkichi, (B-V) farq asosiy rang ko'rsatkichi, (U-V) farq esa ultrafiolet rang ko'rsatkichi deyiladi, lekin ko'pincha ultrafiolet rang ko'rsatkich deganda (U-B) farqni ham nazarda tutadilar.

Sayyoralar va ularning yo'ldoshlari Quyoshning akslangan nurlari bilan yopayorug' bo'lib ko'rinadi va shuning uchun ularning to'la fazalaridagi yoritilganligi

$$E = k \cdot A \cdot \frac{d^2}{r^2 \rho^2}$$

formula bilan aniqlanadi, bunda k Quyosh yoritilganligini, va o'lchash birliklar sistemasini hisobga oluvchi koeffisient, A sferik albedo (* jismga tushayotgan yorug'likni kancha qismini jism tomonidan aks ettirishini ko'rsatuvchi kattalik), d - jismning chiziqli diametri, r - geliostentrik masofa va ρ - kuzatuvchidan masofa; bu masofalar yoki kilometrlarda yoki astronomik birliklarda ($1 \text{ a. b.} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$) ifodalanadi.

Yulduzlargacha bo'lgan masofa parseklarda ulchanadi (pk) ba'zi hollarda - yorug'lik yillarida o'lchanadi;

$1 \text{ pk} = 206265 \text{ a. b.} = 3,26 \text{ yor.yiliga tengdir.}$

Parseklarda ifodalangan yulduz masofa va yoy sekundlarida o'lchangan ("), uning yillik parallaksi π , o'zaroquyidagicha bog'langan:

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

Xar bir yulduzning yoritilganligi E uning yorqinligi L -ga to'g'ri proporsional va kuzatuvchidan yulduzgacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proporsional

ekanligini xisobga olsak, u vaqtda ikkita yulduz yorqinliklarining nisbati quyidagicha bo'ladi:

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{\pi_2^2}{\pi_1^2}$$

1. Arktur (α Ho'kiz boqar) yulduzining visual yoritilganligi $+0^m,24$, α Andromedava η Sunbula yulduzlariniki mosravishda $+2^m,15$ va $4^m,00$ bo'lsa, Arktur yulduzi qolgan yulduzlarnikidan necha marta yorug'roq?

2. E Oqqush, γ Suv quyuvchi, Sirius (α Katta it) yulduzlarining vizual yoritilganliklari mos ravishda $+2^m,64$, $+3^m,97$ va $-1^m, 58$ bo'lsa, ε Oqqush, γ Suv quyuvchi yulduzlari Siriusdan necha marta xiraroqdir?

3. Agar Marsning vizual yulduziy kattaligi $+2^m, 0$ dan $-2^m, 6$ chegarasida o'zgarib turishi ma'lum bo'lsa, uning yoritilganligi necha marta o'zgaradi?

4. Yoritilganligi buyicha 10,100 va 1000 marta farqqiluvchi yulduzlarning bir jinsli yulduziy kattaliklarining farqi topilsin.

5. Umumiy soni taqriban 26700 ta bo'lgan sakkizinchi ko'rinma yulduziy kattaliklarga ega bo'lgan barcha yulduzlar tarqatayotgan yorug'likni, no'linchi ko'rinma yulduziy kattaliklarga ega bo'lgan nechta yulduzlar bilan almashtirish mumkin?

6. Altair (α Burgut) yulduzining yoritilganligi $+0^m,89$ ga teng, teleskoplarda ko'rish imkoniyati bo'lgan, yoritilganliklari ($+22^m, 5$) bo'lgan eng xira yulduzlarning yoritilganliklari Altair yulduzining yoritilganligidan necha marta xira bo'ladi?

7. Polluks (β Egizak) yulduzining yoritilganligi $+ 1^m, 21$ ga, Altair (α Burgut)niki $+0^m,89$ ga va Rigel (β Orion)niki $+ 0^m, 34$ ga teng. Shu yulduzlarning fotografik yulduziy kattaliklari mos ravishda $+2^m,46$, $+ 1^m, 13$ va $+ 0^m, 17$ larga teng. Bu yulduzlarning xar biri uchun oddiy rang ko'rsatkichini aniqlang, vizual va fotografik nurlardagi nurlanish intensivliklarining nisbatini aniqlang.

8. Sariq rangdagi fotoelektrik yulduziy kattaliklarda Vega (α Lira)niki $+ 0^m, 03$, Aldebaaranniki (α Buzoq) $+ 0^m, 86$ va Spika (α Sunbula)niki $+0^m,97$ ga teng. Bu yulduzlarning asosiy rang ko'rsatkichlari $0^m, 00$, $+1^m, 54$ va $- 0^m, 23$ ga teng, ultrabinafsharang ko'rsatkichlari $0^m,00,+3^m,46$ va $-1^m 7$ ga teng. Berilgan xar bir yulduzning ko'k va ultrabinafsha yulduziy kattaliklari topilsin.

9. Oldingi masalada kursatilgan xar bir yulduz uchun turli xil nurlardagi yoritilganliklarining nisbatini toping.

10. Agarda Quyoshning asosiy rang ko'rsatkichi $+0^m, 63$ ga teng bo'lsa, uning yoritilganligi vizual ($-26^m, 78$) va fotografik ($-26^m, 21$) nurlarda necha marta, va Sariq va ko'knurlarda necha marta farq kiladi. Qavslarda Quyoshning ko'rinma yulduziy kattaligi kursatilgan.

11. Yulduz ikki, to'rt va marta uzoqlashganda, uning ko'rinma yulduziy kattaligi qanchaga o'zgaradi va uning xaqiqiy masofasi shu tartibda kamaygandachi?

12. Proston (α Kichik It) yulduzining fotografik yoritilganligi $0^m,88$ ga teng. Yerdan shu yulduzgacha bo'lgan masofani besh va 10 marta orttirgandagi shuningdek, shu masofani uch va olti marta kamaytirgandagi vizual yoritilganliklarini toping.

13. Oyning to'lin oy paytidagi yoritilganligi $-12^m,7$, birinchi chorakdagi yoritilganligi $-9^m,2$ bo'lsa, uning Yerga xosil qiladigan yoritilganliklarining nisbatini aniqlang.

14. Agarda to'lin Oy vizual yoritilganligi $-12^m, 7$ ga, Quyoshning vizual yulduziy kattaligi $-26^m, 8$ bo'lsa, to'lin Oy necha marta Quyoshga nisbatan xiraroqnur sochadi?

15. Osmonning eng yorug' yulduzi bo'lgan Sirius (α Katta It)ning ko'rinma yulduziy kattaligi $-1^m,58$ ga teng bo'lsa, Yerning Quyoshdan ($+26^m, 28$) oladigan yorug'ligi, Siriusdan oladigan yorug'ligidan necha marta ko'pbo'ladi?

16. Merkuriy, Mars va Pluton sayyoralaridan Quyoshning burchakli diametri va ko'rinma vizual yulduziy kattaligini hisoblang va bu sayyoralarning Quyosh bilan yoritilganliklarini Yerning yoritilganligiga nisbatan aniqlang. Bu sayyoralarning Quyoshdan masofalari mos ravishda 0,387 a.b., 1,524 a.b. va 39,5 a.b.ga teng. Yer sirtidan ko'rinadigan Quyoshning burchakli diametri $32'$ ga, vizual yoritilganligi $-26^m, 78$ ga teng.

17. Marsning o'rtacha ro'baro'turish davrida uning yo'ldoshlari Yerdan yulduzsimon ob'ektlar $+11^m, 6$ (Fobos) va $+12^m,8$ (Deymos) bo'libko'rinadi. Agar Fobosning o'rtacha ko'ndalangligi 21 km ga, Deymosniki 12 km ga teng bo'lib, ular sayyora atrofida mos ravishda 9400 km va 23500 km masofada aylansa, Marsdan to'la faza paytida kuzatganda bu yo'ldoshlarning takribiy burchakli ulchamlari va yoritilganligini toping. Marsning o'rtacha geliostentrik masofasi 1,524 a.b., uning radiusi - 3400 km ga teng. Kuzatganda ularning takribiy burchakli o'lchamlari va ravshanliklarini toping, agarda Fobosning o'rtachadiametri 21 km, Deymosniki - 12 km va bu yo'ldoshlar Sayyora atrofida 9400 km va 23500 km masofalarda joylashib aylansa.

18. Oldingi masala berilganlaridan va Mars orbitasining eksstentrisiteti 0,0934 ga teng ekanligidan foydalanib, Mars yo'ldoshlarining yoritilganliklarini sayyora orbitasining eng uzoq (afeliy) ro'baro'turishida, eng yaqin (perigel) va afeliy qo'shilish holatlarida bo'lganda hisoblang.

19. Oyning diametri Yernikidan 3,67 marta kichik; Yerning sferik albedosi 0,39 ga teng, Oyniki esa 0,07. Geosentrik 384400 km masofada to'lin Oyning yoritilganligi $-12^m, 7$ ga teng. Quyoshdan kuzatganda Yer va Oy qandayko'rinadi?

20. Ko'rinma vizual yulduziy kattaligi $-1^m, 58$ ga teng bo'lgan Sirius (α Katta It) yulduzi, vizual yoritilganligi $+3^m, 85$ bo'lgan Ilon yuldo'ziga nisbatan Yerga 20 marta

yaqinroq joylashgan. Shu yulduzlardan qaysi biri va necha marta bizga ravshanroqbo‘libko‘rinadi va ularning yorqinliklarining nisbati nimaga teng?

21. Oldingi masalani α Burgut yulduzining yoritilganligi $+0^m,89$ ga, parallaksi $0',198$ ga teng bo‘lganda, α Orion yulduziniki esa mos ravishda $+3^m,78$ va $0',002$ ga teng bo‘lganda yeching.

22. Qutbiy (α Kichik Ayiq), Mistar (ϵ , Katta Ayiq) va Kapteyn yulduzlarining parallakslari mos ravishda $0'',005$, $0'',037$ va $0'',251$. Bu yulduzlargacha bo‘lgan masofalarni parseklarda vayorug‘lik yillarda ifodalang.

23. Deneba (α Oqqush) yulduzidan Yergacha masofani yorug‘lik 815 yilda, Aldebaran (α Ho‘kiz)dan - 67,9 yilda, Toliman (α Stentavr) yulduzidan - 4,34 yilda keladi. Bu yulduzlarning yillik parallakslari nimaga teng?

3-§. Astronomik asboblari va usullari

Teleskon xarakteristikalarini: D – obyektiv diametri; $\mu \approx \alpha/l$ – tasvir masshtabi, bu erda α - obyektning burchak o‘lchami, l – tasvirning chiziqli o‘lchami; F – obyektivning fokus masofasi; $\delta \approx \lambda/D$ – ajrata olish kuchi; $m=F/D=f$ – fokal munosabat yoki, uning o‘rniga yorug‘lik kuchi yoiniki nisbiy tirgich $A=1/m$ ko‘rsatiladi; f_0 – okulyarning fokus masofasi; $W=D/d=F/f_0$ – teleskopning kattalashtirishi; $m=7,5+5lgD$ - farqlash kuchi, u butkul ochiq qorong‘u tunda muayyan teleskop orqali kuzatish mumkin bo‘lgan chegaraviy yulduziy kattalikni ko‘rsatadi (D - santimetrlarda).

Spektral apparatlarning xarakteristikalarini:

- spectral ajrataolish kuchi: $R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$,

bu yerda $\Delta\lambda$ - alohida bo‘lib qayd etiladigan bir-biriga yaqin chiziqlarni ajratib turuvchi minimal oraliq;

- burchak dispersiya: $C = \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda}$,

$\Delta\alpha$ - dispersiyalovchi elementdan o‘tgan va λ dan $\Delta\lambda$ ga farqlanuvchi ikkita parallel dasta orasidagi burchak;

- chiziqliy dispersiya: $C' = f \frac{\Delta\alpha}{\Delta\lambda}$ - kameraning fokal tekisligidagi spektr masshtabi, f – kameraning fokus masofasi.

Dopler effekti:

Yorug‘lik manbaning ko‘rish nuri bo‘ylab kuzatuvchiga nisbatan harakatlanishi yoritqichlar spektridagi spektral chiziqlarni ularning normal joylaridan (kuzatuvchiga nisbatan qo‘zg‘almas yorug‘lik manba spektrida) silgishiga olib keladi:

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{v}{c},$$

c – yorug‘lik tezligi, v – yoritqich tezligi. $\Delta\lambda > 0$ hol “qizilga siljish”ga mos keladi, yani yoritqich kuzatuvchidan uzoqlashayotgan bo‘ladi.

.....
1. Astrografning fokusiga o‘rnatilgan oynada Oy 5 smli tasvir bo‘lib ko‘rinadi. Ushbu astrografning focus masofasi nimaga teng?

2. Qo‘shaloq yulduz komponentalari orasidagi minimal burchak masofa diametrlari 20 sm va 1 m bo‘lgan teleskoplarda qanday bo‘lishi mumkin?

3. Fashistlar tomonidan buzilishidan oldin Pulkovo rasadxonasida ishlagan obyektivi 75 sm li teleskopning ajrata olish va farqlash kuchlari qanday bo‘lgan?

4. Obyektivning fokus masofasi 160 sm bo‘lganda okulyar 200 marta kattalashtirsa, fokus masofasi 12 m bo‘lgan obyektivdan foydalanilganda kattalashtirish nimaga teng bo‘ladi?

5. Teleskopning ajrataolish kuchi formulasidan foydalangan holda obyektivi 24 dyuymli teleskopda kuzatilganda arang ajrata olishi mumkin bo‘lgan ikkita yulduz disklari markazlari orasidagi burchak masofani nazariy jixatdan toping.

6. Qizil nurlar uchun tebranishlar soni sekundiga $\nu = 451 \cdot 10^{12}$ ni tashkil etsa, binafsha uchun $783 \cdot 10^{12}$ bo‘ladi. Ularga mos keluvchi to‘lqin uzunliklari λ nimaga teng?

7. Gerkules turkumidagi yangi yulduz (1934 yil) spektrida qora chiziqlar normal vaziyatiga nisbatan binafsha tomon siljigan. $H\gamma$ ($\lambda = 4341 \text{ \AA}$) chizig‘i $10,1 \text{ \AA}$ ga siljigan. O‘zining yutilishi cababli spektrda qora chiziqlarni hosil qilgan yulduzdan otilib chiqqan gazning tezligi qanday bo‘lgan?

8. Agar universal asbob yoki teodolit quvurini avval yerdagi predmetga qaratib, undan so‘ng quvurnu vertikal o‘q atrofida 180° ga burib, yana predmetga qaratilsa, unda vertikal doiradagi mos keluvchi hisoblanishlarning yarim yig‘indisi quvur zenitga qaratilgandek natijani berishini ("zenit o‘rni"), bu hisoblanishlarning yarim ayirmalari esa predmetning zenit nasofasini berishini isbotlang.

9. Optik asbob uchun bosh fokus masofalari F_1 va F_2 bo‘lgan ikkita yig‘uvchi linza bir-biriga zich qilib qo‘yildi. Hosil bo‘lgan tizimning bosh fokus masofasi F nimaga teng?

10. Oq nur sinish burchagi 60° bo‘lgan kronglasli prizмага tushmoqda. Qizil va binafsha ranglar uchun sinish ko‘rsatgichlari $n_q = 1,524$ va $n_b = 1,543$. Binafsha nur minimal og‘ish bilan o‘tmoqda; prizmadan chiqishda ikkala nur o‘zaro qanday burchak δ ni tashkil etmoqda? Agar bu prizmani fokus masofasi 57 sm bo‘lgan fotografik kamera oldiga joylashtirilsa, qizil rangdan binafshagacha plastinkadagi yulduz spektrining uzunligi nimaga teng bo‘ladi?

11. Kronglasli yoki flintglasli prizmadan foydalanilganda spektrning qizil, yashil, binafsha qismlaridagi D, E, H fraungofer chiziqlariga mos ravishda $n_q = 1,526$; $n = 1,533$; $n_b = 1,547$; yoki $n'_q = 1,695$; $n' = 1,712$; $n'_b = 1,751$ sinish ko‘rsatgichlari mos keladi. Flintglasli prizmaning sinish burchagi $\gamma' = 12^\circ$ ga teng. Agar chiqishdagi qizil va binafsha nurlar mos tushayotgan bo‘lsa, unda kronglasli prizmaning sindiruvchi burchagi nimaga teng? Yashil δ_y va qizil δ_q nurlarning og‘ishi nimaga teng?

12. Andromeda tumanligida Quyoshga o'xshash yulduzlarni eng yirik teleskoplar orqali kuzatsa bo'ladimi?

13. a) Quyoshdan, b) Cen α yulduzidan, c) 25^m yulduz kattalikdagi yulduzdan kelayotgan foton oqimini (fotonlar soni / (sm² · s)) chamalab ko'ring.

14. Dunyoda eng yirik deb hisoblangan Keka teleskopi (D=10 m) ko'zgusiga Vega va 30^m yulduz kattalikdagi yulduzdan sekundiga nechta foton tushadi?

15. Nyuton teleskopidagi botiq ko'zguning fokus masofasi F=60 sm ga teng. Kuzatilayotgan narsaning uzoqligi f=500 m. Savol: a) tasvir o'qdan c=15 sm masofada joylashishi uchun kichik yassi ko'zguni quvur o'qining qaysi nuqtasiga joylashtirish lozim bo'ladi? b) hosil bo'ladigan kichraytirish nimaga teng? c) eng yaxshi ko'rish masofasi S=24 sm bo'lganda kichik tasvirni fokus masofasi f=30 sm bo'lgan linza orqali qaralganda kattalashtirish nimaga teng?

4-§. Quyosh

Quyosh – plazmaviy sharga o'xshashdir, u qattiq jism kabi aylanmaydi. Aylanishining eng katta burchak tezligi uning ekvatoriga to'g'ri keladi. Siderik aylanish davri ekvatorida 25 sutka atrofida, sinodik aylanish davri (Yerga nisbatan) ekvatorida 27 sutkani tashkil etadi.

Quyosh ekvatorining ekliptikaga og'maligi 7°10',5; chiqish tugunining uzunlamasi esa 73°47'.

Quyosh radiusi Yerning ekvatorial radiusidan 109 marta, massasi esa Yer massasidan 333000 marta kattadir. Quyoshning o'rtacha zichligi 1,41 gr/sm³.

Quyoshning nurlanish quvvati 3,86·10²⁶ Vt. Quyosh sirtida effektiv harorat 5780° K. Quyosh energiyasining asosiy manbai uning markaziy qismi – yadrosida sodir bo'layotgan yadroviy reaksiyalar (vodoroddan geliyning hosil bo'lish reaksiyasi) hisoblanadi. Yadroga nur o'tkazish sohasi tutashadi, undan keyingi qism konvektiv soha hisoblanadi, u Quyosh atmosferasi bilan tutashadi, Quyosh atmosferasi (fotosfera va xromosferadan iborat)dan keyin toj qismi hisoblanadi.

Quyosh spektrida 70 ta kimyoviy elementlarning 30000 dan ortiq chiziqlari aniqlangan. Eng ko'p element vodorod hisoblanadi, geliy atomlari undan taxminan 10 marta kam, boshqa hamma elementlarning atomlari vodorod atomlarining bir necha ming marta kam ulushini tashkil etadi.

Quyosh Yerdan qaraganda o'rtacha burchak diametri 1920 sekundga teng bo'lgan aylanadir. Teleskop orqali ko'rinma diapazonda kuzatuvlar olib borilganda Quyosh sirti yorqin maydonchalar, ya'ni, nisbatan qoraroq oraliqlar bilan o'rab ajratilgan quyosh granulalari majmuasidan iborat bo'lib tuyuladi.

Ko'pincha Quyosh ekvatoridan ±30° bo'lgan sohalarda quyosh dog'lari va mash'allar kuzatiladi. Dog'lar soni (Volf soni bilan xarakterlanadi) o'rtacha 11 yillik davr bilan o'zgaradi:

$$W=k(f+10g),$$

bu yerda, W – Volf soni, f – dog'lar soni, g – dog' guruhlari soni. Quyosh aktivligining sikli davomiyligi 7 - 17 yil.

Quyosh faolligini namoyon etuvchi boshqa turdagi ko‘rinishlar – bu flokkulalar, tojdagi kondensatlar, protuberaneslar, xromosferadagi chaqnashlardir.

.....

1. Quyoshning vizual yulduz kattaligi $-26^m,78$; fotografik kattaligi esa $-26^m,21$; asosiy rang ko‘rsatkichi $+0^m,63$. U sariq va havorang nurlarda qanchaga farqlanadi?

2. Yozgi va qishki quyosh turish kunlari Quyosh gorizontning qaysi nuqtalari orasidan chiqadi va qaysi nuqtalari orasiga botadi?

3. Yulduzlar xaritasidan foydalangan holda Quyosh bugun bo‘lgan nuqtani ko‘rsating; bir oydan so‘ng bo‘ladigan nuqtani ko‘rsating.

4. Quyoshning to‘g‘ri chiqishi va og‘ishi qachon eng tez va qachon eng sekin o‘zgaradi?

5. Hulkar yulduz turkumidan turib Quyoshni qurollanmagan ko‘z bilan ko‘rsa bo‘ladimi?

6. Arxangelskda ($\varphi=64^{\circ}35'$) 22 iyun kuni yarim tunda Quyosh markazi gorizont ostida qanchalik botadi?

7. Quyosh ekliptika bo‘ylab yillik harakatlanishi davomida o‘zining diametriga teng kattalikka qanchada siljiy oladi?

8. 22 iyun kuni yarim tunda Quyosh aniq gorizontda kuzatilgan paytda Yerning o‘sha joyida olam qutbining balandligi nimaga teng bo‘lgan (refraksiya yo‘q deb faraz qilinsin)?

9. Quyosh Janubiy qutbda qanday balandlikda ko‘rinadi?

10. Sferik uchburchak tomonlari uchun kosinuslar formulasidan foydalangan holda Quyoshning uzunlamasi L ni uning to‘g‘ri chiqishi α va og‘ishi δ ni bog‘lovchi formulani chiqaring. Undan avval chizma tayyorlang. Xuddi shu hulosani sinuslar formulasidan foydalangan holda chiqaring.

11. Quyosh ekvatorial koordinatalari har doim $\text{tg}\delta=\text{tg}\varepsilon\sin\alpha$ munosabat bilan bog‘lanishini isbotlang, bu yerda ε - ekliptikaning ekvatorga og‘ishi.

12. Sferaning katta aylanasi sifatida qaraladigan Somon Yo‘li markaziy chizig‘ining shimoliy qutbi koordinatalari $\alpha=12^h40^m$, $\delta=+28^{\circ}$ ni tashkil etadi. Quyosh o‘zining ekliptika bo‘ylab yillik harakatida qachon va qayerda Somon Yo‘lini kesib o‘tadi? *Ko‘rsatma*: Avval Somon Yo‘lining ekliptik koordinatalari, undan so‘ng uning ekliptika bilan kesishadigan nuqtalari topilsin.

13. Quyoshdagi dog‘ning chiziqli diametri Yer radiusiga, ya‘ni, 6371 km ga teng bo‘lishi uchun qanday burchak ostida ko‘rinishi kerak?

14. Agar teleskopda kuzatish mumkin bo‘lgan eng kichik Quyosh dog‘ining diametri $0'',7$ bo‘lsa, uning chiziqli diametri nimaga teng?

15. Ma‘lumki, Yerga o‘rtacha 1 minutda har 1 m^2 yuzasiga Quyoshdan $2,1\cdot10^4\text{ J}$ nurlanish energiyasi tushadi. 100 m balandlikdan tushayotgan qanday massa o‘zining tushishi ohirida 10 m^2 Yer yuzasi 1 soat davomida olgan Quyosh nurlanishi energiyasiga teng keladigan kinetik energiyaga erishadi?

16. Agar har 1 m^2 Yer yuzasini Quyosh tomonidan isitilishi minutiga $2,1 \cdot 10^4 \text{ J}$ ni tashkil etsa, Quyoshdan tik tushayotgan nurlar Yerni 1 sm qalinlikda qoplab yotgan muzni qancha vaqtda erita oladi?

17. Quyosh doimiysi $2 \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{min})$ ga teng, Yer esa, minutiga har 1 m^2 yuzasiga Quyoshdan 5 kkal oladi. Quyoshdan bir yil mobaynida Yerning har 1 m^2 yuzasi oladigan issiqlik miqdorini tashkil etish uchun Yerning har kvadrat metr yuzasiga 40 km/s tezlik bilan yil davomida meteor moddaning necha kilogrami tushishi lozim bo'ladi?

18. Quyoshning gorizontol sutkalik parallaksi $8'',8$ ga, burchak radiusi esa $16'$ ga teng. Yerga nisbatan Quyoshning chiziqliy radiusini, yuzasini va hajmini toping.

19. Quyosh dog'i atrofida diskning qaysidir nuqtasidagi spektrida qizil vodorod chizig'i H_α ($\lambda=6563 \text{ \AA}$) siljib, uning o'lchalgan to'lqin uzunligi qiymati $6566 \text{ \AA}$ bo'lib qoldi. Bu nuqtadagi vodorodning nuriy tezligi nimaga teng?

20. Quyosh eng yaqin yulduzdan kuzatilganda qanday ko'rinma yulduz kattalikka ega bo'ladi? Yulduzgacha masofa taxminan 270000 a.b. tashkil etadi.

21. Shimoliy yarimsharda osmon sferasi bilan Quyoshning aylanish o'qi kesishgan nuqtaning astronomik kenglamasi va uzunlamasi nimaga teng?

22. Quyosh dog'larining sutkalik aylanish tezligi uchun $\xi = 14^\circ,37 - 2^\circ,79 \sin^2 \varphi$ formula chiqarilgan, bu yerda φ dog'larning geliografik kengligi. Quyoshning ekvatorida, 30° hamda 45° kenglamalarda aylanish davri nimaga teng?

23. Quyosh o'z o'qi atrofida aylanishining siderik davri (ekvatorida) 25 sutkaga teng. Agar biz uni a) Merkuriydan, b) Yerdan, c) Plutondan kuzatayotgan bo'lsak, uning aylanishining sinodik davri nimaga teng bo'ladi?

24. Vin formulasi

$$E = c\lambda^{-5} e^{-\frac{c^2}{\lambda T}}$$

Plank formulasiga yaqinlashuvdir. Undan foydalangan holda Quyosh haroratini aniqlang, bunda spektrobolometr yordamida o'lchalgan Quyosh spektridagi 4330 va $8660 \text{ \AA}$ to'lqin uzunliklarining energiyasi mos ravishda 456 va 174 (shartli birliklarda) ga teng. Vin formulasida $c_2=1,432$, λ santimetrlarda ifodalangan, E harf bilan esa energiya belgilangan.

25. Quyosh massasining ($2 \cdot 10^{33} \text{ g}$) uchdan bir qismi vodoroddan tashkil topgan deb hisoblash mumkin. Agar Quyosh har yili $1,2 \cdot 10^{41}$ erg energiyani sarflayotgan va bu energiya vodorodning geliyga aylanishi hisobiga to'ldirilib borilayotgan bo'lsa, uning nurlanishi necha yilga yetadi? *Ko'rsatma:* 1 g vodorodning geliyga aylanishi natijasida "o'ralish" effekti tufayli $6,6 \cdot 10^{18}$ erg energiya ajralib chiqadi.

26. Quyosh dengiz gorizontidan ko'tarilmoqda. Bitta odam chiqishni kema palubasidan, ikkinchi odam esa okeandagi vulkanik orolda joylashgan balandligi 4 km bo'lgan tog'dan (masalan, Gavayyadagi Mauna-Kea rasadxonasidan)

kuzatishayapti. Kuzatuvchilarning qaysi biriga Quyosh diski ravshanroq va necha marta yorqinroq bo‘lib ko‘rinadi?

27. Quyoshning gravitatsion maydoni Quyosh tojidagi elektronlarni tutib qolishga qodir emasligini isbotlang.

28. Xromosferada chaqnash sodir etilganiga bir sutka o‘tganidan so‘ng turli geofizik galayonlanishlar yuzaga keladi. Ularni yuzaga keltiruvchi protonlarning kinetik energiyasi nimaga teng (eV larda)?

29. Quyosh markazidagi zichlik va harorat mos ravishda 150 g/sm^3 va $1,5 \cdot 10^7 \text{ K}$ ga teng. U yerda nima ko‘p – fotonlarmi yoki zarralarmi?

30. Bo‘lishi mumkin bo‘lmagan narsani faraz qiling: Quyosh ichida gaz bosimi yo‘q bo‘lib qoldi. Qancha vaqtda u nuqtaga aylanib ulguradi? Boshlang‘ich zichligi 10^{-21} g/sm^3 bo‘lgan yulduzlararo bulutning siqilishiga qancha vaqt ketadi?

31. Quyosh atmosferasining asosiy tashkil etuvchisi vodorod, kalsiy esa kichik bir qo‘shimcha bo‘lsada, Quyosh spektridagi ionlashgan kalsiy H va K chiziqlari vodorod chiziqlariga nisbatan ancha kuchli ko‘rinadi. Nima uchun?

5-§. Quyosh va yulduzlarning fizik tabiati

Yulduzlarning yorqinliklarini ularning absolyut yulduziy kattaliklari M ga ko‘ra xisoblaydilar, u esa o‘z navbatida ko‘rinma yulduziy kattalik m bilan quyidagicha bog‘langandir:

$$M = m + 5 + 5 \lg \pi$$

$$M = m + 5 - 5 \lg r$$

bu yerda π sekundlarida ifodalangan yulduzning yillik parallaksi va r -parseklarda (pk) o‘lchangan yulduzgacha bo‘lgan masofa.

Ushbu formulalar bo‘yicha topilgan absolyut yulduziy kattalik M , ko‘rinma yulduziy kattalik m ning ko‘rinishiga ega, ya’ni u vizual M_0 , fotografik M_{pq} , fotoelektrik (M_v, M_b, M_{pq}) va h.k. bo‘lishi mumkin. Hususiy holda, to‘la nurlanishni xarakterlovchi absolyut bolometrik yulduziy kattalik

$$M_b = M_v + b$$

ko‘rinma bolometrik yulduziy kattalik

$$m_b = m_v + b$$

orqali ham hisoblash mumkin bo‘lib, bunda b - spektralsinf va yulduz yorqinligi sinfidan bog‘liq bo‘lgan bolometrik tuzatma.

Yulduzlarning yorqinligi L birga teng deb qabul qilingan ($L_\odot = 1$) Quyosh yorqinligi orqali ifodalanadi va bunda

$$\lg L = 0.4(M_\odot - M)$$

bo‘lib, $M_\odot$ - Quyoshning absolyut yulduziy kattaligi: visual $M_{\odot v} = +4^m, 79$; fotografik $M_{\odot pq} = +5^m, 36$; sariq fotoelektrik $M_{\odot v} = +4^m, 77$; ko‘k fotoelektrik $M_{\odot v} = +5^m, 40$; bolometrik $M_{\odot b} = +4^m, 73$; / yulduziy kattaliklardan shu bo‘limdagi masalalarni yechishda foydalanishga to‘g‘ri keladi.

$\lg L = 0.4(M_\odot - M)$ formula orqali hisoblangan yulduzning yorqinligi yulduz va Quyoshning absolyut yulduziy kattaliklari ko‘rinishiga mos keladi.

Stefan - Boltsman qonuni

$$E = \sigma T_e^4$$

dan effektiv temperatura T_e ni aniqlash, burchakiy diametrlari ma'lum bo'lgan yulduzlar uchungina qo'llanilishi mumkin.

Agar Yer atmosferasining chegarasiga normal (tik) bo'lgan yunalishda 1 sm^2 maydonchaga 1 sekunda yulduz yoki Quyoshdan tushayotgan energiya miqdori E bo'lsa, Δ - burchakiy diametrni yoy sekundlarida ifodalagan holda, xarfiy

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

Formula orqali topiladi, bu yerda

$$\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12} \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{grad}^4) = 5,70 \cdot 10^{-5} \text{ erg}/(\text{sm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{grad}^4)$$

va E energiya miqdorini o'lchash birligiga qarab tanlanadi va u $\lg \frac{E_1}{E_2} = 0,4(m_2 - m_1)$ formuladan yulduz va Quyoshning bolometrik yulduziy kattaliklarining farqini Quyosh doimiysi $E_{\odot} \approx 2 \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{min})$ bilan solishtirib topiladi.

Spektrlarida energiya taqsimoti ma'lum bo'lgan Quyosh va yulduzlarning rangli temperaturasini Vin qonunidan

$$T = \frac{b}{\lambda_m}$$

topish mumkin bo'ladi. Bu yerda λ_m energiya maksimumiga mos keladigan to'lqin uzunligi, λ - ning o'lchash birligiga bog'liq bo'lgan doimiy son λ sm-larda o'lchanganda $b = 0,2898 \text{ sm} \cdot \text{gradus}$, λ angestremlarda ($\text{\AA}$) o'lchaganda $b = 2898 \cdot 10^4 \text{ \AA} \cdot \text{grad}$ bo'ladi.

Yetarli darajada aniqlik bilan yulduzlarning rangli temperaturalarini ularning rang ko'rsatkichi S va $(B - V)$ orqali xisoblab chiqariladi:

$$T = \frac{7200^\circ}{S + 0^m,65}$$

va

$$T = \frac{7920^\circ}{(B - V) + 0^m,72}$$

Odatda yulduzlarning massalari Quyosh massasi orqali ifodalanadi $M_{\odot} = 1$ va faqatgina fizikaviy qo'shaloq yulduzlar uchun (parallakslari π ma'lum bo'lgan holda), Keplerning umumlashtirgan qonuniga asosan aniqroq darajada xisoblash mumkin bo'ladi:

Qo'shaloq yulduz komponentalarining massalari yig'indisi

$$M_1 + M_2 = \frac{a^3}{p^2}$$

Bo‘lib, bu erda p — yo‘ldosh yulduzning bosh yulduz (asosiy yulduz) atrofida (yoki, har ikkala yulduzning umumiy massalar markazi atrofida), aylanish davri yillarda yuldosh yulduz orbitasining katta yarim o‘qi a — astronomik birliklarda (a.b.) olinadi.

a kattalikni astronomik birliklarda, kuzatuvlardan yoy sekundlarida aniqlangan burchakiy katta yarim o‘qi a'' va parallaksi π bo‘yicha

$$a = \frac{a''}{\pi}$$

formuladan topiladi.

Agar qo‘shaloq yulduz komponentalarining umumiy massalar markazidan masofalari a_1 va a_2 larning nisbati ma‘lum bo‘lsa, u holda

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1}$$

tenglik orqali xar bir komponentning massasini alohida xisoblash mumkin bo‘ladi.

Yulduzlarning chiziqli radiuslari hamma vaqt Quyosh radiuslarida ($R_{\odot} = 1$) ifodalanadi va burchakiy diametrlari Δ (yoy sekundlarida) ma‘lum bo‘lgan yulduzlar uchun

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

ifodalanib, bunda

$$\lg \Delta = 5,444 - 0,2m_b - 2 \lg T.$$

ga teng.

Yulduzlarning chiziqli radiuslarini quyidagi formulalar orqali ham hisoblash mumkin:

$$\lg R = 8,473 - 0,20M_b - 2 \lg T,$$

$$\lg R = 0,82S - 0,20M_v + 0,51$$

$$\lg R = S,72(B - V) - 0,20M_v + 5,51,$$

bo‘lib, bu tenglamalarda T - yulduzning temperaturasi (aniqrog‘i effektiv temperatura, agar u ma‘lum bo‘lmasa, u holda rangli temperatura).

Yulduzlarning hajmlarini hamma vaqt Quyosh hajmida ifodalash mumkin bo‘lganligi uchun, ular R^3 — ga proporsionaldir va shuning uchun ham yulduz moddasining o‘rtacha zichligi (yulduzning o‘rtacha zichligi)

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

teng bo‘lib, bu yerda $\rho_{\odot}$ Quyosh moddasining o‘rtacha zichligi.

$\rho_{\odot} = 1$ deb olganda, yulduzning o'rtacha zichligi Quyosh moddasining zichligi buyicha ifodalangan bo'ladi; agarda ρ – ni g/sm^3 larda xisoblash kerak bo'lsa, u holda $\rho_{\odot} = 1,41 \text{ g/sm}^3$ deb qabul qilish kerak.

Yulduz yoki Quyoshning nurlanish quvvati

$$\mathcal{E} = 4\pi R^2 \sigma T_e^4 = 4\pi R^2 E,$$

har sekunddagi nurlanish orqali massaning yo'qotishligi Eynshteyn formulasi orqali aniqlanadi:

$$\Delta M = \frac{\mathcal{E}_0}{c^2}$$

bu erda $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ sm/s}$ yorug'lik tezligi, ΔM – *gramm/sekundlarda* va $\mathcal{E}_0$ – *erg/sekundlarda* ifodalanadi.

.....
1. Agar Vega (α Lira) yulduzining burchakiy diametri $0'',0035$, yillik parallaksi $0'',123$ va bolometrik yoritilganligi – $0^m,54$ bo'lsa, uning effektiv xarorati va radiusi aniqlansin. Quyoshning bolometrik yulduziy kattaligi – $26^m,84$,Quyosh doimiysi $2 \text{ kal/(sm}^2 \text{ min)}$ -ga yaqin.

2. Sirius (α Katta It) yulduzi va uning yo'ldoshining fizik xarakteristikalarini quyidagi kuzatuv ma'lumotlariga ko'ra topilsin: Siriusning sariq nurlardagi ko'rinma yulduziy kattaligi $-1^m,46$, uning asosiy rang ko'rsatkichi $0^m,00$, yulduz-yo'ldoshniki mos ravishda $+8^m,50$ va $0^m,15$; yulduzning parallaksi $0'',375$ ga teng; yo'ldoshining Sirius atrofida orbital aylanish davri, orbita katta yarim o'qining burchakiy qiymati $7'',60$ bo'lganda, 50 yilga; xar ikkala yulduzning umumiy massa markazidan masofalarining nisbati 2,3:1 ga teng. Quyoshning Sariq nurlardagi absolyut yulduziy kattaligi $+4^m,77$ ga teng deb qabul qilingan.

3. Vizual yoritilganliklari va yillik parallakslari qavslarda keltirilgan α Burgut ($0^m,89$ va $0'',198$), α Kichik Ayiq ($2^m,14$ va $0'',005$) va ϵ Hindiy ($4^m,83$ va $0'',285$) yulduzlarning vizual yorqinliklarini hisoblang.

4. Vizual yoritilganliklari, oddiy rang ko'rsatkichlari va Quyoshdan masofalari qavslarda keltirilgan quyidagi yulduzlarning fotografik yorqinliklarini toping: β Egizaklar ($1^m,21$, $+1^m,25$, va $10,75 \text{ pk}$), η Asad ($3^m,58$, $+0^m,00$, va 500 pk); Kapteyn yulduzi ($8^m,85$, $+1^m,30$ va $3,98 \text{ pk}$). Quyosh to'g'risidagi ma'lumotlar jadvalda keltirilgan.

5. Oldingi masalada keltirilgan yulduzlarning vizual yorqinliklari ularning fotografik yorqinliklarida necha marta oshadi.

6. Kapella (α Aravakash) yulduzining vizual yoritilganligi $0^m,21$ ga, uning yo'ldoshiniki $10^m,0$ ga teng. Bu yulduzlarning rang ko'rsatkichlari mos ravishda $+0^m,82$ va $+1^m,63$. Kapellaning vizual va fotografik yorqinliklari yo'ldoshining vizual va fotografik yorqinliklardan necha marta katta bo'lishini aniqlang.

7. β Katta It yulduzining absolyut vizual yulduziy kattaligi $-2^m,28$ ga teng. Ikkita yulduzdan biri (rang ko'rsatkichi $+0^m,29$ ga teng), β Katta It yulduzidan 120

marta absolyut yorug‘roq, ikkinchisi (rang ko‘rsatkichi $+0^m,90$) esa 120 marta absolyut xiraroq bo‘lsa, ularning vizual va fotografik yorqinliklarini toping.

8. Agarda Quyosh. Rigel (β Orion), Toliman (α Stentavr) va uning yo‘ldoshi Proksima (eng yaqin joylashgan yulduz) Yerdan bir xil masofada joylashganlarida edi, Yer sayyorasi bu yulduzlardan Quyoshniki bilan taqqoslaganda qancha yorug‘lik miqdorini olar edi? Rigelning vizual yoritilganligi $0^m,34$, parallaksi $0'',003$ ga, o‘sha kattaliklar Tolimanniki $0^m,12$ va $0'',751$, Proksimanniki $10^m,68$ va $0'',762$. Quyoshning yulduziy kattaligi $-26^m,8$

9. Katta Ayiq yulduzlar turkumiga tegishli bo‘lgan 3 ta yulduzning Quyoshdan masofalarini va parallaksalarini, ularning Sariq nurlardagi yoritilganliklariga va ko‘k rangdagi absolyut yulduziy kattaliklarga ko‘ra toping:

$$\alpha, V = 1^m,79 \quad (B - V) = +1^m,07 \quad \text{va} \quad M_B = +0^m,32;$$

$$\beta, V = 3^m,31 \quad (B - V) = +0^m,08 \quad \text{va} \quad M_B = +1^m,97;$$

$$\eta, V = 1^m,36 \quad (B - V) = -0^m,19 \quad \text{va} \quad M_B = -5^m,32;$$

10. Spika (α Sunbula) yulduzining yorqinligi Sariq nurlarda 720 ga, asosiy rang ko‘rsatkichi $-0^m,23$ ga, ko‘k ranglardagi yoritilganligi $0^m,74$ ga tengligi ma‘lum bo‘lsa, bu yulduz Quyoshdan qanday masofada joylashgan va uning parallaksi nimaga teng?

11. Kapella (α Aravakash) yulduzining ko‘k ($B -$ nurlarda) nurlardagi absolyut yulduziy kattaligi $+0^m,20$, Protsion (α Kichik It) yulduzniki $+3^m,09$ ga teng. Agarda Regulning Sariq (V -nurlardagi) absolyut yulduziy kattaligi — $0^m,69$ ga, asosiy rang ko‘rsatkichi — $0^m,11$ bo‘lsa, bu yulduzlar ko‘k nurlarda Regul (α -Asad) yulduzidan necha marta absolyut yorug‘roq yoki xiraroq bo‘ladi?

12. Parallaksi $0'',751$ bo‘lgan Toliman (α Sentavr) yulduzi masofasidan Quyosh qanday ko‘rinadi?

13. Parallaksalari mos ravishda $0'',039$; $0'',019$ va $0'',005$ bo‘lgan Regul (α -Asad), Antares (α Chayon) va Betelgeyze (α Orion) yulduzlar masofalaridan Quyoshning vizual va fotografik yoritilganliklari qanday bo‘ladi?

14. Agarda yulduzning bolometrik yorqinligi uning Sariq nurlardagi yorqinligidan 20,10 va 2 marta oshganda, Sariq nurlardagi yorqinliklari esa, o‘z navbatida yulduzning ko‘k rangdagi yorqinligidan 5,2 va 0,8 marta katta bo‘lsa, bolometrik tuzatmalar asosiy rang ko‘rsatkichlardan qanchaga farq qiladi?

15. Spika (α Sunbula) yulduzining spektrida energiyaning maksimumi elektromagnit to‘lqinning to‘lqin uzunligi $1450 \text{ \AA}$ ga, Kapella (α Aravakash) spektrida - $4830 \text{ \AA}$ ga va Polluks (β Egizaklar) spektrida - $6580 \text{ \AA}$ ga to‘g‘ri keladi. Bu yulduzlarning rangli xarakterlarini aniqlang.

16. Quyosh doimiysi davriy ravishda $1,93$ dan $2,00 \text{ kal/sm}^2\text{min.}$ chegarada o‘zgaradi (tebranib turadi), shunda Quyoshning effektiv xarorati qanchaga

o'zgaradi? Uning ko'rinma diametri 32' ga yaqin. Stefan doimiysi $\sigma = 1,354 \cdot 10^{-12} \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{grad}^4)$.

17. Oldingi masala natijalariga ko'ra, Quyosh spektridagi energiya maksimumiga mos keladigan to'liq uzunligining takribiy qiymatini toping.

18. Yulduzlarning effektiv haroratlarini, ularning qavslarda ko'rsatilgan o'lchangan burchakli diametrlari va ulardan Yergacha yetib keladigan nurlanishlariga ko'ra aniqlang:

α Asad ($0'',0014$ va $3,23 \cdot 10^{-11} \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{min})$);

α Burgut ($0'',0030$ va $2,13 \cdot 10^{-11} \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{min})$);

α Orion ($0'',046$ va $7,70 \cdot 10^{-11} \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{min})$);

19. α Eridan yulduzining ko'rinma bolometrik yulduziy kattaligi $-1^m,00$ ga va burchakli diametri $0'',0019$ ga teng. α Turna yulduzining mos parametrlari $+1^m,00$ va $0'',0010$, α Savrniki $+0^m,06$ va $0'',0180$. Quyoshning ko'rinma bolometrik yulduziy kattaligini $-26^m,84$ ga teng, Quyosh doimiysini $2 \text{ kal}/(\text{sm}^2 \cdot \text{min})$ ga yaqin deb olib bu yulduzlarning haroratlarini hisoblang.

20. Vizual va fotografik yoritilganliklari qavslarda ko'rsatilgan quyidagi yulduzlarning haroratlarini aniqlang: γ Orion ($1^m,70$ va $1^m,41$); ϵ Gerkules ($3^m,92$ va $3^m,92$); α Persey ($1^m,90$ va $2^m,46$); β Andromeda ($2^m,37$ va $3^m,94$).

21. Qavslarda ko'rsatilgan fotoelektrik Sariq va ko'k yulduziy kattaliklariga ko'ra, quyidagi yulduzlarning haroratlarini hisoblang: ϵ Katta It ($1^m,50$ va $1^m,29$); β Orion ($0^m,13$ va $0^m,10$); α Kil ($-0^m,75$ va $-0^m,60$); α Dalv ($2^m,87$ va $3^m,71$); α Xo'kizboqar ($-0^m,05$ va $1^m,18$); α Kit ($2^m,53$ va $4^m,17$).

22. Ikkita oldingi masalalarning natijalariga ko'ra, o'sha yulduzlarning spektrlaridagi energiyaning maksimumiga mos keladigan to'liq uzunligini toping.

23. Vega (α Lira) yulduzining parallaksi $0'',123$ va burchakli diametri $0'',0035$, Altair (α Burgut) ning shunga o'xshash parametrlari $0'',198$ va $0'',0030$, Rigel (β Orion) niki $0'',003$ va $0'',0027$ va Aldebaran (α Savr) niki $0'',048$ va $0'',0200$. Bu yulduzlarning radiuslari va hajmlarini toping.

24. Deneb (α Oqqush)ning ko'k nurlardagi yoritilganligi $1^m,34$, uning asosiy rang ko'rsatkichi $+0^m,09$ va parallaksi $0'',004$; ϵ Ekizaklar yulduzinng o'sha parametrlari $4^m,38$; $+1^m,40$ va $0'',009$ ga teng, γ Eridan yulduziniki $4^m,54$; $+1^m,60$ va $0'',003$. Shu yulduzlarning radiuslarini va hajmlarini toping.

25. Haroratlari bir xil bo'lgan δ - Ilon eltuvchi va Barnard yulduzlarining ko'rinma bolometrik yulduziy kattaliklari mos ravishda $1^m,03$ va $8^m,1$ ga parallakslari esa $0'',029$ va $0'',545$ ga teng. Bu yulduzlar diametrlarini solishtiring.

26. Haroratlari va absolyut bolometrik yulduziy kattaliklar berilgan quyidagi yulduzlarning: α Kitniki α va 3200° , $-6^m,75$, β Asadniki 9100° va $+1^m,18$, ϵ Hinduniki 4000° va $+6^m,42$ bo'lgan yulduzlarning radiuslarini hisoblang.

27. ε Gidra qo'shaloq yulduzining parallaksi $0'',010$, yo'ldoshining aylanish davri 15 yil va uning orbitasi katta yarim o'qining burchakiy diametri $0'',21$. Yulduz komponentalari massalarining yig'indisini toping.

28. α Katta Ayiq qo'shaloq yulduzining parallaksi $0'',031$, yo'ldoshining aylanish davri 44,7 yilga va orbitasining katta yarim o'qining burchakiy o'lchami $0'',63$ ga teng. Komponentalar massalarining yig'indisini toping.

29. Quyidagi ma'lumotlarga asosan qo'shaloq yulduzlar komponentalarining massasini hisoblang:

Yulduz	Orbita katta yarim o'qining burchakiy o'lchami	Yillik paralaks	Aylanish davri	Umumiy massa markazidan yulduzlar masofalarining nisbati
α Aravakash	$0'',054$	$0'',073$	105 kun	11:14
α Javzo	$6'',29$	$0'',072$	420 yil	8:7
ξ Katta Ayiq	$2'',51$	$0'',127$	59,8 yil	49:51

30. Oldingi masaladagi qo'shaloq yulduzlar bosh tashkil etuvchilari uchun radius, xajm va o'rtacha zichliklarini hisoblang. Bu yulduzlarning ko'rinma Sariq nurlaridagi yulduziy kattaligi va asosiy rang ko'rsatkichlari: α Aravakash $0^m,08$ va $+0^m,80$, α Javzo $2^m,00$ va $+0^m,04$, ε Katta Ayiq $3^m,79$ va $+0^m,59$.

31. 18 masalada ko'rsatilgan Quyosh va yulduzlar uchun, nurlanish quvvatini va har sekunddagi, sutkadagi va yildagi massa yo'qotishni toping. Bu yulduzlarning parallakslari: α Asadniki $0'',039$, α Burgutniki $0'',198$ va α Orionniki $0'',005$.

32. Oldingi masala natijalariga ko'ra Quyosh va o'sha yulduzlarning ko'rinma nurlanish intensivligining davomiyligini ularning hozirgi massalarining yarimigacha yo'qotishlari mumkin deb faraz qilib, hisoblang. α Asadning hozirgi vaqtdagi massasi 5,0. (Quyosh massasi bo'yicha), α Burgutniki 2,0 va α Orionniki 15 ga teng. Quyoshning massasi $2 \cdot 10^{30} kg$.

33. Quyida keltiriladigan kuzatuv natijalariga ko'ra Protsion (α Kichik It) qo'shaloq yulduz tashkil etuvchilarning fizikaviy xarakteristikalarini aniqlang va ularning Gerstshprung- Ressel diagrammasidagi o'rnini ko'rsating. Protsionning vizual yoritilganligi $0^m,48$, uning oddiy rang ko'rsatkichi $+0^m,40$, ko'rinma bolometrik yulduziy kattaligi $0^m,43$, burchakiy diametri $0'',0057$ va parallaksi $0'',288$; Protsion yo'ldoshining vizual yoritilganligi $10^m,81$, uning oddiy rang ko'rsatkichi $+0^m,26$, bosh yulduz atrofida orbita bo'ylab aylanish davri 40,6 yil, ko'rinma katta yarim o'qi $4'',55$; ikkala yulduzning umumiy massalar markazidan masofalarining nisbati 19:7. Quyosh bo'yicha kerakli ma'lumotlarni ma'lum deb hisoblang.

34. Oldingi masalani α Sentavr qo'shaloq yulduzi uchun hal eting. Bosh yulduzining fotoelektrik Sariq nurlardagi yulduziy kattaligi $0^m,33$ ga teng, asosiy

rang ko'rsatkichi $+0^m,63$; ko'rinma bolometrik yulduziy kattaligi $0^m,28$; yo'ldoshining shunga o'xshash kattaliklari $1^m,70$; $+1^m,00$ va $1^m,12$ larga ko'rinma o'rtacha $17'',6$ masofadagi aylanish davri 80.1 yil; yulduzning parallaksi $0'',751$ ga va qo'shaloq yulduzning tashkil etuvchilarining umumiy massalar markazidan masofalarining nisbati $10:9$ ga teng.

6-§. Yulduzlarning tabiati va harakati

Parseklarda ifodalangan yulduzlarga masofa r burchak sekundlarida ifodalangan yulduz parallaksiga teskari proporsionaldir. Yorug'lik yili deb yorug'lik bir yil davomida bosib o'tadigan yo'lga aytiladi. $1 \text{ ps} = 3,26 \text{ yo.y.} = 206265 \text{ a.b.} = 3,08 \cdot 10^{13} \text{ km}$.

$$M = m + 5 - 5 \lg r = m + 5 + 5 \lg \pi,$$

m – ko'rinma yulduz kattaligi, M – absolyut yulduz kattalik (10 ps masofadagi ko'rinma yulduz kattaligi).

Yulduzlar massalari bilan ularning absolyut yulduz kattaliklari orasida bog'lanish topilgan. Yulduz qanchalik katta yorituvchanlikka ega bo'lsa, u shunchalik katta massaga ega bo'ladi.

Ulkan yulduzlarning diametrlarini interferometr yordamida o'lchalishi mumkin. Nazariy jihatdan Quyosh radiusi ulushlardagi yulduzlarning radiuslari quyidagi formuladan hisoblab topilishi mumkin:

$$\lg \frac{L}{L_Q} = 2 \lg \frac{R}{R_Q} + 4 \lg \frac{T}{T_Q}.$$

Quyosh sistemasi yaxlit bir butun bo'lib, fazoda Lira va Gerkules yulduz turkumlari tomon (apeks) $19,5 \text{ km/s}$ tezlik bilan siljib bormoqda. Quyosh tizimi harakat apeksi koordinatalari: $\alpha = 18^h 0^m$, $\delta = +30^\circ$.

Yulduzning fazodagi to'liq tezligi $v = \sqrt{v_t^2 + v_r^2}$, bu yerda v_r - nuriy tezlik, yulduzning tangensial tezligi esa $v_t = 4,74 \frac{\mu}{\pi} \text{ km/s}$.

Undan tashqari, $v_r = v \cos \theta$, $v_t = v \sin \theta$, bu yerda θ - bizdan yulduzgacha yo'nalish bilan tezlik v yo'nalishi hosil qilgan burchak.

Yulduzning kuzatilayotgan nuriy tezligini $v_r' = v_r + v_0 \cos \lambda$ ko'rinishda ham yozish mumkin, bu yerda v_0 – yulduzlar majmuasiga nisbatan Quyosh harakatining tezligi, λ - yulduzning apeksigacha burchak masofasi.

Yulduzning xususiy harakati μ deb uning Quyoshga nisbatan harakatlanishi tufayli yil davomida osmon sferasi bo'ylab siljishiga aytiladi. Olamning shimoliy qutbi yo'nalishi bilan xususiy harakat yo'nalishi (soat mili yo'nalishiga teskari) hosil qilgan burchak φ vaqt sekundalarida ifodalangan μ_α va burchak sekundlarida ifodalangan μ_δ ikkita komponentalarga taqsimlanishi mumkin, unda

$$\mu_\delta'' = \mu \cos \varphi, \quad 15 \mu_\alpha^s \cos \delta = \mu \sin \varphi, \quad \mu = \sqrt{\mu_\delta^2 + (15 \mu_\alpha^s \cos \delta)^2}.$$

1. Quyosh va Siriusning ko‘rinma yulduz kattaliklari mos ravishda $-26^m,78$ va $-1^m,58$. Ulardan Yerga tushayotgan yorug‘likning nisbatlarini toping.

2. Rigel yulduzi parallaksining ($0'',006$) ehtimolli xatosi $\pm 0'',006$ ni tashkil etadi. Yulduzgacha bo‘lgan masofa haqida nima deyish mumkin?

3. Oqqush 61 yulduzining parallaksi $0'',37$ ga teng. Ungacha yorug‘lik yillarida masofa nimaga teng?

4. Siriusning parallaksi $0'',37$; Spikaning parallaksi esa $0'',02$ ga teng. Bu yulduzlarga masofani parseklarda, yorug‘lik yillarda, astronomik birliklarda va kilometrlarda ifodalang.

5. Kryuger 60 yulduzi komponentalarining ko‘rinma yulduz kattaliklari $9^m,6$ va $11^m,4$ ga, parallaksi esa $0'',257$ ga teng. Ularning absolyut yulduz kattaliklarini aniqlang.

6. Siriusning parallaksi $0'',371$ ga, ko‘rinma yulduz kattaligi esa $-1^m,58$ ga teng. Uning absolyut yulduz kattaligini toping.

7. Bizga yaqin bo‘lgan ayrim yulduzlar berilgan.

A) Jadvaldan bir nechta turli xillarini tanlab oling. Jadvalda berilgan ma’lumotlardan ularning absolyut yulduz kattaliklari M va yorqinlik L larini hisoblang. Bu yulduzlarning “Rang-yorqinlik” diagrammasidagi vaziyatlarini ko‘rsating.

B) Xuddi shu yulduzlarning yorqinligiga ko‘ra massalarini chamalang.

C) Jadvalda ko‘rsatilgan har bir yulduzning spektral sinfidan uning rangini ayting.

	Yulduz kattaligi, m	Spektral sinfi	Masofa, ps
Sentavr Proksimasi	11,0	M5	1,32
Sentavr Alfasi	0,3	G2	1,34
Volf 359	13,5	M8	2,3
Sirius A	-1,6	A1	2,66
Sirius B	8,7	A5	2,66
Protsion A	0,5	F5	3,5
Protsion B	10,7	F5	3,5
Eridan Epsiloni	3,7	K2	3,3
Vega	0,1	A0	8
Bellatriks	1,6	B2	40
Orion dzetasi	1,8	O9	45
Spika	1,2	B1	50
Betelgeyze	0,9	M2	200

8. Siriusgacha masofa 2,70 parsekni tashkil etadi, biroq bu masofa Sirius harakati tufayli har sekundda 8 km dan kamayib bormoqda. Necha yildan so'ng Siriusning ko'rinma ravshanligi ikki marta oshishini hisoblang.

9. 51-namunadagi javoblarda keltirilgan formulalaridan Quyosh va Sentavr α yulduzi maksimal yaqinlashadigan yilni aniqlang. Agar hozirda $V_r = -22$ km/sek, $V_t = 23$ km/sek, $m = 0,06$, $\mu = 3'',68$, $\pi = 0'',758$ bo'lsa, o'sha momentda uning parallaksi, xususiy harakati va ko'rinma yulduz kattaliklari qanday bo'ladi?

10. Quyosh apeksi koordinatalari $\alpha = 18^h 0^m$, $\delta = +30^\circ$, tezligi V_0 ni esa 19,5 km/sek deb qabul qilgan holda $V_r' = V_r + V_0 \cos \lambda$ formula bo'yicha Qalqon R yulduzining nuriy pekulyar tezligini hisoblang, uning Quyosh harakati tufayli tuzatma kiritilmagandagi tezligi +38,3 km/sek ga teng bo'lib, koordinatalari esa $\alpha = 280^\circ,5$, $\delta = -6^\circ$, keltirilgan formuladagi λ apeksdan yulduzgacha burchak masofani bildiradi.

11. Aravakash AG ($\alpha = 6^h 20^m,1$, $\delta = 47^\circ 5'$), $\mu_\alpha = +0^s,0076$, $\mu_\delta = -0'',054$ ning xususiy harakatini ν - va τ -komponentalarga taqsimlang. *Ko'rsatma*: Quyoshning harakat elementi odatiy deb qabul qilinsin.

12. Qalqon R ($\alpha = 18^h 42^m,1$, $\delta = -5^\circ 49'$), $\mu_\alpha = -0^s,0039$, $\mu_\delta = -0'',030$ ning xususiy harakatini ν - va τ -komponentalarga taqsimlang. *Ko'rsatma*: Quyoshning harakat elementi odatiy deb qabul qilinsin.

13. Rang ko'rsatgichi qavs ichida keltirilgan quyidagi yulduzlarning haroratlarini aniqlang: Eridan (1,12), Egizaklar (0,92), Protsion (0,47) va Chayon (-0,33).

14. Issiqlik indeksi deb obyektning vizual (m_v) hamda radiometr yoki termoelement yordamida (m_r) aniqlangan yulduz kattaliklari ayirmasiga aytiladi. Bu kattalik yulduzning harorati bilan

$$m_v - m_r = 10 \lg 10 + \frac{29500}{T} - 42,1.$$

munosabat orqali bog'langan. Agar uzoq davrli o'zgaruvchan yulduzlarda issiqlik indeksi eng katta ravshanlikda +4,3 ga va eng kam ravshanlikda +7,8 ga o'rtacha o'zgarib tursa, ularning harorati qanchaga o'zgaradi?

15. Sirius yulduzidan Yerga tushayotgan nurlanish ko'ndalang kesimi 1 m bo'lgan ko'zgu orqali to'planmoqda, agar bu yulduzning nurlariga perpendikulyar yo'nalishdagi Yer satxining har 1 sm^2 yuzasiga minutiga tushadigan energiya miqdori $5,8 \cdot 10^{-11}$ kaloriyani tashkil etsa, uning tafti bir yil davomida qancha muzni eritish mumkin?

16. Quyidagi ma'lumotlardan foydalangan holda Eridan 40 B yulduzining g/sm^3 larda ifodalangan o'rtacha zichligini toping: yulduzning massasi 0,44 Quyosh massasiga teng, $T = 11000^\circ$, $M_v = 11,2$.

17. Giada harakatlanuvchan to'daga kiruvchi yulduzlardan biri uchun berilgan quyidagi ma'lumotlardan guruhning fazoviy tezligi va parallaksini aniqlang:

$$\mu = 0'',115, \quad V_r = +38,6 \text{ km/sek}, \quad \theta = 29^\circ,1.$$

18. 10 ps masofada joylashgan yulduz ko'z nuriga perpendikulyar holda taxminan 50 km/s tezlik bilan harakatlanmoqda. Uning xususiy harakati taxminan nimaga teng?

19. Vega – A0V spektral sinfdagi yulduzdir. Uning ko‘rinma yulduz kattaligi $\approx 0^m$ ga teng. Uning parallaksini chamalang.

20. Agar yulduzning radiusini biroz (taxminan 2% ga) kamaytirib, effektiv haroratini shunchaga ko‘paytirsak, uning yorqinligi qanday o‘zgaradi?

21. Quyosh hamda $T_{\text{eff}}=30000$ K, va $R=(1/100)R_Q$ ga ega oq mitti yulduz uchun birjinsli vodorod atmosferaning balandligi topilsin.

22. Oq mitti yulduz $T_{\text{eff}}=29000$ K, $M=M_Q$ va $R=(1/100)R_Q$ ga ega. Uning absolyut bolometrik yulduziy kattaligi topilsin.

23. 40 Eri B – birinchi kashf qilingan oq mitti (hozirgi paytgacha eng yaxshi o‘rganilgan) yulduzdir. U 17000 K effektiv haroratga ega bo‘lib, uning absolyut yulduz kattaligi 11^m bo‘lsa, uning radiusi topilsin.

24. Inson tanasidagi birlik massaga mos keladigan energiya ajralib chiqish sur‘ati (tempi) Quyoshnikidan bir necha marotaba yuqori. Unda nima uchun biz ancha sovuqmiz?

25. Ikkita yulduzning markazlaridagi harorat $T=18 \cdot 10^7$ K va $T=20 \cdot 10^7$ K ga teng. Mos keluvchi energiya ajralib chiqish sur‘ati (tempi) nisbatini chamalab ko‘ring.

26. Massasi $M=M_C$ va radiusi $R=1,5 \cdot 10^8$ km ga ega qizil gigant yulduzning o‘z o‘qi atrofida aylanishi mumkin bo‘lgan eng kichik davri nimaga teng?

27. A0 spektral sinfga mansub yulduzlar spektrini optik qismidagi ustun keluvchi tafsiloti $\lambda=3646$ Å dagi yirik Balmer sakrashidir. Bu yulduzlarning diskrlarida chetga qorayishi $\lambda=3606$ Å da qanchalik katta? $\lambda=3686$ Å dachi?

28. Quyosh (G2V) spektridagi energiya taqsimoti $T=6000$ K bo‘lgan qora jism nurlanishiga yaqin. Unda nega Vega (A0 V) spektri $T=10000$ K ga ega Plank taqsimotiga umuman o‘xshamaydi?

29. Quyoshning o‘rtacha zichligi ($1,4 \text{ g/sm}^3$) suv zichligidan katta. Unda nega uni gaz shari deb hisoblash mumkin?

30. α -zarrachaning massasi to‘rtta proton summasidan taxminan 1% ga kichik. α -zarrachalar sintezi bilan kechuvchi termoyadroviy reaksiyalar Quyoshning hozirgi yorqinligini milliardlab yillar davomida tutib turishga qodir ekanligiga ishonch hosil qiling.

7-§. Karrali va o‘zgaruvchan yulduzlar

Karrali yulduzning ko‘rinma ravshanligi (yarqiroqlik darajasi) E uning barcha komponentalarining ko‘rinma ravshanliklari (kelgusida ravshanlik deb ataymiz) E_i larning summasi

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots = \sum E_{i_m}$$

ga teng bo‘lib, shu sababli uning ko‘rinma va M absolyut yulduzli kattaliklari ixtiyoriy komponentaning mos yulduzli kattaliklari m_i va M_i lardan hamma vaqt kichikdir.

Pogson formulasi

$$\lg \frac{E}{E_1} = 0,4(m_0 - m)$$

$$E_1 = 1, m_0 = 0 \text{ ni qo'yib}$$

$$\lg E = -0,4m$$

ni hosil qilamiz.

Ushbu formula bo'yicha har bir komponentaning ravshanligi E_i ni topib,
 $\lg \frac{E}{E_1} = 0,4(m_0 - m)$ formula bo'yicha karrali yulduzning ravshanligi E va yana
 $\lg E = -0,4m$ ga ko'ra $m = -2,5 \lg E$ hisoblanadi.

Agarda komponentalar ravshanliklarining nisbatlari $\frac{E_1}{E_2} = k, \frac{E_3}{E_1} = n$ va h.k. berilgan bo'lsa, u holda barcha komponentalar ravshanliklarini ularning bittasining ravshanligi orqali ifodalab, masalan, $E_2 = \frac{E_1}{k}, E_3 = nE_1$ va h.k. so'ngra $E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots = \sum E_{i_m}$ formuladan E topiladi.

To'siluvchan – o'zgaruvchan yulduz komponentalarining orbital tezligi v ni uning spektridagi chiziqlarning (to'lqin uzunligi λ) o'rtacha vaziyatidan davriy eng katta chetlashishi $\Delta\lambda$ ga qarab topiladi, chunki bu holda

$$v = v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$$

deb qabul qilish mumkin bo'lib, bunda v_r - nuriy tezlik va $c = 3 \cdot 10^5$ km/sek (yorug'lik tezligi).

Komponentalarning topilgan v qiymatlari va yulduzning o'zgaruvchanlik davri P ga qarab ularning absolyut orbitalarining katta yarim o'qlari a_1 va a_2 lar hisoblanadi:

$$a_1 = \frac{v_1}{2\pi} P, \quad a_2 = \frac{v_2}{2\pi} P$$

So'ngra nisbiy orbitaning katta yarim o'qi

$$a = a_1 + a_2$$

va, oxirida $M_1 + M_2 = \frac{a^3}{p^2}$ va $\frac{M_1}{M_2} = \frac{a_2}{a_1}$ formulalarga ko'ra komponentalarning massalari topiladi.

$v = v_r = c \frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ formula yangi va o'ta yangi yulduzlar tomonidan tashlanib turuvchi gaz qobiqlarning kengayish tezligini xisoblashga imkon beradi.

.....
1. Vizual ravshanligi $3^m,70$ ga teng bo'lgan uchkarrali yulduzning ikkinchi komponentasi uchinchisidan 2.8 marta, birinchisi uchinchisidan $3^m,32$ ga ravshanrok bo'lsa, shu yulduz komponentalarining ko'rinma yulduzli kattaliklarini hisoblang.

2. Ravshanligi har 3,953 sutkada o'zgaradigan tutiluvchi o'zgaruvchan yulduz spektridagi chiziklar uning o'rtacha xolatidan davriy ravishda qarama-qarshi tomonga normal to'lqin uzunligining $1,9 \cdot 10^{-4}$ va $2,9 \cdot 10^{-4}$ qiymatigacha siljiydi. Bu yulduz komponentalarining massalarini toping.

3. Komponentalarining ravshanligi $4^m,3$ va $5^m,2$ bo'lgan qo'shaloq yulduz α baliqlarning vizual ravshanligini aniqlang.

4. Komponentalarining ravshanligi $5^m,12$; $6^m,03$; $5^m,11$ va $5^m,38$ ga teng bo'lgan to'rt karrali yulduz ϵ Liraning ravshanligini hisoblang.

5. Qo'shaloq yulduz γ hamalning ravshanligi $4^m,02$ ga, uning komponentalarining yulduz kattaliklarining ayirmasi $0^m,18$ ga teng. Bu yulduz har bir komponentasining ko'rinma yulduz kattaligini toping.

6. Agar uchkarali yulduzning birinchi komponentasi ikkinchisidan 3,6 marta ravshanroq, uchinchisining ikkinchisidan 4,2 marta kuchsizroq bo'lib $4^m,36$ ga teng bo'lsa, uch karrali yulduz ravshanligini toping.

7. Agar qo'shaloq yulduzning komponentalaridan birining ravshanligi $3^m,46$ ikkinchisidani undan $1^m,68$ ga ravshanroq bo'lsa, uning ko'rinma yulduziy kattaligini toping.

8. Vizual ravshanligi $4^m,07$ ga teng bo'lgan uch karrali yulduz β Yakkashoxning ikkinchi komponentasi birinchisiga nisbatan 1,64 marta kuchsizroq va uchinchisiga nisbatan $1^m,57$ ga ravshanroq bo'lsa, yulduz komponentalarining vizual yorqinligini va karrali yulduzning umumiy yorqinligini toping.

9. Komponentalarining vizual ravshanligi $1^m,99$ va $2^m,35$ ga va parallaksi $0'',072$ ga teng bo'lgan qo'shaloq yulduz α egizaklarning yorqinligini va uning komponentalarining vizual yorqinligini toping.

10. Vizual ravshanligi $2^m,91$ ga, birinchi komponentasining ravshanligi $3^m,62$ ga va parallaksi $0'',101$ ga teng bo'lgan qo'shaloq u Hamal yulduzining ikkinchi komponentasining vizual yorqinligini hisoblang.

11. Qo'shaloq Mitsar yulduzining (ξ Katta Ayiq) ravshanligi $2^m,17$ ga, parallaksi $0'',037$ ga teng bo'lib, birinchi komponentasi ikkinchisidan 4,37 marta ravshanroq bo'lsa, shu yulduz komponentalarining vizual yorqinligini aniqlang.

12. Komponentalarining vizual ravshanliklari $3^m,50$ va $7^m,19$ ga teng, ularning oddiy rang ko'rsatkichlari $+0^m,57$ va $+0^m,68$ va masofasi 5,49 pk bo'lgan η Kassiopea qo'shaloq yulduzning fotografik yorqinligini toping.

13. 333. Quyidagi berilishlarga ko'ra tutiluvchi o'zgaruvchi yulduzlar komponentalarining massalarini hisoblang:

Yulduz	Komponentalarning nuriy tezligi	Uzgaruchanlik davri
β Persey	44 km/s va 220 km/s	$2^k, 867$
U Ilon eltuvchi	180 km/s va 205 km/s	$1^k, 677$
ω Voznichego	117 km/s va 122 km/s	$2^k, 525$
U Sefey	120 km/s va 200 km/s	$2^k, 493$

14. Persey va Oqqush o‘zgaruvchan yulduzlaridan birinchisining vizual ravshanligi $2^m,2$ dan $3^m,5$ gacha, ikkinchisidiki $3^m,3$ dan $14^m,2$ gacha chegarada o‘zgarsa, ularning vizual ravshanligi necha marta o‘zgaradi?

15. O‘zgaruvchan yulduzlar α -Orionning vizual ravshanligi $0^m,4$ dan $1^m,3$ gacha, unga mos bolometrik tuzatma esa $-3^m,1$ dan $-3^m,4$ gacha o‘zgarsa, o‘zgaruvchan α Chayon (α Aqrab) yulduzining vizual ravshanligi $0^m,9$ dan $0^m,8$ gacha unga mos bolometrik tuzatmasi $-2^m,8$ dan $-3^m,0$ gacha oraliqda o‘zgarsa, bu yulduzlarning vizual va bolometrik yorqinliklari necha marta o‘zgaradi?

16. O‘zgaruvchan α Orion yulduzining parallaksi $0'',005$ va burchak radiusi $0'',034$ (ravshanlik maksimumida) dan $0'',047$ (ravshanlik minimumida) gacha o‘zgarsa, o‘zgaruvchan α Chayon yulduzining (α Aqrab)-parallaksi $0'',019$, burchak radiusi $0'',028$ dan $0'',040$ gacha o‘zgarsa, bu yulduzlarning chiziqli radiuslari qanday chegarada va necha marta o‘zgaradi?

17. 15 va 16 masalalarning berilishlari bo‘yicha Betelgeyze va Antares yulduzlarining ravshanligi minimumida birinchi yulduz temperaturasi 3200 K, ikkinchisidiki – 3300 K bo‘lsa, ularning ravshanliklarining maksimumida temperaturasini hisoblang.

18. O‘zgaruvchan yulduz - sefidlar: α - Kichik Ayiq, ξ - egizaklar, η - Burgut, TU - Qalqon, UZ - Qalqon o‘zgaruvchanligi haqida berilgan quyidagi jadvaldagi ma’lumotlarga ko‘ra Sariq va ko‘k nurlardagi yorqinlik necha marta va qanday sutkalik gradient bilan o‘zgaradi?

Yulduz	Davr	Ko‘k nurlanishdagi ravshanlik		Rangning asosiy ko‘rsatkichi	
		maksimumda	minimumda	maksimumda	1V.‘inimuda
α Kichik Ayiq	$3^k,97$	$2^m,50$	$2^m,66$	$+0^m,56$	$+0^m,6;$
ξ Egizaklar	$10^k,15$	4,38	5,18	+0,70	+ 1,02
η Burgut	$7^k,18$	4,08	5,36	+0,59	+ 1,04
TY Qalqon	$11^k,05$	11,79	13,19	+ 1,47	+2,00
UZ Qalqon	$14^k,74$	12,43	13,80	+ 1,63	+2,12

19. Oldingi masala berilishlariga ko‘ra ravshanlikning o‘zgarish amplitudasini (Sariq va ko‘k nurlarda), yulduz ranglarining asosiy ko‘rsatkichlarini toping, amplitudalarning o‘zgaruvchanlik davrlaridan bog‘liqlik grafiklarini yasang va grafiklar bo‘yicha topilgan qonuniyatlardan xulosa chiqaring.

20. Ravshanligining minimumida S - Sefey yulduzining vizual yulduziy kattaligi $4^m,3$ ga, R Uchburchak yulduzidiki $12^m,6$ ga teng. Agar ularning yorqinligi mos

ravishda 2,1 va 760 martaga oshsa, yorqinlik maksimumida bu yulduzlarning ravshanligi qanday bo'ladi?

21. Oqqush yulduz turkumidagi 1975 yil 29 avgustda topilgan Yangi yulduzning ravshanligi chaqnagangacha 21^m , yaqin edi, maksimumda esa 1^m , 9 gacha kattalashdi. Agar yangi yulduzlarning o'rtacha absolyut yulduziy kattaligi ravshanlikning maksimumida 8^m atrofida bo'lsa, bu yulduzning chaqnaguncha va ravshanlik maksimumida yorqinligi qanday bo'lgan va bu yulduz Quyoshdan taxminan qanday masofada joylashgan?

22. Burgut yulduz turkumida 1918 yili topilgan Yangi yulduz spektridagi emission vodorod chiziqlari H_β ($4861 \text{ \AA}$) va H ($4340 \text{ \AA}$) lar binafsha rang oxiriga tomon $39,8 \text{ \AA}$ va $35,6 \text{ \AA}$ ga, Oqqush yulduz turkumidagi 1975 yilgi Yangi yulduzniki $40,5 \text{ \AA}$ va $36,2 \text{ \AA}$ ga siljigan. Bu yulduzlar tomonidan tashlangan gazlarning qobiqlari qanday tezlikda kengaygan?

23. Katta Ayiq yulduz turkumidagi M 81 galaktikaning burchakli o'lchamlari $35' \times 14'$ ga, Tozilar yulduz turkumidagi M 51 galaktikaniki $14' \times 10'$ ga teng. Bu galaktikalarda turli vaqtlarda portlagan o'ta yangi yulduzlarning eng katta ravshanligi mos ravishda $12^m,5$ va $15^m,1$ ga teng. O'ta yangi yulduzlarning o'rtacha absolyut yulduz kattaligini ravshanlik maksimumida $15^m,0$ ga yaqin deb qabul qilib, bu galaktikalargacha masofalarni va ularning chiziqli o'lchamlarini toping.

8-§. Qo'shaloq yulduzlar. Nostatsionar yulduzlar

Qo'shaloq yulduzlarni shartli ravishda optik va fizik qo'shaloqlarga ajratish mumkin. *Optik qo'shaloq sistema deb*, osmon sferasida ikkita yulduz bir-biriga proyeksiyalanishi tufayli yaqin bo'lib qolgan yulduzlarga aytiladi. Fizik qo'shaloqlarni topish va tadqiq qilish usullariga muvofiq visual, spektral va fotometrik qo'shaloq yulduzlarga ajratish mumkin.

Odatda yorqinroq yoki massasi kattaroq bosh yulduzga nisbatan yo'ldosh yulduzning orbitasi kuzatiladi. Bosh yulduzga nisbatan yo'ldoshning vaziyati burchak masofa ρ va soat mili yo'nalishiga qarshi tomonga hisoblanadigan uning pozitsion burchagi θ bilan tasniflanadi. Qo'shaloq yulduz orbita elementlariga quyidagilar kiradi: i – orbitaning tasviriy tekislikka og'ish burchagi; a – yo'ldosh orbitasining katta yarim o'qi; P – aylanish davri; ω – periastrning tugundan burchak masofasi (periastr uzunlamasi); e – ekscentrisitet; t_0 – periastrdan o'tish momenti; p – pozitsion burchak (ko'tariluvchi tugun va olamning shimoliy qutbining tasvir tekisligidagi vaziyatlari).

Keplerning III qonuniga muvofiq qo'shaloq yulduzlar massalarining yig'indisini quyidagi formula bilan ifodalash mumkin:

$$m_1 + m_2 = \frac{A^3}{P^2} = \frac{a^3}{\pi^3 P^2},$$

bu yerda a va π - katta yarim o'qi va yoy sekundlarida ifodalangan parallaks, A – kilometrlarda ifodalangan katta yarim o'q, P – yillarda ifodalangan aylanish davri. Massalar nisbati $m_1/m_2 = a_2/a_1$ formula bilan ifodalanadi. Bu ikkala formulani birlashtirib, qo'shaloq yulduzning ikkala komponentalar massalarini hisoblab topamiz.

Nostatsionar yulduzlar – fizik o'zgaruvchan yulduzlar, yulduzlarda sodir etiladigan fizik jarayonlar tufayli nisbatan qisqa vaqt ichida yorqinliklari o'zgarishi bilan tasniflanadilar. Nostatsionar yulduzlar ikki turga, ya'ni, pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan hamda eruptiv yulduzlarga bo'linadilar. Pulsatsiyalanuvchi o'zgaruvchan yulduzlarga RR Lyr turidagi yulduzlar hamda I va II xildagi sefeidlir kiradi. Sefeidlir Galaktika chegarasida va yaqin galaktikalargacha bo'lgan masofalarni chamalashda yaxshi indikator (belgi) bo'la oladi. Masofalarni chamalash uchun "davir-yorqinlik" munosabatidan foydalaniladi: $\overline{M_{pg}} \approx +0,^m5$ - RR Lyr turidagi yulduzlar uchun, $\overline{M_{pg}} = -1,^m5 - 1,^m74 \lg P$ va $\overline{M_{pg}} = -0,^m2 - 1,^m5 \lg P$ - I va II turdagi sefeidlir uchun, bu yerda P – sutkalarda ifodalangan davr.

1. Qo'shaloq yulduzning birinchi komponentasi ravshanligi $3^m,46$, ikkinchi komponenta unga nisbatan $1^m,68$ ga yorqinroq. Qo'shaloq yulduzning ko'rinma yulduziy kattaligi topilsin.

2. Qo'shaloq yulduzning komponentalari vizual ravshanligi $1^m,99$ va $2^m,85$, parallaksi esa $0'',072$. Komponentalarning vizual yorqinligi va umumiy yorqinligi topilsin.

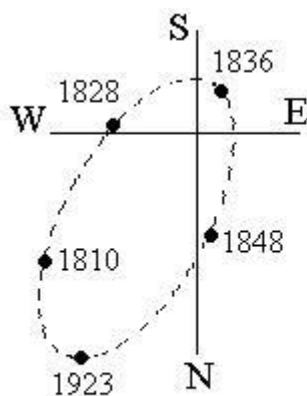
3. Agar Kapella qo'shaloq yulduzining orbitasi katta yarim o'qi $0,85$ a.b., aylanish davri $0,285$ yil bo'lsa, uning massalar yig'indisini hisoblang.

4. Protsion qo'shaloq yulduzining yo'ldosh yulduzi aylanish davri 39 yil, orbita katta yarim o'qi 13 a.b. bo'lsa, uning massalar yig'indisini toping.

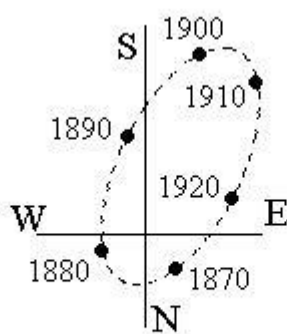
5. α Egizaklar qo'shaloq yulduzi $0'',076$ parallaksga, katta yarim o'qining ko'rinma burchak o'lchami $6'',06$ ga va aylanish davri 306 sutkaga teng. Bu qo'shaloq yulduzning massalar yig'indisi nimaga teng?

6. Agar $0'',75$ parallaksga ega, bizga eng yaqin bo'lgan Sentavr α yulduzidan kuzatilganda Yerning Quyoshdan eng katta uzoqlashishi nimaga teng bo'lardi? U yerdan obyektiv 1 m bo'lgan teleskop orqali Yerni kuzatish mumkinmi? (Yerning ko'rinma yorqinligi haqidagi masala ahamiyatga ega emas deb faraz qilinadi)

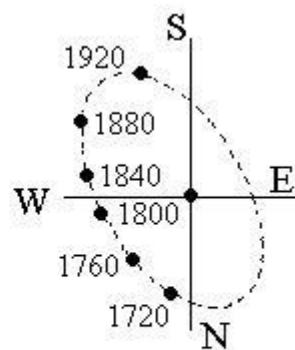
7. Rasmlardan birini tanlang (a-c), qo'shaloq yulduzning aylanish davrini, osmondagi u ellips markazi hamda bosh yulduzdan o'tishini bilgan holda katta yarim o'qi proyeksiyasini chamalang. Ko'rinma orbitaning eksentrisitetini chamalang (unga haqiqiy orbitaning eksentrisiteti ham mos keladi). Katta yarim o'qning burchak o'lchamini aniqlang. Parallaksi berilgan yulduzlar uchun katta yarim o'qi uzunligini (a.b. larda) hamda komponentalar massalarini hisoblang: Gerkules ζ $\pi=0'',11$; Katta Ayiq ξ $\pi=0'',146$.



a) Parizod γ



b) Katta Ayiq χ



c) Gerkules ζ

8. Agar sefeid ravshanligi o'zgarish amplitudasi $1^m,5$ ga teng, biroq yuza birligining yorqinligi o'zgarmasdan qolsa, uning radiusi necha marta o'zgarayotgan bo'ladi?

9. Pegas χ qo'shaloq yulduzining parallaksi $0'',026$ deb topilib, extimol xatoligi $\pm 0'',005$ gacha etadi. Agar parallaksni keltirilgan qiymatidan xatolik miqdoriga kattaroq olinsa, bu juft yulduzlarning hisoblangan massalar yig'indisi qanday o'zgaradi?

10. Faraz qilamiz, qo'shaloq yulduzni tashkil etuvchilarining zichliklari Quyoshnikiga teng va sferik shaklda deb qabul qilingan ikkala tashkil etuvchi bir-biriga tegib turibdi. Agar ularning har birining massasi $1/10$ Quyosh massasiga teng bo'lsa, ularning aylanish davri qanday bo'ladi? Ularning kilometr sekundda ifodalangan nisbiy tezligi nimaga teng bo'ladi?

11. Katta yarim o'qi $a=2'',87$ va davri $P=317,5$ yil bo'lgan qo'shaloq yulduz β 7642 ning dinamik parallaksini hisoblang. Uning trigonimetrik parallaksi $0'',088$. Parallakslar orasidagi farqni qanday tushintirish mumkin?

12. Mitsar yulduzining spektrida davriy ravishda ikkiga bo'linayotgan $H\gamma$ vodorod chizig'ining (to'lqin uzunligi $4341 \text{ \AA}$) komponentalari orasidagi eng katta masofa $0.5 \text{ \AA}$ ni tashkil etadi. Komponentalarining ko'rish nuri proeksiyasidagi nisbiy orbital tezligi qanday?

13. Agar Chayonning β si spektral-qo'shaloq yulduzining bosh va yo'ldosh yulduzlari nuriy tezliklarining yarim amplitudasi mos ravishda $k_1=152$ va $k_2=126$ km/sek bo'lsa, uning komponentalari massalari nisbatini aniqlang.

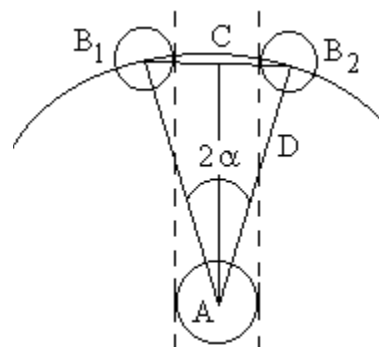
14. Spektral-qo'shaloq sistemani komponentasi sifatida nisbiy orbital tezligi 91 km/sek va $4^d0^h19^m$ davrga ega Spikaning orbita radiusini aniqlang. *Ko'rsatma:* orbita doiraviy, uning tekisligi esa Quyoshdan o'tgan deb hisoblansin.

15. Bir xil spektrdagi (G sinf) 7,3 va 7,3 kattaliklardan iborat vizual qo'shaloq yulduzning doiraviy orbitasi ko'rish nuriga 45° ostida og'gan. Bosh yulduzga nisbatan yo'ldoshning eng katta kuzatilayotgan nuriy tezligi 20 km/sek bo'lib, yiliga kuzatilayotgan yo'ldoshning eng katta tezligi esa $0'',05$. Aylanish davri 6 yilni tashkil etdi; orbitasi doiraviy. Sistemani tashkil etavchi komponentalari har birining o'lchamini, parallaksini, massasini va yorqinligini hamda nisbiy orbitaning radiusini aniqlang. Topilgan massalarni aniqlangan yorqinlik va

“massa – absolyut kattalik” bog‘lanishidan topiladigan qiymatlari bilan taqqoslang.

16. Davri 10 sutkaga va o‘rtacha ko‘rinma fotografik yulduz kattaligi 4,8 ga teng bo‘lgan Egizaklarning ζ sefeidigacha bo‘lgan masofani sefeidlar uchun topilgan “davir-absolyut kattalik” bog‘lanishidan foydalanib aniqlang.

17. Yulduzlarning radiuslari nisbatlari $r:R$ ni, ravshanligi o‘zgarish davri (aylanish davri) P ni hamda o‘zgarish davomiyligi (tutilish davomiyligi) p ni bilgan holda Algol turidagi to‘siluvchan qo‘shaloq sistemadagi “qora” yo‘ldoshning nisbiy orbitasi radiusi D ni yorqin yulduzning radiusi R birliklarida ifodalab aniqlang, bunda orbita doiraviy deb hisoblansin.
Korsatma: tasvirdan foydalaning, unda A – bosh yulduz, B_1 va B_2 esa, tutilish boshlanishida va oxirida yo‘ldosh.



35-rasm.

18. O‘zgaruvchan yulduzning ravshanligining o‘zgarish davri 3 sutka, uning nuriy tezligi +30 km/sek ga teng. Bu yulduzning bevosita kuzatilayotgan davri nimaga teng? Ko‘rsatma: nurning tarqalish tezligi hisobga olinsin.

19. Aniq bir xil davrga ega ikkita sefeid Andromeda tumanligida – biri diskining bizga eng yaqin, ikkinchisi bizdan eng uzoq qismlarida joylashgan. Bu sefeidlarning yulduz kattaliklari ayirmalarini chamalang.

9-§. Koinotda Yulduzlar va Galaktikalar harakati

Osmonda ko‘rinayotgan yulduzlarning katta qismi Galaktika deb nomlanuvchi sistemani tashkil etadi. Galaktika sharsimon to‘dalar bilan o‘ralgan, undan katta masofalarda, uzoqroqda boshqa galaktikalar – gigant yulduz sistemalari joylashgan.

Galaktikagadi va undan tashqaridagi obyektlargacha bo‘lgan masofani aniqlash uchun ko‘pincha $M=m+5-5\lg r$ formula ishlatiladi. Bizdan o‘ta uzoqlashgan sharsimon to‘dalar va yaqin galaktikalar (20-30 million yorug‘lik yil chegarasida) gacha masofalar bu yulduzli sistemalarda absolyut kattaliklar va ravshanliklari o‘zgarish davrlari orasida bog‘lanishlar mavjud bo‘lgan sefeidlar kuzatilganda aniqroq topiladi (XII bobga qaralsin).

Yulduzlarning fazodagi tezligi V doimo Quyoshga nisbatan aniqlanib, yulduz va Quyoshni tutashtiruvchi r nur bo‘yicha yo‘nalgan nuriy tezlik V_r va tangensial tezlik V_t orqali

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

formuladan topiladi.

Yulduzning fazoviy tezligi V ning yo‘nalishi, bu tezlik va kuzatuvchining ko‘rish nuri orasidagi ν burchak bilan xarakterlanadi, bunda

$$\cos \nu = \frac{V_r}{V}$$

va

$$\sin \nu = \frac{V_t}{V}$$
$$0^\circ \leq \nu \leq 180^\circ$$

ekanligini ko‘rish qiyin emas.

Yulduzning Quyoshga nisbatan harakati. (Yulduzning Quyosh bilan eng yaxshi yaqinlashishi).

Kuzatishlar asosida yulduzning Yerga nisbatan nuriy tezligi aniqlanadi. Agar yulduzning spektrida to‘lqin uzunligi λ ga teng chiziq o‘zining normal xolatidan (laboratoriyada Δx mm ga siljigan bo‘lsa, spektrogrammaning dispersiyasi esa berilgan joyda D Å/mm ga teng bo‘lsa, u holda chiziqning Å da ifodalangan siljishi

$$\Delta \lambda = \lambda^T - \lambda = \Delta x \cdot D$$

bo‘lib, $v = v_r = c \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$ formulaga asosan nuriy tezlik

$$v_r = c \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

ga teng, bunda $c = 3 \cdot 10^5$ km/sek yorug‘lik tezligi.

U holda Quyoshga nisbatan kilometr sekundlarda o‘lchanadigan nuriy tezlik

$$V_r = v_r - 29,8 \sin(\lambda - \lambda_\odot) \cos \beta$$

bo‘lib, bunda λ - ekliptik uzunlama, β - yulduzning ekliptik kenglamasi, $\lambda_\odot$ – yulduz spektrogrammasini olayotgan kunda Quyoshning ekliptik uzunlamasi

(astronomik yilnomadan aniqlanadi), 29,8 soni kilometr sekundlarda ifodalanagan Yerning aylanma tezligi.

V_r (yoki v_r) Quyoshdan kelayotgan yoʻnalishda musbat (yoki Yerdan) va teskari yoʻnalishda manfiy yulduzning kilometr sekundlarda oʻlchanadigan tangensial tezligi V_r uning yillik parallaksi π va xususiy xarakati μ boʻyicha, yaʼni yulduzning osmonda 1 yil ichida siljigan yoyi boʻyicha quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$V_t = 4,74 \frac{\mu}{\pi} = 4,74 \cdot \mu \cdot r$$

Bunda μ va π lar yoy sekundlari (") da, yulduzgacha masofa r - parseklarda ifodalanadi.

Oʻz navbatida μ - yulduzning α va δ ekvatorial koordinatalarning oʻzgarishiga qarab aniqlanadi (prosessiyani hisobga olgan holda):

$$\mu = \sqrt{(15\mu_\alpha \cdot \cos \delta)^2 + \mu_\delta^2}$$

Bunda yulduzning toʻgʻri chiqishi μ_α boʻylab hususiy harakatining komponentalari vaqt sekundlarida (s), μ_δ boʻyicha komponentasi yoy sekundlari (") da ifodalanadi.

Xususiy harakat μ ning yoʻnalishi olamning shimoliy qutbiga tomon yoʻnalishda qarab xisoblanadigan pozitsion ψ burchak orqali aniqlanadi:

$$\cos \psi = \frac{\mu_\delta}{\mu} \quad va \quad \sin \psi = \frac{15\mu_\alpha \cos \delta}{\mu}$$

Bunda ψ dan 0° dan 360° gacha chegarada oʻzgaradi.

10 - rasmdan. Yulduzning Quyoshdan minimal r_m masofada oʻtgan (yoki oʻtadigan) va bizning davrdan boshlab hisoblanadigan vaqt intervali Δt ni xisoblash qiyin emas.

Galaktikalar va kvazarlarning xususiy harakati $\mu = 0$ va shuning uchun ularning faqat nuriy tezligi V_r aniqlanadi, lekin bu tezlik juda katta boʻlganligidan Yerning tezligi hisobga olinmaydi va demak, $V_r = v_r$ boʻladi. $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = z$ deb belgilab olsak,

$z \leq 0,1$ boʻlgan nisbatan yaqin galaktikalar uchun

$$V_r = cz$$

va demak, Xabbl qonuniga koʻra, ularning megaparseklardagi (Mps)* masofasi

$$r = \frac{V_r}{H} = \frac{V_r}{70}$$

Bunda Xabbl doimiysi H ning xozirgi zamondagi qiymati $H = 70 \text{ km/s} \cdot \text{Mps}$ $z > 0,1$ boʻlgan uzoq galaktika va kvazarlar uchun relyativistik formula

$$V_r = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} c$$

dan foydalanish lozim, ularning masofasini baholash koinotni qabul qilingan kosmologik modeliga bogʻliqdir.

Masalan, yopiq pulsatiyalanuvchi modelda

$$r = \frac{c}{H} \cdot \frac{z}{1+z}$$

Eynshteyn-de Sitter ochiq modelida

$$r = \frac{2c}{H} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1+z}} \right)$$

.....

1. Yulduz spektridagi toʻlqin uzunligi 5016 Å ga teng boʻlgan geliy chizigʻi qizil uchiga tomon 0,017 mm ga. Yulduzning ekliptik uzunlamasi 47°55' ga, uning ekliptik kengligi —26°45' ga, spektrni rasmga olish vaqtida Quyoshning ekliptik uzunlamasi 223°14' ga yaqin boʻlgan. Yulduzning nuriy tezligini aniqlang.

2. Fotografik ravshanligi 15^m,5 va burchak diametri 0",03 boʻlgan kvazarning spektrida vodorodning toʻlqin uzunligi 4861 Å boʻlgan emission chizigʻi H_{β} toʻlqin uzunligi 5421 Å ga mos xolatni oladi. Bu kvazarning nuriy tezligi, masofasi, chiziqli oʻlchamlari va ravshanligini toping.

3. Toʻlqin uzunliklari 4861 Å va 4102 Å ga teng boʻlgan vodorodning yutish chiziqlari H_{β} va H_{δ} lar yulduz spektrining qizil uchiga mos ravishda 0,66 va 0,56 Å ga siljigan. Yulduzning Yerga nisbatan kuzatish kechasidagi nuriy tezligini aniqlang.

4. Oldingi masalani Regula yulduzining (α Arslon) spektridagi oʻsha chiziqlar binafsha rang uchi tomoniga mos ravishda 0,32 Å va 0,27 Å ga siljigan hol uchun yeching.

5. Nuriy tezligi 60 km/s boʻlgan yulduz spektrogrammasida toʻlqin uzunligi 5270 Å va 4308 Å ga teng boʻlgan temirni yutish chizigi, agarda spektrogramma dispersiyasi birinchi uchastkada 25 Å/mm, ikkinchisida 20 Å/mm teng boʻlsa, spektrning qaysi tomoniga va qancha millimetrga siljigan boʻladi?

6. Yerga nisbatan birining nuriy tezligi 50 km/sek, ikkinchisini +30 km/sek boʻlgan yulduzlar spektrlarining vodorod yutish chiziqlari H_{β} , H_{δ} va H ... ning vaziyatini hisoblang. Bu chiziqlarning normal toʻlqin uzunliklari mos ravishda 4861, 4102 va 3730 Å.

7. β Ajdar va γ Ajdar yulduzlari ekliptikaning shimoliy qutbida joylashgan. Birinchi yulduzning spektrida $\lambda = 5168$ Å va $\lambda = 4384$ Å boʻlgan temir chiziqlari binafsha uchga tomon 0,34 Å va 0,29 Å ga siljigan, ikkinchi yulduz spektriga esa 0,45 Å va 0,40 Å ga siljigan. Bu yulduzlarning nuriy tezliklarini aniqlang.

8. Kuzatuv oʻtkazilayotgan kechada Quyoshning ekliptik uzunlamasi Kanopus (α Kil) yulduzining ekliptik uzunlamasiga yaqin boʻlib, yulduz spektrogrammasida $E(5270 \text{ Å})$ va $G(4326 \text{ Å})$ temirning yutish chiziqlari spektrogrammaning birinchi uchastkasida 20 Å/mm dispersiyada va ikkinchi uchastkada 15 Å/mm dispersiyada

qizil uchga tomon mos ravishda 0,018 mm va 0,020 mm ga siljigan bo'lsa, Kanopus yulduzining nuriy tezligini aniqlang.

9. Vega (α Lira) yulduzining spektrini rasmga tushirayotgan kechada uning ekliptik uzunlamasi Quyosh ekliptik uzunlamasidan 180° ga farq qilib, H_β (4861 Å) va H_γ (4102 Å) vodorodning yutish chiziqlari, bu chiziqlar joylashgan uchastkalardagi dispersiyalar 10 Å/mm va 5 Å/mm bo'lganda spektrogrammaning binafsha rang uchiga tomon mos ravishda 0,025 mm va 0,0380 mm ga siljigan bo'lsa, Vega yulduzining nuriy tezligini toping.

10. Qanday shartlarda yulduzlarning nuriy tezligini Quyoshga keltirish tuzatmasi nolga teng va qanday shartlarda uning absolyut qiymati eng katta bo'ladi?

11. Jadvalda berilgan ma'lumotlar bo'yicha yulduzlarning tangensial tezligining pozitsion burchagini hisoblang.

Yulduz	Og'ish	Yillik parallaksi	O'ziga xos xarakat komponentlari	
			α	δ
α Egizaklar	$+32^\circ 00'$	$0'', 072$	$-0'', 0130$	$-0'', 110$
γ Egizaklar	$+16^\circ 27'$	$0,031$	$+0,0033$	$-0,046$
ρ Egizaklar	$+31^\circ 53'$	$0,059$	$+0,0121$	$+0,154$
β Tozilar	$+41^\circ 38'$	$0,108$	$-0,0629$	$+0,284$

12. Yulduzlarning parallaks va xususiy harakatlari ularning nomlaridan keyin berilgan: Altair (α Burgut) $0'', 198$ va $0'', 658$; Spika (α Sunbula) $0'', 021$ va $0'', 054$ va ϵ - Xindiy $0'', 285$ va $4'', 69$. Bu yulduzlarning tangensial tezligini hisoblang.

13. Oldingi masaladagi yulduzlarning ekvatorial koordinatalariga ko'ra o'ziga xos harakatlarining komponentalarini toping. Har bir yulduzning xususiy harakatining pozitsion burchagi va og'ishi uning nomlaridan keyin berilgan: Altair $54^\circ, 4$ va $+8^\circ 44'$, va Spika $229^\circ, 5$ va $-10^\circ 54'$ va ϵ - Xindiy $123^\circ 0$ va $-57^\circ 00'$.

14. Axernar yulduzi (α Eridan)ning nuriy tezligi $+19 \text{ km/sek}$ ga, yillik parallaksi $0'', 032$ ga va o'ziga xos harakati $0'', 098$ ga teng, Deneb (α Oqqush) yulduzining xuddi shunday kattaliklari mos ravishda — 5 km/sek , $0'', 004$ va $0'', 003$ ga teng. Bu yulduzlarning fazoviy tezligining qiymati va yo'nalishini toping.

15. Procion yulduzi (α Kichik It) spektrida to'lqin uzunligi 5168 Å va 4326 Å ga teng bo'lgan temirning yutish chizig'i (Yer tezligini xisobga olganda) binafsha uchiga tomon mos ravishda $0,052 \text{ Å}$ va $0,043 \text{ Å}$ ga siljigan. Yulduzning o'ziga xos harakatining komponentalari: to'g'ri chiqish bo'yicha $-0'', 0473$, og'ish bo'yicha $1'', 032$ ga teng, uning parallaksi $0'', 288$. Og'ishi $+5^\circ 29'$ ga teng bo'lgan Procionning fazoviy tezligini va yo'nalishini toping.

16. Kapella yulduzining (α Aravakash) spektrogrammasida to'lqin uzunligi 4958 Å va 4308 Å ga, bu oraliqlarda dispersiyasi mos ravishda 50 Å/mm va 44 Å/mm

/mm ga teng bo'lgan temirning yutish chizigi qizil uchga tomon 0,015 mm ga siljigan. Yulduzning og'ishi $+45^{\circ}58'$ ekliptik uzunlamasi $81^{\circ}10'$, ekliptik kenglamasi $+22^{\circ}52'$ parallaks $0'',73$, o'ziga xos xarakat komponentalari $+0^s,0083$ va $-0',427$ kuzatuv o'tqazilayotgan kechada Quyoshning ekliptik uzunlamasi $46^{\circ}18'$. Yulduzning fazoviy tezligi kattaligini va yo'nalishini toping.

17. Hozirgi davrda Vega yulduzining (α Lira) ravshanligi $+0^m,14$; o'ziga xos xarakati $0'',345$, parallaksi $0'',123$; nuriy tezligi 14 km/sek . Veganing Quyosh bilan eng yaxshi yaqinlashish davrini va undagi masofani o'ziga xos xarakatini, tangensial tezligi va yulduzning ravshanligini toping.

18. Oldingi masalani hozirgi davrda vizual ravshanligi $+0^m,06$; o'ziga xos harakati $3'',674$; parallaksi $0'',751$ va nuriy tezligi 25 km/s bo'lgan Toliman yulduzi (α Stentavr) uchun yeching. Bu kattaliklar 10 ming yil avval qanday bo'lgan va eng yaqin joylashgan davrdan 10 ming yil keyin qanday bo'ladi?

19. Uzoq galaktika va kvazarlar spektrida chiziqlarning qizil uchga tomon siljishi (qizil siljish) kuzatiladi. Agarda bu hodisani Doppler effekti sifatida taxlil qilsak, bu ob'ektlar spektr chiziqlarning 0,1; 0,5 va 2 ga teng to'lqin uzunliklarida qizilga siljishda qanday nuriy tezlikka ega bo'ladi?

20. Oldingi masala berilishlariga ko'ra Xabbl doimiysini 70 km/sek Mps deb qabul qilib o'sha ob'ektlar (uzoq galaktikalar va kvazarlar)ning ikki kosmologik modeldagi masofalarini hisoblang.

21. Galaktikadan tashqari ob'ektlar spektrlarida yorug'lik tezligining 0,25 va 0,75 ga teng nuriy tezlikka mos qizilga siljishni toping.

22. Oldingi masaladagi ob'ektlarda, agar Doppler effektining relyativistik formulasi o'rnida bu effektning oddiy formulasini ishlatganda, ularning nuriy tezliklarida qanday o'zgarish bo'ladi?

23. Ravshanligi $17^m,3$ ga teng bo'lgan STA 102 kvazarning spektrida emission chiziqlarning siljishi mos to'lqin uzunligini 1,037 marta katta bo'ladi, PKS 0237-23 (ravshanligi $16^m, 6$) kvazarining spektrida - 2,223 marta katta bo'ladi. Bu kvazarlar qanday masofada joylashgan va ularning yorqinligi nimaga teng? Masalani ikki kosmologik modelda yeching.

24. Burchak diametri $0'', 56$ ga ravshanligi $16^m,0$ ga, ionlashgan magniyning λ 2798 chizig'i uning spektrida λ 3832 holatga siljiganda 3C48 kvazarning masofasini, chiziqli o'lchamlarini va yorqinligini hisoblang.

25. Oldingi masalani burchak diametri $0'',24$ va ravshanligi $12^m,8$ ga, spektridagi vodorod emission chiziqlari:

$$H\alpha(\Delta 4861) \text{ to } \Delta = 5640 \text{ \AA};$$

$$H\gamma (\Delta 4340) \text{ to } \Delta = 5030 \text{ \AA};$$

$$H\beta(L 4102) \text{ to } \Delta = 4760 \text{ \AA};$$

ga siljigan 3C273 kvazar uchun yeching.

26. Eng uzoqda joylashgan kvazarlardan birining qizilga tomon siljishi spektr chiziqlarning normal uzunligining 3,53 ni tashkil kiladi. Kvazarning nuriy tezligini toping va ungacha masofani baholang.

27. Yaqinda “o’ta yangi” yulduzlar bo’yicha uzoq galaktikalargacha bo’lgan masofa Habbbl qonunidan topiladigan masofa qiymatidan ancha katta ekani ma’lum bo’ldi. Ushbu fakt Koinot kengayishi jarayoniga qanday tuzatmalarni kiritish zarurligiga olib keladi?

28. NGC 5694 sharsimon to’dasida yulduzlarning ko’rinma yulduz kattaligi absolyut yulduz kattaligidan 18^m ga katta. Bu to’dagacha bo’lgan masofa nimaga teng?

29. Gerkulesdagi yulduz to’dasi bizdan 10,5 ming parsek masofada joylashgan. Uning burchak diametri $12'$ va jami yorqinligi $5^m,9$ ga teng. To’daning haqiqiy diametrini va absolyut yulduz kattaligini hisoblang.

30. Habbbl doimiysini $100 \text{ km}/(\text{sek}\cdot\text{Mps})$ deb hisoblab, spektrida qizilga siljishi $10000 \text{ km}/\text{sek}$ bo’lgan galaktikagacha bo’lgan masofani baholang.

31. Mess’e 3 sharsimon to’dasida joylashgan qisqa davrli sefeidning (o’rtacha davri $0^d,54$) ko’rinma fotografik yulduz kattaligi $15^m,50$ ga teng. “Davir-absolyut kattalik” egri chizig’idan foydalanib, shu to’dagacha bo’lgan masofani aniqlang.

32. Agar ayrim galaktikalarning absolyut fotografik kattaligi $M=-13^m,8$, 2,5-metrli reflektor uchun ularning chegaraviy fotografik ko’rinma yulduz kattaligi esa $m=20^m,2$ bo’lsa, shu teleskop bilan kuzatish mumkin bo’lgan eng uzoq masofa yorug’lik yillarda nimaga teng?

33. “Sefeidler usuli” bo’yicha bir qancha spiralsimon galaktikalargacha masofalar aniqlangan edi. Keyinchalik ma’lum bo’lishicha, yulduzlararo fazodagi chang undan o’tuvchi yorug’likning bir qismini yutib olib qolarkan. Bu kashfiyot spiralsimon galaktikalarning ilgari hisoblangan diametrlariga qanday ta’sir etadi?

34. Agar barcha sharsimon to’dalarning absolyut summar yulduz kattaliklari hamda chiziqiy o’lchamlari bir xil deb faraz qilsak, va bu to’dalargacha masofalar turlicha ekanligini hisobga olsak, ularning ko’rinma summar yulduz kattaliklari m va ko’rinma burchak diametrlari d qaysi formulaga asosan bog’langan bo’lishi mumkin?

35. 1987 yilda Katta Magellan Bulutida charaqlagan o’tayangi yulduzning absolyut yulduz kattaligini baholang. Uning maksimum vaqtdagi ko’rinma yulduz kattaligi 3^m atrofida bo’lgan.

36. HII sohalarining radiusi gaz zarrachalarining konsentrasiyasiga $n^{-2/3}$ ko’rinishida bog’liqligini ko’rsating.

37. Harorati $T=100000 \text{ K}$ va $R=10R_Q$ bo’lgan yulduz har sekunda nechta yulduzlararo vodorod atomlarini ionlashtiradi?

38. Astronomlar ilk bor ultranoma’lum (UN) va infranoma’lum (IN) diapazonlarda kuzatuvlar bajarishdi. UN da ular diskret manbalar topishdi, aniqlanishicha ular butun osmon sferasi bo’ylab tekis taqsimlangan ekan. IN da ham hanuzgacha noma’lum bo’lgan obyektlar topildi, bu manbalar Galaktikaning markaziga emas, balki uning diskida konsentratsiyalanishi aniqlandi. UN diapazonda kashf qilingan obyektlargacha masofalar haqida nima deyish

mumkin? IN-Galaktika markazigacha bo'lgan masofa va Quyoshning galaktik orbita bo'ylab harakat tezligidan Galaktika massasini baholang.

39. Juda issiq ($T=80000\text{ K}$) yadroga ega bo'lgan planetar tumanlik mavjud. Tumanlikda yulduzdan chiqayotgan nurlanishning sezilarli qismi yutiladi. Numa uchun tumanlik uzoq galaktikalar orasidan juda yaxshi ko'rinadi?

40. $T=16000\text{ K}$ ega yulduz yulduzlararo muhitga botgan. U nurlantirayotgan energiyaning qanday qismi yulduzlararo vodorodni ionlantirishga sarflanishini chamalang. Yulduz qora jism kabi nurlanayapti deb qabul qilinsin.

41. Asosan H_2 dan iborat, o'lchami $\sim 10\text{ ps}$, konsentrasiyasi $\sim 10^2\text{ sm}^{-3}$ bo'lgan molekulyar bulutning massasini baholang.

42. Ko'rish nuri bo'ylab L_α chiziq markazida sezilarli yutilishni ($\sim 10\%$) hosil qiluvchi neytral vodorodning massasini (g/sm^3 larda) chamalang. Gazning harorati $\sim 100\text{ K}$ bo'lganda chiziq markazida bir atomga hisoblangan yutilish koeffitsienti $\kappa_0 \sim 10^{-12}\text{ sm}^2$ ga teng deb olinsin.

43. Lira yulduz turkumidagi planetar tumanlikning burchak diametri $83''$ ga teng va u bizdan 660 ps masofada joylashgan. Uning chiziqli o'lchami astronomik birliklarda nimaga teng?

JADVAL KATTALIKLAR

2-jadval

Sayyoralar, Oy va Quyoshning fizik va kosmodinamik xarakteristikalar

Osmon jismlari	O'rtacha radiusi <i>km</i>	Gravitatsion parametri, $10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$	Birinchi kosmik tezlik, <i>km/s</i>	Ikkinchi kosmik tezlik, <i>km/s</i>	Ta'sir sferasining radiusi, <i>km</i>
Merkuriy	2420	0.22	3.0	4.3	$1.1 \cdot 10^5$
Venera	6050	3.253	7.3	10.4	$6.2 \cdot 10^5$
Yer	6370	3.986	7.91	11.19	$9.3 \cdot 10^5$
Mars	3370	0.429	3.37	5.05	$5.8 \cdot 10^5$
Yupiter	69600	1269	42.7	60.4	$4.8 \cdot 10^7$
Saturn	57400	379.9	25.7	36.4	$5.4 \cdot 10^7$
Uran	26700	58.0	14.7	20.8	$5.2 \cdot 10^7$
Neptun	24800	69.7	16.8	23.7	$8.7 \cdot 10^7$
Oy	1738	0.049	1.68	2.38	$6.6 \cdot 10^4$
Quyosh	696000	1327185	437	618	10^{13}

3-jadval

Sayyoralarning orbita elementlari

Osmon jismlari	Quyosh . o'rt. uzoq (a.b)	O'rt. Masofa (mln. km)	Aylan. dav (<i>yul.</i> y)	Eks-sentr.	Orb. eklp. og'.	Chiqish tug. uzun	Perigel. uzun-si
Merkuriy	0,387	57,85	0,241	0,206	7°00'12"	47°22'50"	76°12'39"
Venera	0,723	108,10	0,615	0,007	3°23'38"	75°57'35"	130°26'44"
Yer	1,000	149,45	1,000	0,017	00°00'00"	-	101°33'53"
Mars	1,524	227,72	1,881	0,093	1°51'01"	48°56'25"	334°35'12"
Yupiter	5,203	777,62	11,862	0,048	1°18'28"	99°38'24"	13°02'01"
Saturn	9,534	1425,6	29,457	0,056	2°29'29"	112°57'29"	91°28'50"
Uran	19,191	2868,1	84,013	0,047	0°46'22"	73°35'27"	169°22'07"
Neptun	30,071	4494,1	164,783	0,009	1°46'28"	130°53'56"	43°55'50"

Sayyoralarning fizik xarakteristikalari

Sayyoralar	Haqiqiy ekvatorila diametri		Qutblardagi siqqligi	Hajmi		Massasi	
	km da	Yer = 1		$10^{12} km^3$	Yer = 1	Yer = 1	$10^{27} g$
Merkuriy	4870	0,38	0	0,071	0,066	0,042	0,25
Venera	12100	0,95	0	1,050	0,970	0,818	4,89
Yer	12742	1,00	1/297	1,083	1,000	1,000	5,98
Mars	6790	0,54	1/190	0,168	0,155	0,108	0,64
Yupiter	143600	11,26	1/16,3	1456,9	1344,8	317,2	1898,3
Saturn	120600	9,45	1/9,7	823,8	760,4	94,98	568,2
Uran	50000	3,92	1/18	75,4	69,6	14,72	88,1
Neptun	49700	3,90	1/50	63,0	58,1	17,19	102,9

Sayyoralarning fizik xarakteristikalari (davomi)

Sayyoralar	O'rtacha zichlik		Ekv. da og'ir kuch tez		Par . tez km/s	O'z o'q. atr. ayl. yul. davri	Say. orb. ekv. og'm.
	Yer = 1	g/s	Yer = 1	m/s ²			
Merkuriy	0,99	5,45	0.38	3,7	4.3	28 ^k ,6	0°
Venera	0,95	5,25	0.90	8,8	10.15	243 ^k ,2	0°
Yer	1,00	5,52	1,00	9,78	11.2	23 ^h 56 ^m 04 ^s	23°27'
Mars	0,71	3,94	0,39	3,46	5.0	24 ^h 37 ^m 23 ^s	25°10'
Yupiter	0,24	1,30	2,66	26,0	60.4	9 ^h 50 ^m 30 ^s	3°06'
Saturn	0,13	0,69	1,15	11,3	36.2	10 ^h 14 ^m 24 ^s	26°45'
Uran	0,26	1,15	0,98	9,6	21.8	10 ^h 49 ^m	98°
Neptun	0,30	0,98	1,11	10,85	23.5	15 ^h 48 ^m	29°

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Мирзиёев, Шавкат Миромонович. Эркин ва фаровон, демократик ўзбекистон давлатини биргаликда барпо этамиз. Ўзбекистон Республикаси Президенти лавозимида киришиш тантанали маросимида бағишланган Олий Мажлис палаталарининг қўшма мажлисидаги нутқ / Ш.М. Мирзиёев. – Тошкент: Ўзбекистон, 2016. - 56 б.
2. Мирзиёев, Шавкат Миромонович. Танқидий таҳлил, қатъий тартиб-интизом ва шахсий жавобгарлик – ҳар бир раҳбар фаолиятининг кундалик қонидаси бўлиши керак. Мамлакатимизни 2016 йилда ижтимоий-иқтисодий ривожлантиришнинг асосий яқунлари ва 2017 йилга мўлжалланган иқтисодий дастурнинг энг муҳим устувор йўналишларига бағишланган Вазирлар Маҳкамасининг кенгайтирилган мажлисидаги маъруза, 2017 йил 14 январ / Ш.М. Мирзиёев. – Тошкент : Ўзбекистон, 2017. – 104 б
3. Мирзиёев, Шавкат Миромонович. Қонун устуворлиги ва инсон манфаатларини таъминлаш – юрт тараққиёти ва халқ фаровонлигининг гарови. Ўзбекистон Республикаси Конституцияси қабул қилинганининг 24 йиллигига бағишланган тантанали маросимдаги маъруза. 2016 йил 7 декабр /Ш.М.Мирзиёев. – Тошкент: “Ўзбекистон”, 2017. – 48 б.
4. Мирзиёев, Шавкат Миромонович. Буюк келажагимизни мард ва олижаноб халқимиз билан бирга кураамиз. Мазкур китобдан Ўзбекистон Республикаси Президенти Шавкат Мирзиёевнинг 2016 йил 1 ноябрдан 24 ноябрга қадар Қорақалпоғистон Республикаси, вилоятлар ва Тошкент шаҳри сайловчилари вакиллари билан ўтказилган сайловолди учрашувларида сўзлаган нутқлари ўрин олган. /Ш.М.Мирзиёев. – Тошкент: “Ўзбекистон”, 2017. – 488 б
5. Mamadazimov M., Umumiy astronomiya (universitetlar va pedagogika oliy o‘quv yurtlari uchun darslik). – T.: “Yangi asr avlodi”, 2008 y.
6. Mamadazimov M.M. Kosmonavtika asoslari (darslik) –T.: Voris, 2009 y
7. Sattarov I. «Astrofizika» (1-qism, darslik). T.: Iqtisod-moliya, 2009 y.
8. Sattarov I. «Astrofizika» (2-qism, qo‘llanma). T.: Turon-Iqbol, 2007 y.
9. Mamadazimov M., Tillaboyev A va boshqalar. “Astronomiya kursi (Umumiy astronomiya)dan laboratoriya ishlari” T., TDPU 2015 y.
10. Qodirov B., Sattarov I., Begimqulov U.Sh., Astrofizikadan kompyuterda laboratoriya ishlari, T.:2002 y, TDPU nashri.
11. Mamadazimov M. “Astronomiya” (AL va KHKlari uchun darslik). – T.,O‘qituvchi, 2007 y.
12. Sherdanov Ch., Mamadazimov M., Sattarova B., Ilyaasov S. Umumiy astronomiya (kosmonavtika asoslari) kursidan amaliy mashg‘ulotlar. T., TDPU, 2013 y.
13. Шерданов Ч., Саттарова Б., Саттаров И., Ажабов А. Практические занятия по общему курсу астрономии (основы космонавти). Т., издательство ТГПУ, 2013 г.

14. Машонкина Л.И., Сулейманов В.Ф., Задачи и упражнения по общей астрономии Казань 2003 г.
15. Жаров В.Е., Сферическая астрономия Россия, Фрязино, 2006. — 480 с. — ISBN 5–85099–168–9.
16. Бескин В.С., Гравитация и астрофизика Учебно-научный комплекс. — М.: Физический институт имени П.Н. Лебедева РАН, 2007. — 133 с.
17. Засов А.В., Постнов К.А., Общая астрофизика Россия, Фрязино, 2006. — 496 с.
18. A.E.Roy and D.Clarke., Astronomy Principles and practice. 2000 y
19. Dinah L. Moche Astronomy A Self – teaching guide. 2009 y
20. Bely P.Y., Christian C., Roy J.R., Astronomy. United Kingdom, Cembridge, 2010

MUNDARIJA

Soʻz boshi.....	3
I-BOB. SFERIK VA AMALIY ASTRONOMIYA ASOSLARI.....	4
1-§. Osmon sferasi, uning asosiy nuqta, chiziqli va aylanalari.....	4
2-§. Yoritgichlarning kulminatsiyalari va kulminatsiya balandliklari	11
3-§. Sferik uchburchak va uning asosiy formulalari. Paralaktik uchburchak, koordinatalarni almashtirish formulalari	14
4-§. Vaqtni oʻlchash.....	17
5-§. Taqvimlar.....	23
6-§. Refraksiya	28
7-§. Yoritgichlarning chiqish va botish momentlarini hisoblash	31
8-§. Planetalarning harakati	34
9-§. Butun olam tortishish qonuni. Osmon jismlarining massalarini hisoblash.	38
10-§. Oyning harakati va fazalari	42
11-§. Quyosh va Oy tutilishlari.....	45
12-§. Teleskoplar va ularning xarakteristikalarini	47
II-BOB. KOSMONAVTIKA ASOSLARI	52
1-§. Tortishishning markaziy maydoni. Energiya integrali formulasi. Markaziy maydonda jismning harakati.....	52
2-§. Yer atrofidagi uchishlar. Orbital manyovrlar. Orbita tekisliklarini burish.	63
3-§. Oyga uchish asoslari.	72
4-§. Planetalararo uchish asoslari.	90
III-BOB. ASTROFIZIKA ASOSLARI	109
1-§. Nurlanish qonunlari. Yulduziy kattaliklar	109
§ 2. Yoritkichning yoritilganligi.	111
3-§. Astronomik asboblari va usullari.....	114
4-§. Quyosh.....	116
5-§. Quyosh va yulduzlarning fizik tabiati	119
6-§. Yulduzlarning tabiati va harakati	126
7-§. Karali va oʻzgaruvchan yulduzlar	129

8-§. Qo‘shaloq yulduzlar. Nostatsionar yulduzlar	133
9-§. Koinotda Yulduzlar va Galaktikalar harakati.....	137
Jadval kattaliklar	144
Foydalanilgan adabiyotlar.....	146