

KEPLER QONUNLARI VA SAYYORALAR KONFIGURATSIYASI

Ishning maqsadi: Planetalarning harakatlanish qonuniyatlarini o'rganish va ularning konfiguratsiyalarini hisoblash.

Qo'llanma: Astronomik kalendar – doimiy qismi yoki havaskor astronomlar spravochniki; Astronomik kalendar – har yillik; A.A Mixalovning yulduzlarning kichik atlaslari; logarifmlar jadvali, trigonometrik funktsiyalar jadvali, kalkulyator.

Adabiyotlar: [1] IV bob, 26 – 32; [2], 1 bob; 34 – 40

Qo'shimcha adabiyot:

Masalalar.

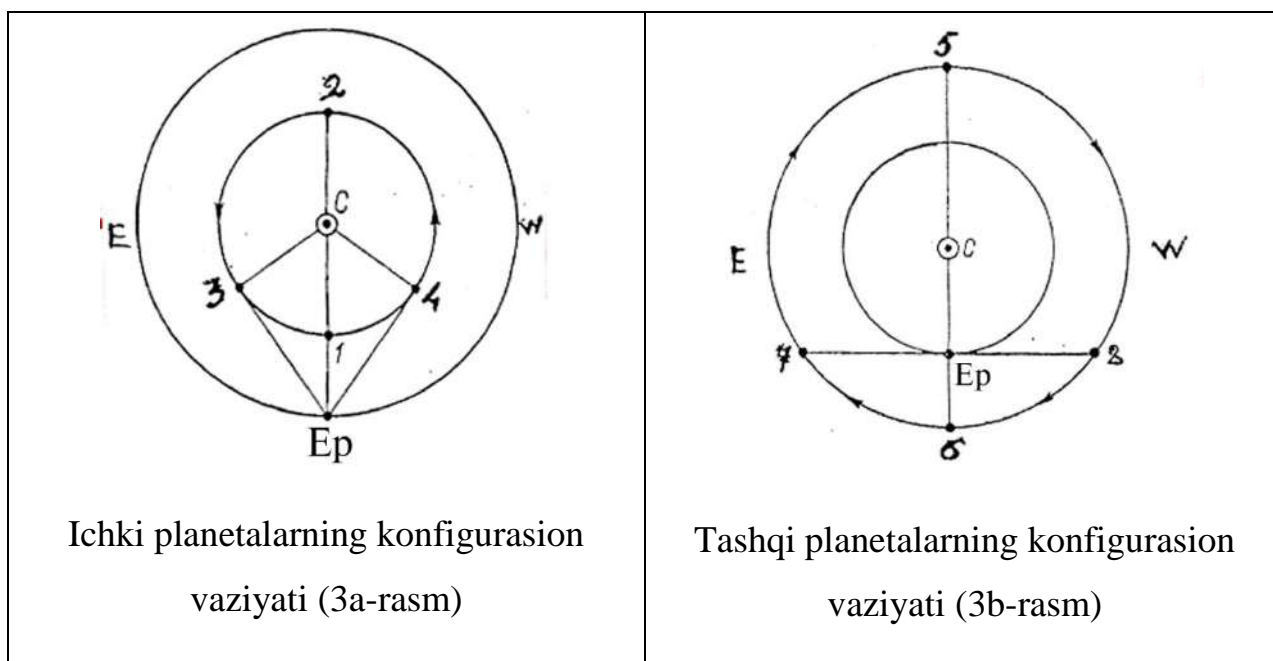
Quyosh atrofida harakatlanayotgan planetalarning yulduzlar fonidagi siljishlari harakatlanayotgan Yerdan kuzatilgani tufayli murakkab ko'rinish kasb etadi. Planetalarning Yerdan qaraganda, Quyoshga nisbatan egallagan alohida vaziyatlari ularning konfiguratsiyalari deyiladi.

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 konfigurasion vaziyatlarining, ya'ni planetaning Quyosh va Yerga nisbatan qabul qilingan ma'lum vaziyatlarining (planetalarning 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 (3(a va b)-rasm):

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

yoki

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



Planetalarining Quyosh atrofidagi harakati Kepler qonunlari bilan tavsiflanadi. Planeta orbitasining katta yarim o'qi planetaning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi hisoblanadi.

Katta planeta (sayyora)lar orbitalarining hisobga olmas darajada kichik bo'lgan ekstsentrishiteti e va og'maligi i ko'pgina masalalarni yechishda bu orbitalarni a radiusga ega bo'lgan va amalda bir tekislikda - ekliptika tekisligida yotgan aylana deb qarash mumkin. Merkuriy va Pluton sayyoralarining orbitalari bundan mustasno, lekin ularga nisbatan ham yuqoridagi soddalashtirish qo'llaniladi.

Planetalarining orbitadagi burchak va chiziqli tezliklari Keplerning ikkinchi qonuniga mos ravishda davriy o'zgarib turadi va ularning o'rtacha qiymatini planetaning Quyoshdan o'rtacha uzoqligi bo'yicha hisoblash mumkin.

Amalda planetalarining o'rtacha sutkalik burchak tezligi (buni planetalarining o'rtacha burchak harakati ham deb atashadi) quyidagicha bo'ladi.

$$n = \frac{360^\circ}{T}, \quad (1)$$

bu erda T -o'rtacha sutkalarda ifodalanuvchi, planetalarning Quyosh atrofida aylanishining yulduzlar (siderik) davri.

Shuningdek Yer uchun esa

$$n = \frac{360^\circ}{T_0} \quad (2)$$

va u holda umumiy burchak siljishi

$$n = n_0 \frac{T_0}{T} \quad (3)$$

(3) formuladagi T va T_0 lar, sutkalarda ham, yillarda ham ifodalanish mumkin, lekin albatta ular vaqtning bir xil birligida bo'lishi kerak.

$\frac{T_0}{T}$ nisbatni (3) formulaga qo'yib, Keplerning uchinchi qonunidan Quyoshdan o'rtacha a masofada turgan planeta uchun n funktsiyani olamiz.

Planetalarning orbitadagi o'rtacha chiziqli tezligi $v_a = \frac{2\pi a}{T}$ ni yerning o'rtacha tezligi $v_0 = \frac{2\pi a_0}{T_0}$ bilan tenglashtirib va Keplerning uchinchi qonundan foydalanib v_a ni a ga bog'lanishini topamiz. Agar a ni $a.b.$ larda ifodalab va Yer uchun $n_0 \approx 1^\circ$ hamda $v_0 = 30 \text{ km/s}$ deb qabul qilsak, n va v_a lar uchun topilgan formulalar ancha (sezilarli) soddalashadi.

Planetalar aylanishlarining yulduz T va sinodik S davrlari ular orasidagi sinodik harakat tenglamasi bilan bog'langan hamda bu davrlarni bor yo'g'i Yer uchun aylanishining yulduz davrlarini 1 (bir yil) deb, yillarda hisoblash yetarli. S va T larning qiymatlarini zarurat bo'lsa sutkalarda ham ifodalash mumkin. Shuningdek, Keplerning uchchala qonunini soddalashgan ko'rinishda qo'llash uchun T yillarda va $a a.b.$ larda ifodalanadi.

Planetalarining o‘zaro joylashishini ularning qiymatlari turli kunlar uchun astronomik kalendar-har yilliklarda «planetalarining geliotsentrik uzunlamalari» deb nomlanuvchi jadvallarda berib boriluvchi geliotsentrik ekliptikal sferik koordinatalari orqali oson o‘rganiladi. Bu koordinatalar sistemasining markazi qilib Quyosh olingan asosiy aylana-ekliptika esa L va L' qutblardan 90° ga uzoqda qoladi.

Ekliptika qutblaridan o‘tuvchi katta aylana kenglama aylanasi deb ataladi va undan ekliptikaning geliotsentrik kenglamasi b hisoblanadi. U osmon sferasining ekliptika bo‘ylab shimoliy yarim sharida musbat va janubiy yarim sharida esa manfiy ishorali. Geliotsentrik uzunlama l ekliptika bo‘yicha bahorgi tengkunlik nuqtasidan soat strelkasiga teskari yo‘nalishda to yoritgich kenglamasi aylanasi asosigacha hisoblanadi va 0° dan 360° gacha qiymatlarni qabul qiladi. Katta planetalar orbitalarining ekliptika tekisligiga og‘maligi kichikligidan (Pluton orbitasidan tashqari) bu planetalar hamma vaqt ekliptika yaqinida joylashadi va birinchi yaqinlashishda ularning geliotsentrik kenglamasini $b \approx 0^\circ$ deb hisoblash mumkin. Bunda planetalarining Quyoshga nisbatan vaziyatlarini faqatgina ularning geliotsentrik uzunlamasi l orqali aniqlash mumkin. Bu holda planetalarining Quyoshga nisbatan joylashish tekisligini ekliptika tekisligi deb qabul qilinsa ular chizmadagidek tasvirlanadi (-rasm) va undagi yo‘nalishlardan biri bahorgi tengkunlik nuqtasi γ ning yo‘nalishi deb olinadi.

Agar ma’lum bir sanada Yerning geliotsentrik uzunlamasi l_0 berilgan bo‘lsa, u holda chizmada avvalo Erning joylashishini belgilab, so‘ngra bu chizmada xohlagan planetani ularning geliotsentrik uzunlama (l) lari yordamida ixtiyoriy konfiguratsiyasini belgilash mumkin. Ma’lum bir kun uchun Yerning l_0 geliotsentrik uzunlamasini, o‘sha kungi Quyoshning λ_\odot geotsentrik uzunlamasi orqali ham topish mumkin. Shunday qilib, agar Yer markazidan boshlab ekliptikal koordinatalar sistemasini batafsil chizadigan bo‘lsak, u holda hamma vaqt,

$$\lambda_{\odot} = l_0 + 180^{\circ}. \quad (4)$$

Shuni nazarda tutish kerakki, Quyosh va Yer hamma vaqt bir radius-vektorning qarama-qarshi tomonida yotadi.

Lekin planetalarning geotsentrik uzunlamasi λ o'zining geliotsentrik uzunlamasi l bilan qulay ifoda bilan bog'langan emas, chizmadan esa $l = \lambda + 180^{\circ}$ tenglik bilan ifodalanishini oson bilib olish mumkin (-rasmga q.). Haqiqatdan planetalarning konfiguratsiyalari aniqlanishi uchun, ularning Quyoshga nisbatan joylashgan holatini geliotsentrik uzunlamalari bo'yicha yasab, geliotsentrik uzunlamalarini transportir yordamida o'lchash kifoya. $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_{\odot}$ farq bo'yicha sayyoralarning ko'rinish shartlarini aniqab, bundan ularning Quyoshdan o'rtacha uzoqliklarini topish mumkin, u 15° ga yaqin burchakdir.

Haqiqatda planetalarning ko'rinish shartlari faqatgina Quyoshdan $\Delta\lambda$ uzoqlashishiga bog'liq emas, balki ularning og'ishi δ ga va kuzatish joyining geografik kenglamasi φ ga, shuningdek ertalabki g'ira-shira va kechki shafaqning davomiyligiga hamda planetalarning gorizontdan balandligiga ham bog'liqdir.

Bulardan tashqari yilning har bir kuni uchun Quyoshning ekliptikadagi holati yaxshi maxlum bo'lsa, u holda yulduzlar xaritasi va $\Delta\lambda$ qiymatlar bo'yicha o'sha kunda planetaning joylashgan yulduz turkumini ko'rsatish oson. Bu vazifai gillashtiradiga narsa yulduzlar osmonining kichik atlas xaritalaridagi pastida kesim bor, unda haqiqiy yarim kechada kulminatsiyalanadigan og'ishlarning sanasi beogilangan. Bu sanalar Yer o'z orbitasidagi taxminiy holatini Quyoshni kuzatish bo'yicha ko'rsatadi. Shuning uchun xaritalardan α_0 va δ_0 ekliptika nuqtalarining ekvatorial koordinatalarini belgilab, berilgan sanalardagi haqiqiy yarim kechadagi kulminatsiyalanadigan bu sanalar uchun Quyoshning ekvatorial koordinatalari oson topiladi

$$\alpha_{\odot} \approx \alpha_0 + 12^h \text{ va } \delta_{\odot} \approx -\delta_0$$

bular yordamida planetaning ekliptikadagi vaziyati ko'rsatiladi.

Planetalarining geliotsentrik uzunlamalri yordamida ularning turli konfiguratsiyalarga o'tish holatlarining sana (kun)larini hisoblash oson. Tashqi planetaning biror t_1 kundagi geliotsentrik uzunlamasi l_1 bo'lsin. Yerning geliotsentrik uzunlamasi esa l_{01} (-rasm). Tashqi planeta Yerdan sekin harakatlanganidan ($n < n_0$), yilning qaystdir t_2 kunida Yer palnetasi uni quvib etadi. Shu holatdagi planetaning l_2 geliotsentrik uzunlamasi va Yernikining l_{02} geliotsentrik uzunlamasidan planetaning izlanayotgan konfiguratsiyaga o'tish holatini topish mumkin.

$$l_2 = l_1 + n(t_2 - t_1) = l_1 + n\Delta t \quad (8)$$

va

$$l_{02} = l_{01} + n_0(t_2 - t_1) = l_{01} + n_0\Delta t \quad (9) \text{ bo' ladi,}$$

bu yerdan $l_2 - l_1 = \Delta l$, $l_{02} - l_{01} = \Delta l_0$ va $n_0 - n = \Delta n$ deb belgilab

$$\Delta t = \frac{\Delta l_0 - \Delta l}{\Delta n} = \frac{L}{\Delta n} \quad (10)$$

va

$$t_2 = t_1 + \Delta t \quad (11)$$

ifodalarni topamiz. Bu yerda Δt vaqt oralig'ida $\Delta n = n_0 - n$ nisbiy burchak tezlik bilan yuruvchi Yer uchun $\Delta l_0 - \Delta l = L$ Yerning orbitadagi burchak yo'li ekanligini ko'rish oson. Shuning uchun palnetani qo'zg'almas deb qarash mumkin va L farqni t_2 va t_1 momentdagi Yer va planetaning geliotsentrik uzunlamalar orasidagi farqdan (yoki L chizmadan topib) darhol Δt ni aniqlash mumkin. t_2 sanadagi planetaning l_2 va Erning l_{02} geliotsentrik uzunlamalarini hisoblash uchun (8) va (9) formulalardan foydalaniladi. Shu bilan birga ushbu (8) –(11) formulalar ichki planetalarining o'sha farqlar bilan konfiguratsiyalarga kirish kunlarini hisoblash uchun xizmat qiladi, ichki planetalarining harakat tezligi Yerning harakat tezligidan kattaligi sababli formulalarga ushbu $\Delta n = n - n_0$ va ey L kattaliklarni qo'yish kerak. Bunda

planeta bir konfiguratsiyadan ikkinchisiga o'tishda Erni qo'zg'almas deb shart qo'yiladi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan vazifani hal qilishda a ning qiymatini taxminan 0,01 a.b.gacha, T va S ni 0,01 yilgacha va Δt ni bir sutkagacha yaxlitlab olinadi. Katta sayyoralar orbitalarining kichik og'ishini hisobga olmasdan va ularni ekliptikada joylashgan deb qarab, planetaning Quyoshdan $\Delta\lambda$ burchak uzoqlashishining kattaligidan uning ma'lum bir payt (moment) dagi balandligini aniqlash mumkin.

Ko'rinadiki,

$$\sinh = \sin(\Delta\lambda + \sigma) \cdot \sin\chi \quad (12)$$

bu yerda σ -ekliptika bo'ylab hitsoblanadigan Quyoshning haqiqiy gorizontdan burchak uzoqligi, χ -esa o'sha vaqt momentidagi ekliptika va haqiqiy gorizont orasidagi burchak.