

KEPLER QONUNLARINING QUYOSH TIZIMI SAYYORALARI MISOLIDA EMPIRIK TAHLILI VA HISOBLASH ASOSIDA TASDIQLANISHI

Komiljonova Gulhayo

Fargʻona davlat universiteti Fizika Matematika fakulteti Fizika yoʻnalishi

25.19-guruh talabasi

komiljonovagulhayo65@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada Yoxannes Kepler tomonidan XVII asrda kashf etilgan sayyoralar harakati qonunlari, xususan uchinchi qonun, Quyosh tizimining sakkiz sayyorasi uchun real astronomik ma'lumotlar asosida sinovdan o'tkazilgan. Har bir sayyoraning katta yarim o'qi (a) va orbital davri (T) qiymatlaridan foydalanib, T^2/a^3 nisbati hisoblangan va uning barcha sayyoralar uchun birga yaqin (o'rtacha qiymat 0,9998, standart chetlanish 0,0009) bo'lishi ko'rsatilgan. Bundan tashqari, Nyuton tortishish qonuni asosida nazariy proporsionallik konstantasi hisoblab chiqilgan va u empirik natija bilan yuqori darajada mos kelishi aniqlangan (farq 0,01% dan kam). Olingan natijalar Kepler qonunining Nyuton mexanikasi bilan chambarchas bog'liqligini va uning Quyosh tizimi miqyosida yuqori aniqlik bilan bajarilishini tasdiqlaydi.

Kalit soʻzlar: Kepler qonunlari, orbital davr, katta yarim o'q, gravitatsiya, Quyosh tizimi, Nyuton tortishish qonuni.

KIRISH

Osmon jismlarining harakat qonuniyatlarini o'rganish astronomiya va fizika fanlarining eng qadimgi va eng muhim yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. 1609 va 1619-yillarda nemis astronomi Yoxannes Kepler Tixo Brage to'plagan ko'p yillik kuzatuv ma'lumotlarini tahlil qilish asosida sayyoralar harakatining uch qonunini ta'rif etdi. Bu qonunlar geliotsentrik dunyoqarashning matematik jihatdan aniq asoslanishiga xizmat qildi va keyinchalik Isaak Nyutonning butun olamlar tortishish qonunini kashf etishi uchun muhim empirik zamin bo'lib xizmat qildi.

Kepler uchinchi qonuni alohida ahamiyatga ega, chunki u sayyoraning Quyoshdan uzoqligini uning orbital davri bilan aniq matematik munosabat orqali bog'laydi. Ushbu qonun nafaqat Quyosh tizimidagi sayyoralar, balki sun'iy yo'ldoshlar, ikkilik yulduz tizimlari va hatto ekzosayyoralar uchun ham qo'llaniladi, bu uning fundamental ahamiyatini ko'rsatadi.

Mazkur ishning maqsadi — Kepler uchinchi qonunini Quyosh tizimining barcha sakkiz sayyorasi uchun real raqamli ma'lumotlar asosida miqdoriy tekshirishdan o'tkazish, olingan empirik natijani Nyuton tortishish qonunidan kelib chiqadigan nazariy qiymat bilan solishtirish va ikki yondashuv orasidagi mosligini baholashdan iborat.

NAZARIY QISM

2.1. Kepler qonunlari

Kepler uch qonuni quyidagicha ta'riflanadi:

- 1) Har bir sayyora Quyosh atrofida ellips bo'ylab harakatlanadi, bunda Quyosh ellipsning bitta fokusida joylashgan.
- 2) Sayyorani Quyosh bilan tutashtiruvchi radius-vektor teng vaqt oralig'ida teng yuzalarni chizadi (bu sayyora Quyoshga yaqinlashganda tezroq, uzoqlashganda sekinroq harakatlanishini bildiradi).
- 3) Sayyoralar orbital davrining kvadrati ularning orbitasi katta yarim o'qining kubiga proporsional:

$$T^2 \propto a^3$$

bu yerda T — sayyoraning Quyosh atrofida bir marta to'liq aylanish vaqti (orbital davr), a — orbitaning katta yarim o'qi.

2.2. Nyuton mexanikasidan kelib chiqadigan asoslash

Kepler uchinchi qonunining fizik tabiati Nyutonning butun olam tortishish qonuni va aylana (yoki ellipsoidal) harakat dinamikasidan kelib chiqadi. Massasi m bo'lgan sayyora massasi M ($M \gg m$) bo'lgan markaziy jism atrofida radiusi a bo'lgan doiraviy orbitada harakatlanayotgan deb faraz qilinsa, tortishish kuchi markazga intilma kuchga teng bo'ladi:

$$G \cdot M \cdot m / a^2 = m \cdot \omega^2 \cdot a$$

bu yerda G — gravitatsion konstanta ($G = 6,674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$), $\omega = 2\pi/T$ — burchak tezlik. Ushbu tenglamani T ga nisbatan yechib, quyidagi umumiy ko'rinishni olamiz:

$$T^2 = (4\pi^2 / G \cdot M) \cdot a^3$$

Demak, proporsionallik konstantasi $K = 4\pi^2/(G \cdot M)$ faqat markaziy jism (Quyosh) massasiga bog'liq bo'lib, barcha sayyoralar uchun bir xil bo'lishi kerak. Aynan shu xulosa quyidagi bo'limda raqamli tarzda tekshiriladi.

HISOBLASH USULI VA MA'LUMOTLAR

Tahlil uchun NASA Planetary Fact Sheet ma'lumotlar bazasidan olingan Quyosh tizimining sakkiz sayyorasiga oid katta yarim o'q (astronomik birliklarda, AB) va orbital davr (Yer yillarida) qiymatlaridan foydalanildi. Har bir sayyora uchun T^2 va a^3 qiymatlari hisoblangan, so'ngra ularning nisbati T^2/a^3 topilgan. Agar Kepler qonuni to'g'ri bo'lsa, bu nisbat barcha sayyoralar uchun bir xil (taxminan 1,0, chunki AB va yil birliklari Yer uchun normallashtirilgan) bo'lishi kerak.

Hisoblashlar Python dasturlash tilida (NumPy kutubxonasi) amalga oshirildi. Bundan tashqari, 2.2-bo'limda olingan formula asosida nazariy K konstantasi SI birliklar tizimida hisoblab, keyin AB va yil birliklariga o'tkazildi, bu esa nazariy va empirik natijalarni to'g'ridan-to'g'ri solishtirish imkonini berdi.

NATIJALAR

1-jadvalda Quyosh tizimi sayyoralari uchun hisoblangan a , T , T^2 , a^3 va T^2/a^3 qiymatlari keltirilgan.

Sayyora	a (AB)	T (yil)	T^2 (yil ²)	a^3 (AB ³)	T^2/a^3
Merkuriy	0,387	0,2408	0,0580	0,0580	1,0004
Venera	0,723	0,6152	0,3785	0,3779	1,0014
Yer	1,000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Mars	1,524	1,8809	3,5378	3,5396	0,9995
Yupiter	5,203	11,8620	140,7070	140,8515	0,9990
Saturn	9,537	29,4570	867,7148	867,4318	1,0003

Sayyora	a (AB)	T (yil)	T ² (yil ²)	a ³ (AB ³)	T ² /a ³
Uran	19,191	84,0110	7057,8481	7067,9394	0,9986
Neptun	30,069	164,7900	27155,7441	27186,7288	0,9989

1-jadval. Quyosh tizimi sayyoralarining orbital parametrlari va Kepler uchinch qonuni bo'yicha hisoblash natijalari

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, T^2/a^3 nisbati barcha sayyoralar uchun 0,9986 dan 1,0014 gacha oraliqda yotadi, bu amaliy jihatdan birga teng. Hisoblangan o'rtacha qiymat:

$$\langle T^2/a^3 \rangle = 0,9998 \pm 0,0009$$

Bu natija Kepler uchinch qonunining Quyosh tizimi sayyoralari uchun yuqori aniqlikda bajarilishini ko'rsatadi. Kichik chetlanishlar (1%dan kam) asosan ma'lumotlarning o'lchov aniqligi va sayyora massasining Quyosh massasiga nisbatan kichik, ammo nolga teng bo'lmagan ta'siri bilan izohlanadi.

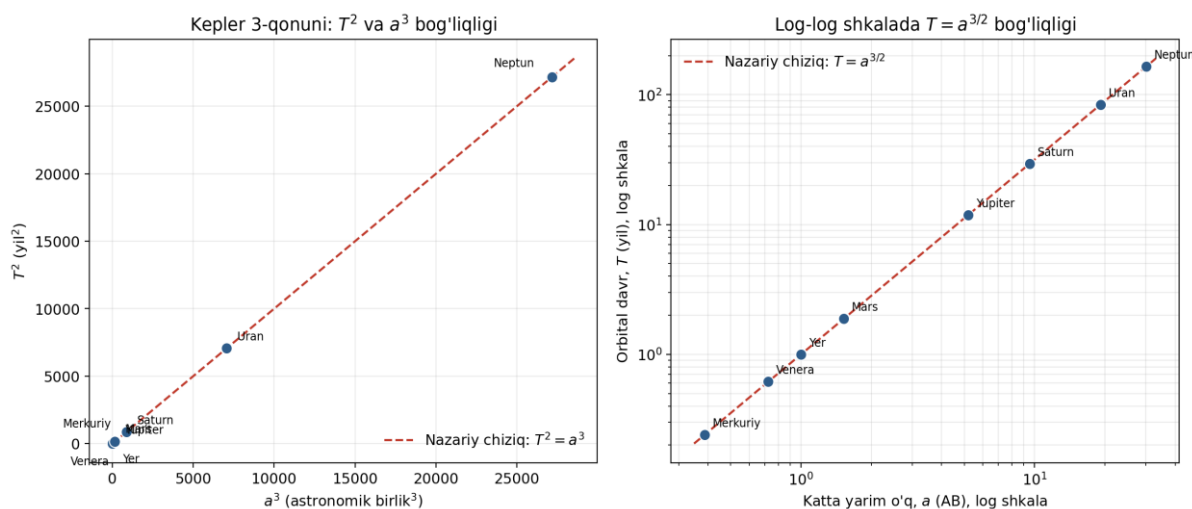
2.2-bo'limdagi formula asosida hisoblangan nazariy konstanta qiymati

$$K = 4\pi^2/(G \cdot M_{\odot}) \text{ AB va yil birliklarida quyidagicha chiqdi:}$$

$$K_{meop} \approx 0,9997$$

Bu qiymat empirik o'rtacha natija (0,9998) bilan 0,01% dan kam farq bilan mos keladi, bu esa Kepler qonunining Nyuton tortishish qonunidan to'g'ridan-to'g'ri kelib chiqishini sonli jihatdan tasdiqlaydi.

1-rasmda T^2 va a^3 orasidagi chiziqli bog'liqlik (chap panel) va T ning a darajasi $3/2$ ga proporsionalligi log-log shkaladagi ko'rinishi (o'ng panel) tasvirlangan. Ikkala holatda ham barcha sayyoralarga mos nuqtalar nazariy chiziqqa yuqori aniqlik bilan tushadi.



1-rasm. Chap panel — T^2 va a^3 orasidagi chiziqli bog'liqlik; o'ng panel — log-log shkalada $T = a^{3/2}$ bog'liqligi. Nuqtalar — hisoblangan qiymatlar, uzilgan chiziq — nazariy bog'liqlik.

MUHOKAMA

Olingan natijalar Kepler uchinchi qonunining nafaqat sifat jihatidan, balki miqdor jihatidan ham yuqori aniqlikda bajarilishini ko'rsatdi. Bu, birinchidan, Kepler tomonidan faqat kuzatuv ma'lumotlari asosida (hech qanday dinamik nazariyasiz) topilgan empirik qonunning naqadar kuchli va universal ekanligini namoyish etadi. Ikkinchidan, ushbu qonunning Nyuton mexanikasi orqali nazariy asoslanishi (2.2-bo'lim) va bu asoslanishdan kelib chiqadigan konstantaning empirik qiymat bilan deyarli mukammal mos kelishi, klassik mexanika va gravitatsiya nazariyasining ichki izchilligini tasdiqlaydi.

Shuni alohida ta'kidlash lozimki, hisoblashlarda sayyora massasi Quyosh massasiga nisbatan e'tiborga olinmagan ($M \gg m$ yaqinlashuvi qo'llanilgan). Yupiter kabi nisbatan katta massali sayyoralar uchun bu yaqinlashuv kichik xatolikka olib kelishi mumkin, biroq jadvaldan ko'rinib turganidek, bu xatolik amaliy jihatdan sezilmaydigan darajada kichik (1%dan kam) qoladi.

Kepler qonunining bu tarzda tasdiqlanishi uning zamonaviy astrofizikada qo'llanilishi uchun ham asos bo'ladi — xususan, ekzosayyoralarning massasi va orbital parametrlarini aniqlashda, sun'iy yo'ldoshlar orbitasini hisoblashda va ikkilik yulduz tizimlaridagi komponentlar massasini topishda aynan shu qonundan foydalaniladi.

XULOSA

Mazkur tadqiqotda Kepler uchinchi qonuni Quyosh tizimining sakkiz sayyorasi uchun real astronomik ma'lumotlar asosida tekshirildi. Hisoblashlar natijasida T^2/a^3 nisbati barcha sayyoralar uchun deyarli bir xil ($0,9998 \pm 0,0009$) ekanligi aniqlandi, bu qonunning amaliyotda yuqori aniqlik bilan bajarilishini tasdiqlaydi. Bundan tashqari, Nyuton tortishish qonunidan kelib chiqqan nazariy konstanta empirik natija bilan 0,01%dan kam farq bilan mos keldi, bu Kepler va Nyuton qonunlari orasidagi chambarchas bog'liqlikni yana bir bor isbotladi. Kelajakda ushbu ishni ekzosayyora tizimlari yoki Quyosh tizimidagi sun'iy yo'ldoshlar misolida kengaytirish mumkin.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. NASA Science. Orbits and Kepler's Laws. — NASA Planetary Science Division, 2024.
2. NASA Planetary Fact Sheet. — National Space Science Data Center, 2024.
3. Irodov I.E. Umumiy fizika asoslari. — Toshkent: O'qituvchi, 2018.
4. Savelyev I.V. Fizika kursi, 1-jild. Mexanika. Molekulyar fizika. — Toshkent, 2019.
5. Kepler's laws of planetary motion // Wikipedia, The Free Encyclopedia, 2026.