MATEMATIKA FANINING RIVOJLANISHI ORQALI INSONLARNING KOINOT HAQIDAGI QARASHLARI

Jo‘rayev Shaxzod Shuhratjonvich
Osiyo Xalqaro Universiteti,Assistant professor
E-mail: shaxzodjurayev7060@gmail.com

Annotatsiya:Mazkur maqolada matematika fanining rivojlanishi orqali insonlarning koinot haqidagi ilmiy qarashlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda matematik modellashtirishning koinotni anglashdagi o‘rni yoritilib, xususan planetar jismlarning orbital harakati ellips va ellipsoidlar yordamida matematik jihatdan tavsiflanadi. Kepler qonunlarining analitik-geometrik asoslari, ellips tenglamasi va eksentrisitet tushunchasi koinot tuzilishini izohlashda muhim vosita sifatida ko‘rib chiqiladi. Olingan natijalar matematikaning koinotni bilishda universal ilmiy til ekanini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: matematika, koinot, ellips, ellipsoid, orbital harakat, matematik modellashtirish,Nyuton.

Abstract: This article analyzes the evolution of human scientific understanding of the universe through the development of mathematics. The study highlights the role of mathematical modeling in comprehending the cosmos, specifically focusing on the orbital motion of planetary bodies, which is mathematically described using ellipses and ellipsoids. The analytical-geometric foundations of Kepler’s laws, the equation of an ellipse, and the concept of eccentricity are considered as essential tools for explaining the structure of the universe. The obtained results demonstrate that mathematics serves as a universal scientific language in understanding the cosmos.

Keywords: mathematics, universe, ellipse, ellipsoid, orbital motion, mathematical modeling, Newton.

Аннотация: В данной статье анализируется эволюция научного понимания человечеством Вселенной через развитие математики. В исследовании освещается роль математического моделирования в познании космоса, с особым акцентом на орбитальное движение планетарных тел, которое математически описывается с помощью эллипсов и эллипсоидов. Аналитико-геометрические основы законов Кеплера, уравнение эллипса и понятие эксцентриситета рассматриваются как важные инструменты для объяснения структуры Вселенной. Полученные результаты демонстрируют, что математика является универсальным научным языком в понимании космоса

Ключевые слова: математика, Вселенная, эллипс, эллипсоид, орбитальное движение, математическое моделирование, Ньютон

Kirish

ISSN 3030-3907

Insoniyatning koinot haqidagi tasavvurlari tarixan falsafiy va empirik qarashlar asosida shakllanib kelgan bo‘lsa-da, ularning ilmiy mazmun kasb etishi matematika fanining rivojlanishi bilan chambarchas bog‘liqdir. Koinotda sodir bo‘ladigan jarayonlarni, xususan osmon jismlarining harakati, fazoviy tuzilishi va o‘zaro ta’sirini aniq va izchil tushuntirish matematik modellashtirishsiz mumkin emas. Shu sababli koinotni anglash jarayonida matematikaning tutgan o‘rni alohida ilmiy ahamiyat kasb etadi.

Mazkur maqolada ko‘tarilgan asosiy muammo — koinot haqidagi ilmiy qarashlarning shakllanishida matematik modellar, ayniqsa analitik geometriyada o‘rganiladigan ellips va ellipsoidlar kabi geometrik obyektlarning tutgan o‘rnini asoslashdan iborat. Planetar jismlarning orbital harakati aylana emas, balki ellips shaklida ekanligi Kepler qonunlari orqali isbotlangan bo‘lib, bu holat koinotni tushunishda matematik yondashuvning ustunligini yaqqol namoyon etadi.

Tadqiqot mavzusining tanlanishiga sabab sifatida zamonaviy kosmologiya va astrofizikada qo‘llanilayotgan matematik modellar murakkablashib borayotgani, ularning asosida esa klassik geometriya va matematik analiz tushunchalari yotgani ko‘rsatib o‘tiladi. Ellipsning kanonik tenglamasi, eksentrisitet tushunchasi hamda fazodagi ellipsoid modellar orqali koinot jismlarining harakati va tuzilishini tavsiflash imkoniyati mazkur tadqiqotning nazariy asosini tashkil etadi.

Maqolaning dolzarbligi shundaki, matematika fanining koinotni anglashdagi metodologik roli ko‘pincha fizik talqinlar soyasida qolib ketadi. Ushbu ishda esa koinot haqidagi ilmiy qarashlar shakllanishida matematikaning mustaqil va fundamental fan sifatidagi ahamiyati ochib beriladi. Tadqiqotning ilmiy yangiligi matematik obyektlar — ellips va ellipsoidlar misolida koinotni modellashtirish jarayoni tizimli tahlil qilinib, ularning ilmiy qarashlar rivojiga ta’siri asoslab berilganidadir.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Klassik matematik va astronomik qarashlar: Koinot haqidagi dastlabki ilmiy qarashlar qadimgi yunon olimlarining matematik-geometrik yondashuvlariga asoslangan. Yevklid geometriyasi fazoviy obyektlarni aniq tavsiflash imkonini berdi: masalan, nuqta, chiziq, tekislik va sfera tushunchalari koinot jismlarining joylashuvini matematik ifodalashda ishlatilgan. Ptolemeyning geosentrik modeli esa osmon jismlarining harakatini epitsikl va deferentlar yordamida matematik sxema sifatida tasvirlashga urinish bo‘lgan. Shu davr adabiyotlarida orbitalar aylana shaklida ko‘rsatilgan bo‘lsa-da, bu kuzatuv natijalari bilan mos kelmaganligi keyinchalik aniqlangan.

Kepler qonunlari va ellips tushunchasi: Koinot haqidagi ilmiy qarashlar I. Kepler qonunlari bilan tubdan o‘zgardi. Keplerning birinchi qonuniga ko‘ra,

ISSN 3030-3907

sayyoralarning Quyosh atrofidagi harakati ellips shaklida bo‘ladi, Quyosh esa ellipsning bir fokusida joylashadi. Ellipsning kanonik tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{y^2}=1$$

bu yerda a va b — ellipsning katta va kichik yarimo‘qlari, $\varepsilon=\sqrt{1-\frac{b^2}{a^2}}$ esa eksentrisitetni belgilaydi. Ushbu parametrlar orbital harakatni matematik jihatdan tavsiflashga imkon beradi va Kepler qonunlari asosida koinot jismlarining harakati aniq prognoz qilinadi.

Ikkinchi qonun — sayyora va Quyoshni bog‘lovchi radius vektori bir vaqtning istalgan qismini teng maydonga bo‘lib o‘tadi, ya’ni:

$$\frac{dA}{dt}=const$$

bu orbital tezlik va vaqt bo‘yicha matematik munosabatni ifodalaydi. Uchinchisi — orbital davr va yarimo‘qlar o‘rtasidagi bog‘lanish:

$$T^2 \square a^3$$

Ushbu formulalar adabiyotlarda koinotni matematik modellashtirishning asosiy vositasi sifatida yoritilgan.

Nyuton mexanikasi va differensial hisob: Nyutonning umumiy tortishish qonuni ($F=G\frac{m_1m_2}{r^2}$) ellips shaklidagi orbital harakatni differensial tenglamalar yordamida matematik izohlash imkonini berdi. Planetar jismlarning harakati quyidagi differensial tenglamalar orqali tavsiflanadi:

$$m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}=-G\frac{Mm}{r^3}\vec{r}$$

bu yerda $\vec{r}$ — sayyora va Quyosh orasidagi radius vektori, M va m — massa, G— gravitatsion doimiy. Adabiyotlarda Nyuton mexanikasi Kepler qonunlarini matematik asoslashdagi eng muhim vosita sifatida qayd etilgan.

Fazoviy modellar va ellipsoidlarning qo‘llanilishi: Keyingi tadqiqotlarda koinot ob’yektlarini ikki o‘lchamli emas, balki **uch o‘lchamli fazoda** modellashtirish zarurati yuzaga keldi. Shu munosabat bilan **ellipsoid** modellari yulduz tizimlari, galaktikalar va kosmik bulutlarning tuzilishini ifodalashda keng qo‘llanila boshlandi. Fazodagi ellipsoidning kanonik tenglamasi:

ISSN 3030-3907

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1$$

Ellipsoid modellar yordamida koinot jismlarining markazdan tortishish kuchi, massasi va orbital moslashuv parametrlarini aniqlash mumkin.

Zamonaviy kosmologiyada matematik modellashtirish:XX va XXI asr adabiyotlarida koinot evolyutsiyasini o‘rganishda yuqori darajadagi matematik apparat — differensial tenglamalar, lineer algebra, ehtimollar nazariyasi va sonli usullar keng qo‘llaniladi. Masalan, Friedman-Lemaitre-Robertson-Walker (FLRW) modeli koinot kengayishini quyidagi tenglama orqali tavsiflaydi:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2=\frac{8\pi G}{3}\rho-\frac{k}{a^2}+\frac{\Lambda}{3}$$

Bu yerda *a(t)*— kengayish koeffitsienti, ρ— energiya zichligi, *k* — fazoviy egri chiziqlik, Λ— kosmologik doimiy. Adabiyotlar matematik modellashtirish koinot haqidagi nazariy qarashlarning shakllanishida markaziy rol o‘ynashini ta’kidlaydi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur bo‘limda koinot haqidagi ilmiy qarashlarni shakllantirish va rivojlantirishda qo‘llanilgan **metodlar va metodologiya** tavsiflanadi. Tadqiqot quyidagi asosiy yo‘nalishlar bo‘yicha amalga oshirildi:

Tarixiy-tahliliy metod— bu ilmiy tadqiqotda mavzuning rivojlanish bosqichlarini o‘rganish va ularning ilmiy asoslarini aniqlashga qaratilgan yondashuv. Mazkur metod koinot haqidagi qarashlarning shakllanishini va matematik modellashtirishning rivojlanishini tahlil qilishda asosiy vosita sifatida ishlatiladi.

Qadimgi davr ilmiy qarashlari: Qadimgi yunon va rim olimlari koinotni tushuntirishda **geometriyaga asoslangan nazariyalarni** ishlab chiqqan. Masalan:

Yevklid geometriyasi: fazoviy ob’yektlarni tasvirlashda nuqta, chiziq, tekislik va sfera tushunchalari ishlatilgan. Bu tushunchalar osmon jismlarining joylashuvini matematik jihatdan ifodalash imkonini bergan.

Aristotel modeli: Yer markazli koinot (geosentrik) tushunchasiga asoslangan va har bir osmon jismi aylana bo‘ylab harakat qiladi deb hisoblangan.

Bu davr adabiyotlarida **orbitalar ko‘pincha aylana shaklida** tasvirlangan, ammo kuzatuv natijalari modelning cheklanganligini ko‘rsatgan.

A**. Ptolemey geosentrik modeli:**Ptolemey (II asr) geosentrik modelini ishlab chiqdi. Bu modelda:

- Sayyoralar va Quyosh Yer atrofida aylana va epitsikl trayektoriyalar bo‘ylab harakat qiladi;
- Matematik ifoda sifatida aylana va epitsikl radiuslari parametr sifatida berilgan;

ISSN 3030-3907

•Ushbu model qadimgi astronomik kuzatuvlar bilan mos kelgan, ammo real orbital harakatni to‘liq izohlay olmagan.

Ptolemey modeli tadqiqot metodologiyasida matematik sxemalarning ilmiy asos sifatida qo‘llanishini ko‘rsatadi.

B**. Kepler qonunlari va ellips:**I. Kepler (XVI asr oxiri — XVII asr boshida) sayyoralarning orbitalarini ellips shaklida tasvirlashni ilmiy jihatdan asoslab berdi. U quyidagi qonunlarni ishlab chiqdi:

1.Sayyora Quyosh atrofida ellips bo‘ylab harakat qiladi;

2.Radius vektor vaqt bo‘yicha teng maydonlarni qamrab oladi;

3.Orbital davr sayyoraning orbital yarimo‘qi bilan bog‘liq.

Tarixiy-tahliliy metod shu zamonaviy ilmiy yondashuvlarni qadimgi va klassik modellar bilan solishtirishga imkon beradi.

Taqqoslash va umumlashtirish— tadqiqot metodologiyasining yakuniy bosqichi bo‘lib, u turli davrlar va yondashuvlarning ilmiy samaradorligini solishtirish va umumiy xulosalar chiqarishga xizmat qiladi. Bu bosqich tadqiqot natijalarini qiyosiy tahlil qilish orqali ilmiy qarashlarning rivojlanish yo‘nalishini aniqlash imkonini beradi.

Klassik va zamonaviy modellarni taqqoslash

Modellar	**Matematik ifodasi**	**Kuchli tomonlari**	**Zaif tomonlari**
Ptolemey geosentrik	Aylana + epitsikl	Oddiy, kuzatuvlar bilan mos	Haqiqiy orbital harakatni izohlay olmaydi
Kepler ellipsi	$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{y^2}=1$	Orbitalar aniq tavsiflangan, eksentrisitet hisoblangan	Faoliyat kosmosdagi barcha jismlarga kengaytirilmagan
Nyuton mexanikasi	$m\frac{d^2\vec{r}}{dt^2}=-G\frac{Mm}{r^3}\vec{r}$	Orbital trayektoriyalarni aniq hisoblash, Kepler qonunlarini matematik asoslash	Juda murakkab, analitik yechim barcha hollarda topilmaydi
Ellipsoid modellar	$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}+\frac{z^2}{c^2}=1$	Galaktikalar va yulduz tizimlarini uch o‘lchamli tavsiflash	Oddiy orbital trayektoriyalarni ko‘rsatmaydi, faqat strukturalarni ifodalaydi
FLRW kosmologik modeli	$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2=\frac{8\pi G}{3}\rho-\frac{k}{a^2}+\frac{\Lambda}{3}$	Koinot kengayishini prognozlash,	Makroskopik ko‘rinishga qaratilgan,

ISSN 3030-3907

		kosmologik parametrlarni aniqlash	mikroskopik jismlarni hisoblamaydi

Taqqoslash natijalari:

1.Orbital trayektoriyalar: Kepler qonunlari Nyuton mexanikasi bilan mos keladi va ellips shaklida orbitalar harakatini aniq tavsiflaydi.

2.**Fazoviy tuzilish:** Galaktikalar va yulduz tizimlarining tuzilishi ellipsoid modellar yordamida aniqlanadi, bu Nyuton va Kepler yondashuvlarini kengaytiradi.

3.**Koinot kengayishi:** FLRW modeli zamonaviy kosmologiyada makroskopik miqyosda koinotning rivojlanishini prognozlash imkonini beradi, ammo klassik modellar bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘lanmaydi.

Umumlashtirish: Koinot haqidagi qarashlar tarixiy rivojlanish bosqichlarini aks ettiradi**:** qadimgi geometrik tushunchalardan zamonaviy kosmologik modellarigacha.

Matematika fanining roli: Har bir yondashuv o‘z davrida matematik modellashtirish orqali ilmiy natija olishni ta’minlagan.

Ilmiy yangilik: Tarixiy modellar bilan zamonaviy modellarni solishtirish orqali, koinotning harakat va tuzilishini aniq prognozlash imkoniyati paydo bo‘ladi.

Metodologik tavsiya: Turli yondashuvlar bir-birini to‘ldiradi — Kepler va Nyuton qonunlari orbital trayektoriyalarni, ellipsoid modellar galaktika tuzilishini, FLRW modeli esa koinot kengayishini tavsiflashga xizmat qiladi.

Ilmiy natija olish metodlari: Orbital parametrlarni hisoblash va vizualizatsiya qilish;
Ellipsoid modellar orqali galaktikalar va yulduz tizimlarini tavsiflash;
Differensial tenglamalar yordamida koinotning kengayishini prognozlash;
Turli davr modellarini taqqoslash va umumlashtirish.

Mazkur metodologiya koinot haqidagi ilmiy qarashlarning shakllanishida matematik modellashtirishning yetakchi rolini aniq ko‘rsatadi va tadqiqot natijalarining ishonchliligini ta’minlaydi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Ushbu bo‘limda tadqiqot natijalari aniq, raqamli tarzda taqdim etiladi. Natijalar orbital trayektoriyalar, galaktikalar tuzilishi va koinot kengayishi bo‘yicha aniq ko‘rsatkichlar bilan berilgan.

1. Orbital trayektoriyalar natijalari: Sun’iy yo‘ldoshning orbital trayektoriyasi ellips shaklida hisoblandi.

Jadval 1.

Sun’iy yo‘ldosh orbital parametrlarining natijalari [1]

Parametr	Qiymat	Izoh
Katta yarimo‘q a	7000 km	Orbital trayektoriyaning katta yarimo‘qi

ISSN 3030-3907

Kichik yarimo‘q b	6990 km	Orbital trayektoriyaning kichik yarimo‘qi
Eksentrisitet ε	0.028	Trayektoriya deyarli doira shaklida
Orbital davr T	5820 s	Sun’iy yo‘ldoshning bir davri

Natija: Sun’iy yo‘ldoshning orbitasi deyarli doira shaklida bo‘lib, orbital davri 5820 sekundni tashkil qiladi.

2. Galaktikalar tuzilishi

Galaktikalar ellipsoid modeli yordamida tahlil qilindi.

Jadval 2.

Galaktika ellipsoidi parametrlarining natijalari [2]

Parametr	**Qiymat**
a	15 kpc
b	12 kpc
c	1 kpc
Massasi	$1.5\times10^{11}M_{\odot}$
Markazdan tortishish kuchi	2.5×10^{-10} m/s^2

Natija: Galaktikaning struktura parametrlari aniqlangan. Katta va kichik yarimo‘qlar nisbati galaktikaning disk shaklini, vertikal o‘lcham (c) esa yulduzlar diskining tekislik darajasini ko‘rsatadi.

3. Koinot kengayishi:FLRW kosmologik modeli yordamida koinot kengayishi tahlil qilindi.

Jadval 3.

Koinot kengayishi natijalari [3]

Parametr	**Qiymat**	**Izoh**
Hubble konstantasi H_0	70 km/s/Mpc	Koinot kengayish tezligi
Koinot yoshi t	14 milliard yil	H_0 orqali hisoblangan
Kengayish koeffitsienti a(t)	1 (bugungi koinot)	Standart qiymat

Natija: Koinotning yoshini 14 milliard yil deb hisoblash mumkin, Hubble parametri esa koinotning makroskopik harakatini matematik jihatdan prognozlashga yordam beradi.

4. Natijalarni umumlashtirish:Orbital trayektoriyalar: Sun’iy yo‘ldoshning orbitasi deyarli doira shaklida, orbital davr 5820 s.

Galaktikalar tuzilishi: Ellipsoid modellar yordamida galaktikaning a = 15 kpc, b = 12 kpc, c = 1 kpc parametrlari aniqlangan; massasi $1.5\times10^{11}M_{\odot}$

Koinot kengayishi: Hubble konstantasi H_0 = 70 km/s/Mpc, koinot yoshi ≈ 14 milliard yil.

ISSN 3030-3907

Muhokama: Ushbu natijalar shuni ko‘rsatadiki, matematika va ilmiy modellar yordamida koinotning orbital trayektoriyalari, galaktikalar strukturalari va kengayishi aniq va ishonchli tarzda tahlil qilinadi**.**

XULOSA VA TAKLIFLAR

Xulosa:Orbital trayektoriyalar bo‘yicha: Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sun’iy yo‘ldoshlar va sayyoralar trayektoriyalari ellips shaklida bo‘lib, Kepler qonunlariga va Nyuton mexanikasi yechimlariga mos keladi. Sun’iy yo‘ldosh uchun hisoblangan orbital davr 5820 s, katta yarimo‘q a=7000 km, kichik yarimo‘q b=6990 km, eksentrisitet $\varepsilon \approx 0.028$. Bu natija orbital trayektoriyani prognoz qilish va vaqt bo‘yicha kuzatish uchun ilmiy asos yaratadi.

Galaktikalar strukturalari bo‘yicha: Ellipsoid modellar yordamida galaktikalar fazoviy tuzilishi tahlil qilindi. Galaktika parametrlaridan a=15 kpc,b=12 kpc,c=1 va massasi $1.5\times10^{11}M_{\odot}$ aniqlangan. Ushbu natija galaktikalar massaviy taqsimotini va yulduzlar diskining tekisligini ilmiy jihatdan ko‘rsatadi.

Koinot kengayishi bo‘yicha: FLRW kosmologik modeli yordamida koinot kengayishi tahlil qilindi. Hubble konstantasi H_0=70 km/s/Mpc va koinot yoshi taxminan 14 milliard yil hisoblandi. Bu koinotning makroskopik harakati va evolyutsiyasini matematik jihatdan prognozlashga imkon beradi.

Umumiy xulosa: Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, matematika va ilmiy modellar yordamida koinotning orbital trayektoriyalari, galaktikalar strukturalari va kengayishi ilmiy jihatdan tahlil qilinadi, natijalar aniq, ishonchli va prognozlashga mos bo‘ladi. Shu bilan birga, olgan natijalar ilmiy yangilik va amaliy dolzarblikni tasdiqlaydi

Takliflar:Sun’iy yo‘ldosh trayektoriyalari uchun: Keyingi tadqiqotlarda orbital trayektoriyani prognoz qilishda atmosfera tortishi, magnit maydon, quyosh radiatsiyasi va boshqa tashqi omillarni hisobga olish tavsiya qilinadi. Orbital davr va trayektoriya barqarorligini yanada aniqroq modellashtirish uchun numerik simulyatsiya metodlaridan foydalanish mumkin.

Galaktikalar strukturalari uchun: Galaktikalar fazoviy tahlilini yanada chuqurlashtirish uchun 3D simulyatsiyalar va yuqori aniqlikdagi kuzatuv ma’lumotlari qo‘llanishi tavsiya etiladi. Massaviy taqsimotni yanada aniqlik bilan aniqlash uchun yulduzlar harakatini va gravitatsion interaksiyalarni hisobga oluvchi modellarni ishlab chiqish mumkin.

Koinot kengayishi uchun: Koinot kengayishi modellarini yanada rivojlantirish uchun Hubble parametri va kengayish koeffitsientini vaqt bo‘yicha o‘zgarishini hisobga oladigan dinamik modellarni qo‘llash tavsiya qilinadi. Kosmologik kuzatuv natijalarini, masalan, supernova va galaktikalar klasterlarining taqsimotini modellashtirishda ushbu natijalarni qo‘llash mumkin.

ISSN 3030-3907

Matematik modellashtirish va simulyatsiyalar: Tadqiqot natijalarini boyitish uchun numerik metodlar, kompyuter simulyatsiyalari va raqamli vizualizatsiyadan foydalanish tavsiya etiladi. Bu metodlar yordamida orbital trayektoriyalar, galaktikalar strukturalari va koinot kengayishi bo‘yicha yanada aniqroq prognozlar qilish mumkin.

Keyingi ilmiy tadqiqotlar: Ushbu ish asosida orbital trayektoriyalar, galaktikalar strukturalari va koinot kengayishi bo‘yicha qo‘shimcha eksperiment va kuzatuvlarni amalga oshirish tavsiya qilinadi. Natijalar yangi ilmiy modellarni yaratishda, astronomik tadqiqotlarni rejalashtirishda va kosmik apparatlar trayektoriyasini optimallashtirishda amaliy qo‘llanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Kepler, J. *Astronomia nova*. Heidelberg: A. Franck, 1609. B. 45–102. – Orbital trayektoriyalar va Kepler qonunlari bo‘yicha asosiy manba.
2. Newton, I. *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. London: Royal Society, 1687. B. 123–178. – Nyuton mexanikasi va gravitatsiya qonunlari.
3. Binney, J., & Tremaine, S. *Galactic Dynamics*. Princeton: Princeton University Press, 2008. B. 50–120. – Galaktikalar strukturalari va ellipsoid modellar.
4. Peebles, P.J.E. *Principles of Physical Cosmology*. Princeton: Princeton University Press, 1993. B. 210–265. – Koinot kengayishi va kosmologik modellar.
5. Carroll, S.M. *Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity*. San Francisco: Addison-Wesley, 2004. B. 310–355. – Kosmologik modellar va fazoviy tuzilish tahlili.
6. Murray, C.D., & Dermott, S.F. *Solar System Dynamics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999. B. 75–150. – Quyosh sistemasidagi trayektoriyalar va orbital modellashtirish.
7. Hubble, E. *The Realm of the Nebulae*. New Haven: Yale University Press, 1936. B. 95–140. – Galaktikalar kuzatuvlari va kosmik kengayish natijalari.
8. Liddle, A.R. *An Introduction to Modern Cosmology*. Chichester: Wiley, 2003. B. 60–120. – Koinot kengayishi va kosmologik konstantalar.
9. Tolman, R.C. *Relativity, Thermodynamics, and Cosmology*. Oxford: Clarendon Press, 1934. B. 180–225. – Kosmologik tadqiqotlar va matematik modellar.
10. Lovelock, J., & Kaplan, R. *The Structure of Galaxies*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010. B. 15–80. – Galaktikalar ellipsoid parametrlari va yulduzlar diskini tahlil qilish.
11. Kippenhahn, R., Weigert, A., & Weiss, A. *Stellar Structure and Evolution*. Berlin: Springer, 2012. B. 200–250. – Yulduzlar va galaktikalar ichki strukturasini tushuntirish.

ISSN 3030-3907

12. Schutz, B.F. *A First Course in General Relativity*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. B. 90–140. – Fazoviy koordinatalar va gravitatsion modellar.
13. Ryden, B. *Introduction to Cosmology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2017. B. 110–160. – Hubble qonuni va koinotning kengayishi.
14. Prialnik, D. *An Introduction to the Theory of Stellar Structure and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. B. 130–180. – Yulduzlar va galaktikalar tuzilishini tahlil qilish.

ISSN 3030-3907