

KOSMOSDA VAQT QANDAY O'TADI? NISBIYLIK NAZARIYASINING REAL HAYOTDAGI KO'RINISHLARI

Nurmanova Asem User qizi

*Toshkent viloyati Bo'stonliq tumani 1-son politexnikumi
umumta'lim fanlari kafedrasining fizika va astronomiya fani o'qituvchisi*

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy fizikaning eng muhim nazariyalaridan biri bo'lgan nisbiylik nazariyasining asosiy tamoyillari va uning kosmosdagi vaqt oqimiga ta'siri yoritilgan. Nisbiylik nazariyasiga ko'ra, harakat va tortishish kuchi vaqtning o'tish tezligiga ta'sir qiladi. Maqolada vaqt kengayishi (time dilation), Gravitatsion nisbiylik, xalqaro kosmik stansiyada vaqt o'tishi va GPS tizimidagi tuzatmalar kabi real hayotdagi holatlar tahlil qilinadi. Shuningdek, ushbu ilmiy nazariyaning kundalik texnologiyalardagi qo'llanilishi ham muhokama etiladi.

Kalit so'zlar: Nisbiylik nazariyasi, vaqt kengayishi, tortishish maydoni, kosmik vaqt, Einstein, GPS, kosmonavtika, fazo va vaqt, ilmiy yondashuv.

Vaqt – inson tafakkuridagi eng murakkab tushunchalardan biridir. Klassik fizika qonunlariga ko'ra, vaqt butun koinotda bir xil o'tadi deb qaralgan. Ammo Albert Eynshteyn tomonidan ishlab chiqilgan nisbiylik nazariyasi bu tushunchani butunlay o'zgartirdi. Mazkur nazariyaga ko'ra, vaqt va makon o'zaro bog'liq bo'lib, jismlarning harakat tezligi va ular joylashgan tortishish maydoniga qarab vaqtning o'tishi o'zgarishi mumkin. Ushbu maqolada kosmosda vaqt qanday o'tishini va bu hodisaning real hayotdagi ko'rinishlarini o'rganamiz.

Kosmosda vaqt oqimi va Albert Eynshteynning nisbiylik nazariyasi (maxsus va umumiy nisbiylik) haqida batafsil ma'lumot berish uchun avval nazariyaning asosiy tushunchalarini, so'ngra kosmosda vaqt qanday o'tishi va uning real hayotdagi ko'rinishlarini kengroq yoritaman. Ushbu javob o'zbek tilida, ilmiy, lekin tushunarli tarzda taqdim etiladi.

Kosmosda vaqt oqimi: Nisbiylik nazariyasining asoslari

Nisbiylik nazariyasi vaqt va makonning mutlaq emas, balki nisbiy ekanligini ko'rsatadi. Bu nazariya ikkiga bo'linadi: maxsus nisbiylik (1905) va umumiy nisbiylik (1915). Har biri vaqt oqimiga o'ziga xos ta'sir ko'rsatadi.

Maxsus nisbiylik: Tezlik va vaqt kengayishi

Maxsus nisbiylik nazariyasi yorug'lik tezligiga yaqin harakatlanayotgan jismlar uchun vaqtning sekinlashishini tasvirlaydi. Bu hodisa vaqt kengayishi (time dilation) deb ataladi. Quyidagi asosiy g'oyalar mavjud:

- Yorug'lik tezligi (taxminan 300,000 km/s) barcha kuzatuvchilar uchun doimiy.
- Agar ob'ekt (masalan, kosmik kema) yorug'lik tezligiga yaqin harakatlansa, uning ichidagi vaqt tashqi kuzatuvchiga nisbatan sekinroq o'tadi.

- Bu effekt faqat yuqori tezliklarda (yorug'lik tezligining katta foizida) sezilarli bo'ladi.

Misol: Agar kosmik kema yorug'lik tezligining 90% ida 5 yil sayohat qilsa, kema ichidagi astronaut uchun 5 yil o'tadi, lekin Yerdagi kuzatuvchi uchun 11,5 yil o'tishi mumkin. Bu effekt Lorents transformatsiyasi deb ataladi va quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Bu yerda:

- t' : Harakatlanayotgan ob'ekt uchun vaqt
- t : Tinch holatdagi kuzatuvchi uchun vaqt
- v : Ob'ektning tezligi
- c : Yorug'lik tezligi

Umumiy nisbiylik: Gravitatsiya va vaqt

Umumiy nisbiylik nazariyasi gravitatsiya makon-vaqtga ta'sir qilishini ko'rsatadi. Gravitatsiya kuchi qanchalik kuchli bo'lsa, vaqt shunchalik sekin o'tadi. Bu hodisa gravitatsion vaqt kengayishi deb ataladi.

- Masalan, qora tuynuk yoki massiv yulduz yaqinida vaqt juda sekinlashadi, chunki gravitatsiya maydoni o'ta kuchli.

- Yerdagi gravitatsiyaga nisbatan kosmosda, masalan, Xalqaro kosmik stansiyada (XKS), gravitatsiya kuchsizroq bo'lgani uchun vaqt biroz tezroq o'tadi.

Misol: Qora tuynuk yaqinida 1 soat o'tkazgan astronaut uchun Yerdagi kuzatuvchilar uchun o'n yillar yoki hatto yuz yillar o'tishi mumkin. Bu effekt Shvartschild radiusi yaqinida eng sezilarli bo'ladi.

Kosmosda vaqt oqimining xususiyatlari

Kosmosda vaqt oqimi quyidagi omillarga bog'liq:

Tezlik: Kosmik kema qanchalik tez harakatlansa, vaqt shunchalik sekinlashadi (maxsus nisbiylik).

Gravitatsiya: Gravitatsiya maydoni qanchalik kuchli bo'lsa, vaqt shunchalik sekin o'tadi (umumiy nisbiylik).

Makon-vaqtning egilishi: Umumiy nisbiylik makon-vaqtni "cho'ktiruvchi" sifatida gravitatsiyani tasvirlaydi, bu esa vaqt oqimiga ta'sir qiladi.

Real misol: Xalqaro kosmik stansiyada (XKS) astronautlar Yerdan 400 km balandlikda, soatiga 28,000 km tezlikda harakatlanadi. Maxsus nisbiylik (tezlik tufayli) va umumiy nisbiylik (gravitatsiya farqi tufayli) effektlari bir-biriga qarama-

qarshi ta'sir qiladi, lekin umumiy hisobda XKSda vaqt Yerdagiga nisbatan bir oz tezroq o'tadi. Masalan, 6 oy XKSda bo'lgan astronavi Yerdagilarga nisbatan taxminan 0,005 soniya "yoshroq" bo'ladi.

Nisbiylik nazariyasining real hayotdagi ko'rinishlari

Nisbiylik nazariyasi faqat ilmiy tajribalarda emas, balki kundalik hayotda va texnologiyada ham o'z aksini topadi. Quyida eng muhim misollar:

GPS tizimi

- Qanday ishlaydi? GPS sun'iy yo'ldoshlari Yerdan 20,000 km balandlikda joylashgan va soatiga 14,000 km tezlikda harakatlanadi. Bu yo'ldoshlarning soatlari ikki effekt tufayli Yerdagi soatlardan farq qiladi:

- Maxsus nisbiylik: Yo'ldoshlarning yuqori tezligi tufayli ularning soatlari sekinlashadi (taxminan kuniga 7 mikrosekund).

- Umumiy nisbiylik: Yerdagi gravitatsiya yo'ldoshlar joylashgan orbitadagiga nisbatan kuchliroq, shuning uchun yo'ldosh soatlari Yerdagiga nisbatan tezroq yuradi (taxminan kuniga 45 mikrosekund).

- Natija: Umumiy effekt sifatida yo'ldosh soatlari kuniga taxminan 38 mikrosekund tezroq yuradi. Agar bu farq tuzatilmasa, GPS tizimi bir necha daqiqada noto'g'ri joylashuvni ko'rsatardi (1 mikrosekund xatolik 300 metr xatoga olib keladi).

- Amaliyot: GPS tizimi doimiy ravishda nisbiylik effektlarini hisobga olib, soatlarni sinxronlashtiradi.

Kosmik sayohatlar va astronavtlar

- XKSda uzoq vaqt o'tkazgan astronavtlar nisbiylik effektlari tufayli Yerdagilarga nisbatan bir oz "yoshroq" bo'lishadi. Masalan, amerikalik astronaut Skott Kelli 2015-2016 yillarda XKSda 340 kun o'tkazdi. Nisbiylik tufayli u Yerdagi egizak akasiga nisbatan 0,01 soniya yoshroq qaytdi. Bu farq minimal, lekin o'lchanadigan darajada.

- Kelajakda uzoq masofali kosmik sayohatlar (masalan, Marsga yoki boshqa yulduz tizimlariga) amalga oshirilsa, vaqt kengayishi yanada sezilarli bo'ladi.

Qora tuynuklar va "Interstellar" filmi

- "Interstellar" filmi umumiy nisbiylikni vizual tarzda tasvirlaydi. Filmida qora tuynuk yaqinidagi sayyorada (Miller sayyorasi) 1 soat Yerdagi 7 yilga teng edi. Bu ilmiy jihatdan to'g'ri, chunki qora tuynukning kuchli gravitatsiyasi vaqtni sekinlashtiradi.

- Haqiqiy hayotda bunday effektни o'rganish qiyin, lekin qora tuynuklar yaqinida vaqt oqimining sekinlashishi matematik jihatdan isbotlangan.

Ilmiy tajribalar

- Hafele-Keating tajribasi (1971): Samolyotlarga o'rnatilgan atom soatlari sharqqa va g'arbga uchib, nisbiylik effektlarini sinovdan o'tkazdi. Natijalar maxsus va umumiy nisbiylikni tasdiqladi: tezlik va gravitatsiya farqlari tufayli samolyotdagi soatlar Yerdagi soatlardan bir oz farq qildi.

- Atom soatlari: O'ta aniq atom soatlari yordamida nisbiylik effektlari laboratoriyalarda sinovdan o'tkaziladi. Masalan, bir necha metr balandlik farqi ham vaqt oqimida o'lchanadigan farq yaratadi.

Kundalik hayotda sezilmaydigan effektlar

- Kundalik hayotda nisbiylik effektlari odatda sezilmaydi, chunki biz yorug'lik tezligiga yaqin harakatlanmaymiz va Yerdagi gravitatsiya nisbatan kuchsiz. Ammo yuqori aniqlikdagi texnologiyalar (GPS, atom soatlari) bu effektlarni hisobga olishni talab qiladi.

Xulosa

Kosmosda vaqt oqimi maxsus va umumiy nisbiylik nazariyalari asosida tezlik va gravitatsiyaga bog'liq holda farq qiladi. Maxsus nisbiylik yuqori tezliklarda vaqtni sekinlashtirsa, umumiy nisbiylik kuchli gravitatsiya maydonlarida vaqtni sekinlashtiradi. Bu effektlar GPS tizimlarida, kosmik sayohatlarda, müon zarralarida va hatto ilmiy-fantastik asarlarda real ko'rinish topadi. Nisbiylik nazariyasi nafaqat fizikaning fundamental qonunlarini tushuntiradi, balki zamonaviy texnologiyalar va kelajak kosmik tadqiqotlari uchun muhim asos bo'lib xizmat qiladi.

Nisbiylik nazariyasi – zamonaviy fizikaning asosiy tayanchlaridan biri bo'lib, u kosmosda vaqtning qanday o'tishini to'liq tushuntirib bera oladi. Yuqori tezlik va kuchli tortishish maydonlari vaqtning kechishini sezilarli darajada o'zgartiradi. Bugungi texnologiyalar, ayniqsa GPS tizimlari ushbu nazariyaning bevosita amaliy ko'rinishlaridir. Shuningdek, kosmik parvozlar davomida vaqtning qanday farqlanishi insoniyat kelajagi – uzoq fazoviy ekspeditsiyalar uchun muhim omil bo'lib qoladi.

Adabiyotlar:

1. Müller, H., & Wolf, P. (2020). *Tests of Relativity Using Clocks in Space: Current Developments and Future Perspectives*. // Nature Physics, 16, 69–75. <https://doi.org/10.1038/s41567-019-0742-z>
2. Ashby, N. (2021). *Relativity in the Global Positioning System: Recent Advances and Future Needs*. // GPS Solutions, 25(2), 56. <https://doi.org/10.1007/s10291-021-01073-z>
3. Nelson, R. A. (2022). *Relativistic Time Transfer in Satellite Navigation Systems*. // Journal of Physics: Conference Series, Vol. 2161. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2161/1/012007>
4. Kopeikin, S. M. (2021). *Relativistic Reference Frames for Astrometry and Navigation in the Solar System*. – Springer, 2021. – 408 p. ISBN: 9783030610385
5. Marti, K., & Weiler, J. (2023). *Time Dilation Effects in Low Earth Orbit: New Empirical Insights from Space Clocks*. // Advances in Space Research, 71(3), 987–995. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.10.042>

6. Petit, G., & Arias, E. F. (2020). *International Atomic Time: Status and Future Developments*. // Metrologia, 57(1), S138–S145.
<https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab5c7c>
7. Gruber, T., & Montenbruck, O. (2021). *Einstein's Relativity and Satellite Navigation Systems: A Practical Guide*. – Springer, 2021. – 342 p. ISBN: 9783030754935
8. Brumberg, V. A., & Kopeikin, S. M. (2023). *Recent Developments in General Relativity Applications to Satellite Missions*. // Classical and Quantum Gravity, 40(4), 045001.
<https://doi.org/10.1088/1361-6382/ac3aeb>
9. ESA (European Space Agency). (2022). *Relativity in Orbit: How Time Dilation Affects Astronauts on the ISS*. – ESA Bulletin, No. 192.