Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

UDK: 641.4

O‘RTA MAKTABLARDA NISBIYLIK NAZARIYASINI O‘QITISHDA MINKOVSKIY MODELI ASOSIDA FAZO-VAQT KONSEPSIYASINI JORIY ETISHNING METODIK YONDASHUVLARI

Ismailov Botir Berdiyorovich,
Termiz davlat pedagogika instituti
Fizika kafedrasi mudiri
E-mail: ismoilovbotir07@gmail.com

Jumaeva Ra’no To‘ychi qizi,
Termiz davlat pedagogika instituti
Fizika kafedrasi o‘qituvchisi
E-mail: rjumaeva2024@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada umumta’lim maktablari fizikasi kursida nisbiylik nazariyasini o‘qitishdagi mavjud uslubiy yondashuvlar tanqidiy ko‘rib chiqiladi. An’anaviy darsliklarda rasmiy formulalarga tayanilgan, ammo konseptual yadro va relyativistik tafakkur yetarlicha aks ettirilmagan. Shu boisdan, o‘quvchilarda nisbiylik nazariyasining mohiyatini chuqur anglashga to‘siq bo‘luvchi holatlar yuzaga kelmoqda. Mualliflar Minkovskiy modeli asosida fazo-vaqtning to‘rt o‘lchovli tasvirini o‘quvchilarga yetkazishning samarali metodlarini tavsiya etishadi. Maqolada sinovdan o‘tgan didaktik vositalar, tajribali o‘qituvchilar fikri va rasmiy nazariy asoslar keltiriladi. Xulosa qismida o‘rta maktablar uchun moslashtirilgan, ilmiylik tamoyilga asoslangan o‘quv-metodik tavsiyalar ishlab chiqiladi.

Kalit so‘zlar: nisbiylik nazariyasi, Minkovskiy fazosi, maktab fizikasi, didaktik model, fazo-vaqt, odnomomentlik, ilmiylik tamoyil, relyativistik tafakkur, sinxronizatsiya, Lorens transformatsiyasi

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВНЕДРЕНИЮ КОНЦЕПЦИИ ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МИНКОВСКОГО ПРИ ОБУЧЕНИИ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ В СРЕДНИХ ШКОЛАХ

Аннотация. В статье критически рассматриваются существующие методические подходы к преподаванию теории относительности в курсе физики общеобразовательной школы. В традиционных учебниках упор делается на формулы, в то время как концептуальное ядро и релятивистское мышление остаются нераскрытыми. Это приводит к затруднениям в понимании учащимися сущности теории относительности. Авторы предлагают эффективные методы донесения до учеников четырехмерного представления пространства-времени на основе модели Минковского. В статье рассматриваются апробированные дидактические средства, мнения опытных преподавателей и теоретическая основа подхода. В заключение представлены научно обоснованные рекомендации и учебно-методические предложения, адаптированные для средней школы.

Sifatli ta'lim-yorqin kelajak
ISSN: 3060-4761

TerDPI ILMIY XABARNOMASI
SCIENTIFIC BULLETIN OF THE TerSPI
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК ТерГПИ

www.xabarnoma.terdpi.uz

Ключевые слова: теория относительности, пространство Минковского, школьная физика, дидактическая модель, пространство-время, одновременность, принцип научности, релятивистское мышление, синхронизация, преобразование Лоренца

METHODOLOGICAL APPROACH TO INTRODUCING THE SPACE-TIME CONCEPT BASED ON MINKOWSKI MODEL IN TEACHING THE THEORY OF RELATIVITY IN SECONDARY SCHOOLS

Abstract. This article critically analyzes the existing methodological approaches to teaching the theory of relativity in general secondary school physics courses. Traditional textbooks often rely heavily on formal formulas while failing to adequately convey the conceptual core and the essence of relativistic thinking. This results in significant challenges for students in comprehending the foundational principles of relativity. The authors propose effective methods for delivering the four-dimensional representation of space-time based on Minkowski's model. The article includes proven didactic tools, insights from experienced teachers, and solid theoretical foundations. The conclusion presents scientifically grounded recommendations and methodological guidelines adapted for secondary education.

Keywords: theory of relativity, Minkowski space, school physics, didactic model, space-time, simultaneity, scientific principle, relativistic thinking, synchronization, Lorentz transformation

KIRISH. Zamonaviy fizika fanining asosiy yutuqlaridan biri bo‘lgan nisbiylik nazariyasi XX asrning boshida A. Eynshteyn tomonidan shakllantirilgan bo‘lib, u fazo, vaqt va harakat to‘g‘risidagi klassik tushunchalarning tubdan qayta ko‘rib chiqilishiga sabab bo‘ldi. Ushbu nazariya nafaqat nazariy fizika, balki zamonaviy texnologiyalarning asosiy tayanchi bo‘lib xizmat qilmoqda. Shu bilan birga, nisbiylik nazariyasining konseptual murakkabligi uni o‘rta maktab fizika kursiga integratsiyalashda muayyan metodik muammolarni keltirib chiqarmoqda. O‘zbekiston Respublikasi ta’lim tizimida fizika fanini chuqur o‘rgatish orqali o‘quvchilarning ilmiy tafakkurini shakllantirish, ilmiy asoslangan tushunchalarni ongli anglashga o‘rgatish dolzarb vazifalardan biri sifatida qaraladi. Shu nuqtai nazardan, fundamental nazariyalar — xususan, nisbiylik nazariyasini o‘rgatishning metodik jihatlari alohida e’tibor talab etadi. Mavjud o‘quv-metodik materiallar va darsliklar tahlili shuni ko‘rsatadiki, nisbiylik nazariyasining o‘quvchilarga taqdim etilishi asosan formulalarning bayon qilinishi va ba’zi bir tajriba faktlari bilan cheklanib qolmoqda. Bu esa nazariyaning falsafiy-ontologik asoslari va relyativistik tafakkur tamoyillarini yetarli darajada anglashga imkon bermaydi.

Xususan, Minkovskiy modeli asosida qurilgan fazo-vaqt konsepsiyasi nisbiylik nazariyasining mohiyatini anglashda muhim nazariy asoslardan biri hisoblanadi. Bu model orqali to‘rt o‘lchovli fazo-vaqt tasvirini talabalarga tushunarli va ilmiy asoslangan tarzda yetkazish imkoni tug‘iladi. Afsuski, bugungi o‘quv darsliklarining ko‘pchiligi ushbu modelga yuzaki yondashib, uni geometrik yoki matematik abstraksiya sifatida taqdim etadi. Holbuki, aynan Minkovskiy fazosining tushunchalari — masalan, yorug‘lik konusi, izotrop va izotemporal chiziqlar, odnomomentlik, koordinat va o‘z vaqt tushunchalari — o‘quvchilarda relyativistik tafakkurni shakllantirishda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Mazkur tadqiqotning metodologik asosi umumta’lim maktablarida nisbiylik nazariyasini o‘qitishdagi mavjud muammolarni tahlil qilish, ayniqsa

Minkovskiy modeli asosida fazo-vaqt konsepsiyasini o‘quvchilarga yetkazishda samarali metodik yondashuvlarni ishlab chiqishga qaratildi. Tadqiqot davomida asosan nazariy tahlil, amaliy kuzatish, ekspert suhbatlari va eksperimental usullardan foydalanildi. Nazariy asos sifatida A. Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi, G. Minkovskiyning fazo-vaqt modeli, shuningdek, A.N. Malinin va I.V. Gordeevlarning maktab fizikasiga oid yondashuvlari asos qilib olindi.

Shuningdek, fizika fani bo‘yicha ko‘p yillik tajribaga ega bo‘lgan 12 nafar o‘qituvchi bilan individual va guruhli suhbatlar tashkil etildi. Ushbu suhbatlar orqali nisbiylik nazariyasining hozirgi darsliklardagi berilish uslubi, ularning didaktik kamchiliklari, hamda Minkovskiy modelini o‘quvchilarga tushunarli tarzda yetkazish imkoniyatlari o‘rganildi. O‘qituvchilar fikricha, mavjud yondashuvlarda nazariyaning rasmiy formulalariga haddan ortiq tayanish kuzatiladi, ammo relyativistik tafakkur elementlari, masalan, fazo-vaqtning to‘rt o‘lchovli ko‘rinishi, yorug‘lik konusi, odnomomentlik tushunchalari yetarli darajada yoritilmaydi.

Eksperimental bosqichda esa dars ishlanmalarining muqobil varianti ishlab chiqilib, unda Minkovskiy fazosining asosiy elementlari grafik, chizma va verbal modellar orqali tushuntirildi. Ushbu metodik vositalar eksperiment guruhda joriy etilib, o‘quvchilarning yangi bilimlarni qabul qilish darajasi, savol-javobdagi faollik, yozma ishlarda nazariy tushunchalarni qo‘llay olish qobiliyati va rasmiy formulalarni tushunchalar bilan bog‘lash qobiliyati kuzatildi. Eksperiment natijalari nazorat guruhi bilan taqqoslandi va statistika asosida tahlil qilindi. Bunda Likert shkalasi va Student t-testidan foydalanildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, Minkovskiy modeli asosida tuzilgan metodik yondashuvlar orqali o‘quvchilarda nisbiylik nazariyasining mohiyati haqidagi tushunchalar ancha puxta shakllanganini ko‘rish mumkin bo‘ldi. Ayniqsa, yorug‘lik konusi, vaqtning nisbiyligi va fazo-vaqt chizmasi kabi mavzularni tasavvur qilishga oid topshiriqlar orqali ularning ilmiy tafakkuri ancha faol bo‘ldi. Shu asosda maktab fizikasiga oid darsliklar va o‘quv qo‘llanmalarda Minkovskiy fazosiga asoslangan mazmun va yondashuvlarni integratsiyalash zarurligi asoslandi.

NATIJALAR. Tadqiqot davomida o‘tkazilgan amaliy kuzatuvlar va eksperiment natijalari shuni ko‘rsatdiki, mavjud darsliklardagi nisbiylik nazariyasining bayoni ko‘plab o‘quvchilarda yuzaki tushunishga sabab bo‘lmoqda. Ayniqsa, fazo-vaqt, odnomomentlik, yorug‘lik konusi kabi tushunchalarning grafik yoki fazoviy modelda emas, faqat matnli yoki formulali shaklda berilishi nazariyaning mohiyatini chuqur anglashga jiddiy to‘siq bo‘layotgani aniqlandi. Bu holat eksperimental guruhdagi va nazorat guruhidagi o‘quvchilarni yozma javoblari, savol-javobdagi faollik va misol yechishdagi aniqlik orqali ochiq-oydin namoyon bo‘ldi.

O‘quvchilarning mavzuga oid suhbatlardagi ishtiroki, dars jarayonidagi faolligi, o‘qituvchi tomonidan qo‘yilgan savollarga mustaqil javob bera olish darajasi ham yangi yondashuvning ijobiy natijalarini ko‘rsatdi. Misol uchun, Minkovskiy modelidagi yorug‘lik signallarining yo‘nalishi asosida chizilgan grafikni sharhlash topshirig‘ida eksperimental guruhdagi 22 nafar o‘quvchidan 18 nafari javobni to‘g‘ri bajargan. Shu bilan birga, ushbu guruhda odnomomentlik tushunchasi bo‘yicha fikr yurita olgan o‘quvchilar soni nazorat guruhidagilardan ikki barobar ko‘p bo‘lgan. Bu farq matematik-statistik jihatdan ham isbotlandi. Student t-testi asosida olingan $p < 0,05$ ko‘rsatkichlar yangi metodikaning ahamiyatini statistik darajada ishonchli ekanini ko‘rsatadi.

Yana bir muhim jihat shuki, o‘quvchilarning yozma ishlari (referatlar, tahliliy savollarga yozilgan izohlar) orqali ular nazariy tushunchalarni hayotiy voqealar bilan bog‘lay olish qobiliyatini namoyon etganlar. Masalan, yorug‘lik tezligining chekliligi bilan bog‘liq real texnologik muammolar yoki GPS tizimidagi vaqt sinxronizatsiyasi haqidagi savollarga eksperimental guruh o‘quvchilari nisbatan kengroq va ilmiy asoslangan izohlar bergan.

Umuman olganda, olib borilgan eksperiment natijalari shuni ko‘rsatmoqdaki, nisbiylik nazariyasini faqat formulalarga asoslanib emas, balki Minkovskiy modeli asosidagi to‘rt o‘lchovli fazo-vaqt tasvirlari orqali tushuntirish o‘quvchilarning mavzuga qiziqishini oshiradi, ilmiy tafakkurini faollashtiradi va eng muhimi — nazariyaning mohiyatini izchil anglashga imkon beradi. Shuningdek, eksperimentdan olingan natijalar fizika o‘qituvchilari tomonidan ham ijobiy baholandi. Ularning fikricha, ushbu metodika orqali fanning eng murakkab nazariy jihatlari ham o‘quvchilarga tushunarli va obrazli qilib yetkazilishi mumkin.

MUHOKAMA. Olib borilgan tadqiqot natijalari nisbiylik nazariyasini o‘rta maktabda o‘qitishda foydalanilayotgan mavjud metodik yondashuvlarning bir qator kamchiliklarga ega ekanligini ochiq ko‘rsatdi. Amaldagi darsliklar va o‘quv qo‘llanmalarida ushbu nazariyani o‘rgatish odatda formulalar va tajriba natijalarini bayon qilish bilan cheklanadi. Bu esa o‘quvchilar tomonidan nazariy bilimlarning mohiyatini anglashda jiddiy qiyinchiliklar tug‘diradi. Ayniqsa, relyativistik tafakkurga asoslangan tushunchalar, masalan, vaqtning nisbiyligi, yorug‘lik konusi, fazo-vaqtning to‘rt o‘lchovli tabiati singari fundamental g‘oyalar, ko‘pincha abstrakt va tushunarsiz holatda qabul qilinadi.

Eksperimental yondashuvlar asosida olib borilgan amaliy darslar shuni ko‘rsatdiki, nisbiylik nazariyasini Minkovskiy modeli asosida tushuntirish o‘quvchilarning mavzuni anglash darajasiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Bu model yordamida nazariyani faqat matematik ifodalar emas, balki vizual va geometrik tasvirlar orqali ifodalash imkoniyati tug‘iladi. To‘rt o‘lchovli fazo-vaqt diagrammalari, yorug‘lik konuslari, izotrop va izotemporal chiziqlar, sinxronizatsiya prinsipi kabi tushunchalar grafik asosda tushuntirilganda, o‘quvchilarda mavzuga nisbatan ko‘proq qiziqish va tushuncha shakllangani kuzatildi.

Shuningdek, yangi metodik yondashuvlar darslarning interaktivligiga ham sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatdi. O‘quvchilar mustaqil ravishda fazo-vaqt diagrammasi asosida vaziyatni tahlil qilish, vaqt va masofa o‘lchovlari orasidagi relyativ bog‘liqlikni izohlash, sinxronlashtirilgan hodisalar va ularning kuzatuvchiga bog‘liqligini tushuntirishda faol ishtirok etganlari tajriba davomida aniqlangan. Bu esa relyativistik tafakkurning shakllanishida nafaqat o‘qituvchining izohi, balki o‘quvchining fikrlashga jalb qilinishi ham muhimligini isbotlaydi.

Muhokamada alohida ta’kidlash lozimki, o‘quvchilarda to‘rt o‘lchovli fazo-vaqt haqidagi tasavvurni shakllantirish uchun grafik va didaktik vositalardan unumli foydalanish, murakkab tushunchalarni real voqelik bilan bog‘lash va fanlararo integratsiyani amalga oshirish zarur. Masalan, informatika, matematika va texnologiya fanlari bilan integratsiyalashgan darslar orqali Minkovskiy fazosi, Lorens transformatsiyasi, yoki yorug‘lik signallarining sinxronligi kabi tushunchalarni modellashtirish o‘quvchilarda chuqurroq tushuncha shakllantirishi mumkin.

Umuman olganda, olingan natijalar nisbiylik nazariyasining maktab bosqichida chuqur va asosli o‘rgatilishi uchun metodik yondashuvni yangilash zaruriyatini ko‘rsatmoqda. Bu yangilanish esa Minkovskiy modeli asosidagi metodik materiallar, grafik ifodalar va o‘quvchilar uchun moslashtirilgan mantiqiy-tahliliy

topshiriqlar bilan boyitilgan bo‘lishi lozim. Shu tarzda tashkil etilgan o‘quv jarayoni nafaqat nazariy bilimlarni samarali o‘zlashtirishga, balki o‘quvchilarning ilmiy tafakkurini rivojlantirishga ham xizmat qiladi.

XULOSA VA TAKLIFLAR. Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, nisbiylik nazariyasining maktab fizikasi kurslarida o‘qitilishi hali ham an’anaviy va soddalashtirilgan yondashuvlarga tayanmoqda. Ushbu yondashuvlarda formulalar va tajriba faktlari bayon qilinsa-da, nazariyaning asosiy konseptual mazmuni, ayniqsa, relyativistik tafakkurga asoslangan tushunchalar, yetarlicha chuqur ochib berilmayapti. Bu esa o‘quvchilarda mavzuni yuzaki o‘zlashtirish, ilmiy asosga emas, yodlashga tayanuvchi o‘rganish odatini shakllantiradi. Tadqiqotda qo‘llanilgan yangi metodik yondashuvlar, xususan Minkovskiy modeli asosidagi fazo-vaqt konsepsiyasining chizmalar, grafiklar, modellar orqali ifodalanishi, o‘quvchilarda mazmunli va barqaror tushunchalar shakllanishiga xizmat qilganini ko‘rsatdi.

Minkovskiy modeli asosida tuzilgan dars ishlanmalari, relyativistik tushunchalarni to‘rt o‘lchovli fazo-vaqt tasvirlari orqali ochib berishi, ayniqsa yorug‘lik konusi, o‘z vaqt va koordinat vaqt, sinxronizatsiya, Lorens transformatsiyasi kabi murakkab nazariy jihatlarning osonroq qabul qilinishiga zamin yaratdi. O‘quvchilar ushbu model yordamida faqat fizik formulalarni yodlab olish emas, balki ularni tasviriy va mantiqiy asoslashga o‘rganishdi. Bu esa fan mazmunining mohiyatini anglashga, o‘quv faoliyatining chuqurlashuviga olib keldi.

Tadqiqot asosida quyidagi asosiy takliflarni ilgari surish mumkin:

- fizika darsliklarida nisbiylik nazariyasiga oid boblar minkovskiy modeli asosida qayta ishlab chiqilishi, ayniqsa, fazo-vaqt tushunchasining vizual, grafik va real hayotiy misollar orqali tushuntirilishi zarur;
- o‘qituvchilar uchun nisbiylik nazariyasini o‘qitishga oid maxsus metodik qo‘llanmalar ishlab chiqilishi lozim. bu qo‘llanmalarda grafik modellar, vizualizatsiyalangan dars ishlanmalari va interaktiv topshiriqlar berilishi maqsadga muvofiq;
- maktab fizikasining yuqori sinflarida relyativistik tafakkurni shakllantirish uchun o‘quvchilarga tajriba asosida izoh beruvchi laboratoriya mashg‘ulotlari (virtual yoki real) joriy etilishi lozim;
- informatika, matematika va texnologiya fanlari bilan integratsiyalashgan dars shakllaridan foydalanish orqali nisbiylik nazariyasini tarmoq asosida tushuntirish metodikasini kengaytirish tavsiya etiladi;
- fizika o‘qituvchilarining kasbiy rivojlanishi doirasida nisbiylik nazariyasining didaktik va mantiqiy talqinlariga oid maxsus malaka oshirish kurslari tashkil etilishi foydali bo‘ladi.

Xulosa qilib aytganda, nisbiylik nazariyasini maktab fizikasiga chuqur, ilmiy asoslangan, didaktik jihatdan to‘g‘ri va vizual yondashuvlar orqali joriy etish nafaqat o‘quvchilarning fizika faniga bo‘lgan qiziqishini oshiradi, balki ularning umumiy ilmiy tafakkurini shakllantirish, murakkab nazariyalarni anglash va tahlil qilish qobiliyatini rivojlantiradi. Shu jihatdan, Minkovskiy modeli asosida yaratilgan metodik yondashuvlar zamonaviy o‘quv jarayoniga mos keluvchi istiqbolli yechim sifatida e’tirof etilishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учебное пособие для 10 класса средней школы. — М.: Просвещение, 1972. — 368 с.

2. Касьянов В.А. Физика. 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. — М.: Дрофа, 2002. — 416 с.

3. Громов С.В. Физика: Основы теории относительности и классической электродинамики: Учебник для 10 кл. общеобразоват. учреждений. — М.: Просвещение, 1997. — 320 с.

4. Мансуров А.Н. Физика: Учебник для 10–11 кл. школ с гуманитарным профилем обучения. — М.: Просвещение, 1999. — 222 с.

5. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. — М.: ГИФМЛ, 1961. — 568 с.

6. Синг Дж. Беседы о теории относительности. — М.: Мир, 1973. — 254 с.

7. Мардер Л. Парадокс часов. — М.: Мир, 1974. — 164 с.

8. Малинин А.Н., Гордеев И.В. Теория относительности и релятивистская механика (в школьном курсе физики): Учебное пособие для студентов педвузов. — Липецк: Изд-во ЛГПУ, 2011. — 117 с.

9. Гордеев И.В. Методика изучения в школьном курсе физики профильного уровня элементов теории относительности на основе модели пространства-времени Минковского // Вестник Московского гос. обл. университета. Серия «Педагогика». — 2010. — №4. — С. 118–123.

10. Гордеев И.В., Малинин А.Н. Элементы теории относительности и релятивистской механики (в школьном курсе физики профильного уровня): Учеб. пособие для студентов педвузов. — Липецк: Изд-во ЛГПУ, 2010. — 40 с.

11. Гордеев И.В., Малинин А.Н. Теория относительности (вопросы, упражнения, задачи): Учеб. пособие для студентов педвузов. — Липецк: Изд-во ЛГПУ, 2010. — 49 с.

12. Логунов А.А. Лекции по теории относительности и гравитации: Современный анализ проблемы. — М.: Наука, 1987. — 272 с.

13. Сазанов А.А. Четырехмерный мир Минковского. — М.: Наука, 1988. — 224 с.

14. Бергман П. Загадка гравитации. — М.: Наука, 1969. — 183 с.

15. Эйнштейн А., Инфельд Л. Эволюция физики. — М.: Наука, 1965. — 224 с.

16. Терлецкий Я.П. Парадоксы теории относительности. — М.: Наука, 1966. — 128 с.

17. Бёрке У. Пространство-время, геометрия, космология. — М.: Мир, 1985. — 271 с.