

Avramenko O., Beletskaya U. Testing in the theory of limits in secondary and higher education institutions.

The theory of limits is one of the most difficult themes for pupils and students. That is why it is need to review the methodological approaches to teaching of this theme. Aim of the article is to develop tests applicable in secondary and higher education. The authors have proposed system of test items which in various combinations can serve for different purposes. Emphasis is on the tasks for the formation and control of skills to prove allegations of the theory of limits. In the future, the base of the test tasks, creating of distance learning course, and implementation them into the system online testing will further expanded.

Keywords: *test, test task, test technology, testing, control of learning, function, limit of a sequence, limit of a function, proof.*

УДК 371.134.001.76:378.147

Ачкан В. В.

ШЛЯХИ ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ДО ІННОВАЦІЙНОЇ ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ МЕТОДИЧНИХ ДИСЦИПЛІН

Запропоновано тлумачення понять “інноваційна педагогічна діяльність вчителя математики” та “готовність майбутнього вчителя математики до інноваційної педагогічної діяльності”. Виокремлено шляхи формування готовності майбутніх вчителів математики до інноваційної педагогічної діяльності у процесі вивчення методичних дисциплін (на прикладі дисциплін “Додаткові розділи методики навчання математики” та “Технології профільного навчання математики”). Зокрема, до основних шляхів віднесено: використання інноваційних форми проведення занять, організацію квазіпрофесійної діяльності студентів у процесі практичних та лабораторних занять, залучення студентів до використання інформаційно-комунікаційних технологій, у тому числі інноваційних, у процесі лекційних, практичних, лабораторних робіт та організації самостійної роботи; використання інноваційних форми контролю тощо.

Ключові слова: *готовність до інноваційної педагогічної діяльності, методичні дисципліни, вчитель математики, квазіпрофесійна діяльність.*

Відповідно до “Національної стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року” [6] сучасний етап розвитку національної освіти характеризується тим, що освіта має бути інноваційною і сприяти формуванню особистості, здатної жити і плідно діяти в глобалізованому, інтегрованому світі, швидко адаптуючись в умовах, що постійно змінюються. Це обумовлює потребу у підготовці вчителя (зокрема, вчителя математики) здатного на основі відповідної фундаментальної освіти перебудувати систему власної педагогічної діяльності з урахуванням соціально значущих цілей та нормативних обмежень, аналізувати, створювати та впроваджувати інновації у педагогічну діяльність.

В останнє десятиріччя різні аспекти підготовки до інноваційної педагогічної діяльності у процесі отримання професійної освіти були предметом дослідження М. В. Артюшиної, Л. В. Буркової, Ю. О. Будас, І. В. Гавриш, В. М. Олексенка, О. І Шапран та ін. Питанню підготовки до інноваційної діяльності вчителів-предметників присвячені дослідження І. А. Волощук (фізико-математичних дисциплін) [4], Т. М. Демиденко (трудового навчання), К. В. Завалко (музики), Н. В. Зарічанської (філологічних дисциплін).

Різні аспекти проблеми підготовки майбутніх учителів математики в Україні

досліджувались у роботах І. А. Акуленко, В. Г. Бевз [5], М. І. Бурди, М. І. Жалдака, М. М. Ковтонюк, О. І. Матяш, В. Г. Моторіної, З. І. Слєпкань, С. О. Скворцової, Н. А. Тарасенкової, В. О. Швеця, О. С. Чашечнікової та інших. У той же час питання підготовки до інноваційної педагогічної діяльності майбутніх вчителів математики досі залишається мало дослідженим.

Мети статті. Виділити та охарактеризувати основні шляхи формування готовності майбутніх вчителів математики до інноваційної педагогічної діяльності у процесі вивчення методичних дисциплін (на прикладі навчальних дисциплін “Додаткові розділи методики навчання математики” та “Технології профільного навчання математики”).

Під “інноваційною педагогічною діяльністю вчителя математики” розуміємо складне утворення, сукупність різних за цілями та характером видів дій, що відповідають основним етапам розвитку інноваційних процесів і спрямовані на створення, апробацію та внесення педагогом змін до власної системи роботи, постійне самовдосконалення в контексті модернізації математичної освіти.

Під “готовністю вчителя математики до інноваційної педагогічної діяльності” розуміємо інтегративну якість його особистості, яка є результатом синтезу мотивів, цінностей, знань, умінь та практичного суб’єктного досвіду й забезпечує успішну педагогічну діяльність, спрямовану на створення, розповсюдження та свідоме і доцільне використання інновацій у процесі навчання математики.

Процес формування готовності майбутніх вчителів математики до інноваційної педагогічної діяльності починається з першого семестру (пропедевтичний етап), але одну із ключових ролей у цьому процесі відіграють методичні дисципліни, що вивчаються на 3-4 курсі бакалаврату та у магістратурі. Розглянемо окремі шляхи формування готовності майбутніх вчителів математики до інноваційної педагогічної діяльності на прикладі навчальних дисциплін “Додаткові розділи методики навчання математики” та “Технології профільного навчання математики”. “Додаткові розділи методики навчання математики” у навчальному плані підготовки бакалавра у Бердянському державному педагогічному університеті відноситься до дисциплін, що встановлює навчальний заклад. До цього ж типу дисциплін, але вже у навчальному плані підготовки магістра за спеціальністю “Середня освіта (Математика)” відноситься “Технології профільного навчання математики”.

З метою формування готовності майбутніх вчителів математики до інноваційної педагогічної діяльності у процесі вивчення вище згаданих навчальних дисциплін доцільно:

– у змісті навчальних дисциплін виокремлювати змістові модулі, пов’язані із інноваційною педагогічною діяльністю вчителя математики (зокрема, у змісті дисципліни “Додаткові розділи методики навчання математики” – це змістовий модуль “Ключові аспекти інноваційної педагогічної діяльності вчителя математики”, у змісті дисципліни “Технології профільного навчання математики” – змістовий модуль “Інноваційні педагогічні технології навчання математики”);

– використовувати інноваційні форми проведення лекційних занять (зокрема, лекцію-диспут, лекцію-конференцію, лекцію-анкету, відео-лекцію тощо), актуалізуючи та розширюючи суб’єктивний досвід математичної, методичної та інноваційної педагогічної діяльності майбутніх учителів математики, що набутий студентами у процесі вивчення дисциплін циклу професійної та практичної підготовки, написання курсових робіт із методики навчання математики і педагогічної практики;

– розвивати у процесі лекційних та практичних занять із навчальних дисциплін здатність до соціальної орієнтації у суспільстві, яке швидко змінюється акцентуючи увагу студентів на тих соціальних умовах, у яких з’являлись та розвивались певні педагогічні технології;

–організувати квазіпрофесійну діяльність студентів у процесі практичних та лабораторних занять, використовуючи кейс-метод, ділові ігри, технологію мікровикладання, аналіз відео-фрагментів уроків учителів-новаторів, метод проектів тощо;

–залучати студентів до використання інформаційно-комунікаційних технологій, у тому числі інноваційних у процесі лекційних, практичних, лабораторних робіт та організації самостійної роботи;

–використовувати елементи змішаного навчання у процесі підготовки студентів до лабораторних та практичних робіт та самостійної позааудиторної роботи;

–створювати рефлексивне освітнє середовище навчання у процесі аудиторних занять та самостійної позааудиторної роботи студентів;

організувати вертикальну навчальну взаємодію студентів бакалаврату та магістратури;

–використовувати інноваційні форми контролю;

–проектувати компоненти інноваційної педагогічної діяльності у процесі виконання курсових робіт з навчальної дисципліни “Технології профільного навчання математики”.

Зупинимось детальніше на окремих з окреслених напрямків. Зокрема, у таблиці 1 наведено фрагмент системи лекцій з навчальної дисципліни “Технології профільного навчання математики”, побудованої з метою організації інноваційного навчання майбутніх учителів математики, спрямованого на формування в них готовності до інноваційної педагогічної діяльності.

Таблиця 1

**Форми лекційних занять у процесі вивчення змістового модуля
“Інноваційні технології навчання математики” навчальної дисципліни
“Технології профільного навчання математики”**

№ з.п.	Тема лекції	Форма лекційних занять
Змістовий модуль 2. Інноваційні технології навчання математики		
1.	Інноваційні ігрові технології на уроках математики у профільній школі.	Лекція-конференція
2.	Проектна технологія на уроках математики у профільній школі.	Лекція-диспут
3.	Технологія концентрованого навчання математики.	Лекція-бесіда
4.	Технології контекстного навчання математики у профільній школі.	Лекція-анкета
5.	Технології e-learning у навчанні математики у профільній школі.	Відео-лекція
6.	Кейс-методи у навчанні математики в профільній школі.	Лекція на основі аналізу конкретних ситуацій

З метою формування такої важливої складовою когнітивного компоненту готовності майбутнього вчителя математики як здатність до соціальної орієнтації у суспільстві, яке швидко змінюється (адже навчальний процес, педагогічна творчість, продукування та впровадження інновацій має здійснюватися з урахуванням потреб, вимог і перспектив розвитку соціуму, місця і ролі в ньому математичних компетентностей та освітніх технологій), на лекційних та практичних заняттях із дисципліни “Технології профільного навчання математики” доцільно акцентувати увагу студентів на соціальних умовах, в яких з’явилися і розвивалися певні педагогічні технології. Наприклад, спираючись на знання і досвід студентів, отримані при вивченні психології, на лекції на тему “Програмоване навчання математики” викладач акцентує увагу на змінах, які зазнала технологія програмованого навчання. Поява програмованого навчання пов’язана з розвитком і

популяризацією такого напрямку психології, як біхевіоризм. Згодом реалізація цієї технології зіткнулася з низкою проблем і зазнала певні зміни, які пов'язані як з переорієнтацією на врахування особливостей особистості кожного учня, так і з можливостями, які відкрилися в зв'язку з комп'ютеризацією освітнього процесу.

Зупинимось детальніше на реалізації окреслених вище шляхів формування готовності майбутніх учителів математики у процесі практичних та лабораторних робіт. Для їх організації та проведення автором підготовлено навчально-методичні посібники: “Технології навчання математики” (практикум) [3], та “Додаткові розділи методики навчання математики” (практикум) [2], які так само можуть бути використані для організації самостійної роботи студентів. Наведемо приклад організації квазіпрофесійної діяльності майбутніх учителів математики із використанням технології імітаційної ділової гри. Перед лабораторним заняттям на тему “Методичні особливості концентрованого навчання математики” студенти виконують завдання з розробки тематичного плану вивчення за технологією концентрованого навчання (модель двопредметного занурення) тем курсу алгебри та початків аналізу. Їм пропонується перелік тем із зазначенням профілю класу, наприклад:

- а) тригонометричні рівняння і нерівності (для класів, що навчаються за програмою академічного рівня);
- б) похідна та її застосування (для класів, що навчаються за програмою рівня стандарту);
- в) показникова та логарифмічна функції (для класів, що навчаються за програмою профільного рівня).

Розроблені програми обговорюються на лабораторному занятті в формі ділової гри, в ході якої імітується засідання методичного об'єднання вчителів математики. Організація такого виду квазіпрофесійної діяльності студентів сприяє формуванню у них мотиваційного, операційно-діяльнісного та емоційно-вольового компонентів готовності до інноваційної педагогічної діяльності. Зокрема, формуються такі важливі складові операційно-діяльнісного компонента як проєктувальні, конструктивні, організаторські, комунікативні та перцептивні вміння. Так само формуються такі невід'ємні складові емоційно-вольової компонента як уміння долати труднощі і перешкоди, які виникають в процесі інноваційної педагогічної діяльності (наприклад, вміння обґрунтовувати свою позицію, спокійно сприймати критику, аргументувати традиційні антиінноваційні стереотипи: “це у нас не вийде”, “ваші пропозиції не вирішать головних проблем”, “це ми вже робили” і т. ін.); наполегливість; повага до думки колег.

Наведемо приклад використання методу проєктів у процесі вивчення “Технологій профільного навчання математики”. На практичному занятті на тему “Інноваційна педагогічна діяльність учителя математики в контексті технологічного підходу в навчанні” студенти представляють свої дослідницькі проєкти (наприклад, “Інноваційні технології додатковій математичній освіті”), при підготовці яких спираються на суб'єктивний досвід педагогічної діяльності, набутий у процесі педагогічної практики. При цьому на етапі підготовки проєктів доцільно використовувати елементи змішаного навчання, зокрема консультування з використанням хмарних сервісів, соціальних мереж у асинхронному режимі, так і у режимі чату.

Однією із форм роботи на практичних заняттях є аналіз відео-фрагментів уроків відомих учителів-новаторів. Наприклад, на практичному занятті на тему “Технологія інтенсифікації навчання на основі схематичних і знакових моделей навчального процесу (технологія В. Ф. Шаталова)” демонструються відео-фрагменти уроків В. Ф. Шаталова. Після цього заслуховується доповідь студентів на тему “Реалізація технології В. Ф. Шаталова в Україні у XXI столітті” і організовується дискусія з питання “Чому інноваційна педагогічна

технологія, яка підтвердила свою ефективність не отримала масового поширення в шкільній практиці”. В ході цієї дискусії студенти приходять до висновку, що ефективність впровадження інноваційних технологій, а особливо тих, які кардинально змінюють традиційну організацію навчального процесу, залежить від соціальних факторів і індивідуальних характеристик педагога і учнів. Тобто використання будь-якої педагогічної технології, впровадження будь-якої педагогічної інновації передбачає творчу діяльність учителя з адаптації її до конкретних соціальних умов, індивідуальних особливостей учнів з урахуванням власних педагогічних можливостей.

Зауважимо, що на практичних і лабораторних заняттях з методичних дисциплін ми пропонували студентам два рівня самостійності (складності). У першому випадку, студентам пропонувалось виконати конкретне завдання (розробка уроку або його фрагмента, створення дидактичних матеріалів (добірки завдань, програми реалізації програмованого або модульного навчання, фрагменти уроків, матеріали для контролю й ін.)) з певної теми шкільної програми, як це описано вище. У другому випадку студенти самі вибирали тему шкільної програми, за якою виконували завдання і обґрунтовували раціональність свого вибору. Наприклад, на лабораторному занятті з “Додаткових розділів методики навчання математики”, присвяченому реалізації прикладної спрямованості навчання математики, студенти в формі “мікрвикладання” представляли розробку фрагмента уроку профільної школи з використанням прикладних задач та інформаційно-комунікаційних технологій навчання. При цьому студенти обґрунтовували доцільність вибору і роль засобів ІКТ (мультимедіа, інтерактивної дошки, педагогічних програмних засобів і т. ін.).

Зазначимо, що під “мікрвикладанням” розуміють “серію мікроуроків для індивідуальних та групових занять студентів, на яких відтворюють мініатюрні ситуації та відпрацьовують алгоритми формування методичних умінь (послідовність запитань при проведенні розбору задачі, чергування форм організації та контроль за навчальною діяльністю учнів класу)” [1]. Мікрвикладання доцільно віднести до форм організації квазіпрофесійної педагогічної діяльності майбутніх учителів математики. Тривалість фрагментів уроків як правило складає 5-10 (у окремих виключних випадках до 15) хвилин.

Наведемо приклад комбінування кейс-методу та “мікрвикладання” як форми представлення рішень кейсів у процесі вивчення навчальної дисципліни “Технології профільного навчання математики”. На лабораторному занятті на тему: “Інформаційно-комунікаційні технології в навчанні математики” студенти представляють свої рішення запропонованих їм для групової самостійної роботи “кейсів”, зміст яких пов’язаний із використанням ІКТ процесі навчання математики. За можливістю невеличкі фрагменти уроків записуються на відеокамеру, що дозволяє, по-перше, організувати дискусію, передивляючись якусь частину відео з метою ілюстрації своєї думки, обговорення можливостей по-іншому подати матеріал, сформулювати твердження, мотивувати учнів, зреагувати на їх запитання і т.ін.; по-друге, підвищити ефективність рефлексії студентом (студентами) результатів своєї навчальної діяльності (адже перегляд відео дозволяє студентам подивитись на себе, на свою діяльність “із боку”).

До інноваційних форм контролю відносимо:

– використання технології портфоліо (яке містить наступні складові: методичні продукти створені студентами у процесі вивчення дисципліни (фрагменти уроків, дидактичні матеріали, рішення кейсів, результати виконання індивідуальних та групових проєктів), самоаналіз навчальної діяльності студентів, скарбничку (“банк”) інновацій (нестандартні, інноваційні розробки, з якими стикалися студенти у процесі підготовки до практичних та лабораторних занять, виконання завдань для самостійної роботи));

– проведення заліків у формі ділової гри, у ході якої студенти захищають дослідницькі (або творчі) проекти;

– використання у процесі іспитів кейсів.

Наведемо приклад кейсу, що ми використовували у ході іспиту з “Технологій профільного навчання математики”.

Урок геометрії вчитель розпочав із розповіді про життєво-виробничу ситуацію, звернувши увагу учнів на те, що в абсолютній більшості будівель стіни створюють чітко вертикально. Винятки існують (зокрема, похилі будинки у Амстердамі), але будівництво таких будівель пов’язане із значними труднощами та збільшує їх вартість. Для перевірки вертикальності стін на будівництві використовують прямовисний висок (пристрій, що складається із тонкої нитки та вантажу на ній). Може виникнути питання: чи є така перевірка достатньою? Перед уведенням якої теми шкільного курсу математики може бути використана ця розповідь? Якою технологією користувався вчитель математики, розпочинаючи таким чином урок? Запропонуйте методичні рекомендації щодо продовження уроку (10-12 хвилин); охарактеризуйте інші методичні підходи у рамках технології, що використовував учитель (проілюструйте один із них на прикладі інших тем курсу математики профільної школи).

Висновки та перспективи подальших наукових розвідок у цьому напрямку. Як свідчать результати експериментального навчання, реалізація окреслених шляхів у процесі вивчення навчальних дисциплін “Технології профільного навчання математики” та “Додаткові розділи методики навчання математики” сприяє:

- підвищенню мотивації студентів до здійснення інноваційної педагогічної діяльності;
- розвитку здатності підпорядковувати особисті цілі й бажання спільній справі; долати труднощі, перешкоди, які виникають у процесі інноваційної педагогічної діяльності;
- формуванню базових знань із педагогічної інноватики, навичок експериментально-дослідницької роботи;
- розвитку здатності до рефлексії власного досвіду, до аналізу та корекції власної педагогічної діяльності;
- формуванню здатностей прогнозувати дидактичний ефект від інновації, що впроваджується, виявляти недоліки та удосконалювати її.

Перспективи подальших розвідок вбачаємо у розробці спецкурсу спрямованого на формування готовності майбутніх вчителів математики до інноваційної педагогічної діяльності.

Використана література:

1. Авраменко К. Б. Використання освітніх технологій у процесі методичної підготовки фахівців початкової школи / К. Б. Авраменко // Проблеми сучасної педагогічної освіти : зб. статей. – Сер.: Педагогіка і психологія. – К. : Пед. преса, 2000. – Ч. 2. – С. 3–6.
2. Ачкан В. В. Додаткові розділи методики навчання математики (практикум) : навчально-методичний посібник / В. В. Ачкан, С. О. Панова. – Бердянськ : Видавець Ткачук О.В., 2017. – 116 с.
3. Ачкан В. В. Технології навчання математики (практикум) : навчально-методичний посібник / В. В. Ачкан. – Бердянськ: БДПУ, 2015 – 64 с.
4. Волощук І. А. Формування готовності молодого вчителя фізико-математичних дисциплін до інноваційної діяльності в системі методичної роботи школи : автореф. дис. канд. пед. наук : 13.00.04 “Теорія і методика професійної освіти” / І. А. Волощук. – Черкаси, 2010. – 22 с.
5. Бевз В. Г. Історія математики як інтеграційна основа навчання предметів математичного циклу у фаховій підготовці майбутніх учителів : дис. д-ра пед. наук : 13.00.02 / Бевз Валентина Григорівна. – К., 2007. – 506 с.

6. Указ Президента України “Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>.

References:

1. Avramenko K. B. Vykorystannya osvitenikh tekhnolohiy u protsesi metodychnoyi pidhotovky fakhivtsiv pochatkovoyi shkoly / K. B. Avramenko // Problemy suchasnoyi pedahohichnoyi osvity: Zb. statey. – Ser.: Pedahohika i psykholohiya. – K. : Ped. presa, 2000. – Ch. 2. – S. 3–6.
2. Achkan V. V. Dodatkovy rozdilny metodyky navchannya matematyky (praktykum) : navchal'no-metodychnyy posibnyk / V. V. Achkan, S. O. Panova. – Berdyans'k : Vydavets' Tkachuk O.V., 2017 – 116 s.
3. Achkan V. V. Technology learning mathematics (practicum) : educational and methodical manual textbook” / V. V. Achkan. – Berdyans'k : BDPU, 2015 – 64 s.
4. Voloshchuk I. A. Formuvannya hotovnosti molodoho vchytelya fizyko-matematychnykh dystsyplin do innovatsiyanoi diyal'nosti v systemi metodychnoyi roboty shkoly : avtoref. dys. kand. ped. nauk : 13.00.04 “Teoriya i metodyka profesiynoyi osvity” / I. A. Voloshchuk. – Cherkasy, 2010. – 22 s.
5. Bezv V. H. Istoriya matematyky yak intehratsiyna osnova navchannya predmetiv matematychnoho tsykladu u fakhoviy pidhotovtsi maybutnikh uchyteliv : dys. d-ra ped. nauk : 13.00.02 / Bezv Valentyna Hryhorivna. – K., 2007. – 506 s. Ukaz Prezydenta Ukrainy “Pro Natsional'nu stratehiyu rozvytku osvity v Ukraini na period do 2021 roku” [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>

Ачкан В. В. Направления формирования готовности будущих учителей математики к инновационной педагогической деятельности в процессе изучения методических дисциплин.

Приведена трактовка понятий “инновационная педагогическая деятельность учителя математики” и “готовность будущего учителя математики к инновационной педагогической деятельности”. Так под “готовностью учителя математики к инновационной педагогической деятельности” понимаем интегративное качество его личности, которое является результатом синтеза мотивов, ценностей, знаний, умений и практического субъектного опыта и обеспечивает успешную педагогическую деятельность, направленную на создание, распространение, сознательное и целесообразное использование инноваций в процессе обучения математике.

Выделены пути формирования готовности будущих учителей математики к инновационной педагогической деятельности в процессе изучения методических дисциплин на примере дисциплин “Дополнительные разделы методики обучения математике” и “Технологии профильного обучения математике”. В частности, к основным путям отнесены: использование инновационных форм проведения занятий; развитие в процессе лекционных и практических занятий по учебным дисциплинам способности к социальной ориентации в обществе, которое быстро меняется; организация квазипрофессиональной деятельности студентов в процессе практических и лабораторных занятий (с использованием кейс-метода, деловой игры, технологии микропреподавания, метода проектов и т.д.); привлечение студентов к использованию информационно-коммуникационных технологий, в том числе инновационных, в процессе лекционных, практических, лабораторных занятий и организации самостоятельной работы; создание рефлексивной образовательной среды обучения в процессе аудиторных занятий и самостоятельной внеаудиторной работы студентов; организация вертикального учебного взаимодействия студентов бакалавриата и магистратуры; использование инновационных форм контроля и тому подобное.

Ключевые слова: готовность к инновационной педагогической деятельности, методические дисциплины, учитель математики, квазипрофессиональная деятельность.

Achkan V. V. The ways of forming readiness of future teachers of mathematics for innovative pedagogical activities in the process of studying methodical disciplines.

Here are author's interpretation of the concepts of “innovative pedagogical activity teachers of mathematics” and “readiness of future teachers of mathematics for innovative pedagogical activities”; here are given the ways of forming readiness of future teachers of mathematics to innovative pedagogical activities in the process studying of methodical disciplines on the set of examples of educational disciplines

“Additional units of teaching methods of mathematics” and “Technologies of profile mathematics teaching”. In particular, the main ways include: the use of innovative forms of learning, organization kvaziprofessional activity of students in the practical and laboratory classes, attracting students to use information and communication technologies, including the innovative, in the process of lectures, practical, laboratory work and organization of independent work; use of innovative forms of control and so on.

Keywords: readiness to innovative pedagogical activities, methodical disciplines, teacher of mathematics.

УДК 514

Гришук А. М., Гришук В. В., Корнійчук П. П.

ГЕОМЕТРИЧНЕ ДОВЕДЕННЯ ПЕРЕТВОРЕНЬ ЛОРЕНЦА

В статті представлено геометричне доведення перетворень Лоренца та їх наслідків. Результати статті можуть бути використані при вивченні спеціальної теорії відносності.

Ключові слова: перетворення Лоренца, спеціальна теорія відносності, метрика простору.

Як відомо, перетворення Лоренца встановлюють зв'язок між координатами подій відносно різних інерціальних систем відліку, при якому інтервал s між двома подіями залишається незмінним, тобто

$$s^2 = c^2(t_2 - t_1)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2 - (z_2 - z_1)^2 = \text{const}. \quad (1)$$

При цьому простір подій можна взаємно однозначно відобразити на чотирьохвимірний псевдоевклідовий простір індексу 1 таким чином, що координати події (ct, x, y, z) обчислені в довільній інерціальній системі відліку будуть ортонормованими координатами в псевдоевклідовому просторі:

$$x^0 = ct, \quad x^1 = x, \quad x^2 = y, \quad x^3 = z$$

Тоді

$$s^2 = (x^0)^2 - (x^1)^2 - (x^2)^2 - (x^3)^2$$

Тим самим вибір інерціальної системи в просторі подій рівнозначний вибору ортонормованої координатної системи в псевдоевклідовому просторі, а перехід від однієї інерціальної системи до іншої рівнозначний переходу від однієї ортонормованої системи до іншої. Оскільки метричні властивості псевдоевклідового простору відрізняються від метричних властивостей евклідового простору, то існуючі доведення перетворень Лоренца мають аналітичний характер [1-3].

Метою даної статті є встановлення співвідношень між метрикою псевдоевклідового простору та метрикою евклідового простору і одержання геометричного доведення перетворень Лоренца.

Інтервал між двома подіями (1), можна розглядати як відстань між двома точками в чотирьохвимірному псевдоевклідовому просторі і перетворення Лоренца залишають незмінною цю відстань. Нетривіальні перетворення повинні математично виражатися як обертання чотирьохвимірної системи координат (ct, x, y, z) . Будь-яке обертання в