

УДК 378.53(07)

## ПОЛІПАРАДИГМАЛЬНІСТЬ ЯК МЕТОДОЛОГІЧНА СИСТЕМА КООРДИНАТ ДО ОСМИСЛЕННЯ ТРАНСФОРМАЦІЇ ПОГЛЯДІВ НА НАВЧАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ФІЗИКИ У ПЕДАГОГІЧНИХ УНІВЕРСИТЕТАХ

Наталія Подопрігора (м. Кіровоград)

*В статті представлені результати дослідження трансформації поглядів на навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах з позицій поліпарадигмальної методологічної системи координат, починаючи з середини 50-х років минулого століття. Результати дослідження представлені у вигляді відповідної періодизації еволюції дидактичних підходів від формально-логічного до компетентнісного.*

**Ключові слова:** математичні методи фізики, теоретична фізика, майбутній вчитель фізики, поліпарадигмальність, інтегрований підхід.

**Постановка проблеми.** Науково-теоретичне дослідження проблеми реформування вищої освіти України та реалізація пріоритетних напрямків її розвитку пов'язані передусім із пошуком шляхів підвищення якості освіти, оновленням її змісту та організаційними формами навчально-виховного процесу. Це потребує урахування результатів історико-педагогічного аналізу розвитку дидактичних підходів до навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах України.

**Аналіз актуальних досліджень.** В українській вищій педагогічній школі сформувалось поєднання фундаментальної і професійної спрямованості навчання, зорієнтованого на фахову педагогічну діяльність через поєднання природничих і гуманітарних наук, чим визначається її фундаментальний і дослідницький характер. За радянських часів пріоритетними були не економічні, а інтелектуальні цілі освіти, що й зумовило усталення «знанневої» парадигми її розвитку.

За педагогічним словником С.У. Гончаренка, термін «парадигма» (від грец. *παράδειγμα* – приклад, взірць) означає теорія або модель порушення проблеми, прийнята за зразок розв'язання дослідницьких завдань певним науковим співтовариством. Принцип загальноприйнятої парадигми – методологічна основа єдності певного наукового співтовариства (школи, напряму), що значно полегшує їхню професійну комунікацію» [3, с. 248].

С.І. Подмазін визначає парадигму, як «модель, що використовується для розв'язання не лише дослідницьких, а й практичних завдань у певній галузі діяльності. Потреба у новій парадигмі виникає у зв'язку з переходом до нових типів мислення і нових способів перетворення дійсності» [6, с. 10].

Обираючи за основу поліцентричний підхід до виконання дослідження, поліпарадигмальну систему координат можна вважати його методологічною основою до осмислення трансформації поглядів на навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах, що є **метою** нашого дослідження. На нашу думку, такий аналіз має враховувати період, починаючи із середини 1950-х років, що характеризувався стрімким розвитком наукових досліджень у галузі фізико-математичних наук, зокрема, теоретичної фізики, математичної фізики, експериментальної фізики і ін., що безумовно спричинило розвиток науково-технічного прогресу та адекватно відобразилося у освітній галузі.

**Виклад основного матеріалу.** Досліджуючи становлення і розвиток математичної фізики як нової галузі її теоретичної методологічної складової, нами виявлено [7], що у ХХ ст. зміст і структура нових розділів фізики – квантової механіки, квантової теорії поля, квантової статистичної фізики, спеціальної і загальної теорії відносності (М. Боголюбов, Г. Вейль, В. Гейзенберг, Д. Гільберт, П. Дірак, А. Ейнштейн, Дж. фон Нейман, А. Пуанкаре, І. Тамм, Р. Фейнман, В. Фок, Е. Шредінгер), значно розширилися через впровадження математичних методів: разом із традиційними розділами математики почали широко застосовуватись теорія операторів, теорія узагальнених функцій, теорія функції багатьох комплексних змінних, топологічні та алгебраїчні методи, теорія чисел, *p*-адичний аналіз, асимптотичні і чисельні методи.

Із появою у середині 50-х років ХХ ст. обчислювальної техніки проявилась взаємодія різнорідних знань щодо виявлення корелятивності елементів інтеграції відповідних математичних і фізичних знань. Розвиток обчислювальної техніки розширив клас математичних моделей, які уможливають детальний аналіз фізичних процесів; з'явилась можливість ставити розрахункові експерименти. Взаємодія сучасної теоретичної фізики і математики сформували нову галузь – сучасну математичну фізику. Її моделі не завжди зводяться до крайових задач зі складання і розв'язування диференціальних рівнянь і, зазвичай, формулюються як система аксіом.

Прагнення до більш детального вивчення фізичних явищ призводить до усе більшого ускладнення математичних моделей, які описують ці явища, що, своєю чергою, унеможливає застосування аналітичних методів дослідження цих моделей. Це пояснюється, зокрема, тим, що математичні моделі реальних фізичних процесів є, як правило, нелінійними, тобто описуються нелінійними рівняннями

математичної фізики. Для детального дослідження таких моделей успішно застосовуються прямі чисельні методи з використанням комп'ютерної техніки. Для типових задач математичної фізики використання чисельних методів зводиться до заміни рівнянь математичної фізики для функцій неперервного аргументу алгебраїчними рівняннями, тобто для сіткових функцій, заданих на дискретній множині точок (на сітці) і замість неперервної моделі середовища вводиться її дискретний аналог. Застосування чисельних методів дозволяє замінити складний, трудомісткий і вартісний фізичний експеримент значно економічним математичним (чисельним) експериментом. Детально проведений математичний експеримент є основою для вибору оптимальних умов реального фізичного експерименту, вибору параметрів складних фізичних приборів, визначення умов виявлення нових фізичних ефектів тощо. У такий спосіб чисельні методи надзвичайно розширюють область ефективного використання математичних моделей фізичних явищ.

Вагоме значення для дослідження математичних моделей фізики набули прямі чисельні методи, найефективніша реалізація яких забезпечується через використання обчислювальної техніки, і, в першу чергу, скінчено-різницевиими методами розв'язування крайових задач, що дозволило математичним методам фізики ефективно розв'язувати нові задачі газової динаміки, теорії переносу, фізики плазми, в тому числі й зворотні задачі цих напрямків розвитку фізики як науки. Отже, починаючи із 1950-х років *фізика як наука почала розвиватись як інтегрована галузь*, очевидна перспектива розвитку якої утілилась у таких новонароджених напрямках фундаментальних досліджень, як фізика твердого тіла, ядерна фізика і фізика високих енергій, які розкрили потенціал розвитку сучасної наукової фізичної картини світу.

Для впровадження ідей фундаментальної науки у навчально-виховний процес педагогічних університетів потрібні були дидактичні умови щодо їх реалізації, тому у період 1955-1979 роки щодо підготовки майбутніх учителів фізики переважала парадигма, яку можна умовно назвати «технократичною» – проголошувала основною своєю метою передачу тим, хто навчається «точного» наукового знання, необхідного для подальшого удосконалення практики. «Знання – це сила», тому цінність людини визначається її пізнавальними можливостями. Людина цінною є не сама собою, як унікальна індивідуальність, а лише як фахівець, носій певного еталонного (усередненого, стандартизованого) знання або поведінки [5]. З таких позицій у курсі методів математичної фізики потрібно було зосереджувати увагу на поглибленому вивченні теоретичних основ математичної фізики, при цьому не обмежуватись якісним узагальненням, а зосередитись на детальних представленнях окремих прикладних задач математичної фізики на засадах формально-логічного підходу до навчання – у такий спосіб вбачалось підвищення рівня теоретичної підготовки студентів з фізики. Певні елементи цієї парадигми, притаманні, на жаль, і сьогодні до процесу теоретичної підготовки студентів з фізики.

Підручник з рівнянь математичної фізики А.М. Тіхонова і О.А. Самарського, включений до списку рекомендованої літератури, яка забезпечувала курс математичної фізики для фізичних спеціальностей педагогічних інститутів, мав на меті підкреслити вибір і виклад матеріалу характеристикам типових фізичних процесів, у зв'язку із цим структура матеріалу відповідає основним типам рівнянь. Вивчення кожного типу рівняння починається із побудови фізичної задачі, що і приводить до отримання рівняння певного типу. Особливу увагу приділено математичній постановці задачі, строгому викладу розв'язку найпростішої задачі і фізичній інтерпретації отриманих результатів. До кожного розділу запропоновані задачі, метою яких є розвиток технічних навичок [9, с. 10].

Адаптованим навчальним посібником для студентів фізико-математичних факультетів педагогічних інститутів, допущеним Міністерством освіти СРСР, був підручник Є.І. Несіса «Методи математичної фізики» [4]. Змістом охоплені три усталених розділи математичної фізики: математична теорія поля, теорія диференціальних рівнянь у частинних похідних і елементи лінійної алгебри. Присутність останнього розділу пояснювалась тим, що «...із успіхами теорії відносності і відкриттям якісно нових, квантових властивостей у мікрочастинок (молекул, атомів, ядер, електронів і т.п.) задачі математичної фізики значно розширились: з'явилась необхідність у вивченні полів комплексних величин у комплексному просторі, у використанні для їх дослідження не лише методів математичного аналізу, але й порівняно нової математичної науки – лінійної алгебри, яка являє собою своєрідне поєднання алгебраїчної теорії систем рівнянь першого степеня і аналітичної геометрії  $n$ -вимірних плоских просторів» [4, с. 5]. Передбачаючи, що курс методів математичної фізики передусє курсу теоретичної фізики, автор посібника намагався максимально адаптувати його зміст, покладаючись на наступність і поетапність навчання, Але мінімум годин, які відводилися на його вивчення, не дозволив автору узгодити його змістову компоненту з усіма розділами теоретичної фізики, зокрема, із статистичною фізикою, а також прикладними розділами фізики: фізикою твердого тіла, ядерною фізикою, фізикою елементарних частинок тощо. Разом з тим, зміст посібника виглядає скоріше як курс лекцій і зорієнтований на «знаннєвий» рівень підготовки. Він не має компоненти зорієнтованої на практичне спрямування навчальної діяльності в процесі вивчення курсу. Хоч кількість годин на вивчення теоретичної фізики у педагогічних інститутах невпинно зростала, курс методів математичної фізики залишався на рівні невеличкої дисципліни із формою звітності «залік».

У цілому, даний етап розвитку фізико-математичної освіти у педагогічних інститутах щодо вивчення математичних методів фізики характеризується недостатньою увагою до дидактики вищої школи. Функцію освітніх стандартів виконували приблизні робочі програми і базові підручники: з

математичних методів теоретичної фізики, елементів математичної фізики, методів математичної фізики, вищої математики, збірників задач з математичної фізики, збірник задач і вправ за спеціальними розділами вищої математики тощо.

Під впливом «технократичної» парадигми базові підручники з курсу математичних методів фізики набували все абстрактнішого змісту, який характерний значним обсягом і не достатньо адаптований до наступної навчальної діяльності студентів з фізики у педагогічному університеті, хоча вочевидь, ці посібники мали забезпечувати професійну спрямованість навчання. Зміст курсу став відображати його скорочену версію, що пропонувалась для не математичних спеціальностей класичних університетів. При цьому виникли дві проблеми. По-перше, величезний обсяг навчальної математичної інформації, яка містилася у підручниках з математичної фізики, зумовлював деструктуризацію цієї дисципліни у системі підготовки майбутнього вчителя фізики. Без належної професійної спрямованості навчання студентам були не зрозумілими цілі навчання математичної фізики – чи це продовження курсу математики, чи це початок вивчення теоретичної фізики? По-друге, абстрактне представлення основних понять математичної теорії поля та теорії диференціальних рівнянь математичної фізики утруднювало сприйняття і засвоєння навчального матеріалу, що зумовлювало погіршення емоційно-чуттєвого відношення студентів до сприйняття цього курсу. Як наслідок, студентами визначалась мета вивчення дисципліни «аби здати залік».

Таким чином, практика навчання математичних методів фізики наприкінці 1970-х років показала, що «технократична» парадигма, спрямована на формування у майбутніх учителів фізики системи абстрактних математичних знань на засадах *формально-логічного підходу*, себе не виправдала. У професійній діяльності від цієї дисципліни не було вочевидь жодної користі, а викладачі курсу теоретичної фізики, формували свою уособлену предметну систему знань.

Подібна модель навчання переносилася випускниками педагогічних інститутів і до загальноосвітньої школи, в якій панувала «ЗУНівська» парадигма (за О.В. Сергєєвим [8]). Головним видом діяльності учнів у школах, де реалізується «ЗУНівська» парадигма, є отримання знань. У межах цієї парадигми кількість уроків досягає 7-8 щоденно (враховуючи і консультації). Зростаючий обсяг інформації приводить до перевантаження учнів, зниження мотивації до навчання, особливо фізико-математичних дисциплін. Переважна більшість учителів «вихована» у школах такого типу, а отже й прагне працювати у такому ж стилі. Основні вимоги до вчителів у той час були наступні: знання свого предмету; вміння доступно викладати матеріал, знання методики викладання предмету; вміння об'єктивно оцінювати знання й вміння учнів; вміння навчати школярів практичним знанням і вмінням. Учителі у таких школах, за висловом Л.С. Виготського, «подібно до рикш, що тягнуть на собі весь навчально-виховний процес» [2]. За цією ж технологією будується навчання і у більшості вишів.

Згодом психолого-педагогічними дослідженнями були встановлені об'єктивні причини, чому логічно вибудована система математичних знань, ізольована від навчально-пізнавальної діяльності з фізики, унеможлиблювала підвищення якості фундаментальної фізико-математичної підготовки студентів – майбутніх учителів фізики. Зокрема, А.О. Вербицький, досліджуючи проблему саморегуляції діяльності в умовах стимулювальної невизначеності розрізняє поняття «знання» і «значення». На засадах глибокого психолого-педагогічного аналізу, учений зокрема вказує, що «Значення – це те, що може бути монологічно викладено у вигляді усного або письмового тексту. Будучи засвоєним, наприклад, шляхом запам'ятовування тексту, значення як фундамент знання можуть і не стати здобутком особистості, тобто власне знанням, тим, що має для людини особистісний сенс, є керівництвом до дії, представляє його відношення до світу, суспільства, інших людей і до самого себе. Контекст життя і діяльності, контекст професійного майбутнього, визначений за допомогою відповідної дидактичної і психологічної «техніки», наповнює навчально-пізнавальну діяльність студентів вишів особистісним сенсом, визначає рівень їх активності, міру залучення до процесів пізнання і перетворення дійсності» [1].

Підсумовуючи, слід зробити висновок: якщо студент не бачить особистісного сенсу у навчальній інформації, то вона замість того, щоб усвідомлюватись у системоутворювальне знання, перетворюватиметься у знання формальне, поверхнєве і нестійке. Тому можливість підвищення якості фундаментальної фізико-математичної підготовки, орієнтованої лише на традиційний, формально-логічний зміст курсу математичних методів фізики, вочевидь обмежена і тому досягнення високого рівня якості знань з математичної фізики у системі підготовки майбутніх учителів фізики потребує залучення і інших підходів, у тому числі повернення до професійно-прикладної спрямованості, яку мали математичні дисципліни до середини 1950-х років.

Еволюцію дидактичних підходів щодо навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах з позицій поліпарадигмальної методологічної системи координат ми виявляємо через їх трансформацію на п'яти умовно виділених етапах (табл. 1), що є передумовами *інтегрованого підходу*, який поєднує переваги знаннєвої (фундаментально-предметної), контекстної (професійно-спрямованої) та компетентнісної (особистісно-орієнтованої) парадигм у напрямі розвитку останньої як теоретичної основи побудови методичної системи навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах. Втім остання теза потребує додаткового обґрунтування з позицій доцільності застосування такої комбінації щодо отримання високого рівня якості знань студентів.

Таблиця 1

Еволюція дидактичних підходів до навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах

Етапи розвитку дидактичних підходів	Роль етапу як передумова інтегрованого підходу
Провідними є <i>технократична</i> і <i>знаннєва</i> парадигми (1955-1979 рр.)	Формування у майбутніх учителів фізики системи абстрактних математичних знань на засадах <i>формально-логічного підходу</i> , себе не виправдала, що було передумовою повернення до <i>професійно-прикладної спрямованості</i> і <i>фундаменталізації</i> змісту навчання математичних методів фізики
<i>Дидактичний пошук</i> шляхів модернізації системи фундаментальної підготовки студентів (1980-1990 рр.)	Актуальними виявились підходи, пов'язані із загально-дидактичними принципами <i>фундаментальності, професійної спрямованості</i> (контекстного навчання, розвиток ідей діяльнісного підходу) і <i>міждисциплінарних зв'язків</i> , як передумови <i>біполярної парадигми (знаннєво-компетентнісної)</i> . Застосування обчислювальної техніки у галузі математичної фізики, як передумова <i>предметно-інформаційного підходу</i> до навчання математичних методів фізики. На фізико-математичних факультетах педагогічних інститутів з'явився курс інформатики, який як обов'язковий навчальний предмет, був введений до навчальних планів загальноосвітніх шкіл і вищих навчальних закладів, що стало передумовою розвитку <i>інформаційно-комунікаційних технологій</i> в освіті.
<i>Розвиток методики навчання фізики</i> в умовах пошуку нової освітньої парадигми (1991-2002 рр.)	Пошук і реалізація комплексних підходів до навчання із провідною роллю <i>особистісно-орієнтованої освіти</i> , що обґрунтовувалось: - <i>інтегративною концепцією людини</i> , в основу якої покладено: а) ідею про <i>онтогенетичну еволюцію людини</i> як індивіда, психічні задатки якого становлять природну основу особистості, б) <i>положення про розвиток особистісних якостей</i> людини в єдності її природних задатків і здібностей, як людського індивіда та суб'єкта суспільних відносин; в) <i>діяльнісну суть</i> розвитку людини як суб'єкта діяча, що ініціює різні види специфічної людської активності – праці, навчання, пізнання, спілкування тощо; г) твердження про <i>унікальність кожної людини як особистості</i> , носія певного внутрішнього світу, з власним баченням світу та особистісним відтворенням його у свідомості, своїми потребами, уподобаннями, мотиваційно-вольовими характеристиками; - <i>соціально-культурною концепцією знання і пізнання в цілому</i> , в основі якої лежить соціальна зумовленість пізнавального процесу і його результату як елементу культури цивілізації; - <i>культурно-історичною теорією розвитку психіки людини</i> , на основі <i>діяльнісного підходу</i> до формування її основних психічних функцій; - <i>теорією змістового узагальнення</i> , провідною лінією якої у вивченні мислення визначена єдність наочного і психологічного аспектів даного процесу.
Період парадигмальної невизначеності (2003-2010 рр.)	Визнання особистісної орієнтації освіти провідною ідеєю, розвиток гуманізації і гуманітаризації освіти як передумови компетентнісного підходу. Проголошення нової освітньої парадигми, пріоритетним напрямком якої була визнана <i>особистісна орієнтація освіти</i> . Почали діяти Галузеві стандарти вищої педагогічної освіти <i>другого покоління</i> , компетентнісні за сутністю, проте формально не суперечили знаннєвому, інтегрованому, контекстно-предметному, діяльнісному і іншим підходам до навчання. До підготовки педагогічних працівників обґрунтована можливість застосування: <i>гуманістичного, аксіологічного, культурологічного, інтегративного, діяльнісного, рефлексивного, технологічного, праксеологічного, герменевтичного, компетентнісного, андрогогічного, адаптаційного, акмеологічного, методологічного</i> підходів до навчання. Теоретично обґрунтовані основи <i>впровадження інноваційних технологій навчання</i> . <i>Розвиток компетентнісного підходу</i> за усіма напрямками його реалізації від оцінювання на рівні термінів навчання до управління навчально-пізнавальною діяльністю. Виявлена потреба у парадигмальній визначеності, яка б не заперечувала можливість вибору і поєднання різних підходів до навчання математичних методів фізики у педагогічних університетах, як передумова інтегрованого підходу.