

СПІВВІДНОШЕННЯ МЕТОДОЛОГІЧНИХ НАДПРЕДМЕТНИХ І ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ МАТЕМАТИКИ І ФІЗИКИ

Стаття присвячена дослідженню проблеми міждисциплінарного підходу до навчання студентів математичних методів фізики. Обґрунтовується доцільність врахування міждисциплінарних зв'язків у навчально-пізнавальному процесі з фізики, в якому математичне моделювання виступає одним із інтегративних чинників. Встановлюється співвідношення методологічних надпредметних і предметних компетенцій математики й фізики в процесі підготовки майбутніх учителів фізики.

Ключові слова: математичне моделювання, теоретичні і експериментальні методи пізнання, математична компетентність з фізики, майбутній учитель фізики.

Постановка проблеми. У багатьох країнах світу йде пошук нових педагогічних систем і парадигм освіти, більш демократичних, диверсифікованих та результативних з позицій інтересів суспільства й особистості. Прагнення подолати в освіті професійну замкнутість і культурну обмеженість, орієнтація на широко освічену й гармонійно розвинуту особистість характерні для всього світового співтовариства [1, с. 3].

Особливість нинішнього етапу реформування фізичної освіти в Україні пов'язаний із загостренням цілого комплексу ключових проблем економічного, екологічного, енергетичного характеру і розгортається на фоні глибоких соціальних змін перманентної стадії розвитку суспільства. На особистісному рівні починає переважати прагматизм, знецінення фундаментальних фізико-математичних знань, падіння престижу освіченості. Сучасне молоде покоління черпає інформацію з мережі Інтернет, яка переповнена, на жаль, затребуваними антинауковими повідомленнями, відчувається дефіцит наукової грамотності, раціонального наукового мислення й компетентності. Об'єктивне зниження рівня якості професійної фізико-математичної підготовки майбутніх учителів фізики потребує нових механізмів забезпечення високої якості знань з фізики не лише з позицій змісту фізичної освіти, але й процесуальної та особистісної складових цілісного навчально-виховного процесу з фізики.

Аналіз останніх досліджень. Однак, як зазначає С.У. Гончаренко, щоб забезпечити цілісність освіти, необхідно попередньо добитися тієї ж мети у фундаментальних науках, оскільки диференціація наук на початку ХХІ століття досягла такого рівня, що спеціалісти з різних галузей раніше єдиної науки все частіше перестають розуміти один одного. Правда, останнім часом становище починає змінюватись, і на перший план виходять інтеграції та міждисциплінарні тенденції, але до повного розв'язання цієї проблеми ще далеко. Тому перед ученими і педагогами стоїть кардинальне завдання – виявити цілісність кожної з фундаментальних наук, потім виявити цілісність усього природознавства та всього гуманітарного знання, і нарешті, на наступному етапі створити основи цілісної фундаментальної освіти [1, с. 5].

Фізика, вивчаючи найпростіші і разом з тим найбільш загальні закономірності явищ природи, властивості і будову матерії та закони її руху є невичерпним джерелом методологічних знань, озброюючи тих, хто навчається надпредметними, *ключовими компетенціями*. Компетенція (за Л.А. Шестаковою) "є інтегративною характеристикою особистісних якостей студента, що формується за рахунок міждисциплінарної інтеграції, заснованої на взаємопроникненні змісту різних навчальних дисциплін, здатних до утворення нового освітнього простору, який володіє цілісним потенціалом розвитку за допомогою використання інноваційних педагогічних і дидактичних методів і організаційних форм навчання, а *компетентність* проявляється в застосуванні професіоналізму у практичній сфері діяльності і є динамічною сукупністю знань, умінь, навичок, здібностей і особистісних якостей, які студент зобов'язаний продемонструвати після завершення частини або повного курсу освітньої програми із застосуванням принципів міждисциплінарної взаємодії" [6, с. 49]. В інтеграційних процесах виявляється авторська індивідуальність кожного викладача, що безумовно впливає на творчий розвиток, базову фізико-математичну та професійну підготовку майбутнього вчителя фізики.

Для практичної мети про віднесення тієї чи іншої навчальної дисципліни до розряду фундаментальних у циклах природничо-наукової, загально-професійної, професійної (предметної) підготовки майбутніх вчителів фізики необхідно знати об'єктивне означення самих понять "фундаментальна наука", "фундаментальна дисципліна". Як вихідне можна взяти таке означення [1, с. 4]: до групи фундаментальних наук належать науки, чиї основні означення, поняття і закони первинні, не є наслідком інших наук, які безпосередньо відображають, систематизують, синтезують у закони і закономірності факти, явища природи або суспільства. Це значення дає можливість ранжувати навчальні дисципліни і приділяти їм відповідну увагу.

З цих позицій усі навчальні дисципліни циклу професійної підготовки майбутніх вчителів фізики (математичні методи фізики, загальна фізика, теоретична фізика) претендують на роль фундаментальних, проте різняться за методологічними ознаками: математичне, емпіричне і теоретичне в пізнанні.

Тому важливим кроком до відшукування універсальних механізмів цілеспрямованого формування професійних компетентностей студентів є *встановлення співвідношення між методологічними*

надпредметними і предметними компетенціями математики і фізики в процесі навчання фізики, що є метою нашого дослідження.

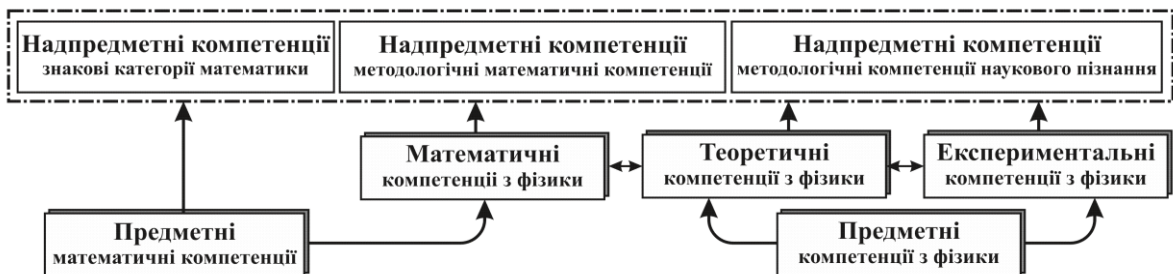
Виклад основного матеріалу. Існують різні підходи до оцінки проблеми взаємозв'язку методологій теоретичного та емпіричного в пізнанні. На думку О.І. Ляшенка, такий взаємозв'язок слід розглядати ширше, ніж лише співвідношення рівнів пізнання. Науковець виділяє декілька напрямків, на які слід звернути увагу під час вирішення цієї проблеми, а саме: як взаємозумовленість емпіричного і теоретичного знання; як проблему взаємовідношення відповідних рівнів пізнання; як історичну наступність (послідовність) стадій наукового пізнання, поступовий перехід від емпірії до теорії в ході суспільного пізнання дійсності; як специфічні форми пізнавальної діяльності і проблеми розвитку експериментальних і теоретичних методів пізнання [2, с. 7-8]. У межах предмету нашого дослідження важливими є всі зазначені позиції, проте потребує конкретизації питання про місце математичного моделювання в цьому процесі.

Емпіричний метод пізнання природи в історико-генезисному аспекті розвитку фізики є первинним: розробляються умови експерименту; результати виконання експерименту систематизують (таблиці, графіки і ін.); результати аналізують на засадах логічних міркувань; інтерпретація експериментальних результатів відбувається на рівні феноменологічного емпіричного узагальнення і подається у вигляді словесного формулювання або кількісної математичної формули (математичної моделі). *Інтегративним чинником* узагальнення теоретичного та емпіричного знання тут виступає *математичне моделювання*. Тобто, у процесі емпіричного пізнання математичний компонент присутній.

Теоретичний цикл реалізується через: постановку проблеми, засновану на емпіричних фактах про об'єкт дослідження – виділення найістотніших властивостей і зв'язків об'єкта – створення теоретичної моделі об'єкта на засадах моделювання (кількісної математичної, якісної фізичної) – висунення гіпотези про поведінку моделі – теоретичний аналіз моделі з урахуванням особливостей її перебування в тих або інших умовах – наслідок (закон, принцип, теорія) – емпірична перевірка на відповідність (експеримент). Характерним тут є те, що емпіричний (чуттєвий) компонент у процесі теоретичного пізнання природи не ліквідується, а безпосередньо йому підпорядковується. З експерименту все починається і ним завершується. Тобто, емпіричне та теоретичне в пізнанні природи є взаємозумовленими.

Перелічені особливості наукового пізнання фізикою відображені змістом дисциплін, які забезпечують професійну підготовку майбутніх учителів фізики на засадах міждисциплінарної інтеграції та міждисциплінарних зв'язків [4].

Супідрядну ієрархію взаємозв'язків між надпредметними та предметними методологічними компетенціями фізики і математики за методологічною ознакою представлено схематично на мал. 1, з якого видно, що на прикладному рівні взаємодії математики і фізики математичні, теоретичні і експериментальні компетенції утворюють інтегрований зв'язок, що потребує врахування інтегративних чинників такої взаємодії в процесі навчання студентів математичних методів фізики.



Мал. 1. Супідрядна ієрархія взаємозв'язків між надпредметними та предметними методологічними компетенціями математики і фізики

З методологічних позицій наукового пізнання природи завжди актуальною є проблема пошуку серед математичних моделей математичної фізики саме тих, які б інтегрували математичне і фізичне знання в узгодженості із об'єктивними законами природи. Тому до інтегративних чинників ми відносимо *фундаментальні закони і принципи фізики в нині прийнятих теоретичних схемах*.

Ще одним об'єктивним інтегративним чинником може виступати *методологія наукового пізнання*. Взаємодоповнюваність і взаємозумовленість теоретичного та емпіричного, за допомогою яких сучасна методологія науки позначає гетерогенні системи наукового знання і поєднані типи науково-дослідної діяльності. Їх складна взаємодія обумовлює функціонування тієї чи іншої дисципліни як єдиного цілого, що розривається. На нашу думку, надпредметний рівень взаємодії математичних, теоретичних і експериментальних компетенцій уможливорює їх об'єднання за спільними ключовими ознаками єдиної методології наукового пізнання фізикою.

Культурологічні традиції досліджень фізики і математики суттєво різняться, проте ключові, інтеграційні ознаки такі як *універсальні пізнавальні механізми, культурологічна пам'ять*, та спільні для методології наукового пізнання – *спостереження, аналогія, моделювання, алгоритмізація* і ін. уможливають їх об'єднання. Надпредметний методологічний рівень взаємодії компетенцій безпосередньо і об'єднує усі супідрядні до нього компоненти (мал. 1). На це місце претендує лише один з

них – інтегрований, надпредметний методологічний рівень, який все це і об'єднує: *емпіричний рівень* – спостереження, опис, вимірювання, порівняння експеримент і ін.; *проміжний рівень* – моделювання аналіз, синтез, індукція, дедукція і ін.; *теоретичний рівень* – сходження від абстрактного до конкретного, аксіоматичний, системо-структурний методи і ін.; *мисленнєві операції* – аналіз синтез, порівняння узагальнення, абстрагування, класифікація, систематизація, конкретизація і ін., а також *ключові знакові категорії математики* – математичної мови фізики.

На нашу думку, як зміст так і технологічний компонент методичної системи навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах, мають підпорядковуватись цільовому системоутворювальному, який передбачає цілеспрямоване формування математичної компетентності з фізики – інтегрованої динамічної характеристики особистісних якостей студента, такої як здатність і готовність використовувати у навчальній і професійній діяльності методи математичного моделювання фізичних систем, явищ або процесів у фізичній системі з точки зору фундаментальних законів або принципів фізики у прийнятих теоретичних схемах [5, с. 220].

У курсі математичних методів фізики ми маємо зосередити увагу студентів на усталених методах аналізу математичних моделей фізики, *змісту і методології*: математичної теорії поля; диференціальних або інтегральних рівнянь; теорії множин, лінійної алгебри і ін. і безпосередньо на процесі створення математичної моделі фізичної системи. Остання позиція є безпосередньо пов'язана із реальними об'єктами пізнання фізики – природними явищами і процесами у фізичній системі. Об'єктивними критеріями істинності наслідків математичного моделювання завжди залишається реальний експеримент, якщо вони не підтверджуються, то факт існування такої моделі є сумнівним. Навчальний курс математичних методів фізики не передбачає експериментальної перевірки наслідків математичного моделювання фізичних систем у змісті навчальних завдань курсу, проте враховуючи міждисциплінарні зв'язки із курсом загальної фізики, така можливість не виключена на рівні виконання студентами системи індивідуальних самостійних завдань.

Найочевидніший міждисциплінарний зв'язок між курсом математичних методів фізики утворюється із курсом теоретичної фізики, який є замовником тих математичних засобів, які йому конче необхідні на етапі *теоретичного виведення наслідків з гіпотези*. З цих позицій зміст курсу математичних методів фізики утворює математичну основу курсу теоретичної фізики. Реалізацію такого зв'язку ми вбачаємо у потенціальних можливостях *контекстного щодо фізики навчання* математичних методів фізики. Щоб наповнити контекстним змістом фізики завдання з курсу математичних методів фізики доцільно враховувати підготовку студентів з курсу загальної фізики. Найбільш придатними є розділи: класична механіка, молекулярна фізики і класична електродинаміка, які досить вдало доповнюють прикладним змістом математичну теорію поля і теорію диференціальних рівнянь у частинних похідних. Некласичні розділи фізики не можуть бути контекстно спрямованими, оскільки існують серйозні перепони наступності їх змісту в узгодженості із теорією операторів та теорією груп. Отже, курс математичних методів фізики за своєю теоретико-методологічною основою виявляється зінтегрованим із курсом теоретичної фізики і утворює із ним стійкі міждисциплінарні зв'язки, тому формування у студентів *математичної компетентності з фізики* є основою для формування і розвитку *теоретичної компетентності з фізики*.

У процесі вивчення теоретичної фізики в студентів формуються *предметні теоретичні компетенції з фізики*, які визначає предметна галузь теоретичної фізики. Разом з тим, слід враховувати, що предметні компетенції з фізики на *методологічному рівні* мають відображати й два взаємодоповнювальні і взаємозумовлені компоненти: *теоретичну і експериментальну складові*, кожна з яких відображає зміст двох різних навчальних курсів: *теоретична* – теоретичної фізики, а *експериментальна* – загальної фізики. Проте, на рівні *теоретичної основи курсу теоретичної фізики покладається саме на курс математичних методів фізики*. І мова тут йде не лише про формування здатності і готовності студента застосовувати в навчальній або професійній діяльності загальноприйнятю математичної термінології і культури виконання математичного дослідження, але й узагальненого уявлення про прогностичні, уніфікаційні та інші вагомні для фізики властивості математичного моделювання.

Однією із головних ознак математичного моделювання є її уніфікація і інформаційна ємність, зумовлена тим, що в їх основу покладені закони природи, пов'язані із симетріями простору і часу [3]. Переважна більшість навчальних задач з фізики зводиться до виконання математичних дій над скалярними і векторними фізичними полями, а також на складання і розв'язування відповідних диференціальних рівнянь.

З позицій прикладної спрямованості математичних методів фізики слід відзначити, що диференціальні рівняння математичної фізики є універсальними настільки, наскільки універсальною є математична модель об'єкта дослідження. Основним *джерелом оновлення змісту математичної фізики є моделі теоретичної фізики*. Остання на предметному рівні фізики за методологічною ознакою об'єднує теоретичну і емпіричну методології наукового пізнання.

Висновки. Пошук шляхів формування та розвитку математичної компетентності з фізики в методичній системі навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах потребує всебічного дослідження факторів, що впливають на освітній процес в цілому та на окремі елементи навчально-виховного процесу з фізики. Установлено, що на надпредметному методологічному рівні взаємодії математичних, теоретичних і експериментальних компетенцій з фізики утворюється стійкий інтегрований зв'язок, який має бути відображений у процесі навчання математичних методів фізики, утворюючи стійкий спонукальний мотив до цілеспрямованого формування математичної компетентності

з фізики, через залучення в процесі навчання: універсальних пізнавальних механізмів, культурологічної пам'яті та спільних для методології наукового пізнання – спостереження, аналогії, моделювання, алгоритмізації і інше, мисленневих операцій, ключових знакових категорії математики, фундаментальних законів і принципів фізики у нині прийнятих теоретичних схемах тощо.

Перспективи подальшого розвитку. Не зважаючи на те, що на сьогодні в педагогічних університетах України накопичено значний досвід і фактичний матеріал з визначення змістової та процесуальної складових фізико-математичних дисциплін, існуючі методичні системи навчання фізики не забезпечують у повній мірі системності знань, розвитку теоретичного та критичного мислення студентів, потребують формування умінь працювати в науково-орієнтованих середовищах, що є перспективним напрямком подальших досліджень.

Використані джерела

1. Гончаренко С.У. Принцип фундаменталізації освіти / С.У.Гончаренко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2004. – Вип. 55. – С. 3-8. – (КДПУ ім. В. Винниченка).
2. Ляшенко О.І. Взаємозв'язок теоретичного та емпіричного у навчанні фізики : дис. ... доктора пед. наук : 13.00.04 – професійна підготовка; 13.00.02 – методика навчання фізики / Ляшенко Олександр Іванович. – К., 1996. – 442 с.
3. Подопригора Н.В. Закони збереження у квантовій механіці та їх зв'язок з властивостями симетрії простору-часу / Н.В. Подопригора // Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти. – 2011. – Вип. 1. – С. 80-84. – (КДПУ ім. В.Винниченка).
4. Подопригора Н.В. Математичні методи фізики як інтегративний чинник міждисциплінарних зв'язків у професійній науково-предметній підготовці майбутніх учителів фізики / Н.В. Подопригора // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки. – 2014. – Вип. 3. – С. 235-242.
5. Подопригора Н.В. Фундаменталізація змісту навчання математичних методів фізики в педагогічних університетах / Н.В. Подопригора // Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки. – 2015. – Вип. 1. – С. 216-223.
6. Шестакова Л.А. Теоретические основания междисциплинарной интеграции в образовательном процессе вузов / Л.А. Шестакова // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 3 : Педагогика. Психология. Образовательные ресурсы и технологии. – 2013. – Вып. 1 (2) : Методология и теория педагогики и психологии. – С. 47-52.

Podoprygora N.

CORRELATION OF METHODOLOGICAL SUPERSUBJECT AND SUBJECT JURISDICTIONS OF MATHEMATICS AND PHYSICS

The article deals with the problem of feasibility of interdisciplinary approach in the teaching-learning process of Physics based on mathematic modeling, particularly in training future teachers of Physics for them to know Mathematic Methods of Physics at Pedagogical University. As part of our research under the interdisciplinary integration we understand interpenetration of content of different disciplines and the creation of united educational potential with the help of using traditional and innovate pedagogical methods, means and the forms of organization of Physics at Pedagogical Universities. Interdisciplinary connections are significant factors of forming and holding in general the structure of component of methodological training system of Mathematical Methods in Physics at Pedagogical University, in modern terms of scientific integration. Interdisciplinary connection must be able to provide the possibility of deeper learning of physics material. This connection is quite holistic, but there is no clear distinction. The fundamental physic-mathematic training of the physics teacher is a mixture of mathematical and special training in Physics, which is the basis for creating objective (physics) competence according to all levels of its formation. The background of the physics teacher lays the foundation shaping specific methodical knowledge of the future physics teachers in the course of methodology of teaching physics though the content of such subjects as Methods of Mathematical Physics, Theoretical Physics, General Physics, which create the common course of professional training of the students of the Pedagogical University. At the application level of physic-mathematic training of physics teachers this problem is realized at the principals of learning Mathematical Physics in the course of mathematical disciplines, at the Pedagogical University it is the course of Mathematical Methods of Physics. The special training in physics provides applied orientation of learning Physics with the help of solution the various research tasks: experimental ones – in the laboratory non-academic course of General Physics, theoretical ones – in the course of Theoretical Physics.

Key words: *Mathematical Modelling, Theoretical and Empirical Methods of Research, Mathematical Competence in Physics, future teacher of physics.*

Стаття надійшла до редакції: 25.05.2015