

## РЕАЛІЗАЦІЯ ІДЕЇ РОЗВИТКУ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ В ПРАКТИКУМІ З КУРСУ "МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ФІЗИКИ"

*У статті згадується про проблему розвитку критичного мислення студентів-фізиків та конкретні шляхи її вирішення, запропоновані іншими дослідниками. У свою чергу, автори презентують практикум з курсу "Математичний апарат фізики", що включений до навчальних планів бакалаврів фізичного факультету Запорізького національного університету. Завдання у практикумі орієнтовані на навчання першокурсників навичок критичного мислення і набуття ними досвіду самостійної роботи з навчальним матеріалом.*

**Ключові слова:** математичний апарат фізики, міжпредметні зв'язки, критичне мислення, самостійна робота студентів.

На сьогоднішній день не викликає сумнівів як необхідність налагодження в процесі навчання зв'язків між фізикою та математикою, так і сприяння розвитку навичок критичного мислення в студентів. Обидва ці напрямки дидактичних досліджень мають багаторічну історію як в Україні, так і в світі, а докладному розгляду відповідних публікацій можна вже присвячувати окремі наукові роботи. Тому ми дещо звузимо коло пошуку і сконцентруємо увагу на тих публікаціях, де мова йде про конкретні методичні розробки, які викладачі зможуть безпосередньо використовувати в своїй діяльності.

Щодо проблеми математичної підготовки студентів до вивчення фізики, наявність якої констатують викладачі різних країн, то нам вдалося виявити такі підходи до її розв'язання. Один з них – створення спеціальних посібників або додавання в звичайні посібники з фізики окремих розділів, що мають нагадати першокурсникам про певні математичні поняття та формули, які будуть використовуватися у фізиці. Так, автори [5] після проведення дослідження щодо типових ускладнень студентів при вивченні фізики запропонували спеціальний посібник для самостійної роботи, який доступний студентам на сайті Українського інституту інформаційних технологій в освіті. Автори ж навчально-методичного посібника [6], констатували досить слабку підготовку більшості першокурсників з математики та фізики, додали до свого посібника окремий розділ під назвою "Мінімальні відомості з математики, що необхідні для розв'язування задач з курсу механіки".

Інший підхід до розв'язання вказаної проблеми полягає в створенні окремих курсів, що передують вивченню загального курсу фізики. Про реалізацію такого підходу через організацію спеціальних трижневих практичних занять для студентів повідомляється у [9]. Програма цих занять передбачає узгоджене повторення певних тем з математики та фізики і роботу в малих групах над фізичними задачами, що мають спонукати студентів до встановлення зв'язків між цими задачами та відповідними математичними поняттями та методами. Автори зазначають, що успіхи студентів, які відвідували ці заняття (а це 107 студентів упродовж п'яти різних періодів), у вивченні звичайного курсу фізики були значно помітнішими порівняно з іншими студентами.

Ще один підхід до вирішення проблеми полягає в перебудові вже існуючих курсів фізики та математики. Так, у [1] звертається увага на можливість і корисність використання дидактично виважених наборів задач з фізичним змістом під час вивчення математичного аналізу. Автори [11] присвятили свої дослідження виявленню та вивченню підходів, що використовують студенти при застосуванні математики під час розв'язування фізичних задач. Вони отримали біля 150 годин відеозапису процесу дискусій студентів під час виконання ними домашнього завдання і, проаналізувавши ці дані, сформулювали певні рекомендації для викладачів. Питанням того, що треба змінити у викладанні курсу математики для майбутніх інженерів, переймаються і автори [10]. Аналізуючи процес розв'язку експертами реальних інженерних задач, вони намагаються з'ясувати особливості цього процесу.

Тут треба зазначити, що автори [10] розглядають проблему міжпредметних зв'язків з математикою разом із проблемою формування в студентів навичок критичного мислення. У тексті статті вони використовують спеціальний термін: *математично-орієнтоване критичне мислення* (math-oriented critical thinking) і підкреслюють, що навички цього мислення є вкрай важливими для майбутніх інженерів. Автори вже згадуваної нами роботи [9] також вказують (поряд із проблемою застосування математики до розв'язування фізичних задач) на недостатню сформованість у студентів навичок критичного мислення. Отже, актуальність розвитку критичного мислення майбутніх фахівців у галузі фізики не викликає сумнівів.

У Запорізькому національному університеті для вирішення аналогічних проблем був створений спеціальний пропедевтичний курс "Математичний апарат фізики". Його вивчають у першому семестрі

студенти, що навчаються за напрямками підготовки "Фізика" та "Прикладна фізика". Автори статті мають значний досвід у викладанні цього курсу, і неодноразово презентували свої напрацювання з нього на Всеукраїнських та міжнародних конференціях. У статті [2] розглядаються питання математичної адаптації першокурсників фізичного факультету, а також пропонується оновлена програма курсу. У 2011 році вийшов друком збірник завдань з цього курсу [3], основні особливості якого розглянуто у статті [4]. У 2013 році з грифом МОНУ було видано навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів "Математичний апарат фізики для першокурсників" [8]. Кожен розділ цього посібника розпочинається серією "слайдів" із завданнями, що супроводжуються короткими поясненнями. Більш розгорнуті пояснення разом із додатковим навчальним матеріалом і вправами, наведені після "слайдів", є не досить простими. У статті [7] на прикладі однієї з тем курсу презентовано розроблений дидактичний матеріал для організації самостійної роботи першокурсників фізичного факультету університету.

Досвід викладання пропедевтичного курсу "Математичний апарат фізики" довів необхідність продовження роботи над методичним забезпеченням для нього. Цього разу в межах статті буде представлено практикум з розглянутого навчального курсу, спрямований на розвиток критичного мислення та виховання самостійності першокурсників. Зупинимося спочатку коротко на змістовому наповненні курсу.

Курс "Математичний апарат фізики" складається з двох модулів. До навчального матеріалу першого модуля увійшли такі теми: 1) Похідна, її геометричний та фізичний зміст; 2) Первісна та визначений інтеграл; 3) Ряд Маклорена для функції  $y = (1+x)^a$ ; 4) Тригонометричні функції та основні формули тригонометрії; 5) Вектори: базис, скалярний та векторний добутки. Другий модуль охоплює шість тем: 1) Показникові та логарифмічні функції та рівняння з ними; 2) Степеневі функції та рівняння з ними; 3) Обернені тригонометричні функції та рівняння з ними; 4) Геометричні перетворення графіків функцій; 5) Похідні та розвинення у ряд Маклорена деяких елементарних функцій; 6) Звичайні диференціальні рівняння в курсі фізики.

Особливістю змістового наповнення курсу є той факт, що такі важливі математичні поняття як похідна, первісна, визначений інтеграл, ряд Маклорена вивчаються на двох рівнях: спочатку на ознайомчому з використанням дуже обмеженого кола функцій, щоб лише пояснити головну ідею і дати приклади застосування у фізиці, а вже потім, після розгляду властивостей інших елементарних функцій, ці поняття розглядаються ще раз. При цьому природним чином розширюється і коло фізичних прикладів застосування математичного апарату. Важливе місце займає в курсі демонстрація застосування одних і тих самих математичних методів до задач з різних розділів фізики. Найбільш докладно розглянута механіко-електродинамічна аналогія, до якої увага студентів привертається неодноразово.

Фактичний матеріал курсу не дуже далеко виходить за межі шкільної програми. Але підхід до вивчення цього матеріалу, який знайшов своє відображення в практикумі, є суттєво іншим у порівнянні зі шкільними підручниками. Мова йде не лише про ліквідацію значних прогалів у знаннях зі шкільної фізики і математики. Значно більша увага приділена розвитку критичного мислення і набуттю першокурсниками досвіду самостійної роботи з навчальним матеріалом. Такий підхід пояснюється тим, що співвідношення часу, який виділяється на самостійну і аудиторну роботу за університетськими навчальними планами, значно зсунуто в бік самостійної роботи порівняно із середньою школою. Це вимагає від студентів як усвідомленого налаштування на самостійну роботу, так і розвинутих навичок, необхідних для виконання цієї роботи.

Значне скорочення аудиторного навантаження студентів на тлі помітного зниження шкільної підготовки абітурієнтів призвело до того, що більшість теперішніх першокурсників фізичного факультету просто не читають підручників з фізики та математики, що написані для студентів, які були і краще підготовленими, і мали можливість більше часу проводити в аудиторіях з викладачами. Тексти таких підручників виявляються для багатьох сучасних студентів надто складними. Тож перед викладачами, які ведуть заняття з пропедевтичної дисципліни "Математичний апарат фізики", стоїть складне завдання не просто викласти певний фактичний матеріал, а забезпечити перебудову поглядів першокурсників на сам процес навчання.

Завдання в практикумі орієнтують студентів на самостійне одержання не лише фізичних, а й математичних фактів за допомогою критичного мислення. Лейтмотив самостійності знайшов своє відображення навіть у структурі розташування навчальних матеріалів з кожної теми. Одразу після оголошення теми йдуть "слайди" з обов'язковими завданнями. Далі пропонуються відповіді до "слайдів" з цієї теми, а вже потім – завдання для самоперевірки. Відповіді до цих останніх завдань з усіх навчальних тем розміщені разом наприкінці практикуму.

Які завдання увійшли до "слайдів"? *По-перше*, це завдання, які демонструють доцільність введення певних понять, а іноді – дещо незвичний спосіб, у який можна це зробити. *По-друге*, це завдання, які підштовхують до самостійного виведення корисних теорем або формул, які потрібно знати для успішного розв'язування фізичних і математичних задач. До цього ж класу можна віднести завдання на пригадування формул, які частково забулися. *По-третє*, це завдання, які вчать методам самостійної перевірки отриманих результатів. *По-четверте*, це завдання, пов'язані з перекладом інформації, поданої

у вигляді слів і формул, у графічну (образну) форму, або навпаки. Без навичок у такому взаємооберненому перекладі виникають значні труднощі в розумінні навчальних і наукових текстів, не кажучи вже про самостійне розв'язування нестандартних задач. *По-н'яте*, це завдання, які на конкретних прикладах демонструють, як знання з математики допомагають при вивченні фізики.

Щодо обов'язковості завдань зі "слайдів" треба зазначити, що передбачалося, щоб першокурсники в обов'язковому порядку хоча б переглянули ці завдання. У тих, хто отримав гарну спеціалізовану фізико-математичну підготовку в школі, це не забере дуже багато часу. Таким студентам немає сенсу витратити час на виконання тих завдань, стосовно яких вони абсолютно впевнені, що впораються з ними. Можна одразу подивитися, який спосіб пропонують автори практикуму, щоб порівняти з тим, що знайомий ще зі школи. Краще більше часу витратити на ті завдання, які не виглядають такими вже стандартними. Поки що нам не доводилося в своїй педагогічній практиці зустріти такого першокурсника, для якого б абсолютно всі завдання з нашого практикуму були занадто простими.

Що робити із завданнями для самоперевірки? Сподіваємося, що кожен студент, який добре попрацював зі "слайдами", буде здатним, прочитавши умову будь-якого із завдань для самоперевірки, вирішити, чи заслуговує це завдання на його увагу, чи воно занадто просте, щоб на нього витратити час. Після перегляду всіх завдань необхідно визначитися, на яких треба зосередитися і спробувати їх самостійно виконати. Зазначимо, що до завдань для самоперевірки наприкінці практикуму є лише відповіді без додаткових пояснень про те, як до них дійти. Серед завдань для самоперевірки є дуже прості й доволі складні. Поділ за рівнями складності, який зроблений для цих завдань, носить вельми умовний характер. Тому рекомендуємо переглянути завдання всіх рівнів.

Що стосується змісту та структури практикуму – сподіваємося, що наведені коментарі дали змогу скласти уявлення про наповнення та спрямованість курсу "Математичний апарат фізики". Першокурсникам запропоновано такий підхід до вивчення навчального матеріалу, при якому вони практично самостійно зможуть отримувати нові знання в ході виконання певної послідовності завдань, а не в готовому вигляді. У залежності від початкової підготовки кожен студент буде мати можливість обирати той рівень додаткової допомоги, який потрібен саме йому. Для найбільш підготовлених студентів "слайди" з обов'язковими завданнями містять мінімум пояснень, необхідних для їх виконання. Ті студенти, для яких таких пояснень буде замало, зможуть звернутися до більш розгорнутих. Завдання для самоперевірки поділені за рівнями складності. Такий поділ в основному спирається на досвід роботи зі студентами фізичного факультету Запорізького національного університету.

Перспективи подальшої роботи в зазначеному напрямку автори вбачають у продовженні створення методичного забезпечення курсу "Математичний апарат фізики" з тим, щоб врешті-решт кожен студент міг отримати необхідну саме йому дозовану допомогу у вивченні дисципліни. Для цього доведеться продовжити і дослідження труднощів, які виникають у першокурсників при засвоєнні та використанні математичного апарату фізики; і створення бази навчальних та контролюючих матеріалів, з якими студенти можуть працювати самостійно у власному темпі; і розробку індивідуальних завдань з метою урахування індивідуальних особливостей студентів у їхньому навчанні. Орієнтуючись на сьогоденні реалії, можна сміливо стверджувати, що продовжувати роботу необхідно у напрямку створення дистанційного курсу.

## Використані джерела

1. Босовський М.В. Застосування задач фізичного змісту у навчанні математичного аналізу / М.В. Босовський // Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики : збірник наукових праць. Випуск 4 : В 3-х томах. – Кривий Ріг : Видавничий відділ НМетАУ, 2004. – Т.1 : Теорія та методика навчання математики. – 338 с.
2. Кенєва І.П. Математична адаптація першокурсників фізичного факультету / І.П. Кенєва, О.А. Лозовенко, Ю.П. Мінаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського державного університету. Серія педагогічна / [редкол. П.С. Атаманчук (голова, наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет, 2010. – Вип. 16 : Формування професійних компетентностей майбутніх учителів фізико-технологічного профілю в умовах євроінтеграції. – С. 279-285.
3. Кенєва І.П. Математичний апарат фізики : збірник завдань для студентів фізичного факультету / І.П. Кенєва, О.А. Лозовенко, Ю.П. Мінаєв. – Запоріжжя : ЗНУ, 2011. – 77 с.
4. Кенєва І.П. Презентація збірника завдань з курсу "Математичний апарат фізики" для першокурсників фізичного факультету / І.П. Кенєва, О.А. Лозовенко, Ю.П. Мінаєв // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2011. – Вип. 17. – С. 214-217.
5. Матвійчук О.В. Аналіз типових ускладнень студентів при вивченні фізики та засоби для їх усунення / О.В. Матвійчук, С.О. Подласов // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету [Текст]. Вип. 99. – Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка; гол. ред. Носко М.О. – Чернігів : ЧНПУ, 2012. – С. 244-247.

6. Методические указания к решению задач по курсу "Механика" (Учебно-методическое пособие для студентов первого курса физического факультета). Авторы пособия: профессор кафедры теоретической физики Нигматуллин Р.Р., доцент кафедры общей физики Скворцов А.И., ассистент кафедры общей физики Недопекин О.В., Казань, 2012. – 77 с.
7. Мінаєв Ю.П. Виховання критичного мислення студентів-фізиків на міждисциплінарній основі / Ю.П. Мінаєв, О.А. Лозовенко, І.П. Даценко // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна / [редкол.: П.С. Атаманчук (голова наук. ред.) та ін.]. – Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2013. – Випуск 19. – С. 221-223.
8. Мінаєв Ю.П. Математичний апарат фізики для першокурсників : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Ю.П. Мінаєв. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2013. – 200 с.
9. Czarnocha B., Baker W., Dias O., Prabhu V., Flek R. (ed). Creative Enterprise of Teaching-Research, Elements of Methodology and Practice – from Teachers to Teachers. Chapter 4.4. [https://www.researchgate.net/profile/Ross\\_Flek/publication/267336448\\_CHAPTER\\_4.4\\_BRIDGING\\_THEORY\\_AND\\_APPLICATIONS\\_IMPROVING\\_STUDENTS%27\\_MATHEMATICAL\\_PROFICIENCY\\_FOR\\_THE\\_PHYSICAL\\_SCIENCES\\_WITH\\_EMPHASIS\\_ON\\_PHYSICS/links/544d1d3a0cf2bcc9b1d8e6ea.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Ross_Flek/publication/267336448_CHAPTER_4.4_BRIDGING_THEORY_AND_APPLICATIONS_IMPROVING_STUDENTS%27_MATHEMATICAL_PROFICIENCY_FOR_THE_PHYSICAL_SCIENCES_WITH_EMPHASIS_ON_PHYSICS/links/544d1d3a0cf2bcc9b1d8e6ea.pdf?origin=publication_detail)
10. Napisah Muhamad Radzi, Shahrin Mohamad, Mohd Salleh Abu, Fatin Aliah Phang. Are Math-Oriented Critical Thinking Elements in Civil Engineering Workplace Problems Significant?: Insights from Preliminary Data and Analysis // Procedia – Social and Behavioral Sciences, Volume 56, 8 October 2012, Pages 96-107.
11. Thomas J. Bing, Edward F. Redish. Analyzing Problem Solving Using Math in Physics: Epistemological Framing via Warrants // Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res., 5, 020108 – Published 14 December 2009.

*Datsenko I., Lozovenko O., Minaiev Yu.*

#### THE IDEA OF CRITICAL THINKING DEVELOPMENT: REALIZATION IN A WORKBOOK FOR THE COURSE "MATHEMATICAL APPARATUS OF PHYSICS"

*There are no doubts about the importance of providing connections between physics and mathematics curricula as well as the necessity of developing students' critical thinking skills. Both these directions of didactic research have a long-term history but there is still a lack of specific materials for teachers which they would use.*

*"Mathematical apparatus of physics" is an introductory course for students of the Physics Department in Zaporizhzhia National University. The course was offered for the purpose of helping students to understand and learn the minimal amount of mathematical knowledge which is absolutely necessary to know for understanding physics. To develop students' critical thinking skills we have created special didactic materials that contain tasks which require using math and critical thinking for answering questions about physics situations.*

*After first year applying these materials we understood that our students need help in answering for almost all our questions. Therefore we did a next step – wrote the text with ideas and hints for each question and hoped it is enough for successful answering. However the follow year students' results showed that we were wrong – texts with hints helped only a few students.*

*The goal of this article is to present the workbook for a course "Mathematical apparatus of physics" which contains not only tasks, questions and hints but full explanations and tasks for self-control with answers as well. Depending on their schooling students will have an opportunity to choose a level of additional help which suits them exactly.*

**Key words:** *mathematical apparatus of physics, connections between courses, critical thinking, independent students' work.*

*Стаття надійшла до редакції 03.06.2015*