

С. І. Терещук¹, О. С. Мартинюк²¹Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини²Волинський національний університет імені Лесі Українкиe-mail: ¹s.i.tereschuk@udpu.edu.ua, ²Martynyuk.Oleksandr@vnu.edu.ua;ORCID: ¹0000-0002-1084-5838, ²0000-0003-4473-7883**РОЗВИТОК КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФІЗИКИ У ЛІЦЕЇ**

У статті на підставі проведених досліджень, показано, що ефективною моделлю розвитку критичного мислення є така, що відповідає гіпотетико-дедуктивному спрямуванню освітнього процесу: *Проблема – Гіпотези – Раціональна критика – Вибір гіпотези – Раціональна критика нової теорії – Нова проблема*. Емпірично-індуктивна схема має ряд суттєвих недоліків, що особливо загострюються при вивченні відомостей із квантової фізики. Головна проблема – неможливість опори на чуттєвий досвід, коли необхідно формувати наукові поняття, до яких складно підібрати адекватну систему демонстрацій фізичних дослідів, а також складно порівняти із чуттєвим досвідом учнів. У контексті методології навчання слід замінити індуктивно-емпіричний підхід на гіпотетико-дедуктивний. З'ясовано, що це дозволяє значно покращити результати навчання на уроках фізики в 10-11 класах і має наступні переваги з точки зору методики навчання фізики: зміщення акцентів у цілях навчання із засвоєння складних наукових понять на формування в учнів нового типу мислення («мислення вищого порядку»); розвиток в учнів навичок критичного мислення надає їм упевненості у власних силах під час виконання STEM-проектів.

Ключові слова: критичне мислення, технології навчання, квантова фізика, STEM-освіта, гіпотетико-дедуктивна модель.

STEM-освіта покликана здійснити інтеграцію природничих наук (Science), технологій (Technology), технічної творчості (Engineering) і математики (Mathematics) та має на меті зацікавити учнів науковими та інженерними навчальними проектами, виконання яких неможливо без критичного мислення.

Проблемам розвитку критичного мислення в учнівської молоді присвячені праці українських вчених С. Терно [6], Н. Дементієвської, Н.В. Вукоїно [1, 2], С. Тягло [8], О.І. Пометун [3] та багатьох інших.

Серед дослідників критичного мислення немає одностайної думки щодо означення цього феномену. Проте, існують спільні риси, які можна виявити, порівнявши точки зору різних фахівців на досліджувану проблему.

Метью Ліпман (Matthew Lipman) визначав критичне мислення як «вміле відповідальне мислення, що дозволяє людині формулювати надійні вірогідні судження, оскільки воно: а) засновується критеріях, б) є таким, що самокоректується, в) пливе до контексту» [10, с. 19-20]. Він пропонував змінити навчальний процес таким чином, щоб головною метою його було не засвоєння як найбільшої кількості інформації, а осягнення внутрішніх зв'язків досліджуваних об'єктів. Такий підхід лежить в основі рефлексивної парадигми критичної практики. Головна особливість рефлексивної мисленевої діяльності полягає в усвідомленні обмеженості пізнання через його двозначність та невизначеність з точки зору індуктивної процедури, коли збирання емпіричних фактів не здатне відкрити істинних закономірностей та зв'язків між змінними, оскільки усі вони невідомі.

Д. Клустер, визначаючи критичне мислення, виокремлює п'ять його ознак: 1) самостійність мислення; 2) інформація є висхідною частиною критичного мислення, проте не являється його результатом; 3) критичне мислення розпочинається з постановки проблеми у вигляді формулювання запитань; 4) критичне мислення здійснюється шляхом пошуку переконливої аргументації; 5) критичне мислення – соціальне мис-

лення (покращення ідей та суджень під час обміну із іншими учасниками дискусії) [4]. Фахівці з критичного мислення під аргументацією розуміють наявність чотирьох елементів:

1. Твердження (теза, головна ідея).
2. Доведення основної ідеї.
3. Докази (конкретні дані, цифри, уривки з тексту, особистий досвід).
4. Підстава (точка відліку, що дає обґрунтування всієї аргументації) [1, с. 9].

Д. Мошман дійшов висновку, що навчання критичному мисленню має перш за все сформулювати в учнів мета-знання про мислення: знання про знання та контроль власних пізнавальних процесів [11]. Схожі думки висловлюють й інші дослідники (А. Кроуфорд, В. Саул, С. Метьюз, Д. Макинстер [7], П. Пінтріч [12], Д. Халперн [9] та інші).

Д. Халперн підкреслює, що головна суть критичного мислення полягає в тому, що: «...критичне мислення – це використання когнітивних технік або стратегій, які збільшують імовірність отримання бажаного кінцевого результату» [9, с. 24].

Серед дослідників досить часто критичне мислення визначається не лише через когнітивні компоненти, а й через відповідні афективні складові – емоційні, ціннісні та морально-етичні. Так, один з найвідоміших авторитетів та піонерів у галузі критичного мислення Річард Пауль (Richard Paul) визначає критичне мислення як мислення, що має когнітивні та афективні компоненти: «Критичне мислення є дисциплінованим, самокерованим, таким, що демонструє довершеність відповідно до особливих способів або сфери мислення» [13, с. 51]. Критерій дисциплінованості (натренованості) мислення належить до ціннісної складової. Так, саме через підпорядкованість критичного мислення суб'єкту мисленевої діяльності вчений розділяє його на дві форми – слабку та сильну. Якщо критичне мислення підпорядковано інтересам окремого індивідууму або групи та виключає інших людей або групи, то це софістичне критичне мислення

або мислення у слабкому розумінні. Якщо ж критичне мислення «дисципліноване» щодо прийняття до уваги інтересів та цінностей різних людей та груп, то це критичне мислення у сильному розумінні («справедливе критичне мислення») [13].

Український дослідник С. Терно визначає критичне мислення як здатність ставити нові запитання, випрацювати різноманітні аргументи, приймати незалежні та продумані рішення [6, с. 9]. Н.П. Дементівська наголошує, що термін «критичне» припускає оцінювальний компонент: чи вдало вибрані джерела, чи ретельно виконано аналіз інформації, чи правильно зроблені висновки, чи правильне рішення прийнято на підставі проведеного аналізу та висновків [1].

Критичне мислення – самостійне та спрямоване мислення, що використовує когнітивні стратегії з опорою на переконливу аргументацію.

У дидактичному аспекті концепція емпіризму знаходить свій прояв у логіко-психологічних особливостях формування фізичних понять, які спрямовують мислення від чуттєво-конкретного до абстрактно-загального. На цій стадії відбувається відбір і класифікація наукових фактів з наступним утворенням загальних уявлень про певне фізичне явище або клас явищ (процесів) на підставі чуттєвого матеріалу. Цей процес може відбуватися у такій послідовності. Відповідно до логіки емпіричного пізнання дійсності, формування окремих наукових фактів розпочинають з постановки та проведення спостереження або експерименту. Визначають мету дослідження, формулюють проблему згідно поставленої мети та рівня вирішуваної проблеми, обирають адекватний інструментарій. Після отримання емпіричних даних, їх очищають від випадкових та суб'єктивних даних, несуттєвих, другорядних факторів тощо. Тут на повну потужність проявляється раціоналізм у формі логіко-математичної обробки і як результат – отримання емпіричних залежностей. В результаті може утворитися емпіричне поняття як специфічна логічна форма даного рівня пізнання. Воно характеризується більш високим рівнем абстракції, коли поняття не прив'язується в уяві учня до конкретного предмету чи явища або процесу. Завершення стадії емпіричного пізнання відбувається як вербальна дефініція фізичного поняття. Наступний етап – теоретичне узагальнення понятійної форми мислення, причому не за формально-логічними критеріями узагальнення окремих, одиничних властивостей і якостей, а за змістовним, генетичним підґрунтям, яке перетворює знання на абстрактно-теоретичне. Отже, загальна схема пізнавального процесу вкладається у схему: *Дослід – Індуктивне узагальнення – Теоретичне узагальнення – Теорія – Верифікація теорії*.

Значення теоретичного пізнання полягає в тому, що теоретичне осмислення дає значно більше, ніж сукупність емпіричних фактів, які часто розрізнені та подекуди здаються між собою не пов'язаними. Створення теорії можна уявити як побудову цілісної картини явищ або фізичних процесів. Це відбувається як генералізація системи наукових фактів, які інтерпретують в рамках теорії не лише на основі логічних умовиводів, а спираючись на дані дослідів, які творчо, по-новому осмислюються та перегруповуються у струнку і завершену систему наукових фактів, емпіричних понять, і законів. Цей базис теорії набуває

важливого значення в сенсі взаємовідношення теорії та фактів, оскільки теорія «мусить» передбачати нові факти. Звідси випливає ідея верифікації, яка є характерною для філософії неопозитивізму. Верифікацію зазвичай інтерпретують дуально (в сильному і слабкому розумінні): теорія логічно випливає із наукових фактів, які стають основою побудови теоретичних узагальнень, входячи до її емпіричного базису; теорія має підтверджуватися досвідом, фактами, які є результатом застосування теорії для передбачення невідомих фактів або пояснення нових. У циклі наукового пізнання верифікація надалі дозволяє реалізовувати наступні після теоретичного узагальнення фази та функціональні форми знання – науково-технічне застосування (техніко-технологічне знання) та науково-практичне застосування (нові знання та алгоритм діяльності). З іншого боку знання імпліцитно дозволяє своє практичне застосування.

Згідно з ідеями емпіризму (позитивізму) у теорії та методиці навчання фізики превалювала рекомендація циклічності викладу навчального матеріалу, коли процес формування нових знань розпочинався і завершувався експериментом: *експериментальні факти – модель – теоретичне узагальнення – експериментальне підтвердження теоретичних висновків* (В.Г. Разумовський). Вказана структурно-логічна схема викладу навчального матеріалу відповідає схемі *Дослід – Індуктивне узагальнення – Теоретичне узагальнення – Теорія – Верифікація теорії*, та гарантувала засвоєння учнями елементів фізичних теорій. У контексті аналітичної філософії така логіка викладу навчальних відомостей з будови речовини відповідає загальній теорії пізнання, сформованій в традиціях позитивізму і сповна себе виправдала в шкільній практиці. Це пов'язано з тим, що вивчення теорії будови речовини, яка згодом у 10 класі розгортається у МКТ, відповідає класичній фізиці. Вивчення елементів квантової теорії в 11 класі зіштовхується із труднощами, що викликані не лише із неможливістю відтворити більшість дослідів, а й із більш фундаментальною проблемою – майже повною відсутністю наявності. Результатом є формування знання, яке як поліструктурний феномен набуває стану ідеальної категорії, до якої можна лише нескінченно наближуватися у процесі мисленевій, а відтак й пізнавальній діяльності. Вказану проблему розв'язати в рамках традиційних методичних підходів неможливо, оскільки вони спираються на позитивістську концепцію пізнання. Водночас, сучасні дослідження, пов'язані із теорією поля, вивченням елементарних частинок в рамках стандартної моделі та у фізиці високих енергій, змусили вчених поступово підключити новий методологічний інструментарій, що дозволяє сподіватися на подальший розвиток фізики, а в дидактичному аспекті при залученні його в адекватній формі до навчального процесу, вирішити вказану проблему. Для того, аби показати як це можливо, розглянемо альтернативну до позитивістських та неопозитивістських підходів концепцію критичного раціоналізму.

У наведеній вище циклічній моделі експеримент методологічно має на меті спочатку зібрати в єдиний перелік усі експериментальні факти, а на завершальній стадії показати верифікованість теорії і як наслідок – її підтвердження. В учнів складається враження

про другорядність експериментального методу наукового дослідження, який ніби слідує за теоретичними дослідженнями і слугує інструментом для емпіричного накопичення розрізнених фактів, а на завершальній стадії лише для підтвердження справедливості теорії. Принагідно відзначимо, що саме за такої логіки в сенсі верифікації, застосовувався фізичний навчальний експеримент у технології проблемного навчання.

Натомість гіпотетико-дедуктивна модель спрямовує освітній процес у напрямку від проблеми до висунення гіпотези, її раціональної критики (спроби фальсифікації) і, далі, прийняття однієї з альтернативних гіпотез або відхилення усіх та постановки нової проблеми. Якщо ж зрештою певна гіпотеза пройде випробування фальсифікацією і буде тимчасово визнана як така, що найближче відповідає істинній, то процес її фальсифікації не припиняється: при появі нових фактів вчені її переглядають. Постає нова проблема і цикл повториться знову: *Проблема – Гіпотези – Раціональна критика – Вибір гіпотези – Раціональна критика нової теорії – Нова проблема*. Таку схему будемо надалі називати гіпотетико-дедуктивною.

Інтеграція даної моделі в навчальний процес в адекватній формі, відносно дидактичних принципів, вимагає перегляду та докорінної зміни раніше розглядуваної емпірично-індуктивної циклічної схеми пізнавального процесу: *Дослід – Індуктивне узагальнення – Теоретичне узагальнення – Теорія – Верифікація теорії*. Проведений нами порівняльний аналіз цих схем, показує, що концептуально вони відрізняються по-перше, місцем та роллю фізичного експерименту в навчальному процесі; по-друге, наявністю у другій схемі процедури раціональної критики гіпотези (або кількох гіпотез); по-третє, елементом на якому замикається цикл – для першої схеми таким елементом є дослід (демонстраційний або фронтальний експеримент в навчальному процесі), а для другої – проблемна ситуація, яку необхідно вирішити шляхом критичного аналізу гіпотези (гіпотез); по-четверте, методологічно вказані підходи відрізняються превалюванням різних наукових методів пізнання – у першій схемі первинною є індуктивна процедура, а у другій – дедуктивний метод пізнання.

Емпірично-індуктивна схема навчання передбачає збір емпіричних фактів, чуттєвого досвіду учнів, вимірювання фізичних величин тощо для накопичення необхідного емпіричного базису, спираючись на який формулюють гіпотезу. Вказана гіпотеза має враховувати усі спостережувані під час демонстрації явища, характер їх протікання, математичні залежності між величинами, що характеризують ці явища або властивості тіл. Через аналіз сформульованої гіпотези, приходять до фізичної моделі (якщо є можливість), яку необхідно експериментально обґрунтувати (верифікувати в сильному сенсі). Тепер, коли учням пояснили механізм протікання явища на основі модельного підходу, учитель викладає теоретичні положення (через узагальнення), які підтверджують і висунуту гіпотезу, і розглядувану модель. На завершення проводять експеримент, з метою верифікації теорії у слабкому сенсі – передбачення нових явищ або процесів. З огляду методики, емпірично-індуктивний підхід має незаперечні переваги, оскільки формування основ теорії відбувається на відповідному нау-

ковому рівні адекватному до математичної підготовки учнів, також це дозволяє уникати догматичності у викладанні, коли учні на експериментально добутих фактах або на власному чуттєвому досвіді переконуються у справедливості викладеного учителем навчального матеріалу. Проте, емпірично-індуктивна схема має ряд суттєвих недоліків, які особливо загострюються при вивченні відомостей з квантової фізики. Головна проблема, як вже відзначалося вище, – неможливість опори на чуттєвий досвід, коли необхідно формувати наукові поняття, до яких складно підібрати адекватну систему демонстрацій фізичних дослідів, а також складно порівняти із чуттєвим досвідом учнів. Як унаочнити фотон або електрон? Зрозуміло, що методичні знахідки щодо поліпшення цієї ситуації розроблялись (і подекуди успішно), проте кардинально не дали «виграшу» а ні в методичному, а ні в методологічному аспектах.

Для того, щоб розв'язати вказані проблеми викладання відомостей з квантової механіки, які складно унаочнити, слід замінити емпірично-індуктивну схему на гіпотетико-дедуктивну. Остання дозволить змістити акценти з формування складних наукових понять з квантової фізики, на розвиток критичного мислення в учнів. Замість того, щоб підвищувати науковий рівень викладу за рахунок залучення нових наукомістких понять, варто формувати в учнів уміння критично мислити, спираючись на навчальний матеріал, який не переобтяжений складною термінологією та математичним апаратом. Такий стиль викладання передбачає зміщення акцентів у цілях навчання із засвоєння складних наукових понять на формування в учнів нового типу мислення, що передбачає оперування поняттями, які актуальні не лише в контексті останніх наукових досягнень, а й із життям поза школою. Це дозволить, по-перше, успішно формувати змістову компоненту компетентісно орієнтованої методичної системи; по-друге, розвивати в учнів уміння критично мислити, «думати як вчені» та розв'язувати навчальні завдання і задачі, проблемні ситуації, що зустрічаються повсякчас у житті пересічного учня [5]. По-третє, екстенсивне зростання наукового рівня викладу фізичних знань обумовлене саме емпірично-індуктивним підходом, який спирається на індуктивну процедуру накопичення емпіричних фактів, їх підтвердження через фізичний експеримент, призводить до неминучого зростання обсягу навчального матеріалу, який учневі слід засвоїти.

Список використаних джерел:

1. Вукіна Н.В., Дементієвська Н.П. Критичне мислення: як цього навчати : наук.-метод. посібник. Харків: Видавнича група «Основа»: «Тріада+», 2007. 112 с.
2. Дементієвська Н.П. Підготовка вчителів до використання інтерактивних комп'ютерних моделей для навчання учнів через дослідження. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020, Т. 80. № 6. С. 222-242. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/3916>
3. Пометун О.І., Пилипчатіна Л.М., Сущенко І.М., Баранова І.О. Основи критичного мислення : навчальний посібник для учнів старших класів загальноосвітньої школи. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2010. 216 с.

4. Клустер Д. Что такое критическое мышление. *Русский язык*. 2002. № 29. С. 3.
5. Терещук С.І. Теоретико-методичні засади навчання квантової фізики у ліцеї : дис. ... док. наук: 13.00.02 / НПУ імені М.П. Драгоманова. Київ, 2020. 400 с.
6. Терно С. Методика розвитку критичного мислення школярів у процесі навчання історії : посібник для вчителя: Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2012. 70 с.
7. Технології розвитку критичного мислення учнів / А. Кроуфорд, В. Саул, С. Метьюз, Д. Макінстер; наук. ред., передмова О.І. Пометун. Київ: Плеяди, 2006. 220 с.
8. Тягло О.В. Критичне мислення : навчальний посібник: Харків: Вид. група «Основа», 2008. 189 с.
9. Халперн Д. Психологія критичного мислення. Санкт-Петербург, 2000. 512 с.
10. Lipman M. Thinking in education. 2nd ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2003. 188 p.
11. Moshman D. Intellectual Freedom for Intellectual Development. *Liberal Education*. Summer, 2003.
12. Pintrich P.R. The Role of Metacognitive Knowledge in Learning, Teaching, and Assessing. *Theory Into Practice*. 2002. Vol. 41. Issue 4. P. 219–225.
13. Paul R. Critical Thinking: What every Person Needs to Survive in a Rapidly Changing World. Rohnert Park, CA: Center for Critical Thinking and Moral Critique, Sonoma State Univ., 1990.

Serhii Tereshchuk¹, Oleksandr Martyniuk²

¹Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

²Lesya Ukrainka Volyn National University

DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING IN THE STUDY OF PHYSICS IN THE LYCEUM

Based on research, it is shown that an effective model for the development of critical thinking is one that corresponds to the hypothetical-deductive direction of the educational process: *Problem – Hypotheses – Rational criticism – Choice of hypothesis – Rational critique of a new theory – New problem*. The empirical-inductive scheme has a number of significant shortcomings, which are especially acute in the study of information on quantum physics. The main problem is the impossibility of relying on sensory experience, when it is necessary to form scientific concepts, to which it is difficult to find an adequate system of demonstrations of physical experiments, as well as difficult to compare with the sensory experience of students. In the context of the teaching methodology, the inductive-empirical approach should be replaced by a hypothetical-deductive one. It was found that this can significantly improve learning outcomes in physics lessons in grades 10-11 and has the following advantages in terms of methods of teaching physics: shifting the emphasis for learning to learn complex scientific concepts to form in students a new type of thinking (“thinking higher order”); the development of students’ critical thinking skills gives them self-confidence during the implementation of STEM-projects.

Key word: critical thinking, learning technologies, quantum physics, STEM-education, hypothetical-deductive model.

Отримано: 2.10.2021

УДК 371.32+371.315

DOI: 10.32626/2307-4507.2021-27.87-91

Н. А. Хараджян

Криворізький державний педагогічний університет
e-mail: n.a.kharadzjan@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9193-755X

РОЗУМІННЯ STEM-ОСВІТИ ТА STEM-ПРОФЕСІЙ СУСПІЛЬСТВОМ

Сучасний стан розвитку інформаційних технологій призводить до появи нових вимог до фахівців. Ці вимоги пов'язані із розумінням цифрових технологій, розуміння природничо-математичних предметів і розуміння цілісної цифрової картини світу.

Зміни в розумінні необхідності таких фахівців відбувається і на рівні держави. За останні 2 роки створено низку державних нормативних документів. Виділяються кошти на створення STEM-лабораторій, методичних матеріалів, проведення конкурсів тощо.

Перед закладами освіти та науковцями постають питання: коли треба починати впроваджувати STEM? Чи розуміє суспільство, що таке STEM? Які професії відносяться до цього напрямку? Які предмети треба вивчати? Чи задовольняє школа цим вимогам?

В статті наведені результати анкетування розуміння в суспільстві необхідності отриманні STEM-освіти та STEM-професій. Результати показують, що суспільство в цілому розуміє і бачить цю необхідність та вбачає їх перспективність. Проте дуже багато респондентів не отримує повної інформацію, що не дозволяє їм створити цілісну картину.

Ключові слова: STEM-освіта, STEM-професії, опитування, респонденти, інформаційні технології, фахівець, профорієнтація.

Сучасне суспільство та розвиток інформаційних технологій потребує нових фахівців. Фахівців іншого формату. В яких сформовано розуміння цифрових технологій, розуміння важливості об'єднання знань з природничо-математичних дисциплін та інформаційних технологій. Розвиток інформаційних технологій в першу чергу сприяють змінам виробництва, освіти, медицини, ринку праці, засобам спілкування, опрацювання, візуалізації та інтерпретації даних тощо. Саме

тому цифрова трансформація суспільства є пріоритетним напрямом розвитку багатьох країнах. Такі фахівці відносяться до напрямку STEM.

Наразі, в державі є розуміння необхідності розвитку цього напрямку. Створена низка нормативних документів в галузі освіти (Закони України «Про освіту», «Про вищу освіту» [1], Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) на період до 2027 року [2], Концепція реалізації дер-