

УДК 37.016:53

DOI <https://doi.org/10.32782/NSER/2025-1.08>

ЯКІСНІ ЗАДАЧІ ЯК ІНСТРУМЕНТ ФОРМУВАННЯ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ У ПРОЦЕСІ КОМПЕТЕНТНІСНОГО НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

Слюсаренко Микола Анатолійович

кандидат педагогічних наук, доцент,
завідувач кафедри фізики та методики її навчання
Криворізького державного педагогічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0288-5482
Scopus author ID: 16205683900

Боско Наталя Миколаївна

доктор філософії PhD,
асистент кафедри фізики та методики її навчання
Криворізького державного педагогічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2828-1954

Шокол Олександр Сергійович

студент
Криворізького державного педагогічного університету
ORCID ID: 0009-0004-4234-233X

Стаття присвячена дослідженню якісних задач як інструменту формування критичного мислення у процесі компетентнісного навчання фізики.

Проаналізовано роль якісних задач у формуванні предметної компетентності та її компонентів (мотиваційно-ціннісного, когнітивного, діяльнісного та особистісного), а також наслідки їх використання у процесі навчання фізики на розвиток здатності критично мислити. Розглянуто різні методи розв'язання якісних задач, серед яких виділено евристичний, експериментальний, графічний методи, метод знаходження ключових слів та доведення «від супротивного». Для кожного методу наведено приклади якісних задач з фізики, що демонструють їх практичне застосування. Зокрема, евристичний метод розкривається через метод «мозкового штурму» та його етапи (підготовчий, генерація ідей, розвиток та комбінування ідей, оцінки та їх вибору, діяльнісний, підсумковий аналіз). Експериментальний метод, запровадження якого є однією із найважливіших вимог НУШ, ілюструється задачами, які передбачають використання як задач з вибором обладнання так і з фіксованим обладнанням. Графічний метод розглядається на прикладі аналізу графіків залежності вимірюваних величин, отриманих за допомогою віртуальної лабораторії PheT. Метод ключових слів пояснюється на прикладах задач, де важливо виділити ключові аспекти для спрощення аналізу. Метод доведення «від супротивного», супроводжуючись розробленим алгоритмом, демонструється на прикладах задач, які вимагають логічних доведень та спростувань.

Дослідження демонструє, що використання якісних задач у навчанні фізики стимулює розвиток здатності до аналізу та синтезу, сприяє всебічному розгляду проблем, формує вміння ставити правильні питання, здійснювати об'єктивну оцінку результатів та інтерпретувати дані, а також розвиває творче та гнучке мислення. Різноманітні методи розв'язання якісних задач, представлені в статті, надають вчителям фізики практичні інструменти для інтеграції якісних задач у навчальний процес, сприяючи тим самим формуванню критично мислячих та компетентних випускників.

Ключові слова: *задачі, якісні задачі, критичне мислення, навчання фізики, компетентнісне навчання.*

Slusarenko M. A., Bosko N. M., Shokol O. S. Qualitative tasks as a tool for the formation of critical thinking in the process of competence-based learning of physics

This article explores the role of qualitative physics problems as a tool for developing critical thinking skills within the framework of competency-based physics education.

The study analyzes the significance of qualitative problems in shaping subject-specific competence and its key components—motivational-value, cognitive, operational, and personal. It also examines the impact of such problems on students' ability to think critically. Various methods for solving qualitative problems are considered, including heuristic, experimental, and graphical approaches, as well as the keyword identi-

fication method and proof by contradiction. For each method, examples of qualitative physics problems are provided to illustrate their practical application.

The heuristic method is presented through the "brainstorming" technique, detailing its key stages: preparation, idea generation, idea development and combination, evaluation and selection, practical implementation, and final analysis. The experimental method, which is a fundamental requirement of the New Ukrainian School (NUS), is exemplified by tasks involving both free-choice and fixed-equipment experiments. The graphical method is demonstrated through the analysis of measurement-dependent graphs obtained using the PhET virtual laboratory. The keyword identification method is explained through problem examples that highlight the importance of identifying key aspects to simplify analysis. Finally, proof by contradiction is illustrated through a structured algorithm applied to problems requiring logical reasoning and refutations.

The study demonstrates that the use of qualitative problems into physics instruction fosters analytical and synthetic thinking, encourages a comprehensive approach to problem-solving, fosters the ability to ask the right questions, conduct objective result evaluations, and interpret data, while also enhancing creative and flexible thinking.

The diverse problem-solving methods presented in this article provide physics teachers with practical tools for integrating qualitative problems into the learning process, ultimately contributing to the development of critically thinking and competent graduates.

Key words: tasks, qualitative tasks, critical thinking, physics learning, competency-based learning.

Постановка проблеми та її актуальність.

Сучасний випускник – це людина яка підготовлена до рішення складних проблем у мінливому світі, відповідно вона повинна мислити критично, зокрема використовуючи наукові знання, досліджувати, оцінювати інформацію та дані, робити логічні умовиводи, наукові прогнози для вибору курсу і подальших дій. Дане завдання має багато рішень, проте, під час навчання фізики, одним із них є використання якісних задач. Вживаючи даний термін під ним розуміють задачі розв'язання яких не потребує обчислень, а їх розв'язання полягає у побудові логічних умовиводів [13], їх спрямованість на розвиток здатності учнів здійснювати аналіз, порівняння, узагальнення, перевірку умов застосовності та достовірності, дозволяє перетворити якісні задачі на інструмент формування критичного мислення учнів.

Мета статті. Мета публікації: дослідити особливості застосування якісних задач як інструменту формування критичного мислення у процесі компетентнісного навчання фізики. Відповідно, завданнями є: 1) визначити роль якісних задач під час формування предметної компетентності та її компонентів й критичного мислення; 2) проаналізувавши методи рішення якісних задач, виявити їх вплив на процес розвитку здатності мислити критично.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасний етап розвідки даного питання пов'язаний із дослідженням методичних засад використання якісних задач, серед закордонних дослідників останніх років можна виділити роботи Т. Аріані, Р. Бхаскар, Т. Гок, Д. Л. Доктор, П. Міхва, А. Нігам, Н. Е. Стренд. Для сучасних українських дослідників характерним є дослідження ролі якісних задач в процесі компетентнісного навчання (М. Головка, Д. Засекін, І. Крячко, Ю. Мельник, В. Сипій), зокрема розглянуто їх особливості, розроблені класифікації якісних задач за

їхньою дидактичною метою, за рівнем складності, за предметним змістом, а також досліджено їхню структуру та вплив на формування предметних і ключових компетентностей учнів, проте подальшого вивчення потребують механізми впливу якісних задач на конкретні когнітивні процеси, що лежать в основі критичного мислення, такі як аналіз, синтез, оцінювання та інтерпретація інформації.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Добре відомо, що фізика, як фундаментальна природнича наука, має потужний потенціал для реалізації ідей Нової української школи. З цієї точки зору, якісні задачі розглядаються засіб формування предметної компетентності та її компонентів (мотиваційно-ціннісного, когнітивного, діяльнісного та особистісного) [13].

Як відомо, мотиваційно-ціннісний компонент предметної компетентності охоплює навчально-пізнавальні потреби, інтереси та цінності, а використання якісних задач сприяє формуванню здатності аналізувати різноманітну інформацію, оцінювати її достовірність та об'єктивність, формуючи власні переконання та цінності, які виступають одним із критеріїв достовірності та є показником рівня сформованості критичного мислення.

Формування когнітивного компоненту предметної компетентності передбачає розвиток уявлення учнів про взаємозв'язок між теоретичними знаннями та реальними практико-орієнтованими проблемами, що розв'язуються засобами фізики. Використання якісних задач дозволяє залучити контекст, що пов'язаний із реальним життям здобувачів та їх майбутньою професійною діяльністю, переглядати умови та границі їх використання, що сприяє підвищенню рівня складності, а неоднозначність відповідей під час розв'язання якісних задач – забезпечує готовність розглядати ситуацію із різних точок зору, формуючи відкритість критичного мислення.

Загальновідомо, що згідно концепції НУШ, розвиток діяльнісного компоненту, означає формування уміння застосовувати способи засвоєння знань на практиці, використовувати методи запам'ятовування, концентрації уваги та активізації мислення, послуговуватися ІКТ, уміння навчатися у різних форматах та здатність здійснювати проєктну діяльність, тобто показником сформованості даного компоненту предметної компетентності з фізики є здатність учня включатися у процес розв'язання якісних задач, застосовуючи інструменти наукового пошуку та об'єктивно оцінювати власну діяльність [6].

Розвиток особистісного компоненту предметної компетентності, передбачає організацію діяльності, що орієнтована на застосування власного суб'єктного досвіду здобувачами для розв'язання задач. Використання якісних задач залучає особистість учня в освітній процес, допомагаючи йому розвинути свої сильні сторони та подолати труднощі, засвоїти алгоритми створення логічних умовиводів, вони сприяють формуванню власної думки та позиції, що є частиною здатності критично мислити.

Отже, якісні задачі покликанні стимулювати процес розвитку мотиваційно-ціннісного, когнітивного, діяльнісного та особистісного компонентів предметної компетентності та критичне мислення здобувачів.

Добре відомо, що не існує єдиної класифікації як якісних задач, так і методів їх рішення. Ю. Мельник до головних методів та прийомів розв'язування якісних задач відносить евристичний, експериментальний, графічний, прийом знаходження ключових слів, доведення «від супротивного», прийом «граничних випадків» та інші [14].

Розглянемо їх детальніше.

Нагадаємо, що евристика – це сукупність прийомів дослідження, які базуються на принципах творчості та використовуються для прийняття рішень у ситуаціях, коли завдання є слабко, або повністю неформалізованими [18]. Така невизначеність умов характеризує деякі якісні задачі, що сприяє застосуванню основних прийомів евристики в процесі їх розв'язання, зокрема групові та індивідуальні методи прийняття рішень можуть бути перенесені на процес рішення якісних задач. Попередній аналіз науково-методичних джерел дозволяє висновувати про те, що більшість із них відноситься до методів критичного мислення. До евристичних методів рішення якісних задач відносимо: метод «мозкової атаки» («мозковий штурм»/ брейнстормінг), метод ключових питань, метод вільних асоціацій, метод інверсії, метод (спосіб) особистої аналогії, метод номінальної групи, спосіб синектики, метод 635; очікування натхнення, метод Меттчета та інші [16].

Одним із найпоширеніших евристичних методів рішення задач є метод «мозкового штурму» [4]. Під час групового рішення якісних задач метод «мозкової атаки» дозволяє систематизувати різні точки зору щодо проблематики задачі та прийняти зважене колективне рішення, при цьому педагог набуває ролі фасилітатора, який допомагає групі учнів працювати ефективніше.

За результатами аналізу науково-методичної літератури [8], [2], [1], [9] можемо виокремити наступні етапи використання методу «мозкового штурму»:

I. Підготовчий. На цьому етапі завдання викладача – обговорити мету та встановити правила мозкового штурму (взаємоповага, рівноправність учасників, вільне висловлення думок та інше), а учня – ознайомитись із умовами якісної задачі.

II. Генерація ідей. Завдання викладача під цього етапу – підтримання доброзичливої атмосфери, стежити за дотриманням правил та сприяти генерації ідей та їх фіксації здобувачами.

III. Етап розвитку та комбінування ідей, що супроводжується критичним аналізом напрямів рішення якісної задачі, пошуком можливих комбінацій чи модифікацій. Головною умовою є гнучкість і відкритість мислення учасників освітнього процесу.

IV. Етап оцінки та вибору ідей. На цьому етапі учасники аналізують правдоподібність рішення задачі, перевіряють відповідність фізичним законам. Метою є відібрати найкращі рішення, які мають найбільший потенціал для вирішення задачі.

V. Діяльнісний. Завдання етапу – перетворити ідеї в конкретні кроки рішення якісної задачі та отримати результат.

VI. Підсумковий аналіз, який передбачає аналіз результатів та труднощів допомагає оптимізувати підходи до мозкового штурму та підвищити ефективність під час рішення наступних задач.

Підбираючи задачі, які будуть вирішені методом «мозкового штурму», бажано використовувати якісні задачі, що мають на меті пояснити певні факти, що пов'язанні із їх повсякденним життям, представити певні наукові факти, проілюструвати теорію та стимулювати критичне мислення учнів.

Наведемо приклади таких задач.

Задача 1. Для чого ремені рюкзаків роблять широкими?

Задача 2. Люди, що пропагують духовні практики інколи практикують стояння на дошці Садху, тобто дошці зі цвяхами. У якому випадку вони відчують менший біль: коли цвяхів більше чи менше?

Задача 3. Як балерина може збільшити тиск на підлогу, на якій вона стоїть, удвічі?

Задача 4. Чому тіло, підкинута на Місяці, під час польоту перебуває у стані повної невагомості,

тоді як на Землі невагомість такого тіла є лише наближеною?

Задача 5. Як зміниться вага посудини з рідиною і глибина занурення тіла в рідину, якщо ліфт рухається з прискоренням у таких випадках: а) коли прискорення напрямлене вгору; б) коли прискорення напрямлене вниз?

Отже, такий поетапний підхід сприяє кращій організації процесу рішення якісної задачі, допомагає всім учасникам зосередитися меті та створює умови для виникнення продуктивних ідей.

Добре відомо, що згідно ідеї НУШ одним із найважливіших методів стає експериментальний. Тому застосовування експериментальних методів рішення якісних задач за наявності відповідного технічного або програмного забезпечення стає одним із найважливіших.

Існують різні підходи до розв'язування з якісних задач з фізики експериментальним методом. Вчителі практики надають перевагу двом видам якісних задач такого типу [3]: 1) задачі з вибором обладнання, коли учень обирає з запропонованих педагогом приладів ті, які потрібні для проведення експерименту та визначення певної фізичної величини та її рішення; 2) задачі з фіксованим обладнанням, що вимагають від здобувача використання готового набору прикладів, що є на робочому місці, для виконання конкретного експерименту. У процес навчання фізики переважна більшість викладачів послуговується другим типом якісних задач, оскільки вони мають однозначний розв'язок, дозволяють передбачити наявність необхідних приладів та їх розв'язання неможливе без глибокого теоретичного аналізу суті явища [17].

Наведемо приклади, що демонструють різні аспекти розглядуваного типу задач.

Задача 1. Доведіть, що поверхня столу горизонтальна, перетворивши пластмасову пляшку з водою на інструмент дослідження?

Задача 2. Що легше: утримувати тіло на похилій площині чи тягти його по площині вгору, якщо кут нахилу площини незмінний?

Задача 3. Якщо покласти одну на одну п'ять монет однакової вартості, то користуючись лінійкою можна вийняти нижню монету, не торкаючись чотирьох верхніх. Продемонструйте та поясніть це явище.

Задача 4. Як порізати скло ножицями?

Задача 5. Використовуючи смартфон та ліхтарик доведіть, що у разі віддалення від джерела звуку сила звуку зменшується?

Отже, використання експериментальних методів рішення якісних задач стимулює формування не лише предметної компетентності здобувачів, а й розвиває їх здатність прогнозувати результати власної діяльності, аналізувати дані отримані в процесі проведення експерименту, уни-

кати емоційних штампувань та робити об'єктивні висновки. Це також сприяє розвитку критичного мислення, вмінню працювати з неточними результатами та коригувати власні дії та дії інших, що є важливими навичками для майбутньої професійної діяльності та в повсякденному житті.

Застосування графічних методів рішення задач забезпечує доступне та наочне відображення функціональних зв'язків між величинами, які описують фізичні процеси в природі та техніці. Деякі фізичні закономірності спочатку можуть бути представлені тільки графічно, а вже потім — виражені аналітично (наприклад, робота змінної сили). Під час рішення якісних задач з фізики графічний метод використовується як засіб для ілюстрації, розуміння та осмислення функціональних залежностей між фізичними величинами. Він також допомагає екстраполювати отримані результати, спрощувати окремі розрахунки, активізувати пізнавальну діяльність учнів, узагальнювати та систематизувати знання [12].

Є підстави вважати, що в умовах змішаного та дистанційного навчання, віртуальні лабораторії (PheT, Vascak, Interactive Physics, Virtual Lab) дозволяють розробити якісні задачі, які вирішуються за допомогою графічних методів. Деякі симуляції супроводжуються графіками залежності вимірюваних величин, що дозволяє студентам візуально спостерігати за їх змінами у реальному часі та будувати власні гіпотези. Інтерактивність віртуальних лабораторій дозволяє студентам експериментувати з різними параметрами, аналізувати отримані дані та на основі отриманого досвіду робити висновки, що сприяє глибшому розумінню фізичних явищ.

Так, при вивченні законів збереження енергії можна застосувати можливості лабораторії PheT, що є проєктом університету Колорадо Боулдер, запропонувавши учням наступні якісні задачі використовуючи потенціал її симуляцій.

Задача 1. Проаналізуйте перетворення енергії в процесі коливання пружини (див. рис. 1).

Задача 2. Проаналізуйте перетворення енергії скейтбордиста, який відвідав скейтпарк (див. рис. 2).

Задача 3. Проаналізуйте діаграму моментів імпульсу? Як зміниться імпульс тіл у разі непружного удару (див. рис. 3).

Таким чином, графічний метод не тільки полегшує розв'язання якісних фізичних задач, але й сприяє розвитку в учнів критичного мислення, навчаючи їх аналізувати, оцінювати і перевіряти інформацію, що є необхідним для розуміння фізичних процесів.

Одним із традиційних методів рішення якісних задач є знаходження ключових слів. Він застосовується у тому випадку, коли рішення якісної задачі потребує глибокого розуміння

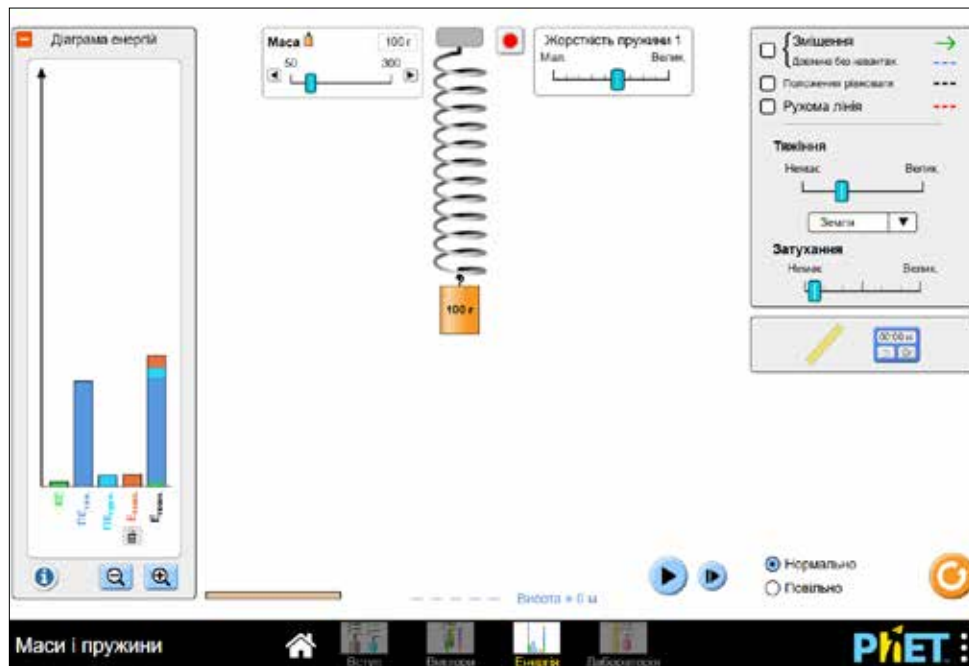


Рис. 1. Симуляція «Маси і пружини» [11]

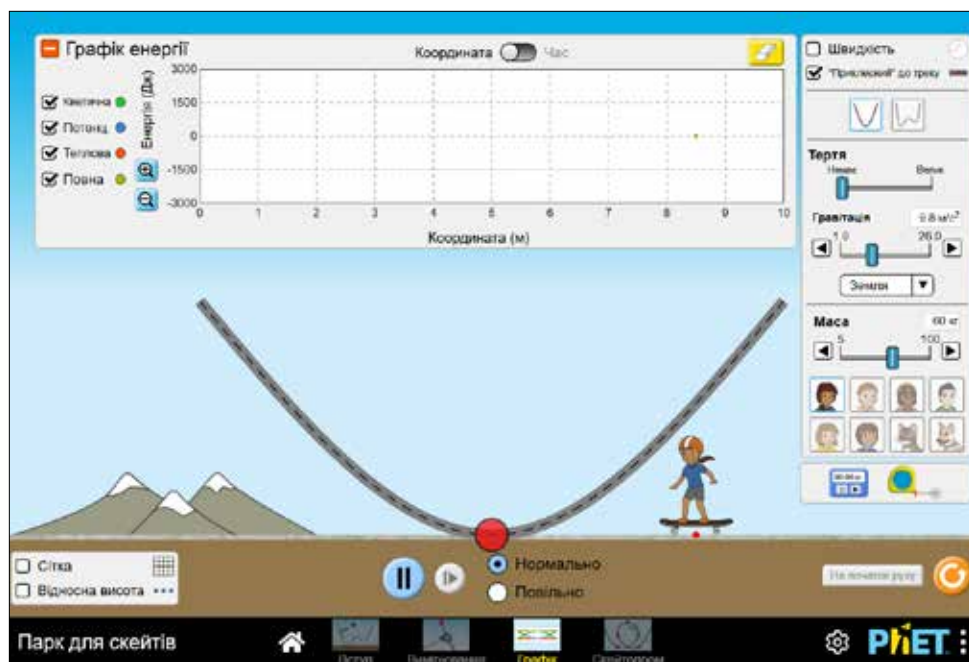


Рис. 2. Симуляція «Парк скейтів» [7]

умов, потребує застосування міждисциплінарних підходів, він дозволяє виділити головні аспекти задачі, сконцентрувати увагу на деталях і спростити процес аналізу та рішення, що передбачає:

1) ознайомлення з умовою задачі, формування загальне уявлення про задачу;

2) виділення слів або фраз (ключових слів), що мають пряме відношення до явища, яке розглядається у якісній задачі;

3) аналіз ключових слів, з'ясування значення кожного із них, згадування законів та формул, які пов'язані із ними;

4) групування ключових слів за смисловими блоками, що покликане визначити доцільність застосування тих чи інших законів, формул;

5) формулювання питань до кожного ключового слова, яке покликане посилити розуміння їх ролі в даній якісній задачі;

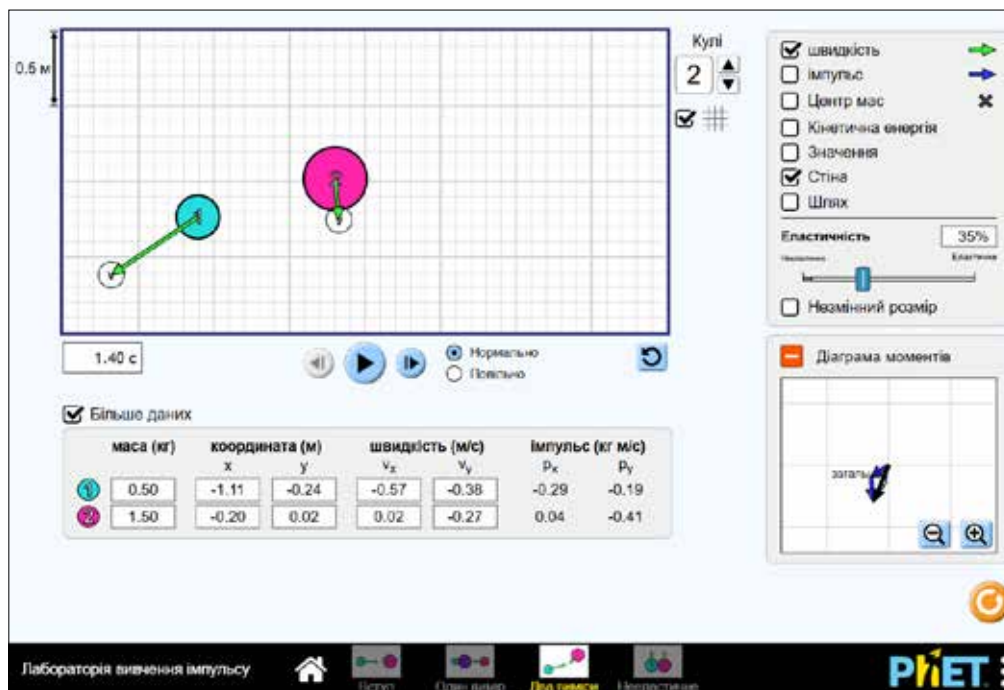


Рис. 3. Симуляція «Лабораторія вивчення імпульсу» [10]

6) вибір підходу та формул для рішення задач, які необхідно застосувати;

7) рішення задачі та перевірка отриманих результатів на відповідність умовам.

Наведемо декілька прикладів таких задач.

Задача 1. Чому коса при швидкому русі перерізає стебло рослин, а при повільному не може цього зробити?

Задача 2. Уявіть собі, що людство створило космічний ліфт – гігантську конструкцію, яка з'єднує поверхню Землі з геостационарною орбітою. Кабіна ліфта піднімається вгору зі сталою швидкістю. Які сили діють на кабінку ліфта під час руху вгору? Як змінюється вага кабінки з висотою?

Задача 3. Звукові хвилі переходять з повітря у воду. Чи змінюється при цьому: швидкість поширення хвилі; частота коливаний; довжина звукової хвилі; висота звуку?

Задача 4. Під час розкриття парашута зростає опір повітря, внаслідок цього парашутист рухається сповільнено. Яка енергія парашутиста при цьому зменшується?

Задача 5. Яку форму енергії отримує сталевая пластинка під час її згинання, якщо для цього виконується робота?

Таким чином, рішення якісних задач методом знаходження ключових слів сприяє розвитку умінь відрізняти першочергове від другорядного, задавати правильні питання, робити узагальнення та систематизувати отримані дані.

Важливим методом рішення задач є доведення «від супротивного», який полягає у тому, щоб

довести правдивість чи хибність твердження якісної задачі, рухаючись від протилежного [19]. Застосування цього методу дозволяє навчити здобувачів застосовувати логічні прийоми, що будують строги доведення, аналізувати припущення і виявляти суперечності.

Загальний алгоритм застосування методу рішення задач «від супротивного» учнями має наступний вигляд:

1) читаємо та обдумаємо твердження, яке необхідне довести;

2) формулюємо припущення, що твердження невірне;

3) обдумаємо, які наслідки матиме такий прояв;

4) показуємо, що отриманні результати суперечать початковим умовам задачі або відомим фізичним законам;

5) робимо висновок, про те, що припущення привело до суперечності та є хибним, а значить правильним є вихідне твердження, яке хотіли довести.

На нашу думку, даний метод рішення якісних задач є доцільним у випадку, якщо доведення складне або вимагає складних обчислень, чи існує необхідність перевірити правильність розуміння фізичного процесу. Однією із важливих проблем його застосування є те, що учні не мислять від зворотного, спочатку вони спробують розв'язати задачу традиційним шляхом, застосувавши інші методи, а тому роль вчителя – зорієнтувати їх, як це роботи і що для цього потрібно, тому для нього на початковому етапі – це складне завданням підвищеного рівня складності.

Розглянемо кілька прикладів таких задач.

Задача 1. Доведіть, що якщо тіло рухається по колу з постійною швидкістю, то його прискорення завжди напрямлене до центру кола.

Задача 2. Доведіть, що тіло, яке рухається рівномірно і прямолінійно, продовжуватиме рухатися до моменту дії на нього іншого тіла.

Задача 3. Доведіть, що сили взаємодії двох тіл завжди рівні за модулем і протилежні за напрямком.

Задача 4. Доведіть, що геометрична сума імпульсів в замкнутій системі тіл залишається незмінною з часом.

Задача 5. Доведіть, що у будь-якого твердого тіла існує єдина точка, яка рухається так, ніби в ній зосереджена вся маса тіла.

Використання методу доведення «від супротивного» для рішення якісних задач стимулює розвиток логічного мислення, навичок аналізу, здатність змінити спосіб мислити та відходити від стереотипних розуміння та представлень. Застосовуючи зазначений метод учні вчать розглядати

альтернативні варіанти, шляхом заперечення невірних припущень.

Висновки. З вище сказаного, використання якісних задач під час навчання фізики стимулює розвиток здатності до аналізу та синтезу, всебічного розгляду проблеми, формує в учнів уміння задавати правильні питання, здійснювати об'єктивну оцінку отриманих результатів та інтерпретувати дані, творчо підходити до вирішення проблеми, розвиває гнучкість мислення, що надважливо в процесі формування критичного мислення учнів. Якісні задачі відігравали і продовжують відігравати ключову роль як важливий методологічний інструмент у компетентнісно-орієнтованому навчанні фізики в контексті Нової української школи, що підкреслює нагальну потребу в подальшій розробці системи якісних задач з фізики для цілеспрямованого формування та всебічного розвитку ключових компетентностей учнів та діагностичного інструментарію для оцінювання рівня сформованості критичного мислення учнів засобами якісних задач.

Література:

1. Brainstorming and fishbone diagram tools for enhancing the student placement in technical education system / Manjunath Patel G C et al. *International journal of research and innovation in social science*. 2024. Vol. VIII, IIIS. P. 1436–1454. Doi: 10.47772/Ijriiss.2024.803101s (date of access: 09.02.2025).
2. Ostapovych N., Ostapovych O., Mazurenko Y. Brainstorming game technologies in the teaching practice of higher education institutions. *Educological discourse*. 2023. Vol. 41, no. 2. Doi:10.28925/2312-5829.2023.210 (date of access: 09.02.2025).
3. Park M. Students' problem-solving strategies in qualitative physics questions in a simulation-based formative assessment. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*. 2020. 2(1). Doi: 10.1186/s43031-019-0019-4
4. Багрій К. Л. «Мозковий штурм» як засіб активізації навчання у вищій школі. Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. Економічні науки. 2018. I–II (69–70). С. 159–163. URL: <http://rps.chtei-knteu.cv.ua:8585/jspui/bitstream/123456789/685/1/25Багрій.pdf>.
5. Владов С., Рудь Ю. Гендерні стереотипи та їх вплив на STEM-освіту: аналіз, виклики та перспективи з погляду нових горизонтів державної безпеки України. *Міжнародна та національна безпека: теоретичні і прикладні аспекти* : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Дніпро, 15 берез. 2024 р. Дніпро, 2024. С. 353–355. URL: <https://dspace.univd.edu.ua/server/api/core/bitstreams/56541272-f1a1-40ca-99b8-72ac8d538062/content>.
6. Войтків Г., Яблонь Л. Формування навчально-предметної компетентності учнів основної школи з фізики засобами STEM-технологій. *Освітні обрії*. 2020. Т. 51, № 2. С. 43–48. Doi: 10.15330/obrii.51.2.43-48 (дата звернення: 11.11.2024).
7. Енергія Скейт парк. *PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations*. URL: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html?locale=uk (дата звернення: 25.11.2024).
8. Козинець І. І., Журавель М. О. Переваги та недоліки «мозкового штурму» під час колективного обговорення проблем. *Bulletin of Alfred Nobel University. Series "Pedagogy and psychology"*. 2016. № 11. С. 240–244. Doi:10.32342/2522-4115-2016-0-11-240-244 (дата звернення: 09.02.2025).
9. Кузьмін В., Хміль О., Воронюк І. Технології мозкового штурму як інструмент для підвищення мотивації до навчання здобувачів вищої освіти. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Педагогіка. Психологія»*. 2023. № 4. С. 64–69. Doi:10.32782/academ-ped.psyh-2023-4.11 (дата звернення: 26.11.2024).
10. Лабораторія вивчення імпульсу. *PhET*. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/collision-lab> (дата звернення: 26.11.2024).
11. Маси і пружини. *PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations*. URL: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_all.html?locale=uk (дата звернення: 25.11.2024).
12. Мельник Ю. Класифікація задач базового курсу фізики. *Проблеми сучасного підручника* : зб. тез Міжнар. науково-практ. інтернет конф., м. Київ, 28–29 трав. 2020 р. Київ, 2020. С. 123–124.

13. Мельник Ю. С., Сіпій В. В. Формування предметної компетентності старшокласників у процесі навчання фізики : метод. посіб. Київ : КОНВІ ПРІНТ, 2018. 136 с. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/712963/1/Посібник%20формування%20предметної%20компетентності%20з%20фізики.pdf>.
14. Мельник Ю. С. Задачі прикладного змісту з фізики у старшій школі : навч.-метод. посіб. Київ : Пед. думка, 2013. 120 с.
15. Новосельський М., Паламарчук В. Якісні задачі з фізики : метод. посіб. Черкаси : Черкас. облас. ін-т післядиплом. освіти пед. працівників Черкас. облради, 2013. 59 с.
16. Петруня Ю. Є., Літовченко Б. В., Пасічник Т. О. Прийняття управлінських рішень : навч. посіб. / ред. Ю. Є. Петруня. Дніпропетровськ : Ун-т мит. справи та фінансів, 2015. 209 с. URL: <https://kpdi.edu.ua/biblioteka/П/Прийняття%20управлінських%20рішень%20Петруня%20Ю.Є..pdf>.
17. Пометило С. Особливості використання експериментальних задач на сучасному уроці фізики. *Формування самостійної пізнавальної діяльності учнів та студентів при вивченні фізико-математичних дисциплін* : матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., м. Луцьк, 7–12 квіт. 2014 р. Луцьк, 2014. С. 49–52. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/4076/1/Poletylo%20S.%20A..pdf>.
18. Теорії прийняття рішень : курс лекцій для студентів ден./заоч. форми навчання спец. 053 «Психологія», ступінь «Маг / уклад. О. Юрков. Мукачєво : МДУ, 2016. 135 с.
19. Чорнобай О. Доведення (доказ) і спростування як види аргументації. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія : Юридичні науки*. 2016. № 855. С. 264–273.
20. Шокол О. Формування критичного мислення учнів у процесі розв'язування якісних задач із фізики : магістерська робота. Кривий Ріг, 2024. 71 с. URL: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/11115>.

References:

1. G C, Manjunath Patel, Thomas, L., Rehaman, M., & R, Praveena. (2024). Brainstorming and fishbone diagram tools for enhancing the student placement in technical education system. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, VIII(IIIS), 1436–1454. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2024.803101s>
2. Ostapovych, N., Ostapovych, O., & Mazurenko, Y. (2023). Brainstorming game technologies in the teaching practice of higher education institutions. *Educological Discourse*, 41(2). <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2023.210>
3. Park, M. (2020). Students' problem-solving strategies in qualitative physics questions in a simulation-based formative assessment. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0019-4>
4. Bahrrii, K. L. (2018). «Mozkovyi shturm» yak zasib aktyvizatsii navchannia u vyshchii shkoli [Brainstorming as a means of enhancing learning in higher education]. *Visnyk Chernivetskoho torhovelno-ekonomichnoho instytutu. Ekonomichni nauky – Chernivtsi Trade and Economics Institute Bulletin. Economic Sciences*, (I-II (69-70)), 159–163. Retrieved from: <http://rps.chtei-knteu.cv.ua:8585/jspui/bitstream/123456789/685/1/25Bahrii.pdf> [in Ukrainian].
5. Vladov, S., & Rud, Yu. (2024). Henderni stereotypy ta yikh vplyv na STEM-osvitu: analiz, vyklyky ta perspektyvy z pohliadu novykh horyzontiv derzhavnoi bezpeky Ukrainy [Gender stereotypes and their impact on STEM education: analysis, challenges, and prospects in the context of Ukraine's new state security horizons]. *Mizhnarodna ta natsionalna bezpeka: teoretychni i prykladni aspekty – International and National Security: Theoretical and Applied Aspects*, materials of the 8th International Scientific and Practical Conference (Dnipro, March 15, 2024) (pp. 353–355). Dnipro. Retrieved from <https://dspace.univd.edu.ua/server/api/core/bitstreams/56541272-f1a1-40ca-99b8-72ac8d538062/content> [in Ukrainian].
6. Voitkiv, H., & Yablon, L. (2020). Formuvannia navchalno-predmetnoi kompetentnosti uchniv osnovnoi shkoly z fizyky zasobamy stem-tekhnologii [Formation of educational and subject competence of primary school students in physics by means of stem technologies]. *Osvitni obrii – Educational horizons*, 51(2), 43–48. <https://doi.org/10.15330/obrii.51.2.43-48> [in Ukrainian].
7. Enerhiia Skeit park [Energy. Skate park]. (n.d.). PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations. Retrieved from: https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_all.html?locale=uk
8. Kozynets, I. I., & Zhuravel, M. O. (2016). Perevahy ta nedoliky «mozkovoho shturmu» pid chas kolektyvnoho obhovorennia problem. *Bulletin of Alfred Nobel University. Series "Pedagogy and Psychology"*, (11), 240–244. <https://doi.org/10.32342/2522-4115-2016-0-11-240-244>
9. Kuzmin, V., Khmil, O., & Voroniuk, I. (2023). Tekhnologii mozkovoho shturmu yak instrument dlia pidvyshchennia motyvatsii do navchannia zdobuvachiv vyshchoi osvity [Brainstorming Technologies as a Tool to Increase Learning Motivation of Higher Education Students.]. *Naukovyi visnyk Vinnytskoi akademii bezperervnoi osvity. Seriiia «Pedagogika. Psykholohiia» – Scientific Bulletin of the Vinnytsia Academy of Continuing Education. Series "Pedagogy. Psychology"*, (4), 64–69. <https://doi.org/10.32782/academ-ped.psyh-2023-4.11> [in Ukrainian].
10. Laboratorii vyvchennia impulsy – Laboratory for the study of impulse. (n.d.). PhET. Retrieved from: <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/collision-lab> [in Ukrainian].
11. Masy i pruzhyny – Masses and springs. (n.d.). PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations. Retrieved from: https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_all.html?locale=uk

-
12. Melnyk, Yu. (2020a). Klasyfikatsiia zadach bazovoho kursu fizyky [Classification of problems of the basic course of physics]. *Problemy suchasnoho pidruchnyka – Problems of the modern textbook* (pp. 123–124). Pedahohichna dumka. [in Ukrainian].
 13. Melnyk, Yu. S., & Sipii, V. V. (2018). Formuvannia predmetnoi kompetentnosti starshoklasnykiv u protsesi navchannia fizyky [Formation of subject competence of high school students in the process of learning physics]: A methodological guide. Kyiv: KONVI PRINT. Retrieved from <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/712963/1/Посібник%20формування%20предметної%20компетентності%20з%20фізики.pdf> [in Ukrainian].
 14. Melnyk, Yu. S. (2013). Zadachi prykladnoho zmistu z fizyky u starshii shkoli [Assignments of the primary physics test at the senior school.]. *Pedahohichna dumka – Pedagogical thought*. [in Ukrainian].
 15. Novoselskyi, M., & Palamarchuk, V. (2013). Yakisni zadachi z fizyky [High-quality physics problems]. *Cherkaskyi oblasnyi instytut pisliadyplomnoi osvity pedahohichnykh pratsivnykiv Cherkaskoi oblasnoi rady – Cherkasy Regional Institute for Postgraduate Education of Teachers of the Cherkasy Regional Council*.
 16. Petrunia, Yu. Ye., Litovchenko, B. V., & Pasichnyk, T. O. (2015). Pryiniattia upravlinskykh rishen [Management decision-making] (Yu. Ye. Petrunia, Ed.). *Universytet mytnoi spravy ta finansiv – University of Customs and Finance*. Retrieved from: <https://kpdi.edu.ua/biblioteka/П/Пryiniattia%20upravlinskykh%20rishen%20Petrunia%20Yu.Є.pdf> [in Ukrainian].
 17. Pometylo, S. (2014). Osoblyvosti vykorystannia eksperymentalnykh zadach na suchasnomu urotsi fizyky [Peculiarities of using experimental tasks in a modern physics lesson]. *Formuvannia samostiinoi piznavalnoi diialnosti uchniv ta studentiv pry vyvchenni fizyko-matematychnykh dysyplin – Formation of independent cognitive activity of pupils and students in the study of physical and mathematical disciplines* (pp. 49–52). Vezha-Druk. Retrieved from: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/4076/1/Poletylo%20S.%20A..pdf> [in Ukrainian].
 18. Yurkov, O. (Ed.) (2016). Teorii pryiniattia rishen [Theories of decision-making]. MDU- MDU.
 19. Chornobai, O. (2016). Dovedennia (dokaz) i sprostuvannia yak vydy arhumenatsii [Proof and refutation as types of argumentation]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politehnika". Seriya : Yurydychni nauky – Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Legal Sciences.*, (855), 264–273.
 20. Shokol, O. (2024). *Formuvannia krytychnoho myslennia uchniv u protsesi rozv'iazuvannia yakisnykh zadach iz fizyky [Formation of students' critical thinking in the process of solving high-quality physics problems]* [Mahisterska robota, Kryvorizkyi derzhavnyi pedahohichnyi universytet – Master's thesis, Kryvyi Rih State Pedagogical University]. elibrary.kdpu.edu.ua. Retrieved from: <http://elibrary.kdpu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/11115>
-