

ПІДХОДИ У ВИКОРИСТАННІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАДАЧ НА УРОКАХ ФІЗИКИ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Установлено, що вчителі фізики закладів загальної середньої освіти стикаються з низкою труднощів, пов'язаних із використанням у навчанні експериментальних задач. Учителі потребують нових методичних підходів, які б сприяли успішному використанню експериментальних задач для формування узагальненого експериментального вміння. Запропоновано сім методичних підходів до використання експериментальних задач для навчання учнів у базовій школі. Підтверджено, що запропонувати вчителям фізики єдиний рецепт використання експериментальних задач у практиці навчання неможливо. Важливо запропонувати низку підходів, щоб учитель міг вільно обрати для навчання той, який найбільшою мірою забезпечить формування предметних компетентностей учнів.

Ключові слова: навчання фізики в базовій школі, сценарії використання експериментальних задач, узагальнююче експериментальне вміння.

Постановка проблеми. Фізика, як наука, сформувалась у результаті поєднання (взаємопроникнення, синтезу) теорії та експериментальних надбань. Оскільки курс фізики закладів загальної середньої освіти є відображенням науки «фізика» (на основі принципу науковості, що лежить в основі відбору навчального матеріалу), то навчання фізики немислиме без використання навчального фізичного експерименту.

Формування в учнів закладів загальної середньої освіти необхідних практичних умінь, дослідницьких навичок та особистого досвіду експериментальної діяльності здійснюється через навчальний фізичний експеримент, який є складовою методичної системи навчання фізики (*Програма...*, 2017, с. 13). Окрім демонстраційних і фронтальних експериментів, лабораторних робіт, короточасних дослідів, фізичного практикуму, навчальних проєктів, позаурочних дослідів та спостережень, навчальний фізичний експеримент реалізується у процесі розв'язування експериментальних задач.

Експериментальні задачі це такі, дані для отримання розв'язку яких беруться з експерименту.

Використання всіх перелічених форм навчального фізичного експерименту забезпечує формування в учнів узагальненого експериментального вміння, завдання, поставленого державою перед навчанням фізики в закладах загальної середньої освіти.

Аналіз актуальних досліджень. Потреба у використанні експериментальних задач під час навчання учнів фізики доведена

багаторічною практикою. На неї звертали увагу вітчизняні та зарубіжні науковці, серед яких: О.І. Бугайов, Ю.М. Галатюк, С.У. Гончаренко, О.Ф. Іваненко, Є.В. Коршак, Л.О. Кулик, В.Г. Разумовський, А.В. Рибалко, В.Ф. Савченко, В.Д. Сиротюк, В.І. Тищук та багато інших. Останні дослідження і публікації дають підставу стверджувати, що важливість використання експериментальних задач у навчанні фізики посилюється. Разом із тим, практичним підходам до використання цього типу задач на сучасному уроці фізики приділяється недостатня увага. Більшість пропонованих науковцями та вчителями-практиками підходів носить епізодичний характер, хоча вони логічні, випробувані в процесі навчання. Вбачається можливість розв'язання експериментальних задач на уроках фізики різних типів; в основі їх використання – оволодіння вміннями проводити експерименти і користуватися приладами; допускається можливість розв'язування експериментальних задач із допомогою персональних комп'ютерів (Чорнобай, 2015, с.165-170). Застарілість матеріальної бази є однією з причин того, що використовується онлайн-курс «Розв'язування експериментальних задач з фізики» і досягнуто вагомих результатів (Стеценко, 2021), або можливі інтерактивні графічно-цифрові онлайн засоби (Доценко, 2020). Позитивно оцінюючи згаданий досвід, вважаємо, що у використанні онлайн розв'язування експериментальних задач було би доцільним дотримуватися поглядів інших науковців, які допускають згадане для тих тем курсу фізики, у яких розглядають явища мікросвіту та швидкоплинні процеси (Садовий, Руденко, 2015, с. 122-126).

Вважаємо, що підходи до використання експериментальних задач на уроці фізики в базовій школі ще недостатньо розроблені й потребують пошуку.

Хоча, за необхідності й виходячи з наявних умов навчально-методичного забезпечення, учитель має право самостійно змінювати обсяг годин, відведених програмою на вивчення окремого розділу (*Програма...*, 2017, с. 12), використання експериментальних задач у практиці сучасного уроку зустрічає чимало труднощів і потребує спеціальних підходів. Бесіди з учителями фізики Волинської області, онлайн-семінари, зустрічі з науковцями та вчителями-практиками на міжнародних наукових конференціях показали, що логічно постають запитання: «Де взяти час на їх розв'язування?», «Яке співвідношення між кількісними, якісними та експериментальними задачами?», «Які експериментальні задачі підібрати на урок, щоб вистачало обладнання?», «Яка форма уроку фізики є

оптимальною для розв'язування такого типу задач?», «На якому етапі уроку їх розв'язувати?», «Як мотивувати учнів на самостійне розв'язування задач такого типу?» тощо.

Мета статті. Запропонувати підходи, які б дали змогу перебороти труднощі, що зустрічаються у процесі підготовки вчителя до розв'язування експериментальних задач із фізики в базовій школі.

Методи дослідження. У процесі дослідження використовувалися такі методи. 1. Опитування вчителів фізики: установлено труднощі, з якими вони зустрічаються в процесі використання експериментальних задач для формування узагальненого експериментального вміння. 2. Аналіз досвіду вітчизняних та зарубіжних науковців використання експериментальних задач у навчанні фізики: недостатня увага приділяється практичним підходам до використання експериментальних задач. 3. Педагогічне спостереження за використанням експериментальних задач у практиці сучасного уроку: показало хаотичність у використанні задач цього типу вчителями закладів загальної середньої освіти. 4. Системний підхід: показав дієвість використання запропонованих семи підходів для вільного добору вчителями експериментальних задач у навчанні фізики. 5. Експертних оцінок: доведено ефективність семи запропонованих практичних підходів до використання експериментальних задач; порівнювалися думки експертної групи (у яку залучалися науковці та вчителі, які досягнули вагомих результатів на обласних та всеукраїнських олімпіадах) та групи вчителів, які апробували пропоновані підходи в практиці навчання фізики. 6. Анкетування учнів: підтверджено зростання інтересу учнів до фізики за рахунок урізноманітнення технологій використання експериментальних задач у практиці навчання.

Виклад основного матеріалу. Експериментальні задачі – це такі, дані для отримання розв'язку яких беруться з експерименту.

Практично до кожної теми курсу фізики базової школи можна підібрати одну або серію експериментальних задач. Експериментальні задачі з фізики можна умовно поділити на два види. Перший вид: *експериментальні задачі, розв'язання яких потребує знань однієї програмної теми*. Прикладами можуть бути наступні.

Задача. Встановити метал, з якого виготовлене тіло.

Обладнання: мензурка з водою, нитка, терези з набором важків, підручник.

Розв'язок. Якщо відома густина металу, то за таблицею густин легко встановити, про який метал йдеться. Густина металу знаходять, виходячи з формули густини:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

Масу m тіла шукають зважуванням, а його об'єм V – за допомогою мензурки.

Задача. Порівняти шлях між містом Луцьк та містом Київ із переміщенням між цими містами.

Обладнання: курвіметр; лінійка; мапа України; транспортир.

Розв'язок. Шлях від міста Луцьк до міста Київ S_0 визначають за допомогою курвіметра (число поділок переводять у сантиметри і враховують масштаб). Переміщення характеризується модулем S та напрямком (або кутом нахилу α до горизонтальної осі). Обирають систему координат із початком відліку в місті Луцьк. Осі спрямовують вздовж довжини мапи (X) та ширини мапи (Y). За теоремою Піфагора знаходять модуль переміщення:

$$S = \sqrt{X^2 + Y^2}.$$

Порівнюють величини S_0 та S . Напрямок переміщення подають за допомогою кута нахилу α до горизонту, який вимірюють за допомогою транспортира.

Задача. Дві кулі різної маси закріплені на кінцях тонкого стержня. Стержень підвісили за допомогою нитки на штативі так, щоб стержень перебував у горизонтальній площині, і примусили його обертатися. Порівняти періоди та швидкості обертання куль.

Обладнання: дві кулі різної маси з отворами; металевий стержень; нитка; штатив; лінійка; секундомір.

Розв'язок. Визначають час t , за який стержень зробить N обертів. Періоди обертання визначають так:

$$T_1 = \frac{t}{N},$$

$$T_2 = \frac{t}{N}.$$

Роблять висновок про однаковість періодів обертання обох куль.

Кожна з куль рухається по колу, тому їх швидкості шукають так:

$$v_1 = \frac{2\pi r_1}{t},$$

$$v_2 = \frac{2\pi r_2}{t},$$

де r_1, r_2 – радіуси обертання меншої та більшої куль, відповідно (кулі вважають матеріальними точками), які вимірюють лінійкою від точки підвісу до центра кожної з куль. Ділять вирази швидкостей і отримують:

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{r_2}{r_1}.$$

Помічають: швидкість обертання більшої кулі менша від швидкості обертання меншої кулі в стільки разів, у скільки радіус більшої кулі менший від радіуса меншої кулі.

Другий вид: *експериментальні задачі, розв'язання яких ґрунтується на декількох програмних темах.* Прикладами можуть слугувати такі.

Задача. Визначити густину дерев'яного однорідного стержня.

Обладнання: мензурка з водою; однорідний дерев'яний стержень; лінійка.

Розв'язок. Опускають стержень у мензурку. Записують умову плавання стержня:

$$mg = \rho g V,$$

або:

$$\rho_1 S H g = \rho g S h,$$

де ρ_1, ρ – густини стержня і води, відповідно; H – висота стержня; h – глибина занурення стержня у воду. З останнього виразу знаходять:

$$\rho_1 = \rho \frac{h}{H}.$$

Задача. Визначити середню швидкість руху підвішеної на нитці кульки, яка обертається в горизонтальній площині.

Обладнання: стальна кулька; нитка; лінійка; секундомір.

Розв'язок. Стальну кульку з'єднують з ниткою і обертають у горизонтальній площині. Секундоміром фіксують час t , протягом якого кулька зробить N обертів. Пройдений кулькою шлях за N обертів буде:

$$S = 2\pi r N,$$

де r – радіус кола обертання, який шукають так:

$$r = \ell + \frac{d}{2}.$$

У цьому виразі ℓ і d – довжина нитки та діаметр кульки (вимірюють лінійкою), відповідно.

Середню швидкість шукають так:

$$v_c = \frac{S}{t}.$$

Після підстановки вище згаданих виразів, отримують:

$$v_c = \frac{2\pi \left(\ell + \frac{a}{2} \right) N}{t}.$$

Задача. Визначити коефіцієнт тертя шнура об стіл.

Обладнання: шнур (60 см); лінійка.

Розв'язок. Знаходять положення шнура, за якого він почне рухатися. Частина шнуру, яка знаходиться на столі, буде рухатися під дією сили $m_1 g$ (сила тяжіння, що діє на звисаючу частину). На частину шнура, яка знаходиться на столі, діятиме реакція опори столу:

$$N = m_2 g.$$

Оскільки, сила тертя і сила, яка зумовлює рух, однакові, то:

$$F_T = m_1 g.$$

Із зв'язку сили тертя та сили реакції опори ($F_T = \mu N$) записують:

$$m_1 g = \mu m_2 g.$$

Виражають обидві маси через густину і об'єм:

$$m_1 = \rho S \ell_1;$$

$$m_2 = \rho S \ell_2.$$

Підставляють обидва вирази в останню рівність і отримують:

$$\mu = \frac{\ell_1}{\ell_2}.$$

Довжини шнуру вимірюють лінійкою.

Розглянемо випадок першого виду експериментальних задач, підібраних до конкретної (підкреслено – *С.П.*) програмної теми. Підібрана серія задач може слугувати формуванню експериментальних умінь шляхом засвоєння різноманітних методів, які лежать в основі їх розв'язку, або шляхом набуття вмінь експериментувати за допомогою різних (наголошено – *С.П.*) фізичних приладів. Очевидно, що вчитель прагне реалізувати обидві можливості і зустрічається з труднощами. Зокрема, навчити учнів на одному уроці теоретичному матеріалу, розв'язати кількісну задачу та, хоча б одну, із серії експериментальних задач досить важко. Потрібна інша організація уроку. Можливі такі підходи.

Перший підхід. Розв'язуванню серії експериментальних задач відводиться цілий наступний урок після вивчення конкретної теми (наприклад, «густина речовини»). Учні ділять на групи і кожній групі пропонується одна із задач серії. Після виконання першої експериментальної задачі групи міняються місцями і т.д. Під кінець уроку відбувається колективне обговорення: представники груп доповідають про сутність методу, який використовувався, чи спосіб установлення певного факту.

Позитивним у такому підході є те, що учні освоюють усі методи, що лежать в основі кожної експериментальної задачі з серії. Крім того, оптимально використовується обладнання. Негативним є те, з якого резерву використати час на розв'язання серії експериментальних задач протягом цілого уроку, адже наступні уроки також присвячені вивченню важливих програмних питань. До того ж, розв'язати 5-7 експериментальних задач у групах вдається не завжди.

Другий підхід. Розв'язувати по одній експериментальній задачі з серії на наступних уроках. Позитивним у такому підході є те, що більшість задач із серії все-таки будуть розв'язані. Негативним: розв'язання однієї експериментальної задачі потребує використання значного комплексу приладів для фронтального виконання, що не завжди вдається. Допускається варіант, коли одну й ту саму експериментальну задачу розв'язують групи (суттєва економія в обладнанні). До того ж, на уроках з інших тем це не зовсім логічно.

Третій підхід. За згодою учнів можна провести годину експерименту в позаурочний час. Позитивним, за такого підходу, є те, що всі експериментальні задачі з серії будуть виконані. Негативним: не всі учні зможуть взяти участь у годині експерименту (відвідування гуртків, спортивних секцій тощо).

Четвертий підхід. На момент завершення вивчення розділу провести узагальнюючий урок, на якому розв'язати як ті експериментальні задачі з серії, що не були розглянуті, так і експериментальні задачі з інших тем розділу. Позитивним у такому підході є те, що всі експериментальні задачі з серії будуть розв'язані, а негативним: деяка «плутанина» з приладами, адже розв'язування експериментальних задач із різних тем потребує різноманітного обладнання.

П'ятий підхід. На наступному уроці після того, для якого підібрана серія експериментальних задач, розв'язати одну, а інші – рекомендувати учням виконати самостійно. Позитивним у такому підході є те, що більшість експериментальних задач будуть виконані (хоча, не всіма учнями). Негативним: задачі перестають бути експериментальними, а набирають якісного змісту (учень не має змоги вимірювати, користуватись приладами). Винятком є такі експериментальні задачі, які виконуються з допомогою домашніх (підручних) засобів.

Шостий підхід. Провести олімпіаду з розв'язування експериментальних задач із пропонованої серії, оголосивши про її проведення у шкільній стіннівці, чи на сайті школи. До оголошення

олімпіади по експериментальних задачах, заздалегідь готується комплект приладів для кожної із серії задач (для бажаних учнів). Учні можуть у вільний час виконати всі потрібні виміри.

Для другого виду експериментальних задач (які уособлюють знання з кількох тем), більш доцільно проводити розв'язування не більше, ніж по одній на урок (перевірено на практиці і підтримано вчителями Волині). Форма роботи учнів – групова (сьомий підхід).

Хоча пропонований перелік підходів не є вичерпним, все ж дозволяє вчителю вільно орієнтуватися в підходах до розв'язування експериментальних задач.

Висновки та перспективи подальших наукових досліджень. Опитування вчителів, урахування їх досвіду навчання учнів, тенденційності до збільшення кількості експериментальних задач у підручниках останніх років дають підстави стверджувати, що запропонувати вчителям єдиний рецепт використання експериментальних задач у практиці навчання фізики в закладах загальної середньої освіти неможливо. Разом із тим, можливо запропонувати низку підходів до використання експериментальних задач, щоб учитель міг вільно в них орієнтуватися і обрати для навчання той, який найбільшою мірою забезпечить формування предметних компетентностей учнів, пов'язаних із експериментуванням.

На перспективу подальших розвідок можна винести вивчення досвіду вчителів-новаторів, та вчителів, чиї учні досягнули найкращих результатів на олімпіадах в експериментальному турі. Крім того, вчителі фізики потребують збірників експериментальних задач, які б давали змогу реалізувати пропоновані підходи.

ЛІТЕРАТУРА

- Галатюк, Ю. М., Рибалко, А. В., Тишук, В. І. (2007). *Дослідницькі задачі з фізики: навч. посіб.* Харків: Основа: Тріада+ (Halatiuk, Yu. M., Rybalko, A.V., Tyshchuk, V.I.(2007). *Research problems in physics: a textbook.* Kharkiv: Basis: Triad+).
- Гончаренко, С. У., Коршак, Є. В. (1995). *Готуємось до фізичних олімпіад.* Київ: ІСДО (Honcharenko, S. U., Korshak, Ye. V. (1995). *We are preparing for physical competitions.* Kyiv: ISDO).
- Гончаренко, С.У., Коршак, Є. В. (1998). *Фізика. Олімпіадні задачі. 7-8 класи. Вип. 1.* Тернопіль: Навчальна книга – Богдан (Honcharenko, S. U., Korshak, Ye. V. (1998). *Physics. Olympic tasks. Grades 7-8. Issue 1.* Ternopil: Textbook – Bogdan).
- Доценко, Н. (2020). Методика використання інтерактивних графічно-цифрових засобів під час вивчення загально технічних дисциплін на практичних заняттях. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології, 8 (102), 181-190* (Dotsenko, N. (2020). Methods of using interactive graphic-digital tools during the study of general technical disciplines in practical classes. *Pedagogical sciences: theory, history, innovative technologies, 8 (102), 181-190*).

- Іваненко, О. Ф., Махлай, В. П., Богатирьов, О. І. (1987). *Експериментальні та якісні задачі з фізики: посібник*. Київ: Рад. школа (Ivanenko, O. F., Makhlai, V. P., Bohatyrov, O. I. (1987). *Experimental and qualitative problems in physics: a guide*. Kyiv: Soviet school).
- Садовий, М., Руденко, Є. (2015). Експериментальні задачі з використанням новітніх освітніх технологій на сучасному уроці фізики. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, Вип. 8 (I), 122-126 (Sadovyi, M., Rudenko, Ye. (2015). Experimental problems with the use of the latest educational technologies in the modern lesson of physics. *Proceedings. Series: Problems of methods of physical-mathematical and technological education. Issue 8 (I)*, 122-126).
- Стеценко, Т. Я. (2021). *Розв'язування експериментальних задач з фізики (онлайн-курс)*. Режим доступу: <https://naurok.com.ua/rozv-yazuvannya-eksperimentalnih-zadach-z-fiziki-217681.html> (Stetsenko, T. Ya. (2021). *Solving experimental problems in physics (online course)*. Retrieved from: <https://naurok.com.ua/rozv-yazuvannya-eksperimentalnih-zadach-z-fiziki-217681.html>).
- Фізика. 7-9 класи. Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів (Програма затверджена Наказом Міністерства освіти і науки України від 07.06.2017, № 804). Режим доступу: <https://ru.osvita.ua/school/program/program-5-9/56124/> (Physics. Grades 7-9. Curriculum for secondary schools (The program is approved by the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine dated 07.06.2017, № 804). Retrieved from: <https://ru.osvita.ua/school/program/program-5-9/56124/>).
- Чорнобай, К. (2015). Експериментальні задачі в системі формування практичних компетентностей з фізики. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*, Вип. 8 (III), 165-170. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/228636124.pdf> (Chornobai, K. (2015). Experimental problems in the system of formation of practical competencies in physics. *Scientific notes. Series: Problems of methods of physical-mathematical and technological education, Issue 8 (III)*, 165-170. Retrieved from: <https://core.ac.uk/download/pdf/228636124.pdf>).

РЕЗЮМЕ

Полетыло Сергей. Подходы в использовании экспериментальных задач на уроках физики общеобразовательных учебных заведений.

Установлено, что учителя физики общеобразовательных учебных заведений встречаются с рядом трудностей, связанных с использованием в обучении экспериментальных задач. Учителя нуждаются в новых методических подходах, которые бы способствовали успешному использованию экспериментальных задач для формирования обобщенного экспериментального умения. Предложено семь методических подходов использования экспериментальных задач для обучения учащихся в базовой школе. Подтверждено, что предложить учителям физики единый рецепт использования экспериментальных задач в практике обучения невозможно. Важно предложить ряд подходов, чтобы учитель мог свободно избрать для обучения тот, который бы в наибольшей степени обеспечил формирование предметных компетентностей учащихся.

Ключевые слова: обучение физике в базовой школе, сценарии использования экспериментальных задач, обобщающее экспериментальное умение.

SUMMARY

Poletylo Serhii. Approaches to the use of experimental problems at physics lessons at general education institutions.

The role of the educational experiment, including the solution of experimental problems to ensure high quality knowledge of physics is proved. The definition is formulated: experimental problems are those whose data are taken from the experiment to obtain a solution. Solving experimental problems is considered as a component of the methodological system of teaching physics.

As a result of the research it was established that teachers of physics in secondary schools face a number of difficulties associated with the use of experimental problems in teaching. Teachers need new methodological approaches that would contribute to the successful use of experimental problems for the formation of generalized experimental skills. The difficulties faced by teachers have been identified on the basis of conversations with teachers in the Volyn region, online seminars, meetings with scientists and teachers-practitioners at international scientific-practical conferences, publications of recent years.

The conditional division of experimental problems into two types is carried out. The first type includes experimental problems, the solution of which requires knowledge of one program topic. The second type includes experimental problems, the solution of which is based on the use of knowledge on several software topics.

Seven methodological approaches for teaching students in primary school are proposed. Each of the proposed approaches details what the teacher should do and what the student should do. The positive and negative aspects of using a specific approach are analyzed.

It is confirmed that it is impossible to offer physics teachers a single recipe for the use of experimental problems in teaching practice. It is important to suggest a number of approaches so that the teacher is free to choose the one that best ensures formation of students' subject competences related to the experiment.

Key words: *teaching physics in primary school, scenarios for using experimental problems, generalized experimental skill.*