

УДК 378.016:53(076.1)

DOI <https://doi.org/10.32782/pet-2025-1-6>

Григорій КОБЕЛЬ

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3774-0032>

Ніна ГОЛОВІНА

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1152-1536>

Валентин САВОШ

доктор педагогічних наук, доцент кафедри теорії та методики викладання шкільних предметів, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9499-885X>

Галина МИРОНЧУК

доктор фізико-математичних наук, професор, директор навчально-наукового фізико-технологічного інституту, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9088-3825>

SCOPUS AUTHOR ID: 36245422900

Бібліографічний опис статті: Кобель, Г., Головіна, Н., Савош, В., Мирончук, Г. (2025). Експериментальні задачі в структурі практичних занять університетського курсу фізики. *Фізика та освітні технології*, 1, 47–54, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2025-1-6>

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ В СТРУКТУРІ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ УНІВЕРСИТЕТСЬКОГО КУРСУ ФІЗИКИ

Пошук оптимальної моделі проведення практичного заняття з фізики в університетах, є актуальним. Спираючись на багаторічний досвід авторів з викладання фізики в ЗВО, можна стверджувати, що експериментаторські вміння здобувачів освіти потребують вдосконалення. Традиційна побудова освітнього процесу в ЗВО передбачає розвиток умінь та навичок, які необхідні студенту для здійснення експериментальних досліджень, під час виконання лабораторних робіт, де, у більшості випадків, його діяльність є репродуктивною, адже відбувається відповідно до запропонованого йому алгоритму. Успішно реалізувати відповідні програмні результати навчання допоможе використання експериментальних задач у структурі практичних занять. Використання експериментальних задач не заміняє проведення лабораторних робіт і розв'язування обчислювальних задач, а є їх креативним доповненням.

Метою роботи є показати, що впровадження експериментальних задач у структуру практичного заняття дозволяє: перевірити теоретичні твердження експериментально; створити проблемну ситуацію на заняттях, розвивати творче мислення ЗО; показати реальність та обґрунтованість конкретних числових значень фізичних величин, які наведені в умові задачі. Новизною цієї роботи є ідея застосування експериментальних задач при проведенні практичних занять з фізики в університетському курсі.

Зокрема, запропоновано експериментальні задачі з механіки та молекулярної фізики, які успішно можна використовувати при проведенні практичних занять, продемонстровано їх наукові та дидактичні функції. Розкрито зміст практичного заняття з використанням експериментальних задач; наведено приклади експериментальних задач.

Виділено переваги поєднання практичних занять з експериментальними задачами: активне навчання, розвиток практичних навичок, поглиблення розуміння, розвиток дослідницьких навичок, підвищення інтересу до фізики.

Загалом, експериментальні завдання є невід'ємною частиною навчання фізики. Вони поєднують теорію з практикою, роблячи процес навчання ефективнішим.

Ключові слова: експериментальна задача, практичне заняття, механіка, молекулярна фізика, проблемна ситуація.

Hryhoriy KOBEL

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3774-0032>

Nina HOLOVINA

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor at the Department of Experimental Physics, Information and Educational Technologies, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1152-1536>

Valentyn SAVOSH

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor at the Department of Theory and Methods of Teaching School Subjects, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9499-885X>

Galina MYRONCHUK

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Director of the Educational and Scientific Institute of Physics and Technology, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volya ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9088-3825>

SCOPUS AUTHOR ID: 36245422900

To cite this article: Kobel, H., Holovina, N., Savosh, V., Myronchuk, H. (2025). Eksperymentalni zadachi v strukturi praktychnykh zaniat universytetskoho kursu fizyky [Experimental problems in the structure of practical classes of the university course of physics]. *Physics and Educational Technology*, 1, 47–54, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2025-1-6>

EXPERIMENTAL PROBLEMS IN THE STRUCTURE OF PRACTICAL CLASSES OF THE UNIVERSITY COURSE OF PHYSICS

The search for the optimal model of conducting a practical lesson in physics at universities is relevant. Based on the authors' many years of experience in teaching physics in higher education institutions, it can be argued that the experimental skills of students need to be improved. The traditional structure of the educational process in higher education institutions involves the development of skills and abilities that a student needs to conduct experimental research during laboratory work, where, in most cases, his activity is reproductive, because it occurs in accordance with the algorithm proposed to him. The use of experimental problems in the structure of practical classes will help to successfully implement the relevant program learning outcomes. The use of experimental problems does not replace laboratory work and solving computational problems, but is their creative addition.

The aim of the work is to show that the introduction of experimental problems into the structure of a practical lesson allows: to verify theoretical statements experimentally; to create a problem situation in the lessons, to develop creative thinking of the subject; to show the reality and validity of specific numerical values of physical quantities given in the problem condition. The novelty of this work is the idea of using experimental problems when conducting practical lessons in physics in a university course.

In particular, experimental problems in mechanics and molecular physics are proposed, which can be successfully used when conducting practical lessons, their scientific and didactic functions are demonstrated. The content of a practical lesson using experimental problems is disclosed; examples of experimental problems are given. The advantages of combining practical lessons with experimental problems are highlighted: active learning, development of practical skills, deepening of understanding, development of research skills, increasing interest in physics.

In general, experimental problems are an integral part of teaching physics. They combine theory with practice, making the learning process more effective.

Key words: *experimental problem, practical lesson, mechanics, molecular physics, problem situation.*

Актуальність проблеми. Згідно навчального плану університетський курс загальної фізики реалізовується на лекційних, практичних та лабораторних заняттях. (ННФТІ, 2024).

На лабораторних заняттях студенти здобувають і вдосконалюють експериментальні навички, працюють із фізичним обладнанням. Вони вчаться отримувати експериментально числові значення фізичних величин, перевіряти справедливості фізичних закономірностей. Здобувач освіти (ЗО) може використовувати інструкцію до виконання лабораторної роботи. У ній подано тему, мету, обладнання, завдання, теоретичні відомості, опис приладів, порядок виконання роботи, контрольні запитання. При виконанні лабораторної роботи студент діє згідно запропонованого йому алгоритму, практично не проявляючи при цьому творчості.

На практичних заняттях ЗО закріплюють, отримані на лекціях, знання фізичних законів і вдосконалюють здатність їх практичного застосовування. Розв'язування фізичних задач є основою вивчення курсу загальної фізики. Студенти аналізують явища та процеси, виділяють основні фактори, які їх зумовлюють. Кожна фізична задача має модельне відношення до дійсності, яка набагато складніша, багатогранніша, ніж це подано в її умові. Тому всяку фізичну задачу можна розглядати як модель реального процесу (Головіна, 2021). На цю істину викладач повинен завжди звертати увагу студентів, аналізуючи умову більшості задач з фізики.

Успішно реалізувати відповідні програмні результати навчання (ОПП, 2024) допоможе використання у структурі практичних занять експериментальних задач. Використання експериментальних задач не заміняє проведення лабораторних робіт і розв'язування обчислювальних задач, а є їх креативним доповненням. Після постановки завдання студентам пропонується: розробити теорію експерименту, вивести розрахункову формулу; скласти план вимірювань; здійснити вимірювання; виконати обчислення шуканої величини; обчислити похибки; вказати шляхи підвищення точності експерименту (Кобель, 2014). Використання

експериментальних задач не лише сприяє вдосконаленню експериментаторських навичок, але й розвиває творче мислення, активізує пізнавальну діяльність студентів.

Експериментальні задачі слугують пропедитикою до виконання лабораторних робіт, або ж розвитку сформованих умінь і навичок в процесі виконання лабораторних робіт (Садовий, 2013).

Таким чином, пошук оптимальної моделі проведення практичного заняття з фізики в університетах, є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робіт, які б розглядали питання використання експериментальних задач у вищій школі, як виявилось, не так багато. У цьому питанні вигідно виділяється посібник (Дідович, 2012), у якому є параграф про експериментальні задачі, визначення, їх характеристика. «Найближчою за структурою і змістом до наукового дослідження є експериментальна задача. Це задача, для розв'язання якої потрібно спланувати і виконати експериментальне дослідження, а отримані експериментальні результати використати для розв'язання власне задачі. Вона є проміжною, з'єднуючою ланкою між демонстраційним експериментом і розрахунковими задачами, надаючи навчальному процесу з фізики своєрідної специфіки». Виділено якісні та кількісні експериментальні задачі. Відмічається, що розв'язуючи експериментальну задачу, здобувачі освіти не тільки бачать, а й застосовують теоретичні знання на практиці, розуміючи важливість і необхідність фізики. Водночас відмічається, що дидактична роль експериментальних задач не повинна бути перебільшеною, а недоліком є тематична обмеженість їх змісту.

У статті (Кобель, 2014) наведено приклади експериментального визначення сили тертя, коефіцієнтів тертя ковзання та спокою. Відмічено, що експериментальні задачі на дослідження можуть бути використані як роботи фізичного практикуму.

У статті (Подласов, 2023) на прикладах експериментальних задач показана можливість їх застосування при дистанційному навчанні, що дозволяє розвивати експериментаторські

уміння студентів та застосовувати теоретичні знання для розв'язування практичних завдань. Наголошено, що коло експериментальних задач значно розширюється завдяки застосуванню сучасних смартфонів. Виділено переваги застосування смартфона в якості вимірювального пристрою, зокрема, проведення спостережень, що складно проводити безпосередньо; та деякі недоліки, як те, що ЗО покладаються лише на додатки для смартфонів і перестають аналізувати самостійно. У роботі зроблено висновок про те, що експериментальні задачі є перспективним засобом для розвитку дослідницьких умінь здобувачів освіти. Застосування таких задач дозволяє поєднати традиційне розв'язування задач з проведенням експериментального дослідження, коли здобувачі освіти повинні здійснювати майже такі ж самі дії як і при реальному експериментальному науковому дослідженні. Це сприяє формуванню компетентності експериментатора.

У (Мартинюк, 2020) розглянуто питання формування інформаційно-цифрової компетентності завдяки застосуванню сучасних гаджетів.

У статті (Герасимова, 2021) розглядаються особливості організації і проведення практичних занять з фізики із залученням демонстрацій.

Інтеграція знань при формуванні змісту, обсягу та структури лабораторного дослідження продемонстрована в (Орищин, 2012).

Ми ж зупинимося на питаннях поєднання проведення практичного заняття з фізики та використання експериментальних задач.

Мета дослідження. Висвітлення особливостей проведення практичного заняття з використанням експериментальних задач і обґрунтування доцільності їх проведення в сучасних умовах.

Показати, що впровадження експериментальних задач у структуру практичного заняття дозволяє:

- перевірити теоретичні твердження експериментально;
- створити проблемну ситуацію на заняттях, розвивати творче мислення ЗО;
- показати реальність та обґрунтованість конкретних числових значень фізичних величин, які наведені в умові задачі.

У цьому контексті розкриємо зміст практичного заняття з використанням експериментальних задач та покажемо їх місце у підготовці фахівців за вказаним профілем; наведемо приклади експериментальних задач.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження ґрунтується на аналізі програми курсу механіки та молекулярної фізики для бакалаврів фізичних спеціальностей університету та визначенні можливостей застосування експериментальних задач при проведенні практичних занять. Експериментальними називаємо такі задачі, постановка і розв'язання яких вимагають організації та проведення фізичного експерименту. Оскільки час практичного заняття є обмеженим, то необхідне для цього обладнання повинно бути доступним та максимально простим.

На практичному занятті на тему: «Сили тертя. Сухе та рідинне тертя», аналізуючи теоретичний матеріал, звертаємо увагу на те, що «сила тертя ковзання діє вздовж поверхні дотику тіл і трохи менша від максимальної сили тертя спокою» (рис. 1) (Бар'яхтар, 2018).

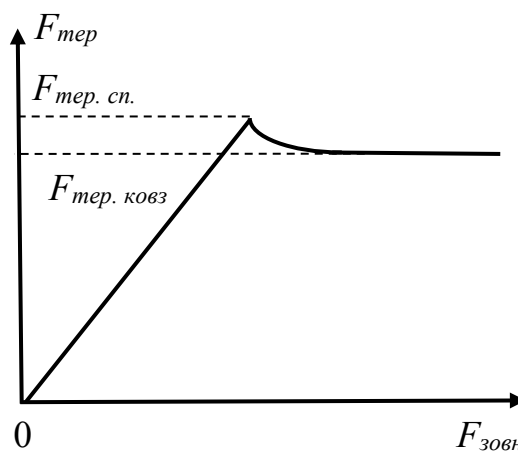


Рис. 1. Залежність сили тертя від прикладеної зовнішньої сили

Перевірити це теоретичне твердження можемо на експерименті.

Завдання 1. Визначити відношення коефіцієнта тертя спокою до коефіцієнта тертя ковзання дерева по дереву.

Обладнання: дві короткі дерев'яні палички (довжиною 10 см), дерев'яна паличка довжиною 38 см, міліметрова лінійка.

Розв'язування: Визначимо положення центра мас довшої палички. Покладемо її на дві

короткі палички, які лежать на горизонтальній поверхні стола. Наближуємо одну коротку паличку (наприклад 2) від кінця до середини верхньої палички, а паличку 1 утримуємо нерухомо. Спостерігаємо, що відбувається при цьому. Спочатку довша паличка ковзає відносно палички 2, а відносно першої нерухома. Потім вона починає ковзати відносно першої палички, а відносно другої не рухається. Розглянемо проекцію сил на горизонтальну вісь, які діють на довшу паличку у момент зміни руху (рис. 2). Сила тертя спокою $\vec{F}_{mp1}$ з боку палички 1 рівна за модулем силі тертя ковзання $\vec{F}_{mp2}$ з боку палички 2. Тобто $F_{mp1} = F_{mp2}$. Виразимо сили тертя через відповідні коефіцієнти тертя. $F_{mp1} = \mu_{cn} N_1$; $F_{mp2} = \mu_k N_2$. Тоді $\mu_{cn} N_1 = \mu_k N_2$. Запишемо умову рівноваги (правило моментів) відносно центра мас верхньої палички: $N_1 a = N_2 b$. З двох останніх рівнянь знаходимо: $\frac{\mu_{cn}}{\mu_k} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{a}{b}$. Вимірюємо лінійкою відстані a та b (рис. 2). Обчислюємо відношення коефіцієнта тертя спокою до коефіцієнта тертя ковзання та пересвідчуємося у тому, що коефіцієнт тертя спокою є більшим.

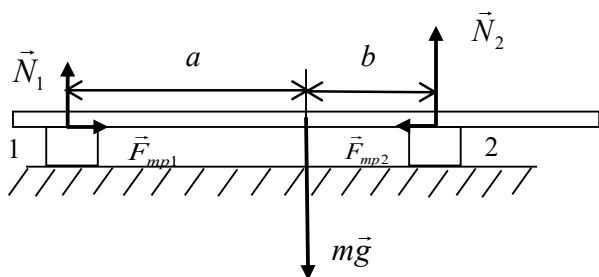


Рис. 2. Сили, які діють на довгу паличку у момент зміни руху

На практичному занятті на тему: «Власні гармонічні коливання механічних систем (пружинний, математичний та фізичний маятники)» можемо запропонувати розв'язати таку експериментальну задачу.

Завдання 2. Визначити період коливань тіла на пружній гумовій нитці

Обладнання: гумова нитка, нитка, лінійка, тягарець (тіло) невідомої маси

Розв'язування: Звичайно для визначення періоду коливань вимірюють час певної кількості коливань. В обладнанні немає секундоміра, тому прямим вимірюванням часу ми не можемо скористатися. Виникла *проблемна*

ситуація. Період коливань пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, k – жорсткість гумової нитки, m – маса тягарця. Для визначення маси тягарця потрібні терези, але і їх ми не маємо. А може не шукати окремо m та k , а варто визначити відношення $\frac{m}{k}$? Підвісимо тягарець на гумовій нитці (рис. 3), нитка при цьому видовжиться на $\Delta\ell = \ell - \ell_0$, де ℓ_0 – довжина недеформованої гумової нитки. Умова рівноваги системи: $mg = k\Delta\ell$. Звідси маємо шукане $\frac{m}{k} = \frac{\Delta\ell}{g}$. Тоді період коливань: $T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta\ell}{g}}$. Отже, для розв'язання задачі потрібно всього лиш виміряти видовження гумової нитки під дією ваги тягарця у стані спокою.

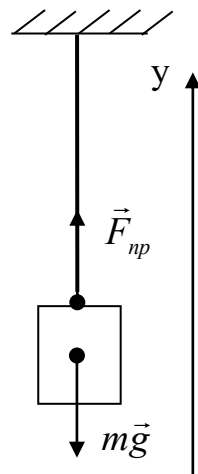


Рис. 3. Сили, які діють на тягарець

Похибка вимірювання буде меншою, якщо вимірювати відразу видовження гумової нитки $\Delta\ell = \ell - \ell_0$, а не окремо довжини ℓ та ℓ_0 . Для цього потрібно відмітити положення нижнього кінця гумової нитки відносно нерухомого предмета (вертикальної стійки штатива чи закріпленої вертикально лінійки). Проте відмітити точно положення нижнього кінця недеформованої нитки складно. Варто використати додатковий вантаж: наприклад, ручку. Відмічаємо положення нижнього краю гумової нитки два рази: з підвішеною ручкою і ручкою та тягарцем. Тоді $mg = k(\ell_2 - \ell_1)$.

Розв'язування цієї експериментальної задачі дозволяє не лише закріпити отримані знання, але й розвивати творче мислення, проводити дослідження, відшукати шляхи підвищення точності експерименту.

При розв'язуванні обчислювальних задач всі необхідні для цього числові значення фізичних величин задані в умові задачі або деякі з них ЗО знаходять у довідкових матеріалах. Наприклад, у задачі 3.98. (Дідович, 2012) задані: об'єм кімнати, температура повітря, відносна вологість, густина насиченої пари. Ми ж пропонуємо на практичному занятті з молекулярної фізики розглянути подібну, але експериментальну задачу, в якій невідомі величини потрібно виміряти або знайти у таблицях.

Завдання 3. Визначити кількість молекул води, які перебувають в повітрі аудиторії.

Обладнання: спиртовий термометр, посудина з водою, шматок вати або бинта, нитка, довідник з фізики, лазерний вимірник відстані.

Розв'язування. Вимірюємо температуру t в аудиторії з допомогою термометра. Обгортаємо резервуар термометра ватою і змочуємо вату водою. Після того як покази термометра перестануть змінюватися записуємо покази зволоженого термометра. За показами сухого термометра і різницею показів сухого і зволоженого термометрів визначаємо відносну вологість повітря в кімнаті за допомогою психрометричної таблиці. Наведемо приклад вимірювань температури та визначення відносної вологості. $t = 21^\circ\text{C}$, $t_s = 18^\circ\text{C}$. Тоді $\phi = 75\%$. Відносну вологість ми не обчислюємо, а визначаємо за психрометричною таблицею для відповідних значень показів сухого термометра і різниці показів сухого і зволоженого термометрів. Відносна вологість повітря $\phi = \frac{p}{p_n} 100\%$, де p – парціальний тиск водяної пари у повітрі, p_n – парціальний тиск насиченої водяної пари у повітрі, який знаходимо за таблицею залежності тиску насиченої водяної пари від температури. Тоді $p = \frac{\phi p_n}{100\%}$. Згідно з основним рівнянням МКТ $p = nkT$, n – концентрація молекул води, k – стала Больцмана, T – абсолютна температура вологого повітря: $T = t + 273$. Концентрація молекул $n = \frac{N}{V}$, де N – загальна кількість молекул, $V = abc$ – об'єм кімнати. Тоді $\frac{\phi p_n}{100\%} = \frac{N}{V} kT$. Звідки знаходимо $N = \frac{\phi p_n V}{kT \cdot 100\%} = \frac{\phi p_n abc}{kT \cdot 100\%}$. Знаходимо за таблицею залежності тиску насиченої водяної пари від температури для $t = 21^\circ\text{C}$: $p_n = 2486 \text{ Па}$. Із таблиць знаходимо сталу

Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$. Розміри кімнати $a = 5,45 \text{ м}$, $b = 11,76 \text{ м}$, $c = 2,78 \text{ м}$ вимірюємо лазерним далекоміром. $T = 21 + 273 = 294 \text{ К}$.

$$N = \frac{75 \cdot 2486 \cdot 5,45 \cdot 11,76 \cdot 2,78}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 294 \cdot 100\%} = 8,188 \cdot 10^{25}$$

Більш практичною буде інформація про масу молекул водяної пари: $m = m_0 N = \frac{M}{N_A} N$,

$$m = \frac{18 \cdot 10^{-3} \cdot 8,188 \cdot 10^{25}}{6,022 \cdot 10^{23}} = 2,45 (\text{кг})$$
.

Використання такої експериментальної задачі замість текстової, обчислювальної сприятиме формуванню в ЗО не лише предметної компетентності (ПК5) «Здатність розв'язувати задачі з фізики та навчати учнів їх розв'язуванню», а й ПК4 «Здатність здійснювати усі види фізичного експерименту, у тому числі і навчального, відповідно до методики і техніки проведення» (ОПП, 2024).

Якщо при проведенні лабораторної роботи здобувачі освіти використовують подані викладачем теоретичні відомості та хід проведення експерименту, то у нашому випадку, самостійна постановка експерименту (планування та проведення) при розв'язуванні задачі буде для них не легким завданням.

Це завдання дозволяє студентам не тільки закріпити знання з молекулярної фізики, але й проявити свою творчість та дослідницькі здібності; сприяє розвитку навичок планування експерименту, аналізу отриманих результатів. Важливо зауважити, яка велика кількість молекул водяної пари літає в аудиторії і це становить майже два з половиною кілограми!

Виконання запропонованих експериментальних задач потребує простого обладнання. Такі завдання студенти можуть також розв'язувати вдома самостійно.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Висвітлено особливості проведення практичного заняття з використанням експериментальних задач і обґрунтовано доцільність їх проведення в сучасних умовах. Розкрито зміст практичного заняття з використанням експериментальних задач; наведено приклади експериментальних задач.

Виділено переваги поєднання практичних занять з експериментальними задачами:

- *Активне навчання* – здобувачі освіти активно залучаються до процесу навчання, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу.

- *Розвиток практичних навичок* – здобувачі освіти набувають практичних навичок роботи з вимірювальними приладами та обладнанням.

- *Поглиблення розуміння теорії* – експериментальна робота допомагає краще зрозуміти та засвоїти теоретичні концепції.

- *Розвиток дослідницьких навичок* – виконання експериментів вимагає від студентів застосування логічного мислення, аналізу даних та формулювання гіпотез. Це сприяє розвитку критичного мислення та здатності до самостійного дослідження.

- *Підвищення інтересу до фізики* – експериментальна робота робить навчання більш

цікавим та захопливим, стимулюючи інтерес до фізики та науки в цілому.

Отже, поєднання експериментальних завдань з проведенням практичного заняття є ефективним методом навчання фізики, що сприяє розвитку всебічно розвиненої особистості, здатної до аналізу, дослідження та практичного застосування знань.

Загалом, експериментальні завдання є невід’ємною частиною навчання фізики. Вони поєднують теорію з практикою, роблячи навчання більш ефективним та цікавим.

Вважаємо, що пошук експериментальних задач, які можна використовувати при проведенні практичних занять з різних розділів фізики є перспективним.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Середня освіта. Фізика. Навчальний план. Луцьк, 2024. URL: https://vnu-taskid841251.s3.eu-north-1.amazonaws.com/s3fs-public/Educational%20programs/Document%20programs/navchalnyy-plan-014.08so_bak_2024.pdf (дата звернення: 10.02.2024).
2. Головіна Н., Кобель Г. Задачі-моделі й моделі до задач. *Фізика та освітні технології*, 2021. № 2. С. 16–22.
3. Середня освіта. Фізика. Освітньо-професійна програма. Луцьк, 2024. URL: https://vnu-taskid841251.s3.eu-north-1.amazonaws.com/s3fs-public/Educational%20programs/Document%20programs/opp_2024-3.pdf (дата звернення: 10.02.2024).
4. Кобель Г. П., Гоцик І. А. Експериментальне вивчення тертя. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова* Педагогічні науки: реалії та перспективи Серія 5. В.48, 2014. С. 69–72.
5. Садовий М.І., Вовкотруб В.П., Трифонова О.М. Вибрані питання загальної методики навчання фізики: навчальний посібник [для студ. ф.-м. фак. вищ. пед. навч. закл.]. Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2013. 252 с.
6. Дідович М.М., Савченко В.Ф., Мельничук О.В. Методика навчання розв’язувати задачі з фізики: Навч. посібник. Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2012. 472 с.
7. Подласов С., Свердліченко Д., Матвійчук О. Експериментальні задачі з фізики в технічному університеті. *Фізико-математична освіта*. 2023. Т. 38, № 3. С. 50–56.
8. Martyniuk O. O., Martyniuk O. S., Muzyka I. O. Formation of informational and digital competence of secondary school students in laboratory work in physics. *CTE 2020: 8th Workshop on Cloud Technologies in Education*, December 18, 2020, p. 366–383. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper20.pdf>
9. Герасимова К.В., Ткаченко Г.І. Практичні заняття з фізики із залученням демонстрацій у закладах вищої освіти. *Фізико-математична освіта*. 2021. Випуск 4(30). С. 29–33.
10. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтєва В. М.) підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти / Бар’яхтар В. Г. та ін.; за ред. Бар’яхтара В. Г., Довгого С. О. Харків: Вид-во «Ранок», 2018. 272 с.
11. Орищин Ю. М, Савош В. О. Балістичний маятник у лабораторному практикумі як приклад інтеграції знань з фізики. *Вісник Чернігівського державного педагогічного університету*. 2012. Вип. 99. Серія : Педагогічні науки. С. 258–263.

REFERENCES:

1. Srednia osvita. Fyzyka. Navchalnyi plan. Lutsk, 2024. [Secondary education. Physics. Curriculum. Lutsk, 2024]. Retrieved from: https://vnu-taskid841251.s3.eu-north-1.amazonaws.com/s3fs-public/Educational%20programs/Document%20programs/navchalnyy-plan-014.08so_bak_2024.pdf (data zvernennia: 10.02.2024).) [access date: 10.02.2024]. [in Ukrainian].
2. Holovina, N., & Kobel, H. (2021). Zadachi-modeli y modeli do zadach. [Model problems and models for problems]. *Fyzyka ta osvityni tekhnolohii – Physics and educational technologies*, 2, 16–22 [in Ukrainian].
3. Srednia osvita. Fyzyka. Osvitno-profesiina prohrama. Lutsk, 2024. [Secondary education. Physics. Educational and professional program. Lutsk, 2024]. Retrieved from: https://vnu-taskid841251.s3.eu-north-1.amazonaws.com/s3fs-public/Educational%20programs/Document%20programs/opp_2024-3.pdf (access date: 10.02.2024). [in Ukrainian].

4. Kobel, H. P., & Hotsyk, I. A. (2014). Eksperymentalne vyvchennia tertia. 5. [Experimental study of friction. *Scientific journal of the NPU named after M. P. Dragomanov Pedagogical sciences: realities and prospects Series 5. – Naukovyi chasopys NPU imeni M. P. Drahomanova Pedagogichni nauky: realii ta perspektyvy Seriya*, 48, 69–72 [in Ukrainian].
5. Sadovyi, M.I., Vovkotrub, V.P., & Tryfonova, O.M. (2013). Vybrani pytannia zahalnoi metodyky navchannia fizyky: navchalnyi posibnyk [Selected issues of general methodology of teaching physics: a textboo]: for students of physics and mathematics faculty of higher pedagogical universities. Kirovograd: PP «Center for Operational Printing «Avangard», 252 p. [in Ukrainian].
6. Didovych, M.M., Savchenko, V.F., & Melnychuk, O.V. (2012). Metodyka navchannia rozviazuvaty zadachi z fizyky [Methods of teaching solving problems in physics]: Textbook. Nizhyn: Publishing House of the NDU named after M. Gogol, 472 p. [in Ukrainian].
7. Podlasov, S., Sverdlichenko, D., & Matviichuk, O. (2023). Eksperymentalni zadachi z fizyky v tekhnichnomu universyteti. [Experimental problems in physics at a technical university. *Fizyko-matematychna osvita – Physics and mathematics education*, 38, 3, 50–56 [in Ukrainian].
8. Martyniuk, O. O., Martyniuk, O. S., & Muzyka, I. O. (2020). Formation of informational and digital competence of secondary school students in laboratory work in physics. CTE 2020: 8th Workshop on Cloud Technologies in Education, December 18, p. 366–383. Retrieved from: <http://ceur-ws.org/Vol-2879/paper20.pdf>.
9. Herasymova, K.V., & Tkachenko, H.I. (2021). Praktychni zaniattia z fizyky iz zaluchenniam demonstratsii u zakladykh vyshchoi osvity. [Practical lessons in physics with demonstrations in higher education institutions. *Fizyko-matematychna osvita – Physics and mathematics education*, 4(30), 29–33.] [in Ukrainian].
10. Bariakhtar, V. H., Loktiev, V. M. (Ed.), Dovhyi, S. O. (Ed.), et al. (2018). Fizyka (riven standartu, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom Loktieva V. M.): Pidruchnyk dlia 10 kl. zakl. zahal. sered. osvity [Physics (standard level, according to the curriculum of the author team under the supervision of V. M. Loktiev): Textbook for grade 10 of general secondary education institutions]. Kharkiv: Vyd-vo «Ranok».
11. Oryshchyn, Yu. M., & Savosh, V. O. (2012). Balistychnyi maiatnyk u laboratornomu praktykumi yak pryklad intehtatsii znan z fizyky [The ballistic pendulum in laboratory practice as an example of integrating knowledge of physics]. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu – Bulletin of the Chernihiv State Pedagogical University*, (99), *Seriia: Pedahohichni nauky*, 258–263.