



ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАДАЧІ З ФІЗИКИ В ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Сергій ПОДЛАСОВ ✉

Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут
 імені Ігоря Сікорського», Україна
 s.podlasov@kpi.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3947-4401>

Дмитро СВЕРДЛІЧЕНКО

Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут
 імені Ігоря Сікорського», Україна
 sverdlichenko.dmitry.of01@gmail.com

Олексій МАТВІЙЧУК

Національний технічний університет України
 «Київський політехнічний інститут
 імені Ігоря Сікорського», Україна
 o.matviichuk@kpi.ua
<https://orcid.org/0000-0002-4732-9677>

THE EXPERIMENTAL PHYSICS PROBLEMS AT THE TECHNICAL UNIVERSITY

Serhii PODLASOV ✉

National Technical University of Ukraine
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine
 s.podlasov@kpi.ua
<https://orcid.org/0000-0002-3947-4401>

Dmitry SVERDLICHENKO

National Technical University of Ukraine
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine
 sverdlichenko.dmitry.of01@gmail.com

Oleksii MATVIICHUK

National Technical University of Ukraine
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine
 o.matviichuk@kpi.ua
<https://orcid.org/0000-0002-4732-9677>

АНОТАЦІЯ

Формулювання проблеми. Підготовка інженерів у технічному університеті має на увазі не тільки оволодіння студентами теоретичними знаннями, але й набуття умінь їх практичного застосування, оскільки здатність і готовність інженера при необхідності, вирішувати проблеми дослідницького характеру, є однією з вимог, яка висувається до кваліфікації фахівця в документах Міжнародного інженерного альянсу та Європейської федерації інженерних асоціацій. Значні можливості для цього, особливо в умовах дистанційного навчання, мають експериментальні задачі, які можна пропонувати студентам для самостійного розв'язування у домашніх умовах з використанням доступних засобів.

Матеріали і методи. Дослідження ґрунтується на аналізі програм курсу фізики для підготовки бакалаврів інженерних спеціальностей, огляді літературних джерел, присвячених темі дослідження та задач із традиційних збірників, які можуть бути перформульовані на експериментальні. Дані, необхідні для їх розв'язування, повинні бути знайдені з експерименту, який в умовах дистанційного навчання студенти проводять вдома. Необхідне для цього обладнання повинно бути доступним, або ж його можна легко виготовити, а також застосувати вільно поширювані програмні продукти для комп'ютера та смартфона.

Результати. Аналіз навчальних програм та огляд літературних джерел дозволив відібрати з розділів «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електричний струм», «Механічні коливання» стандартних збірників задачі, які можна використовувати як експериментальні і які студенти мають можливість розв'язувати вдома. Спроможність поставити необхідний експеримент, до певної міри, можна вважати мистецтвом, яким володіють далеко не всі студенти. Це зумовлює необхідність складання вказівок до постановки досліду, зв'язаного з умовою експериментальної задачі.

Висновки. 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.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: експериментальні задачі; домашній експеримент; саморобне експериментальне обладнання, смартфон.

ABSTRACT

Formulation of the problem. The training of engineers at a technical university involves not only mastering students' theoretical knowledge, but also acquiring skills of their practical application, since the ability and willingness of an engineer, if necessary, to solve research problems, is one of the requirements for the qualification of a specialist in the documents of the International Engineering alliance and the European Federation of Engineering Associations. Significant opportunities for this, especially in the conditions of distance learning, have experimental tasks that can be offered to students for independent solving at home using available tools.

Materials and methods. The research is based on the analysis of physics course programs for the bachelors of engineering specialties, a review of literary sources devoted to the researched and problems from traditional physics problems books that can be reformulated into experimental ones. The data needed to solve the problem must be found from an experiment that students conduct at home in distance learning conditions. The needed equipment must be available or easily manufactured, as well as free distributed software for computer and smartphone.

Results. The analysis of training programs and a review of literary sources allowed to select from the sections "Mechanics", "Molecular Physics", "Electric Current", "Mechanical Oscillations" of standard collections of physics problems that can be used as experimental and which students are able to solve at home. The ability to set up the necessary experiment, to a certain extent, can be considered an art that not all students possess. This necessitates to develop the guidelines for conducting experiments related to the experimental problem conditions.

Conclusions. The examples of experimental problems demonstrated the possibility of their application in distance learning. Solving such problems should contribute to the development of students' experimental skills and their ability to apply theoretical knowledge to solve practical problems.

KEYWORDS: experimental problems; home experiment; homemade experimental equipment, a smartphone.

Для цитування:

Podlasov S., Sverdlichenko D., Matviichuk O. Експериментальні задачі з фізики в технічному університеті. *Фізико-математична освіта*, 2023. Том 38. № 3. С. 50-56. DOI: 10.31110/2413-1571-2023-038-3-007

Podlasov, S., Sverdlichenko, D., & Matviichuk, O. (2023). Експериментальні задачі з фізики в технічному університеті. *Фізико-математична освіта*, 38(3), 50-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-3-007>

For citation:

Podlasov, S., Sverdlichenko, D., & Matviichuk, O. (2023). The experimental physics problems at the technical university. *Physical and Mathematical Education*, 38(3), 50-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-3-007>

Podlasov, S., Sverdlichenko, D., & Matviichuk, O. (2023). Eksperymentalni zadachi z fizyky v tekhnichnomu universyteti [The experimental physics problems at the technical university]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 38(3), 50-56. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2023-038-3-007>

ВСТУП

Постановка проблеми. Широке застосування дистанційного навчання ставить перед викладачами проблему розробки методів і засобів для формування елементів експериментаторських умінь здобувачів вищої інженерної освіти. Одним з шляхів вирішення цієї проблеми є застосування експериментальних задач, зміст яких відповідає навчальним планам та програмам, а експериментальна частина яких може бути реалізована в домашніх умовах за відсутності лабораторного обладнання та приладів.

Аналіз актуальних досліджень. У науково-методичній літературі та збірниках експериментальних задач головна увага приділяється задачам, які відповідають програмі середньої школи (Зибер, 1926), (Ланге, 1985), (Мошков, 1955), а також проблемам їх застосування при підготовці майбутніх вчителів фізики (Бугаєв, 1981). Нажаль, в літературі практично відсутні експериментальні задачі для здобувачів вищої інженерної освіти.

За означенням О. І. Бугайова : «Експериментальними називають задачі, в яких експеримент слугує засобом одержання величин, необхідних для розв'язання, дає відповідь на поставлене в задачі запитання або є засобом перевірки зроблених згідно з умовою розрахунків» (Бугаєв, 1981, с.217). Звідси стає очевидною відміна між лабораторною роботою, експериментальним завданням та експериментальною задачею.

Як відзначено у роботі (Галатюк & Галатюк, 2019) «у процесі розв'язування експериментальних задач учні отримують можливість завдяки організації активної пізнавальної діяльності досліджувати конкретні матеріальні об'єкти і явища, здобувати нові знання, розвивати експериментальні уміння і навички, засвоювати досвід експериментування, знайомитися з експериментальним методом наукового пізнання». Як відзначає А. А. Давиденко (2004, с. 88) «значна кількість експериментальних задач не має готового алгоритму розв'язання, що робить їх приналежними до категорії творчих задач». Таким чином, діяльність студента по розв'язуванню експериментальної задачі, за своєю суттю, являє собою мінідослідження, що наближає її до діяльності дослідницького характеру.

Розв'язування студентами та школярами експериментальних задач «забезпечує єдність засвоєння теоретичного матеріалу з його практичним застосуванням» (Садовий & Руденко, 2015), що дозволяє сформулювати елементи експериментаторської компетентності.

До головних складових експериментаторської компетентності П. С. Атаманчук (Atamanchuk & et al, 2019) та В. В. Мендерецький (2006) відносять уміння: «формування цілей та завдань досліджу; планування дослідницької діяльності; відбір та підготовка обладнання до роботи; аналіз проведених спостережень та досліджень; інтерпретація результатів експерименту, формулювання висновків у кінці роботи».

Експериментаторські компетентності фактично відображають ті дії, які повинні бути виконані при розв'язуванні експериментальних задач. Так, у роботі (Галатюк & Галатюк, 2019, с.93). запропоновані такі етапи розв'язування експериментальних задач: 1. Постановка проблеми у вигляді експериментальної задачі; 2. Розробка теоретичної моделі розв'язку експериментальної задачі; 3. Розробка моделі експерименту; 4. Виконання експерименту; 5. Аналіз і інтерпретація результатів експерименту.

Мета статті полягає у висвітленні можливості застосування експериментальних задач при вивченні фізики студентами технічного університету, котрі навчаються за програмою підготовки бакалаврів, а також варіантів реалізації необхідних експериментальних досліджень.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Теоретичними основами дослідження є курс фізики за програмою підготовки бакалаврів інженерного спрямування, методи розв'язування задач з курсу фізики, організація домашніх дослідів і спостережень та використання засобів ІКТ у фізичному експерименті.

МЕТОДИ І МАТЕРІАЛИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження ґрунтується на аналізі програм курсу фізики для бакалаврів інженерних спеціальностей, огляді літературних джерел, присвячених темі дослідження, та задач із традиційних збірників (наприклад, (Гаркуша та ін. 2003), (Иродов, 1988) та ін., які можуть бути переформульовані на експериментальні. Оскільки необхідні для їх розв'язування дані, повинні бути знайдені з експерименту, який у умовах дистанційного навчання проводиться вдома, то необхідне для цього обладнання повинно бути доступним, або ж його можна легко виготовити, використовуючи підручні матеріали, побутові предмети, дитячі іграшки тощо. В якості вимірювальних приладів можуть використовуватися лінійка, транспортир, відеокамера та секундомір смартфона тощо, а для фіксації та обробки результатів – вільно поширювані програмні продукти для комп'ютера та смартфона.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При дистанційному навчанні розв'язування експериментальних задач потребує проведення студентами експериментів у домашніх умовах. Ураховуючи обмежені можливості і засоби для проведення такого експерименту в умовах задач треба передбачати: 1) можливість проведення натурального експерименту з використанням доступних засобів; 2) використання відеозаписів натурального експерименту, або ж фрагментів кінофільмів, мультфільмів, комп'ютерних ігор тощо; 3) використання комп'ютерних симуляції фізичного експерименту.

Натурний експеримент

Для проведення натурального експерименту в домашніх умовах можуть бути використані предмети домашнього вжитку, дитячі іграшки тощо, або «експериментальне обладнання», яке легко виготовити. Допмагають у виготовленні такого обладнання рекомендації у науково-методичній літературі (див., наприклад, (University of Wisconsin – Madison) та відеофільми в Інтернеті. На рис. 1 – 3 показані знімки екрану відеофільмів на каналі YouTube, де демонструється виготовлення «катапульти» для дослідження руху тіла, кинутого під кутом до горизонту, «обладнання» для дослідження

руху тіла по траєкторії у формі мертвої петлі, домашній «фокус», який ґрунтується на законі Шарля. Подібне «обладнання» може бути використано при формулюванні умов багатьох експериментальних задач.

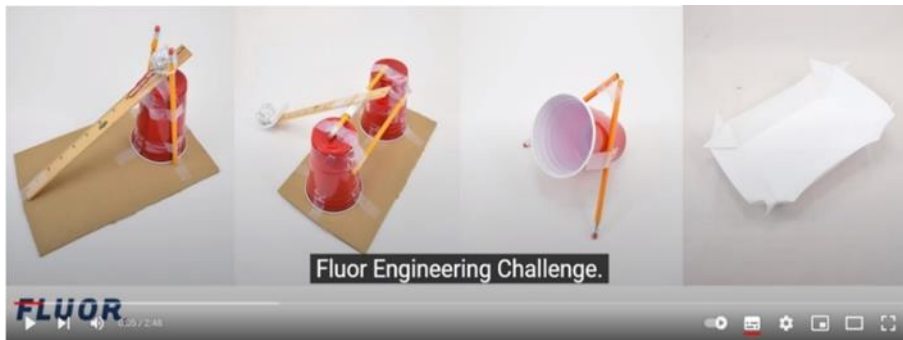


Рис. 1. «Катапульта» для дослідження руху тіла, кинутого під кутом до горизонту (<https://www.youtube.com/watch?v=FMcbAiTfx7A>)

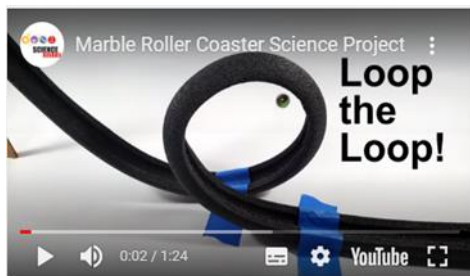


Рис. 2. Рух тіла по траєкторії у формі «мертвої петлі» (https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Phys_p037/physics/roller-coaster-marbles-converting-potential-energy-to-kinetic-energy)



Рис. 3. Вивчення закону Шарля (<https://www.youtube.com/watch?v=uk9mDloKKdQ>)

Наприклад, експеримент з катапультию потрібен в задачах на визначення параметрів руху тіла, кинутого під кутом до горизонту. У стандартних збірниках задач найчастіше задаються початкова швидкість тіла v_0 , кут кидання φ та висота точки кидання h . В експериментальній задачі з використанням катапульти φ та h легко визначити за результатами прямих вимірів розмірів катапульти, а невідому початкову швидкість обчислити за результатами експериментально виміряної горизонтальної дальності польоту l :

$$v_0^2 = \frac{gl^2}{2(h \cos \varphi + l \sin \varphi)}$$

Використання величин φ , h та v_0 дозволяє розв'язувати задачі, подібні до тих, що наведені у згаданих вище та інших збірниках задач з фізики.

Ще одним цікавим прикладом може бути задача № 1.147 із збірника (Иродов, 1988), в якій треба визначити роботу сили тертя при зісковзуванні ланцюжка заданої маси і довжини зі стола, якщо він починає рух, коли з краю стола звішується його певна частка (рис.4). В експериментальному варіанті цієї задачі студенти повинні дослідним шляхом визначити довжину звисаючої частини ланцюжка, при якому починається ковзання, а масу – за допомогою кухонних електронних ваг.



Рис. 4. Визначення довжини частки ланцюжка, при якому починається ковзання

Коло експериментальних задач значно розширюється завдяки застосуванню сучасних смартфонів. За результатами нашого опитування 96 % студентів мають смартфони віком не більше 2 років. Всі ці смартфони мають секундомір, відеокамеру і оснащені різноманітними датчиками, такими як GPS, акселерометр, гіроскоп, магнітометр (датчик Холла), датчики наближення, освітленості, тиску (які саме датчики встановлені в смартфоні можна визначити, наприклад, за допомогою програми Sensors Multitool, Sensor Kinetics, Datchiker (для Android) та Sensors (для iOS)). Сигнали датчиків за допомогою відповідних програмних продуктів перетворюються на значення фізичних величин, тобто смартфон стає вимірювальним приладом (Delabre, 2020; Kuhn & Vogt, 2022). Проведене нами опитування (Slipukhina et al., 2020) показало, що переважна більшість респондентів знають про наявність датчиків, (особливо популярним є датчик GPS-навігації), але не використовують їх у своїй навчальній діяльності.

До переваг застосування смартфона в якості вимірювального пристрою (Park et al., 2022) відносять можливість проводити спостереження, які складно проводити безпосередньо й одержувати достатньо точні результати вимірювань, однак при цьому проявляються і деякі недоліки, а саме, занадто велика кількість одержаних даних, а також те, що студенти покладаються лише на додатки для смартфонів для збору та аналізу даних і не беруть участь у когнітивному процесі.

Найбільш відомими вільно поширюваними програмними продуктами, які перетворюють смартфон на мобільну фізичну лабораторію, є PhyPhox (<https://phyphox.org/>), (<https://phyphox.org/topic/tools/>) та Physics Toolbox Suite (<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=en&gl=US&pli=1>).

Експерименти з використанням PhyPhox широко представлені в літературі та системі допомоги до цього застосунку. База даних Scopus тільки за ключовим словом «PhyPhox» надає 36 посилань, в пошукова система Google Академія – близько 1130. Значна частка цих дослідів може бути використана для формулювання експериментальних задач. Наприклад, в роботі (Kuhn & Vogt, 2012) описані досліди стосовно коливань смартфона на пружині. У домашніх умовах такі коливання доцільно досліджувати, використовуючи гумову нитку для білизни. «Обладнання» для такого досліді показано на рис. 5а. Використання даних акселерометра смартфона (рис. 5б) дозволяє розв'язувати задачі по визначенню параметрів загасаючих коливань після відповідних змін умов стандартних задач (див. збірник задач (Гаркуша та ін., 2003) №№ 4.86, 4.89, 4.91). При цьому завдання легко індивідуалізувати, задавши різну довжину нитки для кожного студента.

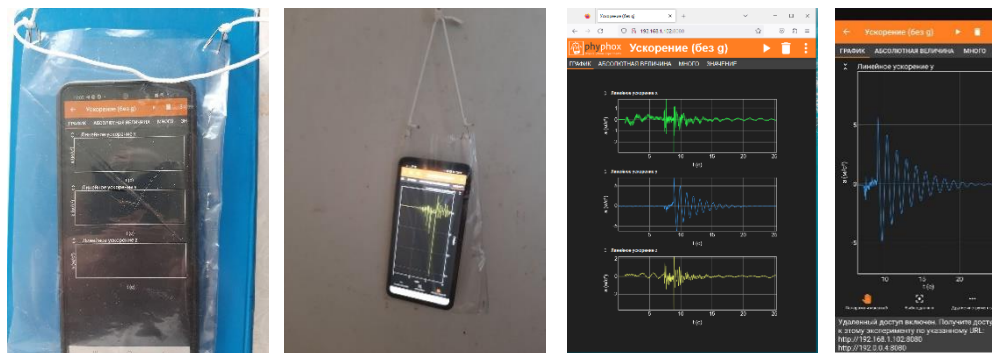


Рис. 5. Вивчення загасаючих коливань

При розв'язуванні задач, в яких розглядаються механічні процеси, перебіг яких складно фіксувати, в пригоді може стати їх відеозйомка з подальшим аналізом за допомогою вільно поширюваної програмою Tracker. Прийоми роботи з цією програмою представлені на сайті вчителів фізики м. Києва (https://phys.ipo.kubg.edu.ua/?page_id=4727/) та роботах (Brown & Cox, 2009; Chernetskii et al., 2022; Eadkhong et al, 2022).

Приклад експериментальної задачі із застосуванням програми Tracker (задача № 1.64 з відомого збірника задач І. Є. Ірдова видання 1988 р). Тіло пустили вгору по похилій площині з кутom нахилу α . Визначити коефіцієнт тертя, якщо час руху вгору виявився у k разів менший за час спуску.

Похилою площиною може бути книжка достатнього розміру, а кут її нахилу легко визначити за допомогою PhyPhox, функція «Нахил» (рис. 6 а), або ж застосунку Level. В якості тіла зручно використати монету. Результати відеозйомки руху монети оброблені програмою Tracker показані на рис. 6 б.



а)

б)

Рис. 6. Приклад застосування програми Tracker

а) визначення кута нахилу площини; б) знімок екрану програми Tracker (<https://youtube.com/shorts/BtKueLsE5k0?feature=share>)

Відеозйомка руху іграшки Йо-Йо (рис. 7 а), яка фактично є маятником Максвелла, або ж котушки з декоративною стрічкою (рис. 7 б), дозволяє сформулювати експериментальну задачу аналогічну № 1.288 із збірника (Ірдов, 1988), але визначити момент інерції за величиною прискорення центра мас.

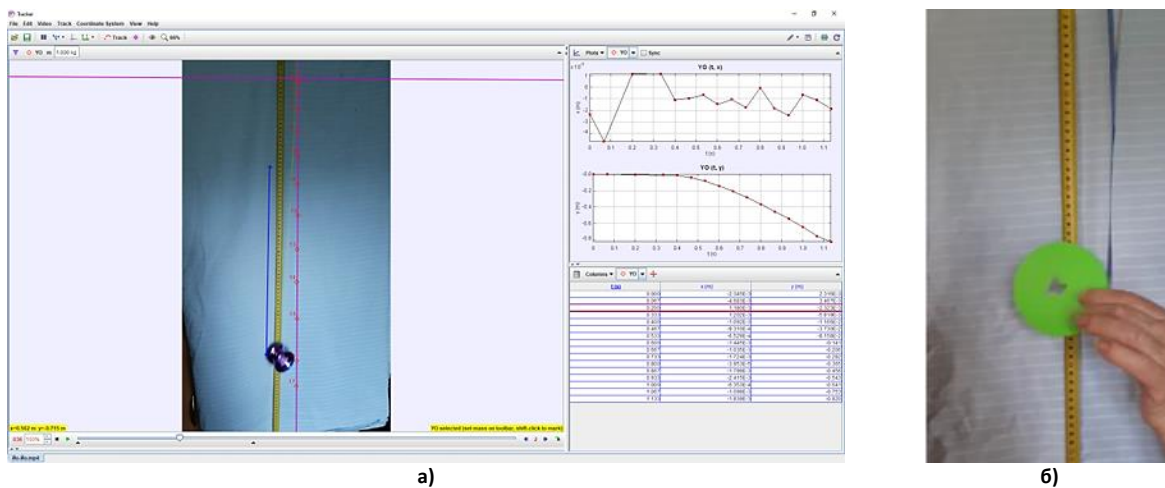


Рис. 7. Рух центра мас маятника Максвелла <https://youtube.com/shorts/ZQRdX8A8LO8?feature=share>

Як відмічають автори багатьох публікацій експериментаторські уміння сучасних учнів та студентів знаходяться на достатньо низькому рівні. Тому самостійна постановка експерименту при розв'язуванні задачі являє для них чи не найбільшу трудність. За таких умов ми вважаємо за потрібне надавати вказівки до постановки експерименту (див., наприклад, https://drive.google.com/drive/folders/1kHWph0Sd0faX6NMVo7VljypzGMGVGVV5?usp=share_link).

Застосування симуляторів фізичних процесів.

Далеко не всі фізичні процеси можна дослідити в ході домашніх експериментів. Наприклад, переважна кількість студентів не мають вдома електровимірювальних приладів, мікроскопів тощо. Для формулювання задач, в яких повинні використовуватися недоступні в домашніх умовах прилади, припустимим є використання комп'ютерних моделей процесів та явищ, які представлені в умові задачі. Звичайно, ми розуміємо, що такі задачі не є повноцінними експериментальними, але їх використання дозволяє формувати значну частину елементів експериментаторської компетентності.

В Інтернеті можна знайти велику кількість анімацій фізичних процесів. Наприклад, онлайн моделі, представлені в PhET (<https://phet.colorado.edu/uk/>) дозволяють скласти задачі про рух тіла, кинутого під кутом до горизонту (<https://phet.colorado.edu/uk/simulations/projectile-motion>), закон збереження енергії (<https://phet.colorado.edu/uk/simulations/energy-skate-park>) та інші. І ці можливості використовуються для організації навчального процесу (Мястковська & Пшембаєв, 2016; Дряпак & Оліярник, 2022) та інші.

Для формулювання задач, присвячених вивченню електричного струму, зручно використовувати безкоштовний застосунок falstad, в якому містяться посилання на різноманітні симуляції фізичних процесів, зокрема, і симулятор електричних схем (<https://www.falstad.com/circuit/>). Суттєвими перевагами цього симулятора є багатий набір елементів електричних схем, можливість збереження створених схем в різних форматах, у тому числі у форматі гіперпосилання, можливість відтворення працюючих схем у браузері незалежно від операційної системи пристрою, який застосовується, відтак, відсутність потреби завантаження жодних додаткових програм у пристрій користувача. Це дозволяє включити таке посилання безпосередньо в умову задачі. Недоліком для використання в експериментальних задачах можна вважати те, що всі параметри схеми не можна сховати від студентів. У той же час, це можна вважати і перевагою, яка дозволяє індивідуалізувати завдання. Тому цей застосунок доцільно використовувати для перевірки результатів розрахунків достатньо складних схем, або ж для формулювання задач, в яких використовуються дані, одержані при роботі моделі.

Приклад. У схемі показаній на рис. 8 конденсатор ємності C приєднують через резистор R до джерела постійної напруги U_0 . Визначити кількість теплоти, яка виділиться в резисторі за час, за який напруга на конденсаторі досягне значення $U = 0,9U_0$.

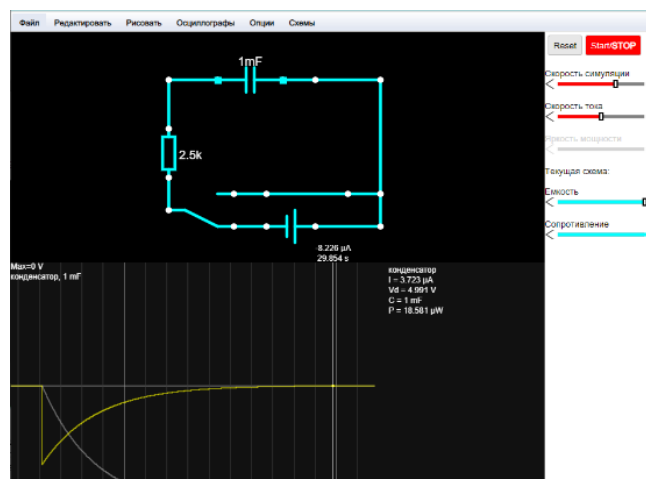


Рис. 8. Електрична схема в застосунку falstad

Розв'язування задач з фізики являє собою чи не найбільшу складність як для школярів, так і для студентів. Виконання необхідних дослідів при розв'язуванні експериментальних задач створює додаткові ускладнення, оскільки вимагає наявності у студентів ще й експериментаторських умінь. Однак як відзначають вітчизняні та іноземні фахівці, рівень експериментаторських умінь і навичок учнів та студентів є достатньо низьким (Подласов & Бригінець, 2013). Найбільш суттєвими є ускладнення, пов'язані з плануванням та проведенням експерименту (Arnold et al., 2014; Bitzenbauer et al., 2021; Kurbanbekov et al., 2016) та аналізом одержаних результатів. Тому ми додаємо рекомендації з підготовки експерименту (див., наприклад, https://drive.google.com/drive/folders/1kHWph0Sd0faX6NMVo7VljypzGMGVGVV5?usp=share_link) та посилання на приклади розв'язування задач на сайті <http://physics.zfftt.kpi.ua>.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні задачі є перспективним засобом для розвитку дослідницьких умінь студентів як при дистанційному, так і при змішаному навчанні. Застосування таких задач дозволяє поєднати традиційне розв'язування задач з проведенням експериментального дослідження. При роботі над такими задачами студенти повинні здійснювати майже такі ж самі дії як і при реальному експериментальному науковому дослідженні, що сприяє формуванню їхньої експериментаторської компетентності. Уміння, які при цьому набувають студенти, будуть вдосконалюватися в процесі навчання і використовуватися як у житті, так і в подальшій професійній діяльності.

Перспективи подальших досліджень ми вбачаємо у розробці системи експериментальних задач та завдань для домашніх дослідів за програмою курсу фізики технічного університету, виконання яких ґрунтується на застосуванні можливостей сенсорів, вбудованих в сучасні гаджети, програми Tracker та також комп'ютерних симуляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?, *International Journal of Science Education*, 36:16, 2719–2749, <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
2. Atamanchuk, P. S., Bilyk, R. N., Menderetsky, V. V., & Panchuk, O. P. (2019). Development of experimeental competence student in higher education staff. *Pedagogical sciences "colloquim-journal"*, 3(27), 38–41.
3. Bitzenbauer, P., & Meyn, J.-P. (2021). Fostering experimental competences of prospective physics teachers. *Physics Education*, 56 (4), 045020, <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abfd3f>
4. Brown, D., & Cox, A. J., (2009). Innovative Uses of Video Analysis. *The Physics Teacher*, 47(3), 145–150. <https://doi.org/10.1119/1.3081296>.
5. Chernetckiy, I., Slipukhina, I., Mieniailov, S., & Kurylenko, N., (2022). Distance education methods: video analysis in teaching physics. *ITLT*, 92(6), 21–34. <https://doi.org/10.33407/itlt.v92i6.5086>
6. Delabre, U., (2020). Experiments at Home. <https://smartphonique.fr/?p=235>.
7. Eadkhong, T., Sirisathitkul, C., & Danworaphong, S. (2022). Video analysis of one-dimensional motion and collision for distance learning laboratory. *Physics Education*, 57(5), 055006. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac72e4>
8. Kuhn J., & Vogt P. (2012). Analyzing spring pendulum phenomena with a smart-phone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 50, 504–505. <https://doi.org/10.1119/1.4758162>
9. Kuhn, J., Vogt, P., (2022) . *Smartphones as Mobile Minilabs in Physics*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-94044-7>.
10. Kurbanbekov, B. A., Turmambekov, T. A., Baizak, U. A., Saidakhmetov, P. A., Abdraimov, R. T., Bekayeva, A. E., & Orazbayeva, K. O. (2016). Students' Experimental Research Competences in the Study of Physics. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(18), 13069–13078. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1137374>
11. Park, J., Kim, H., Kim, M., Lee, G., & Hong, H., (2022). Discussions on Teaching Methods for Online Physics Experiments. *New Physics: Sae Mulli*, 72 (7), 525–536. <https://doi.org/10.3938/NPSM.72.525>
12. Slipukhina, I., Chernetckiy, I., Kurylenko, N., Mieniailov, S., & Podlasov S., (2020). Applied aspects of instrumental digital didactics: M-learning with the use of smartphone sensors. *CEUR Workshop Proceedings*, 2740, 173–187.
13. University of Wisconsin – Madison. *Physics Experiments That You Can Do at Home*. <http://www.scifun.org/homeexpts/homeexperiments.pdf>.
14. Бугаєв, А. И., (1981). *Методика преподавания физики в средней школе: Теорет. основы*. Просвещение.
15. Галатюк, Т., & Галатюк, М., (2019). Реалізація експериментального методу пізнання у вивченні природничих предметів. *Фундаментальні та прикладні дослідження: сучасні науково-практичні рішення і підходи. Міждисциплінарні перспективи*. (92–94). Посвіт. https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/24721/1/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%B8_27.06.2019-.pdf#page=93
16. Гаркуша, І. П., Горбачук, І. Т., & Курінний В. П., (2003). *Загальний курс фізики: Зб. задач*. Техніка.
17. Давиденко, А. А., (2004). *Методика розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики (теоретичні основи)*. «Аспект-Поліграф».
18. Дряпак, Н. Б., & Оліярник, Л. С., (2022). Застосування віртуальних лабораторій з фізики та математики в умовах дистанційного навчання. *The 9th International scientific and practical conference "Modern research in world science" (November 28-30, 2022) SPC "Sci-conf.com.ua"*, Lviv, Ukraine, 2022. 626–631. <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/48191/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%20%D0%9B%D1%8C%D0%B2%D1%96%D0%B2.pdf#page=626>
19. Зибер, В. А., (1926). *Живые задачи по физике: Методические искания*. Образование.
20. Иродов, И. Е., (1988). *Задачи по общей физике*. Наука.
21. Ланге, В. Н., (1985). *Экспериментальные физические задачи на смекалку*. Наука.
22. Мендерецький В. В., (2006). *Навчальний експеримент в системі підготовки вчителя фізики*. Кам'янець-Поділ. держ.ун-т, ред.-вид.від.
23. Мошков, С. С., (1955). *Экспериментальные задачи по физике*. Учпедгиз.
24. Мясковська, М. О., & Пшембаєв, І. М. (2016). Використання РНЕТ-симуляцій для виконання домашніх завдань з молекулярної фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка № 22*. 204–207. <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2016-22.204-207>

25. Подласов, С., & Бригінець, В., (2013). Елементи інформаційно-навчального середовища для навчання фізики в технічному університеті. *Наукові записки*. 4(2). 181-185.
26. Садовий, М., & Руденко, Є., (2015). Експериментальні задачі з використанням новітніх інформаційних технологій на сучасному уроці фізики. *Наукові записки*, 8(1), 122-126. <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/view/241>

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?, *International Journal of Science Education*, 36:16, 2719-2749, <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Atamanchuk, P. S., Bilyk, R. N., Menderetsky, V. V., & Panchuk, O. P. (2019). Development of experimeental competence student in higher education staff. *Pedagogical sciencees "colloquim-journal"*, 3(27), 38-41.
- Bitzenbauer, P., & Meyn, J.-P. (2021). Fostering experimental competences of prospective physics teachers. *Physics Education*, 56 (4), 045020, <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abfd3f>
- Brown, D., & Cox, A. J., (2009). Innovative Uses of Video Analysis. *The Physics Teacher*, 47(3), 145–150. <https://doi.org/10.1119/1.3081296>.
- Chernetkiy, I., Slipukhina, I., Mienailov, S., & Kurylenko, N., (2022). Distance education methods: video analysis in teaching physics. *ITLT*, 92(6), 21–34. <https://doi.org/10.33407/itlt.v92i6.5086>
- Delabre, U., (2020). Experiments at Home. <https://smarthphonique.fr/?p=235>.
- Eadkhong, T., Sirisathikul, C., & Danworaphong, S. (2022). Video analysis of one-dimensional motion and collision for distance learning laboratory. *Physics Education*, 57(5), 055006. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ac7e24>
- Kuhn J., & Vogt P. (2012). Analyzing spring pendulum phenomena with a smart-phone acceleration sensor. *The Physics Teacher* 50, 504–505. <https://doi.org/10.1119/1.4758162>
- Kuhn, J., Vogt, P., (2022) . *Smartphones as Mobile Minilabs in Physics*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-94044-7>.
- Kurbanbekov, B. A., Turmambekov, T. A., Baizak, U. A., Saidakhmetov, P. A., Abdraimov, R. T., Bekayeva, A. E., & Orzabayeva, K. O. (2016). Students' Experimental Research Competences in the Study of Physics. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(18), 13069-13078. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1137374>
- Park, J., Kim, H., Kim, M., Lee, G., & Hong, H., (2022). Discussions on Teaching Methods for Online Physics Experiments. *New Physics: Sae Mulli*, 72 (7), 525-536. <https://doi.org/10.3938/NPSM.72.525>
- Slipukhina, I., Chernetkiy, I., Kurylenko, N., Mienailov, S., & Podlasov S., (2020). Applied aspects of instrumental digital didactics: M-learning with the use of smartphone sensors. *CEUR Workshop Proceedings*, 2740, 173-187.
- University of Wisconsin – Madison. *Physics Experiments That You Can Do at Home*. <http://www.scifun.org/homeexpts/homeexperiments.pdf>.
- Buhaev, A. I., (1981). *Metodyka prepodavania fizyky v srednei shkole: Teoret. osnovy. [Methods of teaching physics in high school: Theoret. basics]* Prosveshchenye. (in Russian).
- Halatiuk, T., & Halatiuk, M., (2019). Realizatsiia eksperymentalnoho metodu piznannia u vyvchenni pryrodnykh predmetiv [Implementation of the experiential method of cognition in the study of natural subjects]. *Fundamentalni ta prykladni doslidzhennia: suchasni naukovo-praktychni rishennia i pidkhody. Mizhdystyplinarni perspektyvy [Fundamental and applied research: modern scientific and practical solutions and approaches. Interdisciplinary perspectives]*. (92-94). Posvit. https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/24721/1/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D0%B8_27.06.2019-.pdf#page=93 (in Ukrainian).
- Harkusha, I. P., Horbachuk, I. T., & Kurinnyi V. P., (2003). *General course of physics: Collection. tasks [General course of physics: Problems Collection]*. Tekhnika. (in Ukrainian).
- Davydenko, A. A., (2004). *Metodyka rozvytku tvorchykh zdbnostoni uchniv u protsesi navchannia fizyky (teoretychni osnovy) [Methodology for the development of students' creative abilities in the process of learning physics (theoretical foundations)]*. «Aspekt-Polihrاف». (in Ukrainian).
- Driapak, N. B., & Oliiarnyk, L. S., (2022). Zastosuvannia virtualnykh laboratorii z fizyky ta matematyky v umovakh dystantsiinoho navchannia [Application of virtual laboratories in physics and mathematics in the conditions of distance learning]. *The 9th International scientific and practical conference "Modern research in world science" (November 28-30, 2022) SPC "Sci-conf.com.ua"*, Lviv, Ukraine. 2022. 626-631. (in Ukrainian).
- Ziber, V. A., (1926). *Zhivie zadachi po fizike: Metodicheskie iskaniya [Living problems in physics: Methodical searches]*. Obrazovanie. (in Russian).
- Irodov, I. Ye., (1988). Problems in general physics [Zadachy po obshchei fizyke]. Nauka. (in Russian).
- Lanhe, V. N., (1985). *Experimental physical tasks for ingenuity [Eksperimentalnie fizicheskie zadachi na smekalku]*. Nauka. (in Russian).
- Menderetskyi V. V., (2006). *Navchalnyi eksperyment v systemi pidhotovky vchytelia fizyky [The initial experiment in the system of training teacher of physics]*. Kamianets-Podil.derzh.un-t, red.-vyd.vid. [Kamianets-Podil State University, editorial and publishing department]. (in Ukrainian).
- Moshkov, S. S., (1955). *Eksperimentalnyie zadachi po fizike [Experimental problems in physics]*. Uchpedgiz. (in Russian).
- Miastkovska, M. O., & Pshembaiev, I. M., (2016). Vykorystannia PHET-symuliatcii dlia vykonannia domashnikh zavdan z molekuliarnoi fizyky [A library of PHET simulations for homework in molecular physics]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohienka [Collection of scientific studies of Kam'yanets-Podilsky National University named after Ivan Ogiienko] № 22*. 204-207 DOI: <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2016-22.204-207>. (in Ukrainian).
- Podlasov, S., & Bryhinets, V., (2013). Elementy informatsiino-navchalnoho seredovyscha dlia navchannia fizyky v tekhnichnomu universyteti [The Elements of the information-study environment for study f physics at a technical university]. *Naukovi zapysky [Science notes]*. 4(2). 181-185. (in Ukrainian).
- Sadovyi, M., & Rudenko, Ye., (2015). Eksperymentalni zadachi z vykorystanniam novitnikh informatsiinykh tekhnolohii na suchasnomu urotsi fizyky [Experimental problems with new information technologies at the current level of physics]. *Naukovi zapysky [Science notes]*, 8(1), 122-126. <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/view/241>. (in Ukrainian).

