



DOI 10.31110/2413-1571-2022-035-3-003

УДК 377.131.11:37.022

**ФОРМУВАННЯ  
 ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ  
 У ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ  
 ПІД ЧАС КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ  
 ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ТА ПРОЦЕСІВ  
 ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ**

Вікторія ДРОНЬ ✉

Прилуцький технічний фаховий коледж, Прилуки, Україна  
 viktoriia.dron@ptfc.ukr.education  
<https://orcid.org/0000-0002-6313-1724>

**FORMATION  
 OF RESEARCH COMPETENCIES IN STUDENTS  
 DURING COMPUTER MODELING  
 OF PHYSICAL PHENOMENA AND PROCESSES  
 IN DISTANCE LEARNING**

Viktoriia DRON ✉

Pryluky Technical Applied College, Pryluky, Ukraine  
 viktoriia.dron@ptfc.ukr.education  
<https://orcid.org/0000-0002-6313-1724>

## АНОТАЦІЯ

**Формування проблеми.** Сьогодні ставить перед освітою виклики, зокрема, пандемії, збройні вторгнення, як наслідок стрімкий розвиток освітніх тенденцій дистанційного навчання. З огляду на це постає питання забезпечення освітніх потреб здобувачів освіти у формуванні у них дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів для розвитку пізнавального інтересу до дисципліни при дистанційному навчанні.

**Матеріали і методи.** Аналіз та систематизація науково-педагогічної літератури з використанням та впровадження в освітній процес комп'ютерних програмних симуляторів, зокрема, Phet-симуляцій. Емпіричний аналіз можливостей Phet-симуляцій у контексті формування дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні.

**Результати.** Запропоновано використання можливостей Phet-симуляцій для візуалізації навчального експерименту. На прикладі наведених інструкційних карток показано можливості формування дослідницьких компетентностей у здобувачів освіти під час дистанційного навчання. Висвітлено переваги використання Phet-симуляцій в освітньому процесі при дистанційному навчанні.

**Висновки.** Самостійне моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні дає можливість здобувачам освіти більш глибоко зрозуміти основи досліджуваних природних явищ та процесів, принцип дії та будову сучасної техніки шляхом візуалізації процесів, маючи різні параметри фізичної моделі. Крім високих показників якісного засвоєння навчального матеріалу, у здобувачів підвищується інтерес до вивчення предмету, що відкриває широкі можливості для здійснення самостійної роботи, сприяє розвитку творчої діяльності, формуванню дослідницьких компетентностей, стимулює одержання додаткових знань та їх закріплення, що дає можливість виховувати всебічно розвинену особистість з уміннями та навичками XXI століття.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** комп'ютерне моделювання; моделювання; фізика; компетентність; пізнавальні завдання; комп'ютерні моделі (симуляції); дистанційне навчання.

## ABSTRACT

**Formulation of the problem.** Today poses challenges to education, in particular, pandemics, and armed invasions, as a result of the rapid development of educational trends in distance learning. Given this, the question arises of ensuring the educational needs of students in the formation of their research competencies in computer modeling of physical phenomena and processes to develop a cognitive interest in the discipline of distance learning.

**Materials and methods.** Analysis and systematization of scientific and pedagogical literature on the use and implementation in the educational process of computer software simulators, in particular, Phet-simulations. Empirical analysis of the possibilities of Phet-simulations in the context of the formation of research competencies in computer modeling of physical phenomena and processes in distance learning.

**Results.** The use of Phet-simulation capabilities for visualization of a training experiment is proposed. In the example of the given instruction cards, the possibilities of the formation of research competencies in students during distance learning are shown. The advantages of using Phet simulations in the educational process of distance learning are highlighted.

**Conclusions.** Independent modeling of physical phenomena and processes in distance learning gives students the opportunity to better understand the basics of the studied natural phenomena and processes, the principle of operation, and the structure of modern technology by visualizing processes with different parameters of the physical model. In addition to high rates of quality learning, students increase interest in studying the subject, which opens wide opportunities for independent work, promotes creative activity, formation of research competencies, stimulates the acquisition of additional knowledge and their consolidation, which allows education a comprehensively developed personality which skills and abilities of the XXI century.

**KEYWORDS:** computer simulation; modeling; physics; competence; cognitive tasks; computer models (simulations); distance learning.

## ВСТУП

**Постановка проблеми.** Виклики, з якими зіткнулися українські здобувачі освіти та викладачі, стають рушійною силою до трансформації освітньої системи у віртуальний простір. Дистанційне навчання протягом останніх трьох років набирає все більше обертів. Враховуючи необхідність формування пізнавального інтересу до дисципліни «Фізика», яка є основою для вивчення технічних дисциплін, зокрема, таких як «Геодезія», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини та апарати» та інших, необхідно закладати дослідницькі компетентності під час комп'ютерного

## Для цитування:

Дронь В. Формування дослідницьких компетентностей у здобувачів освіти під час комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні. *Фізико-математична освіта*, 2022. Том 35, № 3. С. 19-25. DOI: 10.31110/2413-1571-2022-035-3-003

Дронь, В. (2022). Формування дослідницьких компетентностей у здобувачів освіти під час комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні. *Фізико-математична освіта*, 35(3), 19-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-003>

## For citation:

Dron, V. (2022). Formation of research competencies in students during computer modeling of physical phenomena and processes in distance learning. *Physical and Mathematical Education*, 35(3), 19-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-003>

Dron, V. (2022). Formuvannia doslidnytskykh kompetentnostei u zdobuvachiv osvity pid chas kompiuternoho modeliuvannia fizychnykh yavysch ta protsesiv pry dystantsiynomu navchanni [Formation of research competencies in students during computer modeling of physical phenomena and processes in distance learning]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 35(3), 19-25. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-035-3-003>

моделювання у здобувачів освіти. При дистанційному навчанні викладачі використовують різні методи, а комп'ютерне моделювання є одним із необхідних для розуміння фізичних явищ і процесів та змін, що відбуваються з ними. Розвиток інформаційних технологій сприяє не тільки відродженню методу моделювання, а й призводить до появи спеціалізованих комп'ютерних середовищ, в яких стало можливим моделювання різноманітних фізичних явищ і процесів, а тому проблема формування дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання на їх основі у майбутніх фахових молодших бакалаврів технічних спеціальностей є досить актуальною.

**Аналіз актуальних досліджень.** Аналіз науково-педагогічної літератури свідчить про те, що проблеми формування дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання в освітньому процесі досліджувалися у роботах багатьох вчених. Відомо, що інформатизація системи освіти безпосередньо пов'язана з широким впровадженням і ефективним застосуванням в освіті інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), що базуються на методах і засобах інформатики. Ці методи та засоби утворюють у системі освіти гнучке й адаптивне інтегроване організаційно-функціональне та інформаційно-технологічне комп'ютерно орієнтоване середовище, яке розвивається й активно впливає на формування в системі освіти найбільш сприятливих умов досягнення її зовнішніх і внутрішніх цілей (Дронь, 2017).

С.Г. Литвинова (2018) у своїй роботі «Використання систем комп'ютерного моделювання для проектування дослідницьких завдань з математики» наводить узагальненні основні положення й обґрунтованість використання систем комп'ютерного моделювання закладами загальної середньої освіти для проектування дослідницьких завдань і навчання учнів математики.

Ю. О. Жук, О. М. Соколюк, Н. П. Дементієвська, О. В. Слободяник та П. К. Соколов (2014) наводять основні принципи та підходи застосування інтернет-технологій для дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики у своїй роботі. За їх висновками – комп'ютерне моделювання має визначені конкретні навчальні цілі, спонукає здобувачів освіти розвивати пізнавальний інтерес до курсу фізики, до пошуку причинно-наслідкових зв'язків.

У роботі «Моделювання віртуального фізичного експерименту для систем дистанційного навчання в загальноосвітній і вищій педагогічній школах» розглянуто та описано: стан розвитку навчального комп'ютерного моделювання, його сучасних можливостей; основні психолого-дидактичні підходи до проблеми моделювання у навчанні фізики та шкільному фізичному експерименті; класифікацію комп'ютерних моделей для системи дистанційного навчання; основні види віртуального моделювання, що найбільш широко використовуються у системах комп'ютерної підтримки навчання фізики; дидактичні можливості їх застосування у навчанні учнів загальноосвітньої школи (Головко та ін., 2015).

У дослідженні американських учених проаналізовано створення ефективних питань для досягнення мети за допомогою трьох аспектів: запитання подаються здобувачам освіти у певний спосіб, що спонукає до значних роздумів, а не лише до запам'ятовування чи виконання відпрацьованої навички; питання супроводжуються широким обговоренням, спочатку у малих групах, а потім усім класом; викладач постійно спостерігає за роботою здобувачів та адаптується до їх потреб у навчанні (Beatty et al., 2006).

Зауважимо, що питання використання комп'ютерних моделей в освітньому процесі при вивченні курсу фізики розвивалося і досліджувалося вченими за такими напрямками: реалізовано симуляційну систему навчання, і у контексті вивчення курсу фізики досліджувалися відмінності між навчанням на основі комп'ютерного моделювання та традиційним лабораторним навчанням (Chang et al., 2008); проаналізовано використання методів комп'ютерного моделювання у фізиці та інших дисциплінах, таких як матеріалознавство (Steinhauser, 2012); використання Phet-симуляції для виконання домашніх завдань з молекулярної фізики та посилення міждисциплінарних зв'язків (Мястковська & Пшембаєв, 2016); розкрито можливості застосування на заняттях фізики комп'ютерного моделювання: під час актуалізації необхідних знань та умінь запропонувавши здобувачам освіти перегляд симуляції для пояснення вивчених раніше явищ та законів; під час надання нового матеріалу супроводженням розповіді викладача відповідними симуляціями для більш ефективного розуміння; під час узагальнення та систематизації знань дані симуляції дозволяють здійснити оцінювання знань та умінь отриманих на занятті (Дронь, 2017); можливості використання комп'ютерних моделей під час індивідуальної роботи учнів з фізики, доводять ефективність їх впливу на навчальний процес з фізики та розвиток пізнавальних здібностей (Слободяник, 2019); розглянуто курс симуляцій моделювання як реальний зв'язок з практичними застосуваннями, обґрунтовано, що даний підхід до вивчення є природним «містком» між теорією і практикою (Saastamoinen & Rissanen, 2019).

Водночас аналіз науково-методичних праць не виявив стійких шляхів формування дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання у здобувачів освіти при дистанційному навчанні.

**Мета статті.** З огляду на це метою статті є висвітлення можливостей комп'ютерних програмних симуляторів, зокрема, Phet-симуляцій, до формування дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання у здобувачів освіти при дистанційному навчанні.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Аналіз та систематизація науково-педагогічної літератури з використання та впровадження в освітній процес комп'ютерних програмних симуляторів, зокрема, Phet-симуляцій. Емпіричний аналіз можливостей Phet-симуляцій у контексті формування дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Процес навчання фізики на I та II курсах фахових коледжів, де здобувачі освіти опановують повну профільну середню освіту, спрямовується на розвиток особистості здобувача освіти, становлення його наукового світогляду й відповідного стилю мислення, формування предметної, науково-природничої (як галузевої) та ключових компетентностей

(Фізика і астрономія. Навчальна програма, 2017). Однією з таких ключових компетентностей є компетентність у природничих науках і технологіях розвиток якої можна досягти за допомогою формування дослідницької компетентності.

Під дослідницькою компетентністю розуміємо результат засвоєння навчального матеріалу як вміння пояснювати природні явища та процеси, принцип дії та будову сучасної техніки, приладів та обладнання на основі фізичних знань, здатність застосовувати знання для вирішення конкретних завдань щодо реальних об'єктів навколишнього середовища, планувати та реалізовувати фізичні спостереження й експеримент, фіксувати та опрацьовувати, правильно інтерпретувати й оцінювати їх результати. Це досягається завдяки проведенню навчальних експериментів які реалізуються у формі демонстраційного й фронтального експерименту, робіт лабораторного практикуму, домашніх дослідів і спостережень.

Під час дистанційного навчання вивчення певних фізичних явищ та процесів можливе завдяки застосуванню комп'ютерних імітаційних моделей. Їх використання дозволяє візуалізувати явища і процеси; здійснювати постійний зворотний зв'язок між здобувачем освіти й комп'ютерною технікою; дає можливість для зберігання достатньо великих обсягів інформації, її передачі та доступу до банку даних, дозволяє створювати та досліджувати на екрані динамічну картину фізичних явищ і процесів, формулювати навички дослідницьких завдань, пов'язаних з інтерактивними при дистанційному навчанні.

За результатами наукового дослідження на тему «Система комп'ютерного моделювання пізнавальних завдань для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів», проведеного групою дослідників, що виконувалося в Інституті інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України, було проаналізовано близько 30 онлайн-ресурсів, які надають можливість здобувачам освіти та викладачам працювати з інтерактивними комп'ютерними моделями при вивченні природничих дисциплін (Литвинова & Соколюк, 2020).

Серед досліджених онлайн-ресурсів особливе місце посідає сайт University of Colorado Boulder (США) – <https://phet.colorado.edu/>, на якому розміщено понад 126 комп'ютерних симуляцій з фізики, хімії, біології, математики та астрономії. Сайт перекладено на 46 мов, однією з яких є й українська. На сайті опубліковані, у тому числі й українською мовою для всіх перекладених моделей інструкції для педагогів, характеристики обмеження моделей, сутнісні характеристики моделей та методичні рекомендації, зокрема, і приклади завдань для навчання з дослідженнями. На сайті представлено понад 120 наукових статей і результатів педагогічних досліджень, пов'язаних з використанням комп'ютерних моделей сайту Phet, розробки уроків вчителів і викладачів різних закордонних навчальних закладів.

Phet-симуляції – унікальне середовище інтерактивних симуляцій з усіх розділів фізики. Вони покликані заохотити здобувачів освіти до творчості, мотивувати до здобуття знань, вивчаючи фізику, пояснювати наш реальний світ. Поєднання науки й техніки комп'ютерного моделювання робить Phet-симуляції цікавим віртуальним освітнім середовищем.

У процесі роботи з комп'ютерним моделюванням фізичних явищ та процесів варто навчити здобувачів дотримуватися певної послідовності дій, яка дозволить будувати правильні логічні висновки та формувати вичерпні уявлення про закони навколишнього світу. Використовуючи можливості моделювання ефективно, можна досить просто розвинути у них вміння спостерігати, досліджувати, експериментувати, аналізувати та узагальнювати явища навколишнього світу.

Застосування Phet-симуляцій спочатку на заняттях з фізики, а останні два роки й під час дистанційного навчання, для здобувачів освіти I-II курсів фахових коледжів під час навчальних експериментів, робіт лабораторного практикуму, домашніх дослідів і спостережень, стало звичним явищем. Під час дистанційного навчання всі явища та процеси, які вивчаються у курсі фізики можна змодельовати, розглянути будь-яку ситуацію і наочно продемонструвати за допомогою Phet-симуляторів. Заняття з фізики не зводяться до сухого викладу матеріалу, а підкріплюються наочністю.

Авторська методика формування дослідницьких компетентностей під час комп'ютерного моделювання у здобувачів освіти при дистанційному навчанні полягає у наступному: викладач розміщує посилання на Phet-симуляцію у Google Classroom та прикріплює інструкцію для її виконання.

Наведемо приклади завдань, які пропонується виконати здобувачам освіти під час дистанційного навчання для формування дослідницьких компетентностей. Для прикладу розглянемо симуляції «Лабораторія конденсаторів» та «Геометрична оптика», завдання формулюємо від простого до складно.

*Інструкційна картка для проведення дослідження із симуляцією «Лабораторія конденсаторів»*

1. Перегляньте відео викладача (знайомство із симуляцією та її складовими).

2. Відкрийте симуляцію, оберіть вкладку «Вступ».

3. Проведіть дослідження конденсатора відповідно до свого варіанту завдань (таблиця 1). Заповніть таблицю 2. За отриманими даними розрахуйте ємність плоского конденсатора за формулою:

$$C_{\text{розр}} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

Порівняйте результати ємності конденсатора отримані через вимірювання та через розрахунок.

4. Вивчіть вплив простору і діелектричних матеріалів, які вставляються між пластинами конденсатора у колі. Проведіть дослідження конденсатора відповідно до свого варіанту завдань (таблиця 1). Заповніть таблицю 2. За отриманими даними розрахуйте ємність плоского конденсатора за формулою:

$$C_{\text{розр}} = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot S}{d}$$

Порівняйте результати ємності конденсатора отримані через вимірювання та через розрахунок.

5. Проведіть дослідження для визначення еквівалентної ємності конденсаторів, які послідовно і паралельно з'єднані у колі відповідно до свого варіанту завдань (таблиця 1). Заповніть таблицю 3.

6. Взявши числові значення ємностей конденсаторів, перевірте справедливості формул послідовного та паралельного з'єднання конденсаторів для розрахунку еквівалентного значення ємності конденсаторів.

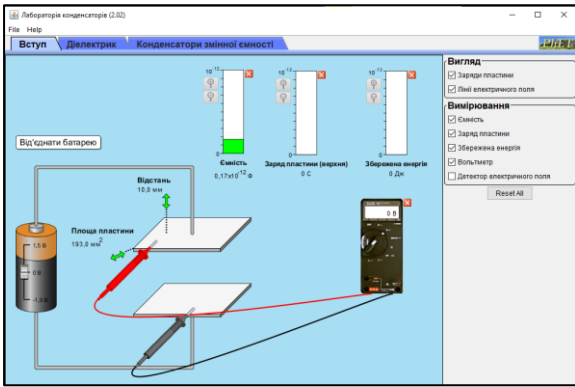


Рис. 1. Вкладка «Вступ»

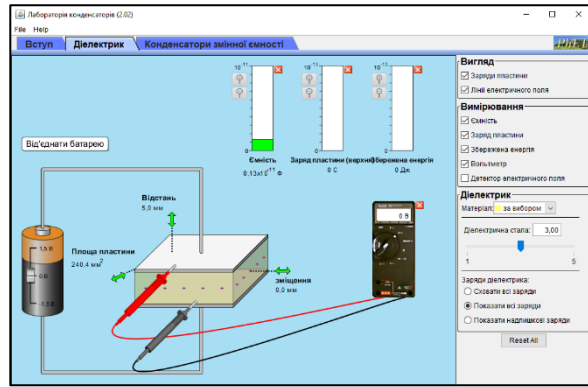


Рис. 2. Вкладка «Діелектрик»

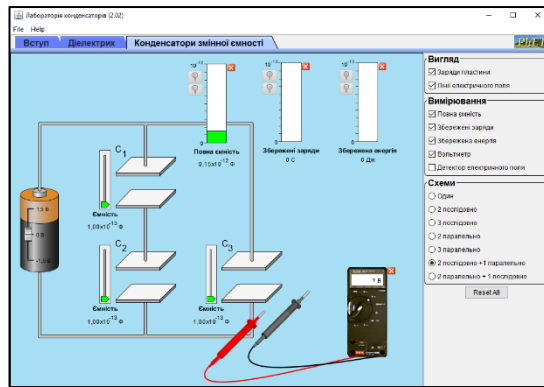


Рис. 3. Вкладка «Конденсатор змінної ємності»

Таблиця 1

Варіанти завдання

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Площа пластини S, мм <sup>2</sup> (берете близьке значення)	100	120	150	170	190	200	220	250	300	350
Відстань між пластинами d, мм (берете близьке значення)	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
Напруга U, В (берете близьке значення)	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,15
Діелектрична стала ε	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	1,0
Ємність конденсатора C <sub>1</sub> ·10 <sup>-13</sup> , Ф (берете близьке значення)	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Ємність конденсатора C <sub>2</sub> ·10 <sup>-13</sup> , Ф (берете близьке значення)	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Ємність конденсатора C <sub>3</sub> ·10 <sup>-13</sup> , Ф (берете близьке значення)	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
З'єднання конденсаторів	2 послідовно + 1 паралельно	2 паралельно + 1 послідовно	2 послідовно + 1 паралельно	2 паралельно + 1 послідовно	2 послідовно + 1 паралельно	2 паралельно + 1 послідовно	2 послідовно + 1 паралельно	2 паралельно + 1 послідовно	2 послідовно + 1 паралельно	2 паралельно + 1 послідовно

Таблиця 2

Вкладка	S, мм <sup>2</sup>	d, мм	U, В	ε	C, Ф	q, Ф	W <sub>е</sub> , Дж	C <sub>розр</sub> , Ф
«Вступ»								
«Діелектрик»								

Таблиця 3

S, мм <sup>2</sup>	d, мм	U, В	C <sub>1</sub> , Ф	C <sub>2</sub> , Ф	C <sub>3</sub> , Ф	q, Ф	C <sub>екв</sub> , Ф
U <sub>1</sub> , В	U <sub>2</sub> , В	U <sub>3</sub> , В	q <sub>1</sub> , Ф	q <sub>2</sub> , Ф	q <sub>3</sub> , Ф	W <sub>е</sub> , Дж	C <sub>екв-розр</sub> , Ф

*Інструкційна картка для проведення дослідження із симуляцією «Геометрична оптика»*

1. Перегляньте відео викладача (знайомство із симуляцією та її складовими).
  2. Відкрийте симуляцію.
  3. Проведіть дослідження ходу променів зі сферичним (опуклим та увігнутих) та плоским дзеркалом (рис. 4). Зробіть висновки про утворені зображення.
  4. Проведіть дослідження ходу променів із лінзою (опуклою – О та увігнутою – У) (рис. 5). Зробіть висновки про утворені зображення.
  5. Накресліть у зошиті хід променів із лінзою для трьох випадків: розташування предмета за подвійним фокусом, між подвійним фокусом та фокусом, між фокусом та лінзою. Завдання виконайте відповідно до свого варіанту завдання (таблиця 4), використовуючи формулу тонкої лінзи обрахуйте: фокусну відстань, оптичну силу, лінійне збільшення. Запишіть для всіх випадків характеристику отриманого зображення.
- Звіти про виконання завдань здобувачі освіти прикріплюють у Google Classroom.

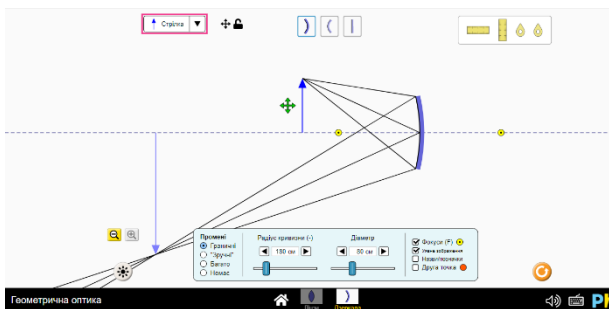


Рис. 4.

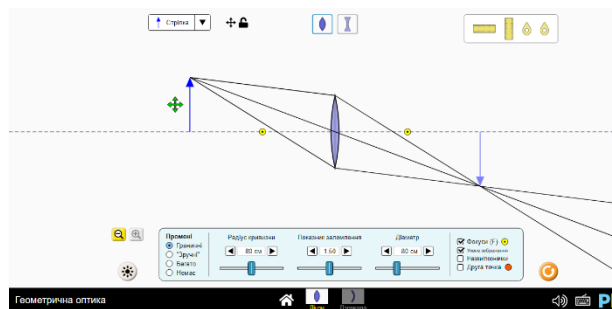


Рис. 5.

Таблиця 4

**Варіанти завдання**

№ варіанту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Параметри лінзи										
Вид лінзи	О	У	О	У	О	У	О	У	О	У
Радіус кривизни, см	40	40	50	50	60	60	70	70	80	80
Показник заломлення матеріалу лінзи	1,20	1,20	1,40	1,40	1,60	1,60	1,80	1,80	1,30	1,30
Діаметр лінзи, см	70	70	80	80	90	90	100	100	110	110

Звісно, комп’ютерна симуляція при вивченні природничих дисциплін не може замінити реальний експеримент, але все ж вона доречна під час дистанційного навчання.

Головна мета комп’ютерного моделювання – візуалізація та пояснення явищ та процесів, оскільки послідовність дій достатньо детально подається у вигляді інструкцій. До переваг використання Phet-симулятора при дистанційному навчанні можна віднести:

- дозволяють моделювати процес, наближений до реального, змінювати та коригувати умови процесів та явищ;
- забезпечують умови для віртуального експерименту;
- більшість симуляцій є мультипредметні, де візуально сприймаються явища та процеси у комплексі з погляду різних наук. Це дозволяє їх використовувати для міжпредметних досліджень;
- формують навички інженерного проєктування (наприклад, симуляція «Геометрична оптика» дозволяє пояснити, як формується зображення променями, що збирає лінза, і як ідуть промені далі. Подивитися, як промені світла заломлюються лінзою та як змінюється зображення при зміні фокусної відстані об’єктива, переміщенні, переміщуючи об’єктив або екран. Дані знання необхідні для майбутніх геодезистів);
- симулятори у цікавій формі розвивають зацікавленість до фізики та формують інформаційно-комунікаційної та дослідницької компетентності здобувачів освіти.

**ОБГОВОРЕННЯ**

Як відмічає у своєму дослідженні Н.П. Дементієвська (2018) серед великої кількості ресурсів, який пропонує інтернет, вчителям, учням і батькам іноді складно знайти й обрати сайт, який може допомогти у формуванні компетентностей учнів у природничо-математичних науках. Для формування цих компетентностей і здійснення навчальної дослідницької діяльності, зокрема, будуть корисними відомості щодо того:

- пропонується створення власних моделей користувачами, чи робота з готовими моделями;
- ступінь інтерактивності у роботі з моделями (кількість параметрів, які користувач може змінювати самостійно);
- наскільки наближені моделювання до реального життя учнів, їх оточення;
- наявність інструментів для проведення “вимірювань” (наприклад, лінійка, вимірювальні прилади тощо);
- чи передбачена в моделюванні автоматична або здійснювана користувачем побудова графіків і діаграм, що наочно демонструють явища і процеси;
- можливість вирішувати/досліджувати одне завдання/задачу чи комплекс завдань з декількох навчальних тем/предметів;

– передбачена диференціація (можливість для завдань різного рівня складності).

Комп'ютерне моделювання – це тип комп'ютерного середовища, яке добре підходить для навчання дослідженню. Основне завдання здобувача освіти є шляхом експерименту зробити висновок про характеристики моделі що лежать в основі моделювання (De Jong & Van Joolingen, 1998).

Самостійно формулюючи відповіді на зазначені питання здобувачі освіти розвивають логічне мислення, формують розуміння природних явищ та процесів, здатність застосовувати знання для вирішення конкретних завдань щодо реальних об'єктів навколишнього середовища, планувати та реалізовувати фізичні спостереження й експеримент, фіксувати та опрацьовувати, правильно інтерпретувати й оцінювати їх результати. Працюючи вдома із симуляціями, вони закріплюють пройдений матеріал, а також формують дослідницькі компетентності.

PhET-симуляції дають можливість проводити наочні досліди та моделювати їх. Вони можуть широко використовуватися на заняттях природничо-математичного циклу з метою організації навчального експерименту під час дистанційного навчання.

Як зазначає С.Г. Литвинова впровадження системи комп'ютерного моделювання для вивчення природничо-математичних дисциплін в українських школах – це не виклик, це – можливість для цілеспрямованого формування не тільки практичних, але й інтелектуальних умінь, життєвих компетенцій для досягнення навчально-виховних цілей, які постають перед сучасною школою та потрібні для успішної самореалізації у житті, навчання та праці кожної дитини (Литвинова & Соколюк, 2020).

Симуляції можна використати для пояснення нового матеріалу, контролю знань, домашніх завдань. Щоб ефективність комп'ютерного моделювання була високою, потрібно складати пізнавальні завдання до кожної Phet-симуляції. Здобувачам освіти цікаво, коли завдання має зв'язок з реальним життям, коли воно має практичне значення і може бути корисним для майбутнього застосування. Ефективність навчання значно підвищується, якщо використовувати їх не епізодично, а системно, протягом усього курсу.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Отже, самостійне моделювання фізичних явищ та процесів при дистанційному навчанні дає можливість здобувачам освіти більш глибоко зрозуміти основи досліджуваних природних явищ та процесів, принцип дії та будову сучасної техніки шляхом візуалізації процесів, маючи різні параметри фізичної моделі. Крім високих показників якісного засвоєння навчального матеріалу, у здобувачів підвищується інтерес до вивчення предмета, що відкриває широкі можливості для здійснення самостійної роботи, сприяє розвитку творчої діяльності, формуванню дослідницьких компетентностей, стимулює одержання додаткових знань та їх закріплення, що дає можливість виховувати всебічно розвинену особистість з уміньми та навичками XXI століття.

Перспективи дослідження полягають у подальшому розробленні забезпечення освітнього процесу при дистанційному навчанні для формування дослідницьких компетентностей через інтегрування змісту освітнього процесу засобами сучасних інформаційних технологій.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Beatty, I. D., Leonard, W. J., Gerace, W. J., & Dufresne, R. J. (2006). «Designing effective questions for classroom response system teaching» *American Journal of Physics*, 74(1), 31-39. <http://dx.doi.org/10.1119/1.2121753>
2. Chang, K.E., Chen, Y.L., Lin, H.Y., & Sung, Y.T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486-1498. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2008.01.007>
3. De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179-201.
4. Saastamoinen, K., & Rissanen, A. (2019). Understanding physical phenomena through simulation exercises. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286(1), <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012058>
5. Steinhäuser, M. O. (2012). Computer Simulation in Physics and Engineering. *Frankfurt University of Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1515/9783110256062>
6. Головка, М. В., Крижановський, С. Ю., & Мацюк, В. М. (2015). Моделювання віртуального фізичного експерименту для систем дистанційного навчання в загальноосвітній і вищій педагогічній школах. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 47(3), 36-48. <https://doi.org/10.33407/itlt.v47i3.1224>
7. Дементієвська, Н.П. (2018) Сайт інтерактивних симуляцій Phet як надійне і безпечне середовище для формування компетентностей учнів у природничо-математичних науках. *Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів навчання ІІТЗН НАПН України*. Київ, Україна, 139-141.
8. Дронь, В.В. (2017). Використання комп'ютерного моделювання при вивченні фізики як засобу для розвитку пізнавальної мотивації. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції з міжнародною участю. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи*, Тернопіль, 121-125.
9. Жук, Ю. О., Соколюк, О. М., Дементієвська, Н. П., Слободяник, О. В., & Соколов, П. К. (2014). *Використання інтернет технологій для дослідження природних явищ у шкільному курсі фізики: посібник*. Київ: Атіка.
10. *Інтерактивні симуляції для природничих наук і математики*. (б. д.). <http://phet.colorado.edu/uk/>
11. Литвинова, С.Г. (2018). Використання систем комп'ютерного моделювання для проектування дослідницьких завдань з математики. *Фізико-математична освіта*. 1 (15), 83-89. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-015-1-013>
12. Литвинова, С. Г., & Соколюк, О.М. (Ред.). (2020). *Використання системи комп'ютерного моделювання в умовах дистанційного навчання: збірник матеріалів*. Київ: ФОП Ямчинський О.В.
13. Мясковська, М., & Пшембаєв, І. (2016). Використання Phet-симуляцій для виконання домашніх завдань з молекулярної фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Серія: Педагогічна, Кам'янець-Подільський, Україна*, 22, 204-207.
14. Слободяник, О.В. (2019). Комп'ютерні симуляції при вивченні атомної фізики у закладах загальної середньої освіти. *Наукові записки. Серія: педагогічні науки, Кропивницький, РВВ ЦДПУ ім.В.Винниченка*, 179, 146-151.
15. Фізика і Астрономія. Навчальна програма для 10-11 класів закладів загальної середньої освіти. (рівень стандарту, профільний рівень) (наказ № 1539 від 24.11.2017 р.) <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasisv>

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Beatty, I. D., Leonard W. J., Gerace, W. J., & Dufresne, R. J. (2006). «Designing effective questions for classroom response system teaching» *American Journal of Physics*, 74(1), 31-39. <http://dx.doi.org/10.1119/1.2121753>
2. Chang, K.E., Chen, Y.L., Lin, H.Y., & Sung, Y.T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486-1498. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2008.01.007>
3. De Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of educational research*, 68(2), 179-201.
4. Saastamoinen, K., & Rissanen, A. (2019). Understanding physical phenomena through simulation exercises. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286(1), <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012058>
5. Steinhauser, M. O. (2012). Computer Simulation in Physics and Engineering. *Frankfurt University of Applied Sciences*. <https://doi.org/10.1515/9783110256062>
6. Holovko, M. V., Kryzhanovskiy, S. Yu., & Matsiuk, V. M. (2015). Modelyuvannya virtual'nogo fizychnoho eksperymentu dlya system dystantsiynoho navchannya v zahal'noosvitniyi i vyshchiiy pedahohichnii shkolakh [Simulation of virtual physical experiment for distance learning systems in general and higher pedagogical schools]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannya – Information Technologies and Learning Tools*, 47(3), 36-48. <https://doi.org/10.33407/itlt.v47i3.1224> (in Ukrainian).
7. Dementiyev's'ka, N.P. (2018). Sait interaktyvnykh symuliyatsii Phet yak nadiine i bezpechne seredovyshe dlia formuvannya kompetentnosti uchniv u pryrodnycho-matematychnykh naukakh [Phet interactive simulation site as a reliable and safe environment for the formation of students' competencies in natural sciences and mathematics]. *Zvitna naukova konferentsiia Instytutu informatsiinykh tekhnologii i zasoby navchannya IITZN NAPN Ukrainy – Reporting scientific conference of the Institute of Information Technologies and Teaching Aids of the Institute of Information Technologies of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*. Kyiv, Ukraine, 139-141. (in Ukrainian).
8. Dron, V.V. (2017). Vykorystannya kompiuternoho modeliuвання pry vyvchenni fizyky yak zasobu dlia rozvytku piznavalnoi motyvatsii [Using computer modeling in the study of physics as a means to develop cognitive motivation]. *Materialy I Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu. Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannya: dosvid, tendentsii, perspektyvy – Proceedings of the First All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference with International Participation. Modern information technologies and innovative teaching methods: experience, tendencies, perspectives*, 121-125. (in Ukrainian).
9. Zhuk, Yu. O., Sokolyuk, O. M., Dementiyev's'ka, N. P., Slobodyanyk, O. V., & Sokolov, P. K. (2014). *Vykorystannya internet tekhnologii dlia doslidzhennia pryrodnykh yavysch u shkilmomu kursu fizyky: posibnyk. [Use of Internet technologies for the study of natural phenomena in the school physics course: manual]* Kyiv: Atika. (in Ukrainian).
10. *Interaktyvni symuliyatsii dlia pryrodnychikh nauk i matematyky [Interactive Simulations for Science and Math]*. (n.d.). <http://phet.colorado.edu/uk/> (in Ukrainian).
11. Lytvynova, S.G. (2018). Vykorystannya system kompiuternoho modeliuвання dlia proektuvannya doslidnytskykh zavdan z matematyky. [Use of the systems of computer modelling for projecting of research tasks in mathematics]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 1 (15), 83-89. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2018-015-1-013> (in Ukrainian).
12. Lytvynova, S.G., & Sokolyuk, O.M. (2020). *Vykorystannya systemy kompiuternoho modeliuвання v umovakh dystantsiynoho navchannya: zbirnyk materialiv. [Using a computer simulation system in distance learning: a collection of materials]*. Kyiv: Private individual Yamchynsky O.V. (in Ukrainian).
13. Miastkovska, M., & Pshembaiev, I. (2016). Vykorystannya Phet-symuliyatsii dlia vykonannya domashnikh zavdan z molekuliarnoi fizyky. [Using Phet-simulation to do homework in molecular physics]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnogo universytetu im. Ivana Ohienka. Seriya: Pedahohichna – Collection of scientific papers of Kamyanets-Podilsky National University. Ivan Ogienko. Series: Pedagogical*, 22, 204-207. (in Ukrainian).
14. Slobodyanyk, O.V. (2019). Kompiuterni symuliyatsii pry vyvchenni atomnoi fizyky u zakladakh zahalnoi serednoi osvity. [Computer simulations in the study of atomic physics in general secondary education]. *Naukovi zapysky. Seriya: pedahohichni nauky – Scientific notes. Series: pedagogical sciences*, Kropyvnytskyi, RVV TsDPU im. V. Vynnychenko, 179, 146-151. (in Ukrainian).
15. *Fizyka i Astronomiia. Navchalna prohrama dlia 10-11 klasiv zakladiv zahalnoi serednoi osvity. (riven standartu, profilnyi riven) [Physics and Astronomy. Curriculum for 10-11 grades of general secondary education institutions. (standard level, profile level) (nakaz № 1539 vid 24.11. 2017 r.)* <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv> (in Ukrainian).

