

7. Mahas M. Mentalni modeli yak konstruktory realnosti ta irrealnosti [Mental models as constructs of reality and irreality]. *Studia methodologica*. 2014. № 37. P. 179–183.
8. Mermann E. Kommunikatsiya i kommunikabelnost. *Prakticheskie rekomendatsii dlya otkrytoy kommunikatsii* [Communication and sociability. Practical recommendations for open communication]. 2-d ed. Kharkiv: Humanitarnyi Tsent, 2015. 260 p.
9. Nova ukrainska shkola: kontseptualni zasady reformuvannia serednoi shkoly [The new Ukrainian school: conceptual principles of secondary school reform]. Kyiv: MON Ukrainy, 2016. 40 p. URL: <http://mon.gov.ua/activity/education/zagalna-serednya/ua-sch-2016/konczepczya.html>
10. Pometun O., Hupan N. Taksonomiia B. Bluma i rozvytok krytychnoho myslennia shkolariv na urokakh istorii [B. Bloom's taxonomy and the development of pupils' critical thinking in history lessons]. *Ukrainskyi pedahohichnyi zhurnal*. 2019. № 3. P. 50–58. URL: <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2019-3-50-58>
11. Pochynkova M. M. Psykhohiia profesiinoi osvity u formuvanni krytychnoho myslennia maibutnikh uchyteliv pochatkovoї shkoly [Psychology of vocational education in the formation of critical thinking of future primary school teachers]. *Pedahohika formuvannia tvorchoi osobystosti u vyshchii i zahalnoosvitnii shkolakh: zb. nauk. prats. Zaporizhzhia: KPU, 2020. Issue 69. T. 3. P. 97–101. URL: <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2020.69-3.19>*
12. Suchasnyi tлумachnyi slovnyk ukrainskoi movy: 60000 sliv [Modern explanatory dictionary of the Ukrainian language: 60000 words]. Kharkiv: VD «SHKOLA», 2014. 1550 p.
13. Kharari Yu. N. 21 urok dlia 21 stolittia [21 lessons for 21 century]. Kyiv: Fors Ukraina, 2020. 416 p.
14. Haller M. *Recherchieren. Ein Handbuch fur Journalisten*. Munchen: Olschlager, 1991. P. 178–192.
15. Walsh, J. A., Sattes, E. D. *Quality Questioning: Research-Based Practice to Engage Every Learner*. SAGE Publications. 2016. 133 p.

УДК 373.35.016:53]:004

DOI 10.25128/2415-3605.22.1.2

ОЛЬГА ФЕДЧИШИН

<https://orcid.org/0000-0003-3050-3584>

olga.fedchishin.77@gmail.com

кандидат педагогічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

СЕРГІЙ МОХУН

<https://orcid.org/0000-0001-7215-6977>

mohun_servey@ukr.net

кандидат технічних наук, доцент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

ПАВЛО ЧОПИК

<https://orcid.org/0000-0001-6631-078x>

chip.ukraine@gmail.com

асистент

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль

МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ PNET-СИМУЛЯЦІЙ У ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

Розглянуто дидактичні та методичні можливості використання PhET-симуляцій (PhET-Simulations) в освітньому процесі. Запропоновано використання електронного ресурсу в організації

ТЕОРІЯ І МЕТОДОЛОГІЯ НАВЧАННЯ

навчально-пізнавальної діяльності здобувачів освіти в процесі вивчення фізики. Проаналізовано особливості та умови використання комп'ютерних моделей під час організації освітнього процесу. Комп'ютерні моделі є ефективним засобом під час пояснення нового та закріплення вивченого матеріалу, для самостійної роботи, особливу роль вони відіграють під час проведення демонстраційного експерименту чи лабораторних робіт. Особливої актуальності набувають моделі, коли реальний фізичний експеримент неможливий. Наведено приклади якісних та кількісних завдань різних рівнів складності з розділу «Механіка». Виконання завдань такого типу сприяє ефективнішому засвоєнню теоретичного матеріалу. Обґрунтовано, що використання комп'ютерного моделювання на уроках фізики стимулює навчальну, науково-пізнавальну, дослідницьку діяльність учнів, активізує творчу діяльність і позитивно впливає на успішність, розширює межі розуміння фізичних явищ і процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі; дає можливість учням на вищому рівні зрозуміти природні явища. Використання інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі ґрунтується на зміні навчальної діяльності учня та кардинальній модернізації діяльності вчителя, забезпечує формування як ключових, так і предметної компетентності учнів.

Ключові слова: освітній процес, комп'ютерні моделі, PhET-симуляції.

OLHA FEDCHYSHYN

Candidate of Pedagogical Sciences
Associate Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

SERHII MOKHUN

Candidate of Technical Sciences
Associate Professor

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

PAVLO CHOPYK

Lecturer

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
2 Maksym Kryvonis Str., Ternopil

METHODOLOGICAL FUNDAMENTALS OF USING PHET-SIMULATIONS IN THE PROCESS OF LEARNING PHYSICS

The article considers didactic and methodological possibilities of using PhET Interactive Simulations in the educational process. The application of electronic resources in the organization of educational and cognitive activities of students in the study of physics is proposed. Features and conditions of using computer models during the organization of the educational process are analyzed. The aim of the article is to consider the methodological possibilities and analyze the effectiveness of the use of PhET-Simulations in the study of physics. The following methods were used in the research process: theoretical – analysis, comparison, systematization and generalization of educational and methodological, popular science and applied sources on the research problem.

It is argued that computer models are an effective tool for testing homework, explaining new and consolidating the previously learned material as homework or for independent work, and they play a special role during a demonstration experiment or laboratory workshop. Models become especially relevant when a real physical experiment is impossible. Examples of qualitative and quantitative tasks of different levels of complexity from the section “Mechanics” are given; performing tasks of this type contributes to better mastering of the theoretical material. It is substantiated that the use of computer modeling at lessons of natural and mathematical disciplines stimulates educational and scientific-cognitive, research activities of students, activates creative activity and has a positive effect on success, expands understanding of physical phenomena and processes occurring in the environment; enable students to understand natural phenomena at the highest level. The use of information and communication technologies in the educational process is based on changes in student learning activities and radical modernization of teacher activities, provides the formation of both key and subject competences of students.

Keywords: educational process, computer models, PhET-Simulations.

Сучасне суспільство висуває нові вимоги щодо формування компетентної особистості, яка зможе швидко адаптуватись в сучасному інформаційному середовищі. Основним завданням освіти є пошук оптимальних шляхів мотивації учнів до навчально-пізнавальної діяльності, формування вміння творчо застосовувати знання, активізація дослідницької діяльності учнів, а також формування та розвиток ключових компетентностей, серед яких математична, інформаційно-комунікаційна, компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій.

Розвиток інформаційного суспільства зумовив необхідність модернізації професійної діяльності вчителів. Ефективність такого навчання залежить від вмілої організації педагогом навчального процесу як на заняттях, так і в позаурочний час.

Застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в сучасному освітньому просторі – це можливість удосконалювати себе як сучасного вчителя, зацікавлювати учнів і заохочувати їх до самоосвіти, самовдосконалення, підвищувати якість навчання.

Використання ІКТ у процесі навчання фізики має особливі предметні ознаки: використання комп'ютерних вимірювальних систем, віртуальний фізичний експеримент, комп'ютерне моделювання, комп'ютерна обробка результатів фізичного досліду, візуальне його зображення (графіки, діаграми, гістограми) тощо [4, с. 391].

Аналіз наукової, навчально-методичної літератури, дисертаційних досліджень з теорії та методики навчання фізики свідчить, що застосування ІКТ у навчальному процесі розглядалося зарубіжними та українськими науковцями різнопланово [11, 13]. Так, у роботах В. Бикова, О. Бондаренко, А. Гуржія, Ю. Жука, В. Заболотного, О. Іваницького, В. Сергієнка, О. Шестопаля, М. Шута описано теоретичні та методологічні основи, психолого-педагогічні проблеми та можливості застосування ІКТ, розглянуто процес комп'ютеризації освіти, який є складовою інформаційної освіти, важливість впровадження в систему освіти методів і засобів ІКТ, створення на цій основі комп'ютерно орієнтованого середовища; визначено основні складові навчально-виховного процесу, на які впливає впровадження ІКТ навчального призначення, а також сучасні цілі інформатизації освіти [2].

Використання комп'ютерного моделювання явищ і процесів у навчанні природничо-математичних дисциплін розглядали С. Литвинова, Г. Громко, М. М'ястковська та ін. [6].

На сьогодні ІКТ використовуються практично в усіх сферах людської діяльності, зокрема і в освітній галузі.

Метою статті є аналіз методичних можливостей та ефективності використання PhET-симуляцій у процесі вивчення фізики.

На сьогодні відома велика кількість електронних сервісів, які дають можливість використовувати комп'ютерне моделювання в освітньому процесі («Фізика Анімації/Симуляції», «PhET-симуляції», «JavaLab», «Exploration Series», «MOZAIK education», «Go-Labz») [5, 12, 14].

Детальніше зупинимося на можливостях сайту «PhET-симуляції» (Physics Education Technology), створеного в 2004 р. науковцями Університету Колорадо (США). Він пропонує безкоштовні та загальнодоступні моделі з природничих наук, перекладений українською мовою та адаптований до використання в освітньому процесі [5]. На сайті є потужна методична і технічна підтримка, яка включає фрагменти уроків і занять з учнями, методичні рекомендації щодо використання моделювань для досліджень, а також рекомендації щодо усунення можливих технічних недоліків.

Комп'ютерні моделі, запропоновані розробниками, можуть бути використані на уроках фізики для демонстрації процесів та явищ під час пояснення нового матеріалу, для виконання індивідуальних і групових завдань, домашньої роботи, під час виконання лабораторних робіт тощо.

Зауважимо, що симуляції можна застосовувати як під час вивчення фізики, так і для вивчення інших предметів природничо-математичного циклу (хімії, біології, математики). Переваги використання моделей і симуляцій під час вивчення природничих наук полягають не тільки в тому, що забезпечують високий рівень наочності, а й у тому, що учні самостійно мають змогу впливати на хід віртуального експерименту. Окремі PhET-моделі можна використовувати для вивчення певного розділу, інші – для дослідження конкретного фізичного явища чи процесу.

Аналіз науково-методичних праць [6; 7; 8] дозволяє виділити умови, за яких використання онлайн-симуляцій є ефективним:

Визначення конкретних навчальних цілей щодо знань, умінь і навичок, які мають бути сформовані в учнів під час виконання завдань із симуляціями. Навчальні цілі мають бути конкретними. Більшість симуляцій є комплексними, учні можуть бути перевантажені, тому важливо узгодити завдання, що пропонуються учням з навчальними цілями до конкретного уроку, відповідно до віку учнів і вимог навчальних програм.

Виявлення учнями причинно-наслідкових зв'язків під час роботи з PhET-симуляціями. Діяльність учнів повинна бути спрямована на заохочення їх для роботи з комп'ютерними моделями з метою вивчення нового або повторення засвоєного навчального матеріалу.

Практичне застосування знань учнів. Освітній процес буде значно ефективнішим, якщо учні можуть спостерігати явища чи процеси у повсякденному житті.

Співпраця учнів під час роботи з комп'ютерними моделями. Ефективним є об'єднання учнів в пари, малі групи по 3–5 учнів для роботи з онлайн-симуляціями, а особливо для обговорення отриманих результатів і висновків. Навчання буде успішним, коли учні спілкуються один з одним, обмінюються своїми ідеями та міркуваннями.

Надання мінімальних вказівок щодо використання комп'ютерних моделей. Комп'ютерні моделі сайту PhET створені для заохочення учнів до дослідження і пошуку, активізації пізнавального інтересу; вони розраховані на інтуїцію та можливість експериментування.

Учитель може використовувати онлайн-симуляції під час актуалізації знань учнів; пояснення нового матеріалу вчитель супроводжує своєю розповідь відповідними комп'ютерними моделями для ефективнішого засвоєння та розуміння; під час узагальнення та систематизації знань ці симуляції дають змогу здійснити оцінювання знань і вмінь.

Саме комп'ютерні моделі дозволяють активізувати діяльність, мотивувати й отримувати в динаміці наочні ілюстрації фізичних експериментів та явищ.

Зазначимо деякі особливості використання цих моделей у навчальному процесі залежно від способу їх використання.

1. Симуляція подається у вигляді анімаційної картинки, тому вчитель має можливість керувати процесом: зупиняючи та запускаючи перехід процесу за допомогою відповідних клавіш; наприклад, невидимі фізичні величини та їх напрямки (якщо такі є) можна зробити видимими, існує можливість повторення анімації стільки разів, скільки цього вимагатиме аудиторія для повного розуміння інформації. Можна запропонувати учням зробити певні припущення щодо очікуваного результату, обговорити їх у групах, а потім порівняти із результатом, одержаним за допомогою комп'ютерної моделі. Завершується така подача матеріалу колективним обговоренням.

2. Використання комп'ютерних симуляцій на лабораторних заняттях дає можливість виконувати досліди, які неможливі з реальним обладнанням. Крім того, такі дослідження можна виконувати вдома як повноцінну лабораторну роботу або підготовку до виконання дослідження на реальному обладнанні в класі.

3. Групову форму організації навчання дуже часто застосовують учителі на уроках природничо-математичного циклу. Така форма організації можлива, якщо в учнів є персональний комп'ютер або заняття проходить у комп'ютерному класі. Тоді, об'єднавшись у групи, кожен має можливість самостійно керувати комп'ютерною моделлю під керівництвом учителя, але без безпосереднього його втручання. Виконуючи завдання, учні мають можливість аналізувати процеси, які спостерігають на екрані.

4. Використання комп'ютерних симуляцій у вигляді індивідуальних завдань для закріплення вивченого матеріалу з використанням моделей у класі; перед вивченням нового матеріалу; для дослідницької діяльності та для самостійної роботи в позаурочний час [8].

Динамічні комп'ютерні моделі можна застосовувати на різних етапах уроку: під час перевірки домашнього завдання, при поясненні нового та під час закріплення вивченого матеріалу, як домашнє завдання, але найдоцільніше їх використовувати під час індивідуальної роботи.

Використання комп'ютерного моделювання на уроках фізики стимулює навчальну та науково-пізнавальну діяльність учнів, активізує творчу діяльність і позитивно впливає на успішність, розширює межі розуміння фізичних явищ і процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі, а також дає можливість учням на вищому рівні зрозуміти природні явища, поняття, формули. Комп'ютерні моделі забезпечують високий ступінь

наочності і, що дуже важливо, учні мають змогу самостійно втручатися в перебіг експерименту, змінювати умови його проведення, що сприяє розвитку мотивації, зацікавленості та бажання експериментувати, проводити самостійні дослідження в галузі природничих наук. Комп'ютерне моделювання є важливою складовою освітнього процесу. Використання ІКТ беззаперечно позитивно впливає на процес навчання лише тоді, коли буде дотримуватися баланс між реальним та віртуальним. Не можна переобтяжувати будь-який вид навчальної діяльності – урок, самостійну, домашню чи групову роботу – комп'ютерними технологіями. Проте коли реальний експеримент неможливий (наприклад, відсутнє обладнання), то віртуальний експеримент з використанням комп'ютерного моделювання є незамінним. Крім того, у вчителя розширюються можливості для успішної організації самостійної роботи з фізики.

Використання симуляцій дозволяє учням перевіряти закони та закономірності, які вивчаються теоретично; мотивує учнів; сприяє формуванню вмінь застосовувати знання для вирішення практичних і прикладних завдань у реальному житті.

Саме таке освітнє середовище на сьогоднішній день дає можливість максимально реалізувати умови для формування ключових і предметних компетентностей учнів з природничо-математичних дисциплін. У сучасному освітньому просторі для конкурентоспроможного педагога важливим є формування готовності до інноваційної професійної діяльності, а фахова підготовка має спрямовуватися на впровадження інноваційних форм, методів і засобів навчання [3, с. 131].

Впровадження інформаційних технологій навчання фізики ґрунтується на змінах навчальної діяльності учня та кардинальній модернізації діяльності вчителя фізики, який повинен володіти сучасними методичними засобами, а саме знати методологічні аспекти, цілі та завдання використання інформаційних технологій при навчанні фізики; функції, значення і місце інформаційних технологій і засобів навчання фізики в навчально-виховному процесі [9, с. 246].

У процесі дослідження здійснювалась перевірка ефективності системи завдань з фізики на основі комп'ютерних симуляцій шляхом порівняльного аналізу успішності. Завдання, які пропонувались учням у процесі дослідження, спрямовані на реалізацію компетентнісного підходу в освітньому процесі: формування та розвиток в учнів старшої школи математичної, інформаційно-цифрової компетентності; компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій, що є обов'язковим складником загальної культури особистості і розвитку її творчого потенціалу.

Розглянемо приклад використання комп'ютерних симуляцій.

У 10 класі згідно з навчальною програмою з фізики [10] учні вивчають тему «Закон Гука». Для якіснішого засвоєння навчального матеріалу пропонуємо учням опрацювати відповідну комп'ютерну симуляцію (рис. 1) та розв'язати запропоновані завдання.

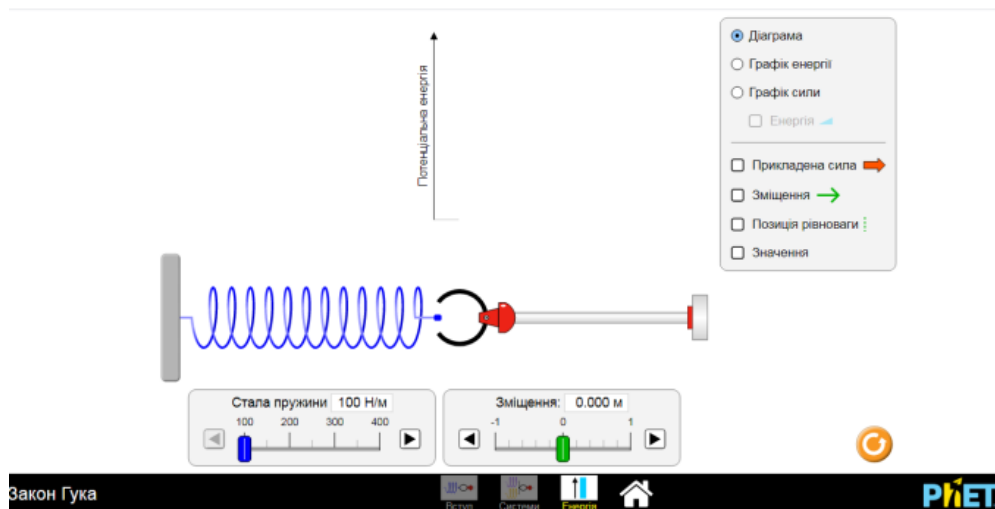


Рис. 1. Загальний вигляд симуляції «Закон Гука».

ТЕОРІЯ І МЕТОДОЛОГІЯ НАВЧАННЯ

Працюючи з симуляцією, учні можуть пояснювати зв'язок між прикладеною силою, силою пружності, коефіцієнтом жорсткості пружини, зміщенням і потенціальною енергією.

Серед пропонованих завдань можуть бути завдання як якісного, так і кількісного характеру. Наприклад: Пригадайте, від чого залежить жорсткість пружини.

Як зміниться потенціальна енергія пружно деформованого тіла, якщо змінити довжину пружини, взяти пружину іншого діаметра, при зміні абсолютного видовження пружини? Чи зміниться потенціальна енергія, якщо використати пружину, виготовлену з іншого матеріалу?

Дві пружини з'єднали паралельно. Яку жорсткість має така система (рис. 2 а)? Як зміниться жорсткість системи, якщо змінити відповідні значення.

Пружину динамометра склали з двох пружин, з'єднаних послідовно (рис. 2 б). Визначте жорсткість пружини такого динамометра.

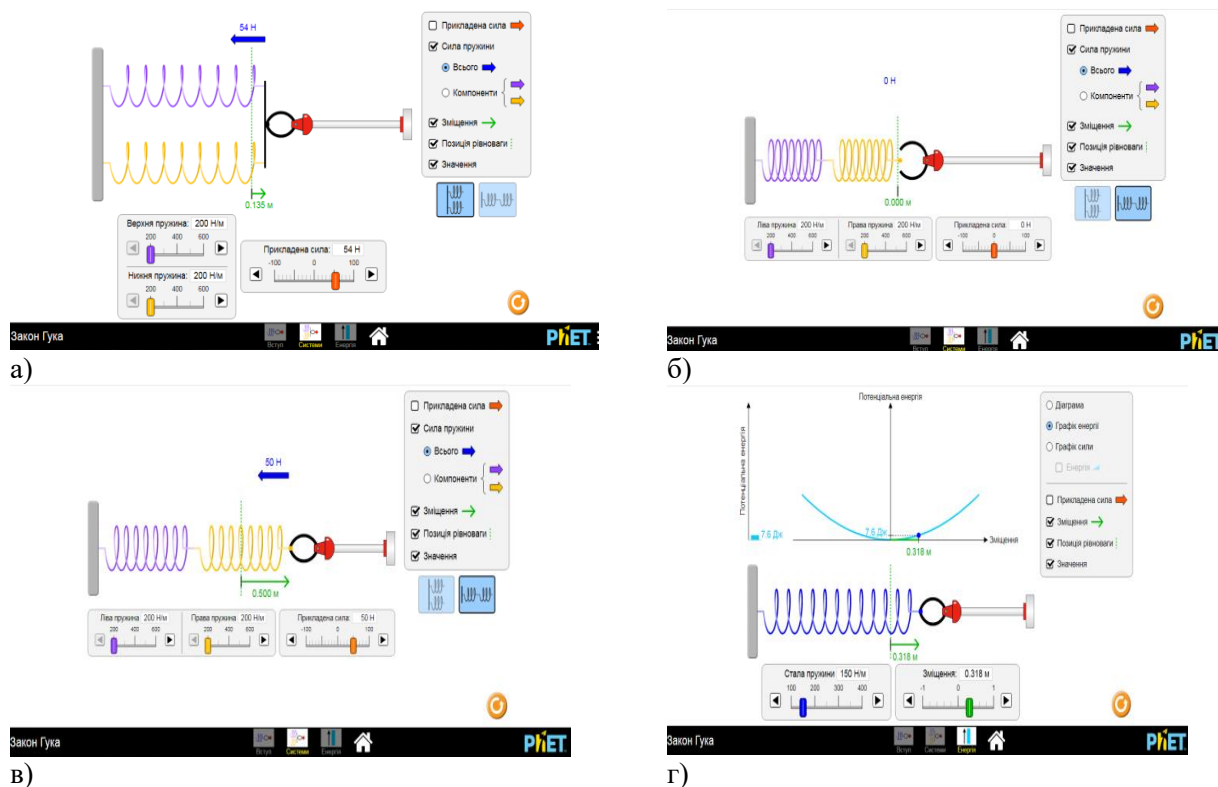


Рис. 2. Комп'ютерна симуляція «Закон Гука».

Визначте видовження системи двох пружин (рис. 2 в) під дією прикладеної сили 50 Н. Розв'яжіть задачу, змінивши коефіцієнти жорсткості цих пружин. Перевірте одержані результати за допомогою онлайн-симуляції.

Визначте потенціальну енергію деформованої пружини (рис. 2 г). Поясніть перетворення механічної енергії пружно деформованого тіла.

Складіть задачу за даними на рис. 2 г та розв'яжіть її.

Як показує практика, комп'ютерні моделі доцільно застосовувати не тільки на уроці, а й для самостійного домашнього опрацювання.

Ці комп'ютерні моделі можна використовувати як в онлайн-режимі, так і встановивши програму на деякий гаджет. Симуляції розроблені таким чином, щоб учні могли прослідкувати причинно-наслідкові зв'язки фізичних явищ і процесів.

У процесі організації пізнавальної діяльності учням можна пропонувати завдання від простіших до складніших, а учням з високим рівнем навчальних досягнень доцільно запропонувати самостійно сформулювати задачу, використовуючи відповідну комп'ютерну модель.

Дослідження щодо ефективності використання онлайн-симуляцій проводилось у 10-х класах під час вивчення теми «Сила пружності. Закон Гука». Загалом в експерименті взяли

участь 39 учнів. У ході формувального експерименту було здійснено поділ учнів на контрольну й експериментальну групи.

У контрольній групі був 21 учень, а в експериментальній – 18. У контрольній групі інформаційно-комунікаційні засоби використовувалися лише під час пояснення нового матеріалу, а в експериментальній – комп'ютерними моделями підсилювалися практичні, лабораторні заняття та систематично учні виконували завдання з використанням комп'ютерних симуляцій із сайту PhET-симуляції.

До та після експерименту в контрольній та експериментальній групах було проведено контрольний зріз знань учнів. Встановлено, що в експериментальній групі кількість учнів, які досягли високого рівня, збільшилася на 5,6 %, достатнього – на 5,5 %. В експериментальній групі кількість учнів з середнім рівнем навчальних досягнень практично не змінилась. Спостерігалася позитивна динаміка щодо успішності учнів, які мають високий та середній рівні знань у контрольній групі. Показник успішності учнів з достатнім рівнем навчальних досягнень у контрольній групі після проведення експерименту не змінився. В обох групах знизилася кількість учнів з початковим рівнем знань (рис. 3, 4).

В експериментальній групі кількість учнів, що покращили свій рівень навчальних досягнень, значно збільшилася порівняно з контрольною групою.

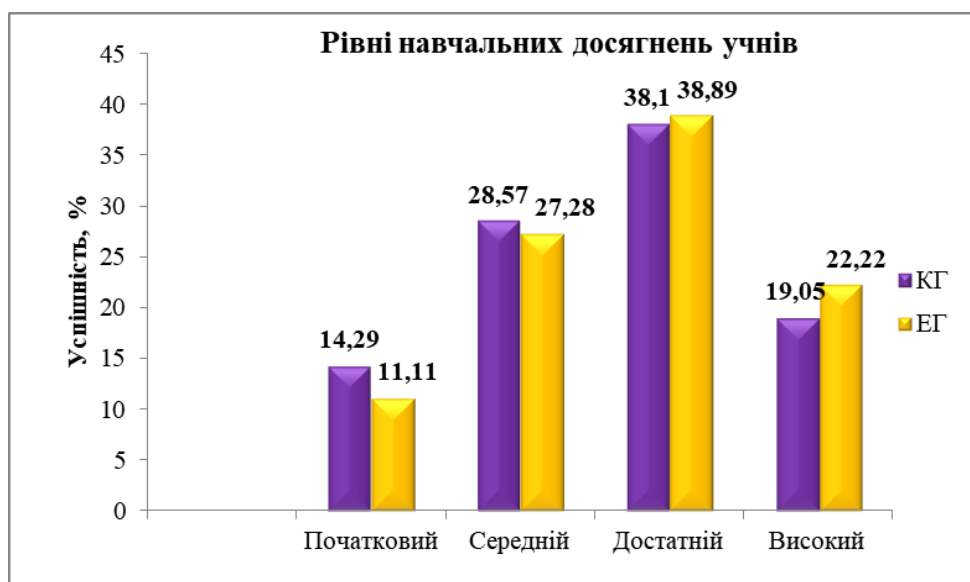


Рис. 3. Успішність учнів до проведення експерименту.

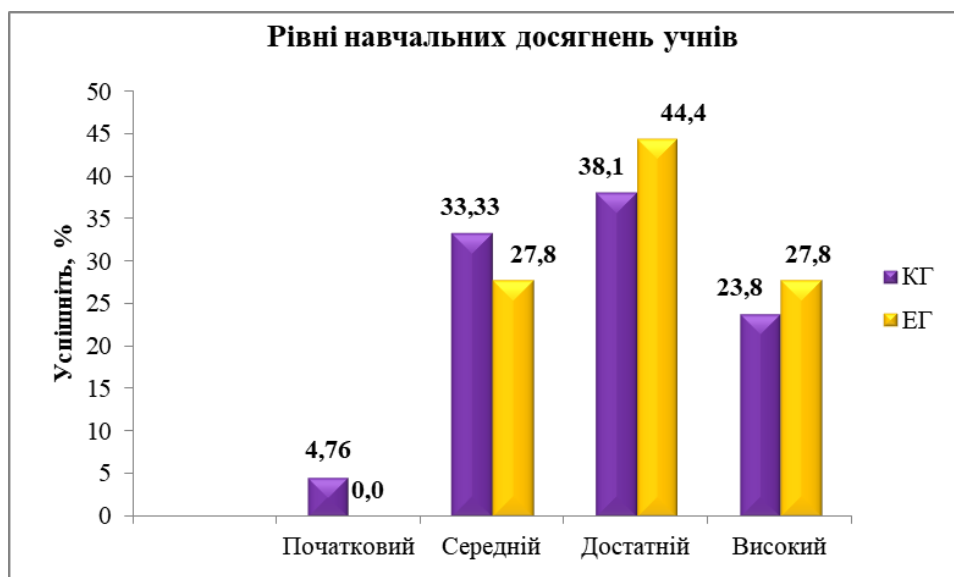


Рис. 4. Успішність учнів після проведення експерименту.

Застосування ІКТ значно спрощує реалізацію дистанційного навчання. Звичайно, під час реалізації дистанційного навчання виникають певні труднощі: недостатня матеріальна база як окремих учителів, так і учнів; невміння користуватися програмним забезпеченням, яке дозволить провести повноцінний віртуальний урок. Сьогодні існує велика кількість додатків, сервісів і програмних продуктів для здійснення якісного дистанційного навчання. Більшість з них дуже прості у використанні, безкоштовні для завантаження та доступні як для комп'ютерів, ноутбуків, планшетів, так і для мобільних телефонів [7, с. 141].

Застосування ІКТ в освітньому процесі забезпечує: формування умінь учнів працювати з інформацією, розвиток комунікативних здібностей; підготовку особистості «інформаційного суспільства»; збільшення обсягу навчального матеріалу для творчого засвоєння й використання його учнями; формування дослідницьких умінь, умінь приймати оптимальні рішення тощо.

Використання комп'ютерних моделей урізноманітнює освітній процес, дозволяє перейти від пасивних до активних методів навчання, активізує навчально-пізнавальну діяльність учнів, дає змогу створити індивідуальну траєкторію розвитку для кожного учня у процесі вивчення природничо-математичних предметів. Аналіз наукових праць дав можливість зробити висновок, що комп'ютерне моделювання сприяє глибокому розумінню фізичних процесів, які моделюються, розвитку інтелектуальних умінь, формуванню дослідницьких умінь, забезпечує формування та розвиток у здобувачів освіти компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій.

Можливості використання комп'ютерних моделей ще досліджені не повністю, тому перспективи подальших наукових розробок вбачаємо у використанні моделей, зокрема PhET-симуляцій, в освітньому процесі для формування дослідницької компетентності здобувачів освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бар'яхтар В. Г., Довгий С. О., Божинова Ф. Я., Кірюхіна О. О. Фізика (рівень стандарту, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.): підруч. для 10 кл. закл. загал. серед. освіти. Харків: Ранок, 2018. 272 с.
2. Биков В. Ю. Інформатизація загальноосвітньої та професійно-технічної школи України: концептуальні засади та пріоритетні напрямки. Професійна освіта: педагогіка та психологія. Україно-польський журнал. Вид. IV. Вид-во Вищої педагогічної школи у Ченстохові. Ченстохова, 2003. С. 501–515.
3. Візнюк В. Цифрова компетентність майбутніх педагогів як невід'ємна складова професійної підготовки. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка. 2019 (1). С. 130–136. URL: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.19.1.17>
4. Жук М. Д., Маргінюк С. В., Федчишин О. М. Інформаційно-комунікаційні технології в процесі вивчення фізики. Тези доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «Modern science: problems and innovations» (Стокгольм, Швеція, 5–7 квітня 2020 р.). 2020. С. 390–398.
5. Інтерактивні симуляції для природничих наук і математики. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/>.
6. Литвинова С. Модель використання системи комп'ютерного моделювання для формування компетентностей учнів з природничо-математичних предметів. Фізико-математична освіта. 2019. Вип. 1 (19). С. 108–115. URL: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-017>
7. Мохун С. В., Федчишин О. М. Використання віртуальних фізичних моделей в умовах дистанційного навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: Матеріали VI міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Тернопіль, 12–13 листопада 2020 р.). Тернопіль, 2020. С. 139–142.
8. Слободяник О. В. Використання комп'ютерних моделей під час індивідуальної роботи учнів з фізики. Фізико-математична освіта. 2019. Вип. 4 (22). С. 116–123.
9. Федчишин О. М. Діяльність вчителя на уроках фізики з використанням інформаційних технологій та засобів навчання. Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи: тези доп. міжн. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Тернопіль, 9–10 листопада, 2017). Тернопіль, 2017. С. 244–248.
10. Фізика. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика. 10–11 класи. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf>
11. Chang K. E., Chen Y. L., Lin H Y and Sung Y. T., Effects of learning support in simulation based physics learning. Computers & Education. 2008. 51 (4). P. 1486–1498.

12. JavaLab. URL: <https://javalab.org/en>
13. Saastamoinen K. and Rissanen A. Understanding physical phenomena through simulation exercises. *Journal of Physics: Conf. Series* 1286. 2019. P. 1–9.
14. Physics at school-HTML5. URL: <https://www.vacak.cz/physicsanimations.php?l=ua>

REFERENCES

1. Bariakhtar V. H., Dovhyi S. O., Bozhynova F. Ya. & Kiriukhina O. O. Fizyka (riven standartu, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom Loktieva V. M.): pidruch. dlia 10 kl. zakl. zahal. sered. osvity [Physics (standard level, under the curriculum of the authors' team under the direction of V. M. Loktev)]. Kharkiv: Ranok, 2018. 272 p.
2. Bykov V. Yu. Informatyzatsiia zahalnoosvitnoi ta profesiino-tekhnicnoi shkoly Ukrainy: kontseptualni zasady ta prioritytni napriamky [Informatization of secondary and vocational schools of Ukraine: conceptual principles and best directions]. *Profesiina osvita: pedahohika ta psykholohia. Ukraino-polskyi zhurnal – Vocational education: pedagogy and psychology. Ukrainian-Polish magazine. Vydannia IV. Vyd-vo: Vyshchoi Pedahohichnoi Shkoli u Chenstokhovi. Chenstokhova, 2003. P. 501–515.*
3. Vizniuk V. Tsyfrova kompetentnist maibutnikh pedahohiv yak nevidiemna skladova profesiinoi pidhotovky [Digital competence of future teachers as an integral part of professional training]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatiuk. Seria: pedahohika. 2019. Vol. 1. P. 130–136. URL: <https://doi.org/10.25128/2415-3605.19.1.17>*
4. Zhuk M. D., Martyniuk S. V., Fedchyshyn O. M. Informatsiino-komunikatsiini tekhnolohii v protsesi vyvchennia fizyky [Information and communication technologies in the process of studying physics]. *Tezy dopovidei I Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Modern science: problems and innovations» (Stokholm, Shvetsiia, 5–7 kvitnia 2020 r.). 2020. P. 390–398.*
5. Interaktyvni symuliacii dlia pryrodnych nauk i matematyky. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/>
6. Lytvynova S. Model vykorystannia systemy kompiuternoho modeliuvannia dlia formuvannia kompetentnosti uchniv z pryrodnycho-matematychnykh predmetiv [A model of using a computer modeling system to develop students' competencies in science and mathematics] *Fizyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education, 2019. Vol. 1(19), pp. 108-115. doi: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2019-019-1-017> [in Ukrainian]*
7. Mokhun S. V., Fedchyshyn O. M. Vykorystannia virtualnykh fizychnykh modeli v umovakh dystantsiinoho navchannia [Use of virtual physical models in the conditions of distance learning]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia: dosvid, tendentsii, perspektyvy: materialy VI mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. Modern information technologies and innovative teaching methods: experience, trends, prospects: Processing of the VI International. scientific-practical internet conference (m. Ternopil, 12–13 lystopada 2020 r.). P. 139–142.*
8. Slobodianyuk O. V. Vykorystannia kompiuternykh modeli pid chas individualnoi roboty uchniv z fizyky [Using computer models in the individual work of physics students]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and mathematical education. 2019. Vol. 4 (22). P. 116–123.*
9. Fedchyshyn O. M. Diialnist vchytelia na urokakh fizyky z vykorystanniam informatsiinykh tekhnolohii ta zasobiv navchannia [Teacher's activity in Physics lessons with application of information technologies and teaching aids]. *Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia: dosvid, tendentsii, perspektyvy: tezy dop. mizhn. nauk.-prakt. internet-konf. [Modern information technologies and innovative teaching methods: experience, trends, prospects: thesis add. int. scientific-practical Internet conference] (m. Ternopil, 9–10 lystopada, 2017), pp. 244–248. [in Ukrainian]*
10. Fizyka. Navchalni prohramy dlia zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv. *Fizyka. 10–11 klasy [Physics. Educational programs for general educational institutions. Physics. Grades 10–11]. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/prohramy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf> [in Ukrainian]*
11. Chang K. E., Chen Y. L., Lin H. Y. and Sung Y. T. Effects of learning support in simulationbased physics learning. *Computers & Education. 2008. 51 (4). P. 1486–1498.*
12. JavaLab. URL: <https://javalab.org/en>
13. Saastamoinen K. and Rissanen A. Understanding physical phenomena through simulation exercises. *Journal of Physics: Conf. Series* 1286. 2019. P. 1–9.
14. Physics at school-HTML5. URL: <https://www.vacak.cz/physicsanimations.php?l=ua>