

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Г. КОРОЛЕНКА

ВИТОКИ

педагогічної майстерності

Науковий журнал

Виходить двічі на рік

Заснований у травні 2007 року

Випуск 34

Серія «Педагогічні науки»



Ulrichsweb Global Serials Directory

Полтава
2024

ISSN 2616-6623
UDC 37.091.12:005.336.5

THE SOURCES OF PEDAGOGICAL SKILLS

Founder and publisher:

POLTAVA V. G. KOROLENKO NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY

The journal is published by the decision of Academic Council of Poltava National V. G. Korolenko Pedagogical University (Protocol No. 4 dated 31.10, 2024)

The journal is in the list of scientific professional publications of Ukraine (category B) in which the results of thesis may be published (Order of Ministry of Education and Science of Ukraine dated July 02, 2020, No. 886).

The journal is indexed in: Index Copernicus International, Ulrichsweb Global Serials Directory

Editor in Chief

Grynyova Maryna – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Rector of Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Members of the editorial board

Grynyov Roman, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Faculty of Physics, Ariel University, State Israel

Danyso Oksana, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Dovga Tetiana, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Central Ukrainian V. Vynnychenko State Pedagogical University, Kropyvnytskyi

Dziuba Tetiana, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Dyachenko-Bohun Maryna, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Zhamardiy Valery, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the UMSA

Zhdanova-Nedilko Olena, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Kononets Nataliia, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Kraschenko Yuriy, Candidate of Pedagogical Sciences, head of the State Service for Education Quality in Poltava region

Morgun Volodymyr, Candidate of Psychological Sciences, Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Tkachenko Andrii, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Khomenko Pavlo, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University

Managing Editor – Doctor of Pedagogical Sciences **Nataliia Kononets**

The Sources of Pedagogical Skills: The journal / Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University. Poltava, 2024. Issue 34. 257 p. (Series «Pedagogical Sciences»).

The journal includes research results of scientists and lecturers, scientific researches of doctoral and postgraduate students on the problems of future teachers training, improvement of teacher's professional skills in comprehensive and vocational schools in the context of national and international educational system.

Certificate of the state registration

Series KB No. 23451-13291 ІП dated June 22, 2018

© Group of authors, 2024

© Poltava V. G. Korolenko National Pedagogical University 2024

УДК 378.851:004.9

DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.33989/2075-146X.2024.34.318060](https://doi.org/10.33989/2075-146X.2024.34.318060)

ГРИГОРІЙ КУЗЬМЕНКО

ORCID: 0000-0002-7985-146X

Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка

ТЕТЯНА РИЖКОВА

ORCID: 0000-0002-2403-6396

ЮЛІЯ ОВСІЄНКО

ORCID: 0000-0002-4873-9061

Полтавський державний аграрний університет

МАТЕМАТИЧНЕ КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЯК ЗАСІБ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМНИХ STEM-ЗАВДАНЬ

У статті презентовано етапи розв'язання проблемних завдань у контексті STEM-навчання фізики, відповідно до яких розглянуто застосування комп'ютерних програмних середовищ MS Excel та GeoGebra для моделювання фізичних процесів в ході розв'язання проблемних завдань.

Ключові слова: STEM-освіта, математичне моделювання, проблемне завдання (ситуація), фізичний процес, комп'ютерне моделювання

Постановка проблеми. STEM-освіта стала одним з пріоритетних напрямків розвитку педагогічної науки 21-го сторіччя. Вона має стати тим інноваційним педагогічним спрямуванням, яке ґрунтується на поєднанні природничих наук (Science), технологій (Technology), технічних наук (Engineering) і математики (Mathematics), дасть можливість підготувати дітей і молодь до продуктивної діяльності у високотехнологічному світі. Гостра потреба сучасної та майбутньої економіки у кваліфікованих інженерних кадрах зумовила декларування на всіх рівнях, від ООН до урядових рішень, важливості організації й розвитку STEM-освіти. Зокрема, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. схвалено Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), яка ґрунтується, зокрема, на Резолюції, прийнятій Генеральною Асамблеєю ООН від 25 вересня 2015 р., “Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 року”, Звіті Європейського Парламенту “Заохочення досліджень STEM для ринку праці”, Інчхонській декларації “Освіта 2030” Всесвітнього освітнього форуму під егідою ЮНЕСКО й інших міжнародних документах. Метою розвитку STEM-освіти Концепція визначає комплексне поширення інноваційних методик викладання й об'єднання зусиль учасників освітнього процесу і соціальних партнерів у формуванні необхідних компетентностей здобувачів освіти, які дадуть можливість запропонувати розв'язання проблем суспільства, поєднавши природничі науки, технології, інженерію та математику. Одним з принципів впровадження STEM-освіти Концепція називає використання технологій розвивального та проблемного навчання (*Концепція розвитку природничо..., 2020*).

Запропонований нами в цьому дослідженні шлях розвитку STEM-освіти інтегрує застосування інформаційних технологій і математики з навчанням такої природничої науки з інженерним нахилом як фізика. Зокрема, ми розглядаємо в розрізі STEM-освіти математичне моделювання фізичних процесів за допомогою табличного процесору MS Excel і динамічного геометричного програмного середовища GeoGebra при розв'язуванні проблемних завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання впровадження освітніх технологій на основі STEM-навчання розглянуто в роботах Т.І. Анісімової, Н.Р. Балик, О.В. Барни, О.І. Буковської, О. Бутурліної, С.М. Бревус, Т.А. Вакалюк, Д.В. Васильєвої, В.Ю. Величко, С.А. Гальченко, Л.С. Глоби, С.М. Дзюби, О.Б. Комової, Т.Г. Крамаренко, О.В. Лісового, Л.Г. Ніколенка, Р.В. Норчевського, В.В. Осадчого, О.С. Пилипенко, Н.І. Поліхун, М.А. Попової, В.В. Приходнюк, М.Н. Рибалко, Ф.М. Сабірової, С.О. Семерікова, І.А. Сліпучіної, Є.М. Смірнкової-Трибульської, О.Є. Стрижака, І.С. Чернецького, О.В. Шатунової, С. Баумера (С. Baumer), А.П. Карневала (A.P. Carnevale), Т. Корбета (T. Corbett), С.С. Думареска (C.C. Dumaresq), Х. Фірмана (H. Firman), Х. Джанга (H. Jang), І. Каніаваті (I. Kaniawati), П. Корбела (P. Korbel), М. Мелтона (M. Melton), Б.К. Седжаті (B.K. Sejati), Г. Сікманна (G. Siekmann), М. Сонга (M. Song) та інших.

О. Ляшенко вказує на STEM як на міжгалузевий підхід з інтеграції знань різних навчальних предметів, розглядаючи методи впровадження техніко-технічних знань у зміст шкільного курсу фізики. STEM-освіта є результативною, якщо набуде статусу дидактичної системи з чітко визначеною метою, відповідними методами, формами і засобами навчання (Ляшенко, 2023, с. 287).

Дослідження колег із Мексики (Dominguez, 2024, с. 7) зосереджено на інтеграції фізики й математики на основі моделювання в STEM-освіті для студентів першого курсу інженерних спеціальностей. Отримано позитивні висновки щодо аналізу моделей студентів, оцінки ефективності педагогічного підходу та переваг інтегративного навчання. Бібік Г.В. розглядає шляхи здійснення міждисциплінарних зв'язків для формування ключових компетентностей і політехнічних знань майбутніх учителів фізики у ході вивчення основних понять лінійної алгебри й аналітичної геометрії (Бібік, 2014, с. 248).

Застосування програмного засобу GeoGebra в розрізі STEM-освіти розглядається в роботах таких авторів, як R. Ziatdinov, J.R. Valles Jr, T. Bekene Bedada, F. Machaba, R. Md-Ali, K.M. Kim, G. Suweken, N. Budinski, J.M. Furner, T.H. Kramarenko, O.S. Pylypenko, V.I. Zaselskyi, M.K. Tomić, B. Aberšek, I. Pesek, O.V. Semenikhina, I.V. Shishenko, S. Urhan, M. Demir, Y. Zengin, Z. Lavicza, T. Prodromou, K. Fenyvesi, Z. Lavicza, T. Prodromou, K. Fenyvesi, V.V. Pikalova, H. Zulnaidi, E. Oktavika, R. Hidayat, S. Gökçe, P. Güner та інших. Преважна більшість з них розглядають впровадження цього програмного середовища в навчання математики. Наприклад, ці дослідники показують, як інтеграція GeoGebra в схему навчання може допомогти покращити навички та знання студентів шкіл і університетів у численних математичних курсах, таких як обчислення, математична статистика, лінійна алгебра, лінійне програмування, автоматизоване проектування, комп'ютерна геометрія, дизайн, аналітична і проєктивна геометрія та графічне представлення (Ziatdinov R., 2022, с. 398). Показують, як одночасне використання MS Excel і GeoGebra може покращити результати навчання студентів інженерних факультетів аграрних університетів під час вивчення основ математичного моделювання на прикладі математичної моделі механічного руху двох тіл із їх пружним зіткненням (Flephantov L., 2019, с. 864).

Досліджень застосування GeoGebra в галузі навчання фізики значно менше. Розробки в цьому напрямку вели М. Malgieri, P. Onorato, A. de Ambrosis, T. Walsh, K. Hruby, J. Vesenska, P. Kolář, D. Marciuc, C. Miron, E. S. Barna, L. Solvang, J. Haglund, A. Teichrew, R. Erb, F.-S. Chiriacescu, B. Chiriacescu, I.S. Diolatzis, G. Pavlogeorgatos та інші. Огляд публікацій показав, що функції GeoGebra є цінними для навчання фізики (Solvang, 2021). Наприклад, взаємозв'язок між алгебраїчними, геометричними і числовими представленнями дає можливість аналізувати відеозаписи та зображення реальних експериментів, даючи учням можливість отримати інтуїтивне розуміння фізичних явищ для формалізованого їх представлення. Можливість доповнювати фотографії та відео реальних експериментів віртуальними об'єктами, робить GeoGebra придатним інструментом для демонстрації формалізованих представлень фізичних явищ і понять, таких як вектори, у більш зручному й інтуїтивно зрозумілому вигляді. Використовуючи GeoGebra, педагоги можуть створювати власні комп'ютерні симуляції або змінювати існуючі симуляції, які є у вільному доступі на веб-сайті цього програмного засобу. Це надає вчителям можливість вибору бажаного підходу до навчання фізики. Крім того, учні можуть усвідомити роль комп'ютерного моделювання у фізиці, беручи участь у процесі створення моделей фізичних явищ (Solvang, 2021). Розроблено методичні рекомендації щодо використання електронного засобу GeoGebra при розв'язуванні задач із кінематики для вчителів фізики (Єрмакова-Черченко, 2022, с. 7). Показано, що впровадження під час STEM-навчання у контексті інноваційних технологій заохочує здобувачів вищої освіти до пошуку нестандартних рішень, командної роботи в групах, розробці нових ідей, що мотивує студентів до саморозвитку та подальшої пізнавальної діяльності (Кузьменко, 2024, с. 17).

Вирішення досі не вирішених аспектів наукової проблеми, яким присвячено цю статтю. Зазначені науково-педагогічні дослідження пояснюють різні аспекти і методи впровадження STEM-освіти, в тому числі застосування математичного моделювання, зокрема засобами GeoGebra, навіть відображають його впровадження у вивчення окремих фізичних процесів та явищ, проте питання математичного комп'ютерного моделювання фізичних процесів як основи методики розв'язування проблемних STEM-завдань розроблено недостатньо.

Мета роботи – розробка та впровадження в освітній процес ЗВО технології STEM-навчання фізики на основі математичного моделювання фізичних процесів програмними засобами MS Excel і GeoGebra як важливого компонента розв'язування проблемних ситуацій.

Завдання статті – окреслити аспекти впровадження STEM-підходів до навчання фізики; сформулювати етапи розв'язування проблемних завдань під час STEM-навчання фізики; впровадити запропоновані етапи в освітній процес; з'ясувати можливості застосування середовищ MS Excel і GeoGebra у моделюванні фізичних явищ при розв'язуванні проблемних ситуацій.

Виклад основного матеріалу. Впровадження STEM-навчання повинно бути зосереджене на цілях і результатах здобутих знань та отриманих навичок здобувачами вищої освіти, тому слід враховувати рівень знань студентів і доступні можливості щодо втілення тієї чи іншої технології. Занадто ускладнена діяльність може призвести до зниження мотивації до навчання, викликавши при цьому відношення до STEM-освіти як негативний досвід. Поступове підведення студентів до практичної діяльності повинно передбачати на початковому етапі додавання відповідних завдань в зміст навчальних дисциплін, а потім впровадження проблемних ситуацій та організацію командної роботи під час їх вирішення.

У процесі STEM-навчання слід зосереджувати здобувачів вищої освіти на тому, що вирішення проблемної ситуації повинно бути націлене на застосування технічних, математичних, інженерних знань в тісному поєднанні з науковими теоріями та фактами з врахуванням творчого підходу. У контексті вибору проблемної ситуації слід зосереджуватися на тому, що вона є реалістичною, відповідає досліджуваній тематиці навчальної дисципліни та майбутній професійній діяльності.

При розв'язуванні проблемних ситуацій рекомендується дотримуватися послідовності певних етапів, яка була розроблена нами в результаті власних педагогічних спостережень і вивчення досвіду науковців (рис. 1).

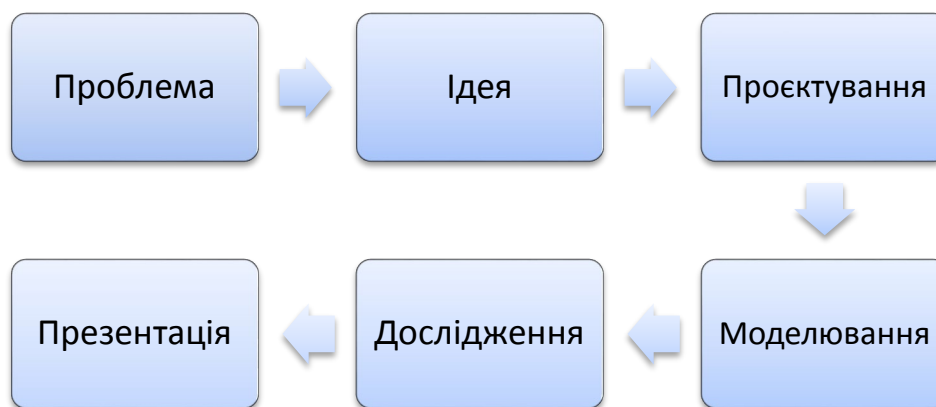


Рис. 1. Етапи вирішення проблемної ситуації

Зміст запропонованих етапів висвітлено у таблиці 1. Зауважимо, що проходження етапів передбачає тісне співробітництво з викладачами, серед яких є викладач-координатор проєкту, який зосереджується на консультуванні з питань фізики, корегуванні дій групи дослідників, регламентації тривалості кожного етапу, верифікації ступеня завершеності етапу. При цьому, не менш важливим на окремих етапах є консультування викладачами інших навчальних дисциплін, які є дотичними до вирішення проблемної ситуації.

Таблиця 1

Зміст етапів вирішення проблемної ситуації

Назва етапу	Зміст етапу
Постановка проблеми	Формулювання проблемної ситуації наближеної до реального життя або фахової діяльності; постановка комплексу запитань щодо проблемної ситуації для висунення гіпотез
Формування ідеї	Обговорення, групові дискусії, формулювання гіпотез та їх аналіз; пошук літературних джерел, наукових досліджень за тематикою; пошук аналогій з використанням знань з фізики й інженерних технологій
Проєктування	Створення прототипів реалізації проблемної ситуації; представлення запропонованих рішень за допомогою рисунків, схем, 3D моделей, алгоритмів тощо
Моделювання	Створення теоретичної математичної моделі
Дослідження	Проведення натурних фізичних експериментів з прототипом, математична інтерпретація отриманих результатів, вибір релевантного програмного забезпечення для побудови і дослідження моделі, порівняння одержаних результатів під час натурних експериментів, створення уточненої математичної моделі, пошук і пояснення розбіжностей
Презентація	Створення презентації результатів проєкту, групові дискусії й обговорення одержаних результатів, проведення узагальнень і підведення висновків з врахуванням відомих раніше та з'ясованих під час дослідження знань з фізики, техніки, інженерії, математики, що стосуються вирішення проблемної ситуації; з'ясування ролі вирішення проблемної ситуації у формуванні компетенцій майбутнього фахівця

Розглянемо в контексті підготовки майбутніх фахівців інженерних і педагогічної галузей приклад розв'язування проблемного STEM-завдання з фізики. На першому етапі створюємо проблемну ситуацію: під час руху транспортних засобів по ґрунтовій дорозі або покритті з камінцями виникає явище підкидання колесами цих об'єктів. Внаслідок цього камінці або ґрунтові частинки різних розмірів можуть пошкоджувати інші транспортні засоби, що знаходяться поряд. Завдання: вивчити фізичний процес, створити та дослідити математичну модель, надати рекомендації для водіїв транспортних засобів.

Формулювання комплексу запитань щодо проблемної ситуації для висунення гіпотез: “Який фізичний процес лежить в основі даного явища?, Як описати даний процес з точки зору фізики?, Як створити модель-аналогію та провести експерименти для підтвердження даного факту?, Чи можливо уникнути даного явища під час руху?, Чим загрожує дане явище для руху транспортного засобу і можливих транспортних засобів, що рухаються за ним?”

На етапі формування ідеї в результаті групової дискусії виноситься гіпотеза щодо того, який саме вид моделі фізичного процесу можна застосувати. В нашому прикладі це рух тіла, кинутого під кутом до горизонту. Роль викладача на даному етапі полягає у дотриманні під час дискусії науковості, логічності та реалістичності висунутих гіпотез.

На етапі проектування розглядаються варіанти знаходження натурних прототипів реалізації моделі фізичного процесу, а саме врахування того, що камінець починає рух з великою початковою швидкістю, яку задає колесо автомобіля. Прототипом обирається балістичний пістолет, кулька якого отримує визначену початкову швидкість, траєкторія руху кульки наближена до руху камінця, напрям вектору швидкості може змінюватися в діапазоні кутів від 0 до 90°.

Етап моделювання фізичного процесу передбачає вибір формул для визначення швидкості руху кульки, висоти підняття, дальності польоту кульки балістичного пістолету.

Проведені натурні експерименти з використанням балістичного пістолету на етапі дослідження дозволяють прослідкувати траєкторію руху, визначити тривалість, висоту і дальність польоту. За результатами експериментів створено графічні залежності та виведено математичну модель засобами табличного процесора MS Excel, середовище якого дозволяє описати тенденцію зміни параметрів і представити їх у графічному виконанні (рис. 2).

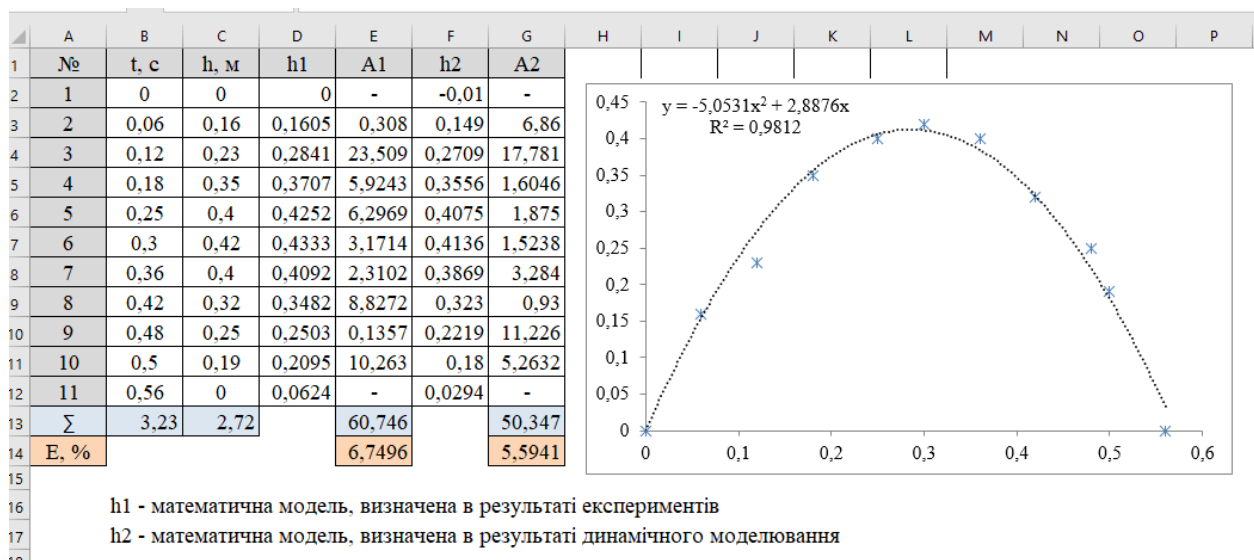


Рис. 2. Результати знаходження й аналізу аналітичних залежностей (етапи моделювання та дослідження) в MS Excel

Для прослідковування динаміки розвитку теоретичної моделі використано середовище GeoGebra, де теоретична математична модель порівнюється зі створеною в результаті проведених натурних експериментів (рис. 3).

Презентація як заключний етап передбачає висвітлення результатів вирішення проблемної ситуації та групові дискусії. Представлена динамічна модель в GeoGebra дозволяє демонструвати модель зміни траєкторії польоту камінця зі зміною швидкості руху автомобіля (рис. 4).

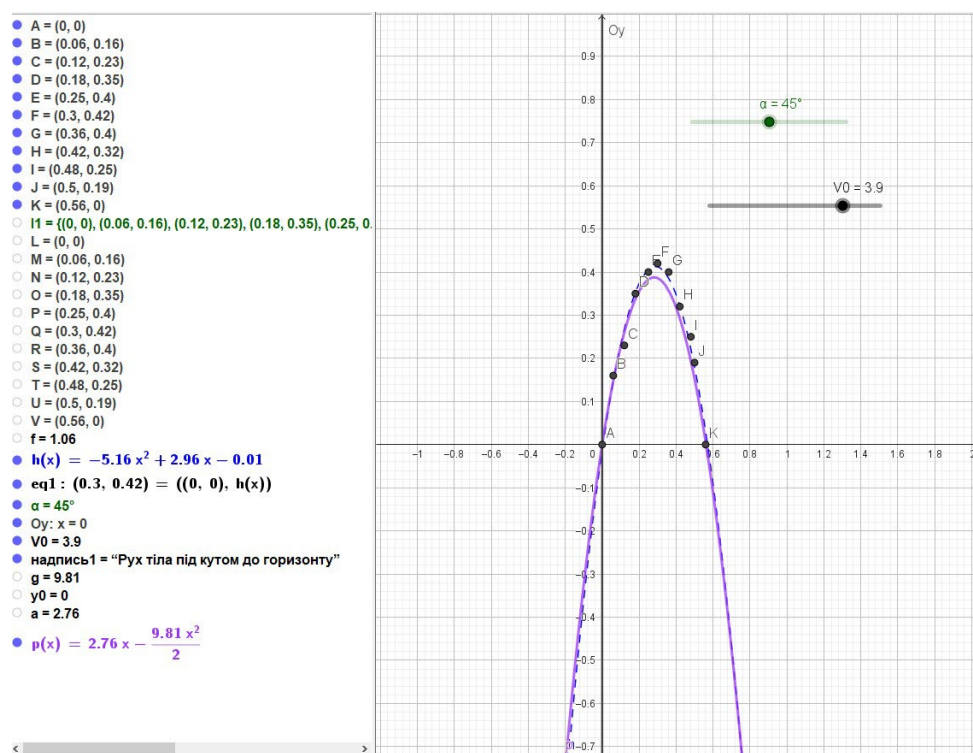


Рис. 3. Побудова моделі руху кульки балістичного пістолета в GeoGebra

Студенти також формулюють висновки й рекомендації, серед яких слід виділити: якщо на дорозі позначено ремонтні роботи чи кам'яниста дорога, то водії повинні знижувати швидкість руху транспортного засобу, під час руху по дорозі з ґрунтовим покриттям рекомендовано дотримуватися безпечної відстані між транспортними засобами, знижувати швидкість руху й уникати обгону, якщо в цьому немає необхідності. Водіям також слід пам'ятати, що утворена тріщина у лобовому склі від камінця може спричинити подальшу його руйнацію під час руху та спровокувати аварійні ситуації.

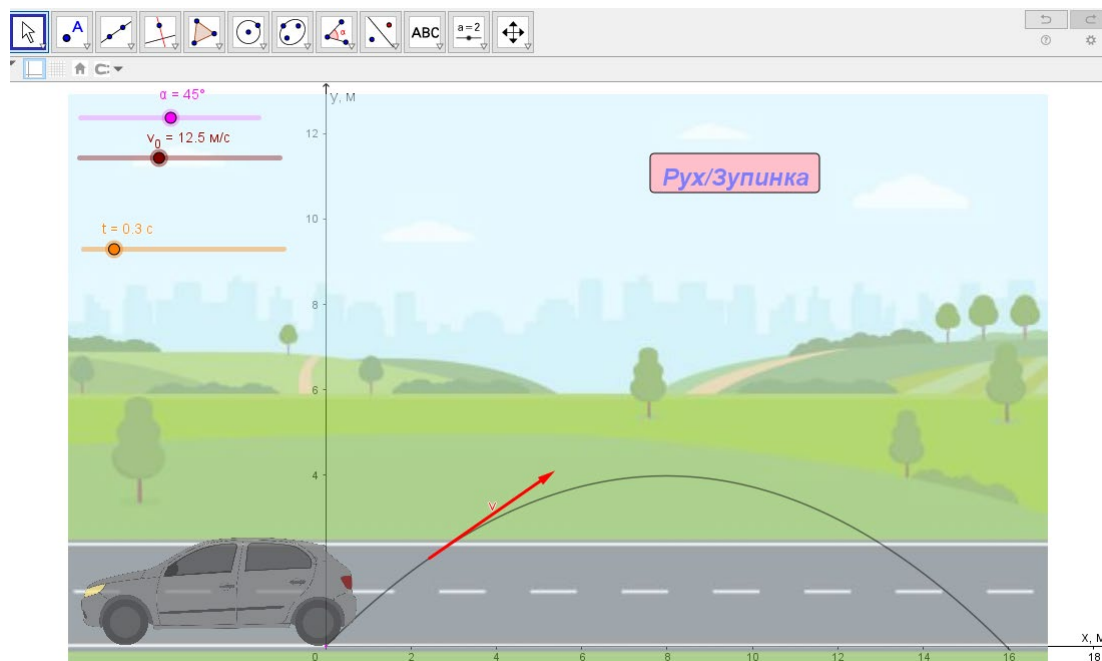


Рис. 4. Змодельована проблемна ситуація в GeoGebra

Результати моделювання фізичного процесу в MS Excel дозволяють побудувати діаграму розсіювання експериментальних значень навколо графіка апроксимуючої функції. Рівняння апроксимуючої функції, з певними уточненнями, можна вважати математичною моделлю, що описує залежність між даними

експерименту. Можливості MS Excel дозволяють одержати кілька видів математичних моделей, що забезпечує експериментатору можливість вибору найбільш адекватної з них шляхом порівняння з відомими фізичними моделями. Щодо дослідження динаміки фізичного процесу, описаного математичною моделлю, то можливості GeoGebra розраховані на більш ретельне вивчення поведінки функції, що визначається зміною параметрів.

На рисунку (рис. 3) видно, що обидві математичні моделі, створені в MS Excel (рис.2) і GeoGebra (рис. 3) практично співпадають. Слід зазначити, що результати моделювання в GeoGebra є більш точними $E(A2) = 5,60\%$ у порівнянні з MS Excel $E(A1) = 6,75\%$, хоча обидві моделі є достатньо якісними (числове значення відносної похибки обчислень не перевищує 8-10 %).

Висновки. Визначені особливості використання нашого підходу дають можливість стверджувати, що тісне поєднання застосування програмних середовищ MS Excel та GeoGebra і математичного моделювання у процесі STEM-навчання фізики дозволяє виконати, по-перше, міждисциплінарний контекст, що полягає у поєднанні фізичних експериментів, математичної аналітики й інформаційних технологій, по-друге, розвивати творчі здібності, що є одним з важливим аспектів STEM-навчання, по-третє, розвивати м'які компетентності комунікації та командної роботи.

В результаті впровадження в освітній процес ми переконались, що поєднання запропонованих нами етапів розв'язування проблемної ситуації з фізики з математичним моделюванням фізичних процесів програмними засобами MS Excel і GeoGebra, а також натурним експериментом, утворюють ефективну технологію STEM-освіти, яка може бути в нагоді як керівництво до дій для викладачів і здобувачів вищої освіти.

Перспективами подальшої розробки є дослідження застосування програмних середовищ MS Excel та GeoGebra в організації більш складної проєктної діяльності в контексті STEM-освіти.

Список використаних джерел

- Бібік, Г. В. (2014). Міждисциплінарна інтеграція як основа якісної математичної освіти майбутніх учителів фізики. *Збірник наукових праць. Педагогічні науки*, 66, 247-253. Взято з http://nbuv.gov.ua/UJRN/znppn_2014_66_44.
- Єрмакова-Черченко, Н. О. (2022). Використання електронного засобу GEOGEBRA при розв'язуванні задач з фізики. *Інформаційні технології в освіті*, 1 (50), 7-18.
- Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 5 серпня 2020 р. № 960-р. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8>.
- Кузьменко, Г. М., Рижкова, Т. Ю. (2024). Робототехніка у розвивальному навчанні студентів фізики як технологія реалізації STEM-освіти. *Імідж сучасного педагога*, 4 (217), 13-18. DOI: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2024-4\(217\)-13-18](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2024-4(217)-13-18)
- Ляшенко, О. І. (2023). Способи імплементації техніко-технологічних знань у зміст шкільного курсу фізики. В кн. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук в контексті вимог Нової української школи: збірник тез доповідей V Міжнар. наук.-практ. конф.* (с. 285-288). Тернопіль: ТНПУ імені Володимира Гнатюка.
- Dominguez, A., De la Garza, J., Quezada-Espinoza, M., & Zavala, G. (2024). Integration of Physics and Mathematics in STEM Education: Use of Modeling. *Education Sciences*, 14(1), 20. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci14010020>.
- Flephantov, L., & Ovsienko, Y. (2019). The Simultaneous Use of Excel and GeoGebra to Training the Basics of Mathematical Modeling. *ICTERIA*, 15, 864-879. DOI: 10.31812/123456789/3173.
- Solvang, L., & Haglund, J. (2021). How can GeoGebra support physics education in upper-secondary school – a review. *Physics Education*, 56 (5), 055011. DOI: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac03fb>
- Ziatdinov, R., & Valles, JR. Jr. (2022). Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning STEM Topics. *Mathematics*, 10 (3), 398. DOI: <https://doi.org/10.3390/math10030398>.

References

- Bibik, H. V. (2014). Mizhdystsyplinarna intehtatsiia yak osnova yakisnoi matematychnoi osvity maibutnikh uchyteliv fizyky [Interdisciplinary integration as the basis of quality mathematical education of future physics teachers]. *Zbirnyk naukovykh prats. Pedagogichni nauky [Collection of scientific papers. Pedagogical sciences]*, 66, 247-253. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/znppn_2014_66_44 [in Ukrainian].
- Dominguez, A., De la Garza, J., Quezada-Espinoza, M., & Zavala, G. (2024). Integration of Physics and Mathematics in STEM Education: Use of Modeling. *Education Sciences*, 14 (1), 1-20. DOI: 10.3390/educsci14010020.
- Flephantov, L., & Ovsienko, Y. (2019). The Simultaneous Use of Excel and GeoGebra to Training the Basics of Mathematical Modeling. *ICTERIA*, 15, 864-879. DOI: 10.31812/123456789/3173.

Kontseptsiiia rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) [The concept of the development of science and mathematics education (STEM education)]: skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5 serpnia 2020 r. No. 960-p. (2020). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#n8> [in Ukrainian].

Kuzmenko, H. M., & Ryzhkova, T. Yu. (2024). Robototekhnika u rozvyvalnomu navchanni studentiv fizyky yak tekhnolohiia realizatsii STEM-osvity [Robotics in the developmental education of physics students as a technology for implementing STEM education]. *Imidzh suchasnoho pedahoha [The image of a modern teacher]*, 4 (217), 13-18. DOI: 10.33272/2522-9729-2024-4(217)-13-18 [in Ukrainian].

Liashenko, O. I. (2023). Sposoby implementatsii tekhniko-tekhnolohichnykh znan u zmist shkilnoho kursu fizyky [Methods of implementation of technical and technological knowledge in the content of the school physics course]. In *Pidhotovka maibutnikh uchyteliv fizyky, khimii, biolohii ta pryrodnychkh nauk v konteksti vymoh Novoi ukrainskoi shkoly [Training of future teachers of physics, chemistry, biology and natural sciences in the context of the requirements of the New Ukrainian School]: zbirnyk tez dopovidei V Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii* (pp. 285-288). Ternopil: TNPU imeni Volodymyra Hnatiuka [in Ukrainian].

Solvang, L., & Haglund, J. (2021). How can GeoGebra support physics education in upper-secondary school – a review. *Physics Education*, 56 (5), 055011. DOI: 10.1088/1361-6552/ac03fb.

Yermakova-Cherchenko, N. O. (2022). Vykorystannia elektronnoho zasobu GEOGEBRA pry rozv'iazuvanni zadach z fizyky [Using the GEOGEBRA electronic tool for solving physics problems]. *Informatsiini tekhnolohii v osviti [Information technologies in education]*, 1 (50), 7-18. DOI: 10.14308/ite000753 [in Ukrainian].

Ziatdinov, R., & Valles, JR. Jr. (2022). Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning STEM Topics. *Mathematics*, 10 (3), 398. DOI: 10.3390/math10030398.

KUZMENKO H.

Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University, Ukraine

RYZHKOVA T., OVSIENKO Iu.

Poltava State Agrarian University, Ukraine

MATHEMATICAL COMPUTER MODELLING OF PHYSICAL PROCESSES AS A WAY OF SOLVING PROBLEMATIC STEM TASKS

The article is devoted to the implementation of STEM approaches in the process of teaching physics. It is noted that an important factor in the process of teaching physics is practical activity aimed at solving problematic real-world tasks or situations. The stages of solving problematic tasks in the context of STEM-teaching physics are proposed: problem statement, idea formation, design, modelling, research, presentation. The implementation of the stages of solving problematic tasks in the context of STEM-teaching physics is presented by an example. The features of the implementation of MS Excel and GeoGebra computer software environments for modelling physical processes are revealed. It is emphasised that the MS Excel and GeoGebra software environments for mathematical modelling of physical processes are complementary, which allows expanding the scope of research, including full-scale physical experiments and conducting a refinement of the created models. The results of the study show that the implementation of STEM-teaching physics with the use of mathematical modelling of physical processes using the MS Excel and GeoGebra software environments has an interdisciplinary context, promotes the formation of creative abilities and soft skills, which contributes to improving the quality of education, professional training of future specialists in engineering and pedagogical specialties.

Key words: STEM education, mathematical modelling, problem task (situation), physical process, computer modelling.

Стаття надійшла до редакції 29.09.2024 р.