



”

Сорока М., Шамоня В. Вплив учителів фізики та інформатики на розвиток інформаційно-цифрової компетентності учнів: світові практики. *Освіта. Інноватика. Практика*, 2024. Том 12, № 10. С. 49-55. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i10-007>.

Soroka M., Shamonia V. Vplyv uchyteliv fizyky ta informatyky na rozvytok informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti uchniv: svitovi praktyky [The influence of physics and computer science teachers on the development of students' information and digital competence: world practices]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2024. Vol. 12, No 10. S. 49-55. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i10-007>.

DOI: 10.31110/2616-650X-vol12i10-007

Максим СОРОКА

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна
<https://orcid.org/0009-0001-2353-692X>
ms.mikro.1@gmail.com

Володимир ШАМОНЯ

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3201-4090>
v.shamonya@fizmatssp.su.sumy.ua

ВПЛИВ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ ТА ІНФОРМАТИКИ НА РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ: СВІТОВІ ПРАКТИКИ

Анотація. Розвиток інформаційно-цифрової компетентності (ІЦК) розглядається як важлива складова підготовки молоді у 21 столітті. Формування ІЦК учнів є стратегічним завданням національної освіти. Роль учителів у цьому процесі важлива, але сприймається нерівнозначно. Використовуючи ІТ та адаптуючи навчальні практики, вчителі фізики можуть забезпечувати для учнів інтерактивний та ефективний навчальний досвід у використанні спеціалізованого програмного забезпечення. Перед вчителями інформатики стоїть завдання прищепити цифрові навички для розуміння інформаційної картини світу. Порівняльний аналіз впливу вчителів фізики та інформатики на ІЦК учнів є метою цього дослідження. Порівняльний аналіз зосереджений на трьох ключових сферах: методи навчання, залученість учнів та їх результати, а також ефективність різних педагогічних підходів. Виявлено, що вчителі фізики та інформатики відіграють окремі, але взаємно доповнюючі ролі в освітній системі. Вчителі фізики традиційно несуть відповідальність за глибоке розуміння фундаментальних принципів і законів, що керують світом природи. Це передбачає розвиток критичного мислення, навичок вирішення проблем та здатності застосовувати наукові методи до вирішення реальних задач з життя. Вчителі інформатики зосереджуються на формуванні в учнів знань та умінь використання інформаційних систем та програмного забезпечення, що включає навички програмування і цифрової безпеки, умінь аналізувати дані тощо. Порівняльний аналіз наукових результатів підтвердив складний ландшафт розвитку ІЦК учнів і зумовив кілька ключових висновків: (1) дослідження послідовно підкреслюють важливість цифрової грамотності як для вчителів, так і для учнів; (2) дослідження підтверджують значні прогалини в цифрових навичках вчителів та учнів; (3) дослідження демонструють трансформаційний потенціал ІТ для освіти; (4) важливою є розробка стратегій оцінювання ІЦК учнів поза ЗЗСО.

Ключові слова: інформаційно-цифрова компетентність; вчителі фізики та інформатики; професійна діяльність; ІТ; навчання; професійна освіта.

Maksym SOROKA

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine
<https://orcid.org/0009-0001-2353-692X>
ms.mikro.1@gmail.com

Volodymyr SHAMONIA

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3201-4090>
v.shamonya@fizmatssp.su.sumy.ua

THE INFLUENCE OF PHYSICS AND COMPUTER SCIENCE TEACHERS ON THE DEVELOPMENT OF STUDENTS' INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE: WORLD PRACTICES

Abstract. Developing information and digital competence (IDC) is essential to youth training in the 21st century. Formation of students' IDCs is a strategic task of national education. The role of teachers in this process is essential but perceived unequally. Using IT and adapting teaching practices, physics teachers can provide students with interactive and practical learning experiences using specialized software. Computer science teachers are tasked with instilling digital skills to understand the information picture of the world. This study aims to compare the impact of physics and computer science teachers on students' IDC. The comparative analysis focuses on three key areas: teaching methods, student engagement and outcomes, and the effectiveness of different pedagogical approaches. It was found that physics and computer science teachers play separate but complementary roles in the educational system. Physics teachers are traditionally responsible for profoundly understanding the fundamental principles and laws governing the natural world. This involves the development of critical thinking, problem-solving skills, and the ability to apply scientific methods to real-world problems. Computer science teachers focus on developing students' knowledge and skills in using information systems and software, including programming and digital security skills, data analysis, etc. The comparative study of research findings confirmed the complex landscape of students' IDC development and led to several key conclusions: (1) research consistently emphasizes the importance of digital literacy for both teachers and students; (2) research confirms significant gaps in teachers' and students' digital skills; (3) research demonstrates the transformative potential of IT for education; (4) it is essential to develop strategies for assessing students' ICT beyond the schools.

Keywords: information and digital competence; teachers of physics and computer science; professional activity; IT; learning; vocational education.

Постановка проблеми. Швидкий прогрес у сфері інформаційно-комунікаційних технологій докорінно змінив освітній ландшафт, зумовивши нагальну потребу в розвитку в учнів інформаційно-цифрової компетентності (ІЦК) [10], які перестають бути просто бажаними навичками, а частіше визнаються важливими для успіху на ринку праці [3]. Сьогодні під ІЦК розуміють здатність ефективно використовувати сучасні цифрові технології для пошуку, обробки, аналізу, збереження та передачі інформації, а також для створення нового контенту. Вона включає: цифрову грамотність (володіння основними навичками роботи з цифровими пристроями (комп'ютери, планшети, смартфони), а також програмним забезпеченням і онлайн-сервісами); інформаційну грамотність (уміння знаходити, критично оцінювати та використовувати інформацію з різних джерел, розуміння достовірності та якості інформаційних ресурсів); комунікацію в цифровому середовищі (уміння спілкуватися, співпрацювати і працювати в онлайн-просторах, використовуючи різні цифрові інструменти для спільної роботи); цифрову безпеку та етику (усвідомлення ризиків в інтернеті, знання принципів кібербезпеки, захисту персональних даних, а також відповідальної і етичної поведінки в цифровому середовищі); креативність і вирішення проблем (здатність використовувати цифрові технології для створення нових продуктів, рішень і для вирішення навчальних або практичних завдань). Розвиток цієї компетентності є важливим для успішного навчання у світі, де цифрові технології займають центральне місце в повсякденному житті. Він починається ще у сім'ї та постійно відбувається в навчальних установах при вивченні різних навчальних дисциплін, під впливом професійної діяльності вчителів, зокрема, вчителів фізики та інформатики. Хоча обидві дисципліни впливають на результати навчання молоді, але усталені підходи в навчанні все ж забезпечують різні впливи і шляхи для розвитку ІЦК в умовах ЗЗСО, цікавим видається порівняльний аналіз професійної діяльності вчителів фізики та інформатики щодо розвитку ІЦК учнів.

Аналіз актуальних досліджень. Інтеграція цифрових технологій у фізичну освіту набуває все більшого значення [21], і вчителі фізики відіграють значну роль у формуванні ІЦК учнів [6]. Вчителі фізики мають значні можливості у використанні ІТ для розуміння учнями наукових знань про природу світу [23]. Перед ними стоїть завдання озброїти учнів знаннями, навичками та ставленням, необхідними для життєдіяльності у цифровому світі. Це виходить за рамки простого викладання фізики та охоплює розвиток критичного мислення, який є важливим для успіху в 21 столітті. Вчителі фізики впливають на розвиток цифрової грамотності учнів, що передбачає розуміння того, як отримувати доступ, оцінювати та ефективно використовувати інформацію в цифровому середовищі. Вони допомагають учням орієнтуватися у онлайн-ресурсах, розвиваючи навички критичного мислення для розрізнення достовірних джерел від дезінформації [9]. Також на уроках фізики можливий розвиток навичок спілкування та співпраці учнів через сприяння онлайн-дискусіям, груповим проектам і спільній навчальній діяльності, що вимагає ефективного спілкування та командної роботи. Інтегруючи цифрові інструменти для спілкування та співпраці, вчителі фізики можуть забезпечити інтерактивний досвід навчання [7] і водночас розвиток ІЦК.

Вчителі фізики використовують різні методи для вдосконалення цифрових навичок учнів, безперешкодно інтегруючи ІТ у свою професійну діяльність [16]. Одним із поширених підходів є моделювання, яке дозволяє учням досліджувати складні наукові концепції віртуально. Моделювання забезпечує безпечну та інтерактивну платформу для експериментів, дозволяючи учням маніпулювати змінними та спостерігати за отриманими результатами [27]. До того ж учні можуть використовувати віртуальні лабораторії для навчання. Ще одним ефективним методом навчання фізики є використання платформ кодування, які заохочують учнів розвивати навички обчислювального мислення та вивчати принципи програмування [9]. Такі платформи забезпечують практичний підхід до вивчення алгоритмів, структур даних і методів вирішення проблем, які стають все більш актуальними в галузях STEM-освіти [2].

Інтеграція мобільних додатків з фізики можуть надавати інтерактивний досвід навчання, гейміфіковані тести та доступ до даних у реальному часі роблять навчання більш цікавим і доступним [1].

Останнім часом вчителі фізики все частіше вивчають потенціал технологій доповненої реальності (AR) для підвищення залученості учнів у процес навчання [14]. Додатки доповненої реальності можуть накладати цифрову інформацію на реальний світ [20]. Зокрема, учні можуть використовувати AR для візуалізації тривимірних моделей складних структур та дослідження наукових концепцій [14].

Хоча цифрові технології пропонують численні переваги для освіти в галузі фізики, вчителі фізики стикаються з різними проблемами при інтеграції ІТ у професійну діяльність. Однією з суттєвих проблем є наявність належних ресурсів та інфраструктури [12]. Доступ до комп'ютерів сьогодні, надійне підключення до мережі Інтернет та використання відповідного програмного забезпечення може бути досить обмеженим.

Ще одним викликом є необхідність постійного професійного розвитку вчителів, щоб забезпечити їх для необхідними актуальними цифровими навичками. Вчителі фізики також

стикаються з необхідністю поєднувати традиційні методи навчання з інноваційними цифровими підходами, які все ж не замінюють основну роль очного навчання [12]. Вчителі фізики мають вирішувати проблему потенційного цифрового розриву між учнями. Деякі учні можуть мати обмежений доступ до технологій вдома або не мати необхідних навичок цифрової грамотності. Вчителі повинні пам'ятати про ці відмінності та забезпечувати всім учням рівні можливості для розвитку ІЦК.

Тому роль учителів фізики у формуванні ІЦК учнів важлива. Використовуючи ІТ та адаптуючи свою практику викладання, вчителі фізики можуть забезпечувати для учнів інтерактивний та ефективний навчальний досвід. Однак вирішення проблем, пов'язаних із доступністю ресурсів, професійним розвитком і цифровим розривом, має важливе значення ефективної професійної діяльності.

Роль вчителів інформатики у формуванні ІЦК учнів є надзвичайно важливою в сучасному світі. Перед вчителями інформатики стоїть завдання не тільки прищепити цифрові навички. Вони відіграють важливу роль у сприянні всебічному розумінню цифрового світу, охоплюючи не лише технічні вміння, але й критичне мислення. Ефективність зусиль залежить від здатності вчителя інформатики залучати учнів до творчої та інноваційної навчальної діяльності. Розвиток ІЦК розглядається як важлива складова підготовки учнів до 21 століття. Тому акцент на цифрових навичках відображає зростаючу важливість ІТ у різних галузях і робить вчителів інформатики важливими для формування в учнів інформаційної картини світу [24]

Вчителі інформатики використовують різні інструменти та ресурси для підтримки професійної діяльності та полегшення навчання учнів. Ці інструменти можна класифікувати за програмними, апаратними та онлайн-платформами (рис 1).

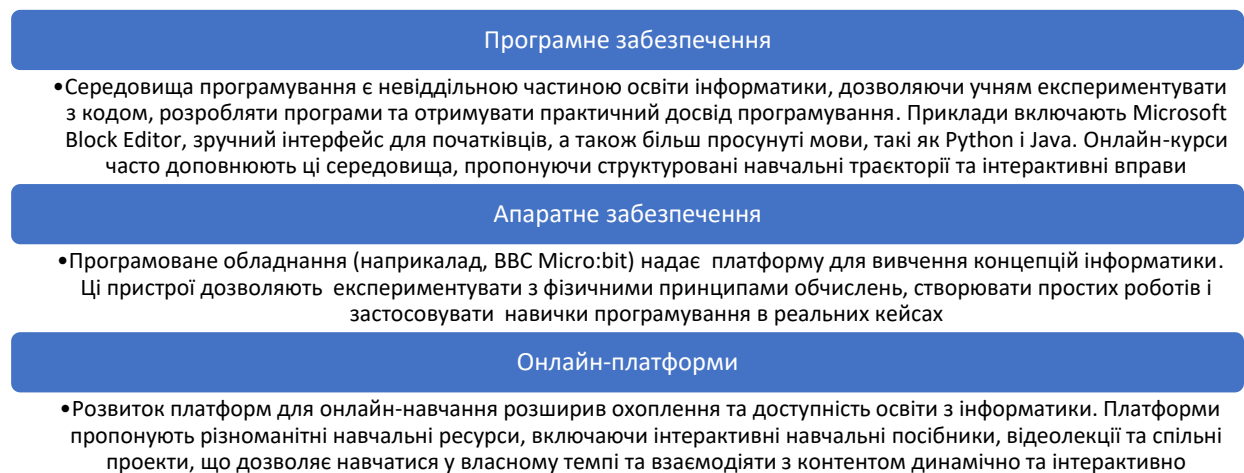


Рис. 1. Інструменти підтримки професійної діяльності вчителя інформатики

Стрімкий розвиток ІТ зумовлює необхідність постійного професійного розвитку вчителів інформатики, щоб вони були в курсі новітніх технологій [5]. Цей розвиток може набувати різних форм, включаючи семінари, конференції, онлайн-курси та програми наставництва. Важливість професійного розвитку особливо очевидна в контексті пандемії COVID-19, яка прискорила перехід на онлайн-навчання та дистанційне навчання [22]. Від вчителів вимагалось адаптуватися до нових технологій та методів навчання, що підкреслювало необхідність постійного навчання та підтримки для забезпечення ефективного навчання у віртуальному середовищі.

Отже, вчителі інформатики відіграють ключову роль у формуванні ІЦК молоді. Їхні обов'язки виходять за рамки технічного навчання. Використання різних інструментів та ресурсів, включаючи середовища програмування, онлайн-курси та програмоване обладнання, розширює можливості вчителів та учнів у процесі навчання [5].

Здійснено порівняльний аналіз професійної діяльності вчителів фізики та інформатики, розглянемо їх відповідні ролі у розвитку ІЦК учнів, що є **метою** цього дослідження.

Виклад основного матеріалу. Порівняльний аналіз зосереджений на трьох ключових сферах: методи навчання, залучення учнів та результати, а також ефективність різних педагогічних підходів.

(1) Порівняння методів навчання

І вчителі фізики, і інформатики все частіше впроваджують ІТ. У той час як вчителі інформатики часто використовують технології як невід'ємну частину своєї професійної діяльності, вчителі фізики можуть використовувати технології стратегічно для досягнення конкретних навчальних цілей. Наприклад, дослідження [17] демонструє використання інтерактивних симуляцій у фізичній освіті. Цей підхід є економічно ефективною альтернативою реальним експериментам, особливо в умовах дефіциту

лабораторного обладнання. Дослідники виявили, що симулятор «Крокодил з фізики» значно вплинув на розуміння учнями диполя RC, продемонструвавши потенціал симулятора як навчального інструменту. На противагу цьому, дослідження [8] зосереджується на використанні КПК для підтримки як організації вчителів, так і навчання учнів географії, предмету, тісно пов'язаному з фізикою. У дослідженні наголошується на потенціалі мобільних пристроїв для позакласного навчання, включаючи віртуальні екскурсії та медіаландшафти. Цей підхід передбачає, що, хоча КПК не обов'язково інтегровані в основну навчальну програму, вони можуть забезпечити вплив для покращення навчального досвіду за межами класу. Аналогічно, методична розвідка [4] досліджує готовність майбутніх вчителів математики до інтеграції ІКТ у професійну діяльність. У дослідженні наголошується на важливості цифрової компетентності вчителів та наявності належної інфраструктури як передумов успішної інтеграції ІКТ. Хоча це дослідження зосереджене на проблемах навчання математики, його висновки мають відношення до освіти з фізики та інформатики, оскільки вони підкреслюють необхідність підготовки вчителів та відповідної інфраструктури для підтримки ефективної інтеграції технологій.

(2) Аналіз залученості здобувачів освіти

У дослідженні «COVID-19 та онлайн-навчання: фактори, що впливають на академічну успішність студентів на першому курсі курсів комп'ютерного програмування у вищій освіті» [11] висвітлено проблеми, з якими стикаються студенти під час пандемії COVID-19. Дослідження показує, що рівень цифрової грамотності, навчальне середовище та педагогічні підходи суттєво впливають на успішність учнів. Ці результати свідчать про те, що ефективна інтеграція технологій у освіту з інформатики вимагає врахування потреб учнів і методів навчання. На противагу цьому, у дослідженні «Порівняння застосування інформаційних та комунікаційних технологій у школах NEPAD та не-NEPAD у Кенії» [3] розглядається вплив ініціативи електронної школи NEPAD на інтеграцію ІКТ у кенійських середніх школах. Дослідження показало, що учні шкіл NEPAD, які отримали доступ до інфраструктури ІКТ, показали кращі результати на іспитах, ніж ті, які не вивчали NEPAD. Це дослідження показує, що цілеспрямовані зміни можуть позитивно вплинути на успішність учнів, особливо коли технології не є доступні. У дослідженні [10] описується вплив COVID-19 на освіту в контексті безпеки та оборони. У дослідженні наголошується на важливості цифрових навичок вчителів для підтримки онлайн-навчання та збереження дидактичної наслідуваності під час пандемії. Отримані результати наголошують на необхідності постійного розвитку цифрових компетентностей вчителів, особливо з безпеки та оборони. Хоча це дослідження зосереджене на конкретній галузі, його результати мають відношення до дискусій про ІТК учнів.

(3) Оцінка різних педагогічних підходів

У дослідженні «Вплив ігор віртуальної реальності на розвиток навичок обчислювального мислення» [13] досліджується використання ігор і віртуальної реальності (VR) для розвитку навичок обчислювального мислення. Дослідження представляє «CT Sabre», VR-гру, призначену для розвитку обчислювального мислення, і доводить покращення комп'ютерних навичок студентів, які вивчають інформатику. Це дослідження припускає, що VR-ігри можуть ефективно розвивати навички обчислювального мислення та пропонують перспективний напрямок інтеграції VR-технологій у навчання програмуванню. У дослідженні [15] доводиться вплив ігрового навчання на навички учнів у галузі фізики. Дослідження показало, що цифрові ігри позитивно впливають на залучення учнів до вивчення базової фізики, розвиток їх мотивації та здібностей до вирішення проблем. У дослідженні наголошується на важливості забезпечення підготовки вчителів щодо забезпечення ефективного використання цифрових ресурсів у класі. У науковій розвідці [18] розглядається ефективність підходу змішаного навчання у викладанні інформатики майбутнім вчителям. Дослідження припускає, що моделі змішаного навчання можуть бути цінними для задоволення потреб учнів і сприяння гнучкому навчальному середовищу.

Отже, вчителі фізики та інформатики відіграють окремі, але взаємно доповнюючі ролі в освітній системі. Вчителі фізики традиційно несуть відповідальність за глибоке розуміння фундаментальних принципів і законів, що керують світом природи. Це передбачає розвиток критичного мислення, навичок вирішення проблем та здатності застосовувати наукові методи до вирішення реальних задач з життя [19], візуалізації навчального матеріалу засобами ІТ [26], автоматизованої перевірки знань [25]. З іншого боку, вчителі інформатики зосереджуються на формуванні в учнів знань та умінь використання інформаційних систем та програмного забезпечення, що включає навички програмування і цифрової безпеки, умінь аналізувати дані тощо [11].

Висновки. Порівняльний аналіз документів показує, що вчителі фізики та інформатики все частіше впроваджують ІТ у власну професійну діяльність. Хоча використання технологій в обох предметах має значний потенціал для покращення навчального досвіду, важливо враховувати потреби учнів і вчителів, забезпечуючи ефективну та стратегічну інтеграцію технологій.

Аналіз наукових публікацій виявляє складний ландшафт розвитку ІЦК учнів і зумовлює кілька ключових висновків. Дослідження послідовно підкреслюють важливість цифрової грамотності як для вчителів, так і для учнів. Ця потреба зумовлена зростаючою інтеграцією технологій у всі аспекти освіти, досліджень та професійного життя. Розвиток платформ онлайн-навчання, віртуальних лабораторій та інструментів цифрового спілкування зробив цифрові навички основною вимогою для академічного успіху та майбутніх кар'єрних перспектив. Незважаючи на визнану важливість цифрової грамотності, дослідження підтверджують значні прогалини в цифрових навичках вчителів та учнів. Вчителі, особливо таких як фізика дисциплін, можуть не мати необхідних цифрових умінь для ефективної інтеграції ІТ у свою викладацьку практику. Учні також можуть мати обмежені цифрові навички та потребують цільової підтримки для їх розвитку.

Дослідження демонструють трансформаційний потенціал ІТ для освіти, зокрема у сприянні залученню, вирішенню проблем та розвитку навичок критичного мислення. Навчання на основі ігор, програми віртуальної реальності та мобільні пристрої пропонують учням можливості взаємодіяти зі складними концепціями, однак успішна інтеграція цих технологій вимагає ретельного планування, підготовки вчителів та формування в них відповідних педагогічних підходів.

У статтях наголошується на важливій ролі підготовки вчителів у вирішенні проблеми розвитку ІЦК учнів. Вчителі повинні бути озброєні знаннями, навичками та впевненістю для ефективної інтеграції ІТ у свою викладацьку практику. Програми підготовки вчителів повинні приділяти першочергову увагу розвитку ІЦК, включаючи педагогічні підходи до використання ІТ у класі. Таке навчання має виходити за рамки базових навичок роботи з комп'ютером і охоплювати інтеграцію ІТ у предметно-орієнтований контент, розробку цифрових навчальних матеріалів та використання різних інструментів оцінювання. Професійна підготовка вчителів також має вирішувати конкретні проблеми здобувачів освіти щодо доступу до ресурсів, технічної підтримки та постійного професійного розвитку. Розробка навчальної програми повинна відображати розвиток ІТ та інтегрувати їх в усі предмети. Така інтеграція повинна виходити за рамки базової комп'ютерної грамотності та зосереджуватися на розвитку критичного мислення, вирішення проблем, співпраці та навичок спілкування за допомогою технологій.

Список використаних джерел

1. Agibova, I., Kulikova, T., Poddubnaya, N., & Fedina, O. (2020). Development of Digital Competence of a Future Teacher in the Context of Informatization and Digitalization of Modern Teacher Education. *ARPHA Proceedings*, 3, 13-26. <https://doi.org/10.3897/ap.2.e0013>.
2. Apriani, M., & Yulikifli (2021). Preliminary study of physics e-module development using research-based learning model through smartphone to support digital learning in the revolutionary 4.0. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876, 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012042>.
3. Ayere, M., Odera, F., & Agak, J. (2010). A Comparison of Information and Communication Technology Application in New Partnership for Africa's Development (NEPAD) and Non-NEPAD Schools in Kenya. *Journal of Information Technology Education: Research*, 9, 249-247. <https://doi.org/10.28945/1330>.
4. Barišić, K.D., Đeri, I., & Jukić, L. (2011). What Is the Future of the Integration of ICT in Teaching Mathematics.
5. Čápay, M., Kvaššayová, N., Bellayová, M., Mansell, M., & Petrík, Š. (2022). Programmable Hardware BBC Micro:Bit as a Tool for Developing Teacher Competencies. *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1496-1501. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766487>.
6. Drushlyak, M., Sabadosh, Yu., Mulesa, P., Diemientiev, E., Yurchenko, A., & Semenikhina, O. (2023). QR code as a modern educational tool for implementing the BYOD approach. *2023 45th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2023 – Proceedings*, 584-589. <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159739>.
7. Garnaeva, G., Shigapova, E., & Nizamova, E. (2020). The Use of Digital Laboratory Work in Quantum Physics in the Process of Learning Physics Teachers. *VI International Forum on Teacher Education*, 1767-1777. <https://doi.org/10.3897/ap.2.e1767>.
8. Jones, M. (2009). Personal Digital Assistants (PDAs): the benefits, challenges and creative possibilities encountered by geography trainee teachers. URL: https://www.researchgate.net/publication/255644120_Personal_Digital_Assistants_PDAs_the_benefits_challenges_and_creative_possibilities_encountered_by_geography_trainee_teachers.
9. Kotseva, I., & Gaydarova, M. (2024). Analysis of the Digital Competencies of Physics Teachers in Bulgaria According to the Digcompedu Framework. *Pedagogika*, 96(3s), 29-53. <https://doi.org/10.53656/ped2024-3s.02>.
10. Marchisio, M., Roman, F., Sacchet, M., Spinello, E., Nikolov, L., Grzelak, M., ... Moldoveanu, C. E. (2022). Teachers' digital competences before and during the covid-19 pandemic for the improvement of security and defence higher education. In *Proceedings of the International Conference on E-Learning 2022, EL 2022 - Part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2022, MCCSIS 2022* (pp. 68-75). IADIS Press. https://doi.org/10.33965/el2022_202203l009.
11. Mbunge, E., Fashoto, St., & Olaomi, J. (2021). COVID-19 and Online Learning: Factors Influencing Students' Academic Performance in First-Year Computer Programming Courses in Higher Education. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3757988>.

12. Persano Adorno, D., & Pizzolato, N. (2020). Teacher professional development in the context of the "Open Discovery of STEM laboratories" project: Is the MOOC methodology suitable for teaching physics?. *Journal of Physics: Conference Series*, 1512, 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1512/1/012030>.
13. Quintanal Pérez, F. (2023). Aprendizaje basado en problemas para Física y Química de Bachillerato. Estudio de caso. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(2), 2201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2201.
14. Saputri, I., & Asrizal, A. (2023). Needs analysis for development of digital teaching materials with augmented reality for optical instruments materials. *Physics Learning and Education*, 1, 146-153. <https://doi.org/10.24036/ple.v1i3.65>.
15. Seegerer, S., Michaeli, T., Romeike, R. (2023). Foundations of Computer Science in General Teacher Education – Findings and Experiences from a Blended-Learning Course. In: Keane, T., Lewin, C., Brinda, T., Bottino, R. (eds) Towards a Collaborative Society Through Creative Learning. *WCCE 2022. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 685. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1_36.
16. Semenikhina, O., Yurchenko, A., Udovychenko, O., Petruk, V., Boroznets, N., & Nekyslykh, K. (2021). Formation Of Skills To Visualize Of Future Physics Teacher: Results Of The Pedagogical Experiment. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 13(2), 476-497. <https://doi.org/10.18662/rrem/13.2/432>.
17. Sukirman, S., Ibharim, L. F. M., Said, Che Soh, & Murtiyasa, B. (2024). The Effect of Virtual Reality Gaming on Developing Computational Thinking Skills. *Indonesian Journal of Computer Science*. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i2.3829>.
18. The Silent Transformation: Evolution and Impact of Digital Communication Skills Development in Post-Secondary Education: White Paper. URL: https://campustechnology.com/whitepapers/2011/07/govconnection_10b11b11c_silent-transformation.aspx.
19. Tudunkaya, M.S., & Jamilu, A. A. (2019). Impact of problemsolving strategy on students' 3-d geometry performance among SSII in Zaria local government Kaduna State Nigeria. *Abacus (Mathematics Education Series)*, 44(1). 57-64.
20. Waninga, W., Olinga, J. P., Ajuko, A., & Opusi, M. (2024). Enhancing Physics Education in Ugandan Teacher Training Institutions: Technology Integration and Gender-Inclusive Teaching Strategies. *Journal of Education and Practice*, 8, 24-55. <https://doi.org/10.47941/jep.2191>.
21. Yurchenk, A., Proshkin, V., Naboka, O., Shamonina, V., & Semenikhina, O. (2023). The use of digital technologies in education: the case of physics learning. *International Journal of Research in E-learning*, 9 (2), 1-25. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2023.9.2.02>.
22. Yurchenko, A., Drushlyak, M., Sapozhnykov, S., Teplytska, S., Koroliov, L., & Semenikhina, O. (2021). Using online IT-industry courses in the computer sciences specialists' training. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(11). 97-104. http://paper.ijcsns.org/07_book/202111/20211113.pdf.
23. Yurchenko, A., Khvorostina, Yu., Shamonina, V., Soroka, M., & Semenikhina, O. (2023). Digital Technologies in Teaching Physics: An Analysis of Existing Practices. *2023 45th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2023 – Proceedings*, 666-671. <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159870>.
24. Yurchenko, A., Rozumenko, A., Rozumenko, A., Momot, R., & Semenikhina, O. (2023). Cloud technologies in education: the bibliographic review. *Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 13(4), 79-84. <https://doi.org/10.35784/iapgos.4421>.
25. Семеніхіна, О.В., & Друшляк, М.Г. (2018). Використання GeoGebra Ехат у професійній підготовці майбутніх учителів математики, фізики, інформатики. *Фізико-математична освіта*, 1(15), 290-293.
26. Семеніхіна, О.В., Юрченко, А.О., & Удовиченко, О.М. (2020). Формування умінь візуалізувати початковий матеріал у майбутніх учителів фізики: результати педагогічного експерименту. *Фізико-математична освіта*, 1(23), 122-128.
27. Шамо́ня, В. Г., Семеніхі́на, О. В., & Друшля́к, М. Г. (2019). Використання середовища Proteus для візуального моделювання роботи базових елементів інформаційної системи. *Фізико-математична освіта*, 2(20). Ч.1, С. 160-165.

References

1. Agibova, I., Kulikova, T., Poddubnaya, N., & Fedina, O. (2020). Development of Digital Competence of a Future Teacher in the Context of Informatization and Digitalization of Modern Teacher Education. *ARPHA Proceedings*, 3, 13-26. <https://doi.org/10.3897/ap.2.e0013>.
2. Apriani, M., & Yulikifli (2021). Preliminary study of physics e-module development using research-based learning model through smartphone to support digital learning in the revolutionary 4.0. *Journal of Physics: Conference Series*, 1876, 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1876/1/012042>.
3. Ayere, M., Odera, F., & Agak, J. (2010). A Comparison of Information and Communication Technology Application in New Partnership for Africa's Development (NEPAD) and Non-NEPAD Schools in Kenya. *Journal of Information Technology Education: Research*, 9, 249-247. <https://doi.org/10.28945/1330>.
4. Barišić, K.D., Đeri, I., & Jukić, L. (2011). What Is the Future of the Integration of ICT in Teaching Mathematics.
5. Čápay, M., Kvaššayová, N., Bellayová, M., Mansell, M., & Petřík, Š. (2022). Programmable Hardware BBC Micro:Bit as a Tool for Developing Teacher Competencies. *2022 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 1496-1501. <https://doi.org/10.1109/EDUCON52537.2022.9766487>.
6. Drushlyak, M., Sabadosh, Yu., Mulesa, P., Diemientiev, E., Yurchenko, A., & Semenikhina, O. (2023). QR code as a modern educational tool for implementing the BYOD approach. *2023 45th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2023 – Proceedings*, 584-589. <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159739>.
7. Garnaeva, G., Shigapova, E., & Nizamova, E. (2020). The Use of Digital Laboratory Work in Quantum Physics in the Process of Learning Physics Teachers. *VI International Forum on Teacher Education*, 1767-1777. <https://doi.org/10.3897/ap.2.e1767>.
8. Jones, M. (2009). Personal Digital Assistants (PDAs): the benefits, challenges and creative possibilities encountered by geography trainee teachers. URL:

- https://www.researchgate.net/publication/255644120_Personal_Digital_Assistants_PDAs_the_benefits_challenges_and_creative_possibilities_encountered_by_geography_trainee_teachers.
9. Kotseva, I., & Gaydarova, M. (2024). Analysis of the Digital Competencies of Physics Teachers in Bulgaria According to the Digcompedu Framework. *Pedagogika*, 96(3s), 29-53. <https://doi.org/10.53656/ped2024-3s.02>.
 10. Marchisio, M., Roman, F., Sacchet, M., Spinello, E., Nikolov, L., Grzelak, M., ... Moldoveanu, C. E. (2022). Teachers' digital competences before and during the covid-19 pandemic for the improvement of security and defence higher education. In *Proceedings of the International Conference on E-Learning 2022, EL 2022 - Part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2022, MCCSIS 2022* (pp. 68-75). IADIS Press. https://doi.org/10.33965/el2022_202203l009.
 11. Mbunge, E., Fashoto, St., & Olaomi, J. (2021). COVID-19 and Online Learning: Factors Influencing Students' Academic Performance in First-Year Computer Programming Courses in Higher Education. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3757988>.
 12. Persano Adorno, D., & Pizzolato, N. (2020). Teacher professional development in the context of the "Open Discovery of STEM laboratories" project: Is the MOOC methodology suitable for teaching physics?. *Journal of Physics: Conference Series*, 1512, 012030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1512/1/012030>.
 13. Quintanal Pérez, F. (2023) Aprendizaje basado en problemas para Física y Química de Bachillerato. Estudio de caso. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(2), 2201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2201.
 14. Saputri, I., & Asrizal, A. (2023). Needs analysis for development of digital teaching materials with augmented reality for optical instruments materials. *Physics Learning and Education*, 1, 146-153. <https://doi.org/10.24036/ple.v1i3.65>.
 15. Seegerer, S., Michaeli, T., Romeike, R. (2023). Foundations of Computer Science in General Teacher Education – Findings and Experiences from a Blended-Learning Course. In: Keane, T., Lewin, C., Brinda, T., Bottino, R. (eds) *Towards a Collaborative Society Through Creative Learning. WCCE 2022. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 685. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1_36.
 16. Semenikhina, O., Yurchenko, A., Udovychenko, O., Petruk, V., Borozenets, N., & Nekyslykh, K. (2021). Formation Of Skills To Visualize Of Future Physics Teacher: Results Of The Pedagogical Experiment. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 13(2), 476-497. <https://doi.org/10.18662/rrem/13.2/432>.
 17. Sukirman, S., Ibharim, L. F. M., Said, Che Soh, & Murtiyasa, B. (2024). The Effect of Virtual Reality Gaming on Developing Computational Thinking Skills. *Indonesian Journal of Computer Science*. <https://doi.org/10.33022/ijcs.v13i2.3829>.
 18. The Silent Transformation: Evolution and Impact of Digital Communication Skills Development in Post-Secondary Education: White Paper.
URL: https://campustechnology.com/whitepapers/2011/07/govconnection_10b11b11c_silent-transformation.aspx.
 19. Tudunkaya, M.S., & Jamilu, A. A. (2019). Impact of problemsolving strategy on students' 3-d geometry performance among SSII in Zaria local government Kaduna State Nigeria. *Abacus (Mathematics Education Series)*, 44(1). 57-64.
 20. Waninga, W., Olinga, J. P., Ajuko, A., & Opusi, M. (2024). Enhancing Physics Education in Ugandan Teacher Training Institutions: Technology Integration and Gender-Inclusive Teaching Strategies. *Journal of Education and Practice*, 8, 24-55. <https://doi.org/10.47941/jep.2191>.
 21. Yurchenk, A., Proshkin, V., Naboka, O., Shamonia, V., & Semenikhina, O. (2023). The use of digital technologies in education: the case of physics learning. *International Journal of Research in E-learning*, 9 (2), 1-25. <https://doi.org/10.31261/IJREL.2023.9.2.02>.
 22. Yurchenko, A., Drushlyak, M., Sapozhnykov, S., Teplytska, S., Koroliova, L., & Semenikhina, O. (2021). Using online IT-industry courses in the computer sciences specialists' training. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 21(11). 97-104. http://paper.ijcsns.org/07_book/202111/20211113.pdf.
 23. Yurchenko, A., Khvorostina, Yu., Shamonia, V., Soroka, M., & Semenikhina, O. (2023). Digital Technologies in Teaching Physics: An Analysis of Existing Practices. *2023 45th International Convention on Information, Communication and Electronic Technology, MIPRO 2023 – Proceedings*, 666-671. <https://doi.org/10.23919/MIPRO57284.2023.10159870>.
 24. Yurchenko, A., Rozumenko, A., Rozumenko, A., Momot, R., & Semenikhina, O. (2023). Cloud technologies in education: the bibliographic review. *Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska*, 13(4), 79-84. <https://doi.org/10.35784/iapgos.4421>.
 25. Semenikhina, O.V., & Drushliak, M.H. (2018). Vykorystannia GeoGebra Exam u profesiinii pidhotovtsi maibutnikh uchyteliv matematyky, fizyky, informatyky. *Fizyko-matematychna osvita*, 1(15), 290-293.
 26. Semenikhina, O.V., Yurchenko, A.O., & Udovychenko, O.M. (2020). Formuvannia umin vizualizuvaty nachalniy material u maibutnikh uchyteliv fizyky: rezultaty pedahohichnoho eksperymentu. *Fizyko-matematychna osvita*, 1(23), 122-128.
 27. Shamonia, V. H., Semenikhina, O. V., & Drushliak, M. H. (2019). Vykorystannia seredovyshcha Proteus dlia vizualnoho modeliuвання roboty bazovykh elementiv informatiinoi systemy. *Fizyko-matematychna osvita*, 2(20). Ch.1, S. 160-165.