

## ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ФІЗИКИ СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ОСНОВІ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ

## ORGANIZATION OF INDEPENDENT WORK ON PHYSICS OF STUDENTS OF TECHNICAL INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION BASED ON STEM TECHNOLOGIES

Ураховуючи сучасні тенденції та основні напрями вдосконалення освітнього процесу з фізики технічного закладу вищої освіти, створена методика навчання фізики на основі STEM-технологій для ефективного ознайомлення студентів з основами фізики, що потрібно для подальшого вивчення дисциплін професійно зорієнтованого напрямку, повинна бути спрямована не тільки на якісне, науково й методично обґрунтоване викладання змісту її основ, що забезпечується навчальною діяльністю викладача, а головним чином на активізацію самостійної навчально-пошукової діяльності студентів. Процес реалізації STEM-інновацій у навчанні фізики полягає в їх практичному використанні й спрямований на внесення змін у педагогічну систему, виведення її на такий рівень функціонування, що забезпечує отримання якісно нових стійких результатів її діяльності впродовж значного періоду, тривалість якого визначається інноваційним потенціалом нововведення.

Під час дослідження використовувались такі методи: теоретичні, емпіричні, експериментальні. У процесі експериментального дослідження використовувався критерій  $\chi^2$  та Колмогорова-Смирнова. Результати формувального експерименту засвідчили позитивні зміни у всіх показниках ефективності розробленої методичної системи навчання фізики з використанням STEM-технологій.

У статті розкрито організацію самостійної роботи з фізики на основі STEM-технологій. Визначено, що важливим аспектом самостійної роботи є роботи фізичного практикуму, дослідницькі, експериментальні задачі, виконання проєктів із використанням нововведень. Ураховуючи інтегрований підхід, визначено, що запропонована система фізичного експерименту повинна мати особистісно зорієнтоване спрямування з урахуванням індивідуальних особливостей, здібностей, нахилів кожного студента й відбивати особливості й специфіку технічного профілю навчання в закладі вищої освіти. Виходячи з такої вимоги, доцільно забезпечити варіативний підхід до вивчення фізики шляхом розширення обсягу експериментальних завдань, робіт фізичного практикуму, що виконуються студентами як обов'язкові на заняттях фізики, а також запропонувати на сучасному обладнанні різномірневі лабораторні роботи й дослідження на основі STEM-технологій.

З вище зазначеного ми вважаємо, що методика навчання фізики на основі STEM-технологій повинна узгоджуватися з використанням нового обладнання, технічними засобами навчання, відбивати сучасний рівень наукових досягнень із фізики, враховувати індивідуальні особливості студентів для STEM-skills.

**Ключові слова:** фізика, STEM, освітній процес, технічний заклад вищої освіти, самостійна робота.

Given current trends and the main directions of improving the educational process in physics of a technical institution of higher education, a method of teaching physics based on STEM-technologies to effectively acquaint students with the basics of physics, which is required for further study of professionally oriented disciplines, should be aimed not only, scientifically and methodically substantiated teaching of the content of its bases, which is provided by the educational activity of the teacher, and mainly on activation of independent educational and search activity of students. The process of implementation of STEM-innovations in teaching physics is their practical use and is aimed at making changes in the pedagogical system, bringing it to a level of functioning that ensures qualitatively new sustainable results of its activities for a significant period, the duration of which is determined by innovation potential.

The following methods were used during the research: theoretical, empirical and experimental. In the process of experimental research  $\chi^2$ , the Kolmogorov-Smirnov criterion was also used. The results of the formative experiment showed positive changes in all indicators of the effectiveness of the developed methodical system of teaching physics using STEM-technologies.

The article reveals the organization of independent work in physics-based on STEM-technologies. It is determined that an important aspect of independent work is the work of the physical workshop, research, experimental tasks, implementation of projects using innovations. Given the integrated approach, it is determined that the proposed system of the physics experiment should have a personality-oriented direction, taking into account the individual characteristics, abilities, inclinations of each student and reflect the features and specifics of the technical profile of higher education. Based on this requirement, it is advisable to provide a variable approach to the study of physics by expanding the scope of experimental tasks, physical workshop work performed by students as required in physics classes, as well as to offer modern equipment multilevel laboratory work and research based on STEM-technologies.

From the above, we believe that the methodology of teaching physics based on STEM-technologies should be consistent with the use of new equipment, technical means of teaching, reflect the current level of scientific achievements in physics, take into account individual characteristics of students for STEM-skills.

**Key words:** physics, STEM, educational process, technical institution of higher education, independent work.

УДК 53(07)

DOI <https://doi.org/10.32843/2663-6085/2021/33-2.12>

**Кузьменко О.С.,**

докт. пед. наук, доцент,  
професор кафедри фізико-  
математичних дисциплін  
Льотної академії

Національного авіаційного університету,  
старший науковий співробітник  
інформаційно-дидактичного  
моделювання

Національного центру  
«Мала академія наук України»

### **Постановка проблеми в загальному вигляді.**

Організація самостійної роботи майбутніх фахівців технічної галузі є органічною складовою частиною STEM-технологій. Вона планується та виконується з використанням методичного забезпечення, яке містить різноманітні завдання. Такий вид роботи необхідний суб'єктам навчання для формування навичок підготовки до майбутньої практичної діяльності, уміння самостійно розв'язувати проблему, знаходити конструкторські рішення з використанням STEM-технологій, що необхідні для опанування основними фізичними знаннями відповідною комбінацією основних елементів STEM-освіти.

Вимогами про організацію навчальної діяльності в закладі вищої освіти (далі – ЗВО) [5] передбачається, що самостійна робота є обов'язковою умовою для кожного студента й визначається навчальним планом.

Основою для самостійної роботи є використання основних елементів STEM-освіти (науковості, інженерії, технічності й математики) в освітньому процесі з фізики, що забезпечуватиме отримання студентом ґрунтовних знань для подальшого здобуття свого професійного напрямку.

Самостійна й пізнавально-пошукова діяльність студентів взаємопов'язані й варіюються залежно від проблемності завдань, що є актуальними в контексті розвитку технологій STEM-освіти.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Актуальність пізнавально-пошукової та самостійної діяльності у ЗВО розглядали у своїх роботах М.А. Данилов, І.Я. Лернер, М.М. Скоткін, Л.С. Виготський, Д.Б. Ельконін, І.Т. Огородніков, С.Л. Рубінштейн, П.І. Підкасистий, П.Я. Гальперін та інші.

**Мета статті.** З огляду на вищезазначене, метою статті є розкриття ефективності використання інноваційних STEM-технологій в освітньому процесі з фізики; розгляд самостійної роботи студентів як вагомого чинника для виконання дослідницьких завдань із фізики на основі STEM-технологій; розгляд експериментального підтвердження апробації методики навчання фізики на основі STEM-технологій.

У своєму дослідженні для досягнення мети ми використовували:

– теоретичні методи: аналіз наявних програм, підручників, методичних посібників і публікацій, що відбивають проблему дослідження із STEM-освіти й впровадження STEM-технологій в освітній процес ЗВО, з метою виявлення сучасних фізичних наукових положень і досягнень, тенденцій розвитку фізики й впровадження STEM-засобів у процесі виконання студентами самостійної роботи;

– емпіричні методи: діагностичні й соціометричні методи (анкетування, опитування) для з'ясування рівня зацікавленості й активності

студентів у навчанні фізики з використанням STEM-технологій (див. табл. 1 та рис. 1–4);

– експериментальні методи: педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний) та експериментальна перевірка методики навчання фізики з використанням STEM-технологій у ЗВО технічного профілю.

Для забезпечення якості експерименту під час вибору ЗВО, експериментальних і контрольних груп бралися до уваги вирівнювання умов, за яких передбачалось нівелювання різницею між основними суб'єктами освітнього процесу в таких групах: забезпечення відносно однакового складу студентів у контрольних та експериментальних групах, участь кожного залученого викладача в експерименті кожного виду групи.

Вивчення, коригування та узагальнення результатів апробації запропонованої методики практичних та експериментальних завдань студентами з фізики проводились через вибіркове відвідування занять, обговорення з викладачами можливостей удосконалення процесу навчання в процесі навчання фізики в експериментальних групах, аналіз ефективності й результативності навчання в контексті розвитку STEM-освіти.

**Виклад основного матеріалу.** Під ефективною самостійною роботою в навчанні фізики ми розглядаємо вміння допомагати суб'єктам навчання без систематичного контролю з боку викладача самостійно працювати на заняттях і вміння організувати окремі форми роботи й навчальну діяльність із використанням STEM-технологій.

Науковиця Л.В. Жарова [3] виділяє такі види самостійної роботи: робота з підручником, вправи, заповнення таблиць, творчість, розв'язування задач, виконання робіт фізичного практикуму й самостійної роботи з використанням спостереження.

П.І. Підкасистий [4] визначає самостійну роботу як педагогічний засіб організації та керування самостійною діяльністю суб'єктів навчання в освітньому процесі ЗВО. Учений [4] розмежовує види самостійної роботи студентів за рівнем продуктивності їхньої самостійної діяльності:

1. Самостійна робота за зразком, що містить розв'язання типових завдань і виконання різноманітних вправ.

2. Реконструктивно-варіативні самостійні роботи визначають відтворення не тільки функціональності, а й структури знань.

3. Евристичні самостійні роботи спрямовані на розв'язання питань і проблем, що розглядаються на лекціях, практичних і лабораторних заняттях, де формується вміння розпізнавати проблему й самостійно її сформулювати, розробляти план її розв'язку.

4. Творчі (дослідницькі) самостійні роботи, що характерні для STEM-навчання.

Ця класифікація відповідає основним принципам дидактики вищої школи, що спрямована на орієнтування всіх ланок освітнього процесу на всебічний гармонійний розвиток суб'єкта навчання; дає можливість викладачам навчати на високому професійному рівні з використанням STEM-технологій; поєднує особистісно зорієнтований, діяльнісний, компетентісний, системний підходи в навчанні; співвідносить конкретне й абстрактне; забезпечує надійність знань суб'єктів навчання та їх умінь удосконалювати (застосовувати) в навчальному процесі.

Студентам пропонувалися завдання з фізики, які потрібно виконувати самостійно (табл. 1) із використанням технологій STEM-освіти, що апробовано нами в [1; 6], та за традиційною методикою.

Для проведення педагогічного експерименту ми відібрали 341 студента в контрольну групу (КГ) і 353 студенти в експериментальну групу (ЕГ), усього в педагогічному експерименті взяли участь 694 студенти зі ЗВО технічного профілю.

Згідно з проведеним дослідженням, реалізована самостійна робота з фізики на основі технологій STEM-освіти забезпечує розв'язання таких завдань:

1) формування творчого мислення студентів у процесі навчання фізики (89%) і засвоєння якості навчального матеріалу (95,3%);

2) надання допомоги суб'єктам навчання в прискореному опануванні спеціальністю, а саме зацікавлення студентів технічною та науковою складовою частиною STEM-освіти (96%);

3) прищеплення навичок самостійної дослідницької діяльності й пізнавально-пошукової роботи (91%); розвиток ініціативи (96%), здатності застосовувати теоретичні знання у своїй практичній діяльності;

4) залучення більш здібних студентів до розв'язування наукових проблем, що мають суттєве значення для науки й практики й фахову спрямованість (96%);

5) постійне оновлення та вдосконалення своїх знань, що відбиває якість засвоєння навчального матеріалу з фізики з використанням STEM-технологій (95,3%);

6) розширення теоретичного світогляду й наукової ерудиції майбутнього фахівця на основі STEM-технологій (89,5%).

Після виконання студентами завдань із самостійної роботи з фізики на основі STEM-технологій нами здійснено оцінювання та проведено статистичний аналіз одержаних студентами балів (когнітивної складової частини) в експериментальних і контрольних групах. Розподіл студентів за рівнями навчальних досягнень наведено в табл. 1.

Вивчення нового матеріалу з фізики на основі STEM-технологій (рис. 1), який відводиться на самостійне опрацювання, має незначний відсоток зменшення в процесі оцінки категорії E (8,8%), D (2%) та A (1,67%), але відбулося підвищення рівня знань студентів під час отримання оцінок із категорії C (5,3%) та B (6,8%).

Таблиця 1

**Розподіл студентів контрольної та експериментальної груп за рівнями навчальних досягнень у процесі виконання самостійної роботи на основі технологій STEM-освіти**

Відсоток студентів, оцінених за категорією ECTS										
Група	E/50–59/ достатньо		D/60–74/ задовільно		C/75–79/ добре		B/80–89/ дуже добре		A/90–100/ відмінно	
	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%	К-сть	%
Вивчення нового матеріалу з фізики на основі STEM-технологій										
КГ (341)	87	25,5%	93	27,2%	75	21,9%	59	17,3%	27	7,9%
ЕГ (353)	59	16,7%	89	25,2%	98	27,2%	85	24,1%	22	6,23%
Δ	-28	8,8%	-4	2%	+23	5,3%	+26	6,8%	-5	1,67%
Виконання завдань дослідницького характеру на основі STEM-технологій										
КГ (341)	48	14,1%	113	33,13%	85	24,9%	78	22,9%	17	4,89%
ЕГ (353)	34	9,6%	95	26,9%	102	28,8%	90	25,5%	32	9,1%
Δ	-14	4,5%	-18	6,23%	+17	3,9%	12	2,6%	15	4,12%
Розв'язування фізичних задач із виділенням компоненту STEM-освіти										
КГ (341)	63	18,5%	134	39,3%	92	26,9%	41	12,02%	11	3,2%
ЕГ (353)	49	13,9%	125	35,4%	83	23,5%	67	18,9%	29	8,2%
Δ	-14	4,6%	-9	3,9%	-9	3,4%	+26	6,9%	+18	5%
Виконання навчально-дослідних проектів із фізики з використанням STEM-технологій										
КГ (341)	73	21,4%	111	32,5%	90	26,4%	59	17,3%	8	2,3%
ЕГ (353)	52	14,7%	87	24,6%	115	32,6%	78	22,1%	21	5,9%
Δ	-21	6,7%	-24	7,9%	+25	6,2%	+19	4,8%	+13	3,6%

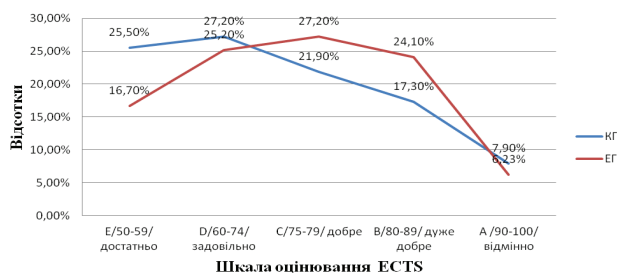


Рис. 1. Відсотковий розподіл студентів під час виконання самостійної роботи (вивчення нового матеріалу) з фізики на основі технологій STEM-освіти

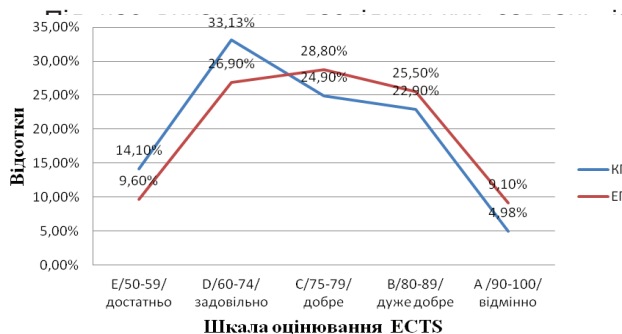


Рис. 2. Відсотковий розподіл студентів під час виконання дослідницьких завдань на основі STEM-технологій

На самостійне опрацювання студентам давалися завдання з розв'язання фізичних задач на виокремлення основних складових частин STEM-освіти (рис. 3) та виконання навчально-дослідних проєктів (рис. 4).

З отриманих даних (рис. 3 та рис. 4) спостерігаємо динаміку росту позитивних оцінок категорії А, В, С та їх сумарне збільшення, а саме С на 9,6%, В на 11,7%, А на 8,6%.

Для виявлення статистично значущих відмінностей у рівнях знань студентів контрольних та експериментальних вибірок під час виконання самостійної роботи з фізики на основі STEM-технологій використовуємо метод перевірки нульової та альтернативної гіпотез за критерієм Пірсона ( $\chi^2$ ), оскільки всі необхідні для цього умови виконуються, тобто: 1) обидві вибірки випадкові; 2) вибірки незалежні, й члени кожної з вибірок незалежні між собою.

Позначимо  $p_{1i}$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ) – статистичну ймовірність виконання роботи студентами першої вибірки на оцінку  $i$ ;  $p_{2i}$  ( $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ) – статистичну ймовірність виконання роботи студентами другої вибірки на оцінку  $i$ .

На основі експериментальних даних, що зображені у вище зазначеній таблиці, перевіряємо нульову гіпотезу  $H_0: p_{1i} = p_{2i}$  для всіх категорій ( $C=5$ ). Альтернативна гіпотеза для  $H_1: p_{1i} \neq p_{2i}$  хоча б для однієї зі згаданих п'яти категорій. Робимо обчислення експериментальної статистики за формулою [2]:

$$\chi^2 = \frac{1}{n_1 \cdot n_2} \cdot \sum_{i=1}^c \frac{(n_{1i} \cdot Q_{2i} - n_{2i} \cdot Q_{1i})^2}{Q_{1i} + Q_{2i}} \quad (1)$$

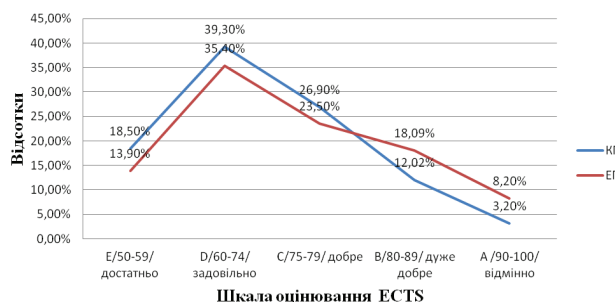


Рис. 3. Відсотковий розподіл студентів під час розв'язування фізичних задач із виділенням компонентів STEM-освіти

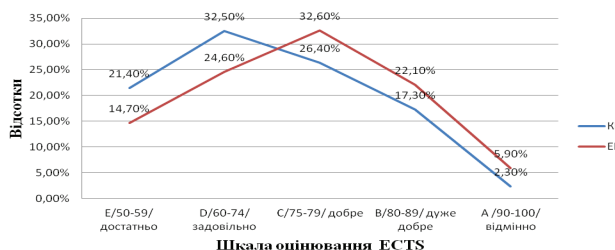


Рис. 4. Відсотковий розподіл студентів під час виконання навчально-дослідних проєктів із фізики з використанням STEM-технологій

За табличними даними [2]  $\alpha=0,05$  і кількості ступенів вільності  $\nu=C-1=5-1=4$  знаходимо критичне значення статистики критерію  $\chi^2$ :  $\chi_{1-\alpha}^2 = 9,488$ .

Таким чином, визначимо експериментальне значення критерію  $\chi^2$  Пірсона для виявлення статистично значущих відмінностей:

1) під час виконання студентами різних груп робіт дослідницького характеру на основі технологій STEM-освіти. З одержаних результатів випливає, що  $\chi_{теор}^2 < \chi_{експ.}^2$  ( $9,488 < 10,723$ );

2) під час розв'язування фізичних задач із виділенням компонент STEM-освіти студентами експериментальних і контрольних груп. З одержаних результатів отримуємо, що  $\chi_{теор}^2 < \chi_{експ.}^2$  ( $9,488 < 16,68$ );

3) під час виконання студентами навчально-дослідних проєктів на основі STEM-технологій. Обрахувавши результати, отримуємо, що  $\chi_{теор}^2 < \chi_{експ.}^2$  ( $9,488 < 17,73$ ).

У результаті проведення педагогічного експерименту встановлено, що застосування STEM-технологій у навчанні фізики сприяє формуванню в студентів навичок самостійно працювати з навчальним матеріалом, планування виконання дослідницьких завдань, уміння формулювати й розв'язувати фізичні задачі, аналізувати отримані дані, робити висновки й оцінювати результати, готувати матеріали до участі в студентських конференціях (див. [http://www.glau.kr.ua/index.php/ua/?option=com\\_content&view=article&id=383](http://www.glau.kr.ua/index.php/ua/?option=com_content&view=article&id=383)).



**Висновки.** Отже, організація самостійної роботи студента у ЗВО стає значно ефективнішою за умови використання інноваційних технологій навчання, зокрема технології STEM-освіти в навчанні фізики.

Надалі робота з дослідження цієї проблеми може проводитися в таких напрямках: розроблення нового підходу до зміни структури й змісту навчальних планів; удосконалення змісту й системи навчання фізики з урахуванням нововведень; підсилення зв'язку викладання курсу фізики з фаховою спрямованістю студентів технічних ЗВО в контексті STEM-освіти.

### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Борота В.Г., Кузьменко О.С., Остапчук С.А. Механика и молекулярная физика. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по физике на базе комплекта «L-микро» для курсантов академии всех специальностей. 2-е изд., перераб. и доп. Кировоград : КЛА НАУ, 2012. 100 с.
2. Грабарь М.И., Краснянская К.А. Применение математической статистики в педагогических исследованиях. Москва : Педагогика, 1977. 216 с.
3. Педагогіка вищої школи / За ред. В.Г. Кременя, В.П. Андрущенко, В.І. Лугового. Київ : Педагогічна думка. 2009. 256 с.
4. Пидкасистый П.И. Педагогика : Учебное пособие для студентов педагогических вузов и педагогических колледжей / под ред. П.И. Пидкасистого. Москва : Педагогическое общество России, 1998. 640 с.
5. Соменко Д.В. Розвиток пізнавальної активності студентів педагогічних університетів у навчанні фізики з використанням інформаційно-комунікаційних технологій : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Кировоград, 2018. 252 с.
6. PHP DevelStudio. URL: <http://develstudio.org/> (last access: 18.11.2017).