

Ольга КСЕНДЗЕНКО

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

e-mail: ksenzen90@gmail.com; ORCID: 0000-0003-1384-1530

**ФОРМУВАННЯ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ ФІЗИКИ**

**Анотація.** У статті розглянуто теоретично-наукові проблеми та особливості формування STEM-компетентності усіх учасників освітнього процесу у процесі вивчення фізико-математичних дисциплін та природничих наук. Під час аналізу теоретичних і практичних даних нами було узагальнено визначення STEM-компетентності та сформовані основні компоненти та рівні, якими можуть оволодіти майбутні учителі фізики в процесі впровадження у навчальний процес різних прикладних програм, засобів робототехніки, віртуальних лабораторій, спеціалізованого програмного та апаратного забезпечення, а також їх практичної діяльності. Таким чином, при введенні STEM-компетентності вирішуються багато питань, таких як, питання інновації та креативності, комунікації, критичного мислення, співпраця, саморегуляція, педагогічна та психологічна майстерність. Враховуючи те, що STEM є поняттям, специфічним для контексту в різних науково-технологічних напрямках, даний набір навичок допоможе усім учасникам сучасного освітнього процесу однаково розуміти навчальну сферу та її передбачувану мету.

**Ключові слова:** цифрові компетентності, STEM-компетентності, STEM-освіта, інформаційні технології, робототехніка, навчальний процес з фізики.

Сучасна освіта розвивається у напрямку поєднання різних навчальних предметів, що дає всім учасникам навчального процесу змогу краще засвоїти освітні терміни в різних напрямках. Тому в основі STEM-підходу є вивчення наукової та технологічної галузі через застосування інженерії, математичних розрахунків та моделювання. Професійна підготовка майбутніх учителів фізики – це процес, у якому формуються та розвиваються знання, уміння, мотивації, ціннісні орієнтації та особистісні якості, які необхідні для застосування STEM- технологій у професійній діяльності, а її результатом є готовність усіх учасників навчального процесу до використання фізико-математичних дисциплін у своєму професійному призначенні.

Державний стандарт освіти в Україні [4] ґрунтуються на рекомендаціях Європейського Парламенту та Ради Європейського Союзу щодо переліку ключових компетентностей для навчання впродовж життя. В переліку ключових компетентностей зазначено STEM-компетентності, як фізико-математичні компетентності та компетентності у галузі науки, технологій та інженерії [1].

При впровадженні STEM-освіти під час усього освітнього процесу це на нашу думку – гарна можливість навчити усіх учасників освітнього процесу мислити, відшукувати необхідну інформацію, розв'язувати складні завдання та задачі, при цьому організовуючи співпрацю студента та викладача. Причому, усі учасники освітнього процесу вчать разом створювати ідеї, втілювати їх в життя, демонструючи результати особистих досліджень та розв'язування складних задач.

В даному випадку цей напрямок ми будемо розглядати в вигляді вже сформованої моделі цифрової компетентності майбутніх учителів фізики в умовах STEM-освіти. Відповідно до Державного стандарту освіти в Україні, зміст STEM-компетентності визначається як:

➤ **Фізико-математичні компетентності** – це здатність розвивати і застосовувати фізико-математичні знання та методи для розв'язання широкого спектру задач в освітньому процесі; моделювати процеси та си-

туацій із застосуванням фізико-математичного апарату; усвідомлення ролі фізико-математичних знань і вмінь в особистому та суспільному житті людини.

**Ставлення:** готовність шукати пояснення та оцінювання правильності аргументів; усвідомлення важливості фізико-математичної мови науки, техніки та технологій; усвідомлення ролі і значення точності та правильності вимірювань, обчислень і розрахунків для проектування і виготовлення виробів; усвідомлення значення фізико-математичного напрямку для повноцінного життя в сучасному суспільстві, розвитку технологічного, економічного й оборонного потенціалу держави, успішного вивчення інших предметів в напрямку фізико-математичної моделі.

**Уміння:** оперувати текстовою та числовою інформацією, установлювати причино-наслідкові зв'язки, перетворювати інформацію з однієї форми в іншу; встановлювати кількісні та просторові відношення між реальними об'єктами навколишньої дійсності; створювати і досліджувати найпростіші математичні моделі реальних об'єктів, процесів і явищ, інтерпретувати та оцінювати результати; застосовувати логічні способи мислення; використовувати математичні методи в життєвих ситуаціях.

➤ **Компетентності в галузі природничих наук, технологій, інженерії** – формування наукового світогляду; здатність і готовність застосовувати відповідний комплекс наукових знань і методології для пояснення суті природи та навколишнього середовища; набуття досвіду дослідження природи та формулювання доказових висновків на основі отриманої інформації; розуміння змін, зумовлених людською діяльністю; відповідальність за наслідки такої діяльності [2].

**Ставлення:** прагнення поглиблювати уявлення про цілісну наукову картину світу для суспільно-технологічного розвитку; критичне оцінювання досягнень науково-технічного прогресу у напрямку фізичних закономірностей, здобутків природничих наук і технік; емоційно-ціннісне сприйняття природи та її пізнання для успішного життя в соціоприродному середовищі; усвідомлення значення технологій у пов-

сякденному житті; визнання цінності природних ресурсів для сьогодення та майбутніх поколінь і їх раціональне використання.

*Уміння:* класифікувати об'єкти, явища природи, фізично-технологічні процеси; використовувати наукові знання, здобутки техніки і технологій, інженерії для розв'язання задач за різними рівнями складності; робити висновки на основі міркувань та свідчень в фізико-математичному напрямку; обґрунтовувати свої рішення; формулювати гіпотези, збирати дані, здійснювати експерименти, аналізувати і узагальнювати результати фізико-технологічної діяльності; використовувати наукові методи для розв'язання задач прикладного змісту засобами цифрових технологій; критично оцінювати наслідки використання сучасних технологій для природного і соціального середовища [4].

Отже, STEM-компетентності визначаються як динамічні системи знань, умінь і ставлення особистості, що формує здатність до ефективної інноваційної діяльності. Основою вивчення особливостей рівнів сформованості STEM-компетентності стало визначення їх змісту.

Як свідчить зміст STEM-компетентності (визначення, ставлення, уміння), вони певною мірою відповідають компонентам сфери діяльності й поведінки [2]. Відповідно до вище зазначеного можна виділити три компонента, які будуть формувати STEM-компетентності, такі як:

- змістовий – знання про математичну компетентність в галузі природничих наук, технологій, інженерії;
- емоційно-мотиваційний – ставлення до STEM-компетентності;
- поведінковий – практичне виконання умінь STEM-компетентності.

Можна відмітити, що вже проводилися певні дослідження в яких вже визначалися зміст та рівні означених компонентів. Ми спиралися на розробки, представлені у дослідженнях С. Горбенко, О. Хохліної, які були адаптовані та конкретизовані [5]. Нами проведено свої дослідження в практичного напрямку, що дозволило розширити STEM-компетентності, які формуються у майбутніх учителів фізики у процесі навчання та поділити їх за показниками:

- *змістовий* – повнота, адекватність, усвідомленість знань про математичні компетентності та компетентності в галузі природничих наук (насамперед у фізиці, робототехніці, електроніці тощо), технологій, інженерії. Такий показник показує повноту наявності знань про STEM-компетентності та в цілому набуття допоміжних навичок та здатність вербально розкрити їх зміст;
- *емоційно-мотиваційний* – позитивне чи негативне ставлення до застосування математичної компетентності й компетентності в галузі природничих наук, фізики, технологій, інженерії, його стійкість та дієвість. Характер ставлення до STEM-компетентностей та їх застосування може бути цілковито позитивним, зацікавленим, байдужим. Дієвість демонструє позитивні реакції на STEM-

компетентності та необхідність їх застосування від споглядального характеру до дієвого;

- *поведінковий* – правильність застосування умінь, застосування умінь STEM-компетентності в різних ситуаціях та самостійність; контроль та допомога усім учасникам навчального процесу в окремих випадках чи за ситуацією.

Відповідно до вище зазначеного, ми розподілили основні сформованості STEM-компетентностей за рівнями, охарактеризували кожен компонент і компоненти поділили на рівні, якими можуть оволодіти усі учасники освітнього процесу, а саме студенти спеціальності 014 Середня освіта (Фізика):

*1. Сформованість змістового компонента STEM-компетентностей за визначеними показниками (повнота, адекватність, усвідомленість):*

➤ *фізико-математична компетентність:*

I. Високий: усвідомлення ролі фізико-математичних знань і вмінь в особистому та суспільному житті людини; наявність у майбутніх учителів фізики знань та умінь для розв'язання широкого спектра фізико-математичних задач у повсякденному житті; адекватне моделювання процесів та ситуацій із застосуванням фізико-математичного апарату.

II. Середній: наявність у майбутніх учителів фізики окремих знань про деякі фізико-математичні закони та методи для розв'язання широкого спектра задач у повсякденному житті, часткова їх деталізація; точне розуміння, але недостатньо правильне моделювання процесів та ситуацій із застосуванням фізико-математичного апарату; недостатнє розуміння та вербалізація сутності та ролі фізико-математичних знань і вмінь в особистому та суспільному житті людини.

III. Низький: відсутність у майбутніх учителів фізики знань про фізико-математичну компетентність, а також її розуміння й вербалізації сутності.

➤ *компетентність в галузі природничих наук, технологій, інженерії:*

I. Високий: наявність у майбутніх учителів фізики знань про науковий світогляд; здатність і адекватна готовність застосовувати відповідний комплекс наукових знань і методології для пояснення світу природи; набуття досвіду дослідження природи та формулювання доказових висновків на основі отриманої інформації; усвідомлене розуміння змін, зумовлених людською діяльністю; відповідальність за наслідки такої діяльності.

II. Середній: наявність у майбутніх учителів фізики окремих знань про науковий світогляд; часткова готовність застосовувати відповідний комплекс наукових знань і методології для пояснення світу природи; недостатньо правильне набуття досвіду дослідження природи та формулювання доказових висновків на основі отриманої інформації; недостатнє розуміння змін, зумовлених людською діяльністю; низька відповідальність за наслідки такої діяльності.

III. Низький: відсутність у майбутніх учителів фізики знань про науковий світогляд; не готовність застосовувати комплекс наукових знань і методології для пояснення світу природи; не правильне набуття досвіду дослідження природи та формулювання до-

казових висновків на основі отриманої інформації; не розуміння змін, зумовлених людською діяльністю та відсутність відповідальності за їх наслідки.

2. *Сформованість емоційно-мотиваційного компонента STEM-компетентностей за визначеними показниками (характер ставлення, стійкість, дієвість):*

➤ *фізико-математична компетентність:*

I. Високий: цілковито позитивне ставлення до пошуку пояснення та оцінювання правильності аргументів важливості фізики та математики як мови науки, техніки та технологій, інженерії; повне та стійке усвідомлення ролі і значення точності та правильності вимірювань, обчислень і розрахунків щодо проектування і виготовлення виробів для повноцінного життя в сучасному суспільстві, зацікавлене прийняття розвитку технологічного, економічного, оборонного потенціалу держави та успішного вивчення інших предметів.

II. Середній: зацікавлене, але пасивне і недостатньо стійке ставлення до пошуку пояснення та оцінювання правильності аргументів важливості фізики та математики як мови науки, техніки та технологій, інженерії; наявність позитивних реакцій щодо правильності вимірювань, обчислень і розрахунків для проектування і виготовлення виробів, часткове прийняття основ розвитку технологічного, економічного, оборонного потенціалу держави.

III. Низький: байдуже, споглядальне і епізодичне або стійке негативне ставлення до пошуку пояснення та оцінювання правильності аргументів важливості фізики та математики як мови науки, техніки та технологій, інженерії; наявність бурхливої негативної реакції.

➤ *компетентність в галузі природничих наук, технологій, інженерії:*

I. Високий: цілковито позитивне прагнення поглиблювати уявлення про цілісну наукову картину світу для суспільно-технологічного розвитку; критичне оцінювання досягнень науково-технічного прогресу, здобутків природничих наук і техніки; повне та стійке емоційно-ціннісне сприйняття природи та її пізнання для успішного життя в соціально-природному середовищі; зацікавлене усвідомлення значення технологій у повсякденному житті; визнання цінності природних ресурсів для сьогодення та майбутніх поколінь і їх раціональне використання.

II. Середній: зацікавлене, але пасивне і недостатньо стійке позитивне прагнення поглиблювати уявлення про цілісну наукову картину світу для суспільно-технологічного розвитку; часткове використання критичного оцінювання досягнень науково-технічного прогресу, здобутків природничих наук і техніки; пасивне емоційно-ціннісне сприйняття природи та її пізнання для успішного життя в соціально-природному середовищі; пасивне усвідомлення значення технологій у повсякденному житті; часткове сприйняття цінності природних ресурсів для сьогодення та майбутніх поколінь.

III. Низький: байдуже, споглядальне і епізодичне або стійке негативне ставлення до наукової картини світу для суспільно-технологічного розвитку; байдуже оцінювання досягнень науково-технічного прогресу, здобутків природничих наук і технік; наявність бурхливої негативної реакції.

3. *Сформованість поведінкового компонента STEM-компетентностей за визначеними показниками (адекватність, стійкість, самостійність):*

➤ *фізико-математична компетентність:*

I. Високий: адекватно оперує текстовою та числовою інформацією, самостійно встановлює причино-наслідкові зв'язки й перетворює інформацію з однієї форми в іншу; розуміє та постійно встановлює кількісні та просторові відношення між реальними об'єктами навколишньої дійсності; адекватно створює і досліджує найпростіші математичні моделі реальних об'єктів, процесів і явищ, інтерпретує та оцінює результати; самостійно застосовує логічні способи мислення; розуміє й постійно використовує фізико-математичні методи в життєвих ситуаціях.

II. Середній: ситуативно, повільно оперує текстовою та числовою інформацією, встановлюючи причино-наслідкові зв'язки, ситуативно перетворює інформацію з однієї форми в іншу; не завжди встановлює кількісні та просторові відношення між реальними об'єктами навколишньої дійсності; потребує контролю у створенні й досліджуванні найпростіших фізико-математичних моделей реальних об'єктів, процесів і явищ, інтерпретації та оцінці результату; потребує допомоги у застосовуванні логічних способів мислення й використовувати фізико-математичні методи у життєвих ситуаціях.

III. Низький: зі значними похибками оперує текстовою та числовою інформацією; не встановлює кількісні та просторові відношення між реальними об'єктами навколишньої дійсності; зі значними похибками досліджує найпростіші фізико-математичні моделі реальних об'єктів, процесів і явищ; потребує постійної допомоги у застосовуванні фізико-математичних методів у життєвих ситуаціях.

➤ *компетентність в галузі природничих наук, технологій, інженерії:*

I. Високий: адекватно й самостійно класифікує об'єкти, явища природи, технологічні процеси; впевнено використовує наукові знання, здобутки технологій, інженерії для розв'язання проблем; самостійно й адекватно робить висновки на основі міркувань та свідчень, обґрунтовує рішення, формулює гіпотези, збирає дані, здійснює експерименти, аналізує і узагальнює результати проектно-технологічної діяльності; впевнено використовує наукові методи для розв'язання задач прикладного змісту засобами цифрових технологій; розуміє й критично оцінює наслідки використання сучасних технологій для природного і соціального середовища.

II. Середній: ситуативно й повільно класифікує об'єкти, явища природи, технологічні процеси; потребує контролю у використовуванні наукових знань, здобутків технологій, інженерії для розв'язання проблем; потребує допомоги в обґрунтуванні рішень, свідчень, формулюванні гіпотез, зборі інформації, аналізі й узагальненні результатів проектно-технологічної діяльності; оцінює наслідки використання сучасних технологій для природного і соціального середовища.

III. Низький: зі значними похибками класифікує об'єкти, явища природи, технологічні процеси; неадекватно використовує наукові знання, здобутки тех-



нологій, інженерії для розв’язання проблем; потребує постійного контролю й допомоги в обґрунтуванні рішень, свідчень, формулюванні гіпотез, зборі інформації, аналізу й узагальнення результатів проектно-технологічної діяльності; не критично оцінює наслідки використання сучасних технологій для природного і соціального середовища.

Як підсумок всього, зобразимо послідовність та показники вивчення рівнів сформованості STEM-компетентності у майбутніх учителів фізики *таблиця 1*.

Таблиця 1.

**Послідовність та показники визначення рівнів сформованості STEM-компетентності у майбутніх учителів фізики**

I. Визначення змісту структурних компонентів рівнів сформованості STEM-компетентності		
II. Вивчення структурних компонентів рівнів сформованості STEM-компетентності за показниками		
1. Змістовий	2. Емоційно-мотиваційний	3. Поведінковий
Повнота, адекватність, усвідомленість	Позитивне чи негативне ставлення, його стійкість та дієвість	Адекватність, стійкість, самостійність виконання

Таким чином, ми можемо проводити дослідження підготовки майбутніх учителів фізики в умовах STEM-освіти, яке буде спрямовано на розвиток особистості через формування STEM-компетентності, фізико-математичної та природничо-наукової картини світу, що базується на практичному застосуванні наукових, фізичних, математичних, технічних та інженерних знань для розв’язання практичних задач для спеціальності 014 Середня освіта (Фізика).

Отже, у нашому експерименті поєднаємо цифрові компетентності з STEM-компетентностями. Визначимо наш напрямок для формування умінь, знань та навиків у майбутніх учителів фізики, та перевіримо основний змістовий елемент такий, яка формування здатності до ефективної інноваційної діяльності. А також перевіримо, як працюють рівні сформованості структурних компонентів STEM-компетентності в поєднанні з цифровими компетентностями і будемо здійснювати це за низкою показників, а саме: змістовий – за повнотою, адекватністю, усвідомленістю знань про фізико-математичні компетентності і компетентності в галузі природничих наук, технологій, інженерії; емоційно-мотиваційний – за позитивним чи негативним ставленням до застосування фізико-математичної компетентності й компетентності в галузі природничих наук, технологій, інженерії, його стійкості та дієвості; поведінковий – за адекватністю, стійкістю та самостійністю виконання умінь STEM-компетентності.

**Список використаних джерел:**

1. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, 9-10 листопада 2017 року, м. Київ. Київ: ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. 160 с.
2. Василяшко І., Білик Т. Упровадження STEM-навчання – відповідь на виклик часу. *Управління освітою*. Київ, 2017. № 2 (386). С. 28–31.
3. Карабін О. Й. Інформаційно-цифрові технології як засоби для проведення досліджень в STEM-проектах. *Topical issues of the development of modern science: abstracts of IV International Scientific and Practical Conference (Sofia, 11.12.2019–13.12.2019)*. Sofia, Bulgaria, 2019. P. 698–702.
4. Морзе Н.В., Гладун М.А., Дзюба С.М. Формування ключових і предметних компетентностей учнів робототехнічними засобами STEM-освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 65. № 3. С. 37–52. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2041/1348> (дата звернення: 10.03.2023).
5. Проект концепції STEM-освіти в Україні. URL: [http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM\\_2017.pdf](http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf) (дата звернення: 26.03.2023).
6. Хохліна О.П. Проблема змісту особистості як базової категорії психології. *Актуальні проблеми психології*. Київ-Ніжин: Видавець «ПП Лисенко М.М.», 2019. Том XIV: Методологія і теорія психології. Вип. 2. С. 388–397.

**Olga KSENDZENKO**

*Uman state pedagogical university named after Pavlo Tychnya*

**FORMATION OF STEM COMPETENCE OF FUTURE PHYSICS TEACHERS**

**Abstract.** The article examines theoretical-scientific problems and shows the peculiarities of the formation of STEM competence of all participants in the educational process when studying physical and mathematical disciplines and natural sciences. When analyzing theoretical and practical data, we developed our own definition of STEM competence and formed the main components and levels that future physics teachers can master in the process of introducing into the educational process various applied programs, robotics tools, virtual laboratories, specialized software and hardware, and as well as their practical activities. Thus, introducing STEM competence solves many issues, such as issues of innovation and creativity, communication, critical thinking, cooperation, self-regulation, pedagogical and psychological skills. Given that STEM is a controversial, context-specific concept in various scientific and technological fields, this set of skills will help all participants in the modern educational process to have the same understanding of the educational field and its intended purpose.

**Key words:** digital competences, STEM competences, STEM education, information technologies, robotics, educational process in physics.

*Отримано: 17.10.2023*