

УДК 378.147:53

DOI 10.33251/2522-1477-2019-5-422-428

СОСНИЦЬКА Наталя Леонідівна,доктор педагогічних наук, професор, завідувач
кафедри «Вища математика і фізика», Таврійський
державний агротехнологічний університет**ФОРМУВАННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ ПРИ НАВЧАННІ
ФІЗИКИ НА ЗАСАДАХ STEM-ОСВІТИ**

У статті сформульовано теоретико-методичні положення компетентнісної моделі STEM-навчання фізики. Визначено проектну діяльність як ефективний засіб формування науково-дослідницької компетентності. Сформульовано основні вимоги до організації STEM-навчання фізики, зорієнтованого на формування науково-дослідницької компетентності засобами проектної діяльності. Подано етапи формування науково-дослідницької компетентності засобами проектної діяльності.

Ключові слова: STEM-освіта, компетентнісна модель STEM-навчання фізики, проектна діяльність, початковий проект, формування науково-дослідницької компетентності.

Постановка проблеми. STEM-освіта – це категорія, яка визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування і розвитку науково-дослідницьких, розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, що забезпечує конкурентну спроможність на сучасному ринку праці: здатність і готовність до розв'язання комплексних задач (проблем), критичного мислення, творчості, когнітивної гнучкості, співпраці, управління, здійснення інноваційної діяльності [4]. Тобто, особливого значення набувають завдання формування компетентностей особистості в умовах наскрізної інтеграції в чотирьох напрямках: наука, технології, інженерія, математика та визначення умов формування науково-орієнтованої освіти на основі модернізації математично-природничих та гуманітарних профілів освіти [9]. Одним із шляхів їх розв'язання є залучення школярів у проектну та дослідницьку діяльність при навчанні математично-природничим предметам, зокрема фізики.

Фізика як навчальний предмет володіє великими можливостями для здійснення проектної діяльності, яка дозволяє учням самостійно освоювати її зміст, працюючи з різноманітними джерелами інформації, приборами, лабораторними установками тощо. Фізика включає велику кількість лабораторних та практичних робіт, екскурсій, у ході яких може бути організована дослідницька діяльність, яка допоможе знайти відповіді на питання прикладного характеру. Дослідницька та проектна діяльності розглядаються як засіб формування науково-дослідницької компетентності, а саме: оволодіння учнями складовими відповідної діяльності, включаючи вміння бачити проблему, ставити питання, висувати гіпотези, давати означення поняттям, класифікувати, спостерігати, проводити експерименти, робити висновки, структурувати матеріал, пояснювати, доводити, захищати свої ідеї тощо.

Таким чином, постає проблема розробки теоретичних засад компетентнісної моделі STEM-навчання фізики, зорієнтованої на формування в учнів науково-дослідницької компетентності, що дозволить учню самостійно мислити, здобувати та застосовувати знання, приймати рішення та чітко планувати свої дії, ефективно працювати в гетерогенному середовищі, бути відкритими до нових контактів та зв'язків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані з різними аспектами формування ключових компетентностей висвітлювалися в працях українських та зарубіжних учених, зокрема: загальні основи впровадження компетентнісного підходу в заклади загальної середньої освіти (Н. Бібік, В. Болотов, І. Єрмаков, І. Зимня, В. Краєвський, О. Локшина, О. Овчарук, О. Пометун, О. Савченко, Г. Селевко, В. Серіков, А. Хуторський, В. Шадріков та ін.); теоретичні та методологічні засади формування та розвитку ключових компетентностей (навчально-пізнавальної, науково-дослідницької, дослідницької тощо) (С. Воровщиков, Е. Зеєр, І. Зимня, Т. Іванова, В. Кайдалов, М. Комісарова, О. Савченко, Г. Селевко, Л. Фрідман, А. Хуторський, Т. Шамардіна та ін.); питання реалізації STEM-освіти (І. Василяшко, Н. Гончарова, Ю. Завалевський, В. Черноморець та ін.).

У методиці навчання фізики в закладах загальної середньої освіти досліджувались такі напрями проблеми формування науково-дослідницької компетентності: залучення учнів до навчально-пізнавальної діяльності, зокрема дослідницької, та керування нею (П. Атаманчук, Л. Благодаренко, І. Бургун, С. Величко, О. Іваницький, Є. Коршак, О. Сергєєв, В. Сиротюк, В. Сергієнко, В. Шарко, М. Шут та ін.); ознайомлення учнів із методами наукового пізнання (О. Бугайов, С. Гончаренко, О. Ляшенко, М. Мартинюк, М. Садовий, В. Сергієнко, Б. Сусь та ін.) тощо.

Однак, на сьогодні залишається недостатньо вивченим питання формування науково-дослідницької компетентності при навчанні фізики на засадах STEM-освіти.

Мета статті – обґрунтувати теоретико-методичні засади формування науково-дослідницької компетентності в умовах компетентнісної моделі STEM-навчання фізики.

Виклад основного матеріалу. Перехід до компетентнісної моделі STEM-навчання фізики та застосування нових методичних підходів, перш за все, передбачає [2; 4; 5; 7; 9]:

– принципово нове цілепокладання у педагогічному процесі, зміщення акцентів в освітній діяльності з вузькопредметної на загальнодидактичні;

– оновлення структури та змісту навчання фізики, елективних та спецкурсів на основі проектно-орієнтованого, проблемно-орієнтованого та практико-орієнтованого підходів;

– створення інтегративних курсів (міжпредметних, трандисциплінарних) із застосуванням математичних знань і наукових понять;

– формування компетентностей якісно нового рівня – STEM-компетентностей;

– визначення та оцінювання результатів навчання через ключові та предметну компетентності;

– запровадження наскрізного STEM-навчання, компетентнісно орієнтованих форм і методів навчання, системно-діяльнісного підходу;

– формування навчально-методичного, матеріально-технічного та технологічного забезпечення навчання фізики відповідно наскрізної інтеграції: природничі науки (Science), технології (Technology), технічна творчість (Engineering) та математика (Mathematics);

– запровадження інноваційних, ігрових технологій навчання, технологій case-study, інтерактивних методів групового навчання, проблемних методик з розвитку критичного і системного мислення тощо;

– корегування змісту окремих навчальних тем з акцентом на особистісно розвивальні, ігрові методики навчання, ціннісне ставлення до досліджуваного питання;

– створення педагогічних умов для здобуття результативного індивідуального досвіду проектної діяльності та розроблення стартапів.

Науково-дослідницьку компетентність (НДК) відносимо до STEM-компетентностей. За результатами досліджень НДК – це:

– комбінація системних полідисциплінарних інтегрованих знань; багатофункціональних пізнавальних умінь, що постійно саморозвиваються в навчальній, науково-дослідницькій, проєктивній діяльності; високої мотивації та позитивних ставлень до наукового пошуку й пізнавальних цінностей (любов до істини, прагнення до творчості та вдосконалення) (І. Зимня) [3];

– інтегральна якість особистості, що виражається в готовності і здатності до самостійного пошуку вирішення нових проблем і творчого перетворення дійсності на основі сукупності особистісно-осмислених знань, умінь, навичок, способів діяльності і ціннісних установок (О. Ушаков) [6];

– знання як результат пізнавальної діяльності особистості в певній галузі науки, методи, методики дослідження, якими він повинен опанувати, щоб здійснювати дослідницьку або проектну діяльність, а також мотивацію і позицію дослідника, його ціннісні орієнтації (А. Хуторський) [8].

Таким чином, узагальнюючи результати досліджень з цього питання, ми дійшли висновку, що науково-дослідницька компетентність, сформована у процесі навчання фізиці на засадах STEM-освіти, це здатність учнів здійснювати проектну та дослідницьку діяльність, спрямовану на розв'язання конкретно-практичних та теоретичних завдань, а саме:

– методологічний компонент: володіти методологією природничо-наукового пізнання і науковим стилем мислення, усвідомлювати сутності фізичної картини світу та застосовувати їх для виявлення проблеми в структурі STEM-знань та визначенні методів їх розв'язання: оцінювати і формулювати актуальність дослідницького завдання, визначати об'єкт, предмет дослідження, виділяти мету і конкретні завдання, висувати гіпотезу і проводити уявний експеримент, використовувати теоретичні методи наукового пізнання (аналіз і синтез, класифікацію та узагальнення, абстрагування і конкретизацію, порівняння, індуктивне і дедуктивне міркування, аналогію, моделювання, екстраполяції тощо), застосовувати різні підходи до вирішення проблеми і знаходити оптимальний, прогнозувати результат;

– когнітивний компонент: володіти системою фізичного знання на основі сучасних фізичних теорій (наукових фактів, понять, теоретичних моделей, законів, принципів) та вміти застосовувати набуті знання в пізнавальній практиці: виділяти основні ознаки і структурні властивості досліджуваних об'єктів, встановлювати взаємозв'язки між методами і поняттями різних галузей знань, розподіляти завдання пошукової роботи, вибирати адекватні методики дослідження, виділяти і узагальнювати прийоми роботи з різними видами об'єктів;

– операційно-діяльнісний компонент: володіти узагальненим експериментальним вмінням вести природничо-наукові дослідження методами фізичного пізнання (планування експерименту, вибір методу дослідження, здійснювати кількісний та якісний аналіз фактичного матеріалу, обробка та інтерпретація одержаних результатів, формулювання логічно обґрунтованих висновків, висловлювати пропозиції, рекомендації щодо провадження отриманих результатів в практику);

– комунікативний компонент: вести дискусію, виступати з доповіддю, використовуючи в мові схеми логічних міркувань, вміти сприймати на слух інформацію, виділяючи її логічну структуру, вміти вибирати відповідні цілі, способи і засоби передачі та ілюстрування інформації в процесі спілкування, вміти організувати спільне в команді пізнання, обмін, зіставлення ідей, володіти правилами перетворення різного роду інформації;

– рефлексивний компонент: осмислювати цілі, завдання і результат проектної та дослідницької діяльності, вибудовувати стратегії подальших дій, проводити самоаналіз, самокорекцію, самооцінку.

«Ефективним засобом формування НДК є проектна діяльність, яка змінює акценти освітньої діяльності ... дослідницькі навички та практичний досвід, набуті у процесі проектної діяльності, сприятимуть прискоренню адаптації молоді до мінливого соціально-економічного життя» [4].

Під проектною діяльністю розуміють вид навчально-пізнавальної діяльності, що полягає у мотиваційному досягненні свідомо поставленої мети зі створення учнівських творчих проектів, має певну структуру, комплексний характер, забезпечує активний процес дії учнів з навчальним матеріалом і є засобом розвитку особистості, як суб'єкту навчання [1, 5, 7].

Відповідно до сучасних вимог організації освітнього процесу з фізики навчальний проект можна розглядати як (рис. 1) [2; 5; 7]:

– форму організації занять, що передбачає комплексний інтегрований характер діяльності всіх його учасників з отримання самостійно запланованого результату за певний проміжок часу в умовах консультативної підтримки вчителя;

– засіб формування предметної та ключових компетентностей учнів у процесі вивчення фізики;

– складову системи навчального фізичного експерименту.

Основні вимоги до організації STEM-навчання фізики, зорієнтованого на формування науково-дослідницької компетентності засобами проектної діяльності подано на рис 2.

Відповідно визначених вимог виділяємо шість етапів формування НДК засобами проектної діяльності (таблиця 1).

Таким чином, формування НДК засобами проектної діяльності при STEM-навчанні фізики передбачає набуття учнями функціональної навички дослідження як універсального способу освоєння дійсності, розвитку здатності до дослідницького типу мислення, активізацію особистісної позиції учня в освітньому процесі на основі придбання суб'єктивно нових знань.



Рис. 1 Навчальний проект у сучасному освітньому процесі з фізики

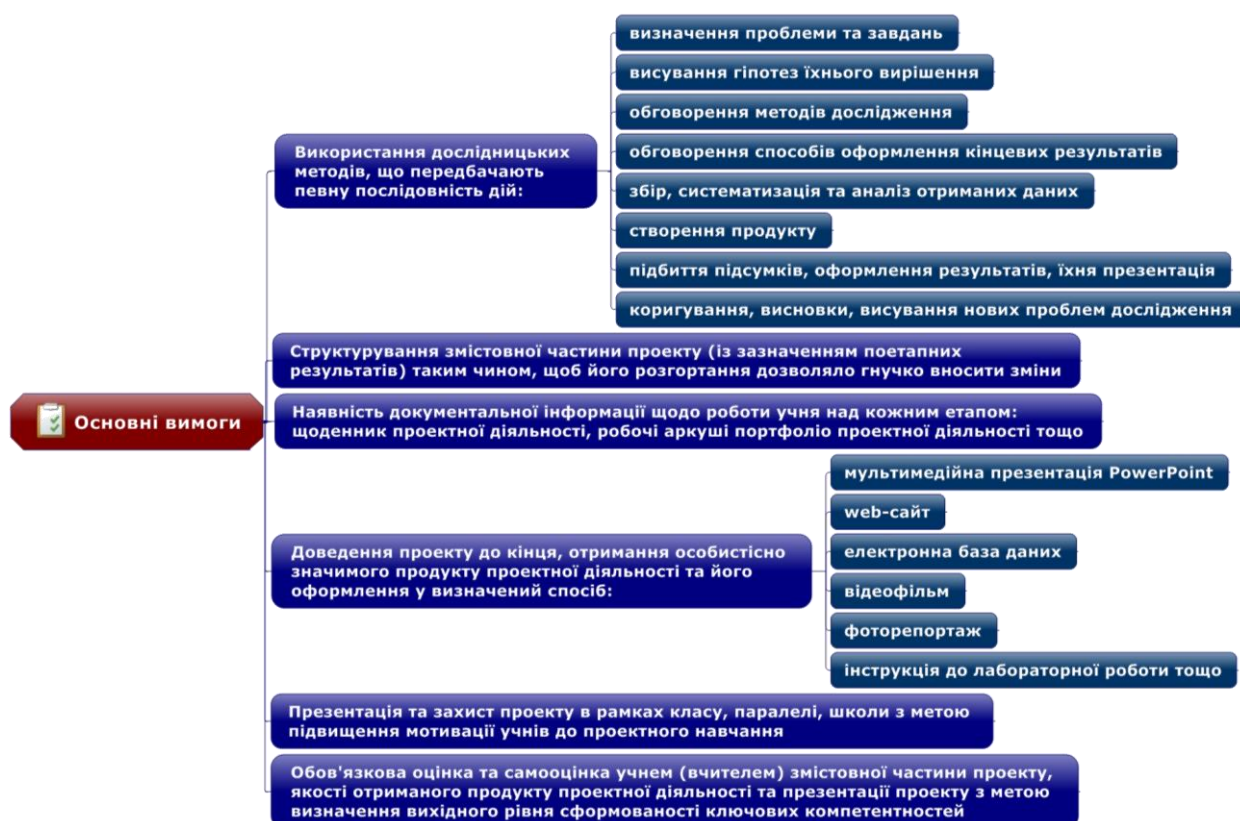


Рис. 2 Вимоги до STEM-навчання фізики, зорієнтованого на формування науково-дослідницької компетентності

**Етапи формування науково-дослідницької компетентності
засобами проектної діяльності**

Етап	Діяльність вчителя	Діяльність учня
Пошуковий	Визначає тематичне поле проектів. Мотивує учнів до обговорення. Пропонує схеми аналізу потреб. Спостерігає за процесом обговорення та допомагає сформулювати проблему. Консультує учнів при постановці мети, при необхідності корегує її.	Обговорює теми проектів. Визначає свої потреби, приймає в складі групи (або самостійно) рішення з приводу вибору теми проекту та аргументує свій вибір. Шукає протиріччя. Висуває та формулює (можливо, за допомогою вчителя) проблему. Формулює (індивідуально або при обговоренні в групі) мету проекту.
Організаційний	Визначає масштаби проектної діяльності. Розраховує термін виконання проекту. Формує групи навчального проектування. Визначає форми і методи управління та контролю. Координує роботу груп та консультує учнів.	Обирає групу навчального проектування. Визначає свою роль у проекті. Розподіляє обов'язки в групі. Визначає етапи роботи. Складає перспективний план та графік діяльності. Планує ресурси, способи інформаційного пошуку, джерела інформації.
Аналітичний	Спрямовує процес пошуку інформації учнями. Пропонує учням різні варіанти й способи зберігання та систематизації інформації. Організує процес аналізу альтернативних рішень. Допомагає уточнити (скоригувати) мету. Організує процес контролю (самоконтролю) розробленого плану діяльності та ресурсів. Обговорює спосіб та критерії оцінки проекту.	Аналізує проблему, мету, способи її досягнення. Здійснює пошук, збір, систематизацію та аналіз інформації. Вступає в комунікативні відносини з метою одержання інформації. Здійснює вибір. Планує свою діяльність. Оцінює ресурси. Визначає продукт проекту. Представляє продукт своєї (групової) діяльності на даному етапі. Здійснює оцінку (самооцінку) результатів даного етапу роботи.
Технологічний	Спостерігає, консультує та допомагає при необхідності. Контролює дотримання правил ТБ. Стежить за дотриманням часових рамок кожного етапу діяльності.	Виконує заплановані дії самостійно. Здійснює поточний само-, взаємоконтроль. При необхідності консультується з вчителем (експертом). Отримує запланований продукт проекту.
Презентаційний	Консультує учнів з питань підготовки презентації. Організує презентацію. Виступає як експерт. Перевіряє наявність документального звіту.	Обирає (пропонує) форму презентації. Готує презентацію, документальний звіт. При необхідності консультується з вчителем. Здійснює презентацію проекту. Виступає як експерт.
Контрольно-оцінювальний	Контролює просування учнів у проекті. Створює умови для рефлексії. Оцінює змістовну частину проектів, якість отриманого продукту, презентацію проекту. Організовує обговорення підсумків роботи над проектом.	Контролює власне просування в проекті. Здійснює оцінку отриманого продукту, презентації проекту в межах своєї (іншої) групи. Обговорює підсумки роботи. Визначає індивідуальні та групові досягнення. Аналізує причини успіху (невдачі).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Створення сприятливих умов для формування науково-дослідницької компетентності при навчанні фізики пов'язуємо з впровадженням STEM-освіти. STEM-освіта має ряд переваг у порівнянні з традиційною організацією освітнього процесу: розвиває здібності до дослідницької, аналітичної роботи, експериментування та критичного мислення та готує до успішного працевлаштування. Впровадження в освітній процес з фізики методичних рішень STEM-освіти дозволить сформулювати в учнів найважливіші характеристики, які визначають компетентного фахівця: уміння побачити

проблему; уміння побачити в проблемі якомога більше можливих сторін і зв'язків; уміння сформулювати дослідницьке запитання і шляхи його вирішення; гнучкість як уміння зрозуміти нову точку зору і стійкість у відстоюванні своєї позиції; оригінальність, відхід від шаблону; здатність до перегруповування ідей та зв'язків; здатність до абстрагування або аналізу; здатність до конкретизації або синтезу; відчуття гармонії в організації ідеї.

Перспективами подальших досліджень є розробка системи формування науково-дослідницької компетентності на засадах STEM-навчання фізики.

Список використаних джерел

1. Генів-Стешенко О. В., Сосницька Н. Л. Дидактичні засади застосування методу проєктів для формування ключових компетентностей учнів у процесі навчання фізики. Наукові записки; серія: педагогічні науки. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка Вип. 82. Ч. 2., 2009. С. 73–78.
2. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. Фізика та астрономії в сучасній школі. №4., 2012. С. 2–8.
3. Зимняя И. А. Общая культура и социально-профессиональная компетентность человека. Высшее образование сегодня. № 11., 2005. С. 14–20.
4. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти України у 2018/2019 навчальному році. URL: https://drive.google.com/file/d/1jwoLpGOXiRH5v9OPS1s4ALi1_THWJ-Ts/view (дата звернення 11.03.2019)
5. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Фізика 10-11 класи. Рівень стандарту (зі змінами, затвердженими наказом МОН України № 826 від 14.07.2016). URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-dlya-10-11-klasiv> (дата звернення 11.03.2019)
6. Ушаков А. А. Развитие исследовательской компетентности учащихся общеобразовательной школы в условиях профильного обучения: дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Майкоп. 2008. 190 с.
7. Фізика для 7-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів / Навчальні програми для 5-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів (за новим Державним стандартом базової і повної загальної середньої освіти). URL: <http://www.mon.gov.ua/images/files/doshkilna-crednya/serednya/navch-program/2012/nac-mensh/37.doc> (дата звернення 11.03.2019)
8. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования. *Народное образование*. №2., 2003. 55–61 с.
9. Педрада. Портал освітян України. URL: <https://www.pedrada.com.ua/news/703-stem-osvita-v-ukrayini-vid-doshkilnika-do-kompetentnogo-vipusknika> (дата звернення 11.03.2019)

References

1. Henov-Steshenko, O.V., Sosnytska, N.L. (2009). *Dydaktychni zasady zastosuvannia metodu proektiv dlia formuvannia kliuchovykh kompetentnostei uchniv u protsesi navchannia fizyky [Didactic principles of application of the method of projects for the formation of key competencies of students in the process of teaching physics]*. Naukovi zapysky; serii: pedahohichni nauky. Kirovohrad: RVV KDPU im. V. Vynnychenka [in Ukrainian].
2. *Derzhavnyi standart bazovoi i povnoi zahalnoi serednoi osvity. Fyzyka ta astronomii v suchasniy (2012) [State standard of basic and complete general secondary education. Physics and astronomy in modern school]*. [in Ukrainian].
3. Zimnyaya, I.A. (2005). *Obshchaya kultura i sotsialno-professionalnaya kompetentnost cheloveka. Vyssheye obrazovaniye segodnya [General culture and socio-professional competence of a person. Higher education today]*. Vysshee obrazovaniye sehodnia [in Russian].
4. *Metodychni rekomendatsii shchodo rozvytku STEM-osvity v zakladakh zahalnoi serednoi ta pozashkilnoi osvity Ukrainy u 2018/2019 navchalnomu rotsi (2018). [Methodical recommendations for the development of STEM education in the institutions of general secondary and non-formal education of Ukraine in the 2018/2019 school year]* [in Ukrainian].
5. *Prohrama dlia zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv. Fyzyka 10-11 klasy (2016). [The program for secondary schools. Physics 10-11 grades]*. Riven standartu (zi zminamy, zatverdzheny my nakazom MON Ukrainy № 826 vid 14.07.2016) [in Ukrainian].
6. Ushakov, A.A. (2008). *Razvitiye issledovatel'skoy kompetentnosti uchashchikhsya obshcheobrazovatel'noy shkoly v usloviyakh profil'nogo obucheniya [Development of research competence of secondary school students in the context of specialized education]: dis. ... kand. ped. nauk : spets. 13.00.01. Maykop* [in Russian].

7. *Fizyka dlia 7-9 klasiv zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv [Physics for 7-9 classes of general educational institutions]. Navchalni prohramy dlia 5-9 klasiv zahalnoosvitnikh navchalnykh zakladiv (za novym Derzhavnym standartom bazovoi i povnoi zahalnoi serednoi osvity) [in Ukrainian].*

8. Khutorskoy, A.V. (2003). *Klyuchevyye kompetentsii kak komponent lichnostno-orientirovannoy paradigmy obrazovaniya. Narodnoye obrazovaniye [Key competencies as a component of the personality-oriented educational paradigm. National education] [in Russian].*

9. Pedrada. Portal osvitan Ukrainy. URL: <https://www.pedrada.com.ua/news/703-stem-osvita-v-ukrayini-vid-doshkilnika-do-kompetentnogo-vipusknika> (дата звернення 11.03.2019) [in Ukrainian].

SOSNYTSKA Natalya, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of department of mathematics and physics Tavria State Agrotechnological University.

THE FORMATION OF SCIENTIFIC AND RESEARCH COMPETENCE FOR TEACHING PHYSICS ON THE BASIS OF STEM-EDUCATION

Abstract. *The theoretical and methodological provisions of the competence-based model of STEM-teaching physics are formulated in the article. These are fundamentally new goal-setting in the pedagogical process; project-oriented, problem-oriented and practice-oriented approaches to the organization of the educational process; the creation of integrative courses (interdisciplinary, transdisciplinary) with the use of mathematical knowledge and scientific concepts; the formation of STEM-competencies; definition and evaluation of learning outcomes through main and subject competence in physics; the introduction of end-to-LEARNING, competence-oriented forms and methods of training, system-activity approach; introduction of innovative, game-based learning technologies, case-study technologies, interactive methods of group learning, problematic methods for the development of critical and systemic thinking, etc.; creation of pedagogical conditions for obtaining effective individual experience of project activities and development of startups.*

It is determined that scientific and research competence in the process of teaching physics on the basis of STEM-education is the ability of pupils to carry out project and research activities, aimed at solving specific-practical and theoretical tasks.

Project activity is considered as an effective means of forming scientific research competence.

The basic requirements for the organization of STEM-teaching physics, focused on the formation of scientific research competence by means of project activity are formulated. The stages of formation of scientific research competence by means of the project activity are presented: search, organizational, analytical, technological, presentation, control and evaluation.

It is proved that the formation of NDC on the basis of STEM-education involves acquiring pupils the functional study skills as a universal way of mastering reality, developing the ability to research type of thinking, activating the pupil's personal position in the educational process, based on the acquisition of subjectively new knowledge.

Key words: *STEM-education, competence-based model of STEM-teaching physics, project activity, educational project, formation of scientific research competence.*

*Одержано редакцією: 05.03.2019 р.
Прийнято до публікації: 19.03.2019 р.*