

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ВИННИЧЕНКА**

КУЗЬМЕНКО Ольга Степанівна

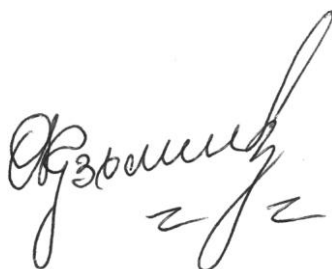
УДК 53(043.5):378.016:372.853

**ТЕОРЕТИЧНІ І МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ
СТУДЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ОСНОВІ
ТЕХНОЛОГІЙ STEM-ОСВІТИ**

13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика)

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора педагогічних наук



Кропивницький – 2020

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Центральноукраїнському державному педагогічному університеті імені Володимира Винниченка Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант: доктор педагогічних наук, професор

САДОВИЙ Микола Ілліч,

Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, завідувач кафедри теорії і методики технологічної підготовки, охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Офіційні опоненти:

доктор педагогічних наук, професор

АТАМАНЧУК Петро Сергійович,

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,

завідувач кафедри методики викладання фізики та дисциплін технологічної освітньої галузі;

доктор педагогічних наук, професор

ЗАБОЛОТНИЙ Володимир Федорович,

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,

завідувач кафедри фізики і методики навчання фізики, астрономії;

доктор педагогічних наук, доцент

ЛІТВІНОВА Марина Борисівна,

Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,

професор кафедри інформаційних технологій та фізико-математичних дисциплін.

Захист відбудеться 20 березня 2020 р. о 11.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 23.053.04 у Центральноукраїнському державному педагогічному університеті імені Володимира Винниченка, 25006, м. Кропивницький, вул. Шевченка, 1.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, 25006, м. Кропивницький, вул. Шевченка, 1 та на офіційному WEB-сайті за посиланням: <https://www.cuspu.edu.ua/ua/ntmd/spetsializovana-vchena-rada-d23-053-04>.

Автореферат розіслано 19 лютого 2020 р.

**Т. в. о. вченого секретаря
спеціалізованої вченої ради**



В. П. Вовкотруб

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Пріоритетним напрямом освітньої політики України є підвищення якості та конкурентоспроможності вищої освіти в нових економічних умовах, що сприяють її інтеграції до міжнародного освітнього простору. Соціальний запит суспільства на висококваліфікованих фахівців, здатних до інноваційної інженерно-технічної діяльності актуалізує потребу підвищення якості їхньої природничо-математичної підготовки. Такі зміни потребують модернізації вищої технічної освіти на законодавчому й управлінському рівнях, зокрема розроблення галузевих стандартів; навчальних програм, планів; нових освітніх технологій, форм, методів і засобів навчання; контролю й оцінювання навчальних досягнень студентів та прийняття європейської системи оцінювання результатів навчання – компетентностей.

Фундаментальною основою дослідження є Закони України «Про освіту» (2018), «Про вищу освіту» (2014), «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності» (2012), Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2021 р., які визначають основні орієнтири реформування національної вищої освіти.

В Україні склалися сприятливі умови для розвитку STEM-освіти (Science, Technology, Engineering, Mathematics): розроблено Концепцію цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 рр.; план заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016–2018 рр.; проєкт концепції STEM-освіти в Україні, затверджено низку нормативно-правових документів, що забезпечують їхню імплементацію на рівні міжнародних стандартів якості природничо-математичної освіти. Українські науковці докладно вивчають досвід STEM-освіти в провідних країнах світу (США, Великобританія, Польща, Сингапур, Японія та ін.) та досліджують умови її впровадження в Україні, а саме:

– окреслено філософсько-методичні аспекти інтеграції знань у змісті сучасної освіти (В. Андрущенко, І. Козловська, В. Кремень, С. Куриленко, О. Дубасенюк та ін.); створено теорію розвивального навчання (В. Давидов, Д. Ельконін, А. Давиденко, О. Ткаченко та ін.); визначено інноваційні аспекти освіти і науки вищої школи (С. Архангельський, І. Бабін, В. Ледньов, О. Ляшенко та ін.); розглянуто проблеми дидактики фізики (О. Бугайов, С. Величко, В. Вовкотруб, О. Коновал, М. Садовий та ін.); сформовано загальні основи впровадження компетентісного підходу (П. Атаманчук, В. Заболотний, А. Хуторський, В. Шарко та ін.); розроблено принципи фундаменталізації фізичної освіти (С. Гончаренко, Л. Єлгіна, М. Садовий, В. Сергієнко, О. Сергєєв та ін.); П. Атаманчук увів у науковий обіг поняття STEM-інтеграції як важливої інноватики в компетентісно зорієнтованому освітньому середовищі; О. Стрижак дослідив категорію трансдисциплінарності як основоположну інтеграційну категорію STEM-освіти; І. Сліпухіна з'ясувала особливості мультидисциплінарного підходу в STEM-навчанні; І. Василяшко проаналізувала освітнє середовище з позицій STEM-навчання в закладах освіти; Н. Поліхун описала формування критеріїв та показників виявлення схильності суб'єктів навчання до інноваційної діяльності;

– розроблено методику навчання фізики за компетентнісного підходу з навчання природничо-математичних дисциплін вищої педагогічної освіти (О. Коновал, А. Кух, М. Літвінова, О. Мартинюк, В. Мендерецький, Н. Подопригора, М. Садовий, В. Сергієнко, В. Шарко, М. Шут та ін.); у частині методичних основ новітнього навчального фізичного експерименту (С. Величко, В. Вовкотруб, А. Касперський, М. Садовий, І. Сальник, В. Сергієнко та ін.); щодо формування фізико-технічних знань у закладах вищої освіти (ЗВО) (І. Богданов, А. Касперський, О. Ніколаєв, Г. Шишкін та ін.); систематизації знань (Л. Благодаренко, С. Величко, В. Вовкотруб, В. Заболотний, Б. Кремінський, М. Мартинюк, І. Сальник, В. Сиротюк та ін.); з методики організації самостійної роботи студентів (А. Алексюк, С. Архангельський, В. Радул, А. Растригіна та ін.);

– обґрунтовано концептуальні засади створення навчального середовища (А. Гуржій, А. Жук, В. Заболотний, А. Кух, М. Садовий, М. Шут та ін.); розроблено методику впровадження системного підходу в освітній процес ЗВО (В. Кушнір, М. Садовий, Ю. Шабанова та ін.), методику розв'язування фізичних задач (О. Бугайов, В. Вовкотруб, А. Павленко, О. Трифонова та ін.), методичні засади навчання теоретичної фізики (О. Кузнєцова, І. Мороз, Н. Подопригора, О. Школа та ін.); досліджено загальні питання STEM-технологій (В. Заболотний, С. Литвинова, О. Мартинюк, М. Садовий, О. Трифонова, І. Савченко, І. Чернецький та ін.);

– визначено чинники, що сприяють розвитку інтересу та пізнавально-пошукових здібностей суб'єктів навчання в контексті STEM-освіти (Л. Клименко – науковості; О. Граб – творчого потенціалу; О. Мартинюк – інженерних здібностей, М. Ростока – креативності та ін.) тощо.

Вагомість зазначених вище аспектів для покращення якості навчання освіти з фізики студентів технічних ЗВО на основі технологій STEM-освіти стрімко зростає впродовж останніх років. Важливе місце посідає спрямування навчальної інформації на вивчення основ природничо-математичної галузі, засвоєння наукових методів пізнання та формування практичних умінь і навичок студентів.

Утім, у теорії та методиці навчання фізики потребують розв'язання завдання, з-поміж яких з погляду предмету дослідження слід виокремити такі:

– обґрунтування теоретичних і методичних засад навчання фізики студентів технічних ЗВО на основі STEM-технологій;

– розроблення методик навчання фізики студентів технічних ЗВО в умовах STEM-освіти.

Аналіз наукових досліджень проблеми впровадження STEM-освіти засобами компетентнісного, міждисциплінарного, інтеграційного, системного та професійно зорієнтованого підходів, узагальнення педагогічного досвіду викладачів з навчання фізики в технічних ЗВО дає змогу окреслити три контекстні рівні та суперечності:

– у контексті потреб соціального замовлення – між потребами суспільства у висококваліфікованих фахівцях технічного напрямку, здатних швидко адаптуватися до вимог ринку праці в нових економічних умовах, та невідповідністю якості їхньої професійної підготовки в технічних ЗВО;

– у контексті потреб педагогічної науки – між традиційною методикою навчання фізики в технічних ЗВО та можливостями її збагачення новітніми засобами навчання фізики за технологіями STEM-освіти;

– у контексті потреб педагогічної практики – між потребою розроблення та впровадження інноваційних підходів навчання фізики в частині формування STEM-компетентності студентів та відсутністю висококваліфікованих фахівців, здатних упроваджувати STEM-технології в освітній процес.

Отже, відсутність системного наукового дослідження щодо цілісної методологічної, теоретичної та методичної бази розроблення й упровадження STEM-технологій у навчанні фізики в циклі дисциплін професійної підготовки студентів технічних ЗВО, які б сприяли їхній адаптації в освітньо-науковому STEM-середовищі, недостатній рівень теоретичного вивчення та практичної розробленості порушеної проблеми, її вагома соціальна значущість, а також виявлені суперечності зумовили вибір теми дослідження **«Теоретичні і методичні засади навчання фізики студентів технічних закладів вищої освіти на основі технологій STEM-освіти»**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до плану наукових досліджень кафедри фізики та методики її викладання Кіровоградського (нині – Центральноукраїнського) державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Проблема є складником теми «Система управління якістю підготовки майбутніх учителів математики, фізики та інформатики на основі інформаційно-комунікаційних технологій» (протокол № 5 від 08.12.2011).

Обраний напрям наукового дослідження пов'язано із темою науково-дослідної роботи кафедри фізико-математичних дисциплін Відокремленого структурного підрозділу Національного авіаційного університету «Кіровоградської льотної академії національного авіаційного університету» (нині Льотної академії Національного авіаційного університету) «Впровадження інноваційних технологій у процесі навчання фізико-математичних дисциплін в умовах розвитку STEM-освіти» (держ. реєстр. № 0117U000789) і з дослідно-експериментальною роботою всеукраїнського рівня за темою «Науково-методичні засади створення та функціонування Всеукраїнського науково-методичного віртуального STEM-центру» (наказ Міністерства освіти і науки України № 708 від 17.05.2017), яку виконано в Льотній академії Національного авіаційного університету.

Тему дослідження затверджено на засіданні Вченої ради Кіровоградського (нині – Центральноукраїнського) державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка (протокол № 8 від 29.02.2016) й узгоджено в бюро Міжвідомчої ради з координації досліджень у галузі освіти, педагогіки і психології в Україні (протокол № 6 від 28.11.2017).

Мета дослідження полягає в науковому обґрунтуванні, концептуалізації та розробленні теоретичних і методичних засад навчання фізики студентів

технічних ЗВО на основі технологій STEM-освіти, що сприяє їх адаптації до освітньої діяльності, забезпечує процесуальність та підвищення якості освіти.

Концепція дослідження. Фізико-математична та спеціальна підготовка майбутніх фахівців з інженерного та технічного напрямів у технічних ЗВО є фундаментом для подальшого формування в студентів особистісних і професійних якостей майбутнього конкурентоспроможного фахівця, його готовності до відповідного виду професійної діяльності з урахуванням сучасних тенденцій розвитку STEM-освіти.

Провідна ідея дослідження полягає у твердженні, що професійно зорієнтоване навчання фізики за технологіями STEM-освіти в технічних ЗВО, яке ґрунтується на засадах єдності фундаменталізації, міждисциплінарного, інтеграційного, компетентнісного, системного та професійно зорієнтованого підходів, забезпечує готовність суб'єктів навчання до здобуття якісної освіти з фізики й ефективної професійної діяльності.

Методологічний концепт розкриває системний взаємозв'язок і взаємодію визначених підходів до розв'язання проблеми інтеграції навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін у технічних ЗВО.

Теоретичний концепт визначає систему основних закономірних положень, новітніх наукових понять, які є фундаментальними для розуміння STEM-освіти в навчанні фізики в технічних ЗВО; особливості пізнавально-пошукової діяльності студентів в освітньо-науковому STEM-середовищі; професійні кваліфікації, ключові професійні компетенції; професійну STEM-компетентність.

Методичний концепт передбачає розроблення, обґрунтування й опис методичних засад та методики навчання фізики на основі STEM-технологій, визначення етапів їхньої міжпредметної інтеграції, реалізації в практиці навчання фізики в технічних ЗВО.

Відповідно до мети наукової розвідки сформульовано **завдання дослідження:**

1. Здійснити аналіз наукових досліджень і науково-методичної літератури вітчизняних та зарубіжних дослідників з проектування й формування основних напрямів розвитку теорії й практики методики навчання фізики засобами STEM-освіти в технічних ЗВО.

2. Обґрунтувати теоретичні й методичні засади навчання фізики на основі технологій STEM-освіти в контексті професійної спрямованості освітнього процесу в технічних ЗВО.

3. Створити модель освітньо-наукового STEM-середовища професійно зорієнтованого навчання фізики в технічних ЗВО.

4. Розробити концепцію STEM-освіти технічного ЗВО для забезпечення інтеграції навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін.

5. Розробити методику професійно зорієнтованого навчання фізики в технічних ЗВО засобами STEM-технологій.

6. Розробити методичне забезпечення методики професійно зорієнтованого навчання фізики на основі засобів STEM-технологій для спеціальності 272 «Авіаційний транспорт».

7. Упровадити методику професійно зорієнтованого навчання фізики в технічних ЗВО засобами STEM-технологій в умовах педагогічного експерименту. Провести експертне оцінювання відповідного навчально-методичного забезпечення.

Об'єктом дослідження є освітній процес у технічних закладах вищої освіти.

Предметом дослідження є теоретичні й методичні засади навчання фізики студентів технічних закладів вищої освіти на основі технологій STEM-освіти.

Для досягнення зазначеної мети та розв'язання завдань дослідження використано такі **методи дослідження**:

теоретичні: аналіз фундаментальних психолого-педагогічних і спеціальних джерел, дисертацій, стандартів вищої освіти, чинних програм, підручників, методичних посібників і публікацій, що віддзеркалюють проблему дослідження з методики навчання фізики з урахуванням тенденцій інноваційного розвитку освіти (п. 1.1; 1.2; 1.3); вивчення наукових праць з методики навчання фізики студентів технічних ЗВО (п. 1.4); дослідження англомовних джерел з виявлення еволюції становлення STEM-освіти (п. 2.1); з'ясування сучасних фізичних наукових положень, досягнень, тенденцій розвитку методики навчання фізики в технічних ЗВО на засадах STEM-освіти (п. 2.2); виокремлення основ формування моделі освітньо-наукового STEM-середовища та поняття STEM-компетентностей (п. 2.3–2.4); аналіз літератури й наукових джерел використання фундаментальних наскрізних генеруючих понять, зокрема симетрії, у навчанні фізики та професійно зорієнтованих дисциплін у технічних ЗВО (п. 4.1.; 4.2);

емпіричні: розроблення методики навчання фізики на основі технологій STEM-освіти, а саме виокремлення теоретичних і методичних засад навчання фізики (п. 3.1); формування фундаментальних фізичних понять сучасними засобами STEM-освіти (п. 3.2; 3.3; 4.3); виокремлення теоретико-організаційних функцій самостійної роботи студентів на основі STEM-технологій та використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчанні фізики (п. 3.4); обґрунтування основних вимог до розв'язування фізичних задач із урахуванням STEM-освіти та укладання робіт фізичного практикуму на основі технологій STEM-освіти (п. 4.4); діагностика (анкетування, опитування) для з'ясування рівня зацікавленості й активності студентів у навчанні фізики з використанням STEM-технологій (п. 5.2); педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний) (п. 5.1); експериментальна перевірка методики навчання фізики з використанням STEM-технологій у технічних ЗВО (п. 5.2.); експертне оцінювання навчально-методичного забезпечення (п. 5.3).

Наукова новизна дослідження:

уперше: розроблено теоретичні й методичні засади навчання фізики на основі технологій STEM-освіти в технічних ЗВО; *обґрунтовано* закономірності формування моделі освітньо-наукового STEM-середовища, компонентами якої є моделювання, навчальний фізичний експеримент, хмарні технології, професійний, компетентнісний, міжпредметний, інтеграційний та професійно зорієнтований складники; *створено* концепцію STEM-освіти для технічного ЗВО, де віддзеркалено послідовність етапів концептуалізації, адаптації, безпосередньої реалізації, активного продуктивного використання й розвитку нововведень;

установлено дидактичні вимоги до розв'язування фізичних задач на основі STEM-технологій; *обґрунтовано* критерії технологічності STEM-освіти в навчанні фізики; *визначено* особливості методики навчання фізики на основі технологій STEM-освіти; *розроблено* педагогічні умови навчання фізики студентів технічних ЗВО в контексті STEM-освіти: а) створення освітніх програм і курсів для формування технічно складних навичок майбутніх фахівців технічної галузі на основі новітніх наукових знань, технологій, інженерії та математики; б) розвиток креативного напрямку (індекс креативності), активізації розумової діяльності суб'єктів навчання на основі синтезу науки й педагогічного мистецтва; в) розроблення методики автономізації навчання суб'єктів навчання та зміна функції викладача з джерела знань на організатора їхнього навчання;

уточнено факторно-критеріальну дефініцію STEM-компетентності студентів у технічних ЗВО; *систематизовано* термінологічну систему STEM як складника інновації (STEM-освіта, STEM-грамотність; STEM-лабораторії; STEM-спеціальності; STEM-центр та ін.); *виокремлено* особливості міждисциплінарної інноватики в навчанні фізики з позиції розвитку STEM-освіти (мультидисциплінарність і трансдисциплінарність); *узагальнено* прийоми професійної підготовки фахівців технічних ЗВО, побудованих на педагогічних інноваціях технічної підготовки в умовах STEM-освіти;

дістали подальшого розвитку: дидактичні принципи в частині формування освітньо-наукового STEM-середовища для активізації пізнавально-пошукової діяльності студентів; логіко-семантичний принцип добору навчально-наукового матеріалу й фізичного експерименту, що віддзеркалює STEM-напрямок в освіті; методичні засади проведення лекційних занять на основі STEM-технологій в умовах реалізації міждисциплінарних зв'язків фізики та професійно зорієнтованих дисциплін; методичні підходи розв'язування фізичних задач прикладного змісту на основі технологій STEM-освіти в технічних ЗВО.

Практичне значення одержаних результатів:

– *розроблено* методику професійно зорієнтованого навчання фізики в технічних ЗВО засобами STEM-технологій, що забезпечує реалізацію компетентісного, міждисциплінарного, інтеграційного, системного та професійно зорієнтованого підходів і властивих їм способів навчальної діяльності студентів у технічних ЗВО [1; 26; 32; 52];

– *упроваджено* в освітній процес методичні розробки щодо вивчення студентами актуальних питань курсу фізики зі STEM-освітнього погляду системи теоретичних схем: принципу симетрії, законів збереження, статички підйому літака в повітрі, визначення симетрії в розрахункових схемах і навантаженнях [11; 16; 21; 43];

– *апробовано* навчальні посібники: «Інтерферометри. Фізичний практикум з оптики з новим та нетрадиційним обладнанням» [42]; «Mechanics. Molecular Physics and Thermodynamics, Electromagnetism. Oscillations and wave optics. Quantum and atomic physics» [2]; «Фізика. Пособие для выполнения лабораторных работ» [43];

– розроблено концепцію «STEM-центру» [56] та положення «STEM-центру» академії [54].

Результати дисертації **впроваджено** в освітній процес технічних ЗВО України: Національного авіаційного університету (довідка від 25.05.2018, № 29-74/3); Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького (довідка від 28.02.2018, № 40/03); Вінницького національного технічного університету (довідка від 22.06.2018, № 15-82/1); Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (довідка від 13.04.2018, № 30-10/394); Національного центру «Мала академія наук України» (довідка від 25.05.2018, № 172/1.1/7-370); Льотної академії Національного авіаційного університету (довідка від 22.05.2018, № 01-08/1324).

Експериментальну перевірку авторських розробок здійснено в 2012–2018 рр. на факультетах: льотної експлуатації; обслуговування повітряного руху; менеджменту в процесі викладання дисципліни «Фізика» в Льотній академії Національного авіаційного університету й у вищезазначених ЗВО. В експерименті брали участь 694 студенти. Експертне оцінювання з урахуванням висновків 51 експерта дозволяє підтвердити, що методика навчання фізики на основі STEM-технологій передбачає наявність освітньо-наукового STEM-середовища, практичних дидактичних засобів, системи STEM-показників і навчально-методичного забезпечення. Коефіцієнт компетентності експертів становить 0,85.

Особистий внесок здобувача викладено в працях, написаних разом із співавторами, у яких здобувачеві належать такі результати дослідження: розроблено 1 та 2 розділи, а також роботи фізичного практикуму в [43]; запропоновано лекційний матеріал з фізики та підібрано фізичні задачі в [2]; розкрито особливості використання інтерферометрів у навчанні фізики в [7]; сформовано 1, 2 розділи та роботи фізичного практикуму в [42; 51]; сформовано вступ і укладено роботи фізичного практикуму в [52]; окреслено методичні особливості розв'язування фізичних задач [53]; визначено основні положення про симетрію в навчанні фізики, розглянуто властивості симетрії в процесі вивчення студентами тем «Динаміка вільної частинки» та «Рух частинки під дією зовнішніх сил» [21]; витлумачено поняття трансляції як основного елемента симетрії в навчанні фізики з урахуванням компонентів STEM-освіти [23]; розкрито поняття мислення студентів як основного чинника формування самостійної пізнавально-пошукової діяльності в навчанні фізики [24]; визначено особливості навчання фізики в умовах розвитку концепції STEM-освіти [27]; окреслено особливості використання сучасних STEM-технологій у навчанні фізики на основі організації самостійної пізнавально-пошукової діяльності студентів у технічних ЗВО [33]; розкрито поняття динамічних симетрій та їх вивчення в розділі «Механіка» [18]; визначено властивості поняття симетрії в роботах фізичного практикуму [34]; витлумачено інтегрований підхід та його використання до наповнення підручника в навчанні фізики на основі технологій STEM-освіти [29]; виокремлено основні особливості навчання фізики засобами технологій STEM-освіти в технічних ЗВО [39]; проаналізовано світові тенденції розвитку STEM-освіти в [38]; продемонстровано міждисциплінарні зв'язки фізики й

безпеки польотів з виокремленням наукового та інженерного складників STEM-освіти [40]; розкрито міждисциплінарні зв'язки фізики, опору матеріалів і теоретичної механіки в контексті STEM-освіти [41].

Апробація результатів дослідження. Основні положення та результати дослідження викладено й обговорено на науково-практичних конференціях різного рівня:

Міжнародних: «Теорія та методика навчання фундаментальних дисциплін у вищій школі» (Кривий Ріг, 2012, 2013); «Актуальні проблеми природничо-математичної освіти в середній і вищій школі» (Херсон, 2012, 2014, 2016); «Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем» (Кропивницький (Кіровоград), 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017); «Сучасна освіта у гуманістичній парадигмі» (Керч, 2013); «Засоби і технології сучасного навчального середовища» (Кіровоград, 2012, 2013, 2014); «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (Харків–Кропивницький (Кіровоград), 2013, 2015, 2017); «Физическое образование: проблемы и перспективы развития» (Москва, 2014); «Сучасні тенденції навчання фізики у загальноосвітній та вищій школі» (Кіровоград, 2014, 2015); «Современный физический практикум» (Москва, 2014); «Управління якістю підготовки майбутнього вчителя фізико-технологічного профілю» (Кам'янець-Подільський, 2014); Scientific and Professional conference «Pedagogy and Psychology in the age of globalization – 2014», (Budapest, 2014); «Электронное обучение в непрерывном образовании 2015» (Ульяновск, 2015); «Проблеми інформатизації» (Харків, 2015); «Дидактика фізики як концептуальна основа формування компетентнісних і світоглядних якостей майбутнього фахівця фізико-технологічного профілю» (Кам'янець-Подільський, 2015); «Вопросы современной педагогики и психологии: свежий взгляд и новые решения» (Екатеринбург, 2016); «Проблемы и перспективы современной науки» (Москва, 2016); «Дидактичні механізми дієвого формування компетентнісних якостей майбутніх фахівців фізико-технологічних спеціальностей» (Кам'янець-Подільський, 2016); «Сучасні тенденції навчання природничо-математичних та технологічних дисциплін у загальноосвітній та вищій школі» (Кропивницький, 2016); «Інноваційні технології навчання обдарованої молоді» (Київ, 2016); «Иновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам» (Мозир, 2017); «Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті» (Кропивницький, 2017, 2018); «Problems and prospects of specialists' professional training in terms of European integration» (Кропивницький, 2017); «STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку» (Київ, 2017); «Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у навчанні природничо-наукових дисциплін» (Кропивницький, 2018).

Всеукраїнських: «Формування компетентностей учнів і студентів засобами природничо-математичних дисциплін» (Херсон, 2012); «Актуальні проблеми і перспективи дидактики фізики» (Черкаси, 2012); «Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи» (Луцьк, 2012, 2014); «Сучасні проблеми та

перспективи навчання дисциплін природничо-математичного циклу» (Суми, 2013); «Технології компетентісно-орієнтованого навчання природничо-математичних дисциплін» (Херсон, 2015); «Науково-дослідна робота в системі підготовки фахівців-педагогів у практичній, технологічній та економічній галузях», (Бердянськ, 2015); «Особливості підвищення якості природничої освіти в умовах технологізованого суспільства» (Миколаїв, 2015); «Чернігівські методичні читання з фізики 2016. Формування навчального середовища, адекватного новому змісту навчання фізики» (Чернігів, 2016).

Міжрегіональних: «Теоретико-методичні засади вивчення сучасної фізики та нанотехнологій у загальноосвітніх та вищих навчальних закладах» (Суми, 2015).

Міжнародних науково-практичних семінарах: «STEM-освіта – проблеми та перспективи» (Кропивницький, 2016, 2017); «Комбінаторні конфігурації та їх застосування» (Кропивницький, 2016).

Всеукраїнських фестивалів: «Фестиваль STEM освіти – 2017», «Ukrainian STEM Educational Festival – 2018».

Всеукраїнському науково-практичному форумі: WEB-форум «Розбудова єдиного інформаційного простору української освіти – вимога часу» (Київ–Харків, 2018).

Публікації. Результати дослідження викладено в 56 публікаціях, з-поміж них 37 написано без співавторів. Основні наукові результати дисертації представлено 1 монографією, 1 навчальним посібником, 30 публікаціями у наукових фахових виданнях України, 3 статтями у наукових періодичних виданнях інших держав. Апробацію матеріалів дисертації представлено 6 публікаціями, 2 з яких – у матеріалах конференцій інших держав, 4 у матеріалах конференцій України. Публікації, що додатково віддзеркалюють наукові результати дослідження, представлено в 15 публікаціях: 2 навчальні посібники, 7 наукових статей, 1 авторське свідоцтво, 1 методичні рекомендації, 1 методичні вказівки, 1 концепція, 2 положення. Загальний обсяг публікацій 106,95 авт. арк., з них 74,24 авт. арк. – частка, що належить здобувачеві.

Кандидатську дисертацію на тему «Методика навчання оптики в умовах профільного навчання фізики» зі спеціальності 13.00.02 – теорія та методика навчання (фізика) захищено у 2011 р. в Кіровоградському (нині – Центральноукраїнському) державному педагогічному університеті імені Володимира Винниченка. У цьому дослідженні не використано матеріали кандидатської дисертації.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел до розділів (у першому розділі подано 288; другому – 249; третьому – 138; четвертому – 198; п'ятому – 48 позицій), 5 додатків; містить 68 рисунків та 35 таблиць. Повний обсяг дисертації 622 сторінки, основний текст становить 390 сторінок (16,25 авт. арк.).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, встановлено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначено мету, завдання,

об'єкт, предмет, схарактеризовано методи педагогічного дослідження, застосовані для досягнення поставленої в роботі мети, визначено наукову новизну та практичну значущість здобутих результатів, особистий внесок здобувача в працях, виконаних у співавторстві, подано відомості про апробацію й упровадження результатів дисертаційної роботи, структуру й обсяг дисертації.

У першому розділі – **«Теоретичні засади методики навчання фізики в технічних закладах вищої освіти на основі STEM-технологій»** – проаналізовано наукові дослідження й науково-методичну літературу вітчизняних і зарубіжних дослідників з проектування й формування основних напрямів розвитку теорії й практики методики навчання фізики засобами STEM-технологій у технічних ЗВО. На основі наукових, психолого-педагогічних, методичних, філософських джерел виокремлено та проаналізовано основні напрями нововведень в освітній діяльності ЗВО з погляду розвитку інновацій, зокрема STEM-освіти в Україні. Установлено, що інноваційні тенденції впливають на модернізацію вищої освіти, зокрема технічної, в умовах розвитку STEM-освіти.

У Національній стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 р., Національній інноваційній системі України: стан та законодавче забезпечення розвитку окреслено кардинальні зміни, спрямовані на підвищення якості й конкурентоспроможності освіти в нових економічних і соціокультурних умовах, прискорення інтеграції України в міжнародний освітній простір.

Найважливішою ознакою нинішнього суспільного устрою є вступ людства в постіндустріальну епоху, у якій розвиток ґрунтується на діалектичних принципах Г. Гегеля та інших філософських шкіл. У такому суспільстві здійснюється не просто розвиток засобів комунікації, які існували раніше, а виникло нове соціально-гуманістичне упорядкування кінця ХХ–початку ХХІ ст., засноване не на механічній техніці, а на інтелектуальній технології, що дозволяє сприймати новітній принцип суспільної організації й соціальних змін, за яких теоретичне знання є джерелом оновлення, що змінює природу технологічного прогресу.

Проблемами розвитку прийдешньої інформаційної цивілізації в межах концепції постіндустріального суспільства займалися зарубіжні вчені Д. Белл, П. Дракер, Л. Едвінсон, Т. Сакайя, Т. Стюарт, О. Тоффлер, М. Янг та ін. Аналітичні дослідження провели українські вчені В. Базилевич, Ю. Бажал, Л. Ємельяненко, М. Згуровський, Т. Ковальчук, Ю. Пахомов, Н. Тарнавська, В. Черняк, А. Чухно, В. Шевчук та ін.

На нашу думку, результати їхніх праць окреслили поступальний рух освіти в Україні з позиції постіндустріального суспільства, що схарактеризовано феноменом нове соціально-гуманістичне впорядкування ХХІ ст. як модель взаємодії процесів софтизації й сервізації (джерел ресурсів) у ланцюзі наука–інноваційна інфраструктура–інноваційна система закладу вищої освіти. На підставі визначеного феномена в процесі дослідження встановлено, що основними рисами постіндустріального суспільства, завдяки яким виникають інноваційні системи, є провідна роль теоретичного знання для створення технологічних інновацій; фундаменталізація знань і нової інтелектуальної

технологізації для вибору більш ефективних підходів до розв'язання технічних, економічних і соціальних, освітніх проблем; вирішальна роль «носіїв знання» належить професіоналам, технічним фахівцям, які здатні впроваджувати інновації; посилення ролі й значення науки в технічному переозброєнні суспільства на основі модернізації. Окреслені орієнтири дозволяють зробити висновок, що їх можна успішно реалізувати засобами STEM-освіти та STEM-технологій [1; 25; 27], визначити тенденції розвитку освіти за інтеграційного, міждисциплінарного, компетентісного, системного та професійно зорієнтованого підходів.

Соціально-гуманістичне впорядкування кінця ХХ–початку ХХІ ст., спонукало до актуалізації інноваційності в освіті, де процеси є універсальними й функціонують відповідно до законів періодичного інноваційного оновлення, принципів глобалізації, прискорення, умов розвитку.

Розглянуто методологічні питання інноваційного розвитку софтизації й сервізації постіндустріального суспільства, що спричиняє зміни базисних інновацій, виникнення інноваційних хвиль, які інтерферують, утворюючи цикли інноваційного розвитку. Такий ланцюг інтерференції дозволив створити нове довготривале циклічне коливання технологічних інновацій – STEM, що має власну траєкторію інноваційного розвитку й визначає синхронізований цикл інноваційного розвитку наукових, освітніх, економічних, виробничих, екологічних систем. Створено загальну структуру функцій суб'єкт-об'єктних груп інновацій та суб'єкт-об'єктну основу інновацій в освіті. Обґрунтовано циклічність інноваційності в розвитку методики навчання, зокрема фізики, у якій виявляються довготривалі циклічні коливання психолого-педагогічних, наукових і технологічних інновацій. Доведено, що STEM є науковим методом, який разом з методикою навчання фізики та інтегративним педагогічним підходом до організації освіти забезпечує якісну підготовку майбутніх фахівців, зокрема в технічних ЗВО.

Методологічно обґрунтовано STEM як специфічний інтеграційний засіб навчання фізики, технологій, інженерії, математики. Інноваційний процес у STEM-системі здійснюється відповідно до ланцюжка: стабільний рівноважний стан природничих наук, технологій, інженерії, математики–привнесення флуктуацій, нововведень у будь-який елемент рівноважного стану (наукове відкриття трансформовано в освіту, упровадження мехатроніки тощо)–виникнення збурень, невідповідності між розвитком елементів системи–виникнення нерівноважного стану, який може повернутися до первинної рівноважності (регрес) або перетворитися на хаос – біфуркація як вища точка нерівноважності, хаосу – самоорганізація системи в нову якість за ймовірнісним сценарієм. Основною частиною на шляху розгортання циклу хвиль розвитку є точка біфуркації. В освіті її потрібно вчасно помітити й ужити заходів до створення ефективної інноваційної (прогрес) якості, неруйнівної (регрес).

Здійснено методологічний аналіз понять інноваційного розвитку мультидисциплінарності, міждисциплінарності та трансдисциплінарності, які є

основою наукової картини світу, інтеграції, STEM для отримання якісних результатів в освіті.

На нашу думку, успішне розв'язання окреслених вище завдань буде ефективним завдяки створенню таких психолого-педагогічних умов формування особливостей методики навчання фізики студентів технічних ЗВО засобами STEM-освіти: процес навчання фізики на основі STEM-технологій потрібно зорієнтувати на особистісні властивості студента; слід окреслити вимоги до визначення співвідношення реального фізичного та комп'ютерного експерименту як взаємодоповнювальних засобів вивчення реального фізичного явища чи процесу; визначальною є самостійна пізнавально-пошукова діяльність суб'єктів навчання; навчання фізики засобами STEM-технологій забезпечується співвідношенням і поєднанням технічного та природничо-математичного складників STEM-освіти, передбачає обґрунтоване поєднання її теоретичних і практичних компонентів.

Формування засобами STEM-освіти природничо-наукового мислення, яке охоплює: процеси наукового аналізу, модельного порівняння, математичного узагальнення, інженерного синтезу; показники впливу мотивації на кінцеві результати навчання; проблемність як психологічний стан майбутніх фахівців, причиною якого є інформаційно-пізнавальні суперечності між лінійністю засвоєння студентами знань й усвідомленням недостатньої предметної компетентності під час мисленнєвої взаємодії суб'єкта (студента) з об'єктом (навчальним матеріалом), розв'язання якої можуть забезпечити засоби технологій STEM-освіти за сформульованими алгоритмами в нашому дослідженні.

Навчально-професійна діяльність студентів у засвоєнні фізики на основі STEM-технологій прозора й логічно розкриває творчий, інженерний нахил суб'єкта навчання в спонуканні до оволодіння технічною професією й забезпечується психологічною готовністю майбутнього фахівця до професійної діяльності в технічній (авіаційній) галузі через професійне самовизначення, формування професійного характеру, виховання стійких психічних процесів мислення, уваги, уяви, витривалості до стресів, що поступово розвиває професійне мислення; готовність до професійної діяльності; професійної рефлексії та ін. [5; 8; 9; 24]. Психологічну готовність формують мотиваційний, орієнтаційно-контрольований, когнітивно-оперативний, емоційно-рефлексивний, психофізіологічний компоненти.

Визначені в дослідженні педагогічні умови, форми розвитку мислення, мотивації проблемності навчання віддзеркалюють психологічну готовність майбутніх фахівців технічної (авіаційної) галузі до професійної діяльності й безпосередньо впливають на вдосконалення методики навчання фізики засобами STEM-освіти.

У другому розділі – **«Сучасний стан та основні напрями розвитку STEM-освіти в технічних закладах вищої освіти»** – створено модель професійно зорієнтованого навчання фізики в освітньо-науковому STEM-середовищі та розроблено концепцію STEM-освіти технічного ЗВО для забезпечення інтеграції навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін.

Окреслено науково-дослідницьку парадигму освітнього процесу І. Тамма – лауреата Нобелівської премії з підготовки висококваліфікованих кадрів для дослідження новітніх проблем теоретичної фізики та фізики високих енергій, яка містила всі складники STEM-освіти та STEM-технологій.

Доведено, що STEM-освіта є інновацією, яка поєднує традиції природничо-математичної освіти, ґрунтується на принципах фундаментальності й наукоємності, поєднує технологічні, організаційні, матеріально-технічні ресурси та людський капітал. Унаслідок розвитку STEM-освіти засобами ІКТ змінено бізнес-процеси, державне управління, здійснено реформування менеджменту, що виводить економічні, соціальні та управлінські процеси на більш високий рівень якості суспільства та освіти.

Виокремлено специфічні умови для впровадження STEM-освіти в освітній процес технічних ЗВО, розглянуто та доповнено основний понятійний апарат STEM-освіти (STEM-освіта, STEM-грамотність; STEM-лабораторії; STEM-спеціальності; STEM-центр та ін.), що зорієнтовує викладачів технічних ЗВО на використання STEM-освіти з урахуванням основних тенденцій розвитку національної освіти та залучення студентів до засвоєння нового матеріалу більш якісного рівня з використанням сучасних STEM-технологій навчання.

Проаналізовано зарубіжні й вітчизняні першоджерела та виокремлено *особливості навчання фізики й професійно зорієнтованих дисциплін* на основі STEM-технологій у технічних ЗВО: 1) зорієнтованість на STEM-освіту, особливо на особистісно зорієнтоване навчання й широке упровадження інтегрованих професійно зорієнтованих дисциплін у технічних ЗВО, що передбачає посилення самостійної пізнавально-пошукової діяльності студентів і створення умов в освітньо-науковому STEM-середовищі для саморозвитку й самореалізації кожного студента; 2) досягнення в STEM-освіті доцільного співвідношення й поєднання гуманітарного та природничо-наукового складників, теоретичних і практичних компонентів, що відповідно стосується навчання фізики в технічних ЗВО; 3) упровадження цифрових технологій навчання (3D-моделювання, роботехнічних комплектів, ігрових технологій, ІКТ, прототипування тощо) сприяє підвищенню рівня фізичної освіти та стимулює студентів до кращого засвоєння знань з фізики в контексті розвитку STEM-освіти; 4) варіативний зміст навчального матеріалу з фізики за обсягом і складністю його представлення з урахуванням інтеграційного підходу має привертати увагу вчених-методистів і фахівців педагогічної науки до того, що знання з фізики потрібні всім студентам технічних ЗВО з урахуванням концепції розвитку STEM-освіти та популяризації технічного й інженерного складників незалежно від того, за якою спеціальністю і за якою програмою відбувалося в ньому навчання фізики; 5) упровадження державних стандартів вищої освіти виробляє остаточні вимоги до рівня фізичної освіти випускника технічного ЗВО в контексті розвитку STEM-освіти, який є обов'язковим, мінімально можливим і таким, що передбачає самостійну роботу студента з використанням STEM-технологій як обов'язкову діяльність в освітньому процесі з фізики; 6) урахування

результатів психолого-педагогічних досліджень на основі аналізу змісту фізичного експерименту в контексті розвитку STEM-освіти в технічних ЗВО.

Обґрунтовано створення сучасної моделі освітньо-наукового STEM-середовища (рис. 1), яка задовольнятиме рівень знань студентів для вивчення фізики й професійно зорієнтованих дисциплін у технічних ЗВО.



Рис. 1. Модель освітньо-наукового STEM-середовища

Окреслено освітньо-наукове STEM-середовище, визначено його місце, основні елементи й структуру, встановлено основні властивості освітньо-наукового STEM-середовища, що забезпечить підвищення якості формування STEM-компетентності студентів з урахуванням сучасних тенденцій розвитку освіти. У нашому дослідженні модель освітньо-наукового STEM-середовища визначено як чинник формування компетентного фахівця технічного ЗВО, що володіє відповідними STEM-компетентностями.

В освітньо-науковому STEM-середовищі передбачено моделювання, навчальний фізичний експеримент, хмарні технології, професійний, компетентнісний, міжпредметний та інтеграційний складники.

Моделювання в освітньо-науковому STEM-середовищі – це метод наукового пізнання, який розглядає будову моделей реальних предметів і явищ з фізики і є

ефективним засобом її вивчення. У *математичному моделюванні* модель та оригінал мають різну фізичну природу, однак явища чи процеси, які відбуваються в моделі й в оригіналі, описують однаковими математичними рівняннями. При цьому кожній фізичній величині оригіналу відповідає певна фізична величина моделі.

Навчальний фізичний експеримент є важливою компонентою освітньо-наукового STEM-середовища. *Реальний фізичний експеримент* дозволяє спостерігати результати, задані початковими умовами. Реальний експеримент не завжди дозволяє отримати всі дані досліджуваного процесу. *Моделльний експеримент* використовують, коли реальний фізичний експеримент складно або неможливо поставити. У цьому разі має бути моделювання.

Професійна підготовка кваліфікованого фахівця є невіддільним складником освітньо-наукового STEM-середовища в навчанні фізики, оскільки для студента, що здобуває технічну освіту, потрібно отримати кінцевий результат, зокрема: 1) уміти знаходити нестандартні, ефективні рішення наукових, виробничих, соціальних та інших проблем, спираючись на базові теоретичні знання й на здобуті в процесі навчання практичні навички особистісної дослідницької діяльності в навчанні фізики; 2) відчувати потребу в постійному, систематичному поповненні та оновленні здобутих знань з фізики, не припиняти процес самовдосконалення, самоосвіти й самонавчання в умовах розвитку STEM-освіти; 3) переосмислювати й застосовувати в практичній діяльності потрібну інформацію з різноманітних джерел.

Компетентнісний складник освітньо-наукового STEM-середовища – це комплекс певних компетенцій, які визначають здатність студента здійснювати складні поліпредметні види діяльності.

Міжпредметний складник, що забезпечує віддзеркалення основних понять, фізичних теорій, постановку задач, урахування умов для отримання часткових розв'язків і методів, які слід застосовувати під час вивчення професійно зорієнтованих дисциплін з виокремленням елементів STEM-освіти в технічних ЗВО.

Інтеграційний складник виявляється в процесі вивчення студентами окремих тем, розділів, природничо-наукових та професійно зорієнтованих дисциплін, що представляють науковий, інженерний та математичний складники STEM-освіти.

У пропонованій моделі освітньо-наукового STEM-середовища *поняття STEM-компетентності* є інтегративною характеристикою особистості, що віддзеркалює готовність (психологічну – спостерігається професійне самовизначення студента, формується професійний аспект, удосконалюються психічні процеси (мислення, увага, уява, стійкість до стресів) в умовах розвитку STEM-освіти; практичну – розвиток професійних здібностей студентів з використанням STEM-технологій в процесі навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін) студента мобілізувати здобутті знання, уміння, навички із складників STEM-освіти (науки, технології, інженерії, математики) для ефективного розв'язання завдань, які виникають під час освітньої діяльності.

Визначено основні STEM-компетентності, що є актуальними на сучасному етапі розвитку освітніх тенденцій, виявляються пріоритетним складником формування професійної компетентності фахівця, виступають засобом реалізації технічної та інженерної освіти. До STEM-компетентностей належать такі:

– *використання елементів інженерії* – уміти використовувати знання практичного застосування елементів з технічних наук і технологій (принципів, методів, обладнання для проектування різних моделей);

– *володіння IT-технологіями (Information Technology) та електронікою* – уміти розбиратися в мікросхемах, платах, процесорах, а також застосовувати електронне та комп'ютерне обладнання (обов'язкові навички програмування) у навчанні фізики для подальшого розвитку студента в контексті STEM-технологій;

– *володіння іноземними мовами (англійською)* – уміти застосовувати основний понятійний апарат, лексику базових та професійно зорієнтованих дисциплін з урахуванням інтеграційного, міждисциплінарного, компетентнісного, системного та професійно зорієнтованого підходів;

– *знання математики* – уміти застосовувати математичний апарат (арифметики, алгебри, геометрії, числення, статистики) у навчанні фізики та професійно зорієнтованих дисциплін на основі впровадження STEM-технологій.

У цьому середовищі формується методика навчання дисциплін технічних ЗВО.

Обґрунтовано критерії технологічності, що розкриваються в складниках STEM-освіти, важливих у процесі навчання фізики, з-поміж яких: 1) концептуальність STEM-освіти, що розглядає психологічне, дидактичне, соціальне та педагогічне обґрунтування освітніх цілей навчання фізики; 2) системність у навчанні фізики (мати всі ознаки системи, що ґрунтується на STEM-технологіях); 3) взаємозв'язок усіх елементів системи (наприклад, фізики та професійно зорієнтованих дисциплін: авіоніки, радіоелектроніки, електротехніки, принципів польоту та ін.) з урахуванням їх логічного та цілісного поєднання; 4) керованість, що характеризує проектування процесу навчання з фізики з виокремленням елементів STEM-освіти в технічних ЗВО; 5) урахування діагностики кожного етапу освітнього процесу, а також варіювання методів і засобів STEM-освіти, що дає змогу корегувати знання та вміння студентів; 6) відновлення, тобто можливості застосування в подібних умовах того чи того явища студентами в навчанні фізики на основі STEM-технологій; 7) єдність змістової та процесуальної частин, їх взаємодоповненість та взаємозумовленість у навчанні фізики на основі технологій STEM-освіти; 8) результативність, що показує найкращі зусилля для отримання високих показників запланованого результату для певного стандарту навчання в контексті STEM-освіти.

Сформульовано основні вимоги до методики навчання дисциплін у технічних ЗВО з урахуванням STEM-технологій навчання: зростання рівня самостійної пізнавально-пошукової діяльності студентів, для забезпечення якої можна застосовувати створювані комплекти STEM-обладнання, де всі елементи й складники узгоджені між собою, відповідають ергономічним вимогам, дозволяють отримати найкращі результати й досягти належного рівня освіти,

усвідомленості ролі в ньому особистості людини; розроблення засобів навчання багатофункціонального призначення, спрямованих на реалізацію внутрішньо-предметних і міжпредметних зв'язків та інтеграцію змісту дисциплін природничо-наукового циклу в контексті розвитку STEM-освіти; створення освітньо-наукового STEM-середовища, ефективного для діяльності викладача й роботи студента в процесі навчання з відповідним методичним забезпеченням; систему навчального експерименту, яку в поєднанні із STEM-засобами експериментування потрібно зорієнтувати на сучасну технологічну базу, дотримання сучасних педагогічних, санітарних та ергономічних вимог.

Крім цього, сучасна наука, трансформацію якої на освіту представлено навчальними дисциплінами, функціонує також у певному просторі ЗВО і має такі особливості:

- основний інструментарій – спостереження й наукові факти, які в постіндустріальному суспільстві є засобом здобуття нових знань;

- сучасна наука в пізнанні Всесвіту широко використовує методи математичного, комп'ютерного, теоретичного, уявного моделювання, які ґрунтуються на представленні тих чи тих аспектів досліджуваного об'єкта в ідеальній формі; модельність розглядаємо як інтегральну якість, оскільки жоден виокремлений з наведених методів (емпіричних або теоретичних) не дасть цілісного уявлення про об'єкт;

- пізнання об'єкта чи певних виокремлених його частин, окрім створення моделі об'єкта (чи його частини), досягається практичним складником, який називається технологією діяльності та педагогічного супроводу реалізації технологій у конкретних методиках освітньої діяльності.

Проаналізовано традиційні групи методів навчання й виокремлено їхню специфіку в умовах STEM-освіти. До провідних методів досліджень технологічних процесів під час вивчення фізики на основі STEM-технологій належать такі: скрайбінг, коучинг, гейміфікація, майндмеппінг, скетчноутінг.

На основі узагальнення характеристик наведених навчальних комплектів на основі технологій STEM-освіти *основними особливостями* їх використання вважаємо такі: 1) використання технічних засобів навчання в поєднанні з комп'ютерними технологіями надає навчально-методичній роботі зі студентами більш насиченості, творчості та інтенсивності внаслідок вивчення елементів STEM-освіти (науки, інженерії, технології та математики) та є важливим напрямом підвищення ефективності пізнавально-пошукового процесу з фізики; 2) проблема підвищення інтенсифікації освітньої діяльності реалізується за двома основними напрямками: а) подальшим якісним удосконаленням методик викладання природничо-математичних дисциплін у ЗВО; б) стимулюванням навчальної діяльності студентів до вивчення технічних та інженерних дисциплін, уведенням елементів наукового дослідництва, посиленням самостійної творчої роботи з фізики на основі STEM-технологій; 3) швидке підвищення ефективності методів навчання забезпечує широке застосування STEM-технологій на етапі самостійної підготовки студентів на лекціях, практичних та лабораторних заняттях; 4) на різних етапах формування фізичних знань у технічних ЗВО

передбачено зростання рівня самостійної пізнавально-пошукової діяльності студентів, для забезпечення якої можна застосувати створені комплекти STEM-обладнання, де всі елементи й складники узгоджені між собою, відповідають ергономічним вимогам, дозволяють отримати найкращі результати й досягти відповідного рівня фізичної освіти, усвідомленості ролі в ньому особистості; 5) зорієнтованість на розроблення STEM-засобів навчання фізики багатофункціонального призначення, яке потрібно спрямувати на реалізацію внутрішньо-предметних і міжпредметних зв'язків та інтеграцію змісту дисциплін природничо-математичного циклу; 6) забезпечення можливості формування вмінь студентів користуватися сучасними STEM-засобами та ІКТ у навчанні фізики, їх орієнтування на подальше використання інформаційних засобів у навчальній діяльності й у майбутній професійній галузі; 7) використання в навчальному експерименті електричних вимірювань неелектричних фізичних величин на основі STEM-технологій; 8) постійне упровадження в освітній процес з фізики STEM-комплектів та саморобного обладнання для розвитку системи фізичного експерименту.

Класифіковано матеріальну базу цифрових лабораторій та визначено дидактичні можливості кожної з них: 1) адаптація до індивідуальних можливостей студента; 2) інтерактивність навчання; 3) реалізація можливостей візуалізації навчальної інформації з використанням комп'ютерних технологій; 4) розвиток інтелектуального потенціалу студента; 5) системність і структурно-функціональна зв'язаність представлення навчального матеріалу; 6) забезпечення повноти та неперервності дидактичного циклу навчання.

Обґрунтовано «Концепцію STEM-центру» [56] та «Положення STEM-центру» [54], у яких представлено основні положення впровадження STEM-освіти в освітній процес технічних ЗВО.

У третьому розділі – **«Розвиток методики навчання фізики в технічних закладах вищої освіти на основі STEM-технологій»** – проаналізовано поняття технологізації та інноватизації освітнього процесу, вимоги до нього (системність, науковість, концептуальність, спрямованість, структурність, алгоритмічність, ефективність, відтворюваність) і сформовано теоретичні й методичні засади розвитку методики навчання фізики в технічних ЗВО на основі STEM-технологій. На підставі цих засад визначено конкретні завдання упровадження інноваційного процесу в навчання фізики в технічному ЗВО засобами STEM-технологій.

Розроблено модель методики навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін технічних ЗВО на основі технологій STEM-освіти (рис.2). У процесі дослідження сформовано систему фундаментальних фізичних понять, яку запропоновано студентам технічних ЗВО з урахуванням сучасних STEM-засобів навчання (новітньої науки, технологій, інженерії та математики) й успішно апробовано.

Структура визначених понять охоплює всі розділи курсу фізики у взаємозв'язку. Її спрямовано на оволодіння інженерним складником STEM-освіти. Окреслено ознаки STEM-теорії, до якої належить систематизація, узагальнення, здатність до саморозвитку й до внутрішнього розвитку.

Модель методики навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін технічних ЗВО на засадах

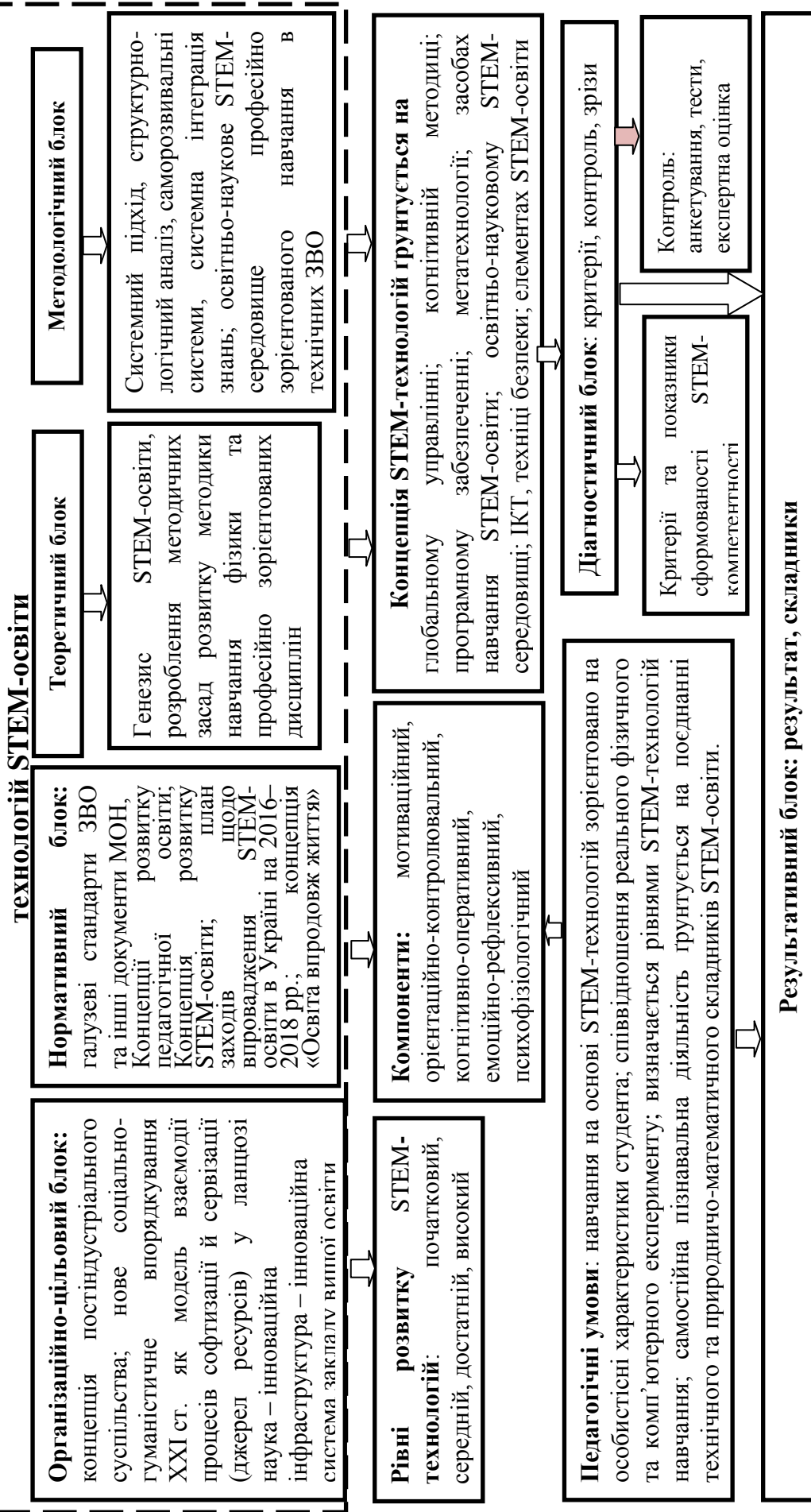


Рис. 2. Модель методики навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін у технічних ЗВО на засадах STEM-освіти

Визначено, що всі окреслені фундаментальні поняття пов'язано з матерією, її властивостями, що виявляються у найрізноманітніших формах, встановлено її чотирьохетапну еволюцію. Продемонстровано закономірне домінування поняття теорії в STEM-освіті [1; 20; 27; 29; 31] як сукупності висновків, що віддзеркалює відношення і зв'язки між явищами реальності у вигляді інформаційної моделі.

Проаналізовано окреслені сучасні поняття фізики та виокремлено одне з найважливіших для інженерного спрямування (третій складник STEM-освіти) поняття симетрії [12–15; 18; 21; 23; 25; 46], проілюстровано наскрізну властивість практично в усіх розділах фізики й особливо у фізиці високих енергій, нанотехнологіях.

Розглянуто технологію навчання фундаментальних фізичних понять у технічних ЗВО засобами STEM-освіти на основі впровадження нових сучасних освітніх технологій: розвивального, парацентричного, особистісно зорієнтованого, проєктного, блочно-модульного, що об'єднує STEM через систему off-line, здобуття нових знань в аудиторному навчальному середовищі; on-line навчання – комунікації між суб'єктами навчання в хмаро зорієтованому середовищі; масові відкриті on-line курси через відеолекції; blended learning – формальна освіта та ін.

Сформовано структуру методики реалізації STEM-технологій навчання фізики в технічних ЗВО, яка містить 9 основних компонентів: глобальне управління, когнітивна методика, програмне забезпечення, метатехнології та ін. Розроблено методику навчання розділу механіка курсу фізики технічних ЗВО.

У дослідженні визначено теоретико-організаційні функції самостійної роботи в процесі використання STEM-технологій навчання фізики, які визначають перехід від традиційної передачі навчальної інформації до управління освітньо-пізнавальною самостійною діяльністю.

Доведено, що організація самостійної роботи майбутніх фахівців технічної галузі є органічним складником STEM-технологій [5; 19; 33]. Її планують та виконують з використанням функціональних складників, зміст яких спрямовано на методичне забезпечення формування компетентних фахівців. Такий підхід потрібний для обґрунтованого формування навичок підготовки студентів до майбутньої практичної діяльності, умінь самостійно розв'язувати проблеми, знаходити конструкторські рішення з використанням STEM-технологій.

Обґрунтовано *теоретичні й методичні засади навчання фізики технічних ЗВО на основі STEM-технологій:*

1. Якісне свідоме засвоєння студентами компетенцій теоретичних та практичних основ фізики з урахуванням STEM-технологій забезпечить обґрунтовану математизацію, технологізацію, інноватизацію – загалом STEMатизацію освітнього процесу, що сприяє формуванню компетентного фахівця технічного профілю.

2. Компетентнісний, інтеграційний, міждисциплінарний, системний та професійно зорієтований підходи до процесу навчання фізики в технічних ЗВО передбачає зміну поглядів на сутність і призначення системи фізичного експерименту, створення нового покоління фізичних приладів, устаткування, технічних засобів, спрямованих на особистісне самостійне навчання з

урахуванням індивідуальних особливостей, здібностей, нахилів кожного суб'єкта навчання, з розширенням обсягу експериментальних завдань, робіт фізичного практикуму на базі STEM-технологій навчання.

3. Успішне формування компетентнісного фахівця в умовах побудови інформаційного суспільства забезпечить теоретично й методологічно обґрунтована система фундаментальних понять фізики для технічних ЗВО, яка передбачає впровадження інноваційних технологічних напрямів за дотримання дидактичних принципів науковості, наочності, доступності та визначених педагогічних умов – глибини, цілісності, універсальності, фундаментальної основи, оновленої в контексті STEM-освіти.

4. Формування компетентного майбутнього фахівця технічної галузі діяльності забезпечить система психолого-педагогічних впливів, спрямована на формування готовності до пошуку, створення, реалізації та закріплення ефективних і дієвих інновацій в освітньому процесі фізики з упровадженням комп'ютерних технологій, STEM-освіти, мехатроніки, робототехніки.

5. Забезпечення систематичного вивчення та впровадження в освітній процес трансформованих до вимог принципів дидактики результатів наукових досягнень з фізики, методичних надбань учених та викладачів ЗВО завдяки створенню дієвого освітньо-наукового середовища з ідеологією STEM-освіти, що активізує самостійну пізнавально-пошукову діяльність студентів та формування в них природничо-наукового світогляду.

6. Розроблення механізму впровадження оцифрування в фізичній освіті, що викликає потребу в формулюванні наукових та педагогічних вимог до STEM-засобів освіти з фізики для технічних ЗВО, робототехніки та мехатроніки. Це посилить роль теоретичного знання в навчанні фізики, надасть йому пріоритетності у формуванні компетентного майбутнього фахівця, посприє реалізації потенційних можливостей для активізації пізнавальної діяльності суб'єктів навчання.

7. Створення ефективної системи навчання фізики в технічному ЗВО значною мірою забезпечить формування алгоритмічного, наочно-образного, теоретичного стилів мислення студентів, вироблення в них умінь оптимізувати прийняття рішення в складній ситуації, оперативно опрацьовувати інформацію з використанням систем аналізу даних, інформаційно-пошукових систем, баз даних на основі освітньо-наукового STEM-середовища та принципу інноваційності.

Методика використання STEM-технологій під час проведення занять з фізики зі студентами технічних ЗВО дозволяє формувати в них STEM-компетентності з фізики [30]. Розглянуто доцільність підпорядкування змісту навчального матеріалу з фізики, що ґрунтується на фундаментальних поняттях, одним з яких є симетрія, яка розглядається в багатьох розділах фізики. З огляду на це опрацювання студентами цього поняття сприятиме формуванню наукового мислення, властивого освітньо-науковому STEM-середовищу, а також забезпечуватиме систематизацію знань з фізики в технічному ЗВО та розвитку наукового світогляду [11].

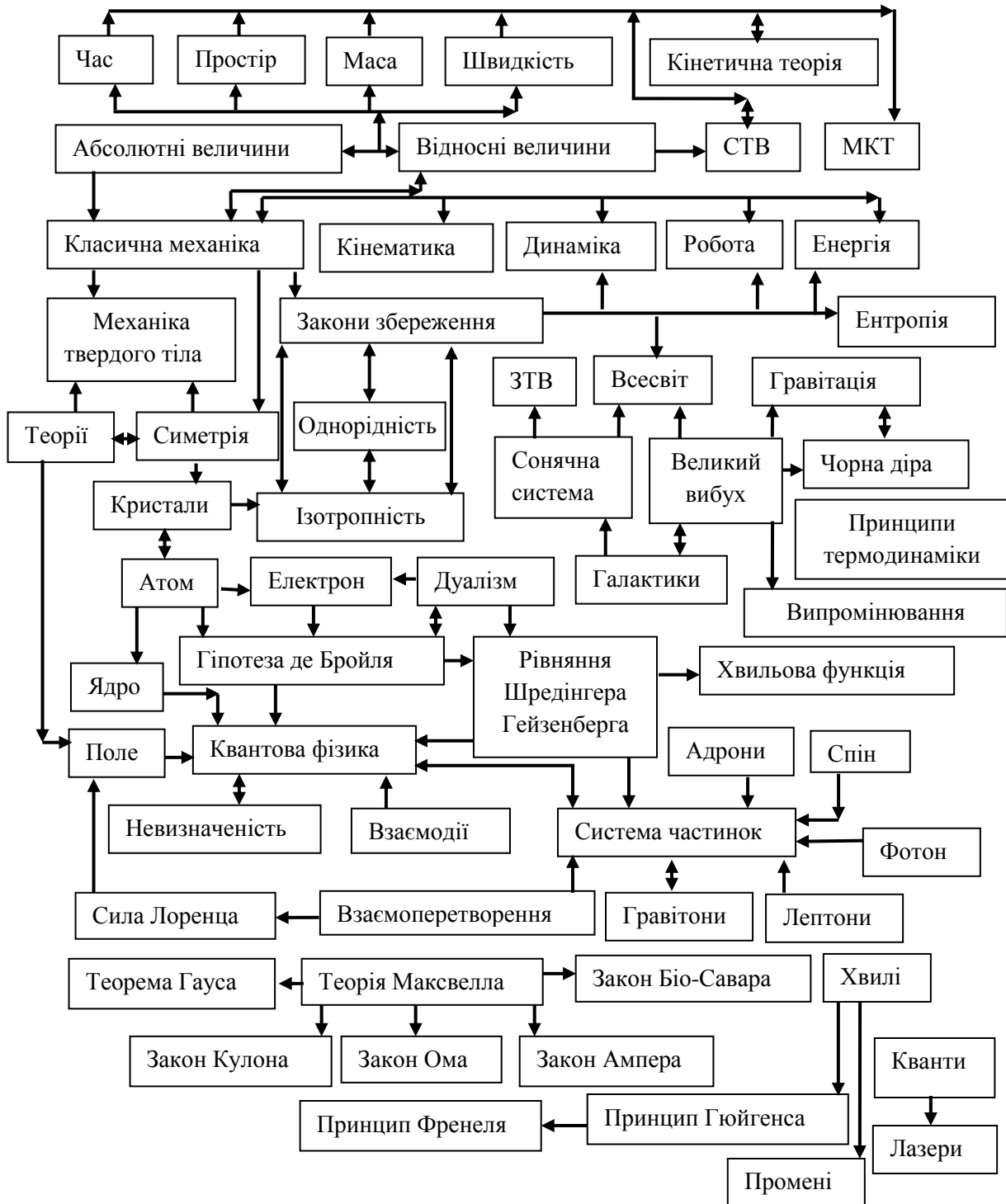


Рис. 3. Система фундаментальних понять фізики технічних ЗВО

З'ясовано, що впровадження ІКТ на основі комплекту «L-мікро» [3; 21; 52] в освітній процес з фізики в технічних ЗВО сприяє організації ефективної професійної підготовки фахівців з урахуванням вимог до освітньої діяльності в контексті STEM-освіти.

У четвертому розділі – **«Методика навчання фундаментальних наскрізних генеруючих понять технічних ЗВО на основі технологій STEM-»**

освіти» – розроблено методику професійно зорієнтованого навчання фізики на основі STEM-технологій у технічних ЗВО. Виокремлено ґрунтовну категорію «поняття» як результат чуттєвого віддзеркалення узагальнень частини навколишнього середовища чи галузі техніки, що виражається словесно або в інший спосіб через думку й формується за напрямками в навчальних дисциплінах. У всій системі понять ми виокремили фундаментальні, наскрізні та генеруючі інтегративні поняття [33; 34]. У курсі фізики та професійно зорієнтованих дисциплін технічних ЗВО розглянуто 10 фундаментальних наскрізних генеруючих понять, які виявляються в усіх розділах. До таких понять належать: симетрія, система координат, матеріальна точка, швидкість, час, простір, закон збереження енергії, енергія, поля, структура речовини. Рівень фундаментальності визначено за оціночним коефіцієнтом від нуля до 10 відповідно до понять STEM з оцінкою коефіцієнта інтегративності за кожним складником: наука, технологія, інженерія, математика. На основі визначених показників проаналізовано курс фізики (6 розділів) та професійно зорієнтовані дисципліни технічних ЗВО (13 розділів) [40; 41; 49; 50]. Система фундаментальних понять фізики технічних ЗВО зображена на рис. 3.

У дослідженні розглянуто особливості методики навчання понять простору й часу та законів збереження в курсі фізики й професійно зорієнтованих дисциплінах технічних ЗВО та ін.

Ми сформуваємо систему елементів, які є складниками STEM за показниками емоційно-рефлексивного (Наука (Н) – 14, Інженерія (І) – 28, Технології (Т) – 34, Математика (М) – 3 із 35); когнітивно-операційного (Н – 64 показники, Т – 25, М – 61, І – 35 із 88); мотиваційного (Н – 31, І – 18, М – 8 із 37); психофізіологічного (Н – 33, Т – 36, І – 25, М – 5 із 36); орієнтаційно-контрольного компонентів (Н – 33, Т – 33, І – 30, М – 10 із 36). Компоненти характеризуються STEM-освітніми складниками: *наука* (Н) – поняття, категорії, педагогічні закономірності, загальна та професійна (авіаційна) психологія, теоретичні основи ІКТ; *технології* (Т), що окреслюють технічну (вивчення будови повітряного судна), авіаційну повітряну навігацію, авіоніку (аеродинамічні прилади та системи повітряних сигналів), застосування ІКТ, ППЗ, педагогічні методи, засоби, прийоми навчання для досягнення мети навчання; *математика* (М), де розглядається використання програмного забезпечення обчислювальних систем, безпеки польотів з використанням елементів статистики та теорій ймовірностей; *інженерія* (І), що виокремлює авіаційний (вивчення будови конструкцій літальних апаратів); технічний (створення конструкцій машин, обладнання з використанням енергії, матерії); педагогічний (теорія та методика проєктувальних, конструктивних, управлінських рішень) складники; теорію та методику навчання для здобуття технічних, технологічних знань, формування умінь, навиків, специфічних способів інженерної діяльності.

STEM-елемент – математика в когнітивно-операційному компоненті передбачає використання в розрахунках професійно зорієнтованих дисциплін у 63 показниках. Це підтверджує важливість використання студентами

математичного апарату для знаходження чи характеристики певного фізичного або технічного явища.

Елемент інженерії є технічним складником професійно зорієнтованих дисциплін технічних ЗВО, який виявляється в 61 показнику. Найбільш часто його застосовують у диференціальних рівняннях руху центра мас механічної системи, педагогічна спрямованість у 18 показниках. Це пояснюється потребою студентів в оволодінні конструкторськими навиками, що відповідають запитам технічного прогресу.

Елемент технології в когнітивно-операційному компоненті розкриваються у 25 показниках через технічну, педагогічну та авіаційну галузі.

Складники STEM-технологій в мотиваційному компоненті представлено через елемент наука (інженерна механіка, професійно зорієнтовані дисципліни, педагогіка, інженерна психологія); технології (технічна та педагогічна); інженерію (технічна та педагогічна) та математику.

Для мотиваційного компонента важливим є технологічний складник, який віддзеркалено в 35 показниках, науковий складник – 31 показник, інженерна – 18 та математичний – 8 показників.

Орієнтаційно-контрольний та психофізіологічний компоненти також розкриваються через науковий, технічний, інженерний та математичний складники STEM-освіти.

В орієнтаційно-контрольному компоненті важливу роль виконує елемент технології – 33 показники, наука – 33 показники, інженерія – 30 показників. Елемент математика охоплює 10 показників.

Для психофізіологічного компонента ґрунтовними елементами є технологія – 36 показників, наука – 33 показники, інженерія – 25 показників, математика – 5 показників.

На основі визначених компонентів та показників сформовано конкретну методику навчання тем з фізики та професійно зорієнтованих дисциплін. Зокрема, будь-який рух літального апарата розпочинається із залученням студентів до аналізу поняття *координати й математичного опису утвореної системи*, у якій визначається положення літального апарата в просторі, як рух літального апарату, як твердого тіла, що розглядається як два рухи: рух центра мас і рух навколо центра мас. У кожному із цих рухів літальний апарат має три ступені свободи, тому загалом його рух характеризується шістьма ступенями свободи. На основі окресленого розглядається рух з великими швидкостями у межах атмосфери, коли літак піддається впливу множини сил, виникають їх моменти, що спричиняє найрізноманітніші деформації. Один з прийомів спрощення, часто вживаний, полягає в тому, що рівняння руху літального апарата складають відповідно до деякого певного незбуреного режиму польоту (розглядають математичний складник STEM-освіти). Важливо звернути увагу майбутніх фахівців на задання незбуреного руху й, припускаючи малі відхилення дійсного збуреного руху, можна додатковими спрощеннями одержати простіші наближені рівняння, що характеризують рух літака. На нашу думку, межі

спрощень потрібно у кожному окремому випадку визначати STEM-технологіями в процесі руху апарата.

Отже, STEM-освіта базується на науково обґрунтованому поєднанні наукових досягнень сьогодення, новітніх технологій, інженерії та математики. На підставі зазначеного вище ми сформуваємо методичку інтегрованого навчання понять фізики та професійно зорієнтованих дисциплін [13; 15; 16; 17; 23; 25] з окреслених напрямів з урахуванням фундаментальних наскрізних генеруючих понять, явищ та процесів.

У п'ятому розділі – **«Упровадження та експериментальна перевірка ефективності методички навчання фізики на основі STEM-технологій»** – викладено результати педагогічного експерименту та експертне оцінювання навчально-методичного забезпечення методички навчання фізики й професійно зорієнтованих дисциплін у технічних ЗВО на основі STEM-технологій. Педагогічний експеримент проводився впродовж трьох етапів:

Перший етап (2012–2014) – констатувальний експеримент. На цьому етапі проаналізовано нормативне забезпечення вищої освіти, підручники, посібники з фізики та STEM-освіти для ЗВО, дисертації, науково-методичні джерела, відвідано ЗВО та проведено бесіду з науково-педагогічними працівниками щодо стану вивчення фізики на основі STEM-технологій, можливостей вдосконалення методички навчання фізики, а також матеріального забезпечення лабораторій фізики. До експерименту залучено студентів і викладачів Вінницького національного технічного університету, Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, Льотної академії Національного авіаційного університету, Національного авіаційного університету, Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, Національного центру «Мала академія наук України».

Другий етап педагогічного експерименту (2014–2016) – пошуковий експеримент, який охоплював первинне експериментальне навчання студентів та корегування розробленої методички навчання фізики на основі технологій STEM-освіти. Видано методичні матеріали для викладачів і студентів, методичні рекомендації з використання та врахування концепції розвитку STEM-освіти.

На третьому етапі педагогічного експерименту (2016–2018) узагальнено цілісні результати педагогічного дослідження: результати представлено на Всеукраїнських та Міжнародних науково-практичних конференціях в містах Бердянськ, Будапешт, Єкатеринбург, Дубаї, Київ, Кропивницький (Кіровоград), Кам'янець-Подільський, Мозир (Республіка Білорусь), Суми, Ульянівськ, Харків, Херсон, Чернігів, а також опубліковано матеріали цих доповідей.

До педагогічного експерименту залучено 341 студент контрольної групи (КГ) та 353 студенти експериментальної групи (ЕГ) технічних ЗВО. Для встановлення глибини та міцності сформованих знань студентів ЕГ під час педагогічного експерименту проаналізовано результати контрольних і тестових завдань з фізики за 233 показниками, на основі яких визначено коефіцієнти сформованості компетентності студентів з фізики засобами технологій STEM-освіти [32]. Досліджено рівні сформованості компетентності (знання, уміння, навички,

цінності, практичне використання) за визначеними компонентами й чотирма рівнями: початковим, середнім, достатнім, високим (див. таблиця 1).

Таблиця 1

Порівняльні результати педагогічного експерименту в КГ та ЕГ

Рівні/ Компоненти	Початковий		Середній		Достатній		Високий		Загальний	
	к-ть, ЕГ/КГ	%	к-ть, ЕГ/КГ	%	к-ть, ЕГ/КГ	%	к-ть, ЕГ/КГ	%	к-ть, ЕГ/КГ	%
Когнітивно-операційний	4799 2816	64,73 39,32	5896 3428	64,24 38,66	6160 3211	62,32 33,63	1016 345	22,15 7,78	17871 9800	57,53 32,66
Орієнтаційно-контрольний	1475 779	52,23 28,56	1845 933	52,26 27,26	2308 1329	54,49 32,48	401 118	18,93 5,77	6029 3159	47,44 25,73
Психофізіологічний	1999 1189	70,78 43,58	2220 1044	62,89 30,62	2394 1031	48,44 21,59	522 147	16,67 7,18	7135 3411	53,19 26,32
Емоційно-рефлексивний	1805 1068	73,04 44,74	1730 850	49 24,93	1860 821	43,91 20,06	476 143	22,47 6,99	5871 2882	47,52 24,15
Мотиваційний	1616 865	57,22 31,7	1838 917	52,07 26,89	2626 1102	61,99 26,93	707 286	33,38 13,97	6787 3170	53,41 25,82
Всього	11694 6717	63,70 37,88	13529 7172	58,07 31,87	15348 7494	55,74 28,17	3122 1039	23,90 8,23	43693 22422	53,12 28,22

Коефіцієнт засвоєння показників мотиваційної компоненти для всіх рівнів зріс на 27,59%; емоційно-рефлексивної – на 24,15%; психофізіологічної – на 26,87%; орієнтаційно-контрольної – на 21,71%, що засвідчує ефективність розробленої в нашому дослідженні методики навчання фізики на основі STEM-технологій.

Діаграму узагальнених результатів коефіцієнта сформованості компетентності студентів у КГ та ЕГ представлено на рис. 4.

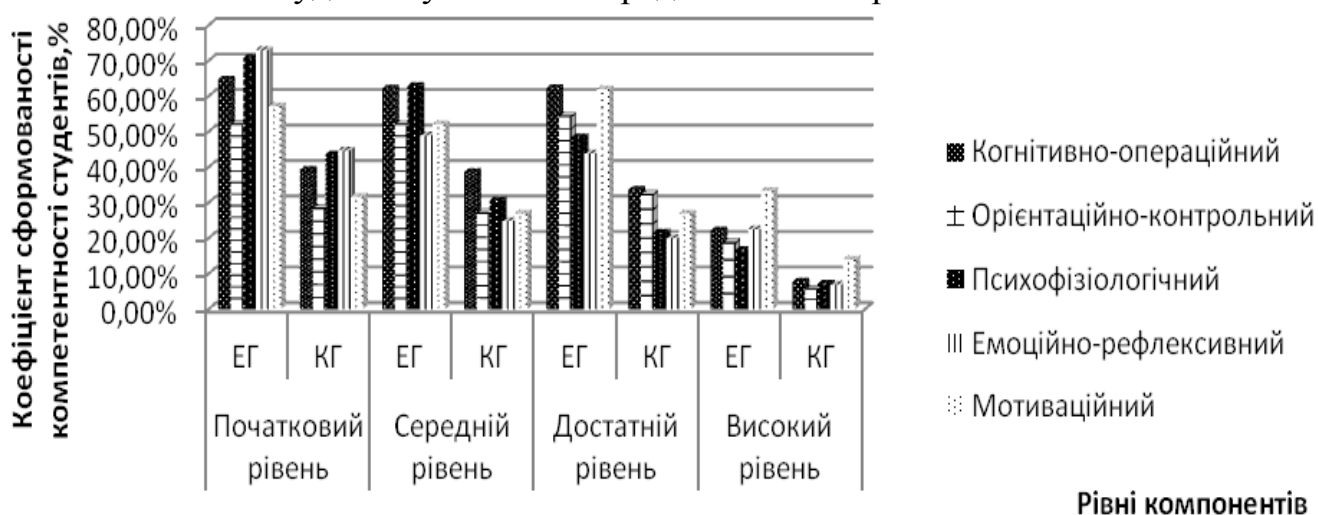


Рис. 4. Діаграма узагальнених результатів коефіцієнта сформованості компетентності студентів в ЕГ та КГ

На основі одержаних даних обраховано середньоарифметичний коефіцієнт загальної сформованості R_{cf} , середньоквадратичне відхилення σ , мода M , критерій Стюдента t (таблиця 2).

Основні характеристики статистичних відхилень

Групи	$R_{сф}$	D	σ	M	t
ЕГ	0,5312	1778,31	42,17	59,64	6,89
КГ	0,2822	455,82	21,35	30,19	

Отже, кількісний аналіз показників сформованості компонентів методики навчання фізики на основі технологій STEM-освіти в технічних ЗВО у ЕГ і КГ, їх порівняння дають підставу зробити висновок, що визначена гіпотеза дослідження відповідає поставленій меті й завданням, а створена методика засвідчила свою ефективність.

Для визначення значущості STEM-елементів і їхніх показників та оцінювання ефективності методики навчання фізики на основі STEM-технологій проведено їхнє експертне оцінювання фахівцями в галузі освіти та методистами з фізики. До експертної оцінки залучено 51 фахівець з ученим ступенем доктора наук. Учене звання професора мають 33 експерти, доцента – 17, старших наукових співробітників – 1.

Обрахунки результатів експертного опитування проведено за методикою Г. Добрунова та Ю. Єршова для визначення «Оцінки відносної важливості кожної окремо взятої вимоги» в запропонованій методиці навчання фізики та її навчально-методичному забезпеченні з використанням STEM-технологій.

Для визначення значущості кожної вимоги до методики навчання фізики на основі технологій STEM-освіти ми використали такі показники: узагальнена думка; ступінь погодженості думок експертів; статистична значущість показника погодженості думок експертів; показники активності й компетентності експертів. Відомості про розрахунки експертної оцінки представлено в дисертації.

Середнє значення коефіцієнта компетентності експертів $K_k = \frac{43,42}{51} = 0,85$.

Отримані результати оцінки відносної важливості кожної вимоги (наявність моделі STEM-освіти та освітньо-наукового STEM-середовища, теоретико-методичних засад, дидактичні вимоги формування системи STEM-елементів та навчально-методичне забезпечення) оцінено за 100-бальною шкалою відповідно до методики навчання фізики на основі STEM-технологій.

ВИСНОВКИ

Узагальнення результатів проведеного дослідження щодо обґрунтування теоретичних і методичних засад навчання фізики на основі технологій STEM-освіти дає підстави сформулювати такі висновки:

1. Відповідно до результатів вивчення законодавчих документів про освіту, проекту Концепції STEM-освіти, закордонних і вітчизняних досліджень, педагогічної та методичної літератури з окресленої проблеми виокремлено й проаналізовано основні напрями нововведень в освітній діяльності технічних ЗВО в контексті розвитку інновацій, зокрема STEM-освіти, в Україні, а саме:

гуманізація, гуманітаризація, диференціація, диверсифікація, стандартизація, багатоступеневість, фундаменталізація, інформатизація, індивідуалізація, безперервність. Виявлено, що розвиток інноваційності впливає на модернізацію вищої освіти, зокрема технічної, у контексті STEM-освіти. Залишаються нез'ясованими питання понятійно-термінологічної основи STEM-освіти; теоретичного обґрунтування процесу розвитку STEM-компетентності та відповідних компетенцій; навчально-методичного забезпечення з фізики на основі технологій STEM-освіти з урахуванням інтеграційного, міждисциплінарного, компетентісного, системного та професійно зорієнтованого підходів.

Обґрунтовано, що модернізація технічної вищої освіти в Україні потребує врахування загальних тенденцій розвитку систем вищої освіти в умовах STEM-освіти, з-поміж яких: 1) профілізація навчання фізики на основі технологій STEM-освіти є основою інженерно-технічних дисциплін; 2) новітнє тлумачення поняття здібностей у навчанні фізики на основі STEM-дефініції; 3) спрямування освітнього процесу з фізики на наукову, дослідну та конструкторсько-проектну діяльність у контексті STEM-освіти; 4) розроблення методики навчання фізики на основі технологій STEM-освіти, спрямованої на перетворення суб'єкта освітнього процесу з пасивного на активний у технічному ЗВО; 5) посилення диференціації й індивідуалізації освітнього процесу з фізики завдяки розвитку варіативних освітніх програм на основі технологій STEM-освіти, зорієнтованих на різні категорії студентів; 6) посилення природничо-математичного та інженерного складників STEM-освіти, що можна реалізувати залученням більшої кількості вивчення дисциплін природничого та математичного циклу.

2. З урахуванням важливості фундаменталізації як дидактичного принципу проєктування змісту навчання фізики в технічних ЗВО з позиції парадигми STEM-освіти, інтеграційного, міждисциплінарного, компетентісного, системного та професійно зорієнтованого підходів та фундаменталізації змісту навчання фізики, *обґрунтовано* такі *теоретичні й методичні засади навчання фізики* на основі технологій STEM-освіти: 1) якісне свідоме засвоєння студентами компетенцій теоретичних і практичних основ фізики з урахуванням STEM-технологій забезпечить обґрунтовану STEMатизацію освітнього процесу, що сприяє формуванню компетентного фахівця технічного профілю; 2) компетентісний, інтеграційний, міждисциплінарний, системний та професійно зорієнтований підходи до процесу навчання фізики в технічних ЗВО передбачає зміну поглядів на сутність і призначення системи фізичного експерименту, створення нового покоління фізичних приладів, устаткування, технічних засобів, спрямованих на особистісне самостійне навчання з огляду на індивідуальні особливості, здібності, нахили кожного суб'єкта навчання, розширення обсягу експериментальних завдань, робіт фізичного практикуму на базі STEM-технологій навчання; 3) успішне формування компетентісного фахівця в умовах побудови інформаційного суспільства забезпечить теоретично й методологічно обґрунтована система фундаментальних понять фізики для технічних ЗВО, оновлена в контексті STEM-освіти; 4) формування

компетентного майбутнього фахівця технічної галузі діяльності забезпечить система психолого-педагогічних впливів, спрямована на формування готовності до пошуку, створення, реалізації та закріплення ефективних і дієвих інновацій в освітньому процесі фізики з упровадженням технологій STEM-освіти; 5) забезпечення систематичного вивчення та упровадження в освітній процес трансформованих до вимог принципів дидактики результатів наукових досягнень з фізики, методичних надбань учених та викладачів ЗВО завдяки створенню дієвого освітньо-наукового середовища з ідеологією STEM-освіти; 6) розроблення механізму впровадження оцифрування в фізичній освіті, що викликає потребу у формулюванні наукових і педагогічних вимог до STEM-засобів освіти з фізики для технічних ЗВО, робототехніки та мехатроніки, що посилює роль теоретичного знання в навчанні фізики, надасть йому пріоритетності у формуванні компетентного майбутнього фахівця, посприє реалізації потенційних можливостей для активізації пізнавальної діяльності суб'єктів навчання; 7) створення ефективної системи навчання фізики в технічному ЗВО значною мірою забезпечить формування алгоритмічного, наочно-образного, теоретичного стилів мислення студентів, вироблення в них уміння оптимізувати прийняття рішення в складній ситуації, оперативно опрацьовувати інформацію з використанням систем аналізу даних, інформаційно-пошукових систем, баз даних на основі освітньо-наукового STEM-середовища та принципу інноваційності.

3. *Створено* модель освітньо-наукового STEM-середовища, яка підвищить рівень знань студентів у процесі навчання фізики, засвоєння технічних дисциплін і в професійній діяльності. Формування освітньо-наукового STEM-середовища з фізики зумовлено тим, що таке середовище є особливим засобом формування виконавських, пошукових і творчих здібностей студентів, а також інструментом виконання управлінських функцій щодо досягнення цілей фізичної освіти. Ця модель містить сім складників: моделювання, навчальний фізичний експеримент, хмарні технології, професійний, компетентнісний, міжпредметний та інтеграційний складники.

4. *Розроблено* концепцію STEM-освіти технічного ЗВО, згідно з якою впровадження в освітній процес методики навчання фізики на основі STEM-технологій дозволить сформувати в студентів якості, що визначатимуть компетентного фахівця: а) уміння побачити проблему, б) уміння побачити в проблемній ситуації якомога більше можливих зв'язків і способів їх розв'язання, в) уміння формулювати дослідницьке запитання та знаходити шляхи його розв'язання, г) уміння критично мислити та розуміти нову позицію щодо розв'язання проблеми, д) уміння використовувати оригінальні методи, засоби, прийоми для розв'язання проблеми в освітньому процесі на основі STEM-технологій, е) уміння використовувати аналіз, синтез, систематизацію, абстрагування в навчанні природничо-математичних дисциплін з використанням STEM-технологій навчання. Концепція STEM-освіти технічного ЗВО складається з таких розділів: 1) науково-методична підтримка закладів освіти; 2) інноваційні технології; 3) науково-дослідна робота центру; 4) міжнародна діяльність STEM-

центру; 5) підготовка викладача та його професійне вдосконалення в контексті STEM-освіти.

Установлено, що зміни в галузі вищої технічної освіти з урахуванням розвитку STEM-освіти передбачають перегляд концепції підготовки фахівців у кожній конкретній галузі діяльності, тому модернізація змісту фізичної освіти потребує оновлення навчально-методичної бази (цілей, змісту, методів, форм і засобів), завдяки якій в подальшому буде реалізовано сучасні інноваційні STEM-технології.

Окреслено й проаналізовано поняття міждисциплінарності та рівнів інтеграції наукового знання: мультидисциплінарність і трансдисциплінарність у процесі навчання фізики в технічних ЗВО.

5. *Розроблено* методику навчання фізики на основі технологій STEM-освіти для студентів технічних ЗВО, яка дозволяє розвивати в них STEM-компетентності в освітньому процесі з фізики. Розглянуто доцільність підпорядкування змісту навчального матеріалу з фізики, відповідно до фундаментальних генеруючих наскрізних понять, одним з яких є симетрія, яка виявляється в багатьох розділах фізики. Вивчення студентами цього фундаментального поняття сприятиме розвитку сучасного наукового, критичного мислення, а також забезпечуватиме систематизацію знань із курсу фізики в технічних ЗВО та формуванню наукового світогляду.

Продемонстровано використання фундаментальних ідей фізики з урахуванням STEM-технологій. З'ясовано взаємозв'язок симетрії та законів збереження; представлено методику інтеграційного підходу фізики й професійно зорієнтованих дисциплін на прикладі вивчення динаміки руху літака та під час розрахунку схем і навантажень студентами технічних ЗВО. Укладено роботи фізичного практикуму на основі STEM-технологій, який сприяє ефективному проведенню занять з фізики в технічних ЗВО.

6. *Розроблено* та впроваджено в освітній процес з фізики навчально-методичне забезпечення на основі STEM-технологій. Запропоновано низку теоретичних і практичних завдань на основі міждисциплінарного, інтеграційного, системного, компетентнісного та професійно зорієнтованого підходів, розв'язання яких сприяє розвитку природничо-наукового мислення та формуванню природничо-наукових знань студентів. Розроблено 3 навчальних посібники, 1 з яких – англійською мовою, у яких викладено лекційні, практичні, лабораторні матеріали (роботи фізичного практикуму), 1 методичні рекомендації для лабораторних робіт на основі комплекту «L-мікро» та 1 методичні вказівки для розрахунково-графічних робіт з фізики, розраховані для студентів ЗВО.

7. Упроваджено методику професійно зорієнтованого навчання фізики в технічних ЗВО засобами STEM-технологій. Результати проведеного порівняльного експерименту з виявлення ефективності запропонованої методики навчання фізики на основі STEM-технологій засвідчили, що рівень сформованості фізичних знань, вмінь і навичок студентів у КГ є нижчим від відповідного рівня в ЕГ. Кількісні характеристики формувального експерименту

визначено за допомогою математичної статистики з використанням критерію Стьюдента (з достовірністю 6,89).

Результати експертної оцінки освітньо-наукового STEM-середовища засвідчили:

– високий рівень діагностичного підходу (80% експертів підтримали такий підхід), що ґрунтується на системі психодіагностичних методик та оцінюванні суджень щодо кожного показника освітнього середовища й рівня розвитку свідомості і діяльності суб'єктів навчання в процесі застосування STEM-технологій;

– на рівні 94% експертів домінує думка про актуальність та доцільність забезпечення STEM-технологічними ресурсами освітнього процесу в навчанні студентів фізики та професійно зорієнтованих дисциплін.

Оцінка практичних дидактичних засобів STEM-освіти виявилася такою:

– більше 90% експертів вважають системність, технологічність, інтенсивність, продуктивність основними узагальнювальними показниками STEM, що характеризують ступінь новизни, узгодженість цільових установок STEM-показників, масштабність змін результатів навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін, наявність соціально-педагогічних ефектів, узгодженість, глибину усвідомлення дидактичних засобів навчання, усвідомленість ціннісних та інноваційних установок діяльності, розуміння технології реалізації STEM-задуму, оцінку інноваційності ідей STEM-освіти.

У процесі оцінювання системи STEM-показників 90–95% експертів оцінили їх позитивно. Позитивна експертна оцінка навчально-методичного забезпечення в межах 85–95% переважає в аналізі системи навчально-методичного забезпечення: під час розрахунків у виконанні лабораторних робіт, практикумів, розв'язуванні задач; узагальненні показників STEM-освіти.

Отже, під час експертного аналізу з'ясовано, що STEM-засоби навчання мають розвивальну спрямованість і визначають стратегію пошуку інноваційних моделей STEM-освіти, забезпечують осмислення STEM-потенціалу розвитку інноваційних освітніх процесів в освіті, самооцінку інноваційності освітньо-наукового STEM-середовища. З'ясовано, що основним критерієм оцінювання експерти вважають об'єктивний аналіз і системне осмислення.

Виконане дослідження не вичерпує всіх аспектів розв'язання досліджуваної проблеми. Перспективи подальших пошуків ми вбачаємо в удосконаленні змісту і системи навчання фізики з урахуванням нових педагогічних технологій; підсилення зв'язку навчання фізики з фаховою спрямованістю студентів технічних ЗВО в контексті STREAM-освіти (використання елементів прототипування, мехатроніки, цифрових комплексів тощо).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковано основні наукові результати дисертації

Монографія

1. Кузьменко О. С. Теоретичні і методичні засади навчання фізики студентів технічних закладів вищої освіти в контексті розвитку STEM-освіти : монографія. Кропивницький : КОД, 2018. 624 с.

Навчальний посібник

2. Kuz'menko O. (Kuzmenko O.), Sadovyi N. Physics. Mechanics. Molecular Physics and Thermodynamics, Electromagnetism. Oscillations and wave optics. Quantum and atomic physics. Kropivnitskiy : KFA NAU, 2017. 324 p.

Статті у наукових фахових виданнях України

3. Кузьменко О. С. Використання інформаційних технологій у лабораторному практикумі з фізики. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки: зб. наук. праць*. Кіровоград, 2012. Вип. 108. Ч. 1. С. 257–264.

4. Кузьменко О. С. Використання нового навчального обладнання у фізичному експерименті з оптики. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка : зб. наук. праць*. Чернігів, 2012. Вип. 99. С. 353–356.

5. Кузьменко О. С. Організація самостійної пізнавально-пошукової діяльності курсантів льотної академії під час проведення фізичного практикуму. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський, 2012. Вип. 18. С. 166–168.

6. Кузьменко О. С. Використання сучасних технологій під час проведення фізичного практикуму з оптики. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія №5. Педагогічні науки: реалії та перспективи: зб. наук. праць*. Київ, 2012. Вип. 33. С. 102–109.

7. Кузьменко О. С., Величко С. П. Розвиток навчального експерименту на основі сучасного обладнання з фізики. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти: зб. наук. праць*. Кіровоград, 2013. Вип. 4. Ч. 1. С. 159–165.

8. Кузьменко О. С. Формування професійної компетентності студентів вищих навчальних закладів з позиції акмеологічного підходу. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський, 2013. Вип. 19. С. 93–96.

9. Кузьменко О. С. Розвиток наукового мислення студентів в процесі розв'язування задач професійного спрямування із загального курсу фізики. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота: зб. наук. праць*. Ужгород, 2013. № 28. С. 91–94.

10. Кузьменко О. С. Сучасні підходи до постановки фізичних експериментів для студентів нефізичних спеціальностей. *Педагогічні науки : теорія, історія, інноваційні технології*. 2013. № 6 (32). С. 351–359.

11. Кузьменко О. С. Методологічні аспекти формування наукового світогляду студентів льотної академії при проведенні робіт фізичного практикуму. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти: зб. наук. праць*. Кіровоград, 2014. Вип. 5. Ч. 3. С. 71–75.

12. Кузьменко О. С. Вивчення симетрії слабких взаємодій у процесі вивчення фізики студентами вищих навчальних закладів. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський, 2014. Вип. 20. С. 31–34.

13. Кузьменко О. С. Поняття симетрії та асиметрії у процесі навчання фізики у вищих навчальних закладах. *Збірник наукових праць. Педагогічні науки*. Херсон, 2014. Вип. LXVI. С. 336–340.

14. Кузьменко О. С. Вивчення симетрії елементарних частинок. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти: зб. наук. праць*. Кіровоград, 2015. Вип. 7. Ч. 1. С. 132–135.

15. Кузьменко О. С. Вивчення симетрії фізичних законів студентами вищих навчальних закладів авіаційного профілю. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка: зб. наук. праць*. Чернігів, 2015. Вип. 127. С. 86–89.

16. Кузьменко О. С. Вивчення поняття симетрії в процесі навчання фізики твердого тіла. *Наукові записки Бердянського державного педагогічного університету. Педагогічні науки: зб. наук. пр.* Бердянськ, 2015. Вип. 3. С. 145–151.

17. Кузьменко О. С. Вивчення гіроскопів як симетричних тіл у процесі навчання фізики студентами вищих навчальних закладів авіаційного профілю. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кіровоград, 2015. Вип. 8. Ч. 1. С. 152–154.

18. Кузьменко О. С., Борота В. Г. Вивчення студентами динамічних симетрій у процесі навчання загального курсу фізики у вищих навчальних закладах. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології: наук. журнал*. Суми, 2015. №7 (51). С. 102–109.

19. Кузьменко О. С. Фізичні задачі як ефективний засіб стимулювання активності та самостійності студентів у процесі вивчення поняття симетрії. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна*. Кам'янець-Подільський, 2015. Вип. 21. С. 110–113.

20. Кузьменко О. С. Сутність та напрямки розвитку STEM-освіти. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кіровоград, 2016. Вип. 9. Ч. 3. С. 188–190.

21. Кузьменко О. С., Борота В. Г. Методика вивчення положень навчання про симетрію в загальному курсі фізики для студентів нефізичних спеціальностей у вищих навчальних закладах. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка*. Чернігів, 2016. Вип. 138. С. 80–84.

22. Кузьменко О. С. Формування фізичних компетентностей студентів у процесі навчання фізики у вищих навчальних закладах. *Науковий часопис*

Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. Київ, 2016. Вип. 53. С. 109–113.

23. Кузьменко О. С., Дембіцька С. В. Трансляція як елемент симетрії у процесі навчання фізики в технічних вузах в умовах розвитку STEM-освіти. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти.* Кропивницький, 2016. Вип. 10. Ч. 2. С. 65–68.

24. Кузьменко О. С., Дембіцька С. В. Формування професійного мислення студентів технічних вузів у процесі вивчення фізики. *Збірник наукових праць «Педагогічні науки».* Херсон, 2016. Вип. LXXI. Том 1. С. 43–47.

25. Кузьменко О. С. Деякі аспекти запровадження STEM-освіти при вивченні симетрії у процесі навчання фізики в технічних вузах. *Теорія і методика професійної освіти (електронне наукове фахове видання). Серія: педагогічні науки,* 2016. Вип. №10 (2). URL: <https://ivetscienceip.to.wixsite.com/tmpro/кopiya-11-2016> (дата звернення: 04.04.2016).

26. Кузьменко О. С. Методичні особливості вивчення поняття симетрії у процесі вивчення загального курсу фізики в вищих навчальних закладах авіаційного профілю в умовах розвитку STEM-освіти. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна.* Кам'янець-Подільський, Вип. 22. 2016. С. 89–91.

27. Кузьменко О. С., Дембіцька С. В. STEM-освіта як основний орієнтир в оновленні інноваційних технологій у процесі навчання фізики у вищих навчальних закладах технічного профілю. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти.* Кропивницький, 2017. Вип. 11. Ч. 3. С. 73–76.

28. Кузьменко О. С. Інноваційні засоби та форми організації навчального процесу з фізики в умовах розвитку STEM-освіти в вищих технічних навчальних закладах. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти.* Кропивницький, 2017. Вип. 12. Ч. 2. С. 85–92.

29. Кузьменко О. С., Гончарова Н. О. Особливості змістовного наповнення навчального посібника з фізики для вищих технічних навчальних закладів в контексті впровадження stem-освіти (інтегрований підхід). *Проблеми сучасного підручника: зб. наук. праць.* Київ, 2017. Вип. 19. С. 151–158.

30. Кузьменко О. С. Формування STEM-компетентностей студентів під час розв'язування фізичних задач з поєднанням принципу симетрії в вищих технічних навчальних закладах. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна.* Кам'янець-Подільський, 2017. Вип. 23. С. 20–22.

31. Кузьменко О. С. STEM-модельовання фізичних явищ у процесі навчання студентів професійно-технічним дисциплінам в закладах вищої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки.* Кропивницький, 2018. Вип. 168. С. 120–124.

32. Кузьменко О. С. Дослідження ефективності методичної системи навчання фізики на основі STEM-технологій у технічних закладах вищої освіти. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету*

імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. Кам'янець-Подільський, 2018. Вип. 24. С. 15–18.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав

33. Кузьменко О. С. Формування фундаментальних фізичних понять в студентів вищих навчальних закладів сучасними засобами навчання. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*. Budapest, 2014. II (16), Issue: 33. С. 53–56.

34. Кузьменко О. С., Дембіцька С. В. Вивчення фундаментальних фізичних понять із використанням властивостей симетрії на основі фізичного та комп'ютерного моделювання в вищих навчальних закладах технічного профілю. *Scientific journal Innovation solutions in modern science*. Dubai, 2016. №5(5). С. 62–73.

35. Dembitska S. V., **Kuz'menko O. S. (Kuzmenko O. S.)** Organization of the self-emplotted work of students of technical universities at the study of physics. *Virtus: Scientific Journal* / Editor-in-chief M. A. Zhurba. Canada, March, 2018. #22, Part 1. P. 94–98.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

Матеріали науково-практичних конференцій

36. Кузьменко О. С. Использование симметрии при решении задач по физике. *Физическое образование: проблемы и перспективы развития*: материалы XIII Междунар. науч.-метод. конф., 3–6 марта 2014 г. Москва: МПГУ, 2014. Ч. 2. С. 135–137.

37. Кузьменко О. С. Использование современного оборудования при изучении физики в высшем учебном заведении. *Современный физический практикум*: материалы XIII Междунар. учеб.-метод. конф., 23–25 сентября 2014 г. Новосибирск: Издательский дом МФО, 2014. С. 150.

38. Неділько С. М., **Кузьменко О. С.** Актуальність розвитку STEM-освіти в світі. *STEM-освіта – проблеми та перспективи*: матеріали I Міжнар. наук.-практ. семінару, 28–29 жовтня 2016 р. Кропивницький: КЛА НАУ, 2016. С. 34–35.

39. Кузьменко О. С., Дембіцька С. В. Особливості вивчення фізики у вищих навчальних закладах технічного профілю в умовах розвитку STEM-освіти. *Сучасні тенденції навчання природничо-математичних та технологічних дисциплін у загальноосвітній та вищій школі* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф., 17–22 жовтня 2016 р. Кропивницький (Кіровоград): РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2016. С. 51–52.

40. Кузьменко О. С., Ситник Ю. Б. Наукова та інженерна складова STEM-освіти у процесі вивчення дисциплін фізики та безпеки польотів з поєднанням інтегрованого підходу. *STEM-освіта – проблеми та перспективи*: матеріали II Міжнар. наук.-практ. семінару, 25–26 жовтня 2017 р. Кропивницький: КЛА НАУ, 2017. С. 59–62.

41. Кузьменко О. С., Шульгін В. А. Використання поняття симетрії в розрахункових схемах і навантаженнях через трансдисциплінарний підхід в контексті розвитку STEM-освіти. *Актуальні аспекти розвитку STEM-освіти у*

навчанні природничо-наукових дисциплін : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф., 16–17 травня 2018 р. Кропивницький: Льотна академія НАУ, 2018. С. 86–89.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

Навчальні посібники

42. Кузьменко О. С., Садовий М. І., Вовкотруб В. П. Інтерферометри. Фізичний практикум з оптики з новим та нетрадиційним обладнанням : навч. посіб. для студ. ВНЗ. Кіровоград : КЛА НАУ, 2015. 204 с.

43. Физика. Пособие для выполнения лабораторных работ / А. Н. Бурмистров, В. Г. Борота, Ю. Г. Ковалев, **О. С. Кузьменко**, В. В. Фоменко: Составители: О. С. Кузьменко, В. В. Фоменко. 2-е изд., перераб. и доп. Кіровоград: КЛА НАУ, 2013. 172 с.

Статті в наукових періодичних виданнях

44. Кузьменко О. С. Теоретико-методичні особливості використання сучасних комп'ютерно-орієнтованих засобів навчання у процесі вивчення фізики. *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: зб. наук. праць*. Кривий Ріг, 2012. Вип. X. Т. 2. С. 178–183.

45. Кузьменко О. С. Використання інтерферометрів при виконанні фізичного експерименту. *Теорія та методика навчання математики, фізики, інформатики: зб. наук. праць*. Кривий Ріг, 2013. Вип. XI. Т. 2. С. 124–129.

46. Кузьменко О. С. Вивчення симетрії у процесі навчання з квантової механіки у вищих навчальних закладах. *Фізико-математична освіта. Науковий журнал*. 2015. Вип. № 2(5). С. 23–28.

47. Кузьменко О. С. Концептуальні засади розвитку методики навчання фізики в умовах розвитку STEM-навчання у вищих навчальних закладах авіаційного профілю. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки: зб. наук. пр.* Київ, 2017. Вип. 9. С. 38–50.

48. Кузьменко О. С. Фізичний експеримент як фактор розвитку STEM-освіти у вищих навчальних закладах технічного профілю. *Наукові записки Малої академії наук України. Серія: Педагогічні науки: зб. наук. пр.* Київ, 2017. Вип. 10. С. 131–143.

49. Кузьменко О. С. Використання STEM-технологій у навчальному процесі з фізики в вищих навчальних закладах технічного профілю. *Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки: зб. наук. пр.* Кропивницький, 2017. Вип. 1. С. 331–336.

50. Кузьменко О. С. Використання поняття симетрії для формування наукового світогляду студентів у процесі навчання фізики в умовах розвитку STEM-освіти. *Науковий вісник Льотної академії. Серія: Педагогічні науки: зб. наук. пр.* Кропивницький, 2017. Вип. 2. С. 173–179.

Авторське свідоцтво

51. А.с. Навчальний посібник «Інтерферометри. Фізичний практикум з оптики з новим та нетрадиційним обладнанням» / **О. С. Кузьменко**, М. І. Садовий, В. П. Вовкотруб. № 76354; заявл. 30.11.17.; опубл. 27.04.2018, Бюл. № 48.

Методичні рекомендації, положення, концепція

52. 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.

53. Борота В. Г., **Кузьменко О. С.** Фізика. Методичні вказівки по виконанню розрахунково-графічної роботи з фізики (робота № 1). Кіровоград : КЛА НАУ, 2014. 48 с.

54. Положення про «STEM-центр» академії / укладач: О. С. Кузьменко. Кропивницький: КЛА НАУ, 2017. 10 с.

55. Положення про науково-дослідну лабораторію «STEM-освіти та інноваційної освіти» академії / укладач: О. С. Кузьменко. Кропивницький : КЛА НАУ, 2017. 9 с.

56. Концепція про «STEM-центр» академії / укладач: О. С. Кузьменко. Кропивницький : КЛА НАУ, 2017. 10 с.

АНОТАЦІЯ

Кузьменко О. С. Теоретичні і методичні засади навчання фізики студентів технічних закладів вищої освіти на основі технологій STEM-освіти. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук зі спеціальності 13.00.02 «Теорія та методика навчання (фізика)». – Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка Міністерства освіти і науки України, Кропивницький, 2020.

У дисертації обґрунтовано теоретико-методичні засади навчання фізики на основі технологій STEM-освіти в технічних ЗВО, розроблено методику навчання фізики на основі STEM-технологій, яка відповідає новітнім вимогам освіти.

Створено модель освітньо-наукового STEM-середовища, визначено її місце, основні елементи, структуру та основні властивості. Розроблено концепцію STEM-освіти технічного ЗВО щодо забезпечення інтеграції навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін. Визначено STEM-компетентності, що є складником формування професійної компетентності фахівця й засобом реалізації технічної та інженерної освіти. Розроблено та апробовано роботи фізичного практикуму з використанням STEM-технологій, які сприяють ефективному проведенню занять у технічних ЗВО. Продемонстровано, використання фундаментальних ідей фізики з урахуванням STEM-технологій. З'ясовано взаємозв'язок симетрії та законів збереження; представлено методику інтеграційного підходу фізики та професійно зорієнтованих дисциплін на прикладі вивчення динаміки руху літака студентами технічного ЗВО. Розглянуто поняття симетрії в процесі виникнення підйомної сили та сили лобового опору літака, що вивчають студенти технічних ЗВО, та трансдисциплінарний підхід у вивченні симетрії розрахункових схем і навантажень з виокремленням основних компонентів STEM-освіти.

Упроваджено й експериментально перевірено ефективність розробленої методики навчання фізики на основі технологій STEM-освіти в технічних ЗВО.

Ключові слова: методика навчання фізики, інновації, STEM-технології, теоретичні та методичні засади навчання фізики, технічні заклади вищої освіти, технічна підготовка, методологічні підходи, освітній процес, освітньо-наукове STEM-середовище.

АННОТАЦИЯ

Кузьменко О. С. Теоретические и методические основы обучения физике студентов технических высших учебных заведений на основе технологий STEM-образования. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.02 «Теория и методика обучения (физика)». – Центральноукраинский государственный педагогический университет имени Владимира Винниченко Министерства образования и науки Украины, Кропивницкий, 2020.

В диссертации изложены теоретические и методические основы обучения физике на базе технологий STEM-образования в технических ЗВО.

Создана модель научно-образовательной STEM-среды, определены ее место, главные элементы, структура и важнейшие свойства. Разработана концепция STEM-образования технического ЗВО по обеспечению интеграции обучения физики и профессионально ориентированных дисциплин. Определены STEM-компетентности, которые являются составляющей формирования профессиональной компетентности специалиста. Подготовлены и апробированы работы физического практикума с использованием STEM-технологий, способствующих эффективному проведению занятий в технических ЗВО. Освещены особенности использования фундаментальных идей физики с учетом STEM-технологий. Рассмотрена взаимосвязь симметрии и законов сохранения; представлена методика интеграционного подхода физики и профессионально ориентированных дисциплин на примере изучения динамики движения самолета студентами технического ЗВО. Рассмотрено понятие симметрии в процессе возникновения подъемной силы и силы лобового сопротивления самолета, которые изучаются студентами технических ЗВО, и трансдисциплинарный подход в изучении симметрии расчетных схем и нагрузок с выделением основных компонентов STEM-образования.

Внедрена и экспериментально проверена эффективность разработанной методики обучения физике на основе STEM-технологий в технических ЗВО.

Ключевые слова: методика обучения физике, инновации, STEM-технологии, теоретические и методические основы обучения физике, технические высшие учебные заведения, техническая подготовка, методологические подходы, образовательный процесс, образовательно-научная STEM-среда.

ABSTRACT

Kuzmenko O. S. Theoretical and methodical principles of teaching physics of students of technical institutions of higher education on the basis of STEM-education technologies. – On the rights of a manuscript.

The thesis for the degree of Doctor in Pedagogical sciences, specialty 13.00.02 «Theory and Methods of Teaching (Physics)». – Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kropyvnytskyi, 2020.

The dissertation is based on theoretical and methodological principles of teaching physics on the basis of STEM-education technologies in technical higher education institutions that correspond to modern development trends in Ukraine and worldwide. The technique of teaching physics based on STEM-technologies, which meets the latest organizational requirements, is developed, as well as allows implementing the requirements for the training of physics subjects, which is the basis for the future of a highly skilled specialist in the technical field.

The dissertation reveals the creation of modern models of STEM-learning environment that satisfy knowledge for the study of special disciplines and professional activities. The concept of learning environment is outlined and STEM-learning environment is distinguished. These are defined by their location, main elements and the structure set basic properties STEM-environment that will improve the quality of forming STEM-based subjects' competences modern trends in education on the basis of competence, interdisciplinary, integrated and systemic approaches.

The principle of perfection of the structure of learning environment, in particular STEM environment in the teaching of physics, is to ensure the technological orientation and structural conformity of the learning environment with the objectives of open pedagogical systems.

It has been established that the change in the field of higher education, in particular, technical, taking into account the development of STEM education, envisages the revision of the concept of training specialists in each particular field of activity, therefore the modernization of the content of education requires updating of the teaching and methodological base (goals, content, methods, forms and means), through which the implementation of modern innovative approaches will be realized in the future.

The main regularities and conditions of the functioning of innovative educational processes in technical institutions of higher education are considered. The concept of interdisciplinary and the levels of integration of scientific knowledge is analyzed and highlighted: multidisciplinary, transdisciplinary.

It was determined that the prerequisite for the study of the physics by students of technical institutions of higher education is played by the psychological and pedagogical conditions, namely: motivation of educational and cognitive activity; thinking as a factor in the development of independent cognitive-search activity of students; professional competence of the student as an indicator of psychological readiness for professional activity.

Innovative means and methods of organizing the educational process in physics on the basis of STEM-education technologies are considered. STEM-competencies are distinguished, which are component of the formation of professional competence of a specialist and serve as a mean of implementation of technical and engineering education.

The work of the physical practice with the use of STEM-technologies from all sections of the physics course, which facilitate the effective conducting of occupations in higher education institutions of the technical training profile, was developed and tested. Among them we select sections: «Mechanics», «Molecular Physics and Thermodynamics», «Optics».

The STEM-Center was created, which is a modern resource for the introduction of STEM-education in the Kirovograd region, intensification of the innovative development of subjects in the natural-mathematical cycle and research work in educational institutions of different educational fields.

The STEM-Center Concept and STEM-Center Regulations are developed, which highlight the main provisions of the introduction of STEM-education in the technical process of the STA-system. The activities of the STEM-Center will form the main principles of the implementation of STEM-technologies in the educational process of higher education institutions and the development of modern methodology for teaching physics.

The use of fundamental ideas of physics based on STEM-technologies is developed. The correlation of symmetry and conservation laws is found. The methodology of the integrated approach of physics and disciplines of the professional profile is presented, for example, by studying the dynamics of airplane traffic by students of technical specifications. The influence of the concept of symmetry in the process of the emergence of the lifting force and the strength of the frontal resistance of the aircraft studied by students of technical educational institutions and the transdisciplinary approach in the study of the concept of symmetry of calculation schemes and loads with the main components determination of STEM-education is considered.

The effectiveness of the developed methodology of teaching physics on the basis of STEM-education technologies in technical institutions of higher education was introduced and experimentally tested.

Key words: methodology of teaching physics, innovations, STEM-technologies, theoretical and methodological principles of teaching physics, technical higher educational institutions, technical training, methodological approaches, educational process, educational and scientific STEM-environment.

**СВІДОЦТВО ПРО ВНЕСЕННЯ СУБ'ЄКТА ВИДАВНИЧОЇ СПРАВИ ДО ДЕРЖАВНОГО
РЕЄСТРУ ВИДАВЦІВ, ВИГОТІВНИКІВ І РОЗПОВСЮДЖУВАЧІВ ВИДАВНИЧОЇ ПРОДУКЦІЇ**
Серія ДК № 1537 від 22.10.2003 р.

Підп. до друку 18.02.2020 р. Формат 60×90/16. Папір офсет.
Друк різнограф. Ум. др. арк. 1,9. Тираж 100. Зам. № 9257.

РЕДАКЦІЙНО–ВИДАВНИЧИЙ ВІДДІЛ

*Центральноукраїнського державного педагогічного
університету імені Володимира Винниченка
25006, Кропивницький, вул. Шевченка, 1.*

Тел.: (0522) 24–59–84.

Факс.: (0522) 24–85–44.

E–Mail: mails@kspu.kr.ua

