

О. С. Кузьменко,
І. М. Савченко,
В. Б. Дем'яненко

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ІНЖЕНЕРНОГО STEM-СКЛАДНИКА В НАВЧАННІ ФІЗИКИ ТА ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В ІННОВАЦІЙНОМУ ОСВІТНЬО-НАУКОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТЕХНІЧНОГО ЗВО

Анотація. У статті розглядаються актуальні проблеми впровадження STEM-технологій та виокремлення інженерного STEM-складника, що є вагомим для формування у суб'єктів навчання STEM-компетентностей. Навчання фізики студентів нефізичних спеціальностей у технічних закладах вищої освіти в умовах реформування фізичної освіти здійснюється, як правило, на I–II курсах. Зміст дисципліни «Фізика» потребує модернізації відповідно до сучасних досягнень фізичної науки і дидактичних принципів побудови курсу фізики, враховуючи фундаментальність, науковість, наступність та міждисциплінарні зв'язки. Тому, модернізуючи вищу освіту в Україні, необхідно зважати на загальні тенденції розвитку систем вищої освіти в контексті глобалізаційних та євроінтеграційних процесів, а саме — тенденції розвитку STEM-освіти. Визначено, що зміни у сфері вищої освіти, зокрема технічної, з урахуванням розвитку STEM-освіти передбачають перегляд концепції підготовки спеціалістів у кожній конкретній галузі діяльності, тому модернізація змісту освіти потребує оновлення навчально-методичної бази (цілей, змісту, методів, форм і засобів), через яку надалі здійснюватиметься реалізація сучасних інноваційних STEM-підходів. Враховуючи сучасні тенденції та основні напрями вдосконалення освітнього процесу, створена методика навчання фізики для ефективного ознайомлення студентів з основами фізики, що потрібно для подальшого вивчення дисциплін професійно зорієнтованого напрямку, має бути спрямована не тільки на якісне, науково й методично обґрунтоване викладання змісту її основ, яке забезпечується навчальною діяльністю викладача, а й головно на активізацію самостійної навчально-пошукової діяльності студентів. Така методика має розвивати і стимулювати інтерес до пізнання та розуміння фізики, застосування їх у поясненні явищ і процесів мікросвіту й навколишнього світу загалом і давати студентам дієву систему знань, умінь і навичок, формувати природничо-науковий світогляд. У статті окреслено особливості формування інженерного STEM-складника і наведено приклад розгляду роботи фізичного практикуму з елементами програмування. Визначено, що фізичний експеримент є вагомим чинником розвитку STEM-освіти в закладах вищої освіти технічного профілю та методики навчання фізики. Використання STEM-технологій активізує самостійну пізнавально-пошукову діяльність студентів до вивчення фізико-технічних дисциплін.

Ключові слова: методика навчання фізики, професійно зорієнтовані дисципліни, міждисциплінарний підхід, STEM-освіта, технічні заклади вищої освіти.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Актуальним питанням інноваційного розвитку освіти є розроблення та впровадження сучасної методики навчання з фізико-технічних дисциплін на засадах STEM-освіти, що забезпечуватиме підготовку висококваліфікованих фахівців технічної галузі. Основні складники STEM потрібно розкривати у процесі розв'язування фізичних задач та виконання робіт фізичного практикуму, що стимулюватиме студентів до вивчення фізики як фундаментальної дисципліни й застосування набутих знань у прикладному аспекті.

Ефективність дидактики фізики на основі технологій STEM-освіти передбачає технологічність форм і методів навчання з точки зору їх структури, конструювання і практичного застосування, а також певною мірою первинного етапу проектування освітнього процесу — формулювання завдань, які потрібно розглянути у процесі навчання фізико-технічних дисциплін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, де започатковано розв'язання означеної проблеми. У процесі навчання фізико-технічних дисциплін у технічному закладі вищої освіти (ЗВО) важливе значення має практична спрямованість, що розкриває суть STEM-освіти. У цьому аспекті фізика забезпечує професійні компетентності здобувачів вищої освіти й відіграє фундаментальну роль у підготовці конкурентоспроможних фахівців технічного профілю. Плани заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016–2018 рр., затверджені МОН, переважно зорієнтовані на заклади загальної середньої освіти, покладаючись на автономію закладів вищої освіти у розв'язанні зазначених проблем. На рівні ЗВО технічного профілю проблема впровадження принципів та закономірностей STEM-освіти з виокремленням інженерного STEM-складника ще не досліджена.

Різні аспекти зазначених проблем висвітлювалися у працях українських і зарубіжних учених, зокрема:

- теоретико-методичні аспекти навчання фізики в ЗВО розглянуто у працях В. Заболотного, О. Мартинюка, І. Сальник, О. Сергєєва, Н. Стучинської, В. Шарко та ін.;
- організацію та методику фізико-математичної і технічної освіти в ЗВО окреслено в дослідженнях П. Атаманчука, С. Гончаренка, А. Касперського, Н. Подопригори, М. Садового та ін.;

- аспекти впровадження STEM-освіти в навчальний процес ЗВО розглянуто у працях М. Літвінової, О. Стрижака, І. Сліпухіної, І. Чернецького, О. Мартинюка, В. Шарко та ін.

З огляду на зазначене вище нерозглянутими залишилися проблеми щодо підготовки фахівців технічного профілю на засадах STEM-освіти з урахуванням інженерного STEM-складника.

За сучасних тенденцій розвитку науки й освіти необхідно брати до уваги новітні умови організації освітнього процесу в технічних ЗВО, а саме: 1) розроблення методики навчання фізико-технічних дисциплін на основі STEM-технологій; 2) проведення педагогічних досліджень щодо ефективності запропонованої методики з урахуванням інтегрованого, міждисциплінарного та синергетичного підходів; 3) використання модернізованого програмно-педагогічного забезпечення в навчанні фізико-технічних дисциплін, що дасть поштовх до розв'язання проблеми навчання в малокомплектних групах.

Отже, потрібно впроваджувати елементи STEM-навчання в освітній процес технічного ЗВО, що стимулюватиме студентів до вивчення фізико-технічних дисциплін і враховуватиме фахові потреби спеціальності 272 «Авіаційний транспорт».

Метою статті є окреслення особливостей формування інженерного STEM-складника та впровадження інноваційних технологій STEM-освіти, зокрема фізичного експерименту, в освітній процес технічного ЗВО з урахуванням елементів програмування.

Основний матеріал дослідження. Особливістю професійно зорієнтованої підготовки здобувачів вищої освіти на основі STEM-технологій є необхідність врахування міждисциплінарних зв'язків як вияву інтегративних процесів проникнення фундаментальних дисциплін (фізики), природничо-математичного знання до циклу предметів професійно зорієнтованої підготовки студентів технічного ЗВО, що забезпечується не лише базовими фізико-математичними і технічними компетенціями XXI ст., а й ключовими, методичними знаннями з урахуванням прикладних аспектів на засадах цифрової адженди України 2020 р. [12]. Зазначені зв'язки виконують провідну роль у навчанні фізики й у підвищенні якості професійно зорієнтованої підготовки майбутніх фахівців технічного профілю.

У процесі підготовки фахівців технічного профілю важливо враховувати оволодіння студентами

пізнавальною діяльністю, основними елементами якої є вивчення наскрізних генеруючих понять на основі STEM-технологій із виділенням основних STEM-складників. Із цієї точки зору виявляється значущою професійно зорієнтована спрямованість освітньої діяльності майбутніх фахівців, що потребує комплексного науково-методичного дослідження, яке спирається на психолого-педагогічні, дидактичні та методичні основи визначення концептуальних засад розроблення і впровадження нововведень (STEM-технологій) з урахуванням індустріальної революції, яку ще називають «Індустрія 4.0».

До основних чинників міждисциплінарності фізики та професійно зорієнтованих дисциплін віднесемо:

- іманентну складність природи й суспільства з урахуванням нововведень сьогодення;
- потребу в дослідженні проблем і питань, яке неможливо здійснити в рамках окремих дисциплін з урахуванням тенденцій STEM-освіти;
- необхідність розв'язання соціальних проблем національного та глобального характеру;
- суперечливий розвиток нових STEM-технологій навчання (цифрових, IT-технологій, робототехніки, адаптивних технологій тощо).

У сучасних умовах для забезпечення конкурентоспроможності України серед країн Євро-

пейського Союзу важливо впроваджувати технології, які сприяють покращенню підготовки фахівців галузі високих технологій. Здобуття сучасних професій потребує всебічної підготовки й отримання знань із різних галузей наук за напрямками, які охоплює STEM-освіта.

Проведений у роботі порівняльний аналіз складових індексу глобальної конкурентоспроможності (GCI) України за даними Всесвітнього економічного форуму за 2017–2018 рр. (рис. 1) засвідчив, що Україна посідає 81-е місце серед 137 країн, найвищу сходинку посідає складова «Вища освіта в Україні» — 35-е місце серед 137 країн світу [9].

Таке місце вищої освіти в рейтингу забезпечують високі позиції України за рівнем охоплення населення вищою освітою (16-е місце), за рівнем якості математичної та природничої освіти (27-е місце).

У таблиці 1 нами визначено цілі та способи STEM-навчання, які потрібно враховувати у процесі підготовки здобувачів вищої освіти технічного ЗВО.

Наш аналіз наукових праць [2; 4; 6; 8; 13; 16; 19] із проблеми навчання фізики в контексті розвитку STEM-освіти дає змогу виокремити такі *особливості формування інженерного STEM-складника в навчанні фізики та технічних*

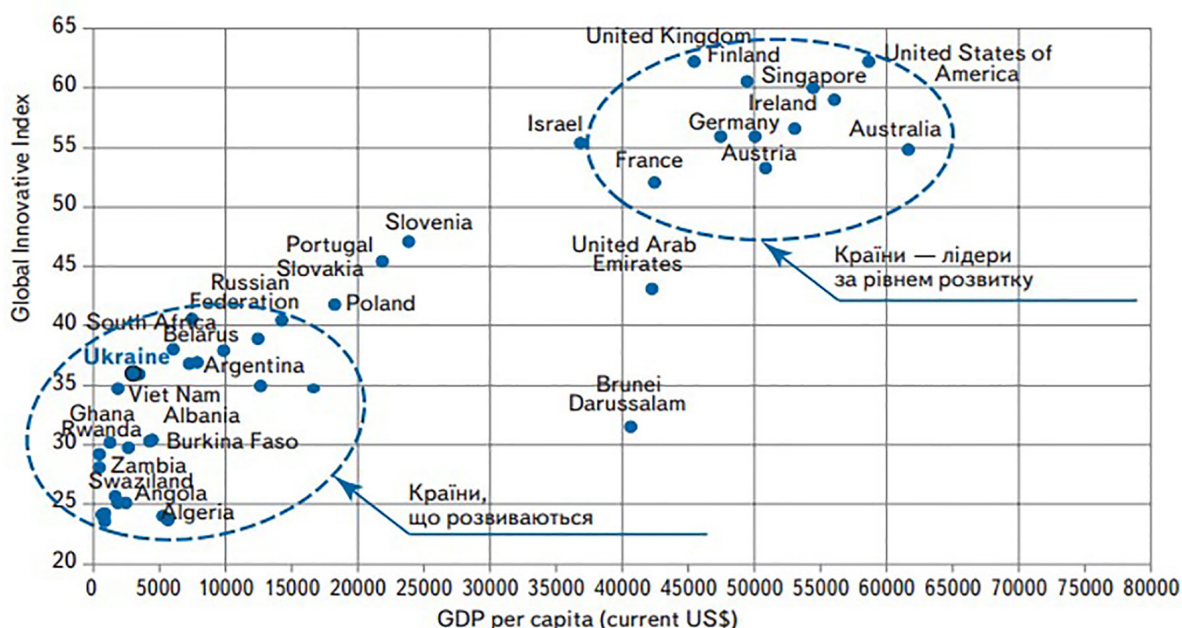


Рис. 1. Кореляція між ВВП на душу населення та індексом інновацій [11, с. 15]

Основні цілі та способи STEM-навчання

Цілі STEM-освіти	Способи STEM-навчання
<i>Науково-технічна грамотність</i> суб'єктів навчання передбачає базове наукове розуміння фізичних явищ, їх використання у повсякденних технологіях та цифровій грамотності. Ця ціль досягається за допомогою інтегрованого навчання, міждисциплінарних зв'язків фізики і професійно зорієнтованих дисциплін на засадах STEM-освіти	<i>Інтегрована, міждисциплінарна STEM-освіта</i> (залучення двох або більше дисциплін) для забезпечення цілісної освіти в галузі науки та освітньо-наукового STEM-середовища, зорієнтована на STEM-технології. Це синергетичне поєднання багатьох дисциплін, що являють собою одну нову основу для викладання та вивчення дисциплін з акцентом на наукові дослідження та вирішення проблемних ситуацій, наприклад, STEM як новий предмет у ЗВО, де викладають науку й техніку в поєднанні з реальними прикладами
<i>Науково-технічний потенціал</i> суб'єктів навчання спрямований на підвищення технічних компетентностей та передбачає опанування навичками комп'ютеризованого програмного й апаратного забезпечення в різних формах освітньо-наукового STEM-середовища	Виокремлення складників STEM-освіти у процесі розв'язування фізичних задач та виконання робіт фізичного практикуму, що зорієнтовані на прикладний аспект технічної галузі (наприклад, спеціальності 272 «Авіаційний транспорт»)
<i>Моделювання та проектування в галузі STEM-освіти</i> включає розвиток спеціальних STEM-навичок, які формуються в здобувачів вищої освіти у процесі навчання фізики, математики, техніки, технологій та ін.	

дисциплін в інноваційному освітньо-науковому середовищі технічного ЗВО:

1) орієнтування на STEM-освіту, особливо на особистісно зорієнтоване навчання та широке запровадження інтегрованих навчальних дисциплін у закладах вищої освіти технічного профілю. Цей напрям передбачає посилення самостійної пізнавально-пошукової діяльності студентів і створення умов в освітньо-навчальному середовищі для саморозвитку та самореалізації кожного студента;

2) досягнення в STEM-освіті доцільного співвідношення та поєднання гуманітарної і природничо-технічної складової ЗВО, оптимальне поєднання їх теоретичних і практичних компонентів, що, відповідно, стосується навчання фізики;

3) стрімкий розвиток та широке впровадження цифрових технологій навчання підносять на новий вищий рівень фізичну освіту, бо запровадження ІКТ, 3-D-моделювання, робототехнічних комплектів, ігрових технологій допомагає студентам краще засвоювати знання з фізики з виокремленням інженерних елементів STEM-освіти;

4) різний зміст навчального матеріалу з фізики за обсягом і складністю його представлення

з урахуванням інтегрованого підходу має привертати увагу вчених-методистів та фахівців педагогічної науки до того, що знання з фізики необхідні всім студентам закладів вищої освіти з урахуванням концепції розвитку STEM-освіти та популяризації технічної й інженерної складової, незалежно від того, за яким профілем і за якою програмою проходило навчання фізики в ньому.

Водночас, підтверджуючи неприпустимість надмірного ускладнення та переобтяження навчального матеріалу теоретичним його змістом і математичними викладками, не можна аналогічно відкидати всі можливі приклади експериментального вивчення такого змісту, бо саме самостійна пізнавально-пошукова й дослідницька діяльність студента лежить в основі активного пізнання, яке реалізовує його бажання пізнавати оточення та свої можливості в технічній сфері навчання.

5) запровадження державних стандартів вищої освіти, зокрема стандартів фізичної освіти, має остаточно висувати вимоги до рівня фізичної освіти випускника навчального закладу вищої освіти технічного профілю. Цей рівень

розглядається як обов'язковий, мінімально можливий і такий, що передбачає самостійну роботу студента як обов'язкову діяльність у навчальному процесі з фізики;

б) урахування результатів психолого-педагогічних досліджень на аналізі змісту фізичного експерименту в контексті розвитку STEM-освіти в ЗВО технічного профілю передбачає певні особливості. Перша з них — це проникнення в сутність досліджуваних об'єктів (фізичних явищ, структурних форм матерії, вивчення основних фундаментальних понять та ін.), що потребує від студентів виконання таких розумових операцій, як абстрагування, побудова ідеальних моделей, здійснення переходу від одного виду абстракції до іншого тощо, і, відповідно, сприяє розвитку в студентів фізичного наукового мислення. Друга психологічна особливість процесу навчання фізики полягає в тому, що під час навчання фізики потрібно використовувати моделі й різні знакові позначення (формули), а також доцільно приділити увагу тому, щоби студенти вміло здійснювали перехід від знакових зображень до реальних об'єктів і у зворотному напрямі — від сприйняття реальних об'єктів до побудови ідеальних моделей та їх знакового зображення. Третьою особливістю процесу навчання фізики із застосуванням STEM-технологій є висока емоційність, яка обумовлена використанням показу дослідів з фізики, організації спостережень студентів, самостійного виконання практичних робіт.

У контексті зазначеного методика вивчення оптики в умовах профільного навчання має бути орієнтованою на сучасний стан розвитку фізики, техніки й суспільства, враховувати останні досягнення психолого-педагогічних наук, методики навчання фізики, сприяти підвищенню активності учнів в опануванні новою науковою інформацією та спрямованості навчального процесу на майбутню професійну діяльність.

Поряд із цим методика навчання фізики із врахуванням STEM-технологій навчання [3; 5; 7; 10; 14–18] має:

- не виключати можливість використання тих засобів і того навчального обладнання з фізики, що виправдали себе і пройшли перевірку освітянською практикою; нові засоби навчання мають доповнювати наявні й надавати можливості для розширення їх функцій

відповідно до нової парадигми освіти, в якій студент розглядається як активний суб'єкт, від усвідомленої навчальної діяльності котрого значною мірою залежить кінцевий результат навчально-виховного процесу;

- на різних етапах формування фізичних знань із фізики потрібно передбачати зростання рівня самостійної пізнавально-пошукової діяльності студентів, забезпечувати яку можуть створювані комплекти обладнання, де всі елементи та складові узгоджені між собою, відповідають ергономічним вимогам, дають змогу отримати найкращі результати й досягти відповідного рівня фізичної освіти, усвідомленості ролі в ньому особистості людини;
- передбачати можливість формувати у студентів уміння користуватися сучасними засобами цифрового обладнання, ІКТ і комп'ютерною технікою, орієнтуючи їх на подальше використання інформаційних засобів як у навчальній діяльності, так і в майбутній професійній сфері;
- орієнтуватися на розроблення засобів навчання фізики багатофункціонального призначення, яке має бути спрямованим на реалізацію внутрішньопредметних і міжпредметних зв'язків та інтеграцію змісту дисциплін природничо-наукового циклу в контексті розвитку STEM-освіти;
- створюваний навчальний комплект засобів навчання з фізики та методичне його забезпечення мають формувати ефективно діюче навчальне STEM-середовище, в якому однаково ефективною є і діяльність викладача, і робота студента в процесі вивчення фізики;
- засоби навчання фізики в умовах STEM-навчання фізики мають спонукати до активізації самостійної пізнавальної діяльності студентів і бути спрямованими на постійний розвиток самостійності студентів у навчальному процесі, стимулювати активну діяльність кожного студента з урахуванням особистих його особливостей, підвищувати інтерес та мотивацію учнів;
- з огляду на особливості організації самостійної роботи та специфіку виконання фізичних досліджень, комплекти обладнання з фізики мають бути розраховані на самостійну роботу студентів, потребу формувати врахування вміння налагоджувати фізичні установки,

передбачати очікуваний результат, самостійно експериментувати, виконувати різні вимірювання й розрахунки, оцінювати фізичні явища, а також узагальнювати одержані результати;

- система навчального фізичного експерименту в поєднанні із засобами експериментування з фізики має бути орієнтованою на сучасну технологічну базу, відповідати сучасним психолого-педагогічним, санітарним та ергономічним вимогам. При цьому слід виходити з того, що ці вимоги не є незмінними, вони удосконалюються, і як окрема галузь перебувають у постійному розвитку.

Як приклад розглянемо роботу фізичного практикуму, де студенти Льотної академії Національного авіаційного університету поєднують теоретичні аспекти фізики і практичну складову виконання роботи з програмуванням.

Визначення довжини хвилі світла в досліді Юнга.

Мета роботи: використовуючи інтерференцію в досліді Юнга, визначити довжину світлової хвилі.

Обладнання: джерело світла (світлодіод), блок лінз, щілини Юнга, відбиваючий екран, штангенциркуль, метрова стрічка, підставки.

Перебіг роботи

1. Зібрати оптичну схему на рис. 2. Увімкнути джерело світла (світлодіод) (рис. 3). Ввести в лазерний пучок циліндричну лінзу й одержати від щілини інтерференційну картину на екрані.

2. Екран встановити в кінці столу перпендикулярно до осі падаючого пучка.

3. За допомогою метрової стрічки виміряти відстань L між щілинами Юнга і відбиваючим екраном.

4. За допомогою штангенциркуля виміряти відстань X між декількома інтерференційними смугами N у центрі інтерференційної картини і знайти середнє значення їх ширини:

$$\overline{\Delta x} = \frac{X}{N} \quad (1)$$

5. Використавши вираз для ширини інтерференційної смуги, знайдемо довжину хвилі світлового випромінювання:

$$\lambda = \frac{d \overline{\Delta x}}{L} \quad (2)$$

6. Підставивши у вираз (2) значення виміряних величин і відстань d між щілинами, одержимо в межах похибки досліду числове значення довжини хвилі світла, яке дає інтерференційну картину.

7. Зробити висновок.

Окрім стандартного виконання роботи фізичного практикуму студентам пропонувалося використовувати елементи програмування (рис. 4), щоби розвивати навички інженерного STEM-складника, що активізувало їх до самостійної пізнавально-пошукової діяльності та мотивувало поєднувати знання з інформаційних технологій, елементів програмування та розгляду фізичних явищ.

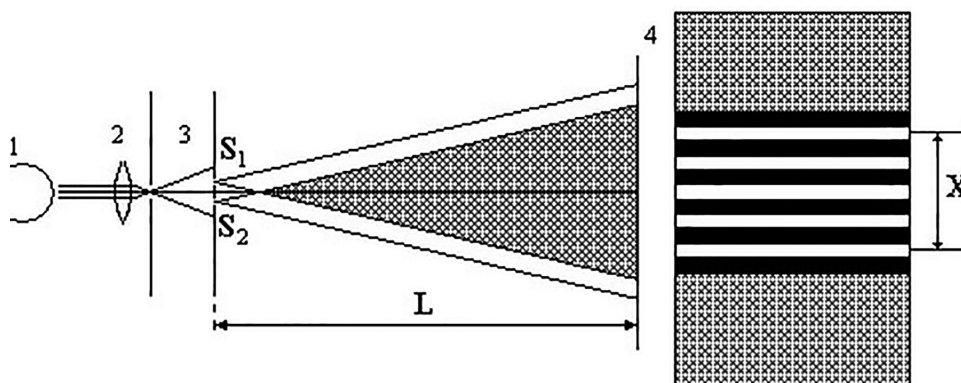


Рис. 2. Схема установки до роботи:

1 — джерело випромінювання (світлодіод);
2 — центральна лінза; 3 — діафрагма; 4 — екран



а)



б)

Рис. 3. а) джерело світла, що демонструє центральне розташування світлодіода;
б) джерело світла з комбінаційним розташуванням різних світлодіодів

```

-Label26: TLabel;
-Label27: TLabel;
-Label29: TLabel;
-Label30: TLabel;
-Label31: TLabel;
-TSResultIntrfL2: TTabSheet;
-SGInerfL2: TStringGrid;
-Image8: TImage;
-Button14: TButton;
-Button15: TButton;
-Label28: TLabel;
-Label32: TLabel;
-Label34: TLabel;
-Label33: TLabel;
-MainMenu1: TMainMenu;
-N1: TMenuItem;
-procedure TVRazdelChange(Sender: TObject; Node: TTreeNode);
-procedure FormCreate(Sender: TObject);
-procedure Button1Click(Sender: TObject);
-procedure Button2Click(Sender: TObject);
-procedure TVRazdelCollapsed(Sender: TObject; Node: TTreeNode);
-procedure TVRazdelExpanding(Sender: TObject; Node: TTreeNode);
-var AllowExpansion: Boolean);
-procedure Button3Click(Sender: TObject);
-procedure Button4Click(Sender: TObject);
-procedure Button5Click(Sender: TObject);
-procedure Button6Click(Sender: TObject);
-procedure Button7Click(Sender: TObject);
-procedure Button8Click(Sender: TObject);
-procedure Button9Click(Sender: TObject);
-procedure Button10Click(Sender: TObject);
-procedure Button11Click(Sender: TObject);
    
```

Рис. 4. Елемент програми виконання роботи фізичного практикуму
«Визначення довжини хвилі світла в досліді Юнга»

Висновки та перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Отже, впровадження в українських технічних ЗВО системи навчання STEM сприятиме:

- модернізації системи психолого-педагогічної, методичної, практичної підготовки майбутніх здобувачів вищої освіти на засадах STEM-освіти;
- налагодженню виробництва вітчизняного навчального STEM-обладнання і дидактичних засобів STEM-навчання фізики;
- застосуванню STEM-підходу до освітнього процесу, який передбачає розвиток особистості, спрямований на активне та конструктивне входження у сучасні інноваційні процеси і досягнення високого рівня самореалізації в навчанні фізико-технічних дисциплін.

Аналіз передового вітчизняного і світового досвіду підтверджує висновки про те, що запровадження методики навчання фізики відповідно до зазначених вимог сприяє вирішенню тих завдань, що нині ставляться перед STEM-освітою, поліпшує якість виконання основних демонстраційних навчальних експериментів з фізики, активізує та розширює самостійну навчальну діяльність студентів, сприяє підвищенню престижності фізичної освіти в ЗВО технічного профілю.

Перспективами подальших досліджень є дослідження проблеми в аспекті розроблення методики навчання фізики та професійно зорієнтованих дисциплін в умовах адаптивного навчання з урахуванням концепції STEM-освіти.

Список використаних джерел

1. Атаманчук П. С. Компетентнісний підхід у становленні майбутнього вчителя фізики : зб. наук. пр. Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (Педагогічні науки). Умань, 2012. Ч. 4. С. 9–17.
2. Атаманчук П., Атаманчук В. STEM-інтеграція як важлива інноватика сучасної освітньої парадигми. *STEM-освіта — проблеми та перспективи* : збірник матеріалів II Міжнар. наук.-практ. семінару, м. Кропивницький, 25–26 жовтня 2017 р. Кропивницький : КЛА НАУ, 2017. С. 9–10.
3. Гончарова Н. Глосарій термінів, що визначають сутність поняття STEM-освіта. *Інформаційний збірник для директора школи та завідуючого дитячим садочком*. 2015. Вип. 17–18 (41). С. 90–92.
4. Гончарова Н. О., Патрикеева О. О. Впровадження STEM-освіти в навчальних закладах (за результатами опитування науково-педагогічних працівників ОІППО). *Наукові записки Малої академії наук України: зб. наук. пр.* Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2016. Вип. 8. С. 231–240.
5. Гончарова Н. О. Використання ігрових технологій в STEM-освіті. *Проблеми освіти*. Київ, 2016. С. 160–164.
6. Гончарова Н. Понятійно-категоріальний апарат з проблеми дослідження аспектів STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України: зб. наук. пр.* Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. С. 104–114.
7. Зіненко І. М. Визначення структури математичної компетентності учнів старшого шкільного віку. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2009. № 2. С. 165–174.
8. Кремень В. Г., Андрущенко В. П. та ін. Педагогіка вищої школи : підруч. для студ. ВНЗ. Київ : Педагогічна думка, 2009. 256 с.
9. Національні стратегії розвитку освіти в Україні на 2012–2021 роки. URL: http://meduniv.lviv.ua/files/info/nats_strategia.pdf (дата звернення: 05.10.2020).
10. Стрижак О., Сліпучіна І., Поліхун Н., Чернецький І. Ключові поняття STEM-освіти. *Наукові записки Малої академії наук України : зб. наук. пр.* Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. С. 89–103.
11. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки), часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський; Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 136 с.
12. Цифрова адженда України–2020. Концептуальні засади (версія 1.0). Проект. URL: https://ucci.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf?__cf_chl_jschl_tk__=f985236 (дата звернення: 10.10.2020).
13. Borrego M., Foster M. J. & Froyd J. E. What is the state of the art of systematic review in engineering education? *Journal of Engineering Education*. 2015. Vol. 104 (2). P. 212–242. DOI: <https://doi.org/10.1002/jee.20069>
14. DeCoito I. STEM education in Canada: A knowledge synthesis. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*. 2016. Vol. 16 (2). P. 114–128.
15. English L. D. STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*. 2016. Vol. 3. P. 3. DOI: 10.1186/s4059%204-016-0036-1

16. Erduran S., Ozdem Y. & Park J.-Y. Research trends on argumentation in science education: A journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*. 2015. Vol. 2. P. 5. DOI: 10.1186/s40594-015-0020-1
17. Li Y. Journal for STEM education research – promoting the development of interdisciplinary research in STEM education. *Journal for STEM Education Research*. 2018. Vol. 1 (1–2). P. 1–6. DOI: 10.1007/s41979-018-0009-z
18. Li Y. & Schoenfeld A. H. Problematizing teaching and learning mathematics as ‘given’ in STEM education. *International Journal of STEM Education*. 2019. Vol. 6. P. 44. DOI: 10.1186/s40594-019-0197-9
19. Margot K. C. & Kettler T. Teachers’ perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*. 2019. Vol. 6. P. 2. DOI: 10.1186/s40594-018-0151-2

References

1. Atamanchuk, P. S. (2012). Competence approach in becoming a future physics teacher. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu imeni Pavla Tychyny (Pedahohichni nauky)*, 4, 9–17 [in Ukrainian].
2. Atamanchuk, P., Atamanchuk, V. (2017). STEM-integration as an important innovation of the modern educational paradigm. *STEM-osvita – problemy ta perspektyvy*. Proceedings of the II International Scientific and Practical seminar, 9–10 [in Ukrainian].
3. Ghoncharova, N. (2015). Glossary of terms that define the essence of the concept of STEM-education. *Informatsiyni zbirnyk dlia dyrektora shkoly ta zaviduiuchoho dytiachym sadochkom*, 17–18 (41), 90–92 [in Ukrainian].
4. Ghoncharova, N. O., Patrykejeva, O. O. (2016). Introduction of STEM-education in educational institutions (according to the results of the survey of scientific and pedagogical workers of RIPPE). *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats*, 8, 231–240 [in Ukrainian].
5. Ghoncharova, N. O. (2016). Use of game technologies in STEM-education. *Problemy osvity*, 160–164 [in Ukrainian].
6. Ghoncharova, N. (2017). Conceptual and categorical apparatus on the problem of researching aspects of STEM-education. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats*, 10, 104–114 [in Ukrainian].
7. Zinenko, I. M. (2009). Determining the structure of mathematical competence of high school

- students. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnologii*, 2, 165–174 [in Ukrainian].
8. Kremen V. H., Andrushchenko V. P. (2009). *Higher school pedagogy: a textbook for students of higher educational institutions*. Kyiv : Pedahohichna dumka [in Ukrainian].
9. *National strategies for the development of education in Ukraine for 2012–2021*. Retrieved from http://meduniv.lviv.ua/files/info/nats_strategia.pdf [in Ukrainian].
10. Stryzhak, O., Slipukhina, I., Polikhun, N. & Cherenecyj, I. (2017). Key concepts of STEM education. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats*, 10, 89–103 [in Ukrainian].
11. *Foresight of Ukraine’s economy: medium-term (2015–2020) and long-term (2020–2030), time horizons*. Kyiv : NTUU “KPI” [in Ukrainian].
12. *Digital Agenda of Ukraine 2020. Conceptual principles (version 1.0). Project*. Retrieved from: https://ucci.org.ua/uploads/files/58e78ee3c3922.pdf?__cf_chl_jschl_tk__=f985236 [in Ukrainian].
13. Borrego, M., Foster, M. J., Froyd, J. E. (2015). What is the state of the art of systematic review in engineering education? *Journal of Engineering Education*, 104(2), 212–242. DOI: 10.1002/jee.20069.
14. DeCoito, I. (2016). STEM education in Canada: A knowledge synthesis. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 16(2), 114–128.
15. English, L. D. (2016). STEM education K-12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education*, 3, 3. DOI: 10.1186/s40594-016-0036-1.
16. Erduran, S., Ozdem, Y., & Park, J.-Y. (2015). Research trends on argumentation in science education: A journal content analysis from 1998–2014. *International Journal of STEM Education*, 2, 5. DOI: 10.1186/s40594-015-0020-1.
17. Li, Y. (2018a). Journal for STEM education research – promoting the development of interdisciplinary research in STEM education. *Journal for STEM Education Research*, 1(1–2), 1–6. DOI: 10.1007/s41979-018-0009-z.
18. Li, Y., & Schoenfeld, A. H. (2019). Problematizing teaching and learning mathematics as ‘given’ in STEM education. *International Journal of STEM Education*, 6, 44. DOI: 10.1186/s40594-019-0197-9.
19. Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers’ perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6, 2. DOI: 10.1186/s40594-018-0151-2.

O. S. Kuzmenko,
I. M. Savchenko,
V. B. Demianenko

FEATURES OF FORMATION OF ENGINEERING STEM COMPONENT IN TEACHING PHYSICS AND TECHNICAL DISCIPLINES IN INNOVATIVE EDUCATIONAL AND SCIENTIFIC ENVIRONMENT

Abstract. The article considers the current problems of implementation of STEM-technologies and the separation of engineering STEM-component, which is important for the formation of STEM-competencies in subjects of study. Teaching physics to students of non-physics specialties in technical institutions of higher education in the context of reforming physics education is carried out, as a rule, in the I–II courses. The content of the discipline “Physics” needs to be modernized in accordance with modern achievements of physics science and didactic principles of construction of the course of physics, considering the fundamentals, scientific, continuity and interdisciplinary connections. Therefore, the modernization of higher education in Ukraine requires taking into account the general trends in the development of higher education systems in the context of globalization and European integration processes, namely the trends in the development of STEM-education. It is established that the change in the field of higher education, in particular technics, taking into account the development of STEM-education involves revising the concept of training in each field, so modernizing the content of education requires updating the educational base (goals, content, methods, forms and means), through which in the future the implementation of modern innovative STEM-approaches will be carried out. Taking into account current trends and the main directions of improving the educational process, the method of teaching physics to effectively acquaint students with the basics of physics, which is required for further study of professionally oriented disciplines, should be aimed not only at qualitative, scientifically and methodologically sound teaching, provided by the educational activities of the teacher, and mainly to intensify the independent educational and research activities of students. Such a technique should develop and stimulate interest in knowledge and understanding of physics, their application in explaining the phenomena and processes of the microworld and the world as a whole and give students an effective system of knowledge, skills and form a natural worldview. The article outlines the peculiarities of the formation of the engineering STEM-component and gives an example of consideration of the work of the physics workshop with programming elements. It is determined that the physics experiment is an important factor in the development of STEM-education in higher education institutions of technical profile and methods of teaching physics. The use of STEM-technologies activates the independent cognitive-search activity of students before studying physics and technical disciplines.

Keywords: methods of teaching physics, professionally oriented disciplines, interdisciplinary approach, STEM-education, technical institutions of higher education.

O. С. Кузьменко,
И. Н. Савченко,
В. Б. Демьяненко

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ STEM–СОСТАВЛЯЮЩЕЙ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКИ И ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ИННОВАЦИОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНО-НАУЧНОЙ СРЕДЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УВО

Аннотация. В статье рассматриваются актуальные проблемы внедрения STEM-технологий и выделения инженерной STEM-составляющей, что является весомым аспектом для формирования у субъектов обучения STEM-компетенций. Обучение физике студентов нефизических специальностей в технических учреждениях высшего образования в условиях реформирования физического образования осуществляется, как правило, на I–II курсах. Содержание дисциплины «Физика» нуждается в модернизации в соответствии с современными достижениями физической науки и дидактических принципов построения курса физики, учитывая фундаментальность, научность, последовательность и междисциплинарные связи. Поэтому модернизация высшего образования в Украине требует учета общих тенденций развития систем высшего образования в контексте глобализационных и интеграционных процессов, а именно: тенденций развития STEM-образования. Установлено, что изменения в сфере высшего технического образования с учетом развития STEM предполагают пересмотр концепции подготовки специалистов в каждой конкретной области деятельности, поэтому модернизация содержания образования требует обновления учебно-методической базы (целей, содержания, методов, форм и средств), по которой в дальнейшем будет осуществляться реализация современных инновационных STEM-подходов. Учитывая современные тенденции и основные направления совершенствования образовательного процесса, созданная методика обучения физике для эффективного ознакомление студентов с ее основами, что необходимо для дальнейшего изучения дисциплин профессионально

ориєнтованного напрямлення, повинна бути направлена не тільки на якісне, науково і методично обґрунтоване викладання змісту її основ, яке забезпечується навчальною діяльністю викладача, а головним чином на активізацію самостійної навчально-пошукової діяльності студентів. Така методика повинна розвивати і стимулювати інтерес до пізнання і розуміння фізики, застосуванню їх в поясненні явищ і процесів мікросвіту і навколишнього світу в цілому і надавати студентам дійсний систему знань, умінь і навичок, формувати природно-наукове світогляд. В статті позначені особливості формування інженерної STEM-складової і наведено приклад розгляду роботи фізичного практикуму з елементами програмування. Визначено, що фізичний експеримент є важливим фактором розвитку STEM-освіти в закладах вищої освіти технічного профілю і методики навчання фізиці. Використання STEM-технологій активізує самостійну пізнавально-пошукову діяльність студентів до вивчення фізико-технічних дисциплін.

Ключевые слова: методика навчання фізиці, професійно орієнтовані дисципліни, міждисциплінарний підхід, STEM-освіта, технічні вищі навчальні заклади.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Кузьменко Ольга Степанівна — д-рка пед. наук, доцентка, професорка кафедри фізико-математичних дисциплін, Львівська академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький; старша наукова співробітниця відділу створення навчально-тематичних систем знань, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, Kuzimenko12@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

Савченко Ірина Миколаївна — канд. пед. наук, старша наукова співробітниця, учена секретарка, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, savchenko_irina@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0273-9496>

Дем'яненко Валентина Борисівна — канд. пед. наук, завідувачка відділення інформаційно-дидактичного моделювання, НЦ «Мала академія наук України», м. Київ, Україна, valentyna.demianenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8040-5432>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kuzmenko O. S. — D. Sc. in Pedagogy, Associate Professor, Professor of the Department of Physics and Mathematics Disciplines, Flight Academy of the National Aviation University, Kropyvnytskyi; Senior Researcher of the Department of Creation of Educational and Thematic Knowledge systems, NC "Junior academy of sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, Kuzimenko12@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

Savchenko I. M. — PhD in Pedagogy, Senior Researcher, Science Secretary, NC "Junior academy of sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, savchenko_irina@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0273-9496>

Demianenko V. B. — PhD in Pedagogy, Head of the Department of Information and Didactic Modeling, NC "Junior academy of sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, valentyna.demianenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8040-5432>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузьменко Ольга Степановна — д-р пед. наук, доцент, профессор кафедры физико-математических дисциплин, Летная академия Национального авиационного университета, г. Кропивницкий; старший научный сотрудник отдела создания учебно-тематических систем знаний, НЦ «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина, Kuzimenko12@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4514-3032>

Савченко И. Н. — канд. пед. наук, старший научный сотрудник, ученый секретар, НЦ «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина, savchenko_irina@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0273-9496>

Демьяненко В. Б. — канд. пед. наук, заведующая отделением информационно-дидактического моделирования, НЦ «Малая академия наук Украины», г. Киев, Украина, valentyna.demianenko@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8040-5432>

Стаття надійшла до редакції / Received 07.11.2020