

Ольга Кузьменко

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В КОНТЕКСТІ STEM-ОСВІТИ В ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

Технічний прогрес та інновації сприяють ефективному використанню праці і капітальних інвестицій, та, таким чином, сприяють зростанню продуктивності – одного з основних чинників економічного зростання в більшості країн світу протягом понад двох десятиліть.

Актуальність інноваційної діяльності в контексті STEM-освіти зумовлена:

1) необхідністю відновлення економіки країн після світової кризи, а STEM-інновації можуть стати ефективним засобом досягнення цієї мети;

2) зміною способів функціонування економіки і суспільства внаслідок сучасних технологічних трансформацій, особливо у сфері ІКТ та STEM-освіти (впровадження технологій штучного інтелекту, блокчейну, Інтернету речей та промислового Інтернету речей, 3D друку, віртуальної та доповненої реальності та ін.);

3) розвитком трансферу STEM-технологій – рух знань або технологій від однієї організації до іншої, від університетів та наукових установ до бізнесу, де знання можуть бути перетворені в інновації – нові продукти та послуги, які принесуть користь суспільству, нові форми організації праці і спілкування.

Згідно з законом України про «Вищу освіту» передбачено, що одним з основних напрямків оновлення змісту вищої освіти є забезпечення її якості на основі новітніх досягнень науки, культури і соціальної практики. Даним законом відповідно зазначено, що освітня галузь «технології» виконує функції забезпечення технічної і технологічної освіти, спираючись на закони та закономірності розвитку людини, природи, суспільства, культури і виробництва.

У системі природничих наук провідну роль відіграє фізика, бо вона як наука відіграє провідну роль у розвитку продуктивних сил суспільства. Сучасний навчальний процес вивчення курсу фізики базується на експериментальній основі та поєднанні з теоретичним методом. При цьому, незалежно від методу пізнання, покладеного в основу процесу навчання фізики, навчальний фізичний експеримент є обов'язковим його елементом і одночасно невід'ємною складовою методики навчання фізики як наукової дисципліни, здатної забезпечити ефективне засвоєння знань суб'єктами навчання.

Використання STEM-технологій як одного зі засобів інноваційної діяльності вимагає вдосконалення методики навчання фізики, що передбачає: використання нових методів, прийомів, засобів навчання, які допомагали б розв'язувати низку методичних завдань з розділів фізики; застосування і запровадження у навчально-виховний процес з фізики цікавих і важливих наукових досягнень, а також посилення тих аспектів, котрі стимулюють й активізують самостійну пізнавальну діяльність студентів, зокрема Льотної академії Національного авіаційного університету.

Тому, для формування сучасних уявлень з курсу фізики необхідно створити й відпрацювати відповідну методику навчання фізики, яка б покращила рівень знань та вмінь і стимулювала до активної пізнавально-пошукової й самостійної роботи студентів при вивченні фізики в умовах розвитку STEM-навчання. Це досягається за допомогою цифрового обладнання, яке доцільно впроваджувати в освітній процес закладів вищої освіти.

Результати дослідження

Вважаємо, що, з метою розвитку STEM-навчання та мотивації суб'єктів навчання до науково-дослідної діяльності при викладанні природничо-наукових дисциплін викладачам потрібно використовувати у своїй роботі напрацювання Н. О. Гончарової, Л. С. Глоби, К. Д. Гуляєва, В. В. Камишина, Е. Я. Клімова, О. Б. Комова, О. В. Лісового, Л. Г. Ніколенка, Р. В. Норчевського, Н. І. Поліхун, М. Л. Ростокі, І. М. Савченко, М. І. Садового, І. А. Сліпучіної, О. Є. Стрижака, І. С. Чернецького, Є. Б. Шаповалова та інших.

Проблема розвитку фізичного експерименту висвітлена в роботах О. І. Бугайова, С. П. Величка, В. П. Вовкотруба (2007), Г. М. Гайдучка, С. У. Гончаренка, Л. Д. Калапуші, В. Ю. Кліха, Є. В. Коршака, Д. Я. Костюкевича, М. Я. Молоткова, Б. Ю. Миргородського, В. Г. Нижника, І. В. Попова, В. Ф. Савченка, М. І. Садового (2007), В. Д. Сиротюка, В. І. Тищука та інших, що забезпечило розвиток теорії та практики демонстраційного експерименту на сучасному рівні освіти.

Аналіз реалізації пріоритетних напрямів інноваційної діяльності здійснено на основі законів України «Про інноваційну діяльність», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» та постанов Кабінету Міністрів України від 25.08.2004 № 1084 «Про затвердження Порядку формування і виконання замовлення на проведення фундаментальних наукових досліджень, прикладних наукових досліджень та виконання науково-технічних (експериментальних) розробок за рахунок коштів державного бюджету» та від 28.12.2016 № 1056 «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2012-2016 роки», якими затверджено сім стратегічних пріоритетних напрямів інноваційної діяльності та 41 середньостроковий пріоритетний напрям інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2017-2021 роки, а також запроваджено проведення моніторингу їх реалізації головними розпорядниками бюджетних коштів (Стан інноваційної діяльності та діяльності у сфері трансферу технологій в Україні у 2017 році: аналітична довідка (2018).

Україна презентована у кількох міжнародних рейтингах, які оцінюють інноваційний потенціал, технологічну та інноваційну конкурентоспроможність (рис. 1.1).

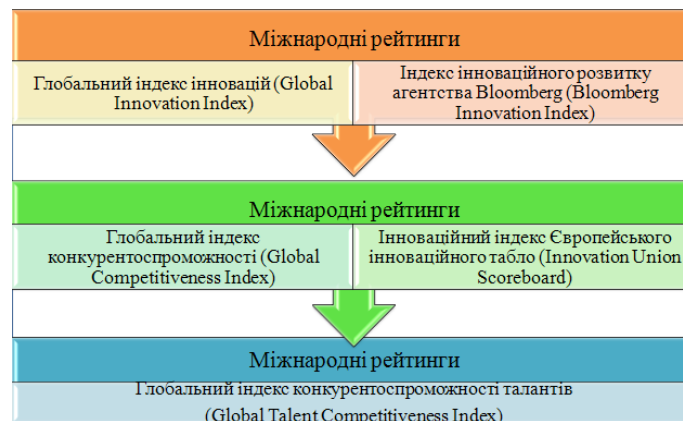


Рисунок 1.1 – Міжнародні рейтинги щодо розвитку інноваційної діяльності

Об'єктами інноваційної діяльності є інноваційні програми та проекти, нові знання та інтелектуальні продукти, виробниче обладнання та процеси, інфраструктура виробництва та підприємництва, сировинні ресурси, засоби їх видобування й переробки.

Суб'єкти інноваційної діяльності наведені на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Суб'єкти інноваційної діяльності

Серед суб'єктів інноваційної діяльності наведено STEM-центр та STEM-лабораторію. STEM-центр академії є новітнім ресурсом для впровадження напрямків STEM-освіти в Кіровоградській області, активізації інноваційного розвитку предметів природничо-математичного циклу та науково-дослідної роботи у навчальних закладах різного профілю навчання.

STEM-лабораторії – лабораторії, що роблять сучасне обладнання та інноваційні програми більш доступними для суб'єктів навчання, зацікавлених у дослідницькій діяльності (Глосарій STEM-термінів). STEM-лабораторії містять цифрові лабораторії, що розкривають доцільність формування у студентів інженерних та технічних компетентностей. Розглянемо цифрову лабораторію *COBRA-4*. *Цифрова лабораторія COBRA-4* – універсальна вимірювальна система німецької компанії PHYWE (рис. 1.3–1.8). У її комплект входять: програмне забезпечення, модулі інтерфейсу та датчі. Даний інтерфейс дозволяє проводити наукові експерименти швидко та безпечно.



Рисунок 1.3 – Цифрова лабораторія COBRA-4



Рисунок 1.4 – Датчики для вивчення руху



Рисунок 1.5 – Датчі для вимірювання сили струму, напруги, енергії та радіоактивності



Рисунок 1.6 – Давачі з визначення параметрів з молекулярної фізики та термодинаміки



Рисунок 1.7 – Давачі з визначення основних параметрів при вивченні хімії



Рисунок 1.8 – Давачі з визначення основних параметрів при вивченні медицини та фізіології людини

Основні експерименти з фізики при використанні лабораторії COBRA-4 наведені в таблиці 1.1. Розглянемо гідромеханіку та приклад використання Cobra-4 (рис. 1.9) у навчанні фізики.

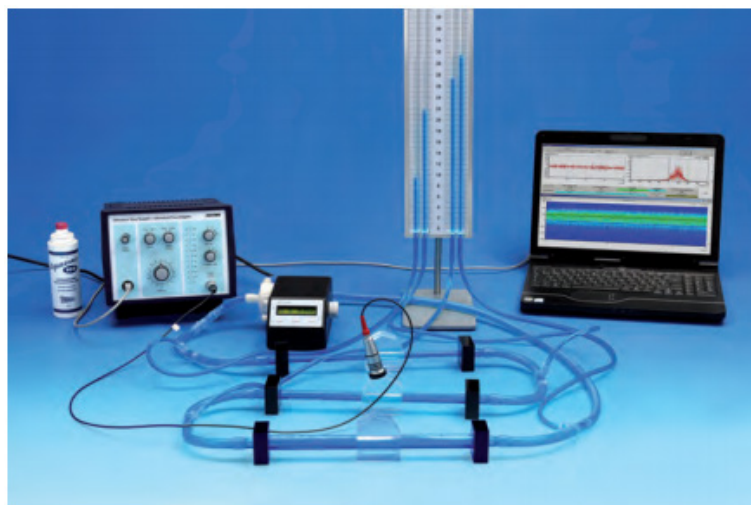


Рисунок 1.9 – Комплект Cobra 4 – вивчення ефекту Доплера

Таблиця 1.1 – Технічні можливості лабораторії COBRA-4 для проведення експериментів з фізики

Ч. ч.	Назва
Механіка	
1	Рівноприскорений рух похилою площиною.
2	Рівноприскорений рух.
3	Рівноприскорений рух як чинник прискорення тіл.
4	Закон Ньютона і давачі руху.
5	Імпульс (демонстраційна доріжка).
6	Закон збереження імпульсу для пружного центрального удару.
7	Доцентрове прискорення та сила.
8	Вага.
9	Тертя. Тертя ковзання та кочення.
10	Робота, енергія, потужність.
11	Фізика рідин: умови плавлення тіл, випаровування, характеристики атмосферного тиску.
12	Поле гравітації. Вільне падіння з розрахунком опору повітря. Визначення прискорення вільного падіння. Невагомість під час вільного падіння.
Молекулярна фізика та термодинаміка	
13	Діаграма плавлення та кристалізації тіосульфата натрія.
14	Кипіння. Питома теплоємність води. Охолодження.
15	Деформація твердих тіл.
16	Ідеальні гази. Закон Чарльза. Закон Амонтонна. Закон Бойля.
17	Температура. Теплова рівновага. Теплова ізоляція.
18	Теплові властивості тіл. Нагрівання води. Нагрівання різних рідин. Питома теплоємність води. Перетворення механічної енергії у внутрішню.
Коливання та хвилі	
19	Пружинний маятник. Частота пружинного маятника на магнітній дошці. Прискорення пружинного маятника. Частотна залежність пружинного маятника.
20	Паралельне та послідовне з'єднання пружин. Поширення світла, кольору.
21	Звук.
Електродинаміка та магнетизм	
22	Електричне поле. Зарядження та розрядження конденсатора.
23	Ємнісний опір.
24	Електричні кола. Закон Ома. Сила струму та опір при паралельному з'єднанні. Сила струму та опір при послідовному з'єднанні.
25	Опір провідника, залежність від довжини та площі поперечного перерізу. Потенціометр.
26	Кола постійного струму.
27	Магнітне поле, електромагнетизм, електромагнітна індукція.
28	Кола змінного струму. Конденсатор в колі змінного струму. Котушка в колі змінного струму. Резонансний контур. Паралельний резонансний контур. Послідовний резонансний контур.
29	Електродвигуни. Генератори.
30	Промислова електроніка. Електронні системи.
31	Квантова фізика та фізика ядра.

При вивченні законів стаціонарного ламінарного потоку за допомогою ультразвукових хвиль досліджується ефект Доплера. Досліджувана рідина протікає через трубки, з'єднані у формі кола. Окремі аспекти вивчаються експериментально, розглядаються відношення між швидкістю потоку та поверхнею трубки (умова неперервності), а також між опором потоку та діаметром трубки (закон Пуазейля). Динамічна в'язкість і текучість знаходяться за законами геометрії.

Завдання, що виконуються в цьому досліді.

1) Виміряти середню швидкість трьох різних потоків за допомогою ультразвукового доплерівського сонографа з призми Доплера. Визначити характер течії.

2) Виміряти спад тиску між точками вимірювання та визначити опір потоку.

3) Розрахувати в'язкість і текучість. Порівняти значення цих величин з відповідними значеннями інших рідин.

Виконуючи дане завдання студенти досліджують ультразвуковий ефект Доплера, ламінарну та турбулентну течію, рівняння нерозривності, рівняння Бернуллі, закон Пуазейля, в'язкість і текучість.

Цікавим будуть експерименти з визначення зміни кровообігу під час куріння, де студенти можуть дізнатись, що куріння впливає на діаметр периферичних кров'яних судин. Даний експеримент показує зміну температури пальців під час куріння.

За допомогою цих експериментів проявляються міждисциплінарні та інтеграційні зв'язки різних предметів. Нами розроблено методіку фізичного експерименту з використання інноваційного обладнання, а саме: низку дослідницьких завдань і робіт фізичного практикуму з вивчення інтерферометрів (Вовкотруб, Кузьменко, Садовий, 2015). Дана система фізичного експерименту апробована в закладах вищої освіти технічного профілю.

Наприклад, елементи STEM-освіти проявляються в фізиці (вивчення понять руху, сили, маси, тиску, електроенергії, заряду, температури, світла, радіоактивності, магнетизму та ін.); хімії (значення pH , окисно-відновлювальний потенціал, електропровідність, калориметрія); біології (навколишнє середовище: інтенсивність світла, температура, вологість, атмосферний тиск, висота над рівнем моря, вітер, солоність, оксид вуглеводу та кисню, вимірювання пульсу, ЕКГ та кров'яного тиску, опору шкіри та ін.) та прикладних дисциплін (енергія, фізіологія людини).

Висновки

Аналізуючи проблему в цьому аспекті розвитку STEM-освіти, наші узагальнення та аналіз свідчать про:

1) у STEM-навчанні, яке базується на застосуванні сучасних цифрових технологій, рівень візуалізації досліджуваного об'єкта може бути різним – від рисунка, коли на екрані монітора відображені всі елементи установки почергово або одночасно, і до відображення, наприклад, електричної схеми в цілому досліджуваної системи;

2) студент та викладач за допомогою цифрових технологій беруть активну участь у спілкуванні з об'єктом дослідження через засіб інформаційних технологій, у якому вже закладена математична модель «поведінки» об'єкта чи системи досліджуваних об'єктів;

3) екранний об'єкт при використанні програмно-педагогічних засобів візуального моделювання (ППЗ ВМ) є вторинним, бо математична модель, яка змінює стан досліджуваної системи у процесі її дослідження, сформована на основі вже відомих теоретичних положень і знань про сам об'єкт. Усі події, які спостерігає студент на екрані монітора, сформовані як графічне відображення предметів діяльності з урахуванням у ППЗ ВМ функціональних зв'язків між параметрами досліджуваного явища;

4) під час використання ППЗ ВМ студент оперує графічними образами обмежено, бо такі обмеження закладені у математичній моделі діяльності. Одночасно математична модель, яка наближено відтворює фізичну реальність під час її вивчення у комп'ютерному варіанті, має враховувати вікові, індивідуальні та інші особливості дослідника, що має вирішальне значення для використання ППЗ ВМ у навчальному процесі. Тому досить важливою є проблема створення відповідних програмно-педагогічних засобів (ППЗ), що обумовлені не лише змістом навчального матеріалу та методикою його викладання, а й урахуванням особистісних особливостей студентів, які значною мірою викликані різним віковим цензом та середнім рівнем підготовки групи студентів;

5) запровадження цифрових технологій під час дослідження природних явищ і процесів змінює характер операційної діяльності студента, бо за цих умов характер такої діяльності відрізняється від складу дій, які має виконати студент, складаючи реальну експериментальну установку та працюючи з досліджуваним предметом та вимірювальними приладами;

6) використання цифрових технологій дозволяє будувати навчальний процес з фізики на основі опосередкування предметно-маніпулятивного аналізу та одночасно дозволяє оперувати екранними образами.

Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні даного навчального обладнання, що полягає у відпрацюванні методики і техніки виконання навчального експерименту з фізики в закладах вищої освіти технічного профілю в умовах розвитку STEM-освіти.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Величко, С. П., & Вовкотруб, В. П. (2007). *Педагогічні принципи та ергономічні вимоги до шкільного фізичного експерименту*. Монографія. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка.
- Глосарій STEM-термінів. (2018). Взято з <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/glosariy/>.
- Вовкотруб, В. П., Кузьменко, О. С., & Садовий, М. І. (2015). *Інтерферометри. Фізичний практикум з оптики з новим та нетрадиційним обладнанням: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів*. Кіровоград: КЛА НАУ.

Садовий, М. І. (2007). *Окремі питання сучасної та традиційної фізики: Навчальний посібник для студентів педагогічних навчальних закладів освіти*. Кіровоград: Видавництво ПП «Каліч О. Г.»

Стан інноваційної діяльності та діяльності у сфері трансферу технологій в Україні у 2017 році: аналітична довідка. (2018). Київ: УкрІНТЕІ.

REFERENCES

- Velychko, S. P., & Vovkotrub, V. P. (2007). *Pedahohichni pryntsypy ta erhonomichni vymohy do shkilnoho fizychnoho eksperymentu*. Monohrafiia. Kirovohrad: RVV KDPU im. V. Vynnychenka.
- Hlosarii STEM-terminiv. (2018). Vziato z <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/glosariy/>.
- Vovkotrub, V. P., Kuzmenko O. S., & Sadovyi, M. I. (2015). *Interferometry. Fizychnyi praktykum z optyky z novym ta netradytsiinym obladnanniam: navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchykh navchalnykh zakladiv*. Kirovohrad: KLA NAU.
- Sadovyi, M. I. (2007). *Okremi pytannia suchasnoi ta tradytsiinoi fizyky: Navchalnyi posibnyk dlia studentiv pedahohichnykh navchalnykh zakladiv osvity*. Kirovohrad: Vydavnytstvo PP «Kalich O.H.».
- Stan innovatsiinoi diialnosti ta diialnosti u sferi transferu tekhnolohii v Ukraini u 2017 rotsi: analitychna dovidka. (2018). Kyiv: UkrINTEI.

Ольга Кузьменко

Інноваційні технології навчання фізики в контексті stem-освіти в закладах вищої освіти технічного профілю

У статті розглядається цифрова лабораторія Cobra-4, яка є одним із засобів впровадження STEM-освіти у навчальний процес вивчення природничо-наукових дисциплін в закладах вищої освіти технічного профілю.

Об'єктом дослідження є методика навчання фізики з використанням інноваційних технологій в контексті STEM-освіти.

Метою статті є висвітлення впровадження інноваційних технологій, а саме: цифрових лабораторій при вивченні фізики з використанням міждисциплінарного та інтегрованого підходів в контексті STEM-освіти в закладах вищої освіти технічного профілю.

Розглянуто основні складові даного комплексу та перелік дослідів з фізики. Проаналізовано розвиток інноваційної діяльності України відносно міжнародних індексів інновацій. Розглянуто об'єкти та суб'єкти інновацій.

Визначено та обґрунтовано, що запровадження цифрових технологій під час дослідження природних явищ і процесів змінює характер операційної діяльності студента, бо за цих умов характер такої діяльності відрізняється від складу дій, які має виконати студент, складаючи реальну експериментальну установку та працюючи з досліджуваним предметом та вимірювальними приладами.

Перспективи подальших досліджень полягають у вдосконаленні даного навчального обладнання, що полягає у відпрацюванні методики і техніки виконання навчального експерименту з фізики в закладах вищої освіти технічного профілю в умовах розвитку STEM-освіти.

Ключові слова: методика навчання фізики, міждисциплінарний підхід, інноваційна діяльність, STEM-лабораторія, STEM-центр, технічний напрям навчання.

Ольга Кузьменко – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри фізико-математичних дисциплін, Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький; докторант кафедри фізики та методики її викладання Центральноукраїнського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка, Кропивницький, e-mail: kuzimenko12@gmail.com

Olha Kuzmenko

Innovative Technologies of Physics Training in the Context of Stem-Education in Higher Education in Technical Profiles

The article is devoted to the digital laboratory Cobra-4, which is one of the means of introducing STEM-education into the educational process of studying natural sciences in technical institutions of higher education.

Object of research is methodology for teaching physics using innovative technologies in the context of STEM education.

The purpose of the article is to highlight the introduction of innovative technologies, namely, digital laboratories in the teaching of physics using interdisciplinary and integrated approaches in the context of STEM education in higher education institutions of technical profile.

The main components of this kit and the list of experiments in physics are considered. The article analyzes the development of innovation activity of Ukraine in relation to the international indices of innovations. Objects and subjects of innovations are considered.

It has been determined and grounded that the introduction of digital technologies during the study of natural phenomena and processes changes the nature of the student's operational activity, since under these conditions the nature of such activities differs from the composition of the actions that the student must perform, making a real experimental installation and working with the subject and measuring instruments.

Prospects for further research are the improvement of this educational equipment, which consists in the development of a methodology and technique for the implementation of a training experiment in physics in institutions of higher education of a technical profile in the context of the development of STEM education.

Key words: physics teaching methodology, interdisciplinary approach, innovative activity, STEM-laboratory, STEM-center, technical direction of training.

Olha Kuzmenko – Cand. Sc. (Pedagogical), Assistant Professor, Assistant Professor of the Chair of Physical and Mathematical Disciplines, Flight Academy of the National Aviation University, Kropivnitskyi; Postdoctoral Student of the Chair of Physics and Methods of Teaching, the Central Ukrainian State Pedagogical University named after Volodymyr Vynnychenko, Kropivnitskyi, *e-mail:* kuzimenko12@gmail.com

Ольга Кузьменко

Иновационные технологии обучения физики в контексте stem-образования в учреждениях высшего образования технического профиля

В статье рассматривается цифровая лаборатория Cobra-4, которая является одним из средств внедрения STEM-образования в учебный процесс изучения естественнонаучных дисциплин в заведениях высшего образования технического профиля.

Объектом исследования является методика обучения физики с использованием инновационных технологий в контексте STEM-образования.

Целью статьи является освещение внедрения инновационных технологий, а именно цифровых лабораторий в обучении физики с использованием междисциплинарного и интегрированного подходов в контексте STEM-образования в учреждениях высшего образования технического профиля.

Рассмотрены основные составляющие данного комплекта и перечень опытов по физике. Проанализировано развитие инновационной деятельности Украины относительно международных индексов инноваций. Рассмотрены объекты и субъекты инноваций.

Определено и обосновано, что введение цифровых технологий при исследовании природных явлений и процессов меняет характер операционной деятельности студента, потому что при этих условиях характер такой деятельности отличается от состава действий, которые должен выполнить студент, составляя реальную экспериментальную установку и работая с изучаемым предметом и измерительными приборами.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в совершенствовании данного учебного оборудования, в отработке методики и техники выполнения учебного эксперимента по физике в учреждениях высшего образования технического профиля в условиях развития STEM-образования.

Ключевые слова: методика обучения физики, междисциплинарный подход, инновационная деятельность, STEM-лаборатория, STEM-центр, техническое направление обучения.

Ольга Кузьменко – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры физико-математических дисциплин, Лётная академия Национального авиационного университета, Кропивницкий; докторант кафедры физики и методики её преподавания Центральноукраинского государственного педагогического университета имени Владимира Винниченка, Кропивницкий, *e-mail:* kuzimenko12@gmail.com