

Volodymyr Verbytsky. IMPLEMENTATION OF AGROBIOLOGICAL STEM EDUCATION

The article defines the essence of the notion of STEM-education, it substantiates the ways of introducing STEM-education and STEM-technologies into the educational process of an educational institution, it outlines the main goal of student-oriented science education, it provides insight into the main principles of agrobiological STEM-education and in the priority directions of work with students in the context of development a competent agricultural specialist.

Keywords: *STEM-education, STEM-technologies, research work, pre-professional activity, vocational guidance.*

УДК 53(07)

Ольга Кузьменко

ФІЗИЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ЯК ФАКТОР РОЗВИТКУ STEM - ОСВІТИ У ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

У статті розглядається фізичний експеримент як основний чинник розвитку STEM-освіти у вищих навчальних закладах технічного профілю та методика навчання фізики, зокрема оптики. Розглянуто роботу фізичного практикуму, яка базується на використанні сучасного STEM-обладнання, що дозволяє досліджувати явище інтерференції та активізувати пізнавально-пошукову діяльність студентів в умовах розвитку STEM-освіти.

Ключові слова: *методика навчання фізики, оптика, фізичний експеримент, інтерференція, STEM-освіта, технічний напрям навчання.*

Постановка проблеми. Проблеми сучасної освіти хвилюють усе суспільство. Зумовлено це не лише потребою суттєвої модернізації галузі, а й різновекторністю бачення, оцінками стану освіти й підходами до її якісного вдосконалення методики навчання природничих дисциплін в умовах розвитку STEM-освіти.

Згідно закону 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 документом відповідно зазначено, що освітня галузь „технології” виконує функції забезпечення технічної і технологічної освіти, спираючись на закони та закономірності людини, природи, суспільства, культури і виробництва, що вивчаються навчальними предметами з основ наук.

У системі природничих наук провідну роль відіграє фізика, бо вона як наука відіграє ведучу роль 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.

Перехід на STEM-навчання вимагає удосконалення 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-виховному процесі з фізики цікавих і важливих наукових досягнень, а також посилення тих аспектів, котрі стимулюють та активізують самостійну пізнавальну діяльність студентів Кіровоградської льотної академії Національного авіаційного університету. Отже, для формування переконливих уявлень з загального курсу фізики, необхідно створити й відпрацювати відповідну методику навчання фізики, яка б покращила рівень знань та вмінь і стимулювала до активної пізнавально-пошукової та самостійної роботи студентів при вивченні фізики в умовах розвитку STEM-навчання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із метою розвитку STEM-навчання та мотивації суб'єктів навчання до науково-дослідної діяльності при викладанні природничо-наукових дисциплін викладачам необхідно

використовувати у своїй роботі напрацювання таких науково- педагогічних працівників, як Т. Андрущенко, С. Гальченко, Н. Гончарова, Л.Глоба, К. Гуляєв, В. Камишин, Е. Клімова., О. Лісовий, Л. Ніколенко, Р. Норчевський, Н. Поліхун, М. Попова, В. Приходнюк, М. Садовий., І. Сліпухіна, О. Стрижак, І. Чернецький, Є. Шаповалов та ін.

Проблема розвитку фізичного експерименту висвітлена в роботах В. Вовкотруба. [1; 2], Є. Коршака, Б. Миргородського, В. Нижника, Д. Костюкевича, І. Попова, С. Величка, В. Кліха, Є. Клоса, І. Ковальова, В. Савченка, М. Садового [2; 3], В. Сиротюка, В. Тищука, О. Бугайова, С. Гончаренка, В. Тищука, М. Молоткова, Г. Гайдучка, Л. Калапуші та інших, що забезпечило розвиток теорії та практики демонстраційного експерименту на рівні світових стандартів.

Метою статті є висвітлення розвитку та впровадження інноваційних технологій STEM-освіти, а саме фізичного експерименту у процес навчання фізики у ВНЗ технічного профілю.

Виклад основного матеріалу. Проблема формування творчої активності студента - одна з найактуальніших у теорії педагогічної науки і в практиці навчання вищої освіти. Учені-дидакти, стверджують, що найбільша роль у розвитку творчої активності студентів належить саме фізичному експерименту, в ході якого суб`єкти навчання вчать спостерігати явища: визначають умови, за яких ці явища виникають і відбуваються; якісно і кількісно оцінюють їх чи знаходять явища; знаходити причинно-наслідкові зв`язки між ними.

Важливість фізичного експерименту у навчальному процесі в умовах розвитку STEM-освіти впливає також з того, що у процесі психологічного розвитку людини висхідною є її практична діяльність.

У системі навчального фізичного експерименту особливе місце належить лабораторним роботам, які здійснюють практичну підготовку студентів академії у процесі вивчення фізики, як фундаментальної науки.

Основна мета виконання лабораторних робіт є ознайомлення студентів з експериментальним методом дослідження фізичних явищ, формування розуміння принципів вимірювання фізичних величин, оволодіння способами і технікою вимірювань, а також методами аналізу похибок.

Можливість виконання навчального експерименту в умовах сучасного розвитку освіти, зокрема STEM-технологій, пов'язана з матеріальною комплектацією фізичного кабінету. У данні статті ми пропонуємо розглянути нові прилади та на їх основі дати перелік дослідів з оптики, а також сформулювати концептуальні засади розвитку методики навчання фізики, зокрема оптики, в ВНЗ технічного напрямку навчання. Фізичний експеримент з оптики забезпечується різними новими комплектами та приладами.

Розглянемо приклад роботи фізичного практикуму на тему «*Вимірювання кривизни поверхонь інтерференційним методом*» [2], яка апробована на базі вищих навчальних закладів технічного профілю та запланована в робочій навчальній програмі [4] для професійного спрямування «Аварійне обслуговування та безпека на авіаційному транспорті».

Мета роботи: вивчити особливості інтерференції світла за схемою Ньютона; експериментально одержати зображення кілець Ньютона, дослідити їхні кількісні характеристики та довжину хвилі світла.

Обладнання: мікроскоп, освітлювач, червоний і зелений світлофільтри, скляна пластинка, плоско-опуклі лінзи.

Короткі теоретичні відомості

Одним із методів одержання когерентних пучків світла полягає в розщепленні однієї хвилі на декілька під час відбивання та заломлення на поверхнях розділу двох середовищ. Цей метод називається *методом поділу амплітуди*. Інтерференцію, яка отримується за таким методом називають *інтерференцією Ньютона*.

Падаючи на тонку прозору пластинку чи плівку, світлова хвиля від віддаленого джерела частково відбивається від її верхньої поверхні, а

частково проходить усередину і відбивається від нижньої поверхні (рис.1). У результаті в напрямку відбитих променів 1 і 2 поширюються дві когерентні хвилі.

Оптична різниця ходу між променями 1 і 2 становить

$$\Delta D = n(AB + BC) - \left(AD + \frac{\lambda}{2}\right) \quad (1)$$

Додаткова різниця ходу $\frac{\lambda}{2}$ виникає внаслідок зміни фази коливань

світлового вектора на π під час відбивання пучка 1 від верхньої поверхні пластинки в точці A , тобто від оптично густішого середовища. У точці B , де світло відбивається від оптично менш густого середовища (повітря), додаткова різниця фаз не виникає. З рис.2.2.63 видно, що

$$AB = BC = \frac{d}{\cos r}, \quad AD = AC \sin i = 2d \operatorname{tgr} \sin i, \quad (2)$$

де i та r – кути падіння та заломлення. Так як $\sin i = n \sin r$, тому

$$\Delta D = 2n \frac{d}{\cos r} - 2dn \operatorname{tgr} \sin i - \frac{\lambda}{2} = \frac{2dn}{\cos r} (1 - \sin^2 r) - \frac{\lambda}{2} = 2dn \cos r - \frac{\lambda}{2}, \quad (3)$$

або

$$\Delta D = 2d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2}. \quad (4)$$

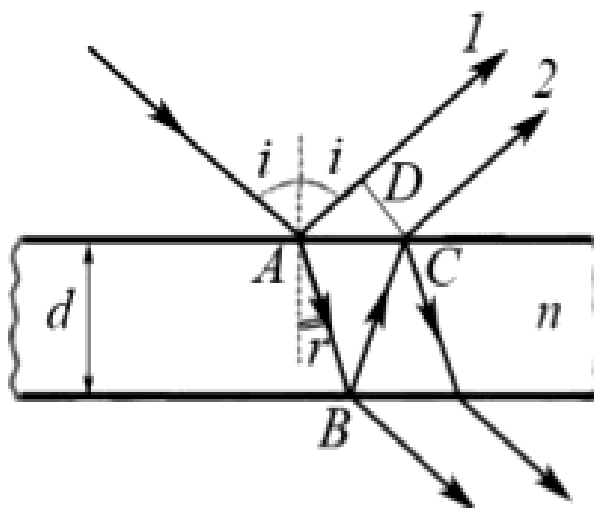


Рис. 1 Визначення різниці ходу під час відбивання в тонких плівках

Умова максимуму інтенсивності відображена в формулі:

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2} = k\lambda, \quad (5)$$

де $k = 1, 2, \dots$ Для мінімуму інтенсивності маємо

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} - \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}, \quad (6)$$

Оптична різниця ходу променів 3 і 4, які пройшли крізь пластинку,

$$\Delta D = 2dn \cos r, \quad (7)$$

менша за величину ΔD для відбитого світла на $\frac{\lambda}{2}$. Тому максимумам світла,

що пройшло крізь пластинку, відповідають мінімуми у відбитому світлі.

Із формули (4) випливає, що різниця ходу променів у плоско паралельній пластинці залежить від кута падіння i цих променів на зовнішню поверхню пластинки. Тобто кожному значенню i відповідає інша різниця ходу.

Промені з однаковим нахилом, відбившись від верхньої та нижньої поверхонь пластинки, поширюються паралельно, а тому інтерференційні смуги локалізовані на безмежності. Для їхнього спостереження потрібно зібрати промені за допомогою лінзи (рис.2, а). На екрані, розташованому у фокальній площині лінзи L , спостерігатимемо інтерференційні смуги зі спільним центром у точці F на головній оптичній вісі лінзи. Їх називають *смугами однакового нахилу*.

Якщо тонку прозору пластинку зі змінною товщиною освітлюють паралельним пучком, то спостерігаємо інтерференційну картину, кожна смуга якої утворюється через відбивання променів у місцях пластинки з однаковою товщиною (рис.2, б). Для спостереження смуг однакової товщини зручно користуватись збиральною лінзою. Вона дає зображення верхньої поверхні пластини, так як смуги однакової товщини розміщуються саме там. Якщо кут між поверхнями пластинки малий, то різницю ходу променів з високою точністю можна визначати за формулою (4) для кожного значення товщини d_i у точці падіння цього променя на поверхню.

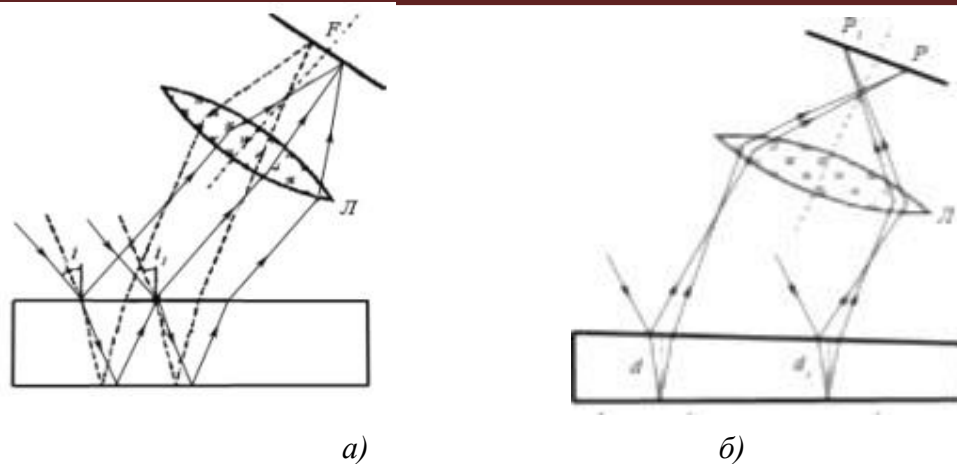


Рис. 2 а) інтерференція в плоско паралельній пластині; б) інтерференція в клиновидній пластині

У разі товстих пластинок з непостійною товщиною інтерференційні смуги можна спостерігати лише в монохроматичному світлі. Відхилення від паралельності поверхонь пластинки має бути порівняно малим, оскільки в іншому разі смуги однакової товщини розмістяться близько. У тонких пластинках інтерференцію можна спостерігати і в білому світлі, тоді виникають кольорові смуги.

Смуги однакової товщини можна спостерігати тоді, коли до плоскої скляної поверхні дотикається плоско-опукла лінза з великим радіусом кривизни. Між лінзою і пластинкою утворюється повітряний прошарок, ширина якого зростає від точки дотику до країв (рис.2). Якщо на лінзу нормально падає пучок монохроматичного світла, то світлові хвилі, відбиті від верхньої та нижньої меж прошарку, інтерферують, утворюючи смуги однакової товщини. Ділянки однакової товщини – це концентричні кола з центром у точці дотику лінзи і пластинки, то смуги однакової товщини являють собою концентричні кільця, що мають назву *кільця Ньютона*.

Розглянемо причину появи кілець Ньютона (рис.3). За умови спостереження у відбитому світлі променів у точці C інтерферують внаслідок різниці ходу променів 1, відбитим на межі верхньої поверхні повітряного прошарку, і променем 2, відбитим від нижньої поверхні прошарку в точці B . Нехай d – товщина повітряного прошарку для точки C .

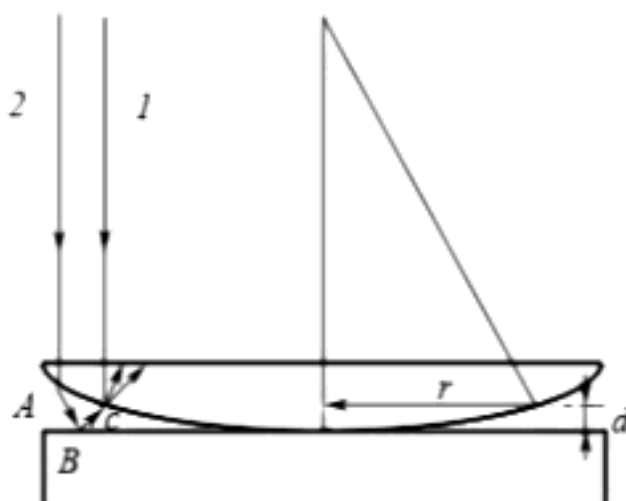


Рис. 3 Утворення кілець Ньютона

Тоді різниця ходу ΔD променів 1 і 2 розраховується за формулою:

$$\Delta D = 2nd + \frac{\lambda}{2}, \quad (8)$$

де n – показник заломлення середовища між лінзою і плоско паралельною пластинкою ($n = 1$). З рис.3 видно, що

$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2, \quad (9)$$

де r – радіус інтерференційного кільця, R – радіус кривизни лінзи.

За умови $R \gg d$ маємо

$$r^2 = 2Rd. \quad (10)$$

Умови максимуму (світлих кілець) та мінімумів (темних кілець) такі:

$$\Delta D = 2dn + \frac{\lambda}{2} = k\lambda, \quad (11)$$

$$\Delta D = 2dn + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (12)$$

де k – ціле число. Скориставшись формулою (9), отримаємо, що радіус світлого кільця розраховується за формулою:

$$r = \sqrt{(2k - 1)R \frac{\lambda}{2}}, \quad (13)$$

а радіус темного кільця розраховується за формулою:

$$r = \sqrt{kR\lambda}. \quad (14)$$

З формул (13) та (14) можна визначити R або λ . Внаслідок пружної деформації скла важко досягти ідеального контакту сферичної лінзи та плоскої пластинки в точці дотику. Точніший результат отримуємо, якщо розрахувати радіус кривизни лінзи або довжину хвилі за різницею радіусів двох кілець.

Отже, кінцева формула має вигляд

$$\lambda = \frac{(r_k - r_n)(r_k + r_n)}{(k - n)R}, \quad (15)$$

де k і n – номери кілець ($k \gg n$).

Опис лабораторної установки

Основна частина приладу для вивчення кілець Ньютона – це мікроскоп (рис.4), на предметному столику якого розміщена система лінза-пластинка, за допомогою якої отримуємо кільця Ньютона. Окуляр мікроскопа має механізм діоптрійного наведення. У фокальній площині окуляра встановлено шкалу, замість якої можна встановити сітку. Шкала та сітка – це плоскопаралельні круглі скляні пластинки. На одну з них нанесено шкалу з ціною поділки 0,01 мм, а на іншу – сітку з ціною поділки сторони квадрата 1,0 мм.

Для наближеного оцінення лінійних розмірів або площ ділянок предмета в одну з окулярних трубок приладу треба вставити окуляр 8^x із шкалою. Механізмом діоптрійного наведення окуляра потрібно досягти чіткого зображення шкали або сітки. Потім поворотом маховиків механізму фокусування досягають чіткого зображення предмета.

У таблиці 1 для переведення вказано, якій величині предмета відповідає одна поділка шкали або сітки для всіх збільшень мікроскопа. Щоб визначити приблизні розміри предмета (його лінійні розміри або площу), досить полічити кількість поділок шкали, що вкладаються у вимірювальну ділянку предмета, і помножити її на число, вказаній в наведеній таблиці 1 для того збільшення мікроскопа, за якого проводять вимірювання.

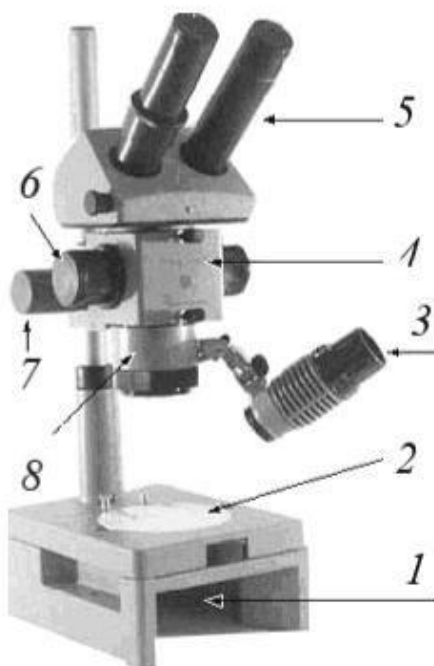


Рис. 4 Будова мікроскопа: 1 – столик та дзеркало для роботи в прямому світлі; 2 – столик для роботи у відбитому світлі; 3 – освітлювач; 4 – корпус з барабаном; 5 – окуляр; 6 – перемикач величини збільшення; 7 – маховик механізму фокусування; 8 – об’єктив

Таблиця 1

Переведення шкали або сітки у величину предмета для різних збільшень мікроскопа

Округлені значення збільшень, що нанесені на маховик барабана	Одна ціна поділки шкали 0,1 мм	Сторона квадрата 1 мм
	Відповідність величині предмета	
0,6	0,17	1,7
1	0,1	1
2	0,05	0,5
4	0,025	0,25
7	0,014	0,14

Хід роботи

1 Встановлюємо лінзу зі світлофільтром і пластинкою в оправу на предметний столик мікроскопа.

2 Перемикаємо збільшення об’єктива мікроскопа на $0,6^x$ та пересуваючи лінзу з пластинкою, юстуємо мікроскоп до появи в його окулярі інтерференційної картини кілець Ньютона.

3 Поступово змінюючи збільшення мікроскопа в бік зростання, юстуємо мікроскоп до заповнення всього поля окуляра інтерференційними кільцями.

4 Вимірюємо радіуси кілець Ньютона за допомогою шкали або сітки окуляра для кратності 8^x .

5 Обчислюємо радіус кривизни лінзи за формулою

$$R = \frac{(r_k - r_n)(r_k + r_n)}{(k - n)\lambda} \quad (16)$$

6 Встановлюємо інший світлофільтр і визначивши радіуси кілець Ньютона за формулою (15) знайдемо ефективну довжину світлової хвилі пропускання світлофільтра.

7 Заносимо отримані результати у таблиці 2 та таблиці 3.

Таблиця 2

Результати визначення радіуса кривизни лінзи за кільцями Ньютона

№ п/п	λ , нм	k	r_k	r_n	n	R	ΔR	$E, \%$
1.								
2.								
Середнє значення								

Таблиця 3

Результати визначення довжини світлової хвилі за кільцями Ньютона

№ п/п	λ , нм	k	r_k	r_n	n	λ	$\Delta\lambda$	$E, \%$
1.								
2.								
Середнє значення								

8 Розрахуємо абсолютну та відносні похибки для радіуса кривизни лінзи та довжини хвилі.

9 Робимо висновок та остаточний результат записуємо в такому виді:

$$R = (R_{\text{наб}} \pm \Delta R), \text{ і при } E, \%$$

$$\lambda = (\lambda_{\text{наб}} \pm \Delta\lambda), \text{ і при } E, \%$$

Висновок. Виходячи із зазначеного, ми вважаємо, що методика навчання фізики, зокрема оптики, в умовах розвитку STEM-освіти, повинна узгоджуватися з використанням STEM-обладнання, технічними засобами навчання, відображати сучасний рівень наукових досягнень з фізики, враховувати індивідуальні особливості студентів для покращення знань, вмінь та навичок при виконанні різного рівня складності завдань з фізики в ВНЗ авіаційного напрямку навчання і належним чином розв'язувати завдання формування і розвитку особистості кожного студента.

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

Список використаних джерел

1. Величко С. П. Педагогічні принципи та ергономічні вимоги до шкільного фізичного експерименту / С. П. Величко, В. П. Вовкотруб. – Монографія. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2007. – 128 с.
2. Кузьменко О. С. Інтерферометри. Фізичний практикум з оптики з новим та нетрадиційним обладнанням: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О. С. Кузьменко, М. І. Садовий, В. П. Вовкотруб – Кіровоград: КЛА НАУ, 2015. – 204 с.
3. Садовий М.І. Окремі питання сучасної та традиційної фізики: Навчальний посібник для студентів педагогічних навчальних закладів освіти. – Кіровоград: Видавництво ПП «Каліч О.Г.», 2007. – 138 с.
4. Робоча програма з дисципліни «Фізика» для курсантів за напрямком підготовки 6.07102 «Аеронавігація», професійного спрямування «Аварійне обслуговування та безпека на авіаційному транспорті». / Укладач: О. С. Кузьменко. – Кіровоград: КЛА НАУ, 2016. – 23 с.

Ольга Кузьменко. ФИЗИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ STEM-ОБРАЗОВАНИЯ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

В статье рассматривается физический эксперимент как основной фактор развития STEM-образования в высших учебных заведениях технического профиля и методика обучения физики, в частности оптики. Рассмотрена работа физического практикума, основанная на использовании современного STEM-оборудования, позволяющее исследовать явление интерференции и активизировать познавательно-поисковую деятельность студентов в условиях развития STEM-образования.

Ключевые слова: методика обучения физики, оптика, физический эксперимент, интерференция, STEM-образование, техническое направление обучения.

Olga Kuzmenko. PHYSICAL EXPERIMENT AS A FACTOR OF STEM DEVELOPMENT - EDUCATION IN HIGHER EDUCATIONAL STAFF OF TECHNICAL PROFILE

In the article physical experiment is considered as the main factor of development of STEM-education in higher educational establishments of technical profile and methods of teaching physics, in particular optics. The work of the physical workshop based on the use of modern STEM equipment is considered, which allows to investigate the phenomenon of interference and to activate the cognitive-search activity of students in the conditions of development of STEM-education.

Key words: physics teaching method, optics, physical experiment, interference, STEM-education, technical direction of training.