

robotnychkykh profesii yak ody n iz variantiv realizatsii ideolohii dualnoi osvity [Mastering Working Professions by University Students as One of the Variants for Realization of Dual Education Ideology]. *Visn. Vinnyts. politekhn. in-tu*, №2, 103–109.

4. Pro skhvalennia Kontseptsii pidhotovky fakhivtsiv za dualnoiu formoiu zdobuttia osvity (2018) [About the conceptualization of the concept of training fakhivtsiv for dual form zdouutya ovity]. Kyiv, Ukraine, available at: Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/660-2018-%D1%80> (accessed 20 March 2019).

5. Tarskij, Ju. I. (2004). Metodologija modelirovanija v kontekste issledovanija obrazovatel'nih sistem [Methodology of modeling in the context of the study of educational systems]. *Modelirovanie social'no-pedagogicheskikh sistem: Materialy regional'noj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 22–29.

6. Khomenko, V. H. (2016). Vyznachennia ta obruntuvannia zahalnonaukovykh osnov rozrobky systemy dualnoho zmistu profesiinoi pidhotovky maibutnikh inzhenerivpedahohiv [Definition and substantiation of the general scientific fundamentals of the development of the system of dual content of vocational training of future engineers-teachers]. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology*, Vol. 4, № 2, 56–63.

7. Iakovenko, K. V. (2016). Realizatsiia dualnoi systemy osvity v pidhotovtsi maibutnikh fakhivtsiv z informatsiinykh tekhnolohii [Implementation of dual system of education in preparing future experts in information technologies]. *Problemy ta perspektyvy formuvannia natsionalnoi humanitarno-tekhnichnoi elity* : zb. nauk. pr. za materialamy II Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 25–26 trav. 2016 r. «Idei akademika Ivana Ziaziuna u pratsiakh yoho uchniv i

soratnykiv» : u 2 ch. / MON Ukrainy, NAPN Ukrainy, Nats. tekhn. un-t «KhPI». Kharkiv, Ukraine. Vol. 45, №1, 205–213.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

СІКОРА Ярослава Богданівна – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри прикладної математики та інформатики Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Наукові інтереси: формування професійної компетентності вчителя інформатики, технології адаптивного навчання.

ЯКИМЧУК Богдана Любомирівна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри прикладної математики та інформатики Житомирського державного університету імені Івана Франка.

Наукові інтереси: інформаційні технології, теорія прийняття рішень.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SIKORA Yaroslava Bohdanivna – candidate of pedagogical sciences, associate professor, the head of the department of applied mathematics and computer science of the Zhytomyr Ivan Franko State University.

Circle of research interests: the formation of the professional competence of future computer science teacher, adaptive learning technology.

YAKYMCHUK Bohdanna Liubomyrivna – candidate of technical sciences, senior lecturer the department of applied mathematics and computer science of the Zhytomyr Ivan Franko State University.

Circle of research interests: information technologies, theory of decision making.

Дата надходження рукопису 08.04.2019р.

УДК [378.147.016:004.7]:53:62:372.853-057.4(045)

СЛІПУХІНА Ірина Андріївна –

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри загальної та прикладної фізики Національного авіаційного університету

ORCID ID 0000-0002-9253-8021

e-mail: slipukhina@i.ua

ПОЛІХУН Наталія Іванівна –

кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту обдарованої дитини НАПН України

ORCID ID 0000-0002-0176-0752

e-mail: np.ioid@ukr.net

ЧЕРНЕЦЬКИЙ Ігор Станіславович –

кандидат педагогічних наук, завідувач відділу створення навчально-тематичних систем знань Національного центру «Мала академія наук України»

ORCID ID 0000-0001-9771-7830

e-mail: manlabkiev@gmail.com

МЄНЯЙЛОВ Сергій Миколайович –

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри загальної та прикладної фізики Національного авіаційного університету

ORCID ID 0000-0002-4871-311X

e-mail: msm56msm@gmail.com

ІНТЕРДИСЦИПЛІНАРНИЙ АСПЕКТ ЗАСТОСУВАННЯ STEM ПІДХОДУ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Обмін знаннями між дисциплінами завжди був частиною наукового життя, але в останній чверті ХХ століття міждисциплінарність розвинулася в багатьох галузях науки і стала

пріоритетом наукової політики, незважаючи на сильні структурні перешкоди. Сьогодні міждисциплінарні дослідження та відповідна освіта є основною тенденцією в університетах та

агентствах, що їх фінансують, на субнаціональному, європейському та міжнародному рівнях [9].

Яскравим прикладом цього, як зазначає S. Hill, є аналіз, проведений Digital Science and King's College у Лондоні, майже 7000 тисяч впливових науково-дослідних тем, поданих до Рамкової програми досліджень (Research Excellence Framework (REF)) у 2014 році [8]. Матеріали, наведені REF, наочно демонструють вражаючі моделі міждисциплінарного співробітництва, відповідно до яких майже дві третини науково-дослідних тем ґрунтуються на поєднанні різних дисциплін.

Водночас на початку XXI ст. зародився якісно новий підхід до навчання, сутність якого розкривається акронімом STEM. Відповідна дидактика орієнтована на формування в учнів здатності і готовності до розв'язання техніко-соціо-економічних завдань, пов'язаних з реально існуючими потребами споживачів. STEM навчання має виражений міждисциплінарний характер: воно здійснюється із залученням знань і навичок, які формуються при вивченні окремих дисциплін (предметів), а також сучасних методик проведення наукового та інженерного дослідження [2].

Понад десятирічна практика впровадження STEM освіти у всьому світі дає підстави для висновків щодо її ефективності. Водночас відповідна дидактика є досить складною з огляду на багатоаспектність досліджуваних реальних завдань, відтак має й певні особливості, пов'язані із залученням континууму різних дисциплін [15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідження літературних джерел виявило, що дефініція міждисциплінарності (multiple disciplinary) детермінується характером взаємодії між залученими до дослідження дисциплінами. Найбільш частими термінами, які можна зустріти в інформаційних джерелах є мульти- (полі-), інтер- (кросс-) та трансдисциплінарний підходи до вирішення практичних проблем. Словники дають такі значення для префіксів: «multi-» – багато, понад один; «inter-» – серед, між ними; взаємний, взаємно; «trans-» – через, понад, більше, в наступний період, на протилежному боці [4, 13]. Однак, ці поняття часто використовуються поперемінно і синонімічно, що створює труднощі у розумінні як самих підходів, так і специфіки їх практичного застосування.

Досліджуючи різноманітність прояву міждисциплінарних підходів в економічній науці, А. Колот розглядає категорію міждисциплінарності у широкому розумінні з декількох позицій, наприклад, «взаємопроникнення, взаємозбагачення підходів і методів різних наук», «протиотрута надмірному звуженню предмета, сфери наукових досліджень», а також «науково-педагогічна новація, що породжує здатність побачити, розпізнати, сприйняти те, що є недоступним у межах окремо взятої науки з її специфічним, вузькоорієнтованим об'єктом, предметом та методами дослідження» [1].

Відповідно до результатів, отриманих в ґрунтовному дослідженні В. Choi та А. Pak [5, 6, 7],

існує певна кореляція між розвитком технологій і частотою уживання зазначених термінів: синонімічні до міждисциплінарності дефініції почали з'являтися у літературних джерелах останньої третині XX ст. Причому, наймолодшим, очевидно, є термін «трансдисциплінарність»: його систематичне використання у літературних джерелах спостерігається з початку XXI ст. і пов'язане зі змінами методології наукових досліджень, які нині є переважно практикоорієнтованими і виходять за дисциплінарні межі.

Дослідження зазначених дефініцій дає підстави зазначити, що [14]:

1. мультидисциплінарність (можливий синонім «адитивність») означає взаємодію дисциплін у процесі певного дослідження без поєднання методів і засобів відповідних онтологій (наприклад, незалежна експертиза проблеми збільшення захворюваності на цукровий діабет фахівцями декількох областей медичної науки у спільному комплексному дослідженні) [3];

2. інтердисциплінарний підхід (можливий синонім «інтерактивність») до вирішення проблеми здійснюється через розгляд однієї дисципліни з використанням інструментарію і методів іншої (наприклад, залучення міждисциплінарної команди професіоналів для роботи над складним проектом, успішна реалізація якого вимагає декількох наборів навичок або галузей знань [11]);

3. трансдисциплінарний підхід (можливий синонім «цілісність») є найбільш складною формою міждисциплінарності: його застосування призводить до здобування якісно нових (трансдисциплінарних) знань, які не належать до гностичного поля жодної зі складових онтологій (наприклад, екологічна економіка виходить за стандартні рамки екології й економіки) [12].

Слід зазначити, що застосування більш загального поняття «міждисциплінарність» (multiple disciplinary) є бажаним у випадках, коли природа досліджуваного явища не визначена [3].

Інтенсивний розвиток STEM навчання у всьому світі, а відтак створення за підтримки держави та зацікавлених осіб STEM осередків також і в Україні [19], актуальним є питання формування і розвитку відповідної дидактичної системи, яка за своєю природою є міждисциплінарною. Раніше авторами було проведено дослідження особливостей практичного застосування мультидисциплінарного підходу у формуванні STEM орієнтованих навчальних завдань, в якому були виявлені складності його практичного застосування в освіті, зокрема, ізольованість онтологій у процесі дослідження, відсутність можливості вироблення спільних стратегій, інструментарію і понять [3].

З огляду на зазначене науковий і практичний інтерес викликає дослідження дидактичних можливостей інтердисциплінарного підходу (ІДП) у STEM навчанні, як такого, що передбачає більш щільну взаємодію дисциплін (предметів). Інший важливий чинник, взятий до уваги авторами, – це те,

що фізика є засадничою дисципліною для майбутньої техніко-технологічної компетентності молоді. Тому **метою** проведеного дослідження було виявлення сутності ІДП у навчанні фізики та з'ясування дидактичних особливостей його реалізації на прикладі STEM орієнтованого навчального проекту.

Науковий і методичний пошук було проведено з використанням теоретичних та емпіричних **методів дослідження**: аналізу і синтезу для з'ясування змісту поняття ІДП, наукової педагогічної і методичної літератури, матеріалів науково-практичних конференцій, новаторського педагогічного досвіду діяльності осередків STEM освіти, а також даних у відкритому доступі, які є дотичними до теми дослідження.

Виклад основного матеріалу дослідження. На практиці ІДП є результатом співпраці із залученням двох або більше дисциплін, внаслідок чого утворюється певний рівень інтеграції знань. Відповідна діяльність передбачає розробку нового інструментарію дослідження, що поєднується з інструментами, що використовуються задіяними науками, орієнтованими на вирішення цієї конкретної проблеми. Наприклад, застосування ІДП до поєднання медицини і атомної фізики створило нову технологію лікування раку, застосування математичних методів у фізиці призвело до появи математичної фізики, а у їх розгляд у метеорологічних явищах або процесах на фондовому ринку призвів до створення теорії хаосу, перенесення методів з фізики елементарних частинок в астрофізику лежить в основі квантової космології, застосування комп'ютерних методів опрацювання зображень спричинило виникнення комп'ютерного мистецтва (computer art). Застосування ІДП до вирішення комплексних практичних проблем призводить до виникнення нових дисциплін. Так, наприклад, квантове опрацювання інформації об'єднує елементи квантової фізики і інформатики, біоінформатика поєднує молекулярну біологію з інформатикою тощо.

Основними рисами взаємодії дисциплін у випадку застосування ІДП, які вирізняють його від є від інших методів, є такі: взаємодія між декількома дисциплінами, причому переважно двома (яскравий приклад біохімія, екофілософія, астрофізика тощо); фахівці з різних дисциплін працюють узгоджено в одному проекті і мають спільні цілі, але усвідомлюють наявність дисциплінарних кордонів. Відповідна діяльність інтердисциплінарної команди характеризується інтерактивністю, інтеграцією і синтезом знань, внутрішньою узгодженістю, мотивацією до спільного досягнення поставленої наукової і / або практичної мети. Фахівці з різних областей, працюючи упродовж тривалого періоду часу, створюють загальну концептуальну інтегративну модель задання, яка за епістемологічними результатами перевищує суму знань складових дисциплін, тобто виявляють нове гносеологічне поле з власними науковими перспективами [12].

Педагогічна практика показує, що реалізація ІДП проектів «у чистому вигляді» у середній та вищій школі є доволі складним науково-методичним завданням, успіх якого визначається, насамперед, визначенням оптимального об'єкта і подання предметів дослідження у вигляді проблемно-орієнтованого завдання. Вочевидь, цей етап відбувається за тісної взаємодії викладачів різних дисциплін, методистів і науковців, зусилля яких об'єднуються у навчально-наукових інноваційних середовищах, як, наприклад, віртуальний STEM-центр Малої академії наук України «STEM лабораторія МАНЛаб» [16].

Цей навчально-методичний ресурс, що швидко розвивається постійно оновлюється новими методиками, проектами досліджень, технологічними картами для здійснення реальних (натурних) та віртуальних досліджень. Зазначимо, що у переважній більшості досліджень для отримання, опрацювання та інтепретації даних пропонується застосування широкого спектру сучасних інформатичних засобів: від цифрових вимірвальних комплексів (наприклад, цифрового мікроскопу (<http://minisee.software.informer.com/1.1/>)) до програм опрацювання відео- і аудіофайлів, які знаходяться у вільному доступі у мережі (наприклад, Tracker (<http://physlets.org/tracker/>)) [16].

Раніше нами було продемонстровано ефективність використання ІДП на прикладі STEM досліджень броунівського руху (фізика та біологія) та процесу утворення кратера на поверхні планети (фізика та астрономія) [6], ідеї яких також викладено на ресурсі [15]. Спільною рисою запропонованих методик є застосування законів фізики у дослідженні об'єктів інших дисциплін. Однак, ІДП може бути застосований розділенням дослідження на етапи, що відповідають методології різних дисциплін. Яскравим прикладом може бути дослідницька робота «Будова м'яза. Модель м'яза та виготовлення пневмом'яза», яка складається з біологічної і фізичної частин [16].

На першому (біологічному) етапі запропонованої роботи учням необхідно зрозуміти механізм м'язового скорочення. Для досягнення цієї мети пропонується виготовити та розглянути з використанням цифрового мікроскопа мікропрепарат тваринного м'язового волокна. Учні доходять висновків про те, що м'язове волокно складається з ниток міозину й актину; скелетні м'язи називаються посмугованими, тому що містять ділянки, на яких відсутнє перекривання волокон; скорочення м'язового волокна відбувається за рахунок передачі через волокна електричних (нервових) імпульсів.

Метою другого (фізичного) етапу дослідження є застосування біологічного знання до виготовлення механічної моделі м'яза, а також дослідження її фізичних властивостей. Навчальне дослідження здійснюється відповідно до завдань: 1) створити модель пневматичного м'яза (надається покрокова технологічна карта); 2) провести випробування створеної моделі при піднятті вантажу; 3) дослідити

залежність сили, що створюється пневмом'язом, від тиску повітря, яке нагнітається в нього.

Остання частина роботи виконується з застосуванням аналого-цифрового перетворювача і вимірника тиску (цифрового вимірювального комплексу). Особлива важливість цієї частини – у здобутті учнями навичок використання інформаційних технологій для здобування й аналізу отриманих даних (залежність сили, яка виникає у м'язі від об'єму і диску повітря у ньому), які заносяться до таблиць, наприклад, Excel.

Основними причинами, які детермінують необхідність залучення до досліджень декількох дисциплін є вирішення реальних соціально значущих завдань (екологічних, технічних, економічних), техніко-технологічна складність реалізації актуальних артефактів (водневі паливні елементи, біоінформатика, автоматизація виробництва тощо), необхідність по-рівняння різних поглядів на проблему, потреба у створенні нових перспективних теорій, забезпечення широкого спектру послуг тощо.

Зауважимо, що для реалізації завдання у запропонованому необхідним є залучення знань переважно з біології та фізики, а також інформатичних навичок, пов'язаних з використанням цифрового обладнання для збору і аналізу даних дослідження. Динамічну взаємодію цих складових можна об'єднати через систему управління даними дослідження (рис. 1).

Вочевидь, запропонований проект може стати основою для більш широкого проблемного завдання, пов'язаного, зокрема, зі створенням певного навчального стартапу: проектування соціально-затребуваного «продукту», який через залучення економічних і соціальних наук, ще більшою мірою розширюючи тим самим діапазон компетенцій, необхідних для його реалізації, відтак поглиблюючи формування навичок XXI століття.



Рис.1. Графічне представлення ІДП в дослідницькій роботі «Будова м'яза. Модель м'яза та виготовлення пневмом'яза»

Висновки з дослідження і перспективи подальших розробок. Академічні установи організовані на дисциплінарних засадах, але як соціальні потреби, так і еволюція науки вимагають переосмислення процесу створення знань. Дослідження показало, що міждисциплінарна взаємодія є необхідним доповненням «чистих» дисциплін і детермінується потужними науковими та суспільними потребами. Інтердисциплінарність є характерною рисою STEM підходу у навчанні.

Зауважимо, що фундаментальні дисципліни повинні залишатися ядром академічної системи, оскільки саме вони створюють засади структурування і розуміння світу. Однак, генерація ідей займає центральне місце у створенні нових знань, тому взаємодія між дисциплінами є способом збільшення потенціалу, розширення меж і виступає рушійною силою у створенні знань. Таким чином, інтердисциплінарність є важливою для еволюції та постійної реконфігурації дисциплін, а відповідні дослідження мають на меті не замінити, а доповнити дисциплінарні дослідження.

Слід наголосити на тому, що ґрунтовні дисциплінарні знання виступають основою ефективного інтердисциплінарного дослідження. Це стосується як наукового підходу «знизу-вгору», що впливає з потреб конкретної дисципліни і відповідає академічно орієнтованим фундаментальним дослідженням, так і підходу «згори-вниз», метою яких є більш глибоке розуміння актуальних соціальних питань. Оскільки відмінна особливість комплексних науково-інтенсивних університетів повинна бути більшою, ніж сума частин, для університетів важливо розвивати як дисциплінарність, так і міждисциплінарність.

Слід зауважити, що міждисциплінарні дослідження пов'язані зі значними ризиками, зокрема тому, що для досягнення такого рівня, на якому інтеграція призводитиме до здобуття нового знання як у фундаментальних, так і прикладних дослідженнях, потрібно багато зусиль і часу, тому важливе значення має ефективне управління відповідними проектами.

Проведене дослідження довело, що ІДП може успішно використовуватися для формування проблемо орієнтованих навчально-дослідних завдань для учнів і студентів. Його застосування забезпечує певний рівень інтеграції навчальних дисциплін. Сучасні підходи до навчання, до яких, окрема, належить STEM освіта, створюють сприятливі умови для використання ІДП у формуванні навчальних планів, ядром яких, як відомо, є проблемно орієнтовані завдання. Найбільшу цінність при цьому складають такі з них, які можуть бути методично легко і логічно розвинуті від простих, орієнтованих на отримання переважно знань з окремих навчальних предметів, до складних, які, залучаючи соціальні науки, формують наукову картину світу і сприяють

якнайшвидшому розвитку ключових навичок XXI століття.

Подальшими перспективами у дослідженні ІДП є створення банку завдань, придатних для використання у середній та вищій школах, позашкільній освіті, їх впровадження у педагогічну практику і дослідження ефективності відповідної методичної системи [10].

Інший аспект, який матиме теоретичну і практичну цінність, стосується дослідження динаміки взаємодії різновидів міждисциплінарності, зокрема, взаємодії та взаємної трансформації транс-, інтер- і мультидисциплінарності у дослідженнях, навчанні, STEM освіті тощо.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Колот А. Міждисциплінарний підхід як передумова розвитку економічної освіти і науки. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка*. 2014. № 158. С. 18–22.
2. Стрижак О., Сліпучіна І., Поліхун Н., Чернецький І. STEM-освіта: основні дефініції. *Information Technologies and Learning Tools*. К.: ІТЗН НАПН України, 2017. Т. 62. № 6. С. 16–33. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1753/1276> (дата звернення: 22.03.2019).
3. Чернецький І. С., Поліхун Н. І., Сліпучіна І. А. Мультидисциплінарний підхід у формуванні STEM орієнтованих навчальних завдань. *Наукові записки. Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Кропивницький, 2017. Вип. 12. Ч. 1. С. 158–168. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/view/1355/1328> (дата звернення: 22.03.2019).
4. Business Dictionary. URL: <http://www.businessdictionary.com/> (http://www.businessdictionary.com) (дата звернення: 22.03.2019).
5. Choi B., Bernard C. K., Anita W. P., Pak A.W. Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 2. Promotors, barriers, and strategies of enhancement. *Med. Clin.* 2007. Vol.30(6). P. 224–32. URL: <http://cimonline.ca/index.php/cim/article/viewFile/2950/1067> (дата звернення: 22.03.2019).
6. Choi B., Bernard C. K., Anita W. P., Pak A.W. Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 3. Discipline, inter-discipline distance, and selection of discipline. *Med. Clin.* 2008. Vol.31(1). P. 41–8. URL: <http://cimonline.ca/index.php/cim/article/viewFile/3140/1269> (дата звернення: 22.03.2019).
7. Choi B., Bernard C. K., Anita W. P., Pak A.W. Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Med. Clin.* 2006. Vol 29. (6). URL: http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/politica_formativa/documentos_de_estudio_referencia/multidisciplinarity_interdisciplinarity_transdisciplinarity.pdf (дата звернення: 22.03.2019).
8. Hill S. The diversity dividend: why interdisciplinarity strengthens research. *The Guardian*. 7 Aug 2015. URL: <https://www.theguardian.com/science/political-science/2015/aug/07/the-diversity-dividend-why->

[interdisciplinarity-strengthens-research](https://www.theguardian.com/science/political-science/2015/aug/07/the-diversity-dividend-why-interdisciplinarity-strengthens-research) (дата звернення: 22.03.2019).

9. Interdisciplinarity and the 21st century research-intensive university. November 2016. URL: <https://www.leru.org/files/Interdisciplinarity-and-the-21st-Century-Research-Intensive-University-Full-paper.pdf> (дата звернення: 22.03.2019).

10. Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation. URL: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED316506.pdf> (дата звернення: 22.03.2019).

11. Interdisciplinary research. Research Excellence framework. URL: <https://www.ref.ac.uk/about/interdisciplinary-research/> (дата звернення: 22.03.2019).

12. McLachlan Joan E., Patricia Hess. Internships for Today's World: A Practical Guide for High Schools and Community Colleges. Rowman & Littlefield, 2014. 135 p.

13. Oxford English Dictionary. URL: <https://en.oxforddictionaries.com/> (дата звернення: 22.03.2019).

14. ResearchGate: What's the difference between Interdisciplinarity and Multidisciplinarity? URL: https://www.researchgate.net/post/Whats_the_difference_between_Interdisciplinarity_and_Multidisciplinarity (дата звернення: 22.03.2019).

15. Slipukhina Iryna A., Polikhun Nataliia I., Chernetskiy Ihor S., Mieniailov Serhiy M. STEM practice: interdisciplinarity in teaching physics. *Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology, Monograph 19 «Information and innovation technologies in education»*. Katowice : wydawnictwo.wst.pl., 2018. P. 107–117.

16. STEM лабораторія МАНЛаб. URL: <http://stemua.science/> (дата звернення: 22.03.2019).

REFERENCES

1. Kolot, A. (2014). Mizhdystyplinarnyy pidkhd yak peredumova rozvytku ekonomichnoyi osvity i nauky. *Visnyk Kyivys'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka* [An interdisciplinary approach as a prerequisite for the development of economic education and science]. *Ekonomika*, № 158, 18–22.
2. Stryzhak, O., Slipukhina, I., Polikhun, N. and Chernets'kyi, I. (2017). STEM-osvita: osnovni definitysiyi [STEM-education: main definitions]. *Information Technologies and Learning Tools*. IITZN NAPN Ukrayiny, Kiev, Ukraine, T. 62, № 6, 16–33, available at: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/1753/1276> (accessed 22 March 2019).
3. Chernets'kyi, I. S., Polikhun, N. I. and Slipukhina, I. A. (2017). Mul'tydystyplinarnyy pidkhd u formuvanni STEM oriyentovanykh navchal'nykh zavdan' [A multidisciplinary approach in the formation of STEM-oriented educational tasks]. *Naukovi zapysky. Problemy metodyky fizyko-matematichnoyi i tekhnolohichnoyi osvity*. Kropyvnyts'kyi, Ukraine, №12, 1, 158–168, available at: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZ-PMFMTO/article/view/1355/1328> (accessed 22 March 2019).
4. Business Dictionary, available at: <http://www.businessdictionary.com/> (http://www.businessdictionary.com) (accessed 22 March 2019).
5. Choi, B., Bernard, C. K., Anita, W. P. and Pak, A.W. (2007). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 2. Promotors, barriers, and strategies of enhancement.

Med. Clin., №30(6), 224–32, available at: <http://cimonline.ca/index.php/cim/article/viewFile/2950/1067> (accessed 22 March 2019).

6. Choi, B., Bernard, C. K., Anita, W. P. and Pak, A. W. (2008). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 3. Discipline, inter-discipline distance, and selection of discipline. *Med. Clin.*, 2008, № 31(1), 41–8, available at: <http://cimonline.ca/index.php/cim/article/viewFile/3140/1269> (accessed 22 March 2019).

7. Choi, B., Bernard, C. K., Anita, W. P. and Pak, A. W. (2006). Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Med. Clin.*, 2006, № 29. (6), available at: http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/politica_formativa/documentos_de_estudio_referencia/multidisciplinarity_interdisciplinarity_transdisciplinarity.pdf (accessed 22 March 2019).

8. Hill, S. The diversity dividend: why interdisciplinarity strengthens research. *The Guardian*, 7 Aug 2015, available at: <https://www.theguardian.com/science/political-science/2015/aug/07/the-diversity-dividend-why-interdisciplinarity-strengthens-research> (accessed 22 March 2019).

9. Interdisciplinarity and the 21st century research-intensive university. November 2016, available at: <https://www.leru.org/files/Interdisciplinarity-and-the-21st-Century-Research-Intensive-University-Full-paper.pdf> (accessed 22 March 2019).

10. Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation, available at: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED316506.pdf> (accessed 22 March 2019).

11. Interdisciplinary research. Research Excellence framework, available at: <https://www.ref.ac.uk/about/interdisciplinary-research/> (accessed 22 March 2019).

12. McLachlan, Joan E. and Patricia, Hess (2014). Internships for Today's World: A Practical Guide for High Schools and Community Colleges. Rowman & Littlefield.

13. Oxford English Dictionary, available at: <https://en.oxforddictionaries.com/> (accessed 22 March 2019).

14. ResearchGate: What's the difference between Interdisciplinarity and Multidisciplinarity? Available at: https://www.researchgate.net/post/Whats_the_difference_between_Interdisciplinarity_and_Multidisciplinarity (accessed 22 March 2019).

15. Slipukhina, Iryna A., Polikhun, Nataliia I., Chernetskiy, Ihor S. and Mienialov Serhiy, M. (2018). STEM practice: interdisciplinarity in teaching physics. *Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology, Monograph 19 «Information and innovation technologies in education»*. Wydawnictwo.wst.pl., Katowice, 107–117.

16. STEM laboratoriya MANLab [STEM laboratory MANLab], available at: <http://stemua.science/> (accessed 22 March 2019).

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

СЛІПУХІНА Ірина Андріївна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри загальної та прикладної фізики Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси: теорія і методика навчання фізики і технічних дисциплін, дидактика STEM освіти.

ПОЛІХУН Наталія Іванівна – кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту обдарованої дитини НАПН України.

Наукові інтереси: навчання і розвиток обдарованих дітей, природничо-наукова освіта, дидактика STEM освіти.

ЧЕРНЕЦЬКИЙ Ігор Станіславович – кандидат педагогічних наук, завідувач відділу створення навчально-тематичних систем знань, Національний центр «Мала академія наук України».

Наукові інтереси: дидактика STEM освіти, цифрові вимірвальні комплекси, створення навчально-тематичних систем знань

МСНЯЙЛОВ Сергій Миколайович – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри загальної та прикладної фізики Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси: теорія і методика навчання фізики і технічних дисциплін, дидактика STEM освіти.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SLIPUKHINA Iryna Andreevna – Doctor Habilitat (social sciences), Professor, Professor of the Department of General and Applied Physics, National Aviation University, Kyiv, Ukraine ,

Sphere of scientific interests: education and development of gifted children, natural sciences education, didactics STEM education.

POLIKHUN Nataliia Ivanovna – PhD (pedagogical sciences), Senior Research fficer, Leading Researcher, Gifted Child Institute of National Academy of Sciences of Ukraine,

Sphere of scientific interests: education and development of gifted children, natural sciences education, didactics STEM education.

CHERNETSKIY Ihor Stanislavovich – PhD (pedagogical sciences), Head of the taeching and thematic knowledge systems development Department

Sphere of scientific interests: STEM education didactics, digital measurement complexes, the creation of teaching-thematic knowledge systems

MIENIALOV Serhii Mykolaevich – PhD (pedagogical sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of General and Applied Physics, National Aviation University

Sphere of scientific interests: theory and methods of teaching physics and technical disciplines, didactics STEM education.

Дата надходження рукопису 02.04.2019р.