



Наталія Поліхун,
Ірина Сліпухіна,
Ігор Чернецький,

м. Київ

УДК 37.015.31

STEM-ОРІЄНТОВАНЕ НАВЧАННЯ ЯК ПЕДАГОГІЧНА ПРОБЛЕМА

Встановлено витоки, актуальність, дидактичні особливості STEM-освіти, виокремлено існуючі тенденції у вітчизняній освіті щодо впровадження STEM, та окреслено основні напрямки подальших дій.

Ключові слова: STEM-освіта, міждисциплінарний підхід, особливі освітні програми.

Установлены истоки, актуальность, дидактические особенности STEM-образования, выделены существующие тенденции в современном образовании, где внедряется STEM, а также очерчены пути дальнейших действий.

Ключевые слова: STEM-образование, междисциплинарный подход, особые образовательные программы.

Causes, relevance, didactical features STEM-education established in the article. Trends in the national education on implementing STEM installed, the main directions of further actions were proposed

Key words: STEM education, interdisciplinary approach, special education programs.

Як стверджують фахівці, науково-технічне та технологічне ядро економіки XXI століття складають NBICS- (нано-, біо-, інфо-, когні- та соціо-) технології, що пов'язуються з шостим технологічним укладом цивілізаційного розвитку. Для сучасної молоді на слуху такі поняття, як: «нанонаука», «нанотехнології», «наноіндустрія», «біоніка», «генна інженерія», «кванто-ві», «оптичні» та ДНК-комп'ютери; лазерні телевізори, безекранні дисплеї, мемристори (резистори з пам'яттю), безпечна зелена енергетика, сонячні мікроелементи тощо. Не тільки зі ЗМІ, а й з навчальних підручників можна довідатись про те, на якому рівні працює сучасна наука і, відповідно, привідкрити вікно у недалеке майбутнє, щоб розуміти, як готуватись до нього. Технологічні прогнози на 2020 р. декларують революційні зміни, появу інформаційних мереж та Інтернету нового покоління, що знімають будь-яке обмеження на спілкування та мережеву науково-прикладну діяльність в науковій та освітній сфері, появу нової енергетики з використанням екологічно чистих або зелених технологій в поєднанні з підвищенням ефективності використання вуглецево-водневого палива, при цьому, універсальним ресурсом будуть високоефективні нано- і біоматеріали [15]. Головні учасники інноваційного розвитку NBIC-технологій у кожній країні, на які покладається основна відповідальність – це *держава, промисловість, бізнес та освіта*. Завдання освіти – підготовка кадрів для забезпечення NBIC-галузей, здебільшого інженерних та наукових. У багатьох країнах світу освітні заклади ставлять за пріоритети підготовку фахівців технологічного напрямку.

Мета нашої статті – проаналізувати новий освітній напрямок STEM, що застосовується ключовим у реформуванні освітніх систем багатьох країн світу, з'ясувати сутність, актуальність, виявити основні підходи до реалізації, а також прослідкувати існуючі тенденції, що намічено в Україні щодо його впровадження.

У 1990-х рр. зародився STEM-підхід до навчання, який сьогодні впроваджується на державному рівні в країнах, орієнтованих на формування власної науково-технічної еліти і стає «зоною» посиленого фінансування технологічно орієнтованих освітніх проектів з боку державних та приватних агенцій та установ. Акронім STEM (від Science – природничі науки, Technology – технології, Engineering – інжиніринг, проектування, дизайн, Mathematics – математика) визначає педагогічний підхід, що з'єднує, інтегрує розрізнені напрямки знань в єдине ціле. Необхідно відмітити, що на Всесвітньому економічному форумі в Давосі обговорюються події четвертої промислової революції, що потребують кардинальних змін на ринку праці. В доповіді президента форуму Клауса Шваба «Майбутнє працевлаштування» [9], відмічалось, що незабаром



докорінно зміняться способи, якими ми живемо, працюємо, спілкуємося та пов'язані один з одним при цьому, швидкість течії проривів немає історичного прецеденту. Вже через 5 років відбудеться кардинальна зміна більше 35 % навичок, що мають сучасні працівники зникнуть, деякі професії стануть звичними, які на сьогодні, навіть, не існують. При цьому визначалося, що більш критичним фактором інноваційного виробництва буде талант, це означає, що в разі збільшення попиту на висококваліфікованих фахівців. Шляхом опитування провідних роботодавців з різних країн світу було визначено рейтинг 10 більш затребуваних навичок до 2020 р., а саме:

- 1) розв'язання комплексних задач (проблем);
- 2) критичне мислення;
- 3) творчі здібності;
- 4) управлінські таланти;
- 5) координація діяльності, співпраця;
- 6) емоційний інтелект;
- 7) здатність міркувати та приймати рішення;
- 8) орієнтація на обслуговування;
- 9) навички ведення переговорів;
- 10) когнітивна гнучкість [9].

Зазначимо, що дослідний інститут McKinsey Global Institute прогнозує для США потенційний глобальний дефіцит 38 до 40 млн працівників високо технологічних професій у 2020 р., тобто, фахової підготовки STEM-профілю [15]. Наголошується, що урядам необхідно докорінно переглянути сьогоднішні моделі освіти, освітні програми та методи організації навчання, що знаходяться на десятиріччя позаду від вимог ринку праці, сучасного виробництва. В багатьох країнах світу протягом останніх років запускається все більше державних STEM-програм для учнів та, відповідно, для підготовки вчителів.

Визначальним чинником, що є передумовою до виокремлення відповідної галузі дидактики стало статистично доведено падіння зацікавленості учнів до дисциплін природничо-математичного циклу, знання яких покладено в основу створення і розвитку сучасних технологій різного рівня та спрямування: від техніки до соціально-економічних процесів [3].

Як окрема галузь дидактики, STEM-освіта виокремилася в США у 2009 р. з програми «Educate to Innovate», а вже у 2014 р. на фінансування її розвитку урядом цієї держави було виділено 3,1 млрд доларів, що на 6,7 % більше, ніж у 2012 р. [10]. Визначальним чинником такої суттєвої підтримки є статистично доведене падіння зацікавленості учнів шкіл до предметів природничо-математичного циклу, що є фундаментальною базою сучасних технологій різного рівня. Значущим наслідком такої ситуації стали певні компетентності молоді в актуальних галузях виробництва, що визначають конкурентну спроможність будь-якої країни на світовому ринку у сфері економіки та технологій [14].

Провідною ідеєю STEM-технології у педагогіці є конструювання навчальних дисциплін (курсів) на міждисциплінарних засадах (інтегроване навчання, відповідно до певних тем, а не окремих дисциплін [10]), що комплексно формують *ключові фахові та соціально-особистісні компетенції* молоді [12].

Міждисциплінарність – синергія різних наук, взаємодія методів, інструментарію для вивчення та конструювання міждисциплінарних об'єктів, предметів з метою отримання нового знання, так трактує це поняття методологія науки. Міждисциплінарність в освіті розглядається, як педагогічна інновація. Відмітимо, що комплексний міждисциплінарний підхід до розроблення навчальних планів, програм – основна ознака STEM, а основна мета такої інтеграції – підготовка фахівців цього напрямку. Як утверджувати інтеграцію цих, з одного боку, близьких STEM-компонентів, а з іншого – усталено самостійних, використовуваних за умови розробки навчальних програм? Science, як шлях (спосіб) пізнання, що допомагає зрозуміти навколишній світ; Technology, як спосіб (засіб) пристосування та покращення світу, має чутливість до соціальних змін; Engineering, як спосіб створення та покращення пристроїв для



вирішення реальних проблем; Mathematics, як спосіб опису світу «аналіз світу та реальних проблем за допомогою числа [6].

Отже, такий комплексний підхід є природним і фактично затребуваним, коли вирішується певна реальна проблема, тобто, коли організовується проблемно-орієнтоване навчання за ланцюжком питань «Що це?», «Як з цим діяти?», «Як і чим вдосконалити?», «Як це зрозуміло представити?», отже відбувається поєднання наукового методу, технології, проектування та математики в основі розроблення освітньої STEM-програми. При чому, результатами інтеграції може бути впровадження окремого навчального предмету STEM або ж певні зміни в навчальному плані кожного із STEM предметів на основі впровадження інновацій, посилення практичного компонента щодо розв'язання реальних проблем. Зазначимо, що в американській педагогічній літературі розрізняють декілька видів міждисциплінарного підходу, залежно від характеру відносин між різними дисциплінами, а саме:

- *інтердисциплінарний* (crossdisciplinary) – передбачає розгляд однієї дисципліни крізь призму іншої (наприклад, історія математики);
- *мультидисциплінарний* (multidisciplinary) – порівнює декілька дисциплін, що фокусуються на одній проблемі, але не поєднує їх;
- *плюридисциплінарний* (pluridisciplinary) – порівнює споріднені дисципліни (наприклад фізику і математику, фізику та інженерію);
- *трансдисциплінарний* (transdisciplinary) – виходить за межі окремих дисциплін, зосереджується на певній проблемі та отриманні відповідних знань [6].

У залежності від основної мети освітньої програми, обирається відповідний підхід між-дисциплінарної інтеграції, враховуючи те, що STEM-освіта, з точки зору філософських засад – це методологічна єдність природничих, технічних та соціально-гуманітарних наук, що виявляється у застосуванні спільного математичного апарату, інформаційно-комунікаційних технологій, моделювання тощо та міждисциплінарній взаємодії [7].

Педагогічний пошук та існуюча практика показали, що ідеальна модель STEM-освіти має певні особливості, що важливо брати до уваги в освітньому процесі: від проектування конкретного заняття до взаємодії з учителя суміжних дисциплін. Такі заняття повинні мати ознаки проблемного навчання, в основу яких покладено постановку завдань з реальним контекстом, розв'язання яких передбачає міждисциплінарну взаємодію, переважного використання індуктивних методів дослідження, діяльність в команді [2]. Продуктивність останньої значно зростає за умови систематичної взаємодії та злагодженості вчителів, які спільно реалізують STEM-проект [11].

Фізико-математичний контент є засадничим у навчанні, орієнтованому на STEM. Однак, його реалізація передбачає, насамперед, використання інженерного методу дослідження (інженерного проектування), до складу якого входять такі етапи як: *визначення* сутності проблеми, попереднє дослідження, визначення вимог, мозковий штурм, розроблення і тестування прототипу, оцінювання результату, внесення змін та подання отриманого результату [4]. На відміну від наукового методу дослідження, в цьому випадку учні здобувають знання, застосовуючи до розв'язання поставленого завдання різноманітні (часто помилкові) підходи, що виступають як засіб навчання у розв'язанні конкретної проблеми.

До інших важливих передумов впровадження цього дидактичного напрямку є перебування суб'єктів пізнавальної діяльності у стані опрацювання постійно зростаючих обсягів інформації, що потребує здатності та готовності, з однієї сторони, до виокремлення практично значущих даних, а з іншої – вміння їх подальшого суспільно важливого застосування (компетенції критичного та креативного мислення) [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій виявив, що STEM-освіта формує певний комплекс якостей особистості, що міститься з критичного мислення, навичок творчості та діяльності в команді. Досягнення відповідної педагогічної мети може здійснюватися інтеграцією STEM-дисциплін через навчально-дослідну міждисциплінарну діяльність [5; 7] і потребує впровадження як нових методичних підходів, так і спеціального обладнання [8].



Очевидним є те, що впровадження й розвиток STEM-освіти потребує підготовки відповідних педагогічних кадрів, правової та інформаційної підтримки на різних рівнях [13], створення спільнот, які об'єднують не тільки фахівців, а й усіх зацікавлених представників різних прошарків населення і професій [14]. Необхідно зауважити, що в США зазначена освітня система розвивається спільно з програмою екологічної освіти K-12, а це означає, що реалізація STEM-проектів відбувається поступово як в аудиторний, так і позашкільний час, починаючи з молодшої школи: у літніх таборах, гуртках, спільнотах тощо [12; 16]. Проведений аналіз інформаційних джерел з актуальних проблем розбудови STEM напрямку в освіті виявив важливість та необхідність виокремлення існуючих тенденцій у вітчизняній освіті щодо впровадження STEM, та окреслити напрямки подальших дій.

Відмітимо, що із STEM-напрямком реформування освіти, розбудови нової української школи, програми якої формуються під гаслом інтеграції, покладаються надії, щодо розв'язання реальних освітніх проблем, а саме: перехід від знанневої парадигми освіти до компетентісної, усунення фрагментарного характеру навчальних планів, недостатньо пов'язаних між собою і з потребами реального життя, підвищення мотивації та інтересу учнів до предметів природничо-математичного циклу та вибору відповідних професій STEM-спрямування тощо.

У 2015 р. почалось широке обговорення проблематики STEM в освітньому просторі України, створено відділ STEM-освіти в ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», діяльність якого сприяла появі нормативних документів та затверджених планів, а саме: наказ МОН від 29.02.2016 № 188 «Про утворення робочої групи з питань впровадження STEM-освіти в Україні», План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016–2018 роки, листи ІМЗО про проведення круглих столів, конференцій, науково-практичних семінарів Всеукраїнського та Міжнародного рівнів з тематики впровадження напрямків STEM-освіти, її актуальних питань та перспектив інноваційного розвитку національної освіти. Відділом STEM-освіти ІМЗО створено та затверджено на засіданні робочої групи методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у закладах загальної середньої освіти України [1].

За державної підтримки у 2016 р. запроваджено практичні заходи, конкурси, турніри. Почав активно розвиватися напрямок робототехніки через обговорення проблеми «Конструктор LEGO як освітній ресурс XXI століття у початкових класах» та впровадження Всеукраїнського наукового LEGO-турніру – FIRST LEGO League. Відмітимо також проведення конкурсів та програми для старшокласників «Чому я обираю STEM кар'єру» і «ТОП-20 надихаючих жінок STEM в Україні», які втілено за ініціативи створеної коаліції STEM-освіти (STEM Education Coalition), до складу якої увійшли такі відомі компанії і заклади, як «Енергоатом», «Київстар», Ericsson Україна, Samsung, Microsoft Україна, а також Українське ядерне товариство, НТУ «Харківський політехнічний університет» тощо. Бізнесові структури, що зацікавлені в конкурентоздатності через підготовку високопрофесійних кадрів, поставили за мету – створення інформаційних майданчиків (сайт, соціальні мережі тощо) для популяризації STEM-освіти та налагодження міжнародного співробітництва.

Окремо зупинимось на впровадженні Інтернет-конкурсів для вчителів STEM-дисциплін, впроваджених з метою пошуку та підтримки ініціативних і талановитих вчителів, які володіють предметом та бажають вдосконалюватися у методиках формування в учнів цілісного погляду на оточуючий світ, їхніх уявлень про наукову картину світу, розвивати мотивацію учнів до вивчення STEM-дисциплін, та STEM-професій. На часі об'єднання STEM-вчителів у творчі спільноти в т. ч. мережеві, що сприятимуть цілеспрямованій фаховій підтримці STEM-галузі.

Наголосимо також на проблемі засобів STEM-навчання, до яких відносять сукупність обладнання, ідей, явищ і способів дій, що забезпечують реалізацію дослідно-експериментальної, конструкторської, винахідницької діяльності учнів в освітньому процесі. З метою розробки та розповсюдження засобів STEM-навчання створюється віртуальний ресурсний центр при лабораторії МАН Національного центру «Мала академія наук України» [17].



Складність та багатогранність проблематики впровадження STEM-освіти на теренах реформування української освіти спонукає до наукових розвідок щодо науково-методичних засад інтеграційних процесів в освіті, подальше вдосконалення нормативної бази, створення та реалізації на спеціальних міждисциплінарних освітніх програм для середньої та позашкільної освіти; впровадження освітніх інновацій в методику навчання і викладання, на основі особистісно орієнтованих та проблемно-орієнтованих підходів, навчально-дослідних та винахідницьких проєктів, розробка основних підходів та критеріїв оцінювання інтелектуально-творчої діяльності учнів.

Відмітимо також необхідність психолого-педагогічних досліджень, створення діагностичних методик та інструментарію виявлення схильності й готовності дитини до STEM-професій. При цьому потрібно спланувати розвиток інтересів та практичних навичок учнів, схильних до STEM у спеціальних освітніх фахових програмах, конкурсах, турнірах, олімпіадах, завдання до яких розробляють освітяни спільно з фахівцями обраної галузі. Актуальним є створення STEM-центрів на базі корпорацій, технологічних компаній, технопарків, дизайн-студій ВЗО тощо, надання можливостей для учнів і студентів у проведенні дослідної та експериментальної діяльності на сучасному обладнанні при розв'язанні реальної галузевої проблеми за допомогою STEM-наставництва. Важливою проблемою розбудови STEM-освіти є підготовка вчителів, їх навчання, професійний розвиток та підтримка в т. ч. і через створення професійних STEM колаборацій, заради засвоєння та розповсюдження інновацій у STEM-викладанні, поширенні STEM-грамотності, мотивації учнів до STEM-кар'єри.

Використані літературні джерела

1. Відділ STEM-освіти ІМЗО [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.imzo.gov.ua/pro-imzo/struktura/viddil-stem-osviti/>. – Назва з екрана.
2. *Сліпухіна І. А.* Формування технологічної компетентності майбутніх інженерів з використанням системи комп'ютерно орієнтованого навчання : монографія / І. А. Сліпухіна. – Луцьк : Гадяк Ж. В., 2014. – 356 с.
3. *Сліпухіна І. А.* Використання цифрового вимірювального комплексу в STEM орієнтованому освітньому середовищі / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Інформаційні технології в освіті й науці. – 2016. – Вип. 8. – С. 261–272.
4. *Сліпухіна І. А.* Дослідницька діяльність студентів у контексті використання наукового й інженерного методів / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Вища освіта України. – 2015. – № 3. – Додаток 1 : Інтеграція вищої освіти і науки. – С. 216–225.
5. *Поліхун Н. І.* Дистанційна підтримка дослідницької діяльності учнів: методичні рекомендації / Н. І. Поліхун. – Київ : Ін-т обдар. дитини, 2014. – 87 с.
6. *Meeth L. R.* Interdisciplinary Studies: Integration of Knowledge and Experience / L. R. Meeth // Change. – 1978. – No. 10. – P. 6–9.
7. *Чернецький І. С.* Технологічна компетентність майбутнього інженера: формування і розвиток у комп'ютерно інтегрованому лабораторному практикумі з фізики / І. С. Чернецький, І. А. Сліпухіна // Information Technologies and Learning Tools. – Київ : ІТЗН НАІН України, 2013. – Т. 38. – № 6.
8. *Чернецький І. С.* Цифрові вимірювальні комплекси – засіб розвитку дослідницьких якостей суб'єктів пізнавальної діяльності / І. С. Чернецький, І. А. Сліпухіна, С. М. Меньяйлов // Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. – 2013. – Вип. 40. – С. 259–269. – (Серія № 5 «Педагогічні науки: реалії та перспективи»).
9. The Fourth Industrial Revolution [Electronic resource] / by Klaus Schwab. – Mode of access: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>. – Title from the screen.
10. *Hom Elaine J.* What is STEM Education? [Electronic resource] / J. Hom Elaine // LiveScience Contributor. – 2014. – February 11. – Mode of access: <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>. – Title from the screen.
11. *Jolly A.* Six Characteristics of a Great STEM Lesson [Electronic resource] / A. Jolly // Education Week: Teacher. – 2014. – June 17. – Mode of access: http://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq_jolly_stem.html. – Title from the screen.
12. Resources for STEM Education [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.nsfresources.org/home.cfm>. – Title from the screen.
13. *Sloan, Willona M.* Teaching and Learning Resources for STEM Education [Electronic resource] / M. Willona Sloan // EducationUpdate February. – 2012. – Vol. 54. – No. 2. – Mode of access: <http://www.ascd>.



org/publications/newsletters/education-update/feb12/vol54/num02/Teaching-and-Learning-Resources-for-STEM-Education.aspx. – Title from the screen.

14. STEM Education Coalition [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.stemedcoalition.org/>. – Title from the screen.

15. NBIC технологии и направление их развития в США // Инновации – 2013. – № 7 (177).

16. The Physics Front : Physics and Physical Science Teaching Resources [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.thephysicsfront.org/search/browse.cfm?browse=GSSS>. – Title from the screen.

17. Експериментарій [Електронний ресурс] // Лабораторія МАНЛаб. – Режим доступу: <http://manlab.inhost.com.ua/experimentarij.html>. – Назва з екрана.

Bibliography

1. Viddil STEM-osvity IMZO [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: <http://www.imzo.gov.ua/promimzo/struktura/viddil-stem-osviti/>. – Nazva z ekrana.

2. Slipukhina I. A. Formuvannia tekhnolohichnoi kompetentnosti maibutnikh inzheneriv z vykorystanniam systemy komp'yuterno orientovanoho navchannia : monohrafiia / I. A. Slipukhina. – Lutsk : Hadiak Zh. V., 2014. – 356 s.

3. Slipukhina I. A. Vykorystannia tsyfrovoho vymiriuvalnogo kompleksu v STEM oriientovanomu osvितnomu seredovyshchi / I. A. Slipukhina, I. S. Chernetskyi // Informatsiini tekhnolohii v osviti y nautsi. – 2016. – Vyp. 8. – S. 261–272.

4. Slipukhina I. A. Doslidnytska diialnist studentiv u konteksti vykorystannia naukovooho y inzhenernooho metodiv / I. A. Slipukhina, I. S. Chernetskyi // Vyscha osvita Ukrainy. – 2015. – № 3. – Dodatok 1 : Intehratsiia vyshchoi osvity i nauky. – S. 216–225.

5. Polikhun N. I. Dystantsiina pidtrymka doslidnytskoi diialnosti uchniv: metodychni rekomendatsii / N. I. Polikhun. – Kyiv : In-t obdar. dytyny, 2014. – 87 s.

6. Meeth L. R. Interdisciplinary Studies: Integration of Knowledge and Experience / L. R. Meeth // Change. – 1978. – No. 10. – P. 6–9.

7. Chernetskyi I. S. Tekhnolohichna kompetentnist maibutnoho inzhenera: formuvannia i rozvytok u komp'yuterno intehrovanomu laboratornomu praktykumi z fizyky / I. S. Chernetskyi, I. A. Slipukhina // Information Technologies and Learning Tools. – Kyiv : IITZN NAPN Ukrainy, 2013. – T. 38. – № 6.

8. Chernetskyi I. S. Tsyfrovii vymiriuvalni komplekxy – zasib rozvytku doslidnytskykh yakosteii sub'yektiv piznavalnoi diialnosti / I. S. Chernetskyi, I. A. Slipukhina, S. M. Mienailov // Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M. P. Drahomanova. – 2013. – Vyp. 40. – S. 259–269. – (Seriiia № 5 «Pedahohichni nauky: realii ta perspektyvy»).

9. The Fourth Industrial Revolution [Electronic resource] / by Klaus Schwab. – Mode of access: <https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab>. – Title from the screen.

10. Hom Elaine J. What is STEM Education? [Electronic resource] / J. Hom Elaine // LiveScience Contributor. – 2014. – February 11. – Mode of access: <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html>. – Title from the screen.

11. Jolly A. Six Characteristics of a Great STEM Lesson [Electronic resource] / A. Jolly // Education Week: Teacher. – 2014. – June 17. – Mode of access: http://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq_jolly_stem.html. – Title from the screen.

12. Resources for STEM Education [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.nsfresources.org/home.cfm>. – Title from the screen.

13. Sloan, Willona M. Teaching and Learning Resources for STEM Education [Electronic resource] / M. Willona Sloan // EducationUpdate February. – 2012. – Vol. 54. – No. 2. – Mode of access: <http://www.ascd.org/publications/newsletters/education-update/feb12/vol54/num02/Teaching-and-Learning-Resources-for-STEM-Education.aspx>. – Title from the screen.

14. STEM Education Coalition [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.stemedcoalition.org/>. – Title from the screen.

15. NBIC tekhnolohyy y napravlenye ykh razvytyia v SShA // Ynnovatsyy – 2013. – № 7 (177).

16. The Physics Front : Physics and Physical Science Teaching Resources [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.thephysicsfront.org/search/browse.cfm?browse=GSSS>. – Title from the screen.

17. Eksperymentarii [Elektronnyi resurs] // Laboratoriia MANLab. – Rezhym dostupu: <http://manlab.inhost.com.ua/experimentarij.html>. – Nazva z ekrana.