

## ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ЯК ФОРМУВАЛЬНИЙ ЧИННИК STEM-ОРІЄНТОВАНОГО ОСВІТЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Ірина Сліпухіна<sup>1</sup>, Ігор Чернецький<sup>2</sup>

Національний авіаційний університет<sup>1</sup>  
Національний центр «Мала академія наук України»<sup>2</sup>

**Анотація:**

У статті розглянуто педагогічні передумови використання цифрових вимірювальних комплексів як формувального чинника STEM-орієнтованого освітнього середовища, продемонстровано методику їх використання під час проведення навчально-дослідницьких лабораторних робіт.

**Ключові слова:**

цифровий вимірювальний комплекс; STEM; освітнє середовище; навчально-дослідницька робота; інформаційні технології; лабораторія МАНЛаб.

**Аннотация:**

**Слипухина Ирина, Чернецкий Игорь. Цифровой измерительный комплекс как формирующий фактор STEM-ориентированной образовательной среды.**

В статье рассмотрены педагогические предпосылки использования цифровых измерительных комплексов как формирующего фактора STEM-ориентированной образовательной среды, продемонстрировано его использование при проведении учебно-исследовательских лабораторных работ.

**Ключевые слова:**

цифровой измерительный комплекс; STEM; образовательная среда; учебно-исследовательская работа; информационные технологии; лаборатория МАНЛаб.

**Resume:**

**Slipukhina Iryna, Chernetskyi Ihor. Digital measuring complex as a formative factor of Stem- oriented learning environment.**

The article examines the pedagogical preconditions of digital measuring systems use as a formative factor of STEM-oriented learning environment; an example of its use in the course of educational and research laboratory works has been demonstrated.

**Key words:**

digital measuring system; STEM; learning environment; teaching and research; information technology; laboratory MANLab.

Постановка проблеми. Формування особистості учня, адаптованої до сучасного життя, вимагає нових пріоритетів у навчанні й забезпечення оновлення просторово-матеріального та інформаційно-технологічного складника освітнього середовища. Проблема зниження привабливості процесу навчання для більшості школярів зумовлена дією ряду зовнішніх і внутрішніх дестабілізаційних чинників, найвпливовішим серед яких є «інформаційний смог». Поява цього терміна пов'язана зі зрослим потоком інформації, яка надходить у концентрованому вигляді до суб'єкта пізнавальної діяльності з усіх можливих ЗМІ, рекламних джерел, соціальних мереж тощо. Перебування в стані неперервного опрацювання все більших обсягів інформації потребує формування в сучасній учнівській молоді критичного мислення, що охоплює компетенції, пов'язані з виокремленням значущих даних, їх аналізом і формулюванням відповідних висновків.

Важливим (і наразі ще досить мало дослідженим) внутрішнім чинником, який необхідно брати до уваги під час проектування сучасного освітнього середовища, є фізіологія функціонування головного мозку людини в процесі сприймання й опрацювання інформації. З огляду на висновки сучасних досліджень [1, с. 2], розподіл діяльності між півкулями головного мозку може бути представлений такою схемою (рис. 1).

Як видно з рисунку 1, ліва півкуля головного мозку відповідає за дискретне, аналітико-

розсудливе сприйняття інформації; водночас опрацювання інформації, поданої в поняттях, відбувається повільніше. Натомість правою півкулею головного мозку здійснюється емоційне-чуттєве сприйняття, у ній також відбувається швидке опрацювання інформації, яка спричинила появу образів. Відповідно до висновків, отриманих зокрема в [1, с. 3], традиційний академічний підхід у процесі навчання перевантажує діяльність лівої півкулі головного мозку, що призводить до дисбалансу й блокування каналів надходження потрібної інформації до суб'єкта пізнавальної діяльності. Тому в процесі формування інформаційно-технологічного складника навчального середовища необхідним є етап візуалізації даних, що залучатиме до сприйняття праву півкулю мозку людини.

Однією з основних проблем, яку доводиться розв'язувати сучасній освіті, є формування в учнів *уміння мислити креативно*. Світові зразки освітніх середовищ, які націлені на подолання окреслених вище проблем і на виконання поставлених завдань, отримали назву STEM<sup>1</sup> орієнтованих освітніх середовищ. Концептуальною ідеєю й основою відповідної технології є створення й упровадження цілісного міждисциплінарного курсу, орієнтованого на комплексне формування в учнівській молоді практичних компетенцій у техніко-технологічній сфері виробництва. Вважається, що STEM-освіта як окрема галузь дидактики виокремилася

<sup>1</sup> STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics

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. [9]. Визначальним чинником такої суттєвої підтримки є статистично доведене падіння цікавості учнів шкіл до предметів природничо-математичного циклу, які є фундаментальною базою сучасних технологій різного рівня. Важливим наслідком такої ситуації стало значне зниження компетентності молоді в актуальних галузях виробництва<sup>2</sup>, що визначають конкурентну спроможність будь-якої країни на світовому ринку у сфері економіки й технологій [11]. Очевидним є те, що впровадження й розвиток STEM-освіти потребує підготовки відповідних педагогічних кадрів, правової та інформаційної підтримки на різних рівнях [14], створення спільнот, які об'єднують не тільки фахівців, а й усіх зацікавлених представників різних прошарків населення й професій [11]. Зауважимо, що у 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 в позашкільний час, починаючи з молодшої школи: у літніх таборах, гуртках, спільнотах тощо [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій доводить, що нині найістотніші зміни і трансформації традиційного освітнього середовища реалізуються, з одного боку, через упровадження в дидактику окремих предметів шкільного навчального плану нових методичних підходів і засобів навчання<sup>3</sup>, а з іншого – інтеграцією STEM-дисциплін через навчально-дослідницьку міждисциплінарну діяльність [7, с. 4].

Методологічна єдність природничих, технічних і соціально-гуманітарних наук виявляється в застосуванні спільного математичного апарату, ІКТ, моделювання тощо, а їх взаємодія відбувається через міждисциплінарні зв'язки [7, с. 7]. З огляду на зазначене, фізичний експеримент виступає в ролі універсального засобу, здатного формувати критичне, а на його підставі – інженерне мислення. Тому нині значного розвитку набули інформаційні електронні ресурси, що містять ідеї, результати й різноманітні технології проведення навчального фізичного експерименту

з використанням як натурального, так і віртуального дослідження [12; 13].

На необхідності підготовки педагогічних кадрів, здатних до керування науково-дослідною роботою учнівської молоді з використанням STEM-центрів, наголошено в праці [4, с. 2]. Її автори пропонують якнайширше залучати до сучасного освітнього процесу інтерактивні лабораторії, музеї, методичні підходи на основі ігрових віртуальних середовищ, використання з навчальною метою соціальних мереж і педагогічних форумів [4, с. 4–6].

Перспективним, ефективним і високо-технологічним підходом до практичної міждисциплінарної підготовки школярів В. Седов вважає використання в навчальному процесі робототехніки [5, с. 5], що сприяє, на думку автора, «підвищенню цікавості до точних наук, ... популяризації інженерної професії» [5, с. 6].

Досліджуючи особливості системи GeoGebra, що є віртуальним середовищем для моделювання й емпіричного дослідження математичних об'єктів, автори [2] доходять висновку, що його використання в навчальному процесі комплексно формує програмувальну, інформаційну, аналітичну й практичну компетенції учнів [2, с. 3]. Автори доводять, що саме творча, дослідницька діяльність, пов'язана з використанням сучасних програмних продуктів, є одним з підходів, що мають активно долучатися до реалізації STEM-освіти [2, с. 4].

Як відомо, науковий та інженерний методи є основою будь-якого процесу дослідження, не залежно від галузі пізнання. Обидва методи відпрацьовувалися протягом значного часу й сьогодні визнані міжнародною науковою спільнотою основними засобами для здійснення наукової та навчально-дослідницької діяльності. Їх контекстний зміст і етапи, міждисциплінарний характер і приклади застосування в навчальному процесі старшої та вищої школи висвітлено в праці [6, с. 3].

Досліджуючи методичну систему формування технологічної компетентності з використанням комп'ютерно-орієнтованої системи фізичного експерименту, автори [7, с. 86] доводять, що міждисциплінарний підхід до навчання природничих дисциплін, який ґрунтується на натурному експерименті з використанням сучасних засобів отримання, опрацювання й візуалізації даних, якими є, зокрема цифрові лабораторії Phywe і Fourier [7, с. 89], комплексно формує когнітивну, рефлексивно-аналітичну, операційно-діяльну й ціннісно-мотиваційну компоненти компетентності суб'єкта освітньої діяльності.

<sup>2</sup> За результатами досліджень, проведених у США, тільки 16% учнів старшої школи цікавляться STEM на початку навчання, а на момент складання ними випускних іспитів ця кількість зменшується ще на 57% [9].

<sup>3</sup> Такі нововведення реалізуються переважно з використанням ІКТ.



Рис. 1. Функціональна активність півкуль головного мозку людини

На проблемі формування нового типу мислення суб'єктів пізнавальної діяльності в ході планування, проведення й аналізу отриманих результатів експерименту в умовах динамічного цифрового освітнього середовища сфокусовано увагу в праці [8, с. 5]. Її автори звертають увагу на важливість забезпечення зворотного зв'язку між учасниками такого типу навчального процесу, який може здійснюватися без паперової звітності, з використанням електронних документів лабораторної звітності – «флеш-зошитів» [8, с. 6].

Зазначене дає підстави для висновку, що визначальною рисою STEM-середовищ є формування в учнівській молоді ряду важливих практичних компетенцій різного рівня засобами міждисциплінарних досліджень, які ґрунтуються на оптимальному поєднанні натурального експерименту й сучасного програмно-апаратного його забезпечення. Важливою особливістю проектування відповідного освітнього й навчальних середовищ є ретельний добір інформаційно-технологічних компонент, орієнтованих на використання наукового та інженерного методів дослідження.

Формулювання цілей статті. Проведений аналіз літературних джерел з проблем розвитку сучасної дидактики середньої і вищої школи довів актуальність, вчасність і важливість проведення дослідження, метою якого є виявлення особливостей методики використання цифрового вимірювального комплексу як

ключового формувального чинника STEM-орієнтованого освітнього середовища.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо абстраговано процес пізнання об'єктів матеріальної реальності в контексті просторового розподілу інформації. Використаємо термін «інформаційне поле» як вмістилище носіїв інформації дискретного характеру – інформаційних квантів. Кожен з носіїв має кількісну характеристику – сміність інформації і якісну характеристику – достовірність. Об'єкт пізнання є осередком формування інформаційного поля, просторовий характер розподілу інформаційних квантів у якому визначається його властивостями. Розглянемо суб'єкт пізнавальної діяльності як структурований приймач інформаційних квантів. Суб'єкт пізнавальної діяльності, який є *матеріальним*, одночасно виступає об'єктом пізнання з власним інформаційним полем і особливою властивістю – *сепаративною здатністю* сприймати зовнішні інформаційні кванти, визначеною психологічними й фізіологічними чинниками. Формування освітнього середовища зумовлено потребою розширення сепаративної здатності суб'єктів пізнавальної діяльності. Проектуючи освітнє середовище, у якому наявні масиви об'єктів пізнання для масивів суб'єктів пізнавальної діяльності, необхідно забезпечити максимально можливу здатність споживання інформаційних квантів об'єктів пізнання суб'єктами

пізнавальної діяльності й технологічну сепарацію інформаційних квантів, спрямовану на відсів квантів з низькою достовірністю. Сукупність отриманих квантів суб'єктом пізнавальної діяльності назвемо *отриманою інформацією*, яка є відправною точкою для початку психологічних процесів її опрацювання безпосередньо суб'єктом пізнавальної діяльності. Поштовхом для розвитку пізнавального інтересу як психологічного процесу є якість отриманої інформації та її сумісність з опрацьованим масивом даних, який був отриманий у ході попередньої діяльності суб'єкта пізнавальної діяльності. Розглянемо роль засобів пізнання в просторово-розподіленій моделі інформаційного поля.

Змодельюємо найпростіший випадок, у якому є один об'єкт пізнання й один суб'єкт пізнавальної діяльності. Вважатимемо інформаційне поле радіально структурованим, тобто щільність квантів інформації об'єкта пізнання буде зменшуватися з віддаленням

від осередку утворення. Нехай інформаційне поле є динамічним, тобто воно постійно поповнюється новими інформаційними квантами, які досягають суб'єкта пізнавальної діяльності по черзі (рис. 2).

Первинний обсяг інформації, отриманий від об'єкта пізнання на стадії ознайомлення, переводиться суб'єктом пізнавальної діяльності автоматично в аксіоматичну площину й не призводить до виникнення пізнавального інтересу. Якщо суб'єкт пізнавальної діяльності озброєний лише винятково власними органами сприйняття, а інформаційні кванти будуть мати різні характеристики, але не виокремлюватимуться суб'єктом пізнавальної діяльності з об'єктивних причин, навіть значний обсяг отриманої інформації не зумовлюватиме розвиток пізнавального інтересу. Поява засобів пізнання зумовлює виникнення протиріччя з аксіоматичною площиною переробленої інформації і стає медіатором (посередником) між нею і цілеспрямованою дією суб'єкта пізнавальної діяльності.

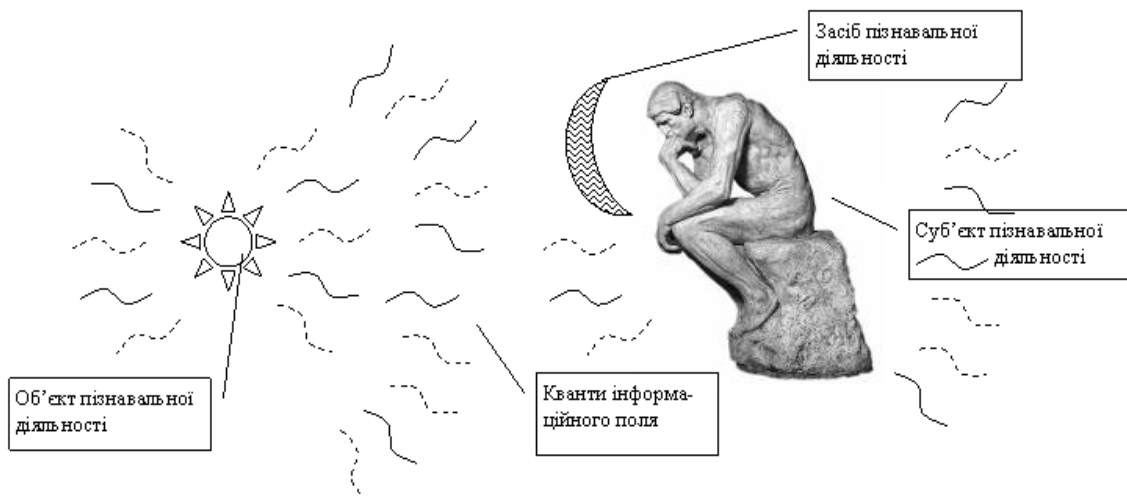


Рис. 2. Просторово розподілена модель процесу пізнавальної діяльності

Освітнє середовище проектується саме так, щоб матеріальні та інформаційно-технологічні (процесуальні) засоби постійно використовувалися як цей медіатор пізнавального процесу. У реальному освітньому середовищі є масив об'єктів пізнання, кожен з яких володіє власним неоднорідним інформаційним полем. Суперпозиція інформаційних полів ускладнює сепаративний процес для суб'єкта пізнавальної діяльності, тому паралельно з розвитком матеріальних засобів пізнання повинні проектуватися й нові інформаційно-технологічні засоби, які більше стосуються добору інформаційних квантів і опрацювання отриманих зовнішніх даних. Накопичення інформаційних квантів зростає зі збільшенням як кількості об'єктів пізнання, так і матеріальних засобів пізнання. Практика

показує, що сучасні засоби пізнання, стрімко розвиваючись, не сепарують інформаційні кванти, а лише збільшують щільність їх потоку. Тому випадки інформаційного перенасичення суб'єкта пізнавальної діяльності неповними або недостовірними даними є закономірним процесом розвитку соціального складника суспільства, у якому живуть і функціонують суб'єкти пізнавальної діяльності.

У часовому модусі розвитку соціуму процес пізнавальної діяльності пройшов усі характерні стани відповідно до насичення інформаційного поля й сепарації інформації суб'єктами пізнавальної діяльності. На момент функціонування соціуму, який датується доісторичним періодом, головним засобом пізнання світу було живе споглядання, що давало винятково несепаровану інформацію

з низькою достовірністю. Найбільшої достовірності досягала інформація, отримана від об'єктів пізнання, які потребували лише копіювання для подальшого використання. З нагромадженням інформації в аксіоматичній площині виникла потреба в її більш швидкій передачі суб'єктам пізнавальної діяльності, які розпочинали свій життєвий шлях. Цей мотив спричинив поштовх у формуванні примітивних освітніх середовищ, у яких домінували репродуктивні процесуальні засоби. Античний соціум серед процесуальних засобів виокремлював такі, які давали змогу здійснювати певні інформаційні операції вже в абстрактній, відокремленій від матеріального світу формі, проте процес отримання інформації ще ґрунтувався на спогляданні.

Якісний стрибок у розвитку сепаративної здатності суб'єктів пізнавальної діяльності відбувся з появою експериментальних методів пізнання навколишнього світу, що привело до появи нових матеріальних засобів пізнання та пов'язаних з ними процесуальних засобів. Серед матеріальних засобів пізнання слід виокремити дві категорії: засоби для моделювання об'єктів пізнання й засоби для їх оцінювання (вимірювання), розвиток яких відбувався паралельними часовими лініями.

Бурхливий розвиток у минулому й нинішньому сторіччі обох напрямків спричинив нагромадження засобів, створених винятково для наукових цілей. Водночас освітні середовища, сформовані для загальноосвітніх потреб соціуму, тривалий час були відокремлені від засобів пізнання з високою здатністю сепарації інформаційних квантів.

Революція в засобах пізнання відбулася тоді, коли обчислювальна техніка, доступна для більшості суб'єктів пізнавальної діяльності, стала новим приладом – комп'ютерним цифровим вимірювальним комплексом.

Цифрові вимірювальні комплекси пройшли тривалий період концептуального становлення. У будь-якому з них наявні технічні сегменти, які потребували реалізації певних технологічних рішень і вдосконалення. Так, кванти інформації від зовнішнього об'єкта пізнання мали бути сприйнятті первинним обробником даних – сенсором. Далі вони повинні трансформуватися в аналоговий, надалі – у цифровий електричний сигнал. Останній мав бути опрацьований інформаційно-технологічним засобом і поданий у зручній для суб'єкта пізнавальної діяльності візуальній формі, адаптованій до попереднього досвіду цього суб'єкта – табличній або графічній.

У ході цього складного процесу відбувається багаторазова сепарація квантів інформації в площині їх достовірності й повноти. Таким

чином, обсяг даних, отриманих суб'єктом пізнавальної діяльності не просто збільшується, а й проходить багаторазову перевірку на достовірність. Цей процес абсолютно не виключає й не ідеалізує якісні умови отримання інформаційних квантів, тобто процесуальність постановки експериментальної перевірки досліджуваного об'єкта пізнання. Це означає, що поява нових цифрових вимірювальних комплексів не зменшує вимог до попередньо напрацьованого досвіду з іншими засобами пізнання для створення оптимальних умов дослідження (експерименту). Цифрові вимірювальні комплекси є лише якісно новим (з високим ступенем сепарації інформаційних квантів) проміжним засобом пізнання об'єктивної реальності, насиченої значною кількістю об'єктів пізнавальної діяльності.

Як і будь-який матеріальний засіб пізнавальної діяльності, цифрові вимірювальні комплекси мають характеристики, які стосуються кожного з сегментів цього засобу. Розв'язок сегмента сенсорного сприйняття базується на принципових відкриттях, здійснених у попередній пізнавальній діяльності. Прикладами сенсорного сегмента є тензосенсори, напівпровідникові пристрої, нанотехнологічні мембрани тощо. Якість сенсорної групи є визначальною для первинного сприйняття інформаційних квантів. Саме сучасні високі технології дали змогу матеріалізувати сенсорний сегмент з високою якістю сприйняття. Перетворення електричного сигналу на аналогову, а потім і на цифрову форму стало можливим завдяки застосуванню принципу цифрового опрацювання даних і збільшенню швидкості обробки інформаційних одиниць напівпровідниковими елементами обчислювальної техніки. Перетворення інформації на прийнятну для суб'єкта пізнавальної діяльності форму здійснено новими інформаційно-технологічними засобами у вигляді програмного коду, заснованого на досконалих алгоритмах і методиках подання й візуалізації інформації.

Як і будь-який новий засіб пізнавальної діяльності, цифрові вимірювальні лабораторії потребують і нових підходів до формування процесуальних засобів, націлених на їх використання суб'єктами пізнавальної діяльності в освітніх середовищах. Тобто виникає потреба у використанні комплексів як суб'єктами навчання, так і суб'єктами, які здійснюють навчальну діяльність, а отже, необхідною є наявність таких процесуальних засобів, які виконуватимуть функцію супроводу процесу модернізації цифрових лабораторій для обох типів суб'єктів пізнавальної діяльності. Саме брак останніх найчастіше призводив

до зниження якості функціонування освітніх середовищ (у силу їх фрактальних властивостей), забезпечених сучасними на момент формування матеріальними засобами пізнання.

Процесуальні засоби, створені для розвитку дослідницьких якостей суб'єктів пізнавальної діяльності з використанням цифрових вимірювальних комплексів, містять інтерактивні фрагменти, гіперпосилання на мережні ресурси й імплантовані зразки операцій вимірювання. У процесі їх формування увага концентрується на раціональному доборі сенсорів, дискретизації вимірювального процесу й умінні опрацювати отриманий обсяг інформації за допомогою програмного засобу. Зазначене формує нове (цифрове) мислення суб'єкта пізнавальної діяльності в ході виконання навчально-дослідницького завдання. Процесуальні засоби, спрямовані на суб'єктів, що здійснюють навчальну діяльність, доповнюються візуалізацією процесу використання цифрових лабораторій для демонстрації досліджуваних явищ, процесів і детальним описом можливостей усіх сегментів комплексу (опис сенсорної групи, опис технології постановки дослідження, опис роботи з програмним продуктом, опис інтерпретації отриманої інформації). Модернізація цифрових засобів пізнавальної діяльності реалізується через динамічний взаємозв'язок з ресурсами виробників (сайтами, базами даних, поновленнями програмних засобів опрацювання інформації тощо).

Навчальний центр Малої академії наук України спроектований відповідно до зазначених вище критеріїв. Його освітнє середовище має особливий STEM орієнтований сегмент – Лабораторію МАНЛаб [3], де реалізовано декілька навчальних середовищ. Одне з них – «Еспериментарій» – сфокусовано на розвитку дослідницьких якостей суб'єктів пізнавальної діяльності з використанням цифрових лабораторій. Його просторово-матеріальним складником є лабораторний комплекс з сучасним обладнанням і цифровими вимірювальними комплексами від компаній RHYWE і Fourier. Соціально-особистісний складник представлений учнями Малої академії наук України, які навчаються в очному й дистанційному режимі. Технологічно-процесуальний складник утворюють інтерактивні ресурси, розроблені в Лабораторії МАНЛаб [3], зокрема електронні документи лабораторної звітності – «флеш-зошити», кожен з яких може завантажуватися на термінал користувача й має інтерактивні елементи, гіперпосилання, імплантовані приклади отриманих результатів і технологічні карти виконання навчально-дослідницької роботи.

Особливістю технології навчання є відсутність паперової звітності, оскільки передбачено функціонування такого засобу як інтерактивний кабінет, через який здійснюється контакт з експертом предметної галузі навчання. Напрацьована база завдань на сьогодні стосується застосування цифрових лабораторій під час виконання навчально-дослідницьких робіт у галузі фізики, аналітичної хімії, енергетики, астрономії.

Наведемо приклад роботи навчально-дослідницького практикуму з енергетики, у якому використовуються можливості цифрового вимірювального комплексу «Einstein™».

**Тема роботи:** *Дослідження перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елемента Пельтьє.*

**Завдання роботи:**

1. Ознайомитись з теоретичною частиною роботи.
2. Дослідити процес перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елемента Пельтьє.
3. Визначити ККД перетворення.
4. Сформулювати висновки за результатами досліджень.

**Обладнання:** комплект RHYWE «Відновлювані джерела енергії»; елемент набірною вантажу; магнітний перемішувач; теплоізольована хімічна склянка; ПК з програмою «MiLab»; аналогово-цифровий перетворювач «Einstein™», датчики: напруги, струму, температури; з'єднувальні провідники (рис. 3).

**Теоретична частина**

Елемент Пельтьє – це термоелектричний перетворювач, принцип дії якого базується на ефекті Пельтьє – виникненні різниці температур під час перебігу електричного струму. В англійській літературі елементи Пельтьє позначаються TEC (від англ. Thermoelectric Cooler – термоелектричний охолоджувач).

Зворотний процес називається ефектом Зеебека. У кожній речовині електрони мають властивий для неї розподіл за енергіями, який характеризується рівнем хімічного потенціалу. У процесі контакту двох струмопровідних речовин їхні хімічні потенціали вирівнюються за рахунок перетікання частини електронів з однієї речовини в іншу.

За неоднакової температури контактів кількість електронів, які перетікають з одного провідника в інший і навпаки, різна, тож один з провідників стає зарядженим, що веде до появи електричного струму. У процесі контакту металів ефекти Зеебека й Пельтьє настільки малі, що ледь помітні на тлі омичного нагріву

та явищ теплопровідності. Тому в процесі практичного застосування використовується контакт двох напівпровідників. Елемент Пельтьє (рис. 4) складається з однієї або більше пар невеликих напівпровідникових паралелепіпедів –  $n$ - і  $p$ -типу (зазвичай телуриду вісмуту,  $Bi_2Te_3$  і германіду кремнію), що попарно з'єднані за допомогою металевих перемичок, які одночасно є термічними контактами та ізольовані непровідною плівкою або керамічною пластиною. Пари паралелепіпедів з'єднуються так, що утворюється послідовне з'єднання багатьох пар напівпровідників з різним типом провідності, так щоб вгорі були одні послідовності з'єднань ( $n - p$ ), а внизу – протилежні ( $p - n$ ). Електричний струм і тепло

перетікають послідовно через всі паралелепіпеди. Залежно від напрямку теплового потоку, верхні контакти набувають позитивного електричного потенціалу, а нижні – негативного або ж навпаки. Таким чином, потік теплової енергії через елемент Пельтьє створює різницю потенціалів на його вихідних контактах.

У цій роботі пропонується дослідити ефект Зеебека за допомогою елемента Пельтьє та визначити ККД процесу перетворення теплової енергії на електричну. Джерелом тепла є нагріте металеве циліндричне тіло (елемент набірного вантажу), а для охолодження пропонується використовувати теплоізольовану ємність з водою.

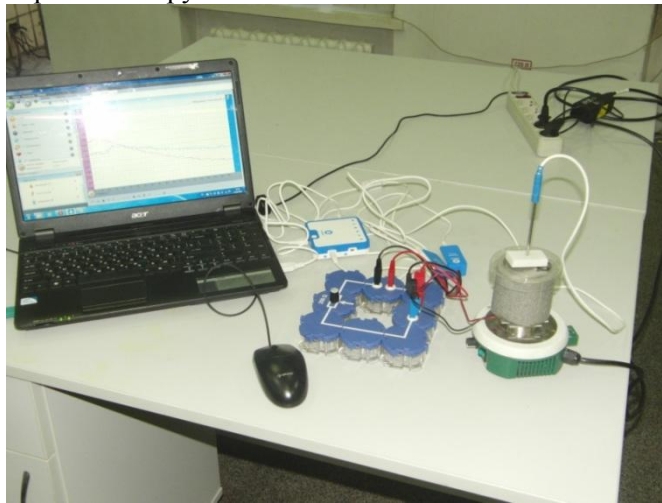


Рис. 3. Обладнання для дослідження перетворення теплової енергії на електричну

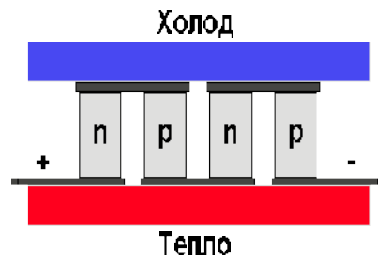
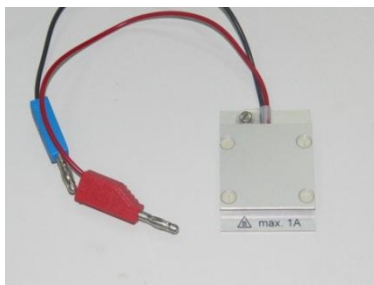


Рис. 4. Загальний вигляд і схема елемента Пельтьє

Тоді теплову енергію, яка проходить через елемент Пельтьє, можна визначити за формулою:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1), \quad (1)$$

де  $c$  – теплоємність води,  $c = 4200$  Дж/кг·К;  $m$  – маса води, кг;  $t_2$  і  $t_1$  – відповідно, кінцева й початкова температури води.

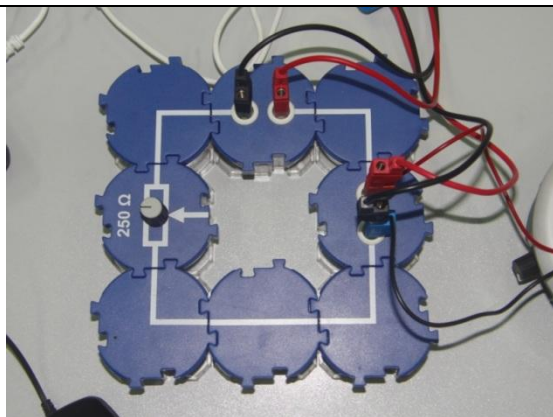
Електричну енергію  $E_E$ , вироблену елементом Пельтьє, пропонується визначити як інтеграл добутку напруги та сили електричного струму – електричної потужності за час дослідів – за допомогою інструментів MiLab.

ККД процесу перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елемента Пельтьє визначається за формулою:

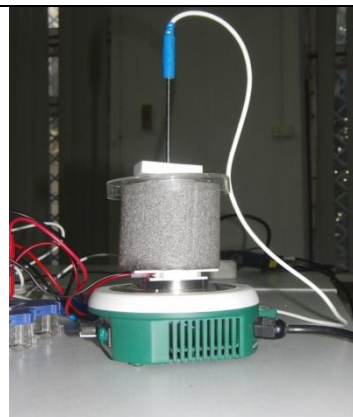
$$\eta = \frac{E_E}{Q} \cdot 100 \% \quad (2)$$

**Хід роботи**

1. З комплекту РНУВЕ «Відновлювані джерела енергії» зберіть схему (рис. 5, а) і під'єднайте до неї елемент Пельтьє.
2. До зібраної схеми під'єднайте датчики напруги (паралельно) і струму (послідовно).
3. Візьміть теплоізольовану склянку, налійте в неї 100 мл (0,1 кг) води, встановіть у її кришку датчик температури та закрийте.
4. Під'єднайте аналогово-цифровий перетворювач «Einstein™» до ПК.
5. З'єднайте датчики з аналогово-цифровим перетворювачем.



а



б

Рис. 5. а) Схема зовнішнього електричного кола навантаження елемента Пельтьє; б) розміщення елемента Пельтьє і теплоізолюваної склянки з водою.

6. Запустіть програму MiLab й переконайтеся, що датчики сили струму, напруги й температури автоматично розпізнані. Вимкніть решту датчиків, прибравши позначки (галочки) з відповідних клітинок.

7. Налаштуйте реєстратор:

– зайдіть у меню «Повні налаштування»;

– оберіть частоту замірів – «кожної секунди» й кількість замірів – 200.

8. Покладіть на магнітний перемішувач елемент набірною вантажу масою 100 г та ввімкніть його на нагрівання.

9. Нагрівайте вантаж упродовж 3–5 хв.

10. Вимкніть нагрівання перемішувача, покладіть елемент Пельтьє на вантаж надписом униз, а на елемент Пельтьє поставте теплоізолювану ємність з водою (рис. 5, б) і встановленим датчиком температури.

11. Натисніть у вікні програми кнопку «Старт», переконайтеся в початку запису даних і дочекайтеся закінчення.

12. Відкрийте нове вікно: зайдіть у меню «Робочий простір» і оберіть команду «Вікно графіка».

13. За допомогою курсора перенесіть графік зміни температури з часом (зі списку наборів даних у нижньому лівому куті) до нового вікна.

14. У новому вікні за допомогою курсора зчитайте початкову й кінцеву температури води в склянці; закрийте вікно.

15. У меню зайдіть у вкладці «Аналіз» – «Математичні функції» й оберіть функцію добутку.

16. Установіть перший множник – «Набір даних – напруга» і другий множник – «Набір даних – сила струму», натисніть Ок.

17. Відкрийте нове вікно: зайдіть у меню «Робочий простір» і оберіть команду «Вікно графіка».

18. За допомогою курсора перенесіть графік зміни добутку напруги й сили струму з часом (зі списку наборів даних у нижньому лівому куті) до нового вікна.

19. У новому вікні зайдіть у вкладці «Аналіз» – «Математичні функції» й оберіть функцію інтегрування.

20. Установіть підінтегральну функцію – «Набір даних – Добуток напруги та сили струму», натисніть Ок.

21. Ви маєте отримати другий графік у новому вікні.

22. Зчитайте з останнього графіку результат інтегрування, розмістивши курсор у його верхній частині. Результатом інтегрування буде енергія електричного струму в мДж, вироблена елементом Пельтьє впродовж проведення досліду.

#### Аналіз даних

1. Розрахуйте за формулою (1) теплову енергію, яку отримала вода в склянці через елемент Пельтьє.

2. Виразіть енергію, вироблену елементом Пельтьє, у Дж і за формулою (2) обчисліть ККД перетворення.

3. Сформулюйте висновок щодо ефективності процесу перетворення теплової енергії на електричну за допомогою елементів Пельтьє.

#### Таблиця результатів

$m = 0,1 \text{ кг}$

$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$Q, \text{ Дж}$	$E_e, \text{ Дж}$	$\eta, \%$

Висновки. Використання сучасних засобів навчання є ключовим формувальним фактором освітніх середовищ, зорієнтованих на виконання навчальних завдань, пов'язаних з самостійними дослідженнями учнів, що є фундаментом світової педагогічної практики. З огляду на проведений теоретичний аналіз, а також спираючись на практичне впровадження технології STEM орієнтованого навчання в освітньому середовищі НЦ МАНУ, з використанням цифрових вимірювальних комплексів, можемо дійти висновку про доцільність поширення згаданої практики на систему загальної середньої та спеціальної освіти, що має знайти відповідне відображення в освітній доктрині України.



Список використаних джерел

1. Баксічева І. С. Взаємодія людини-природи-суспільства у шкільному курсі фізики [Електронний ресурс] / Баксічева І. С., Ігнатенко В. А., Кнорозок Л. М. // Вісник Чернігівського нац. пед. ун-ту. Пед. науки. – 2013. – Вип. 109. – С. 18–21. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP\\_2013\\_109\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VchdpuP_2013_109_6) (27. 03. 2016).
2. Гриб'юк О. О. Дослідницька діяльність на уроках математики з використанням системи GeoGebra [Електронний ресурс] / О. О. Гриб'юк, В. Л. Юнчик // Електронна бібліотека НАПН України – електронне наукове фахове видання. – Режим доступу до статті : [http://lib.iitta.gov.ua/26675/1/hrybiuk-yunchuk\\_naukovamolod-2015.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/26675/1/hrybiuk-yunchuk_naukovamolod-2015.pdf) (27. 03. 2016).
3. Лабораторія МАНЛаб [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://manlab.inhost.com.ua> (27. 03. 2016).
4. Прокопенко А. Актуальні питання інтеграції інформаційних і комунікаційних технологій у навчання [Електронний ресурс] / Прокопенко А., Олійник Т., Чеботова Я. // Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем [сайт]. – Режим доступу : <http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/ITEA-13/ITEA-13.doc> (27. 03. 2016).
5. Седов В. С. Інформаційно-комунікаційні технології як каталізатор змін компетентності викладача [Електронний ресурс] / В. С. Седов // Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 20 серпня 2015 р. — Режим доступу до статті : <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/8/8#.VvL-xxMvnoJ> (27. 03.2016).
6. Сліпухіна І. А. Дослідницька діяльність студентів у контексті використання наукового й інженерного методів / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Вища освіта України: Теоретичний та науково-методичний часопис. – № 3. – Додаток 1: Інтеграція вищої освіти і науки. – Київ, 2015. – С. 216–225.
7. Чернецький І. С. Технологічна компетентність майбутнього інженера: формування і розвиток у комп'ютерно інтегрованому лабораторному практикумі з фізики [Електронний ресурс] / І. С. Чернецький, І. А. Сліпухіна // Information Technologies and Learning Tools – електронне наукове фахове видання. – К. : ПТЗН НАПН України. – 2013. – Т. 38. – № 6. – Режим доступу до статті : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/952#.UurcSm6ccZk> (27. 03.2016).
8. Чернецький І. С. Цифрові вимірювальні комплекси – засіб розвитку дослідницьких якостей суб'єктів пізнавальної діяльності / Чернецький І. С., Сліпухіна І. А., Меняйлов С. М. // Наук. часопис Нац. пед. ун-ту ім. М. П. Драгоманова. – Сер. № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи: зб. наук. праць; за ред. В. Д. Сиротюка. – К. : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2013. – Вип. 40. – С. 259–269.
9. Elaine J. Hom What is STEM Education? / J. Elaine // LiveScience Contributor; February 11, 2014 [Electronic Resource]. – Mode of access : (27. 03.2016).
10. Resources for STEM Education [Electronic Resource]. – Mode of access : <http://www.nsfresources.org/home.cfm> (27. 03.2016).
11. STEM Education Coalition [Electronic Resource]. – Mode of access : <http://www.stemedcoalition.org> (27. 03.2016).
12. Teaching Advanced Physics [Electronic Resource]. – Mode of access : <http://tap.iop.org> (27. 03.2016).
13. The Physics Front: Physics and Physical Science Teaching Resources [Electronic Resource]. – Mode of

References

1. Baksicheva, I. S., Ihnatenko, V. A., Knorozok, L. M. (2013). The interaction of man-nature-society in the school physics course. *Visnyk Chernihivskoho Natsionalnoho Pedahohochnoho Universytetu*. Pedagogical Sciences, vol. 109, 18–21. Retrieved from : [http://nbuv.gov.ua/ujrn/vchdpup\\_2013\\_109\\_6](http://nbuv.gov.ua/ujrn/vchdpup_2013_109_6) [in Ukrainian]
2. Hryb'yuk, O. A., Yunchyk, V. L. (2015). *Research activities in mathematics lessons with the use of GeoGebra*. Library NAPS Ukraine: Electronic scientific specialized edition. Retrieved from : [http://lib.iitta.gov.ua/26675/1/hrybiuk-yunchuk\\_naukovamolod-2015.pdf](http://lib.iitta.gov.ua/26675/1/hrybiuk-yunchuk_naukovamolod-2015.pdf) [in Ukrainian]
3. *Laboratory MANlab*. Retrieved from : <http://manlab.inhost.com.ua> [in Ukrainian]
4. Prokopenko, A., Oleinik, T., Chebotova, Ya. (2013). *The integration of ICT in teaching*. Retrieved from International research and training centre for information technologies and systems website : <http://www.irtc.org.ua/dep105/publ/ITEA-13/ITEA-13.doc> [in Ukrainian]
5. Sedov, V. S. (2015). ICT as a catalyst for change teacher competence. *Open educational e-environment of a modern university: International Scientific and Practical Conference*, August 20. Retrieved from : <http://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/8/8#.VvL-xxMvnoJ> [in Ukrainian]
6. Slipukhina, I. A., Chernetskyi, I. S. (2015). Research activities of students in the context of scientific and engineering methods. *Vyshcha osvita v Ukraine: teoretychnyi i metodychnyi chasopys*, 3, app. 1, 216-225. [in Ukrainian]
7. Chernetskyi, I. S., Slipukhina, I. A. (2013). The technological competence of an engineer: the formation and development of computer integrated laboratory work in physics. *Information Technologies and Learning Tools : Electronic scientific specialized edition*, Vol. 38, № 6. Retrieved from : <http://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/952#.UurcSm6ccZk> [in Ukrainian]
8. Chernetskyi, I. S., Slipukhina, I. A., Menyaylov, S. M. (2013). Digital measuring systems – a tool for research qualities of cognitive activity. *Scientific Journal of the National Pedagogical Dragomanov University*, 40, 259-269. [in Ukrainian]
9. Elaine, J. Hom. (2014). *What is STEM Education?* LiveScience Contributor February 11. Retrieved from : <http://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html> [in English]
10. *Resources for STEM Education*. Retrieved from : <http://www.nsfresources.org/home.cfm> [in English]
11. *STEM Education Coalition*. Retrieved from : <http://www.stemedcoalition.org/> [in English]
12. *Teaching Advanced Physics*. Retrieved from : <http://tap.iop.org/> [in English]
13. *The Physics Front : Physics and Physical Science Teaching Resources*. Retrieved from : <http://www.thephysicsfront.org/search/browse.cfm?browse=GSSS> [in English]
14. Willona, M. Sloan. (2012). *Teaching and Learning Resources for STEM Education*. Education Update, Vol. 54, № 2, Retrieved from : <http://www.ascd.org/publications/newsletters/education-update/feb12/vol54/num02/Teaching-and-Learning-Resources-for-STEM-Education.aspx> [in English]

- access : <http://www.thephysicsfront.org/search/browse.cfm?browse=GSSS> (27. 03.2016).
14. Willona M. Sloan Teaching and Learning Resources for STEM Education [Electronic Resource]// M. Willona / EducationUpdate February, 2012. – Vol. 54. – Number 2. – Mode of access : <http://www.ascd.org/publications/newsletters/education-update/feb12/vol54/num02/Teaching-and-Learning-Resources-for-STEM-Education.aspx> (27. 03.2016).

**Рецензент:** Троїцька Т.С. – д.філософ.н., професор

**Відомості про автора:**

**Сліпухіна Ірина Андріївна**

slipukhina@i.ua

Національний авіаційний університет

пр.-т Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна;

**Чернецький Ігор Станіславович**

manlabkiev@gmail.com

Національний центр «Мала академія наук України»

вул. Мельникова, 63, м. Київ, 04111, Україна

doi: <http://dx.doi.org/10.7905/nvmdpu.v0i16.1411>

*Матеріал надійшов до редакції 30. 03. 2016 р.*

*Прийнято до друку 27.04.2016 р.*