

*Навчальне видання*

**АНДРЕЄВ Андрій Миколайович**  
**АНДРЕЄВА Олена Андріївна**

**ТЕХНОЛОГІЯ СУПРОВОДЖЕННЯ УЧНІВ  
ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ STEM-ПРОЄКТІВ**

Навчально-методичний посібник

|                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| Верстка              | <i>Н. Ковальчук</i> |
| Обкладинка           | <i>В. Савельєва</i> |
| Технічне редагування | <i>О. Гринюк</i>    |



Підписано до друку 19.03.2025 р.  
Формат 60х84/16. Папір офсет.  
Цифровий друк. Гарнітура Liberation.  
Ум. друк. арк. 7,32 Наклад 300.  
Замовлення № 0225-008.

Видавництво та друк: Олді+  
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua  
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.  
Замовлення книг:  
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33  
e-mail: book@oldiplus.ua



**Андрій Андрєєв, Олена Андрєєва**

# **ТЕХНОЛОГІЯ СУПРОВОДЖЕННЯ УЧНІВ ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ STEM-ПРОЄКТІВ**

**Навчально-методичний посібник**

**Одеса • 2025 • Олді+**



**Рецензенти:**

**В. В. Вербицький** – доктор педагогічних наук, професор, директор Національного еколого-натуралістичного центру учнівської молоді Міністерства освіти і науки України;

**В. В. Химинець** – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри педагогіки, психології та освітнього менеджменту Закарпатського інституту післядипломної педагогічної освіти, заслужений винахідник України;

**Л. В. Васильченко** – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри дидактики та методик навчання природничо-математичних дисциплін Комунального закладу «Запорізький обласний інститут післядипломної педагогічної освіти» Запорізької обласної ради

Рекомендовано до друку Вченою радою  
КЗ «Запорізький обласний інститут післядипломної  
педагогічної освіти» Запорізької обласної ради  
(протокол № 1 від 30.01.2025 р.)

**Андрєєв А. М.**

A65    Технологія супроводження учнів під час створення інноваційних STEM-проектів: навчально-методичний посібник / Андрій Андрєєв, Олена Андрєєва. – Одеса : Олді+, 2025. – 126 с.

ISBN 978-966-289-964-1

У посібнику висвітлено психолого-педагогічні засади супроводження учнів під час виконання інноваційних STEM-проектів в умовах Нової української школи. Сформульовано поняття інноваційного STEM-проекту та розглянуто основні складові авторської технології супроводження учнів під час створення таких проектів. Наведено результати апробації технології, що засвідчують її ефективність. Складові технології проілюстровано прикладами інноваційних STEM-проектів учнів, що були виконані під керівництвом авторів. Посібник також містить широкий спектр творчих завдань та їх розв'язки, що були реалізовані у процесі пошукової діяльності учнів й перемогли на всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах.

Посібник буде особливо корисним для вчителів закладів загальної середньої освіти (зокрема, природничо-математичного циклу), керівників гуртків закладів позашкільної освіти, STEM-лабораторій, а також для здобувачів вищої освіти педагогічних спеціальностей (майбутніх учителів фізики, астрономії, хімії, біології, математики, природничих наук, технологій тощо).

У 2024 році авторська технологія організації творчого середовища для виконання учнями інноваційних STEM-проектів була відзначена золотою медаллю на XVI Міжнародній виставці «Інноватика в сучасній освіті».

УДК 373.5.091.313:[373.5-042.4:004](075.8)

# Зміст

|                                            |          |
|--------------------------------------------|----------|
| <b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ</b> . . . . . | <b>5</b> |
|--------------------------------------------|----------|

|                            |          |
|----------------------------|----------|
| <b>ПЕРЕДМОВА</b> . . . . . | <b>6</b> |
|----------------------------|----------|

|                                                                                |          |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>РОЗДІЛ 1</b>                                                                |          |
| <b>ІННОВАЦІЙНІ STEM-ПРОЄКТИ ЯК АКТУАЛЬНИЙ</b>                                  |          |
| <b>НАПРЯМ ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ УЧНІВ</b>                                       |          |
| <b>У КОНТЕКСТІ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ</b> . . . . .                           | <b>8</b> |
| 1.1 STEM-підхід у сучасній освіті . . . . .                                    | 8        |
| 1.2 Інноваційні STEM-проекти учнів . . . . .                                   | 10       |
| 1.3 Творчі продукти учнів як результат інноваційних<br>STEM-проектів . . . . . | 21       |

|                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>РОЗДІЛ 2</b>                                                                        |           |
| <b>СКЛАДОВІ СУПРОВОДЖЕННЯ УЧНІВ</b>                                                    |           |
| <b>ПІД ЧАС СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ STEM-ПРОЄКТІВ</b> . . . .                            | <b>34</b> |
| 2.1 Основні етапи виконання інноваційних<br>STEM-проектів . . . . .                    | 34        |
| 2.2 Виявлення проблеми для інноваційного<br>STEM-проекту . . . . .                     | 44        |
| 2.3 Формулювання творчого завдання<br>для майбутнього дослідження . . . . .            | 51        |
| 2.4 Розвиток в учнів здатності до пошуку ідеї<br>розв'язку творчого завдання . . . . . | 65        |
| 2.5 Особливості дослідження розв'язку<br>творчого завдання . . . . .                   | 75        |
| 2.6 Складові успішного представлення проекту<br>на творчих конкурсах . . . . .         | 87        |
| 2.7 Організація творчого середовища для виконання<br>учнями STEM-проектів . . . . .    | 94        |

## **РОЗДІЛ 3**

### **АПРОБАЦІЯ АВТОРСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЇ . . . . . 102**

3.1 Особливості впровадження технології . . . . . 102

3.2 Результативність авторської технології . . . . . 104

### **ДОДАТКИ . . . . . 121**

# Перелік умовних позначень

**ЗНУ** – Запорізький національний університет

**ЕГ** – експериментальна група

**МАН України** – Мала академія наук України

**НУШ** – Нова українська школа

**STEM** – акронім від англійських слів: Science, Technology, Engineering, Mathematics

**STEAM** – акронім від англійських слів: Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics

**STREAM** – акронім від англійських слів: Science, Technology, Reading + WRiting, Engineering, Arts, Mathematics

# Передмова

Майбутнє України залежить від розв'язання проблеми виховання значної кількості молодих людей – інноваторів та винахідників, здатних на основі набутих здібностей до інноваційного мислення розв'язувати нові завдання. Оскільки духовно-культурні запити сучасної України можуть задовольнятися лише на міцному підґрунті розвиненої науки й виробництва, особливо значна кількість нових завдань очікується саме в науково-технічній сфері.

У Концепції НУШ зазначається про необхідність формування навичок наукової діяльності та винахідництва. Інноваційність та основні компетентності у галузі природничих наук, техніки і технологій належать до ключових компетентностей. Ці завдання дозволяє розв'язати STEM-освіта, завдяки залученню учнів до інноваційної діяльності. Проте учнівські творчі проекти – результат роботи не лише самих школярів. Велика роль у створенні цих проектів належить творчому середовищу, особливо якщо учнівські дослідження передбачають уміння розв'язувати нетипові практичні задачі та мають елементи новизни. Отже, завданням STEM-педагога є організація творчої взаємодії між суб'єктами такого середовища. Таке завдання може успішно здійснювати педагог, який сам є зацікавленим вчителем та може мотивувати учнів до творчого пошуку.

У посібнику на основі науково-методичних досліджень авторів та багаторічного (понад 20 років) досвіду керівництва творчою діяльністю учнів висвітлено психолого-педагогічні засади їх супроводження під час виконання інноваційних STEM-проектів. Видання містить приклади інноваційних STEM-проектів учнів; широкий спектр творчих завдань та їх розв'язки, що були реалізовані у процесі пошукової діяльності учнів й перемогли на всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах; приклади творчої

продукції учнів: діючі моделі та макети пристроїв, постери, фрагменти презентацій, зразки публікацій (статті та патенти), посилення на відеоматеріали та ін.

Посібник буде особливо корисним для вчителів закладів загальної середньої освіти (зокрема, природничо-математичного циклу), керівників гуртків технічного спрямування закладів позашкільної освіти, STEM-лабораторій, здобувачів вищої освіти педагогічних спеціальностей (майбутніх учителів фізики, астрономії, хімії, біології, математики, природничих наук, технологій тощо).

# Розділ 1

## Інноваційні STEM-проєкти як актуальний напрям освітньої діяльності учнів у контексті Нової української школи

### 1.1 STEM-підхід у сучасній освіті

*Розглянемо суть STEM-підходу та його роль у сучасній освіті. Наведемо складові STEM-компетентності як необхідної якості майбутніх фахівців, яку можна формувати під час виконання учнями дослідницьких проєктів*

У Концепції «Нова українська школа» [1] визначено, що природничо-математична освіта (STEM-освіта: S – Science, T – Technology, E – Engineering, M – Mathematics) має стати ключовим напрямом розвитку освітньої галузі. Ця концепція реалізується у творчому середовищі освітнього процесу та спрямована на популяризацію серед молоді вкрай необхідних STEM-професій. STEM-підхід в освіті визначає характерні особливості відповідної дидактики, суть якої виявляється у поєднанні міждисциплінарних практико орієнтованих підходів для формування життєво необхідних компетентностей здобувачів освіти [2]. Також STEM-підхід може охоплювати й творчі, мистецькі дисципліни (Arts), що розширює підхід STEM до STEAM. Підхід STREAM додатково акцентує увагу на читанні і написанні як важливих складників критичного мислення та творчості. STREAM-проєкти передбачають не лише отримання творчого

продукту, але й його описову частину (зокрема, науково-дослідницькі роботи, статті, патенти тощо).

У результаті STEM-підходу випускники закладів загальної середньої освіти мають набути *STEM-компетентність* – «здатність особистості застосовувати знання та вміння, пов'язані з предметами STEM, належним чином у своєму повсякденному житті, на робочому місці чи в освіті для ефективного виконання технічних чи професійних задач» [2]. Складовими STEM-компетентності є: когнітивні навички (зокрема, здатність до навчання, критичне, креативне мислення); обробка інформації, аналіз та інтерпретація даних; інженерне мислення; науково-дослідницькі навички; алгоритмічне мислення та цифрова грамотність; дизайн-мислення; психомоторні навички; комунікаційні навички. Педагог може формувати цю компетентність у процесі виконання учнями *STEM-проектів*, які передбачають організацію творчого пошуку школярів з певної проблеми у галузі STEM. Часто такі проекти є міждисциплінарними, вони потребують використання знань з різних навчальних предметів.

Особисті спостереження авторів та статистичні дані, наведені зокрема, Л. Сущенко [3], свідчать про те, що, обираючи галузь для досліджень, щороку найбільша кількість дітей надає перевагу філології та мистецтвознавству, а найменша – фізиці, астрономії та технічним наукам. Це пов'язано насамперед з тим, що науково-дослідницька діяльність учнів у галузі STEM спрямована на розв'язання комплексної задачі винахідницького чи дослідницького спрямування та потребує сформованості широкого спектра знань та вмінь учнів. Під час виконання учнями такої діяльності STEM-педагог має здійснювати відповідний супровід – багатокомпонентну діяльність, якій і буде присвячена авторська технологія.

## Висновок

На сьогодні STEM-підхід є пріоритетним напрямом освіти в Україні. Його важливими перевагами є можливість залучення учнів до розв'язування практичних проблем у широкій міждисциплінарній



предметній галузі. Виконання STEM-проектів дозволяє формувати в учнів якості інноватора та дослідника, а також сприяє популяризації галузей STEM.

### Література

1. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи. URL: <http://surl.li/hoHa> (дата звернення: 15.04.2024).
2. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : Розпорядження Кабінету міністрів України від 05.08.2020 р. № 960-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (дата звернення: 31.08.2024).
3. Суценько Л. О. Зміст і специфіка організації дослідницько орієнтованої практики майбутніх педагогів у просторі Малої академії наук України. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. 2015. № 1 (45). С. 363–371.

## 1.2 Інноваційні STEM-проекти учнів

*Висвітливо суть поняття інноваційного STEM-проекту, а також розглянемо спектр всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсів науково-технічного спрямування, які заохочують учнів до творчого пошуку та є формою апробації його результатів*

**Поняття інноваційного STEM-проекту.** З метою формування в учнів якостей інноваторів та винахідників перспективним напрямком роботи стає залучення учнів до виконання інноваційних STEM-проектів. Роботу над інноваційним STEM-проектом вважаємо різновидом освітньої діяльності учня, що організовується STEM-педагогом та має особливості, що притаманні проектній та інноваційній діяльності, результатом якої є створення творчого продукту,

що має елементи новизни. Творчі продукти, створені учнями (діючі моделі, макети, постери, презентації, демонстрації тощо), потребують відповідного оформлення, а отже під час учнівської творчості буде доречним врахування елементів мистецької компетентності (зокрема, вміння застосовувати дизайнерські рішення, навички естетичного оформлення та ін.). Це обумовлює доцільність розширення підходу STEM до STEAM (A – Art), адже доповнює його шляхом залучення до розв’язання практичних завдань гуманітарних, творчих, мистецьких та інших дисциплін. Отже, інноваційна діяльність учнів старшої школи має бути організована на основі STEAM-підходу, що поєднуватиме в собі творчість та дослідницьку діяльність.

Успішне виконання інноваційних STEM-проектів передбачає не лише розуміння етапів виконання цих проектів, але й створення відповідного *творчого середовища*, що об’єднує всіх учасників навколо особистості учня (групи учнів). Тому особливе місце в організації проектної діяльності відводиться вмінню STEM-педагога забезпечити творчу взаємодію між суб’єктами освітнього середовища, що сприяє розвитку в учнів умінь розв’язувати нетипові практичні задачі. Долучати учнів до виконання STEM-проектів можна як безпосередньо на уроках (нестандартні уроки, предметні тижні, факультативи тощо), так і під час позаурочної роботи (зокрема, у закладах позашкільної освіти).

З метою заохочення учнів до виконання STEM-проектів, а також апробації їх результатів, передбачено широкий спектр всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсів STEM-спрямування: Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН, Всеукраїнський конкурс винахідницьких і раціоналізаторських проектів еколого-натуралістичного напрямку, Всеукраїнський конкурс молодіжних науково-технічних проектів “InventorUA”, Всеукраїнський конкурс молодіжних проектів з енергозбереження «Енергія і середовище», Всеукраїнський конкурс «Енергоефективність та екологія для школярів», Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів – Regeneron International Science and Engineering Fair, Міжнародна олімпіада проектів на тему «Покращення довкілля» – International Sustainable World (Energy, Engineering,

Environment) Project Olympiad, Міжнародний конкурс «Стокгольмський юнацький водний приз» – Stockholm Junior Water Prize тощо. Перелік таких конкурсів можна продовжувати (рис. 1.1).



а)

б)

**Рис. 1.1. Участь учнів у всеукраїнських конкурсах STEM-спрямування:**

а) презентація винаходів під час державного етапу конкурсу МАН (Денис Котов з проектом «Хвильова енергетична установка», м. Київ, 2013);

б) команда Запорізької області – переможець Всеукраїнського конкурсу винахідницьких і раціоналізаторських проектів: Кирило Коровін, Зоя Курмак, Андрій Куземко (м. Київ, 2006)

Робота над інноваційним STEM-проектом є складною багатокомпонентною діяльністю, її ефективність залежить від організації педагогічного супроводу – взаємодії між вчителем (науковим керівником) та учнями на основних етапах творчої діяльності.

Міжнародні творчі конкурси STEM-спрямування. Розглянемо особливості участі у найвідоміших міжнародних конкурсах, у яких брали участь учні нашої ЕГ із своїми проектами [1, с. 408].

Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів – *Regeneron International Science and Engineering Fair (Regeneron ISEF)*. Цей конкурс існує вже півстоліття, його попередня назва *Intel ISEF* була пов'язана з корпорацією Intel – провідним світовим виробником інноваційних напівпровідникових компонентів [2]. Міжнародний фінал конкурсу щороку проводиться у США (кожного разу в іншому штаті). Його учасники – переможці Національних етапів конкурсу з понад 60 країн світу, загалом приблизно 1500 осіб. Юні

дослідники та винахідники демонструють на конкурсі найсучасніші наукові проекти, обмінюються ідеями та виборюють численні премії, призи та стипендії. Захист робіт перед членами журі та учасниками проходить відкрито – у вигляді стендової доповіді (постерний захист). Роботи, представлені на конкурс, можуть бути виконані індивідуально або командно (2–3 учні). Усі проекти мають висвітлювати результати наукових досліджень або практичних розробок, виконаних у будь-який період останнього року. Наша країна стала учасницею конкурсу в 2004 р.

Національним етапом *Regeneron ISEF* є Всеукраїнський науково-технічний конкурс «Еко-Техно Україна». Установою-організатором першого частини цього конкурсу – «Еко-Україна» є Національний еколого-натуралістичний центр учнівської молоді МОН України. Цей освітній заклад є позашкільною установою, що проводить навчально-виховну, методичну та науково-дослідну роботу в галузі біологічної, екологічної, аграрної освіти учнівської молоді. Другу частину конкурсу – «Техно-Україна» проводить Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». Всеукраїнський науково-технічний конкурс «Еко-Техно Україна» щорічно проходять у Києві. Його метою є всебічна підтримка обдарованої молоді України, активізація та модернізація змісту науково-дослідної, пошукової, експериментальної та практичної діяльності учнів, впровадження інноваційних освітніх методів і технологій в освітній процес.

У конкурсі *Regeneron ISEF* можуть брати участь учні 9–11 класів та студенти за умови, що їм не виповнилося 20 років на момент проведення міжнародного етапу конкурсу. Важливо, що при визначенні переможців національного етапу конкурсу враховується не лише науковий рівень представлених розробок, але й ті особистісні якості молодих дослідників, що підвищують шанси на успішний виступ у міжнародному фіналі. Серед них: презентаційні та комунікаційні навички, логічне мислення, володіння англійською мовою.

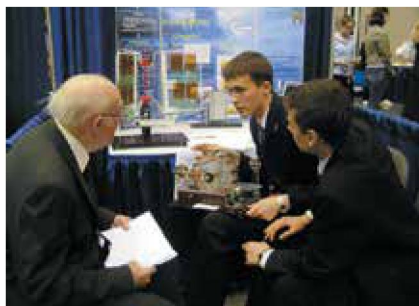
Всеукраїнський конкурс «Еко-Україна» має, зокрема, такі категорії: науки про тварин (ANIM); науки про рослини (PLNT); поведінкові та соціальні науки (BEHA); біомедичні та медичні науки



(BMED); клітинна та молекулярна біологія (CELL); трансляційна медична наука (TMED); мікробіологія (MCRO); біохімія (BCHM); хімія (CHEM); науки про Землю та навколишнє середовище (EAEV); інженерія навколишнього середовища (ENEV).

Категоріями конкурсу «Техно-Україна» є такі: біомедична інженерія (ENBM); обчислювальна біологія та біоінформатика (CBIO); вбудовані системи (EBED); енергетика: стійкі матеріали та дизайн (EGSD); інженерна технологія: статика та динаміка (ETSD); матеріалознавство (MATS); математика (MATH); фізика та астрономія (PHYS); робототехніка та інтелектуальні машини (ROBO); системне програмне забезпечення (SOFT); технологія покращує мистецтво (TECA).

Особливістю представлення робіт на конкурсі *Regeneron ISEF* є стендова презентація результатів (портерний захист) (рис. 1.2). При цьому учасники можуть використовувати діючі моделі або макети своїх розробок. У міжнародному фіналі цього конкурсу команди представників нашої ЕГ брали участь тричі. Зокрема, у 2006 році команда учнів, у складі Романа Левіна, Євгена Зайцева та Максима Дмитренка (Запорізька гімназія № 28) виступила в США (м. Індіанаполіс, штат Індіана) з проектом «Вітроенергетична установка з автоматичною стабілізацією робочих параметрів». У цій роботі була запропонована конструкція вітроустановки, що мала покращені, характеристики (підвищені коефіцієнти використання енергії вітрового потоку,



**Рис. 1.2.** Постерний захист на міжнародному етапі *Intel ISEF–2006* команди учнів у складі: Романа Левіна, Євгена Зайцева та Максима Дмитренка (м. Індіанаполіс, штат Індіана, США)

зниженні витрати енергії у передавальних ланках, знижені мас-габаритні характеристики, надійність у роботі тощо).

Міжнародна олімпіада проєктів на тему «Покращення довкілля» – *International Sustainable World (Energy, Engineering, Environment) Project Olympiad (I-SWEEEP)*. Конкурс I-SWEEEP проводиться з 2008 р. У ньому представлені розробки в галузі енергозберігаючих технологій та збереження навколишнього середовища. Захід організовано корпорацією *Cosmos Foundation*, некомерційною освітньою організацією міста Хьюстон (штат Техас, США). У цьому ж місті щорічно відбувається фінальний етап конкурсу [1].

Тематичний напрям конкурсу I-SWEEEP пов'язаний з «трьома Е» (від трьох слів *Energy, Engineering, Environment*): сталий розвиток світу та збереження навколишнього середовища можливі лише завдяки екологічно-чистим енергетичним технологіям. Відповідно до цієї тематики конкурс має три категорії: енергозберігаючі технології; інженерія; довкілля. Кожна з них складається з підкатегорій. Зокрема, у категорії «Енергозберігаючі технології» окремо виділено такі секції: поновлювані джерела енергії; невідновлювані джерела енергії; біоенергетика; технології «чистої» енергії; енергоефективні технології; енергозбереження; використання енергії.

Учасники конкурсу розподіляються на дві вікові категорії: юніорська – учні американських шкіл 6–8 класів; старша – учні американських шкіл та учні інших країн світу 9–12 класів. Особливу увагу при оцінюванні учнівських проєктів журі конкурсу I-SWEEEP (зазначається у аналітичній доповідній, присвяченій результатам участі представників нашої ЕГ у міжнародному етапі конкурсу у 2010 р., що була розміщена на сайті Національного еколого-натуралістичного центру учнівської молоді) звертають на такі аспекти, які керівник проєкту може використовувати як важливі вимоги до змісту й організації інноваційної діяльності учнів у позаурочній роботі:

1. Творчий підхід до розв'язання поставленої проблеми (оригінальність технічного рішення, експерименту тощо).
2. Наявність у роботі наукових методів дослідження. (Чи зрозуміло визначена проблема? Чи використовувалась наукова література? Чи описана методика проведення експерименту?)

Чи можна вважати результати роботи обґрунтованими? Чи були визначені й оцінені джерела похибок? Чи визначено подальші напрями розвитку проекту?)

3. Докладність дослідження. (Чи були завершені всі стадії експерименту? Чи наявна проектна книга з записами, зробленими під час дослідження?)
4. Розвиток дослідницьких вмінь. (Де і як проведено експеримент? За допомогою якого обладнання? Чи працював учасник у спеціалізованій лабораторії? Чи проект виконано самостійно? Якщо допомога була, то в чому полягав особистий внесок учня?)
5. Презентаційні навички доповідача.
6. Суспільна корисність проекту.

Культурно-виховна складова *I-SWEEP* є доволі насиченою. Конкурсанти мають нагоду відвідати: Музей природничих наук; низку науково-дослідних установ, що працюють у галузях енергетики та геології нафти й газу; Космічний Центр імені Л. Джонсона (на честь экс-президента США, уродженця Техасу, Ліндона Джонсона) – центр NASA з розробки космічних кораблів, навчання астронавтів, підготовки, управління та контролю космічними польотами (рис. 1.3). У цьому центрі можна побачити макети космічних апаратів;



а)



б)

**Рис. 1.3. Космічний Центр NASA імені Л. Джонсона:**  
а) у кабіні космічного корабля; б) навчання астронавтів

колишній та діючий Центри управління польотами; лабораторію, у якій астронавти готуються до майбутніх місій.

Міжнародний конкурс «Стокгольмський юнацький водний приз» – *Stockholm Junior Water Prize (SJWP)*. Конкурс *SJWP* проводиться з 1997 р. Він має два етапи: національний і міжнародний [4]. Міжнародний етап відбувається у Стокгольмі (Швеція) у межах Світового водного тижня за безпосередньої участі королівської родини (дипломи під час урочистого закриття конкурсу вручає її Королівська Високість Принцеса Вікторія). Основною метою конкурсу є сприяння дослідженням учнівської молоді в галузі розв’язання проблем збереження та раціонального використання водних ресурсів. У заході беруть участь індивідуальні або командні проекти (до трьох учасників), присвячені раціональному використанню води, забезпеченню суспільства якісною питною водою, мінімізації водоспоживання у всіх галузях народного господарства, збереженню та поліпшенню якості води, керуванню водними ресурсами, їх захисту тощо. Важливо, що за умовами конкурсу *SJWP* проекти мають містити техніко-інноваційне рішення. Переможець фінального етапу конкурсу *SJWP* нагороджується кубком – блакитною кришталевою краплею та грошовою премією (рис. 1.4).



а)



б)

**Рис. 1.4. Відзначення команди-фіналіста Міжнародного етапу конкурсу науково-технічної творчості *SJWP–2006* (Швеція, м. Стокгольм, 2006 р.):**

*а) крапля-кубок «Медіум»; б) прийом у посольстві Швеції в Україні*



У 2006 році команда учнів ЕГ, Роман Левін та Максим Дмитренко, представили на міжнародному фіналі конкурсу проєкт «Установка для електроочищення промислових стічних вод із екологічно чистим невичерпним джерелом живлення» (рис. 1.5).



**Рис. 1.5. Установка для очистки стічних вод (патент України № 11039U):**  
а) макет; б) діюча модель

Міжнародна Варшавська виставка-ярмарок розробок винахідників та раціоналізаторів – International Warsaw Invention Show (IWIS). Цей щорічний захід проходить у м. Варшава (Польща) за підтримки агентства промислового розвитку Польщі, Міжнародної організації інтелектуальної власності та Міжнародної федерації асоціацій винахідників [3]. У конкурсі беруть участь винахідники з різних країн. Серед них також є представники творчої молоді – студенти та учні (рис. 1.6). Основні напрями роботи виставки IWIS пов'язані з демонстрацією останніх досягнень у галузях захисту навколишнього середовища, екології, енергозбереження тощо.

У зв'язку з пандемією COVID-19 та воєнним станом в країні, формат проведення міжнародних та всеукраїнських конкурсів було змінено на дистанційний або змішаний. Наприклад, наш вихованець Андрій Семененко (Запорізький багатопрофільний

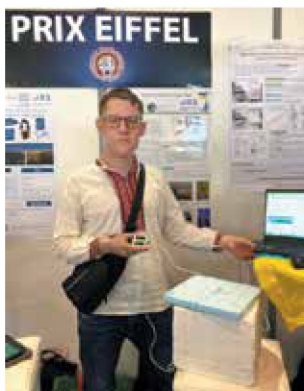


**Рис. 1.6. Вадим та Владислав Тернові – переможці Міжнародної Варшавської виставки-ярмарку розробок винахідників та раціоналізаторів – 2012 (Польща, м. Варшава, 2012 р.)**

ліцей № 99) впродовж 2020–2021 років переміг у низці міжнародних конкурсів:

- Міжнародна виставка інновацій «E-INNOVATE» (Польща, 2021) – золота медаль;
- Міжнародний конкурс винаходів та інновацій «iCAN» (Канада, 2021) – срібна медаль;
- Міжнародний конкурс винаходів та інновацій «PRIX EIFFEL» (Франція, 2021) – срібна медаль;
- Міжнародний фестиваль науки та технологій «I-FEST» (Туніс, 2021) – срібна медаль;
- Міжнародна виставка винаходів та інновацій «INTARG» (Польща, 2021) – бронзова медаль.

У цих конкурсах учень представив проєкт «Методика дослідження теплоізоляційних властивостей матеріалів». У роботі він запропонував спосіб оцінювання відповідності фактичних характеристик матеріалів тим, що були заявлені виробником, а також створив експериментальний зразок пристрою для вимірювання коефіцієнта теплопровідності теплоізоляційних матеріалів (рис. 1.7).



а)



б)

**Рис. 1.7. Андрій Семененко – переможець міжнародних конкурсів (а) та його винахід «Пристрій для вимірювання коефіцієнту теплопровідності теплоізоляційних матеріалів» (б)**

## Висновок

Відповідно до концептів НУШ бажано залучати учнів до виконання інноваційних STEM-проектів. Цей компонент освітнього процесу організовується STEM-педагогом та має особливості, притаманні проектній та інноваційній діяльності. Результатом виконання таких проектів є творчі продукти з елементами новизни. Підготовка до участі у всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах є важливою складовою виконання STEM-проекту, оскільки створює сприятливі умови для набуття учнями досвіду інноваційної діяльності та виявляє значний мотивуючий вплив до її здійснення.

## Література

1. Андреев А. М. *Підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі : монографія*. Запоріжжя : Статус, 2018. 380 с.
2. Intel ISEF. URL: <https://student.societyforscience.org/intel-isef> (дата звернення: 25.11.2024).

3. «IWIS 2024» International Warsaw Invention show. URL: <https://ifia.com/iwis-warsaw-poland/> (дата звернення: 25.11.2024).

4. WaterNet.ua. URL: <https://waternet.ua/contest> (дата звернення: 25.11.2024).

### 1.3 Творчі продукти учнів як результат інноваційних STEM-проектів

*Виділимо види учнівської творчої продукції, що є результатами інноваційних STEM-проектів. На основі досліджень вихованців нашої ЕГ наведемо приклади такої продукції та можливі варіанти її застосування в освітньому процесі*

Результатами роботи учнів над інноваційними STEM-проектами є освітні продукти, а також зміни, що відбулися в учнях під час цієї діяльності (набуті ними знання, уявлення, досвід, особистісні якості тощо). Зрозуміло, що за своїм змістом і рівнем отримуваних продуктів (які переважно мають лише суб'єктивну новизну) інноваційна діяльність учнів зазвичай відрізняється від інноваційної роботи фахівців (зокрема науковців, винахідників, учителів). Тому критерієм ефективності саме учнівської інноваційної діяльності є не стільки економічний ефект від упровадження нововведення, скільки педагогічний (навчальний) ефект. Останній виражається в набутті учнями досвіду інноваційної діяльності, у формуванні в них початкових знань і здатностей у галузі методології наукової діяльності та охорони інтелектуальної власності тощо.

Досвід авторів роботи дозволяє стверджувати, що саме творча продукція може бути ефективним критерієм сформованості в учнів STEM-компетентності. Теоретичною основою цього підходу є відоме у дидактиці припущення про те, що за творчого освітнього процесу велике значення має не стільки рівень навчальних

досягнень (оцінки, похвальні листи тощо), скільки творчі відхилення від них (творча продукція). Якість цієї продукції, досягнута здобувачем освіти, й визначає рівень сформованості STEM-компетентності (високий, достатній та початковий).

Об'єктивне оцінювання якості створеної продукції найкраще визначають саме *зовнішні* експерти. У нашому дослідженні такими експертами були: члени журі (під час апробації проектів у всеукраїнських творчих конкурсах науково-технічного спрямування), експерти Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій, редколегії наукових видань тощо. Саме схвальні оцінки зовнішніх експертів є підставами для підтвердження високого рівня сформованості STEM-компетентності учнів.

Прикладами творчої продукції (що одночасно є показниками сформованості компетентності) є такі:

- тексти наукових робіт;
- макети, діючі моделі, експериментальні зразки розроблених пристроїв;
- авторські знаки (логотип, рекламні буклети тощо) (рис. 1.8);
- наукові публікації (статті, тези доповідей, патенти на винаходи або корисні моделі тощо);
- засоби унаочнення результатів наукового проекту (презентації, постери, демонстрації, відеофільми) (рис. 1.9).



**Рис. 1.8. Авторські логотипи вітроустановки «Крило птаха»  
(інноваційний STEM-проект Даріни Усольцевої)**





Рис. 1.9. Засоби унаочнення:

а) відеодемонстрація геліоустановки «Квітка Сонця» [4]; б) слайд з презентації проекту «Метод вимірювання теплопровідності матеріалів»

На основі творчих продуктів, створених під час виконання інноваційних STEM-проектів, можуть бути створені **дидактичні засоби**: навчально-пізнавальні задачі, демонстраційні та вимірювальні пристрої, інформаційні засоби навчання, засоби художньо-технічної творчості.

**Навчально-пізнавальні задачі.** Під час виконання STEM-проектів учні формулюють та розв'язують практичні завдання, які можна взяти за основу для створення навчальних задач та використовувати в освітньому процесі із STEM-предметів (зокрема, для олімпіад, турнірів, контрольних робіт тощо). Наведемо якісні та кількісні задачі, що були пов'язані з проектами наших вихованців, присвяченими проблемі енергозбереження [1].

*Якісні задачі.*

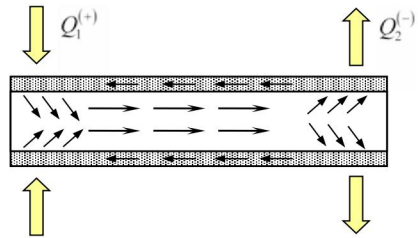
1. Чому вода закипає швидше в закритій кришкою каструлі, ніж у відкритій?
2. Дайте фізичне пояснення наступним простим рекомендаціям з енергозбереження, що їх можна реалізувати в побуті (деякі з поданих заходів запозичені з [3]):
  - а) холодильник має стояти у прохолодній кімнаті;
  - б) не слід розташовувати меблі біля радіаторів опалення (останні також не рекомендується закривати декоративними панелями);
  - в) за радіаторами опалення на стіні слід установити тепловий екран (теплоізоляційний матеріал, вкритий алюмінієвою фольгою) (рис. 1.10, а);



- г) їжу можна зварити за той же час незалежно від того, кипить вона на великому чи малому вогні.
3. Дайте фізичне пояснення відомому прислів'ю електромонтерів: «Гаряча пайка завжди холодна, а холодна пайка завжди гаряча».
4. Для передачі теплоти використовують так звані теплові трубки, які фактично є звичайними тонкостінними трубками з закритими кінцями, з яких відкачано повітря (рис. 1.10, б). Внутрішні стінки трубки викладені пористим матеріалом (наприклад, спеченою керамікою, скловолокном), який просочений леткою (такою, що легко випаровується) рідиною. Один кінець трубки знаходиться у джерелі тепла, інший – у теплоприймачі. Пояснить принцип дії теплової трубки.



а)



б)

**Рис. 1.10. Ілюстрації до завдань:**

а) тепловий екран за радіатором опалення; б) схема теплової трубки

*Кількісні задачі.*

1. Яку мінімальну роботу потрібно витратити для того, щоб заморозити 1 кг води, що знаходиться при температурі навколишнього середовища 300 К?
2. Якщо температура надворі  $t_1 = -20^\circ\text{C}$ , то для підтримування в аудиторії температури  $t_0 = -20^\circ\text{C}$  потужність нагрівача повинна дорівнювати  $P_1 = 4$  кВт. На скільки треба зменшити потужність нагрівача, якщо температура надворі підвищиться до  $t_2 = -10^\circ\text{C}$ ?
3. Яку максимальну роботу можна виконати, використовуючи процес танення айсберга об'єму  $1 \text{ км}^3$ , який знаходиться при температурі

плавлення ( $0^{\circ}\text{C}$ ) в океані з температурою води  $27^{\circ}\text{C}$ . Скільки часу потребуватиме Дніпровська ГЕС для вироблення такої ж кількості енергії? Потужність Дніпровської ГЕС 1569 МВт.

4. Геотермальна електростанція працює завдяки теплоті підземних водних джерел. Яка теплова потужність електростанції (кількість теплоти, що виробляється за одиницю часу), якщо зі свердловини щосекунди подається 36 кг води при температурі  $200^{\circ}\text{C}$ ? Температура води на виході з парової турбіни  $110^{\circ}\text{C}$ . У цьому інтервалі температур питома теплоємність води  $2100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ .
5. Іноді ескімоси будують з ущільненого снігу тимчасові сховища від негоди. Їх називають «іглу». Ці споруди переважно мають напівсферичну форму. Нехай температура повітря зовні  $T_2 = -20^{\circ}\text{C}$ . Враховуючи, що потужність теплових втрат людини у стані спокою складає приблизно 100 Вт, оцініть якою має бути товщина стіни іглу, що розрахована на трьох ескімосів, аби температура усередині була близькою до  $T_1 = 0^{\circ}\text{C}$ . Середній радіус сховища  $R = 1,5 \text{ м}$ . Теплопередачу через підлогу не враховуйте.

**Демонстраційні та вимірювальні пристрої.** Виготовлення учнями таких пристроїв має значний педагогічний ефект, адже в процесі конструювання учень краще усвідомлює будову та принцип дії пристрою, удосконалює його. Наведемо приклади творчих продуктів учнів, що мають дидактичне значення.

*Навчально-ігровий прилад для вимірювання часу реакції спортсменів.* Ця робота була відзначена дипломом I ступеня на обласному етапі конкурсу МАН у 2023 році (авторка: Єва Шаповалова, учениця 7-го класу Петропільського ліцею Запорізької області). Апробація приладу відбувалася на заняттях фізкультури та заняттях спортивної секції з тхеквондо (прилад використовувався для оцінювання часу реакції учнів та розвитку швидкості реакції) (рис. 1.11), а також та заняттях фізики (розглядалися будова та фізичні основи принципу дії приладу). Було засвідчено ефективність цього пристрою як навчально-ігрового засобу для занять з фізкультури (учні із задоволенням вимірюють час своєї реакції та намагаються розвинути

цю властивість) та як вимірювального приладу на заняттях з фізики (для демонстрації прикладного значення предмету та підвищення зацікавлення учнів до її вивчення).



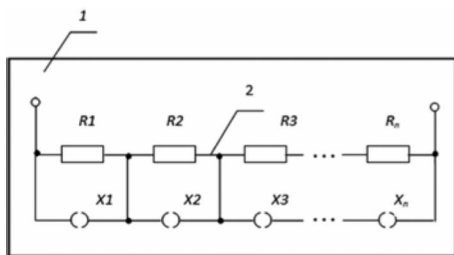
**Рис. 1.11. Навчально-ігровий прилад для вимірювання часу реакції спортсменів:** а) теоретична основа пристрою; б) його використання в секції з тхеквондо

*Демонстраційний магазин опорів* (патент України № 44726 [2]). Його співавторами є представники нашої ЕГ – Ярослав Івашкевич (студент фізичного факультету ЗНУ), Андрій Попов, Павло Голубєв, Віктор Кутик (студенти Економіко-правничого коледжу ЗНУ), Артур Коколенко (учень Василівської гімназії «Сузір'я» Запорізької області). Цей проект переміг у Всеукраїнському конкурсі юних раціоналізаторів та винахідників «Природа – людина – виробництво – екологія» (номінація: «за високу прикладну спрямованість розробки», 2010 р.). Пристрій є розв'язком творчого завдання «Магазин опорів».

*Завдання «Магазин опорів».* Як із шести резисторів 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом, 8 Ом, 16 Ом та 32 Ом зробити магазин опорів, за допомогою якого можна було б отримувати будь-яке ціле значення опору від 1 Ом до 63 Ом? Як розширити діапазон можливих значень опору в такому пристрої?

Запропонована конструкція магазину опорів (рис. 1.12) містить: корпус 1, резистори  $R_1, R_2, \dots, R_n$ , систему з'єднувальних провідників 2, гнізда  $X_1, X_2, \dots, X_n$  та штепселі (на кресленні не зображені). Резистори встановлені на корпусі. Суттєвим є те, що значення їх опорів утворюють *геометричну прогресію зі знаменником два*. Між собою

резистори з'єднані послідовно за допомогою провідників. Паралельно кожному з резисторів  $R_1$  підключене штепсельне гніздо  $X_1$ .



а) б)  
**Рис. 1.12. Демонстраційний магазин опорів:**  
а) схема пристрою; б) його діюча модель

Пристрій працює так: встановлення штепселів до штепсельних гнізд призводить до вимкнення з електричного кола відповідних резисторів, а опір таких ділянок складатиметься лише з опорів з'єднувальних провідників і штепселів (а це соті частки Ом). Якщо ж штепсель вийняти з гнізда, то відповідний резистор, який шунтує це гніздо, буде створювати електричний опір на цій ділянці електричного кола. Сумарний опір магазину опорів можна розрахувати за формулами для послідовного з'єднання резисторів. Зрозуміло, що при розрахунку слід враховувати лише ввімкнені до електричного кола резистори (тобто ті, що шунтують гнізда без штепселів).

Для прикладу знайдемо діапазони можливих значень опору цього пристрою з  $n$  резисторів. Нижня межа діапазону визначається резистором з найменшим опором,  $R_{\min} = R_1 = 1$  Ом. Максимально можливе значення опору  $R_{\max}$  можна обчислити за допомогою формули для суми  $n$  – перших членів геометричної прогресії:

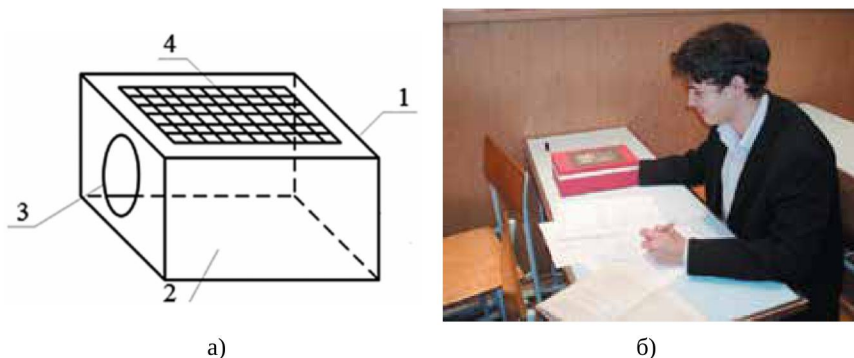
$$R_{\max} = R_1 \frac{1 - q^n}{1 - q},$$

де  $q$  – знаменник геометричної прогресії; в нашому випадку  $q = 2$ . Якщо пристрій має 10 резисторів ( $n = 10$ ): 1, 2, 4, ..., 512 Ом, то за наведеною формулою знаходимо:  $R_{\max} = 1023$  Ом.



*Пристрій для демонстрації екранування електромагнітних хвиль.* Його прототипом був пристрій, який не дозволяв користуватися мобільним зв'язком під час проведення олімпіад, конкурсів, турнірів, уроків, іспитів, проте водночас давав можливість застосовувати такі функції мобільного телефону як годинник та мікрокалькулятор (патент України № 23160 U [5]). Над прототипом працював наш вихованець – Олександр Киричек (учень Запорізької гімназії №28), робота якого відзначена дипломом другого ступеня на державному етапі конкурсу МАН у 2007 р.

Для демонстрації екранування електромагнітних хвиль мобільний телефон (як індикатор ефекту екранування) розміщують всередині каркасу 1, вкритого екрануючою оболонкою 2 (наприклад, з гнучкого електропровідного матеріалу). Каркас має отвори для руки 3 та спостереження 4. Отвір для руки стягнутий для запобігання проникненню електромагнітних хвиль (рис. 1.13).



**Рис. 1.13. Пристрій для демонстрації екранування електромагнітних хвиль:**  
а) схема пристрою; б) його дослідження

У разі виклику абонента між його мобільним телефоном та станцією забезпечення телефонного зв'язку виникають електромагнітні хвилі, які обумовлюють телефонний зв'язок. Зовнішнє електромагнітне поле, створене станцією забезпечення телефонного зв'язку, діє на екрануючу оболонку та отвір спостереження, що виконаний у вигляді електропровідної сітки, яка має вічка, довжина кожної

сторони яких менша довжини найвищої робочої частоти електромагнітної хвилі, і згасає. Згасання електромагнітної хвилі відбувається за рахунок втрат її енергії на вихрові струми (струми Фуко), які виникають в екрануючій оболонці та отворі спостереження. У зв'язку з тим, що зовнішнє електромагнітне поле не проникає у внутрішній простір пристрою, вдається запобігати здійсненню користувачем акту мобільного телефонного зв'язку, проте такі функції мобільного телефону як годинник та мікрокалькулятор залишаються доступними.

*Цикл фізичних демонстрацій прояву сили Лоренца.* Його авторкою є Вероніка Єгорова, учениця Запорізького багатoproфільного ліцею № 99. Вона розробила цикл власних демонстрацій прояву сили Лоренца в електроліті, які, зокрема, дозволяють візуалізувати проходження струму в електроліті, дослідити дію сили Лоренца на рухомі заряди в рідині в електричних та магнітних полях (рис. 1.14). Проєкт був відзначений дипломом третього ступеня на державному етапі конкурсу МАН у 2020 році.



Рис. 1.14. Цикл учнівських демонстрацій із візуалізації дії сили Лоренца

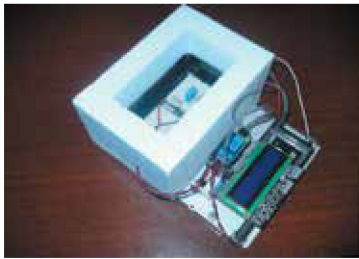
**Інформаційні засоби навчання.** Прикладами цих творчих продуктів є: комп'ютерні моделі фізичних явищ та процесів, комп'ютерні програми для здійснення теоретичних та експериментальних досліджень, цифрові вимірювальні пристрої та лабораторні установки, навчальні відеофільми.

*Лабораторний термостат.* Його автор – Роман Алієв (учень Запорізької гімназії № 28). Управління термостатом (регулювання

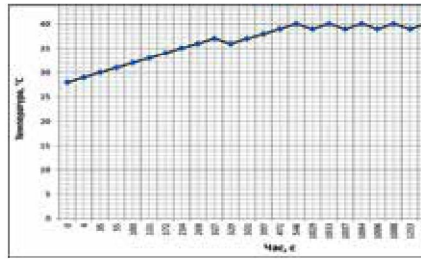


температури в робочій камері) він реалізував за допомогою апаратного комплексу Arduino. Пристрій складається (рис. 1.15) з робочої камери, виготовленої з теплоізоляційного матеріалу, та контролера, що містить платформу Arduino Mega 2560, клавіатуру, LCD екран, реле та нагрівач. До пам'яті мікроконтролера записано цільове значення температури, до якого потрібно нагріти робочу камеру. Для встановлення цільового значення температури призначена клавіатура. LCD екран відображає цільове та поточне значення температури робочої камери. Ввімкнення/вимкнення нагрівача (резистора) здійснюється за допомогою реле.

Створений термостат може бути використаний в освітньому процесі як демонстраційний засіб та як лабораторний пристрій для забезпечення температурних умов проведення деяких дослідів з фізики, хімії, біології.



а)



б)

**Рис. 1.15. Лабораторний термостат, створений на платі Arduino Mega 2560 (а) та графік зміни в часі температури в робочій камері термостата (б)**

*Електронна енциклопедія Сонячної системи у тривимірному вигляді.* Учень Василівської гімназії «Сузір'я» Богдан Дашковський створив електронний ресурс, на якому розташовані тривимірні моделі 8 планет Сонячної системи разом із Сонцем (рис. 1.16). Засіб дозволяє користувачеві отримати інформацію про планету (аудіо-, відео- та текстовий формати), ознайомитися з орбітальною місією, що її досліджувала. Для більш комфортного перегляду в енциклопедії також передбачені режими віртуального середовища з використання 3D-окулярів. Цей проект було відзначено дипломом I ступеня на обласному етапі конкурсу МАН у 2023 році.



а)



б)

**Рис. 1.16.** Богдан Дашковський (а) та фрагмент його проєкту енциклопедії Сонячної системи (б)

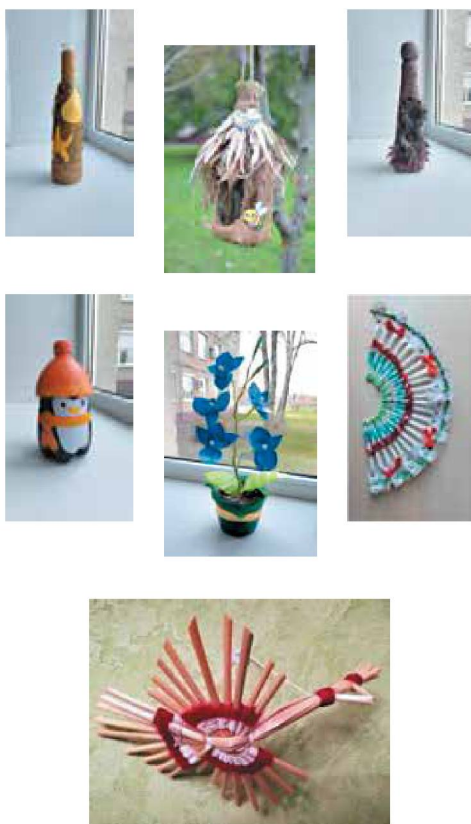
Різномовидом інформаційних засобів як продуктів творчої діяльності учнів також є навчальні відеофільми. На рис. 1.17 наведені кадри відеофільму, створеного Владиславом і Вадимом Терновими (студенти Економіко-правничого коледжу ЗНУ) під час виконання проєкту «Хвильова енергетична установка».



**Рис. 1.17.** Кадри навчального відеофільму «Хвильова енергетична установка»

**Засоби художньо-технічної творчості.** Такі засоби спрямовані на зацікавлення учнів до творчої діяльності, розвиток їх креативності, дизайнерських та конструкторських умінь. На рис. 1.18 наведені

саморобні еко-вироби, зроблені учнями нашої ЕГ під час виконання STEAM-проектів, спрямованих на застосування вторинних матеріалів у побуті. У процесі створення таких виробів відбувається розвиток естетичних якостей особистості учня та його екологічної грамотності (одна з ключових компетентностей НУШ), формування його творчого самовираження (ART-складова напряму STEM), що у подальшому проявляється під час моделювання творчих продуктів (дизайнерські рішення).



**Рис. 1.18. Приклади творчих продуктів (ековиробів) наймолодших учасників експериментальної групи (6–8 класи)**

## Висновок

Під час роботи над інноваційним STEM-проєктом учні створюють творчу продукцію: тексти наукових робіт; макети, діючі моделі, експериментальні зразки розроблених пристроїв; авторські знаки; наукові публікації; засоби унаочнення результатів наукового проєкту. Ці результати є показниками сформованості STEM-компетентності вихованців. Також на основі такої продукції педагог може створювати дидактичні засоби: навчально-пізнавальні задачі, демонстраційні та вимірювальні пристрої, інформаційні засоби навчання, засоби художньо-технічної творчості.

## Література

1. Андрєєв А. М. Підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі : монографія. Запоріжжя : Статус, 2018. 380 с.
2. Демонстраційний магазин опорів: пат. 44726 Україна: МПК (2009) G09B 23/00. № 200904892; заявл. 18.05.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл. № 19. 5 с.
3. Энергозбереження та пом'якшення змін клімату : посіб. для учнів загальноосвітніх навч. закладів / А. В. Праховник та ін. Київ, 2008. 120 с.
4. Портативна геліоустановка «Квітка Сонця». Заєць Ганна та Кротова Олександра. URL: <https://www.ecoschool.in.ua/gallery/44>.
5. Пристрій для екранування електромагнітних хвиль: пат. 23160 У Україна, МПК H05K 9/00 / О. О. Киричек, Р. Є. Левін, К. В. Коровін, Ю. П. Мінаєв, А. М. Андрєєв. – № u200613392; Заявл. 18.12.2006; Опубл. 10.05.2007, Бюл. № 6. 5 с.

## Розділ 2

# Складові супроводження учнів під час створення інноваційних STEM-проєктів

### 2.1 Основні етапи виконання інноваційних STEM-проєктів

*Проведемо аналіз основних етапів виконання інноваційних STEM-проєктів на прикладі учнівського дослідження «Портативне джерело струму для живлення малопотужних пристроїв»*

Педагогічний супровід учня на окремих етапах науково-дослідницької діяльності вже був предметом окремих досліджень науковців. Зокрема, О. Дзюбенко [2] на прикладі учнівських робіт еколого-натуралістичного спрямування виділяє умови для формування вчителем такого методу наукового пізнання як спостереження. Проте для виділення загальних підходів щодо педагогічного супроводу авторами було проведено методичний аналіз основних етапів підготовки учнівського дослідження у галузі технічної творчості.

Підготовка учнів до конкурсів передбачає такі основні етапи:

- вибір напрямку дослідження;
- постановка проблеми;
- формулювання творчого завдання;
- аналіз існуючих розв’язків з виділенням їх недоліків;
- пошук ідей та їх подальше розроблення;
- теоретичне та експериментальне дослідження запропонованого розв’язку;



- апробація та впровадження винаходу;
- оформлення науково-дослідницької роботи;
- створення засобів візуалізації результатів наукового дослідження (постера, презентації, відеоматеріалів);
- підготовки учня до публічного захисту роботи.

Проаналізуємо кожен з цих етапів у контексті ролі педагогічного наставника та продемонструємо отриманий результат на кожному з них на прикладі інноваційного STEM-проекту «Портативне джерело струму для живлення малопотужних пристроїв» Даріни Усольцевої, учениці Запорізької школи-інтернату «Козацький лицей».

**Вибір напрямку дослідження.** На думку О. Музики, підлітковий вік – це період активного самоствердження, конкуренції за визнання та прагнення до ідеалу. Саме в цей період навчальна діяльність перестає бути провідною для учнів та спонукає їх шукати інші види діяльності і значиме соціальне середовище для реалізації своїх статусних домагань. Творчо обдаровані 14–15-річні підлітки найчастіше знаходять таке середовище у гуртках, де розвиток власних здібностей є засобом отримання соціального визнання [4].

Наш досвід показує, що на етапі вибору напрямку дослідження слід уникати двох крайнощів: перша – наставник авторитарно розподіляє теми для майбутніх учнівських STEM-проектів (тобто, не враховуються особистісні вподобання учнів); друга – наставник надає повну свободу вибору учням для вибору напрямку дослідження (тобто, не співвідносяться складність обраного напрямку дослідження та творчі можливості учнів та наставника). Доцільним є поступове формування керівником банку *можливих тем для досліджень*, що були б актуальними та входили до кола наукових інтересів педагога. З цього банку вчитель складає список напрямів для STEM-проектів та надає учневі право вибору теми. Такий підхід сприяє розвитку самостійності у прийнятті рішень та відповідального ставлення за них – в учнів формується самоповага та *внутрішня мотивація* (чинниками якої є новизна, пізнавальна складність, невизначеність результату), яка на відміну від *зовнішньої* (для неї пріоритетним є отримання винагороди, оцінки, призу), є рушієм для подальших творчих пошуків.

**Постановка проблеми.** Творча діяльність учня починається з наукового пошуку – постановки проблеми, що визначається сутністю самої проблеми (недостатність обізнаності) та ставленням учня до неї (бажання розвивати знання, спостерігати, експериментувати). Постановка проблеми є одним з ключових моментів та є не менш складним ніж розв’язок, адже від нього залежить хід дослідження та його результати. Доречним буде розглянути потенціал дослідження, спрогнозувати можливі шляхи розв’язання проблеми, тобто подальші кроки. На цьому етапі при формулюванні проблеми керівник звертає увагу учня на такі чинники як актуальність, науковість, складність (можливість реалізувати), практичність, корисність.

**Приклад постановки проблеми.** Нині часто ми стикаємося з ситуацією, коли виникає необхідність у зарядженні малопотужних пристроїв (мобільних телефонів, фотоапаратів, радіоприймачів тощо) для роботи, навчання, отримання термінової інформації, але через обстріли об’єктів критичної інфраструктури електрична мережа може бути відсутня строком до декілька діб. Отже, актуальною є розробка вітроенергетичної установки для автономного живлення джерел струму малопотужних пристроїв.

**Формулювання творчого завдання.** Творче завдання потребує від учня пошуку нової ідеї та творчих технічних рішень. Це завдання мають кілька можливих розв’язків. Вибір підходу до розв’язання (вирішення протиріччя) також обирає сам дослідник. Керівник спрямовує учня на ознайомлення з рівнем розробленості даної проблеми – стан дослідження, його результати, наскільки проблема вже вирішена, тобто класифікує проблему.

У нашому прикладі *метою роботи* є розроблення вітроенергетичної установки для автономного живлення джерел струму малопотужних пристроїв, яка б мала покращені характеристики перед вже існуючими (підвищений коефіцієнт використання енергії вітрового потоку, знижені витрати енергії у передавальних ланках, знижені мас-габаритні характеристики, надійність у роботі тощо). Для реалізації цієї мети були поставлені такі *дослідницькі завдання*:

- проаналізувати існуючі пристрої для зарядження малопотужних приладів, виділити їхні головні недоліки;

- розробити конструкцію вітроенергетичної установки, яка дозволить заряджати малопотужні пристрої;
- провести оцінні розрахунки корисної потужності вітроустановки;
- виготовити та дослідити її діючу модель.

**Аналіз існуючих розв’язків з виділенням їх недоліків.** Після постановки проблеми та формулювання творчого завдання необхідно теоретично дослідити та проаналізувати вже існуючі розв’язки з виділенням їх недоліків. На цьому етапі дослідження керівник визначає рівень обізнаності учня щодо даної проблематики та спрямовує на результативність пошуку розв’язку. Наприклад, вивчаючи питання альтернативного живлення малопотужних приладів, учениця проаналізувала такі *існуючі розв’язки* з виділенням їх недоліків, як бензогенератор, міні-електростанція, павербанк, «фруктова» батарейка, портативна вітростанція. В результаті аналізу учасниця дійшла висновку, що одним з найкращих розв’язків проблеми, пов’язаної з перебоями або відсутністю електроенергії, є використання портативної вітростанції, яка використовує невичерпне джерело енергії – вітер.

**Пошук ідей та їх подальше розроблення.** На нашу думку, цей етап є одним з найскладніших, оскільки пов’язаний з усуненням невідповідності між вимогами людини та функціями існуючих технічних рішень. Вміння пошуку ідей потребує сформованості високого рівня творчості учня, для якого притаманні: здатність продукувати оригінальні ідеї, цікаві думки, нетрадиційний погляд на проблему, здатність керувати психологічною інерцією, відчувати гармонію та дисгармонію системи з навколишнім світом [1]. Прикладом високого рівня креативності є *ідея* Даріни Усольцевої, що виникла під час роботи над проектом з біології, присвяченому вивченню птахів. Учениця запропонувала створити як джерело струму портативну вітроустановку, використавши, природний аналог – крило птаха: при русі вгору пір’їнки крила пропускають повітряний потік, а при русі вниз – створюють опір цьому потоку (рис. 2.1). Варто зазначити, що для формування здатності в учнів генерувати ідеї необхідно проводити цілеспрямовану роботу з розвитку творчої уяви та вчити їх керувати психологічною інерцією мислення.

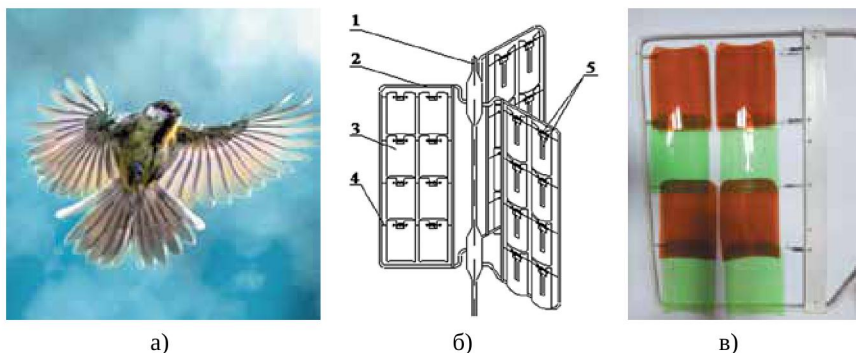


Рис. 2.1. Застосування природного аналогу як ідеї технічного рішення:  
а) крило птаха; б) схема вітроколеса; в) модель лопаті

**Теоретичне та експериментальне дослідження запропонованого розв'язку.** Теоретичне дослідження розв'язку передбачає визначення параметрів пристрою (потужність, коефіцієнт корисної дії, мас-габаритні розміри елементів конструкції) та його характеристик (зокрема, залежностей одних параметрів від інших та – від зовнішніх умов). У нашому прикладі було досліджено *корисну потужність* вітроустановки за різних значень швидкості вітру та побудовано сім'ю відповідних кривих за різних значень ефективної площі лопаті (рис. 2.2).

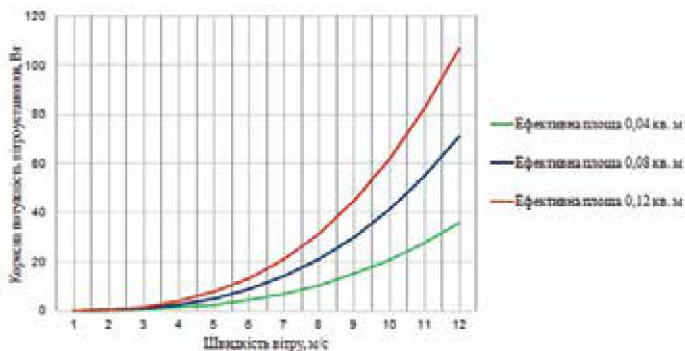


Рис. 2.2. Графіки залежності корисної потужності вітроустановки від швидкості вітру (за різних значень ефективної площі лопаті)



Завдання експериментального дослідження – переконатися в працездатності запропонованого технічного рішення, а також отримати його характеристики. Зазвичай, це досягається виготовленням діючої моделі та її випробовуванням. Наприклад, для перевірки працездатності вітроустановки, запропонованої ученицею, була розроблена та виготовлена *діюча модель*, що містила вітродвигун, електрогенератор та блок регулювання й стабілізації напруги. Було досліджено, зокрема, залежність частоти обертання вітродвигуна від швидкості вітру, а також тестування блоку регулювання та стабілізації напруги (рис. 2.3).

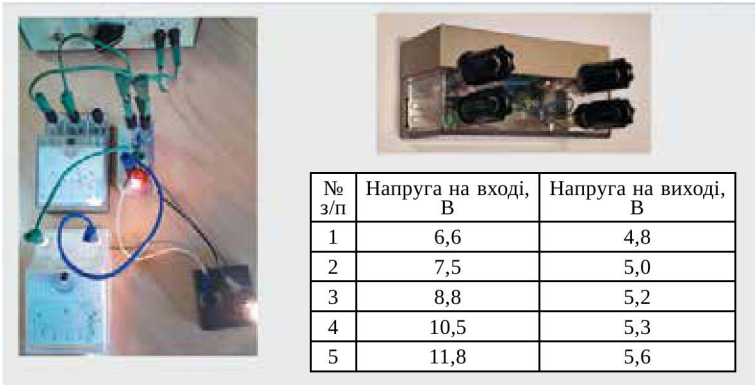


Рис. 2.3. Дослідження блоку регулювання та стабілізації напруги

**Апробація та впровадження винаходу.** Апробація – метод оцінювання та форма перевірки результатів наукової роботи автора. Метою апробації є представлення значущості результатів дослідження на семінарах, конференціях, у наукових виданнях, а її критерії – актуальність, істинність, практичність та коректність. На цьому етапі учень чітко формулює галузі застосування винаходу. Наведемо приклад: розроблена вітроенергетична установка знайде своє застосування у галузі виробництва електричної енергії, зокрема для автономного живлення малопотужних пристроїв, а також як діюча модель портативного джерела струму для використання в освітньому процесі з фізики.



Спосіб апробації обирає автор. Документом, що підтверджує проведення апробації є, наприклад, довідка закладу, де проводилося дослідження. Апробацією результатів може бути й публікування матеріалів дослідження у формі наукової статті або патенту на винахід (корисну модель). Для отримання патенту автор має підготувати пакет документів, що містить, зокрема, опис технічного рішення, його формулу, реферат, креслення, та подати його до Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій. Нормативні аспекти процедури отримання патенту наведені в Законі України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» [3].

**Оформлення науково-дослідницької роботи.** Зазвичай, загальна оцінка, отримана учасником у творчих конкурсах, складається з трьох частин: перша – заочне оцінювання дослідницької роботи, друга – постерний захист та третя – наукова конференція. Дослідницька робота оформлюється відповідно до вимог конкурсів. Орієнтовна структура роботи: титульний аркуш, анотація, зміст, перелік умовних позначень (за наявності), вступ, теоретична та практична частини, висновки, список використаних джерел, додатки (за наявності).

Основним завданням керівника на цьому етапі є допомога учневі сформулювати та написати текст ясною та грамотною мовою. Найбільші труднощі викликають: написання вступу (зокрема, наукового апарату дослідження: мети, завдань, об'єкта, предмета, методів дослідження, наукової новизни та практичного значення); практичної частини (опис конструкції винаходу, принцип дії моделі, розрахунки); висновків, а також оформлення списку використаних джерел.

До дослідницької роботи варто включати наочний матеріал (фото, графіки, схеми, діаграми, таблиці, рисунки, креслення), адже це полегшує сприйняття роботи, робить її більш цікавою для читача, демонструє поетапне виконання дослідження та підтверджує авторство розробки учасника (рис. 2.4).

**Створення засобів візуалізації результатів наукового дослідження (постера, презентації, відеоматеріалів).** Участь у конкурсах передбачає публічний захист дослідницької роботи з використанням засобів візуалізації та містить дві частини: перша – постерний захист, друга – наукова конференція. На постерному захисті учасник має



Рис. 2.4. Дослідження моделі (слайд презентації)

у короткій формі представити членам журі результати роботи за допомогою спеціального постера (плаката) та відповісти на питання. Під час наукової конференції учасник представляє результати проекту (у формі доповіді) членам журі, іншим учасникам конкурсу, а також відповідає на запитання. Зазвичай, такий виступ супроводжується презентацією та відео матеріалами. Такі засоби візуалізації роблять публічний виступ наочнішими для сприймання інформації, оскільки допомагають продемонструвати фото, графіки, розрахунки тощо.

Як інструменти для візуалізації виступу можна використовувати програму Microsoft PowerPoint, Microsoft Publisher графічні редактори – Adobe Photoshop, Adobe Illustrator й такі сервіси, як Google Презентації, Canva, Prezi та Microsoft Sway (додатки). Зазначимо, що в процесі підготовки до публічного виступу учасник спочатку готує текст виступу і лише потім переходить до створення засобів візуалізації результатів наукового дослідження. Роль керівника на цьому етапі полягає у розвитку в учня вміння розкладати ціле на компоненти та правильно виділяти головне, адже час виступу обмежений.

**Підготовка учня до публічного захисту роботи.** Зазвичай юні дослідники стикаються з такою проблемою, як хвилювання, розгублення, скутість, страх виступу перед глядачами. Деякі учні

під час свого першого виступу закладають, втрачають здатність відповідати на найпростіші запитання або дають недоречні відповіді, плутають слова, починають заїкатися. На цьому етапі при підготовці до захисту варто здійснювати *психолого-педагогічний супровід учасника*. Учасникові необхідно усвідомити, що ситуація хвилювання – це нормальна реакція організму на стрес, і, що під час виступу хвилюються, навіть досвідчені дорослі, адже їм теж небайдужі результати. Під час підготовки доцільно застосовувати ігрові методи постановки завдань, вправи на зосередження уваги на обраному об'єкті та прийоми саморегуляції, вправи на підвищення самооцінки, впевненості в собі, а також фізичні вправи та вправи дихальної гімнастики на зняття напруги.

Наприклад, можна запропонувати учневі виконати таку вправу: уявити, що тільки йому відома важлива інформація, яка дуже потрібна людству і він повинен нею поділитися, але на спілкування відведено певний час. Під час виконання вправи учасник фокусує увагу не на власних почуттях та емоціях, а на завданні, яке потрібно виконати якнайкраще. Дієвий також метод візуалізації – учневі пропонується заплющити очі та подумки перенестися на місце виступу, побачити журі, інших учасників, уявити момент захисту свого проекту та намалювати його. Під час рефлексії учасник описує, які саме переживання йому заважали. Тут необхідно познайомити учасника з прийомами перетворення негативних відчуттів на позитивні – бажання виступити, досягненні успіху, вмінні яскраво представляти в свідомості необхідну інформації, наприклад, зміст формул тощо. Після такого перетворення учень може уявити свій виступ у найменших деталях, побачити втілення бажаного від виступу та відчути захоплення журі та інших учасників, впевненість у своїх силах. Вправи підбираються для кожної дитини окремо (враховуючи її індивідуальні особливості) та дають позитивний результат за умови володіння учасником матеріалом дослідження.

Для підготовки до виступу можна також залучати сторонніх глядачів: інших учнів, учителів, батьків. Під час демонстрації результатів своєї роботи учень вчиться долати хвилювання, розвиває презентаційні навички: вести діалог, дискутувати з глядачами, відстоювати

свою точку зору, не боятися бути неприйнятним, смішним, давати відповіді на найрізноманітніші, а інколи, навіть, безглузді запитання. Після кожної репетиції потрібно обговорити питання, які викликали труднощі, та відчуття учасника від виступу. Одним з варіантів роботи над помилками є відео запис виступу учасника. Це дає можливість учню побачити та проаналізувати недоліки доповіді та відпрацювати їх.

### Висновок

Для розвитку особистої творчості та отримання соціального визнання 14–15-річні підлітки найчастіше обирають гуртки, керівником яких створюється атмосфера наукового пошуку. Під час таких занять в учня формуються уміння до творчості, він вчиться робити перші кроки в науці та створювати власні винаходи. Однією з найефективніших форм науково-дослідницької діяльності учнів є участь у наукових творчих конкурсах. Вона сприяє розвитку творчого потенціалу вихованця, розвиває його самостійність у прийнятті винахідницьких рішень та відповідальність за них. Провідна роль під час підготовки юного дослідника до творчих конкурсів належить педагогу, який знайомить учня з етапами дослідження, спрямовує його пошукову роботу, консультує щодо виконання експериментальної частини, допомагає аналізувати отримані результати, правильно їх оформити та підготуватися до публічного виступу.

### Література

1. Давиденко А. А. *Теоретичні та методичні засади розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики : автореф. дис. ... д-ра пед. наук* : 13.00.02. Київ, 2007. 33 с.
2. Дзюбенко О. *Науково-дослідницька робота як засіб формування навчально-дослідницьких умінь та дослідницької діяльності здобувачів в закладах загальної середньої та позашкільної освіти. Молодь і ринок*, 2022. № 6 (204). С. 133–137.
3. Закон України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі». URL: <http://surl.li/dmrftf> (дата звернення: 14.04.2023).



4. Музика О. О. *Психологічні передумови розвитку творчої активності у підлітковому віці. Здібності, творчість, обдарованість: теорія, методика, результати досліджень* / за ред. В. О. Моляко, О. Л. Музики. Житомир : Рута, 2006. С. 90–118.

## 2.2 Виявлення проблеми для інноваційного STEM-проекту

*Важливими етапами роботи над проектом є виявлення актуальної проблеми для дослідження з наступним формулюванням теми для роботи. Досвід показує, що це зробити інколи буває складно навіть для досвідчених керівників. Розв'язання цієї проблеми передбачає попередню підготовку педагога. Певний досвід щодо виявлення проблем у галузях STEM та самостійного вибору теми для творчої роботи можуть набувати й самі учні за умови їх активного залучення до продуктивної діяльності*

Розвиток у керівників та учнів розглядуваної здатності має свої складнощі. Наприклад, дехто вважає, що в наш час вже все давно винайдено. Переважно так думають ті, хто вважає, що винаходити, створювати щось нове здатні лише окремі люди. Ми вважаємо, що це хибна думка і виходимо з того, що творчість є специфічною здатністю кожної людини, і цю здатність можна й треба розвивати, застосовуючи спеціальні методи й технології.

Із розвитком суспільства повсякчас удосконалюються та винаходяться нові матеріали, пристрої та технології. Навіть конструкції таких простих пристроїв як лопата, колесо, цвях, молоток тощо продовжують змінюватися і в наш час, не говорячи вже про складні прилади, установки, системи. Проте побачити творчі проблеми не так просто.

Як свідчать дослідження А. Давиденка, постановці проблеми передує виявлення людиною дисгармонії (невідповідності,



неузгодженості) між окремими елементами певної системи або між самою системою та навколишнім світом [4, с. 12]. Саме на основі відчуття дисгармонії в навколишньому світі творець ставить проблему, виявляє суперечності, які обумовлюють цю дисгармонію, формулює й розв'язує задачу.

Розвитку здатності виявлення проблеми для дослідження та формулювання теми творчої роботи сприяє залучення учнів до вивчення різних систем – створених людиною, природних, казкових та фантастичних – з виокремленням у цих системах корисних властивостей [1; 2]. Розглянемо ці напрямки детальніше.

1. *Удосконалення наявних технічних систем.* Остаточних винаходів не існує – відтак усе вдосконалюється, а тому кількість тем для творчого пошуку необмежена. Зауважимо, що вибираючи проблему (задачу) для розв'язання, слід звернути увагу на два критерії. Перший із них пов'язаний з тим, що пропозиція щодо вдосконалення певного пристрою має бути корисною, тобто приносити економічний чи соціальний ефект. Економічний ефект може полягати, наприклад, в економії матеріалів, енергетичних ресурсів, у підвищенні якості (або надійності) пристроїв.

Другий критерій, який треба врахувати при виборі тематики творчої розробки, пов'язаний з умовою принципового існування розв'язку цієї проблеми. Тобто потрібно з'ясувати, чи можливо взагалі знайти розв'язок задачі, чи не суперечитиме передбачуваний розв'язок, наприклад, законам фізики. Як класичний приклад неврахування цього критерію вкажемо на спроби створення вічних двигунів першого та другого роду.

Отже, при виборі теми слід впевнитися в тому, чи є вона корисною та чи може мати принциповий розв'язок з точки зору законів природи. Педагог також має застерегти юних винахідників від спроб одразу ж братися за складні задачі. Починати слід з простих, поступово набуваючи вміння та досвіду їх розв'язання, засвоюючи різні методи пошуку розв'язків творчих завдань.

2. *Природа допомагає створювати нові технічні пристрої.* Окрім величезного фонду технічних систем, які потребують удосконалення, важливим джерелом проблем, що обумовлюють вибір

тематики інноваційної діяльності з наступною конкретизацією формулювання винахідницької задачі та її розв'язанням, є *природа*. Існує чимало прикладів, коли ідеї для своїх розробок або готові рішення дослідники брали з природних систем. Наприклад, форма гострого краю кам'яної сокири нагадує зуб ведмедя; конструкція балки у вигляді труби, яка широко використовується в техніці, має природний прототип – трубчасті кістки скелета, що мають зазвичай майже круглий переріз (циліндричний шар навколо осі кості не зазнає суттєвих деформацій при її згинанні, а лише збільшує масу тіла); на основі аналізу польоту птахів була розроблена методика розрахунку підйомної сили крила літака; у деяких конструкціях моторних човнів замість традиційного гвинта використовується пристрій, створений за аналогією з хвостом дельфіна.

Важливо, що природні системи відрізняються надійністю, економічністю, доцільністю, гармонійністю, здатністю реагувати на найменші впливи факторів зовнішнього середовища. Тому не дивно, що у процесі свого розвитку людство весь час запозичувало корисні властивості об'єктів живої та неживої природи для створення різних технічних систем. Зазначимо також, що важлива роль природи як джерела нових технічних ідей обумовила виникнення в середині минулого сторіччя *біоніки* – науки на межі фізики, біології, математики та техніки. Гасло цієї науки: «Живі прототипи – ключ до нової техніки», її офіційна емблема – скальпель і паяльник, з'єднані знаком інтеграла. Скальпель – символ біології, паяльник – техніки, а інтеграл – символ математики та символ поєднання цих галузей знань.

STEM-педагог має знати й про те, що в історії розвитку техніки є чимало прикладів, коли дослідники та винахідники висували нові ідеї, інколи марно витрачаючи на їх знаходження багато часу, не підозрюючи, що ці ідеї закладені у природних системах. З відповідними прикладами також слід ознайомити учнів. Разом із запропонованим підходом – виявленням корисних («гармонійних») властивостей у системах живої та неживої природи – велику навчальну цінність як для керівника, так і для його вихованців має організація зворотного пошуку: до винаходів необхідно відшукати аналоги у природі.

На ефективність цього підходу для розвитку в учнів творчих здібностей вказує А. Давиденко [3]. Він, зокрема, наводить приклади таких аналогів, знайдених учнями самостійно.

Отже, виявлення корисних і гармонійних якостей та елементів у «живих» прототипах (об'єктах живої та неживої природи) й творче застосування цих якостей у подальших розробках є ефективним методичним прийомом. Розглянемо авторський приклад.

*Пристрій для визначення швидкості й напрямку вітру.* Прилади для вимірювання швидкості вітру (або взагалі газових потоків) називаються *анемометрами* (від грецької *anemos* – вітер, та *metreo* – вимірювання). Перед учнями було поставлено задачу запропонувати конструкцію анемометра, який би був пристосований до роботи у вітроустановках та позбавлений деяких недоліків наявних пристроїв аналогічного призначення. Серед яких: відсутність можливості одночасного визначення швидкості та напрямку вітру за допомогою одного пристрою; неможливість або складність здійснення цифрової обробки результатів, що також ускладнює зберігання даних, отриманих із датчика; знижена точність вимірювання через чималу кількість механічних з'єднань.

Розв'язок окресленої задачі, що визначила конструкцію інноваційного продукту під назвою «Анемометр» (патент України № 43782 [2]), запропонував Олександр Оленів, учень 11 класу Запорізького багатопрофільного ліцею № 99. Ця ідея мала суто природне походження. Відомо, що рослина, яка хитається вітром (комиш, тополя тощо), здатна витримувати навіть штормові вітри. Зі збільшенням швидкості вітру кут нахилу рослини збільшується, а напрямок її нахилу «автоматично» змінюється залежно від напрямку вітру. За цією аналогією датчиком швидкості вітру в запропонованому учнем анемометрі є парус – легка куля, закріплена на одному з кінців стержня, на іншому його кінці закріплене спрямоване джерело світла. За відсутності вітру стержень з кулею займає рівноважне вертикальне положення. При виникненні вітру повітряний потік чинить тиск на парус. Що більшою є швидкість вітру, то більшим стає кут відхилення стержня від вертикального положення. Площина відхилення стержня визначається напрямком вітру.

На рис. 2.5 подано експериментальний зразок пристрою, який можна використовувати на практиці. У реєструючій частині зразку було використано матрицю від цифрової фотокамери. Через те, що матриця містить велику кількість пікселів, точність визначення положення пучка світла від рухомого світловода значно підвищується (а, отже, підвищується точність визначення швидкості й напрямку вітру). Крім того, це дає нагоду здійснювати цифрову обробку, представлення та зберігання інформації за допомогою програмного забезпечення комп'ютера.



**Рис. 2.5. Експериментальний зразок анемометра  
(патент України № 43782 [2]):**

*а) загальний вигляд; б) реєструюча частина приладу*

Порівнюючи запропонований нами анемометр з відомими пристроями аналогічного призначення, можна виділити наступні його переваги: реалізація вимірювання швидкості вітру в усіх напрямках та визначення його напрямку одним приладом; отримання результатів вимірювання у вигляді електричного сигналу; можливість цифрової обробки результатів вимірювання; відносна простота конструкції приладу.

Розглянутий нами інноваційний продукт «Анемометр» пройшов експертну оцінку на міжнародних та всеукраїнських фізико-технічних конкурсах:

- *Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів Intel ISEF–2009* (травень 2009 р., м. Рено, штат Невада, США).



Розробка посіла *III місце* у секції «Фізика та астрономія», а також здобула перемогу ще в декількох номінаціях (зокрема, отримала *Першу премію* Американської метеорологічної асоціації та *Другу премію* Американської асоціації інтелектуальної власності) (рис. 2.6);

- *Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України* (державний етап конкурсу, 2009 р., м. Київ). Виступ Олександра Оленєва з роботою «Датчик швидкості вітру для системи регулювання робочих параметрів вітроелектроустановок» відзначено *дипломом другого ступеня* на відділенні «Технічні науки» (секція «Електроніка та приладобудування»).



а)



б)

**Рис. 2.6. Олександр Оленєв – переможець Міжнародного конкурсу Intel ISEF–2009 (фото з сайту <https://photo.unian.ua>) (а) та його відзнаки (б) (США, штат Невада, м. Рено, 2009 р.)**

Цікаво, що під час представлення роботи на вищезгаданому конкурсі *Intel ISEF–2009* учень мав розмову з Нобелівським лауреатом з фізики Дугласом Ошеровим (премію 1996 р. йому було присуджено спільно з Д. Лі та Р. Річардсоном «за відкриття надплинності гелію-3» [5]). Серед іншого, вчений відзначив простоту запропонованої конструкції анемометра, а також ідею її походження від природної системи.



3. *Казки та науково-фантастичні твори як джерела виявлення фізико-технічних проблем.* Перелік можливих джерел виникнення творчих завдань слід також доповнити *казками та науково-фантастичною літературою*. Дійсно, в історії розвитку науки й техніки відомі випадки, коли казкові об'єкти (ковдри-літаки, чарівне дзеркальце тощо) і фантастичні ідеї, описані письменниками-фантастами, ставали реальністю. Непоодинокими є також випадки, коли з творів наукової фантастики винахідники брали теми для своїх робіт або навіть готові ідеї технічних рішень.

Зрозуміло, що ознайомлення з науково-фантастичними творами не завжди закінчується вдалим виявом нової фізико-технічної проблеми й вибором відповідної теми для дослідження – останнє відповідає високому рівню творчості. Однак для навчальних цілей зовсім не обов'язково, щоб ідеї, запропоновані учнями (наприклад, розв'язки задач, конструкції розроблених ними пристроїв), мали елементи об'єктивної новизни. Достатньо, щоб вони були новими для самих учнів.

Останнє уможливорює реалізацію наступного методичного прийому. Вчитель пропонує учням розв'язати певну винахідницьку задачу, а підказку ідеї її розв'язку (за потреби) вони можуть знайти в указаному вчителем літературному творі або його епізоді.

## Висновок

Розвитку в учнів здатності до виявлення творчої проблеми і вибору теми для інноваційного STEM-проекту сприяє вивчення прикладів: створених людиною пристроїв (нинішній рівень техніки), природних, казкових і фантастичних об'єктів – з виокремленням у них корисних властивостей. Ці приклади можуть бути й джерелами можливих розв'язків певної проблеми.

## Література

1. Андрєєв А. М. *Методичні прийоми розвитку в учнів здібності до виявлення фізико-технічних проблем та вибору тем для винахідницьких задач. Наукові записки Кіровоградського державного*

педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: Педагогічні науки. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2010. Вип. 90. С. 3–7.

2. Андрєєв А. М. Підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі : монографія. Запоріжжя : Статус, 2018. 380 с.

3. Анемометр: пат. 43782 Україна: МПК G01W1 1/00, G01P 5/00, G01P 5/02. № u200904339; заявл. 30.04.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16. 6 с.

4. Давиденко А. А. Пошук аналогів винаходів у природі як засіб розвитку творчих здібностей учнів. Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Серія: педагогічні науки. Кіровоград : РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2008. Вип. 77. Част. 1. С. 66–70.

5. Давиденко А. А. Теоретичні та методичні засади розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра пед. наук : 13.00.02. Київ, 2007. 33 с.

6. Енциклопедичний довідник «Лауреати Нобелівської премії. 1901–2001» : видання ювілейне / упоряд.: С. О. Довгий, В. М. Литвин, В. Б. Солоіденко. Київ : Український видавничий центр, 2001. 768 с.

## 2.3 Формулювання творчого завдання для майбутнього дослідження

У процесі детального аналізу проблеми можливе неодноразове переформулювання й уточнення творчого завдання для майбутнього STEM-проекту. Розглянемо вимоги до постановки цих завдань, охарактеризуємо джерельну базу для їх виокремлення, а також наведемо приклади авторських завдань, що лягли в основу учнівських STEM-проектів

**Вимоги до постановки творчого завдання для майбутнього STEM-проекту.** Головними вимогами є такі:

- *дидактичний аспект.* Завдання має відноситися до галузей STEM, разом воно може містити пізнавальне утруднення (тобто ще невідомий учневі змістовий елемент, що потребує засвоєння). Творче завдання ефективне лише тоді, коли воно відповідає життєвій ситуації учня, тобто він має усвідомлювати проблему;
- *практичний аспект.* Завдання має відображати зв'язок STEM-предмету з реальним життям (зокрема, з технікою). Для цього можна ставити завдання на основі проблем, що виникають, наприклад, в умовах виробництва або в побуті;
- *актуальність та новизна матеріалу.* Зміст творчого завдання має відповідати сучасному рівню розвитку науки й техніки. Наявність у завданні нової та невідомої для учня інформації є рушієм для творчого пошуку. Розглянемо приклади творчих завдань, сформульованих на основі реальних проблем, що були в подальшому розв'язані в проектах наших учнів [1].

*Проблема «Теплові втрати у трубопроводі».* До студентського гуртожитку гаряча вода подається з бойлера центрального теплового пункту університету сталевим трубопроводом, який прокладено під землею (у теплотрасі). Мешканці гуртожитку помітили, що температура «гарячої» води, яка до них подається, нижче норми. На основі цієї проблеми було запропоновано *творче завдання*:

- а) знайти теплові втрати у трубопроводі за певний проміжок часу;
- б) запропонувати можливі заходи щодо зменшення цих втрат.

Для розв'язання творчого завдання доцільно його розділити на більш прості частини – задачі (зокрема, фізичні), розв'язання яких наближає виконавців проекту до відшукування нового рішення. Умови цих задач мають містити лише *суттєві ознаки*. За потреби слід додати дані, яких не вистачає для розв'язання. У наведеному прикладі цими даними є, зокрема, температура води на вході й виході з труби (або різниця цих температур), а також витрата води (об'єм води, що витікає з труби за одиницю часу). Умова відповідної задачі мала такий вигляд.

**Задача.** Вода від нагрівача до споживача подається трубою. При сталому режимі температура води на вході до труби становить  $60^{\circ}\text{C}$ , а на виході –  $50^{\circ}\text{C}$ . Витрата води складає  $1\text{ м}^3$  за годину. Визначте кількість теплоти, що втрачається у трубопроводі впродовж доби.

Докладніше про представлення теоретичного та експериментального дослідження у вигляді циклу задач йдеться у підрозділі 2.5.

**Проблема «Тепловий екран».** Один зі способів зменшення витрат на обігрів житлових будинків полягає в застосуванні теплоізоляційних матеріалів. Наприклад, встановлення фольгованого теплового екрана на стіні за радіатором опалення дозволяє знизити втрати теплової енергії. Наочно продемонструвати зниження температури зовнішньої поверхні ділянки стіни, що розташована за радіатором опалення, можна шляхом обстеження стіни тепловізором (рис. 2.7).

**Творче завдання:**

- оцінити зменшення теплових втрат унаслідок встановлення теплового екрана (наприклад, з ізолону) між радіатором опалення та стіною;
- визначити економію від упровадження цього заходу енергозбереження впродовж опалювального сезону та його термін окупності.

Над розв’язанням цього творчого завдання працювали наші вихованці – Микита Турко (Запорізька гімназія № 28) та Андрій Тричев



**Рис. 2.7.** Ділянка стіни, сфотографована фотокамерою (а) та тепловізором (б): під правим вікном встановлено тепловий екран (з ізолону), під лівим – тепловий екран відсутній



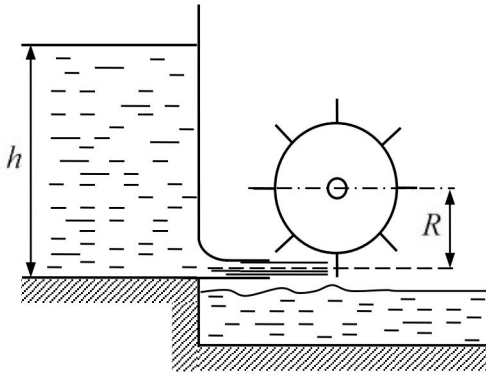
(Василівська гімназія «Сузір'я», Запорізька область). Учнями було розроблено методику розрахунку економічної ефективності встановлення теплових екранів за радіатором опалення. Проведено апробацію цієї методики на прикладі приватного будинку та бюджетної установи. Їх проєкт «Використання теплових екранів як спосіб зменшення втрат теплової енергії в будівлях» переміг у номінації «за високу прикладну спрямованість розробки» у Всеукраїнському конкурсі винахідників та раціоналізаторів «Природа – людина – виробництво – екологія» (2011 р.) та був відзначений дипломом II ступеня на державному етапі конкурсу МАН (2012 р.).

*Проблема «Дощова електростанція».* Спектр можливих безвідходних джерел енергії весь час розширюється. Наприклад, винахідниками вже запропоновані способи перетворення енергії акустичних коливань (їх можна використовувати в місцях з підвищеним рівнем шуму), хвиль на поверхні водоймищ, навіть енергії хитання дерев на вітру. На учнівському конкурсі *Intel ISEF-2011* (8–13 травня, м. Лос-Анджелес, США) було запропоновано кілька варіантів дощових електростанцій. Ідея одного з них полягає в наступному. Воду, яка потрапляє під час дощу на дах висотного будинку, накопичують у спеціальних ємностях, а потім спускають за допомогою спеціального трубопроводу. На виході з трубопроводу струмінь води обертає турбіну, з якою механічно з'єднаний електрогенератор. Вироблена ним електроенергія накопичується в акумуляторі.

*Творче завдання:* оцінити енергетичну ефективність описаного рішення.

*Проблема «Нижньобійне водяне колесо».* Нині актуальним є створення малих гідроелектростанцій (для енергозабезпечення селища або приватного будинку). Найперспективнішим є виробництво електроенергії на тих річках, де є значні перепади висоти й спостерігається істотна кількість опадів упродовж року, адже в цьому разі не треба споруджувати штучні водосховища. Такі річки є, наприклад, у Карпатах. За великого напору й малої витрати води (це має місце, наприклад, на гірських річках) використовують нижньобійні водяні колеса (рис. 2.8).





**Рис. 2.8.** Схема, що пояснює роботу нижньобійного водяного колеса

*Творче завдання:* для найефективнішого перетворення енергії за допомогою такого пристрою визначити його максимально можливу потужність, тобто потужність, за якої коефіцієнт використання енергії струменя води досягає максимального значення.

*Проблема «Використання добового коливання температури».* При тепловому розширенні твердих та рідких тіл виникають значні сили. З їх використанням пов'язана низка винаходів. Для зміни розмірів тіл можна використати й природне коливання температури навколишнього середовища впродовж доби (або навіть року). Уже відомі пристрої, які виконують корисну роботу, використовуючи для цього природні зміни температури. Наприклад, вже відомий льодяний прес, в основу роботи якого покладено процес розширення води внаслідок замерзання. У щільно закриту з обох боків трубу під тиском подають воду. Потім у спеціальному холодильнику або на природному морозі вода замерзає. Зовні труба охоплена формою, що має рельєфну поверхню. Лід працює як прес: розширюючись, стінки труби заповнюють форму. Цим способом можна штампувати монтажні виступи, фланці тощо. На сьогодні також відомі конструкції теплових двигунів, робота яких ґрунтується на використанні природної різниці температур.

*Творче завдання:* з'ясувати «силову можливість» явища теплового розширення твердих тіл на конкретних прикладах.

*Проблема «Вибір висоти підвісу світильника».* Інколи трапляється ситуація, коли через неправильно вибрану висоту підвісу світильника освітленість робочих місць (наприклад, поверхонь парт) є недостатньою. Дуже часто для усунення цієї проблеми необгрунтовано збільшують кількість світильників або замінюють лампи в них на більш потужні. Зрозуміло, що це призводить до невиправданого (марнотратного) збільшення витрат електроенергії.

*Творче завдання:* визначити висоту підвісу світильника у приміщенні для отримання найбільшої освітленості заданої ділянки поверхні за незмінної потужності лампи.

**Джерельна база творчих завдань.** Для активізації учнівської інноваційної діяльності STEM-педагог має використовувати та розробляти творчі завдання – завдання, що не мають наперед відомого розв’язку, а самих розв’язків може бути декілька. Зауважимо, що поряд із терміном «творче завдання» у науково-методичній літературі зустрічаються й інші: «відкрите завдання», «практико-орієнтована задача» [4] тощо. Розглянемо види творчих завдань та виділимо їх джерельну базу [3].

За змістом творчі завдання для організації інноваційної діяльності учнів можна умовно поділити на теоретичні, експериментальні, винахідницькі, конструкторські.

1. *Теоретичні завдання* спрямовують творчу діяльність учнів на визначення, зокрема, певних фізичних величин, пошуку теоретичних залежностей між ними, отримання оптимальних параметрів системи тощо.

*Завдання «Ємнісний датчик рівня рідини».* Як відомо, ємність плоского конденсатора залежить від відстані між обкладками, від їх площі, від діелектричної проникності діелектрика, який заповнює простір між пластинами. Ці залежності використовуються в ємнісних датчиках рівня рідини (рис. 2.9). У випадку, коли рідина є електропровідною, обкладки конденсатора мають бути ізольовані від рідини шаром діелектрика.

Поясніть схему та фізичний принцип дії наведеного датчика. Отримайте формулу залежності електричної ємності  $C$  датчика від

висоти  $h$  рівня рідини  $C = C(h)$  у випадках, коли рідина є: діелектриком; провідником. Усі необхідні для виводу формули  $C = C(h)$  параметри (розміри конденсатора, діелектричні проникності матеріалів) вважати відомими.

*Примітки.* У випадку, коли рідина є провідником, потрібно врахувати подвійний шар діелектрика, що ізолює обкладки від рідини.

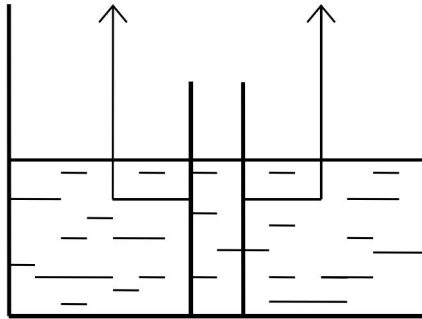


Рис. 2.9. Ємнісний датчик рівня рідини

2. *Експериментальні завдання* передбачають проведення досліджень за допомогою зазначеного в умові обладнання: вимірювання певних фізичних величин, отримання експериментальних залежностей, дослідження характеристик діючих моделей, експериментальних зразків тощо.

*Завдання «Пристрій для вимірювання маси тіла».* Запропонуйте спосіб вимірювання маси тіла та розробіть конструкцію відповідного приладу. *Обладнання:* досліджуване тіло, маса якого перевищує межу вимірювання динамометра; динамометр на 4 Н; аркуш паперу; смужка міліметрового паперу; штатив з кільцем; нитка.

3. *Винахідницькі завдання* передбачають удосконалення існуючих або розробку нових технічних рішень (наприклад, вимірювальних приладів, експериментальних та демонстраційних пристроїв, способів вимірювання фізичних величин, способів демонстрації явищ та ефектів тощо). Розв'язування цих задач

може перетворитися у довгострокові науково-дослідницькі роботи, результатами яких можуть стати і справжні винаходи.

*Завдання «Фільтр».* Розробіть пристрій для очистки води від дрібних частинок (наприклад, від частинок акварельної фарби) за допомогою фільтрувального паперу.

*Завдання «Пристрій для визначення придатності гальванічного елементу».* Вдома часто трапляється ситуація, коли батарейки лежать вкупі (придатні до використання та з вже вичерпаним запасом енергії), і треба зрозуміти, які з них придатні, а які вже «своє відпрацювали». Запропонуйте спосіб розв’язання цієї проблеми.

*Примітка.* Розв’язок цієї задачі запропонував Артем Кудашев – учень 11 класу Василівської гімназії ступенів №1 Запорізької області. Він розробив прилад, що вимірює внутрішній опір джерела струму (рис. 2.10, а), за який учня було нагороджено дипломом II ступеня на обласному етапі конкурсу МАН у 2024 році.

4. *Конструкторські завдання* спрямовані на виготовлення певного пристрою (за наведеною схемою, кресленням, описом). Педагогічна



а)



б)

**Рис. 2.10. Розв’язки творчих завдань:** а) дослідження пристрою для визначення придатності гальванічного елементу; б) пристрій для автоматичного поливу кімнатних рослин (діюча модель)

цінність таких завдань, насамперед, полягає у розвитку практичних умінь і навичок учнів (інженерія), оскільки в таких завданнях часто необхідно підібрати оптимальні матеріали, деталі, вузли пристрою. Крім того, у багатьох учнів викликає непідробний інтерес саме до створення конкретних технічних пристроїв (вимірювальних приладів, діючих моделей та макетів тощо).

*Завдання «Пристрій для автоматичного поливу кімнатних рослин».* Виготовте пристрій для автоматичного поливу кімнатних рослин (рис. 2.10, б), який складається з чаші (підноса) та закритої пляшки з водою. На боковій поверхні пляшки (біля її дна) зроблено отвір діаметром приблизно 2 мм. Поясніть принцип дії пристрою. Виявіть його недоліки та спробуйте їх усунути.

*Примітка.* Наведений пристрій є одним з розв'язків відповідної винахідницької задачі, що пропонувалася на VIII-му Всеукраїнському турнірі юних винахідників і раціоналізаторів у 2005 році (винахід належить команді учнів ЕГ) [2].

*Джерельною базою завдань для організації інноваційної діяльності учнів є:* збірники відкритих (творчих) задач; завдання, що сформульовані на основі традиційних навчальних задач; завдання, що виокремлені у процесі інноваційної діяльності учнів.

1. *Завдання зі збірників відкритих задач.* Існують збірники таких задач (наприклад, [6; 2]), хоча їх кількість незначна порівняно із збірниками традиційних задач. Як приклад, наведемо два завдання зі збірників відкритих задач.

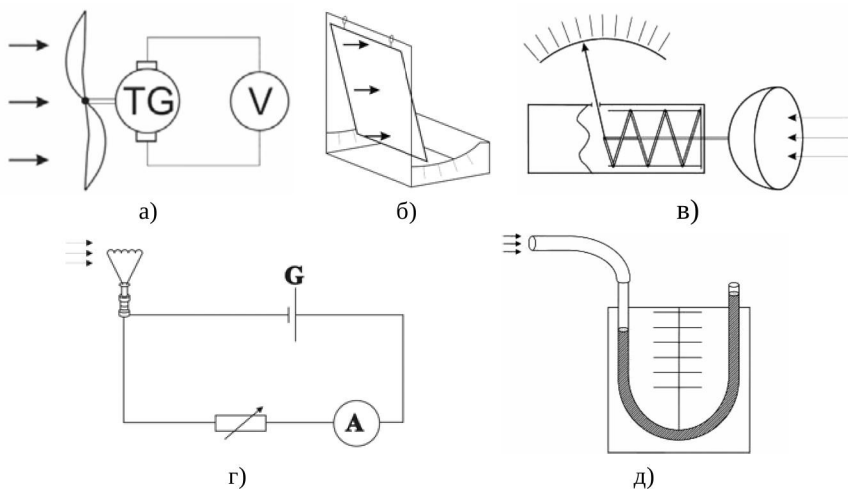
*Завдання «Воднева енергетика».* Вода є практично невичерпним джерелом водню та кисню, які будуть відігравати важливу роль в енергетиці майбутнього. Сьогодні існує багато способів видобутку водню з води. Доволі поширеним є метод електролізу води або її пари. Проте він є малоефективним та потребує суттєвого вдосконалення. Запропонуйте більш ефективний метод видобутку водню з води [6].

*Завдання «Пристрій для підвищення вологості повітря у кімнаті».* З метою створення сприятливих умов для росту рослин у кімнаті часто виникає необхідність підвищувати вологість повітря. Найчастіше для цього у кімнаті розпилюють воду за допомогою ручного пульверизатора. Цей спосіб має такі недоліки: краплі води, які утворюються



при розпиленні, є досить великими, тому підлога та інші речі швидко вкриваються тонким шаром води; використання ручного пульверизатора потребує значних витрат часу, особливо у разі великих розмірів кімнати. Запропонуйте спосіб або пристрій для підвищення вологості повітря у кімнаті, які б були позбавлені цих недоліків [2].

*Завдання «Анемометр».* Для вимірювання швидкості вітру використовують спеціальні прилади – анемометри. На рис. 2.11 наведено кілька можливих схем анемометрів. Поясніть принцип дії кожної схеми. Виявіть їхні переваги та недоліки. Спробуйте усунути недоліки поданих схем або запропонуйте власну конструкцію анемометра [2].



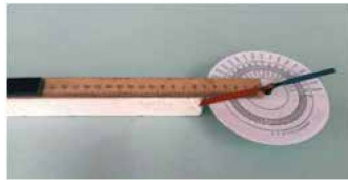
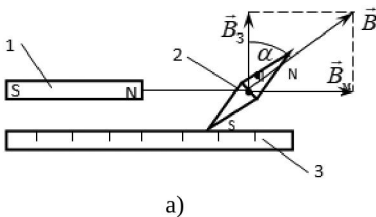
**Рис. 2.11. Деякі схеми анемометрів**

2. *Завдання, що сформульовані на основі традиційних навчальних задач.* На відміну від збірників відкритих задач, на сьогодні існує велика кількість посібників, що містять традиційні задачі. Це задачі, зазвичай, використовуються для перевірки навчальних досягнень учнів за предметами STEM-спрямування, для підготовки та проведення олімпіад, ЗНО тощо. Досвід показує, що з метою залучення учнів до інноваційного пошуку, умови деяких задач можна переформулювати або доповнювати завданнями, що спрямовують учнів

до вдосконалення чи створення нового пристрою або способу виконання певної дії. Розглянемо приклад творчого завдання, що було сформульоване за матеріалами відповідної олімпіадної задачі з фізики.

**Вихідна задача.** Знайдіть магнітну індукцію поля штабового магніту на його осі на відстані  $l = 30$  см від його центральної (середньої) лінії, якщо відомо, що в місті, де проходила олімпіада, магнітна індукція поля Землі  $B = 4,1 \cdot 10^{-5}$  Тл, а вектор  $\vec{B}$  напрямлений під кутом  $\varphi \approx 65^\circ$  до горизонту. Обладнання: штабовий магніт; лінійка довжиною 40–50 см; компас.

**Розв’язання.** Реалізація авторського способу вимірювання магнітного поля вздовж головних осей симетрії постійних магнітів передбачає наявність таких елементів: магніт, підставка для магніту, намагнічена стрілка, опора для намагніченої стрілки, шкала проградуєвана у значеннях індукції магнітного поля, лінійка (рис. 2.12). На етапі налагодження пристрою може також знадобитись компас.



**Рис. 2.12. Схема (а) та діюча модель (б) пристрою для вимірювання індукції магнітного поля постійного магніту:**

*1 – магніт; 2 – намагнічена стрілка; 3 – лінійка*

Перед початком вимірювань слід встановити намагнічену стрілку на опору. Стрілка має розташуватись у площині магнітного меридіану. Потім необхідно повільно наближати до стрілки постійний магніт, розташований на підставці. Важливо, щоб магніт рухався у напрямку, що перпендикулярний до поздовжньої вісі стрілки, так, щоб головна вісь магніту весь час проходила через вісь обертання стрілки (поблизу кінця голки). Відстань між полюсом магніту та віссю обертання стрілки контролюється лінійкою.

Розташувавши магніт на заданій відстані від осі обертання стрілки, спостерігаємо відхилення останньої від початкового положення. Стрілка встановлюється у площині вектора індукції результуючого магнітного поля Землі та магніту. Вимірюємо кут  $\alpha$  відхилення стрілки – кут між початковим та новим напрямками поздовжньою осі стрілки. Індукцію магнітного поля магніту на заданій відстані від його полюса можна знайти за формулою:

$$B_M = B_3 \operatorname{tg} \alpha.$$

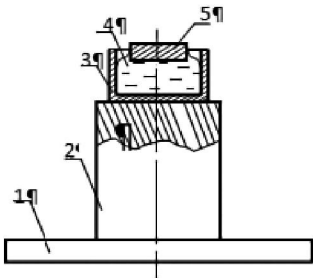
Як удосконалення цього способу вимірювання магнітної індукції (з метою доведення його до рівня приладу), учнями було розроблено шкалу-лімб, на якій нанесені значення кутів, їх тангенсів, а також значення індукції магнітного поля. Показчиком значень вимірюваної величини є сама намагнічена стрілка.

*Творче завдання «Вимірювання індукції магнітного поля постійних магнітів».* Актуальною проблемою є створення пристрою для вимірювання індукції магнітного поля вздовж головних осей симетрії постійних магнітів, який можливо використовувати в шкільному обладнанні, що був би позбавлений недоліків вже існуючих пристроїв аналогічного призначення. Запропонуйте конструкцію та виготовте діючу модель такого пристрою.

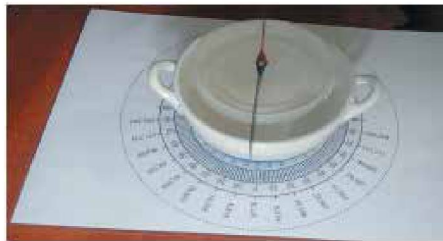
3. *Завдання, що виокремлені у процесі інноваційної діяльності учнів.* Етапи теоретичного та експериментального дослідження STEM-проекту можна структурувати за відносно незалежними задачами. За умови їх відбору та методичного доопрацювання такі задачі можна використовувати в подальшому як самостійні навчальні засоби для активізації творчого пошуку учнів. Як приклад, наведемо творче завдання, що виникло у процесі дослідження наведеного вище пристрою для вимірювання індукції магнітного поля постійних магнітів.

*Завдання «Рідинна опора».* Як опору для магнітної стрілки описаного вище пристрою для вимірювання індукції магнітного поля постійних магнітів можна використовувати стандартну голку на підставці. Проте її головний недолік – наявність сухого тертя між стрілкою і голкою, що зменшує чутливість приладу. Як можна позбавитися або мінімізувати цей недолік?

**Розв'язання.** Щоб уникнути зазначеного недоліку у випадку вимірювання слабких магнітних полів можна використати рідинну самоцентруючу опору (патент України № 82979) [5]. Її співавтор – Тимур Фараджев, учень 11 класу ліцею Запорізького інституту економіки та інформаційних технологій. Його проект «Самоцентруюча опора» нагороджено дипломом II ступеня на державному етапі конкурсу МАН у 2014 році. Винайдений пристрій складається з підставки, стійки (за необхідності), ємності, рідини (зазвичай, це вода), плавучого елемента (рис. 2.13, а). Ємність та плавучий елемент повинні мати круглий переріз. Перед початком роботи стійка встановлюється на підставці. На стійці розміщується ємність. Її потрібно заповнити рідиною, яка не змочує стінок самої ємності. На відкриту поверхню рідини встановлюють плавучий елемент. На відміну від стінок ємності він має змочуватися рідиною. Як рідину, зазвичай, використовують воду. На плавучому елементі можна розміщувати намагнічену стрілку, а на бічній поверхні ємності – шкалу (лімб).



а)



б)

**Рис. 2.13.** Схема рідинної опори (а) та діюча модель (б) удосконаленої конструкції пристрою для вимірювання індукції магнітного поля постійного магніту: 1 – підставка; 2 – стійка; 3 – ємність; 4 – рідина; 5 – плавучий елемент

Принцип дії рідинної опори пов'язаний з явищем поверхневого натягу рідини. Зокрема, здатність до самоцентрування плавучого елемента обумовлена формами менісків, які пов'язані зі змочуванням рідиною плавучого елемента й незмочуванням нею стінок ємності.

Діаметр плавучого елемента повинен мати такий же порядок, що і внутрішній діаметр ємності.

Приклад реалізації приладу з рідинною опорою показано на рис. 2.13, б. З метою досягнення ефекту самоцентрування воду у склянку наливо через край. Завдяки цьому система системи «плавучий елемент – стрілка» розташовується в центрі відкритої поверхні рідини. Якщо вивести таку систему зі стану рівноваги (наприклад, наблизити її до стінок ємності) і облишити, то вона самостійно повернеться в початкове положення (у центр ємності). Такий же результат можна отримати, якщо внутрішню поверхню склянки натерти речовиною, яку вода не змочує (наприклад, парафіном). У такому разі не потрібно наповнювати склянку водою повністю. Порядок проведення вимірювань за допомогою приладу з рідинною опорою аналогічний тому, що був розглянутий вище.

## Висновок

Вміння підбирати або розробляти авторські творчі завдання для організації інноваційної діяльності учнів є важливим для професійної діяльності STEM-педагога, оскільки від цього вміння залежить успішність подальших учнівських досліджень. За змістом такі завдання можуть бути теоретичними, експериментальними, винахідницькими, конструкторськими. Ідеї для таких завдань можна брати зі збірників відкритих задач; формулювати на основі традиційних навчальних задач; виявляти у процесі інноваційної діяльності учнів.

## Література

1. Андрєєв А. М. *Підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі : монографія.* Запоріжжя : Статус, 2018. 380 с.
2. Андрєєв А. М., Осипов О. Ю. *Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями : навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів.* Запоріжжя : ЗНУ, 2013. 228 с.



3. Андреев А. М., Тихонська Н. І. Розвиток у майбутніх учителів фізики вміння розробляти творчі завдання для організації інноваційної діяльності учнів у процесі їх навчання. Актуальні питання гуманітарних наук : міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка / [редактори-упорядники М. Пантюк, А. Душний, І. Зимомря]. Дрогобич : Видавничий дім «Гельветика», 2020. Вип. 31. Том 3. С. 24–30.

4. Бургун І. В. Розвиток навчально-пізнавальних компетенцій учнів основної школи в навчанні фізики : монографія. Херсон : Грінь Д. С., 2014. 528 с.

5. Рідинна самоцентруюча опора: пат. 82979 Україна: МПК (2013.01) G12B 9/00. № u2013 01592; заявл. 11.02.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. 6 с.

6. Тематики творчих проєктів учнівської молоді на 2012/2013 навчальний рік / укладачі: А. А. Халатов та ін. Київ : Спільна лабораторія оперативної поліграфії ННК «ІПСА» та ФТІ НТУУ «КПІ», 2012. 28 с.

## 2.4 Розвиток в учнів здатності до пошуку ідеї розв'язку творчого завдання

Розглянемо приклади з комплексу авторських завдань для розвитку креативності – здатності генерувати ідеї у певній галузі науки. Ці завдання сприяють поєднанню учнями системи образів життєвого досвіду та результатів їх уяви, які будуть підказками до поступового формування банку творчих ідей юного винахідника

Зазвичай науково-дослідницька діяльність учнів у галузі технічної творчості спрямована на розв'язання комплексної задачі винахідницького чи дослідницького спрямування. Наш досвід

свідчить про те, що найбільші складнощі в учнів виникають саме на етапах *постановки проблеми та пошуку ідей* її розв'язання. Адже відповідне вміння потребує сформованості високого рівня *креативності* учнів, для якого притаманне: здатність продукувати оригінальні, навіть фантастичні, ідеї, цікаві думки, нетрадиційний погляд на проблему, здатність керувати психологічною інерцією, критичне ставлення до запропонованих розв'язків. Успішність роботи з учнями на цих етапах, на думку А. Давиденка, потребує розвитку в них відчуття гармонії та дисгармонії системи з навколишнім світом, а це є притаманним високому рівню творчості [1].

Розвиткові творчого потенціалу особистості присвячені праці вітчизняних та зарубіжних педагогів та психологів (М. Віднічук, Дж. Гілфорд, А. Давиденко, Г. Костюк, А. Маслоу, В. Моляко, О. Музика, В. Рибалка, Е. Торренс, Р. Швай та інші). Визначна роль у дослідженні психології творчості школярів належить В. Моляко. Найважливішими складовими творчого потенціалу вчений, зокрема, вважає: допитливість, потяг до створення нового; нахили до пошуку й розв'язання проблем; творча спрямованість на пошуки аналогії, комбінування, реконструювання; нахили до зміни варіантів; здібності до вироблення власних стратегій і тактик при розв'язуванні проблем [2]. Важливість раннього залучення учнів до творчої діяльності пов'язана з тим, що саме, на вікову кризу 13–20 років, на думку О. Музики, припадають періоди підліткової та юнацької творчості, продуктами якої є актуальні матеріальні і нематеріальні відкриття та винаходи [3, с. 93].

На сьогодні розроблено близько 50-ти методів активізації творчого мислення та методик щодо їх застосування: «мозковий штурм», метод синектики, метод фокальних об'єктів, метод контрольних запитань, теорія розв'язування винахідницьких задач, метод розвивальних ігор тощо [4, с. 107]. Проте ці методи є дієвими за умови відповідного *психолого-педагогічного супроводу* юних дослідників у процесі підготовки науково-дослідницьких робіт. У словнику із психології та педагогіки обдарованості і таланту особистості зазначається, що здійснення наставником такого супроводу полягає

у постійній підтримці та зацікавленні учнів до розв'язування творчих задач [5, с. 159]. Ефективним засобом здійснення такого психолого-педагогічного супроводу є практичні завдання для розвитку креативності.

У психолого-педагогічній літературі вже є приклади практичних завдань для розвитку креативного мислення. Зокрема, цікаві завдання пропонує М. Віднічук у контексті технології розв'язування винахідницьких задач [6]. Дослідники А. Беженар та Г. Янківська запропонували вправи з розвитку креативності на матеріалі фізики та бухгалтерського обліку [7], втім вони не призначені бути основою для здійснення психолого-педагогічного супроводу учнів у підготовці творчих робіт, а наведені як приклад для ознайомлення.

Важливою умовою розвитку в учнів якостей творчої особистості, зокрема креативності, є навчання їх керуванням *психологічною інерцією мислення* (звичкою не думати та діяти за шаблонами, за відомими алгоритмами, шукати нові ідеї). Для формування цієї здатності необхідна *цілеспрямована робота з розвитку творчої уяви* (остання передбачає, на думку А. Тарари, вміння подумки створювати образи нових пристроїв та процесів [8, с. 92]). Адже здатність генерувати ідеї та, навіть момент осяяння, є результатом постійного пошуку та роздумів, які можуть і не фіксуватися свідомістю (аналогічну думку висловлюють С. Важинський та Т. Щербак [9, с. 166]).

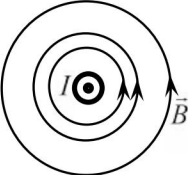
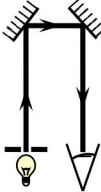
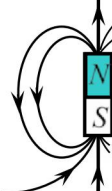
Нами розроблено комплекс практичних завдань для розвитку креативності, зокрема творчої уяви учнів. Застосування наставником цього комплексу під час психолого-педагогічного супроводу науково-дослідницької діяльності сприяє поєднанню учнями системи образів життєвого досвіду та результатів їх уяви, які, у свою чергу, будуть «інтуїтивними каталізаторами» (за висловлюванням Р. Швай [10]) або підказками, підґрунтям до поступового формування банку творчих ідей юного винахідника.

#### 1. Завдання «Фізична азбука».

За допомогою спрощених зображень фізичних пристроїв, схем, експериментальних установок та малюнків фізичних явищ запропонуйте написання заданих літер азбуки (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

«Фізична азбука»

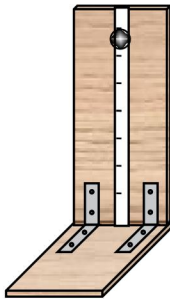
| Літера азбуки | Приклад написання                                                                 |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| О             |  |
| П             |  |
| Я             |  |

2. Завдання «Приховані можливості предметів».

Запропонуйте можливі вимірювання за допомогою наданих предметів. Приклад. Предмети: лінійка та тенісна куля.

Можливі вимірювання (розміщені за рівнем творчості):

- діаметр кульки;
- розмір об'єкта, зокрема зріст людини;
- частину енергії, що перетворюється в тепло під час падіння кульки на горизонтальну поверхню;
- час реакції руки або ноги людини. Цей приклад було реалізовано ученицею 7 класу Петропільського ліцею Запорізької області, Шаповаловою Євою, в моделі приладу для вимірювання часу реакції людини (рис. 2.14).



а)



б)

**Рис. 2.14. Пристрій для вимірювання часу реакції людини:**

а) схема; б) діюча модель

### 3. Завдання «Фізичне малювання».

На основі незавершених зображень запропонуйте малюнок на фізичну тематику (пристрій, експериментальна установка, схема, фізичне явище тощо). Приклад завдання та його виконання наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

**Приклад завдання та його виконання**

| Незавершене зображення | Малюнок          |
|------------------------|------------------|
|                        | TV               |
|                        | м. р. т. ст.     |
|                        | 15 нФ<br>220 В C |



#### 4. Завдання «Створи пристрій».

Сконструйте фізичні пристрої за допомогою наданого обладнання.

Приклад. Обладнання: яблуко, ножиці, сталевий цвях довжиною 10 см, тонкий мідний дріт.

Можливі пристрої:

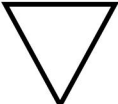
- а) прилад для вимірювання часу: яблуко підвішується за кінець дроту. Утворена система використовується як математичний маятник. Його довжина визначається цвяхом, а період коливань можна розрахувати за формулою:  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$  ( $g$  – прискорення вільного падіння, поблизу поверхні Землі – стала величина). Така система дозволяє вимірювати інтервали часу;
- б) джерело струму: встромивши в яблуко сталевий цвях та шматок мідного дроту, отримуємо «фруктову» батарейку (сталевий цвях – «плюс» джерела, мідний дріт – «мінус»);
- в) електромагніт: підключаємо до «фруктової» батарейки саморобну котушку, що намотана на феромагнітні леза ножиць (для підсилення магнітного поля).

#### 5. Завдання «Впізнай об'єкт».

Упізнайте об'єкт на малюнку, зробленому з незвичайного ракурсу. Приклад виконання наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

**Приклад завдання та його виконання**

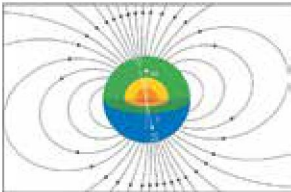
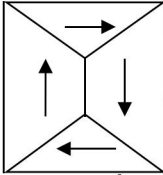
| Фото об'єкта                                                                        | Варіанти відповідей                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Голка, спиця, колесо, шків, батарейка, грампластинка, лазерний диск, наждачний круг, схематичне зображення Сонця в астрономії, схематичне зображення напрямку «до спостерігача» |
|  | Дріт, мірна стрічка, осцилограма, шланг, теплообмінник, лист шиферу (вигляд збоку), поперечні коливання шнура, гірлянда                                                         |
|  | Конус, лійка, тригранний напилок, пробка, тригранний олівець, вир, пожежне відро, дзвіночок, капелюх зіздаря, вказівник напрямку, кнопка пристрою                               |

6. Завдання «Фізична аналогія».

Знайдіть фізичну аналогію (зображення пристрою, явища) до наведених об'єктів. Приклад завдання та його виконання наведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Приклад завдання та його виконання

| Фото об'єкта                                                                                                           | Фізична аналогія                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <br>Кулінарний виріб – бублик         | <br>Тороїдальна котушка індуктивності |
| <br>Посудина (механічна ємність)      | <br>Конденсатор (електрична ємність)  |
| <br>Вічнозелена рослина – кактус     | <br>Магнітне поле Землі              |
| <br>Візерунок на панцирі черепахи   | <br>Доменна структура феромагнетика |
| <br>Багатонога комаха – сороконіжка | <br>Ніжки-контакти мікросхеми       |

7. Завдання «Побутова аналогія».

Знайдіть візуальну схожість між наведеними фізичними пристроями та речами побуту. Приклад завдання та його виконання наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Приклад завдання та його виконання

| Фізичний пристрій                                                                                         | Побутовий об'єкт                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <br>Вакуумний діод       | Ялинкова прикраса, цукерка                              |
| <br>Лінзи та екран       | Дзеркало, лампа для зйомки відео, залізничний вказівник |
| <br>Крапельниця         | Кавник, змішувач для умивальника, вуличний умивальник   |
| <br>Електроконденсатор | Вогнегасник, газовий балон, обприскувач                 |

Важливими перевагами запропонованого циклу практичних завдань для розвитку креативності є: можливість розв’язання кількох способами; використання завдань як для розвитку творчої уяви учнів, так і для діагностики рівня її сформованості; цікава форма постановки завдань, що активізує учнівську пошукову діяльність.

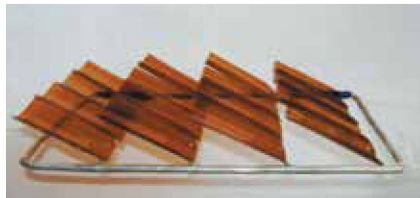
Практична значущість та новизна ідеї – критерії високого рівня розв’язку творчої задачі. Наведемо, як приклад, дві задачі, що були предметом учнівських досліджень під час підготовки та участі у Всеукраїнському конкурсі-захисті МАН у 2022/23 навчальному році.

Перша задача – «Портативне джерело струму», передбачала розроблення джерела струму для автономного живлення малопотужних пристроїв (докладніше проєкт описано в підрозділі 2.1). Провідну ідею (використання природного аналога – крила птаха) було втілено у конструкції вітроустановки, що складається з вітродвигуна, лопаті якого складаються з пластин, підвішених на спицях (за принципом пір’їнок на крилі птаха), та блоку перетворення механічної енергії в електричну, що містить генератор.

Друга задача – «Хвильовий рушій», була спрямована на розв’язання проблеми транспорту майбутнього, зокрема створення таких транспортних систем, що використовують поновлювані джерела енергії. Учень 7 класу Дмитро Непомнючий, винайшов конструкцію хвильового рушія, що є втіленням природного аналога – риб’ячого хвоста або плавника (рис. 2.15). Цей рушій дозволяє перетворювати



а)



б)

**Рис. 2.15. Приклад творчого розв’язання винахідницької задачі «Хвильовий рушій»:** а) плавники та хвіст риби – природні аналоги хвильового рушія; б) діюча модель хвильового рушія

енергію хвиль на поверхні водоймищ у кінетичну енергію транспортного засобу (наприклад, човна). Пристрій складається з горизонтальної рами, з розміщеними на ній гнучкими пластинами, що жорстко закріплені одним кінцем на спицях та мають змогу вигинатися під дією хвиль, нагадуючи рух риб'ячого хвоста чи плавника. Взаємодія хвиль з гнучкими пластинами спричиняє появу сили тяги та рух транспортного засобу (наприклад, човна).

### Висновок

Наведений комплекс практичних завдань є дієвим засобом розвитку в учнів креативності. Використання цього комплексу під час психолого-педагогічного супроводу науково-дослідницької діяльності сприяє поєднанню учнями системи образів життєвого досвіду та результатів їх уяви, які, у свою чергу, будуть підказками та підґрунтям до поступового формування банку творчих ідей юного винахідника. Комплекс завдань може бути застосований як безпосередньо на уроках, так і під час позаурочної діяльності учнів (гурткові заняття, факультативи, «години психолога» тощо). Завдання були розроблені на матеріалі зі шкільної фізики, проте аналогічний підхід можна застосовувати на прикладі інших предметів.

### Література

1. Давиденко А. А. *Теоретичні та методичні засади розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики* : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02. Київ, 2007. 33 с.
2. Моляко В. О. *Творчий потенціал людини як психологічна проблема. Психологія і суспільство. Тернопіль* : ТНЕУ, 2007. № 4. С. 6–10.
3. Музика О. О. *Психологічні передумови розвитку творчої активності у підлітковому віці. Здібності, творчість, обдарованість: теорія, методика, результати досліджень* / за ред. В. О. Моляко, О. Л. Музики. Житомир : Рута, 2006. 320 с.
4. Карпенко Н. А. *Психологія творчості* : навч. посібник. Львів : ЛьвДУВС, 2016. 156 с.



5. Рибалка В. В. *Словник із психології та педагогіки обдарованості і таланту особистості: термінологічний словник*. Київ, Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. 424 с.

6. Віднічук М. А. *Технології технічної творчості*. Київ : Ред. загальнопед. газ., 2004. Част. 2. 120 с.

7. Безсенар А. А., Янківська Г. А. *Розвиток креативності як спосіб формування компетентної особистості в загальній середній та професійній освіті*. Електронне наукове фахове видання «Народна освіта». 2017. URL: <https://repository.kristti.com.ua/handle/eiraise/997> (дата звернення: 30.03.2023).

8. Тарара А. М. *Науково-технічна творчість: практ. посібник*. Київ : Педагогічна думка, 2019. 128 с.

9. Вазинський С. Е., Щербак Т. І. *Методика та організація наукових досліджень : навч. посібник*. Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.

10. Швай Р. І. *Розвиток креативності учнів загальноосвітніх навчальних закладів у процесі навчання фізики : автореф. дис. ... д-ра пед. наук : 13.00.02*. Київ, 2013. 42 с.

## 2.5 Особливості дослідження розв'язку творчого завдання

Розглянемо підхід щодо розвитку в учнів уміння проводити теоретичні та експериментальні дослідження інноваційних рішень шляхом представлення цих досліджень у вигляді еквівалентного циклу більш простих і логічно взаємопов'язаних задач (зокрема, фізичних)

Важливим етапом роботи над інноваційним STEM-проєктом є проведення теоретичного та експериментального дослідження запропонованих творчих рішень. Наприклад, цей етап може передбачати визначення робочих параметрів пристрою (потужність, коефіцієнт

корисної дії тощо) та перевірити його працездатність дослідженням діючої моделі. Складність реалізації такого дослідження пояснюється, насамперед, тим, що учням потрібно застосовувати свої знання й уміння в *нових* ситуаціях. Адже відомо, що володіння теоретичним матеріалом (знання законів, формул, явищ тощо) ще не є достатньою умовою сформованості здатності використовувати його на практиці. Часто вихованці, усвідомивши завдання, яке слід розв'язати шляхом проведення теоретичного та/або експериментального дослідження пристрою, не знають із чого почати, хоча необхідними для його розв'язання знаннями вони володіють. Окрім цього, під час здійснення продуктивної діяльності учням доводиться ще й самостійно ставити завдання, що потребують розв'язання. Складність зазначеної проблеми обумовлена багатокомпонентністю теоретичного та експериментального дослідження – керівник має досягнути його компоненти та розробити алгоритм проведення дослідження [2].

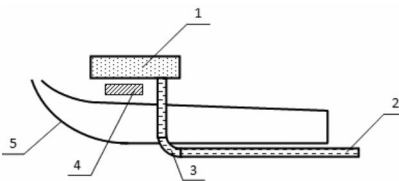
Нами запропоновано метод щодо формування в учнів уміння проводити теоретичні та експериментальні дослідження інноваційних рішень шляхом представлення цих досліджень у вигляді еквівалентного циклу більш простих і відносно незалежних одна від одної (але логічно взаємопов'язаних) задач (зокрема, фізичних). Цей метод слід вважати таким, що має новизну, попри те, що він ґрунтується на вже відомому задачному методі (згідно з яким навчання відбувається у процесі розв'язування задач). Відмінна ознака підходу – те, що самі задачі є окремими взаємопов'язаними кроками розв'язання більш складної проблеми (завдання), що пов'язана з теоретичним та/або експериментальним дослідженням певного пристрою. Наукова новизна кінцевого результату (освітнього продукту) може бути як об'єктивною (тобто виходити за сучасний рівень техніки), так і суб'єктивною.

Основні принципи реалізації цього підходу розглянемо на прикладі двох учнівських інноваційних продуктів: «Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну» та «Хвильова енергетична установка». Новизну відповідних пристроїв підтверджено патентами на корисні моделі.

***Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну.*** Вивчення процесів перетворення теплової енергії

в механічну має важливе значення, оскільки пов'язане з подальшим технічним застосуванням (зокрема, в енергетиці). Проте досвід показує, що при вивченні цього питання в учнів виникають певні труднощі. Не останню роль у цьому відіграє *слабке експериментальне забезпечення* навчального матеріалу. У переліку шкільного фізичного обладнання практично відсутні пристрої, що наочно демонструють процеси перетворення теплової енергії в механічну. Тому розроблення таких моделей, а також вивчення особливостей їх використання у процесі навчання фізики є актуальною задачею.

Учнями нашої експериментальної групи запропоновано пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну [3; 4], ідея якого ґрунтується на давно забутій дитячій іграшці, що мала назву «Самохідний катер». Конструкція пристрою відрізняється своєю простотою (рис. 2.16). Він містить: робочий циліндр – 1; водометні сопла – 2; трубопровід – 3; нагрівач – 4; плавучий корпус пристрою – 5. Перед початком демонстрації робочий циліндр треба заповнити водою. Для цього в одне з водометних сопел потрібно налити воду до повного заповнення робочого циліндра й трубопроводу. Для забезпечення замкнутого циклу робочого тіла плавучий корпус пристрою поміщають на воду, при цьому його сопла опиняються під водою. Як джерело теплоти можна використовувати, наприклад, сухе пальне. У пристрої робоче тіло змінює свій агрегатний стан за замкнутим циклом.



а)



б)

**Рис. 2.16. Пристрій для демонстрації перетворення  
теплової енергії в механічну:**

а) схема; б) діюча модель

За допомогою моделі пристрою (рис. 2.17) можна поглиблено вивчати з учнями процеси перетворення теплової енергії в механічну; реалізувати низку цікавих демонстрацій та досліджень. На відміну від відомих пристроїв аналогічного призначення запропонований пристрій дозволяє: продемонструвати перетворення теплової енергії в механічну в практичних цілях; використовувати як джерело енергії різні види палива; підвищити безпечність демонстрації.



**Рис. 2.17. Використання пристрою в освітньому процесі**

Дослідження моделі описаного пристрою було представлено еквівалентним циклом більш простих і відносно незалежних одна від одної (але логічно взаємопов'язаних) фізичних задач. Розглянемо ці задачі.

*Теоретичний блок.*

*Задача 1.* Модель реактивного (водометного) судна масою  $M$  рухається завдяки пристрою, який забирає воду з водоймища та виштовхує її назад із сопел судна. Швидкість струменя води відносно судна стала й дорівнює  $u$ . Загальна площа сопел  $S$ . Густина води  $\rho$ . Знайти:

- а) силу тяги  $F$  судна як функцію швидкості судна  $v$  та швидкості струменя  $u$  води відносно судна. *Відповідь:*  $F = \rho Su^2(1 - v/u)$ ;
- б) корисну потужність  $N$ , що розвиває рушій судна, як функцію величин  $v$  та  $u$ . *Відповідь:*  $N = \rho Su^2(1 - v/u)v$ ;



- в) ККД  $\eta$  рушія судна як функцію величин  $v$  та  $u$ . Дослідити вираз ККД на максимум. Сили тертя в рушії не враховувати. *Відповідь:*  $\eta = 2(v/u)(1 - v/u)$ ,  $\eta_{\max} = 1/2$ , якщо  $v = u/2$ ;
- г) швидкість  $v$  судна як функцію часу. Опір води не враховувати. *Відповідь:*  $v = u\{1 - \exp[-(\rho S u \cdot t)/M]\}$ .

*Задача 2.* Модель водометного судна приводиться у рух за допомогою описаного парореактивного двигуна. Атмосферний тиск  $p_0 = 10^5$  Па. Температура навколишнього середовища  $T = 20^\circ\text{C}$ . Оцінити:

- а) тиск  $p_1$  пари при її розширенні у двигуні. Відомо, що під час розширення пари вода виходить із сопел зі швидкістю  $u = 2$  м/с відносно судна, а швидкість самого судна відносно поверхні води  $v = 1$  м/с. *Відповідь:*  $p_1 = p_0 + \rho u(u - v) \approx 102$  кПа, де  $\rho$  – густина води;
- б) максимальну температуру  $T_1$  пари робочого циклу двигуна. Для оцінних розрахунків питому теплоту пароутворення для води можна вважати сталою, а її значення можна взяти таким, що відповідає нормальному атмосферному тиску й температурі кипіння ( $T_0 = 373$  К)  $L = 2,3$  МДж/кг. *Відповідь:*  $T_1 = T_0 + (p_1 - p_0)RT_0^2/(Lp_0M) \approx 373,4$  К, де  $M$  – молярна маса води;
- в) ККД  $\eta$  циклу розглядуваного двигуна. *Відповідь:*  $\eta \approx 1 - T/T_1 = 0,25$ .

*Експериментальний блок.*

*Задача 3.* Виміряти корисну потужність, що розвиває двигун моделі при її русі з усталеною швидкістю. *Обладнання:* досліджувана модель судна; ємність з водою, що має велику відкриту поверхню (наприклад, ванна з водою); рулетка; секундомір; штатив із закріпленням на ньому нерухомим блоком; нитка; аркуш паперу; пісок; терези з важками; скотч; ножиці.

*Задача 4.* Виміряти максимальну силу тяги парореактивного двигуна моделі судна. *Обладнання:* досліджувана модель судна; ємність з водою, що має велику відкриту поверхню; штатив із закріпленням на ньому нерухомим блоком; нитка; аркуш паперу; пісок; терези з важками; скотч; ножиці.



*Апробація пристрою.* На розглянутий вище пристрій у співавторстві з учнями ЕГ було отримано патент на корисну модель «Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну» (патент України № 78031 [5]). Різні аспекти цього проекту пройшли експертну оцінку на всеукраїнських і міжнародних конкурсах фізико-технічного спрямування, де отримали схвалення. Зокрема, команда учнів Олексій Стреляєв (учень 10 класу Запорізького багатoproфільного ліцею № 99) та Вадим Терновой (студент першого курсу Економіко-правничого коледжу Запорізького національного університету) представляла проект «Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден» (Heat engine with an external heat supply, which works on environmentally clean and economically beneficial cycle) у Міжнародному учнівському конкурсі-олімпіаді проектів на тему «Стабільний світ» (I-SWEEEP) (2010 р., м. Хьюстон, штат Техас, США). Учнівська команда отримала сертифікати I-SWEEEP 2010 за участь та суттєвий внесок у розвиток Міжнародної олімпіади проектів на тему «Покращення довкілля» (рис. 2.18).

Андрій Тричев, учень 11 класу Васи́лівського ліцею «Сузір'я» (Запорізька область), отримав диплом II ступеня на державному етапі Всеукраїнського конкурсу-захисті науково-дослідних робіт учнів – членів МАН України (відділення технічних наук, 2012 р., м. Київ)



а)



б)

**Рис. 2.18. Виступ української команди у I-SWEEEP 2010 (США, штат Техас, м. Хьюстон, 2010 р.):**

*а) делегація від України; б) відзнака проекту*

з проектом: «Пристрій для перетворення теплової енергії в механічну та його використання в системах опалення та демонстраційному експерименті з фізики».

До складу групи розробників проекту входили також студенти спеціальності «Прикладна фізика та наноматеріали» Запорізького національного університету. Зокрема, Віктор Мартиненко, студент другого курсу, посів II місце у державному етапі Всеукраїнського конкурсу студентських науково-дослідних робіт (2014 р., м. Маріуполь) з роботою «Пристрій для примусової циркуляції теплоносія замкнутим контуром».

**Хвильова енергетична установка.** Багато країн спрямовують зусилля на розвиток видобутку енергії з відновлюваних джерел. Одним з таких джерел є хвилі на поверхні водоймищ (океанів, морів, річок). Проблема їх використання є особливо актуальною для тих країн, що мають відповідні гідроенергетичні ресурси. Наприклад, у деяких країнах (Великій Британії, Норвегії, Португалії, США, Японії) уже діють промислові зразки хвильових електростанцій. Установки великої потужності використовуються для енергозабезпечення прибережних будівель і споруд. Установки малої потужності використовуються як джерело електроенергії для бакенів, маяків, буїв, а також для автономного енергозабезпечення океанографічних зондів і годівниць для розведення риб. Україна теж має гідроенергетичні ресурси, адже вона має вихід до Чорного і Азовського морів, а також повноводні річки (Дніпро, Дністер, Дунай, Південний Буг, Десна, Прип'ять тощо). Проте хвильова енергетика розвивається доволі повільно через велику кількість технічних проблем, що виявляють себе при перетворюванні енергії хвиль. Серед них: розосередження енергії на великій площі, непостійне хвилевідтворення, низька швидкість руху хвиль при значній силі їх дії. Крім того, наявні хвильові енергетичні установки мають ще й конструктивні недоліки [1]. *Виявіть ці недоліки та спробуйте їх усунути.*

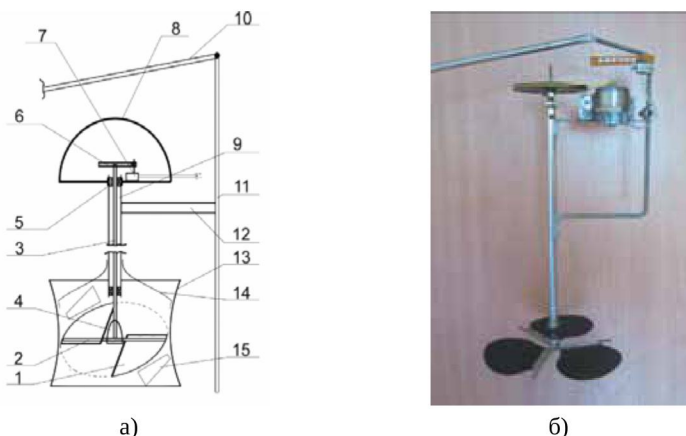
Поштовхом до розроблення хвильової установки в нашому випадку була історія, викладена академіком Г. Павленком. Він описав цікавий випадок середини вісімнадцятого століття. Англійське китобійне судно випадково натрапило в полярних водах на мертвого

кита. З корабля спустили шлюпку, щоб загарпунити кита. Однак, не зважаючи на всі зусилля веслувальників, шлюпка не змогла його наздогнати – мертвий кит, що коливався під дією хвиль, рухався швидше за човен! Г. Павленко наголошував на важливості практичного використання морських хвиль, а також запропонував власний варіант хвильового рушія – системи плавників, що встановлювалися зовні корпусу судна, на його підводній частині. При наявності хвиль рушій збільшував силу тяги й разом зменшував качку судна.

Саме хвіст і плавники риби стали *природним прототипом* для гвинтового перетворювача енергії у створеній учнями нашої експериментальної групи хвильовій енергетичній установці. Її конструкція містить (рис. 2.19, а, б): лопаті 1, що жорстко закріплені з одного боку на осях-спицях 2; вал 3; муфту 4; підшипники 5; підвищувальний редуктор 6; електрогенератор 7; кожух 8; стійку 9; штангу 10; шток 11, шарнірно з'єднаний зі штангою; кронштейн 12, який з одного боку прикріплено до штока, а з іншого – до стійки; концентратор потоку води 13 з направляючими лопатками 15, що з'єднаний зі стійкою за допомогою тримачів 14; плавучість 16 (на рис. 2.19 її не зображено). Лопаті та муфта утворюють лопатевий гвинт, який з'єднаний із нижнім кінцем валу, що встановлений у підшипниках стійки, і є складовими частинами гвинтового перетворювача енергії. Лопаті гвинта виконані гнучкими та пружними, а їх кількість повинна бути не менше двох. Верхній кінець валу з'єднаний з підвищувальним редуктором, який своєю чергою – з генератором. Редуктор та генератор, які розташовані в кожусі, утворюють енергетичний блок. Концентратор потоку води захищає лопатевий гвинт від механічних ушкоджень. Кожух запобігає потраплянню вологи та пилу до підвищувального редуктора й генератора [1].

Хвильова установка тримається на воді за допомогою плавучості (нею можуть бути спеціальні камери, буї, човни тощо). При виникненні хвиль на поверхні водоймища плавучість здійснює коливальний рух. Унаслідок піднімання плавучості вгору гнучкі та пружні лопаті відхиляються потоком води вниз (лопаті рухаються наче «риб'ячий хвіст»), що спричиняє обертання лопатевого гвинта.

Це обертання передається валу установки. При русі установки вниз, лопаті відхиляються догори, а напрямок обертання лопатевого гвинта не змінюється, що обумовлює підвищення ККД установки, порівняно з відомими рішеннями. Від вала обертальний рух передається підвищувальному редуктору, а від нього – генератору установки. До генератора можна підключити електричне навантаження (наприклад, акумулятор).



**Рис. 2.19. Хвильова енергетична установка з гнучкими лопатями:**  
а) схема; б) діюча модель

Дослідження хвильової установки полягало у розв’язанні циклу більш простих і логічно взаємопов’язаних задач. Наведемо їх.

**Задача 1.** Оцінити механічну потужність  $N$  хвильової установки залежно від радіуса  $R$  лопатевого гвинта і параметрів хвиль (висоти  $h$  та періоду  $T$ ). Коефіцієнт використання потоку води  $\xi$ . Густина води  $\rho$ . Вказівки: 1) Знайти потужність  $N_0$  водяного потоку через ділянку площею  $S$ , що перпендикулярна до напрямку швидкості води  $v$ ; 2) врахувати, що не вся потужність потоку води перетворюється на механічну потужність лопатевого гвинта; 3) оцінити середню швидкість вертикального переміщення гвинтового перетворювача енергії на хвилях висотою  $h$  і періодом  $T$ . Врахувати, що використання штанги дозволяє збільшити цю швидкість у  $k$  раз.



*Вихідні дані для розрахунку:* середні параметри хвиль у Чорному морі: висота  $h = 1$  м, період  $T = 4$  с; радіус гвинта  $R = 0,5$  м; коефіцієнт використання потоку води  $\xi = 0,4$ ; густина води (наближене значення)  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>; коефіцієнт збільшення швидкості вертикального переміщення гвинта  $k = 2$ .

$$\text{Відповідь: } N = 4\pi\xi\rho k^3 \cdot \frac{R^2 h^3}{T^3} \approx 160 \text{ Вт.}$$

*Задача 2.* Оцінити мінімальний об'єм  $v_0$  плавучості для забезпечення заданої механічної потужності хвильової установки.

*Вихідні дані для розрахунку:* механічна потужність установки  $N = 160$  Вт; маса установки  $m = 15$  кг; прискорення вільного падіння  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>; значення інших параметрів такі самі, як і в попередній задачі.

$$\text{Відповідь: } V_0 = \frac{1}{\rho} \left( \frac{N}{v g} + m \right) = \frac{1}{\rho} \left( \frac{NT}{2khg} + m \right) \approx 0,031 \text{ м}^3.$$

*Апробація пристрою.* Новизна інноваційного продукту «Хвильова енергетична установка» підтверджена документально (патент України № 59023 [6]). Співавторами цього винаходу є учні – члени нашої ЕГ: Вадим і Владислав Тернові (студенти Економіко-правничого коледжу ЗНУ), Еннан Умеров (учень 10 класу Міжводненської загальноосвітньої школи Чорноморського району Автономної Республіки Крим) та Денис Котов (учень 10 класу Василівської гімназії «Сузір'я»). Інноваційні STEM-проекти, що досліджували хвильову установку, були представлені учнями-авторами на всеукраїнських і міжнародних конкурсах та виставках.

На Міжнародному конкурсі науково-технічної творчості школярів – *Intel International Science and Engineering Fair (Intel ISEF – 2011)* (травень 2011 р., м. Лос-Анджелес, штат Каліфорнія, США) Еннан Умеров посів призове IV місце в секції «Виробництво і передача енергії» (рис. 2.20, а).

На Міжнародній Варшавській виставці-ярмарку розробок винахідників та раціоналізаторів–2012 (жовтень 2012 р., м. Варшава, Польща) проєкт Вадима й Владислава Тернових була відзначена золотою медаллю. Також учні взяли участь у VIII Міжнародному



Салоні винаходів та нових технологій «Новий час» (27–28 вересня 2012 р., м. Севастополь), де були також відзначені золотою медаллю (рис. 2.20, б, в).

У Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН України (державний етап МАН 2012 р., м. Київ) робота Дениса Котова «Хвильова енергетична установка для електропостачання світлосигнальних навігаційних пристроїв» була відзначена дипломом II ступеня на відділенні технічних наук.



а)



б)



в)

**Рис. 2.20. Представлення проекту на міжнародних конкурсах:**

а) Intel ISEF – 2011; б) VIII Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час»; в) золота медаль переможців

## Висновок

Етап теоретичного та експериментального дослідження запропонованих інноваційних рішень доцільно проводити шляхом його представлення у вигляді циклу простіших і логічно взаємопов'язаних задач (зокрема, фізичних), які є окремими кроками розв'язання більш складної технічної проблеми. Під час такої роботи учні зацікавлені в отриманні результатів розв'язання цього циклу задач та усвідомлено використовують теоретичні знання у нових ситуаціях.

## Література

1. Андреев А. М. Модель хвильової енергетичної установки та її використання у навчальному процесі з фізики. Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: педагогічні науки. Луганськ : Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, 2012. № 22 (257). С. 89–96.

2. Андреев А. М. Підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі : монографія. Запоріжжя : Статус, 2018. 380 с.

3. Andreev A. M., Gulyaeva T. V., Tkachenko S. P. Training model to demonstrate the conversion of thermal energy into mechanical energy. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. Budapest, 2017. Vol. (56), Issue: 128. P. 7–10.

4. Андреев А. М., Ткаченко С. П. Методичні особливості використання парореактивного рушія у демонстраційному експерименті з фізики. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія: педагогічна / гол. наук. ред. П. С. Атаманчук. Кам'янець-Подільський : К-ПНУ імені Івана Огієнка, 2016. Вип. 22. С. 121–124. Index Copernicus, Google Scholar, CEJSH.

5. Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну: пат. 78031 Україна: МПК G09B 23/16 (2006.01), G09B 5/00, G09B 9/00. № u2012 08597; заявл.11.07.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5. 6 с.

6. Хвильова енергетична установка: пат. 59023 Україна: МПК F03B 13/14 (2006.01), F03B 13/16 (2006.01), F03B 13/20 (2006.01), F03B 13/22 (2006.01). № u201100740; заявл.24.01.2011; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8. 6 с.

## 2.6 Складові успішного представлення проекту на творчих конкурсах

*Успішне представлення учнями інноваційних проектів у творчих конкурсах залежить як від змісту роботи, так і від особистісних якостей її виконавців. Розглянемо відповідні критерії, виокремлені на основі аналізу виступів переможців з нашої ЕГ*

Підготовка учнів до участі у всеукраїнських та міжнародних творчих конкурсах є важливим етапом реалізації інноваційного STEM-проекту. Для ефективної організації цієї підготовки керівник проекту має враховувати певні організаційно-змістові вимоги. Аналіз критеріїв, що враховуються при оцінюванні учнівських проектів, а також неодноразова й доволі результативна участь у творчих конкурсах учнів нашої ЕГ, дозволила виділити такі складові [1]:

1. *В основу роботи має бути покладено оригінальну й зрозумілу ідею.* Часто ідеї розроблених учнями пристроїв вдається запозичити у природи. На рис. 2.21 наведені фото чотирьох пристроїв, що були розроблені нашими учнями. Кожний із цих пристроїв має свій природний аналог. Аналогом лопаті вітродвигуна (рис. 2.21, а) є крило птаха. Пластини лопаті запропонованого вітродвигуна працюють так само, як пір'я крила: при русі крила вгору його аеродинамічний опір менший (оскільки в цьому випадку повітря проходить між пір'їнками), ніж при русі вниз (коли між пір'їнками просвіти відсутні). Аналогом датчика швидкості й напрямку вітру анемометра (рис. 2.21, б) є рослина, що може відхилятися від положення



а)

Крило птаха – природний аналог  
розробленої вітроустановки



Діюча модель портативної  
вітроустановки для живлення  
малопотужних пристроїв



б)

Комиш – природний аналог датчика  
швидкості й напрямку вітру  
анемометра



Діюча модель датчика швидкості  
й напрямку вітру анемометра



в)

Плавники та хвіст риби – природні  
аналоги гвинта хвильової  
енергетичної установки



Діюча модель хвильової установки



г)

Соняшник – природний аналог  
геліоустановки



Діюча модель геліоустановки

**Рис. 2.21. Природні аналоги як ідеї учнівських технічних рішень (закінчення):** а) вітровий двигун [4]; б) датчик швидкості й напрямку вітру [2]; в) хвильова енергетична установка [10]; г) геліоустановка [6]

рівноваги під дією вітру. Природним аналогом хвильової енергетичної установки (рис. 2.21, в) є риб'ячий хвіст або плавник. Запропонована учнями геліоустановка схожа на природний аналог – соняшник (рис. 2.21, г), в цьому пристрої поєднано універсальний дизайн квітки з інноваційним рішенням використання сонячної енергії для приготування їжі та підігріву води. Установка має змогу, як і сонях, слідкувати за небесним світилом.

2. *Робота повинна бути певним кроком до розв'язання актуальної проблеми (для міжнародного етапу конкурсу бажано, щоб проблема мала загальносвітове значення).* Упродовж останніх десятиліть цими напрямками є такі [5; 7; 3]:

- *енергетика сталого розвитку* (включно з розробкою поновлюваних джерел енергії, паливних гальванічних елементів, переробкою відходів ядерного циклу);
- *захист навколишнього середовища.* До головних екологічних проблем, з якими зіткнулося людство на початку ХХІ століття, вітчизняні та закордонні вчені відносять: забруднення навколишнього середовища, накопичення відходів (побутових, промислових, сільськогосподарських), зміну клімату на Землі;
- *освоєння світового океану*, що дає людству біоресурси та мінеральну сировину;
- *інформаційні й комунікаційні технології*;
- *транспорт*;
- *життєвий простір.*

У нашій практиці найчастіше учні обирали для своїх майбутніх проєктів теми досліджень, пов'язані з проблемою енергозбереження. Нині це не лише одна з актуальних всесвітніх проблем, а й важливе питання національної безпеки України (зокрема, енергозберігаючі технології та альтернативні джерела енергії) [8]. Крім того, практична діяльність учнів, пов'язана з енергозбереженням, сприяє їх зацікавленню предметами STEM, адже, дозволяє:

- побачити кінцевий продукт своєї діяльності (наприклад, методи підвищення енергоефективності, діючі моделі запропонованих пристроїв);



- впровадити розроблені заходи з енергозбереження в себе вдома та в закладі освіти;
- запропонувати інноваційні рішення щодо раціонального використання енергії та ресурсів.

Наведемо кілька тем учнівських робіт, що були представлені учнями на міжнародних етапах конкурсів: «Хвильова енергетична установка з гвинтовим перетворювачем енергії» (*Всесвітній огляд-конкурс наукових та інженерних досягнень школярів Intel ISEF*); «Пристрій для вимірювання швидкості й напрямку вітру» (*Всесвітній огляд-конкурс наукових та інженерних досягнень школярів Intel ISEF*); «Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти для водометних суден» (*Міжнародна олімпіада проектів на тему стабільного світу I-SWEEEP*); «Хвильова енергетична установка для електропостачання світлосигнальних навігаційних пристроїв» (*Міжнародний Стокгольмський юнацький водний приз SJWP*), «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах» (*Всесвітній огляд-конкурс наукових та інженерних досягнень школярів Regeneron ISEF*).

Досвід показує, що вибір теми майбутнього проекту та формулювання його завдання виявляється складною задачею навіть для досвідчених учителів. Один із методів розв'язання цієї проблеми є такий [9]: майбутнім учасникам конкурсу заздалегідь пропонують тематики наукових проектів із формулюванням завдання та списком рекомендованої літератури (для детального ознайомлення з проблемою). Авторами цих тематик є викладачі закладів вищої освіти, а також співробітники з Інститутів Національної академії наук України. Крім того, вони дають нагоду учителям та їх учням спільно виконувати ці проекти. Як приклад наведемо задачу, що пропонувалася за секцією «Енергетика» під час конкурсу «*Intel-Tехно Україна*» [9]. У її розробці взяли участь академік НАН України А. Халатов та координатор конкурсу «*Intel-Tехно Україна*» М. Дмитренко (колишній учень нашої експериментальної групи).

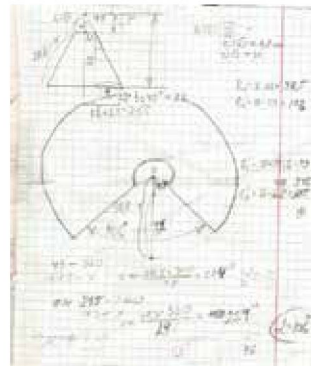
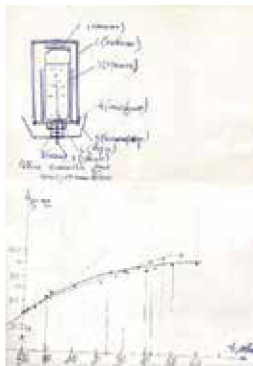
**Задача.** «Енергія на вітер». Розвиток автомобільної галузі за останні 30 років та розповсюдження автомобілів серед населення

є доволі значним. Тільки в Києві налічується близько 1 млн одиниць. Переважна більшість авто обладнана двигунами внутрішнього згорання, ККД яких становить 20–30 %. Це означає, що 70–80 % енергії, отриманої від спалювання палива, викидається в навколишнє середовище у вигляді теплоти. *Запропонуйте* способи економічної утилізації цієї теплоти (наприклад, для кондиціонування автомобіля).

3. *У досягнутих у роботі результатах має бути значний особистий внесок учня.* Роботи, що є частиною дипломних та дисертаційних робіт інших осіб, не допускаються до участі в конкурсах. Про ступінь самостійності виконання проекту можуть свідчити такі матеріали: *проектна книга* (рис. 2.22) – робочий журнал, що містить особисті записи учня, графіки, діаграми, ескізи, чорнові варіанти розрахунків тощо; *опис дослідження* – документ, у якому зазначено проблему, завдання, методи дослідження, отримані результати, їх аналіз, висновки, приклади конкретного застосування результатів тощо).



а)



б)

**Рис. 2.22. Робочий зошит учня:**  
а) титульний лист; б) приклади записів

4. *Особистісні якості учасника.* Серед важливих якостей, що підвищують шанси на успішний виступ у творчих конкурсах є,

зокрема, здатність чітко донести до членів журі суть свого проекту (презентаційні та комунікаційні навички, логічне мислення тощо), лідерські здібності (зокрема, надійність, товариськість, прагнення до перемоги), вільне володіння англійською мовою (для представлення проекту у міжнародних конкурсах), а також *ініціативність та підприємливість* як одна з наскрізних життєвих компетентностей учня, що передбачає втілення задумів у життя. Цій компетентності притаманні такі ознаки як: усвідомлення суспільно значущих цінностей, висока працездатність, впевненість у собі, творче розв'язання проблеми, сміливість у прийнятті рішень та вміння ризикувати, здатність встановлювати контакти, гнучкість.

Зрозуміло, що не всі учні можуть досягти високих успіхів у всеукраїнських і міжнародних конкурсах. Причини можуть бути різні: низький рівень навчальних досягнень із STEM-дисциплін, недостатнє володіння англійською мовою, некомунікабельність тощо. Проте, як свідчить наш досвід, навіть підготовка й участь у цих конкурсах має неабиякий мотиваційний і навчальний ефект, що позитивно впливає на розвиток ключових компетентностей учнів.

## Висновок

Успішне представлення учнівських проектів на творчих конкурсах залежить від таких складових: в основу роботи має бути покладено оригінальну й зрозумілу ідею; робота повинна бути певним кроком у розв'язанні актуальної проблеми (для міжнародного етапу конкурсу бажано, щоб проблема мала загальносвітове значення); у досягнутих результатах має бути значний авторський внесок; важливе значення мають також особистісні якості конкурсанта (зокрема, його презентаційні та комунікаційні навички, володіння англійською мовою, ініціативність та підприємливість).

## Література

1. Andreev A. M., Gulyaeva T. V. *Prerequisites successful participation of students in international contests of physics and technical creativity. Science and Technology: The collection includes 8th International Conference "Science and Technology" by SCIEURO in London, 23–29 April 2017. London : SCIEURO, 2017. № 1, Vol. 1. P. 69–76.*
2. Анемометр: пат. 43782 Україна: МПК G01W1 1/00, G01P 5/00, G01P 5/02. № u200904339; заявл. 30.04.2009; опубл. 25.08.2009, Бюл. № 16. 6 с.
3. Буряк П. Ю., Гупало О. Г. *Європейська інтеграція і глобальні проблеми сучасності : навч. посіб. Київ : Хай-Тек Прес, 2008. 352 с.*
4. Вітровий двигун: пат. 71490 А Україна: МПК 7 F03D3/00. № 20031213283; заявл. 31.12.2003; опубл. 15.11.2004, Бюл. № 11. 4 с.
5. Гесць В. М., Семиноженко В. П. *Інноваційні перспективи України. Харків : Константа, 2006. 272 с.*
6. Геліоустановка: пат. 155918 Україна: МПК F24S20/20 (2018.01), F24S23/00. № u2023 04725; заявл. 06.10.2023; опубл. 17.04.2024, Бюл. № 16. 4 с.
7. Дзяд О. В., Рудік О. М. *Спільні політики Європейського Союзу та їх значення для України : навч. посібник / за заг. ред. М. Бойцуна та ін. Київ : Міленіум, 2009. 668 с.*
8. *Проект Плану відновлення України Матеріали робочої групи «Енергетична безпека» // Національна рада з відновлення України від наслідків війни. URL: <http://surl.li/dfwrr> (дата звернення: 01.01.2023).*
9. *Тематики творчих проєктів учнівської молоді на 2012/2013 навчальний рік / укладачі: А. А. Халатов та ін. Київ : Спільна лабораторія оперативної поліграфії ННК «ІПСА» та ФТІ НТУУ «КПІ», 2012. 28 с.*
10. *Хвильова енергетична установка: пат. 59023 Україна: МПК F03B 13/14 (2006.01), F03B 13/16 (2006.01), F03B 13/20 (2006.01), F03B 13/22 (2006.01). № u201100740; заявл. 24.01.2011; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8. 6 с.*



## 2.7 Організація творчого середовища для виконання учнями STEM-проектів

*Результати проектної діяльності учнів можуть мати не лише педагогічну цінність, але й самостійне наукове та практичне значення за умови створення сприятливого творчого середовища. Проаналізуємо особливості його організації під час проектної діяльності учнів на прикладі реалізації інноваційного командного STEM-проекту «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»*

Готовність учнів до науково-дослідницької діяльності розглядають як найвищий рівень прояву сформованості дослідницької компетентності [6, с. 65]. Для її формування Ю. Завалевський, С. Горбенко та Н. Дівінська пропонують створювати відповідні умови: надавати можливості для виконання дослідницьких завдань; сприяти вільному дослідженню; розвивати навички аналізу та інтерпретації даних, формулювання гіпотез та висновків; презентації результатів дослідження. Вважаємо, що саме від особливостей організації творчого середовища в освітньому процесі залежить успішність формування готовності учнів до науково-дослідницької діяльності та її результативність [1]. Створити для розвитку творчої особистості найбільш сприятливі умови, тобто побудувати для неї ефективне навчальне середовище – означає, на думку В. Бикова, зробити «практично все» для особистісного розвитку учня і «практично все» для максимально можливих результатів будь-якої його діяльності, що ініціюється зовні [3, с. 379]. Прикладом педагогічної технології для розвитку готовності до науково-дослідницької діяльності, є запропоновані Р. Швай тренінги творчості, спрямовані на підвищення рівня креативності, формування іманентної мотивації та творчої орієнтації учнів [8].

Підготовка учнів до конкурсів STEM-спрямування передбачає такі основні етапи як: вибір напрямку дослідження, постановка



проблеми, формулювання творчого завдання, аналіз існуючих розв'язків з виділенням їх недоліків, пошук ідей та їх подальше розроблення, теоретичне та експериментальне дослідження запропонованого розв'язку, апробація та впровадження винаходу, оформлення науково-дослідницької роботи, створення засобів візуалізації результатів наукового дослідження (постера, презентації, відеоматеріалів), підготовки учня до публічного захисту роботи. Ці етапи потребують створення відповідного творчого середовища, яке буде мати чітку структуру та формуватися з внутрішнього (суб'єкти власне освітнього закладу) та зовнішнього блоків (суб'єкти поза межами освітнього закладу) [7]. Умовно виділяють три групи суб'єктів STEM-середовища. До першого відносяться обдаровані учні з лідерськими задатками, до другого – педагогічні працівники, психологи та представниками соціальної служби та третього – батьки, науковці, інженери та інші суб'єкти STEM-середовища, які безпосередньо не пов'язані з навчальним процесом (студенти закладів вищої освіти, представники територіальних відділень МАН, спонсори, волонтери, представники наукових установ, установ інтелектуальної власності, наукових видавництв, промисловості, науково-дослідних лабораторій, музеїв, природничих центрів, держаних адміністрацій, громадських та інших організацій тощо).

Проаналізуємо роль суб'єктів творчого середовища на деяких вищезазначених етапах підготовки до творчих конкурсів на прикладі інноваційного командного проєкту «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах» Ганни Засць та Олександри Кротової, учениць 11 класу Запорізької школи-інтернату «Козацький ліцей». У 2024 році цей STEM-проект був відзначений у багатьох всеукраїнських конкурсах, а також він увійшов до п'ятірки проєктів, що були визнані соціально значущими та актуальними для України й отримали спеціальні винагороди від Президентського Фонду Леоніда Кучми «Україна». За підсумками суперфіналу конкурсу «Еко-Техно Україна» журі включило роботу як резервний проєкт, яким надано право представляти Україну на Міжнародній науково-технічній виставці ISEF-2024.

Наукова новизна проекту «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах» полягає у розробленні конструкції портативної геліоустановки «Квітка Сонця» як екологічно чистого автономного джерела теплової енергії та експериментальному дослідженні її робочих характеристик. Установка дозволяє реалізувати такі режими роботи: нагрівання води (підігрів та кип'ятіння), приготування варених страв, запікання продуктів та їх розігрівання, виконання господарських робіт. Перевагами моделі є: компактність, простота конструкції та складання (виготовлено з матеріалів, що наявні в домашньому господарстві), легкість та зручність у транспортуванні.

У цьому проекті природним аналогом геліоустановки обрано соняшник, який впродовж дня повертається за Сонцем. Ця ідея втілена в конструкції діючої моделі, що отримала відповідну назву – «Квітка Сонця» (рис. 2.23, а). *Етап пошуку ідей та їх подальшого розроблення* є одним із найскладніших, він потребує використання комплексу психолого-педагогічних вправ для розвитку креативності. Тож на цьому етапі було долучено шкільного психолога, який разом з керівником проекту ознайомлювали учениць з методом розв'язання творчих задач.



а)



б)

**Рис. 2.23. Геліоустановка «Квітка Сонця»:**

*а) логотип, що відображає провідну ідею; б) діюча модель*



а)



б)

**Рис. 2.24. Дослідження діючої моделі:**

*а) вимірювання температури за допомогою цифрового лабораторного комплексу LabQuest 2; б) ознайомлення з принципом налаштування телескопа в обсерваторії ЗНУ*

Для теоретичного та експериментального дослідження геліо-установки була створена її діюча модель (рис. 2.23, б), над виготовленням якої авторки проєкту співпрацювали з батьками. Дослідження діючої моделі проводилося у фізичній лабораторії за допомогою цифрового комплексу LabQuest 2 (рис. 2.24, а) та в польових умовах. На цьому етапі визначною була роль консультантів – науковців кафедри загальної та прикладної фізики ЗНУ. Також під час розроблення пристрою для орієнтування учениці відвідали обсерваторію університету, ознайомилися з роботою телескопа та принципом його налаштування на небесні світила (рис. 2.24, б).

Способом апробації проєкту було обрано отримання патенту на корисну модель «Геліоустановка» [4] (рис. 2.25, а) та публікацію результатів роботи у науковому журналі «Молодий вчений» [2] (рис. 2.25, б). Підготовка пакета документів (опис технічного рішення, його формулу, реферат, креслення) до Українського національного офісу інтелектуальної власності та інновацій проводилася авторками проєкту за участю науковця-консультанта та патентного повіреного, який в подальшому супроводжував процедуру отримання патенту згідно з Законом України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» [5]. Спілкування учнів з цими фахівцями сприяла

засвоєнню вимог до оформлення технічної документації; понять, що використовуються у сфері інтелектуальної власності (зокрема, таких як «винахід», «корисна модель», «формула винаходу (корисної моделі)», «наукова новизна», «практичне значення», «винахідницький рівень», «економічний ефект», «критерії патентоспроможності» та інші).

Над текстом статті учениці працювали спільно з науковцем-консультантом ЗНУ. У процесі публікації статті відбувалася також взаємодія авторів проєкту з представниками наукового видання, коректорами та рецензентами.



а)



б)

**Рис. 2.25. Апробація проєкту:**

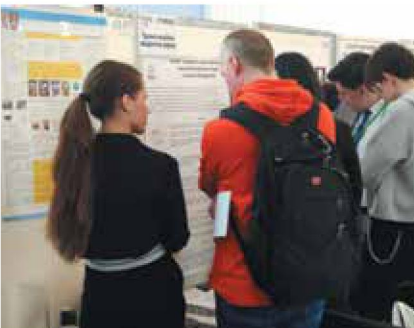
- а) патент на корисну модель «Геліоустановка» № 155918 [8];  
б) публікація у науковому журналі «Молодий вчений» [9]

Більшість конкурсів передбачають постерний захист та/ або презентацію роботи під час наукової конференції. Для створення засобів візуалізації результатів наукового дослідження (постера (додатки), презентації, відеоматеріалів) суб'єктами творчого середовища (окрім учениць та їх керівника) були: науковець-консультант, вчитель інформатики та батьки. Відео матеріали під час заочного відбору робіт або під час дистанційного захисту надають наочне уявлення щодо працездатності та технічних характеристик діючої моделі. У процесі



створення засобів візуалізації ученицями було створено та завантажено на [www.youtube.com](http://www.youtube.com) відеоролик «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах» для Всеукраїнського конкурсу молодіжних проєктів з енергозбереження «Енергія і середовище» (<https://youtu.be/PYjhUnZ69l8>). Учасницями також створено авторський логотип геліоустановки «Квітка Сонця» та друкований варіант постера.

*Етап підготовки учнів до публічного захисту роботи* потребує здійснення психолого-педагогічного супроводу, особливо тих, хто готується до виступу вперше та дуже хвилюється. Співпраця з психологом на цьому етапі сприяє розвитку комунікабельності, навичок публічних виступів та роботі в команді (рис. 2.26, а, б). Сьогодні актуальність такого супроводу посилюється особливостями дистанційної або змішаної форм навчання, недоліком яких є значні труднощі та дискомфорт у школярів під час офлайн-виступу. Окрім психолога до співпраці на цьому етапі залучалися консультанти-науковці та сторонні глядачі (учні, батьки, вчителі, студенти тощо). Необхідною умовою підготовки до виступу на міжнародних конкурсах є співпраця з викладачами англійської мови (технічна лексика) та безпосередньо носіями, оскільки навіть учні, які мають високий рівень навчальних досягнень з англійської



а)



б)

**Рис. 2.26. Публічний виступ:**

а) стендовий захист проєкту; б) дистанційне спілкування з членами журі



мови, почуваються невпевнено у спілкуванні з членами журі (можуть розмовляти нечітко, з акцентом тощо).

Окремим напрямком роботи є співпраця зі спонсорами, оскільки участь у творчих конкурсах потребує матеріальної підтримки юних дослідників: сплата організаційного внеску за участь, виготовлення друкованої продукції, проїзд та проживання учасників та осіб, що їх супроводжують (особливо на міжнародних конкурсах) тощо. Також на етапі експериментального дослідження запропонованого розв'язку учні часто стикаються з проблемою високої вартості необхідних елементів для виготовлення діючої моделі. Зазвичай, в таких випадках для демонстрації створюють макет, проте в цьому випадку учень не може експериментально пересвідчитися у працездатності запропонованого розв'язку та спирається лише на теоретичні розрахунки, які можуть істотно відрізнятися від показників отриманих під час випробування.

## Висновок

Результативність проектної діяльності за STEM-підходу суттєво підвищується за умови створення відповідного творчого середовища, суб'єктами якого, окрім безпосередньо здобувачів освіти, є: батьки, вчителі, психологи, консультанти-науковці, патентні повірені, представники наукових видань, коректори, рецензенти, студенти, члени журі, експерти, спонсори, представники підприємств та інші. Склад учасників творчого середовища залежить від тематики проєктів. Задачею наукового керівника є організація зазначеного середовища та здійснення педагогічного супроводу учня на всіх етапах роботи над проєктом.

## Література

1. Андрєєв А. М., Андрєєва О. А. *Творче середовище як фактор результативності STEM-підходу до проектної діяльності здобувачів освіти. Наукові записки Малої академії наук України. 2024. Вип. 2(30). С. 111–118.*

2. Андреев А. М., Андреева О. А., Заець Г. Д., Кротова О. М. Портативна геліоустановка «Квітка Сонця»: аналіз конструкції та принцип дії. Молодий вчений. 2023. № 11 (123). С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-11-123-22>.
3. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: монографія. Київ : Атіка, 2009. 684 с.
4. Геліоустановка: пат. 155918 Україна: МПК F24S20/20 (2018.01), F24S23/00. № u2023 04725; заявл. 06.10.2023; опубл. 17.04.2024, Бюл. № 16. 4 с.
5. Про охорону прав на винаходи і корисні моделі : Закон України від 15.12.1993 р. № 3687-XII. Дата оновлення: 31.12.2023. URL: <http://surl.li/dmrtf> (дата звернення: 14.04.2024).
6. Світ інноваційних можливостей: актуальні питання розвитку STEM-освіти : колективна монографія / за заг. ред. О. Є. Стрижака, Ю. І. Завалевського. Київ, 2023. 254 с.
7. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації / Н. І. Поліхун та ін. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.
8. Швай Р. І. Творче навчальне середовище для формування креативної особистості. Освіта та розвиток обдарованої особистості. 2013. № 11. С. 14–18.

## Розділ 3

# Апробація авторської технології

### 3.1 Особливості впровадження технології

*Наведемо особливості впровадження авторської технології та розглянемо критерії, що засвідчили її ефективність*

Запропонована авторська технологія супроводження учнів під час створення інноваційних STEM-проектів проходила апробацію впродовж 2002–2024 років в освітньому процесі закладів загальної середньої та позашкільної освіти Запорізької області. Педагогічним експериментом були охоплені здобувачі освіти 6–11 класів таких освітніх закладів: Запорізька гімназія № 28, Запорізький багатопрофільний ліцей № 99, Економіко-правничий коледж ЗНУ, Запорізька школа-інтернат «Козацький ліцей», Василівська гімназія «Сузір'я» Запорізької області, Петропільський ліцей Запорізької області, Запорізький обласний центр науково-технічної творчості учнівської молоді «Грані» Запорізької обласної ради.

Технологія була апробована як під час уроків (зокрема, фізики), так і під час позаурочної діяльності (зокрема, на гуртках: фізико-математичному, розв'язування винахідницьких задач, психології творчості). *Відмінною ознакою* гурткових занять була організація STEM-педагогом творчого середовища, в якому учні мали змогу обмінюватися думками, спілкуватися з досвідченими фахівцями (науковці закладів вищої освіти, патентні повірені, представники підприємств, представники наукових видань), проводити дослідження в спеціалізованих лабораторіях тощо.

Для виконання інноваційних STEM-проектів учні об'єднувалися в команди (2–3 учні). Зазвичай команда складалася з учнів різних вікових груп (6–11 класи), що сприяло набуттю досвіду науково-дослідницької роботи наймолодших учасників. Кожна команда працювала над власним проектом. Склад учасників творчого середовища залежав від тематики проектів. Задачею наукового керівника є організація зазначеного середовища та здійснення *педагогічного супроводу учнів* на всіх етапах роботи над проектом.

Ефективність технології оцінювалася за такими критеріями (підрозділ 3.2):

- *новизна* творчих продуктів, створених учнями. Такими продуктами були учнівські науково-дослідницькі роботи, діючі моделі та макети винайдених пристроїв, оформлені заявки на винаходи, наукові статті, стенди, презентації тощо. Враховувалися такі рівні новизни: відтворення вже відомих технічних рішень; суб'єктивна новизна (учень відкриває для себе вже відомі закономірності, створює нові для нього пристрої тощо); об'єктивна новизна (новизна розробок засвідчена, наприклад, патентами на винахід або корисну модель);
- розвиток *особистісних якостей учнів* (ключових компетентностей, зокрема, ініціативності та підприємливості). Враховувався також *особистісний приріст* учня, порівняння його з самим собою за деякий період часу;
- результати участі учнів в творчих конкурсах STEM-спрямування. Творчу продукцію учні спочатку представляли на заняттях гуртка, а найкращі з них – на творчих конкурсах, конференціях, ярмарках обласного, всеукраїнського та міжнародного рівнів. Оцінювання творчої продукції учнів зовнішніми експертами дозволила нам судити про рівень сформованості STEM-компетентності гуртківців, а отже і про ефективність запропонованої нами технології.

## Висновок

Авторська технологія була апробована як під час уроків, так і на гуртках (зокрема, фізико-математичному, розв'язування

винахідницьких задач, психології творчості). Для оцінки ефективності технології виділено такі критерії: новизна творчих продуктів, створених учнями, розвиток їх особистісних якостей, а також результати участі в творчих конкурсах STEM-спрямування.

### 3.2 Результативність авторської технології

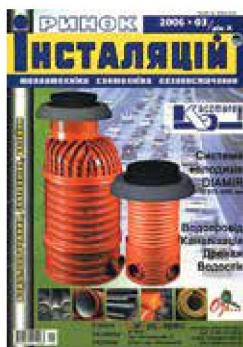
*Систематизуємо основні учнівські результати, що свідчать про ефективність авторської технології. Наведемо приклади отриманих ними відзнак, що демонструють рівень розвитку особистісних якостей учнів, а також приріст цих якостей за деякий період часу*

Для перевірки ефективності авторської технології було проведено якісний та кількісний аналіз освітніх результатів, досягнутих учнями ЕГ у процесі створення інноваційних STEM-проектів.

1. **Новизна творчих продуктів, створених учнями.** Об’єктивна новизна проєктів учнів ЕГ засвідчена документально (табл. 3.1): патентами на винахід або корисну модель, публікаціями в наукових журналах (статті, тези) тощо (рис. 3.1).



а)



б)





**Рис. 3.1. Приклади наукових журналів з публікаціями учнів:**  
а) всеукраїнський науковий, науково-популярний журнал «Винахідник і раціоналізатор» [5]; б) технічний журнал «Ринок інсталяцій» [4];  
в) науковий журнал «Хортицькі читання» [7]; г) матеріали конференції [3]

Таблиця 3.1

**Перелік патентів та наукових статей  
учнів експериментальної групи**

| Назва винаходу або статті                 | Учні-співавтори                     | Дані про патент або статтю |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Індукторний генератор                     | Кузьменко Микита,<br>П’янкова Олена | Патент України<br>№ 63405А |
| Вітровий двигун                           | Дмитренко Максим,<br>П’янкова Олена | Патент України<br>№ 71490А |
| Індукторний генератор                     | Зайцев Євген,<br>Левін Роман        | Патент України № 6009U     |
| Вітровий двигун                           | Зайцев Євген,<br>Левін Роман        | Патент України № 6010U     |
| Пристрій для електрохімічної обробки води | Дмитренко Максим,<br>Левін Роман    | Патент України № 9390U     |

| Назва винаходу або статті                                                         | Учні-співавтори                                      | Дані про патент або статтю                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Установка для очистки стічних вод                                                 | Дмитренко Максим,<br>Зайцев Євген,<br>Левін Роман    | Патент України<br>№ 11039U                   |
| Пристрій для демонстрації поверхні, що описується рівнянням стану ідеального газу | Курмак Зоя                                           | Патент України<br>№ 17081U                   |
| Установка для демонстрації вимушених коливань                                     | Жабко Дмитро,<br>Левін Роман,<br>Зайцев Євген        | Патент України<br>№ 17227U                   |
| Индукторный электрический генератор с зубчатым ротором                            | Левін Роман,<br>Зайцев Євген                         | Промышленная энергетика. 2005. № 6. С. 28–30 |
| Хвильова енергетична установка                                                    | Зайцев Євген,<br>Дмитренко Максим,<br>Жабко Дмитро   | Патент України<br>№ 17034U                   |
| Вітровий двигун із пружними елементами                                            | Дмитренко Максим,<br>Левін Роман                     | Патент України<br>№ 12522U                   |
| Механізм регулювання частоти обертання вітродвигуна                               | Левін Роман,<br>Дмитренко Максим                     | Патент України<br>№ 16959U                   |
| Стабілізатор напруги електричного генератора змінного струму                      | Серов Арсеній,<br>Дмитренко Максим                   | Патент України<br>№ 19154U                   |
| Електромагнітний клапан                                                           | Дмитренко Максим                                     | Патент України<br>№ 22501U                   |
| Рідинно-електричний анемометр                                                     | Дмитренко Максим                                     | Патент України<br>№ 22503U                   |
| Оптичний звукознімач                                                              | Жабко Дмитро,<br>Іщенко Дмитро,<br>Левін Роман       | Патент України<br>№ 23109U                   |
| Пристрій для екранування електромагнітних хвиль                                   | Киричек Олександр,<br>Левін Роман,<br>Коровін Кирило | Патент України<br>№ 23160U                   |

| Назва винаходу або статті                                                                                        | Учні-співавтори                                                                                           | Дані про патент або статтю                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Установка електрохімічного очищення виробничих стічних вод з екологічно чистим невичерпним джерелом живлення     | Дмитренко Максим,<br>Левін Роман                                                                          | Ринок інсталяцій. 2006. № 3. С. 10–12                                    |
| Индукторный генератор для ветроэнергетических установок                                                          | Левін Роман                                                                                               | Промышленная энергетика. 2006. № 10. С. 45–47                            |
| Демонстраційний магазин опорів                                                                                   | Голубев Павло,<br>Попов Андрій                                                                            | Патент України № 44726                                                   |
| Анемометр                                                                                                        | Оленев Олександр                                                                                          | Патент України № 43782                                                   |
| Пристрій для електрохімічного очищення промислових стічних вод від ціанідів та ароматичних вуглеводнів (фенолів) | Голубенко Анастасія                                                                                       | Хімічна промисловість України. 2009. № 3. С. 55–59                       |
| Тепловий двигун із зовнішнім підводом теплоти                                                                    | Копиловський Микола,<br>Терновой Вадим,<br>Терновой Владислав,<br>Коротченко Валерія,<br>Стреляєв Олексій | Патент України № 58209                                                   |
| Хвильова енергетична установка                                                                                   | Терновой Вадим,<br>Терновой Владислав,<br>Ольховик Ілля,<br>Умеров Еннан                                  | Патент України № 59023                                                   |
| Хвильова енергетична установка                                                                                   | Котов Денис                                                                                               | Энергосбережение. 2012. № 9. С. 13–15                                    |
| Хвильова енергетична установка                                                                                   | Терновой Вадим,<br>Терновой Владислав                                                                     | Винахідник і раціоналізатор «Наука і техніка». 2012. № 3 (114). С. 10–11 |
| Пристрій для демонстрації перетворення теплової енергії в механічну                                              | Тричев Андрій,<br>Котов Денис                                                                             | Патент України № 78031                                                   |

| Назва винаходу або статті                                                              | Учні-співавтори                    | Дані про патент або статтю                                        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Рідинна самоцентруюча опора                                                            | Фараджев Тимур                     | Патент України № 82979                                            |
| Пристрій для демонстрації перетворення енергії                                         | Котов Денис,<br>Тричев Андрій      | Патент України № 85622                                            |
| Система опалення                                                                       | Фараджев Тимур                     | Патент України № 91992                                            |
| Геліоустановка                                                                         | Заєць Ганна,<br>Кротова Олександра | Патент України № 155918                                           |
| Портативна геліоустановка «Квітка Сонця»: аналіз конструкції та принцип дії            | Заєць Ганна,<br>Кротова Олександра | Молодий вчений. 2023. № 11 (123). С. 1–7                          |
| Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах | Заєць Ганна,<br>Кротова Олександра | Науковий журнал конференції «Хортицькі читання». 2024. С. 216–220 |

За найкращі винахідницькі роботи Державний департамент інтелектуальної власності України нагородив учнів ЕГ нагрудними значками «Творець» та «Автор» (рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Нагрудні значки «Творець» та «Автор»  
Державного департаменту інтелектуальної власності України**

Ознакою найвищого рівня досягнень учнів ЕГ є *ознайомчий тур до Академії Всесвітньої організації інтелектуальної власності (ВОІВ)*, що знаходиться у м. Женева (Швейцарія). Зокрема, за ініціативою Державного департаменту інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України представника групи Максима Дмитренка було відзначено поїздкою до Академії ВОІВ. Під час туру учень також відвідав штаб-квартиру ВОІВ, Інформаційний центр ВОІВ, Музей

науки та технологій, штаб-квартиру Організації Об'єднаних Націй, Міжнародний Союз Телекомунікацій та Світову Метеорологічну Організацію. Під час візиту Максим також прослухав низку лекцій з питань інтелектуальної власності та захисту авторського права, які проводили досвідчені фахівці BOIV (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Голова Всесвітньої організації інтелектуальної власності Мпазі Сінжела приймає делегацію з України (м. Женева, Швейцарія, червень 2005 р.)**

Всесвітня організація інтелектуальної власності (BOIV) є однією з 16-ти спеціалізованих інститутів ООН. До головних цілей BOIV відноситься *заохочення творчої діяльності та сприяння охороні інтелектуальної власності* в усьому світі. Діяльність Академії спрямована на постійне запровадження інноваційних програм для функціонування в умовах сфери інтелектуальної власності.

**2. Розвиток особистісних якостей учнів (ключових компетентностей, зокрема, ініціативності та підприємливості).** Згідно із сучасними підходами до освіти молоді в Україні ініціативність і підприємливість є необхідними для посилення людського капіталу, працездатності та конкурентоспроможності.



У Концепції НУШ *ініціативність та підприємливість* розглядаються складниками однієї з *ключових компетентностей* особистості, що передбачає вміння генерувати нові ідеї й ініціативи та втілювати їх у життя з метою підвищення як власного соціального статусу та добробуту, так і розвитку суспільства і держави; вміння раціонально вести себе як споживач, ефективно використовувати індивідуальні заощадження, приймати доцільні рішення у сфері зайнятості, фінансів тощо [8]. Водночас, на сьогодні немає усталеного визначення підприємливості здобувачів освіти. На наш погляд, найбільш системним є підхід, відображений у Рамці підприємницької компетентності молоді України, де виділені складники підприємницької компетентності: креативність, самомотивація та прагнення досягати більшого, вміння вирішувати проблеми і критично мислити, стійкість і здатність до адаптації, вміння ефективно комунікувати та взаємодіяти, будувати стосунки, мати підприємницьке мислення, підвищувати рівень власного емоційного та адаптивного інтелекту, знати основи фінансової грамотності, мати позитивне ставлення до навчання та саморозвитку, бажання вчитися та розвиватися, ризикувати та робити помилки [10].

Основними видами наукової (науково-технічної) роботи здобувачів освіти є науково-дослідні, дослідно-конструкторські, проектно-конструкторські, дослідно-технологічні, технологічні, пошукові та проектно-пошукові роботи, виготовлення дослідних зразків або партій науково-технічної продукції, а також інші роботи, пов'язані з доведенням нових наукових і науково-технічних знань до стадії практичного використання [9]. Характерними ознаками цих видів наукової роботи є створення інноваційного STEM-проекту, що має бути розробкою для практичного використання, мати актуальну тематику і містити елементи об'єктивної новизни.

Досвід авторів дозволяє стверджувати, що робота над STEM-проектом – придатний полігон для розвитку ініціативності і підприємливості здобувачів освіти, адже ця діяльність супроводжується створенням *творчої продукції* [1]. Творча активність здобувачів освіти у її створенні є ефективним *критерієм сформованості* в них відповідної компетентності (високий, достатній та початковий рівні).

Проілюструємо це на прикладі описаного раніше (підрозділ 2.7) STEM-проєкту «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах». У цьому проєкті впродовж 2023/2024 навчального року була розроблена конструкція геліоустановки, створено діючу модель та досліджено її робочі характеристики.

Результатами проєкту стала така творча продукція: тексти наукових робіт; діючі моделі, експериментальні зразки розроблених пристроїв, авторські знаки (логотип, рекламні буклети тощо), наукові публікації (патент на корисну модель, статті, тези), засоби унаочнення результатів наукового проєкту (презентації, постери, відео-демонстрації) (табл. 3.2). За якістю цієї продукції (визначається зовнішніми експертами) зроблено висновок про високий рівень сформованості ініціативності і підприємливості учасниць (табл. 3.3).

Таблиця 3.2

**Наукові публікації, що відображають апробацію результатів STEM-проєкту «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»**

| Форма апробації результатів                                                        | Місце висвітлення                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Патент України на корисну модель «Геліоустановка»                                  | Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій [6]                                                                                                  |
| Наукова стаття                                                                     | Журнал «Молодий вчений» [2]                                                                                                                                               |
| Наукова стаття (електронний збірник матеріалів конференції); виступ на конференції | XV науково-пошукова конференція «Хортицькі читання» Запорізького інституту економіки та інформаційних технологій [7]                                                      |
| Тези (електронний збірник матеріалів конференції)                                  | I Міжнародна науково-практична конференція Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні ЗНУ «Інженерні інновації та розбудова національної економіки» [3]  |
| Тези; виступ на форумі                                                             | Обласний еколого-патріотичний форум «Зелені паростки надії» КЗ «Запорізький обласний центр еколого-натуралістичної творчості учнівської молоді» Запорізької обласної ради |

Таблиця 3.3

**Результати апробації проекту «Портативна геліоустановка  
«Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»  
на творчих конкурсах**

| Назва конкурсу                                                                                                           | Категорія, секція, номінація, відділення                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Результат виступу                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Всеукраїнський конкурс винахідницьких і раціоналізаторських проєктів еколого-натуралістичного напрямку (командна робота) | Категорія «Ресурси енергозбереження», проєкт «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»                                                                                                                                                                                            | I місце                                    |
| Всеукраїнський конкурс молодіжних проєктів з енергозбереження «Енергія і середовище» (командна робота)                   | Номінація «Проєкт з енергозбереження, енергоефективності або поновлюваних джерел енергії», проєкт «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»                                                                                                                                       | I місце                                    |
| Всеукраїнський науково-технічний конкурс «Еко-Техно Україна» (командна робота)                                           | Відділення «Екологічна інженерія», проєкт «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»                                                                                                                                                                                               | I місце                                    |
| Всеукраїнський конкурс-захист науково-дослідницьких робіт учнів – членів МАН (державний етап) (індивідуальна робота)     | Відділення «Інженерії та матеріалознавства»:<br>– секція «Енергетика та електротехніка», проєкт «Портативна сонячна кухня як джерело теплової енергії в польових умовах»;<br>– секція «Екологічно безпечні технології та ресурсозбереження», проєкт «Дослідження робочих характеристик портативної геліоустановки «Квітка Сонця» | Диплом II ступеня<br><br>Диплом II ступеня |

| Назва конкурсу                                                                            | Категорія, секція, номінація, відділення                                                                                                          | Результат виступу |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Всеукраїнський проєкт «Енергозбереження та екологія для школярів» (командна робота)       | Позашкільні заклади освіти, проєкт «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»                       | I місце           |
| XV щорічна шкільна науково-пошукова конференція «Хортицькі читання» (командна робота)     | Секція «Основи економіки, географії та екології», проєкт «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах» | I місце           |
| Відкритий обласний конкурс художньо-технічної творчості «ТехноЕкоStyle» (командна робота) | Номінація «Відбудова України», проєкт «Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах»                    | I місце           |

Зауважимо, що додатковими факторами розвитку ініціативності та підприємливості є прагнення учнів отримати грошові винагороди, спонсорські подарунки, відзнаки, можливість отримати додаткове навчання, наукові публікації та сертифікати (рис. 3.4). У наведеному нами прикладі проєктної діяльності цими стимулами були: стипендія Президента України, спеціальна винагорода від Президентського Фонду Леоніда Кучми «Україна», грошова винагорода від Облдержадміністрації, цінний приз від ТОВ «Арістон Україна» для закладу освіти (італійські водонагрівачі), сертифікат про успішне закінчення курсу «Стала та відновлювальна енергетика. Основи» на онлайн платформі Prometheus. Така мотивація додатково сприяє втіленню в життя власних ідей школярів, підвищує їх особистісний та суспільний добробут.

Отже, активність здобувачів освіти у створенні творчої продукції є ефективним критерієм сформованості в них ініціативності та підприємливості. Додатковими факторами розвитку цієї компетентності є прагнення школярів отримати грошові винагороди, спонсорські подарунки, відзнаки, можливість здобути додаткове навчання, наукові

публікації та сертифікати. Така мотивація додатково сприяє втіленню в життя власних ідей молодих науковців, підвищує їх особистісний та суспільний добробут.



а)  
**Рис. 3.4. Відзнаки STEM-проекту як показник сформованості ініціативності та підприємливості:**

а) нагородження команди від Президентського Фонду Леоніда Кучми «Україна»; б) диплом переможців Всеукраїнського конкурсу молодіжних проектів з енергозбереження «Енергія і середовище»

**3. Результати участі учнів в творчих конкурсах STEM-спрямування.** Цими результатами є: виступи учнів на всеукраїнських, міжнародних конкурсах та конференціях STEM-спрямування; творчі продукти (діючі моделі, макети, програмні засоби тощо) учнів; наукові публікації (зокрема патенти на корисні моделі та статті). Вірогідність зроблених висновків підкріплюється тим, що ці освітні результати фіксувалися незалежними експертами (табл. 3.4).

Одним з критеріїв ефективності авторської технології був особистісний приріст учня, порівняння його з самим собою за деякий період часу. Приклад такого аналізу наведено в таблиці 3.5.



Таблиця 3.4

## Кількісні результати технології (період з 2002 до 2024 роки)

| № з/п | Вид досягнення учнів                                                                                                           | Результативність                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | <i>Участь у всеукраїнських творчих конкурсах</i>                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|       | Конкурс МАН України                                                                                                            | <b>Обласний етап</b> – 80 призерів:<br>дипломи першого ступеня – 34;<br>дипломи другого ступеня – 12;<br>дипломи третього ступеня – 34.<br><b>Державний етап</b> – 32 призери:<br>дипломи першого ступеня – 11;<br>дипломи другого ступеня – 10;<br>дипломи третього ступеня – 11 |
|       | Всеукраїнський конкурс винахідницьких і раціоналізаторських проєктів (м. Київ)                                                 | Абсолютних переможців – 11.<br>Переможців у номінаціях – 5                                                                                                                                                                                                                        |
|       | Всеукраїнський науково-технічний конкурс Еко-Техно Україна (м. Київ)                                                           | Дипломи першого ступеня – 6;<br>дипломи другого ступеня – 1                                                                                                                                                                                                                       |
|       | Всеукраїнський конкурс «Юнацький водний приз»                                                                                  | Дипломи першого ступеня – 1;<br>дипломи другого ступеня – 1                                                                                                                                                                                                                       |
|       | Всеукраїнський конкурс молодіжних проєктів з енергозбереження «Енергія і середовище» (м. Київ)                                 | Дипломи першого ступеня – 3;<br>дипломи другого ступеня – 1                                                                                                                                                                                                                       |
|       | Всеукраїнський турнір юних винахідників і раціоналізаторів (м. Чернігів)                                                       | Дипломи першого ступеня – 1;<br>дипломи другого ступеня – 1;<br>дипломи третього ступеня – 1                                                                                                                                                                                      |
|       | Всеукраїнський конкурс «Енергоефективність та екологія для школярів» (м. Київ)                                                 | Дипломи першого ступеня – 3;<br>дипломи другого ступеня – 1                                                                                                                                                                                                                       |
|       | Всеукраїнський тиждень науки, техніки, винахідництва і раціоналізаторства                                                      | Дипломи першого ступеня – 6;<br>дипломи третього ступеня – 1                                                                                                                                                                                                                      |
|       | Всеукраїнська виставка-конкурс пошуково-дослідницьких та конструкторських робіт з енергозбереження учнів МАН України (м. Київ) | I місце                                                                                                                                                                                                                                                                           |

| № з/п | Вид досягнення учнів                                                                                          | Результативність                                               |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|       | Всеукраїнська науково-технічна виставка молодіжних інновацій та творчих проектів «Майбутнє України» (м. Київ) | II місце                                                       |
| 2     | <i>Участь у міжнародних творчих конкурсах та виставках</i>                                                    |                                                                |
|       | Міжнародний конкурс науково-технічної творчості школярів Regeneron ISEF (Intel ISEF) (США, 2006, 2009, 2011)  | III місце – 2;<br>IV (призове) місце – 2                       |
|       | Міжнародний конкурс проєктів на тему стабільного світу I-SWEEEEP (США, 2010)                                  | III місце                                                      |
|       | Міжнародний конкурс «Юнацький водний приз» SJWP (Швеція, 2006)                                                | Відзнака у номінації                                           |
|       | Міжнародний Салон винаходів та нових технологій «Новий час» (Україна, 2012)                                   | Золота медаль                                                  |
|       | Міжнародна Варшавська виставка-ярмарок розробок винахідників та раціоналізаторів (Польща, 2012)               | Золота медаль                                                  |
|       | Міжнародна виставка інновацій «E-NNOVATE» (Польща, 2021)                                                      | Золота медаль                                                  |
|       | Міжнародний конкурс винаходів та інновацій «iCAN» (Канада, 2021)                                              | Срібна медаль                                                  |
|       | Міжнародний конкурс винаходів та інновацій «PRIX EIFFEL» (Франція, 2021)                                      | Срібна медаль                                                  |
|       | Міжнародний фестиваль науки та технологій «I-FEST» (Туніс, 2021)                                              | Срібна медаль                                                  |
|       | Міжнародна виставка винаходів та інновацій «INTARG» (Польща, 2021)                                            | Бронзова медаль                                                |
| 3     | <i>Патенти та наукові статті</i>                                                                              |                                                                |
|       | Патенти України на корисні моделі та винаходи                                                                 | Кількість патентів – 26;<br>кількість учнів-співавторів – 55   |
|       | Статті у наукових журналах, тези конференцій                                                                  | Кількість публікацій – 10;<br>кількість учнів-співавторів – 16 |

| № з/п | Вид досягнення учнів                                                                                                                                                                                                                                                                | Результативність |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 4     | <i>Особливі відзнаки</i>                                                                                                                                                                                                                                                            |                  |
|       | Стипендії Президента України                                                                                                                                                                                                                                                        | 15               |
|       | Нагрудні значки «Творець» та «Автор»                                                                                                                                                                                                                                                | 6                |
|       | Грошові відзнаки (зокрема, Перша премія Американської метеорологічної асоціації, Друга премія Американської асоціації інтелектуальної власності, Перша премія Міжнародного почесного науково-технічного товариства Sigma Xi, дипломи президентського фонду Леоніда Кучми «Україна») | 5                |
|       | Ознайомчий тур до Академії Всесвітньої організації інтелектуальної власності (м. Женева, Швейцарія, 2005)                                                                                                                                                                           | 1                |

Таблиця 3.5

**Динаміка творчих досягнень окремих учнів**

| Учень            | Клас | Творчі досягнення                                             |                                                              |                              |
|------------------|------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                  |      | Кількість перемог у всеукраїнських конкурсах (державні етапи) | Кількість перемог у міжнародних конкурсах (міжнародні етапи) | Публікації (патенти, статті) |
| Дмитренко Максим | 8    | 1                                                             | —                                                            | 1                            |
|                  | 9    | 2                                                             | 1                                                            | 2                            |
|                  | 10   | 3                                                             | 1                                                            | 3                            |
|                  | 11   | 7                                                             | 2                                                            | 4                            |
| Левін Роман      | 8    | 1                                                             | —                                                            | 1                            |
|                  | 9    | 2                                                             | —                                                            | 2                            |
|                  | 10   | 7                                                             | 2                                                            | 3                            |
|                  | 11   | 7                                                             | 2                                                            | 6                            |

| Учень            | Клас | Творчі досягнення                                             |                                                              |                              |
|------------------|------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|
|                  |      | Кількість перемог у всеукраїнських конкурсах (державні етапи) | Кількість перемог у міжнародних конкурсах (міжнародні етапи) | Публікації (патенти, статті) |
| Зайцев Євген     | 8    | —                                                             | —                                                            | 1                            |
|                  | 9    | 2                                                             | —                                                            | 1                            |
|                  | 10   | 7                                                             | 2                                                            | 2                            |
|                  | 11   | 7                                                             | 1                                                            | 2                            |
| Семененко Андрій | 9    | 1                                                             | —                                                            | —                            |
|                  | 10   | 1                                                             | —                                                            | —                            |
|                  | 11   | 1                                                             | 5                                                            | 1                            |

Авторська технологія організації творчого середовища для виконання учнями інноваційних STEM-проектів була відзначена у 2024 році золотою медаллю на XVI Міжнародній виставці «Інноватика в сучасній освіті» у тематичній номінації «Створення та впровадження інноваційних проектів для підвищення якості освіти та освітньої діяльності» (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Диплом та золота медаль за представлення авторської технології на XVI Міжнародній виставці «Інноватика в сучасній освіті» (м. Київ, 2024 р.)

## Висновок

Наведені досягнення учнів, їх творчий приріст в процесі роботи над інноваційними STEM-проектами яскраво доводять результативність запропонованої методики. Схвальні оцінки зовнішніх експертів також засвідчують її ефективність.

## Література

1. Андреев А. М., Андреева О. А. Развитие инициативности и предприимчивости обучающихся в процессе работы над STEM-проектом в Новой украинской школе. Научный журнал Хортицької національної академії. (Серія: Педагогіка. Соціальна робота) : наук. журн. / [редкол.: В. В. Нечипоренко (голов. ред.) та ін.]. 2024. № 2 (11). С. 7–15.
2. Андреев А. М., Андреева О. А., Заєць Г. Д., Кротова О. М. Портативна геліоустановка «Квітка Сонця»: аналіз конструкції та принцип дії. Молодий вчений. 2023. № 11 (123). С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-11-123-22>.
3. Андреев А. М., Андреева О. А., Заєць Г. Д., Кротова О. М. Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах. Інженерні інновації та розбудова національної економіки: матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні (09–10 травня 2024 року, м. Запоріжжя) / наук. ред. Н. Г. Метеленко; Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. С. 635–638.
4. Андреев А. М., Дмитренко М. А., Левін Р. Є. Установка електрохімічного очищення виробничих стічних вод з екологічно чистим невичерпним джерелом живлення. Ринок інсталяцій. 2006. № 3. С. 10–12.
5. Андреев А. М., Терновой В. В., Терновой Вл. В. Хвильова енергетична установка. Винахідник і раціоналізатор «Наука і техніка». 2012. № 3 (114). С. 10–11.



6. Геліоустановка: пат. 155918 Україна: МПК F24S20/20 (2018.01), F24S23/00. № u2023 04725; заявл. 06.10.2023; опубл. 17.04.2024, Бюл. № 16. 4 с.

7. Заєць Г., Кротова О. Портативна геліоустановка «Квітка Сонця» як джерело теплової енергії в польових умовах : науковий журнал конференції «Хортицькі читання». 2024. С. 216–220.

8. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи. URL: <http://surl.li/hoHa> (дата звернення: 15.04.2024).

9. Про затвердження Положення про науковий ліцей : Постанова Кабінету міністрів України від 22.05.2019 р. № 438. Дата оновлення: 30.06.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/438-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення: 03.07.2024).

10. Рамка підприємницької компетентності молоді в Україні: EntreComp4YouthUa-2023. URL: [https://osvita.diia.gov.ua/uploads/1/8011-ramka\\_pidpriemnic\\_koi\\_kompetentnosti\\_do\\_obgovorennia.pdf](https://osvita.diia.gov.ua/uploads/1/8011-ramka_pidpriemnic_koi_kompetentnosti_do_obgovorennia.pdf).

## Додаток А. Приклади постерів для участі у всеукраїнських конкурсах



Запорізьке територіальне відділення Малої академії наук України



## ПОРТАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО СТРУМУ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ МАЛОПОТУЖНИХ ПРИСТРОЇВ

Усович Дарина Владиславівна, учениця 9-го класу комунального закладу  
«Запорізька спеціалізована школа-інтернат II-III ступенів «Козацький ліцей»  
Запорізької обласної ради Запорізької області

Науковий керівник: Андреева Олена Андріївна, вихователь комунального закладу  
«Запорізька спеціалізована школа-інтернат II-III ступенів «Козацький ліцей»  
Запорізької обласної ради Запорізької області

### МЕТА РОБОТИ:

розроблення вітроенергетичної установки для автономного живлення джерел струму малопотужних пристроїв

### ЗАВДАННЯ:

проаналізувати існуючі пристрої для підзарядки малопотужних приладів, виділити їхні головні недоліки; розробити конструкцію вітроенергетичної установки, яка дозволить заряджати малопотужні пристрої; провести оцінні розрахунки площі лопаті вітроколеса установки; виготовити та експериментально дослідити діючу модель вітроенергетичної установки

### ОБ'ЄКТ:

вітроенергетичні установки малої потужності

### ПРЕДМЕТ:

вітроенергетичні установки для автономного живлення джерел струму



### МАТЕРІАЛИ:

статей, книг, журналів «Омарочос», проекту Плану відновлення України, патенти України, мапа вітрових електростанцій, матеріали та обладнання для створення діючої моделі вітроустановки



Рис. 1. Крило птаха – природний аналог розробленої вітроустановки

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ:

■ теоретичні: вивчення наукової літератури та матеріалів мережі Internet, аналіз (виділення недоліків існуючих пристроїв аналогічного призначення) та синтез (розроблення конструкції портативного джерела живлення), порівняння та аналогія (пошук ідеї конструкції портативного джерела, зокрема у природних системах), узагальнення (виділення можливих напрямів застосування розробленої установки);

■ експериментальні: (дослідження параметрів діючої моделі вітроустановки)



Рис. 2. Діюча модель портативної вітроустановки: а) зовнішній вигляд; б) блок перетворення механічної енергії в електричну



### ХІД ДОСЛІДЖЕННЯ:

- ознайомлення з літературними джерелами, пов'язаними з темою дослідження;
- пошук ідеї конструкції портативного пристрою та її детальне розроблення;
- виготовлення та дослідження діючої моделі;
- узагальнення отриманих результатів



| № дп | Напруга на вход, В | Напруга на вихід, В |
|------|--------------------|---------------------|
| 1    | 9,8                | 4,8                 |
| 2    | 7,5                | 5,0                 |
| 3    | 8,9                | 5,2                 |
| 4    | 10,5               | 5,3                 |
| 5    | 11,8               | 5,6                 |

Рис. 3. Блок регулювання й стабілізації напруги генератора та його дослідження

### РЕЗУЛЬТАТИ:

Проведено аналіз існуючих пристроїв для зарядження малопотужних приладів. Виділено їхні головні недоліки, зокрема, необхідність попереднього зарядження самого джерела струму, відносно дороговизна, наявність електричної мережі для зарядження.

Розроблено конструкцію портативної вітроенергетичної установки, яка дозволяє заряджати малопотужні пристрої. Реалізуючи ідею використання природного аналога – крила птаха (при русі вгору пір'їни крила пропускають повітряний потік, а при русі вниз – створюють опір цьому потоку), конструкція установки містить: вітровий двигун, лопаті якого складаються з секцій-пластин, підвішених на спицях (за принципом пір'їнок на крилі птаха), та блок перетворення механічної енергії в електричну, що складається з електрогенератора та схеми стабілізації напруги.

Виготовлено та експериментально досліджено діючу модель запропонованої вітроустановки, що містить трилопатевий вітровий двигун та електричний блок, а також проведено оцінні розрахунки потужності моделі. Перевагами цієї моделі є компактність, простота конструкції та складання, легкість та зручність у транспортуванні.

$$P_{\text{втр}} = \xi \cdot \frac{S \rho v^3}{2}$$

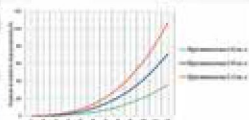
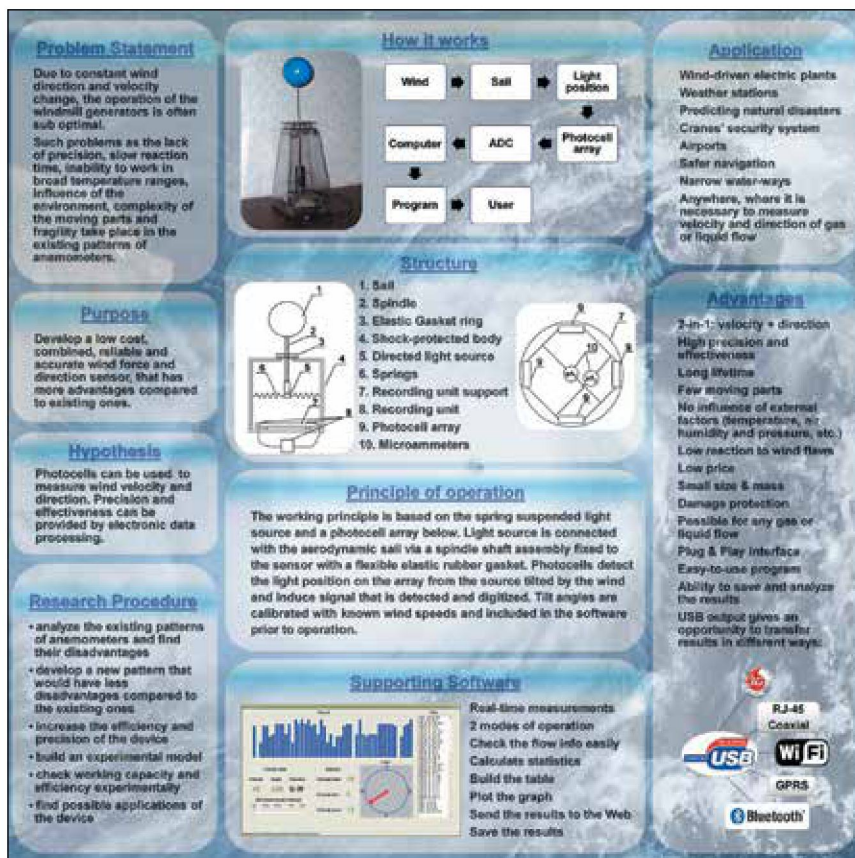


Рис. 4. Профілі кривої потужності вітроустановки від швидкості вітру





## Додаток Б. Приклади постерів для участі у міжнародних конкурсах





## DEVICE FOR ELECTROCHEMICAL TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER WITH ENVIRONMENTALLY CLEAN INEXHAUSTIBLE ENERGY SOURCE

© 2004 Blackwell Publishing Ltd, *Journal of Internal Medicine* 255: 103–110

- High exposure of water treatment that does not occur enough
- Used to treat water from different sources
- Used to collect substances removed during the treatment
- High amount of water used in extraction

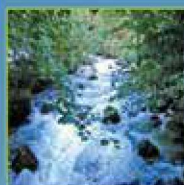


1000

- the effect of **antibiotic treatment** and control of the surrounding feeding flies (1) and (2);
- flies (1) and (2) for carrying mechanical pathogens from swineherds;
- the **right treatment speed** controls (2) and (3);
- the **tools** (2) for the design and type of swineherds;
- the **cost** (2) of swine that combine open and closed pigsties groups in the swineherds (3);
- the **effect** (1) of the experimental treatment of swine (2);
- the **swine** (1) of all swine that is resistant after mechanical treatment of swine that combine open and closed pigsties groups (2) and swine that combine open and closed pigsties groups and control group of swine (2) from swine or swine that do not use the swine for swineherds;
- the **effect** (1) of the experimental results treatment;
- the **feeding flies** (2) for carrying fecal matter;
- the **control swine** and (2).



Source: <http://www.fishbase.org>

[illegible]

[Download PDF](#)

- Indicators of use of water
- Use of treated water as a shared consideration supply cost if appropriate
- Indicators of sustainable economic living measures for industrial zone
- Indicators of economic that are sustainable to the community
- Indicators of the cost of treatment



REDACTED ON: OADR REQUEST, 1/10/2014

1. Analysis was conducted to generate data-sets of the already existing with the treatment of wastewater that contains cyan and thiocyanate groups and acids that can be used for this purpose too.
2. The type design of the wastewater treatment unit and its components was designed to eliminate some unwanted side-effects.
3. The working model of the wastewater treatment unit and its components such as the wastewater treatment unit, the device for electrochemical treatment of water, the acid groups, the hydrolytic generator were worked out and produced.
4. Then regions of the generator operation were experimentally analyzed. Its characteristics such as its size, short circuit, external and regulated functions, chemical stability, oxidation characteristics, mass applied and so on.

3. Viability and effectiveness of the device for electrochemical treatment of water were experimentally tested.
4. Some results of the study were published in the specialized scientific journal *Problemy Vozrozhdeniya* (Munich: A.S., Zakhov I.Y., Leon A.G., 2005, *Industria* (journal with open access), <http://www.industria.ru>, International Institute, No 8, pp. 28-33).
5. The improved 4-dilatation pattern of Ukraine for the thermal treatment treatment and gas paths of 6.
6. Simultaneously with the wastewater treatment and being developed, new designs of its components such as the device for electrochemical treatment of water, the whole system, the industrial innovation have been created.

**Abstract**

[illegible]