

УДК 378.147:[373.09+378.09]:004.896:544.527.2(045)

**І. С. Чернецький**

*Національний центр «Мала академія наук України»*

**І. А. Сліпухіна**

*Національний авіаційний університет*

**Н. І. Поліхун**

*Інститут обдарованої дитини НАПН України*

## **МУЛЬТИДИСЦИПЛІНАРНИЙ ПІДХІД У ФОРМУВАННІ STEM ОРІЄНТОВАНИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ**

*Анотація.* Проведено аналіз сутності поняття «мультидисциплінарність», досліджено особливості, переваги і недоліки застосування мультидисциплінарного підходу у дослідженнях. У світлі STEM-стратегії в освіті з'ясовано основні вимоги до мультидисциплінарного навчального плану, серед яких автентичність, академічна строгість, контекстність, активне дослідження та інші. Наведено технологічну карту мультидисциплінарного навчального дослідження явища фотохромії, яке здійснюється з використанням цифрових засобів опрацювання експериментальних даних. З'ясовано деякі перспективи впровадження, напрями розвитку і дослідження ефективності мультидисциплінарного підходу в освіті.

*Ключові слова:* STEM-освіта, мультидисциплінарність, мультидисциплінарний підхід у навчанні, проблемо орієнтоване завдання, цифрові вимірні комплекси, фотохромія.

**Постановка проблеми.** Ядром економіки XXI сторіччя є конвергенція технологій<sup>1</sup>, які більшість дослідників цього питання пов'язують із шостим технологічним укладом цивілізаційного розвитку.

---

<sup>1</sup> NBICS технологій (Nano-, Bio-, Info-, Cogno-, Socio-)

Сучасна наукова картина світу<sup>2</sup> характеризується, перш за все, глобальним еволюціонізмом, синергією, плюралізмом істини та міждисциплінарністю методів наукового дослідження [4].

Розвиток техніки і технологій, глобальна автоматизація виробництва і сфери обслуговування призведуть до занепаду професій, які не потребують високої кваліфікації. Так, відповідно до даних, наведених О. Хатамле, експоненціальне зростання комп'ютеризації і роботизації усіх сфер життя людства вже до 2050 р. призведе до зникнення близько 60% існуючих нині професій, а, отже, звільнення, наприклад, тільки у США приблизно 50 млн. працездатного населення [16].

Зазначене є підставою для ствердження, що фундаментальна місія освіти епохи постмодерну – підготовка конкурентно спроможних фахівців, здатних до інтегрованої діяльності і, насамперед, техніко-технологічної [12].

З іншого боку, глобальні дослідження існуючих вимог ринку праці виявили, що конкурентна спроможність фахівців нині корелює зі сформованістю у них компетенцій, визначених шляхом широкого кола прогностичних досліджень. Запорукою успішного життя у XXI столітті є здатність і готовність до розв'язання комплексних задач (проблем), уміння критично мислити, навички творчості, управління, координації праці, співпраці, рефлексії, прийняття рішень, орієнтації на обслуговування, ведення переговорів, когнітивної гнучкості [11].

Як виклик класичній системі освіти, на початку XXI ст. зародився якісно новий підхід до навчання, сутність якого розкривається акронімом STEM / STEAM. Відповідна дидактика ґрунтується на формуванні в учнів здатності і готовності до розв'язання практичних (не модельованих) завдань, пов'язаних з реально існуючими конкретними потребами певних споживачів. Визначальною рисою STEM / STEAM навчання є його міждисциплінарний характер, який передбачає залучення знань і навичок, які формуються при вивчен-

---

<sup>2</sup> Зауважимо, що наукова картина світу ґрунтується насамперед на фізичній картині світу.

ні як окремих дисциплін (предметів), так і сучасних методів і засобів наукового та техніко-технологічного дослідження [12].

Зазначимо, що у світовій педагогічній літературі в залежності від характеру взаємодії між дисциплінами розрізняють декілька видів реалізації міждисциплінарного підходу. Найбільш частими термінами, які можна зустріти в інформаційних джерелах є мульти- (полі -), інтер- (кросс-) та трансдисциплінарний підходи до вирішення практичних проблем. Так, інтердисциплінарний підхід – розгляд однієї дисципліни крізь призму іншої (наприклад, історія математики). Водночас мультидисциплінарність розглядається як взаємодія дисциплін у процесі певного дослідження без поєднання методів і засобів відповідних онтологій. Найбільш складною формою міждисциплінарності є трансдисциплінарний підхід, з використанням якого вирішення проблеми призводить до здобування якісно нових (трансдисциплінарних) знань, які не належать до гностичного поля жодної зі онтологій, які є його складовими компонентами [10].

Проведене дослідження показало, що у науковій і науково-популярній літературі (подекуди й у словниках) сутність вище зазначених понять слабко диференційована, часом заплутана і досить часто використовується авторами синонімічно.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Метою міждисциплінарних підходів у дослідженнях є всебічний розгляд і вирішення реальних світових або локальних складних проблем, які потребують залучення широкого кола фахівців різних дисциплінарних галузей. Така технологія має певні переваги і недоліки, пов'язані із залученням континууму різних дисциплін.

Терміни «мультидисциплінарність», «інтердисциплінарність» і «трансдисциплінарність» використовуються для позначення взаємодії декількох дисциплін. Однак ці поняття двозначно визначаються і часто використовуються поперемінно, що створює так зване «термінологічне болото» [14].

Зміст і ефективність використання термінів «мультидисциплінарність», «інтердисциплінарність» і «трансдисциплінарність» у сферах охорони здоров'я, освіти і політики детально досліджені у працях В. Choi та А. Pak [14]. Відповідно до отриманих ними результатів, зазначені терміни почали з'являтися в літературі з 70-х років ХХ ст., причому наймолодшим, очевидно, є термін «трансдисциплінарність», який тільки не входить до кола понять наукового дискусусу і пов'язаний з трансформаціями, що наразі відбуваються в методології наукових досліджень, перед усім, складних практико орієнтованих наукових проблем, що переходять дисциплінарні межі. Словники дають такі значення для префіксів: «*multi*» – багато; більш ніж один; «*inter*» – серед, між ними; взаємний, взаємно; «*trans*» – через; понад, більше; в наступний період; на протилежному боці [13, 15, 19].

Можливими синонімами до термінів «мультидисциплінарність», «інтердисциплінарність» і «трансдисциплінарність» можуть бути «адитивність», «інтерактивність» і «цілісність» відповідно. Отже, ці терміни не можуть замінювати один одного. Застосування більш загального поняття «міждисциплінарність» (*multiple disciplinary*) є бажаним у випадках, коли природа досліджуваного явища невідома, або не визначена [14].

**Метою даної статті** є виявлення сутності мультидисциплінарного підходу у навчанні та з'ясування дидактичних особливостей його реалізації на прикладі STEM орієнтованого навчального проекту.

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз різноманітних літературних та інформаційних джерел виявив, що мультидисциплінарний підхід<sup>3</sup> (МДП) у дослідженнях передбачає залучення знань з різних предметних галузей, але не поєднує їх. Водночас інтердисциплінарний аналіз і синтез гармонічно поєднують дисципліни в скоординоване і послідовне ціле. А під трансдисциплінарністю розуміють об'єднання та інтеграцію природничих,

---

<sup>3</sup> Його синонімом є полідисциплінарний підхід

математичних, медичних, соціальних та інших знань у спільному контексті, який переходить за їх традиційні межі.

Проведене дослідження показало, що основними ознаками застосування МДП у дослідження є такі:

- взаємодія декількох дисциплін (більше двох);
- фахівці з окремих дисциплін, досліджуючи різні аспекти проблеми (проекту): працюють самостійно, паралельно або послідовно; ставлять індивідуальні цілі; не виходять за межі даної дисципліни, використовуючи специфічні знання, методики та інструменти;
- діяльності фахівців властива зовнішня узгодженість, зосередженість на потребах клієнтів;
- учасники проекту поінформовані про міждисциплінарну взаємодію;
- висновки окремих досліджень підсумовуються і зіставляються;
- результатом вирішення проблеми є сума окремих частин (висновків), здобутих у межах кожної окремої дисципліни.

Як зазначено у роботі [14], системний МДП у дослідженнях є способом виокремлення і вивчення основних сукупностей монодисциплінарних об'єктів, явищ і процесів, які формують і наділяють специфічними рисами складний об'єкт. При цьому перенесення методів дослідження з однієї дисципліни в іншу, як правило, не відбувається, зберігаються кордони між дисциплінами<sup>4</sup>.

Як зазначає В. С. Мокій [7], метою МДП є створення узагальненої наукової картини предмета дослідження, яка складається із дисциплінарних праобразів. За такого підходу перенесення методів дослідження з однієї дисципліни в іншу не відбувається. Наприклад, з точки зору МДП,

---

<sup>4</sup> Наприклад, з точки зору МДП, людина розглядається як складна система, яка відрізняється від інших об'єктів певними особливостями (анатомічними, хімічними, психологічними, психічними, фізіологічними і т.д.). Для вивчення цих особливостей застосовуються відповідні їм, монодисциплінарні підходи. Зіставлення здобутих результатів часто дає можливість встановити не виявлені раніше подібності досліджуваних предметних областей.

людину слід розглядати, як складний об'єкт, якому притаманні анатомічні, хімічні, психологічні, психічні, фізіологічні та інші особливості, для вивчення яких застосовуються виключно відповідні дисциплінарні підходи і методи. Однак, зіставлення отриманих результатів у рамках МДП відкриває нові, раніше не виявлені подібності досліджуваних предметних областей. А це, в свою чергу, дозволяє фахівцям організувати нові міждисциплінарні дослідження, зокрема, призводить до появи нових мультидисциплін, наприклад, таких, як фізико-хімічна біологія, екологія тощо.

Проведене дослідження виявило, що МДП є ефективним у роботі експертних груп (наприклад, [24]), у ситуаціях, коли для вирішення проблеми потрібно врахувати множину відомих факторів, які є предметом дослідження інших монодисциплін. Такі «міждисциплінарні доповнення» дають можливість наблизитися до достатньої повноти знань.

Однак, в мультидисциплінарних дослідженнях, інтерпретація отриманих дисциплінарних результатів проводиться з позиції «провідної» дисципліни. Тому МДП є ефективним з точки зору накопичення дисциплінарних і міждисциплінарних знань, але не сприяє виявленню загальних закономірностей і механізмів їх взаємодії всередині предмета дослідження.

Міждисциплінарні комунікації реалізуються через спілкування, яке взаємно збагачує фахівців ідеями, наприклад, з медичних та біологічних, гуманітарних та соціальних наук та юриспруденції [19]. Ключова риса МДП – постійна тісна взаємодія фахівців різних напрямків для досягнення найбільш об'єктивного результату і прийняття найбільш ефективних рішень, наприклад, у лікувальній тактиці [8, 15, 17, 24]. Тому створення мультидисциплінарних команд фахівців сприяє комплексному і швидкому досягненню конкретних цілей організації [14].

Так, мультидисциплінарність згідно з J. Klein [18], – процес, який забезпечує адитивне (не інтегральне) поєднання дисциплін. За такої взаємодії складові дисципліни та їх мета не змінюються, однак часто контрастують, на-

приклад, фізика й історія, біологія й археологія, живопис і релігієзнавство, історія й архітектура. Мультидисциплінарність яскраво виявляється у галузі охорони здоров'я, коли лікарі, вирішуючи певні проблеми, функціонують як незалежні фахівці у межах однієї команди [24].

Поняття мультидисциплінарності використовується також у класифікаціях навчальних дисциплін, освітніх характеристиках фахівців, навчальних планах. Зокрема, мультидисциплінарний підхід у вищій освіті розглядається як спосіб розширення наукового світогляду у напрямку формування цілісного образу об'єкту дослідження. Зазначене формує у майбутнього фахівця усвідомлення моральної й етичної відповідальності за результати і наслідки професійної діяльності [18].

У колективних дослідженнях [5, 9] показано, що формування і розвиток критичного мислення учнів середньої школи реалізується, зокрема, через розроблення і широке використання мультидисциплінарних (інтегрованих) навчальних планів.

У науковій літературі та інформаційних джерелах, зокрема інтернет-сторінках закладів медицини й освіти, можна зустріти доволі різні трактування поняття «мультидисциплінарний інтегрований навчальний план», які іноді суперечать один одному. Формування комплексного навчального плану передбачає взаємодію викладачів / вчителів різних предметних галузей з метою побудови навчальних завдань, які мають практичний контекст і передбачають використання міжпредметних зав'язків [23]. Рідна й іноземна мова, математика, природничі та суспільні науки, і робота викладачів технічних дисциплін взаємодіють таким чином, щоб орієнтуватися на вирішення центральної проблеми або теми.

В основі формування навчальних планів на підставі МДП лежить виокремлення ядра – реально існуючих проблемних завдань (*real world issue*), до виконання яких залучаються природничі (*science*) і соціальні (*social*) науки, математика (*mathematics*), професійно-технічна освіта (*career*

*technical educational*), мовна комунікація і комплексний підхід до організації навчання (*ensamble learning approach*) [23].

Відповідно до досліджень, проведених А. Steinberg [20], ефективний мультидисциплінарний інтегрований навчальний план має задовольняти таким основним критеріям<sup>5</sup>:

– автентичність (*authenticity*) передбачає формування навчальних завдань на основі реального контексту (проблеми), вирішення якого має сенс для учня / студента – особисте і / або соціальне значення, яке виходить за межі шкільного;

– академічна строгість (*academic rigor*) виявляється у залученні знань з різних предметних областей, при цьому залишаючись зосередженою навколо однієї (центральної проблеми), розвиваючи компетенції наукового способу мислення і готовність до реалізації проекту з різних позицій (дисциплін);

– прикладне навчання (*applied learning*) реалізується у наявності контекстної основи – частково структурованої соціальної або життєвої проблеми за межами школи; зазначене скеровує студентів до набуття і використання компетенцій високоєфективної професійної діяльності (робота в команді, адекватне використання технологій, комунікація тощо);

– активне дослідження (*active exploration*) – це переміщення навчального процесу за межі аудиторії (класу); воно передбачає участь в реальних дослідженнях, використання різних методів, засобів, технологій, інформаційних джерел, включаючи демонстрацію і популяризацію отриманих результатів;

– взаємодія з дорослими / експертами (*adult connections*) здійснюється у процесі виконання проекту: зустрічі, контакти, співпраця, консультації і спостереження за роботою експертів (менторів, коучів, тьюторів), які мають відповідні фахові знання і досвід, і можуть також оцінити роботу учня / студента;

---

5

У літературних джерелах поширеною є назва «The Six A's of Designing Successful Projects», наприклад: The Six A's of Designing Projects // Coalition of Essential Schools <http://essentialschools.org/horace-issues/the-six-as-of-designing-projects/>



– оцінювання (*assessment*) відповідно до чітких критеріїв відбувається у процесі регулярного відображення студентами результатів своєї роботи (презентації, виставки, доповіді, демонстрації тощо); це розвиває усвідомлення реальних стандартів і вимог щодо визначення ступеня продуктивності діяльності.

Отже, МДП до формування навчальних планів, як зазначає J. McLachlan, призводить до [18]:

– зміщення навчального процесу від пасивного до активного, що сприяє залученню все більшої кількості учнів та студентів, які стають його центром і зосереджуються на реально існуючих пошукових проблемах, в яких є «зародки» їх майбутньої професійної діяльності;

– розвитку навичок у навчанні: взаємодіючи з фахівцями, які мають справу з цікавими і захоплюючими проблемами, студенти усвідомлюють необхідність високої успішності у вищій школі, розуміють шляхи наукового і професійного розвитку;

– створення сприятливих умов для самовираження студентів, виявлення особистісних інтересів, демонстрації унікальних здібностей, застосування різноманітних стилів навчання і, як наслідок, освоєння академічного і технічного матеріалу високого рівня;

– підтримки громадськістю розвитку пере усім, вищих шкіл через залучення ключових інвесторів від індустрії, освіти і місцевих громад, які забезпечують всебічну підтримку ініціатив в освіті, майбутнє працевлаштування. Це також стосується і середньої школи, де велику роль у впровадженні освітніх ініціатив має відіграти батьківська спільнота,

Масштабні дослідження передового педагогічного досвіду, проведені Г. Драйден та Дж. Вос [1] демонструють, що МДП, заснований на проблемно-орієнтованому завданні є засобом персоналізації навчання: поєднання навчального стилю та індивідуального підходу, призводить до всебічного розвитку потенційних здібностей учня.

Дослідження виявило, що є кілька причин, за яких застосування МДП є бажаним. Насамперед це стосується вирішення реальних (соціальних,

екологічних, промислових та інженерних) проблем. Їх розв'язання тільки зрідка обмежується рамками певних академічних дисциплін, які у свою чергу є результатом штучного дроблення знань.

По-друге, застосування МДП ефективно у випадку вирішення складної проблеми. Так, у давнину практичні завдання були відносно простими. Наприклад, знання принципів дії простих механізмів (важіль, шків, колесо і вісь, похила площина, клин і гвинт) було достатнім для побудови інших знарядь праці, транспортних засобів, будівель тощо. Однак, створення, освоєння і розвиток сучасних техніки та технологій, які експоненціально розвиваються, є можливими лише у спільній командній роботі експертів з різних дисциплін, які вирішують лише невелику частину комплексної проблеми. Сюди слід віднести, наприклад, дослідження у галузі біоінформатики, водневих паливних елементів, охорони здоров'я, соціальних проблем тощо.

З іншого боку, МДП забезпечує розгляд проблеми дослідження з різних точок зору. Експерти з різних дисциплін спостерігають і реагують на отримані дані відповідно до структури предмету. Мовознавець і фізик читатимуть одну й ту ж книгу по-різному, перебуваючи у полі своїх компетенцій<sup>6</sup>.

Слід зазначити, що МДП надає можливості для створення найбільш загальної теорії відповідно до проблеми дослідження. Проведення дослідження потребує правильної постановки питання. Наприклад, у дослідженнях у сфері охорони здоров'я явне використання біомедичної теорії (наприклад, фізіології) і неявне використання соціальної теорії (наприклад, гендерного підходу) вимагає всебічного мультидисциплінарного підходу. Окрім того, існує реальна небезпека «виснаження» і «передбачуваності» окремих дисциплін, що тягне за собою кризу ідей і унеможлиблює прогрес. МДП дозволяє «роздивитися» проблему з різних позицій і зменшити «одновимірність» оцінки.

Проведений аналіз виявив, що найчастіше МДП застосовується у галузі

---

<sup>6</sup> У певному сенсі вони читають різні книги

охорони здоров'я: для розробки консенсусу у клінічних визначеннях і протоколах лікування складних захворювань та станів [15], надання широкого спектру комплексних медичних, психологічних і соціальних послуг [6, 15, 24].

Доведено, що спільна робота має ряд переваг: розширення знань, розвиток людей та організацій, більш ефективне використання ресурсів і перспективних планів, мінімізація непотрібних витрат, підвищення ефективності і якості роботи. Переваги також включають в себе можливість дискусії між учасниками, роботу у команді, отримання нових ідей, набуття навичок, позитивний вплив на професійну кар'єру.

Проведений аналіз виявив, що ефективність застосування МДП у командній роботі мало досліджена, а до недоліків МДП відносять, зокрема, відсутність дослідницької строгості, непослідовність у термінології. Крім того, залучення мультидисциплінарної команди до розгляду певної проблеми не завжди виправдане: деякі проекти настільки прості та зрозумілі, що вони найкраще можуть бути виконані однією особою, або експертами-фахівцями з однієї дисципліни [14]. Реалізація інших складніших проектів може потребувати залучення декількох дисциплін, але це може і не призвести до вирішення проблеми. Іноді в ході виконання командного проекту міждисциплінарні конфлікти та інші фактори можуть призвести до провалу.

Зауважимо, що спостережуване нині активне впровадження STEM-освіти в Україні супроводжується створенням різноманітних міждисциплінарних методик навчання, які ґрунтуються, зокрема і на використанні МДП. Яскравим прикладом зазначеного є STEM-проект «Яблуко», запроваджений у гімназії імені Тараса Шевченка (м. Кропивницький). До реалізації дослідження однойменного об'єкту було залучено більшість навчальних дисциплін і всі вікові категорії учнів [2].

Відомо, що використання цифрових вимірювальних комплексів значно оптимізує процес реалізації міждисциплінарних навчальних проектів [11]. Структурні складові освітнього середовища (а саме,

соціально-особистісна, просторово-матеріальна та інформаційно-технологічна) STEM-лабораторії МАНЛаб сприяють створенню проблемно-орієнтованих завдань на основі МДП.

Педагогічна практика показує, що реалізація мультидисциплінарних проектів «у чистому вигляді» у середній та вищій школі є доволі складним науково-методичним завданням, успіх якого визначається, насамперед, визначенням оптимального об'єкта і подання предметів дослідження у вигляді проблемно-орієнтованого завдання. Вочевидь, цей етап відбувається за тісної взаємодії викладачів різних дисциплін.

Наведемо приклад розробленого авторами статті навчального дослідження з використанням МДП, наукову основу якого складає фізичне та хімічне знання. Зазначимо, що найбільш зручною формою подачі навчального матеріалу з використанням цифрових вимірювальних комплексів є технологічна карта.

**Тема роботи:** Дослідження фото перетворення хімічних частинок

**Завдання дослідження:** дослідити вплив температури на час зміни кольору матеріалу, чутливого до ультрафіолетового опромінення.

**Резюме.** Більша частина ультрафіолетового (УФ) світла, яке надходить від Сонця, поглинається атмосферою Землі. Однак його певна частина досягає Землі та може бути виявлена, наприклад, за допомогою електронних пристроїв. Одним із цікавих методів реєстрації УФ частини сонячного спектру є застосування УФ гранул (УФГ), які містять фотохромний пігмент<sup>7</sup>.

**Короткі теоретичні відомості.** Фотохромія – оборотне фотоперетворення речовин, які мають різні спектри поглинання. Це явище проявляється в оборотних змінах у забарвленні речовин, які є наслідком оборотної перебудови молекул ([таутомеризації](#), [димеризації](#), [дисоціації](#)), або їх електронного стану (перехід з основного синглетного у збуджений триплетний стан) під впливом світла. При цьому поглинання УФ чи видимого світла може викликати як пряму, так і зворотну реакцію<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> Використано ідею [https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Chem\\_p088/chemistry/chemical-reaction-rates-in-ultraviolet-beads#summary](https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/Chem_p088/chemistry/chemical-reaction-rates-in-ultraviolet-beads#summary)

УФГ змінюють колір тоді, коли вони піддаються впливу сонячного світла або іншого джерела, яке містить УФ складову спектра. Денне світло на вулиці надає їм різних кольорів: червоного, оранжевого, жовтого, синього та фіолетового. Така властивість, зокрема, використовується для спостереження за впливом УФ світла у прикрасах з УФГ. Вочевидь, УФГ залишаються безбарвними у світлі побутових джерел, які не генерують УФ складову.

УФГ виготовлені з білого або прозорого пластику із фотохромним барвником. Хімічна реакція, яка відбувається під впливом УФ світла призводить до зміни типу зв'язків і форми молекул, як це показано на рис. 1. Перебудова молекули оборотна, про що вказують стрілки у двох напрямках.

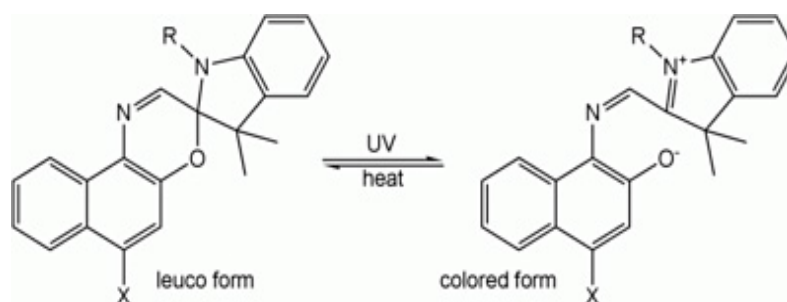


Рис. 1. Приклад молекули, яка змінює колір під впливом УФ світла

«Кольорова» форма молекули нестійка, тому, навіть за кімнатної температури повертається назад до її «безбарвної» форми. Швидкість знебарвлення безумовно залежить від температури. Отже, метою дослідження може бути є вивчення того, як температура впливає на час, упродовж якого молекули повертаються до їх попереднього стану.

*Обладнання.* Три склянки з теплоізолюючим шаром, УФГ, чашки Петрі, мірна склянка, відеокамера, три термометри, ультрафіолетовий опромінювач, ПК, вода.

*Експериментальна процедура.*

1. Помістіть УФГ під УФ опромінювач та розсортуйте їх за однаковими кольорами. Розсортовані гранули покладіть у чашки Петрі.
2. Влийте у кожну склянку однакову кількість води різної температури: орієнтовно 60°C, 20°C, 5°C.
3. Помістіть у кожну склянку термометр. Вишикуйте склянки в одну лінію і покладіть перед ними на аркушах паперу безбарвні гранули, які будуть використовуватися у якості еталону кольору (рис. 2).

<sup>8</sup> <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%96%D1%8F>



Рис. 2. Склянки, наповнені водою з різною температурою

4. Налаштуйте відеокамеру для зйомки.
5. Виміряйте значення температури у кожній склянці. Можна зафіксувати на відео.
6. Вмістіть чашку Петрі з гранулами під опромінювач, дотримуючись правил безпечного поводження з джерелами УФ світла.
7. Після набуття гранулами інтенсивного кольору, увімкніть відеозапис та швидко перемістіть їх у три склянки з водою приблизно в однаковій кількості.

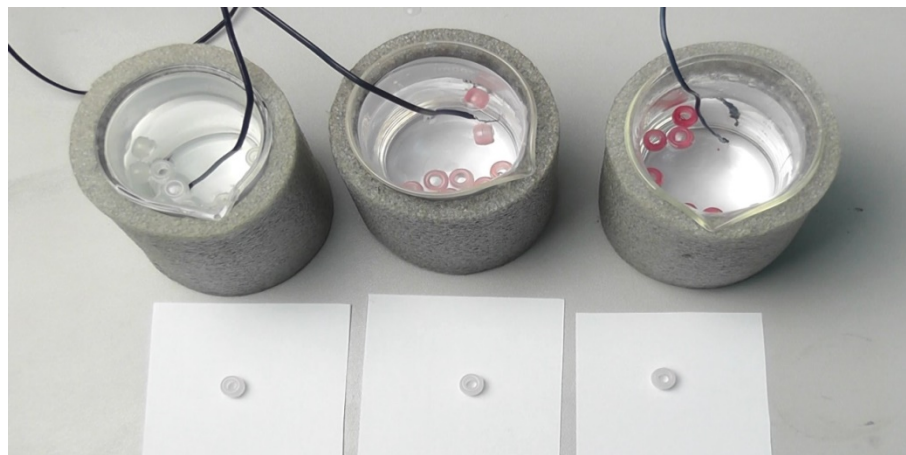


Рис. 3. Візуальна реєстрація різниці знебарвлення УФГ

8. Дочекайтеся моменту, коли гранули знебарвляться у склянці з охолодженою водою.
9. Повторіть попередні дії ще декілька разів, даючи воді у склянках охолоджуватися та прогріватися.
10. Скопіюйте відеозаписи на ПК.

#### *Аналіз даних*

1. Сформууйте в таблицях Excel основу для занесення даних.
2. Переглядаючи по черзі відеозаписи, занесіть у таблицю значення температури  $t^{\circ}\text{C}$  в кожній склянці та час, упродовж якого гранули знебарвлюються  $\tau$ . Час виразіть у секундах.

3. Перерахуйте значення температури у Кельвіні.
4. Інструментами Excel побудуйте графік залежності часу знебарвлення від температури.
5. Оберіть декілька однакових температурних діапазонів на шкалі температур та зробіть висновок стосовно швидкості знебарвлення у цих діапазонах.
6. Запропонуйте варіанти практичного використання дослідженого явища.

Зауважимо, що для реалізації завдання у запропонованому необхідним є залучення знань переважно з фізики, хімії та математики. Виразними є також інформаційно-технологічні навички, пов'язані зі способом аналізу відеоданих та їх математичним опрацюванням.

Вочевидь, такий проект може стати основою для більш широкого проблемного завдання, пов'язаного, зокрема, зі створенням певного навчального стартапу: проектування «продукту», в основу дії якого може бути покладено досліджену раніше температурну залежність. Така постановка питання значно розширює діапазон знань, необхідних для його реалізації, долучаючи економічні та соціальні науки і поглиблюючи формування навичок XXI століття.

**Висновки і напрями подальших досліджень проблеми.** Проведене дослідження довело, що МДП може успішно використовуватися для формування проблемо орієнтованих навчально-дослідних завдань для учнів і студентів. Його застосування забезпечує певний рівень інтеграції навчальних дисциплін. Однак, на відміну, наприклад, від інтер- і трансдисциплінарних підходів, застосування МДП передбачає, що дослідження має здійснюватися у рамках наукових категорій і методології кожної з онтологій, без вироблення спільних стратегій, інструментарію і понять.

Сучасні підходи до навчання, до яких, окрема, належить STEM-освіта, створюють сприятливі умови для використання МДП у формуванні навчальних планів, ядром яких, як відомо, є проблемно орієнтовані завдання. Найбільшу цінність при цьому складають такі з них, які можуть бути методично легко і логічно розвинуті від простих, орієнтованих на отримання переважно знань з окремих навчальних предметів, до складних, які, залучаючи

соціальні науки, формують наукову картину світу і сприяють якнайшвидшому розвитку ключових навичок XXI століття.

Подальшими перспективами у дослідженні МДП є створення банку завдань, придатних для використання у середній та вищій школах, поза-шкільній освіті, їх впровадження у педагогічну практику і дослідження педагогічного результату.

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

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Драйден Г. Революція в навчанні / Гордон Драйден, Джанет Вос ; [пер. з англ. М. Товкало]. – Львів : Літопис, 2011. – 540 с.

2. Дудіч Г. В. STEM: на орбіті можливостей / Ганна Вікторівна Дудіч. // Освіта України. – 2017. – №31. – С. 12–13.

3. Классификация научных дисциплин / Институт Трансдисциплинарных Технологий [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://www.anoitt.ru/uchen/klassifikaciy\\_nauchn.php](http://www.anoitt.ru/uchen/klassifikaciy_nauchn.php).

4. Колот А. Міждисциплінарний підхід як передумова розвитку економічної науки та освіти // Вісник Київського національного університету ім. Т.Шевченка / Економіка. – №5 (158), 2014. – С. 18 – 22. – Режим доступу до статті: <http://cyberleninka.ru/article/n/mizhdistsiplinarniy-pidhid-yak-peredumova-rozvitku-ekonomichnoyi-nauki-ta-osviti>

5. Кроуфорд А. Технологія розвитку критичного мислення учнів / Алан Кроуфорд, Е. Венді Саул, Самуел Метьюз, Джеймс Макінстер; за заг. ред. О. Пометун. – Режим доступу : [http://www.criticalthinking.expert/book-criticalthinking/FREE\\_tehnologii\\_rozvitku\\_kritichnogo\\_mislennja\\_uchniv.pdf](http://www.criticalthinking.expert/book-criticalthinking/FREE_tehnologii_rozvitku_kritichnogo_mislennja_uchniv.pdf)



6. Міністерство соціальної політики України: Про Порядок організації мультидисциплінарного підходу з надання соціальних послуг у територіальному центрі соціального обслуговування (надання соціальних послуг), Наказ №568 від 26.12.2011 Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/z0354-12>

7. Мокий В. С. Основы трансдисциплинарности / Владимир Стефанович Мокий. – Нальчик: ГП КБ «Республиканский полиграфкомбинат им. Революции 1905 года», 2009. – 368 с.

8. Мультидисциплінарний підход: суть / Verum [Сайт]. Режим доступу: <http://verum.ua/stati/multidisciplinary-podxod-sut.html>

9. Поліхун Н. І. Інтеграція навчального матеріалу з енергоефективності та збереження клімату у предметний зміст природничих дисциплін : Методичні рекомендації / Н. І. Поліхун, М. Б. Польова, К. Г. Постова. – К. : Інформаційні системи, 2014. – 60 с.

10. Поліхун Н. І. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України / Н. І. Поліхун, І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький. // Освіта та розвиток обдарованої особистості. – 2017. – №3. – С. 05–09.

11. Сліпухіна І. А. Використання цифрового вимірювального комплексу в STEM орієнтованому освітньому середовищі / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Інформаційні технології в освіті й науці : Зб. наук. пр. – Мелітополь Вид-во МДПУ ім. Богдана Хмельницького 2016. – Вип. 8.– С. 261–272.

12. Сліпухіна І. А. Дослідницька діяльність студентів у контексті використання наукового й інженерного методів / І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Вища освіта України: Теоретичний та науково-методичний часопис. — №3.—Додаток 1: Інтеграція вищої освіти і науки.— Київ, 2015.— С.216-225.

13. Business Dictionary [Online]. Available: <http://www.businessdictionary.com/> (<http://www.businessdictionary.com>)

14. Choi B. Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: Definitions, objectives, and evidence of effectiveness / Bernard C.K. Choi, Anita W.P. Pak // Med. Clin. Exp.– Vol 29.– 6, décembre 2006. [Online]. Available: [http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/politica\\_formativa/documentos\\_de\\_estudio\\_referencia/multidisciplinarity\\_interdisciplinarity\\_transdisciplinarity.pdf](http://uvsalud.univalle.edu.co/pdf/politica_formativa/documentos_de_estudio_referencia/multidisciplinarity_interdisciplinarity_transdisciplinarity.pdf)

15. Demedts M. ATS / ERS international multidisciplinary consensus classification of the idiopathic interstitial pneumonias / Demedts M, Costabel U. – Eur Respir J.– 2002.– Vol. 19. –pp. 794-796.

16. Hatamleh O. A Future With Innovation / Omar Hatamleh. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=3BTHXG16RGc>

17. Klein J. T. Evaluation of interdisciplinary and transdisciplinary research: a literature review. Am. J. Prev. Med. – 2008.– Vol.35. – pp.116-123. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18619391>

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

19. Multidisciplinary Communication / Sensagent Dictionary [Online]. Available: <http://dictionary.sensagent.com/multidisciplinary/en-en/>

20. Steinberg A. Real Learning, Real Work: School-to-Work As High School Reform (Transforming Teaching) / Steinberg A., New York: Routledge, 1998, 198 p.

21. **STEM–лабораторія МАНЛаб [Електронний ресурс] .— Режим доступу : <http://stemua.science/>**

22. The New Ukrainian School [Online] Available: <http://mon.gov.ua/Новини%202017/02/17/book-final-eng-cs-upd-16.01.2017.pdf>.

23. What is Multidisciplinary Integrated Curriculum? /Connect Ed. [Online]. Available: [http://connectedcalifornia.org/downloads/LL\\_What\\_is\\_Multidisciplinary\\_Integrated\\_Curriculum\\_v2.pdf](http://connectedcalifornia.org/downloads/LL_What_is_Multidisciplinary_Integrated_Curriculum_v2.pdf)

24. Zorbas H. Multidisciplinary care for women with early breast cancer in the Australian context: what does it mean? / H.Zorbas, B. Barraclough, K. Rainbird, S. Redman // The Medical Journal of Australia. – 2003. – №179. – С. 528–531.

**I. S. Chernetsky**

National Center "Small Academy of Sciences of Ukraine"

**I. A. Slipukhina**

National Aviation University

**N. I. Polikhun**

Gifted Child Institute of National Academy of Sciences of Ukraine

## **MULTIDISCIPLINARY APPROACH FORMING STEM ORIENTED EDUCATIONAL TASKS**

*Abstract.* The terms "multidisciplinarity", "interdisciplinarity" and "transdisciplinarity" are used to indicate the interaction of several disciplines. The multidisciplinary approach in the research engages knowledge from different subject areas, but does not combine them. The aim of multiple disciplinary approaches in the research is to comprehensively examine and solve real world or local complex problems that require the involvement of a wide range of specialists from various disciplinary branches. The main features of the application of the multidisciplinary approach (MDA) in the research are the interaction of several disciplines; specialists in individual disciplines coordinate but separately examine various aspects of the problem, using specific knowledge, methods and tools, the conclusions of individual studies are

summed up and compared, the problem solution is the sum of individual parts (conclusions) obtained within the limits of each separate discipline. At the same time, the transfer of research methods from one discipline to another, as a rule, does not occur, the boundaries between disciplines stay preserved. The use of the MDA is desirable to address the real (social, environmental, industrial and engineering) problems, in the case of solving a complex problem, to create the most general theory according to the research problem. The MDA is effective in the expert groups work, in situations where the solution of a problem needs to take into account the set of known factors that are the subject of research of other monodisciplines. Such additions from different ontologies make it possible to approach a sufficiently complete knowledge. The MDA in the middle and upper secondary school mainly forms and develops the critical thinking of students, and in higher education is a way of expanding the scientific worldview towards the formation of a holistic image of the object of research and forms the awareness of moral and ethical responsibility for the results and consequences of professional activity. An effective multidisciplinary curriculum must be authentic, academically rigorous, focused on an active contextual study, interaction with experts (adults) and should include an assessment. The introduction of STEM education is accompanied by the creation of a variety of multiple disciplinary teaching methods, with the use of the MDA in particular.

Digital measuring systems greatly optimize the MDA in teaching. This is demonstrated with the example of the technological map creation for the study of the photochromy phenomenon.

*Keywords:* STEM-education, multidisciplinary, multidisciplinary approach in learning, problem-oriented task, digital measuring complexes, photochromia.

**И. С. Чернецкий**

Национальный центр «Малая академия наук Украины»

**И. А. Слипухина**

Национальный авиационный университет

**Н. И. Полихун**

Институт одаренного ребенка АПН Украины

## **МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ФОРМИРОВАНИИ STEM ОРИЕНТИРОВАННЫХ УЧЕБНЫХ ЗАДАНИЙ**

*Аннотация.* Проведен анализ сущности понятия «мультидисциплинарный подход», исследованы особенности, преимущества и недостатки его применения в исследованиях и обучении. В свете STEM-стратегии в образовании выяснены основные требования к мультидисциплинарному учебному плану, среди которых аутентичность, академическая строгость, контекстность, активное исследование и другие. Приведена технологическая карта мультидисциплинарного учебного исследования явления фотохромии, которое осуществляется с использованием цифровых средств обработки экспериментальных данных. Выяснены некоторые перспективы внедрения, направлений развития и исследования эффективности мультидисциплинарного подхода в образовании.

*Ключевые слова:* STEM-образование, мультидисциплинарность, мультидисциплинарный подход в обучении, проблемно ориентированное задание, цифровые измерительные комплексы, фотохромия.

### **Відомості про авторів:**

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

*Коло наукових інтересів:*

**Сліпухіна Ірина Андріївна**, доктор педагогічних наук, доцент, профе-

сор кафедри загальної фізики Національного авіаційного університету

*Коло наукових інтересів:* теорія і методика навчання фізики у вищій школі, теорія і практика впровадження STEM-підходу в освіті, використання інновайних педагогічних технологій.

**Поліхун Наталія Іванівна**, кандидат педагогічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту обдарованої дитини НАПН України

*Коло наукових інтересів:* теорія і практика навчання та розвитку обдарованих дітей, теорія і практика наукової освіти, зокрема, впровадження STEM-підходу в освіті.