

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**

**Кафедра експериментальної фізики,  
інформаційних та освітніх технологій**

На правах рукопису

**ХОДАКОВСЬКИЙ ФЕДІР МИХАЙЛОВИЧ**

**ТРИВИМІРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ПРАКТИЧНІ ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ  
КОНЦЕПЦІЇ STEM-ОСВІТИ**

Спеціальність: 014.08 «Середня освіта (Фізика та астрономія)»

Освітньо-професійна програма «Середня освіта. Фізика»

Робота на здобуття освітнього ступеня „Магістр”

Науковий керівник:

**МАРТИНЮК ОЛЕКСАНДР СЕМЕНОВИЧ,**  
доктор педагогічних наук, професор

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № \_\_\_\_

засідання кафедри експериментальної фізики

інформаційних та освітніх технологій

від \_\_\_\_\_ 20 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ проф. В. В. Галян

ЛУЦЬК – 2024

## АНОТАЦІЯ

**Ходаковський Ф.М. Тривимірні технології як практичні засоби реалізації концепції STEM-освіти.** Проведено аналіз специфіки використання тривимірних технологій у сучасному освітньому процесі, зокрема в галузі фізики. Розглянуто та здійснено порівняння програмних і апаратних засобів, а також технологій, пов'язаних із тривимірним прототипуванням. У рамках дослідження розроблено проекти та виготовлено обладнання з використанням 3D-технологій, яке спрямоване на вдосконалення та модернізацію навчального фізичного експерименту. На основі отриманих результатів запропоновано практичні рекомендації щодо інтеграції тривимірних технологій у навчальний процес, що сприятиме підвищенню ефективності вивчення фізики та розвитку технічних навичок у здобувачів освіти.

**Ключові слова:** 3D, 3D-технології, 3-D друк, 3-D принтер, тривимірне прототипування, освітній процес.

## SUMMARY

**KHODAKOVSKYI F.M. Three-dimensional technologies as a practical means of implementing the STEM education concept.** The specifics of the use of three-dimensional technologies in the modern educational process, in particular in the field of physics, are analyzed. Software and hardware tools, as well as technologies related to three-dimensional prototyping, are considered and compared. As part of the study, projects were developed and equipment was manufactured using 3D technologies, which is aimed at improving and modernizing the educational physics experiment. Based on the results obtained, practical recommendations were proposed for the integration of three-dimensional technologies into the educational process, which will contribute to increasing the efficiency of studying physics and developing technical skills in students.

**Keywords:** 3D, 3D technologies, 3-D printing, 3-D printer, 3D prototyping, educational

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОСВІТНЬОГО НАПРЯМКУ STEM В КОНТЕКСТІ КОНЦЕПЦІЇ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ (НУШ).....	8
1.1. Мета та завдання освітнього напрямку STEM в контексті концепції НУШ.....	8
1.2. Технології тривимірного прототипування в системі STEM- орієнтованого навчання.....	15
1.3. Програмне забезпечення для тривимірного моделювання.....	21
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗАСОБИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ НА ЗАСАДАХ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ.....	26
2.1. Технологічні та методичні можливості 3D-технологій в освітньому та виховному процесі. ....	26
2.2. Можливості використання 3D-технологій як практичного засобу реалізації концепції STEM в освітньому процесі з фізики.....	33
2.3. Ефективність використання інструментів STEM для мотивації учнів до вивчення фізики .....	37
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ ОСВІТНЬОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯ 3D- ТЕХНОЛОГІЙ. ....	45
3.1. Технологічні та методичні основи впровадження засобів тривимірного прототипування в освітньому процесі з фізики. ....	45
3.2. Оцінка результативності навчання за технологією STEM. ....	50
ВИСНОВКИ .....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	57

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

1. PLA – нитка для друку з полілактиду;
2. ABS – нитка для друку з акрилонітрилбутадієнстиролу;
3. PETG – нитка для друку з сополієфіру поліетіленглікольтерефталату;
4. FDM – моделювання методом пошарового наплавлення;
5. LENS – моделювання методом лазерного наплавлення;
6. LOM – моделювання методом склеювання тонких шарів;
7. 3DP – моделювання методом тривимірного друку;
8. SLA – моделювання методом полімеризації рідкого полімеру.

## ВСТУП

Сучасний світ характеризується стрімким розвитком технологій, що змінюють наше оточення та спосіб життя. Серед цих технологій особливе місце займає STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) – інтегрований підхід до вивчення наукового природничого та технічного напрямку. Концепція STEM-освіти на сьогодні стала ключовим елементом у реформуванні освітніх систем багатьох країн. В Україні впровадження STEM-освіти набуває особливого значення в межах концепції Нової української школи (НУШ), яка орієнтована на розвиток компетентностей учнів, формування творчого і критичного мислення та підготовку до викликів 21-го століття

Цей підхід включає в себе використання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій, інженерних розробок та математичного моделювання для вирішення реальних завдань і проблем. Для реалізації таких складних та глобальних задач необхідно використовувати абсолютно інші підходи до навчання дітей. Також необхідно зважати на певні особливості сучасних дітей, які дуже прив'язані до комп'ютерних технологій більше, ніж би того хотілось батькам і вчителям. Сучасним учням не цікаво просто читати і опрацьовувати навчальний матеріал у підручнику чи електронному носії, розв'язувати задачі, які не мають очевидного прикладного змісту. Більше того, навіть віртуальні лабораторії та експерименти сьогодні не викликають особливого захоплення, яке учителі мали змогу спостерігати ще кілька років назад. Синергія між фізикою та STEM-технологіями може створити найбільш відкрите і стимулююче навчальне середовище для учнів, сприяючи їх кращому розумінню біологічних процесів та заохочуючи їх до активної участі у власному навчанні.

STEM-освіта спрямована на розвиток особистості через формування компетентностей, природничо-наукової картини світу, світоглядних позицій і життєвих цінностей з використанням трансдисциплінарного підходу до навчання, що базується на практичному застосуванні наукових, математичних,

формування творчого і критичного мислення, технічних та інженерних знань і вмінь для розв'язання практичних проблем для подальшого використання їх у професійній діяльності.

Тому **актуальною** є проблема впровадження у освітній процес тривимірних технологій, що є одним із найперспективніших шляхів оновлення, удосконалення й здешевлення фізичного експерименту, приведення його у відповідність з досягненнями сучасної науки й техніки.

**Мета роботи:** аналіз основних завдань STEM-освіти в контексті концепції НУШ; розробленні методики впровадження засобів тривимірного прототипування в освітньому процесі для мотивації учнів до вивчення фізики.

**Об'єкт дослідження** – методи та засоби тривимірного прототипування.

**Предмет дослідження** – тривимірне прототипування та можливості його застосування для використання в освітньому процесі з фізики.

**Завдання кваліфікаційної роботи:**

- проаналізувати можливості використання 3D-технологій як практичного засобу реалізації концепції STEM;
- дослідити та порівняти програмні та апаратні засоби та технології тривимірного прототипування;
- запропонувати практичні рекомендації щодо використання тривимірних технологій в освітньому процесі з фізики.

Магістерська робота покликана зробити свій внесок у покращення методики викладання фізики в закладах загальної середньої освіти (ЗЗСО) та сприяти підготовці учнів до викликів сучасного світу, де знання STEM-наук є важливим. Акцентовано увагу на тому, що впровадження й розвиток STEM-освіти потребують підготовки відповідного навчального середовища та удосконалення педагогічної системи. Ефективним шляхом перевірки результативності запровадження інновацій у системі освіти є експеримент або дослідно-експериментальна робота за допомогою 3D-технологій.

**Наукова новизна дослідження** полягає в аналізі можливостей розширення застосування 3D-технологій в освітньому процесі; дістали подальшого розвитку підходи до проведення навчального експерименту, лабораторних робіт, робіт фізичного практикуму та експериментальних задач з фізики.

**Практичне значення.** Запропоновано рекомендації щодо використання програмного та апаратного забезпечення для впровадження тривимірних технологій в освітній процес, що може стати корисним ресурсом для вчителів фізики, сприяючи більш ефективному впровадженню STEM-технологій у освітній процес.

**Особистий внесок** автора полягає в аналізі можливостей та обґрунтуванні доцільності впровадження 3D-засобів у освітній процес; проєктуванні та виготовленні обладнання для здешевлення та модернізації навчального фізичного експерименту; розробленні методичних рекомендацій щодо виготовлення та використання тривимірних моделей.

Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОСВІТНЬОГО НАПРЯМКУ STEM В КОНТЕКСТІ КОНЦЕПЦІЇ НОВОЇ УКРАЇНСЬКОЇ ШКОЛИ (НУШ)

#### 1.1. Мета та завдання освітнього напрямку STEM в контексті концепції НУШ

До основних напрямів цифровізації освіти віднесено «створення освітянських ресурсів і цифрових платформ з підтримкою інтерактивного та мультимедійного контенту для загального доступу закладів освіти та учнів, зокрема інструментів автоматизації головних процесів роботи навчальних закладів; розроблення та впровадження інноваційних ком'ютерних, мультимедійних та ком'ютерно орієнтованих засобів навчання та обладнання для створення цифрового навчального середовища (мультимедійні класи, науково-дослідних STEM-центрів лабораторії, інклюзивні класи, класи змішаного навчання); організація широкосмугового доступу до Інтернету учнів та студентів у навчальних класах та аудиторіях в закладах освіти всіх рівнів; розвиток дистанційної форми освіти з використанням когнітивних та мультимедійних технологій». Щодо цифрових компетентностей зазначено, «одним з важливих завдань є оновлення державного класифікатора професій, тобто розроблення та затвердження переліку цифрових професій на основі вимог ринку праці, цифрових трендів тощо, з подальшим розробленням відповідної програми їх запровадження у профільних навчальних закладах [1]».

Згідно Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти): STEM-освіта тісно пов'язана із завданням формування ключових компетентностей, які є центральними у концепції Нової української школи. Однією з найважливіших компетентностей є критичне мислення. STEM-освіта підходить до навчання як до процесу розв'язання реальних проблем, що дозволяє учням аналізувати інформацію, обґрунтовувати свої рішення та



оцінювати їхню ефективність. Креативність також відіграє важливу роль у STEM-навчанні, адже цей підхід заохочує до нестандартного вирішення завдань. Наприклад, створення прототипу моста чи механізму за допомогою 3D-принтера дає можливість експериментувати з дизайном і матеріалами. Крім того, STEM активно сприяє розвитку командної роботи. Виконуючи проекти, учні співпрацюють, що допомагає їм розвивати навички комунікації, лідерства та вміння слухати інших. Ще однією важливою складовою є цифрова грамотність, яка забезпечується через використання сучасних технологій, таких як програмування або робототехніка. Ці навички стають особливо важливими у сучасному цифровому світі. Таким чином, STEM-освіта є потужним інструментом для підготовки учнів до життя та праці в умовах глобалізації та технологічного прогресу.

STEM-освіта запроваджується в умовах інтеграції усіх видів освіти: формальної, неформальної, інформальної.

Розвиток STEM-освіти забезпечується шляхом співпраці представників закладів освіти та академічних наукових установ, науково-дослідних лабораторій, наукових музеїв, природничих центрів, підприємств, громадських та інших організацій, у тому числі із залученням їх до створення освітнього середовища закладів освіти. 3D-технології міцно закріпились в світі комп'ютерної індустрії. У наш час з'явилась чудова можливість використовувати, як створення так і використання 3D-зображень і 3D-моделей у практиці освітніх закладів. Тривимірне моделювання стало невід'ємною частиною інженерного проектування різноманітних технічних пристроїв, архітектурно-ландшафтного дизайну, і звичайно ж у сфері комп'ютерного графічного дизайну.

Для ефективного розвитку напрямів STEM-освіти першочерговим завданням є: розробка науково-методичного забезпечення та упровадження сучасних засобів навчання; створення нових моделей освітнього середовища; проведення науково-прикладних досліджень; вивчення практичного досвіду

реалізації освітнього напрямку STEM; аналіз процесу розбудови та динаміки розвитку STEM-освіти, виявлення проблем та прогнозування подальших тенденцій впровадження напрямів STEM-освіти.

Мета STEM-освіти тісно пов'язана із завданням формування ключових компетентностей, які є центральними у концепції НУШ. Зокрема: критичне мислення, креативність: командна робота, цифрова грамотність. Однією з головних цілей STEM-освіти є формування у школярів затребуваних у сучасному світі навичок. Це, зокрема, аналіз і вирішення проблем, адже складні завдання вимагають розгляду ситуації з різних боків. учні, працюючи над STEM-проєктом, повинні аналізувати дані, обґрунтовувати свої рішення та оцінювати їх ефективність. Наприклад, у процесі створення екологічного рішення для очищення води учні повинні враховувати не лише технічні, а й соціальні аспекти проєкту. Інноваційне мислення також розвивається завдяки STEM-підходу, оскільки він мотивує школярів генерувати нові ідеї, знаходити нестандартні рішення та комбінувати технології для досягнення найкращого результату. У STEM-освіті заохочується нестандартний підхід до вирішення завдань. Наприклад, створення прототипу моста чи механізму за допомогою 3D-принтера дозволяє експериментувати з дизайном і матеріалами. Важливою є також здатність до адаптації, адже STEM-освіта вчить школярів швидко реагувати на зміни, знаходити вихід навіть у невизначених ситуаціях. Це сприяє підготовці учнів до майбутньої професійної діяльності, яка дедалі більше залежить від технологій та міждисциплінарного підходу. STEM забезпечує не лише отримання знань, а й вміння застосовувати їх у реальних умовах. Виконання STEM-проєктів передбачає співпрацю між учнями, що сприяє розвитку навичок комунікації, лідерства та вміння слухати інших.

Однією з ключових особливостей STEM є інтеграція навчання. Це означає, що учні не вивчають математику, фізику чи інформатику як окремі дисципліни, а використовують знання з цих предметів для вирішення комплексних завдань. Наприклад, у проєкті «Створення сонячної

електростанції» учні вивчають фізику, розбираючись із принципом роботи сонячних батарей, застосовують математичні розрахунки для визначення ефективності, займаються інженерією під час конструювання моделей та використовують сучасні технології для роботи з програмами моделювання. Ще одним прикладом є уроки біології, на яких учні можуть створювати моделі людських органів за допомогою 3D-друку. Для цього вони залучають знання з анатомії, креслення та технологій. Такий інтегрований підхід дозволяє учням бачити світ у цілісності, розуміти взаємозв'язки між явищами та знаходити практичне застосування своїх знань. STEM сприяє розвитку не лише академічних навичок, а й готує школярів до розв'язання реальних життєвих ситуацій, що є основою сучасної освіти в межах концепції Нової української школи.

STEM-освіта є важливим елементом реалізації концепції НУШ, адже вона сприяє інтеграції сучасних технологій у навчальний процес, розвитку ключових компетентностей та підготовці учнів до викликів сучасного світу. Для успішної реалізації потрібна тісна співпраця освітян, державних органів і суспільства.

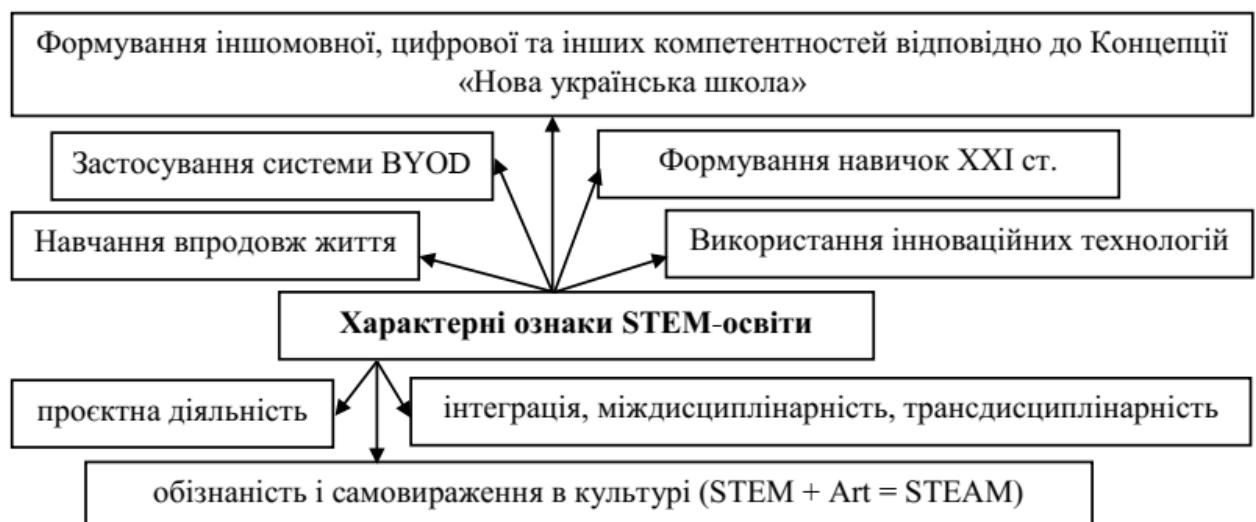


Рис. 1.1. Характерні ознаки STEM-освіти

Професійному розвитку педагогів, реалізації й успішному засвоєнню компетентностей, які лежать в основі Концепції НУШ допоможе впровадження принципів STEM-освіти в навчальний процес сучасного закладу освіти. Інтеграція та дослідницько-проектна діяльність є провідними принципами STEM-освіти, які співзвучно переплітаються з орієнтирами Нової української школи (Рис. 1.1). Застосування STEM-технологій в умовах НУШ сприяє розвитку учнів, які не тільки здобувають знання у школі, а й вчать використовувати їх у повсякденному житті. Розвиток дослідницької компетентності є важливим підґрунтям для навчання у старшій школі, сприяє розвитку навиків для узагальнення, аналізу, STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку порівняння, вміння робити висновки.

Разом із тим, для педагогів появляється можливість розвитку професійної компетентності із STEM-освіти. З'являються можливості для творчого навчального процесу, пошуку перспективних наукових ідей, дослідницької діяльності, експериментування, реалізації проєктів та впровадження інноваційних освітніх технологій. Підвищення професійної кваліфікації педагогічних працівників – формування у слухачів теоретичних основ і практичних умінь та навичок, необхідних для професійної діяльності, відповідно до нових стандартів математичної освіти згідно з Концепцією «Нова українська школа». Також велике значення мають не лише сформовані математична, а й ІКТ-компетентності вчителя, пов'язані з навчанням учнів фізики. Світ стає більш залежним від інформаційних технологій, і учні, і вчителі повинні мати досить високий рівень сформованості відповідної компетентності.. Об'єднання зусиль учителів-предметників (фізика, хімія, математика, біологія, географія, інформатика тощо) через побудову міжпредметних зв'язків є невід'ємною складовою частиною професійної компетентності вчителя [20]. Сучасна освітня система висуває високі вимоги до педагогів, зокрема щодо їхньої здатності до постійного саморозвитку,

самоосвіти й професійного вдосконалення. Ці аспекти стають ключовими складовими конкурентоспроможності фахівців на ринку праці. Активне ставлення до життя, прагнення до професійного зростання та самореалізації є основою професійної позиції педагога.

Самовдосконалення в професійній діяльності вчителя виконує низку важливих функцій, серед яких: Збагачення знань у різних сферах, таких як методика викладання, педагогіка, психологія, етика тощо; Розвиток професійних цінностей та світогляду, які відповідають цілям суспільства та завданням школи; Мотивація до творчої діяльності, зокрема любов до своєї професії, повага до учнів і потреба в самореалізації; Формування моральних якостей, таких як гуманізм, оптимізм, чесність і доброта; Розвиток емоційної культури та саморегуляції, що забезпечує ефективну взаємодію з учнями та колегами; Оволодіння рефлексивними навичками, що сприяють аналізу та вдосконаленню власної педагогічної діяльності.

«Ці функції гармонійно співвідносяться з завданнями науково-методичної роботи школи, спрямованої на підтримку професійного зростання педагогів. Постійний процес самовдосконалення допомагає вчителю не лише адаптуватися до змін, але й передбачати перспективи свого розвитку, формуючи звичку до безперервного навчання незалежно від зовнішніх умов [21, с. 179]».

Упровадження принципів STEM-освіти в навчальний простір Нової української школи сприяє створенню принципово нової моделі навчання з новими можливостями для вчителів і учнів. Використовуючи міждисциплінарний підхід, інтеграцію шкільних предметів, практичну спрямованість, дослідницько-проектну діяльність під час проведення занять, орієнтуючись у своїй діяльності на концепції НУШ і STEM. У сучасних умовах євроінтеграції та реформування освіти питання підвищення професійної кваліфікації педагогів стає дедалі актуальнішим. Ефективне функціонування освітньої сфери розглядається як одне з ключових завдань державної політики,

яке забезпечує надання якісних освітніх послуг. Одним із пріоритетів розвитку є створення умов для професійного зростання педагогічних працівників, що відповідає сучасним викликам і тенденціям глобальної освітньої спільноти.

Послідовна державна політика у сфері освіти має бути спрямована на досягнення якісно нового результату – формування педагогів, чия кваліфікація відповідає міжнародним та європейським стандартам. Такий підхід забезпечить інтеграцію національної освітньої системи у світовий простір, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності та адаптивності педагогів до нових професійних вимог.

Особлива увага в Україні приділяється розвитку освітньої робототехніки за допомогою улюбленої дитячої іграшки – конструктора LEGO. Конструювання – продуктивний вид діяльності учня, що припускає створення конструкцій за зразком, за умовами й за власним задумом. У процесі роботи відбувається інтелектуальний розвиток дітей: вони опановують практичні знання, вчаться виділяти істотні ознаки, встановлювати стосунки й зв'язки між деталями й предметами. Діти вчаться граючи і навчаються у грі. Конструктор «LEGO» – це цікавий розвиваючий матеріал, що стимулює дитячу фантазію, уяву, сприяє формуванню моторних навичок. Моделювання з конструкторів дозволяє STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку вирішувати відразу декілька проблем, пов'язаних з формуванням комунікативних навичок: уміння у спільній діяльності висловлювати свої думки, поради, прохання, у ввічливій формі відповідати на запитання, доброзичливо пропонувати допомогу, об'єднуватися в пари, мікро-групи. Конструктор «LEGO» можна використовувати як засіб активізації пізнавальної діяльності, розвитку зорового сприйняття, зорової уваги, пам'яті, орієнтування у просторі, опанування вмінням сприймати величину, колір, форму предметів та об'єктів, розвитку різних видів мовлення. Як свідчить практика роботи, для успішного проведення «LEGO»-ігор необхідне дотримання наступних умов: – оптимальна кількість учасників гри; – зручне

місце для гри; – не треба обмежувати учня попереднім задумом; – обов’язкове стимулювання позитивних емоцій і похвала під час гри; – давати можливість самостійно вигадувати ігри та правила до них, придумувати сюжети і розподіляти ролі. Саме під час конструювання діти здобувають одне з ключових умінь нашого століття – бути командним гравцем

Таким чином, уроки фізики в НУШ покликані не лише передати знання, але й підготувати учнів до вирішення реальних життєвих проблем, розвинути їхні компетентності та зацікавити в подальшому навчанні. Усе це сприяє формуванню успішної, всебічно розвиненої особистості, готової до викликів сучасного світу.

## **1.2. Технології тривимірного прототипування в системі STEM-орієнтованого навчання.**

Тривимірні технології стають дедалі доступнішими та популярнішими серед широких верств населення. У статті розглядаються можливості використання технологій 3D-моделювання та прототипування в наукових, технічних і навчальних сферах. Це робить питання інтеграції тривимірних технологій у сферу освіти надзвичайно актуальним. Ефективне запровадження таких інновацій вимагає якісної підготовки висококваліфікованих фахівців.

Важливим аспектом підготовки є формування фундаментальних і політехнічних знань, які забезпечуються вчителями фізико-математичних дисциплін і технологій у закладах середньої освіти. Серед ключових напрямів освітніх реформ значне місце посідає інноваційне навчання, яке ставить завдання підготовки фахівців із використанням сучасних методик і технологій. Це особливо важливо в процесі навчання майбутніх учителів фізики, інформатики й технологій, адже саме вони стануть провідниками цих інновацій у школах [22].

Тривимірне прототипування (3D-прототипування) – це процес створення фізичних моделей за допомогою технологій тривимірного друку або моделювання. «3D-прототипування являє собою сучасну унікальну технологію, яка дозволяє в найкоротші терміни «виростити» будь який готовий виріб, модель або деталь. Суть даної технології полягає в пошаровим друку певного фізичного об'єкта на 3d принтері» [13] . Ця технологія відкриває широкі можливості для візуалізації та реалізації ідей, роблячи її важливим інструментом як у професійній діяльності, так і в освітньому середовищі. Особливо в контексті STEM-орієнтованого навчання, 3D-прототипування стає незамінним засобом, який допомагає учням об'єднувати знання з різних дисциплін (науки, технологій, інженерії, математики) для створення реальних об'єктів.

Сучасні технології вже дозволяють активно впроваджувати складні тривимірні методи, що відкриває нові можливості в різних сферах. Зокрема, це важливо для наукових установ, оскільки можна не тільки створювати тривимірні моделі, а й оперативно виготовляти їх. Технологія швидкого прототипування працює за принципом, схожим на друк на папері, але створює об'ємні моделі шляхом поступового накладання шарів. Вона активно розвивається вже понад десятиліття. Завдяки 3D-принтерам стало можливим відтворити весь цикл створення об'єкта – від проєктування до готового виробу, використовуючи спеціальні матеріали, такі як пластик.

Існують різні методи створення тривимірних моделей, серед яких можна виділити такі основні технології: Стереолітографія; Друк розплавленою полімерною ниткою; Струменеве моделювання; Лазерне спікання порошкових матеріалів; Ламінування листових матеріалів; Опромінення ультрафіолетом через фотомаску; Склеювання порошкових матеріалів.

У системі STEM-освіти тривимірне прототипування сприяє не лише засвоєнню навчального матеріалу, але й розвитку креативності, критичного мислення, уміння працювати в команді та вирішувати складні проблеми.



Завдяки можливості створювати фізичні моделі, учні можуть на практиці оцінити ефективність своїх рішень, що робить процес навчання більш інтерактивним та захоплюючим.

Проектна діяльність є центральним елементом STEM-освіти, і тривимірне прототипування виконує ключову роль у цьому процесі. Учні застосовують математичні розрахунки для створення точних цифрових моделей, використовують технічні знання для вибору оптимальних конструкцій та врахування фізичних властивостей матеріалів. Наприклад, для проектування

### **Інтеграція дисциплін через 3D-прототипування.**

3D-технології вже стали невід'ємною частиною освітнього процесу. Технології тривимірного друку дозволяють об'єднати різні аспекти STEM-дисциплін в єдиний навчальний процес:

- Математика: створення моделей вимагає обчислень, роботи з геометрією, пропорціями, масштабами.
- Фізика: врахування сил, рівноваги, властивостей матеріалів допомагає учням зрозуміти принципи механіки.
- Технології: знайомство з 3D-принтерами, їхніми можливостями та обмеженнями навчає учнів працювати з сучасним обладнанням.
- Інженерія: розробка та оптимізація конструкцій формує розуміння інженерних процесів.

Їх можна застосовувати не лише для фізики чи технологій, а й у багатьох інших дисциплінах: біологія та хімія – моделювання молекул, атомів і ланцюгів; географія – створення моделей ландшафтів чи корисних копалин; історія – реконструкція археологічних знахідок або історичних подій; анатомія та зоологія – виготовлення моделей органів чи частин тіла; дизайн та творчість: проектування функціональних та естетично привабливих моделей стимулює розвиток інноваційного мислення.

Програмування є ключовим елементом для повноцінного функціонування апаратного забезпечення. Робота з 3D-принтером вимагає знань у сфері програмування, оскільки основне завдання полягає у зчитуванні та відтворенні G-коду — спеціального коду для пристроїв з числовим програмним керуванням. Користувач також повинен уміти запрограмувати мікроконтролер, налаштувати механіку, температурні режими, а також точно розрахувати параметри руху робочих частин пристрою. Для створення та оптимізації моделей застосовують слайсери, наприклад, Slic3r, які перетворюють тривимірні моделі в набір команд для принтера.

Процес проєктування відбувається в спеціалізованих програмах для 3D-моделювання, таких як Repetier Host3D. Володіння такими програмними інструментами та базовими знаннями інформатики є необхідною складовою для роботи з тривимірним прототипуванням. У практиці навчання вже реалізовано успішні приклади застосування 3D-принтерів, наприклад, створення геологічних моделей, які демонструють структури, недоступні для сприйняття у двовимірному вигляді. В географії та геології тривимірні моделі використовуються для ілюстрації таких явищ, як гідророзриви пластів чи форми ландшафтів.

Розвиток технологій 3D-біодруку також набирає обертів. Ця методика дає змогу створювати об'ємні моделі на клітинній основі з функціональними та життєздатними клітинами, що відкриває перспективи у створенні тканин, органів і медичних матеріалів. У майбутньому це може стати ключовим інструментом для вирощування органів та відновлення тканин.

Історія та археологія отримали додаткові можливості завдяки впровадженню 3D-друку. Музеї можуть створювати точні копії експонатів для навчальних цілей, що робить історичні артефакти доступними для школярів безпосередньо в класах. Це значно підвищує ефективність та цікавість уроків. У мистецтві та дизайні тривимірне моделювання дозволяє створювати нові форми

творчості, надаючи учням можливість втілювати власні ідеї в тривимірному форматі.

Застосування 3D-прототипування в освітньому процесі дозволяє значно розширити можливості учнів у вивченні дисциплін STEM. Це не лише підвищує їхню зацікавленість, а й сприяє формуванню ключових компетентностей: аналітичного мислення, адаптивності, навичок вирішення проблем та використання сучасних технологій. Можливості тривимірного моделювання виходять за межі окремих предметів і знаходять застосування в інших освітніх напрямках. 3D-принтери дозволяють: Друкувати великі й складні моделі будь-якої форми; Тестувати математичні розрахунки через створення конкретних моделей; Розробляти та використовувати спеціалізоване програмне забезпечення.

Така інтеграція тривимірних технологій сприяє більш глибокому засвоєнню матеріалу, підвищує мотивацію учнів і відкриває нові горизонти для навчального процесу.

Крім того, створення власних моделей дає змогу учням бачити результати своєї праці, що значно підвищує мотивацію до навчання. Це робить процес засвоєння матеріалу більш захопливим і спрямованим на реальне застосування отриманих знань. Візуалізація та можливість створити власний проєкт значно підвищують мотивацію учнів. Наприклад, друк власноруч змодельованого об'єкта дає учням відчуття досягнення та впевненості у власних силах. Учні можуть працювати над розробкою реальних прототипів, таких як: деталі для роботів у курсах робототехніки; моделі будівель у архітектурних проєктах; моделювання простих механізмів (наприклад, важелів або шестерень) для вивчення законів механіки, створення моделей електричних ланцюгів.

«Проте, попри усі труднощі, такі технології необхідно популяризувати та впроваджувати, оскільки найбільшим їх пріоритетом є заохочення (мотивація) учнів до навчання, підвищення інтересу до природничо-математичних дисциплін. Результат моделювання, а це закінчена конструкція (прототип),

можна використати не тільки для передбачених потреб, але й переконатись у можливостях практичного використання здобутих знань та умінь на практиці» [22].

### **Особливості та принципи тривимірного прототипування**

3D-прототипування базується на використанні програмного забезпечення для створення цифрових моделей і подальшого їх виготовлення за допомогою спеціальних пристроїв, таких як 3D-принтери. Процес включає кілька етапів:

1. **Моделювання:** створення цифрової тривимірної моделі за допомогою програм (наприклад, Tinkercad, Blender, AutoCAD).
2. **Підготовка до друку:** переведення моделі у формат, який підтримує 3D-принтер (зазвичай .stl або .obj).
3. **Виготовлення:** друк моделі з використанням різних матеріалів (пластик, метал, біоматеріали тощо).

Тривимірне прототипування є надзвичайно ефективним інструментом для реалізації концепції STEM-освіти. Воно сприяє інтеграції знань, розвитку практичних навичок і формуванню у учнів розуміння зв'язку між наукою та реальним життям. Впровадження 3D-технологій у шкільну освіту забезпечує розвиток інноваційного мислення та підготовку до професій майбутнього. Це потужний засіб для підвищення якості навчання, хоча для його масового впровадження потрібні додаткові ресурси й підготовка педагогів. Попри значний потенціал, є певні труднощі: Висока вартість обладнання (3D-принтери, матеріали) та програмного забезпечення, Потреба у підготовці вчителів для ефективного використання технології, Відсутність адаптованих навчальних програм для широкого впровадження 3D-прототипування у школах.

У майбутньому впровадження тривимірного прототипування в освітню систему буде лише зростати. З розвитком технологій 3D-друку відкриваються нові можливості, зокрема використання біоматеріалів, металообробки, а також інтеграція з іншими інноваційними технологіями, такими як робототехніка чи

доповнена реальність. Це дозволить створювати ще більш інтегровані освітні програми, які готуватимуть учнів до викликів сучасного світу.

### **1.3. Програмне забезпечення для тривимірного моделювання.**

Для створення реального об'єкта спершу необхідно розробити його тривимірну модель. Оскільки існує багато різних програм для 3D-моделювання, початківці часто стикаються з труднощами у виборі відповідного програмного забезпечення.

Нижче наведено список програм і інструментів для роботи з 3D, які, на мою думку, ідеально підходять для новачків без попереднього досвіду. Основною перевагою цих програм є доступність великої кількості навчальних матеріалів та уроків, що полегшують процес освоєння.

Autodesk 123D – це набір інструментів для комп'ютерного проектування (CAD) і 3D-моделювання, створений спеціально для ентузіастів і початківців. Крім безкоштовного доступу до програмного забезпечення, компанія Autodesk пропонує інтегрований веб-сайт, де користувачі можуть зберігати свої проекти та ділитися ними з іншими учасниками спільноти.

Tinkercad – це безкоштовна онлайн програма для 3D-моделювання, створена вже згадуваною компанією Autodesk [11]. Є можливість імпортувати об'єкти, створені в сторонніх програмах (розміром максимум 25 Мб). Основний робочий простір складається з квадратної площі, яку можна обертати, приближувати й віддаляти (Рис. 1.2). Праворуч розташована панель з геометричними фігурами, що перетягуються на робочу площу. Результати роботи експортуються в формати .obj, .stl, .glb або .svg [12]. Це дає можливість перетворити ідею на CAD-модель, використовуючи просте перетягування базових форм, таких як куби, циліндри чи сфери. Tinkercad також підтримує інтеграцію з різними сервісами для 3D-друку, і після невеликої практики ви зможете досить швидко створити свою першу 3D-модель.

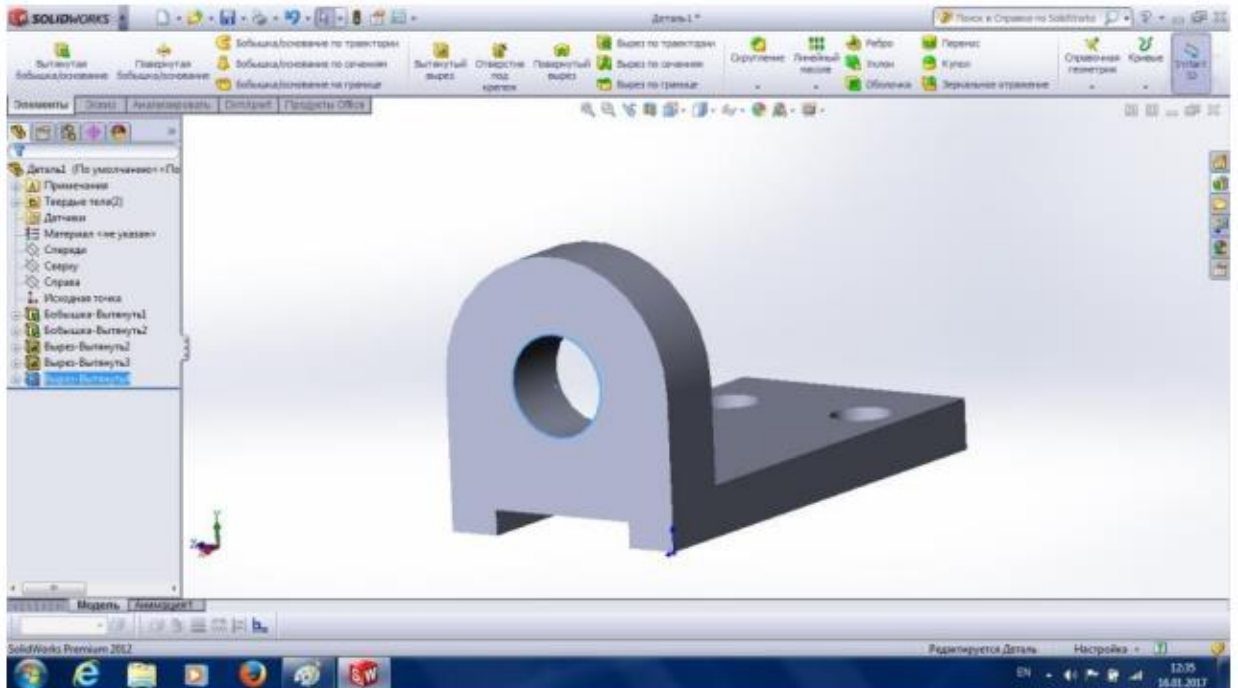


Рис. 1.2. Проект корпусу у програмі Tinkercad

Програма Repetier-Host використовується для перегляду і друку деталей на 3D-принтері (Рис. 1.3). Це програмне забезпечення дає можливості для перегляду і розміщення 3D-моделей, формату .stl та .gcode; з'єднання з принтером через USB інтерфейс, безпосереднє управління та моніторинг температури екструдера і платформи, а також руху осей принтера (одна відносно іншої). Для перетворення моделі з формату .stl в .gcode використовуємо слайсер.

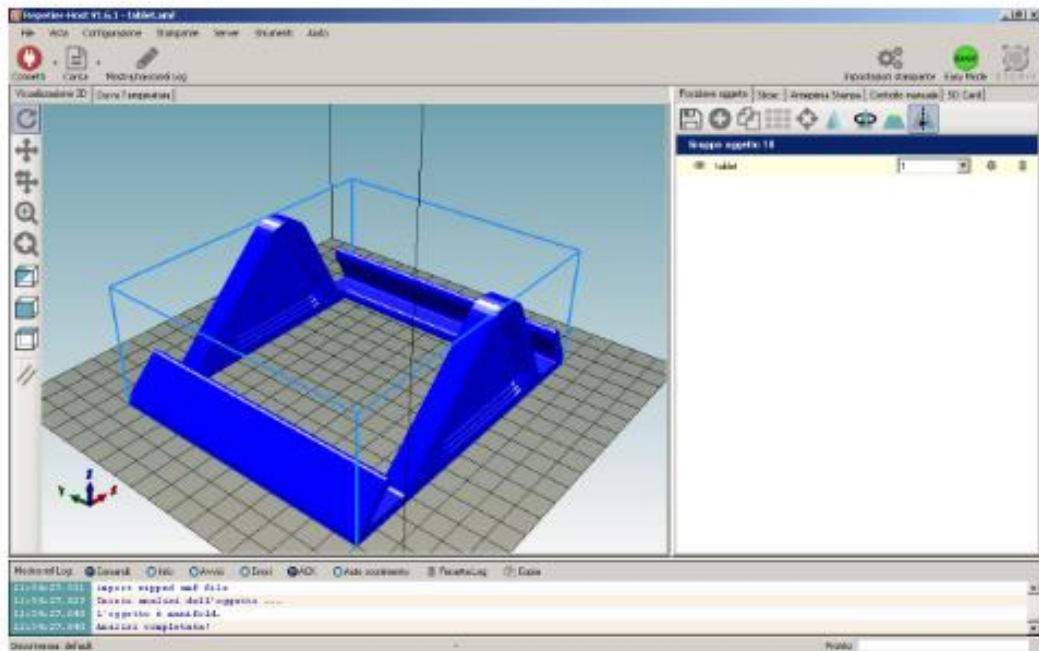


Рис. 1.3. Споектований корпус у програмі Repetier-Host

Vectary, як стверджують його розробники, є одним із найпростіших інструментів для створення 3D-дизайну, і на це є вагомні підстави. Ця хмарна платформа дозволяє користувачам моделювати та візуалізувати тривимірні об'єкти в режимі реального часу. Вона спеціально розроблена для дизайнерів і творців, які працюють у сферах графічного, програмного чи ігрового дизайну, а також для тих, хто займається 3D-друком.

Програма ідеально підходить для всіх, хто цікавиться 3D-моделюванням, незалежно від попереднього досвіду. Для роботи у Vectary достатньо лише базових знань, оскільки її інтерфейс, заснований на технології drag-and-drop, робить процес моделювання максимально простим і захопливим.

Vectary є чудовим вибором для початківців, які прагнуть освоїти основи тривимірного моделювання. До того ж, платформа пропонує безкоштовну версію, доступну після реєстрації на офіційному сайті.

MatterControl – це безкоштовна, кросплатформна програма з відкритим кодом, доступна для завантаження на веб-сайті MatterHackers. Вона призначена для створення моделей і роботи з 3D-друком. Завдяки інтуїтивно зрозумілому

інтерфейсу MatterControl пропонує інструменти, що дозволяють розробляти моделі з нуля або редагувати наявні. Крім того, програма має функцію нарізки, яка забезпечує підготовку моделей до 3D-друку. Для ефективного використання MatterControl необхідні базові знання в галузі 3D-моделювання та друку.

FreeCAD – це програмне забезпечення для параметричного 3D-моделювання з відкритим кодом, яке з'явилося у 2002 році як альтернатива дорогим програмам на кшталт AutoCAD. Як видно з назви, програма є повністю безкоштовною. Вона оснащена широким набором інструментів для створення детальних і складних моделей. Хоча FreeCAD може здатися складним для початківців, регулярна практика допомагає швидко освоїти його функціонал. Відкритий код дозволяє користувачам і розробникам додавати нові модулі та інструменти, розширюючи можливості програми. FreeCAD є чудовим вибором для новачків, які прагнуть глибше зануритися у світ CAD-дизайну.

Крім безкоштовного програмного забезпечення для 3D-моделювання також існує платне. Найпопулярніше з них, це – Autodesk 3Ds Max. Програма надзвичайно функціональна, в ній можна намалювати все що завгодно. Нею користуються дизайнери та інженери по всьому світу. Програма складна в освоєнні, але у неї є два пріоритети:

- в інтернеті існує величезна кількість безкоштовних уроків. Можна знайти потрібний урок і навчитися створювати будь-який предмет;
- існує безкоштовна ліцензія для 3Ds Max. Будь-який студент може скористатися нею і почати будувати свої тривимірні об'єкти.

SolidWorks – це твердотільна альтернатива 3Ds Max. SolidWorks створює спочатку заповнені всередині 3D-об'єкти. Ця програма призначена для створення високоточної тривимірної моделі. Вона дозволяє перетворювати двовимірні креслення у цифровий формат. Для ефективної роботи з нею рекомендується володіти базовими знаннями з креслення та нарисної геометрії. По суті, це повноцінний набір для конструювання виробів в цифровому вигляді,



який містить в собі безліч додаткових інструментів, що дозволяють проводити над моделлю віртуальні технічні випробування

Крім програм також існує безліч інтернет ресурсів безкоштовних 3D моделей.

Thingiverse є одним із найпопулярніших ресурсів серед власників 3D-принтерів. Цей сайт належить компанії MakerBot Industries, яка виробляє серію 3D-принтерів Replicator. Платформа дає змогу користувачам зберігати свої 3D-моделі та обмінюватися ними з іншими.

My Mini Factory – це платформа для зберігання та обміну 3D-моделями, що управляється онлайн-магазином iMakr, спеціалізація якого – продаж 3D-принтерів та супутніх товарів. Усі моделі на цьому сайті створені професійними дизайнерами та перевірені на якість. Додатково користувачі можуть подавати запити на створення потрібних моделей, які будуть опубліковані для вільного доступу.

3DShook – це онлайн-спільнота, яка об'єднує любителів тривимірного друку. На сайті представлені цікаві матеріали, електроніка та, що найважливіше, великий вибір 3D-моделей. Серед доступного контенту є моделі автомобілів, будинків, аксесуари та запчастини для 3D-принтерів. Платформа пропонує як безкоштовні, так і платні моделі, доступні у великому каталозі.

YouMagine – це ресурс, створений для користувачів 3D-принтерів серії Cube від компанії 3D Systems. Окрім продажу комплектуючих і моделей, сайт пропонує розділ із безкоштовними файлами, зокрема для дітей. Юні користувачі можуть модифікувати ці моделі через спеціальний веб-додаток. YouMagine також надає інструменти для 3D-моделювання та публікації, які підходять як для аматорів, так і для досвідчених дизайнерів.

## РОЗДІЛ 2.

### МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ТА ЗАСОБИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ НА ЗАСАДАХ ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ

#### 2.1. Технологічні та методичні можливості 3D-технологій в освітньому та виховному процесі.

Високі темпи розвитку техніки і технології виробництва висувають нові вимоги до рівня підготовки фахівця, що негайно знаходить своє відображення у змісті освіти і засобів освіти, в тому числі, починаючи зі шкільної лави. Однією з таких технологій є технологія швидкого прототипування. Швидке прототипування (Rapid Prototyping) – це пошарова побудова фізичної 3D-моделі (прототипу) відповідно до комп'ютерної моделі. Швидке прототипування (3D) найбільш широко використовують для швидкого створення дослідних зразків, моделі системи що працює, перевірки можливості її реалізації для демонстрації замовнику або готових до експлуатації деталей [13].

Основна відмінність цієї технології від традиційних методів виготовлення полягає в тому, що цей продукт створюється не відділенням матеріалу від заготовки, а пошаровим нарощуванням матеріалу, що становить модель, включаючи складові внутрішні і навіть рухливі частини. Весь процес виконується на спеціально розроблених для цієї мети пристроях.



Рис. 2.1. Пластикові стереолітографічні моделі робочих коліс для водометних двигунів, виготовлені за ним воскові моделі і готова металева виливка [14].

Технологія швидкого прототипування почала розвиватися з початку 80-х років ХХ століття і являє собою пошаровий синтез, пошарове "вирощування" моделі або готового виробу безпосередньо за даними комп'ютерної тривимірної моделі, яку експортують в стандартному для швидкого прототипування форматі STL. Технологію використовують в машинобудуванні, електронної та електротехнічної промисловості, поліграфії, медицині, ювелірному і художньому виробництві, архітектурному моделюванні і т.п. Процес Rapid Prototyping починається зі створення геометричних даних у вигляді 3D-масиву в системі автоматичного проєктування, або в 2D-зрізах з рис. 2.1. Пластикові стереолітографічні моделі робочих коліс для водометних двигунів, виготовлені за ним воскові моделі і готова металева виливка 3D прототипування з використанням скануючого пристрою [13].

3D-технології в освіті відкривають нові можливості для створення наочного приладдя, розвитку творчих здібностей учнів і підвищення їхнього

інтересу до навчального процесу. Завдяки використанню 3D-принтерів школярі й студенти мають змогу зануритися в досліджувані теми. Від розробки комп'ютерної моделі до друку реального об'єкта учні знайомляться з основами моделювання і технологіями 3D-друку.

Практичний досвід створення тривимірних об'єктів дозволяє виявляти помилки в дизайні, вдосконалювати моделі і спробувати створити їх знову, поступово покращуючи результат. Крім того, можливість тримати власноруч створений об'єкт у руках мотивує до подальшого навчання. Самі тривимірні моделі також широко використовуються як навчальні матеріали, допомагаючи краще зрозуміти складні ідеї та концепції.

3D-друк додає гнучкості до методик викладання, надаючи викладачам можливість індивідуально підходити до кожного учня і адаптувати освітній процес відповідно до їхніх потреб. Такий підхід сприяє більш ефективному засвоєнню знань і стимулює креативність у навчанні.

3D-принтери можуть стати хорошими помічниками в освітньому процесі, володіючи такими перевагами:

- 1) друк досить великих моделей будь-яких форм;
- 2) друк прототипів виробів;
- 3) друк геометричних об'єктів, тестування математичних формул на конкретних моделях;
- 4) деякі технології дозволяють використовувати просте і інтуїтивно зрозуміле програмне забезпечення.

Також стало популярно використання 3Doodler ручки. 3D-ручка – це інструмент, здатний малювати не на папері, а в просторі. Це справжній технологічний прорив в області 3D-моделювання. Унікальна тривимірна ручка має масу менше 200 грам, що дозволяє створювати 3D-зображення з надзвичайною легкістю. Для роботи не потрібно ніякого спеціального програмного забезпечення та додаткового обладнання, тільки джерело живлення.

Для більшості людей достатньо кількох годин щоб навчитися користуватися 3Doodler, тому учні можуть відкрити для себе новий і оригінальний спосіб творчості без особливих проблем. Принцип роботи цієї 3D-ручки дуже простий. Натомість того, щоб використовувати чорнило, потрібно заправляти її пластиковою ниткою, яка використовується у принтерах, що працюють за технологією пошарового наплавлення. 3D-ручка дуже безпечна у використанні, оскільки пластик миттєво застигає при контакті з повітрям, і він не має шкідливих або токсичних властивостей. Найчастіше для використання в таких ручках використовується ABS пластик, який відомий своєю довговічністю та стійкістю до зношування, але його головними недоліками є запах паленої пластмаси і можлива усадка. Поле застосування 3D-ручки безмежне. Вона може бути корисною у сфері освіти, наприклад, для створення прототипів у наукових дослідженнях, демонстрації конкретних прикладів на уроках геометрії та малювання та ще багато іншого. Крім того, вона сприяє розвитку дитячого кругозору, просторового мислення та моторики рук.

Головною перевагою використання цієї технології в освітньому процесі є значне підвищення інтересу учнів до досліджуваних тем, оскільки вона дає можливість отримати конкретний продукт, як результат їх діяльності. учні можуть на тактильному рівні оцінити результат своєї роботи, провести аналіз і скорегувати помилки. 3d-технології дають можливість зробити процес навчання активним, активізуючи дослідницьку та творчу діяльність учнів.

Дуже багато сфер у нашій державі саме зараз потребують проривів та активної взаємодії між науковцями та професіоналами прикладного мистецтва. Прототипування для оптимізації агропромисловості зараз чи не найпріоритетніший напрямок у подолання криз, що виникли в наслідок війни, яка прийшла в нашу державу. Побудування, відбудова та вдосконалення зруйнованих і пошкоджених галузей виробництва, наразі, є актуальним питанням кожного українця. Роботизація, оптимізація, введення мехатронних

та автоматизованих систем є шляхом вирішення багатьох проблем сьогодення. Досвід безпосередньої праці з датчиками, давачами, перетворювачами може допомогти вивести на новий рівень будь-яке виробництво або організацію, що розсуває можливості з пошуку роботи після закінчення ВНЗ. Створення прототипів за допомогою 3D моделювання та виготовлення за допомогою 3D принтерів і лазерного різачка, збірка дослідного об'єкта контролю на найсучасніших стендах, що включають в себе елементи гідравліки, пневматики, робототехніки, контролю та регулювання процесом, навчання з та без відриву від виробництва все це може запропонувати у відповідній лабораторії.

FabLab (від англійського «Fabrication Laboratory») – це лабораторії, які спеціалізуються на цифровій фабрикації та робототехніці. Їхні головні компоненти – це комп'ютерно-числельні машини, такі як 3D-принтери, лазерні різачки, верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ), електроніка та інструменти для роботи з різними матеріалами. FabLab на базі ВНЗ у STEM освіті сприяє підготовці студентів до викликів сучасного технологічного світу, стимулює інновації та креативність, а також сприяє розвитку міждисциплінарних навичок. [17]:

3D-принтер – це пристрій для створення об'ємних моделей шляхом пошарового нанесення матеріалу. Його використання дозволяє відмовитися від традиційного обладнання, такого як токарні, фрезерні чи свердлильні верстати. У майбутньому 3D-принтери можуть стати так само поширеними, як молоток чи ножівка, тому навички роботи з цим пристроєм варто опанувати вже сьогодні.

На відміну від звичайних інструментів, для роботи з 3D-принтером потрібна спеціальна підготовка, яка включає знання комп'ютерного моделювання. Для друку деталі необхідно створити її тривимірне графічне зображення у спеціальній програмі, виконати проектні розрахунки, а потім завантажити модель у програмне забезпечення принтера для друку. Після цього

надруковані деталі збираються у готову конструкцію, працездатність якої перевіряється.

Якщо конструкція не працює, це вказує на помилки в розрахунках або моделюванні. Такий підхід мотивує учнів більш ретельно виконувати проекти, оскільки витрачений час на друк демонструє реальні наслідки помилок. Замість сприйняття коригувань викладача як формальних зауважень, учні починають розуміти важливість точності та відповідальності у проектуванні, що є критично важливим для майбутніх інженерів.

Сучасний ринок 3D-принтерів пропонує широкий вибір моделей, які відрізняються технологією друку, використовуваними матеріалами, точністю, швидкістю роботи та підтримуваним програмним забезпеченням. Вартість таких пристроїв коливається в діапазоні від 4000 грн до 50000 грн і навіть більше. Це дозволяє обрати модель відповідно до потреб і фінансових можливостей освітнього закладу. Навіть один 3D-принтер у навчальному закладі може стати ефективним інструментом для:

- Проведення практичних занять з фізики, геометрії, технологій та інженерії.
- Організації проектної діяльності учнів, наприклад, створення моделей пристроїв, механізмів чи архітектурних конструкцій.
- Формування навичок роботи з сучасними технологіями, що є затребуваними на ринку праці.
- Для початку роботи з 3D-друком у школі можна обрати недорогий FDM-принтер за 4000–10000 грн, що дозволить вирішувати базові навчальні завдання. З часом, за наявності фінансування, можливе придбання більш точного та швидкого обладнання для розширення спектру застосування 3D-друку.
- Таким чином, інтеграція 3D-принтерів в освітній процес може бути адаптована під різні умови, дозволяючи ефективно впроваджувати інновації незалежно від масштабу їх використання.

- Робота 3D-принтера базується на технології пошарового нанесення розплавленого пластику. У процесі друку виникає специфічний запах, який може спричиняти дискомфорт, особливо якщо пристрої працюють тривалий час або одночасно використовується кілька принтерів. Хоча виробники пластику стверджують, що його випари безпечні, все ж для комфортної роботи рекомендується організувати окреме приміщення з ефективною вентиляцією.

- Принтер разом із комп'ютером займає близько 0,5 м<sup>2</sup> робочого простору. Якщо комп'ютер використовується лише для передачі файлів до принтера, одного комп'ютера може вистачити для кількох пристроїв. Для повноцінної інтеграції 3D-друку в навчальний процес оптимально передбачити приміщення площею близько 15 м<sup>2</sup>, оснащене системою примусової вентиляції.

При впровадженні 3D-принтерів в освітній процес необхідно врахувати наступні фактори:

- 1) виділення в освітньому графіку часу для роботи на 3D-принтері;
- 2) виділення окремого приміщення з примусовою вентиляцією через запаху, що виділяється розігрівається при друку полімерним матеріалом.

- 3) Застосування 3D-технологій у навчанні технічних дисциплін сприяє розвитку просторового мислення у студентів. Тримання тривимірної моделі в руках допомагає краще сприймати її форму та розміри завдяки тактильним відчуттям, що робить процес навчання більш наочним і зрозумілим.

- 4) У найближчому майбутньому 3D-друк може суттєво замінити традиційні способи обробки конструкційних матеріалів. Це передбачає перегляд навчальних програм для викладачів технології, зокрема поступовий перехід від навчання роботи на метало- та деревообробних верстатах до освоєння навичок роботи з 3D-принтерами.

- 5) Перспективним напрямком є також впровадження 3D-принтерів у технічні гуртки, зокрема з робототехніки, де вони можуть стати важливим інструментом для створення деталей і прототипів.



- Раніше для співставлення виконаного графічного зображення розрізу деталі з її реальним прототипом використовувався обмежений набір вправ, залежний від кількості наочних посібників. З появою 3D-принтерів студенти отримують можливість виконувати унікальні завдання, які не повторюються. Це унеможливило використання готових рішень, що залишалися від попередніх груп студентів, і стимулювало самостійність у навчанні.

- Використання 3D-принтера значно спростило процес розуміння співвідношення між плоскими графічними зображеннями і їх реальними тривимірними прототипами. Це не лише зробило навчання більш наочним, але й скоротило час, необхідний для формування професійних компетенцій.

- Використання 3D-принтера в навчанні стимулює творчий підхід у студентів. Створюючи об'єкти власноруч, вони набувають цінного досвіду креативної діяльності, яка може стати важливою частиною їхньої майбутньої професійної практики. Такий підхід не лише розвиває навички, а й формує впевненість у власних силах.

- Однак, для студентів із меншим рівнем творчого потенціалу така методика може бути складною. Цю проблему вирішують через роботу в парах або групах, де кожен учасник вносить свій внесок у спільний проєкт, отримуючи підтримку і навчаючись у команди. Це допомагає ефективно адаптувати навчальний процес до потреб різних студентів.

## **2.2. Можливості використання 3D-технологій як практичного засобу реалізації концепції STEM в освітньому процесі з фізики.**

За останні роки спостерігається зниження інтересу до природничих наук серед учнів, що є глобальною тенденцією. Ця проблема в освіті стає все більш актуальною, зокрема під час вивчення фізики. Основними причинами цього є складність предмета та застаріла матеріально-технічна база багатьох закладів

освіти. Старе демонстраційне обладнання, яке вже не відповідає сучасним стандартам, не привертає увагу учнів, котрі в повсякденному житті оточені високотехнологічними пристроями. Це призводить до того, що фізика сприймається як відстала і неактуальна наука, далека від реального життя.

Окрім того, фізика потребує значних розумових зусиль, логічного й абстрактного мислення, що ускладнює її опанування для багатьох учнів. Багато з них обирають більш прості для розуміння предмети, уникаючи складнощів, пов'язаних із фізичними дослідженнями й теорією. Це створює дефіцит кваліфікованих фахівців, які здатні працювати у високотехнологічних галузях, творчо мислити та приймати нестандартні рішення.

Разом із науковим значенням фізика має і важливу соціокультурну роль. У сучасному світі ця наука є фундаментом для розуміння технічного прогресу й інформаційних технологій. Тому основною метою викладання фізики у школах є розвиток особистості учнів через формування в них фізичних знань, наукового мислення, екологічної свідомості, експериментальних умінь і дослідницьких навичок.

Заклади освіти повинні готувати компетентних, активних, креативних випускників, які мають мотивацію до навчання, здатність критично мислити, засвоювати великі обсяги інформації та приймати обґрунтовані рішення. Такий підхід сприяє формуванню особистостей, здатних адаптуватися до вимог сучасного суспільства і продовжувати свій професійний розвиток упродовж усього життя.

Одним із напрямів модернізації сучасної шкільної освіти є впровадження принципів STEM. STEM-освіта в Україні активно розвивається, що підтверджується прийняттям низки урядових нормативно-правових актів, спрямованих на підтримку цієї галузі. Зокрема, було затверджено Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), яка окреслює основні напрями її впровадження. Також схвалено План заходів щодо реалізації

Концепції розвитку STEM-освіти до 2027 року, що включає конкретні кроки для забезпечення ефективної інтеграції STEM-підходу в освітній процес.

Додатково був прийнятий Типовий перелік засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій, який стандартизує технічне забезпечення для закладів освіти, необхідне для реалізації STEM-проектів. Усі ці документи закладають основу для створення сучасного освітнього середовища, орієнтованого на підготовку учнів до викликів майбутнього.

Переваги STEM-освіти перед традиційним навчанням полягають у: • інтегрованому навчанні по «темах», а не по предметах(вирішення конкретної задачі);

- застосуванні науково-технічних знань у реальному житті;
- розвитку навичок критичного мислення і розв'язання проблем;
- підвищенні впевненості у своїх силах;
- активній комунікації та командній роботі;
- розвитку інтересу до технічних дисциплін;
- креативних та інноваційних підходах до проектів;
- встановленні містків між навчанням і кар'єрою [18]

Як свідчать наведені переваги, одна з ключових цілей STEM-освіти полягає в стимулюванні зацікавленості учнів технічними дисциплінами. Роль учителя в цьому процесі полягає у створенні умов, які сприятимуть пробудженню інтересу школярів до природничо-математичних та інженерних наук.. Серед значущих переваг STEM-освіти можна відзначити: – створення спільного інформаційно-освітнього середовища, де учні можуть накопичувати і обмінюватися ідеями; – поетапна система навчання, яка розгортається впродовж часу; – акцентування на інтеграції базових дисциплін.

3D-технології повинні стати невід'ємною частиною освітнього процесу як в школах, так і у вищих освітніх закладах.

Ця технологія може бути використана в предметній області таких дисциплін, як:

- географія – для 3D-моделювання та візуалізації місцевості;
- історія – для моделювання археологічних знахідок і стародавніх копалин, історичних подій і т. п.;
- анатомія – для моделювання окремих частин тіла і органів;
- біологія і хімія – можливість створювати молекулярні моделі, наочно демонструвати ланцюжок ДНК, електричний заряд або будову атома;
- інформатика, де розділ «Моделювання та формалізація» є одним з найважливіших в цьому курсі.

Особливою формою наскрізного STEM-навчання є інтегровані уроки, спрямовані на: встановлення міжпредметних зв'язків, що сприяють формуванню в учнів цілісного, системного світогляду; актуалізацію особистісного ставлення до питань, що розглядають на уроці. Основа ефективності таких уроків – чітке визначення мети і планування задля різнобічного розгляду певного об'єкта, поняття, явища з використанням навчальних засобів різних предметів. Цікавими є уроки фізики, інтегровані з біологією. Наприклад, багато рослин і тварин мають дивну властивість-прогнозувати зміни погоди, віщувати різні природні явища: землетруси, грози, виверження вулканів. Отже, живі барометри, компаси, сейсмографи-це цікавий матеріал для інтеграції фізики з біологією. Під час вивчення рівноприскореного руху використовується інформація про лінійну функцію, при електричних явищ – інформація про пряму і обернену пропорційність. При вивченні механіки потрібно володіти векторними і координатними методами, а при вивченні оптики – знаннями про властивості симетрії. На уроках математики учні розв'язують задачі економічного змісту, здійснюють обчислення банківських відсотків податкових платежів, проводять обробку й аналіз статистичних даних; під час роботи з різноманітними об'єктами на карті, з використанням

масштабу; побудови структурних діаграм; побудови графіків; порівнянні статистичного матеріалу [15].

Головною перевагою використання цієї технології в освітньому процесі є значне підвищення інтересу учнів до досліджуваних тем, оскільки вона дає можливість отримати конкретний продукт, як результат їх діяльності. Учні можуть на тактильному рівні оцінити результат своєї роботи, провести аналіз і скорегувати помилки. 3D-технології дають можливість зробити процес навчання активним, активізуючи дослідницьку та творчу діяльність учнів. Застосування методів STEM-освіти у процесі навчання фізики допоможе покращити інтерес в учнів до більш ретельного та детального вивчення цього предмету. STEM-освіту можна впровадити в українські школи, використовуючи кейс-уроки з відповідних тем, технології проблемного навчання, метод проєктів, моделювання та інші. Адже така технологія системного багатовимірного представлення матеріалу багаторазово підвищує результативність освітнього процесу та дозволяє моделювати майбутнє доросле життя школярів, формуючи у них основні компетентності необхідні для життя, позитивну мотивацію до отримання нової інформації, навчаючи моделям самостійного подальшого вдосконалення і розвитку [18].

### **2.3. Ефективність використання інструментів STEM для мотивації учнів до вивчення фізики.**

Використання на уроках з природничих дисциплін провідного принципу STEM-освіти – інтеграції, дозволяє здійснювати модернізацію методологічних засад, змісту, обсягу навчального матеріалу предметів природничо-математичного циклу, технологізацію процесу навчання та формування навчальних компетентностей якісно нового рівня. STEM-навчання у вивченні шкільного курсу фізики полягає в залученні учнів до виконання навчальних проєктів, які вважаються різновидом дослідницької діяльності школярів. Це

також сприяє більш якісній підготовці молоді до успішного працевлаштування та подальшої освіти, яка вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять [16].

Одним із дієвих способів формування необхідних компетенцій у студентів є проектно-дослідницька діяльність. Цей вид діяльності сприяє творчому розвитку й самореалізації, адже передбачає активний пошук знань, їх систематизацію та здатність орієнтуватися в інформаційному просторі для вирішення практичних завдань.

Метод проектів належить до педагогічних технологій, орієнтованих не лише на засвоєння фактів, а й на їхнє практичне використання й набуття нових знань. Участь учнів у створенні проектів дозволяє інтегрувати їх знання з різних дисциплін, розвивати критичне мислення, а також навички самостійного конструювання знань. Практично в кожному розділі програми запропоновано орієнтовані теми навчальних проектів і зазначено кількість навчальних годин, яка виділяється на цей вид навчальної діяльності учнів на уроці. Наприклад, в підручнику фізики 8 класу В. Г. Бар'яхтара, після закінчення вивчення кожного розділу наведено орієнтовні теми навчальних проектів. Програмою передбачено більше 50 тем навчальних проектів для учнів 7-9 класів, до того ж учитель може доповнювати цей перелік або об'єднувати кілька проектів в один. Учні самостійно або за допомогою вчителя обирають тему, форму презентації, захисту проектів. З таблиці 1 видно, що навчальні проекти сприяють формуванню в учнів рис, передбачених вимогами STEM-освіти [18].

Проектна діяльність особливо ефективна в рамках STEM-освіти, адже вона об'єднує знання школярів із різних галузей для вирішення реальних проблем. При цьому змінюється роль викладача, який з джерела готової інформації перетворюється на координатора й наставника, спрямовуючи пізнавальну діяльність учнів.

Робота над проектами вирішує низку освітніх завдань: формуються професійні навички, розвивається пізнавальна мотивація, підвищується рівень

самостійності в орієнтуванні в інформаційному просторі, удосконалюються вміння аргументувати власну думку й генерувати нові ідеї (схема 1).

Схема 1

<p>У центрі уваги студент, Викладач сприяє розвитку його творчих здібностей</p>		<p>Глибоке, усвідомлене засвоєння базових знань забезпечене за рахунок універсального їх використання в різних ситуаціях</p>
	<p>Вихідні теоретичні позиції проєктного навчання</p>	
<p>Освітній процес побудований не на логіці навчального предмета, а на логіці діяльності студента, що підвищує його мотивацію до навчання</p>		<p>Індивідуальний темп роботи над проєктом забезпечує вихід кожного студента на свій рівень розвитку.</p>

Під час виконання навчальних проєктів вирішується ціла низка різнорівневих дидактичних, виховних і розвивальних завдань: набуваються нові знання, уміння і навички, які знадобляться в житті; розвиваються мотивація, пізнавальні навички; формується вміння самостійно орієнтуватися в інформаційному просторі, висловлювати власні судження, виявляти компетентність.

Серед переваг цього методу виділяють зв'язок навчального процесу з реальним життям, активізацію наукової зацікавленості, розвиток умінь працювати в команді, креативність, самодисципліну й самоконтроль. Проєктна

діяльність забезпечує студентам не лише теоретичне усвідомлення проблеми, але й практичний результат, готовий до застосування.

Основні вимоги до реалізації методу проєктів включають:

1. Наявність актуальної проблеми, що потребує дослідження та інтеграції знань.
2. Значущість результатів як з практичного, так і теоретичного боку.
3. Організацію роботи в індивідуальному чи груповому форматі.
4. Чітке структурування змісту проєкту з етапним висвітленням результатів.

5. Використання дослідницьких методів, що охоплюють постановку задач, висунення гіпотез, аналіз даних, обговорення та презентацію результатів:

Визначення проблеми та постановка завдань. Цей етап передбачає чітке формулювання основної проблеми, яка є основою проєкту. Важливо, щоб проблема була зрозумілою, актуальною і такою, що викликає інтерес у студентів. Для колективної роботи над її визначенням можна застосовувати методи "мозкового штурму" чи "круглого столу", що стимулюють дискусію та ідеї. Також розбивається основна проблема на кілька підзадач, які логічно пов'язані з метою дослідження.

Висунення гіпотези. На основі визначених завдань студенти пропонують можливі шляхи розв'язання проблеми, формулюють гіпотези, які згодом перевіряються під час дослідження. Гіпотеза має бути чіткою, конкретною та перевірюваною.

Розробка методології дослідження. На цьому етапі обговорюються та обираються найбільш доцільні методи дослідження. До них можуть належати: статистичні методи – збір і аналіз даних для визначення закономірностей або трендів; експериментальні методи – проведення лабораторних або польових досліджень для перевірки гіпотез; методи спостереження : – аналіз явищ у природних умовах; моделювання – створення фізичних чи віртуальних моделей для аналізу поведінки систем.



Визначення способів презентації результатів: Важливим є розуміння, як будуть представлені підсумки роботи над проєктом. Це може бути підготовка презентацій, звітів, захист проєкту перед аудиторією, створення інфографіки, макетів чи прототипів. Вибір форми залежить від теми проєкту та його мети.

Збір, систематизація та аналіз даних: Цей етап включає активну дослідницьку діяльність, у ході якої студенти збирають необхідні дані, аналізують їх, проводять порівняння та роблять висновки. Результати документуються для подальшої роботи та обговорення.

Підбиття підсумків: На заключному етапі команда оформлює результати дослідження у вигляді конкретного продукту або рішення, яке може бути застосоване в практичних умовах. Висновки також включають визначення нових перспектив для подальшого дослідження.

Обговорення та висновки: Після завершення роботи над проєктом організовується його обговорення. Це може включати як аналіз успіхів, так і розбір труднощів, які виникли під час виконання завдань. Готові результати захищаються перед викладачами або іншими студентами, що розвиває навички комунікації та аргументації.

Приклади результатів: Якщо проблема має теоретичний характер, результатом може бути модель, концепція або теоретичний висновок. У разі практичної спрямованості – прототип, технічне рішення чи інноваційний продукт.

Таким чином, дослідницькі методи в межах проєктної діяльності не лише сприяють вирішенню навчальних завдань, але й формують у студентів навички, які допомагають їм адаптуватися до викликів реального життя та професійної діяльності.

Фізика, як наука про закони природи, може здаватись важкою для розуміння через свою абстрактність і необхідність використання математики. Часто учні сприймають цей предмет як складний і нудний, не бачачи зв'язку з реальним життям. Проте, інструменти STEM допомагають подолати ці бар'єри,

поєднуючи фізику з іншими дисциплінами, використовуючи новітні технології та створюючи можливості для практичної діяльності. Наприклад, використання мікроконтролерів, таких як Arduino чи Raspberry Pi, дозволяє учням здійснювати експерименти, створювати конструкції, програмувати та бачити реальні результати своєї роботи, що показує важливість фізики в сучасному світі.

Конкретні приклади використання STEM-інструментів на уроках фізики демонструють, як технології можуть зробити навчання більш інтерактивним і практично значущим для учнів:

**1. Arduino для вивчення електрики і магнетизму:** Учні можуть використовувати мікроконтролер Arduino для створення електричних схем. Наприклад, вони можуть програмувати мікроконтролер для вимірювання напруги або сили струму в реальних умовах, а потім спостерігати, як змінюються ці величини під час зміни параметрів у схемі. Це дає можливість на практиці зрозуміти закони електрики, такі як закон Ома чи принципи роботи резисторів і конденсаторів

**2. Raspberry Pi для вивчення механіки:** Raspberry Pi може бути використано для створення системи, яка моделює рух об'єктів, таких як планети або автомобілі, з урахуванням різних фізичних параметрів. Учні можуть програмувати Pi для симуляції рівноприскореного руху і порівняння результатів з теоретичними розрахунками. Це також може включати використання датчиків для збору даних, наприклад, прискорення або швидкості, під час руху.

**3. 3D-друк для вивчення механіки та оптики:** Використання 3D-друку дозволяє учням створювати фізичні моделі механічних систем або оптичних приладів, таких як лінзи або призми. Наприклад, учні можуть створювати моделі механічних важелів чи простих машин і експериментувати з ними, щоб зрозуміти принципи їх роботи. Це дозволяє наочно побачити, як теоретичні закони фізики застосовуються в реальному житті.

**4. Проектні роботи з використанням STEM-інструментів:** Завдяки STEM-підходу учні можуть створювати проекти, що поєднують фізику та інженерні науки. Наприклад, вони можуть спроектувати власну метеостанцію, що вимірює температуру, вологість і атмосферний тиск, і програмувати її для автоматичного збору даних. Це дозволяє їм побачити реальні додатки фізичних законів, зокрема термодинаміки та законів газів.

Ці приклади показують, як інтеграція сучасних технологій у навчальний процес допомагає учням не лише зрозуміти складні фізичні концепції, а й застосовувати їх на практиці, що значно підвищує мотивацію до вивчення предмета.

STEM-інструменти також відкривають нові горизонти для проектної діяльності, де учні можуть розробляти пристрої, вирішувати інженерні завдання або моделювати фізичні явища. Це стимулює їхню зацікавленість, адже створення робота або метеостанції дає практичний результат, що спонукає до вивчення основ фізичних законів. Водночас, залучення 3D-технологій дозволяє моделювати та створювати фізичні об'єкти, що робить навчання ще більш захоплюючим.

Використання STEM також сприяє розвитку комунікаційних навичок, оскільки проекти часто потребують командної роботи, де кожен учасник займається різними аспектами: від конструювання до програмування та аналізу даних. Це допомагає учням навчатися працювати разом для досягнення спільної мети.

Крім того, STEM-підхід дозволяє адаптувати навчання до інтересів учнів, чи то програмування, механіка чи електрика, що дає можливість кожному знайти своє місце в процесі. Завдяки такому підходу фізика перестає бути лише теоретичною наукою і стає важливим інструментом для вирішення реальних проблем, таких як енергозбереження, екологія або розвиток штучного інтелекту.

Загалом, STEM-інструменти сприяють підвищенню мотивації учнів, підсилює наукову компоненту, полегшують розуміння складних концепцій та роблять фізику доступною і життєво важливою для кожного. Вони інтегрують фізику в сучасний технологічний контекст, роблячи її цікавою та практично значущою.

### РОЗДІЛ 3

## ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЄКТУВАННЯ ТА МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАДНАННЯ ОСВІТНЬОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.

### 3.1 Проектування та виготовлення обладнання загального призначення засобами тривимірного прототипування

«3D-принтером можна роздрукувати практично повний комплект для виконання експериментального практикуму з фізики (Рис. 3.1). Оцінивши матеріально-технічне забезпечення фізичних кабінетів з фізики, можна зробити висновок про необхідність та доцільність застосування адитивних технологій у проектуванні, виготовленні та модернізації навчального обладнання. Використання 3D-прототипування здешевлює затрати на виготовлення не серійних елементів чи приладів. Робота над проектуванням та виготовленням навчального обладнання з фізики відкриває широкі можливості для вирішення завдань виховного характеру та активізації пізнавальної діяльності учнів. У процесі виготовлення засобів навчального призначення розвиваються конструкторські й творчі здібності. Об'єктами наукових проєктів має бути навчальне нове обладнання, або модернізація наявного на основі новітніх технологій» [27].

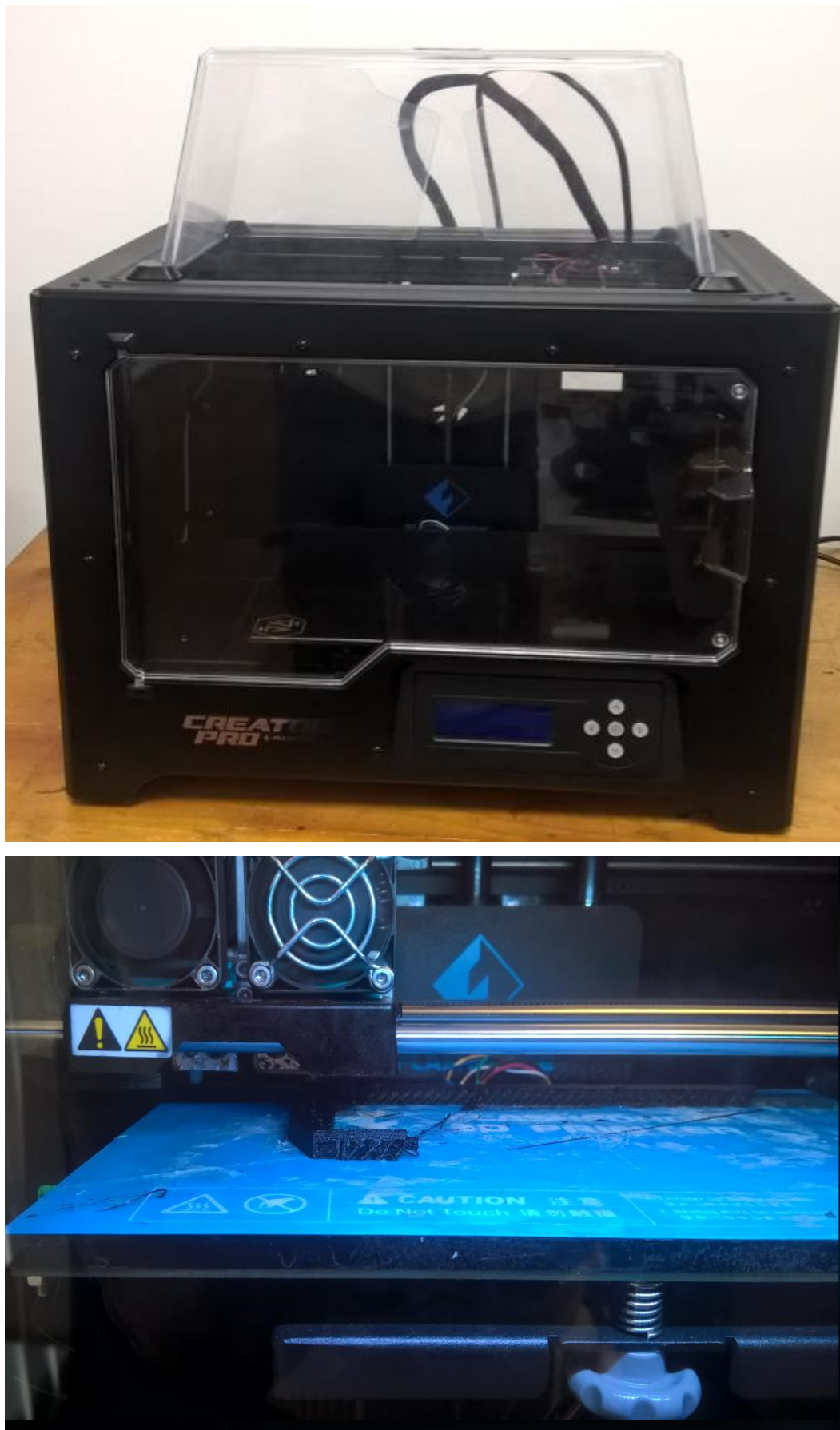


Рис. 3.1. а) 3-D принтер в лабораторії б) друк моделі

Лабораторні штативи є важливим елементом для проведення експериментів і досліджень. Вони використовуються для надійного кріплення лабораторного посуду та інструментів, таких як пробірки, колби або піпетки, зазвичай виготовлених зі скла чи пластику. Штатив складається з основи і вертикальної стійки, до якої приладдя закріплюється за допомогою спеціальних тримачів або муфт. Використання штативів забезпечує безпеку, оскільки дозволяє лаборантам працювати з різними хімічними реагентами без ризику випадкових пошкоджень або розливів.

Основною проблемою промислових лабораторних штативів є їхня ціна яка може бути в діапазоні від 1500 грн. до 3000 грн. Виготовити такий штатив можна значно дешевше. Для виготовлення цього пристрою були використані наступні компоненти:

- пластик PETG, PLA та ABS;
- болти М6;
- гайки М6 DIN439;
- арматура кругла 10мм.

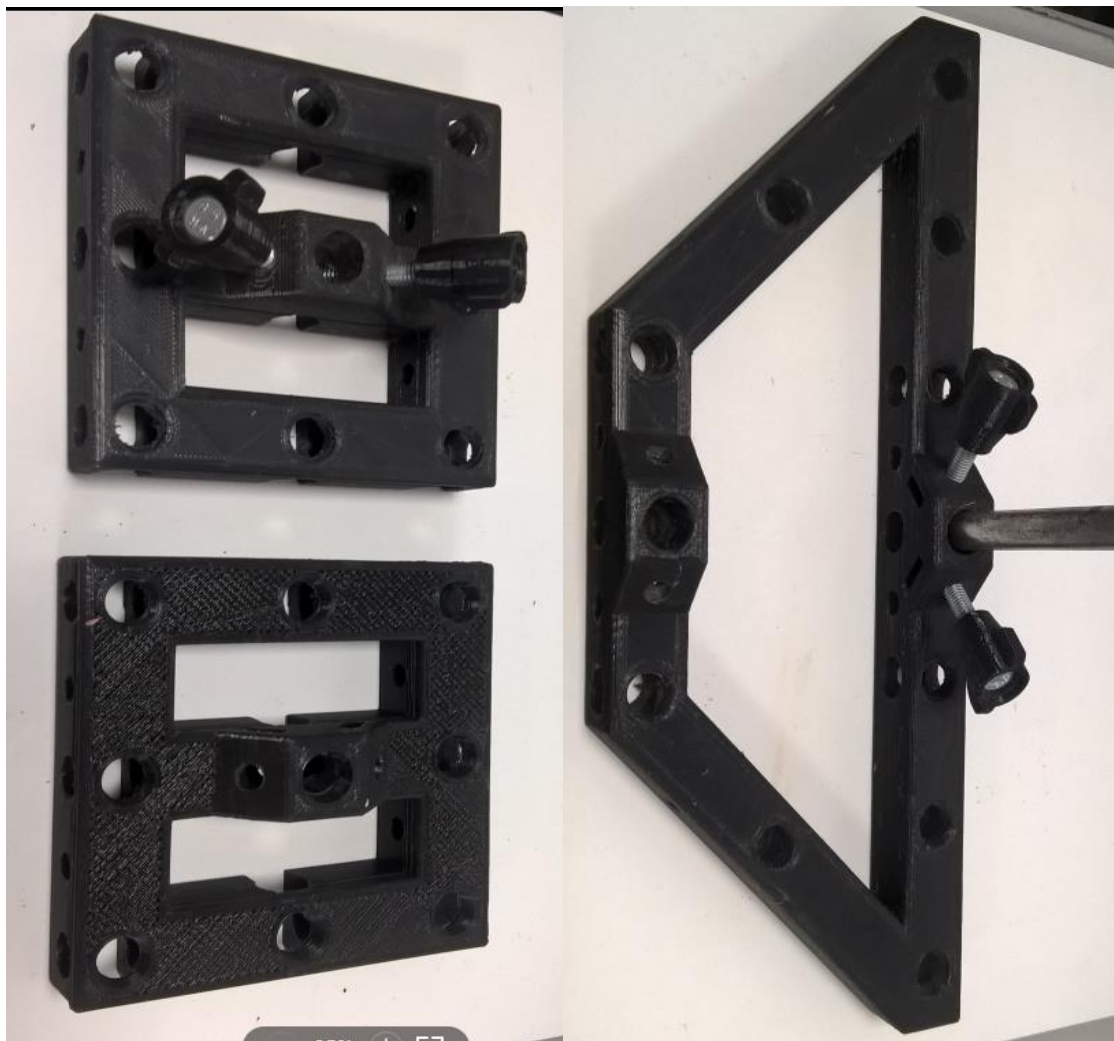


Рис.3.2. Основа штативів а) квадратне б) трапецеподібне

Основна конструкція штатива виготовлена з матеріалу PETG і включає дві деталі та пластину, які з'єднуються болтами й гайками (Рис.3.2. а). Для додаткової маси до основи можна приєднати до трьох металевих стрижнів довжиною 250 мм. Крім того, як альтернатива, для основи штатива можна використовувати трапецеподібне кріплення (Рис.3.2. б), яке створене з PLA-пластику. Ручки для болтів і гайок також надруковані з PETG і PLA.

Вертикальна опора складається зі стержня довжиною 750 мм, який фіксується до основи під прямим кутом за допомогою болтів. Для розміщення



пристроїв на штативі використовуються кріплення, які дозволяють закріпити стержні та деталі під різними кутами (Рис.3.3).. Вони також надруковані з PLA та PETG.



Рис. 3.3. Кріплення для штатива

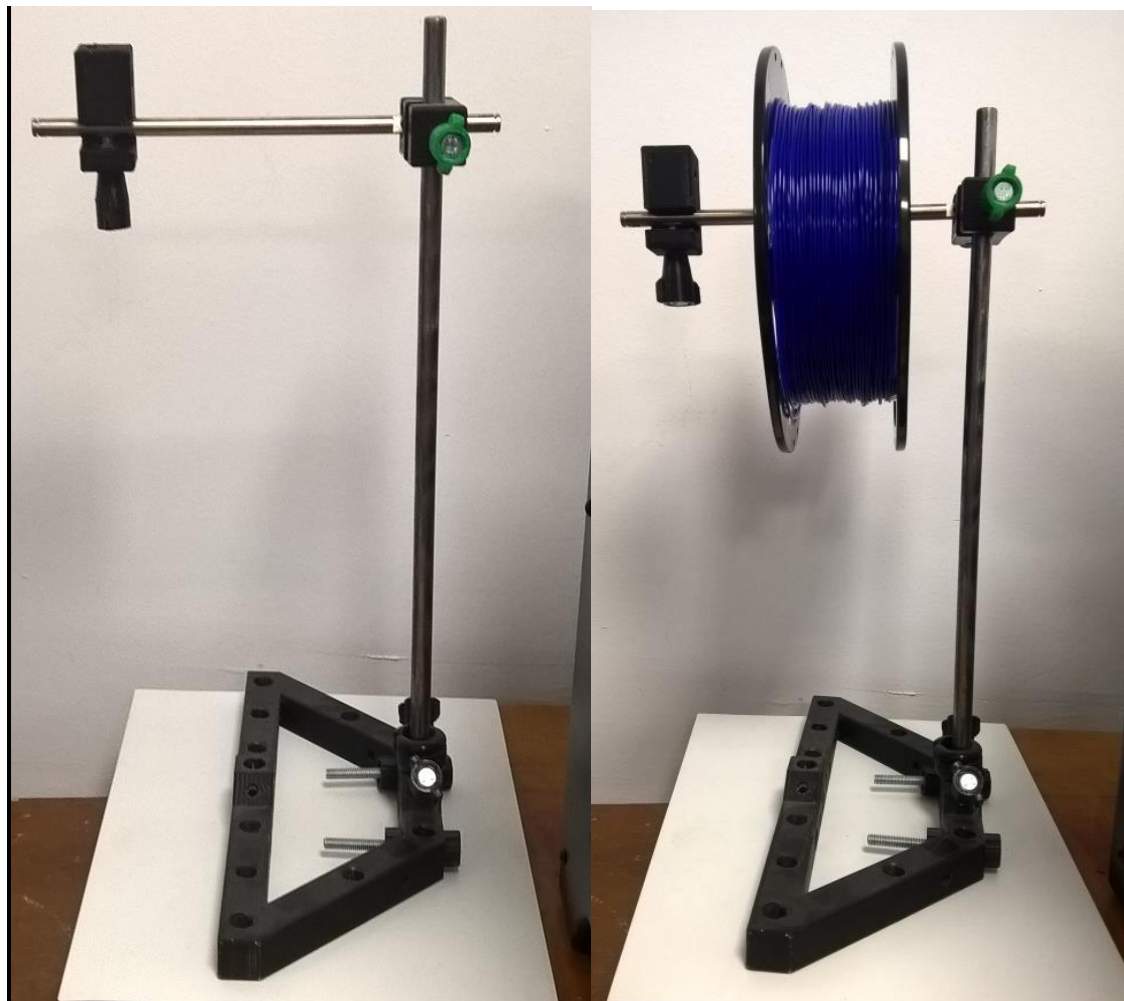


Рис. 3.4. Штативи

Виготовлений штатив (Рис. 3.4) можна використовувати для різних експериментів з природничих наук та комплектуючі цього штатива можна використати в інших експериментах.

### **3.2 Виготовлення та методика використання обладнання для освітнього експерименту з оптики**

Для прикладу проведення експерименту з визначення довжини світлової хвилі за допомогою дифракційної ґратки використовуються теоретичні основи дифракції.

Розглянемо теоретичні відомості експерименту. Відомо, що максимум дифракції визначається рівнянням:

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda; (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (3.1)$$

Звідси

$$\lambda = \frac{d \sin \varphi}{m}. \quad (3.2)$$

З цього рівняння випливає, що різним довжинам хвиль у максимумах одного порядку відповідають різні значення кута дифракції  $\varphi$ . На екрані максимуми для різних довжин хвиль відокремлені просторово. Визначити довжину хвилі можна, знаючи значення кута  $\varphi$  та номер порядку  $m$ . Якщо прийняти, що  $x$  – відстань між максимумами  $m$  – го порядку, які знаходяться по обидва боки від нульового максимуму, а  $l$  – відстань між екраном та дифракційною ґраткою ( $x \ll l$ ), то для визначення  $\sin \varphi$  використовують умову:

$$\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi \approx \frac{x}{2l}. \quad (3.3)$$

Тоді довжина світлової хвилі  $\lambda$  може бути визначена таким чином:

$$\lambda = \frac{xd}{2lm}. \quad (3.4)$$

У цьому експерименті джерелом світла служить лазер, а в ході роботи необхідно виміряти відстань між екраном і ґраткою  $l$ , а також відстані між максимумами перших порядків ( $x_1, x_2$ ). З цих даних визначити довжину хвилі для першого і другого порядків. Стала ґратки  $d$  вказана на ґратці. Обчислюють середнє значення та похибку.



Рис. 3.5. Експериментальна установка.

Експериментальна установка складається з трапецієподібних основ, з'єднаних стержнями, на яких розташовані деталі для кріплення лазера та екрану.



Рис. 3.6. Основи столиків.



Рис 3.7. Столик з кріпленням для лазера.

До іншої основи на стержнях кріпляться тримачі для екрану (Рис.3.7.), надруковані ABS пластиком.

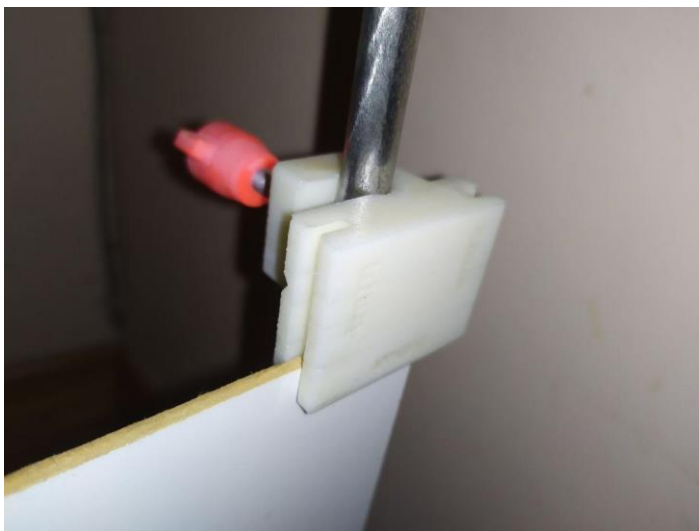


Рис 3.8. Тримач для екрану.

Посередині, між основами знаходиться квадратне кріплення для стрижня, на якому закріплений столик з дифракційною ґраткою. Для розміщення

дифракційної ґратки використовуються спеціальні кріплення, а всі деталі виготовлені з різних видів пластику, таких як PETG, PLA та ABS.

Цю установку можна адаптувати для використання в освітніх установах для проведення лабораторних робіт з оптики, замінюючи деякі елементи для інших експериментів. Замість дифракційної ґратки в ній можна використовувати призму, лінзу або інший оптичний елемент, залежно від мети експерименту. Джерело світла також легко замінюється на інше відповідно до вимог дослідження. Завдяки універсальності конструкції, така установка підходить для виконання широкого спектра оптичних експериментів, потребуючи лише мінімальної модифікації окремих компонентів.

## ВИСНОВКИ

Стан наявного експериментального обладнання вимагає його оновлення та вдосконалення. Одним із способів виготовлення необхідного обладнання в навчальних закладах є використання 3D-принтерів.

У результаті дослідження впровадження тривимірного прототипування в експериментальну діяльність було вивчено можливості використання 3D-технологій у навчальному процесі. Були порівняні програмні та апаратні засоби для тривимірного моделювання. Створене та виготовлене за допомогою 3D-технологій обладнання дозволяє знизити витрати та модернізувати фізичні експерименти в навчанні. Також були розроблені практичні рекомендації щодо використання тривимірного друку у викладанні фізики.

Застосування 3D-технологій в освіті зводяться до проблеми підвищення зацікавленості студентів до освітньої дисципліни та підвищення наочності освітнього матеріалу. Застосування технології 3D-друку в освітньому процесі не тільки сприяє підвищенню наочності освітнього матеріалу, а й дозволяє застосувати отримані знання при вирішенні практичних завдань в ході створення матеріальних об'єктів, що говорить про високий ступінь сформованості професійних компетенцій з досліджуваної дисципліни.

Дослідження не охоплює всі аспекти вирішення цієї проблеми, але подальші напрямки пошуків включають розвиток матеріально-технічної бази навчальних лабораторій із використанням сучасного обладнання для 3D-прототипування, яке виготовляється як промисловими підприємствами, так і самостійно.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Концепція 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/903-2017-%D1%80#Text> (дата звернення 15.11.2024).
2. Гончарова Н.О. Підготовка вчителів природничих наук до реалізації ідей STEM-освіти. Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 14 травня 2020 р., м. Тернопіль. Тернопіль, 2020. С. 95–98.
4. Про затвердження плану заходів на 2017–2029 роки із запровадження Концепції реалізації державної політики у сфері реформування загальної середньої освіти «Нова українська школа» : розпорядження Кабінету Міністрів України від 13.12.2017 р. № 903-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/903-2017-%D1%80#Text> (дата звернення 15.11.2024).
5. Вітенко, І & Oleksiuk, Olesia & Кучер, Л. (2022). Реалізація концепції STEM-освіти в системі підвищення кваліфікації педагогічних працівників. Scientific Notes of Junior Academy of Sciences of Ukraine. DOI: 10.51707/2618-0529-2022-25-05.
6. Про затвердження плану заходів щодо проведення Року математичної освіти в Україні у 2020/21 навчальному році : розпорядження КМУ від 25 червня 2020 р. № 630-р. Відомості Верховної Ради України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shchodo-provedennya-roku-matematichnoyi-osviti-v-ukrayini-u-202021-navchalnomu-roci-630-250620> (дата звернення 05.10.2024).

7. SLA 3D принтер Form-1 от компании FORMLABS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://3dprinter.ua/shop/form-1-2/> (дата звернення 05.11.2024).
8. Іванченко Н. М. Принципи впровадження та переваги STEM-освіти. URL: <http://timso.koippo.kr.ua/hmura13/ivanchenko-nataliya-mykolajivna-pryntsypuvprovadzhenyata-perevahy-stem-osvity> (дата звернення 05.10.2024).
9. Патрикеева О., Лозова О., Горбенко С. STEM-освіта: умови впровадження у навчальних закладах України. Управління освітою. 2017. № 1. С. 28–31.
10. STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (9–10 листопада 2017 року, м. Київ). Київ: ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», 2017. 160 с. URL: [http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/10120/1/Barna\\_Kyiv.pdf](http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/10120/1/Barna_Kyiv.pdf) (дата звернення 02.04.2024).
11. Dahl, Timothy. 3-D Design for Idiots: An Interview With Tinkercad Founder Kai Backman. Wired (амер.). ISSN 1059-1028. Процитовано 29 листопада 2023.
12. Застосування 3D принтерів в навчальних закладах. Електронний ресурс. URL: <https://dixi.education/using-3d-printers> (дата звернення 15.09.2024).
13. Ливарні властивості металів і сплавів для прецизійного лиття : підручник для вищих учбових закладів / В.О. Богуслаєв та ін.; за ред. С.І. Реп'яха та В.Г. Могилатенка; 2-е вид., доп. та доопр. Запоріжжя : АТ «МОТОР СІЧ», 2016. 474 с.
14. Савєга В.С., Хричиков В.Е., Матвєєва М.О. Художнє і ювелірне литво / Учбовий посібник. Дніпропетровськ, НМетАУ: Літограф, 2015. 261 с.
15. Гринюк О.С. Міжн. н-п. конф., 12-13 травня 2021. С. 75-78.

16. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2024/2025 навчальному році. Лист ІМЗО № 21/08-1242 від 12.08.24 року URL: [https://osvita.ua/legislation/ser\\_osv/92801/](https://osvita.ua/legislation/ser_osv/92801/) (дата звернення 15.09.2024).

17. Значення FabLab'ів на базі ВНЗ у STEM та STEAM освіті. STEM та STEAM: науково-практичні тенденції розвитку цифровізації в умовах євроінтеграції : матеріали всеукраїнського науково-педагогічного підвищення кваліфікації, 4 грудня – 14 січня 2024 року. Львів – Торунь : Liha-Pres, 2024. С. 12-15.

18. Владика Л. Р., Печерська Т. В. STEM-освіта як напрям модернізації методики навчання фізики / Людина у світі високих технологій : збірник праць XVII Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції «Світоглядне значення наукової картини світу» (23 квітня 2019 р., Київ). Київ, 2019. С. 157-159.

19. Чирук О. М., Печерська Т. В. Навчальні проєкти як спосіб STEM-навчання учнів на уроках фізики / Людина у світі високих технологій : збірник праць XVI Міжнародної молодіжної науково-практичної конференції, присвяченої 120-річчю «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (19 квітня 2018 р., Київ). Київ, 2018. С. 194-196.

20. Волкова С. Г., Фонарюк О. В., Кравченко Т. В.. Підвищення професійної кваліфікації педагогічних працівників в умовах модернізації освіти / Інноваційна педагогіка. 2021. Випуск 35. С. 168-174.

21. 3D технології в освіті. Електронний ресурс. URL: [http://eprints.zu.edu.ua/24846/1/Polishchuk\\_APSI2017.pdf](http://eprints.zu.edu.ua/24846/1/Polishchuk_APSI2017.pdf)

22. Мартинюк, О. (2021) Тривимірне прототипування у STEM-навчанні майбутніх учителів природничо-технологічних дисциплін. Фізика та освітні технології, 1, 14–21. DOI: <https://doi.org/10.32782/pet-2021-1-3>

23. Інноваційний освітній проєкт «STEM-школа». Електронний ресурс. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-shkola/> (дата звернення 02.04.2024).

24. Гончарова Н. О. Понятійно-категоріальний апарат з проблеми дослідження аспектів STEM-освіти. Наукові записки Малої академії наук України. Серія : Педагогічні науки : зб. наук. праць. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2017. Вип. 10. С. 104–114.

25. Можливості використання 3D-друку під час навчання фізики у загальноосвітній та вищій школі. Електронний ресурс. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/123456789/15553/1/Krivtsov.pdf>.

26. Сучасний стан і перспективи розвитку технологій тривимірного моделювання та друкування. Електронний ресурс. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/123456789/21883/1/Strutynska.pdf> (дата звернення 15.09.2024).

27. M.Ya. Rudysh, P.A. Shchepansky, G.L. Myronchuk, M. Piasecki, O.S. Martyniuk. Vibrational, thermodynamic and acoustic properties of AgAlS<sub>2</sub> crystal. *Physica B: Condensed Matter*. Volume 654, 1 April 2023, 414731 <https://doi.org/10.1016/j.physb.2023.414731>.

28. Davydova S. A comparative analysis of the professional competence level of future teachers of fine art of the Zaporizhzhia region in the conditions of the concept of a New Ukrainian School. *EUREKA : Social and Humanities*, 2019. № 6. P. 43–51. DOI: 10.21303/2504-5571.2019.001078.21.