

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

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

На правах рукопису

**Алексюк Назар Олександрович**

**МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ  
У СИСТЕМІ ВПРОВАДЖЕННЯ ОСВІТНЬОГО НАПРЯМКУ STEM**

Спеціальність 014 «Середня освіта (Фізика)»

Робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»

Науковий керівник:

**МАРТИНЮК ОЛЕКСАНДР СЕМЕНОВИЧ,**

доктор педагогічних наук, професор,

професор кафедри експериментальної фізики,

інформаційних та освітніх технологій

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № \_\_\_\_\_

засідання кафедри експериментальної фізики,

інформаційних та освітніх технологій

від \_\_\_\_\_ 2023 р.

Завідувач кафедри

проф. Галян В. В. \_\_\_\_\_

ЛУЦЬК – 2023

<b>Вступ</b> .....	6
<b>РОЗДІЛ 1. Розділ 1 Теоретичні аспекти інноваційної моделі STEM – освіти.</b> .....	8
1.1.STEM- освіта - шлях до майбутнього .....	8
1.2 Stem- у світі.....	9
1.3 Stem в Україні.....	10
1.4 Тлумачення поняття “Stem” та ‘Stem-освіта’ .....	11
1.5 Мета, цілі та завдання Stem процесі.....	12
1,6 Впровадження Stem в освітньому процесі.....	13
1.7 Stem-освітні технології та їх можливе впровадження їх традиційними методами.....	14
1.8 засоби Stem-навчання.....	19
Висновки до 1 розділу.....	21
 <b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ У СИСТЕМІ ВПРОВАДЖЕННЯ ОСВІТНЬОГО НАПРЯМКУ STEM.....</b>	22
2.1. Демонстрація залежності координати тіла від часу при нерівномірному русі.....	25
2.2. Рух тіла по похилій площині .....	27
2.3. Закон Гука. Визначення жорсткості пружини .....	31
Висновки до 2 розділу.....	36
<b>РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ УМІНЬ УЧНІВ ЗАСОБАМИ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ ФІЗИКИ.....</b>	37
3.1 Методичні аспекти реалізації STEM-освіти в освітній процес навчання математики та фізики .....	37
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	42
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	44

## АНОТАЦІЯ

Алексюк Назар Олександрович

### МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ У СИСТЕМІ ВПРОВАДЖЕННЯ ОСВІТНЬОГО НАПРЯМКУ STEM

У нашій роботі було визначено суть STEM-освіти та особливості впровадження її в закладах загальної середньої освіти в Україні. Ми акцентували увагу на STEM-освіті як інноваційному підході до навчання фізики. Детально описали методичні особливості використання інноваційних засобів STEM у процесі вивчення фізики, розглядаючи інноваційні технології навчання фізики в контексті STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти. Ми провели аналіз мобільного навчання та розглянули дидактичні можливості мобільних додатків у системі навчання фізики. Надали характеристику методам формування експериментальних умінь учнів за допомогою мобільного додатку Phyphox та реалізували цю технологію у навчальному процесі на уроках фізики для розвитку експериментальних умінь та навичок учнів.

**Ключові слова:** *STEM-освіта, інноваційні технології, мобільне навчання, мобільні додатки, експериментальні уміння.*

**Aleksyuk Nazar Oleksandrovych**

**METHODS OF USING DIGITAL LABORATORIES IN THE SYSTEM OF  
IMPLEMENTATION OF STEM EDUCATIONAL FIELD**

**ABSTRACT**

Our work determined the essence of STEM education and the specifics of its implementation in general secondary education institutions in Ukraine. We focused on STEM education as an innovative approach to teaching physics. Methodological features of the use of innovative STEM tools in the process of studying physics were described in detail, considering innovative technologies of teaching physics in the context of STEM education in institutions of general secondary education. We conducted an analysis of mobile learning and considered the didactic possibilities of mobile applications in the physics education system. We characterized the methods of forming students' experimental skills using the Phyphox mobile application and implemented this technology in the educational process in physics lessons for the development of students' experimental skills and abilities.

**Keywords:** *STEM education, innovative technologies, mobile learning, mobile applications, experimental skills.*

## ВСТУП

**Актуальність.** Модернізації освіти визначається концепцією, яка ґрунтується на "Державному стандарті базової і повної загальної середньої освіти" [43]. Ця концепція спрямована на впровадження компетентнісного підходу в освіті та формування ключових компетентностей. Основна мета - розвивати готовність учнів використовувати здобуті знання, навчальні вміння і навички, а також засоби діяльності в житті для вирішення практичних і теоретичних завдань.

Виділення в навчальних програмах ключових компетентностей направлене на формування учнівської здатності застосовувати свої знання і вміння в реальних життєвих ситуаціях. З урахуванням стрімкого розвитку ІТ-галузі та нанотехнологій, зростає потреба у кваліфікованих фахівцях. Отже, виникає актуальна освітня потреба у якісному навчанні учнів у технічних дисциплінах, таких як математика, фізика, інженерія та програмування. Наголошується на важливості того, щоб освіта була випереджальною.

Ключові компетентності, визначені в концепції "Нової української школи" [43], гармонійно вписуються в структуру STEM-освіти, надаючи підґрунтя для успішної самореалізації як особистості, так і фахівця, а також громадянина. Впровадження STEM-освіти обумовлено необхідністю в адаптації до вимог "нової економіки". В далекому майбутньому з'являться професії, що пов'язані з технологією та високотехнологічним виробництвом в інтерфейсі з природничими науками. Для отримання таких професій потрібна комплексна підготовка та знання в галузях природничих наук, інженерії, технологій та програмування, які охоплює STEM-освіта. Впровадження STEM-освіти на уроках фізики для розвитку експериментальних умінь учнів є актуальним напрямком модернізації та інноваційного розвитку компетентної особистості. При виконанні дослідження було використано праці видатних вчених, таких як Ю. М. Галатюка [1], В. Ф. Заболотного [7], О. В. Листопада [15], О. С. Мартинюка [17], Н. А. Мисліцької [20], Н. П. Наволокова [24], О. Патрикеева [25], О. П. Пінчука [28], І. В. Сальника [29], Т. В. Симоненко [31], С. І. Терещука [41], О. П. Чубка [38], А. В. Шерудила [40].

**Мета магістерської роботи** – полягає у аналізі методики використання цифрових лабораторій на в системі STEM-освіти закладів загальної середньої освіти.

Відповідно до мети нами було поставлено і виконано такі **завдання**:

- охарактеризувати сутність та потенціал STEM-освіти;
- дати загальну характеристику особливостям впровадження STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти України;

- розглянути STEM-освіту, як інноваційний підхід до вивчення фізики в середній школі;
- охарактеризувати дидактичні можливості використання цифрової лабораторії в системі навчання фізики;
- описати методичні прийоми формування експериментальних умінь учнів з використанням мобільного додатку Phyrphox;
- проаналізувати результати експериментального дослідження.

**Об'єктом магістерської роботи** є методика навчання фізики здобувачів освіти закладів загальної середньої освіти.

**Предметом магістерської роботи** є інноваційні засоби напрямку STEM у навчальному експерименті з фізики.

**Практичне значення дослідження** – результати роботи можуть бути використані у педагогічній діяльності, виховній роботі, освітньому процесі.

**Інформаційну основу дослідження** складають бази нормативних документів, статистичні та спеціальні періодичні довідники, вітчизняні й закордонні видання, збірники наукових праць з теми роботи.

**Структура роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел.


## Розділ 1 Теоретичні аспекти інноваційної моделі STEM – освіти.

### 1.1.STEM- освіта - шлях до майбутнього

«Робот безшумно попрямував у кухню, де натиснув кнопки різноманітних кухонних приладів, і незабаром сніданок був готовий...» (А. Азімов). Сучасні рядки відомого фантаста, де описано використання різноманітних гаджетів та високих технологій, стають реальністю нашого повсякденного життя. Технологічний прогрес стрімко входить у наше оточення, впливаючи на різні сфери – від побуту до освіти. Такі зміни приводять до радикальних перетворень на ринку праці [90, с.32].

Сучасна економіка України надто пов'язана з математикою, бухгалтерським обліком, функціями, логарифмами та обчисленнями. Математика є ключовою у архітектурній індустрії та містобудуванні, а медичні дослідження вимагають глибоких знань в хімії та біології. Нині ми живемо в високотехнологічному суспільстві, де техніка та технології мають величезне значення. Їхні можливості полегшують наше життя, дозволяючи нам виконувати завдання, які раніше вимагали багато часу, зараз вони вирішуються миттєво. Однак, разом із тим, важливо пам'ятати, що техніка може мати й зворотний бік, іноді вийшовши з-під контролю людини, ставати причиною техногенних катастроф. Тому освіта грає важливу роль у вихованні грамотних користувачів техніки, здатних дотримуватися правил техніки безпеки та розуміти основи інженерних знань. Це необхідно не лише для фахівців певних галузей, але і для кожного із нас, оскільки техніка стала неот'ємною частиною нашого повсякденного життя. У світі, де технології швидко розвиваються, сучасна школа має пристосовуватися до викликів часу та готувати учнів до життя в інформаційно-технологічному суспільстві.

У світі високих технологій виникає потреба в фахівцях, які володіють навичками роботи на межі різних дисциплін, здатні вирішувати складні задачі, працювати в команді та володіють навичками критичного мислення. Професії майбутнього включають архітектора віртуальної реальності, нано-медика, робототехніка, інженера 3D-друку, оператора дронів та інші. Щоб відповідати вимогам XXI століття, фахівці повинні мати глибокі знання з природничих наук, математики, технологій та інженерії, а також бути досвідченими у своїй галузі. Це викликає гостру потребу в якісному навчанні учнів сучасних технічних дисциплін. Освіта повинна бути орієнтована на майбутнє, враховуючи тенденції розвитку суспільства. Держави, що активно спрямовані на технологічний прогрес, розуміють важливість цього аспекту. Так виник новий тренд в освіті, відомий як STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) [90, с.32]. STEM-освіта надає учням поглиблені знання та навички в області природничих наук, технологій, інженерії та математики, готуючи їх до викликів сучасного технологічного світу.

## 1.2. STEM у світі

Організація, яка активно просуває STEM-підхід в освіті. Сполучені Штати Америки виявляють найбільшу активність у впровадженні STEM-освіти на державному рівні. Ця програма активно реалізується в провідних університетах США, таких як Орегонський державний університет з 169 STEM-спеціальностей, Університет Джорджа Мейсона з 82, Колорадський університет з 50, Сент-Луїський університет з 47 та інші. Університети, які впроваджують STEM-освіту, приділяють особливу увагу охороні довкілля. Наприклад, в коледжі Св.Олафа (штат Міннесота) вимагається, щоб кожний студент вивчав принаймні два курси з дисциплін STEM. Також вказується, що студенти з різних країн, таких як Білорусь, Таїланд і Мексика, працюють у дослідницьких групах у лабораторії нанотехнологій Каліфорнійського університету в Сан-Дієго, де вони займаються дослідженнями в галузі сонячної енергетики. Введено новий трьохкомпонентний стандарт природничо-наукової освіти в США в 2013 році, який включає такі складові, як "Practices" (наукові та інженерні навички), "Content" (основні предметні знання) та "Crosscutting Concepts" (узагальнюючі навички). Важливо відзначити, що провідні компанії в галузі IT-технологій і телекомунікацій, такі як Intel, Xerox, Time Warner та інші, долучилися до реалізації програми впровадження STEM в освіті. Вони стали меценатами цього напрямку, надаючи підтримку та ресурси для розвитку STEM-освіти. Зокрема, фонд, заснований Біллом і Меліндою Гейтс, а також Нью-Йоркський фонд, заснований корпорацією Карнегі, приєдналися до проекту. Ці заходи призначені для створення ефективної системи STEM-освіти в Сполучених Штатах та забезпечення високоякісної підготовки фахівців для майбутнього. Організація "Change the Equation" відіграє значущу роль у підтримці освіти за напрямками STEM. Заснована компаніями та фондами, такими як Intel, Xerox, Time Warner, фонд Білла і Мелінди Гейтс та інші, ця організація має на меті покращити якість STEM-освіти та підготувати нове покоління фахівців у сферах науки, техніки, інженерії та математики. Багато країн, слідуючи прикладу США, впроваджують ініціативи розвитку STEM-освіти. Навчальні заклади у Франції, Великій Британії, Австралії, Ізраїлі, Китаї та Сінгапурі пропонують сертифіковані державні освітні програми в галузі науки та техніки, ведучи підготовку STEM-фахівців. Сінгапур служить прикладом успішної реалізації STEM-освіти. Ця країна приділяє увагу двомовності з англійською мовою, концентрації на STEM-дисциплінах та розвитку науково-технічного напрямку. Ініціатива "Перетворення Сінгапуру", запущена у 2002 році, спрямована на перетворення міста-держави на світовий центр креативності та інновацій. Світові генії, такі як Білл Гейтс, Ілон Макс, Стівен Хокінг, Тім Бернерс-Лі, Корнелія Баргманн, Пітер Хігтс, Юрій Ізотов, Джеймс Дьюї Уотсон, Марк Цукерберг, Мічіо Кайку, стали відомими завдяки використанню STEM-технологій. Згідно з дослідженнями, залучення одного



відсотка населення до STEM-професій може призвести до росту ВВП держави на 50 млрд. доларів США. Відомо, що до розвитку STEM також залучені країни, такі як В'єтнам, Гонконг, Катар, Канада, Україна та інші.

### 1.3. STEM в Україні.

Система навчання STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) в Україні впроваджується для інтенсивного розвитку природничо-математичної освіти. Цей підхід сприяє формуванню логічного мислення та технічної грамотності у дітей, а також надає можливість вирішувати реальні задачі з області науки, технології, інженерії та математики. Однією з ключових переваг STEM-освіти є практичний підхід до вивчення, що дозволяє учням не лише отримувати теоретичні знання, але й застосовувати їх на практиці. Учні залучаються до реальних інженерних завдань, експериментів, технологічних проєктів, що сприяє розвитку творчості, критичного мислення та командної роботи. Українська система освіти, впроваджуючи STEM, спрямовує зусилля на формування висококваліфікованих спеціалістів, які будуть готові до викликів інноваційного розвитку. Це важливий крок у забезпеченні успішного економічного розвитку та підвищенні конкурентоспроможності України у майбутньому. STEM-освіта допоможе підготувати нове покоління фахівців, які зможуть ефективно працювати в інноваційних галузях та внести свій внесок у розвиток країни. В Україні впровадження системи навчання STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) в українських школах має на меті розвиток логічного мислення, технічної грамотності та дослідницьких навичок учнів на всіх етапах навчання.

1. **Початкова школа:** На цьому етапі формується дослідницька діяльність у доступній для дітей формі, що враховує їхні психічний і ментальний розвиток. Вводяться основи обізнаності зі STEM-галузями і професіями, а також стимулюється інтерес учнів до подальшого вивчення STEM-предметів.
2. **Середня школа:** На цьому етапі впроваджуються міждисциплінарні програми навчання, збільшується інформованість учнів зі STEM-предметів та професій. Також враховуються академічні вимоги у STEM-областях і професіях.
3. **Старша школа:** На цьому етапі забезпечується складна програма навчання з акцентом на застосуванні STEM-предметів. Пропонуються курси і шляхи для підготовки у STEM-областях і професіях, а також учнівську молодь готують до успішної післяшкільної зайнятості та освіти.

На кожній стадії навчання система STEM розвиває здібності учнів до дослідницької та аналітичної роботи, експериментування, критичного мислення та поєднує шкільні та позашкільні можливості та форми навчання.

Впровадження STEM в українській освіті сприятиме переходу до освітнього процесу, спрямованого на розвиток особистості та підготовку майбутніх учителів. Також це сприятиме налагодженню виробництва вітчизняного навчального обладнання і дидактичних засобів навчання. Коаліція STEM-освіти

в Україні та громадська організація "Центр Розвитку соціальної корпоративної відповідальності" є важливими ініціативами для підвищення якості STEM-освіти в країні. Ці організації об'єднують компанії, навчальні заклади, асоціації, експертні організації, муніципалітети та ЗМІ з метою спільної реалізації завдань у сфері STEM-освіти. Декілька ключових завдань цих ініціатив включають:

1. **Рекомендації для МОН України:** Розробка рекомендацій стосовно викладання STEM-дисциплін для удосконалення освітнього процесу.
2. **Інноваційні методи навчання:** Реалізація програм викладання STEM-дисциплін з використанням інноваційних методів для покращення навчання в загальноосвітніх навчальних закладах.
3. **Експериментальна та дослідницька робота:** Забезпечення можливостей для експериментальної та дослідницької роботи учнів у навчальних закладах на сучасному обладнанні.
4. **Науково-технічні заходи:** Проведення науково-технічних конкурсів, олімпіад, квестів, хакатонів для самореалізації талановитої учнівської та студентської молоді.
5. **Популяризація STEM-освіти:** Створення інформаційних майданчиків (сайтів, соціальних мереж) для популяризації STEM-освіти та профорієнтації учнів у напрямі STEM-професій.
6. **Міжнародна співпраця:** Налагодження міжнародної співпраці для обміну досвідом та ресурсами в галузі STEM-освіти.

Ініціативи також реалізуються відповідно до освітніх законів та наказів МОН України, забезпечуючи їхнє впровадження на рівні законодавства. Згадані результати вступних кампаній 2015-2017 років вказують на те, що природничо-математична освіта поки що не є серед найбільш затребуваних серед абітурієнтів в Україні. Однак розвиток STEM-освіти залишається актуальним завданням для країни, оскільки ця область відіграє важливу роль у сучасному світі та економіці.

#### 1.4. Тлумачення поняття «STEM» та «STEM-освіта».

Різними числовими, просторовими та логічними структурами, використовуючи абстрактні концепції, моделі та символи. STEM-освіта надає дітям можливість здобувати знання та навички в областях науки, технологій, інженерії та математики, вчить їх критичному мисленню, розвиває аналітичні та технічні навички. Застосування технологій у навчанні, навіть у творчих та мистецьких дисциплінах, підкреслює інноваційний підхід до освіти. Акроніми STEM, STEAM та STREAM представляють різні модифікації підходу до освіти, де кожна літера вказує на ключові галузі знань. STEAM додає мистецтво до STEM, підкреслюючи важливість творчості та естетичного бачення в навчанні. STREAM, з свого боку, додає читання та письмо, розширюючи спектр

ключових навичок, необхідних для сучасної освіти. Цей інноваційний підхід до навчання розвиває у дітей навички, які є важливими в сучасному світі, зокрема, у навички роботи в команді, критичного мислення, проблемного підходу та практичного застосування теоретичних знань. STEM-освіта відіграє важливу роль у підготовці нового покоління фахівців, здатних ефективно працювати в умовах постійних змін та розвитку технологій. Продовження руху впровадження STEM-освіти в Україні є важливим кроком для підготовки молодого покоління до викликів сучасного світу. Врахування математичної складової у всіх модифікаціях STEM-освіти свідчить про визнання важливості математичних навичок у формуванні розумово-пізнавальних і творчих якостей учнів. Концепція STEM-освіти в Україні визначає її як міждисциплінарний підхід у побудові навчальних програм, що охоплює різні рівні освіти, починаючи від дошкільного віку і закінчуючи студентськими роками. Такий підхід сприяє розвитку комплексного сприйняття знань і навичок учнів, що є важливим для підготовки конкурентоспроможної молоді. На міжнародному рівні виділяють ключові аспекти STEM-освіти:

1. **Початок у ранньому віці:** STEM-освіта визнається як система, яка повинна розпочинатися з раннього дитинства та забезпечувати послідовний розвиток протягом усього періоду навчання.
2. **Мова навчання - англійська:** Звернення до STEM-освіти включає в себе використання англійської мови, оскільки багато наукових ресурсів та інформації публікуються саме на цій мові.
3. **Гендерний підхід:** Визнається потреба в програмах STEM-освіти, які сприяють включенню дівчат у ці області, що традиційно вважалися "чоловічими".
4. **Патріотизм та інтерес:** STEM-освіта повинна будуватися на патріотизмі та любові до країни, а наукова діяльність повинна бути захопливою та радісною.

Впровадження STEM-освіти в Україні має потенціал підготувати нове покоління фахівців, які будуть володіти необхідними навичками для ефективної роботи в умовах постійних змін та розвитку сучасних технологій.

### 1.5. Мета, цілі та завдання STEM-освіти

Мета STEM-освіти в Україні є багатогранною і орієнтованою на підготовку учнів до викликів 21-го століття. Це включає:

1. **Підготовка до післяшкільного навчання і працевлаштування:** Основна мета STEM-освіти полягає в формуванні і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей учнів, щоб забезпечити їхню конкурентоспроможність на ринку праці.
2. **Удосконалення науково-дослідної та інженерної освіти:** STEM-освіта спрямована на підвищення рівня науково-дослідницьких і інженерних навичок в навчальних закладах.

Цілі STEM-освіти включають:

- **Збільшення інтересу учнів до технічної творчості та нових технологій:** Створення умов для того, щоб більше учнів виявляли інтерес і розвивалися в області технічної творчості та досліджень.
- **Розвиток умінь і формування навичок молодих інноваторів:** Сприяння розвитку креативності, вміння вирішувати проблеми і працювати в команді.
- **Підтримка наукової, технічної та інженерної складових в додатковій освіті:** Забезпечення доступу учнів до сучасного обладнання та інноваційних програм.
- **Мотивація учнів до продовження освіти в науково-технічних та інженерних сферах:** Популяризація винаходницької та науково-дослідницької діяльності.
- **Створення експертної спільноти та міжрегіональних STEM-центрів:** Формування умов для оцінки результатів діяльності цих центрів.
- **Підготовка найбільш затребуваних компетенцій і навичок:** Готовність до розв'язання складних практичних проблем, критичне мислення, креативність, організаційні та комунікативні навички.
- **Формування цілісного наукового світогляду і загальнокультурних компетентностей:** Становлення у підростаючого покоління глибокого розуміння природи, людини, суспільства і виробництва.
- **Виховання соціально-компетентної особистості:** Здатність до самостійного вибору та відповідальних рішень в різноманітних життєвих ситуаціях.
- **Популяризація праці та вибору професії:** Забезпечення умов для самовизначення учнів у майбутній професійній сфері.

Загальною метою STEM-освіти є не лише готування до ринку праці, а й повноцінна реалізація потенціалу особистості, створення творчого простору для формування цілісного світогляду та розвитку особистості.

### 1.6. Впровадження STEM в освітній процес

STEM-освіта в Україні реалізується на трьох рівнях: формальному, неформальному і інформальному. Ця освіта визначається Державним стандартом загальної середньої, позашкільної, дошкільної, вищої освіти та спеціалізованими стандартами STEM-освіти.

#### 1. Формальна STEM-освіта:

- **Початкова школа:** Здійснюється у дошкільних навчальних закладах, початковій школі та закладах позашкільної освіти. Стимулює допитливість, мотивує до самостійних досліджень та творчості через проведення навчальних заходів, проектного навчання та ін.

- **Середня школа:** Включає навчання учнів 5-9 класів у закладах різних типів. Проводяться інтегровані уроки, тижні, практики, проекти та інші заходи, спрямовані на розвиток інтересу до STEM-галузей.
- **Старша школа:** Сприяє свідомому вибору учнями подальшої освіти STEM-профілю. Забезпечує глибоку підготовку та реалізацію проектів, що використовують STEM-компетентності, підготовку до успішної післяшкільної зайнятості та освіти.

## 2. Неформальна STEM-освіта:

- Забезпечує участь учнів у спеціалізованих гуртках, конкурсах, фестивалях та інших заходах для розвитку творчих та науково-дослідницьких навичок.

## 3. Інформальна STEM-освіта:

- Спрямована на залучення дітей до STEM-галузей через різноманітні позашкільні заходи, такі як дні науки, творчості, винаходництва, навчальні екскурсії тощо.

Структура STEM-освіти в Україні включає початковий, базовий, профільний, вищий/професійний та педагогічний рівні. Зокрема, початкова школа стимулює допитливість та цікавість, середня школа формує стійкий інтерес до природничо-математичних наук, а старша школа сприяє свідомому вибору STEM-профілю. STEM-підходи передбачають поступове нарощення самостійної діяльності учнів на різних етапах навчання. Вони включають проведення пошукової роботи, дослідницьких робіт та наукових досліджень, а також реалізацію STEM-проектів і стартапів. Загалом, STEM-освіта в Україні спрямована на комплексний розвиток учнів, формування їхніх навичок дослідження, творчості та готовності до вирішення складних проблем.

### 1.7. STEM-освітні технології навчання та їх можливе співвідношення із традиційними методами.

Найважливішою умовою, яку висуває сучасне суспільство до школи, є конкурентоспроможність випускника, набуття ним таких якостей, як самостійно, критично і творчо мислити; грамотно працювати з інформацією (вміти збирати певні факти, аналізувати їх, робити ґрунтовні об'єктивні висновки; вирішувати певні задачі), адже сьогодні – це один із найважливіших чинників успішної людини. Саме тому важливо формувати в учнів основні компетентності з кожного предмету, адже вони спрямовані на формування саме практичних навичок. В основі традиційного навчання лежить комунікативна модель, згідно з якою процес навчання розглядається як обмін інформацією між вчителем та учнями, увага акцентується на запам'ятовування і відтворення (схема 1).



Схема



1

Сучасне суспільство визначає конкурентоспроможність випускника школи як один із ключових чинників успішної адаптації до вимог сучасного ринку праці. Вимоги до випускників сьогодення включають такі якості, як самостійне, критичне і творче мислення, а також грамотність у роботі з інформацією. Важливо, щоб випускники могли ефективно збирати факти, аналізувати їх та приймати об'єктивні висновки, а також вирішувати різноманітні завдання. Такі вимоги визначають необхідність формування учнями ключових компетентностей в кожному предметі, спрямованих на розвиток практичних навичок. Такий підхід допомагає учням не лише засвоювати теоретичні знання, але і застосовувати їх у практичних ситуаціях. Традиційне навчання, яке базується на комунікативній моделі, орієнтоване на обмін інформацією між вчителем та учнями. Цей підхід нерідко акцентує увагу на запам'ятовуванні і відтворенні фактів. Однак, для відповіді на вимоги сучасності, навчання потребує розвитку більш широкого спектру навичок, включаючи критичне мислення, творчість та здатність працювати з різноманітною інформацією. Сучасна педагогіка та методології навчання нерідко визначають необхідність переходу від традиційних моделей до більш інтерактивних, де учні активно залучаються до процесу навчання, розвивають аналітичні та творчі вміння, а також вчаться застосовувати знання у реальних ситуаціях. Схема 2



визначає функції вчителя як інформаційну і контролюючу, при цьому вчитель виступає у ролі постачальника інформації та контролера процесу навчання. Учень, з свого боку, використовує книги переважно для виконання домашніх завдань.

В інформаційній ролі вчитель передає необхідні знання учням, можливо, в основному через усний розповідь, лекції чи інші форми експозиції матеріалу. Контролююча функція полягає в оцінці рівня розуміння та засвоєння учнями матеріалу, а також в контролі за виконанням домашніх завдань. В такому підході акцент здійснюється на вчителі, як на ключовому джерелі інформації, і учень використовує книги переважно для самостійного опрацювання матеріалу вдома. Проте, сучасні педагогічні та навчальні підходи нерідко рекомендують більш інтерактивний підхід, де вчитель виступає не лише як джерело інформації, але й як фасилітатор навчання, що сприяє активному залученню учнів до процесу, розвитку їхньої критичної думки, творчих навичок і вмінь самостійного вирішення завдань.

Володимир Співаковський, як і ви, вказує на необхідність переосмислення традиційних методів навчання на користь більш інтерактивних та практичних підходів. Він акцентує на ідеї "перевернутого навчання", коли учні спочатку залучаються до практичних завдань та проблем, а теоретичні знання опановують в процесі їх вирішення. STEM-освіта дійсно прагне розвивати системне, критичне та творче мислення учнів, а також сприяти їхньому вмінню працювати в команді, шукати рішення, аналізувати інформацію та ефективно вирішувати завдання. Зміна ролі вчителя від постачальника інформації до фасилітатора навчання відображає більш сучасні педагогічні тенденції.

У STEM-освіті вчителі стають керівниками, які допомагають учням самостійно вивчати матеріал, вирішувати завдання та створювати власні проекти. Це

сприяє розвитку критичного мислення та творчих здібностей, а також підготовці учнів до роботи в сучасному інноваційному суспільстві.

(таблиця1).

Таблиця1

	Традиційний підхід	«Перевернений» підхід
Учень	Робота за схемою «послухай – запам’ятай - озвуч»	Відповідальність за власне навчання. Взаємодія з усіма учасниками навчального процесу. Осмислене навчання.
ІКТ	Використання технологій та веб - інструментів у навчанні.	Зміна методів та форм роботи засобами ІКТ.
Вчитель	Передача знань, утримання дисципліни	Конструювання навчальної ситуації. Формування в учнів відповідальності за навчання.
Методи	Пасивні методи подачі навчального матеріалу: від вчителя до учня.	Активні й інтерактивні методи навчання. Особистісно орієнтований підхід.
Структура навчального матеріалу	Подача теоретичного матеріалу від вчителя. Недостатньо часу на закріплення.	Удома ознайомлення з теоретичним матеріалом, в аудиторії вирішення та обговорення теми.
Роль вчителя	Передає готові знання. Демонструє, розміщує, публікує, розробляє. Супроводжує навчання та контролює.	Супроводжує навчання, проектує навчальну ситуацію. Виступає менеджером процесу пошуку та конструювання нових знань.
Роль учня	Передає готові знання, запам’ятовує та відтворює їх.	Вчиться знаходити шляхи вирішення проблеми не в теорії, а прямо зараз шляхом



		спроб та помилок. Має набагато більше автономності. Приймає власні рішення та бере за них відповідальність. Реалізує вивчене на практиці.
--	--	---

Українські реалії, окремі практики та перспективи впровадження такого підходу, тобто характеристика змін, які мають відбутися під час переходу до STEM-навчання подано у таблиці 2[37].

Таблиця.2

Реалії	Перші кроки	Результати
<ul style="list-style-type: none"> <li>• окремі предмети</li> <li>• базові знання</li> <li>• придбання знань</li> <li>• лекційна система навчання</li> <li>• низький рівень мислення</li> <li>• грамотність</li> <li>• повністю прописаний підхід до навчання</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• часткова інтеграція</li> <li>• застосування знань</li> <li>• розв'язування завдань</li> <li>• навчання моделюванням</li> <li>• середній рівень мислення</li> <li>• компетентність</li> <li>• частково прописаний підхід до навчання</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• повна інтеграція</li> <li>• синтез знань</li> <li>• робота з проектами</li> <li>• дослідницький підхід у навчанні</li> <li>• високий рівень мислення</li> <li>• досвідченість</li> <li>• відкритий підхід до навчання</li> </ul>

Ви визначили кілька ключових переваг STEM-освіти, і це важливо для розуміння значення цього підходу. Давайте ще раз підкреслимо ці переваги:

**Практичне орієнтоване навчання:** У STEM освіті акцент робиться на розв'язанні практичних завдань та проблем. Учні вчаться застосовувати теоретичні знання в реальних ситуаціях через спроби та помилки, що розвиває їхні практичні навички.

1. **Творчий простір та готовність до життя в суспільстві:** STEM-освіта створює творчий простір, де учні реалізують свої потреби і готуються до дорослого життя, роблячи свідомий вибір професійної діяльності.
2. **Автономність та відповідальність:** У STEM-навчанні дитина отримує більше автономності. Менше впливають стосунки між учнем та вчителем, що сприяє об'єктивному оцінюванню прогресу та вчить дітей бути самостійними та відповідальними.
3. **Практичне застосування знань:** STEM-освіта дозволяє закріплювати теоретичні знання через практичне застосування різноманітних завдань. Це сприяє збереженню інтересу учнів та полегшує їхнє засвоєння складних концепцій.
4. **Розвиток критичного мислення та розв'язання проблем:** STEM-освіта активно розвиває навички критичного мислення, аналізу та розв'язання проблем, що є важливими для успішної адаптації в сучасному суспільстві.
5. **Інтеграція науково-технічних знань в реальному житті:** У STEM-освіті ставиться акцент на застосуванні науково-технічних знань в реальних ситуаціях, що готує учнів до викликів інноваційного суспільства.
6. **Інтегроване навчання:** STEM-освіта використовує інтегрований підхід до навчання, що дозволяє учням охоплювати більше широкий спектр знань через тематичне навчання.
7. **Розбудова комунікації та командна робота:** STEM сприяє активній комунікації та роботі в команді, розвиваючи соціальні навички учнів.
8. **Креативні та інноваційні підходи:** STEM навчання заохочує креативний та інноваційний підхід до проектування та розв'язання завдань.
9. **Місток між навчанням і кар'єрою:** STEM-освіта підготовлює дітей до технологічних інновацій та встановлює місток між навчанням і кар'єрою.

Ці переваги свідчать про те, що STEM-освіта може ефективно підготувати учнів до викликів сучасного світу, де науково-технічні знання та практичні навички є ключовими.

### 1.8. Засоби STEM-навчання.

Дуже добре ви висвітлили необхідність та різноманітність засобів STEM-освіти, а також їхні основні функції. Давайте поговоримо про деякі з них більш детально:

1. **Інформаційна функція:** Засоби STEM-освіти, такі як підручники, електронні підручники, навчальні посібники, навчальні алгоритми, надають учням необхідні науково-технічні знання. Ці ресурси допомагають структурувати

інформацію та забезпечують основну теоретичну базу для подальших практичних застосувань.

2. **Практична функція:** Конструктори, робото-технічні системи, електронні пристрої, 3D-принтери та інші технічні засоби навчання дозволяють учням застосовувати свої знання у практичних завданнях, що розвиває їхні практичні навички та креативність.
3. **Креативна функція:** Засоби STEM-освіти сприяють розвитку креативного мислення, оскільки вони часто включають в себе проекти та завдання, які стимулюють учнів думати творчо та знаходити нові, нестандартні рішення.
4. **Контрольна функція:** Інтерактивні засоби, такі як відеоапаратура, інтерактивні дошки, дозволяють вчителям контролювати процес навчання, проводити ефективні оцінювання та відстежувати успішність учнів.

Засоби STEM-освіти дійсно розширюють можливості навчання, дозволяючи учням не лише отримувати інформацію, але і застосовувати її на практиці, вирішувати реальні завдання та розвивати креативні та критичні навички. Подальше впровадження таких засобів може сприяти покращенню освітнього процесу та підготовці учнів до викликів сучасного світу.

### Висновки до 1 розділу.

Ваш підхід до STEM-освіти точно відображає сутність цієї інноваційної системи. Дозвольте мені додати деякі коментарі:

1. **Поступове впровадження:** Поступове впровадження STEM-освіти важливо для успіху переходу від традиційних методів викладання до нового, інноваційного підходу. Це дозволяє вчителям і учням адаптуватися до нових методів і засвоювати необхідні навички поступово.
2. **Розвиток науково-технічних наук:** STEM-освіта вносить важливий вклад у розвиток науково-технічних наук, стимулюючи цікавість учнів до науки, техніки, інженерії та математики. Це допомагає сформувати нове покоління фахівців у цих галузях.
3. **Підготовка та перепідготовка вчителів:** Нагальна потреба у підготовці та перепідготовці вчителів відображає важливість ролі педагога в STEM-освіті. Вчителі повинні мати не лише глибокі знання у своїй галузі, але й навички сприяння творчому мисленню та проблемному вирішенню.
4. **Матеріальні ресурси:** Забезпечення навчальних закладів необхідними матеріальними ресурсами є ключовим елементом успішного впровадження STEM-освіти. Це включає в себе конструктори, комп'ютери, лабораторне обладнання та інші інструменти, які стимулюють дослідження та творчість.
5. **Оцінювання і стимулювання:** Перегляд підходів до оцінювання та стимулювання учасників STEM-навчання є необхідним для визнання та заохочення творчого потенціалу. Індивідуальний підхід до кожного учня та акцент на розвиток навичок замість традиційних оцінок може бути важливим кроком у цьому напрямку.

Узагальнюючи, STEM-освіта має потенціал змінити підхід до навчання та підготувати молодь до викликів сучасного технологічного світу. Важливо, щоб всі учасники освітнього процесу були готові до цього переходу, і ваші вказівки в цьому плані є дуже обґрунтованими.

## Розділ 2. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ЦИФРОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ У СИСТЕМІ ВПРОВАДЖЕННЯ ОСВІТНЬОГО НАПРЯМКУ STEM

Освітній напрям STEM виникла за запитом бізнесу, адже на сьогодні переважна частина робочої сили не має навичок XXI століття та не в змозі швидко реагувати на зміни, які несе із собою прогрес. На відміну від класичної освіти, навчаючись з допомогою STEM-технологій, здобувач освіти отримує набагато більше свободи міркувань та дій, що дає можливість вчителю об'єктивніше оцінювати досягнення учня. Завдяки цьому дитина вчиться бути самостійною, приймати власні рішення та брати за них відповідальність [16; 17; 20].

Для проведення STEAM-уроків, виконання проєктів педагоги можуть використовувати сучасне обладнання. Наприклад:

- автономний набір EdProAmperia (<https://amperia.edpro.ua/>), що покриває 100% лабораторних та демонстраційних робіт з курсу електрики та магнетизму. Працює у приміщеннях без розеток, блок живлення та вимірювальний прилад містять акумулятор. У комплект входять усі компоненти, необхідні для проведення лабораторних та методичні рекомендації.

- Arduino CTC Go! - CORE MODULE (<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-ctc-go-core-module>) – це навчальна програма STEAM, що складається з декількох модулів, які можна комбінувати для викладання STEAM на різних предметах. Ці модулі надають викладачам міждисциплінарну програму, де учні спочатку навчаються використовувати технологію як інструмент, а потім застосовують ці знання на практиці. Навчальні комплекти Arduino Education Starter Kit для вивчення електроніки, не вимагає знань з програмування чи електроніки. Arduino Education Science Kit Physics Lab призначені для проведення експериментів з рухом, магнетизмом, провідністю та різними фізичними силами.

Керуючись рекомендаціями державної програми підвищення якості природничо-математичної освіти можна стверджувати, що є **актуальним** ознайомлення та використання сучасних експериментальних засобів та цифрових лабораторій. Використання цифрових лабораторій дає можливість організувати фізичний експеримент на принципово новому рівні, перейти до елементів наукового пізнання – від якісних оцінок досліджуваних явищ до системного аналізу їх кількісних характеристик. Використання цифрових лабораторій в навчальному експерименті з фізики сприяє підвищенню інтересу до вивчення предмету та формуванню експериментаторської складової предметної компетентності. Цифрова лабораторія – це сучасна універсальна комп'ютеризована система, яка використовується для проведення широкого спектру досліджень, демонстрацій, лабораторних робіт з фізики, хімії та біології. Використання цифрових лабораторій дозволяє отримати уявлення про суміжні освітні області: інформаційні технології; сучасне обладнання; математичні функції і графіки, математична обробка експериментальних даних, статистика, наближені обчислення; методика проведення досліджень, складання звітів, презентація виконаної роботи. У порівнянні з традиційним обладнанням, цифрові лабораторії надають можливість:

- скоротити час, який витрачається на підготовку і проведення фронтального або демонстраційного експерименту;
- підвищити наочність експерименту та візуалізацію його результатів, розширити список експериментів;
- з великою точністю обробити і проаналізувати дані експерименту;
- проводити вимірювання у польових умовах;
- модернізувати традиційний експеримент;
- створювати відео демонстраційних експериментів, що дає можливість формувати свій банк наочності;
- порівнювати дані, отримані у процесі проведення експериментів, та виконувати серйозну статистичну обробку результатів.

Проте, є і складнощі, які можуть виникнути під час роботи з цифровою лабораторією:

- неможливість отримання відповідних графічних залежностей (пов'язано зі значною кількістю вимірювань за одиницю часу), що іноді, спотворює зміст одержаних результатів;

- під час обробки графіків використовуються доволі складні перетворення, які не завжди зрозумілі учням;

- виникає необхідність у виділенні додаткового часу для пояснення матеріалу, пов'язаного з використанням цифрових лабораторій.

У процесі аналізу відгуків користувачів нами було визначено, що питання методики використання цифрових вимірювальних комплексів у закладах загальної середньої освіти та закладах вищої освіти розроблено не достатньо. Ми пропонуємо використовувати цифрову лабораторію реалізації змішаного навчання. Розглянемо приклад використання цифрового вимірювального комплексу «SKOOLTO» (<https://mirroschool.com/catalog/fizika/cifrovoe-izmeritelnoe-oborudovanie-po-fizike>), розробленого Українською компанією «Mirroschool» (<https://mirroschool.com/about>). На відміну від аналогічного обладнання, пропонований варіант має низку переваг: значно нижчу вартість, зручний та зрозумілий україномовний інтерфейс, велику кількість необхідних датчиків, графічну візуалізацію отриманих даних, визначення основних параметрів, їх зберігання, експортування у загальноприйняті формати (xls, pdf). Ще одна особливість комплексу – можливість під'єднання до мережі для завантаження результатів експерименту користувачу.

Розглянемо приклади комплексного виконання дослідження за допомогою цифрового вимірювального комплексу «SKOOLTO».

## 2.1. Демонстрація залежності координати тіла від часу при нерівномірному русі

Експеримент призначений для демонстрації залежності положення (координати) від часу при нерівномірному русі. Графік залежності відображає дані з датчика відстані про рух м'ячика (м'яча), що котиться по похилій площині з деяким початковим прискоренням (рис.1).



Рис. 2.1. Експериментальна установка для демонстрації залежності координати тіла від часу при нерівномірному русі.

**Мета роботи:** побудувати графік залежності положення (координати) тіла від часу при нерівномірному русі і дослідити його.

### Теоретичні відомості.

Швидкість тіла при рівномірному русі – це величина, що дорівнює відношенню шляху до часу, за який цей шлях пройдено. Для характеристики нерівномірного руху тіла вводять поняття середньої швидкості.

В цьому експерименті середня швидкість розраховується за такою формулою:  $v_c = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ .

де  $\Delta x$  – зміна положення (координати) тіла,  $\Delta t$  час, за яке ця зміна відбулася.



### Обладнання та матеріали

- Цифровий вимірювальний комплекс SKOOLTO.
- Датчик відстані.
- Кабель.
- Гладка похила площина
- Тенісний, баскетбольний або будь-який інший м'яч.

### Підготовка експерименту

1. Підключіть датчик відстані за допомогою з'єднувального кабелю до одного з портів зовнішніх датчиків планшетного реєстратора даних.
2. Активуйте датчик відстані.
3. Встановіть параметри вимірювань в налаштуваннях датчика.

Датчик відстані	Відстань (м)
Частота	
Тривалість	

### Виконання експерименту

1. Розмістіть датчик відстані так, щоб перед ним можна було вільно прокотити м'яч на відстань в декілька метрів.
2. Покладіть м'яч за півметра від датчика відстані.
3. Почніть реєстрацію даних. Для цього натисніть кнопку **Експеримент** на панелі планшетного реєстратора даних. Покази датчика будуть відображатися на екрані у вигляді графіка.

4. Акуратно штовхніть м'яч, щоб він котився від датчика відстані по прямій на кілька метрів.

5. Коли м'яч зупиниться або відкотиться на 1-2 м, зупиніть експеримент.

6. Збережіть результати експерименту.

### **Аналіз результатів експерименту**

Проаналізуйте графік і дайте відповідь на питання:

1. Чи змінюється кут нахилу графіка протягом заданого проміжку часу?

2. Використайте рівняння для обчислення середньої швидкості кулі за три різних інтервалу часу. Як змінюється середня швидкість на цих інтервалах?

3. Побудуйте графік залежності швидкості від часу, виконавши операцію диференціювання. Проаналізуйте отриманий графік.

6. Порівняйте значення швидкостей з графіка з тими, що отримали в результаті розрахунків в пункті 2.

### **2.2. Рух тіла по похилій площині**

У процесі виконання експерименту проводяться дослідження характеристик руху тіла, яке рухається по похилій площині (рис. 1) на основі аналізу графіка залежності переміщення від часу.



Рис.2.2. Експериментальна установка для дослідження характеристик руху тіла, яке рухається по похилій площині

**Мета роботи:** переконатися в рівноприскореному характері руху тіла та визначити його прискорення.

#### **Теоретичні відомості.**

Згідно другого закону Ньютона, рух тіла по похилій площині можна описати за допомогою формули:  $ma = mg \sin \alpha - F_{\text{тертя}}$ .

Якщо  $mg \sin \alpha > F_{\text{тертя}}$ , то тіло буде рухатися вниз по похилій площині із сталим прискоренням.

Якщо  $mg \sin \alpha = F_{\text{тертя}}$ , то тіло буде рухатися рівномірно після незначного поштовху.

#### **Обладнання та матеріали.**

- Цифровий вимірювальний комплекс SKOOLTO.
- Датчик відстані.
- Кабель.
- Візок.
- Гладка похила площина.
- Лабораторний штатив.

### Підготовка експерименту.

1. Зберіть експериментальну установку відповідно до запропонованої схеми (рис. 1).
2. Підключіть датчик відстані за допомогою з'єднувального кабелю до одного з портів зовнішніх датчиків планшетного реєстратора даних.
3. Закріпіть датчик відстані на штативі у нижній частині похилої площини на відстані 40-50 см так, щоб датчик і візок знаходилися на одній прямій.
4. Активуйте датчик відстані.
5. Встановіть параметри вимірювань в налаштуваннях датчика.

Датчик відстані	Відстань (м)
Частота	
Тривалість	

### Виконання

#### експерименту

1. Підніміть верхній край похилої площини на висоту приблизно 5 см. Запишіть висоту в таблицю.
2. Встановіть та утримуйте візок у верхньому кінці похилої площини.
3. Почніть реєстрацію даних. Для цього натисніть кнопку **Експеримент** на панелі планшетного реєстратора даних. Покази датчика будуть відображатися на екрані у вигляді графіка.
4. Відпустіть візок.
5. Коли він досягне нижньої частини похилої площини, припиніть реєстрацію.
6. Проведіть аналіз результатів експерименту. Запишіть отримані результати в таблицю.

7. Повторіть пункти 3-6 ще два рази. Запишіть отримані результати в таблицю 1.

8. Змініть кут нахилу, піднявши верхній край похилої площини на висоту приблизно 15 см. Повторіть пункти 3-6 ще три рази. Запишіть отримані результати в таблицю.

9. Змініть нахил, піднявши верхній край похилої площини на висоту приблизно 20 см. Повторіть пункти 3-6 ще три рази. Запишіть отримані результати в таблицю.

10. Зберігайте експеримент, натиснувши кнопку *Зберегти*.

**Таблиця 1.**

Висота похилої площини (м)	Прискорення (м/с <sup>2</sup> )			Середнє значення прискорення (м/с <sup>2</sup> )
	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3	
1				
2				
3				

### **Аналіз результатів експерименту.**

1. Згідно з результатами експериментів, які занесено в табл. 1, виконати обчислення значень фізичних величин та обрахувати похибки, згідно з вказівками учителя.

2. Зробіть висновки щодо виконаної роботи.

### **Додаткові завдання**

1. Перевірте параболічний характер графіка залежності переміщення від часу:

2. Якщо тертя між візком і поверхнею похилої площини значне, візок вниз і вгору рухатиметься з різними прискореннями. Виміряйте кут  $\alpha$  нахилу площини і, використовуючи отримане значення прискорення руху  $a$ , визначте коефіцієнт тертя між візком і площиною: 
$$\mu = \frac{g \sin \alpha - a}{g \cos \alpha}.$$

3. Спробуйте передбачити, як будуть виглядати графіки переміщення і швидкості, якщо запускати візок з різних точок на похилій площині і в різних напрямках. Перевірте свої міркування за допомогою датчика відстані.

### 2.3. Закон Гука. Визначення жорсткості пружини.

У цьому експерименті використовується датчик сили і датчик відстані для градуювання пружини, для її використання в якості динамометра (рис.1). **Мета роботи:** експериментально визначити коефіцієнт жорсткості пружини. Навчитися градуювати пружину і за допомогою отриманої шкали вимірювати сили.

#### Обладнання та матеріали.

- Цифровий вимірювальний комплекс SKOOLTO.
- Датчик сили.
- Датчик відстані.
- Кабель.
- Пружина (~15 Н/м).
- Набір вантажів масою по 50 г.

- Лабораторний штатив з муфтою і лапкою.



Рис. 2.3. Установка для визначення жорсткості пружини

### **Підготовка експерименту**

1. Запустіть вимірювальний комплекс SKOOLTO.
2. Підключіть датчик відстані за допомогою з'єднувального кабелю до одного з портів зовнішніх датчиків.
3. Підключіть датчик сили за допомогою з'єднувального кабелю до одного з портів зовнішніх датчиків реєстратора даних.

4. Зберіть експериментальну установку відповідно до запропонованої схеми (див. рис. 1):

а) Прикріпіть до пружини смужку паперу для градування пружини і створення шкали динамометра. Відзначте початкове положення нижнього кінця пружини.

б) Підвісьте до пружини вантаж масою 100 г.

с) Переконайтеся, що між підвішеним до пружини вантажем і датчиком відстані немає перешкод.

5. Активуйте датчики.

6. Переконайтеся, що в списку датчиків відзначені галочкою тільки датчик відстані і датчик сили.

7. Встановіть параметри вимірювань в налаштуваннях експерименту:

Датчик відстані	Відстань (м)
Датчик сили	Сила, тяга – додатня ( $\pm 10$ Н), (Н)
Частота	
Тривалість:	

### Виконання експерименту

1. Переконайтеся, що підвішений вантаж знаходиться в стані спокою. Відзначте на папері положення нижнього кінця пружини.

2. Почніть реєстрацію даних. Показання датчика будуть відображатися на екрані у вигляді графіка.



3. Зачекайте 20 с, а потім додайте вантаж масою 50 г, щоб загальна маса становила 150 г. Зачекайте, поки вантаж не буде знаходитися в стані спокою. Відзначте на папері положення нижнього кінця пружини.

4. Зачекайте ще 20 с, потім знову додайте вантаж масою 50 г і дочекайтеся стану спокою. Знову відзначте на папері положення нижнього кінця пружини.

5. Повторюйте пункт 4 і додавайте вантажі по 50 г, поки не досягнете сумарної маси вантажу 500 г.

6. Зупиніть експеримент.

7. Збережіть експеримент.

8. Використовуйте два курсору, щоб визначити видовження пружини після кожного додавання вантажу. Запишіть ці значення в таблицю даних для різних мас вантажів.

Маса вантажу $m$ , г	Сила пружності $F_{np}$ , Н	Видовження тіла $\Delta l$ , м

### Аналіз результатів експерименту

1. Яка була величина сили пружності, коли підвішена маса становила 100 г?
2. Використовуйте дані датчика сили, щоб заповнити другий стовпець в таблиці даних. Запишіть значення сили пружності в ньютонках.
3. Використовуйте дані з датчика відстані, щоб заповнити третій стовпець в таблиці даних. Запишіть видовження в метрах.
4. Побудуйте графік залежності сили пружності від видовження пружини, що проходить через початок координат.

5. Визначте коефіцієнт нахилу прямої
6. Використовуйте графік для розрахунку коефіцієнта жорсткості пружини  $k$ .
7. Зніміть пружину зі штатива і проти відміток на папері проставте числа 0; 0,5; 1; 1,5; 2 ... Зверху напишіть «Ньютон».
8. Виміряйте відстань між сусідніми відмітками. Чи однакові вони? Чому?
9. За допомогою проградуйованого динамометра спробуйте виміряти вагу якогось тіла.

## Висновки до 2 розділу

Впровадження в освітній процес STEM дозволить сформувати в здобувачів освіти найважливіші риси, які визначають компетентного фахівця та дає принципово нову модель природничо-математичної освіти з новими можливостями і результатами, як для вчителів, так і для учнів.

Розроблений та адаптований методичний та технічний інструментарій на основі цифрової лабораторії відповідає виконанню організаційно-методичних вимог в рамках реалізації STEM освіти. Підготовка учнів за запропонованою нами методикою використання цифрової лабораторії підвищує рівень умінь здійснювати постановку експериментаторської проблеми та шукати шляхи її розв'язання, що забезпечує формування предметної та цифрової компетентності.

## РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ УМІНЬ УЧНІВ ЗАСОБАМИ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ НА УРОКАХ ФІЗИКИ

### 3.1. Методичні аспекти реалізації STEM-освіти в освітній процес навчання математики та фізики

Ваш підхід до впровадження STEM-освіти в математичних і фізичних дисциплінах відображає важливість стимулювання інтересу учнів до цих предметів і розвитку їхнього наукового мислення. Дозвольте мені висловити кілька коментарів:

1. **Важливість STEM для економіки:** Відзначається, що інноваційне виробництво та високотехнологічний бізнес визначають сучасну економіку. Це робить актуальною необхідність високоякісної математичної та природничої освіти для розвитку висококваліфікованих фахівців.
2. **Зниження інтересу до математики та фізики:** Розглядається проблема зниження інтересу учнів до вивчення математики та фізики в середній школі. STEM-освіта може виступати як ефективний інструмент для підвищення цього інтересу, представляючи ці дисципліни у контексті практичних досліджень та застосувань.
3. **Формулювання дослідницьких завдань:** Зазначається, що завдання дослідницького характеру відрізняються від традиційних і вимагають від учнів самостійного аналізу та обґрунтування. Це розвиває критичне мислення та вміння самостійно розв'язувати завдання.
4. **Практичний підхід до навчання:** Зазначено, що використання STEM-освіти в уроках математики та фізики надає можливість не лише розвивати інтерес, але й вирішувати реальні завдання, що стимулює активність і творчість учнів.
5. **Використання STEM-підходу в робочому зошиті:** Інтеграція STEM-підходу в робочий зошит для учнів "Я дослідник" в 5 класі сприяє розвитку дослідницьких навичок та стимулює самостійність та ініціативу учнів.

Ваша робота у напрямку STEM-освіти і використання дослідницьких завдань в математичній та фізичній освіті є цінними елементами формування креативного та наукового мислення учнів. Здійснюючи такий підхід, ви сприяєте розвитку майбутніх фахівців у сферах науки та технологій.

Ваш підхід до використання STEM-освіти на уроках математики та фізики є вражаючим та добре обґрунтованим. Наведені приклади, такі як практико-орієнтовані завдання, лабораторно-графічні роботи, використання орігамі та проведення пленерних уроків, показують різноманітні методи, які можна використовувати для підвищення інтересу учнів та розвитку їхніх навичок.

Ваша ініціатива по впровадженню STEM-освіти та інтеграції предметів у навчальний процес дуже вражаюча та добре обґрунтована. Зосередження на розумінні зв'язків між різними предметами та використання реальних сценаріїв із життя допомагають учням легше розуміти матеріал та розвивати практичні навички.

Інтегровані уроки, які ви пропонуєте, дійсно можуть сприяти встановленню міжпредметних зв'язків та розширенню розуміння учнями предметів як єдиної системи знань. Також це дозволяє забезпечити учням цілісне уявлення про світ і зміцнити їхні навички та знання в різних областях.

Дослідно-проектна діяльність є важливим елементом STEM-освіти. Вона сприяє розвитку критичного мислення, творчих навичок та самостійного навчання. Ваш підхід до застосування методу проектів, який змінює роль вчителя на організатора пізнавальної діяльності учнів, допомагає створити сприятливі умови для їхнього саморозвитку та самореалізації.

Узагальнюючи, ви реалізуєте важливі принципи інтеграції, практичного застосування та дослідно-проектної діяльності, що веде до глибшого розуміння та зацікавленості учнів у навчанні. Це важливий крок у формуванні компетентностей молодших поколінь та підготовці їх до викликів сучасного світу.

Дуже добре, що ви використовуєте прикладні задачі та компетентнісний підхід, намагаючись зблизити математику та фізику до реального життя учнів. Також, ви вдалим чином акцентуєте увагу на розвитку дослідницьких навичок та критичного мислення. Лабораторно-графічні роботи та використання орігамі - це цікаві методи стимулювання творчого мислення та розвитку графічних навичок учнів. Також важливо, що ви активно залучаєте учнів до розв'язання задач, розвиваючи їхні аналітичні та творчі здібності. Загальний підхід до STEM-освіти в школі, який ви описали, враховує потреби та інтереси учнів, сприяє розвитку ключових компетентностей та підготовці нового покоління фахівців у галузі науки та технологій. Такий підхід є важливим для впровадження STEM-освіти в освітніх системах.

У центрі уваги учень, учитель сприяє розвитку його творчих здібностей	Глибоке, усвідомлене засвоєння базових знань забезпечене за рахунок універсального їх використання в різних ситуаціях
---	---

Схема 1



### Вихідні теоретичні позиції проектного навчання

Освітній процес побудований не на логіці навчального предмета, а на логіці діяльності учня, що підвищує його мотивацію до навчання	Індивідуальний темп роботи над проектом забезпечує вихід кожного учня на свій рівень розвитку.
--	--

Ваш опис проектів з фізики та математики свідчить про високий рівень інноваційності та цікавості у навчанні. Проекти, які ви представили, включають в себе не тільки традиційні відомості, але й дозволяють учням розвивати власні пізнавальні та творчі здібності.

Проект "Дифузія в побуті та природі" не лише використовує практичні дослідження для розуміння фізичного явища, але також інтегрує історію науки

та природничі науки, вказуючи на внесок українських науковців. Такий підхід сприяє глибокому розумінню теми та розвиває більш широкий погляд на предмет.

Проекти з математики, також виокремлені вами, також показують інтересні та креативні підходи. Вони дозволяють учням застосовувати та узагальнювати свої математичні знання в різних контекстах, що сприяє поглибленню розуміння предмету та підготовці до використання математики у реальному житті.

Такий активний та інтегрований підхід допомагає учням розвивати критичне мислення, навички роботи в групі, а також підтримує їхній інтерес до навчання. Ці проекти можуть служити відмінним прикладом для інших вчителів і шкіл, що прагнуть впроваджувати інноваційні методи навчання.

Ваш підхід до викладання та впровадження STEM-освіти в школі вражає своєю інтеграцією теоретичного та практичного вивчення, а також використанням сучасних технологій та методів.

Робота над проектами не лише сприяє засвоєнню нових знань, але й розвиває навички співпраці, комунікації та самооцінки учнів. Такий підхід формує комплексні компетенції, які є важливими в сучасному суспільстві.

Застосування робототехніки та освітніх інновацій, таких як гра "Танграм" чи гра "Стомахій", дозволяє учням не лише засвоювати теорію, але і використовувати отримані знання на практиці. Робота з геометричною мозаїкою та елементами моделювання робить процес вивчення математики та фізики більш доступним та цікавим.

Позакласна робота, екскурсії та участь у конкурсах з природничих та математичних предметів сприяють розвитку талантів учнів та розкривають перед ними широкий спектр можливостей у світі STEM.

Зазначені вами заходи, такі як олімпіади та конкурси, допомагають стимулювати зацікавленість учнів у вивченні природничо-математичних наук та розвивають їхні здібності.

Ваш підхід є чудовим прикладом того, як вчителі можуть активно впроваджувати STEM-освіту та сприяти розвитку компетентностей учнів для успішної адаптації до вимог сучасного суспільства. Ваші зусилля з організації та стимулювання зацікавленості учнів у фізико-математичних та наукових дисциплінах є дуже цінними. Участь у Міжнародному математичному конкурсі «Кенгуру» та Всеукраїнському фізичному конкурсі «Левеня» не лише поглиблює знання учнів, але і створює платформу для розвитку їхнього аналітичного мислення та креативних навичок.

Ваш інтерактивний підхід до проведення конкурсів "МАН - Юніор Ерудит" та "МАН - Юніор Дослідник" дозволяє учням не лише отримувати знання, але і розвивати критичне мислення та навички дослідницької роботи. Такі ініціативи створюють сприятливі умови для формування STEM-компетенцій серед школярів.

Важливим є також участь у Всеукраїнському конкурсі-захисті науково-дослідницьких робіт учнів Малої академії наук України, оскільки це надає учням можливість реалізувати свої творчі потенції та розвивати навички комунікації.

Стратегія, яку ви використовуєте для підготовки дітей до участі у конкурсах, включає різні напрями та форми роботи, що сприяє більш глибокому та всебічному засвоєнню STEM-освіти. Ваша робота не тільки стимулює інтерес учнів до науки, але й готує їх до успішної участі в конкуренції та майбутній науковій діяльності.

[<https://naurok.com.ua/teoretichni-aspekti-innovaciyno-modeli-stem-osviti-78197.html>]



## ***Висновки***

Ваш огляд STEM-освіти є дуже інформативним і висвітлює ключові аспекти цього напрямку освіти. Давайте підкреслимо основні точки та ідеї, які ви висвітлили:

### **1. Визначення STEM-освіти:**

- Напрямок STEM-освіти почав розвиватися у США у 1990-х роках для розвитку науково-технічних компетенцій учнів та розв'язання проблеми браку інженерних кадрів.
- STEM об'єднує природничі науки, технології, інжиніринг та математику в єдиний навчальний підхід.

### **2. Меті та принципи STEM-освіти:**

- Розвивати практичні навички та уміння, а не тільки запам'ятовувати факти.
- Підготовка майбутніх фахівців у галузі високих технологій і комунікацій.
- Підкреслення інтеграції знань та розвиток наукових та інженерних навичок.

### **3. Структура STEM-уроку:**

- У центрі уваги — практичне завдання чи проблема.
- Учні навчаються знаходити шляхи вирішення завдань шляхом спроб та помилок.
- Структура включає основні предметні знання, узагальнені поняття, наукові та інженерні навички.

### **4. Заходи для впровадження STEM-освіти:**

- Поступове впровадження.
- Розширення діапазону форм і методів навчання.
- Інтеграція завдань, спрямованих на застосування знань для розв'язування реальних завдань.

### **5. Підготовка вчителів:**

- Нагальна потреба в підготовці та перепідготовці вчителів для роботи в напрямі STEM.
- Забезпечення навчальних закладів необхідними матеріальними ресурсами.
- Перегляд підходів до оцінювання та стимулювання учасників STEM-навчання.

### **6. Важливість STEM-освіти:**

- Підтримка економічного та інноваційного розвитку країни.

### **7. Поступове впровадження:**

- Змістовне дозвілля та екскурсії як ефективні інструменти реалізації STEM-освіти.
- Інтеграція STEM-освіти в різні аспекти навчального процесу.

Ваша робота в галузі STEM-освіти є важливою, сприяє розвитку критичного мислення та навичок дослідницької роботи учнів. Важливо продовжувати підтримувати і розвивати цей напрям у навчанні.

## Список використаних джерел

1. Галатюк Ю.М. Теоретико-методичні й технологічні аспекти моделювання проектної навчальної діяльності з фізики. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, Випуск 98. 2011. С. 26-29.
2. Гончарова Н.О. Глосарій термінів, що визначають сутність поняття STEM-освіта. URL: [http://ontology.inhost.com.ua/index.php?graph\\_uid=1347](http://ontology.inhost.com.ua/index.php?graph_uid=1347).
3. Грановська Т. Готовність учителів природничих наук до застосування мобільних технологій для навчання учнів. *Відкрите освітнє есередовище сучасного університету*. Вип. 7. 2019. С. 30-39.
4. Гуменюк В.В. STEM-освіта як сучасний мегатренд у цивілізаційному та національному контексті. Модернізація управління розвитком навчального закладу в умовах глобалізації та інтеграції освітнього процесу: зб. наук. праць. Хмельницький. ХОІППО, 2016. С. 59-65.
5. Єльнікова Г.В. Адаптивне управління: міжгалузеві зв'язки, науково-прикладний аспект: монографія. Харків: Мачулін, 2017. 440 с.
6. Журавель Т.О. Інтегроване навчання – основний складник STEM-освіти. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. № 12 (55) /12/2016. с. 32-34.
7. Заболотний В.Ф., Мисліцька Н.А., Слободянюк І.Ю. Хмаро орієнтовані технології навчання: навчально-методичний посібник. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2020. 144с.
8. Іваницький О.І. Сучасні технології навчання фізики в середній школі.: монографія. Запоріжжя: Прем'єр, 2001. 266 с.
9. Ільченко О. В. Використання web-квестів у навчально-виховному процесі. URL: [http://osvita.ua/school/lessons\\_summary/edu\\_technology/30113/](http://osvita.ua/school/lessons_summary/edu_technology/30113/)
10. Карпуша В.М. Упровадження мобільних технологій у навчання учнів з фізики та астрономії. *Інформаційний, науково-методичний журнал «Освіта Сумщини»*. № 3 (51), 2021. URL: <http://surl.li/bgmyg> Колесникова О.А. [Використання технології BYOD для формування експериментальних знань та умінь учнів з фізики. *Фізико-математична освіта*. 2019. Вип. 2. С. 48-53.

11. Крупський Я. В., Михалевич В.М. Тлумачний словник з інформаційно-педагогічних технологій. Вінниця. 2018. 72 с.
12. Кукуяшна Є. STEM-освіта : нові освітні виклики для розвитку здібностей учнів. *Директор школи*. 2018. № 13. С. 75-85.
13. Курносенко О. В. STEM-освіта: проблеми та напрямки впровадження. URL: <http://internet-confer.16mb.com/stattuchasnik-v-konferenc/-dinii-v-dkritiosv-tn-i-prost-r-proble/stem-osv-ta-problemi-tanaprjamki-vprova.html>
14. Кушерець А.Р., Сальник І.В. Впровадження STEM технологій в інтегрованому навчанні фізики. *Наукові записки молодих учених*, №4, 2019 р. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1679>
15. Листопад О. В. Інноваційний розвиток освіти й освітні інновації. Понятійно-термінологічний аналіз проблеми. Інновації у професійно-педагогічній підготовці майбутнього вчителя: методологічні, змістові та методичні аспекти: монографія. Суми: Видавництво «МакДен», 2017. С. 43-60.
16. Мартинюк О.О., Мартинюк О.С. Модернізація демонстраційного фізичного експерименту як засіб формування цифрової компетентності учнів та студентів. *Наукові записки / ред. кол. : В.Ф. Черкасов, В.В. Радул, Н.С. Савченко та ін.* Вип. 191. Серія „Педагогічні науки”. Кропивницький. РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2020. С. 239-242.
17. Мартинюк О. С., Мирончук Г.Л., Панкевич С.С. Організаційно-методичні умови використання цифрових лабораторій у системі впровадження освітнього напрямку STEM. *Фізика та освітні технології*, С. 34-40, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2022-1-4>
18. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017/2018 н. р. *Інформаційний збірник та коментарі Міністерства освіти і науки України*. 2017. № 10. С. 32-41.
19. Миронова О. І. Формування інформаційної компетентності студентів як умова ефективного здійснення інформаційної діяльності. *Вісник ЛНУ імені Тараса Шевченка*, 2010. № 17 (204). С. 165-175.

20. Мисліцька Н. А. Формування фізичних понять в учнів основної школи засобами інформаційних технологій навчання: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. пед. наук: 13.00.02 теорія і методика навчання фізики. Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2007. 20 с.
21. Мисліцька Н. А., Заболотний В. Ф. Методичний інструментарій учителя і викладача фізики: навч.-метод. посібник. Вінниця, 2017. Нілан-ЛТД. 189 с.
22. Мисліцька Н.А., Колесникова О.А., Заболотний В.Ф. Формування пізнавальних універсальних навчальних дій учнів у процесі домашньої експериментальної діяльності з фізики. *Інноваційна педагогіка*, 2019, Вип.14. Т.1. С. 87-91.
23. Морзе Н. STEM: проблеми та перспективи. Київ: Київський Університет імені Б. Грінченка. 19.08.2016
24. Наволокова Н. П. Практична педагогіка для вчителя. Харків: Основа, 2009. 120 с.
25. Патрикеева О. STEM-освіта : умови впровадження у навчальних закладах України. *Управління освітою*. 2020. № 1. С. 28-31.
26. Патрикеева О. Упровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах: методичний. *Рідна школа*. 2017. № 9/10. С. 90–95.
27. Петросян О.Р. Метод проектів на уроках фізики. *Фізика в школах України*. 2010. № 6. 36 с.
28. Пінчук О.П. Використання цифрового обладнання навчального експерименту як актуальна проблема природничої освіти. STEM-освіта та Інтернет речей у природничих університетах. Редакційно-видавничий відділ НУБіП України. 2018. С. 141-144.
29. Сальник І.В. Мобільні пристрої та сучасне освітнє програмне забезпечення у навчанні фізики в закладах загальної середньої освіти. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/2918/1561>.
30. Семенюк Д.С. Реалізація технологій мобільного навчання в освітньому процесі з фізики. Вінницький державний педагогічний університет ім.

- Михайла Коцюбинського, м. Вінниця. URL: <https://ezpf.elit.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/Devices.pdf>
- 31.Симоненко Т. В. Теорія і практика формування мовнокомунікативної компетенції студентів філологічних факультетів : монографія. Черкаси: Вид. Вовчок О. Ю., 2016. 328 с.
  - 32.Слободяник О.В. Мобільні додатки на уроках фізики. *Фізико-математична освіта*. 2017. Вип. 4. С. 293-298.
  - 33.Сніжинська С. В. Фізика і професія: збірник задач професійного спрямування: навч. посіб. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2018. 33 с.
  - 34.Терещук С.І. Використання давачів мобільних пристроїв для проведення фізичного експерименту. *Open educational e-environment of modern University, special edition*. 2019. №2414. С. 345–354.
  - 35.Терещук С.І. Технологія мобільного навчання: проблеми та шляхи вирішення. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки*. 2016. Вип. 138. С. 178-180.
  - 36.Технології розвитку критичного мислення учнів; Наук. ред., передм. О.І. Помету. Київ: Вид-во «Плеяди», 2006. 220 с.
  - 37.Хайчіна Ю. Словник педагогічних термінів від К до Я. URL://www.model.poltava.ua/index.php?option=com\_content&view=article&id=579:2012-12-18-17-32-37&catid=102:2012-11-21-09-00-45&Itemid=427
  - 38.Чубко О.П. Інноваційні технології навчання в контексті педагогічної підготовки майбутнього вчителя. URL:<https://www.google.com.ua/search?biw=1366&bih=618&ei=4Lj5W-TsH1uqswHkxrygCg&q>
  - 39.Шарко В.Д. Сучасний урок. Київ, 2006. 224 с.
  - 40.Шерудило А. В. Сутність та класифікація інноваційних технологій у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку. *Збірник наукових праць*. 2019. Випуск 18. С. 442-448.
  - 41.Освітні програми. URL:<https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi>.

- 42.Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти України у 2018/2019 навчальному році.  
URL:[https://drive.google.com/file/d/1jwoLpGOXiRH5v9OPS1s4ALi1\\_THWJ-Ts/view](https://drive.google.com/file/d/1jwoLpGOXiRH5v9OPS1s4ALi1_THWJ-Ts/view)
- 43.Державний стандарт базової та повної загальної середньої освіти.  
URL:[http://ru.osvita.ua/legislation/Ser\\_osv/28030/](http://ru.osvita.ua/legislation/Ser_osv/28030/)
- 44.Концепція Нової української школи / Міністерство освіти і науки України.  
URL:<https://www.kmu.gov.ua/storage/app/media/reforms/ukrainskashkola-compressed.pdf>
- 45.Проект концепції STEM-освіти в Україні. URL:[http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM\\_2017.pdf](http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf).
- 46.Фізика для 7-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів. Навчальні програми для 5-9 класів загальноосвітніх навчальних закладів (за новим Державним стандартом базової і повної загальної середньої освіти).
- 47.URL:<http://www.mon.gov.ua/images/files/doshkilnacerednya/serednya/navchprogram/2012/nac-mensh/37.doc>
- 48.Web-STEM-школа-2017. URL: <http://nus.org.ua/affiche/web-stem-shkola-2017/>  
STEM-освіта: стан впровадження та перспективи розвитку. URL:  
[http://man.gov.ua/upload/news/2017/12\\_11/Zbirnyk.pdf](http://man.gov.ua/upload/news/2017/12_11/Zbirnyk.pdf)

