

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

ПЕЧЕНЮК БОГДАН ГЕННАДІЙОВИЧ

Допускається до захисту:
в.о.завідувача кафедри фізики
загальної дидактики і педагогіки,
д-р фіз.-мат. наук, професор
_____ Русаков В.Ф.
«_____» _____ 20____ р.

**РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ТЕМИ "ОПТИКА" ДЛЯ STEM-
ЛАБОРАТОРІЇ**

Спеціальність 014.08 Середня освіта (Фізика)

Кваліфікаційна (магістерська) робота
(відповідно до ОП «Середня освіта (Фізика та інформатика)»)

Науковий керівник:
Ткаченко В.С., доцент кафедри
фізики, загальної дидактики і педагогіки,
канд. фіз.-мат. наук, доцент

(підпис)

Оцінка _____ / _____ /

(бали / за шкалою ЄКТС / за національною шкалою)

Голова ЕК: _____
(підпис)

Вінниця 2020

АНОТАЦІЯ

Печенюк Б.Г. Розробка лабораторних робіт з теми "оптика" для STEM-лабораторії. Спеціальність 014.08 «Середня освіта (Фізика)», Освітня програма «Середня освіта (Фізика та інформатика)». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2020 р.

В кваліфікаційній роботі досліджується питання розвитку та впровадження STEM-освіти в Україні, підкреслено основну мету його впровадження. Проналізовано законодавче підґрунття впровадження STEM-навчання в середній школі. На основі аналізу існуючих навчальних програм з фізики виявлено основні недоліки у методиці проведення лабораторних занять з фізики. Запропоновано чотири лабораторні роботи з теми «Оптика», які можуть бути проведені у шкільній STEM-лабораторії. Особлива увага приділена використанню концепції мейкерства.

Ключові слова: STEM, STEAM, навчання, фізика, оптика, лабораторні роботи, мейкерство.

Табл. 2. Рис. 42. Бібліограф.: 40 найм.

Pechenyuk B. Development of laboratory works on the topic of "optics" for STEM- laboratory. Specialty 014 "Secondary education", Program "Secondary education (physics and snformation science)". Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2020

The qualification paper describes development and implementation of STEM-education in Ukraine with special attention on main goals of its implementation. We analyze the legislative basis for the introduction of STEM-education in secondary school. The main problems and shortcomings in the methodology of laboratory classes in physics have been identified on the basis of existing curricular analysis. One can find four laboratory works on the topic of "Optics" which can be conducted in the school STEM-laboratory in this qualification paper. Particular attention is paid to the implementation of the concept of maker culture.

Key words: STEM, STEAM, teaching, physics, optics, laboratory works, maker culture.

Tabl. 2. Fig. 42. Bibliography: 40 items

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ STEM-ОСВІТИ.....	8
1.1 STEM – освіта - шлях до майбутнього.....	8
1.2 Тлумачення поняття "STEM" та "STEM - освіта".....	11
1.3 STEM в Україні та світі.....	14
1.4 Мета, цілі та завдання впровадження STEM в освітній процес.....	18
1.5 Засоби STEM – навчання.....	23
РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ОПТИКИ У ПРОГРАМІ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ.....	30
2.1 Оптика та прилади.....	30
2.2 Види оптики.....	31
2.3 Приклади лабораторних робіт	36
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ STEM.....	46
3.1 Лабораторна робота «Геометрична оптика».....	47
3.2 Лабораторна робота «Фотокамера з підручних матеріалів».....	53
3.3 Лабораторна робота «Проходження світла через суцільне середовище».....	62
3.4 Лабораторна робота «Вивчення спектрів».....	70
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ВСТУП

Зараз набуває особливої уваги проблема формування самостійності учнів, спроможності отримувати, аналізувати інформацію та приймати оптимальні рішення, використовувати в практичній діяльності нові інформаційні технології. Адже з кожним роком об'єм інформації майже в кожній галузі науки подвоюється, а то й потроюється, і зростання за передбаченнями вчених відбуватиметься в геометричній прогресії. Тобто людина не в змозі мати повний об'єм знань з того чи іншого предмета. На перше місце виступає не здобуття суми знань, а вміння знайти потрібну інформацію та практично її використовувати.

Швидкий розвиток ІТ-галузі, робототехніки, нанотехнологій виявляє потребу у досвідчених фахівцях, а значить, виникає гостра освітня потреба у якісному навчанні сьогоденних учнів технічним дисциплінам - математиці, фізиці, інженерії, програмуванню. Освіта повинна бути випереджальною, відповідати тенденціям розвитку суспільства в майбутньому. Оновлені цілі і зміст освіти вимагають оновлення методів і форм викладання, пошуку ефективних напрямів і методик, нових педагогічних технологій. Одним із напрямків інноваційного розвитку природничо-математичної освіти є система навчання, завдяки якій діти розвивають логічне мислення та технічну грамотність, вчаться вирішувати поставлені задачі, стають новаторами, винахідниками. STEM-освіта дозволить зміцнити та вирішити найбільш актуальні проблеми майбутнього [6].

Найголовніша мета впровадження STEM освіти полягає у реалізації державної політики з урахуванням нових вимог Закону України «Про освіту» [31] щодо посилення розвитку науково-технічного напрямку в навчально-методичній діяльності на всіх рівнях; створенні науково-методичної бази для підвищення творчого потенціалу молоді та професійної компетентності науково-педагогічних працівників. Основні ключові компетентності концепції «Нової української школи», а саме: спілкування державною та іноземними мовами, математична грамотність, компетентності в

природничих науках і технологіях, інформаційно-цифрова грамотність, уміння навчатися впродовж життя, соціальні й громадянські компетентності, підприємливість, загальнокультурна, екологічна грамотність і здорове життя, гармонійно входять у систему STEM-освіти, створюючи основу для успішної самореалізації особистості і як фахівця, і як громадянина. Впровадження системи STEM-освіти продиктовано вимогою «нової економіки» - бути конкурентоспроможною як всередині країни, так і на міжнародній арені. У віддаленому майбутньому з'являться професії, про які зараз навіть уявити важко, всі вони будуть пов'язані з технологією і високо технологічним виробництвом на стику з природничими науками. Особливо будуть затребувані фахівці біо- та нанотехнологій. Здобуття сучасних професій потребує всебічної підготовки та отримання знань із різних освітніх областей природничих наук, інженерії, технологій та програмування, напрямів які охоплює STEM-освіта.

Використання провідного принципу-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. 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.

На думку багатьох дослідників, STEM-освіта сьогодні – важливий і перспективний напрямок інноваційної освіти в усьому світі, ціль якої підготовка учнів до більш ефективного застосування отриманих знань для розв'язання професійних завдань і проблем (у тому числі через поліпшення навичок високоорганізованого мислення) і розвиток компетенції в STEM.

Однак питання методичного забезпечення STEM-освіти залишається відкритим [21]. На поточний момент також не існує достатньої кількості

розроблених підручників, інструкцій, завдань, які можуть бути використані при впровадженні STEM-навчання.

Іншими словами, **актуальність роботи** пов'язана з тенденцією до впровадження STEM-навчання в освітній процес, оновлення структури та змісту навчальних предметів, запровадження інноваційних, ігрових технологій навчання, інтерактивних методів групового навчання, проблемних методик з розвитку критичного і системного мислення.

Об'єктом дослідження є використання STEM-навчання при вивченні природничих дисциплін.

Предметом дослідження є вивчення можливостей впровадження елементів STEM-навчання при проведенні лабораторних занять з фізики у шкільній лабораторії.

Метою роботи є розробка завдань для виконання лабораторних робіт з оптики з використанням STEM-технологій навчання.

Задля досягнення поставленої мети у роботі заплановано реалізувати наступні **завдання**:

дослідити особливості впровадження концепції STEM-навчання та використання STEM-технологій в Україні та світі, визначити основні змістовні лінії STEM-навчання;

проаналізувати зміст шкільної програми з фізики;

обґрунтувати доцільність використання STEM-технологій при вивченні фізики;

на основі проведеного аналізу шкільної програми з фізики, обрати декілька тем з розділу «Оптика» та запропонувати завдання до проведення лабораторних робіт з урахуванням концепції STEM-навчання.

В роботі використано наступні **методи науково-педагогічних досліджень**: аналіз та синтез отриманої інформації задля розуміння основних тенденцій розвитку середньої освіти в Україні, виявлення змістовних ліній впровадження STEM-освіти, порівняння особливостей впровадження STEM-

освіти в Україні та світі, конкретизація та вибір елементів STEM-навчання при проведенні лабораторних занять з фізики.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованих у роботі активностей при проведенні як лабораторних занять з фізики у середній школі, так і лекційних демонстрацій, інтегрованих уроків з застосуванням STEM-технологій.

Наукова новизна полягає у застосуванні STEM-технологій при розробці лабораторних робіт з метою набуття ними мультидисциплінарного характеру та спрямованості на розвиток у учнів широкого спектру навичок та компетентностей, необхідних для успішного працевлаштування та подальшої освіти.

Робота складається з трьох розділів. У першому розділі проаналізовано теоретичні аспекти моделі STEM-освіти, визначено мету та цілі STEM-освіти, показано особливості та перспективи впровадження STEM-освіти в Україні та інших державах.

Другий розділ присвячено аналізу шкільної програми з фізики, особлива увага приділена дослідженню навчання теми «Оптика», на основі приведених прикладів існуючих лабораторних робіт показані можливості використання елементів STEM.

Третій розділ є практичним і присвяченим розробці лабораторних робіт з оптики, які можуть бути проведені у шкільній STEM-лабораторії, на звичайних лабораторних заняттях з фізики або при проведенні інтегрованих уроків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ STEM – ОСВІТИ

1.1 STEM – освіта - шлях до майбутнього

Різноманітні гаджети і високі технології стрімко увірвалися у наше життя, побут, освіту. На наших очах докорінно змінюється ринок праці. Вся економіка нашої країни обертається навколо математики, бухгалтерського обліку, функцій і логарифмів, а також обчислень. Архітектурна індустрія зосереджена на математиці, як і на містобудівництві. Медичні дослідження підживлюються вивченням хімії та біології. Ми живемо у високотехнологічному суспільстві: у ньому дуже велике значення має техніка і технології. Нині техніка полегшує наше життя, те що ми робили вчора займає дуже багато часу, або взагалі не мали можливості зробити, зараз можемо зробити за мить. Але техніка має і зворотний бік – іноді вона виходить з-під контролю людини і може стати причиною техногенної катастрофи. Тому важливо навчити людей грамотно користуватися технікою, знати і виконувати правила техніки безпеки, вміти чітко і зрозуміло розповісти іншим правила безпечного користування технічними пристроями, знати ознаки його неправильної роботи та де можна його полагодити. Тобто володіти основами інженерних знань, а ще бути трішечки винахідником та дослідником. І вже не йдеться про фахівців певної галузі: сьогодні такими знаннями має володіти кожний з нас, адже техніка є у кожній домівці і часто від того, наскільки грамотно вона використовується залежить безпека (а іноді і життя) не однієї людини. Якщо замислитись над тим, яким буде світ в майбутньому, спостерігаючи за тим, як стрімко розвивається людство, важко передбачити випускникам і вчителям, до чого в цьому світі готуватися та яким чином будувати кар'єру.

Модернізація концепції освіти, яка базується на основі «Державного стандарту базової і повної загальної середньої освіти»[20,21] орієнтована на реалізацію компетентнісного підходу в освіті, на формування ключових

(базових, універсальних) компетентностей, тобто готовності учнів використати набуті знання, навчальні вміння і навички, а також засоби діяльності в житті для виконання практичних і теоретичних завдань.

У 12 статті Закону України «Про освіту»[31] зазначається «Метою повної загальної середньої освіти є всебічний розвиток, виховання і соціалізація особистості, яка здатна до життя в суспільстві та цивілізованій взаємодії з природою, має прагнення до самовдосконалення і навчання впродовж життя, готова до свідомого життєвого вибору та самореалізації, відповідальності, трудової діяльності та громадянської активності. Досягнення цієї мети забезпечується шляхом формування ключових компетентностей, необхідних кожній сучасній людині для успішної життєдіяльності»[12, с.12-16].

У пояснювальній записці оновлених навчальних програм 5-9 класів написано, що «в основу побудови змісту та організації процесу навчання математики (фізики) покладено компетентнісний підхід, відповідно до якого кінцевим результатом навчання предмета є сформовані певні компетентності як здатності учня застосовувати свої знання в навчальних і реальних життєвих ситуаціях, повноцінно брати участь в житті суспільства, нести відповідальність за свої дії »[24, с.13-15]. Виокремлення в навчальних програмах таких наскрізних ліній ключових компетентностей, як «Екологічна безпека й сталий розвиток», «Громадянська відповідальність», «Здоров'я і безпека», «Підприємливість і фінансова грамотність», спрямоване на формування в учнів здатності застосовувати знання і вміння у реальних життєвих ситуаціях.

Сучасна школа повинна перебудовуватися у відповідності до виклику часу та готувати школярів до існування в інформаційно-технологічному суспільстві. Світ високих технологій потребує фахівців, які уміють працювати на межі різних дисциплін, розв'язувати складні задачі, працювати в команді, мають навички критичного мислення.



Рис.1.1. Навички XXI століття [6]

На роботу у XXI столітті будуть потрібні архітектор віртуальної реальності, нано-медик, робототехнік, інженер 3D-друку, оператор дронів. Спеціалісти майбутнього повинні мати відповідний багаж знань з природничих наук, математики, технологій, інженерії, бути досвідченими фахівцями, а значить, виникає гостра освітня потреба у якісному навчанні сьогоденних учнів технічним дисциплінам. Освіта повинна бути випереджувальною, відповідати тенденціям розвитку суспільства в майбутньому. Держави, орієнтовані на технологічний прогрес, першими усвідомили цю проблему. Так виник новий тренд в освіті - STEM.

Про те, що потрібно поєднувати науки в школі, працювати на їх практичну направленість говорять вже давно, посиляючись на тести PISA [19] та приклади країн Північної Америки, Європи.

За наявності підвищеного інтересу до різних аспектів освіти засвідчують численні публікації вітчизняних науковців. Більшість серед них

стосується загальних аспектів впровадження освіти в Україні, її проблеми та перспективи [9]. Питанням впровадження інноваційних технологій в сучасну освіту займалися українські вчені М. Головань, Ю. Горошко, А. Єршов, Т.Чепрасова та ін. Науковці досліджують проблеми і перспективи STEM-освіти, напрями, розкривають особливості використання ігрових технологій в STEM, висвітлюють проблеми STEM-підготовки вчителів тощо.

Успішні практики впровадження елементів STEM-освіти у базову школу сприяли підвищенню зацікавленості науковців, практикуючих учителів, педагогів щодо реалізації ідеї STEM-навчання на практиці. Разом із тим, практичні питання щодо реалізації STEM-освіти у школі залишаються недостатньо вивченими. В методичних рекомендаціях щодо впровадження STEM-освіти в навчальних закладах України зазначається, що з метою мотивації учнів до науково-дослідної діяльності викладачам необхідно використовувати у своїй роботі напрацювання науково-педагогічних працівників[10]. Проблемам STEAM-освіти присвячено наукові праці зарубіжних вчених: Хізера Гонсалеса, Джеффри Куензі, Девіда Ленгдона, Кейта Ніколса та інших.

1.2 Тлумачення поняття "STEM" та "STEM - освіта"

Одним із актуальних напрямів інноваційного розвитку природничо-математичної освіти є STEM-орієнтований підхід до навчання. STEM - освіта – це низка чи послідовність курсів або програм навчання, яка готує учнів до успішного працевлаштування, до освіти після школи або для того й іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять. Хоча єдиного розуміння цього поняття немає, навіть там, де зародилася STEM-освіта у США. Кожна країна визначає його самостійно. Загальним розумінням у світі є те, що така система освіти навчає дитину жити у реальному швидкоплинному світі, який постійно змінюється, вміти реагувати на ці зміни, критично мислити, бути загально розвиненою творчою особистістю. Діти, що проходять навчання за

такою системою, беззаперечно стають лідерами соціуму, легко адаптуються та знаходять своє місце в житті.

Акронім STEM вживається для позначення популярного напрямку в освіті, що охоплює природничі науки (Science), технології (Technology), технічну творчість (Engineering) та математику (Mathematics). Це напрям в освіті, при якому в навчальних програмах посилюється природничо-науковий компонент у поєднанні з інноваційними технологіями. Технології використовують навіть у вивченні творчих, мистецьких дисциплін. Наприклад, за кордоном музикантів навчають не тільки музикувати, але і використовувати комп'ютерні програми для створення музичних творів. Сьогодні існує декілька варіантів цього терміну: STEM = Science + Technology + Engineering + Mathematics (природничі науки, технологія, інжиніринг, математика). STEAM = Science + Technology + Engineering + Arts + Mathematics (природничі науки, технологія, інжиніринг, мистецтво, математика). STREAM = Science + Technology + Reading + wRiting + Engineering + Arts + Mathematics (природничі науки, технологія, читання, письмо, інжиніринг, мистецтво, математика).

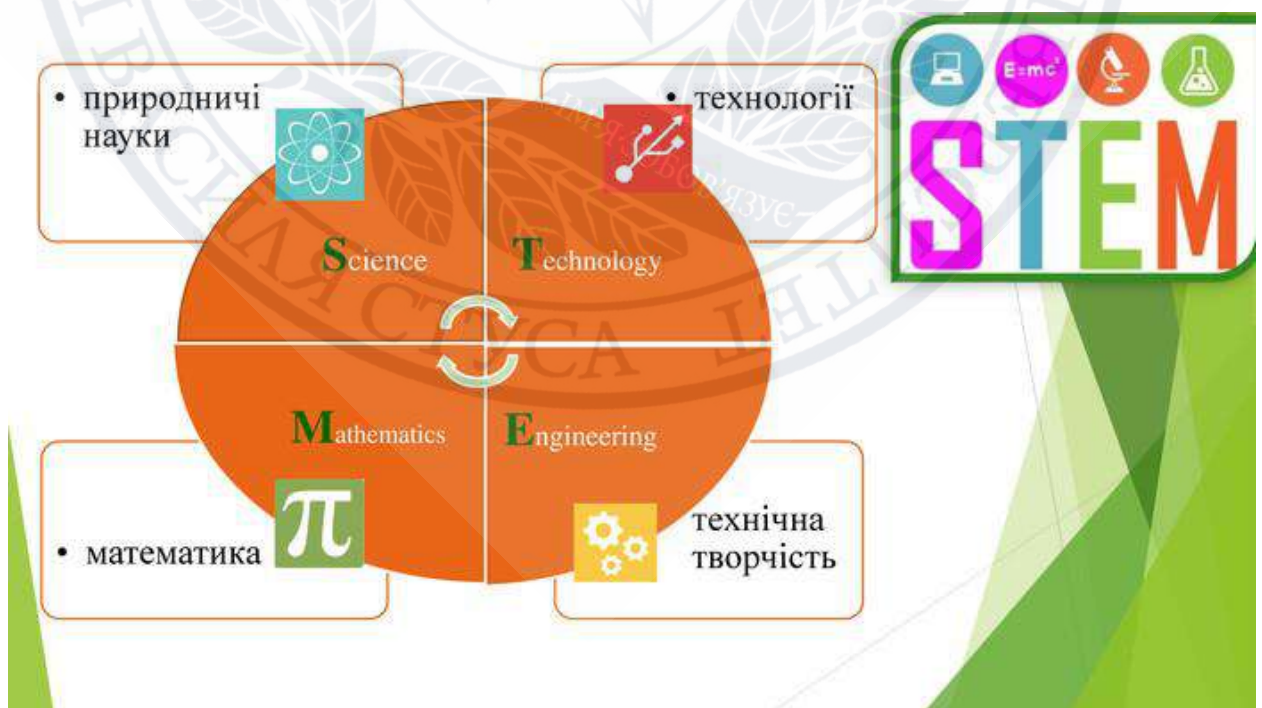


Рис.1.2. STEM – Science Technology Engineering Mathematics [26]

Взяті окремо чотири предмети STEM визначаються таким чином:

- Наука є визначенням природного світу, у тому числі законів природи, пов'язаних з фізикою, хімією, біологією, а також оперуванням або застосуванням фактів, принципів, концепцій, пов'язаних з цими дисциплінами.
- Технологія включає в себе всю систему людей і організацій, знань, процесів і пристроїв, які входять до створення та функціонування технологічних артефактів, а також самі артефакти, тобто продукти технологічної діяльності.
- Інжиніринг є сукупність знань про дизайн та створення продуктів і способу вирішення проблеми. Інжиніринг використовує поняття науки та математики, а також технологічні процеси та інструменти.
- Математика вивчає закономірності і взаємозв'язки між величинами, цифрами та формами. Математика включає теоретичну математику і прикладну математику. Як бачимо, математична складова є невід'ємною в будь-якій STEM-модифікації, а також помічаємо, що розпочатий рух впровадження STEM-освіти в Україні не обмежується певними віковими рамками для учнів.

У концепції розвитку STEM-освіти в Україні [33] зазначається «STEM-освіта - категорія, яка визначає відповідний педагогічний процес (технологію) формування і розвиток розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких визначає конкурентну спроможність на сучасному ринку праці. STEM-освіта здійснюється через міждисциплінарний підхід у побудові навчальних програм закладів освіти різного рівня.» На міжнародному рівні визначено наступні ключові заяви, з якими не можуть не погодитися українські фахівці:

- STEM - освіта – має починатися з раннього дошкільного віку і продовжуватися в студентські роки.

- Мова науки – англійська, найбільш значимі наукові ресурси публікуються англійською мовою, у 60 з 196 країн світу англійська має статус офіційної мови.
- Гендерний підхід у навчанні: потрібні програми STEM-освіти для дівчаток.
- STEM-освіта має будуватися на патріотизмі і любові до своєї країни.
- Наука повинна захоплювати, займатися наукою має бути цікаво, доступно і радісно.

1.3 STEM в Україні та світі

Найбільш активно просувають STEM-підхід в освітньому напрямку Сполучені Штати Америки. Програма STEM впроваджується на державному рівні. Такий підхід запроваджено у багатьох провідних університетах США (Орегонський державний університет - 169 STEM-спеціальностей, Університет Джорджа Мейсона - 82, Колорадський університет - 50, Сент-Луїський університет - 47). Зокрема, у провідних навчальних закладах з упровадженням STEM-освіти поряд із вивченням STEM-дисциплін особливу увагу приділяють охороні довкілля. У коледжі Св.Олафа (штат Міннесота) вимагають, щоб кожний студент вивчав щонайменше два курси з дисциплін STEM. А у лабораторії нанотехнологій Каліфорнійського університету в Сан-Дієго у складі дослідницької групи працюють студенти з Білорусі, Таїланду й Мексики. Вони проводять дослідження в галузі сонячної енергетики, зокрема, розробляють більш дешеві й міцні панелі сонячних батарей. В США у 2013 році було введено новий трьохкомпонентний стандарт природничо-наукової освіти: Practices – наукові та інженерні навички, Content - основні предметні знання, Crosscutting concepts - узагальнюючі (наскрізні) уміння.

До реалізації програми впровадження STEM в освіті також долучилися керівники провідних компаній в галузі ІТ-технологій і телекомунікацій.

Серед меценатів – ТОП-менеджмент таких найвідоміших компаній, як Intel, Xerox, Time Warner та інші. До проекту залучені фонд, заснований Біллом і Меліндою Гейтс та Нью-Йоркський фонд, заснований корпорацією Карнегі та ін.. В результаті була створена некомерційна організація Change the Equation, що підтримує освіту за STEM - напрямками. Багато країн слідом за США підхопили ініціативу розвитку STEM-освіти. Вже сьогодні навчальні заклади Франції, Великої Британії, Австралії, Ізраїлю, Китаю, Сінгапуру пропонують сертифіковані державні освітні програми в науково-технічній сфері та ведуть підготовку STEM-фахівців. Значних економічних успіхів добився Сінгапур. Сінгапурська система освіти незмінно перспективна. Прийняттям двомовності з англійською мовою (в доповнення до рідної мови), зосередженістю на науці, технології, інженерії та математиці (STEM)- Сінгапур передбачив багато ключових стратегій в галузі освіти, прийнятих сучасними політиками. Ще 2002 році була запущена ініціатива «Перетворення Сінгапуру», націлена на перетворення цього міста-держави на світовий центр креативності, інновацій та дизайну. Уряд Сінгапуру реформує систему освіти так, щоб стимулювати креативні якості молоді. Одним із шляхів цього – впровадження молодих, по-новому мислячих талановитих людей в різні державні структури, відповідальні за економічну політику.

Саме завдяки використанню STEM-технологій світової слави здобули такі визнані генії, як Білл Гейтс, Ілон Макс, Стівен Хокінг, Тім Бернерс-Лі, Корнелія Баргманн, Пітер Хігтс, Юрій Ізотов, Джеймс Дьюї Уотсон, Марк Цукерберг, Мічіо Кайку. За даними досліджень, залучення одного відсотка населення до STEM-професій, приносить економіці держави ріст ВВП на 50 млрд. доларів США. До розвитку STEM також залучені В'єтнам, Гонконг, Катар, Канада, Україна та ін..

Сьогодні Україна знаходиться на шляху інтенсивного розвитку і потребує значної кількості висококваліфікованих спеціалістів в інноваційній сфері, які стануть запорукою успішного економічного розвитку та конкурентоспроможності нашої держави в найближчому майбутньому.

Перспективи економічного розвитку України

Затребувані професії:

- програмісти,
- IT-фахівці,
- інженери,
- професіонали в галузі високих технологій на стику з природничими науками;
- фахівці біо- та нано-технологій.

При залученні 1% населення України до STEM-професій -
підвищення ВВП на \$50 млрд за рік

Потреба в цих спеціалістах вдвічі більша

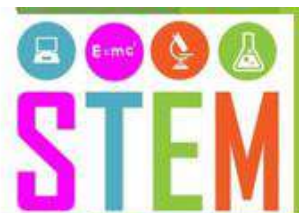


Рис.1.3. Інформація з презентації щодо ефективності STEM [26].

Одним із напрямків інноваційного розвитку природничо-математичної освіти є система навчання STEM (Science- наука, Technology- технологія, Engineering- інженерія, Mathematics- математика), завдяки якій діти розвивають логічне мислення та технічну грамотність, вчаться вирішувати поставлені задачі, стають винахідниками. В Україні вже робляться перші кроки з упровадження системи навчання STEM . У початковій школі здійснюється формування навичок дослідницької діяльності у формі, доступній для даного віку дітей, їх психічного і ментального розвитку; закладаються основи обізнаності зі STEM-галузями і професіями; відбувається стимулювання інтересу учнів до подальшого опанування курсів, пов'язаних зі STEM. У середній школі вводяться міждисциплінарні програми навчання, збільшується поінформованість учнів зі STEM - предметів і професій, а також академічних вимог у STEM - областях і професіях. У старшій школі 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. При цьому, на кожній стадії навчання ця

система розвиває здібності учнів до дослідницької, аналітичної роботи, експериментування, критичного мислення; з'єднує шкільні й позашкільні можливості та форми навчання.

Науковці вважають, що впровадження в Україні STEM-навчання сприятиме: - переходу до освітнього процесу, який передбачає розвиток особистості, спрямований на активне та конструктивне входження до сучасних суспільномодернізованих систем психолого-педагогічної, методичної, практичної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін та підвищення кваліфікації педагогічних кадрів. Майбутнє - за технологіями, а майбутнє технологій - за вчителями нового формату, які можуть повести учнів за собою, розширивши їхній кругозір до безкінечності.

Для просування сучасних підходів в галузі освіти в Україні було створено Інститут модернізації змісту освіти (ІМЗО). Згодом, ініціативу підтримали провідні компанії, що працюють на території України: Ericsson, Intel, Melexis, OSTCHEM, Syngenta, НАЕК «Енергоатом». В результаті була створена Коаліція STEM-освіти в Україні та громадська організація «Центр «Розвиток соціальної корпоративної відповідальності», що об'єднує 38 компаній. Коаліція STEM-освіти – це платформа для об'єднання компаній, навчальних закладів, асоціацій, експертних організацій, муніципалітетів та ЗМІ заради підвищення якості STEM-освіти в Україні.

Завдання Коаліції STEM-освіти:

- Розробка рекомендацій МОН України стосовно викладання STEM-дисциплін.
- Реалізація програм викладання STEM-дисциплін з упровадженням інноваційних методів навчання в загальноосвітніх навчальних закладах.
- Створення можливостей для експериментальної та дослідницької роботи у навчальних закладах на сучасному обладнанні.

- Проведення науково-технічних конкурсів, олімпіад, квестів, хакатонів для самореалізації найбільш талановитої учнівської та студентської молоді;
- Створення інформаційних майданчиків (сайт, соціальні мережі) для популяризації STEM-освіти - профорієнтація учнів у напрямі STEM-професій.
- Налагодження міжнародної співпраці.

В межах передостаннього завдання в 5-ти містах України був реалізований проект «STEM: професії майбутнього». У 2015 році він охоплював 20 шкіл міста Києва, тепер у ньому можуть брати участь навчальні заклади Львова, Одеси, Харкова, Дніпра і Вінниці. Система вже закріплена на рівні законодавства України. Впровадження STEM-освіти здійснюється відповідно до освітніх законів України та наказів МОН України. Результати вступних кампаній 2015-2017 років засвідчили, що в Україні природничо-математична освіта поки що не входить до найбільш затребуваних серед абітурієнтів, а відповідно й не є державним пріоритетом. Тому розвиток цього напрямку модернізації освіти є актуальним для нашої країни. Не дивлячись на стрімкий розвиток даної методики освіти, можуть пройти роки поки вона буде поширена в українських школах.

1.4 Мета цілі та завдання впровадження STEM в освітній процес

Мета STEM – освіти – підготовка учнів до післяшкільного навчання і працевлаштування відповідно до вимог 21-го століття. Головна мета STEM - освіти – полягає у формуванні і розвитку розумово-пізнавальних і творчих якостей молоді, рівень яких визначає конкурентну спроможність на ринку праці; удосконаленні науково-дослідної та інженерної освіти в навчальних закладах.

Цілями STEM-освіти є:

- Збільшення кількості школярів, що виявляють інтерес до технічної творчості, нових технологій, досліджень у міжпредметних суміжних галузях.
- Розвиток умінь і формування навичок у молодих інноваторів (креативність, вміння бачити і розв'язувати проблеми. Уміння працювати в команді, комунікативні навички).
- Підтримка наукової, технічної та інженерної складових в додатковій освіті школярів та розширення можливостей доручення учнів до роботи у природничо-наукових та інженерних лабораторіях, надання їм доступу до сучасного обладнання та інноваційних програм.
- Мотивація учнів старших класів до продовження освіти в науково-технічній та інженерній сферах, ознайомлення їх з новими технологіями.
- Популяризація винахідницької та науково-дослідницької діяльності.
- Проектно-орієнтоване навчання школярів під керівництвом молодих вчених та інженерів і формування експертної спільноти з оцінки результатів діяльності STEM-центрів регіонального, обласного і районного рівнів.
- Створення умов для адаптації і впровадження інноваційних програм, створених за участі провідних промислових і конструюючих підприємств або організацій, пов'язаних з програмами додаткової освіти для школярів.

Основними завданнями STEM-освіти є:

- Формування найбільш затребуваних на ринку праці XXI ст.. компетенцій і навичок, готовність до розв'язання складних (комплексних) практичних проблем. Які виступають у вигляді суперечливої ситуації («знаю

що, не знаю як»), тобто відомо, що потрібно отримати, але невідомо, як це зробити.

- Критичне мислення – уміння розуміти логічні зв'язки між ідеями, визначати, будувати й оцінювати аргументи, виявляти невідповідності і помилки в міркуваннях та ін...

- Креативність – готовність і здатність до творчості, яка виявляється як і в продуктах діяльності, так і у мисленні, спілкуванні, почуттях.

- Організаційні здібності.
- Уміння працювати в команді.
- Емоційний інтелект – здатність ідентифікувати та управляти своїми власними емоціями та емоціями інших людей.

- Оцінювати проблеми і приймати рішення – здатність до визначення проблеми, можливих шляхів її вирішення, оцінювання витрат...

- Здатність до ефективної взаємодії, уміння спілкуватися з різними людьми.

- Уміння домовлятися.

- Когнітивна гнучкість – розумова здатність до швидкого переходу від однієї думки до іншої, одночасне розглядання конкретного об'єкта або складної проблеми в декількох аспектах.

- Різнобічний розвиток індивідуальності дитини на основі виявлення її задатків і здібностей у природничо-математичній сфері, формування ціннісних орієнтацій, задоволень і потреб.

- Становлення у підростаючого покоління цілісного наукового світогляду, загальнонаукової, загальнокультурної, технологічної, комунікативної і соціальної компетентностей на основі засвоєння системи знань про природу, людину, суспільство, виробництво.

- Формування соціально-компетентної особистості, здатної здійснювати самостійний вибір і приймати відповідальні рішення у різноманітних життєвих ситуаціях.

- Виховання в особистості любові до праці, забезпечення умов для її життєвого і професійного самовизначення, формування готовності до свідомого вибору і оволодіння майбутньою професією.

STEM-освіта – це творчий простір світогляду дитини, де вона не тільки готується до дорослого життя, а й повноцінно реалізує свої потреби. Тому вся діяльність щодо впровадження STEM-освіти вибудовується так, щоб сприяти становленню особистості.

STEM - освіта в Україні здійснюється на трьох рівнях:

- Формальна
- Неформальна
- Інформальна

Структура STEM-освіти визначається Державним стандартом загальної середньої, позашкільної, дошкільної, вищої освіти та спеціалізованими стандартами STEM-освіти. Основними ланками впровадження STEM-освіти в Україні є:

- Початкова – здійснюється у дошкільних навчальних закладах, початковій школі та закладах позашкільної освіти, які займаються початковою науково-технічною творчістю.

- Базова – включає в себе освіту учнів 5-9 класів у закладах різних типів.

- Профільна – здійснюється на базі профільних класів та у профільних навчальних закладах.

У закладах, що на експериментальному рівні впроваджують STEM - освітні програми через зміст інваріативної складової навчального плану, її варіативного компоненту, позакласну, виховну роботу, організовані проекти, конкурси, змагання та інші заходи, що не суперечать цілям і завданням

STEM-освіти. Вища/професійна – підготовка фахівців різних STEM-професій на базі вищих навчальних закладів. Педагогічна – підготовка вчителів та інших членів педагогічних колективів до викладання STEM-освітніх курсів.

В системі загальної середньої освіти виокремлюється 3 етапи реалізації напряму STEM через певну інтеграцію традиційних навчальних предметів і курсів математики, фізики, хімії, біології, географії, астрономії, технології на кожному з етапів навчання.

1. Початкова школа. Основне завдання-стимулювання допитливості і підтримки інтересу до навчання і пошуку знань, мотивація до самостійних досліджень, створення простих приладів, конструкцій тощо. Шляхом проведення навчальних екскурсій, днів науки, творчості, винахідництва, впровадження проектного навчання має здійснюватися формування навичок дослідницької діяльності, закладання основ обізнаності зі STEAM- галузями професіями; стимулювання інтересу учнів до подальшого опанування курсів, пов'язаних зі STEAM.

2. Середня школа. Основне завдання - викликати у дитини стійку цікавість до природничо-математичних наук, дати сукупність практично важливих знань, необхідних для подальшого життя людини у техносфері, глибокого розуміння екології і природи в цілому. Залучення до дослідництва, винахідництва, проведення інтегрованих уроків, тематичних тижнів, навчальних практик, реалізація міждисциплінарних проектів, участь у спеціалізованих гуртках, конкурсах, фестивалях, що дозволить збільшити відсоток тих, хто стане талановитим ученим, дослідником. Збільшується поінформованість учнів зі STEM - предметів і професій, а також академічних вимог у STEM - областях і професіях.

3. Старша школа. Основне завдання - сприяння свідомому вибору подальшої освіти STEM профілю, поглиблена підготовка з груп предметів STEM (профільне навчання), освоєння наукової методології, пропонуються курси із конкретними освітніми проектами, реалізація яких включає в себе

використання STEM- компетентностей, які учень отримав в базовій школі; готує учнівську молодь до успішної післяшкільної зайнятості та освіти.

Звичайно, STEM-технології доцільно реалізувати у класах із природничо-математичним та технологічним профілями в старшій школі, коли відбувається вибір учнями основного профілю навчання. При цьому , навчальний процес необхідно акцентувати на профорієнтаційній діяльності, спрямованій на успішне застосування отриманих знань у визначених STEM-галузях, створенні технологічних стартапів, що базуються на сучасних технологіях, у тому числі, пов'язаних із програмуванням, робототехнікою тощо. STEM-підходи до навчання передбачають поступове нарощення самостійної діяльності учнів:

У 1-5 класах стимулювання учнів до проведення пошукової роботи під керівництвом вчителя.

У 6-8 класах спроби проведення дослідницьких робіт на основі навчального матеріалу з програми (виконати всі етапи наукового дослідження і самостійно отримати новий для них факт).

У 8-9 класах самостійне дослідження теми, що виходить за межі програмного матеріалу. Учні працюють самостійно і лише інколи радяться з вчителем. Результат – написання і захист роботи на МАН, участь у творчих конкурсах і фестивалях.

У 9-12 класах наукове дослідження за обраною темою, досягнення практичного результату, розробка Startup.

1.5 Засоби STEM – навчання

Реалізація ідей STEM-освіти потребує використання таких засобів, які допоможуть краще засвоювати науково-технічні знання, розвиватимуть навички критичного мислення, стимулюватимуть інтерес учнів до інженерних і технічних спеціальностей.

Засоби STEM-навчання – це сукупність обладнання, ідей, явищ і способів дій, які забезпечують реалізацію дослідно-експериментальної,

конструкторської, винахідницької діяльності у освітньому процесі. Вони виконують такі основні функції: інформаційну, практичну, креативну, контрольну. Види засобів STEM-навчання досить різноманітні, їх склад залежить від рівня розвитку науки, техніки та інформаційних технологій:

- Друковані методичні засоби: підручники, електронні підручники, навчальні посібники, картки-завдання, навчальні інструкції, навчальні алгоритми.
- Наочне приладдя: натуральне – обладнання, прилади, інструменти, матеріали, зразки тощо.
- Образне (зображувальне) – фотографії, репродукції картин художників, плакати.
- Знаково-символічне - знакові моделі, графіки, схеми, таблиці.
- Технічні засоби навчання: інформаційні - відеоапаратура (комп'ютери, мультимедійні технології, кінопроектори, проекційні екрани різноманітних моделей, слайдпроектори, інтерактивні дошки, проекційні столики тощо).
- Контролюючі - тренажери, прилади для діагностики процесів.

Використання засобів STEM-освіти дає можливість учням здійснювати проектну та дослідницьку діяльність, засвоювати науково-технічні знання, розвивати навички критичного мислення. Найбільш поширені засоби, що використовуються у STEM-освіті: конструктори, робото-технічні системи, електронні пристрої, відеоігри, 3D-принтери, моделі, що використовуються у авіамоделюванні, лабораторні прилади тощо. Об'єктивна необхідність використання засобів STEM-освіти зумовлена їх суттєвим впливом на процес розуміння і застосування інноваційних технологій.

Отже, завданням сучасної освіти є впровадження STEM-освіти та створення педагогічних умов для розвитку творчого потенціалу особистості, самостійного критичного мислення. Впровадження в освітній процес методичних рішень STEM-освіти дозволить поєднати науку зі шкільними

знаннями, сформувані в учнів найважливіші характеристики, які визначають компетентного фахівця:

- Уміння побачити проблему.
- Уміння побачити в проблемі якомога більше можливих сторін і зв'язків.
- Уміння сформулювати дослідницьке запитання і шляхи його вирішення.
- Гнучкість як уміння зрозуміти нову точку зору і стійкість у відстоюванні своєї позиції.
- Оригінальність, відхід від шаблону.
- Здатність до перегруповування ідей та зв'язків.
- Здатність до абстрагування або аналізу.
- Здатність до конкретизації або синтезу.
- Відчуття гармонії в організації ідеї.

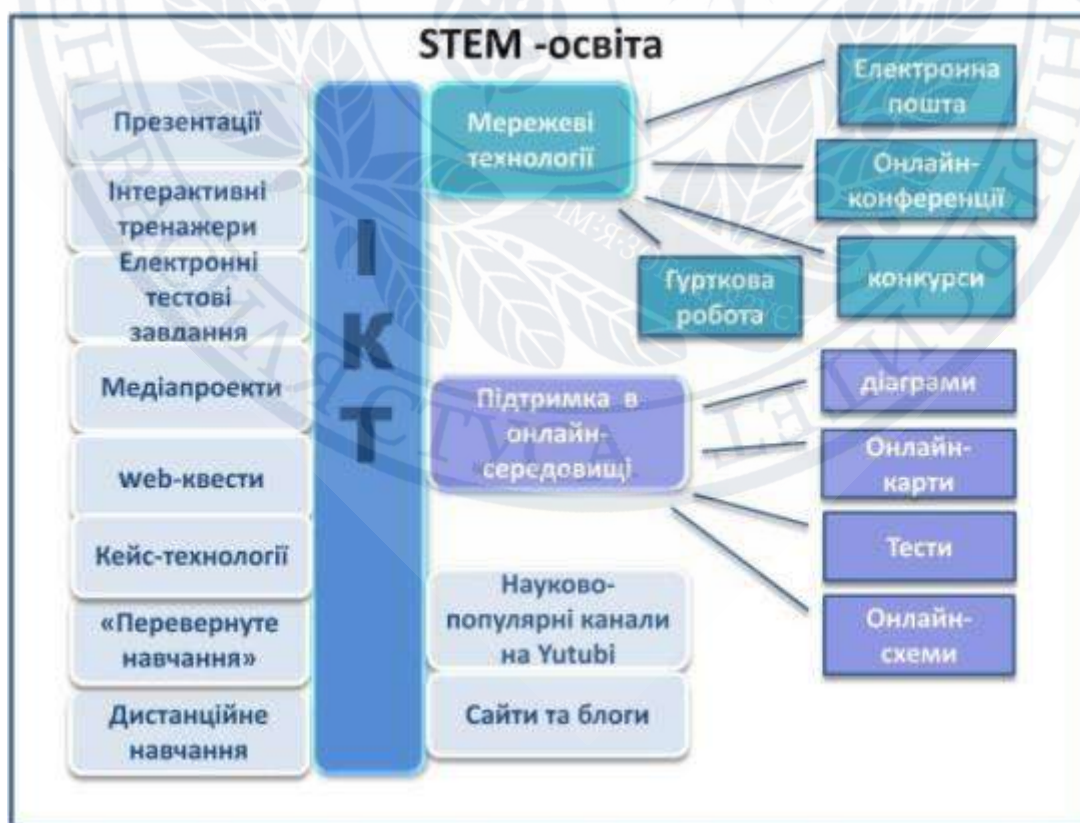


Рис 1.4. STEM-освіта [30]

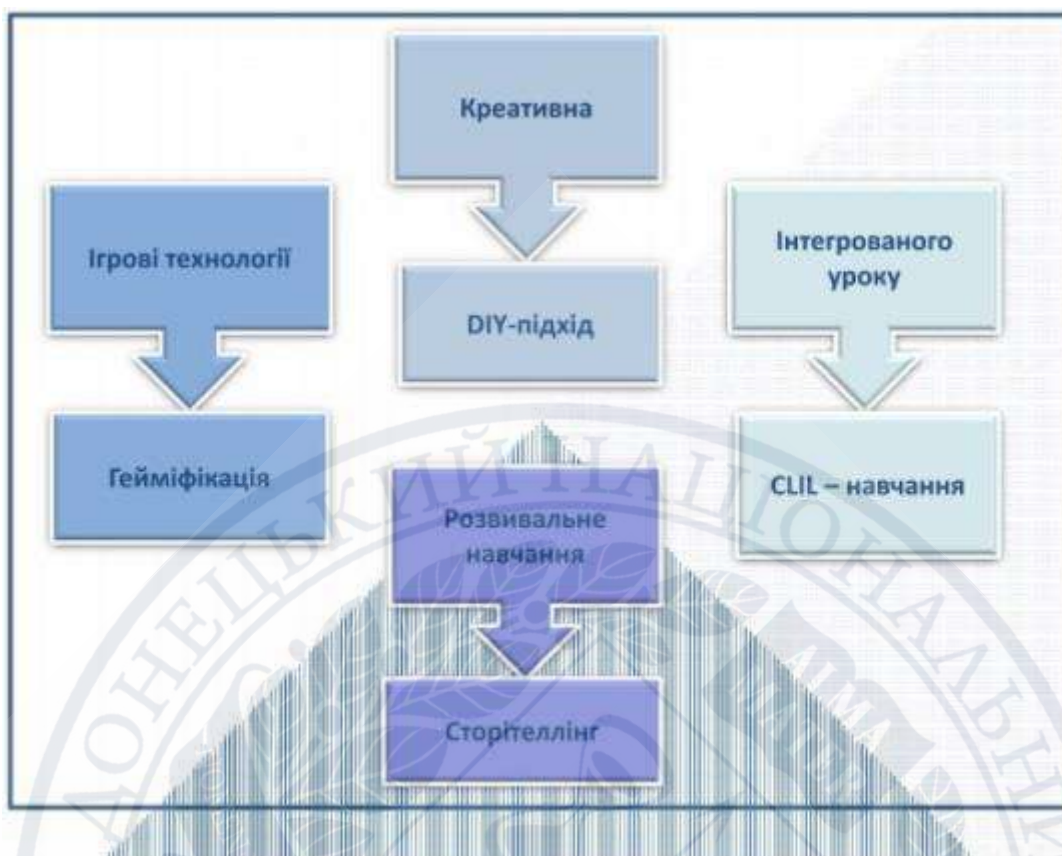


Рис 1.5. Складові STEM-навчання [30]

Процес навчання фізики в школі націлений на розвиток особистості учнів, становлення їх до наукового світогляду й відповідного стилю мислення, формування предметної, науково-природничої (як галузевої) та ключових компетентностей. Фізичний навчальний експеримент забезпечує учнів до формування необхідних дослідницьких навичок, практичних умінь та особистісного досвіду експериментальної діяльності (фронтальний і демонстраційний експерименти, короткотривалі досліди, лабораторні роботи, спостереження, навчальні проекти). Також можна пропонувати учням домашні практичні роботи з фізики.

Наведемо декілька прикладів впровадження елементів STEM-освіти на уроках фізики. Наприклад, метод «критичного читання тексту», для порівняння величин або понять, метод «Діаграма Ейлера-Вена» та «Парад розумних думок», «Асоціативний кущ», створення граф-схем з теми, цікаві

запитання з рубрики «Фізика навколо нас», короткі повідомлення або презентації з даної теми тощо.

Важливою ділянкою роботи в системі навчання фізики в школі є розв'язування задач. За вимогами компетентнісного підходу задачі повині бути наближені до реальних умов життєдіяльності людини, спонукати до використання фізичних знань у життєвих ситуаціях. Пропонувати учням можна компетентнісні задачі, у яких чітко прослідковуються міжпредметні зв'язки та прикладна спрямованість навчання фізики: задачі із життєвих ситуацій, задачі виробничого характеру. Під час розв'язування задач завжди потрібно заохочувати учнів знаходити інший спосіб, ніж той, що показано на дошці. Потрібно також робити з школярами аналіз, у чому полягають сильні та слабкі сторони кожного із запропонованих розв'язків.

Поряд із розрахунковими задачами велике значення мають якісні задачі, які сприяють поглибленню та закріпленню теоретичних знань учнів. В контексті компетентнісно-орієнтованого навчання з фізики особливого значення набувають фото-задачі, творчі-задачі, задачі-оцінки. Самостійне експериментування учнів потрібно розширити домашніми експериментами та спостереженнями, використовуючи побутові або саморобні прилади, дотримуючись при цьому правил безпеки. Спостерігаючи за об'єктом або явищем, учень отримує якісні їх характеристики, а у ході вимірювання ще й кількісні. Можна учням запропонувати практичні завдання: визначити швидкість іграшкового автомобіля, маючи секундомір і лінійку.

На уроках фізики акцентувати увагу учнів потрібно на тому, що світ навколо нас є складною системою зв'язків і взаємовпливів. Щоб зрозуміти принцип STEM, необхідно бачити не просто явище, а розуміти, які математично обумовлені фізичні, хімічні, географічні закономірності призвели до його виникнення.

Особливою формою наскрізного STEM-навчання є інтегровані уроки, які спрямовані на встановлення міжпредметних зв'язків. Цілеспрямовані змістовні інтегровані уроки встановлюють міцні зв'язки між навчальними

дисциплінами, вносять новизну в традиційну систему навчання, допомагають учням зрозуміти важливість вивчення основ наук як єдиної системи знань. Інтегровані уроки роблять навчальний процес цікавим, а їх проведення є необхідним для цілісного сприйняття світу та осмислення явищ навколишньої дійсності учнями.

Цікавими інтегрованими 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.

Послідовність розташування тем курсу алгебри 7-9 класів забезпечує своєчасну підготовку до вивчення фізики. Під час вивчення, наприклад, рівноприскореного руху використовується інформація про лінійну функцію, при електричних явищах - інформація про пряму і обернену пропорційність. При вивченні механіки потрібно володіти векторними і координатними методами, а при вивченні оптики - знаннями про властивості симетрії.

Одним із ефективних засобів формування компетентностей є дослідно-проектна діяльність. Проектна діяльність – одна з найперспективніших складових освітнього процесу, яка створює умови творчого саморозвитку та самореалізації учнів, формує всі необхідні життєві компетенції: мовленнєві, інформаційні, політичні та соціальні.

Самостійний пошук знань, їх систематизація, можливість орієнтуватися в інформаційному просторі, бачити проблему і приймати рішення відбувається саме через метод проектів. В основі методу проектів лежать розвиток пізнавальних навичок учнів, умінь самостійно конструювати свої знання й орієнтуватися в інформаційному просторі, удосконалення критичного мислення.

Проект як засіб реалізації STEM-освіти у школі дозволяє органічно інтегрувати знання учнів з різних дисциплін під час розв'язання реальних

проблем, обумовлює їх практичне використання, генерує при цьому нові ідеї, формує всі необхідні життєві компетенції. Реалізація методу проектів на практиці змінює роль вчителя під час навчального процесу. Із носія готових знань він перетворюється на організатора пізнавальної діяльності учнів.

Висновки до розділу 1

1. Проаналізовано сутність та зміст поняття STEM-освіти, окремо розглянуто концепції STREAM та STEAM.

2. Проаналізовано законодавче підґрунтя впровадження STEM- освіти в Україні. Визначено один з основних ключових моментів: STEM-освіта здійснюється через міждисциплінарний підхід.

3. Проаналізовано мету, цілі і завдання STEM-освіти, показано, що впровадження в освітній процес методичних рішень STEM-освіти дозволить поєднати науку зі шкільними знаннями, сформувати в учнів найважливіші характеристики, які визначають компетентного фахівця: уміння побачити проблему; уміння побачити в проблемі якомога більше можливих сторін і зв'язків; уміння сформулювати дослідницьке запитання і шляхи його вирішення; гнучкість як уміння зрозуміти нову точку зору і стійкість у відстоюванні своєї позиції; оригінальність, відхід від шаблону; здатність до перегрупування ідей та зв'язків; здатність до абстрагування або аналізу; здатність до конкретизації або синтезу.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ВИКЛАДАННЯ ОПТИКИ У ПРОГРАМІ СЕРЕДНЬОЇ ШКОЛИ

2.1 Оптика та прилади

Оптика - розділ фізики, в якому вивчаються природа оптичного випромінювання (світла), його поширення та явища, які спостерігаються при взаємодії світла і речовини. Оптичне випромінювання являє собою електромагнітні хвилі.

Оптика - частина загального вчення про електромагнітне поле. Оптичний діапазон довжин хвиль охоплює близько 20 октав і обмежений, з одного боку, рентгенівськими променями, а з іншого - мікрохвильовим діапазоном радіовипромінювання. Таке обмеження умовно і в значній мірі визначається спільністю технічних засобів і методів дослідження явищ в зазначеному діапазоні. Для цих засобів і методів характерні засновані на хвильових властивостях випромінювання формування зображень оптичних предметів за допомогою приладів, лінійні розміри яких набагато більші довжини хвилі і випромінювання, а також використання приймачів світла, дія яких заснована на його квантових властивостях.

Оптичні прилади - це пристрої, в яких випромінювання будь-якої області спектра (ультрафіолетовий, видимий, інфрачервоний) перетворюється (пропускається, відбивається, переломлюється, поляризується).

Віддаючи данину історичній традиції, оптичними зазвичай називають прилади, що працюють у видимому світлі. При первинній оцінці якості приладу розглядаються лише основні його характеристики:

- Здатність концентрувати випромінювання - світлосила;
- Здатність розрізняти сусідні деталі зображення - роздільна сила;
- Співвідношення розмірів предмета і його зображення - збільшення.

Для багатьох приладів визначальною характеристикою виявляється поле зору тобто кут, під яким з центру приладу видно крайні точки предмета.

Здатність приладу розрізняти дві близькі точки або лінії обумовлена хвильовою природою світла і називається роздільною силою. Чисельне значення роздільної сили, наприклад, лінзової системи, залежить від умінь конструктора впоратися з абераціями лінз і ретельно відцентрувати ці лінзи на одній оптичній осі.

При бажанні створити якісний оптичний прилад слід оптимізувати набір його основних характеристик - світлосили, роздільної здатності і збільшення. Не можна зробити хороший, наприклад, телескоп, домагаючись лише великого видимого збільшення і залишаючи малу светосилу. У нього буде поганий дозвіл, так як воно прямо залежить від апертури. Конструкції оптичних приладів досить різноманітні, і їх особливості диктуються призначенням конкретних пристроїв. Але при втіленні будь-якої спроектованої оптичної системи в готовий оптикомеханічний прилад необхідно розташувати всі оптичні елементи в суворій відповідності з прийнятою схемою, надійно закріпити їх, забезпечити точне регулювання положення рухливих деталей, розмістити діафрагми для усунення небажаного фону розсіяного випромінювання. Нерідко потрібно дотримуватися заданих значень температури і вологості всередині приладу, зводити до мінімуму вібрації, нормувати розподіл ваги, забезпечити відведення тепла від ламп і іншого допоміжного електрообладнання. Значення надається зовнішнім виглядом приладу і зручності поводження з ним.

2.2 Види оптики

Оптика розділяється на геометричну, фізичну і фізіологічну. Геометрична оптика залишає осторонь питання про природу світла, виходить з емпіричних законів його поширення і використовує уявлення про світлові промені, переломлюється відбивається на границях середовищ з різними оптичними властивостями і прямолінійних в оптичнооднорідному середовищі. Її завдання - математично досліджувати хід світлових променів в

середовищі з відомою залежністю заломлення показника n від координат або, навпаки, знайти оптичні властивості і форму прозорих відображень середовищ, при яких промені проходять по заданому шляху.

Оптика дозволяє вивчити умови формування оптичного зображення об'єкта як сукупності зображень, його точок і пояснити багато явищ, пов'язаних з проходженням оптичного випромінювання в різних середовищах (наприклад, викривлення променів в земній атмосфері внаслідок непостійності її показника заломлення, освіту міражів, веселок і т.д.). Найбільше значення геометрична оптика має для розрахунку і конструювання оптичних приладів, від очкових лінз до складних об'єктивів і величезних астрономічних інструментів. Завдяки розвитку і застосуванню обчислювальної математики методи таких розрахунків досягли високої досконалості, і сформувався окремий напрямок який отримав назву «Обчислювальна оптика».

Посуті відволікається від фізичної природи світла і фотометрія, присвячена головним чином виміру світлових величин. Фотометрія є методичною основою дослідження процесів випускання, поширення і поглинання випромінювання за результатами його дії на приймачі випромінювання. Ряд завдань фотометрії вирішується з урахуванням закономірностей сприйняття людським оком світла і його окремих кольорних складових. Вивченням цих закономірностей займається фізіологічна оптика, яка має зв'язок з біофізикою і психологією і досліджує зоровий аналіз (від ока до кори головного мозку) та механізми зору.

Фізична оптика розглядає проблеми, пов'язані з природою світла і світлових явищ. Твердження, що світло є поперечне електромагнітним хвилям, засноване на результатах величезного числа експериментальних досліджень дифракції світла, інтерференції світла, поляризації світла і поширення світла в анізотропних середовищах. Сукупність явищ, в яких проявляється хвильова природа світла, вивчається в великому розділі фізичної оптики під назвою «Хвильова оптика». Її математичною підставою

служить загальне рівняння класичної електродинаміки «рівняння Максвелла». Властивості середовища при цьому характеризуються макроскопічними матеріальними константами, діелектричною проникністю ϵ і магнітною проникністю μ , що входять в рівняння Максвелла у вигляді коефіцієнтів. Ці константи однозначно визначають показник заломлення середовища: $n = \sqrt{\epsilon\mu}$.

Феноменологічна хвильова оптика, залишає осторонь питання про зв'язок величин ϵ і μ (зазвичай відомих з досвіду) зі структурою речовини, дозволяє пояснити всі емпіричні закони геометричної оптики і встановити межі її застосування. На відміну від геометричної, хвильова оптика дає можливість розглядати процеси поширення світла не лише при розмірах, але і при формуванні або розсієнні світлових пучків систем і при будь-якому співвідношенні між ними. У багатьох випадках вирішення конкретних завдань методами хвильової оптики виявляється надзвичайно складним. Тому під час розвитку вона отримала назву «Квазіоптика» в якій процеси поширення, заломлення і відображення описуються геометрооптично, але при цьому не можна нехтувати і хвильовою природою випромінювання. Геометричний і хвильовий підходи формально об'єднуються в геометричній теорії дифракції, в якій додатково до падаючих, відбитих і переломлених променів геометричної оптики додається існування різного типу дифракційних променів.

Величезну роль у розвитку хвильової оптики зіграло встановлення зв'язку величин ϵ і μ з молекулярною і кристалічною структурою речовини. Воно дозволило вийти далеко за рамки феноменологічного опису оптичних явищ і пояснити всі процеси, які супроводжують поширення світла в розсіюванні, і анізотропних середовищах, і поблизу границь розділів середовищ з різними оптичними характеристиками, а також залежність від одних оптичних властивостей середовищ, та їх дисперсію, вплив на світлові явища в середовищах під дією тиску, температури, звуку, електричного і магнітного полів і багато ін.

У класичній хвильовій оптиці параметри середовища вважаються незалежними від інтенсивності світла; відповідно, оптичні процеси описуються лінійними (диференціальними) рівняннями. З'ясувалося, однак, що в багатьох випадках, особливо при великій інтенсивності світлових потоків, це припущення неістинне, при цьому виявилися абсолютно нові явища і закономірності. Зокрема, залежність показника заломлення від напруженості поля світлової хвилі (нелінійна поляризованість речовини) призводить, до зміни кута заломлення світлового пучка на кордоні двох середовищ при зміні його інтенсивності, до стиснення і розширення світлових пучків (самофокусування світла і його самодефокусування), до зміни спектрального складу світла, що проходить через таке (нелінійне) середовище (генерація оптичних гармонік), до взаємодії світлових пучків і появи в випромінюванні комбінаційних частот, виділених напрямів переважного поширення світла. Такі явища розглядаються нелінійною оптикою, що отримала розвиток в зв'язку зі створенням лазерів.

Добре описуючи поширення світла в матеріальних середовищах, хвильова оптика не змогла задовільно пояснити процеси його випускання і поглинання. Дослідження цих процесів (фотоефекту, фотохімічних перетворень молекул, закономірностей спектрів оптичних і ін.). Загальні термодинамічні міркування про взаємодію електромагнітного поля з речовиною привели до висновку, що елементарна система (атом, молекула) може віддавати енергію електромагнітного поля (або, навпаки, отримувати її від нього) лише дискретними порціями (квантами), пропорційними частоті випромінювання ν . Тому світловому електромагніту необхідно зіставити потік квантів світла - фотонів, що поширюються у вакуумі зі швидкістю світла $c = 2,99 \cdot 10^9 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$. Фотони володіють енергією $h\nu$, імпульсом z абсолютною величиною $\frac{h\nu}{c}$ і масою $\frac{h\nu}{c^2}$ (їх маса спокою дорівнює нулю), а також спіном $\frac{h}{2p}$, де $h = \frac{6,65}{1027} \frac{\text{Е}}{\text{сек}}$. У найпростішому випадку енергія, що втрачається або додається ізольованою квантовою системою при взаємодії з

оптичним випромінюванням, дорівнює енергії фотона, а в більш складному випадку - сумі або різниці енергій декількох фотонів. Явища, в яких при взаємодії світла і речовини істотні квантові властивості елементарних систем, розглядаються квантовою оптикою. Методами, які розвинені в квантовій механіці і квантовій електродинаміці, а оптичні явища, не пов'язані зі зміною власних станів квантових систем (наприклад, тиск світла, ефект Доплера), можуть трактуватися в рамках як класичних хвильових, так і фотонних уявлень.

Подвійність природи світла (наявність одночасно характерних рис, властивих і хвилям, і часткам) частковий вияв корпускулярно-хвильового дуалізму, властивого, згідно квантової теорії, усім об'єктам мікросвіту (наприклад, електронів, протонів, атомів). Історично концепція корпускулярно-хвильового дуалізму, вперше сформульована саме для оптичного випромінювання, остаточно затвердилася після виявлення хвильових властивостей у матеріальних частинок і лише через якийсь час була експериментально підтверджена для сусіднього з оптичним діапазоном електромагнітного випромінювання - радіовипромінювання (квантова електроніка, квантова радіофізика). Відкриття квантових явищ в радіодіапазоні багато в чому стерло різкий кордон між радіофізикою і оптикою. Спочатку в радіофізиці, а потім у фізичній оптиці сформувався новий напрям, пов'язаний з генеруванням вимушеного випромінювання і створенням квантових підсилювачів і квантових генераторів випромінювання (мазерів і лазерів). На відміну від нерегульованого світлового поля звичайних (теплових і люмінесцентних) джерел, випромінювання лазерів в результаті управління полем актами випускання до них входять елементарні системи, які характеризуються впорядкованістю (когерентністю). Вони відрізняються високою монохроматичністю $\frac{\Delta n}{n} \sim 10^{-10} - 10^{-13}$, см. Монохроматичне світло, гранично мале (аж до дифракції) розсієння пучка при фокусуванні дозволяє отримувати недосяжні ні для яких інших джерел щільності випромінювання

($\sim 10^{18}$ Вт · см⁻² · стер⁻¹). Поява лазерів стимулювало перегляд і розвиток традиційних і виникнення нових напрямків фізичної оптики. Велику роль стали грати дослідження статистики випромінювання (статистична оптика), були відкриті нові нелінійні і нестационарні явища, отримали розвиток методи створення вузьконаправлених когерентних пучків світла і управління ними (когерентна оптика) і т.д. Особливу важливість набуло вивчення кола явищ, пов'язаних з впливом світла на речовину (до появи лазерів найбільшу увагу привертала дія речовини на світло). Розвиток лазерної техніки привело до нового підходу при створенні оптичних елементів і систем і, зокрема, очікувалася розробка нових оптичних матеріалів, які пропускають інтенсивні світлові потоки, про цьому не пошкоджуючись (силова оптика).

2.3 Приклади лабораторних робіт

В шкільному курсі фізики оптика цілими розділами вивчається у 9 та 11 класах. В інших розділах оптичні явища згадуються окремими словами або реченнями.

В 9 класі на вивчення розділу «Світлові явища» відводиться 20 годин навчального часу. При цьому вивчаються такі основні теми:

1. Світлові явища.
2. Швидкість поширення світла.
3. Світловий промінь.
4. Закон прямолінійного поширення світла. Сонячне та місячне затемнення.
5. Відбивання світла. Закон відбивання світла. Плоске дзеркало.
6. Заломлення світла на межі поділу двох середовищ. Закон заломлення світла.
7. Розкладання білого світла на кольори. Утворення кольорів.
8. Лінзи. Оптична сила й фокусна відстань лінзи. Формула тонкої лінзи. Отримання зображень за допомогою лінзи.
9. Найпростіші оптичні прилади. Окуляри.

10. Око як оптичний прилад. Зір і бачення. Вади зору та їх корекція.

Разом з тим учні повинні виконати 3 лабораторних роботи:

№ 1. Дослідження відбивання світла за допомогою плоского дзеркала.

№ 2. Дослідження заломлення світла.

№ 3. Визначення фокусної відстані та оптичної сили тонкої лінзи.

Також учні переглядають 11 обов'язкових демонстрацій

1. Прямолінійне поширення світла.

2. Відбивання світла.

3. Зображення в плоскому дзеркалі.

4. Заломлення світла.

5. Хід променів у лінзах.

6. Утворення зображень за допомогою лінзи.

7. Будова та дія оптичних приладів (фотоапарата, проєкційного апарата тощо

8. Модель ока.

9. Інерція зору.

10. Розкладання білого світла за допомогою призми.

11. На закінчення вивчення даного розділу учні захищають навчальні проекти.

В 11 класі на вивчення розділу «Оптика» відводиться 26 годин навчального часу. При цьому вивчаються такі основні теми:

Розвиток уявлень про природу світла. Світло як електромагнітна хвиля. Поширення, поглинання та розсіювання світла. Геометрична оптика як граничний випадок хвильової. Закони геометричної оптики. Показник заломлення, його зв'язок зі швидкістю світла в середовищі. Рефракція та міражі. Отримання зображень.

Лінзи, оптичні системи та оптичні прилади. Когерентність світлових хвиль. Особливості лазерного випромінювання. Інтерференція світла. Принцип Гюйгенса- Френеля. Дифракція світла. Дифракційні ґратки. Спектроскоп. Неперервний спектр світла. Спектр випромінювання

абсолютно чорного тіла. Формула Планка. Квантові властивості світла. Світлові кванти. Стала Планка. Фотоефект. Досліди О.Г. Столетова. Закони фотоефекту. Теорія Ейнштейна, рівняння фотоефекту. Фотон. Фоторезистори та фотоелементи. Застосування фотоефекта, сонячні батареї. Рентгенівське випромінювання, його застосування в медицині та техніці. Роботи І. Пулюя. Фотохімічна дія світла. Корпускулярно-хвильовий дуалізм світла. Шкала електромагнітних хвиль. Властивості електромагнітних хвиль різних діапазонів. Електромагнітні хвилі в природі та техніці.

Разом з тим учні виконують 5 експериментальних робіт:

1. Дослідження заломлення світла
2. Вимірювання оптичної сили лінзи та системи лінз
3. Дослідження оптичних систем, що складаються із дзеркал і лінз.
4. Спостереження інтерференції та дифракції світла.
5. Визначення довжини світлової хвилі

Також учні переглядають 8 обов'язкових демонстрацій:

1. Відбивання та заломлення світла.
2. Повне відбивання світла.
3. Світловоди.
4. Отримання зображень за допомогою лінзи.
5. Інтерференція світла.
6. Дифракція світла на перешкодах різної форми та різних розмірів.
7. Дисперсія світла, отримання неперервного спектру.
8. Фотоелектричний ефект

Дані теми відповідають шкільним програмам вивчення фізики в 7-9 класах [22] та 10-11 класах [23].

Розглянемо як приклад лабораторні роботи на такі дві теми: «Утворення кольорової гами світла шляхом накладання променів різного кольору», «Визначення фокусної відстані тонкої лінзи». Ці лабораторні роботи є частиною типової програми навчання фізики у загальноосвітніх школах.

Лабораторна робота № 1

Утворення кольорової гами світла шляхом накладання променів різного кольору

Мета: переконатися за допомогою диска Ньютона у тому, що біле світло складається з гами простих кольорів.

Обладнання: саморобний диск, нитки.

Теоретичні відомості

Дисперсія – це залежність швидкості світла в речовині від частоти проходження світла або довжини хвилі. Уперше це явище спостерігав та пояснив англійський фізик Ісаак Ньютон.

Якщо тонкий пучок сонячного світла спрямувати на скляну призму, після заломлення в ній можна спостерігати розкладення білого світла в кольоровий спектр: сім основних кольорів – червоний, оранжевий, жовтий, зелений, блакитний, синій, фіолетовий — плавно переходять один в один.

Найменше відхиляються від початкового напрямку падіння червоні промені, найбільше – фіолетові.

Дисперсія світла дозволила вперше впевнено довести той факт, що біле світло складається з світла інших довжин хвиль.

Хід і результати роботи

Завдання 1

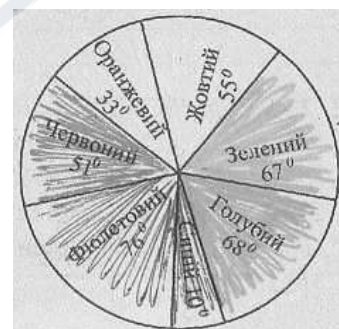
1. Вирізати з цупкого картону круг, розділивши його радіусами на сім частин, і зафарбувати кожну частину одним із семи кольорів спектра.

2. Другий бік диска розфарбувати двома кольорами за

вказівкою вчителя. (Варіанти розфарбовувань:

фіолетовий-червоний; зелений-червоний; фіолетовий-зелений).

3. Зробити в диску два отвори на невеликій відстані від центра (як у



гудзику). Протягнути крізь отвори міцну нитку і зв'язати її кінці.

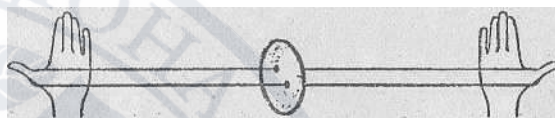
Завдання 2

1. Надіти петлі нитки з двох боків від диска на пальці рук. Зробити кілька обертів диска за умови, що нитки слабо натягнуті. Періодично розтягуючи нитки, привести диск в обертання.

2. Спостерігаючи за диском, що обертається, відмітити зміни гами кольорів на тому боці диска, який розфарбовано у сім кольорів

Завдання 3

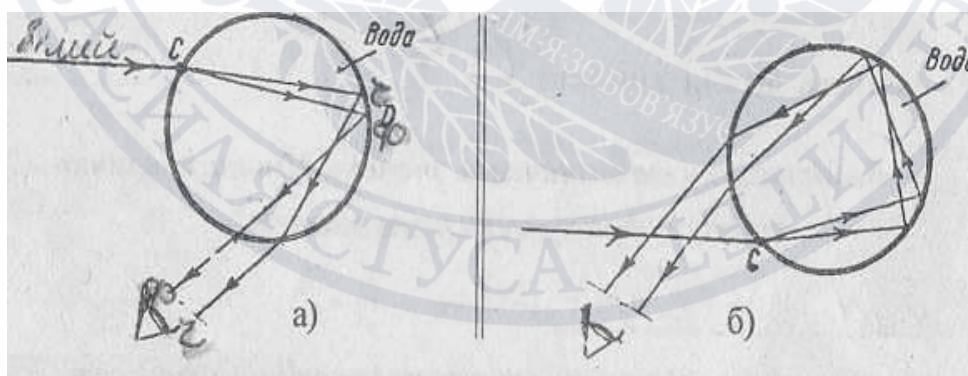
Привести диск в обертання і спостерігати за тим боком диска, який зафарбовано двома кольорами. Вказати колір, який утворюється.



Висновок. (Дається місце для написання висновку)

Контрольні питання

У Ньютона знайшли в архіві чернетку, де збереглися записи і фрагменти малюнка, що пояснюють утворення двох видів веселок, які часто спостерігаються на небі. Закінчіть малюнок, вказавши кольори країв спектра.



Лабораторна робота № 2

Визначення фокусної відстані тонкої лінзи

Мета: навчитися отримувати зображення за допомогою збиральної лінзи, визначати її фокусну відстань та оптичну силу

Обладнання: збиральна лінза, джерело струму, джерело світла (низьковольтна лампочка або свічка), віддалене джерело світла, промені від якого ідуть паралельно, екран, лінійка.

Завдання: отримати зображення джерела світла, описати його характер і визначити фокусну відстань та оптичну силу лінзи

Ідея досліджень

Для виконання роботи необхідно:

- отримати зображення віддаленого джерела світла (Сонця або електричної лампочки, яка розташована на демонстраційному столі вчителя) на екрані у вигляді світної точки і виміряти фокусну відстань лінзи B (відстань від лінзи до екрана);
- розмістити джерело світла між фокусом та подвійним фокусом і домогтися чіткого зображення джерела світла на екрані;
- виміряти відстань від лінзи до джерела світла ($сi$), відстань від лінзи до екрана ($/$) і описати характер зображення;
- визначити фокусну відстань і оптичну силу лінзи (за формулою);
- виконати три попередні пункти, розміщуючи джерело світла за подвійним фокусом та у подвійному фокусі.

Хід і результати роботи

1. Фокусна відстань лінзи $F =$

Джерело світла між фокусом і подвійним фокусом

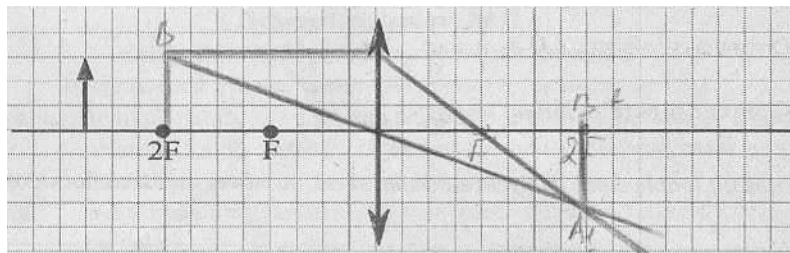
1. $d =$ $f =$ $d ? f$ ($=$, $<$ або $>$)

2. Характер зображення _____

(дійсне чи уявне, пряме чи обернене, збільшене, зменшене чи однакове)

3. Оптична сила лінзи $D = 1/d + 1/f =$

4. Фокусна відстань лінзи $F = 1/D =$



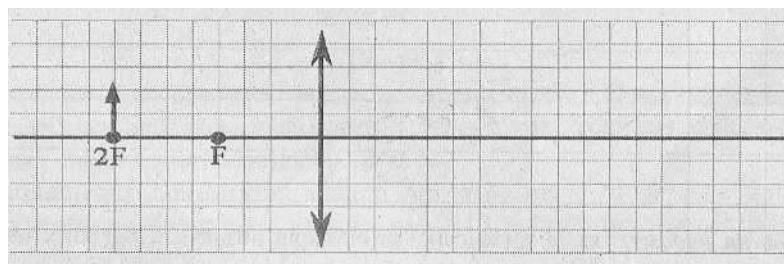
Схематичний малюнок досліду

Джерело світла за подвійним фокусом

1. $d =$ $f =$ $d ? f$ (поставте знак $=$, $<$ або $>$)
2. Характер зображення _____
(дійсне чи уявне, пряме чи обернене, збільшене, зменшене чи однакове)
3. Оптична сила лінзи $D = 1/d + 1/f =$
4. Фокусна відстань лінзи $F = 1/D =$
5. Виконати схематичний малюнок досліду

**Джерело світла у подвійному фокусі**

1. $d =$ $f =$ $d ? f$ ($=$, $<$ або $>$)
2. Характер зображення _____
(дійсне чи уявне, пряме чи обернене, збільшене, зменшене чи однакове)
3. Оптична сила лінзи $D = 1/d + 1/f =$
4. Фокусна відстань лінзи $F = 1/D =$



Схематичний малюнок дослід

Висновок. (Дається місце для написання висновку).

Контрольні питання

За малюнком, з врахуванням мірила, визначити фокусну відстань лінзи побудовою і порівняти із значенням фокусної відстані, обчисленим за формулою.

Варіант 1

Варіант 2



Як можна побачити з розглянутих прикладів, основною особливістю при викладанні фізики є те що лабораторні роботи стосуються саме фізики, і жодним чином в них не йде мова про інші предмети, і ми не можемо вказати на їх мультидисциплінарність, без чого використання такого типу лабораторних робіт в контексті STEM-навчання є проблематичним. Саме тому виникає необхідність у зміні та доопрацюванні вже існуючих лабораторних робіт або у розробці нових, в яких знайдуть своє відображення наскрізні лінії розвитку STEM-освіти.

Так однією з тенденцій розвитку STEM-навчання, як було показано у

першому розділі цієї дипломної роботи, є застосування мейкерства, підходу, що передбачає створення певних необхідних предметів власноруч з підручних матеріалів. Перша показана в прикладах лабораторна робота з утворення кольорової гами світлу певним чином використовує такий підхід, і було б дуже корисним розвинути таку ідею, показавши можливості створення пристроїв для інших лабораторних робіт. Це також дозволить при викладанні теоретичного матеріалу до лабораторної роботи наголосити на тому, що при самостійному створенні приладдя може бути використана вторинна сировина, що є дуже корисним з точки зору екології. Крім того, зазначений підхід допоможе учням подолати певний психологічний бар'єр, пов'язаний з існуючою у багатьох учнів впевненістю, що фізика – це надскладна наука, яка вимагає надскладного спеціального обладнання навіть для проведення елементарних дослідів і демонстрації окремих фізичних явищ.

Ще один дуже важливий аспект: використання мейкерства може допомогти при розробці дистанційних курсів, навіть у проведенні дистанційних лабораторних робіт, що є актуальним у зв'язку з існуючою тенденцією до переходу на домашнє навчання.

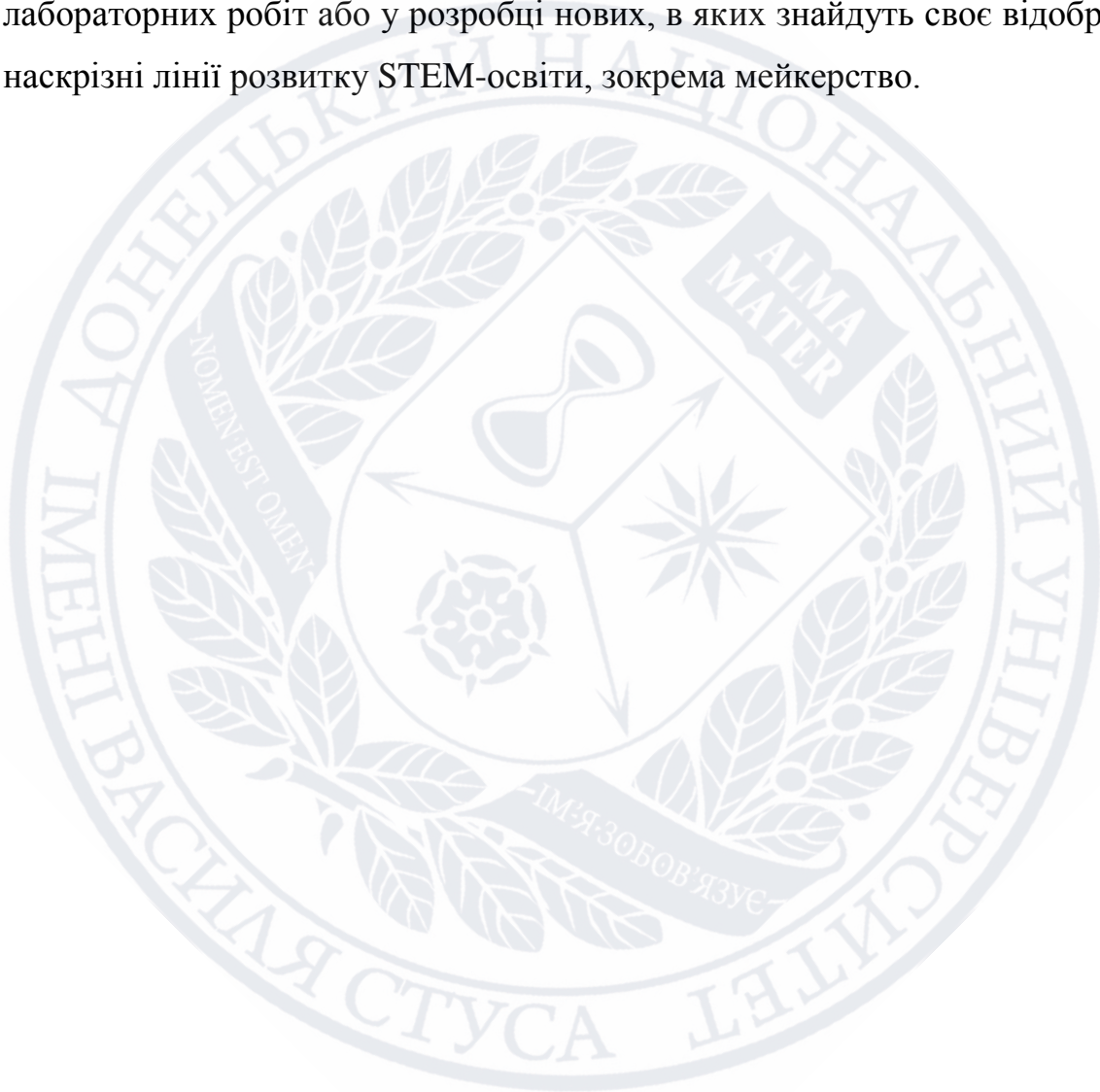
Саме з огляду на показані особливості існуючих лабораторних робіт з фізики та тенденції розвитку шкільної освіти, в наступному розділі дипломної роботи показано декілька лабораторних робіт з фізики, в яких продемонстровано як використання міжпредметних зв'язків фізики та наприклад хімії, так і можливості відповідального споживання та піклування про навколишнє середовище і можливості проведення простих дослідів навіть у домашніх умовах.

Висновки до розділу 2

1. Проаналізовано зміст шкільної програми з фізики та описано, які теми з оптики входять до змісту шкільного курсу фізики.

2. Приведено приклад двох існуючих лабораторних робіт з оптики, показано, що основною особливістю при викладанні фізики є те, що лабораторні роботи не є мультидисциплінарними, без чого використання такого типу лабораторних робіт в контексті STEM-навчання є проблематичним.

3. Наголошено на необхідність у зміні та доопрацюванні вже існуючих лабораторних робіт або у розробці нових, в яких знайдуть своє відображення наскрізні лінії розвитку STEM-освіти, зокрема мейкерство.



РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ STEM

У розділі запропоновано 4 лабораторні роботи, які можуть бути виконані у шкільній STEM-лабораторії. Лабораторні роботи мають структуру, яка відрізняється від наведених у попередньому розділі зразків. Але запропонована у приведених роботах структура дозволяє врахувати п'ять характеристик навчання, які роблять його суб'єктно-орієнтованим, що є невід'ємною рисою STEM-навчання:

1) безпосереднє залучення учнів до самостійної роботи на рівні їхніх можливостей – у двох запропонованих роботах учні безпосередньо залучені до створення приладів для проведення подальших дослідів або мають можливість самостійно зробити достатньо складний пристрій своїми руками;

2) надання чіткої інструкції щодо навичок, які формуються в процесі конкретної діяльності – всі лабораторні роботи містять інтеркцію до виконання певних дій учнями;

3) заохочення учнів до аналізування того, що вони вивчають, як саме вони навчаються (рефлексивні практики, есе тощо) – у запропонованих роботах є також вказівки для вчителя та поради щодо можливих питань, дискусій, тощо;

4) мотивація учнів, надання їм повноважень певного контролю над власним навчальним процесом – запропоновані лабораторні роботи можуть бути виконані учнями самостійно, роль вчителя передбачається у наданні порад щодо виконання, спільного виконання, постановки дискусійних питань;

5) заохочення співпраці між викладачем та учнем, а також учнів між собою – окрім зазначеної у попередньому пункті можливості обговорення та дискусій, в одній з лабораторних робіт є варіант завдання з допомоги іншим учням у виконанні роботи, допомога полягає у створенні ілюстрацій та надання пояснень до них.

3.1 Лабораторна робота «Геометрична оптика»

Запропонована лабораторна робота розрахована на учнів, які тільки починають вивчати оптику або фізику взагалі, може бути виконана під наглядом вчителя в класі, або, наприклад, кого-небудь з дорослих вдома.

Приведена робота має таку структуру: спочатку дається невеликий опис необхідного теоретичного матеріалу, який може бути використаний вчителем як певна передмова до виконання роботи. В теоретичній частині обов'язково наголошується на можливостях застосування, використання розглянутих явищ. Далі йде опис необхідних матеріалів для виконання роботи, і в приведеному випадку можна переконатись, що все необхідне для проведення досліду є в кожного дома. Також при проведенні досліду можна запитати у учнів, що вони думають відносно очікуваного результату, який він може бути – це сприяє розвитку творчих навичок, логічного мислення, навичок мовлення, адже необхідно навчитись формулювати свої думки та висловлювати їх.

Якщо перша частина запропонованої роботи – це поради для вчителя, то друга – це вже хід роботи, яку виконують учні. Також у другій частині приведено поради щодо оформлення роботи – дані приклади таблиць, куди можна заносити результати спостережень.

Лабораторна робота №1. Геометрична оптика.

Теоретична довідка. Хоча оптика - це розділ фізики, який досліджує вивчення походження світла та взаємодії з предметами, ця галузь науки також розширюється на інші предмети, включаючи науку про землю та астрономію. Оптика також включає вивчення інших форм випромінювання, способу їх походження, поширення та відбивання.

В астрономії концепція оптики використовується для вивчення того, як світло проходить через космос та небесні об'єкти, що займають простір галактики. Пояснюючи взаємозв'язок оптики та науки про Землю, викладачі можуть обговорювати зі студентами процеси фотосинтезу, відбиття та

заломлення, теплової стратифікації та, звичайно, зміни клімату.

Використовуючи наступні види діяльності з оптики, вчителі можуть допомогти студентам зрозуміти поняття, що викладаються з цих предметів, та їх зв'язок із реальним світом.

Приклад :

Ми знаємо, що коли світло відбивається від плоского дзеркала, зображення виглядає оберненим в протилежну сторону. Коли поставити інше дзеркало і змінювати кут між ними, тоді набагато складніше відстежувати те, яке положення матиме кожне зображення. У цьому занятті учні використовуватимуть букву R яка не є ні симетричною ні по горизонталі, ні по вертикалі. Коли буква R відображається кілька раз, ця відсутність симетрії допомагає нам зрозуміти, як це було відображено.

Учні будуть спостерігати:

- Якщо зменшити кут між дзеркалами, то побачимо більше зображень.
- Залежність між кількістю зображень і кутом між дзеркалами можна вирахувати по ось такій формулі «зображення = $\frac{360^\circ}{\text{кут між дзеркалами}}$ ». Для перевірки цього способу можна скористатись транспортиром.

Що нам для цього потрібно:

- Для кожних груп із 2-3 учнів один комплект дзеркал (прямокутних, щоб можна було поставити їх під кутом одне до одного).
- Один транспортир.
- Копію зображення, наприклад букву «R».



Рис 3.1. Ілюстрація виконання лабораторної роботи [11]

Підказки та запитання перед виконанням досліду:

Нагадуємо учням, що дзеркала змушують предмети виглядати зворотно, відносно того як вони їх бачать. Запитаємо їх, що вони можуть подумати, що трапиться, якщо предмет відбивається плоске дзеркало тричі? Чотири рази? П'ять разів?

Роздаємо учням аркуші, щоб вони написали свої роздуми про ефект, який вони спостерігають. Допомогаємо учням за потребою.

Що на нашому занятті відбувається:

Багаточисельні відбивання від дзеркал важко зрозуміти і уявити. Якщо у вас одне плоске дзеркало, світло від об'єкта відбиватиметься в дзеркало один раз і вийде із системи. Коли у вас більше ніж одне дзеркало, ви можете створити кілька відображень. Ці багаточисельні відбивання можуть призвести до великої кількості відображення предмету, картинки.

Розглянемо два дзеркала (суцільні лінії), розташовані праворуч на кут 120 градусів

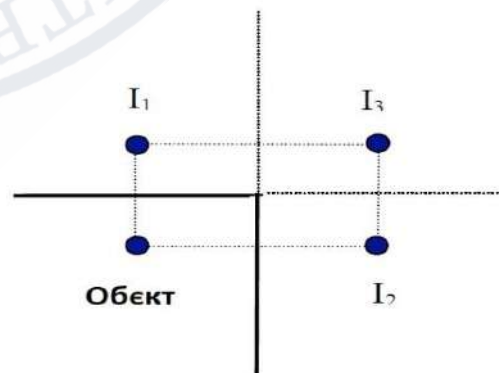


Рис 3.2. Схема 1

один до одного. Об'єктом є маленька куля. Зображення, I_1 та I_2 , формуються точно на протилежні сторони кожного дзеркала, відстань від дзеркал однакова, так само, як ми очікували на відображення від одного дзеркала. Кожне з двох дзеркал дає зображення. Ми також помітили, що I_1 та I_2 лежать на однаковій відстані від пунктирної лінії (що представляє "відображення" сама дзеркальна поверхня).

Коли кут зменшується, виникатиме більше віддзеркалень. Давайте розглянемо два дзеркала, перпендикулярні один одному. Одне зображення сформується з одного відображення від кожного дзеркала. Ви можете згадати що перпендикулярні дзеркала дають два відбиття. Ці два відображення створюють третє зображення, I_3 . Ми можемо побачити ці відблиски, подивившись у дзеркало, як показано нижче.

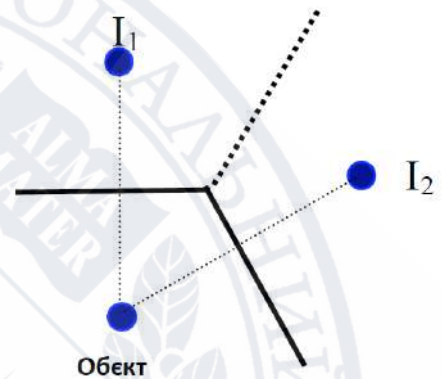


Рис 3.3. Схема 2

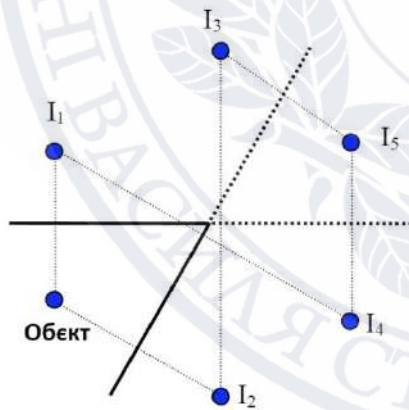


Рис 3.4 Схема 3



Рис 3.5. Ілюстрація відзеркалення під кутом 120°

Давайте зробимо ще один крок далі і подивимось, що відбувається коли кут між дзеркалами 60° . І1 а І2 - прямі відбиття від об'єкта. І3 є а подвійне відбиття і можна побачити, відбивши І2 через продовження верхнього дзеркала.



Рис 3.6 Ілюстрація відзеркалення під кутом 60°

І4 - це відображення І1 через кутове дзеркало. І5 є а композиція відбиттів від І3 та І4. Ми можемо зрозуміти, що робота потребує багато зусиль і буде складною.



Рис 3.7 Проста схема відзеркалення

Що повинні зробити учні (хід роботи):

1. Нехай учні відкриють навісне дзеркало і заглянуть у нього. Повільно змінюють кут і спостерігають за числом відображення себе, яке вони бачать. **Запитання для учнів:** якщо ви хочете побачити більше відображень, потрібно зробити кут між дзеркалами більший чи менший?

2. Поставте велике зображення з літерою R на стіл. Відкрийте дзеркало і поставте його на зображення літери R, як показано на малюнку праворуч. Відрегулюйте кут між дзеркалами, поки не побачите рівно одне повне відображення R в кожному дзеркалі. Використовуйте свій транспортир для вимірювання кута між дзеркалами і запишіть це в таблицю даних на наступній сторінці. В останньому стовпчику, зобразіть візерунок, який ви бачите подібним до ескізу нижче.

3. Переміщуйте дзеркала, поки не побачите три повних відображення R в дзеркалах. Виміряйте кут дзеркал і записуйте його значення в таблицях даних нижче. В останньому стовпці замалюйте шаблон, який ви бачите. Зверніть увагу на те, які зображення R реверсуються (тобто будуть перевернутими), а які ні.

4. Повторюйте переміщення дзеркал, збільшуючи кількість відбитих R на кожний раз, доки ви не побачите 7 відображень.

5. Створіть графік кількості відбиттів (вісі y) проти кута дзеркала (вісі x). Опишіть форму графіку у словах.

6. Переглядаючи свої дані та графік, перевірте, чи можете ви передбачити кут між дзеркалами тоді, коли побачите вісім відображень. Спрогнозуйте кут для дев'яти відображень.

7. Чи можете ви придумати формулу, яка співвідносить кількість відображень, які ви бачите, до кута між дзеркалами?

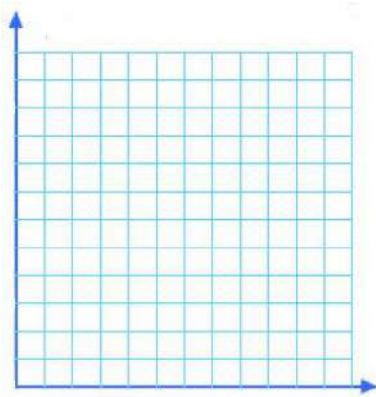


Рис 3.8. Координатна сітка для зображення графіку

Таблиця даних		
Номер відображення	Кут між дзеркалами	Ескіз

Рис 3.9.Таблиця для заповнення даних

3.2 Лабораторна робота «Фотокамера з підручних матеріалів»

Ця робота призначена вже для учнів старших класів. Робота дозволяє не тільки показати, що складний на перший погляд пристрій – фотокамеру – можна зробити своїми руками, але й використати міжпредметні зв'язки хімії та фізики, розповівши як світло впливає на фотопапір, що відбувається, коли фотопапір занурюють у проявник. Також робота може бути використана в контексті STEAM, на її прикладі можна розповісти про історію винахідництва, розвитку науки та техніки, історію фотомистецтва та інше, з цією метою нами було приведено інформацію з історії виникнення фото-справи, особливості хімічного складу фотопаперу та проявника.

Робота має форму інструкцій-вказівок до виконання.

Лабораторна робота № 2 «Фотокамера з підручних матеріалів»

Робота основана на явищах, що виникають при проходженні світла через отвір. Виготовлення камери власними руками на основі інструкцій, наданих Міжнародною асоціацією технологічної освіти, дозволяє учням вивчити взаємозв'язок між плівкою, світлом та фотонами.

Крок 1. Зберемо матеріали. Нам знадобиться коробка, фотопапір, тоненький кусок матеріалу, наприклад: банка або латунна прокладка, стрічка, канцелярський ніж, і наждачний папір.

Перевагою таких матеріалів є те, що їх використання - це практично переробка відходів, та вони екологічно чисті. Використовуючи такі екологічно чисті матеріали, ми не причинимо ніякої шкоди природі, та такі матеріали досить швидко розкладаються у природі.

Крок 2. Зробимо отвір.

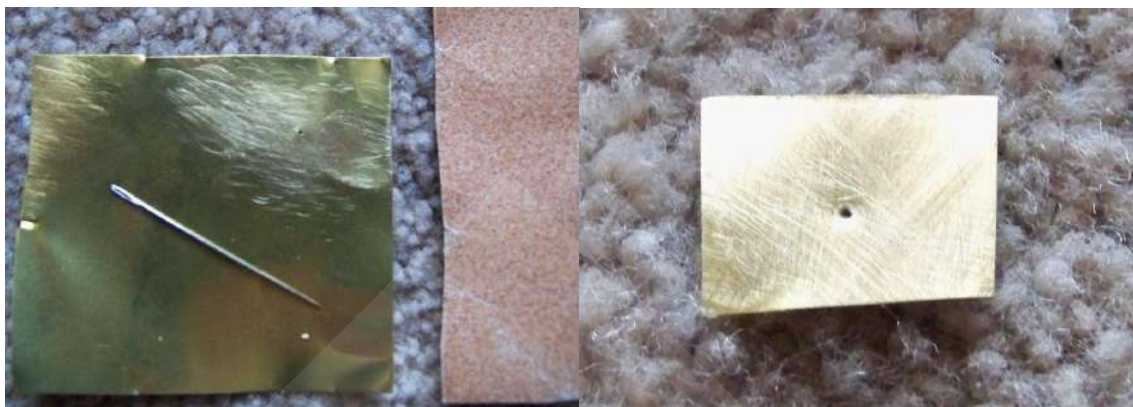


Рис. 3.10. Робимо отвір

Рис. 3.11. Зробили отвір

Отвір буде таким собі об'єктивом камери, яку плануємо створити. Зробимо голкою маленький отвір в латунній пластині і зашліфуємо його. Обріжемо прокладку так, щоб кругом отвору залишалося трішки місця.

Крок 3. Зробимо коробку для камери.



Рис. 3.12.Зробили отвір для камери

Рис. 3.13.Коробка для камери

Можемо використати коробку від взуття, або будь яку іншу. Коробка не повинна пропускати сонячні промені. На одному з боків коробки робимо невеликий отвір, куди будемо ставити кусок металу з попередніх кроків. Коли кришка і отвір закриті в середині всередині повинно бути повністю темно. Переконайтесь, що в коробці немає інших отворів та щілинок. Пофарбуйте коробку в чорний колір.

Крок 4. Вставте металеву пластинку з отвором.



Рис. 3.14. Крок 5.



Рис. 3.15. Крок 6.



Рис. 3.16. Крок 7.



Рис. 3.17. Крок 8.



Рис. 3.19. Крок 9.



Рис. 3.20. Крок 10.

Закрийте квадратний отвір із середини. Можна використати ізоляційну стрічку. Відцентруйте отвір в коробці. Зробіть заслінку, яка буде просто

закривати отвір ззовні, її можна також зробити із ізоляційної стрічки, як показано на ілюстраціях.

Крок 5. Встановіть фотопапір.



Рис. 3.21. Встановили фотопапір

Це потрібно робити в повній темряві. Ви можете зробити темну кімнату у ванній або шафі і використовувати її для встановлення та зміни паперу. Зафіксуйте аркуш фотопаперу на внутрішній стороні коробки навпроти отвору. Покладіть кришку і переконайтесь, що затвор закритий. Тепер ви можете вийти на світло.

Крок 6. Фотографування.



Рис. 3.22.



Рис 3.23. Фото 1

Рис 3.24. Фото 2

Наведіть камеру на те, що ви хочете зняти. Найкраще це працює, коли яскраво і сонячно. Залежно від освітлення та хмар тримайте затвор відкритим протягом 30 секунд до 4 хвилин, а потім закрийте. Все повинно залишатися ідеально нерухомим. Поверніться в темну кімнату і вийміть папір для обробки.

Фотопапір для використання в класичному фотографічному процесі покритий світлочутливою емульсією, що складається з тонкого желатинового шару, який містить кристалики світлочутливої речовини - солі срібла, розміром менше 0,001 мм. Як світлочутлива речовина

найчастіше використовується хлористе срібло, що має максимум чутливості в ультрафіолетовій зоні спектру.

Фотопапір, як правило, експонують з негативу (фотоплівка, фотопластинка), використовуючи фотозбільшувач, або за допомогою контактного друку. Під дією світла в емульсії відбуваються хімічні реакції, утворюється приховане зображення, яке перетворюється на видиме при подальшій хімічній обробці (проявлення, фіксування).

Ефективна чутливість фотопаперу в десятки разів менше фотоплівки і складає зазвичай одиниці і частки одиниць ISO. Типові витримки при друці — кілька секунд, у той час як при експонуванні фотоплівки - десяті й соті частки секунди.

Крок 7. Обробка фотопаперу.

Вам знадобиться проявник, закріплювач, вода, щипці, рушники та безпечне світло у вашій темній кімнаті. Універсальні, або нормальні проявники дають нормальний контраст з хорошою градацією тонів і опрацюванням деталей у різних експонованих ділянках зображення. Мають високу відновно-окисну і кислотно-основну буферність, стабільні в роботі: $\text{pH} = 10-10,5$. За швидкістю проявки універсальні для прояву відносяться до нормальних, час проявки в них становить 4 — 10 хвилин при $t = 20^\circ\text{C}$.

При необхідності оперативної проявки використовують швидку проявку. Одержуване в них зображення за своїми фотографічними характеристиками не поступається зображенню, проявленому в універсальних проявниках. Швидкі проявники - активні, концентровані, мають лужну реакцію $\text{pH} = 11,5-13$. Тривалість проявки при температурі $20-45^\circ\text{C}$ становить від 40 до 120 секунд. Щоб уникнути виникнення вуалі при проявці, в швидкісних проявниках вводять активні проявляючі речовини (бензотріазол, фенілмерптетразол та ін.) Необхідно також пам'ятати, що під час проявки при високій температурі буде виявлено сильне затвердіння. Ці проявники характеризуються дуже високим контрастом зображення.

Фотопапір повинен бути темно-чорним, коли вимкнено безпечне світло. Ви можете використовувати жовтогарячі чи червоні світлодіодні ліхтарі як безпечне світло. Папір із коробки буде негативом, щоб отримати позитив зображення при проявленні фотопаперу при обробці, негатив повинен бути притиснутим до іншого аркушу фотопаперу лицем до лица. Негатив повинен бути зверху. Скористайтесь шматочком скла, щоб притиснути їх один до одного і увімкнути світло на кілька секунд. Переконайтеся, що ваш додатковий фотопапір у безпеці та повністю накритий, інакше він «засвітиться» - все стане чорним. Тепер робимо позитив знімку. Покладемо негатив та додатковий фотопапір в проявник, потім змочуємо все це у воді, далі переносимо у фіксатор і знову змочуємо у воді, і вкінці висушуємо.

У 1820-і р.р. Жозеф Нісефор Ньєпс винайшов спосіб збереження отриманого зображення в камері-обскурі. У ній падаюче світло оброблялося асфальтовим лаком (аналог бітуму) на поверхні зі скла. За допомогою асфальтового лаку зображення набувало форму і ставало видимим. Таким чином вперше в історії розвитку фотографії і всього людства картину створював не художник, а падаючі промені світла в заломлюванні.

У 1835 р. англійський фізик Вільям Тальбот винайшов відбиток фотографії — негатив і за допомогою камери-обскури Ньєпса зміг з його допомогою поліпшити якості фотозображень. Після появи цього нововведення знімки стало можливим копіювати. Тальбот зробив свою першу фотографію, на якій було зображено його власне вікно з чіткими віконними ґратами. Пізніше він написав доповідь, в якій називав художнє фото світом прекрасного. Так Тальбот заклав в історію фотографії один з майбутніх принципів друку фотографій.

У 1861 р. фотограф з Англії Т.Сеттон винайшов перший в історії фотоапарат з єдиним дзеркальним об'єктивом. Принцип роботи цього фотоапарата полягав в наступному: на штатив закріплювався великий ящик з

непроникаючою для світла кришкою зверху, але через яку була можливість вести спостереження. Об'єктив ловив фокус на склі, де за допомогою дзеркал формувалося зображення.

Першим, хто розпочав у 1889 році масове виробництво фотоматеріалів, був американець Джордж Істмен (Kodak Nr. 1). З 1888 року ця фірма називається «kodak». Інший гранд у бізнесі фотоматеріалів - німецька фірма AGFA. Також відомими виробниками є такі великі японські фірми KONICA та FUJIFILM. У 1923 р. був винайдений перший фотоапарат, у якому використовується 35 мм плівка, взята з кінематографа. Це дало можливість отримувати невеликі негативи і друкувати великі зображення лише для знімків. Через 2 роки фотоапарати фірми «Leica» вийшли у масове виробництво.

У 1935 році відома компанія «Kodak» випустила кольорові фотоплівки «Кодакхром» в масове виробництво. Але ще тривалий час при друку їх необхідно було віддавати на доопрацювання після проявлення, де вже накладалися кольорові компоненти під час проявлення. У 1942 р. компанія «Kodak» почала випуск кольорових фотоплівок «Kodakcolor», які стали одними з популярних фотоплівок для професійних та аматорських камер наступні півстоліття.

У 1963 р. переворот в друк фотографій внесли фотокамери «Polaroid», які давали можливість друкувати фотографію миттєво після отриманого знімка одним натисканням. Всього лише потрібно було почекати кілька хвилин, щоб на порожньому відбитку з'явилися контури зображень, а потім проступала цілком кольорова фотографія гарної якості. Ще наступні 30 років універсальні фотоапарати Polaroid стали займати провідні місця в історії фото, щоб поступитися епосі цифрової фотографії.

У 1970-х роках фотоапарати стали комплектувати вбудованим експонетром, автофокусуванням, автоматичними режимами зйомки, в аматорських 35 мм камерах присутній вбудований фотоспалах. Пізніше до 80-х років фотоапарати почали забезпечуватися

рідкокристалічними панелями, які показували користувачеві програмні установки і режими фотокамери. Ера цифрової техніки тільки починалася, а ера фотоплівок побачила власний кінець.

3.3 Лабораторна робота «Проходження світла через суцільне середовище»

Ця лабораторна робота знов орієнтована на учнів, які тільки починають знайомство з фізикою. Сама робота дуже проста у виконанні, тому як альтернативний варіант може використовуватись навіть на заняттях з природознавства або схожих дисциплін. Запропонований матеріал дозволяє розвинути комунікативні компетентності учнів – одним з завдань запропоновано зробити ілюстрації та пояснення для інших учнів групи. Використання аналогій дозволяє розвинути у учнів компетенції абстрактного мислення, аналізу та синтезу отриманої інформації. Робота складається з кількох дослідів, подана у вигляді невеликої вступної частини та інструкцій щодо виконання, може бути зроблена в класі під наглядом вчителя або вдома під наглядом дорослих.

Лабораторна робота №3 «Проходження світла через суцільне середовище».

Оптика – тема, яку докладно вивчають на уроках фізики. Однак розуміння як світлові хвилі заломлюються і відбиваються на межі розділу двох матеріалів допоможе також і в інших сферах.

Для цього ми проведемо спочатку невеликий експеримент саме з оптики. Головна мета цього експерименту - зробити власні спостереження, з використанням аналогії, здійснити можливість уявити собі, як сейсмічні хвилі рухаються через мантію Землі. Перш ніж перейти безпосередньо до дослідів,

який використовує сейсмічні дані, давайте зробимо окремі спостереження з геометричної оптики та переконаємось, що розуміємо її основні принципи.

В цій лабораторній роботі ми розрахуємо показник заломлення світла у воді, замірявши кути падіння і заломлення світла коли воно надходить з повітря і проходить воду.

Що нам для цього знадобиться:

- Посудина з водою. Ідеально підходить контейнер для зберігання продуктів квадратної або прямокутної форми, якщо він прозорий і достатньо великий. Якщо контейнер буде недостатньо великий, ви не зможете проводити спостереження в широкому діапазоні кутів падіння.
- Папір
- Ручка
- Транспортир
- Компас
- Три предмети, які добре видно скрізь воду, перевернуті кнопки або шурупи.

На фото всі предмети, які нам потрібні для виконання роботи.



Рис 3.25. Матеріали, які необхідні для роботи

Крок 1. Позначте на папері розташування посудини з водою.



Рис 3.26. Ілюстрація кроку 1. Жираф стоїть ліворуч контейнера з водою

Крок 2. Помістіть один із ваших предметів на одну сторону посудини так, щоб, якщо ви подивитися в посудину з другої сторони, то змогли би побачити предмет скрізь воду.



Рис 3.27. Ілюстрація кроку 2. Дивимось на Жирафа крізь воду

Крок 3. Подивіться з другої сторони на ваш предмет, і закрийте одне око.

Крок 4. Тепер помістіть інший предмет між оком і посудиною так, щоб ваш перший предмет повністю закрився другим.



Рис 3.28. Ілюстрація кроку 4. Чубака закриває собою Жирафа

Крок 5. Тепер розташуйте третій об'єкт між оком і другим об'єктом так, щоб другий об'єкт повністю закрити.



Рис 3.29. Ілюстрація кроку 5. Губка Боб закриває собою Чубака і Жирафа

Крок 6. Тепер візьміть ручку і позначте розташування ваших об'єктів.

Крок 7. Можемо забрати об'єкти і посудину з водою від паперу. В нас повинен залишитися контур від посудини і три точки від об'єктів.

Крок 8. З'єднаємо точки об'єктів лінією, яка буде доходити до контура від посудини.



Рис 3.30. Ілюстрація кроків 7,8. Малюємо падаючий промінь за допомогою лінійки

Крок 9. Намалюйте лінію, паралельно лінії наших об'єктів, яка буде проходити через точку першого об'єкта і з'єднуватися з контуром на стороні біля першого об'єкту.

Крок 10. За допомогою лінійки з'єднайте дві точки на кожній стороні контура посудини. Тепер в нас повинно бути три відрізки ліній, які покажуть як світло пройшло в повітрі, потім у воді, і знову в повітрі від першого предмета до вашого ока.



Рис 3.31. Ілюстрація кроку 10. Маємо контур резервуара і три відрізки, які з'єднують положення предметів з контуром резервуара.

Крок 11. Проведіть лінію, перпендикулярну контуру резервуара, в точці, в якій падаючий промінь від першого об'єкта у воді, до резервуара пересікаючи контур резервуара.

Крок 12. Заміряйте кут падіння. Це кут між відрізком лінії першого об'єкту, який був у воді і перпендикулярній лінії.

Крок 13. Заміряйте кут заломлення. Це кут між перпендикулярною лінією і променем всередині резервуара, так як на фото.

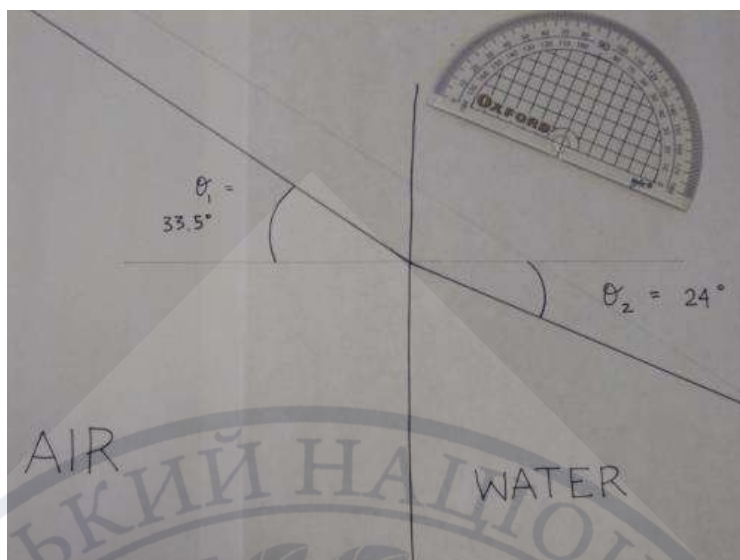


Рис 3.32. Ілюстрація кроків 12, 13, 14. Кут падіння (θ_1)= $33,5^\circ$ і кут заломлення (θ_2)= 24° .

Крок 14. Замініть бак, помістіть Жирафа в друге місце і повторіть процедуру, яка описана вище. Також ви можете залишити Жирафа на тому самому місці і перемістити свій погляд з другого ракурсу. В будь-якому випадку повторіть це декілька раз з одним або з двома варіантами.

Крок 15. Використовуючи робочий аркуш, який знаходиться в кінці роботи, заповніть таблицю 1 своїми даними.

Крок 16. Продовжуйте виконувати завдання, які знаходяться на робочому аркуші.

ФІО _____

Розрахунок показника заломлення

1. Заповніть таблицю нижче своїми вимірами кута падіння та кута заломлення.

Таблиця 1. Виміряні кути для лабораторії заломлення води

Кут падіння	Кут заломлення
$33,5^\circ$ (Зразок)	24° (Зразок)

2. Побудуйте графік кута падіння навпроти кута заломлення.

3. Опишіть свій варіант (тобто чи існує чітка залежність між кутом падіння та кутом заломлення?).

4. Тепер обчисліть синус кута падіння і синус кута заломлення та заповніть нову таблицю значень:

Таблиця 2. Синус кутів падіння та заломлення

Синус кута падіння	Синус кута заломлення
0,552 (Зразок)	0,407 (Зразок)

5. Побудуйте графік залежності синуса кута падіння від синуса кута заломлення.

6. Опишіть свій варіант з завдання №5 (чи існує така чітка залежність між цими величинами?)

7. Показник заломлення матеріалу знаходять шляхом ділення синуса кута падіння на синус кута заломлення. Обчисліть показник заломлення води для кожного випробування набору даних.

8. Прийняте значення показника заломлення води становить 1,33. Перегляньте свої дані та обговоріть можливі джерела помилок. (Навіть якщо кожен із ваших випробувань дав ідеальну роботу, і ви щоразу отримували 1,33, все одно потрібно, щоб ви це зробили! У моєму прикладі я отримую значення 1,357, що не дуже погано, але я не збираюся вигравати жодної нагороди за точне вимірювання з цим результатом. Найбільш очевидним джерелом похибок є те, що предмети досить товсті. Це вводить певну невизначеність щодо того, куди їх розмістити, щоб вони затьмарили одне одного.)

9. У цьому експерименті ми можемо зробити розрахунок для кожного випробування, як це було зроблено в завданні №7, або можемо підвести пряму лінію до точок, нанесених на завданні №5. Якщо ви побудували графік синуса кута падіння на осі y і синуса кута заломлення на осі x , тоді нахил прямої повинен бути показником заломлення. Яким повинен бути нахил прямої, якщо ви нанесете синус кута падіння на вісь x і синус кута заломлення на вісь y ?

10. Накресліть лінію, яка проходить через початок координат і нахилом якої є теоретично правильний нахил на основі способу побудови ваших даних. Зауважте, що я прошу вас не відповідати вашим даним, а лише провести правильну теоретичну лінію для довідки. Намалюйте його на своїй ділянці з завданням №5, щоб ви могли визначити, чи постійно ви рухались в одному напрямку, чи ваші результати випадково розкидані.

11. Який найбільший кут заломлення (світла через воду) теоретично можливий і чому? Який найбільший кут заломлення ви могли надійно виміряти за допомогою експериментальної установки і чому?

12. Вставте одну чи дві фотографії експериментальної установки для наступних учнів, які будуть виконувати такі завдання.

3.4 Лабораторна робота «Вивчення спектрів»

Наступна лабораторна робота складається з двох частин. Робота призначена для учнів старших класів і може бути виконана під керівництвом вчителя. На відміну від попередніх робіт, які можна було виконати на приборах з підручних матеріалів, у цій лабораторній роботі треба використати дифракційну решітку, яка є у кожному шкільному кабінеті з фізики. У цій лабораторній роботі знов зроблено акцент на тому, що учні створюють основне обладнання для дослідів власними руками. Також особливістю роботи є приведені теоретичні відомості щодо озонового шару, його важливості для нормального функціонування біологічного середовища.

Робота передбачає створення пристрою, який потім буде використовуватись у подальших послідах, у другій частині приведеної роботи. Така структура відповідає особливостям використання процедури інженерного дизайну в навчальних STEM-проектах, які можна проілюструвати за допомогою наступної схеми.

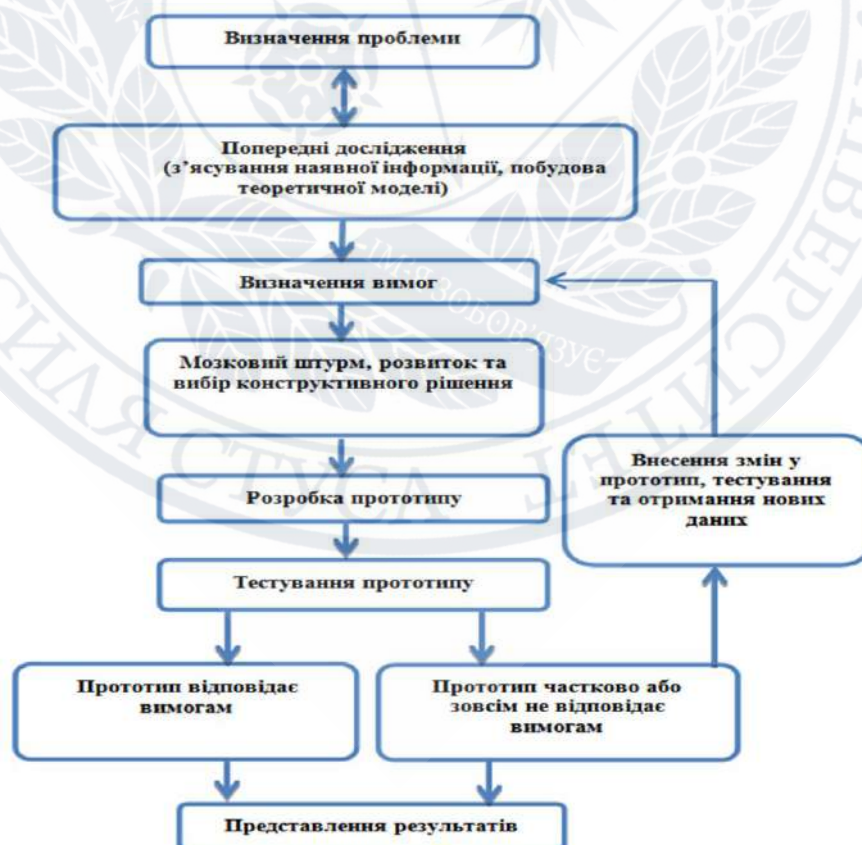


Рис. 3.34. Етапи інженерного дизайну [30]

За такою схемою, на початку заняття вчитель може після розповіді про те, що називається спектром, поставити перед учнями проблему: за допомогою яких приладів вивчається це явище, потім пояснити найпростішу схему приладу, пояснивши призначення окремих конструктивних елементів, запропонувати учням висловити свої ідеї щодо можливості реалізації приладу з названих матеріалів, настроїти прилад, протестувати його та нарешті провести з його допомогою експеримент.

Лабораторна робота № 4 «Вивчення спектрів».

Теоретична довідка.

Біле світло можна розділити на всі сім основних кольорів компонентів спектру або веселки за допомогою дифракційної решітки чи призми. Дифракційна решітка відокремлює світло на кольори, коли світло проходить через безліч тонких щілин решітки. Така решітка називається решіткою передачі. Також є рефлекторні решітки. Відзеркалююча (рефлекторна) решітка являє собою блискучу поверхню, що має багато дрібних канавок. Компакт-диск - це добре відзеркалююча решітка.



Рис 3.35. Ілюстрація розподілу світла на компоненти спектру №1

Призма розділяє світло на кольори, тому що кожен колір проходить крізь призму з різною швидкістю і кутами. Кути відбиття світла при вході та виході призми, змінюються залежно від довжини хвилі або кольору світла.

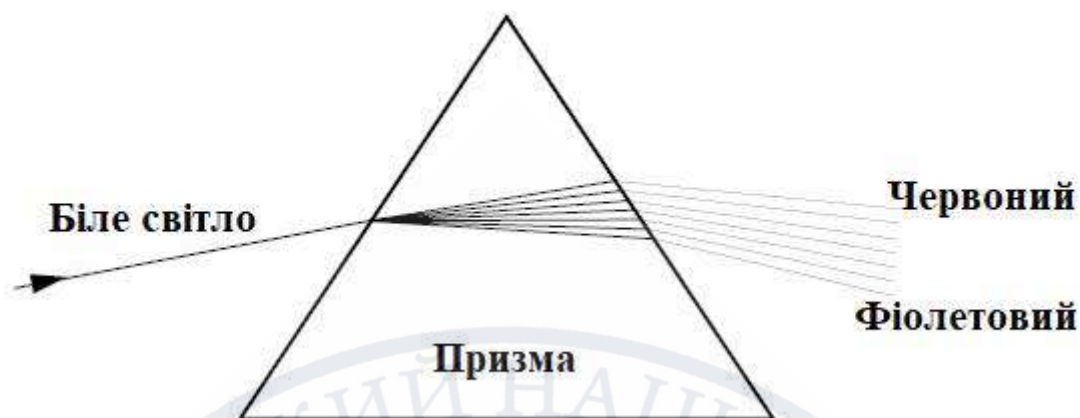


Рис 8.3 Ілюстрація розподілу світла на компоненти спектру №2

Протягом сотень років вчені вірили: світло складається з крихітних частинок, які вони називали "корпускулами". В 1600-х, дослідники спостерігали, що світло також мало багато різнохарактерних хвиль. Сучасні вчені вважають, що при певних умовах світло можна описати як потік частинок, фотонів, а при інших умовах його поведінка може бути описана як розповсюдження хвилі.

Електромагнітні хвилі можуть мати різну частоту. Електромагнітний спектр становить діапазон частот хвиль від низької частоти (нижче видимого світла) до високої частоти (над видимим світлом). (Подивитися малюнок нижче.)

До категорії радіохвиль належать радіо та телевізійні хвилі. Ці низькочастотні хвилі відбиваються від багатьох матеріалів.

Мікрохвилі проходять через деякі матеріали, але поглинаються іншими. У мікрохвильовій печі, хвиля проходить через скло і поглинається вологою в їжі. Їжа готується, але скляна ємність нагрівається.

Електромагнітний спектр

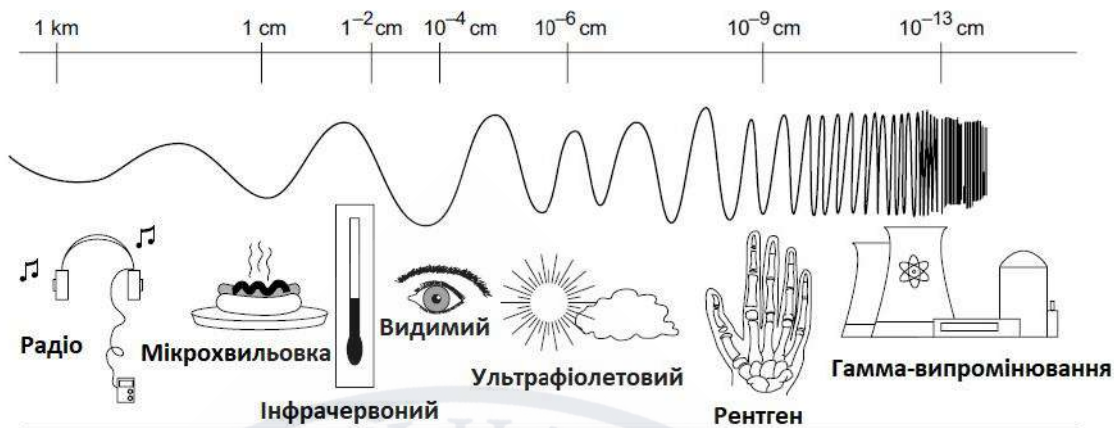


Рис 3.36. Походження хвиль випромінення

Інфрачервоні або теплові хвилі легше поглинаються матеріалами, ніж інші хвилі. Темні матеріали поглинають інфрачервоні хвилі, поки світлі матеріали відображають їх. Сонце випромінює інфрачервоні хвилі, та нагріває Землю цим створює умови для життя тварин і рослин.

Видимі світлові хвилі - це сама найменша частина спектра, лише частоти, видимої для людського ока. Кольори в цій категорії різні, в діапазоні від червоних довжин хвиль, які знаходяться трохи вище невидимого інфрачервоного, до фіолетового. Більша частина енергії Сонця випромінюється як видиме світло.

Сонце також випромінює багато ультрафіолетових хвиль. Високочастотні ультрафіолетові довгі хвилі від Сонця викликають сонячний опік.

Рентгенівські промені можуть проникати в м'язи та тканини, але перекриваються кісткою, що дозволяє робити медичні та стоматологічні рентгенівські знімки.

Гамма-випромінювання є потужнішими, ніж рентгенівські промені, і використовуються для знищення ракових клітин.

Озоновий шар атмосфери захищає Землю від небезпечних ультрафіолетових, рентгенівських та гамма випромінювань.

Озоновий шар – це шар атмосфери (стратосфери), в межах якого концентрація озону удесятеро вища, ніж біля поверхні Землі.

Основна кількість озону зосереджена на висоті 20-55 км над поверхнею Землі, максимальна його концентрація – на висоті 5-18 км. Озон утворюється в стратосфері із двохатомного кисню, що поглинає “жорстке” короткохвильове ультрафіолетове випромінювання. Таким чином озон обмежує проходження ультрафіолету і не пропускає його короткохвильову частину, у разі проникнення якої життя на Землі у сучасній білковій формі було б неможливим. При проникненні цієї складової сонячного спектру до земної поверхні почастишають опіки шкіри та сітківки ока, розвиток злоякісних пухлин, будуть руйнуватись молекули ДНК та кров’яні тілця, пригнічуватиметься фотосинтез у рослин. У разі збільшення інтенсивності “жорсткого” ультрафіолету може загинути планктон у поверхневому шарі води, який є основою харчових ланцюжків усіх морських екосистем. Таким чином, озон є своєрідним захисним екраном для всього живого на Землі.

Атмосферний озон вважається також найбільш важливим енергетичним складником стратосфери. Завдяки поглинанню сонячної енергії підтримується баланс температури в стратосфері, баричне поле, режим вітрів.

Озоновий шар в стратосфері Землі з’явився “на світанку” її геологічної історії завдяки поступовому накопиченню кисню внаслідок процесу фотосинтезу мікроскопічними морськими водоростями. Коли вміст кисню в атмосфері досяг 10% від сучасного, сформувався озоновий шар, і життя змогло “вийти” з моря на суходіл (до цього поверхня суші була стерилізована короткохвильовою частиною ультрафіолету).

У 1985 році фахівці з Британської антарктичної служби повідомили про зменшення на 40% вмісту озону в атмосфері над станцією Халлі-Бей в Антарктиді за період з 1977 по 1984 роки. Незабаром цей факт підтвердили й інші дослідники, які довели, що область зниженого вмісту озону виходить за межі Антарктиди і за висотою охоплює шар від 12 до 24 км, тобто значну частину нижньої стратосфери. Площа «діри» з року в рік збільшується і сьогодні вже перевищує площу материка.

На початку 80-х років за вимірюваннями із супутника «Німбус-7» аналогічна «діра», виявлена в Арктиці, охоплювала меншу площу, зниження вмісту в ній було близько 9%. У середньому в стратосфері Землі вміст озону зменшився на 5% за період з 1979 по 1990 роки.

За даними екологічного відділу ООН і Всесвітньої метеорологічної ради, ознаки руйнування озонового шару спостерігаються над Північною Америкою, частиною Південної Америки, Європою, країнами колишнього СРСР, Австралією, Новою Зеландією.

Було висунуто кілька гіпотез щодо пояснення виникнення озонових “дірок”. Згідно з першою гіпотезою, причиною руйнування озону є його хімічні реакції з іншими сполуками у стратосфері. Так, хлор сприяє розпаду озону. Хлор вивільняється з хлорфторвуглеців – інертних сполук, що використовуються як холодоагенти у кондиціонерах і холодильниках, як хімічні агенти для виробництва пінопластів. Учені обчислили, що за тривалий час перебування у стратосфері кожен атом хлору знищує 100 тис. молекул озону, внаслідок чого до земної поверхні проходить стільки ж ультрафіолетових фотонів. Бром, що вивільняється з метилброміду (засіб використовується у сільському господарстві для боротьби зі шкідниками в ґрунті), також руйнує озон, причому у більш високих шарах стратосфери, ніж фреони. До цієї руйнівної сили додається дія нітросполук, азотних добрив, ядерні вибухи (найбільша небезпека виникає при вибухах нейтронних бомб). Особливо інтенсивно руйнування озону відбувається в умовах низьких температур повітря.

За другою гіпотезою, витончення озонового шару пов’язане із зменшенням кількості кисню у стратосфері внаслідок запуску космічних кораблів та польотів реактивних літаків. Вчені припускають, що регулярні польоти упродовж року 500 надзвукових транспортних літаків на висоті максимального вмісту озону здатні зменшити його загальний вміст удвічі. Цей же негативний ефект може бути створений при запуску упродовж року 85 космічних ракет.

Згідно з третьою гіпотезою, процес утворення “озонових дірок” значною мірою природний і не пов’язаний винятково із техногенною діяльністю людства. Зокрема, внаслідок змін атмосферної циркуляції, потоки повітря над Антарктидою спрямувалися вгору, в результаті чого атмосферне повітря, збагачене озоном, заміщувалось повітрям з нижнього шару тропосфери, де озону зазвичай небагато.

У зв’язку з надзвичайною важливістю проблеми, у 1975 році Всесвітня метеорологічна організація прийняла проект “Глобального вивчення і моніторингу озону”. Проект підтримала Міжнародна комісія з атмосферного озону. У 1977 році за ініціативи ЮНЕП прийнято “Світовий план дій щодо озонового шару”. Першим міжнародним договором стала Віденська конвенція про охорону озонового шару, яка вступила в дію 22 вересня 1988 року. Цей міжнародно-правовий документ зобов’язує держави-учасниці проводити систематичні спостереження за хімічними та фізичними процесами, що можуть впливати на озоновий шар, за впливом змін стану озонового шару на здоров’я людини.

У 1987 році у Монреалі підписано міжнародну Угоду про зменшення та подальшу відмову від виробництва речовин, що руйнують озоновий шар. Договір набув чинності 1 січня 1989 року. У подальшому (в 1989-1999 роках) було проведено ще вісім зустрічей, на яких приймалися доповнення до договору. Реалізація Віденської конвенції та Монреальського протоколу успішно виконується. Використання речовин, які руйнують озоновий шар, скорочувалось навіть швидше, ніж передбачувалось у документах. Але на жаль, тривалість збереження цих речовин значна, і, за прогнозами вчених, очікувати повного відновлення озонового шару слід не раніше 2050 року.

Всі елементи або чисті речовини, такі як золото, срібло, неон або водень випромінюють світло з визначеною довжиною хвилі при нагріванні. Завдяки цьому вчені можуть вивчати світло, яке виділяється зірками та іншими предметами в просторі або нагрітих речовин тут на Землі, і визначати види елементів, які присутні у складі зірок або звичайних

«земних» речовин. Саме за спектром випромінення при вивченні спектральних ліній Сонця визначили, що у його складі є гелій. Пізніше гелій був знайдений і на Землі. Вчені, які вивчають використання світла користуються спектроскопами для спостереження та вимірювання заданих довжин хвиль від джерел світла.

Спектроскоп - це прилад, за допомогою якого ми можемо дивитись на групу довжин хвиль світла - спектри, що випромінюється речовиною. Всі елементи видають обмежену кількість довжин хвиль при нагріванні. Кожен елемент завжди видає ту саму групу довжин хвиль.

Виконання роботи, частина 1: «Побудова спектроскопа»

Завдання першої частини роботи:

Під наглядом вчителя, учень повинен побудувати простий спектроскоп.

Що потрібно для виконання роботи:

- Одна картонна коробка з кришкою
- Гострий ніж або лезо
- Ножиці
- Чорний маркер
- Стрічка
- Дифракційна решітка

Виконання роботи:

1. Зробіть коробку довжиною 10см, шириною 6см і глибиною 2см.

На коробці повинна бути кришка, яка щільно закривається.

2. Чорним маркером зафарбуйте коробку із середини.

3. З одного кінця коробки відміряйте 0,25 см від кута, та зробіть там квадратний отвір 1см^2 .

4. Виріжте з заготовки або візьміть готову квадратну дифракційну решітку 1см^2 .

5. Виріжте рамку з паперу для дифракційної решітки. Квадрат повинен бути розміром 1см^2 .

6. Встановіть дифракційну решітку вертикально так, щоб закрити отвір в коробці, і заклейте її всередині коробки.

7. Навпроти дифракційної решітки на другому кінці коробки виміряйте 0,5 см від кута коробки та 0,25 см від дна коробки. Та виріжте отвір 1 см висотою та пів сантиметра шириною.

8. Виріжте прямокутник з паперу 1 см довжиною та 2 см шириною. В центрі цього прямокутника виріжте отвір висотою 0,75 см і шириною 0,25 см.

Схема:

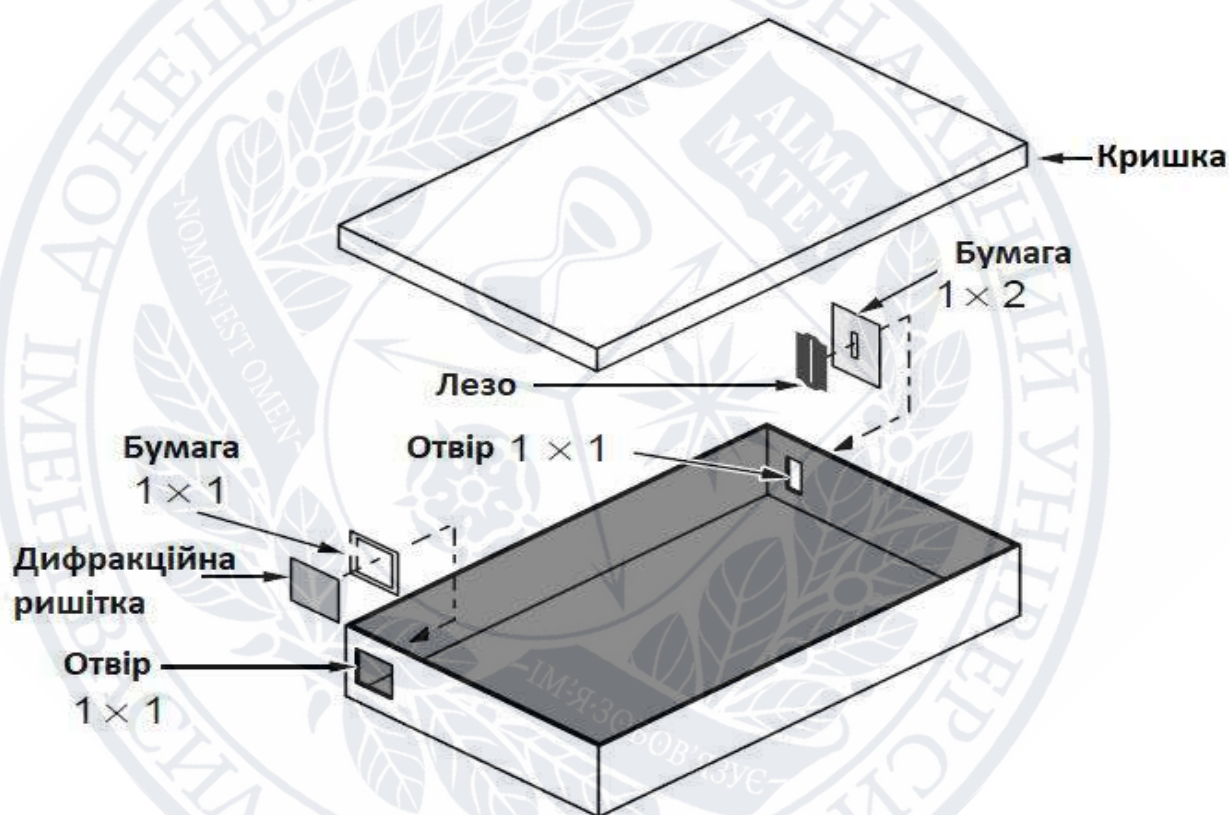


Рис 3.37. Схема побудови спектроскопа

9. Потрібно обережно зламати лезо навпіл по довжині. Встановіть гострі краї леза разом, утворюючи довгу вузьку щілину. Задля безпеки лезо можна не ламати, а прорізати ним або дуже гострим ножем вузьку щілину у прозорій пластиковій пластині і потім використовувати цю пластину.

10. Встановіть щілину з лез або пластину таким чином щоб довга щілина була паралельна лініям дифракційної решітки.

11. Відцентруйте щілину між лезами або прорізь на пластині відносно отвору дифракційної решітки.

12. Прикріпіть зламане лезо або пластину з зовні коробки на кінці протилежному дифракційній решітці.

13. Надійно закрийте коробку кришкою. Знайдіть джерело світла. Наведіть світло на щілину і дивіться крізь дифракційну решітку.

14. Спостерігайте за спектром випромінювання джерелом світла.

Виконання роботи, частина 2: «Вивчення дифракції за допомогою спектроскопа».

Що потрібно для виконання роботи:

- Спектроскоп (один спектроскоп для чотирьох учнів)
- Джерело світла (світло від сонця, лампи розжарювання, флуоресцентне, кадмій, натрій, неонове, ртутне)
- Дифракційна решітка
- Компакт-диск

Виконання роботи:



R O Y G B I V
Жовтогарячий
Червоний Жовтий Зелений Блакитний Синій Фіолетовий

(Учні повинні розфарбувати ці квадрати)

1. Використовуючи спектроскоп подивіться на різні види світла.
2. Спостерігайте за кожним джерелом світла. Запишіть та поясніть що ви бачите.
3. Зверніть увагу на кольори. Почнемо з першого кольору ліворуч, запишіть або замалюйте їх в таблицю в тому порядку, в якому ви їх бачите.

Джерело світла	Колір

4. Коли ви дивитися на друге джерело світла через спектроскоп, спостерігайте за смужками кольору. Вони зникають чи зливаються одна з іншою? Опишіть це.

5. Чи дає кожне джерело світла однакову групу кольорів чи спектрів?

6. Чому групи кольорів для кожного джерела світла різні?

Висновки до розділу 3

1. У розділі показано чотири лабораторних роботи з фізики, в яких продемонстровано як використання міжпредметних зв'язків фізики та, наприклад, хімії, так і можливості відповідального споживання та піклування про навколишнє середовище, і можливості проведення простих дослідів навіть у домашніх умовах.

2. Приведені лабораторні роботи не є методичними рекомендаціями з виконання, а описують лише основну концепцію проведення активностей (це може бути і проведення лабораторних дослідів, і будь-яка спільна робота вчителя та учнів на заняттях) з фізики або інтегрованих уроках.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано сутність та зміст поняття STEM-освіти, окремо розглянуто концепції STREAM та STEAM. Проаналізовано законодавче підґрунтя впровадження STEM-освіти в Україні. Визначено один з основних ключовий момент: STEM-освіта здійснюється через міждисциплінарний підхід. Проаналізовано мету, цілі і завдання STEM-освіти, показано, що впровадження в освітній процес методичних рішень STEM-освіти дозволить поєднати науку зі шкільними знаннями, сформувати в учнів найважливіші характеристики, які визначають компетентного фахівця: уміння побачити проблему; уміння побачити в проблемі якомога більше можливих сторін і зв'язків; уміння сформулювати дослідницьке запитання і шляхи його вирішення; гнучкість як уміння зрозуміти нову точку зору і стійкість у відстоюванні своєї позиції; оригінальність, відхід від шаблону; здатність до перегрупування ідей та зв'язків; здатність до абстрагування або аналізу; здатність до конкретизації або синтезу.

На основі проведеного аналізу шкільних програм з фізики, приведено приклад двох типових існуючих лабораторних робіт з оптики, показано, що основною особливістю при викладанні фізики є те, що лабораторні роботи не є мультидисциплінарними, без чого використання такого типу лабораторних робіт в контексті STEM-навчання є проблематичним. Наголошено на необхідності у зміні та доопрацюванні вже існуючих лабораторних робіт або у розробці нових, в яких знайдуть своє відображення наскрізні лінії розвитку STEM-освіти, зокрема мейкерство.

Приведено чотири лабораторних роботи з оптики. Дані лабораторні роботи описують основну концепцію проведення активностей (це може бути і проведення лабораторних дослідів, і будь-яка спільна робота вчителя та учнів на заняттях) з фізики або інтегрованих уроках. В запропонованих роботах продемонстровано використання міжпредметних зв'язків фізики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Delivering Digital Content, Modern Technologies, and Professional Development. URL: <https://www.pasco.com/about/stem/index.cfm> (дата звернення: 13.11.2020).
2. STEM Education in Southwestern Pennsylvania. Report of a project to identify the missing components. URL: <http://mon.gov.ua/B8%202016/12/05/konczepczyia.pdf> (дата звернення: 12.08.2020).
3. STEM Module: Collisions. URL: https://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS2986_stem-modulecollisions/index.cfm (дата звернення: 13.11.2020).
4. STEM Module: Egg Drop. URL: https://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS2989_stem-module-eggdrop/index.cfm (дата звернення: 13.11.2020).
5. Білава А. В. Календарно-тематичне планування уроків: з фізики в 7-х – 11-х класах та астрономії в 11-х класах. Вінниця: Шаргородська районна гімназія – протокол №1 від 31.08.2020 р. С. 3-54.
6. Білава А. В. Навички XXI століття: базові грамотності, компетентності, риси характеру. 2020 р. №1. 13с. URL: <https://www.slideshare.net/eucunet/the-fourth-industrial-revolution-21st-century-skills> (дата звернення: 28.07.2020).
7. Бутенко Т. І. Особливості підготовки й проведення уроків дослідницького характеру (за методикою М.М. Поташенка): фізика в школах України. Хмельницький: 2012. С. 16-21.
8. Глосарій термінів STEM-освіти. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/glosariy/> (дата звернення: 02.09.2020).
9. Гончарова Н. О. Понятійно-категоріальний апарат з проблемами дослідження аспектів STEM-освіти: наукові записки Малої академії наук України. 2017. Вип. 10. С. 104-115.
10. Грибюк О. О. Розв'язування евристичних задач в контексті STEM-освіти з використанням системи динамічної математики Geogebra: сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у

підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми. Київ: КНУ, 2015. Вип. 43. С. 186-216.

11. Заняття з оптики для учнів: *роздуми про оптику, «множинні відбивання»*. URL: <https://edu.stemjobs.com/optics-activities-for-your-stem-classroom/> (дата звернення: 01.08.2020).

12. Засипко А. В. Пізнавальні компетентності та міжпредметні зв'язки: *фізика в школах України*. Львів: ЛНУ, 2014. №11-12. С. 20-23.

13. Карпова Л.Б. Розвиток критичного мислення: фізика в школах України. Запоріжжя: ЗНУ, 2013. №10. С. 26-65.

14. Коршунова О. В., Гущина Н. І., Василяшко І. П., Патрикеева О. О. STEM-освіта: *професійний розвиток педагога*. 2018 р. №1. С. 10-31. URL: http://yakistosviti.com.ua/userfiles/file/STEM-osvita_kurs.pdf (дата звернення: 26.07.2020).

15. Кравченко Т.В. Інтеграція фізики й інших предметів: фізика в школах України. 2012. №21. С. 11-12.

16. Кутателадзе О.В. Крок у майбутнє. Організація дослідницької діяльності учнів: фізика в школах України. Позакласна робота. Львів: ЛНУ, 2013. №10. С. 2-5.

17. Маркова І. С, Садкіна В. І. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти: від теорії до практики (у запитаннях та відповідях). Фізика в школах України. Івано-Франківськ: ІНУ, 2016. С. 4-7.

18. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти: загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України. 2018 р. URL: https://ru.osvita.ua/legislation/Ser_osv/56880/ (дата звернення: 01.09.2020).

19. Міжнародна програма: *оцінка освітніх досягнень учнів. PISA*. URL: <http://pisa.testportal.gov.ua/> (дата звернення: 21.08.2020).

20. Міністерство освіти і науки України: Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти. Нормативний документ від 01.09.2018 р. №143. *Математика, фізика і інформатика в школах України*. 01 вересня 2018. (№124-125). С. 24-35.

21. Міністерство освіти і науки України: Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти: від теорії до практики (у запитаннях та відповідях). Нормативний документ від 01.09.2018 р. №538. *Фізика і інформатика в школах України*. 2018. №11. С. 4-17.

22. Міністерство освіти і науки України: навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів 7-9 класи URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/onovlennya-12-2017/7-fizika.doc> (дата звернення: 03.08.2020).

23. Міністерство освіти і науки України: навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів 10-11 класи URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf> (дата звернення: 28.08.2020).

24. Міністерство освіти і науки України: Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів України, опис ключових змін. *Фізика, інформатика. 5-9 класи*. Видавничий дім «Освіта». 2018. С. 23-29.

25. Навчальні програми для загальноосвітніх навчальних закладів України, опис ключових змін: фізика, інформатика. Вид. дім «Освіта». Київ: 2017. С. 56.

26. Нижник А. В. Формування соціально-особистісних компетентностей школярів: *впровадження STEM-освіти*. 2018 р. №1. 2-4 с. URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-formuvannya-socialno-osobistisnih-kompetentnostey-shkolyariv-shlyahom-vprovadzhennya-steam-osviti-3480.html> (дата звернення: 22.08.2020).

27. Ночевук М. В. Впровадження елементів STEM-освіти у навчання: *фізики, інформатики, біології*. 2019 р. №13. С. 22-39. URL: <https://naurok.com.ua/vipuskna-robota-vprovadzhennya-elementiv-stem-osviti-u-navchannya-prirodniccho-matematichnih-disciplin-192131.html> (дата звернення: 22.07.2020).

28. Патрикєєва О. О., Лозова О. В., Горбенко С. Л., Буркіна Н. С. STEM-освіта: проблеми та перспективи: анотований каталог Київ: КНУ. 2017. С. 20-35.
29. Повзло Н. М. Моделі в геометрії. Виготовляємо моделі власноруч: фізика та інформатика в школах України. Ужгород: 2014. С. 63-71.
30. Поліхун Н. І, Постова К. Г, Сліпухіна І. А, Онопченко Г. В, Онопченко О. В. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: методичні рекомендації. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України. 2019. С. 80-108.
31. Про освіту: Закон України від 05.09.2017 р. Стаття 12. *Повна загальна середня освіта*. 2017. 09 верес. (№2145-VIII). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#n1655> (дата звернення: 16.07.2020).
32. Проект розпорядження КМУ: «Про затвердження плану заходів щодо реалізації концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) на 2020-2027 роки» URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/mon-proponuye-dlya-gromadskogo-obgovorenniya-proyekt-rozporyadzhennya-kmu-pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shodo-realizaciyi-koncepciyi-rozvitku-prirodnicho-matematichnoyi-osviti-stem-osviti-na-2020-2027-roki> (дата звернення: 01.08.2020).
33. Романчук Н. Організація самостійної роботи студентів: викладання математичних дисциплін у вищих технічних закладах освіти. Миколаїв: МНУ імені В. О. Сухомлинського, 2016. С. 144-148.
34. Росток М. Л. Цікаві питання з STEM-підготовки професіонала: STEM-освіта – проблеми та перспективи. Кропивницький: Кіровоградська льотна академія НАУ, 2017. С. 83-97.
35. Савкіна Т. С, Войцеховська В. І. Міжпредметна інтеграція як спосіб формування предметних компетентностей: фізика в школах України. Суми: СНУ, 2015. С. 2-7.

36. Стрижак О. Є. Ключові поняття STEM-освіти: наукові записки Малої академії наук України. 2017. Вип. 10. С. 88-104.
37. Сухобоченкова О. М. Рекомендації з підготовки науково-дослідницької роботи: фізика в школах України. Позакласна робота. Харків, 2014. С. 2-4.
38. Трушкова С. Т. Міжпредметні зв'язки та розвиток пізнавальних інтересів учнів: фізика в школах України. Позакласна робота. Харків, 2016. С. 35-39.
39. Чуйко О. В. Використання методу проектів на уроках та в позаурочний час: фізика в школах України. Львів: ЛНУ, 2008. С. 2-15.
40. Шевчук О. Г. Проведення гурткової роботи школярів з астрономії з використанням технологій STEM-освіти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Неперервна освіта в модусах минулого, теперішнього, майбутнього». Луцьк. 2018. С. 162-184.