

Міністерство освіти і науки України
Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Р. В. Дінжос, І. В. Манькусь, Л. С. Недбаєвська

ПІДГОТОВКА ВИКЛАДАЧА: ДИЗАЙН ОСВІТНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Монографія



Миколаїв – 2025

УДК 37.091.313-044.247:5

Д54

*Рекомендовано до друку Вченою радою Чорноморського національного університету імені Петра Могили
(протокол № 10 від 15 травня 2025 р.)*

Рецензенти:

Микола Шут, завідувач кафедри загальної фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова, академік НАНУ, доктор фізико-математичних наук, професор.

Тарас Січкар, професор кафедри загальної фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Ігор Білинський, професор кафедри фізики та інформаційних систем Дорогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, доктор фізико-математичних наук, професор.

Дінжос Р. В.

Д54

Підготовка викладача: дизайн освітнього середовища : монографія / Р. В. Дінжос, І. В. Манькусь, Л. С. Недбаєвська. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2025. – 192 с.
ISBN 978-966-336-420-9

У монографії запропоновані технології підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до дизайну освітнього середовища на засадах STEM-орієнтованого підходу, що є актуальним в умовах модернізації національної системи освіти, та розглянуто вплив сучасних досягнень природничо-математичних наук на розвиток інноваційних технологій.

Монографія розрахована на вчителів математики та фізики закладів загальної середньої освіти, студентів, магістрантів та викладачів закладів вищої освіти.

УДК 37.091.313-044.247:5

© Дінжос Р. В., Манькусь І. В.,
Недбаєвська Л. С., 2025

© ЧНУ ім. Петра Могили, 2025

ISBN 978-966-336-420-9

ЗМІСТ

Передмова	4
РОЗДІЛ I. Теоретико-методичні засади професійної підготовки сучасного вчителя природничо-математичних дисциплін	9
1.1. Підготовка нового вчителя для об'єднаної Європи: інноваційні форми педагогічної освіти.....	9
1.2. Спецкурс «STEM-освіта»	24
1.3. Університетська студія «Дизайн освітнього середовища (ДОС)» як інноваційна форма педагогічної освіти.	31
1.4. Інновації в методах і формах освітньої діяльності.....	40
1.5. Формування ключових компетентностей здобувачів освіти відповідно до вимог Нової української школи	60
1.6. STEM-орієнтований підхід до навчання на засадах педагогіки партнерства	67
1.7. STEM-майданчики як компонент розвитку Нової української школи.....	75
1.8. Формування дослідника у процесі конструкторської діяльності.	84
РОЗДІЛ II. Дизайн змісту природничо-математичної освіти у контексті сучасних досягнень науки	112
2.1. Інтегрований курс «Природа і суспільство» як умова розвитку світоглядної компетентності здобувачів вищої освіти	112
2.2. Розвиток духовної культури особистості засобами природничо-математичних дисциплін	119
2.3. Формування імовірнісного мислення у здобувачів загальної середньої освіти.....	127
2.4. Вплив сучасних досягнень природничих наук, відзначених Нобелівською премією, на розвиток науки та технологій.....	137
2.5. Сучасна фізика: пізнання законів природи.	161
2.6. Формування поняття дуалізму в природничих науках	181
Список використаних джерел	188

Передмова

Концепція НУШ та соціальні запити суспільства зумовлюють необхідність розвитку трансдисциплінарного підходу в освітній діяльності, що стане основою формування творчої креативної особистості випускника НУШ. Законом України «Про освіту» визначено мету загальної середньої освіти – всебічний розвиток людини як особистості та найвищої цінності суспільства. Нова школа має стати простором такого розвитку, простором навчання, спілкування, взаємодії, спільної діяльності учнів, вчителів та місцевої громади.

Реформа загальної середньої освіти, що впроваджується в Україні, співзвучна ключовим світовим тенденціям: особистісно орієнтована освіта, дитиноцентризм, компетентісний та трансдисциплінарний підходи, педагогіка партнерства. Зазначені світові тенденції розвитку освіти зумовлюють необхідність впровадження в освітній процес НУШ STEM-орієнтованого підходу. Саме на принципах цього підходу має відбуватися моделювання освітнього середовища [1].

Дизайн освітнього середовища з метою відмови від авторитарного стилю викладання, орієнтація на трансдисциплінарність демократизацію та гуманізацію освіти відзначається багатьма дослідниками (С. У. Гончаренко, В. Г. Разумовський, Л. В. Тарасов). Результати численних досліджень учених-методистів (С. П. Величка, В. П. Вовкотруба, О. І. Іваницького, І. В. Манькусь, М. І. Садового, В. Д. Шарко) свідчать, що використання у навчальному процесі інноваційних технологій та нестандартних форм освітньої діяльності є передумовою переходу від знаннево-просвітительської парадигми природничо-математичної освіти до парадигми продуктивного навчання, коли здобувачі освіти засвоюють не готовий досвід досліджень, а беруть активну участь у самостійному вивченні та дослідженні навколишнього світу методами природничо-математичних наук [2].

Освітній простір школи є важливим чинником розвитку особистості учня та професіоналізму вчителів, який прискорює або стримує процес розвитку освіти в умовах інноваційних змін. Адже відповідно до Концепції «Нова українська школа» дизайн навчального середовища повинен враховувати характер діяльності та вікові особливості здобувачів освіти.

Моделювання STEM-орієнтованого освітнього середовища відповідно до концепції НУШ детально розглянуто експертом із предметнопросторового планування Косенко Д. та координатором проєкту Новий освітній простір. Дослідниками запропоновано створення на території закладів

освіти навчальних майданчиків та класів просто неба. Особлива необхідність таких майданчиків обумовлюється вивченням природничо-математичних дисциплін.

Вивчення природничих дисциплін на засадах STEM-орієнтованого підходу передбачає спостереження за особливостями місцевого клімату, змінами погоди тощо.

Аналіз науково-педагогічних публікацій щодо реалізації принципів STEM-освіти в Україні показує, що в них акцент робиться на посилення уваги до навчання фізики, хімії, біології, інформатики, математики, а також до занять із конструювання та робототехніки.

Інноваційність STEM-освіти, шляхи впровадження її принципів у заклади освіти досліджують науковці: Н. Вяткіна, О. Лісовий, І. Манькусь, Л. Недбаєвська, О. Патрикеева, І. Савченко, О. Стрижак, педагог П. Ситников.

Н. Вяткіна зазначає, що STEM-освіта – це навчально-пізнавальне середовище, що забезпечує для учнів різних вікових категорій вивчення таких властивостей об'єктів та процесів навколишнього світу, що їх під час вивчення окремих наук досить складно виокремити.

Особливо важливу роль в реалізації трансдисциплінарного підходу в освітній діяльності відіграє професіоналізм вчителя. Визначення та урахування особливостей професійної підготовки майбутніх вчителів природничих наук і зокрема фізики, компетентнісного, трансдисциплінарного та STEM-орієнтованого підходів із моделюванням ситуацій професійної діяльності дає можливість сформувати креативного фахівця Нової української школи [3].

Трансдисциплінарний підхід, що спирається на принципи STEM-освіти, є одним із найбільш перспективних для підвищення якості освіти та формування особистості глобалізованого суспільства. Проблема створення програмно-методичного забезпечення STEM-технологій обумовлює необхідність розробки інноваційних форм і методів функціонування освітнього середовища НУШ.

STEM-майданчик розглядається нами як інноваційне особистісно зорієнтоване освітнє середовище, що поєднує змістовну, технічну, математичну і ціннісну компоненти для формування і розвитку сучасного творчого мислення його учасників [4].

Розроблена нами мережа STEM-майданчиків (постійно діючі бліц, майстер) здатна забезпечити формування творчої особистості кожного учасника та націлити на усвідомлення і розвиток цивілізаційних цінностей суспільства впродовж життя. Особливе місце посідають STEM-майданчики, розроблені на провідних ідеях В. О. Сухомлинського: педагогіка добра і партнерства [5, 6].

STEM-майданчики, є сучасними засобами розвитку дидактичних компетентностей майбутнього вчителя в освітньому середовищі. Ці засоби орієнтують вчителя і здобувачів освіти на створення освітнього продукту: матеріального або інтелектуального. Дуже важливо, щоб цей продукт був необхідним, корисним, мав особистісний сенс та виходив за межі звичного шкільного середовища.

Задекларовані в Концепції розвитку STEM-освіти зміни парадигми в освіті вимагають сучасних підходів до розуміння та організації освітнього середовища. Перманентне оновлення змісту освіти вимагає урізноманітнення технологій освітнього простору на основі STEM-освіти та більш активного використання проєктної, командної і групової діяльності. Адже саме вони забезпечують діалогічність, діяльнісно-творчий характер, простір для прийняття самостійних рішень, творчості і креативності.

Метою і змістом навчання у такому середовищі є набуття учасниками особистісного досвіду: орієнтованого, діяльнісного, творчого, аксіологічного і відповідних компетенцій.

Формування такого досвіду буде проходити успішно за умови застосування технологій STEM-освіти з проєктним навчанням. Ця технологія базується на трансдисциплінарному та особистісно орієнтованому підходах, що забезпечує створення такого освітнього середовища, в якому кожен стає активним учасником, а не пасивним спостерігачем у навчанні.

Метою цієї монографії є моделювання освітнього середовища на основі STEM-освіти: оновлення змісту природничо-математичної освіти, осучаснення засобів, методів та форм освітньої діяльності, підвищення рівня професійної компетентності вчителів та розробка дидактичних матеріалів.

Перший розділ монографії присвячено теоретико-методичним засадам професійної підготовки сучасного вчителя природничо-математичних дисциплін, визначено особливості підготовки нового вчителя для об'єднаної Європи та інноваційні форми педагогічної освіти, запропоновано спецкурс «STEM-освіта» що забезпечує формування технологічної компетентності майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін.

У розділі запропоновані можливі варіанти дизайну освітнього середовища на основі STEM-освіти: інноваційні методи і форми освітньої діяльності, студентоцентризований навчально-практичний центр (STEM-центр), університетські STEM-студії, STEM-майданчики.

Дизайн змісту природничо-математичної освіти у контексті сучасних досягнень науки розглянуто у другому розділі. Матеріали розділу

присвячені реалізації взаємозв'язків між наукою та освітою через осучаснення змісту фізичної освіти. Сучасні наукові досягнення дуже швидко втілюються в життя, і не завжди освітні технології встигають використовувати ці добутки.

Вочевидь це вимагає інноваційних методичних розробок та дидактичних матеріалів у галузі природничо-математичної освіти.

Як відомо, фізичні знання мають потужний гуманітарний потенціал, який впливає на формування духовної культури людини, дає можливість визначити сутність поняття «цінності» та «ціннісне ставлення», з'ясувати умови, за яких інформація набуває ціннісного значення для людини. Саме цій проблемі, як складовій компетентності учнів, присвячено окремий параграф монографії.

У роботі представлені створені за останні роки технології функціонування інноваційного освітнього середовища, пріоритетом якого є гармонійний розвиток особистості та підготовка конкурентоспроможних фахівців для ринку освітніх послуг. Автори глибоко вдячні за партнерство та творчу співпрацю в дослідженні та запровадженні інноваційних підходів до створення освітніх середовищ на основі STEM-освіти колективам: ТОВ «Золотий колос» (директор Іванова Н. В.), Управлінню молодіжної політики Миколаївської міської ради, дизайн-студії «Хід коном» (Заболотний О.), школі англійської мови (Жирадков В.), студії дизайну сімейного здоров'я Family Health (Пастух А. Г.), Миколаївського фахового політехнічного коледжу (директор Зайковський О. С., викладачу циклової комісії природничо-математичних дисциплін Каушан Т. Н.), Миколаївського будівельного фахового коледжу (директор Бондаренко Г. Г., викладач математики Малиновська О. О.), Миколаївського Муніципального колегіуму імені В. Д. Чайки (директор Січко С. М., вчитель Кондратенко О. М.), ліцея №3 (директор Зінченко Д. Є., вчитель математики Федорова О. В.), ліцея №51 (директор Масюта Є. І., вчитель фізики Дінжос М. О.), гімназії №18 (директор Колечко Н. К., вчитель математики Максимова С. І.), Першої Української гімназії (вчитель фізики Цуркіна Т. В.), гімназії № 31 (вчителі Шепелева О. В., Шепелев М. О.), ліцею №55 (директор Васильков Д. Ю., вчителі), ліцею №91 м. Дніпра (директор Черкун С. І., вчитель Діденко С. О.) ліцею №21 імені Євгена Коновальця м. Івано-Франківська (директор Лесюк О. С., вчитель Степнов М. Ю.) та JRS Romania (асоціація допомоги біженцям у Румунії)

Ми щиро вдячні рецензентам – завідувачу кафедрою загальної фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова, академіку НАНУ, доктору фізико-ма-

тематичних наук, професору Миколі Шуту, професору кафедри загальної фізики та методики навчання фізики Українського державного університету імені Михайла Драгоманова кандидату фізико-математичних наук, доценту Тарасу Січкарю, професору кафедри фізики та інформаційних систем Дорогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, доктору фізико-математичних наук, професору Ігорю Білинському за корисні поради та допомогу в удосконаленні рукопису на завершальному етапі його опрацювання.

Автори також свідомі того, що зміст монографії може бути покращеним, і тому всі зауваження і пропозиції зацікавлених читачів будуть сприйняті з вдячністю.

РОЗДІЛ I. Теоретико-методичні засади професійної підготовки сучасного вчителя природничо-математичних дисциплін

1.1. Підготовка нового вчителя для об'єднаної Європи: інноваційні форми педагогічної освіти

«Педагогічна конституція Європи» (2013), яка розроблена науковцями, стосується важливої проблеми – пошуку єдиної ціннісної та методологічної платформи підготовки нового вчителя для об'єднаної Європи XXI століття. Автори Конституції визначили спільні європейські засади професійної підготовки педагога.

Головною позицією документа є узгодження ціннісної платформи педагогічної освіти на основі людиноцентризму, толерантності, миролюбності, екологічної безпеки, прав людини, солідарності. Зазначені ціннісні орієнтації в системі професійної підготовки вчителя в Україні задекларовані в державних документах (Закони України «Про освіту» (2017), «Про вищу освіту» (2014), Концепція Нової української школи (2016), Концепція розвитку педагогічної освіти, Концепція розвитку STEM-освіти), реалізуються кафедрою фізики та математики Чорноморського національного університету імені Петра Могили в трьох основних напрямках:

- моделювання інноваційного освітнього середовища на основі компетентнісного, трансдисциплінарного та STEM-орієнтованого підходів;
- створення інноваційної наукової інфраструктури: студентоцентрований навчально-практичний центр, університетські студії, науково-методична лабораторія «Технологічної підготовки майбутнього викладача природничо-математичних дисциплін», освітньо-наукова лабораторія, STEM-центр;
- створення кластеру соціального партнерства з метою підготовки конкурентноспроможних фахівців для ринку освітніх послуг об'єднаної Європи.

Одним із основних положень «Педагогічної Конституції Європи» і Концепції розвитку STEM-освіти в Україні є визначення ключових компетенцій вчителя, таких як: інформаційна, адаптивна, комунікативна, комунікації іноземною мовою, здатність навчатися впродовж життя, науовецько-дослідницька. Володіючи такими компетенціями, вчитель стає висококваліфікованим фахівцем, носієм європейських цивілізаційних цінностей.

Запровадження STEM-освіти дозволить вчителям не тільки наочніше пояснювати необхідний матеріал, а й допоможе здобувачам освіти ще зі шкільної парти вчитися критичному мисленню та вдало комбінувати отримані знання для вирішення реальних життєвих ситуацій. Адже одними із основних компетентностей школярів є навички логічного і математичного мислення та наукове розуміння природи і сучасних технологій. Педагоги та науковці прагнуть, щоб науково-технічні, математичні, інженерні професії стали знову популярними, а цю популярність потрібно розвивати із отриманих у школі знань.

Концепція STEM-освіти спрямована на модернізацію освіти, та широкомасштабне впровадження на всіх її рівнях, партнерства з роботодавцями і науковими установами і їх залучення до розвитку природничо-математичної освіти.

Згідно з Концепцією, навчальні методики та навчальні програми STEM-освіти спрямовуються на формування компетентностей, актуальних на ринку освітніх послуг. Зокрема, це критичне, інженерне і алгоритмічне мислення, навички оброблення інформації й аналізу даних, цифрова грамотність, креативні якості та інноваційність, навички комунікації.

STEM-освіта може реалізовуватися через усі види освіти – формальну, неформальну, інформальну (на онлайн-платформах, у STEM-центрах / лабораторіях, за допомогою екскурсій, турнірів, конкурсів, фестивалів, практикумів тощо).

Значна увага приділяється вихованню креативного, інженерного, алгоритмічного мислення, розвиток упевнених навичок оброблення інформації й аналізу даних. Перше місце посідають такі компетентності як цифрова грамотність, креативні якості та інноваційність, а також – навички комунікації та командної роботи.

Сьогодні STEM-підходи реалізуються у формі різноманітних олімпіад, турнірів (Всеукраїнський турнір юних фізиків і Всеукраїнський турнір юних винахідників та раціоналізаторів) у діяльності Малої академії наук, конкурсах і заходах: Intel Techno Ukraine, Intel Eco Ukraine, Фестиваль науки Sikorsky Challenge, STEM Festival, наукові пікніки тощо.

Проте реалізація класно-урочної системи та дефіцит висококваліфікованих кадрів обумовлюють недостатній рівень впровадження технологій STEM-освіти. Проблема підготовки вчителя нової формації в умовах євроінтеграції освіти потребує модернізації змісту і форм педагогічної освіти. Залучення майбутніх вчителів у процес реалізації освітніх проєктів в рамках роботи студентоцентрованого навчально-практич-

ного центру дозволяє значно підвищити рівень професійної компетентності здобувачів освіти та сформувати педагога як креативну, творчу особистість.

Аналіз актуальних досліджень. У сучасному світі вміння креативно мислити є одним із найголовніших та найважливіших. Вміння творчо мислити найбільш цінується роботодавцями в усій Європі.

Згідно дослідження «Future of Work 2030 study: how to prepare for change in Ukraine» (2022) має формувати фокус на підвищенні обізнаності про світ, стійкості та відігриванні активної ролі у світовій спільноті. Звичайно, освіта має розвивати як навички, потрібні для інновацій, зокрема складне розв'язання проблем, гнучкість, аналітичне мислення, креативність та системний аналіз, так і технологічні навички, що базуються на розвитку цифрових навичок, включно з програмуванням та використанням технологій.

Найважливішими навичками для роботи у 2030, на думку дослідників: стануть креативність, оригінальність та ініціативність (59,5%); критичне мислення та аналіз (57,1%); аналітичне мислення та інновації (56,4%); витривалість, стресостійкість та гнучкість (54%); знання іноземної мови (71,3%); вільне володіння ПК та пакетом офісних програм (64,7%).

Це обумовлює необхідність розвитку креативності здобувачів освіти, починаючи ще від шкільних років і це є одним із найважливіших завдань вчителів.

Американський психолог, Джо Пол Гілфрод виділив чотири основних параметри креативності:

- 1) оригінальність – здатність створювати віддалені асоціації, незвичні відповіді;
- 2) семантична гнучкість – здатність виявити основні властивості об'єкта та запропонувати новий спосіб його використання;
- 3) образна адаптивна гнучкість – здатність змінити форму стимулу таким чином, аби віднайти в ньому нові ознаки і можливості для застосування та реалізації;
- 4) семантична спонтанна гнучкість – здатність створювати різноманітні ідеї в нерегламентованій ситуації.

У статті «Thinking about Creativity in Science Education» (Yannis Hadzigeorgiou et al., 2012) виділяються основні способи розвитку креативності здобувачів освіти, на які має орієнтуватися вчитель у своїй діяльності:

- розв'язування креативних задач, наприклад – вимірювання висоти будівлі за допомогою барометра або тенісного м'ячика;
- написання творчих пропозицій щодо використання технологій в

майбутньому. Наприклад: Які способи виробництва електроенергії ви бачите у майбутньому?

- написання креативних творів на наукову тематику. Наприклад: «Один день із життя протону»;
- креативні наукові дослідження. Наприклад: дослідити всі фактори, що впливають на освітлення кімнати; виготовлення ліхтарика з підручних матеріалів; виробництво електроенергії в умовах надзвичайної ситуації.
- розробка дітьми аналогій для розуміння певних явищ;
- пошук зв'язків між, здавалося б, непов'язаними фактами чи ідеями. Наприклад: який зв'язок між законами Ньютона, медсестрою та футболістом.
- розв'язання «загадкових подій», наприклад: дитина в ролі детектива пояснює зникнення певного обсягу рідини;
- підхід до викладання через мистецтво.

Вчитель нової формації має чітко розуміти і реалізовувати ідею – ким би не стала дитина у майбутньому: фізиком чи поетом, художником чи математиком, спортсменом чи робітником, усім однаково знадобляться креативні вміння задля підняття кар'єрними сходами.

Кафедра фізики і математики ЧНУ імені Петра Могили досліджує існуючий досвід впровадження інноваційних форм і методів професійної підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін і презентує власний.

Проблеми осучаснення змісту і технологій природничо-математичної освіти та удосконалення моделі формування технологічної компетентності майбутнього вчителя природничо-математичних наук здійснювалося нами методами аналізу, синтезу, аналогії та порівняння. Педагогічне прогнозування використовувалося для прогнозування результатів сформованості креативних якостей майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін. Використання методу моделювання дозволило розробити технології роботи університетських студій та структуру студентоцентрованого STEM-центру.

Одним із основних напрямків роботи студентоцентрованого навчально-практичного центру є реалізація відкритих освітніх проєктів через систему університетських студій. Основне завдання освітніх проєктів розроблених кафедрою – підготувати вчителя здатного:

- створити науково-дослідницький простір для здобувачів освіти задля вивчення фізичних понять та явищ за допомогою STEM-технологій англійською мовою;
- стимулювати учнів до креативності й бажання спостерігати та вивчати навколишній світ, заглиблюватися у кожне звичайне повсякденне

явище з погляду науки, її законів та закономірностей;

- надати учням стійку мотивацію для саморозвитку й самовдосконалення, дати змогу впроваджувати здобуті знання у повсякденному житті;
- створити базовий словничок фізичних термінів і явищ англійською мовою;
- навчити слухати та розуміти науково-популярні відеоролики англійською мовою.

STEM-орієнтований підхід дає вчителю розуміння того що, якщо дитина не має яскраво виражених схильностей до природничих наук, то необхідно розвивати інші її здібності, зокрема творчі. Тож, хто має хист до малювання – нехай малює; хто до музики – нехай співає; хто до літератури – нехай пише; хто до лінгвістики – нехай перекладає; хто до виробництва – нехай виробляє, хто до спорту – нехай застосовує знання з природничих наук у тренуваннях. Завдання педагога – дати можливість дитині зрозуміти закони природи через призму її бачення світу, а також розвинути всі інші здібності, які їй будуть необхідні у майбутньому.

Реалізуючи технології STEM-освіти при підготовці майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, ми виділяємо основні способи розвитку креативності у здобувачів освіти в залежності від їх схильностей:

- розвиток креативності у дітей, що схильні до малювання. Зацікавлення таких дітей та здобуття знань через малюнок.
- розвиток креативності в дітей, що схильні до музики. Зацікавлення таких дітей та засвоєння матеріалу через музику.
- розвиток креативності в дітей, що схильні до лінгвістики. Зацікавлення таких дітей та засвоєння матеріалу через іноземні мови.
- розвиток креативності в дітей, що схильні до філологічних дисциплін. Зацікавлення таких дітей та здобуття знань через літературу.
- розвиток креативності в дітей, що схильні до виробничої роботи. Зацікавлення таких дітей та засвоєння матеріалу через конструювання та виготовлення макетів та приладів.
- розвиток креативності в дітей, що схильні до спорту. Зацікавлення таких дітей та засвоєння матеріалу через зв'язок фізики з біологією та тренуваннями.
- розвиток креативності в дітей, що схильні до фізико-математичних дисциплін. Зацікавлення таких дітей через нестандартні задачі та творчі завдання, що потребують додаткових знань.

У рамках роботи створеного нами студентоцентрованого навчально-практичного центру запроваджена інноваційна форма педагогічної

освіти – університетські студії. Працюючи на засадах STEM-орієнтованого підходу, вони об'єднали науковців, студентську та учнівську молодь, вчителів природничо-математичних наук. STEM-студії стали постійно діючою базою практичної підготовки майбутніх вчителів. Починаючи з першого курсу навчання у виші, студенти працюють у студіях майстрами цікавої науки набуваючи досвіду впровадження технологій освітньої діяльності та педагогічної діяльності в цілому.

Концептуальною основою роботи студій стали ідеї відомих педагогів сучасності, зокрема, американського педагога Рона Кларка (2011). Він зазначав, що маючи справу з дітьми, вчителю необхідно проявляти різноманітні форми креативності. Ми повинні знайти шлях для заохочення дитини навчанням, тож ми маємо підходити з максимально великою кількістю методів для передавання наших навичок або знань. Найкращі вчителі та батьки – це ті, хто може мислити нестандартно та поринати у світ дитини, яку виховують. Вони можуть знайти дієві способи та готові спробувати різні методики, поки не знайдуть найкраще рішення, яке допоможе дитині навчатися.

Рон Кларк якось поставив перед учнями завдання вивчити всіх американських президентів та продекламувати їх за порядком. І заради того, аби діти змогли це зробити, він написав пісню, а точніше – переробив відомий реп-трек під навчальні цілі, текстом якого були саме прізвища президентів. Як наслідок – всі діти під час опитування змогли назвати колишніх очільників США. Ця практика, перероблення пісень в навчальних цілях, здебільше реп-треків, й надалі активно використовується в академії Рона Кларка. Діти можуть сидіти на занятті, але в якийсь момент грає музика, всі підводяться та починають співати пісню, що дуже тісно пов'язана з навчальною тематикою. Варто додати, що незважаючи на переривання заняття на кілька хвилин, дисципліна в Академії Рона Кларка не порушується. Навпаки, подібні речі допомагають формувати дружні довірливі стосунки у колективі. Статистика результатів освітньої діяльності з Академії Рона Кларка (2004), підтверджує дієвість методів, які вони використовують, і які доцільно адаптувати в освітній діяльності педагогів. Аналізуючи і запроваджуючи цей досвід ми створили університетську студію наукового репу, яка користується великим попитом у здобувачів освіти. Особливо вдалими хітами студії стали реп-презентації: «Сила тертя», «Мікросвіт моїми очима», «Фізика лунає скрізь» (@science_corporation).

В аудиторіях факультету комп'ютерних наук у рамках роботи студентоцентрованого навчально-практичного центру працює багато цікавих та творчих STEM-студій. Наукова STEM-студія «Discovery» – це освітнє середовище, в якому студенти разом зі здобувачами середньої

освіти працюють над створенням найкращого репортажу з різних куточків нашої планети англійською мовою. Учасники занурюються у медіа-технології, де кожен з них працює на своєму телеканалі. В знімальній студії працює шість майданчиків: Discovery-Азія, Discovery-Африка, Discovery-Атлантичний океан, Discovery-Америка, Discovery-Україна, Discovery-Європа. Кожна команда має підготувати репортаж про життя різноманітних тварин та дослідити, які описують фізичні закони, явища і процеси, що характеризують середовище їх проживання. Репортери з допомогою своїх наставників (медіа-майстрів) опановували технології демонстрації фізичних явищ, процесів і властивостей, таких як резонанс, конвекція, статична електрика, тиск, інтерференція, електризація, явища торнадо, туману та осмосу.

Учасники-репортери напрочуд активно поринали у «світ відкриттів» – «Discovery world», і дуже гарно демонстрували свої наукові відкриття на прикладах живої та неживої природи, зокрема, як павук використовує гідравліку для того, щоб пересуватися, кіт, «знаючи» закон збереження імпульсу, при падінні з висоти завжди приземляється на лапи, дельфін користується ехолокацією для уникнення перешкод та полювання.

Дуже приємно здивувала всіх команда Discovery-Америка, яка досліджувала поведінку комах Америки. Репортери провели свою презентацію англійською продемонструвавши чудове володіння мовою. Це була творча імпровізація, яку дуже гарно сприйняли всі учасники та гості студії. Цей знімальний майданчик виборов перемогу та показав на своєму прикладі, що дійсно, STEM-майданчики в такому форматі розвивають уяву, фантазію та творче мислення. Після презентації всіх знімальних майданчиків в студії учасникам було запропоновано обрати в кожному з них дослід чи демонстрацію, що найбільш сподобалась, дослід «на біс».

У Discovery-Азії це була неньютонівська рідина, Discovery-Америці – інтерференція на крилах бабки, Discovery-Атлантичному океані – електричний скат, Discovery-Африці – жираф, який навчився використовувати закони статичної електрики для комфортного проживання, Discovery-Європі – явище «туманного Альбіону» та в Discovery-Україні – вогняне торнадо.

Приємно вразило те, що учасники запам'ятали не тільки демонстрації, а й фізичні закони та формули, якими вони пояснюються. Особливо всім запам'ятався закон збереження енергії, що є фундаментом всіх фізичних законів.

Отже, STEM-студія «Discovery» забезпечує формування соціальної поведінки як компетентності, що розглядається у ролі «коктейлю» умінь і навичок особистості та поєднує здатність працювати в команді, ініціативність, креативність, інформаційно-цифрову та художню грамотність, здатність до підприємництва у медіа-просторі.

За останніми дослідженнями, що були проведені в Україні компанією ТОВ «Тейлор Нельсон Софрез Україна», 89% респондентів вивчали англійську мову, і серед них лише 18% володіють нею на рівні, що вищий за середній. Тобто маємо прямі докази того, що система вивчення іноземних мов у школах є недосконалою. Водночас, 97% батьків мають бажання, аби їх дитина вивчала англійську мову. Варто зазначити, що бажано підбирати завдання або з нескладною в плані англійської мови, умовою, або давати задачі іноземною мовою дітям із високим рівнем її знання. А також в умовах завдань краще наводити правильний переклад фізичних термінів.

Наведемо приклад задач, що пропонуються до розв'язання на кожному з майданчиків. Кожна група учасників обирає одне із запропонованих завдань:

1. A cork on the surface of a swimming pool bobs up and down once every second on some ripples. The ripples have a wavelength of 20 cm. If the cork is 2 m from the edge of the pool, how long does it take a ripple passing the cork to reach the edge?

Наступна задача є дуже цікавою та корисною, допомагає дітям одночасно зрозуміти принцип фокусування в фотоапаратах та засвоїти тему звукових хвиль.

2. An automatic focus camera uses an ultrasonic sound wave to focus on objects. The camera sends out sound waves which are reflected off distant objects and return to the camera. A sensor detects the time it takes for the waves to return and then determines the distance an object is from the camera. If a sound wave (speed = $344 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) returns to the camera 0,150 s after leaving the camera, how far away is the object?

Примітка: для кращого розуміння умови задач та з метою покращення знання англійської мови, учасникам надають переклад основних термінів.

wave – хвиля;

ultrasonic sound – ультразвук;

determines – визначати.

3. Для вивчення термінів англійською мовою можна скористатися завданнями, подібними до наведеного:

Quantity	Symbol	Unit of measurement	Переклад терміну та його скорочення (одиниця вимірювання) українською
e.g.* Distance	e.g. D (S, l)	e.g. meters (m)	Відстань (км)
Resistance	R	Ohm (Ohm) (Ω)	Опір (Ом)
Current	I	Ampere (A)	Сила струму (А)
Potential difference	V	Volt (V)	Різниця потенціалів (В)

Задача із реалістичною та цікавою умовою:

A roller coaster ride at an amusement park starts from rest at a height of 50 m above the ground and rapidly drops down along its track. At some point, the track does a full 360 degree loop which has a height of 20 m, before finishing off at ground level. The roller coaster train it-self with a full load of people on it has a mass of 850 kg.

If the roller coaster and its track are frictionless, calculate:

The velocity of the roller coaster when it reaches the top of the loop;

The velocity of the roller coaster at the bottom of the loop (i.e. ground level).

Прим:

Velocity – швидкість.

If the roller coaster and its track are frictionless – тут мається на увазі, що відсутнє тертя.

Loop – петля.

STEM-студія «Ренесанс» – це студія розроблена і запроваджується нами переважно для учасників, які мають схильності до філологічних наук.

Майстер-здобувач педагогічної освіти дає завдання із написання «фізичних есе» учасникам, які водночас будуть розвивати власну уяву та підвищувати рівень знань з фізики, адже для написання дійсно гарної розповіді учаснику необхідно уважно ознайомитися та детально розібратися в тих законах, які описуються в матеріалах наданих майстром. Наприклад завдання: фантастична розповідь на тему: «Вранці зникла сила тяжіння», чи «Сьогодні Земля прокинулась без магнітного поля». Уявіть, як широко працюватиме уява дитини, якщо вона напише розповідь, наприклад, із назвою: «20 хвилин з життя електрону». Написання поезії на фізичну тематику – взагалі допомагає учасникам ще краще ви-

вчити певні фізичні терміни явища та закони. Окрім написання фізичних творів, необхідність чого відзначається грецькими педагогами, Хадзігеоргі Я., Фокіаліс П. та Кабуропулу М. зазначають, що можна ще багатьма способами розвивати фізичні знання через літературу. STEM-майстрам рекомендували записувати на початку роботи студії епіграф, висловлювання відомої людини, що може бути пов'язано із темою майданчика. Учасникам студії пропонуються завдання – уривки з літературних шедеврів, задля того, щоб вони описали фізичні процеси, які відбуваються в них.

Так наприклад, уривок з твору Рея Бредбері «The Martian chronicles» (2012).

«[...]The ship came down from space. It came from the stars and the black velocities, and the shining movements, and the silent gulfs of space. It was a new ship; it had fire in its body and men in its metal cells, and it moved with a clean silence, fiery and warm. In it were seventeen men, including a captain. The crowd at the Ohio field had shouted and waved their hands up into the sunlight, and the rocket had bloomed out great flowers of heat and color and run away into space on the third voyage to Mars!

Now it was decelerating with metal efficiency in the upper Martian atmospheres. It was still a thing of beauty and strength. It had moved in the midnight waters of space like a pale sea leviathan; it had passed the ancient moon and thrown itself onward into one nothingness following another. The men within it had been battered, thrown about, sickened, made well again, each in his turn. One man had died, but now the remaining sixteen, with their eyes clear in their heads and their faces pressed to the thick glass ports, watched Mars swing up under them» (Ray Bradbury, 2012).

Учасники майданчика, розглянувши невеличкий уривок Бредбері з твору «Марсіанські хроніки», який переповнений фізичними та фантастично-фізичними подіями, пояснюють описані фізичні явища і пишуть фізичне ессе. Або вибирають варіант відповіді на наступні запитання:

«Now it was decelerating with metal efficiency in the upper Martian atmospheres». – Поясніть причину відмінності між атмосферою Марса та Землі.

«it had passed the ancient moon and thrown itself onward into one nothingness following another» – Поясніть, що мав на увазі автор під фразою «the ancient moon».

Також вище поданий уривок можна використовувати на майданчику з метою здобуття та поглиблення знань з астрономії.

Подібне завдання тільки на іншому уривку з роману «Hunger» Кнута Гамсуна (1890) отримує інша група студії ПЕНЕСАНС.

«And outside there the sea rocked and drowsy rest; ships and clumsy, broad-nosed prams ploughed graves in its bluish surface, and scattered rays to the right and left, and glided on, whilst the smoke rolled up in downy masses from the chimney-stacks, and the stroke of the engine pistons pierced the clammy air with a dull sound. There was no sun and no wind; the trees behind me were almost wet, and the seat upon which I sat was cold and damp».

Учасники отримують завдання описати усі фізичні процеси, які вони впізнали у фрагменті твору. (А в цьому уривку можна як мінімум побачити наступні речі: плавання на воді, закон Архімеда; двигуни – механіка/динаміка; роса – умови випадання роси).

Подібних завдань на зв'язок літератури та фізики можна запропонувати безліч, і всі вони при розумному використанні можуть стати ефективним каталізатором у розвитку креативності дитини.

STEM-студія ЕКЗО дає можливість кожному здобувачу педагогічної освіти зрозуміти що розвиток креативності у дітей передбачає креативність учителя. Не може вчитель, що не має розвинутого творчого мислення, розвинути креативність у своїх учнів. Саме тому в університетських студіях проекту студенти-майстри розробляють та впроваджують STEM-студії різноманітної спрямованості відповідно до своїх вподобань.

Так наприклад, студія ЕКЗО.

У студії створена атмосфера хаосу. Підв'язано до стелі стілець, який висить у повітрі, розкладено якісь запчастини (частини) для парт чи стільців, знято стенди зі стін, та просто поставлено їх на підлогу. Можна повикладати книги з книжних полиць, в цілому – можна зробити ще купу речей, що влаштовують в студії атмосферу хаосу.

Майстер керівник студії, імітуючи перелякане нервово обличчя запрошує учасників до кімнати та просить зайняти свої місця. На фоні грає таємнича музика, наприклад із «Зоряних війн» (музика – обов'язково, вона допоможе учасникам зануритися у таємничу атмосферу).

Далі повідомляє учасникам, що сталося дещо неймовірно-страшне та пропонує подивитися «звернення фізиків із NASA» до учасників цієї студії. Включається завчасно записане відео, на якому вдягнута в офіційно-діловому стилі людина повідомляє наступне: «Шановні учасники студії, мусимо вам повідомити, що сталася жахлива ситуація. Прибульці з іншої планети змогли зламати всі наші комп'ютерні дані, стерти нашу інформацію про фізику, та якимось чином змінити закони природи на нашій планеті. Власне з чужепланетниками питання вирішено, проте на нашій Землі продовжується хаос. Тож ми даємо вам завдання – знайти помилки в законах природи, що діють тепер і виправити їх.

Тоді з вашою допомогою ми зможемо зупинити знищення нашого світу».

Потім учасники розподіляються по групах, і їм видаються завдання. Завдання оформлено креативно. Текст задач запаковано у конверти, на яких, наприклад, буде написано щось типу: «NASA. Top Secret». У цей же час на екрані проєктора демонструються уривки з фільму-катастрофи (звісно, що не надстрашні).

Відтепер учасники мають розв'язати завдання, приклади яких описано нижче, а опісля їх розв'язання, в режимі онлайн «повідомити в NASA» про результати, проте, якщо не буде можливості, наприклад, по Skype зв'язатися із людиною, що була на відео, то це не є великою проблемою. Приклад завдань:

Повідомляю вам наступне: В Нью-Йорку почали провалюватись крізь землю будинки. Ми ледве встигаємо евакуйовувати людей. Якась проблема в фізичних законах! Ми притягли до вирішення цієї проблеми фізиків, щоб за допомогою секретного комп'ютера внести зміну в код нашої планети та зупинити її знищення, проте у вчених стерта пам'ять, вони не можуть розібратися в підручниках, тож науковці ніяк не можуть згадати фізичні закони. Наводжу вам їх розрахунки, які, судячи з усього, є хибними. Може ви зможете знайти помилки та виправити їх, аби ми зупинили хаос:

«Приблизна маса Емпайр Стейт Білдінг складає 331 тисячу тон. Площа фундаменту складає 8094 м². Розрахуйте тиск, який має чинити на землю цей хмарочос».

Повідомляємо вам, що тротуарами неможливо ходити! Люди постійно підсковзуються та падають! Судячи з усього, щось не те із силою тертя. Наші вчені наводять свої розрахунки тої сили, що має діяти, ми вбиваємо її в код Землі, проте нічого не змінюється! Люди ще досі підсковзуються на рівному місці, хоч зараз і немає ожеледиці. Маємо щось робити! Надаю копії розрахунків наших учених, може вам вдасться віднайти та виправити помилки!

«Розрахувати приблизну силу тертя, що виникає між ногою людини, масою 65 кг та асфальтом. В старих записках було віднайдено якийсь коефіцієнт тертя ковзання між гумовою підошвою та асфальтом, що дорівнює 0,5».

Задач аналогічного змісту на студію-виставу можна розробити безліч. Але головна їх особливість має полягати в тому, що в них закладається певна хибна фізична гіпотеза, тож учасники можуть уявити, що б відбулося, якби фізичні закони були б порушені. Тобто – інша залежність між тиском та силою тяжіння – земля не витримує тиску, інша залежність між коефіцієнтом тертя та силою реакції опори – сила тертя

стає практично відсутньою. За допомогою задач подібного плану можна неабияк розвивати креативні здібності учасників: вони задумуються над результатом зміни фізичних законів та водночас зможуть уявити себе героями, які можуть врятувати планету.

Майстри цікавої науки – майбутні вчителі фізики у процесі роботи в університетських студіях центру створюють власний кейс фізичних задач із креативною умовою чи нестандартними питаннями, який буде служити для підбору задач в майбутній професійній діяльності, з метою розвитку креативності, а також задач на основі трансдисциплінарного підходу.

Навіть коли мова йде про простенькі задачі з фізики, важливо підбрати завдання із цікавою/креативною/реалістичною умовою. В першу чергу заради розвитку уяви та інтересу до предмету. Так наприклад:

Вступ до задачі: Вчені встановили, що швидкість руху зграй перелітних птахів складає від 18-ти до 93-х км/год. При цьому, навесні птахи летять із середньою швидкістю близько 50 км/год, а восени – 43 км/год. В сірої ворони швидкість складає 50 км/год, у шпаків в середньому – 74 км/год, а у дрібних горобцеподібних – 50-60 км/год, качок – 72 км/год, гусаків – 90 км/год

Умова задачі: Переведіть наведені дані у м/с.

Вступ до задачі: В США торнадо в середньому виникає до 640 разів на рік. Особливо часто їх спостерігають на рівнинах штатів Техас, Оклахома, Канзас та Небраска. Люди, що мешкають там, мають в своїх будинках укриття, що захищають їх від смерчу. Утворюються вони на рівнинах Північної Америки, коли невеликі області розрядженого повітря дуже швидко підіймаються нагору та створюють величезні повітряні вихрові «труби», що рухають поверхнею землі. Все, що трапляється їм на шляху, вони всмоктують у себе. При обертанні повітря зі швидкістю 100 м/с утворюється повітряний вир діаметром не менше 200 м з розрядженим всередині його повітрям. Відбіжні сили відганяють до країв виру важкі краплі води й граду та створюють стінки завширшки 10-20 м.

Умова задачі: За наведеними даними обчисліть доцентрове прискорення, період обертання, кутову швидкість торнадо.

Вступ до задачі: Блискавка обирає найкоротший шлях до землі, тому потрапляє в будівлі або в дерева. Високі будівлі облаштовують металевими полюсами (прутами), за якими електричний заряд уходить в землю. Це блискавичник. Розряд від блискавки йде на землю та назад за одним й тим же ж шляхом. Це відбувається з такою швидкістю, що наше око бачить лише один спалах. На своєму шляху блискавка розжарює повітря, яке, в свою чергу, швидко розширюючись, створює звукову

хвилю. Це викликає громовий гуркіт та спалахи блискавки. Вони відбуваються одночасно, проте ми чуємо гуркіт опісля того, як побачимо блискавку. Це пояснюється тим, що звук розповсюджується повільніше, ніж світло.

Умова задачі: Різниця потенціалів при появі блискавки становить до 4 ГВ, середня довжина між хмарою та землею – 2-3 км, а між двома хмарами – 15-20 км. Визначте напруженість електричного поля в цих випадках. А також енергію електричного поля.

Вступ до задачі: Електричний скат або електричний вугор витрачає при розрядах електричного органу значну енергію. Потужність цих розрядів складає від 1го до 6 кВт, а час одного імпульсу – 2-3 мс. З цих причин вони використовують свої електричні органи відносно рідко.

Умова задачі: Визначте енергію електричного розряду вищезазначених риб, а також силу струму при цьому розряді та заряд, що проходить за 2 мс.

Вступ до задачі: Технікою безпеки при роботі зі змінним або постійним струмом нехтувати не бажано. Адже при силі змінного струму 20-25 мА, частотою 50 Гц ускладнюється дихання, виникає миттєва судова м'язів. При силі струму 90-100мА виникає параліч дихання, при довгому впливі (3 с та більше) – параліч серця.

Умова задачі: Приймаючи при розрахунках електричний опір тіла людини як 3 кОм, визначте, при якій напрузі виникає параліч дихання, миттєва судова м'язів.

У цій частині розкриваються основні результати розв'язання означеної проблеми.

Дизайн підготовки нового вчителя на основі запровадження нестандартних форм педагогічної освіти та STEM-орієнтованого підходу в освітній діяльності, забезпечує осучаснення змісту і методів освітньої діяльності в контексті євроінтеграції освіти та значно підвищує якість підготовки конкурентоспроможних фахівців для ринку освітніх послуг, сприяє формуванню у них професійних компетентностей високого рівня та креативних якостей.

Створення елементів інноваційної наукової інфраструктури на факультеті комп'ютерних наук Чорноморського національного університету ім. Петра Могили та в освітніх закладах області, які є партнерами соціальних проєктів забезпечує можливість підготовки висококваліфікованих фахівців та залучає майбутніх вчителів до педагогічного дизайну з урахуванням сучасних тенденцій розвитку освіти.

Підготовка майбутнього фахівця педагогічної освіти в запропонованій формі надає можливості кожному здобувачу набутти досвіду технологізації освітньої діяльності та розвивати свої креативні здібності.

Перспективним напрямком подальших досліджень є осучаснення змісту методів та форм вищої педагогічної освіти відповідно до вимог євроінтеграції та впровадження розроблених освітніх продуктів на ринку освітніх послуг на підприємствах та в організаціях.

Планується створення Музею цікавої науки за зразком інтерактивних майданчиків навчально-практичного центру та студій майстер-STEM з метою пошуку, розвитку, підтримки та супроводу обдарованої креативної молоді та сприяння кар'єрному росту майбутніх фахівців на ринку освітніх послуг не тільки області, а й України.

Список використаних джерел

1. Bradbury, R. (2012). *The martian chronicles*. Simon and Schuster.
2. Clark, R. (2004). *Excellent 11: Qualities Teachers, and Parents Use to Motivate, Inspire, and Educate Children*. Hachette Books.
3. Clark, R. (2011). *The End Of Molasses Classes: Getting Our Kids Unstuck--101 Extraordinary Solutions For Parents And Teachers*. Simon And Schuster.
4. Дінжос, Р. В., Манькусь, І. В., & Недбаєвська, Л. С. (2020). *Підготовка вчителя: сучасний вимір: монографія*.
5. Хадзігеоргі, Я., Фокіаліс, П., & Кабуропулу, М. (2012). *Роздуми про креативність у науковій освіті*. *Creative Education*, 3(05), 603-611. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.35089>.
6. Гамсун, К. (1890). *Голод*. <https://anylang.net/ru/books/en/golod/read>.
7. Закон України «Про освіту» (2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.
8. Закон України «Про вищу освіту» (2014). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>.
9. Педагогічна Конституція Європи. Преамбула(2013), Вища освіта України, (3), 111-116. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vou_2013_3_17.
10. *Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи*. (2016). <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>.
11. *Академія Рона Кларка*. <http://www.ronclarkacademy.com>.
12. Зайцева-Чіпак Н. О., Саприкіна М. А., & Гондюл О. Д. (2022). *Future of Work 2030 study: як підготуватися до змін в Україні*. <https://csr-ukraine.org/wp-content/uploads/2021/07/Future-of-Work-research-Ukr.pdf>.
13. @science_corporation. https://instagram.com/science_corporation?igshid=YmMyMTA2M2Y.

1.2. Спецкурс «STEM-освіта»

Необхідність та ефективність модернізації професійної підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін шляхом впровадження авторського спецкурсу «STEM-освіта» підтверджені результатами проведених кафедрою досліджень. Нами визначені: мета курсу, завдання, структура та зміст, що дозволяє окреслити розвиток загальних та фахових компетентностей здобувачів освіти. Концепція курсу полягає в тому, що успіх професійно-педагогічної підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін залежить від мети, завдань, змісту та технологій, як теоретичної, так і предметно-практичної її складової, і досягається за допомогою самовизначення студентом щодо цілей, завдань і змісту своєї майбутньої професійної діяльності на основі розвитку стартових компетентностей технологічного характеру. Методика викладання курсу та використання системних комплексних зв'язків між закладами загальної середньої освіти та університетом дозволяють значно підвищити рівень технологічної компетентності майбутніх вчителів та більш якісно підготувати їх до реалізації STEM-орієнтованого підходу у професійній діяльності. Інноваційність курсу посилюється створенням освітнього продукту за результатами його вивчення. Методичний STEM-кейс, який розробляють здобувачі педагогічної освіти це основа розвитку їх персонал технології у майбутньому.

У Концепції розвитку природничо-математичної освіти в Україні визначено один із пріоритетних напрямів розвитку усіх країн світу – STEM-освіта, Тому відповідність змісту освітньої діяльності суспільно-економічним запитам держави має бути основою нової філософії природничо-математичної освіти. Відтак, здійснюється оновлення стандартів вищої освіти галузі знань «Освіта» з питань використання інноваційних педагогічних підходів до викладання та оцінювання, практики міжпредметного навчання, методів та засобів навчання, що сприяють розвитку дослідницьких і винахідницьких компетентностей здобувачів вищої педагогічної освіти. Модернізація підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін здійснюється нами шляхом збагачення змісту професійної підготовки спеціальними курсами відповідно до сучасних тенденцій розвитку освіти. На кафедрі фізики та математики з метою підготовки майбутнього викладача до реалізації провідних концепцій STEM-освіти у професійній діяльності відповідно до сучасної стратегії розвитку освітнього простору України опанування студентами провідних теорій, концепцій, підходів, STEM-технологій,

моделей освітньої діяльності в галузях формальної та неформальної освіти нами розроблено і впроваджено спецкурс «STEM-освіта».

Основними завданнями курсу є:

1) Формування стійких особистісно привласнених знань здобувачів освіти щодо теоретико методичних засад STEM-освіти, розуміння особливостей категорійного апарату, а саме:

- поняття STEM;
- концепції STEM орієнтованого підходу в освіті;
- сутності і концепції трансдисциплінарного підходу;
- методів впровадження технології STEM-освіти;
- форм організації STEM-орієнтованого освітнього середовища;
- принципів моделювання освітніх середовищ в контексті STEM;
- дефініції та сутності понять STEM-студії і STEM-майданчики.

2) Розвиток здібностей щодо впровадження STEM-технологій:

- визначення основних концепцій STEM;
- володіння методами впровадження технологій STEM-освіти;
- використання форм організації STEM-орієнтованого освітнього середовища;

– моделювання освітнього середовища на засадах STEM у формальній і неформальній освіті;

– розробка STEM-студій різноманітної тематики;

– проєктування STEM-майданчиків для освітніх середовищ формальної і неформальної освіти.

Курс базується на засвоєнні матеріалу дисциплін «Педагогіка», «Психологія», «Філософія та суспільствознавство», «Методика викладання математики», «Методика викладання інформатики», «Математичні методи інтелектуальних обчислень», «Методики викладання фахових дисциплін»

Компетентності, сформовані під час опанування дисципліни, можуть бути використані у дисциплінах чи напрямках «Педагогіка вищої школи», «Інноваційні технології навчання математики та інформатики», в галузі неформальної освіти, при проходженні виробничої, асистентської та передатестаційної практики, при написанні кваліфікаційних робіт та в майбутній професійній діяльності.

У результаті вивчення курсу у здобувачів педагогічної освіти розвиваються загальні компетентності:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- знання й розуміння предметної області та професійної діяльності;

- здатність орієнтуватися в інформаційному просторі, здійснювати пошук, аналіз та обробку інформації з різних джерел; ефективно використовувати цифрові ресурси та технології в освітньому процесі;
- здатність діяти автономно, приймати обґрунтовані рішення у професійній діяльності і відповідати за їх виконання, діяти відповідально і свідомо на основі чинного законодавства та етичних міркувань;
- здатність до міжособистісної взаємодії та роботи у команді у сфері професійної діяльності, спілкування з представниками інших професійних груп різного рівня.

Зміст курсу, методика його викладання та системні комплексні зв'язки із закладами загальної середньої освіти забезпечують можливість розвитку фахових компетентностей майбутнього викладача природничо-математичних дисциплін, а саме:

- здатність здійснювати цілепокладання, планування та проєкування освітньої діяльності здобувачів освіти з урахуванням їх ціннісних орієнтацій вікових та індивідуальних особливостей, особливих освітніх потреб і можливостей; добирати та застосовувати ефективні методики й технології освітньої діяльності, виховання і розвитку здобувачів освіти;
- здатність здійснювати об'єктивний контроль і оцінювання рівня навчальних досягнень здобувачів освіти на засадах компетентнісного підходу, аналізувати результати їхньої освітньої діяльності;
- здатність до суб'єкт-суб'єктної (рівноправної та особистісно зорієнтованої) взаємодії зі здобувачами в освітньому процесі;
- здатність аналізувати власну професійну діяльність та її результати, здійснювати об'єктивну самооцінку і самокорекцію своїх професійних якостей.

Курс складається з двох логічно пов'язаних розділів, теоретико-методологічні засади реалізації STEM-орієнтованого підходу в освітніх середовищах формальної освіти та теоретико-методологічні засади реалізації STEM-орієнтованого підходу в неформальній освіті, зміст курсу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Структура та зміст курсу

№	Теми	Лекції	Практичні (семінарські, лабораторні, півгрупові)	Самостійна робота
Розділ 1 Теоретико-методологічні засади реалізації STEM-орієнтованого підходу в освітніх середовищах формальної освіти.				
1	Тема 1.1 STEM: від ідеї до реалізації. Професійний розвиток педагогічних працівників: «STEM-центр»	2	4	6
2	Тема 1.2. Моделювання інноваційного освітнього середовища на основі STEM-орієнтованого підходу. Способи професійного самовизначення учнівської молоді: STEAM-уроки	2	4	6
3.	Тема 1.3. Інновації в методах і формах освітньої діяльності в контексті STEM. Реалізація STEAM-підходу до формування креативної компетенції здобувачів освіти у процесі вивчення математики	2	4	6
4	Тема 1.4. . STEM-студії і STEM-майданчики як компоненти розвитку НУШ. Доповнена реальність у процесі формування в учнів ключових компетентностей за вимогами програми PISA.	4	8	6
Розділ 2 Теоретико-методологічні засади реалізації STEM-орієнтованого підходу в неформальній освіті.				
5	Тема 2.1. Розвиток неформальної освіти в Україні: концепція, принципи психолого-педагогічні підходи. STEAM-освіта як освітній пазл.	2	4	6

№	Теми	Лекції	Практичні (семінарські, лабораторні, півгрупові)	Самостійна робота
6	Тема 2.2. Психолого педагогічні особливості освіти дорослих в контексті STEM. «STEAM-фестиваль», як інструмент практичної реалізації положень концепції розвитку природничо-математичної освіти.	4	4	3
7	Тема 2.3 Методичний STEAM-кейс. STEM-студії і STEM-майданчики як компоненти розвитку неформальної освіти.	2	8	3
	Всього за курсом:	18	36	36

Одним із основних напрямів успішного засвоєння матеріалів курсу є самостійна робота студентів над основною й додатковою літературою з питань вивчення й реалізації сучасних психолого-педагогічних підходів STEM-освіти.

Основним видом самостійної роботи у рамках вивчення курсу є розробка методичного STEM-кейсу шляхом:

1. Опанування лекційного матеріалу.
2. Вивчення рекомендованої наукової літератури.
3. Засвоєння термінологічного та понятійного апарату курсу
4. Занурення у окреслену проблему під час підготовки до практичних занять.
5. Розробка якісних освітніх продуктів шляхом узагальнення та систематизації вивченого матеріалу і їх апробація на ринку освітніх послуг.

Фіксований перелік тем для розробки освітніх продуктів з дисципліни здобувачам освіти не пропонується. Теми обираються студентами самостійно та є засобом розвитку компетенцій щодо методики розробки та реалізації STEM-технологій навчання у закладах освіти різних рівнів.

Розробка методичного STEM-кейсу передбачає ґрунтовне розуміння теорії і практики впровадження технологій STEM-освіти на ринку

освітніх послуг і визначає необхідний обсяг особистісно привласнених здобувачами освіти знань з питань:

1. Концепції STEM-орієнтованого підходу в освіті.
2. Сутність і концепції трансдисциплінарного підходу.
3. Методи впровадження технології STEM-освіти.
4. Форми організації STEM-орієнтованого освітнього середовища.
5. Принципи моделювання освітніх середовищ в контексті STEM.
6. Дефініції та сутність понять STEM-студії і STEM-майданчики.
7. Роль, місце і значення навчального експерименту для функціонування освітнього середовища.
8. Види навчального експерименту та методика його організації та проведення.
9. Основні концепції STEM.
10. Методи впровадження технології STEM-освіти.
11. Форми організації STEM-орієнтованого освітнього середовища
12. Моделі освітнього середовища на засадах STEM-формальної і неформальної освіти.
13. STEM-студії різноманітної тематики.
14. Сучасні тенденції розвитку освітнього середовища на основі STEM-орієнтованого підходу при вивченні природничих наук.
15. Осучаснення змісту освіти на засадах компетентнісного підходу
16. Впровадження STEM-технологій в освітню діяльність НУШ через співпрацю в проєктах.
17. Розвиток креативності при викладанні природничих дисциплін в освітньому процесі НУШ.
18. Моделювання освітнього середовища на основі STEM-орієнтованого підходу при вивченні курсу «Природничі науки».
19. Інновації в методах і формах освітньої діяльності.
20. Педагогіка партнерства як складова STEM-орієнтованого підходу до навчання.
21. STEM-майданчики як компонент розвитку Нової української школи.
22. Конструкторська діяльність учнів як засіб формування дослідника.

Передумовою досягнення досконалості в будь-якому виді педагогічної діяльності є технологічна компетентність викладача яка забезпечує підвищення якості освіти на основі технологічного підходу.

Технологічна компетентність здобувачів освіти яка розвивається у процесі вивчення курсу об'єднує особистісний та процесуальний компоненти діяльності. З одного боку, вона є особистісною, тобто емоційно-інтелектуаль-

ною, вольовою, мотиваційною, з іншого – операційно-технічною, що включає інструментарій педагога, який передбачає професійні знання, вміння, навички, способи і засоби педагогічного впливу.

Список використаних джерел

1. Дармосюк В. М., Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С., Пархоменко О. Ю. Інноваційне освітнє середовище: технології створення / Інженерні та освітні технології // 2020. – Т 8(1). – С. 85-94.
2. Дінжос Р. В., Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С., Дармосюк В. М. Технологічна компетентність майбутнього викладача природничо-математичних дисциплін як складова його професійної підготовки / Фізико-математична освіта. – 2020. – Випуск 1(23). – С. 76-82.
3. Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С. Технологія майстер-класу джерело формування професійних компетентностей викладача // Витоки педагогічної майстерності. – Полтава, 2017. – №1. – С. 229-233.
4. Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С., Дармосюк В. М. Впровадження STEM-майданчиків як сучасних освітніх середовищ у професійній діяльності вчителя // Фізико-математична освіта. 2019. №1 (19). С. 130-134. DOI 10.31110/2413-1571-2019-019-1-020.

1.3. Університетська студія «Дизайн освітнього середовища (ДОС)» як інноваційна форма педагогічної освіти.

Нестандартні форми педагогічної освіти, які спрямовані на формування та розвиток дизайнерських якостей майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, є предметом сучасних наукових досліджень, які проводяться на базі факультету комп'ютерних наук Чорноморського національного університету ім. Петра Могили в рамках роботи студентоцентрованого навчально-практичного центру при кафедрі фізики та математики. В процесі дослідження нами використовувались наступні методи: педагогічний експеримент, абстрактно-логічний і графічний методи; методи аналізу та синтезу, аналогії, порівняння; математичне моделювання, педагогічне прогнозування.

Модернізація форм педагогічної освіти дає можливість значно підвищити рівень сформованості дизайнерських якостей здобувачів освіти, забезпечити якісно новий рівень інженерно-технічної та технологічної підготовки, уможлиблює осучаснення освітніх програм підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін

Практичне значення дослідження полягає у створенні елементів інноваційної наукової інфраструктури на кафедрі фізики та математики з метою підготовки конкурентноспроможних фахівців для ринку освітніх послуг. Запровадження нестандартних форм педагогічної освіти дає можливість забезпечити максимальне наближення психолого-педагогічної та методичної підготовки здобувачів до умов практичної фахової діяльності, а також формувати їх дизайнерські якості, розвиток яких відбувається в результаті формування здібностей: будувати умовиводи у вигляді гіпотез, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, завдяки яким стає можливим з'ясування ланцюга «минуле – нинішнє – майбутнє», передбачати свій педагогічний вплив на діяльність учнів, планувати і проводити експеримент. Перспективним напрямком подальших досліджень є осучаснення змісту методів та форм вищої педагогічної освіти відповідно до вимог професійного стандарту та соціального замовлення.

Законом України «Про освіту» визначено мету загальної середньої освіти – всебічний розвиток людини як особистості та найвищої цінності суспільства. Нова школа має стати простором розвитку, навчання, спілкування, взаємодії, спільної діяльності учнів, вчителів та місцевої громади.

Реформа загальної середньої освіти, що впроваджується в Україні, співзвучна ключовим світовим тенденціям: особистісно орієнтована

освіта, дитиноцентризм, компетентісний та трансдисциплінарний підходи, педагогіка партнерства. Ці принципи мають знайти відображення у формуванні освітнього середовища. Освітній простір школи є важливим чинником розвитку особистості учня та професіоналізму вчителів, який прискорює або стримує процес розвитку освіти в умовах інноваційних змін. Адже відповідно до Концепції «Нова українська школа» дизайн навчального середовища повинен враховувати характер діяльності та вікові особливості здобувачів освіти.

Дизайн освітнього середовища відповідно до концепції НУШ детально розглянуто експертом з предметно-просторового планування Косенко Д. та координатором проєкту Новий освітній простір. Дослідниками запропоновано створення на території закладів освіти навчальних майданчиків та класів просто неба. Особлива необхідність таких майданчиків обумовлюється вивченням природничо-математичних дисциплін. (3)

Так, наприклад, навчання географії передбачає спостереження за особливостями місцевого клімату, змінами погоди тощо. Для цього на ділянці школи традиційно влаштовується майданчик з метеорологічними приладами: флюгером, термометрами, опадоміром тощо. Флюгер, скажімо, бажано встановлювати якомога вище, на даху будівлі. Флюгер, термометр та інші метеорологічні прилади можуть бути цікавими декоративними елементами будівлі чи пришкільного ландшафту. До складу науково-дослідних майданчиків школи також можна включати астрономічні майданчики чи окремі прилади. Найпростішим астрономічним приладом є сонячний годинник. Сонячні годинники до того ж є цікавим елементом художнього оформлення ділянки.(4)

Різноманітні дидактичні проблеми формування професійних компетентностей майбутнього викладача знайшли відображення у працях педагогів – учених і практиків: В. І. Бондаря, С. У. Гончаренка, Р. С. Гуревича, І. М. Дичківської, Д. Г. Левітеса, М. В. Кларіна, О. М. Пехоти, С. О. Сисоєвої, Р. С. Сафіна, Г. К. Селевко, А. В. Фурмана та ін. Вони досліджували теорію і практику впровадження максимально ефективних технологій навчання, що забезпечувало можливості ефективного дизайну освітнього середовища з метою формування високо адаптованої, активної, творчої особистості.(10)

Дизайн освітнього середовища з метою відмови від авторитарного стилю викладання, орієнтація на демократизацію та гуманізацію освіти відзначалися багатьма дослідниками (С. У. Гончаренко, В. Г. Разумовський, Л. В. Тарасов). Результати численних досліджень учених-методистів (С. П. Величка, В. П. Вовкотруба, О. І. Іваницького, М. І. Садового,

В. Д. Шарко) свідчать, що використання у навчальному процесі інноваційних технологій та нестандартних форм освітньої діяльності є передумовою переходу від знаннєво-просвітительської парадигми природничо-математичної освіти до парадигми продуктивного навчання, коли здобувачі освіти засвоюють не готовий досвід досліджень, а беруть активну участь у самостійному вивченні та дослідженні навколишнього світу методами природничо-математичних наук.

Вирішення завдань, які наразі постали перед освітянами, потребує перегляду ряду фундаментальних понять, принципів, теорій технологій та форм освітньої діяльності. Формування дизайнерських здібностей майбутнього викладача потребує модернізації професійної підготовки майбутніх фахівців природничо-математичних дисциплін на основі контекстного підходу, технології прогнозування та моделювання ситуацій професійної діяльності з використанням нестандартних форм.

Універсальний дизайн є економічно ефективним підходом проектування будь-якого середовища, бо задовольняє потреби всіх користувачів. Саме так визначають це поняття американські архітектори Майкл Біднер та Рон Мейс.

При цьому дослідники підкреслюють, що універсальний дизайн не є новою наукою, стилем, або чимось унікальним. Він вимагає лише усвідомлення необхідності ринкових відносин і поміркованого підходу до об'єктів проектування із забезпеченням їх користування кожною особою.

Дизайн освітнього середовища, на думку провідних вчених-педагогів, формує філософію освіти і середовища, змінює підходи до викладання та навчання, змінює навчальний процес, середовище, а не здобувача освіти, підтримує міждисциплінарний підхід за участю широкого кола фахівців. Особливої уваги на думку педагогів-дослідників заслуговує розробка форм інтегрування нових навчальних методик та технологій освітньої діяльності. Підготовка майбутніх вчителів до застосування дизайну і технологій у початковій школі визначається Дяченко А. як складний багатокомпонентний процес, основою якого є відповідні педагогічні умови. Головною умовою, на нашу думку, є системне оволодіння технологіями освітньої діяльності, що забезпечують формування дизайнерських якостей майбутнього вчителя.

За результатами дослідження нами запропоновані нестандартні форми підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін до дизайну освітніх середовищ відповідно до концепції НУШ та професійного стандарту.

Навчальні майданчики на основі STEM-орієнтованого підходу розглядаються науковцями як компонент розвитку НУШ та інноваційна форма дизайну освітнього середовища. На думку дослідників ця форма є однією з більш ефективних форм мотиваційного дизайну освітнього середовища. В дослідженнях визначені види майданчиків та запропонована методика їх розробки.

Дослідження дефініції освітнє середовище демонструє його багатогранність та складно структурованість. Залежно від направленості досліджень наукових шкіл освітнє середовище визначається як:

- місце, де зустрічаються і взаємодіють не лише учні та вчителі, а й батьки, мешканці району, гості школи; відбуваються не лише уроки, цікаві зустрічі, свята та концерти, а й лекції, семінари, тренінги тощо; діють відкриті лабораторії та майстерні у різних галузях науки, мистецтва й технологій;
- певний педагогічний феномен, що передбачає тісний контакт людини із оточуючим її середовищем. У результаті такої взаємодії відбувається осмислення і пізнання всіх елементів-носіїв культури;
- система соціальних зв'язків в освітній галузі, яка базується на взаємодії суспільства і соціальних інститутів освітньої спрямованості;
- простір, де зберігається загальнодержавна єдність при проведенні децентралізації освіти. Це зберігає взаємозв'язок та спадковість структур та дотримання прав кожного громадянина держави на отримання повноцінної освіти незалежно від місця проживання.

Отже, на сучасному етапі освітнє середовище має декілька смислових відтінків та може розумітися як розвиток технологій навчання в освіті; освітнє середовище виступає як особистий простір суб'єктів; як дидактичний; як «соціально-освітній простір»; як «духовно-педагогічний простір»; як «єдиний освітній простір людської цивілізації»; як синонім культурно-освітньому простору. Більшість дослідників зазначають, що освітній простір відображає переважно внутрішні (педагогічні, психологічні, дидактичні та ін.) зміни в системі освіти.

Вітчизняні та закордонні науковці й практики трактують освітнє середовище, як:

- частину життєвого, соціального середовища людини, що є сукупністю всіх освітніх чинників, які безпосередньо чи опосередковано впливають на особистість у процесах навчання, виховання та розвитку;
- виховний простір, що формує особистість [6].

Психолог Вітольд Ясвін вважає, що освітнє середовище – це:

- характеристика життя всередині закладу освіти;
- система впливів і умов формування особистості;

– система можливостей для розвитку особистості у соціальному та просторово-предметному оточенні.

Інноваційний розвиток освітніх закладів передбачає обов'язкове проектування освітнього простору та його дизайн, який характеризується обсягом освітніх послуг та технологіями освітньої діяльності. Відтак підготовка майбутнього вчителя до дизайну освітнього середовища на засадах інноваційних технологій навчання є актуального і потребує додаткової уваги в закладах вищої освіти, які готують вчителів для НУШ.

Модернізація підготовки майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін здійснюється кафедрою фізики та математики не тільки шляхом введення нових навчальних курсів для майбутніх вчителів фізики та математики, а й через активне залучення їх до реалізації освітніх проєктів STEM-центру створеного при кафедрі.

Одним із ефективних напрямків модернізації процесу підготовки майбутніх вчителів є запровадження інноваційних форм педагогічної освіти з метою формування їх дизайнерських якостей та забезпечення якісно нового рівня інженерно технічної та технологічної підготовки. Університетська студія «ДОС» один з елементів інноваційної наукової інфраструктури що створений кафедрою фізики та математики ЧНУ ім. Петра Могили. Здобувачі педагогічної освіти, учасники студії досліджують актуальні проблеми сучасної освіти, а саме: дизайн освітнього простору, дизайн мислення та дизайн освітньої діяльності. Підготовка фахівців із освітнього дизайну невід'ємна умова євроінтеграції освіти. Перспективним напрямком подальших досліджень у сфері підготовки здобувачів педагогічної освіти є впровадження STEM-технологій та створення при ЗВО STEM-центрів.

Нестандартні форми педагогічної освіти, які спрямовані на формування та розвиток дизайнерських якостей майбутнього вчителя природничо-математичних дисциплін, є предметом сучасних наукових досліджень, що пов'язані з проблемами підвищення якості вищої освіти та процесами її євроінтеграції. Модернізація форм педагогічної освіти дає можливість значно підвищити рівень сформованості дизайнерських якостей здобувачів освіти, забезпечити якісно новий рівень інженерно-технічної та технологічної підготовки, уможливило осучаснення освітніх програм підготовки майбутніх вчителів природничо-математичних дисциплін

Створення елементів інноваційної наукової інфраструктури на кафедрі фізики та математики ЧНУ імені Петра Могили, з метою підготовки конкурентноспроможних фахівців для ринку освітніх послуг та запро-

вадження нестандартних форм педагогічної освіти, а саме університетських студій, дає можливість забезпечити максимальне наближення психолого-педагогічної та методичної підготовки здобувачів до умов практичної фахової діяльності. Також сприяє формуванню їх дизайнерських якостей, розвиток яких відбувається в результаті набуття наступних здібностей: будування умовиводів у вигляді гіпотез, встановлення причинно-наслідкових зв'язків, завдяки яким стає можливим з'ясування ланцюга «минуле – нинішнє – майбутнє», передбачення свого педагогічного впливу на діяльність учнів, планування і проведення експерименту. Перспективним напрямком подальших досліджень є осучаснення змісту методів та форм вищої педагогічної освіти відповідно до вимог професійного стандарту та соціального замовлення. Університетська студія «Дизайн освітнього середовища», яка змодельована на кафедрі фізики та математики ЧНУ імені Петра Могили, об'єднує майданчики, які занурюють майбутніх вчителів у світ педагогічного дизайну.

Мета роботи студії: підготовка майбутнього викладача до дизайну освітнього середовища відповідно до сучасної стратегії розвитку освітнього простору України. Опанування здобувачами освіти провідних теорій, концепцій, підходів, моделей, дизайну освітнього простору, дизайну мислення, дизайну освітньої діяльності в галузях формальної та неформальної освіти.

Дизайн освітнього середовища на засадах концепції НУШ та провідних принципах STEM-освіти стає завданням кожного учасника студії. Команди студентів-дизайнерів отримують завдання та вимоги до їх виконання.

STEM-майданчик «Дизайн освітнього простору» пропонує учасникам дослідити процес педагогічного дизайну як фактор ефективного функціонування освітнього середовища, визначивши психолого-педагогічний вплив традиційних та інноваційних підходів у дизайні освітнього простору, окресливши шляхи осучаснення навчального простору на основі умов продуктивної освіти з використанням концепції «Open Space», що визначає сучасний дизайнерський підхід в сфері просторового дизайну.

STEM-майданчик «Дизайн мислення» спонукає учасників на визначення основного чинника розвитку освітнього середовища та визначення його ролі у інноваційній педагогічній діяльності. Учасники майданчика досліджують історію виникнення та розвитку дизайн мислення в психолого-педагогічній науці, здійснюють психологічний аналіз дизайн-мислення як стилю професійного мислення; визначають моделі дизайн мислення та його роль в інноваційній педагогічній діяльності.

STEM-майданчик «Дизайн освітньої діяльності» занурює учасників в галузі формальної та неформальної освіти з метою визначення стратегії розвитку освітнього простору України та дослідження технологічного підходу в освіті.

Формування андрагогічної компетентності учасників студії є особливо актуальним аспектом роботи студії. Андрагогічна компетентність визначається нами як готовність до роботи з дорослою аудиторією, вміння визначати освітні потреби і запити особистості, урахувати особливості мотивації освітньої діяльності дорослої аудиторії, її групову динаміку застосовувати технології модерації, фасилітації, менторства, залучати аудиторію до інтерактивної взаємодії в освітній діяльності. Учасникам студії пропонується змоделювати впровадження тренінгової технології як технології освіти дорослих, так і у освітньому середовищі ЗЗСО. Особливу увагу, на нашу думку, треба приділити дослідженню ролі значення та особливостей впровадження коуч-технології у формальній освіті.

Впровадження коучингового підходу в освітню діяльність проходить через зміни принципів педагогічної взаємодії. Учасники майданчику розробляють професійний портрет коуча на основі його професійних навичок, а саме компетентностей у сфері особистих якостей, постановці навчальних цілей і задач, у сфері мотивації, у організації навчального процесу, у сфері управління інформацією під час освітнього процесу. Створення коуч-середовища в закладі освіти дозволяє працювати зі здобувачами освіти у форматі практикоорієнтованого підходу, апелюючи до власного досвіду, створювати нові більш ефективні моделі педагогічної взаємодії через використання творчого потенціалу.

Студенти-дизайнери (учасники студії) вивчають сучасні підходи до організації та функціонування освітнього середовища, особливості дизайну освітнього середовища на основі STEM-орієнтованого підходу, моделюють впровадження технологій особистісно-орієнтованого навчання та технологій неформальної освіти.

Результатами роботи кожного з майданчиків університетської студії ДОС є презентація індивідуальних робіт студентів-дизайнерів.

Критерії оцінювання освітніх продуктів, створених у студії (індивідуальних робіт), пропонуються учасникам студії заздалегідь:

Максимальна кількість балів – студент з високою якістю самостійно виконав весь обсяг робіт, відповідає на всі питання, пов'язані з виконаними роботами, та робить додаткові завдання, наприклад, коректно застосовує модель, запропоновану викладачем або розроблену самостійно. У викладача немає претензій щодо програмної реалізації та ви-
мог до виконання роботи.

70%-99% від максимальної кількості балів – студент із достатньою якістю самостійно виконав всі завдання, але в процесі роботи допустив деякі помилки, які самостійно виправив після вказування на них викладачем. На деякі питання відповідає з незначною похибкою. Додаткові питання викликають у студента певні складнощі. Не всі вимоги до виконання роботи дотримані.

40%-69% від максимальної кількості балів – студент із середньою якістю самостійно виконав всі завдання, але не дотримано всіх вимог до реалізації. На питання відповідає з незначною похибкою. Запропоновані викладачем додаткові завдання, наприклад, застосування певної моделі освітнього процесу, виконує з незначними помилками. Не всіх вимог до оформлення роботи дотримано.

1%-39% від максимальної кількості балів – студент самостійно виконав всі роботи, але якість реалізації недостатня. На питання щодо виконання робіт відповіді не зовсім чіткі. Є помилки при відповідях.

0 балів – студент не виконав весь обсяг робіт, або виконав із грубими помилками. Він має проблеми із впровадженням освітніх технологій в освітнє середовище формальної та неформальної освіти, не знає теоретичного матеріалу, програмна реалізація не відповідає поставленим вимогам.

Отримані результати освітньої діяльності учасників університетської студії дизайну освітнього середовища характеризуються системою особистісно привласнених знань із проблем модернізації освітнього середовища та його ефективного функціонування.

Студент-дизайнер освітнього середовища має знати:

- поняття дизайн освітнього простору;
- основні інноваційні підходи у дизайні освітнього простору;
- рівні зонування освітнього простору;
- шляхи осучаснення освітнього простору на умовах продуктивної шкільної освіти;
- сутність та структуру поняття дизайн-мислення;
- роль і значення дизайн-мислення в інноваційній педагогічній діяльності;
- моделі дизайн-мислення та приклади їх застосування у процесі дизайну освітнього середовища, концепції технологічного підходу в освіті;
- структуру і зміст поняття «освітня технологія», сучасні класифікації освітніх технологій;
- моделі впровадження освітніх технологій в освітні середовища формальної та неформальної освіти;

Система особистісно привласнених знань забезпечує формування професійних дизайнерських якостей:

- проєктувати освітній простір із метою створення креативного освітнього середовища;
- моделювати брендинг закладу освіти;
- використовувати моделі дизайн-мислення в інноваційній, професійній діяльності;
- добирати найбільш доцільних освітніх технологій для здійснення ефективної освітньої діяльності;
- моделювати освітній процес на основі технологічного підходу;
- впроваджувати освітні технології в освітнє середовище формальної та неформальної освіти.

Компетентності та дизайнерські якості, отримані під час роботи на майданчиках університетської студії, можуть бути використані у дисциплінах чи напрямках: «Педагогіка вищої школи», «Інноваційні технології навчання математики та інформатики», в галузі неформальної освіти, при проходженні виробничої, асистентської і передатестаційної практики, також при написанні кваліфікаційних робіт та у майбутній професійній діяльності.

Список використаних джерел:

1. Дінжос Р., Манькусь І., Недбаєвська Л., Дармосюк В. Підготовка нового вчителя для об'єднаної Європи: інноваційні форми педагогічної освіти. Освіта. Інноватика. Практика, 2025. Том 13, № 2. С. 15-23. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol13i2-002>
2. Дінжос, Р. В., Манькусь, І. В., & Недбаєвська, Л. С. (2020). Підготовка вчителя: сучасний вимір: монографія.
3. Закон України «Про освіту» (2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>.
4. Закон України «Про вищу освіту» (2014). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>.
5. Педагогічна Конституція Європи. Преамбула (2013), Вища освіта України, (3), 111-116. http://nbuv.gov.ua/UJRN/vou_2013_3_17.
6. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої школи. (2016). <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>.

1.4. Інновації в методах і формах освітньої діяльності

Реалізація державної політики, з огляду на адаптацію України до Європейського освітнього простору, сприяє впровадженню передового досвіду та інновацій в освітній діяльності, набутих європейською спільнотою в сфері підвищення якості освіти.

Посилення розвитку науково-технічного напрямку в навчально-методичній діяльності на всіх освітніх рівнях, створення науково-методичної бази для підвищення творчого потенціалу молоді та професійної компетентності педагогічних працівників обумовлює необхідність використання інноваційних форм і методів освітньої діяльності.

Європейський простір вищої освіти визначає основні компетентності фахівців, а саме: спілкування державною та іноземною мовами, математична грамотність, компетентності в природничих науках, уміння навчатися впродовж життя, соціальні і громадянські компетентності, підприємливість, загальнокультурна, екологічна грамотність і здорове життя мають гармонійно поєднуватися в освітніх середовищах будь-якого рівня і створювати основу самореалізації особистості як фахівця і як громадянина.

Європейські стандарти і рекомендації щодо забезпечення якості у вищій освіті визначають головні умови формування зазначених компетентностей: запровадження студентоцентрованого навчання і викладання, забезпечення умов і підтримки необхідних для досягнення студентами прогресу у своїй академічній кар'єрі, вмотивованість викладачів закладів вищої освіти (ЗВО).

Формула якості освітньої діяльності ЗВО об'єднує дев'ять ключових компонентів, основними з яких є: педагогіка, що ґрунтується на партнерстві, сучасне освітнє середовище, яке забезпечує необхідні умови, засоби і технології для навчання студентів та освітян не лише в приміщенні навчального закладу, а й за його межами, умотивований викладач, який матиме свободу для творчості і професійного розвитку, новий зміст освіти, заснований на формуванні компетентностей, потрібних для успішної самореалізації в суспільстві.

Зокрема сучасне освітнє середовище, яке має забезпечити необхідні умови, засоби і технології діяльності всіх його учасників, інновації в методах і формах освітньої діяльності, створено сьогодні в більшості закладів вищої освіти на основі модернізації методів і форм освіти.

Новий зміст освіти відповідно вимагає урізноманітнення технологій освітнього простору, що означає зростання частки проєктної, командної і групової діяльності. Відтак, одним із компонентів організації таких видів діяльності є створення при ЗВО студентоцентризованих навчально-

практичних центрів, ідея яких полягає у створенні інноваційного освітнього середовища, яке являє собою розгалужену систему пошуку, розвитку, підтримки та супроводу обдарованої молоді на основі інновацій в методах і формах освітньої діяльності та поєднує змістову компоненту з технічною, математичною, художньою творчістю, використанням мультимедійних засобів навчання та фізичним експериментом для формування навичок наукової діяльності, винахідництва та креативу майбутніх фахівців.

На основі провідних принципів STEM-освіти, трансдисциплінарних підходів, технологій особистісно-орієнтованого навчання створено інноваційне освітнє середовище, структура якого забезпечує реалізацію вимог Євроінтеграції освіти.

Розкриємо сутність і роль кожного компоненту навчально-практичного центру у процесі формування основних компетентностей фахівців відповідно до європейських стандартів.

Університетські студії, в яких розробляються освітні продукти для різнорівневих освітніх середовищ, є основним елементом інноваційної наукової структури. Концептуальною основою діяльності студій є поєднання академічної підготовки фахівця у ЗВО з технологічною, інженерною, математичною відповідно до вимог його кваліфікації на ринку праці.

Структура освітнього середовища

Навчально-практичний центр

Університетські студії
(Факультет комп'ютерних наук,
ЧНУ ім. Петра Могили)

Мережа інтерактивних
майданчиків
(ЗЗСО, коледжі, ліцеї, інші
заклади освіти, вулиці міста
і т. д.)
Система студій Майстер-STEM
при ЗВО
I – II рівня акредитації та на
кафедрі фізики та математики
ЧНУ ім. Петра Могили

Методи та форми освітньої діяльності

Майстер-клас,
освітні проекти,
інформаційно-комунікаційні
технології, студія «Füsis»

Проектна діяльність: проекти
«3D-країна див» «Сузір'я
корифеїв», «Батл світів»,
«Перлини світу»,
«Цікава наука онлайн»
«Паркінг цікавої науки»,
«Галерея творчих
особистостей»

Навчально-практичний центр

Кластер соціального
партнерства
Науково-методична лабораторія
технологічної підготовки викла-
дача природничо-математичних
дисциплін на кафедрі фізики та
математики

ЧНУ ім. Петра Могили.

Освітньо-наукова лабораторія
«Крок до науки» на кафедрі фі-
зики та математики

**Методи та форми
освітньої діяльності**

Фестиваль цікавої
науки «Молодіжна хвиля»
Педагогічна майстерня
«Пізнаємо творчу особистість»

Розробка та впровадження
освітніх продуктів на ринку
освітніх послуг та визначення
їх якості.

Так, наприклад, майстер-клас, розроблений в університетській студії, залучає учасників до чогось нового, цікавого, невідомого, чарівного у світі природничої науки та формує у них життєві компетентності, робить вагомий внесок у формування креативної особистості.

Зокрема, *«Перлини світу»* – це один із майстер-класів, який одразу позитивно сприйнявся аудиторією і тому стрімко набрав учасників для його проведення. Цей проєкт можна розширити для більшої кількості його учасників, тому різноманітність дослідів може збільшуватись і вдосконалюватись.

Навколишній світ, що нас оточує, дуже різноманітний: повітряний, земний, водний, підземний. Учасники перетворюються на вчених-натуралістів, які займаються вивченням природи, навколишнього середовища і його мешканців.

Ідея майстер-класу: формування уявлення про цілісність різноманітного оточуючого світу засобами фізичного експерименту.

У кожному куточку світу є своє чудо або своя перлина, яка для людей має особливе значення. Це може бути будь-що: рослина, тварина, людина, скульптура, архітектура, пісня, танець... Але кожна перлина повинна охоронятись, якщо вона дійсно цінна для світу.

Усі ми знаходимося на заповідній території – Землі, яка має свої перлини, що розташовані в заповідниках, де їх охороняють, доглядають та покращують життя. Для майстер-класу перлинами світу є представники водяної царини, комахи, наземні тварини та окрема територія, якій властиві різні погодні умови.

Основне завдання майстер-класу: познайомити його учасників з умовами збереження життя різних представників живої природи, з'ясувати, чи вдасться зберегти заповідник в його початковому вигляді. Запропонувати свої ідеї щодо покращення умов життя представників флори і фауни, презентувати одну із перлин світу за допомогою фізичного експерименту, обладнання для якого в основному виготовляється учасниками майстер-класу.

Майстер-клас пропонує розглянути п'ять заповідних територій.

«Закінф» – перлина заповідника водяний світ. Національний морський парк Закінф (грец. Εθνικό Θαλάσσιο Πάρκο Ζακύνθου) – національний парк, розташований на острові Закінф у Греції. Заснований у 1999 році. Є частиною проєкту Nature 2000. Займає площу 135 кв. км і є місцем проживання головастої морської черепахи. Перший морський парк в Середземному морі, організований для захисту морських черепах.

Морський парк Закінф розташований на південному узбережжі острова Закінф і займає частину пляжу і затоки Лаганас – найважливішого місця гніздування головастої морської черепахи в Середземному морі. Крім місць гніздування, парк включає в себе водно-болотяні угіддя озера Кері і два невеликих острови Строфадес, які розташовані в 50 км на південь від острова Закінф.

Морський парк складається з трьох морських зон, які є місцями гніздування і суворо охороняються. Для захисту екосистеми промислова діяльність суворо заборонена на території кожної з морських зон. Знайомство з представниками водяного світу пропонуємо через виконання дослідів з моделювання механізму захисту електричного морського скату, орієнтування в морському просторі дельфінів, механізму дихання китів та пристосування камбали до існування на глибині.

«Біловеж» або **«Біловезька пуща»** (біл. Белавежская пушча, польск. Puszcza Białowieska). Перлиною заповідника є комахи. Найбільш великий залишок реліктового первісного рівнинного лісу, який, згідно з уявленнями, сформованими в сучасній науці, в доісторичні часи ріс на території Європи. Поступово він був вирубаний, але у відносно незайманому стані у вигляді великого масиву зберігся тільки в Біловезькому регіоні на території сучасних Білорусі і Польщі. Біловезьку пущу відносять до екорегіону під назвою «сарматський змішаний ліс».

Для збереження унікальної природи в Біловезькій пущі виділені чотири функціональні зони з різним режимом охорони: заповідна зона, регульованого користування, рекреаційна і господарська зони. Крім того, навколо Пущі створена охоронна (буферна) зона.

У рамках програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера» в 1976 році на польській стороні кордону Пущі створений біосферний заповідник «Беловежа», а в 1993 році в білоруській частині Пущі – біосферний заповідник «Біловезька пуща» з площею 216,2 тис. га. (2015), що має зону ядра, буферну і перехідну зони.

У 1979 році рішенням ЮНЕСКО Біловезький національний парк (Польща) включений до Списку Всесвітньої спадщини. Ми обрали його для світу комах, адже він займає достатню територію для багатьох різновидів комах. Знайомство зі світом комах виконуємо, демонструючи досліди поширення звуку під час польоту бабки, інтерференції кольорів на її крильцях, будови та міцності павутиння.

«Моремі» – перлина заповідника є наземні тварини. Розташований в Ботсвані (Африка), заповідник Моремі займає майже третину всієї дельти Окаванго. Місце зустрічі пустелі і дельти насичені багатою рослинністю, тому тут живе безліч птахів і тварин, включаючи левів, гепардів, бегемотів, крокодилів. Моремі найкраще відвідати під час сухого сезону, коли всі мешканці концентруються навколо джерела води. Виконуємо досліди, що моделюють сили притягання між молекулами при русі гекона, пристосування до життя жирафа та механізм падіння kota з висоти.

«Асканія Нова» – перлиною заповідника, на нашу думку, є пернаті. Біосферний заповідник «Асканія-Нова» ім. Ф. Е. Фальц-Фейна – науково-дослідна установа в системі Національної академії аграрних наук України, державний заповідник, заснований в 1898 році Фрідріхом Фальц-Фейном.

Розташований біля смт Асканія-Нова Чаплинського району Херсонської області (відкіля і колишня назва заповідника – «Чаплі»). Площа заповідника 33307,6 га.

Назву місцевості дав один з її попередніх власників – герцог Фрідріх Фердинанд Ангальт-Кетен-Плессський у 1841 році на честь маєтку Асканії в Німеччині. Виконуємо досліди задля пояснення особливостей поведінки птахів: політ клином, електризація на лініях електропередач, паріння у повітрі на висоті.

«Річмонд-парк» – перлиною даного заповідника є кліматичні умови, які мають великий вплив на представників парку. Пейзажний парк, розташований на південному заході Лондона в борі Річмонд-на-Темзі. Заснований Карлом I у XVII столітті як оленячий заповідник. Є найбільшим королівським парком Лондона і має як національне, так і міжнародне значення для охорони дикої природи.

- Парк є національним природним заповідником, ділянкою особливого наукового значення і спеціально охороняється. Включений до

реєстру англійських історичних парків і садів особливого історичного значення. Пейзажі Річмонд-парку надихнули багатьох знаменитих художників, а також тут було знято кілька фільмів і серіалів.

- Різні кліматичні явища демонструємо на дослідах: утворення туману, релієвського свічення, припливів і відпливів, радіаційного фону, світлового тиску.

Висновком даного майстер-класу повинно бути лише кілька слів: «Знання людини – що крила пташині».

Таким чином, майстер-класи – це такі освітні середовища, які поєднують змістову компоненту із технічною творчістю, використанням мультимедійних засобів навчання та фізичним експериментом, із використанням саморобного фізичного обладнання, для формування навичок дослідницької діяльності та креативу.

Робота університетських студій на засадах студентоцентрованого навчання з використанням нових форм і методів освітньої діяльності забезпечила підвищення якості професійної підготовки фахівців, що обумовило створення у навчально-практичному центрі мережі інтерактивних майданчиків.

Інтерактивні майданчики. Метою функціонування мережі інтерактивних майданчиків є забезпечення різних видів освітньої діяльності, які відповідають вимогам Європейського стандарту якості освіти щодо створення інноваційного освітнього середовища на основі сучасних методів та форм освітньої діяльності.

Модернізація мережі інтерактивних майданчиків із метою розширення можливостей освітньої діяльності навчально-практичного центру і підвищення якості підготовки фахівців не тільки в університеті, а й за його межами, обумовила створення системи студій майстер-STEM.

Система студій майстер-STEM. Основою більшості досліджень цієї системи є: моделювання, конструювання, робототехніка. Так, наприклад: «Екзопланети і їх особливості», «Визначення оптимальної відстані між сидлом і кермом велосипеда для велосипедиста при участі в гонці», «Літній душ», «Теоретичне моделювання електропровідності полімерних електролітів» та інші.

Розроблені освітні продукти на основі проєктних технологій впроваджуються в різнорівневі освітні середовища, так, наприклад: «Галерея творчих особистостей» – відкритий освітній проєкт, який розроблений і впроваджується кафедрою фізики та математики.

Ідея роботи студій полягає в об'єднанні навколо науки творчих особистостей різних поколінь в контексті STEM та Art освіти.

Мета роботи студії: забезпечення якісної підготовки конкурентоспроможних фахівців у вищій школі, пошук, розвиток та підтримка творчих обдарованих особистостей.

Завдання студії: осучаснення методів, засобів та форм навчального процесу у вищій школі, співпраця учасників проєкту на майданчиках галереї, впровадження в освітні середовища розроблених освітніх продуктів, стимулювання творчого розвитку та самовдосконалення всіх учасників проєкту: студентів ВНЗ різних рівнів акредитації, викладачів, вчителів та учнів ЗНЗ, городян міста та інших учасників проєкту.

Інтерактивні майданчики-галереї презентують творчі особистості через їх наукові досягнення, вагомі внески у розвиток науки і техніки, відданість педагогічній справі.

Співпраця учасників у галузі фізичного експерименту, осучаснення змісту і структури природничо-математичної освіти, інтегрованого навчання на інтерактивних майданчиках галереї є однією із форм організації навчального процесу у ЗВО.

Тренінговий майданчик «Видатні фізики поруч» студії «Галерея творчих особистостей» презентує видатних фізиків через їх відкриття. Ідея – впізнай фізика за дослідями, відтвори його відкриття власноруч.

Майданчик презентує понад 20 видатних фізиків, а саме: Ісаак Ньютон, Галілео Галілей, Архімед, Піфагор, Отто фон Геріке, Ганс Християн Ерстед, Бенджамін Франклін, Майкл Фарадей, Емілій Християнович Ленц, Андре-Марі Ампер, Альберт Ейнштейн, Макс Карл Ернст Людвіг Планк, Християн Гюйгенс, Миколай Коперник, Рене Декарт, Лінус Бенедикт Торвальдс, Август Фердинанд Мьобіус, Нікола Тесла, Вільям Генрі Гейтс III, Даніель Бернуллі, Микола Єгорович Жуковський тощо.

Наприклад, відомий нам політик, просвітитель, вчений та фізик Бенджамін Франклін. Учасникам галереї пропонується впізнати вченого на стодоларовій купюрі та виконати дослід із колесом Франкліна. Цікаво знати, що вчений займався вимірюванням теплопровідності різних матеріалів, вивчав явища охолодження рідини при випаровуванні, досліджував поширення звуку у воді і повітрі і, до речі, ніколи не був президентом Америки. Саме перу цієї надзвичайно мудрої людини з величезним життєвим досвідом належать такі відомі крилаті фрази як «час – гроші», «не відкладай на завтра те, що можна зробити сьогодні», «один переїзд дорівнює трьом пожежам».

Учасники галереї, які виконали завдання по відтворенню фізичного відкриття, а саме продемонстрували фізичний експеримент із запропонованим обладнанням та впізнали вченого, отримують фішки переможця та переходять до інших експонатів тренінгового майданчика.

Презентуючи Отто фон Геріке, учасникам пропонують відтворити дослід із магдебурзькими півкулями, який доводить наявність тиску повітря. У 1654 році вчений відкрив, що повітря має пружність, вагу, підтримує горіння й проводить звук. Цікаво знати, що у 1663 році Геріке

створив одну з перших електричних машин і винайшов явище електро-статичного відштовхування однойменно заряджених предметів. Учасникам галереї пропонується виконати фізичний експеримент із саморобною електрофорною машиною з метою підтвердження відкриття вченого, що дає можливість залучити учасників до конструкторської та проєктної діяльності.

Видатна особистість Майкла Фарадея в галереї представлена класичними дослідженнями Фарадея щодо явища електромагнітної індукції. При цьому необхідно наголосити, що саме Фарадей зробив перший внесок у нанотехнології дослідженням наночастинок металу в колоїді золота, що являє значну пізнавальну цінність для учасників.

Нікола Тесла – автор близько 800 винаходів у сфері електро- і радіотехніки, розробник принципу дистанційного керування, основ лікування струмами високої напруги, побудував перший електричний годинник, двигун на сонячній енергії, генератор змінного струму тощо. В галереї творчих особистостей подано модель трансформатора Тесла (резонансна котушка), яку виготовлено студентами як зразок для подальшої творчої винахідницької та конструкторської діяльності учнів.

Відомого давньогрецького вченого Архімеда можна впізнати за «царською короною», ванною з водою та його крилатим вигуком «Еврика», що означає «знайшов».

Поряд із фото Ісака Ньютона розташовано досліді з класичної механіки (взаємодія двох візків, рух по похилій площині тощо) та яблуко, яке асоціюється із відомою легендою про відкриття закону всесвітнього тяжіння.

Микола Коперник і Галілео Галілей, які зробили вагомий внесок в астрономію, представлені моделлю Сонячної системи та телескопом. Рух тіл у моделі Сонячної системи відповідно подано у співвідношенні періодів оберту, що описується третім законом Кеплера. Дата «2009 рік» ознаменовано роком астрономії, як 400-а річниця від першого застосування Галілеєм телескопа для астрономічних спостережень.

Ефективність впровадження результатів роботи галереї підтверджується створенням проєктів-супутників в освітніх закладах міста та області: ЗЗСО №3, №18, Криничанський ЗЗСО та інші. Явкинський ЗЗСО Баштанського району отримав грант Євросоюзу на створення Галереї творчих особистостей для освітніх закладів Баштанського району.

Різноманітна освітня діяльність системи студій майстер-STEM зацікавила провідні підприємства та організації Миколаївщини щодо залучення в їх структури конкурентоспроможних фахівців. Саме цим обумовлено створення в навчально-практичному центрі кластера соціального партнерства.

Кластер соціального партнерства створений нами з метою пошуку, розвитку і підтримки талановитої, обдарованої молоді та популяризації науки, як сфери діяльності особистості. Кластер об'єднує управління сім'ї та молоді Миколаївської міської ради та провідні підприємства (ТОВ «Золотий колос», компанія ADDRIAN, дизайн-студія «Хід конем»), Миколаївський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти, ВНЗ I-II рівнів акредитації (Миколаївський фаховий будівельний коледж, Миколаївський фаховий політехнічний коледж,) центри дитячої та юнацької творчості (м. Миколаїв, м. Вознесенськ, смт. Доманівка). Кластер соціального партнерства два рази на рік організовує і проводить при кафедрі на факультеті комп'ютерних наук фестивалі цікавої науки «Молодіжна хвиля». Черговий фестиваль науки, який відбувся 14 травня 2025 року, присвячувався святкуванню дня науки в Україні. Матеріали фестивалів науки висвітлюються на сайті університету.

Реалізація ідеї проєкту щодо впровадження інноваційних форм і методів освітньої діяльності центру визначила необхідність створення науково-методичної лабораторії.

Науково-методична лабораторія технологічної підготовки викладача природничо-математичних дисциплін є однією з наукових складових навчально-практичного центру. Колектив лабораторії досліджує проблеми осучаснення змісту і технологій природничо-математичної освіти. Результати досліджень обговорюються на щорічному науковому форумі «Ольвійський форум».

Результати виконання наукових досліджень представлені викладачами кафедри у навчальних посібниках: «Сучасний урок фізики у контексті STEM-освіти», «Сучасна фізика в школі», «Сучасні досягнення фізики: матеріали до уроку», «Диференціальні рівняння», «STEM-освіти: трансдисциплінарний підхід».

Одним із елементів осучаснення змісту освіти є галузь нанотехнологій. Перерахувати всі застосування нанотехнологій практично неможливо. Назвемо тільки деякі з них:

- елементи наноелектроніки і нанофотоніки (напівпровідникові транзистори і лазери, фотодетектори, сонячні батареї, різні сенсори);
- обладнання надгустого запису інформації;
- телекомунікаційні, інформаційні і обчислювальні технології, суперкомп'ютери;
- відеотехніка – плоскі екрани, монітори, відеопроєктори;
- молекулярне електронне обладнання, в тому числі перемикачі і електронні схеми на молекулярному рівні;
- паливні елементи і обладнання збереження енергії;

- обладнання мікро- і наномеханіки, в тому числі молекулярні мотори і наномотори, нанороботи;
- авіаційні і космічні програми;
- обладнання контролю оточуючого середовища;
- цільова доставка ліків і протеїнів, біополімери і загоєння біологічних тканин, клінічна і медична діагностика, утворення штучних мускулів, кісток, імплантація живих органів;
- реєстрація і ідентифікація біологічно шкідливих агентів, безпека у сільському господарстві і при виробництві харчових продуктів.

Наприклад, при вивченні явищ поверхневого натягу рідин і змочування рідинами поверхні твердих тіл важливо не тільки розкрити фізичні основи цих явищ, а й показати їх практичне застосування, особливо в нанотехнологіях, які є новим етапом пізнання матерії. Деякі сучасні технології базуються на результатах спостереження за живою природою і запозиченні в неї унікальних принципів і ефектів. Одним із прикладів «співробітництва» людини з природою є так званий «ефект лотоса».

Елементом осучаснення змісту освіти є ознайомлення освітнього середовища з останніми досягненнями сучасної фізики, які відзначені Нобелівською премією: світлодіоди, флуоресцентні мікроскопи, нейтрино, гравітаційні хвилі.

Колектив лабораторії є організатором трьох Міжнародних науково-практичних конференцій «Розвиток інноваційної діяльності в галузі технічних і фізико-математичних наук», на яких обговорюються проблеми удосконалення змісту освіти сучасними досягненнями природничо-математичних наук.

Розробка та впровадження освітніх продуктів (саморобне фізичне обладнання, діючі моделі механізмів, моделі фізичних явищ, майстер-класи, міні-проекти та ін.) в різнорівневі освітні середовища привела до необхідності створення у навчально-практичному центрі освітньо-наукової лабораторії «Крок до науки»

Колектив освітньо-наукової лабораторії «Крок до науки» розробляє та впроваджує освітні продукти в різнорівневі освітні середовища. Розроблено і запроваджено 15 інноваційних проєктів, на які отримано авторські свідоцтва: «Крок до науки» (№67449 від 26.08.2016 р.), «Галерея творчих особистостей» (№75304 від 11.12.2017 р.), «Цікава наука на вулицях міста» (№75305 від 11.12.2017 р.), «STEM-майданчики, як компонент розвитку нової української школи» (№77298 від 05.03.2018 р.).

Зокрема мета проєкту «Цікава наука онлайн»: створення освітнього середовища, яке забезпечує пошук, розвиток та підтримку творчих та

обдарованих особистостей через широку популяризацію природничо-математичних наук.

Реалізація поставленої мети здійснювалась шляхом розв'язання завдань проєкту:

- осучаснення методів, засобів та форм навчального процесу у вищій школі відповідно до концепції STEM- та Art-освіти;
- впровадження у навчальний процес ЗВО та різномірні освітні середовища технологій STEM-освіти;
- розробка та впровадження освітніх продуктів проєкту на ринку освітніх послуг.

Робота навчально-практичного центру забезпечується тісною співпрацею команд проєкту, тобто його цільових груп на засадах педагогіки партнерства.

Цільові групи проєкту (команди). Кожна цільова група проєкту має свою мету і виконує відповідні завдання.

Команда викладачів ЗВО:

- здійснює моніторинг та періодичний перегляд програм, щоб гарантувати, що вони досягають поставлених цілей і відповідають потребам студентів і суспільства.
- керує університетськими студіями, в яких розробляються освітні продукти для різномірних освітніх середовищ, як результат співпраці учасників студій;
- проводить діагностику освітніх середовищ;
- розробляє методичне забезпечення проєкту;
- визначає роль кожного учасника в проєкті;

Команда здобувачів педагогічної освіти:

Створюється відповідно до мотивів їх майбутньої професійної діяльності, прагнень та потреб на засадах студентоцентрованого навчання. Студентам пропонується працювати в університетській студії. Робота в студії передбачає проведення фундаментальних фізичних досліджень, розробку міні-проєкту «Паркінг цікавої науки» і роботу «Галереї творчих особистостей». Кожен напрямок діяльності університетської студії передбачає розробку, створення і впровадження в різномірні освітні середовища відповідних освітніх продуктів, якість яких визначає рівень професійної майстерності майбутніх викладачів.

Команда вчителів ЗЗСО:

Співпрацює в проєкті зі студентами на основі технології STEM- та Art-освіти, основою яких є поєднання науки, техніки, інженерії, математики та досвіду професіоналів різного рівня. Ефективним прийомом цієї співпраці є оцінка професіоналом високого рівня результатів діяль-

ності професіонала-початківця. Співпраця студентів та вчителів здійснюється в університетській студії, на інтерактивних STEM-майданчиках та у творчому центрі «Молодіжна хвиля».

Команда здобувачів загальної середньої освіти:

Здобувачі освіти в ході навчального процесу залучаються до проектної діяльності на інтерактивних майданчиках проекту, а також співпрацюють зі студентами в хоббі-класі та в студії «Єврика». Інтерактивні майданчики для учнів створюються на базі лабораторій кафедри фізики, з провідними фахівцями кафедри співпрацює університетська студія, а саме впроваджуються розроблені освітні продукти: тематичні майстер-класи, освітні проекти, бліц-турніри з фізики, конкурси творчих учнівських робіт. Кожен з учнів за результатами участі в проекті може стати переможцем конкурсу «Кращий фізик» в номінаціях: «фізик-дослідник», «фізик-експериментатор», «фізик-лірик». Індивідуальні заявки від учнів та класних колективів на участь у проекті приймаються протягом навчального року. Заявки можна подати на участь в проекті в цілому, або в окремих його секціях: «теоретичні фізичні дослідження», «експериментальна фізика», «астрономія», «сучасні математичні дослідження».

Створене освітнє середовище проекту забезпечує формування і розвиток професійної майстерності майбутніх фахівців, креативних особистостей, що обумовлено необхідністю формування у них ключових компетенцій в контексті STEM- та Art-освіти та вимог європейського освітнього простору.

Досвід моделювання освітнього простору як школи природничо-математичного дизайну студенти опановують у Миколаївському муніципальному колегіумі імені В. Д. Чайки в період педагогічної практики.

Принципи НУШ мають відображення у діяльності ММК та в розбудованому у закладі освітньому середовищі, адже колегіум – це школа, до якої приємно ходити учням. Тут прислухаються до їхньої думки, вчать критично мислити, не боятись висловлювати власну думку та бути відповідальними громадянами.

Актуальним є подальше моделювання освітнього середовища колегіуму, що пов'язане з імплементацією в роботу закладу основних принципів і підходів НУШ, адже реформа розрахована на роки, тому що неможливо швидко змінити освітні традиції, що плекалися протягом десятиків років. Відтак, поєднуючи роботу у Всеукраїнському експерименті «Створення вітчизняної моделі авторської школи» і власну концепцію «Авторської школи природничо-математичного дизайну», в ММК заплановано науково-методичну тему «Моделювання освітнього прос-

тору колегіуму як школи природничо-математичного дизайну в контексті НУШ». Робота над цією темою всіх учасників сприяє постійному вдосконаленню і розширенню авторського розвивального середовища закладу як школи природничо-математичного дизайну, бо його завданнями є:

- внутрішня та зовнішня готовність вчителя до змін (вмотивований та висококваліфікований вчитель);
- реалізація концепції національно-патріотичного виховання;
- перехід від школи теоретичних знань до школи компетентностей XXI століття;
- формування медіа-освітнього простору;
- створення розвивального середовища для вивчення української та іноземних мов;
- створення розвивального середовища для роботи з обдарованими учнями згідно теорії множинного інтелекту та особистого темпу розвитку дитини;
- впровадження у систему роботи колегіуму предметних лабораторій, медіа-лабораторій, лабораторій інформаційних технологій та робототехніки.

Досягнення проєкту

Результативність проєкту за період із 01.09.2020 р. по 30.05.2025 р. визначається кількісними та якісними показниками.

Кількісні показники. Щорічно у проєкті беруть участь:

- понад 130 вчителів міста та області (засідання методичних об'єднань вчителів, курси підвищення кваліфікації);
- 120 студентів (студенти 1-4 курсів та магістранти факультету спеціальностей фізика, математика);
- студенти коледжів «Миколаївський фаховий політехнічний коледж». «Миколаївський фаховий будівельний коледж» спільно з викладачами дисциплін природничо-математичного циклу;
- учні та вчителі ЗЗСО міста Миколаєва: №3, 4, 6, 15, 18, 19, 25, 43, 46, 51, 55, 60, гімназії №3, 4, Перша українська гімназія,;
- учні та вчителі районних ЗЗСО Миколаївської та Херсонської областей: Братська, Криничанська, Лиманська, Кіровська, Ковалівська, Солончаківська, Новобузька, Краснянська, Березанська, Кімівська, Новомиколаївська, Новоодеська №1-2, Шостаківська, Секретарська, Кир'яківська.

Робота студентоцентрованого навчально-практичного центру:

- організовано та проведено сім фестивалів цікавої науки та творчості «Молодіжна хвиля»;

- організовано роботу наукового містечка «Крок до науки» («Цікава наука на вулицях міста»)
- проведено свята «Цікава наука онлайн» для активних учасників «Молодіжної хвилі», STEM-майданчики для здобувачів освіти початкових класів та інших освітніх середовищ;
- відкрито «Галерею творчих особистостей» та педагогічну майстерню «Пізнай творчу особистість»;
- за період впровадження проєкту проведено понад 50 майстер-класів для учнів, студентів та вчителів ЗЗСО;
- розроблено понад 27 проєктів;
- 15 освітніх проєктів впроваджено за період 01.09.2020 р. по 31.05.2025 р. в ЗНЗ міста;

Якісні показники.

- Активізація пізнавальної, творчої активності здобувачів загальної середньої освіти, яка підтверджена проведенням фестивалів «Молодіжна хвиля» на базі факультету комп'ютерних наук ЧНУ імені Петра Могили. На фестивалях зареєструвалося понад 500 учасників, які працювали в 27 студіях як онлайн, так і офлайн. Здобувачі, які приймали участь в роботі університетських студій, стали переможцями обласних олімпіад з фізики та математики та переможцями конкурсів наукових робіт МАН.
- Підвищення рівня фундаментальної підготовки учасників проєкту засвідчено результатами роботи студій: понад 150 учасників фестивалю науки стали номінантами і нагороджені грамотами, подяками, сувенірами та медалями фестивалю, цінними подарунками та грошовими винагородами від партнерів проєкту. Провідні підприємства-партнери започаткували присвоєння почесних звань «Кращий майстер» для студентів та «майстер-STEM» для учнів ЗЗСО. Вчителі ЗЗСО, які приймають участь в проєкті як члени журі, мають можливість підвищити мотиваційну складову організації освітнього процесу при викладанні предмету, ознайомитися з практичними можливостями осучаснення змісту природничо-математичної освіти та підвищити рівень професійної підготовки (більшість вчителів використовують сертифікати, отримані в університетських студіях при атестації на більш високу категорію). Серед вчителів, які активно працюють членами журі, два переможці конкурсу «Вчитель року» та лауреат Всеукраїнського конкурсу «Вчитель року» в номінації «Фізика» (3 місце), а також переможець міського педагогічного конкурсу «Нове ім'я».

- Створення освітніх продуктів (саморобне фізичне обладнання, діючі моделі механізмів, моделі фізичних явищ, майстер-класи, міні-проекти та ін.), якість яких засвідчена результатами їх впровадження в ЗЗСО міст та області та у ЗВО I-II рівнів акредитації.
- Результатами виробничої практики студентів, які підтверджують стрімку адаптацію майбутніх фахівців до роботи в різнорівневих освітніх середовищах, високий рівень сформованості професійних компетентностей, здатність до творчості та проєктування освітніх середовищ. Більшість студентів за підсумками практики оцінені на відмінно та відзначені подяками та грамотами педагогічних колективів ЗЗСО.

Очікувані результати:

- подальший розвиток та підтримка творчої та обдарованої молоді в університетських студіях навчально-практичного центру;
- впровадження розроблених освітніх продуктів на ринку освітніх послуг на підприємствах та в організаціях;
- створення музею цікавої науки як елементу Паркінгу науки в місті Миколаєві. Планується створення Музею цікавої науки за зразком інтерактивних майданчиків навчально-практичного центру та студій майстер-STEM з метою пошуку, розвитку, підтримки та супроводу обдарованої молоді та сприяння кар'єрного росту майбутніх фахівців на ринку праці, не тільки області, а й України.

**Університетські студії:
Студія «Füsis»**





«Паркінг науки» («Цікава наука на вулицях міста»)



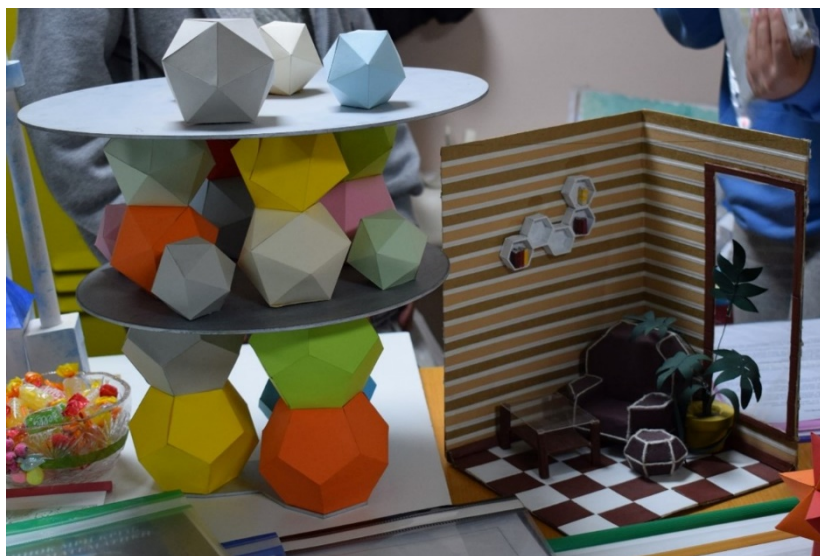


«Галерея творчих особистостей»









1.5. Формування ключових компетентностей здобувачів освіти відповідно до вимог Нової української школи

Нова українська школа працює на засадах особистісно-орієнтованої моделі освіти. У рамках цієї моделі школа максимально враховує права дитини, її здібності, потреби та інтереси, на практиці реалізуючи принцип дитиноцентризму. «Є необхідність якомога більше наблизити навчання і виховання кожної дитини до її сутності, конкретних здібностей, майбутньої життєвої траєкторії людини. Це явище я називаю дитиноцентризмом в освіті», – стверджує президент Національної академії педагогічних наук Василь Кремень.

Перед вчителем існує проблема у створенні певних умов, які б, з одного боку, дали змогу оптимізувати розвиток життєвих компетентностей, творчого потенціалу кожної дитини та допомогли їй стати творцем свого життя, а з іншого боку – дозволили б вийти зі стін школи зі свідомим ціннісним ставленням до власного здоров'я як першочергової умови формування та реалізації життєвих компетентностей.

Такі ключові компетентності як вміння вчитися, ініціативність і підприємливість, екологічна грамотність і здорове життя, соціальна та громадянська компетентності можуть формуватися відразу засобами всіх навчальних предметів і є міжпредметними.

Компетентність – це інтегральна характеристика особистості, яка реалізується при розв'язанні проблем за допомогою наявної інформації з використанням розуму, досвіду і творчих здібностей. При цьому учасник освітнього процесу набуває такого досвіду:

- пізнавальної діяльності у формі знань;
- здійснення відомих способів діяльності у формі умінь діяти за зразком;
- творчої діяльності у формі умінь приймати ефективні рішення в проблемних ситуаціях;
- здійснення емоційно-ціннісних ставлень у формі особистісних орієнтацій.

Тобто, формування компетентностей відбувається згідно такого логічного ряду: вивчати – шукати – думати – співпрацювати – діяти – адаптуватись.

Фізика разом з іншими предметами робить свій внесок у формування ключових компетентностей:

- **компетентностей у природничих науках і технологіях**, які реалізуються за допомогою таких навчальних ресурсів: навчальні проєкти, конструкторські завдання, фізичні задачі, ситуативні вправи щодо

дослідження стану довкілля, ощадного використання природних ресурсів, відвідування музеїв науки й техніки тощо;

• **інформаційно-цифрової компетентності**, компонентами якої є такі уміння:

- визначати джерела інформації, аналізувати, відбирати необхідну інформацію, оцінювати;
- використовувати сучасні пристрої для отримання, опрацювання, передачі та представлення інформації;
- використовувати цифрові технології і пристрої для вивчення фізичних явищ, моделювання фізичних явищ і процесів;
- дотримуватися правил безпеки в мережах та мережевого етикету;

• **уміння вчитися впродовж життя**. Ці уміння якнайкраще формуються під час реалізації проєктної діяльності, а саме: ставити перед собою цілі й досягати їх, вибудовувати траєкторію розвитку впродовж життя; застосовувати набуті знання для оволодіння новими, для їх систематизації та узагальнення. А також важливим компонентом, яким є позитивне емоційне сприйняття власного розвитку, отримання задоволення від інтелектуальної діяльності;

• проєктні технології дають можливість формувати **ініціативність і підприємливість**, що виражається в умінні застосовувати фізичні знання для генерування ідей та ініціатив щодо проєктної, конструкторської та винахідницької діяльності;

• **соціальної й громадянської компетентності**. Це уміння активно працювати в групах, розподіляти ролі, приймати виважені рішення, які сприятимуть розв'язанню досліджуваної проблеми чи завдання, важливих для даного освітнього середовища, учнівського колективу; ефективно співпрацювати в команді над реалізацією навчальних дослідницьких проєктів;

• **екологічної грамотності і здорового життя**, компонентами яких є уміння:

- застосовувати набуті знання та навички для збереження власного здоров'я та здоров'я інших;
- визначати причинно-наслідкові зв'язки впливу сучасного виробництва, життєдіяльності людини на довкілля;
- аналізувати проблеми довкілля, визначати способи їх вирішення, брати участь у практичній реалізації цих проєктів;
- оцінювати позитивний потенціал та ризики використання наслідків фізики, техніки і технологій для добробуту людини й безпеки довкілля.

Одним із засобів розвитку компонентів ключових компетенцій в учнів є проведення тематичних майстер-класів та використання проєктної технології. Ці технології створюють умови, що сприяють самореалізації особистості, виникненню потреби в додатковому пізнанні, мотивації навчання і спілкування, дають позитивний емоційний настрій, створюють ситуацію успіху та творчості.

Наведемо декілька тем майстер-класів.

Майстер клас: «Закохані у фізику».

Мета:

навчальна: дати в загальному вигляді поняття електризації тіла, продемонструвати існування електризації тіла, існування позитивного та негативного заряду.

виховна: виховувати почуття відповідальності, впевненості.

розвивальна: розвивати творчу компетентність, комунікативну, організаційну, компетентність в природничих науках.

Робота групи: за допомогою даного майстер-класу в учнів формувалися певні життєві компетентності. Використовуючи жеребкування для розподілу ролей формувалася організаційна та соціально-рольова компетентність. Демонструючи дослід електризації піску, наелектризованість ебонітової палички, плексиглазової в учнів формувалась комунікативна та творча компетентність.

Майстер клас: «Кастинг професій».

Мета: правильність вибору професії залежить від наявної життєвої компетентності.

Робота групи: представляється у вигляді сценки-мініатюри. Використовується метод гри. За допомогою цього методу формується творча компетентність. Під час представлення сценки у вигляді станції технічного обслуговування формується соціально-рольова компетентність. Демонструють такі досліді, як: модель електричного двигуна, модель двигуна внутрішнього згорання.

Результати: учні чітко розуміють соціальну значимість усіх галузей професій, що існують, за допомогою фізичних знань та набутих умінь.

Майстер клас: «Музей фізичного експерименту».

Мета: формування компетентностей в природничих науках, комунікативної, творчої, соціальної та екологічної компетентностей.

Робота групи: група працює над експериментами, які ґрунтовно відтворюють явища природи та знання фізики у повсякденному житті. Демонструючи явище конвекції, явища змочування та поверхневого натягу, учасники не тільки формують фізичну суть, а й формують життєві компетентності.

Майстер клас: «Туристична агенція».

Мета: ознайомити з інтеграційною формою навчання. Навчити усвідомлювати значимість саме інтеграційної форми навчання та використовувати її як один із основних методів вивчення фізики.

Робота групи: за допомогою цієї технології навчання була успішно усвідомлена соціальна і громадянська роль проєкту. Під час відтворення фізичних явищ формується творча компетентність. Усвідомлення історичних моментів та їх наукової значимості сприяє формуванню соціально-рольової компетентності, математичної грамотності, фізичної компетентності.

Проектні технології, які є засобом формування екологічної грамотності, мають здоров'язбережувальне та екологічне спрямування. Під час реалізації проєктів необхідно приділити особливу увагу саме розвитку здоров'язберігаючої компетентності.

Так, наприклад, при вивченні розділу «Механічні та електромагнітні хвилі» у підручнику «Фізика» за 9 клас авторів В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова, автори нам пропонують такі орієнтовні теми проєктів:

- Звуки в житті людини.
- Застосування інфра- й ультразвуків у техніці.
- Вібрації й шуми та їхній вплив на організми.
- Електромагнітні хвилі в природі й техніці.
- Вплив електромагнітного випромінювання на організм людини.
- Види шумового забруднення. Вимірювання рівня шумового забруднення. Вивчення впливу шумового забруднення на організми.
- Музичні інструменти як джерела різних звукових хвиль.

Розглянемо проєкт на тему «Звуки в житті людини».

Учні пропонують розглянути звук як фізичне явище, потім проаналізувати літературні та інтернет-джерела з теми проєкту і дійти висновку, що шум – це безладне поєднання по силі і частоті звуку, здатне впливати на організм.

Одним із видів шуму є так званий «шкільний шум».

За загальноприйнятим стандартом: інтенсивність мовного шуму вимірюється в дБ: тихий шепіт – 10 дБ, помірний шепіт – 20 дБ, гучний шепіт – 30 дБ, нормальна гучна мова – 50-60 дБ. Ці рівні не заважають розумовій праці, якщо цей шум короточасний. Такий шум не перевищує допустимих норм для розумової праці, не робить шкідливого впливу на центральну нервову систему, не знижує уваги, розумової працездатності, не викликає негативних емоцій. Гучний шум (59-65 дБ) перевищує санітарні допустимі норми для розумової праці, знижує увагу, працездатність, надає навантаження на центральну нервову систему, ви-

кликає неприємні емоції. Інтенсивний шум (65-75 дБ) заглушає підвищений голос вчителя, голоси дітей.

Від надмірного рівня шуму посилюється стан дискомфорту: на перервах шкільна будівля гуде, на уроці, в зв'язку з великою наповнюваністю класів, дітям доводиться напружувати слух. Вчителю також доводиться працювати з підвищенням голосу. До кінця навчального дня втоплюються й ті, й інші.

Учні досліджували наслідки такого шуму, його вплив на нервову систему. Важливо, щоб вони самі усвідомили необхідність дотримання тиші під час уроку і на перервах. Звісно, вимагати абсолютної тиші під час перерв нерозумно, але відносного спокою все ж необхідно домогтися. А ось відсутність шуму під час уроків – явище вкрай необхідне.

Актуальність теми проєктної роботи вчитель визначає разом з учнями. Школа – це місце, де одночасно перебуває велика кількість дорослих і дітей. Кожен видає звуки: хтось кричить, хтось тихо розмовляє, хтось співає. Є уроки, на яких не можна обійтися без гучних звуків – музика, фізкультура. На перервах велика кількість дітей прямує до їдальні, до різних кабінетів. Часто це супроводжуються шумом. Тривала дія шуму несприятливо позначається на самопочутті як дорослих, так і дітей. І ми починаємо помічати, що наш організм втомлюється. З чим це пов'язано, невже оточуючі звуки так сильно впливають на нашу працездатність?

Учні формулюють мету проєкту: визначити рівень шуму в різних шкільних приміщеннях і розробити засоби захисту від впливу шуму на організм учасників освітнього процесу.

Завдання проєкту визначає вчитель:

- вивчити різні джерела інформації по темі, що таке шум і його вплив на працездатність учнів;
- виміряти рівень шуму в тих приміщеннях школи, які учні вважають найбільш шумними;
- провести опитування серед учнів з метою виявлення їх знань з теми шум і його вплив на працездатність;
- розробити заходи, щодо зниження шуму в школі.

Об'єкт дослідження: рівень шуму в різних приміщеннях Миколаївської ЗОШ І-ІІІ ступенів Вітовського району Миколаївської області.

Предмет дослідження: вплив шуму на організм людини, зокрема на працездатність учасників освітнього процесу.

Гіпотеза: ми припускаємо, що зайвий шум ускладнює засвоєння навчального матеріалу учнями, стає причиною дратівливості, втоми, зниження працездатності.

Методи дослідження: збір, вивчення і аналіз інформації, опитування, дослідження.

Заміри рівня шумового забруднення проводилися протягом місяця. При виконанні експериментальної частини роботи учні використовували модульну систему експериментів PROLogi вбудовану програму шумоміра в смартфоні Samsung GALAXY.

Заміри проводилися в різних приміщеннях школи під час уроків і перерв. Під час уроків виміри намагалася проводити непомітно для учнів. Для вимірювань були обрані різні етапи уроку: пояснення нового матеріалу, проведення письмової роботи, лабораторної роботи, а також вибрали уроки, на які хлопці прийшли після уроку фізичної культури. Заміри проводили в середині шкільних кабінетів на рівному віддаленні від вчительського столу і дверей в кабінет.

Рівень звуку шкільного дзвоника вимірювався на різних поверхах шкільної будівлі, але в однаковій відстані від динаміка.

Найбільші перевищення допустимого рівня шуму зафіксовано в шкільній їдальні (76-83 дБ), на перервах в коридорах (до 89 дБ) і, звісно, в спортивному залі (98 дБ).

Чи не перевищують допустимі норми: приймальня директора (43 дБ) і вчительська (54 дБ).

Таблиця 2.1

Заходи щодо зниження шуму в школі

№	Заходи	Терміни	Відповідальні
1	Бесіди з учнями школи про правила поведінки на перервах та у їдальні.	Кожної чверті	Департамент освіти Класні керівники
2	Провести роз'яснювальну роботу про безпечне прослуховування музики з мобільного телефону	Жовтень	Департамент освіти Вчителі основ здоров'я, біології
3	Лекції про вплив шуму на організм людини.	Протягом року	Департамент освіти Вчителі основ здоров'я, біології
4	Влаштувати хвилинки відпочинку, прослуховуючи записи з тихим шелестінням листя, дзюрчання струмка, пташиними голосами, плескотом води і шумом прибою.	Протягом року	Департамент освіти
5	Проводити фізкультурні паузи, використовувати фізичні вправи, спрямовані на зняття стресу, напрути.	Щоденно	Класні керівники, вчителі-предметники

<i>№</i>	<i>Заходи</i>	<i>Терміни</i>	<i>Відповідальні</i>
6	Створення інформаційного стенду «Куточок здоров'я».	Листопад	Класний керівник
7	Поширення інформації про звуки які позитивно впливають на організм людини (музикотерапія, звукотерапія). Випуск буклетів та пам'яток.	Грудень	Класний керівник

На уроках у 9 класі і при поясненні нового матеріалу, і під час проведення письмової роботи, і після уроку фізичної культури рівень шуму практично однаковий (43, 42, 44 дБ).

У результаті можна сказати, що рівень звуку (шумового забруднення) у навчальному закладі допустимий лише під час деяких уроків, найкритичніші норми – під час перерв та уроку фізичної культури.

Шум чинить згубну дію на весь організм. Його руйнівній роботі сприяє і те, що проти шуму ми практично беззахисні. Сліпуче яскраве світло змушує нас інстинктивно замружуватися. А ось на вплив шумів захисної реакції у людини немає.

У зв'язку зі зростанням шуму можна уявити стан людей через 10 років. Тому ця проблема повинна бути обов'язково розглянута, інакше наслідки можуть виявитися катастрофічними.

У результаті дослідницької роботи в проєкті було встановлено, що у школі рівень шумового забруднення відповідає санітарним нормам під час проведення уроків чи при відсутності дітей. Головне джерело шуму – учні. Треба пам'ятати, що наш звуковий комфорт залежить від нас самих. Наші вуха – тонкий і чутливий орган, з яким треба поводитися бережно.

Уміння дотримуватися тиші – показник культури людини і її доброго ставлення до оточуючих.

Учасники проєкту колективно аналізували та розробили заходи, щодо зниження шумового забруднення у школі.

Повністю захистити себе від сторонніх звуків неможливо, але ми можемо самі зменшити їх вплив на себе і оточуючих. Кожен з нас може і повинен брати участь в боротьбі за «чистоту» звуку.

Таким чином, урізноманітнення технологій навчального простору з використанням проєктної, командної, групової діяльності та створення STEM-майданчиків із фізики сприяє формуванню ключових компетентностей у учасників освітнього процесу.

1.6. STEM-орієнтований підхід до навчання на засадах педагогіки партнерства

Провідною стратегією закладів освіти на сучасному етапі розвитку є організація освітнього середовища, в якому учні можуть набувати знань та формувати вміння, необхідні їм у майбутньому. При цьому вкрай важливо брати до уваги відмінності темпераменту, швидкості сприйняття, темпу мовлення учнів, урахування психофізичних особливостей кожної особистості, що сприяє її гармонійному розвитку й подальшому психологічному становленню для формування готовності до майбутньої професійної діяльності. Це вмотивовує доцільність впровадження в українську систему освіти STEM-орієнтованого підходу до навчання на засадах педагогіки партнерства.

Запровадження до освітньої діяльності педагогіки партнерства визначає необхідність обґрунтувати її принципи, основну мету та положення, провести аналіз засобів подання змісту навчального матеріалу із фізики, теоретично обґрунтувати та розробити шляхи реалізації партнерства в освітньому процесі, експериментально перевірити ефективність організації навчальної діяльності на засадах педагогіки партнерства.

Провідними принципами педагогіки партнерства в освітній діяльності є:

- повага до особистості;
- доброзичливість і позитивне ставлення;
- довіра у відносинах;
- діалог – взаємодія – взаємоповага;
- розподілене лідерство (проактивність, право вибору та відповідальність за нього, горизонтальність зв'язків);
- принципи соціального партнерства (рівність сторін, добровільність прийняття зобов'язань, обов'язковість виконання домовленостей).

На основі визначених принципів розроблені інноваційні форми освітньої діяльності:

- університетські студії;
- цікава наука на вулицях міста;
- інтерактивні STEM-майданчики.

Особливої уваги набуло визначення умов впровадження педагогіки партнерства в навчальних закладах відповідно до Концепції Нової української школи (НУШ).

Педагогіка партнерства ґрунтується на засадах толерантності. Толерантність особистості – це доброзичливе та терпиме ставлення до оточуючих і навколишніх подій, що не порушує прав людини й не завдає

шкоди навколишньому середовищу. Структура толерантності особистості базується на основних структурних компонентах: когнітивному (знання про об'єкти і ситуації життєдіяльності, що є результатом набуття індивідуального досвіду); емоційному (емоційні стани, які передують виникненню поведінкового компоненту, сприяючи систематизації знань і появі певної поведінки); поведінковому (призводить до актуалізації елементарних фіксованих установок, ціннісних орієнтацій та етичних цінностей).

Установка щодо толерантності виявляється в діях і вчинках людини, оскільки вчинок є єдиною структурою, що відповідає реальним цілісним проявам самореалізації людини як особистості, індивіда, громадянина). Показниками толерантності є особистісна відповідальність, емпатія та конструктивна взаємодія з оточуючими і природним середовищем. Критеріями досягнення толерантності є: визнання різноманіття поглядів, життєвих принципів, цінностей інших людей; терпимість до оточуючих і навколишніх подій, що не порушують прав людини та не завдають шкоди природному середовищу; готовність допомогти. На основі визначених показників, критеріїв, психолого-педагогічних засобів розроблено програму розвитку толерантності особистості у навчально-виховному процесі ЗЗСО та ЗВО.

Нова українська школа декларує педагогіку партнерства, що ґрунтується на співпраці учня, вчителя та батьків. Педагогіка партнерства не відміняє вимогливість вчителя, адже, як засвідчує практика, саме вимогливі й справедливі вчителі мають найбільшу повагу та довіру серед учнів.

Метою партнерства між школою та батьками є інтеграція батьків у педагогічний процес шляхом створення необхідних і достатніх умов для залучення сім'ї до супроводу дитини у освітньому процесі.

Педагогічним колективам шкіл важливо опанувати технології проєктування партнерської взаємодії з сім'єю та включити батьків у побудову соціального партнерства.

Провідними принципами організації партнерства школи і сім'ї є:

- формування морально-духовної, компетентної особистості, яка успішно самореалізується у соціумі як громадянин, сім'янин, професіонал;
- єдність дій педагогів і батьків;
- зміцнення й розвиток контактів між педагогами і батьками щодо вивчення психології дитини та її поведінки;
- постійний діалог як форма відносин між педагогами і батьками, основою якої є свідоме прийняття шкільних вимог і правил батьками;

- гуманізація міжособистісних відносин, попередження конфліктних ситуацій та оптимізація взаємин між педагогами і батьками, в основі яких – толерантність, розуміння, співучасть, відкритість, добровільність, здатність до взаємодії;
- постійне, різнобічне і глибоке вивчення сім'ї;
- системна організація навчання батьків, підвищення рівня їхніх психолого-педагогічних знань і компетентності, урізноманітнення форм і методів педагогічної просвіти.

У статті 55 Закону України «Про освіту» задекларовані такі права та обов'язки батьків здобувачів освіти:

- виховувати у дітей повагу до гідності, прав, свобод і законних інтересів людини, законів та етичних норм, відповідальне ставлення до власного здоров'я, здоров'я оточуючих і довкілля, поважати гідність, права, свободи і законні інтереси дитини та інших учасників освітнього процесу;
- дбати про фізичне і психічне здоров'я дитини, сприяти розвитку її здібностей, формувати навички здорового способу життя;
- формувати у дитини культуру діалогу, культуру життя у взаєморозумінні, мирі та злагоді між усіма народами, етнічними, національними, релігійними групами, представниками різних політичних і релігійних поглядів та культурних традицій, різного соціального походження, сімейного та майнового стану;
- дотримуватися установчих документів, правил внутрішнього розпорядку закладу освіти.

Ефективне партнерство можливе за сформованості у батьків готовності до взаємодії зі школою на паритетних засадах, з опорою на розуміння того, яку діяльність краще виконає школа, а яку – сім'я.

Мета сучасної школи – створити сприятливі умови для творчого самовдосконалення учнів, відкрити перед ними перспективи, можливості, підготувати до подальшого життя, виробити вміння практичного і творчого застосування здобутих знань. Педагогічні колективи шкіл мають звернути увагу на розвиток творчого потенціалу не спеціально відібраних дітей, а всіх. Кожна дитина обдарована і талановита. Учителі допомагають учням шукати в собі краще, не тиснуть на школярів, а створюють умови для вільного самовизначення, становлення особистості, а також розвивають індивідуальні риси засобами шкільної та позашкільної освіти, сприяють набуттю додаткових знань, умінь, навичок та залучають учнів до науково-дослідницької діяльності з навчальних предметів.

В основу функціонування школи на засадах педагогіки партнерства покладено три чинники: інтелект, духовність, професійне самовизна-

чення. Освітня діяльність спрямовується на пошук шляхів і форм впровадження нових педагогічних технологій із метою досягнення сучасної освітньої мети – розвитку природних здібностей обдарованих учнів, виховання творчої особистості.

Сучасне інформаційне суспільство потребує нестандартних рішень педагогів, креативності мислення, інноваційної творчої активності, нових підходів до розв'язання проблем. Кожен член колективу здійснює особистий пошук, виявляє соціальну активність, спрямовану на творчий розвиток учня як провідну мету освітнього процесу. Головною метою діяльності вчителів сучасної школи є створення ситуації успіху для розвитку особистості дитини, що дає кожному вихованцеві змогу відчувати радість досягнення успіху, усвідомити свої здібності та повірити у свої сили. Ми переконані: успішний вчитель – успішний учень. Педагог забезпечує внутрішнє зростання дитини через співпрацю, педагогічну підтримку, весь навчальний процес, спрямований на розвиток ключових компетентностей школярів, на розвиток творчої особистості кожного учня, на забезпечення доступу до якісної освіти.

Співпраця педагога і учнів мислиться як об'єднання їх інтересів і зусиль у вирішенні різних завдань (тому числі і пізнавальних). Між учителем і учнями виникає єдність, заснована на емоціях. Співробітницькі відносини роблять учнів суб'єктами освітнього процесу. Спілкування в процесі співпраці пронизує атмосферу педагогічного процесу, в результаті чого вчитель «притягує» до себе дітей як магніт. Важливо підкреслити, що педагог є творцем співпраці, яка ґрунтується на позитивних емоціях, доброму погляді, теплій посмішці, мудрому слові, сердечній чуйності і розумній вимогливості.

У сучасній міжнародній практиці останнім часом активно утверджується громадський демократичний характер управління освітою. В його основу покладені давні традиції співробітництва широкого кола зацікавлених сторін у царині шкільної освіти.

Поширеною ознакою демократизму роботи зарубіжних шкіл є одна із форм шкільного співробітництва – учнівське самоврядування.

Поняття «учнівське самоврядування» в науковому обігу не отримало однозначного трактування. Його розглядають і як принцип організації колективу, і як засіб, що стимулює моральне виховання особистості, а водночас як орган керівництва колективом та як одну із форм організації дитячої самодіяльності. У зв'язку з участю школярів у процесі управління навчальним закладом з'явилося ще й поняття «співврядування».

До структурної моделі шкільного самоврядування належить і батьківське представництво. Цікаво, що цей досвід було «занесено» до західних земель Німеччини з колишньої соціалістичної республіки. Він «прижився» і має неабиякий вплив на удосконалення адміністративної системи шкільної освіти.

Громадський орган батьків (або опікунів) регулює зовнішні питання взаємостосунків із різними установами, загальні питання шкільного життя, проведення заходів, виступає у ролі радника щодо введення нових форм і методів навчання, питань профорієнтації, подорожей учнів у позаурочний чи канікулярний час.

Останніми роками у практиці зарубіжної школи популярності набув шкільний парламент, до якого входять представники від учнів, учителів, батьків, громадських та державних інституцій, а також місцевих органів влади. Особливо поширена така форма шкільного самоврядування у Польщі. Крім цього, на теренах окремих управлінь освіти країни виникають органи громадського самоуправління, яким підзвітні навіть державні службовці.

Близькою до вищезазначених є і система шкільного самоврядування в Італії. У навчальних закладах утворені шкільні Ради, що об'єднують учителів, батьків, учнів, співробітників та директора. Очолює таку раду представник від батьків. Вони активно співпрацюють у вирішенні питань бюджету, розробці та впровадженні освітніх технологій, організації позакласної та позашкільної роботи, реалізації проєктів і програм. До структури шкільної Ради належать і Ради класних колективів.

Офіційна й узаконена участь батьків, громадських організацій, учнівських самоуправлінь, парламентів, студентів, фахівців, підприємств є свідченням реалізації демократичних прав людини в освітній діяльності.

Одним із яскравих прикладів організації навчального процесу на засадах педагогіки партнерства є фестиваль творчості та науки «Молодіжна хвиля», який представлено у вигляді університетських студій для учнів різного віку, навіть для тих, хто мало розуміється у фізичних явищах і процесах. Учасниками хвилі є учні, студенти, вчителі, викладачі, спонсори проєкту. У всіх єдина мета, яка спрямована на реалізацію ефективного навчального процесу в умовах співпраці. «Молодіжна хвиля» – це інноваційна форма освітньої діяльності на засадах педагогіки партнерства, що використовується у неформальній обстановці та значно підвищує відсоток зацікавлених наукою.

Форми запровадження педагогіки партнерства в навчальному процесі на основі діяльності університетських студій: цікава наука на вули-

цях міста Миколаєва; інтерактивні STEM-майданчики. Всі вони працюють над формуванням творчої особистості і реалізації дитиноцентризму. Одним із постійних STEM-майданчиків є ліцей №51 м. Миколаєва, в якому на уроках проводяться майстер-класи із фізики для здобувачів освіти відповідно до їхніх вікових особливостей і розумових здібностей.

Зазначені форми спрямовані на розвиток партнерської взаємодії між учасниками освітнього середовища та прагнення до вдосконалення, забезпечення мотивації для творчої самореалізації, розвиток позитивного мислення, розкриття здібностей і можливостей кожного учасника.

Зокрема, співпраця роботодавців, органів місцевого самоврядування та громадських організацій об'єднала учнівську творчість, студентську та фундаментальну науку в науковому містечку «Крок до науки».

У містечку, що було розбито в бомбосховищі університету, цікаву науку для всіх бажаючих презентували студенти факультету комп'ютерних наук, учні загальноосвітніх шкіл, студенти МФПК та МФБК.

Містечко науковців працювало протягом трьох годин, захоплюючи відвідувачів науковими цікавинками та несподіванками. Кожен бажаючий міг долучитися до науки, спробувати себе як дослідник, експериментатор, інтелектуал і загалом відчувти в собі творчу особистість.

«Крок до науки» пропонував співпрацю в наступних наукових офісах: «Офіс майстрів», «Чарівні світи», «Майстерня митців», «Грай тут», «Музей фізичного експерименту». Всі п'ять офісів працювали як тренінгові майданчики, на яких студенти – майстри цікавої науки – та учні загальноосвітніх шкіл засобами інтерактивних технологій за допомогою спеціально виготовленого саморобного обладнання залучали відвідувачів до цікавинок науки та пізнання наукових відкриттів.

Офіс «Чарівні світи» запропонував поринути в світи електрики, магнетизму, оптики, механіки та світ рідин. Найбільшу зацікавленість у учасників викликали фізичні досліди: «танцюючі чоловічки», «магнітний захист», «3D-анімація», модель припливів та відпливів. Усі діючі моделі й приладдя для фізичних експериментів студенти і учні шкіл виготовили власноруч.

«Острів майстрів» зі студентами МФПК пропонував учасникам самостійно зібрати діючі моделі, установки приладів для постановки наукового фізичного експерименту, здійснити наукове відкриття та пояснити його на основі діючих фізичних законів та теорій. Найбільш популярними для учасників стали модель перископу, неньютонівська рідина, саморобний компас, фабрика мильних кульок, модель природної гідравліки.

Відвідувачам містечка сподобалося працювати зі студентами МФБК в «Майстерні митців», де засобами математики вони знайомились з особливостями архітектури міста, світовими шедеврами архітектури, моделювали свої власні моделі з паперу, картону та інших матеріалів.

Кожен із учасників «майстерні митців» мав змогу визначити «кращий архітектурний шедевр» нашого міста на його думку і проголосувати за нього в номінації «Овація». Овації в майстерні митців миколаївці віддали архітектурному комплексу «Серце міста», собору Святої Катерини та дитячому містечку «Казка».

Офіс «Грай тут» пропонував учасникам інтерактивну вікторину в різних галузях науки і мистецтва. Вони мали змогу обрати сектори: цікава фізика, астрономія, видатні вчені, видатні особистості Миколаївщини, крилаті фрази, чудеса світу, Миколаїв – рідне місто.

Особливу зацікавленість миколаївці проявили до сектора «Ввімкни логіку», в якому були представлені логічні завдання різного рівня складності, для різних вікових категорій учасників, що підтверджує активізацію творчого потенціалу особистостей різних вікових категорій.

Офіс «Музей фізичного експерименту» пропонував відвідувачам як експонати класичні, фундаментальні і дуже цікаві досліди з фізики. Екскурсоводами в офісі були, в основному, учні ЗЗСО. Вони демонстрували досліди, пояснювали їх і пропонували повторити дослід на біс.

Дослідами «на біс» стали досліди: маятник Фуко, літаюча кулька, огірок, що світиться, плаваючі кільця з котушкою Томсона, «гойдалка» Ампера, магдебурзькі півкулі. Екскурсоводи, крім демонстрації і пояснення дослідів, надавали цікаву інформацію із біографії вчених фізиків, яким належало відкриття. Окреме місце в офісі займав сектор досягнення сучасної фізики.

Серед спектру сучасних фізичних досягнень перевагу було віддано нанотехнологіям, досягненням електроніки та сучасним уявленням про будову і властивості матерії.

Нанотехнології в Музеї фізичного експерименту презентувались через «ефект лотоса», оптичний пінцет та «молекулярних дизайнерів».

Електроніку екскурсоводи-фізики презентували через спінтроніку – електроніку майбутнього, одно електричний транзистор. Окреме місце в секторі електроніки було надано батькові сучасних волоконно-оптичних комунікацій Чарльзу Као. Пропонувалося продемонструвати явище повного внутрішнього відбивання (лазерний ліхтарик і ємність з водою) і прослухати екскурсовода про застосування цього явища у волоконній оптиці і революційні досягнення, які здійснив Чарльз Као в цій галузі, за що йому в 2009 році було присуджено Нобелівську премію з фізики.

Сучасні уявлення про будову і властивості матерії презентувалися через прискорене розширення Всесвіту. Вчені Сол Перлмуттер, Брайєн Шмідт і Адам Рісс стали лауреатами Нобелівської премії з фізики у 2011 році за відкриття, яке свідчить про те, що у Всесвіті зараз вирішальну роль відіграє сила відштовхування. Субстанцію, яка спричиняє це відштовхування, назвали темною матерією. За допомогою спектральних матеріалів не тільки було відкрито нові хімічні елементи, визначено хімічний склад Сонця і далеких зірок, а й зроблено важливе відкриття, яке стосується будови Всесвіту.

Відгуки учасників, гостей містечка, іноземних громадян про роботу наукового містечка засвідчують ефективність і доцільність проєкту та надають можливість перетворити проєкт на постійно діючий технопарк наук.

1.7. STEM-майданчики як компонент розвитку Нової української школи

Концепція Нової української школи визначає її випускника як особистість, патріота та інноватора, здатного змінювати навколишній світ, розвивати економіку, конкурувати на ринку праці, вчитися впродовж життя, критично мислити.

Формула Нової української школи визначає дев'ять ключових компонентів, основними з яких є: педагогіка, що ґрунтується на партнерстві, сучасне освітнє середовище, яке забезпечує необхідні умови, засоби і технології для навчання учнів, освітян, батьків не лише в приміщенні навчального закладу, а й за його межами, вмотивований учитель, який матиме свободу для творчості й професійного розвитку, новий зміст освіти, заснований на формуванні компетентностей, потрібних для успішної самореалізації в суспільстві, новий зміст освіти.

Зокрема, новий зміст освіти відповідно вимагає урізноманітнення технологій навчального простору, що означає зростання частки проєктної, командної і групової діяльності. Відтак, одним із компонентів організації таких видів діяльності є створення мережі STEM-майданчиків з фізики.

Ідея мережі STEM-майданчиків полягає у створенні освітніх середовищ, які б поєднали змістову компоненту з технічною, математичною, художньою творчістю, використанням мультимедійних засобів навчання та шкільним фізичним експериментом для формування навичок наукової діяльності, винахідництва, креативу.

Мета мережі: розробка різних видів STEM-майданчиків, які забезпечать реалізацію вимог концепції нової української школи.

Завдання:

- розроблення структури мобільних робочих місць, які легко трансформуються для групової роботи на STEM-майданчиках;
- забезпечення лабораторно-практичної бази для вивчення фізики;
- моделювання різних видів STEM-майданчиків;
- створення умов для професійного творчого зростання майбутнього вчителя фізики як модератора в індивідуальній освітній траєкторії розвитку дитини;
- розроблення способів навчання учнів в різновікових предметних або міжпредметних групах.

Основним завданням, яке забезпечує реалізацію мети проєкту, є моделювання різних видів STEM-майданчиків:

- постійно діючі STEM-майданчики (проєктні);
- бліц STEM-майданчики;

– STEM-майстер.

Проектні STEM-майданчики розробляються відповідно до особливостей освітніх середовищ та освітніх стандартів, що в них діють. Наприклад, за програмою з фізики для 9 класу розроблено STEM-майданчики на основі саморобного фізичного обладнання: «Магнітні властивості речовин», «Складання найпростішого оптичного приладу», «Складання радіоактивної карти міста та прилеглих районів», «Звуки в житті людини», «Фізика в житті сучасної людини». Кожен із учасників майданчика забезпечується мобільним робочим місцем, на якому знайомиться з маршрутом роботи над проектом (проблемне питання, мета і завдання, пошук інформації, розробка плану створення приладу, підготовка до захисту); пам'яткою конструктора фізичного приладу (визначення актуальності вибору приладу, вивчення будови та принципу дії його, обрання найпростішої схеми приладу, підбір необхідних деталей та матеріалів, виготовлення приладу); зразками виготовленого обладнання і вимогами до захисту проекту (презентація роботи над проектом, презентація фізичного приладу або моделі).

Після обрання маршруту роботи узгоджується алгоритм створення саморобного приладу з майстром-модератором.

Бліц STEM-майданчики – це одночасна робота декількох мобільних робочих місць за різною тематикою, наприклад, «Стихії поруч»: стихія гравітації (досліди з маятником Фуко, з припливів і відпливів, літаючої кульки та ін.); стихія повітря (досліди: сила Архімеда, ефект Магнуса, магдебурзькі півкулі, міражі); стихія води (досліди: рідина, що світиться, мильні кульки, модель бермудського трикутника); стихія вогню (досліди: запалювання свічки на відстані, виготовлення енергонакопичувальної печі, отримання вогню від сонячних променів).

Особливостями майданчика «STEM-майстер» є об'єднання діяльності двох попередніх видів, проектного та бліц, шляхом ущільнення часу роботи учасників і наступною презентацією готового освітнього продукту. Цей майданчик, як правило, є тематичним, але його тематика визначається не програмою курсу фізики, а ціннісними орієнтаціями освітнього середовища. Наприклад, для учнів природничо-математичного класу розроблено майданчик «Фізика в живій природі», на якому учасники знайомляться з фізичними основами життя пернатих (досліди: явище резонансу, електризація, конвекція, неньютонівська рідина), наземних тварин (досліди: Ван-дер-Ваальсові сили, зміна площі опори, момент імпульсу та закон збереження моменту імпульсу тіла), комах (досліди: інтерференція світла, ефект Доплера, закон Паскаля, реактивний рух), морських ссавців (досліди: інфразвук, ультразвук, відбивання та заломлення хвиль, електричний розряд, утворення фонтану).

Як показує досвід, ефективність мережі STEM-майданчиків підтверджена великим попитом і ще більшою популярністю серед ЗЗСО Миколаєва та Миколаївської області, а також ЗЗСО міст Дніпра, Івано-Франківська, Бухареста.

STEM-майданчик «Кастинг професій»

Наразі природознавство вступило в нову фазу свого розвитку – фазу постнекласичної науки, яка на перший план висуває міждисциплінарний підхід у своїх дослідженнях. Об'єктами сучасних міждисциплінарних досліджень стають системи, які відзначаються відкритістю й здатністю до саморозвитку. Особлива роль серед таких систем належить природним комплексам, до складу яких входить людина. Зокрема, школа – відкрита система. Довіра до освіти починається з поваги до кожної людини, тому в сучасному навчальному процесі повинна враховуватися неоднорідність навчального середовища та неоднозначність дидактичної взаємодії. Учень у парадигмі такого навчання – насамперед, особистість, носій індивідуального, відмінного, орієнтований на власні пріоритети: інтереси, потреби, можливості. Відтак, в основі компетентнісно орієнтованої освіти лежить пріоритет цінностей особистості, й завдання вчителя полягає у забезпеченні розвитку особистості учня засобами предметної діяльності.

Таку діяльність можна реалізувати через проведення STEM-майданчиків із природничо-математичних дисциплін, зокрема, фізики.

Ідея проведення полягає у створенні середовища, сприятливого для розвитку особистості, його профорієнтації і виховання на цінностях.

Мета: розробка STEM-майданчика «Кастинг професій», який дасть можливість врахувати індивідуальні інтереси, цінності і мотиви кожного учасника навчання.

Завдання:

- розробка майстер-класу «Кастинг професій» у контексті STEM-освіти, в якому будуть забезпечені передумови розвитку та саморозвитку професійних компетентностей учнів;
- забезпечення лабораторно-практичної бази для відтворення, спостереження, пояснення явищ з погляду природничих наук та наявність цих явищ і закономірностей у професіях;
- створення умов для розвитку соціальних та громадянських компетентностей, ініціативності, підприємницьких навичок та здатності до самовираження.

Такі завдання можливо вирішити, тільки покладаючи в основу співпрацю у команді на STEM-майданчику «Кастинг професій». Для його

проведення, наприклад, презентуємо професії водія, військового, лікаря, пілота, дипломата, вчителя фізики.

Презентацію кожної професії проводять у вигляді сценок-мініатюр (за допомогою цього методу формується творча та Art-компетентність).

Під час представлення сценки у вигляді станції технічного обслуговування використовуються демонстрації: модель електродвигуна, двигуна внутрішнього згорання, топливного насоса, свічки запалення у двигуні внутрішнього згорання.

Презентація лікарні майбутнього проводиться з демонстрацією дослідів із мікроскопом, веб-камерою, моделлю електрофорезу, легенів, кипіння рідини при зниженому тиску, моделлю сахариметра, безпровідною передачею енергії на відстань за допомогою трансформатора Тесла, ньютонівською рідиною та магнітною рідиною та їх використання у травматології.

Сучасну військову техніку та її дію з погляду фізики представляють досліді з моделями електромагнітної гармати, саморобного приладу нічного бачення, гармати Гаусса, безшумного підводного човна.

Запросять до польоту і вибору романтичної професії пілота досліді, що пояснюють дію закону Бернуллі, закону збереження імпульсу (реактивний рух), електризації тертям під час польоту літака, майстерність пілота при виконанні петлі Нестерова, демонстрації невагомості.

Цікаву і таємничу професію дипломата учасники групи презентують із допомогою дослідів виконання та шифрування таємного листа (електроліз, використання дзеркала), передачі інформації з використанням азбуки Морзе, іноземної мови.

І, на кінець, професія вчителя фізики або природничих дисциплін нічим не гірша від інших, а, навпаки, фізик дуже добре знає будову і принцип дії всіх технічних пристроїв і сучасні досягнення, що використовуються в різних професіях та може пояснити все (не кожен лікар, водій, військовий, інженер знає принцип дії пристрою, а фізик знає). Звісно, що професія вчителя є досить нелегкою, але дуже цікавою.

Таким чином, технологія STEM-майданчика «Кастинг професій» надає можливість активізувати пізнавальну діяльність, творче і технічне мислення, стимулює мотивацію і комунікативні здібності, свідомий підхід до вибору майбутньої професії та знайомство із сучасними професіями і може розширюватись і вдосконалюватись.

STEM-майданчик «Discovery»

Стрімкий розвиток цивілізації обумовлює глибокі зміни суспільних, культурних і освітніх цінностей поколінь.

Головною метою сучасної освіти є формування покоління людей, здатних згармонізувати взаємовідносини в системі «суспільство-природа» і зберегти людську цивілізацію від деградації. Особливу увагу в таких умовах розвитку суспільства слід приділити інформаційній концепції розвитку суспільства, яка в основному стосується найрозвиненішої форми живої матерії – людини. Ця концепція містить у собі дві якісні характеристики: інформативність та енергетичну сутність інформації, які тісно пов'язані зі свідомістю людини. Сучасне суспільство характеризується зростанням щільності інформаційних потоків, які впливають на життя людини, зокрема її духовність та систему цінностей.

Здатність жити та адаптуватися в інформаційному суспільстві забезпечується формуванням у молоді соціальної та громадянської компетентностей, а також інформаційно-цифрової грамотності та підприємливості.

Мета: розробка STEM-майданчика «Discovery», який забезпечує формування у його учасників інформаційно-цифрової грамотності на основі залучення до медіа-технологій та стимулює розвиток підприємницьких якостей.

Завдання:

- познайомити учнів з основними принципами відбору інформації для створення відеорепортажу;
- розвинути навички відбору необхідного фізичного обладнання для досліджень особливостей різних куточків планети;
- формувати уявлення про медіа-технології, а саме роботу знімального майданчика та монтування відеоматеріалу.

У рамках проекту «Крок до науки» в аудиторіях механіко-математичного факультету працює багато цікавих та нових STEM-майданчиків. Науковий STEM-майданчик «Discovery» – це освітнє середовище, в якому студенти разом з учнями загальноосвітніх шкіл Миколаївщини та Херсонщини працюють над створенням найкращого репортажу з різних куточків нашої планети. Учасники занурюються у медіа-технології, де кожен з них працює на своєму телеканалі. В знімальній студії працювало шість майданчиків: Discovery-Азія, Discovery-Африка, Discovery-Атлантичний океан, Discovery-Америка, Discovery-Україна, Discovery-Європа. Кожна команда мала підготувати репортаж про життя різноманітних тварин та дослідити, якими фізичними законами, явищами і процесами характеризується середовище їх проживання. Репортери з допомогою своїх наставників (медіа-майстрів) опановували майстерність демонстрації фізичних явищ, процесів і властивостей, таких як резонанс,

конвекція, статична електрика, тиск, інтерференція, електризація, явища торнадо, туману та осмосу.

Учасники-репортери напрочуд активно поринали у «світ відкриттів» – «Discovery world», і дуже гарно демонстрували свої наукові відкриття на прикладах живої та неживої природи, зокрема, як павук використовує гідравліку для того, щоб пересуватися, кіт, «знаючи» закон збереження імпульсу, при падінні з висоти завжди приземляється на лапи, дельфін користується ехолокацією для уникнення перешкод та полювання.

Дуже приємно здивувала всіх команда Discovery-Америка, яка досліджувала поведінку комах Америки. Репортери почали свою презентацію англійською мовою. Це була творча імпровізація, яку дуже гарно сприйняли всі учасники та гості майданчику. Таким експромтом цей знімальний майданчик виборов перемогу та показав на своєму прикладі, що, дійсно, STEM-майданчики в такому форматі розвивають уяву, фантазію та творче мислення. Після презентації всіх знімальних майданчиків в студії учням було запропоновано обрати в кожному з них дослід чи демонстрацію, що найбільш сподобалась, дослід «на біс».

У Discovery-Азії це була неньютонівська рідина, Discovery-Америці – інтерференція на крилах бабки, Discovery-Атлантичному океані – електричний скат, Discovery-Африці – жираф, який навчився використовувати закони статичної електрики для комфортного проживання, Discovery-Європі – явище «туманного Альбіону» та в Discovery-Україні – вогняне торнадо.

Приємно вразило те, що учні запам'ятали не тільки демонстрації, а й фізичні закони та формули, якими вони пояснюються. Особливо всім запам'ятався закон збереження енергії, що є фундаментом всіх фізичних законів.

Отже, STEM-майданчик «Discovery» забезпечує формування соціальної поведінки як компетентності, що розглядається у ролі «коктейлю» умінь і навичок особистості та поєднує здатність працювати в групі, ініціативність, креативність, інформаційно-цифрову та художню грамотність, здатність до підприємництва у медіа-просторі.

STEM-майданчик «Чарівні світи»

Звернення до педагогічної спадщини В. О. Сухомлинського дає змогу учасникам освітнього процесу зрозуміти свою роль у формуванні підростаючого покоління, зрозуміти саму дитину як особистість зі власним міркуванням, світосприйманням, порухами її душі. Провідні ідеї В. О. Сухомлинського є цінною скарбничкою для реалізації освітньої діяльності в сучасних умовах реформування освіти. Зокрема,

- «природа – школа розумової праці, найбагатше джерело думки творчого допитливого розуму»;
- «музика, уява, фантазія, казка-творчість – це доріжка, якою крокує дитина, розвиваючи свої духовні сили»;
- «казка, гра, фантазія, творчість – животворне джерело дитячого мислення, благородних почуттів і прагнень»;
- «світ, що оточує дитину, – це, насамперед, світ природи з безмежним багатством явищ та невичерпною красою»;
- «школа майбутнього повинна найповніше використовувати для гармонійного розвитку людини все, що дає природа і що зможе зробити людина для того, щоб природа служила їй. Тільки через це ми повинні берегти і поповнювати природні багатства, які маємо»;
- «світле почуття оптимізму є цілющим джерелом, яке живить річку думки»;
- «... велике значення мають будь-які емоції, адже вони повністю належать до сфери почуттів, проходять через психіку людини, і саме від цієї сфери залежить сприймання тих чи інших цінностей або відмова від них. Людину не можна примусити бути моральною – потрібно її переконати, пропустити знання через її емоції, почуття, психіку, через свідомість з тим, щоб висловлені моральні цінності стали її власним надбанням».

При переході на нові показники якості природничої освіти формування компетентностей у природничих науках і технологіях та вміння навчатися упродовж життя для успішної самореалізації молоді у сучасному мінливому світі необхідно запроваджувати інноваційні форми та методи освітньої діяльності.

Педагогіка добра і партнерства, започаткована педагогом-новатором В. О. Сухомлинським, визначає школу майбутнього як освітнє середовище, яке дасть можливість найповніше використати для гармонійного розвитку людини все, що дає природа.

Світ, що оточує дитину, – це, насамперед, світ природи з безмежним багатством явищ та невичерпною красою. Саме ця ідея В. О. Сухомлинського надихнула авторський колектив розробити STEM-майданчик із фізики «Чарівні світи» на основі сучасної наукової картини світу.

Мета: розробка STEM-майданчика «Чарівні світи», який забезпечить формування у його учасників світоглядної компетентності на основі наукових уявлень про цілісність оточуючого світу та мотивації до активного пізнання світу упродовж життя.

Завдання:

- розробка змісту майданчика «Чарівні світи» на основі поєднання механічної, термодинамічної, електромагнітної та сучасної (квантової) картин світу;

- забезпечення лабораторно-практичної бази для виконання дослідницьких завдань;
- розробка способів дослідницької діяльності в різнорівневих та різновікових групах;
- формування цілісної наукової картини світу в учасників майданчика на основі казки, гри, фантазії, творчості та креативності, які є джерелом дитячого мислення.

STEM-майданчик «Чарівні світи» – це освітнє середовище, що одразу зачаровує аудиторію. Кожен з учасників потрапляє в один із чарівних світів, що має свого чаклуна-майстра: світ магнетизму, світ океанів, світ звуку, світ електрики, світ руху та світ тепла.

Майстри-чаклуни пропонують учасникам опанувати закони природи, які діють в цих світах засобами фізичного експерименту та презентувати результати власних досліджень.

Всі учасники занурюються у давню легенду про суперечку світів щодо їх переваг один над одним. Кожен світ має вирішити проблему – чому він найголовніший у Всесвіті.

Кожна група дослідників (кожен світ) має своє мобільне місце, яке забезпечене необхідним фізичним обладнанням.

Основою досліджень світу магнетизму є з'ясування властивостей магнітного поля. Майстер-чаклун пропонує дослідити: навівання провідника зі струмом на магніт, гойдалку Ампера, силу Лоренца – тобто, дослідити, які підтверджують основну властивість поля діяти на рухомий заряд та вплив його на живі організми і використання цих властивостей в технічних винаходах: компас, магнітна рідина, магнітний захист, конструювання безшумових підводних човнів.

Світ океанів досліджує прояви впливу гравітації на явища припливів і відпливів, плавання різноманітних пристроїв та живих організмів, умови існування теплих та холодних течій.

Особливо цікавим для учасників майданчика став світ звуку завдяки вдало підібраним фізичним дослідом: ефект Доплера, «співаючі» келихи, саморобні моделі музичних інструментів та способи запису звуку.

Світ електрики вразив учасників нестандартним підходами до пізнання законів цього світу: «танцюючі чоловічки», огірки, що світяться, електризація пустелі, отримання безпровідної електрики (трансформатор Тесла), за що всі дослідники одностайно віддали перевагу винаходу Тесла.

Найпростіша форма руху матерії – механічна – стала найзагадковішим світом, в якому досліджувались різні форми руху: реактивний рух, рух по колу («мертва петля») та закони збереження руху (лава Жуковського, маятник Фуко, маятник Максвелла).

За результатами досліджень у світі механічного руху перемогу здобули закони збереження в механіці.

Як з'ясувалось, для існування Всесвіту потрібна теплова енергія. Тому світ тепла став унікальним у дослідженнях завдяки своєму всеохопленню різних форм руху матерії. Унікальність його досліджувалась за допомогою експериментів із різних видів випромінювань: інфрачервоного, видимого, ультрафіолетового та космічного.

Процес дослідження та презентацій чарівних світів учасниками викликає шалені емоції та інтерес до подальшого пізнання світу, а також переконання у його цілісності без будь-яких переваг одного над іншим.

Отже, технологія STEM-майданчика «Чарівні світи» на основі казки, гри, фантазії та наукових знань забезпечує досягнення поставленої мети.



1.8. Формування дослідника у процесі конструкторської діяльності.

Одним із пріоритетів розвитку освіти є впровадження сучасних технологій навчання, які розширюють можливості учнів щодо якісного формування компетентностей, сприяють розвитку інтелектуальних здібностей до самонавчання, створюють сприятливі умови для навчальної діяльності учнів.

Навчальний процес сьогодні повинен бути орієнтований на особистість учня і враховувати його індивідуальні особливості та здібності.

Успіх у свідомому опануванні шкільної програми залежить від творчої активності учня на уроці, вміння доказово міркувати, обґрунтовувати свої думки, вміння спілкуватися із вчителем.

Відомо, що найкращий учитель той, хто пробуджує в учнів бажання вчитися. Щоб навчити дитину, треба не просто передати їй знання і вміння, а викликати в неї відповідну активність, пізнавальну чи практичну. У традиційній практиці навчання ми більшу частину уроку пояснюємо, ілюструємо, запитуємо, ставимо завдання за зразком і дуже мало часу відводимо на активну самоосвітню діяльність учнів. Проблемні, дослідницькі та практичні методи використовуємо недостатньо. Звідси слабкий розвиток самостійного мислення учнів, невміння вибирати ефективні прийоми роботи з пізнавальними об'єктами та підручником. Тут на допомогу вчителю приходить проектна технологія як одна з інноваційних технологій навчально-виховного процесу, сутність якої і полягає у стимулюванні інтересу учнів до самоосвітньої діяльності та у здобутті умінь, знань і навичок при вирішенні майбутніх життєвих задач. Головним елементом проектної технології є процес проектування учнівського пошуку – від моделювання тренувальних умінь до постановки навчальної проблеми та її дослідження, до конструювання й визначення оптимальних шляхів її розв'язання у вигляді проекту. Окремим видом діяльності проектної технології на уроках фізики може бути робота учнів над створенням саморобного обладнання за допомогою якого можливо відтворити природні процеси чи явища.

Виготовлення саморобних приладів, на сьогоднішній день, може бути актуальним для багатьох шкіл адже для постановки більшості фізичних дослідів у школах використовується стандартне устаткування кабінету фізики. Останнім часом це устаткування не поповнюється і не оновлюється. Це дуже серйозна проблема. Неможливо досконало пояснити учням те чи інше явище без наочного експерименту, адже вся «магія» уроку фізики полягає у демонстрації. Кожен вчитель мусить вирішувати проблему самотужки. Неможливо переоцінити роль комп'ютера

та інтерактивних технологій. Щоб йти в ногу з часом, учитель повинен володіти основами інформаційно-комунікаційних технологій, уміти працювати з педагогічними програмними засобами, користуватися Інтернетом. На допомогу вчителям зараз випускається безліч програмних продуктів, рекомендованих Міністерством. Використовують вчителі й власні розробки, наприклад: презентації, відеоматеріали. Так, сьогодні є можливість продемонструвати кожен експеримент у відеоформаті, це є швидким рішенням проблеми, але для засвоєння матеріалу цього недостатньо.

Згадаємо слова китайського філософа-просвітителя Конфуція, сказані понад 2400 років тому:

*«Те, що я чую, я забуваю,
Те, що я бачу, я пам'ятаю,
Те, що я роблю, я розумію.»*

Ці три прості твердження як аксіоми обґрунтовують необхідність впровадження проєктної технології як інструмента, що об'єднує теорію та практику.

Вивчаючи сучасні педагогічні теорії щодо організації навчального процесу, зокрема особистісно-орієнтованого навчання, виділилися з представлених методів метод проєктів. Основна цінність проєктної технології при вивченні фізики полягає в тому, що вона орієнтує учнів на створення певного матеріального або інтелектуального продукту, що сприяє більш глибокому розумінню природних процесів і явищ, вивчених на уроці. На шляху до мети школярі мають актуалізувати або здобути нові необхідні знання, радитись з учителем і між собою, виконувати індивідуально чи в групах пізнавальну, дослідницьку, конструкторську та іншу роботу. Працюючи над проєктами, учень набуває знань, які за дидактичним значенням виходять за межі окремого навчального предмету, а за своїм особистісним сенсом – за межі звичного шкільного середовища, пов'язуючи учня з реальними соціальними проблемами.

У процесі проєктної діяльності діти оволодівають певними компетенціями, спрямованими на визначення способів діяльності, обрання для себе практичного виду діяльності, оволодіння практичною діяльністю, оцінювання результатів цієї діяльності.

Плюсами проєктної діяльності є набуття вихованцями таких вмінь і навичок:

- планувати свою роботу;
- використовувати багато джерел інформації;
- самостійно відбирати й накопичувати матеріал;

- аналізувати, зіставляти факти;
- аргументувати думку;
- приймати рішення;
- установлювати контакти;
- створювати кінцевий продукт (прилад, фільм, журнал, проєкт, сценарій);
- презентувати створене перед аудиторією;
- оцінювати себе і команду.

Таким чином, проєктна діяльність:

- формує проєктне творче мислення, поєднуючи різні види діяльності;
- передбачає методи активного навчання, забезпечуючи повноцінний зв'язок теорії з практикою;
- визначає способи «живої» діяльності, виступає механізмом впровадження компетентнісно-орієнтованого підходу;
- забезпечує адекватну реакцію освіти на зміни соціокультурного та інформаційно-технологічного середовища;
- розробляє та впроваджує різновид інноваційних підходів;
- розглядає важливі аспекти соціального проєктування як одного з важливих напрямів життєвої практики учнів;
- виступає засобом вивчення того чи іншого предмету;
- забезпечує технологію розв'язання завдань: від постановки мети – до кінцевого результату.

Отже, метод проєктів без сумніву спрямований на плекання особистості як творця і проєктувальника свого життя.

Технологія проєктів на основі саморобного обладнання – це вид діяльності, який є цікавим та захоплюючим не тільки для учнів, але і для вчителя. Учні бувають дуже оригінальними у вирішенні деяких проблем, чим стимулюють до нових ідей як себе, так і вчителя.

Робота над проєктом – процес досить складний. Найскладніше для вчителя – це зберігати роль незалежного консультанта. Змінюється і роль учнів у навчанні: вони виступають активними учасниками процесу. Успіх роботи над проєктом багато в чому залежить від грамотного планування та організації діяльності учня і вчителя в їх тісній співпраці. Щоб досягти максимальної ефективності проєктної роботи, необхідно чітко спланувати всі етапи виконання проєкту.

Схеми проведення уроку за проєктною технологією з використанням саморобного обладнання.

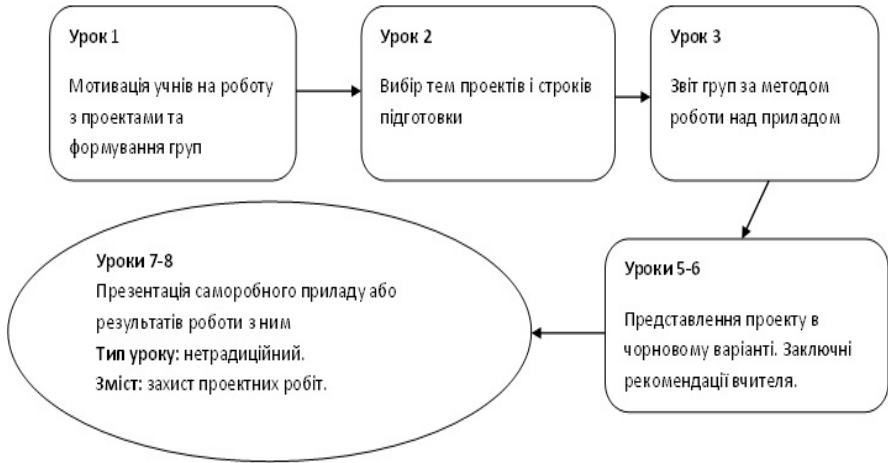


Схема 1. Етапи підготовки нетрадиційного уроку

Ця схема являє собою етапи підготовки та проведення нетрадиційного уроку (конференція, виставка, вистава, змагання) в межах проєктної методики з використанням саморобного обладнання. Вона призначена для вчителів фізики середньої школи. Завдання методичної схеми – надати вчителям алгоритм підготовки та проведення нестандартного уроку. Алгоритм складається з 6 схем, кожна з яких відображає варіант проведення певного уроку з теми. Орієнтовно проєкт розраховано на 6-8-10 годин. Нестандартний урок проводиться на завершальному етапі вивчення теми і представлений як захист проєктів.



Схема 2. Урок 1. Мотивація учнів на роботу із проєктами та формування груп



Схема 3. Урок 2. Вибір тем проектів і строків підготовки



Схема 3. Уроки 3-4. Звіт груп за методом роботи над приладом

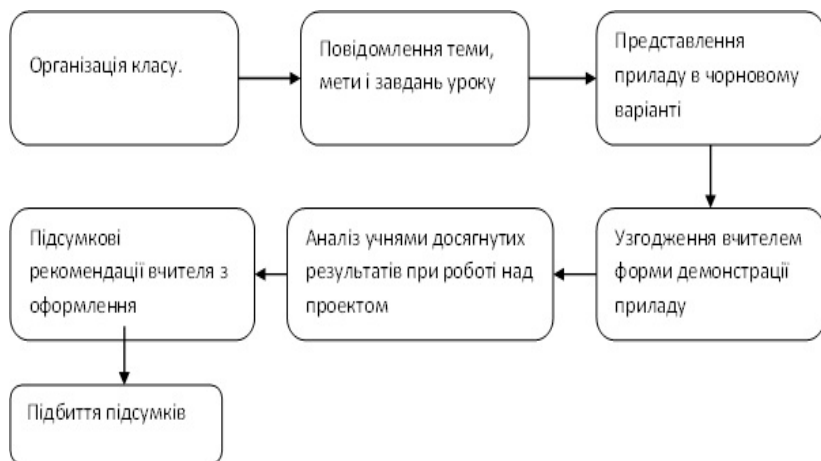


Схема 4. Уроки 5-6. Представлення проекту в «чорновому» варіанті



Схема 5. Урок 7-8. Підсумковий урок з теми. Захист проектних робіт

Методика створення саморобного обладнання в рамках проектної технології

Одним із перших кроків до створення проекту являється вибір його тематики. Існує багато факторів, які ми повинні врахувати:

- рівень знань учнів класу;
- матеріальне забезпечення школи;
- зв'язок теми з навчальною програмою;
- актуальність тематики;
- зацікавленість учнів.

Виходячи з теми проекту, обирається прилад, який відповідає вищевказаним умовам, наприклад на тему «Електричні явища в природі». Можна створити два прилади, які виконують одну і ту ж функцію: електрофорна машина і високовольтний підсилювач.

В основному проєкт пропонується вчителем з урахуванням навчальної ситуації з предмета, але тематика проєктів та їх способи втілення можуть пропонуватися і самими учнями, орієнтуючись на свої вподобання та пізнавальні, творчі і прикладні здібності.

Далі наведено приклад запропонованих тем проєктів за навчальною програмою рівня стандарту та деякі приклади саморобного обладнання яке можна виготовити або використати в рамках цих тем.

Основні розділи фізики	Теми навчальних проєктів	Приклади саморобних приладів
За програмою 8-9 класу		
Теплові явища. Теплові машини і механізми	Енергія в житті людини. Теплоенергетика. Екологічні проблеми теплоенергетики та теплокористування. Відновлювальні джерела енергії та їх застосування. Енергозберезувальні технології. Використання енергії людиною та охорона природи.	Вітровий генератор
Електричні явища. Електричний струм	Електричні явища в природі. Електрика в житті людини. Сучасні джерела електричного струму. Сучасні побутові та промислові електричні прилади.	Електрофорна машина на основі електричного двигуна. Генератор висковольтний.
Електромагнітні явища	Магнітні матеріали та їх використання	Компас
Світлові явища	Оптичні прилади та їх застосування. Складання найпростішого оптичного приладу.	Камера обскура, перископ, дисперсійна призма
Механічні та електромагнітні хвилі	Звуки в житті людини. Застосування інфразвуку та ультразвуків у науці і техніці. Розвиток уявлень про електромагнітну природу світа.	Ультразвуковий паяльник, Прилад для зображення фігур Хладні

Основні розділи фізики	Теми навчальних проєктів	Приклади саморобних приладів
Фізика атома і атомного ядра. Фізичні основи атомної енергетики	Фізичні основи радіоекології. Складання радіаційної карти регіону.	Камера Вільсона
За програмою 10-11 класу		
Динаміка	Штучні супутники Землі. Розвиток космонавтики. Реактивний рух в природі й техніці	Водяна ракета, реактивний візок
Термодинаміка і молекулярна фізика	Рідкі кристали та їхні властивості. Полімери: їх властивості і застосування.	Прилад для вимірювання теплопровідності полімерів
Електродинаміка, електричне поле та струм.	Вплив електричного поля на живі організми. Напівпровідникові прилади та їх застосування.	Прилад для створення електричного поля
Коливання та хвилі	Електромагнітні хвилі в природі і техніці.	Пристрій для вимірювання сили електромагнітних хвиль побутових приладів
Хвильова і квантова оптика	Квантові генератори та їх застосування.	Саморобний ЛАЗЕР

У програмах академічного і профільного рівнів не вказані теми навчальних проєктів, що надає право учителю організовувати і впроваджувати цей вид роботи на свій розсуд.

Роботу над створенням саморобних приладів можна умовно поділити на три види:

- Розробка, створення та удосконалення відомих приладів на основі елементної бази побутової техніки.
- Розробка та створення приладів на новій матеріально-технічній базі.
- Розробка нових приладів з використанням нових методів та підходів.

Розробка, створення та удосконалення відомих приладів на основі елементної бази побутової техніки

При цьому підході розробляється та створюється відомий у фізичному кабінеті прилад, але на базі побутових приладів, або їх комплектуючих деталей. Робота зводиться до пошуку інформації, розробки приладу на основі відомих конструкційних вирішень, які не використовувались в аналогічних приладах та виготовлення самого приладу. Цим самим ми створюємо більш сучасний, зручний та надійний прилад, який доповнить фізичний кабінет або замінить старий аналог. Таким чином виконавці проєкту не тільки грамотно використовують прилад, а й краще розуміють суть фізичних процесів.

У кожному фізичному кабінеті є такий прилад як електрофорна машина. Це демонстраційний допоміжний прилад при вивченні теми «Електрика». З використанням явища електростатичної індукції прилад генерує електричний заряд досить високої напруги. Винайдена в 1865 році, електрофорна машина до цих пір використовується для демонстрацій, не зазнавши практично ніяких змін.

Кожен, хто користувався електрофорною машиною, знає, що це досить ненадійний прилад, працює нестабільно, особливо у вологу погоду. До того ж, це механічний прилад, що ще знижує його надійність. Але ми живемо в ХХІ ст., і сучасна науково-технічна база дозволяє виготовити значно надійніший і простіший прилад. Тому можливо виготовити електронний аналог електрофорної машини – високовольтний генератор.

Схему можна знайти в інтернеті, а деталі взяти зі старих телевізорів або придбати в магазині радіодеталей.

Схема проста і представляє собою блок-генератор на високовольтному транзисторі (рис. 1).

Постійна напруга 12 В від джерела живлення подається на генератор, який перетворює постійну напругу в високочастотні коливання. Без високовольтної котушки і помножувача можна використовувати там, де потрібна висока напруга з частотою в десятки Гц, наприклад, для живлення ламп денного світла, або для перевірки подібних ламп. Для отримання більш високої змінної напруги використали високовольтну котушку. Але, щоб отримати аналог електрофорної машини, цього не досить. Тому потрібно використати високовольтний помножувач УН9-27, генератор Кокрофта-Уолтона. В результаті отримали на виході постійну напругу, в кілька десятків тисяч вольт.

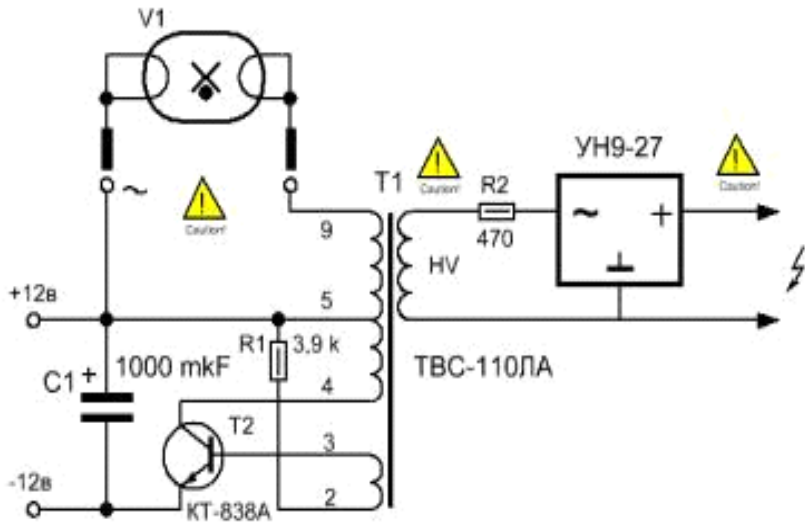


Рис. 1. Схема високовольного підсилювача на основі високовольного помножувача УН9-27

Виготовлений прилад цілком замінює електрофорну машину, надійний у роботі, не містить дефіцитних деталей і виконує більш широкі функції. Так прилад можна додатково використати для демонстрації розряду в газах.

Слід пам'ятати, що прилад дає високу постійну напругу, тому необхідно дотримуватись правил техніки безпеки, а після дослідів обов'язково розряджати. Також прилад не бажано використовувати поряд з електронною технікою.

Прилад монтується на ізоляційній підставці. Розміри залежать від конкретних деталей. Для виготовлення було використано транзистор КТ838А, опір 3,9 кОм, високовольний трансформатор ТВС-110ЛА від лампового чорно-білого телевізора, помножувач УН9-27 від напівпровідникового кольорового телевізора.

На рис. 2 і 3 показано, як за допомогою цього приладу ми демонструємо взаємодію стрічок «султанів».

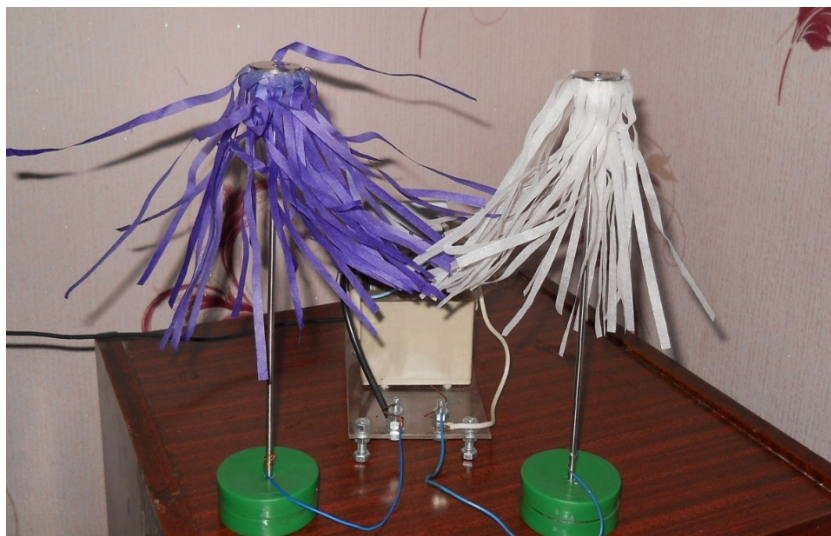


Рис. 2. Зібраний за схемою високовольтний підсилювач



Рис. 3. Робота високовольтного підсилювача

Розробка нових приладів із використанням нових методів та підходів

У даному випадку при розробці приладу використовуються нові підходи до вирішення поставленої задачі. Розглянемо прилад для встановлення матеріалу за провідністю.

Сам по собі прилад дуже простий, але в ньому використані нестандартні методи вирішення проблеми. Прилад дає можливість визначити, до якого класу віднести речовину: провідники, напівпровідники чи діелектрики. Необхідність виготовлення такого приладу виникла через те, що у фізичних кабінетах приладів такого типу немає, а відповідні теми шкільного курсу вивчаються теоретично.

Звичайно, всі ці матеріали можна класифікувати за питомим опором. Але це дуже широкий діапазон, до того ж, чіткої межі немає. Також в наших умовах неможливо виміряти питомий опір, якщо зразок має не форму довгого дроту, а якусь іншу. Потрібно враховувати і те, що існують провідники з досить високим питомим опором, а напівпровідники з домішками непогано проводять струм.

Тому можна використати іншу властивість у провідниках, де завжди, за будь-яких умов є достатня кількість носіїв заряду. Нагрівання провідника не покращує його провідність, а навпаки, знижує. Теплові коливання кристалічної решітки заважають руху зарядів. У той же час зниження температури провідність покращує. На цьому ґрунтується явище надпровідності. Електричні лампи розжарення в більшості випадків перегорають у момент ввімкнення, коли нитка розжарення ще холодна, має невеликий опір, а отже, через неї проходить у момент ввімкнення великий струм, доки з підвищенням температури не збільшиться її опір. Напівпровідники ж поведуть себе зовсім інакше. У них невелика кількість носіїв електричного заряду, тому нагрівання призводить до покращення провідності. Діелектрики ж не проводять струм ні за яких умов, навіть якщо їх розплавити.

Саме цю властивість і можна використати при виготовленні приладу. Його будова досить проста (рис. 4). Він складається з панелі для закріплення зразка (кріплення повинно бути надійним з хорошим контактом, адже маємо справу з точними вимірюваннями), пристрою для нагрівання і цифрового омметра (потрібно саме такий, щоб зафіксувати досить незначні зміни).



Рис. 4. Прилад для визначення матеріалу за провідністю

Порядок роботи з приладом. Закріплюємо зразок в клеммах (рис. 5). Звісно, в побутових умовах неможливо знайти чистий зразок напівпровідника, тому можна взяти напівпровідниковий діод. Це хоч і неоднорідний провідник, але дану залежність можна продемонструвати і на ньому. Фіксуємо покази омметра і нагріваємо зразок. Прилад відразу фіксує зниження опору. Отже, ми маємо справу з напівпровідником. Потім, в якості зразка, беремо провідник. Щоб наш прилад зафіксував хоч якийсь опір, беремо провідник з досить високим опором, наприклад ніхром. Знову вимірюємо опір і нагріваємо зразок. Цього разу прилад показує хоч і не значне, але збільшення опору.



Рис. 5. Визначення залежності опору від температури матеріалу

Таким чином, перед нами провідник. Аналогічний дослід проводимо з діелектриком. У цьому випадку спостерігаємо, що діелектрик не проводить струм, навіть при значному нагріванні.

Робота над створенням конкретного приладу

Іноді трапляється так, що простий прилад, ретельно виготовлений за відповідними розрахунками, не працює. Відтак доводиться глибоко вивчити не лише теорію, а й вплив зовнішніх та внутрішніх чинників на роботу приладу.

Розглянемо конкретний приклад на тему «квантові генератори», а саме лазер. Лазер – це прилад, який зараз рідко можливо знайти у шкільному кабінеті фізики. За його відсутності стають неможливими деякі демонстрації. Сьогодні є можливість придбати лазер або виготовити його самотужки з учнями, що дає змогу викликати зацікавленість учнів до навчання і зекономити кошти.

Головним елементом лазера є лазерний світлодіод, який можна знайти у DVD-приводі від комп'ютера або DVD-програвача. Потрібно зауважити те, що лазерні діоди небезпечні у недбалих руках, і оскільки вчитель відповідальний за здоров'я учнів, необхідно звернути увагу на техніку безпеки під час використання лазера. Перш за все уникати попадання концентрованого лазерного випромінювання в незахищені очі. При роботі над приладом слід використовувати спеціальні окуляри.

Далі обираємо схему для живлення лазера. Їх в інтернеті безліч. Найбільш простою і доступною в матеріальному плані є схема, вказана на рис. 6.

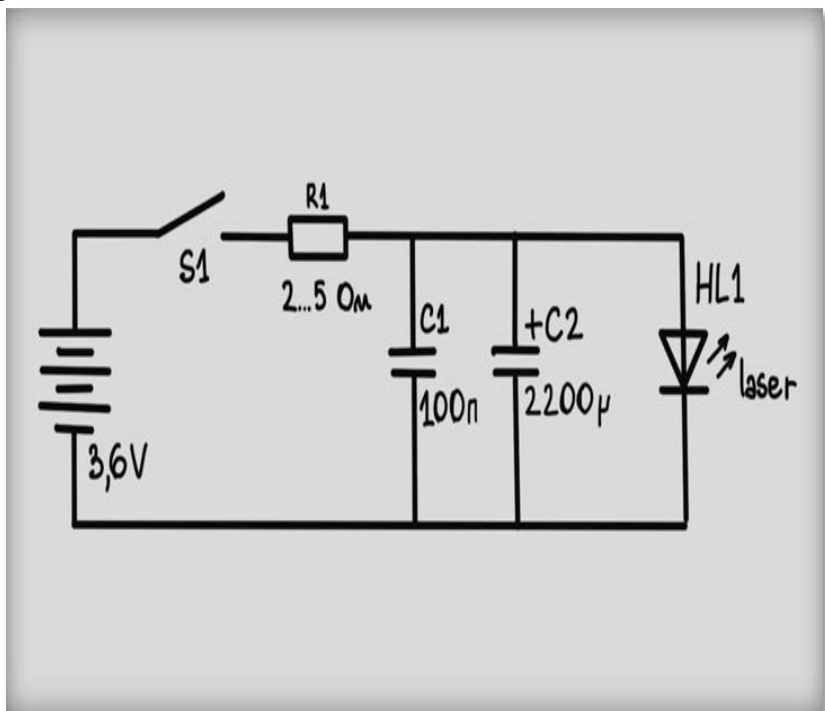


Рис. 6. Проста схема живлення лазерного діода

Тут використано один резистор на 2-5 Ом, конденсатори 100пФ і 2200мкФ, також живлення 3,6 В, що може бути батареєю від телефону або трьома пальчиковими батарейками по 1,5 В.

Наступна схема зображена на рис. 7, складніша, але більш надійна.

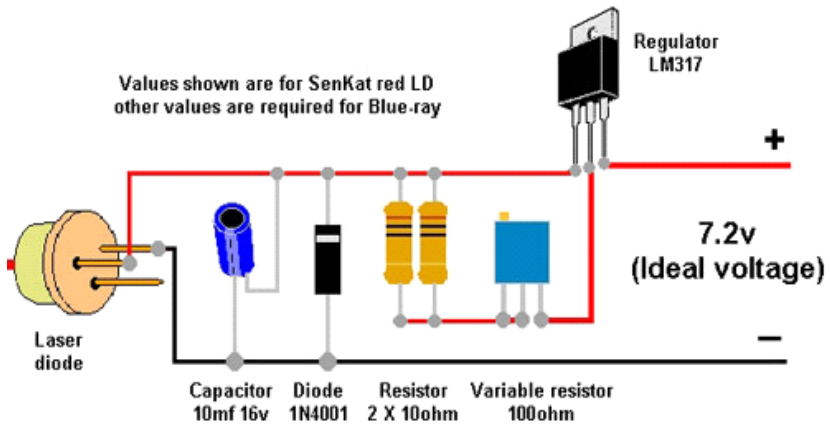


Рис. 7. Схема живлення лазерного діода на базі мікросхеми LM317

У даній схемі використано мікросхема LM317, драйвер підтримує постійний струм незалежно від живлення та температури.

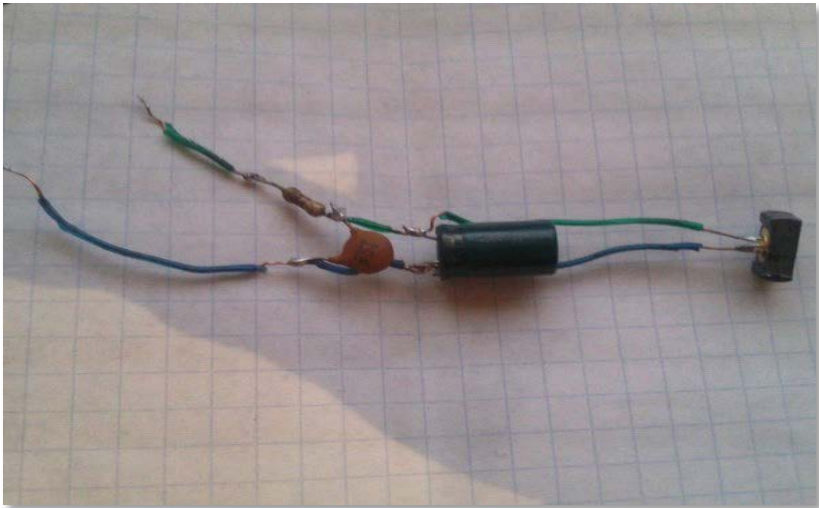


Рис. 8. Навісна спайка схеми

Наступним етапом є виготовлення корпусу для схеми, де важливими елементами є радіатор для тепловідводу від лазерного діода і лінза для фокусування променя.



Рис. 9. Монтаж схеми у корпус

Один із варіантів застосування лазера на уроках фізики – це демонстрація простих оптичних систем. На рис. 10 видно, що на саморобній дошці закріплені лінзи та дзеркала, за допомогою яких ми можемо продемонструвати роботу таких простих оптичних систем: перископ, двовипукла лінза, двовгнута лінза, призма, дзеркало.

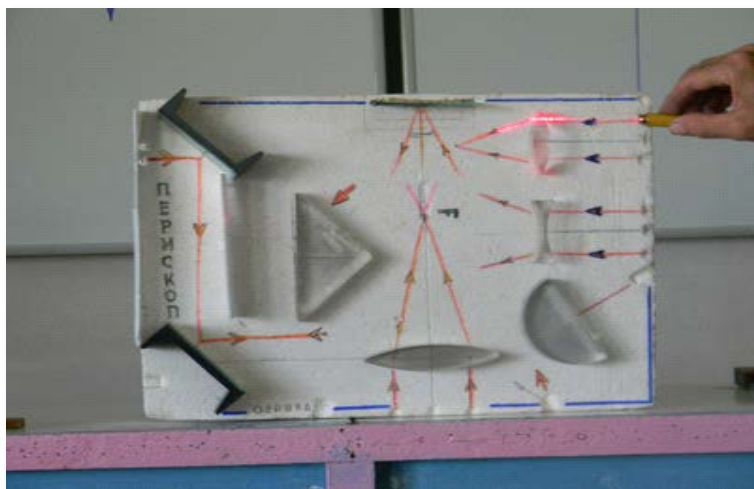


Рис. 10. Саморобна оптична дошка

Педагогічна ефективність використання проєктних технологій на базі саморобних приладів у навчанні фізики

Специфіка завдань шкільного курсу спрямована на те, щоб засвоїти наукові методи пізнання. Експеримент дає можливість оволодіти досвідом практичної діяльності, здобути факти та їх узагальнити на рівні уявлень, понять і законів. Одночасно він формує в учнів експериментальні і дослідницькі навички і тому є найефективнішим засобом, через який здійснюється діяльнісний підхід до навчання фізики. Фізичні прилади виступають своєрідним підсилювачем відчуттів, а демонстрації слугують інструментом переконливої мотивації навчального процесу. Навчальний експеримент не можна замінити показом відповідних роликів, комп'ютерними дослідами, кінофрагментами.

Сучасна програма із фізики визначає досить солідний перелік демонстрацій, які обов'язково необхідно провести в кожному класі. В обладнаному за сучасними вимогами фізичному кабінеті це не створить особливих проблем для вчителя. Матеріально-технічна база ж більшості шкіл застаріла і не завжди відповідає цим вимогам. Особливо гостро це питання стоїть у сільських школах. Величезне бажання демонструвати виразно суть фізичних явищ і хоч частково вирішити це питання спонукає вчителя виготовляти саморобні прилади. Якщо прилади виготовляти з учнями, то це додатково сприятиме розкриттю їхніх здібностей і талантів, технічної кмітливості та спостережливості.

Виготовлення приладів вчителем і самими учнями сприяє подоланню найбільшої проблеми нашого навчання – його абстрактності. Тобто знання, здобуті на уроках, не закріплюються практичним застосуванням, проте використання саморобного обладнання наближає процес викладання фізики до сучасних потреб суспільства. Демонстраційний експеримент із використанням саморобних приладів та пристроїв покликаний допомагати у формуванні раціоналізаторських і винахідницьких здібностей, а також професійної компетентності майбутньої соціально-успішної особистості.

Учитель, який працює над виготовленням приладів, систематично вдосконалює свою майстерність. Можна навіть сказати, що наявність саморобних приладів у фізичному кабінеті є одним із багатьох показників працездатності і вчителя, і його учнів.

Самоосвітня діяльність учнів в роботі над проєктами із використанням саморобного обладнання позитивно впливають на хід уроку. Особливістю є те, що на уроках учні беруть безпосередню участь у демонстраціях. А досвід, здобутий учнями самостійно, дозволяє їм доповнювати відповіді товаришів на уроці, наводити цікаві приклади або виконувати

складні завдання та досліді. Вчитель, у свою чергу, може використовувати більш глибокі поняття з фізики для зрозумілішого викладання матеріалу.

Застосування саморобних приладів на уроках фізики

Демонстраційний експеримент як метод навчання належить до ілюстративних методів. Головна дійова особа в демонстраційному експерименті — учитель, який не лише організовує навчальну роботу, але і проводить демонстрацію дослідів. Демонстраційний експеримент має суттєвий недолік – учні не працюють з приладами. Цей недолік допомагають усунути проєктні технології. Якщо залучити учнів до широкого моделювання, конструювання саморобних приладів, вони пізнають фізичний експеримент із середини.

З педагогічного погляду демонстрація дослідів за допомогою саморобного обладнання є необхідною при розв’язанні низки специфічних задач, а саме:

- **Для ілюстрації пояснень учителя.** Практика свідчить, що ефективність засвоєння навчального матеріалу значно підвищується, якщо пояснення вчителя супроводжується демонстрацією дослідів із використанням приладів, виготовлених самими учнями. В ході демонстрації із саморобним обладнанням учні знають принципи роботи приладу, тому і краще розуміють фізичне явище створене цим приладом.

- **Для ілюстрації застосування вивчених фізичних явищ та теорій у техніці, технологіях та побуті.** Демонстрація таких дослідів є необхідною не лише для ілюстрації зв’язків фізики з технікою, а й для підготовки учнів до життя в умовах сучасного технізованого суспільства.

- **Для активізації пізнавального інтересу до фізичних явищ та теорій.** Ефективний демонстраційний експеримент може бути своєрідним поштовхом до активної пізнавальної діяльності учнів, особливо, якщо він носить проблемний характер. При виготовленні саморобного обладнання учень на підґрунті знайомиться із фізичними закономірностями, законами, явищами. Для перевірки припущень, висунутих учнями в ході обговорення навчальних проблем. За допомогою саморобного приладу можна самостійно перевірити, підтвердити або спростувати поставлену проблему.

Приклади саморобних приладів, виконані учнями та вчителями різних шкіл.

При демонстрації ряду дослідів з електростатики можна використати саморобний генератор Ван де Граафа (рис. 38) та високовольтний генератор (рис. 11).



Рис. 11. Саморобний генератор Ван де Граафа.

Ці прилади можна виготовити разом з учнями, використовуючи підручні матеріали та різні радіозапчастини. Такі прилади стають особливо актуальними, якщо в кабінеті відсутня електрофорна машина.

При викладанні розділу «Оптика» саморобний комплект повністю замінює оптичний диск і дає змогу продемонструвати всі необхідні досліді без попереднього налаштування (рис. 12).

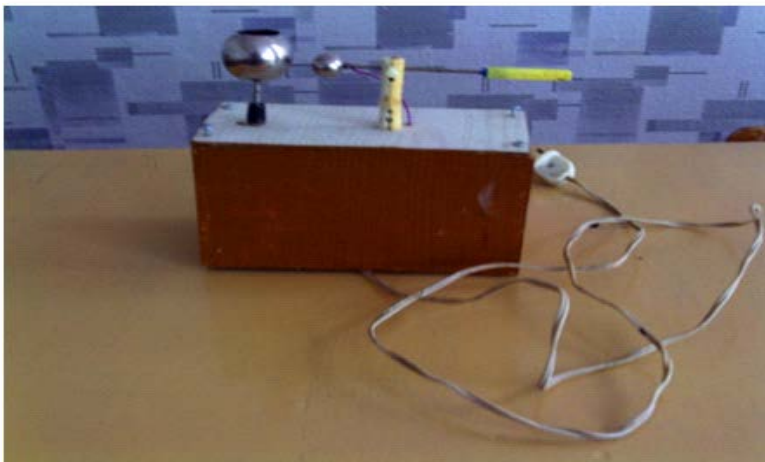


Рис. 12. Високовольтний підсилювач



Рис. 13. Саморобний комплект повністю замінює оптичний диск

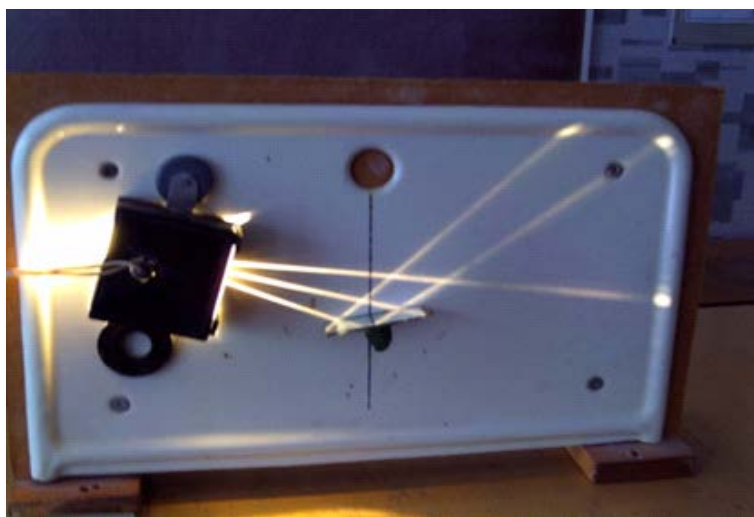


Рис. 14. Прилад в роботі

Даний комплект безпечний в роботі, тому що живиться від батареї напругою 3-6 В.

Наступний комплект для демонстрації взаємодії тіл (рис. 15), та для демонстрації реактивного руху (рис. 16).

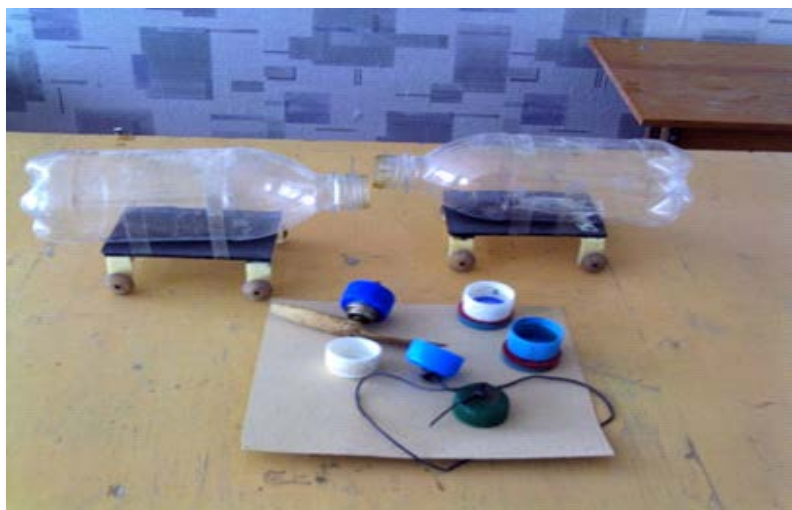


Рис. 15. Комплект для демонстрації взаємодії тіл

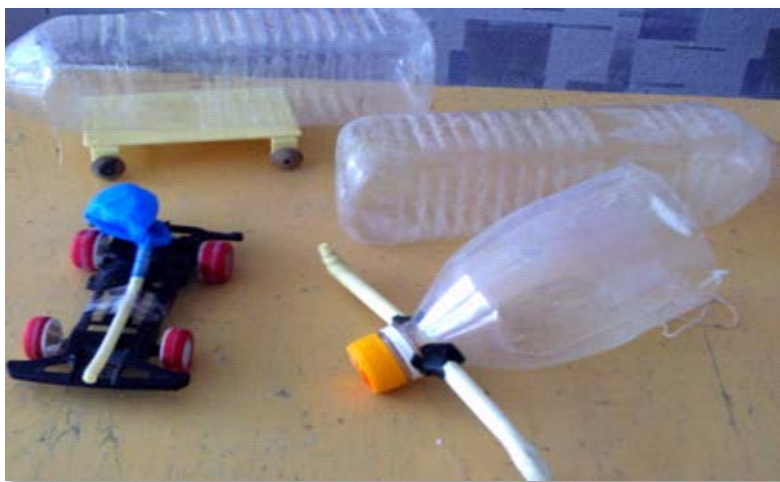


Рис. 16. Демонстрації реактивного руху

Саморобні прилади дають змогу провести не тільки короточасні лабораторні роботи, а й повноцінні фронтальні. Наприклад, роботу в 11 класі «Вивчення явища електромагнітної індукції». При виконанні даної лабораторної роботи виникають певні труднощі: нехватка необхідного обладнання, витрати часу на налаштування, громіздкість. Установа, яка пропонується (рис. 44), компактна, швидко налаштовується і дає змогу відтворити всі досліди з даної теми. Обладнання для виготовлення і необхідні матеріали легко знайти на базі кожного фізкабінету або придбати за незначні кошти. Дана установка дає можливість виконати всі експерименти.

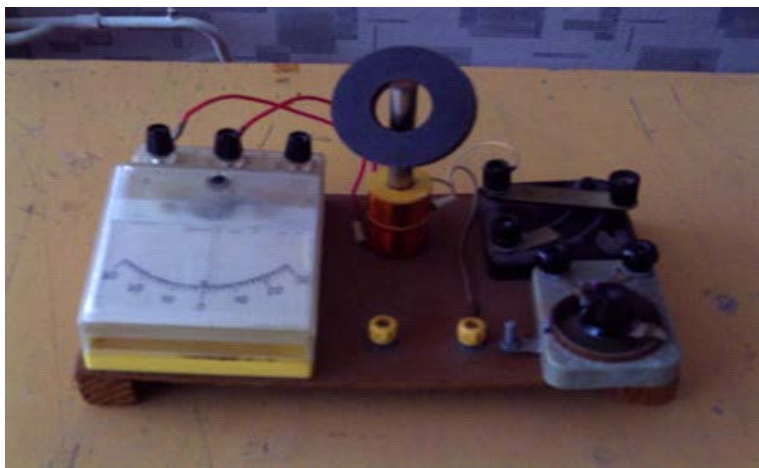


Рис. 17. Прилад для виконання лабораторних робіт на тему електромагнітна індукція

Цікавою в методичному відношенні є лабораторна робота фізпрактикуму «Визначення індуктивності котушки». Виконати дану роботу можна за допомогою генератора повільних коливань (рис. 17). Виготовляється він просто і не потребує складного налагодження. Учні з інтересом виконують дану роботу. Отримані дані досить точні, а похибки вимірювань незначні. За допомогою приладу можна провести ряд демонстраційних дослідів:

1. Механічні автоколивання.
2. Залежність періоду коливань в коливальному контурі від індуктивності котушки та ємності конденсатора та ряд інших.

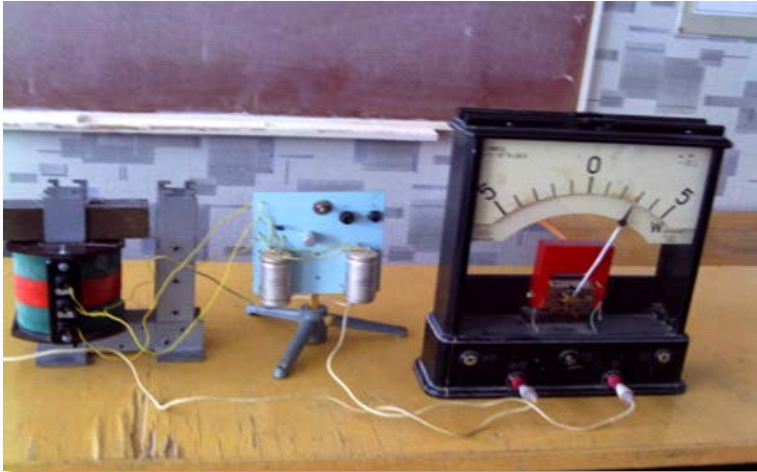


Рис. 18. Генератор повільних коливань

Прилади для демонстрації тиску рідин і газів

Цілий ряд приладів можна виготовити для проведення фронтального експерименту. Для виготовлення підійдуть різні матеріали та підручні засоби. Цінність цих приладів (рис. 19) в тому, що вони дуже прості за конструкцією і можуть бути виготовлені учнями вдома.



Рис. 19. Обладнання для фронтальних дослідів

При правильному застосуванні вони дають змогу проводити багато дослідів та цікавих експериментальних задач.

Наступний простий комплект можна використати при вивченні теми «Тиск рідин і газів» (рис. 20). Він дає можливість провести практично всі дослід, що ілюструють хвильовий рух.



Рис. 20. Прилад для демонстрації хвильового руху

Створення унікальних приладів приносить вчителю та учням особливе задоволення. Прикладом таких приладів можуть бути такі, які зображені на рис. 21.

За допомогою одного з них можна перевірити залежність опору металів від температури, за допомогою другого – визначити полюси постійного магніта, а за допомогою третього – перевірити залежність ємності плоского конденсатора від його параметрів.

Дані прилади не претендують на якусь виняткову унікальність, але багаторічний досвід роботи доводить правоту вищесказаного. Використання таких приладів у навчальному процесі виправдане, що б не говорили скептики.



Рис. 21. Унікальні прилади для проведення різних фізичних досліджень

РОЗДІЛ II. Дизайн змісту природничо-математичної освіти у контексті сучасних досягнень науки

2.1. Інтегрований курс «Природа і суспільство» як умова розвитку світоглядної компетентності здобувачів вищої освіти

Стратегічним завданням реформування вищої освіти в Україні стає трансформація кількісних показників освітніх послуг у якісні. Цей процес базується на засадах створення чіткої й гнучкої ступеневої системи освіти, яка була б здатна динамічно реагувати на зміни потреб суспільства та ринку праці.

Головною метою сучасної освіти є формування покоління людей, здатних згармонізувати взаємовідносини в системі «суспільство-природа» і зберегти людську цивілізацію від деградації. До цієї головної мети слід додати задеклароване в концепції розвитку освіти: «створення умов для розвитку особистості і творчої самореалізації кожного громадянина України, виховання покоління людей, здатних ефективно працювати і навчатися протягом усього життя, оберігати і примножувати цінності національної культури та громадянського суспільства»

Аналіз досліджень і наукових публікацій із зазначеної проблеми зумовлює необхідність здійснення «духовно-екологічного всеобучу» з метою підвищення почуття відповідальності кожної людини за збереження та раціональне використання й перетворення навколишнього природного середовища, маючи на увазі не тільки інтереси нинішнього, але і майбутніх поколінь людства.

Видатний учений М. Ф. Реймерс стверджує, що у людства повинно бути майбутнє. І воно може бути світлим. Проблем, які не вирішуються, немає. Пройти небезпечну ділянку шляху в майбутнє допоможе світло екологічних знань, активність праці і високий професіоналізм. Саме у зв'язку із формуванням духовного потенціалу суспільства, що існує для стабільного, безпечного розвитку кожного його громадянина, М. Реймерс описує «екологію духу» як науку про екологію духовного потенціалу людини й інформаційного середовища. Особистість і суспільство він розглядає у середовищі широкого руху думки й духу. Щоб зрозуміти складний світ історично сформованих цінностей та ціннісних відносин до оточуючого середовища, потрібні чималі духовні зусилля творчості та нестандартні ноосферні підходи. Пануючий у суспільстві утилітаризм

і гонитва за матеріальними благами будь-якою ціною фактично оманливо полегшують становище. Навіщо міркувати над духовністю, екологією і тим, що не дає практичної користі, хоча принципово важливо для безпечного, стабільного розвитку, збереження життя людини, суспільства, природи. За правдивим висловом М. Хайдеггера, сучасна людина рятується втечею від духовно-екологічного мислення. Зведення сенсу життя лише до ідеї матеріального благополуччя, за умови відсутності соціальної справедливості як основної духовної цінності в суспільстві, бездумної, руйнівної експлуатації природних ресурсів спричиняє спотворення духовно-екологічного пріоритету. Формується відповідна шкала духовно-екологічних цінностей, у якій поступово стирається грань між добром і злом у здобутті цінностей.

Духовність – це як ціннісний вимір вищих начал: добра, любові, істини, правди, краси, життя, людяності, співчуття, як пріоритет таких цінностей, як Батьківщина, сім'я, борг, подвиг. Вони повинні стати нормами нашого життя, та життя дітей.

У книзі «Як виховати справжню людину» Василь Олександрович Сухомлинський наголошує: «У справжнього вчителя – найважче і найрадісніше життя, трепетно хвилююча і складна творчість, надзвичайно тонкі інструменти, які вічно вдосконалюються і якими він впливає на людську душу... Праця педагога – це насамперед праця серця, і лише тому, що де праця серця, це й творчість розуму» [1].

Наведені висловлювання вченого-гуманіста свідчать про те, якими мають бути покликання та завдання майбутнього викладача, характер і зміст його соціально-гуманітарної, фахової, психолого-педагогічної та практичної підготовки.

Змістом освіти повинні бути професійні компетентності та громадянські якості, а також світоглядні цінності, які можуть забезпечити виживання та розвиток людей, людського соціуму у XXI столітті.

Збагачення змісту освіти через розкриття особливостей процесу розвитку світоглядної компетентності майбутнього викладача є метою досліджень кафедри фізики та математики.

Предметом дослідження є засоби та шляхи формування компонентів світоглядної компетентності: планетарної відповідальності, ноосферного мислення, цивілізаційної культури та нових цінностей.

Компетентнісний підхід є найбільш продуктивним для виконання стратегічних завдань виховання людини суспільства ноосферної епохи. Замість трьохкомпонентної моделі змісту освіти в ЗУНівській парадигмі в компетентнісній парадигмі ці основи задаються чотирьохкомпонентною моделлю: знання, уміння, досвід творчої діяльності, досвід ціннісного відношення.

Освітні компетенції диференціюються на три рівні: ключові, загальнопредметні та предметні. Світоглядна компетентність є елементом освітньої компетентності, що охоплює всі три рівні і характеризує досвід ціннісного відношення до оточуючого середовища. Ця компетентність передбачає планетарну відповідальність, ноосферне мислення, цивілізаційну культуру та систему нових цінностей. Основою освіти є високий рівень духовності людини, що неможливо без формування толерантності до «інакшості»: мислення, віри, культури, системи нових цінностей.

Ноосферне мислення (мисляча оболонка) – це нова стадія розвитку біосфери, стадія розумового контролю стосунків між суспільством і природою, коли діяльність людини стає силою, що направляє розвиток і природу.

В. О. Сухомлинський стверджував, що вчитель повинен знати та відчувати, що на його совісті – доля кожної дитини, а від його духовної культури та ідейного багатства залежить розум, здоров'я, щастя людини, яку виховує школа.

Василь Олександрович вважав виховання в дітей чуйності, доброти, тонкості почуттів, бажання приносити радість іншим, а також уміння протиставити всьому негативному доброту, увагу до людини. Видатний педагог виходив із того власного переконання, що школа має знаходитись у красивому природному середовищі, де багато зелені, води, а якщо рослинний світ навколо неї бідний, то треба створювати її зелений захист хоча б у найближчому оточенні [1].

Для якісної підготовки майбутніх викладачів та з метою формування їхнього ноосферного мислення, планетарної відповідальності, цивілізаційної культури та системи нових цінностей нами запроваджено курс «Природа і суспільство». Випускник ЗВО як сучасний професіонал має не тільки знати та розуміти духовно-екологічні проблеми, а й уміти практичними діями створювати механізми управління природо-користуванням, оцінювати ефективність природоохоронних заходів, за можливості зменшувати негативний вплив на природне середовище, приймати раціональні рішення, розробляти засоби інформаційного захисту.

Під час вивчення зазначеного курсу формуються:

- цілісне уявлення про стан навколишнього природного та інформаційного середовища;
- сучасна культура мислення під час вибору поведінки у природному оточенні та за умови прийняття управлінських рішень у професійній діяльності;

- розуміння деструктивних проявів впливу сучасного інформаційного середовища на духовність молоді;
- необхідність забезпечення інформаційної та культурної безпеки особистості та соціуму;
- потреба пошуку напрямів ефективного використання природних ресурсів з оцінкою наслідків, що отримає природа та суспільство сьогодні та в майбутньому;
- знання основних нормативних і правових документів інформаційного та екологічного середовища.

Курс «Природа і суспільство» передбачає вивчення таких тем:

- навколишнє природне середовище як об'єкт пізнання;
- значення і роль природних ресурсів у суспільному розвитку;
- статистика навколишнього інформаційного середовища та природних ресурсів;
- актуальні екологічні проблеми економічного розвитку;
- територіально-регіональні особливості природокористування та охорони навколишнього середовища;
- ресурсозбереження й ефективність використання вторинних ресурсів;
- механізм управління раціональним природокористуванням;
- теоретико-методологічні проблеми формування інформаційного освітнього простору України;
- особливості сучасного інформаційного середовища та його вплив на формування світоглядної компетентності молоді;
- світ живої природи та система цінностей, екосистеми.

Аналіз проблем природокористування та екологічних явищ у ході вивчення курсу дозволяє констатувати, що настав час враховувати аксеологічні чинники в науковому пізнанні та вчитися усвідомлювати природу як морально-світоглядну цінність, і, тим самим, ввести її у сферу моральних відносин. У зв'язку із цим, як головний регулятор взаємодій між людиною, суспільством і природним середовищем за останні 30 років у нації виник особливий напрям – екологічна етика. У ній розроблені та панують свої принципи, які в узагальненому вигляді подано у 1992 р. відомим американським вченим Д. Чирасом. Він виокремив такі основні етичні принципи:

- людство має обмежені запаси природних ресурсів, які необхідно розподіляти між усіма живими істотами планети («не все тільки для нас»);
- людство – частинка Природи й суб'єкт, на який поширюються всі її закони. Ми не маємо права гвалтувати Природу й нехтувати її Законами, бо це згубить цивілізацію;

- людство не повинно керувати Природою, воно має співпрацювати та існувати в гармонії з нею;
- людина – це також частинка Космосу, могутні сили якого постійно впливають на її здоров'я, психіку й поведінку.

Особливу увагу під час викладання курсу слід приділити питанням екологічної етики, що спрямовані на формування у свідомості майбутніх викладачів світогляду саме за аксеологічними та духовними чинниками. Біоетика виникла на тлі трансформації існуючих наукових парадигм та об'єднала гуманітарне та природниче наукове знання. Вона є особливою й окремою частиною етики та в умовах швидкого поширення нових екологічних, біологічних і біомедичних технологій захищає фундаментальні людські цінності – право людини на автономію та право на життя.

Довкілля, соціум, людина (свідомість людини, її тілесність, життєздатність та життєдіяльність) у межах цієї науки розглядаються у взаємодії. Поступово біоетичний світогляд стає керуючою ланкою в теоретичному і практичному науковому пізнанні потрійного відношення «людина – природа – соціум».

Аналіз сучасних екологічних знань фундаментальних наук доводить, що існує нерозривна взаємодія неживої матерії планети з її живими складниками. Процес обміну біосистеми речовиною, енергією та інформацією з навколишнім середовищем є підґрунтям для становлення багатопланової парадигми розвитку життя, її можна звести до трьох основних складників: субстратної, енергетичної та інформаційної, які є основою методології теоретичного та емпіричного підходу до трикутника «людина – навколишнє середовище – соціум» і разом складають загальну теорію існування та розвитку живого.

Значну увагу в курсі слід приділити інформаційній концепції розвитку життя, яка більше стосується найрозвиненішої форми живої матерії – людини. Ця концепція містить у собі дві якісні характеристики: інформативність та енергетичну сутність інформації, які тісно пов'язані зі свідомістю розумних істот. Енергетичний елемент інформації завжди впливає на живий організм або позитивно, або негативно, час від часу вражаючи його стресовим станом. Інформативний вплив може розгорнутися, наприклад, у ланцюжок негативних явищ, коли, наприклад, під дією якогось повідомлення у людини виникає спотворення ментального сприйняття дійсності, надалі порушується психоемоційна рівновага, виникає стресовий стан і, врешті-решт, закінчується це патологією в організмі. Інформативність може бути простежена будь-яким вдумливим спостерігачем, а енергетичний складник є внутрішньою дійовою суттю розглянутого явища.

Простір енергоінформаційної взаємодії природи й суспільства визначений у курсі як «інформаційне середовище» та «інформаційне поле», а людина в ньому визначається як споживач, носій і генератор інформації. Інформаційне поле, або ноосфера, має планетарні масштаби. Ми всі існуємо в цьому середовищі, тому зміни його якості почали безпосередньо відбиватися на духовному стані людини та її здоров'ї. Інформаційні дії часто відбиваються не тільки на роботі біосистеми «людина», але через соціальні контакти впливають на функціональні можливості троїстості «людина – довкілля – соціум». При цьому в екосистемах виникають такі енергоінформаційні зв'язки, які стають наріжним каменем екологічних проблем. Спостереження та новітні теоретичні розробки у фізиці вакууму доводять, що інформація – це енергія, і як будь-яка енергія, вона може спрямовуватися і на творчість, і на руйнування.

Таким чином, сучасне суспільство характеризується зростанням щільності інформаційних потоків, які впливають на життя людини, зокрема її духовність, систему цінностей людини.

Усі подані в курсі складники розвитку життєдіяльності людини, об'єднуючись принципом холізму в єдину біоенергоінформаційну концепцію, становлять собою систематику, яка відображає різнопланові підходи до наукового пізнання трикутника «людина – навколишнє середовище – соціум», і допомагають майбутнім викладачам більш реально усвідомлювати дійсність у ході спостереження, дослідження чи опису явищ, що виникають в еко- і біосистемах під час їхньої невинної взаємодії.

У третьому тисячолітті під впливом проблем виживання людства принцип холізму та засади, що функціонують у біоетиці, стають методологічними основами планетарної відповідальності та ноосферного мислення. За допомогою екології біоетика набуває статусу глобальної (екологічної) біоетики та виступає такою світоглядною основою, яка надає поняттям «людина», «природа» та «соціум» більш повного розкриття. У процесі вивчення питань біоетики майбутні викладачі глибше можуть зрозуміти світ живої природи, систему нових цінностей.

Екологічна біоетика підтверджує внутрішній зв'язок морального обов'язку з ідеєю досконалості, краси й органічної цілісності екосистеми. При цьому остання може виступати як справжній взірєць гармонії, де свобода розвитку одного елемента припускає урахування свободи існування та розвитку інших. Гармонію та цілісність екосистеми необхідно визнавати як безумовну моральну цінність, бо саме вони детермінують основу для вибору будь-яких інших цінностей, дають змогу осмислити традиції одухотворення природи та любові до всього живого в українській етико-філософській думці.

Сформована під час викладання курсу світоглядна компетентність майбутніх викладачів об'єднує творчі можливості людини, благоговіння перед природою та життям, що має на увазі не заподіяння зла, добродійність, справедливість, співробітництво, відповідальність, обов'язковість, дотримання моральності, повага до всього, що створила природа, солідарність, колегіальність, інформаційну захищеність, лояльність тощо.

Основою компетентнісного підходу в освіті є формування високого рівня духовності особистості, яке неможливе без подолання споживацької психології та добровільного самообмеження в споживанні матеріальних цінностей і впровадження пріоритету духовних цінностей. Принципи екологічного й енергетичного імперативу мають стати ключовими принципами природокористування та раціонального господарювання, основою майбутньої професійної діяльності випускників ЗВО.

Список використаних джерел

1. Сухомлинський В. О. Як виховати справжню людину // Вибрані твори: у 5 т. К. : Рад. шк., 1976. Т. 2. С. 340-341.
2. Макарова Н. С. Економіка природокористування : навч. посібник / Н. С. Макарова, Л. Д. Гармидер, Л. В. Михальчук. К. : Центр учбової літератури, 2007. 322 с.
3. Антонєць М. Я. Проблеми діяльності вчителя у педагогічній спадщині Василя Сухомлинського: монографія / Михайло Антонєць. – 3-тє вид., доповн. К. : Четверта хвиля, 2010. 212 с.

2.2. Розвиток духовної культури особистості засобами природничо-математичних дисциплін

Як відомо, вивчення шкільного курсу фізики закінчується узагальнюючим заняттям «Сучасна фізична картина світу». На цьому уроці вчитель розкриває еволюцію фізичної картини, виділяє основні риси сучасної картини світу, узагальнює знання учнів про матерію, рух, взаємодію, показує місце кожної із вивчених теорій в сучасній картині світу. Це узагальнююче заняття відіграє важливу роль у формуванні світогляду учнів.

Але при цьому за межами узагальнень залишається ще не менш важливий матеріал, який складає гуманітарний потенціал фізики і який найбільше впливає на формування духовної культури учнів. «Фізика складає серцевину гуманітарної освіти нашого часу». Ці слова належать відомому американському вченому І. Рабі. На важливе соціокультурне значення фізики вказує і нова програма з фізики для загальноосвітніх навчальних закладів: «Сучасна фізика, крім наукового, має важливе соціокультурне значення. Вона стала невід'ємною складовою загальної культури інформаційного суспільства». У зв'язку з інтеграцією України до загальноєвропейського простору сучасна освіта повинна стати особистісно-орієнтованою, що ґрунтується на принципах гуманізації і гуманітаризації. Відтак, пропонуємо включити до програми із фізики узагальнююче заняття на тему «Фізика і духовна культура людини». Його метою є узагальнення фізичних знань, які за образним виразом В. О. Сухомлинського ми повинні «вкласти в душу» учнів і які важливі для їх екологічного, естетичного і патріотичного виховання. Проведення такого заняття буде сприяти реалізації культурологічних засад фізичної освіти, переорієнтації навчання фізики на гуманні потреби людини.

Урок може бути проведений за таким планом:

- Вплив фізики на духовну культуру людини.
- Взаємовідносини людини з природою. В. І. Вернадський і його вчення про ноосферу.
- Фізика і мистецтво.

Розглянемо зміст кожного із пунктів плану.

1. Вплив фізики на духовну культуру людини. Для того, щоб найбільш повно розкрити зв'язок фізики з культурою, розглянемо коротко зміст поняття «духовна культура». Спочатку під культурою, на відміну від природи, розуміли усе, що створює людина. Але людина у своїй творчості робить чимало такого, що не можна віднести до предметів культури, наприклад, засоби знищення людей. Тому поняття культури зго-

дом почали оцінювати з погляду моралі. Велика заслуга в цьому належить німецькому філософу І. Канту (1724–1804). Саме І. Кант визначив культуру як те і тільки те, що за своєю суттю є гуманістичним і поза гуманізмом і духовністю немає істинної культури. Такий підхід І. Канта до культури є актуальним і сьогодні.

Культура умовно поділяється на матеріальну й духовну. Матеріальна культура включає в себе об'єкти, що створені руками людини (машини, будівлі, лазери, ядерні реактори та ін.). Зв'язок фізики з матеріальною культурою є очевидним. Саме фізика безперервно розширює й примножує можливості людини в її русі на шляху науково-технічного прогресу.

Духовна культура – це також результат діяльності людини, але вже не рук, а розуму (ідеї, правила, закони, традиції, символи та ін.).

Духовна культура – це сфера людської діяльності, пов'язаної з інтелектом, емоціями, почуттями. Духовна культура пробуджує, підтримує і розвиває в людині особистість. Якщо найвищою цінністю для фізичної науки є істина, то для духовної культури такою цінністю є людина, причому людина творча, гуманістична.

Стародавні греки сформулювали класичну тріаду духовної культури: **істина – доброта – краса**. Спробуємо і ми відповідно до цієї тріади розглянути вплив фізики на духовну культуру людини.

Фізика відкрила цілий ряд істин, важливість яких виходить за її рамки і які стали загальнолюдським надбанням. Це, передусім, розуміння основної ідеї сучасної фізики – корпускулярно-хвильового дуалізму властивостей матерії. Сприйняття цієї ідеї несумісне з метафізичним мисленням. Оволодіння ідеєю дуалізму формує в учнів діалектичне мислення, яке більш адекватне дійсності. Якщо для метафізичного мислення характерне категоричне мислення: або «так», або «ні», або «правильно» чи «неправильно», то для діалектичного мислення характерним є твердження: і так, і ні (за одних умов «так», за інших «ні»), певною мірою правильно, певною мірою неправильно. Ідея дуалізму вчить оцінювати міру. Міру правди, міру дозволеності.

Не менш важливим є і принцип відповідності, запропонований фізикою, який став загальним методологічним принципом пізнання світу. У найбільш загальній формі цей принцип можна сформулювати так: теорії, справедливість яких експериментально встановлена для того чи іншого кола явищ, з появою нових, більш загальних теорій, не усуваються як щось помилкове, а зберігають своє значення як гранична форма й випадок нових теорій. Цей принцип вчить, що зміна теорій – це не низка катастроф, а природний процес, рух розуму через послідовність відносних істин до абсолютної, поступове проникнення в сутність явищ. Так,

нове заперечує старе, вимагаючи водночас зберігати все позитивне, що було накопичено раніше. Разом із тим, все нове відносно до старого одночасно утворює з ним єдине ціле. Таким чином, фізика сприяє розвитку сучасного цілісного системно-еволюційного стилю мислення людини.

Наступною істиною, яку відкрила фізика, є фундаментальність статистичних закономірностей, які відповідають більш глибокому стану в пізнанні людиною світу. Вона визначила роль ймовірнісних ідей та методів у науці і практичній діяльності людини. Завдяки сучасній фізиці змінилось відношення людини до випадковості. Донедавна говорили про випадковість із прикрістю, що вносила в наше життя невизначеність, невпевненість і тривогу. Зараз випадковість розглядається як форма прояву необхідності. Вчені активно використовують фундаментальну роль випадковості для створення важливих приладів і пристроїв. Серед них, наприклад, можна виділити лазер і атомний реактор, які вивчаються у школі. Лазерна генерація бере початок від випадкових актів самодовільних переходів атомів зі збудженого стану в основний. В атомному реакторі ядерна реакція також починається від спонтанного (випадкового) ділення ядра урана. Таким чином, із випадковостей народжується необхідність, необхідність не існує без випадковості. Завдяки діалектиці необхідного і випадкового «наш світ є достатньо гнучким, динамічним, здатним до розвитку. Це світ, що побудований на імовірності». Імовірнісні ідеї і методи, запропоновані фізикою, формують у людини ймовірнісний стиль мислення, який вважається наразі одним із суттєвих компонентів сучасного світорозуміння.

З поняттям імовірності тісно пов'язаний і принцип симетрії, який також зробив великий вплив на культуру людини. Фізика змусила поглянути на симетрію глибше, розширити це поняття за рамки геометричних уявлень. По-перше, симетрію стали розглядати як метод пізнання. Наприклад, саме симетрія між електрикою і магнетизмом наштотхнула Дж. Максвелла на ідею про струм зміщення, яка привела його потім до знаменитих рівнянь для електромагнітного поля.

Наведемо учням і найбільш сучасний приклад. Для об'єднання фундаментальних взаємодій, включаючи і гравітацію, в одну теорію, вчені використовують різні підходи, серед яких є теорія, яка виходить із принципу симетрії. Це суперсиметрія – фізична теорія, яка об'єднує в одну групу частинки з різними спінами, як з цілим (бозони), так і з напівцілим (ферміони). В основі цієї теорії лежить уявлення про те, що кожна елементарна частинка має значно важчого партнера, або «суперчастинку». Суперсиметрія повинна проявлятися при надвисоких енергіях. Але ця теорія не має ще експериментального підтвердження. Вчені покладають

надію на Великий адронний колайдер, який зможе підтвердити або спростувати цю теорію. Підтвердження цієї теорії зможе допомогти вченим розгадати одну із найбільш таємничих загадок – проблему темної матерії, на яку припадає 20% маси-енергії.

Учням буде цікаво дізнатися, що українські вчені Харківського фізико-технічного інституту одні із перших запропонували концепцію суперсиметрії, розвинули її математичний апарат.

Симетрія як метод пізнання використовується і в процесі вивчення фізики в школі. Важливо пригадати з учнями такі приклади симетрії як симетрія поступального руху і руху обертального, симетрія виразів для закону Кулона і закону всесвітнього тяжіння, симетрія між механічними і електричними коливаннями та ін.

По-друге, симетрія існує не сама по собі, а в діалектичному зв'язку з асиметрією. Зараз до симетрії відносять все те, що пов'язане зі збереженням, тотожним, необхідним. Наслідком просторово-часової симетрії законів природи є закони збереження енергії, імпульсу і моменту імпульсу. Р. Фейнман назвав зв'язок між симетрією і законами збереження однією з найбільш мудрих і захоплюючих речей у фізиці. Зрозуміло, що світ не може бути абсолютно симетричним, адже в такому світі ніщо б не змінювалось і не було б ніякого розвитку та відмінностей. А симетрію ж за сучасним уявленням пов'язують зі змінами, різним і випадковим. Світ також не може бути й абсолютно асиметричним. Це був би світ без законів, світ, де ніщо не зберігається, а все змінюється. «Реальний світ – це світ, побудований на діалектиці симетрії і асиметрії».

Часто симетрію вважають символом краси, гармонії і досконалості, але це не зовсім так. Красота визначається не просто симетрією, а поєднанням симетрії й асиметрії. Фізика робить значний внесок у формування в учнів почуття краси. Краса є однією з найважливіших категорій культури. Ще з часів Сократа її розглядають як категорію розуму, пізнання. Фраза «Краса врятує світ» – це не просто гарні слова, вони мають глибокий гуманістичний зміст і вказують на роль і місце культури в подальшому розвитку суспільства.

Фізику не меншою мірою, ніж літературу й історію, цікавлять питання «Хто ми? Звідки ми? Куди ми йдемо?» Саме фізика вчить шукати першопричину явищ, розкривати причинно-наслідкові зв'язки.

Фізика має справу з істинами, які не залежать від моди, традиції, авторитетів, кон'юнктури. Тут варто згадати учням відомий вираз «Платон мені друг, але істина дорожча». У цьому полягає моральний вплив фізики на формування духовної культури людини.

2. Взаємовідносини людини з природою. В. І. Вернадський та його вчення про ноосферу.

Змінилася роль і місце людини в сучасній науково-природничій картині світу. На цю обставину нам хочеться звернути особливу увагу. У сучасній фізиці людину сприймають як важливу ланку в процесі еволюції природи. Вона не тільки зазнає впливу природних ресурсів, але й здатна, будучи носієм розуму та духовної культури, впливати на ці процеси. Це виховує в учнів почуття власної причетності до всього, що відбувається у світі, власної відповідальності за майбутнє всього світу й водночас формує стиль мислення, який можна називати планетарним.

Особливий внесок у новий підхід до дослідження природи й ролі людини в ній зробив академік В. І. Вернадський – видатний вчений, мислитель, перший президент Української академії наук. Народився В. І. Вернадський у 1863 році, своє дитинство провів на рідній для батька і матері Харківщині. Цей період він вважав одним із щасливіших періодів всього життя. Саме тоді він не просто побачив природу у всій її красі, а живився в неї.

В. І. Вернадський закінчив фізико-математичний факультет, йому дуже пощастило з учителями, якими були видатні вчені Д. Менделєєв і А. Бутлеров, І. Сєченів і В. Докучаєв. Будучи студентом, В. І. Вернадський відвідував гурток, який з часом став називатися «Братерство». Правилами свого життя вони вважали:

- працювати якомога більше;
- спочивати якомога менше;
- на чужу біду дивитися як на свою.

Цим принципам В. І. Вернадський слідував протягом всього свого життя.

Після закінчення університету він вів інтенсивну наукову діяльність. У центрі його природничо-наукових і філософських інтересів була розробка цілісного вчення про біосферу. Вернадський набагато випередив свій час, створивши вчення про ноосферу – сферу Розуму. Ноосфера – це біосфера, розвитком якої цілеспрямовано керує людина. «Академік В. І. Вернадський був переконаний, що життя є явищем космічним, його виникнення він розглядав як процес самоорганізації матерії. Він зробив знаменитий прогноз: у майбутньому людський розум буде свідомо направляти процес еволюції земної біосфери – людство вступить в епоху ноосфери. Ідеї Вернадського мають у наші дні таке ж революційне значення, яке у свій час мали ідеї Коперника».

В. І. Вернадський вказав на чотири фактори, завдяки яким здійсниться перехід до ноосфери. Перший фактор – «повне захоплення людиною біосфери для життя, людина проникне у всі її стихії – землю,

воду, повітря». Другий фактор – єдність людства, коли створюються схожі форми наукової, технічної та побутової цивілізації, найвіддаленіші куточки Землі об'єднуються швидкісними засобами переміщення, ефективними лініями зв'язку і обміну інформацією. Третій фактор – більш масове представлення суспільного життя, коли «народні маси отримують зростаючу можливість свідомо впливати на хід державних і суспільних справ». І, накінець, – зростання науки, перетворення її на потужну геологічну силу, головну силу створення ноосфери.

Співставляючи ці фактори з тим, як розвивається біосфера у ХХІ столітті, можна зробити висновок, що передбачення В. І. Вернадського збуваються. Освоєння космосу і земних глибин, мобільний зв'язок та Інтернет, масовий рух людей за свої права, революційні досягнення в науці, особливо в нанотехнологіях, – все це рух біосфери до ноосфери, де природа і людина постають як єдине ціле і де на перший план виходить духовна культура людини, яка і визначить подальший напрям розвитку земної цивілізації.

Людина не тільки впливає на природу, а й учиться в неї. Вчитель може навести багато прикладів «співробітництва» людини й природи. Одним із них може бути приклад, пов'язаний з нанотехнологіями. Вчені звернули увагу на явище самоочищення листя і квітів деяких рослин, яке ґрунтується на особливій будові їх поверхні. На честь лотоса – рослини, на якій воно проявляється найбільш яскраво, явище дістало назву «ефект лотоса».

Ця рослина заслуговує на те, щоб розповісти про неї більш детально, тим паче, що така розповідь буде корисною для естетичного й екологічного виховання учнів.

Росте ця квітка в неглибоких, майже повністю замулених водоймах, при цьому зберігаючи винятково незайману чистоту й чарівність. Навіть якщо її повністю занурити в замулену воду, ця квітка вийде з неї без жодної брудної плями, начебто заново народилася. Квітка, яка виникла у болоті й залишилась чистою, незаплямованою, просто не могла не стати одним із найважливіших символів Сходу. В багатьох містах України відбулася художня виставка творів китайських художників. На багатьох полотнах цієї виставки наявна квітка лотоса, що має священне значення в деяких східних релігіях. На рис. 22 представлена одна з найкращих картин цієї виставки.



Рис. 22. Чень Сяопін. Просвітлення

Науковці довгий час не могли пояснити властивості цієї квітки, аж доки не з'явився такий прилад як електронний мікроскоп. За його допомогою вчені виявили, що листя й квітки лотоса виділяють воскоподібну речовину куприн, яка являє собою суміш найвищих жирних кислот і їхніх ефірів, що утворюють на поверхні особливу структуру у вигляді найдрібніших дуже випуклих бугорків-шишечок, а відстань між якими становить близько 2 мікрон. Вода, що потрапляє на листя й пелюстки лотоса під дією сил поверхневого натягу, збирається в кулеподібні крапельки. Такі крапельки не можуть утримуватися на цій поверхні й легко скочуються з неї, забираючи із собою й шматочки бруду. У результаті листя й пелюстки лотоса завжди залишаються ідеально чистими.

Для учнів буде цікавим порівняння лотоса з трояндою – квіткою, яка їм добре знайома. Хто з них не захоплювався красою троянди після дощу! На пелюстках троянди точно в такі ж смарагдові крапельки сферичної форми збирається вода, як на пелюстках лотоса. Але, що цікаво, ці крапельки не скочуються з пелюсток, а залишаються на місці, якщо квітку троянди навіть перевернути вниз бутоном. Науковці теж зацікавилися ефектом трояндових пелюсток і за допомогою електронного мікроскопу побачили, що структура поверхні пелюсток троянди така

сама, як і в лотоса. Навіть бугорки-шишечки такого ж розміру, а ось їхня форма й відстань між ними інші. Виявляється, що саме через це троянді властивий протилежний ефект: злегка конусоподібні шишечки пелюсток троянди, що перебувають на великих відстанях одна від одної, надійно утримують крапельки на пелюстках.

Завдяки сучасним нанотехнологіям науковці відтворили самоочисні поверхні, виготовивши відповідні матеріали й покриття. Вони також створили полімерний матеріал, який повторює й трояндовий ефект, але він поки що не має практичного значення як матеріал з «ефектом лотоса».

Таким чином, фізика через розкриття єдності й гармонії світу закладає естетичне начало, пов'язане з красою світу, формує почуття прекрасного.

3. Фізика та мистецтво. Це невід'ємні складові сучасної культури, і таким чином вони являють собою цілісне утворення. Тільки фізика діє як цивілізуюча сила, а мистецтво – як надихаюча (одухотворена) сила. Перед фізикою і мистецтвом стоїть одне і те ж завдання: пізнання природи і людини як частини природи. Тільки фізика це робить з допомогою логічного пізнання, а мистецтво – з допомогою відповідних художніх образів.

Про зв'язок науки і мистецтва дуже образно сказав свого часу Флобер: «Чим далі, тим мистецтво стає більш науковим, а наука більш художньою, розлучившись біля підніжжя, вони зустрінуться коли-небудь на вершині».

Л. Д. Ландау критично відносився до фізиків, які не сприймали поезії і мистецтва, називав їх поганими фізиками. «Ламаного гроша варта ваша фізика, якщо вона закриває для вас все інше: шерхіт лісу, фарби заходу Сонця, дзвін рифм. Це якась урізана фізика...».

Для того, щоб для учнів фізика також не здавалась «урізаною», краще щоб цей пункт плану вони підготували самостійно. Вчитель може дати на початку семестру групі учнів розробити навчальний проєкт «Фізика і мистецтво». Проєкт може складатися з тем: «Фізика і живопис», «Фізика і музика», «Фізика та архітектура» і т. ін., а також багато цікавих методичних розробок вчителі можуть знайти в мережі Інтернет, причому навіть з відео.

На закінчення, наведемо слова видатного педагога і гуманіста В. О. Сухомлинського, які найкращим чином підсумовують все вищенаведене: «Світ вступає в століття Людини. Більше, ніж будь-коли, ми зобов'язані думати про те, що ми вкладаємо в душу людини».

2.3. Формування імовірнісного мислення у здобувачів загальної середньої освіти

Під детермінізмом розуміють філософську теорію об'єктивного взаємозв'язку, визнання зумовленості (причинності) об'єктів і процесів об'єктивними зв'язками з іншими об'єктами і процесами. Детермінізм був завжди нерозривно пов'язаний із фізичною наукою, він формувався і розвивався разом із виникненням і розвитком фізичних теорій. Так, класичній фізиці відповідає класичний (лапласівський) детермінізм, згідно з яким початковий стан руху тіла визначає його стан у будь-який наступний момент часу. Класичний детермінізм ґрунтується на однозначних причинно-наслідкових зв'язках і визнає тільки необхідність. Навіть у молекулярній фізиці, яка є статистичною теорією, статистичні закони розглядаються як вторинні, похідні від динамічних, з яких вони виводяться, коли замість окремого об'єкта береться їх велика сукупність. На основі припущення про те, що окрема молекула підлягає динамічному закону, виводяться статистичні закони поведінки великої кількості молекул. Так, наприклад, у школі виводиться основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії, коли до руху окремих молекул газу застосовуються закони Ньютона.

І лише квантовій теорії відповідають ідеї й уявлення сучасного детермінізму, який довів обмеженість лапласівського детермінізму і ввів поняття «імовірнісної причинності». Квантова механіка показала, що основними закономірностями у природі є закономірності не динамічного, а статистичного типу, що імовірнісна форма причинності є основною формою, а класичний детермінізм – це лише її граничний випадок. У квантовій теорії немає динамічних закономірностей для окремої частинки. Причинні зв'язки, які описують поведінку частинки, мають імовірнісний характер.

Сучасний детермінізм, стверджуючи імовірнісну причинність, не відкидає необхідність, а розглядає її в діалектичній єдності з випадковістю.

Зрозуміло, що глибоко розкрити зміст сучасного детермінізму під час вивчення квантової фізики в школі неможливо, оскільки основні поняття квантової механіки до шкільної програми не входять. Та все ж таки дати уявлення про імовірнісний характер процесів, що відбуваються у мікросвіті, не лише можливо, а й необхідно.

Тим більше, що роль імовірнісних ідей і методів у науці та практичній діяльності людини настільки зросла, що **імовірнісний стиль мислення вважається одним із суттєвих компонентів сучасного світо-розуміння. Все це робить актуальним формування в учнів імовірнісного мислення.** На цю особливість вивчення квантової фізики ще недостатньо звертається увага в підручниках і методичних посібниках.

Вивчення класичної механіки і електродинаміки в школі сприяє стихійному формуванню у школярів уявлення про причинність як про класичний механічний детермінізм. «Виходить, що ми готуємо молодь до деякого неіснуючого світу, де все однозначно визначено, де точно виконуються прогнози, де все котиться по заздалегідь укладеним коліям. Тому не дивно, що нещодавні випускники школи часто почувають себе дуже незатишно, стикаючись із протиріччями і труднощами реального світу, який характеризується не однозначними механічними залежностями, а більш складними зв'язками – імовірнісними, багатоваріантними».

Для класичного детермінізму характерним є категоричне мислення: або «так», або «ні», або «правильно», або «неправильно». Імовірнісне ж мислення є мисленням діалектичним. Для нього характерним є твердження: і так, і ні (за одних умов «так», за інших «ні»), певною мірою правильно, певною мірою неправильно. Імовірнісне мислення орієнтується на багатоваріантність, націлене на оптимальний пошук шляхів розв'язання проблем.

З імовірнісною поведінкою частинок у мікросвіті вперше можна ознайомити учнів під час вивчення світлових квантів. Із цієї метою розглядаємо дифракційну картину монохроматичного світла.

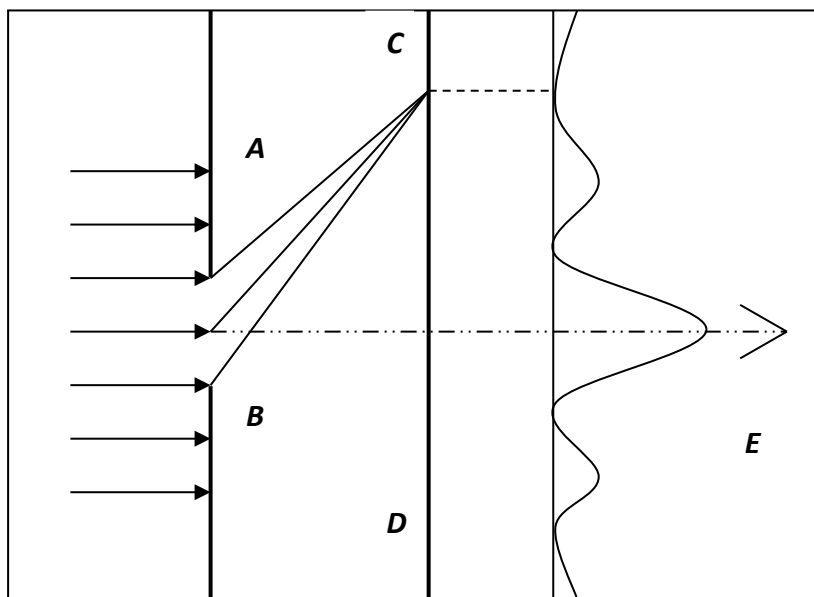


Рис. 23. Дифракція на одній щілині

Нехай паралельний пучок монохроматичних світлових променів проходить крізь щілину AB (рис. 23). Як відомо, на екрані CD , розміщеному за щілиною, виникає дифракційна картина. Нагадаємо учням, що з погляду хвильової теорії максимуми і мінімуми освітленості дифракційної картини визначаються різними значеннями квадрата амплітуди світлової хвилі в цих точках простору: $E \sim A^2$. Потім повідомляємо, що з погляду квантової теорії дифракційна картина означає, що під час проходження світла крізь щілину відбувається статистичний перерозподіл фотонів у просторі. Освітленість E екрана залежить від кількості фотонів n , які потрапляють у ту чи іншу його точку: $E \sim n$. Співставивши обидва вирази для освітленості, маємо, що $A^2 \sim n$. Тобто квадрат амплітуди світлової хвилі в точці простору пропорційний числу фотонів, що потрапляють у цю точку. Отже, квадрат амплітуди світлової хвилі в даній точці визначає імовірність потрапляння фотонів у цю точку простору.

Повертаємося знову до нашого дослід. Будемо зменшувати інтенсивність світлового пучка доти, доки він не буде складатися з окремих фотонів. Простежимо за рухом окремого фотону. Виявляється, що незважаючи на те, що умови дослід для кожного фотону однакові, кожен фотон «поводиться по-своєму». Він із певною імовірністю може потрапити в ту чи іншу точку екрану. Але якщо спостерігати тривалий час, то результат виявляється такий же, як і у випадку, коли на щілину падає світловий потік, що складається з великої кількості фотонів. Таким чином, дослід вказує на те, що хвильові властивості притаманні не тільки сукупності великого числа фотонів, які одночасно рухаються, а й кожному окремому фотону.

Робимо висновок: поведінка фотона має принципово імовірнісний характер. **Неможливо точно визначити, в яку саме точку екрана потрапить фотон після проходження щілини. Можна говорити лише про ймовірність потрапляння кожного фотона в ту чи іншу точку екрана.** Пояснюємо учням, що це – результат хвильових властивостей кожного окремого фотона.

Розглянутий дослід важливий і тим, що вказує на зв'язок між квантовими і хвильовими властивостями світла, поглиблює уявлення учнів про корпускулярно-хвильовий дуалізм. Крім того, він указує, що поведінці окремого мікрооб'єкту властива як випадковість, так і необхідність. Поведінка частинки виступає як випадковість, а ймовірність цієї поведінки – як необхідність. Потрапляння фотона, який пройшов щілину, в ту чи іншу точку екрана є випадковим, а виникнення на екрані результуючої дифракційної картини – необхідним.

Розглянемо ще одне оптичне явище, яке також вже вивчалось в рамках класичної хвильової теорії світла – явище поляризації. Пропустимо пучок світла через поляризатор, наприклад, кристал турмаліну. З кристала вийде лінійно поляризований світловий пучок, площина поляризації якого збігається з напрямком осі поляроїда. Позначимо інтенсивність цього світлового пучка через I . Помістимо на шляху поляризованого пучка світла другий поляризатор і розглянемо три випадки:

- а) вісь другого поляризатора паралельна осі першого;
- б) вісь другого поляризатора перпендикулярна осі першого;
- в) вісь другого поляризатора складає кут α з віссю першого.

Якою буде інтенсивність світла після другого поляризатора?

- а) інтенсивність світла не зміниться;
- б) світловий потік буде відсутній;
- в) одержимо світловий потік інтенсивності $I_1 = I \cos^2 \alpha$, поляризований вздовж осі другого поляризатора.

Тепер, як і в попередньому досліді, будемо зменшувати інтенсивність світлового пучка доти, поки через поляризатори не підуть поодинокі фотони. Перш ніж розглянути з учнями ці випадки, повідомляємо їм, що кожний фотон характеризується певною поляризацією, причому ця поляризація відповідає поляризації тієї світлової хвилі, до якої належить даний фотон. Це означає, що після першого поляризатора фотони будуть поляризованими у напрямку осі поляризатора. У випадку:

- а) фотон завжди пройде через другий поляризатор;
- б) навпаки, ніколи не пройде.

Стаavimo запитання класу: А що буде у випадку в)?

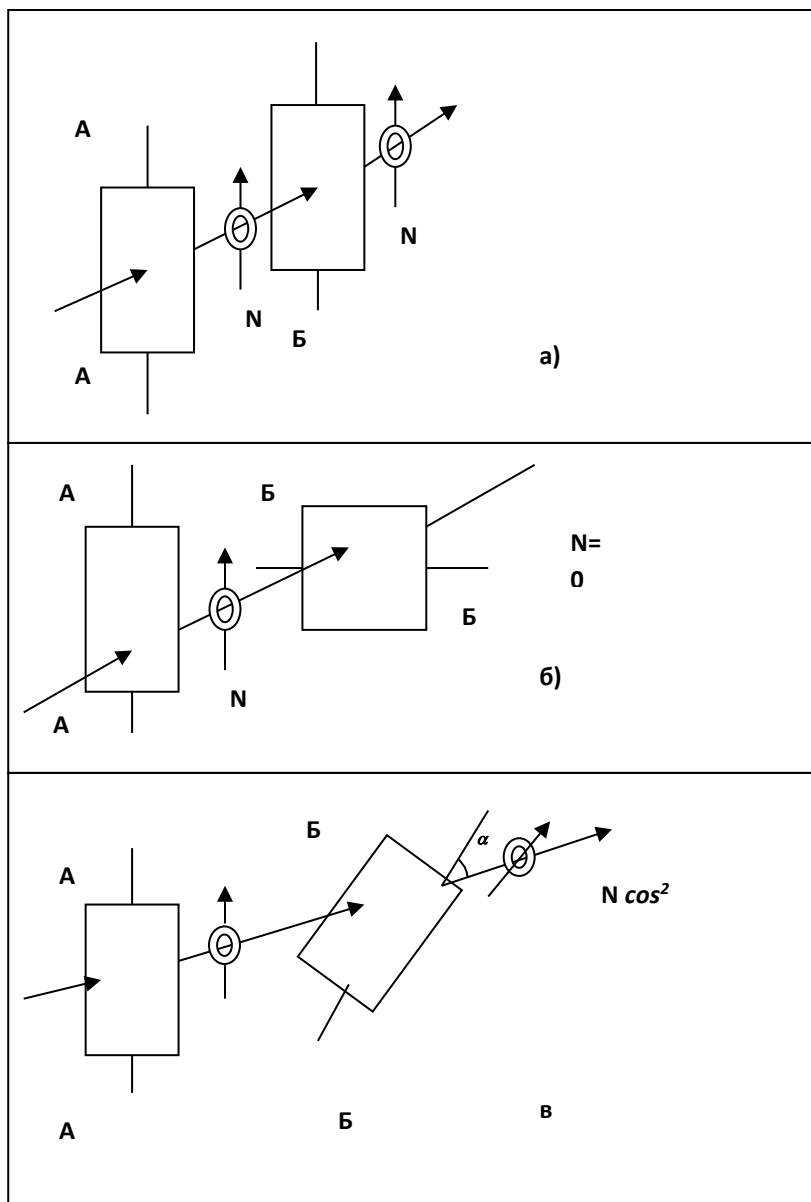


Рис. 24. Проходження фотонів через поляризатори

Після обговорення з учнями можливих відповідей повідомляємо їм, що у цьому випадку фотон може не пройти другий поляризатор, а може й пройти.

Для окремого фотону це передбачити неможливо. Якщо він пройде другий поляризатор, то його поляризація буде змінена – він буде поляризований у напрямку осі другого поляризатора. Але якщо кількість фотонів буде досить велика, то число фотонів, які пройдуть другий поляризатор, можна передбачити – воно буде дорівнювати $N \cos^2 \alpha$, де N – число фотонів, які пройшли перший поляризатор. Тобто існує деяка ймовірність пройти окремому фотону через другий поляризатор. Ця ймовірність дорівнює $\cos^2 \alpha$.

Таким чином, квантові і хвильові властивості світла не виключають, а навпаки, доповнюють одна одну. Квантові властивості обумовлені тим, що маса, енергія та імпульс випромінювання зосереджені в частинках – фотонах, а ймовірність знаходження фотона у різних точках простору визначається хвильовими властивостями світла – амплітудою світлової хвилі.

Наступною темою, під час вивчення якої є можливість продовжити формування ймовірнісних уявлень учнів, є тема «Атом і атомне ядро».

Учням треба показати, що поведінка не тільки фотона, а й окремого електрона є випадковою. Для підтвердження цього повернемося до досліду, розглянутого вище (див. рис. 23). Розповідаємо учням, що тепер учені пропускали крізь щілину не потік фотонів, а потік електронів. Дослід показав, що на люмінесцентному екрані виникала така сама дифракційна картина, як і у випадку фотонів. Аналізуючи цей дослід, підводимо учнів до висновку, що рухомому електрону, як і фотону, притаманні хвильові властивості. А хвиля, як відомо, завжди розмита в просторі. Ось чому електрон в атомі «розмазаний» в усьому об'ємі простору навколо атомного ядра подібно до хмари.

Електронна хмара атома Гідрогену в основному стані є сферично-симетричною (рис. 25). Зазначимо, що ми не можемо точно передбачити, де саме буде знаходитися електрон в атомі у той чи інший момент часу. Але ми можемо говорити про ймовірність виявлення електрона в різних точках атома. Електронна хмара саме і є розподілом ймовірності для електрона. Найбільша ймовірність (хмара найгустіша) спостерігається на відстані $0,5 \cdot 10^{-10}$ м від ядра. Саме це значення модель Бора передбачає для радіуса першої орбіти. Але, на відміну від борівської, квантовомеханічна модель стверджує, що електрон у будь-який момент часу може бути як близько до ядра, так і далі від нього. Таким чином, орбіту електрона необхідно розуміти як геометричне місце точок, у яких із найбільшою ймовірністю може перебувати електрон.

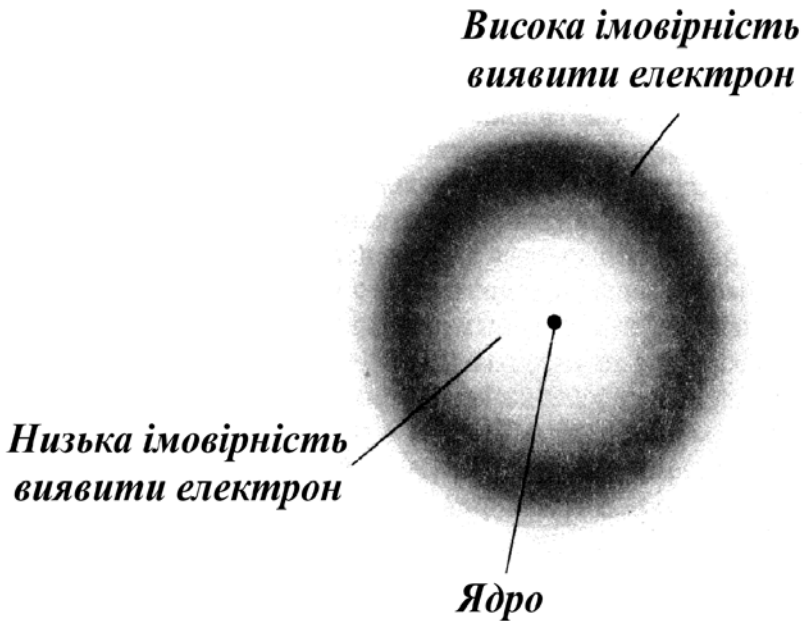


Рис. 25. Електронна хмара атома Гідрогену

Під час вивчення фізики атома і атомного ядра звертаємо увагу учнів на існування стаціонарних станів атома і ядра: основного і збудженого. В основному стані атом або ядро може перебувати як завгодно довго. А ось «час життя» збудженого атома або ядра має кінцеву величину, причому різним збудженим станам відповідає різний час життя. Момент переходу атома або ядра зі збудженого стану є об'єктивно випадковим, тобто природа квантових переходів є імовірнісною. Якщо розглядати велику сукупність атомів або ядер, то збудження і випромінювання носить статистичний характер. Існує середній час життя збудженого стану. Атоми можуть знаходитися у збудженому стані 10^{-8} с, а збуджені ядра значно коротший час – 10^{-15} с. Зрозуміло, що окремі атоми або атомні ядра можуть прожити у збудженому стані час значно більший або менший від середнього час життя. Цим ми формуємо не тільки уявлення учнів про імовірнісну поведінку мікрооб'єктів, а й підводимо їх до розуміння того факту, що випромінювання атомів і ядер є не строго монохроматичним, а має деяку спектральну ширину.

Далі поглибити уявлення учнів про імовірнісні процеси необхідно при вивченні закону радіоактивного розпаду. При цьому є можливість використати міжпредметні зв'язки з курсом математики, сучасна програма якої дає учням деякі початкові знання з теорії імовірності.

Розглянемо процес розпаду ядра та його деякі кількісні характеристики. Позначимо число ядер, які не розпалися в момент часу t , через N . Тоді число ядер dN , які розпалися через час dt буде, як показує дослід, пропорційним як N , так і dt , тобто

$$dN \sim Ndt \quad \text{або} \quad dN = -\lambda Ndt,$$

де коефіцієнт пропорційності λ називається постійною розпаду.

Знак «мінус» означає, що кількість радіоактивних ядер N з часом зме-

$$\lambda = -\frac{dN}{Ndt}$$

ншується. З цієї формули випливає, що λ , тобто постійна розпаду є кількісною мірою швидкості розпаду. Потім звертаємо увагу

учнів, що вираз $\frac{dN}{N}$ є не що інше, як імовірність розпаду ядра за час

$$dt. \quad dp = \frac{dN}{N}$$

. Тоді імовірність розпаду протягом однієї секунди у відповідності з теоремою додавання імовірностей буде дорівнювати

$$p = \frac{dN}{Ndt}$$

. Таким чином приходимо до висновку, що постійна розпаду $\lambda = p$, тобто вона визначає імовірність розпаду будь-якого із радіоактивних ядер протягом 1 с. Сам же радіоактивний розпад являє собою сукупність випадкових рівноімовірнісних подій – розпадів окремих ядер.

Розпад окремого ядра виступає як випадковість, а ймовірність розпаду ядра протягом 1 с (постійна розпаду), як необхідність. Тут важливо наголосити, що передбачити, коли точно відбудеться розпад окремого

ядра, не можемо, але ми можемо, наприклад, передбачити, знаючи постійну розпаду, скільки ядер розпадеться через деякий проміжок часу.

Далі, при вивченні елементарних частинок, учні знайомляться із фундаментальними взаємодіями в природі. Це дає можливість розкрити причину багатьох фізичних явищ, які вивчаються квантовою фізикою.

Розкрити причинний зв'язок означає в кожному конкретному випадку розкрити матеріальний характер взаємодій, якими обумовлені всі фізичні процеси. Так, наприклад, причиною злиття ядер дейтерію і тритію при термоядерній реакції є сильна взаємодія, яка виникає, коли ядра, маючи велику кінетичну енергію, долають електростатичну силу відштовхування і зближуються на відстань дії ядерних сил. Причиною анігіляції електронно-позитронної пари є електромагнітна взаємодія, а

причиною β^- -розпаду – слабка взаємодія.

Питання щодо прояву причинності в квантовій теорії зводиться до питання відносно прояву необхідності в цій теорії. Проявом необхідності в мікросвітах є закони збереження. Вони входять до внутрішнього механізму причинних зв'язків і складають їх фундамент. Саме закони збереження заряду і числа нуклонів дозволяють передбачити появу невідомої частинки чи ядра при ядерних реакціях. Завдання такого типу знайшли широке застосування у шкільному курсі фізики. На цих законах побудовані і так звані правила зміщення, за допомогою яких можна передбачити результати альфа- і бета-розпадів радіоактивних речовин. Наведемо приклади таких завдань. «При радіоактивному перетворенні урану-238 здійснилось 8 альфа-розпадів і 6 бета-розпадів. Визначити, яке в результаті утворилося ядро». «Впишіть в схему реакції ті частинки

чи ядра, яких не вистачає
$${}_{92}^{239}\text{U} \rightarrow {}_{93}^{239}\text{Np} + \dots ?$$
»

Особлива евристична роль у квантовій фізиці належить законам збереження енергії й імпульсу. Ці закони дозволяють дати відповіді на значну частину запитань причинного характеру, як наприклад «Чому при взаємодії ядра з однією і тією ж частинкою можуть відбуватись різні перетворення?», «Чому у вакуумі фотон із як-завгодно великою енергією не може перетворитися в електронно-позитронну пару, а в полі важкого ядра може?», «Чому ядро при альфа-розпаді випромінює саме комбінацію чотирьох нуклонів, якою є альфа-частинка, а не просто чотири нуклони?» та інше.

На основі цих законів розв'язуються задачі на енергетичний вихід ядерних реакцій, а також на передбачення можливості протікання тих чи інших ядерних реакцій і перетворень елементарних частинок. Наведемо декілька прикладів таких задач.

Задача 1. Чи може відбутись реакція ${}^{13}_6\text{C}(p,n){}^{14}_7\text{N}$ при бомбар-

дуванні ядра ${}^{13}_6\text{C}$ протонами з енергією 2,0 MeV?

(Відповідь: не може. Енергія ядерної реакції $Q = -2,8$ MeV. Протон з енергією 2,0 MeV не може викликати реакцію).

Задача 2. Чи можливий спонтанний розпад α -частинки на два дейтрона? Маса атома ${}^4_2\text{He}$ дорівнює 4,00260 а.о.м., маса атома ${}^2_1\text{H}$ - 2,01410 а.о.м.

(Відповідь: розпад неможливий. Сумарна маса спокою двох дейтронів більша маси спокою α -частинки. Для того, щоб цей процес відбувся, необхідно надати α -частинці енергію збудження 23,5 MeV).

Задача 3. Чи може ядро ізоотопу Берилію ${}^8_4\text{Be}$ розпастись на дві α -частинки : ${}^8_4\text{Be} \rightarrow 2 {}^4_2\text{He}$? Маса атома ${}^8_4\text{Be}$ дорівнює

8,00531 а.о.м., маса атома ${}^4_2\text{He}$ дорівнює 4,00260 а.о.м.

(Відповідь: може, $Q = 0,1$ MeV).

Вчителю необхідно розкрити саму модель мікромеханізму взаємодії між мікрооб'єктами в квантовій фізиці. Елементарний акт цієї взаємодії полягає в обміні між собою носіями взаємодії (випромінювання чи поглинання однією частинкою другої), в результаті чого змінюється енергія та імпульс мікрооб'єкта. Під час ознайомлення учнів з різними проявами імовірнісної причинності у мікросвіті природно можуть виникнути запитання: «В чому причина наявності елементів випадковості в поведінці мікрочастинки?», «Чому усім без винятку мікрочастинкам властивий корпускулярно-хвильовий дуалізм?» І відповідь на ці запитання може бути такою: **випадковість у поведінці мікрочастинки пояснюється тим, що вона взаємодіє з усім оточуючим її світом, і її вже не можна розглядати ізольовано.** Мікрочастинка знаходиться під дією багатьох випадкових сил, які викликають квантові флуктуації в її поведінці. До таких сил відноситься і взаємодія частинки з вакуумом, який не є пустотою, а «заповнений» віртуальними частинками. Саме через віртуальні частинки мікрочастинка і взаємодіє з оточуючим світом. Ось чому мікрочастинка проявляє ті чи інші свої властивості в залежності від зовнішніх умов. Тому в квантовій теорії повною мірою і проявляються ідеї сучасного детермінізму про єдність світу та загальний взаємозв'язок явищ.

2.4. Вплив сучасних досягнень природничих наук, відзначених Нобелівською премією, на розвиток науки та технологій

Реформування фізичної освіти в Україні вимагає перегляду змісту і структури навчального матеріалу. Це знаходить своє відображення в нових підручниках з фізики, що відрізняються логічною послідовністю викладу, різним ступенем взаємозв'язку основних понять і положень. Нові вимоги до рівня наукової грамотності та освіченості вимагають осучаснення змісту курсу фізики, зокрема, наближення до загальновизнаної наукової картини світу, поєднання класичної і сучасної фізики, посилення принципу генералізації, реалізації прикладного аспекту фізичних знань у контексті розвитку наукоємних технологій, а саме: наноінженерних, молекулярно-біологічних, технологій нейрочипів, штучного інтелекту і т. ін., а також ознайомлення з останніми досягненнями сучасної фізики, відзначеними Нобелівською премією, яких ще немає у підручниках.

Це дасть змогу підвищити рівень змісту фізичної та природничої освіти, формувати науково-теоретичні способи мислення, предметні та ключові компетентності в контексті STEM-освіти.

Розглянемо декілька важливих і цікавих фізичних проблем XX століття.

Світлодіоди

Світлодіод – це напівпровідниковий прилад з електрично-дірковим переходом, який створює оптичне випромінювання при проходженні струму через нього у прямому напрямі. Англійською мовою світлодіод називається light emitting diode або LED.

У шкільному курсі фізики напівпровідниковий діод вивчається в темі «Електричний струм у напівпровідниках». При цьому основна увага звертається на односторонню провідність *p-n* переходу і використання діода для випрямлення змінного струму. Про таку важливу властивість *p-n* переходу як випромінювання світла при проходженні через нього струму в шкільних підручниках поки що навіть не згадується.

Дійсно був час, коли світлодіодами цікавились тільки вчені. Зараз дуже швидко масово зростає інтерес до світлодіодів. Це пояснюється їх унікальними можливостями. Вчені стверджують, що за світлодіодами майбутнє. Про велике значення світлодіодів свідчить і той факт, що Нобелівський комітет присудив Нобелівську премію з фізики за 2014 рік вченим саме за створення світлодіодів. Зрозуміло, що настав час познайомити і учнів з фізичними основами світлодіодів і їх перевагами у порівнянні з іншими електричними джерелами світла.

Спочатку вивчаємо з учнями принцип роботи світлодіода. Якщо через p - n перехід пропускати електричний струм у прямому напрямі, то відбувається рекомбінація електронів і дірок. У момент зустрічі електрона і дірки виділяється енергія у вигляді випромінювання кванта світла – фотона. Випромінювання виникає у зв'язку з переходом електронів із одного енергетичного рівня на інший. Явище випромінювання світла речовиною під дією електричного струму у фізиці називається **електролюмінесценцією**. Але не будь-який p - n перехід випромінює світло. Для цього ширина забороненої зони в активній частині світлодіода повинна бути близькою до енергії квантів видимого світла. Наприклад, діоди, що виготовлені із кремнію або германію, світло не випромінюють. Якщо рекомбінація електронів і дірок відбувається без випромінювання, то енергія витрачається на нагрівання речовини.



Рис. 26. Кольорові світлодіоди

Світлодіоди випромінюють світло певної довжини хвилі, тобто випромінюють конкретний колір (рис. 26). Колір світлодіода залежить виключно від ширини забороненої зони, в якій відбувається рекомбінація електронів і дірок, тобто від матеріалу напівпровідника. Чим більше ширина забороненої зони, тим «синіший» світлодіод. Комбінуючи складові напівпровідників, можна створювати світлодіоди для будь-яких довжин хвиль від ультрафіолетового (CaN) до інфрачервоного діапазону (PbS).

Від величини струму, що проходить через p - n перехід, залежить яскравість світлодіода. Чим більший струм, тим яскравіше світить світлодіод, тим більше електронів і дірок потрапляє в зону рекомбінації в одиницю часу. Але струм не може бути більшим від гранично допустимого значення, бо діод може перегрітися і вийти з ладу. На рис. 27 наведена вольт-амперна характеристика світлодіода. Для кожного світлодіода існує допустиме значення напруги U_{max} , вище якого настає електричний пробій. Існує і мінімальне значення напруги U_{min} , за якого настає свічення світлодіода. Діапазон напруг між U_{min} і U_{max} називається «робочою» зоною світлодіода.

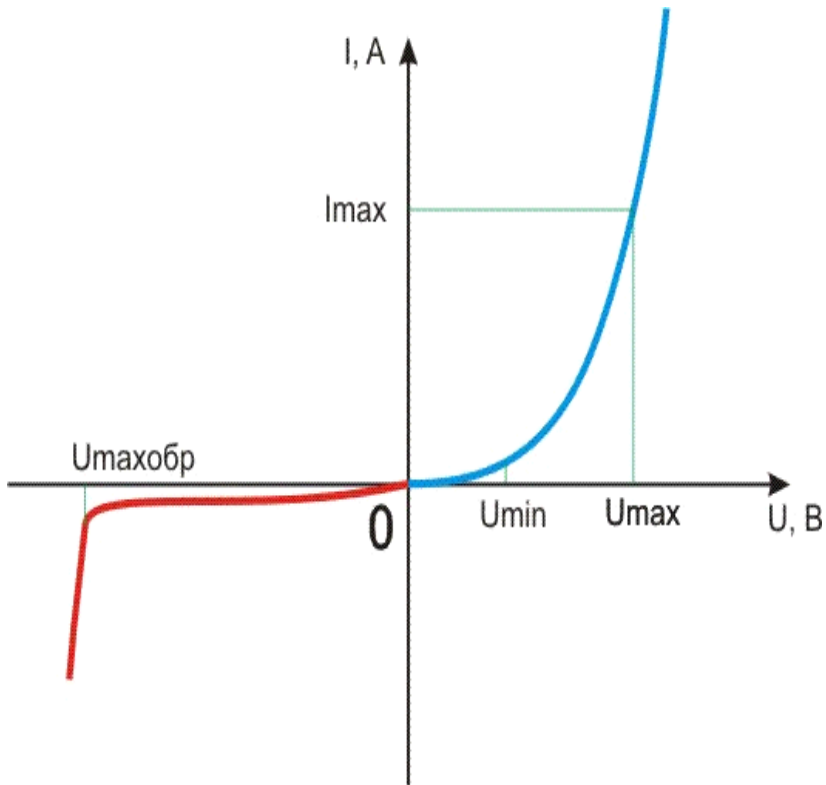


Рис. 27. Вольт-амперна характеристика світлодіода

На відміну від ламп розжарення або люмінесцентних ламп, у світлодіодах електричний струм перетворюється безпосередньо в світлове випромінювання.

Світлодіод складається із напівпровідникового кристала на підложці, корпуса з контактними виводами і оптичної системи. Конструкцію сучасного потужного світлодіода схематично зображено на рис. 28.

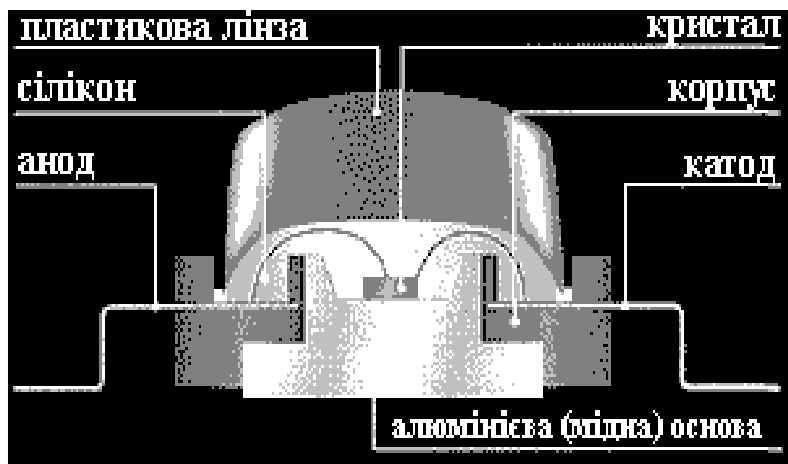


Рис. 28 Конструкція сучасного потужного світлодіода

На рис. 29 показано, як світлодіод позначається на електричних схемах:

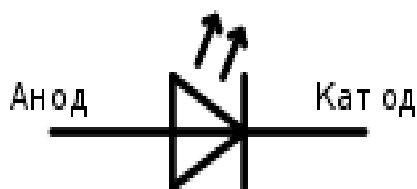


Рис. 29. Позначення світлодіода на електричних схемах

Для того, щоб імовірність випромінювання від електронно-діркових пар була високою, напівпровідниковий кристал повинен містити мало дефектів, за яких рекомбінація відбувається без випромінювання. Щоб задовільнити цю умову, одного $p-n$ переходу в кристалі замало. У зв'язку із цим необхідно виготовляти багатопарові напівпровідникові

структури, які називаються **гетероструктурами**. Крім цього, створюються інтегральні схеми, які містять велику кількість p - n переходів на одному кристалі, число яких може сягати десятка мільйонів.

У класах із поглибленим вивченням фізики учнів знайомимо більш детально з гетероструктурами.

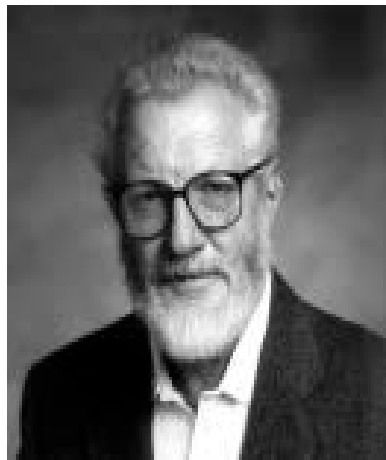
Контакт між двома різними за хімічним складом напівпровідниками називається **гетеропереходом**. Напівпровідникові гетеропереходи бувають анізотипні (p - n гетероперехід) та ізотипні (p - p і n - n переходи). Комбінація різних анізотипних та ізотипних переходів й утворює гетероструктуру.

Відміна гетеропереходів від звичайного p - n переходу, який вивчається у школі, полягає в тому, що у звичайних p - n переходах використовується один і той же вид напівпровідника, а в гетеропереходах використовуються різні матеріали. Можливість змінювати на границях гетеропереходів ширину забороненої зони і діелектричну проникність дозволяє в гетероструктурах ефективно керувати рухом носіїв заряду, їх рекомбінацією, а також світловими потоками всередині гетероструктури.

За розробку напівпровідникових гетероструктур вчені Жорес Іванович Алфьоров (рис. 30) і Герберт Кремер (рис. 31) отримали Нобелівську премію з фізики у 2000-му році.



Ж. Алфьоров
Рис. 30



Г. Кремер
Рис. 31

В одному зі своїх інтерв'ю Ж. Алфьоров пояснив, що суть їх відкриття з одного боку складна. Але з іншого, її можна пояснити простими словами. Він навів висловлювання нобелівського лауреата 1973 року Ліо Ісакі, який говорив про те, що в природі є кристали, які створені Богом і кристали, створені людиною. Кристали, «створені Богом» – це кремній, германій, кварц та інші, володіють звичними властивостями кристалів. А гетероструктура – це кристали, створені людиною, яка змінила хімічний склад кристала на відстані декількох постійних кристалічних ґраток, тобто в манометровому діапазоні, і створила складні структури, яких немає у природі і в яких з'явився набір абсолютно нових властивостей, що не можуть існувати в принципі у природних кристалах.

Використовуючи ці гетероструктури, вчені отримали можливість керувати рухом електронів, фотонів всередині кристалів. На основі цих гетероструктур були створені лазери, що працюють за кімнатної температури, став можливий волоконно-оптичний зв'язок. Відкриття цих вчених назавжди увійшли до нашого життя – з'явилися лазери, що знімають інформацію в компакт-дисках, транзистори з гетеропереходами, що в рази підвищили ефективність мобільних телефонів. Створено сонячні батареї на кремнії в кристалах на основі гетероструктур із ККД більше 40% (на відміну від звичайних з ККД 15-20 %).

Сьогодні в масове освітлення запроваджуються джерела світла на світлодіодах із гетероструктурами. З'явилась навіть нова область фізики – фізика гетероструктур.

Тепер переходимо до вивчення найбільш цікавого і доступного матеріалу, завдяки якому учні дізнаються історію створення світлодіодів, їх переваги і застосування, а також, що таке OLED і чим він відрізняється від LED.

Перше повідомлення про випромінювання світла діодом було зроблено у 1907 році британським експериментатором Генрі Раундом. Він пропускав струм через пару метал-карбід кремнію (карбокорунд SiC) і виявив свічення на катоді. Незалежно від Раунда ці експерименти були повторені у 1923 році радянським вченим О. В. Лосєвим (рис. 32), який у точці контакту пари карбокорунд – сталевий дріт виявив слабе свічення. Лосєв ще тоді вказав на практичне значення свого відкриття, яке дозволяло створювати малогабаритні безвакуумні джерела світла з низькою напругою і великою швидкістю. Він навіть одержав два авторські свідоцтва за своє відкриття. Але в той же час значення цього відкриття не було зрозумілим, і тому воно не досліджувалось протягом багатьох десятиліть.

Перший у світі світлодіод, що знайшов практичне застосування і працював у червоному діапазоні, розробив американський вчений Нік

Холоньяк у 1962 році (рис. 33). Його і вважають «батьком» сучасних світлодіодів.

Потім були винайдені світлодіоди жовтого і зеленого кольору. Але відсутність світлодіодів синього кольору не давала можливості отримати світлодіод білого кольору.



О. В. Лосєв

Рис. 32



Нік Холоньяк

Рис. 33

У 1971 році отримали перший синій світлодіод. Це зробив професор Жак Панков із відомої фірми ІВМ. Але ці світлодіоди залишались надзвичайно дорогими і мали малу яскравість. Тому їх масове використання як джерело світла було незначне.

На початку 1990-х років Усама Анасакі, який працював разом з Хіросі Амано в університеті Нагоя, а також Судзі Накамура, який працював у одній із японських корпорацій, змогли створити дешевий синій світлодіод (рис. 33).



Рис. 33. Сині світлодіоди

За відкриття дешевого синього світлодіода усім трьом японським вченим була присуджена Нобелівська премія з фізики за 2014 рік (рис. 34).



Усама Анасакі

Хіросі Амано

Судзі Накамура

Рис. 34. Японські лауреати нобелівської премії за 2014 р.

Відкриття синього світлодіода дало можливість розв'язати головну проблему – створення світлодіода білого кольору.

Існує декілька способів створення білих світлодіодів, кожен із яких має свої переваги і недоліки. Один із них – змішування випромінювання трьох і більше кольорів. На одній матриці щільно розміщують червоні, зелені і сині світлодіоди, випромінювання яких змішується за допомогою оптичної системи, наприклад, лінзи. Для практичного застосування цей спосіб незручний, оскільки необхідно мати декілька джерел різної напруги.

Більш простим і найбільш економічним способом є отримання білого світла з допомогою кристала синього світлодіода і нанесеного на нього шару жовтого люмінофора (рис. 35).

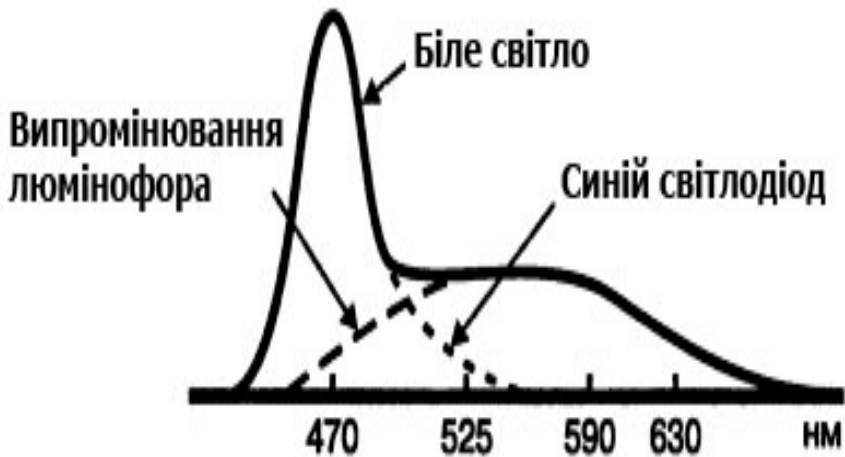


Рис. 35. Отримання білого світла з допомогою кристала синього світлодіода і нанесеного на нього шару жовтого люмінофора

Якщо порівнювати світлодіоди з іншими джерелами світла, то вони мають такі переваги:

- споживають мало електроенергії (економічність);
- мають високу механічну міцність і надійність;
- тривалий строк служби – від 30 000 до 100 000 годин (при роботі по 8 годин в день – це 34 роки). Це в 100 разів більше, ніж у ламп розжарення;
- різний кут випромінювання;
- безпечність – не вимагають високих напруг, мають низьку температуру світлодіода;
- екологічність – відсутність ртуті.

Світлодіоди використовуються як джерела світла у промисловості та побуті, як індикатори і підсвітки, як джерела модульного оптичного випромінювання (передача сигналу по оптичному волокну, пульти ДУ, світлотелефони, інтернет). На рис. 36 схематично показані найбільш важливі застосування світлодіодів.

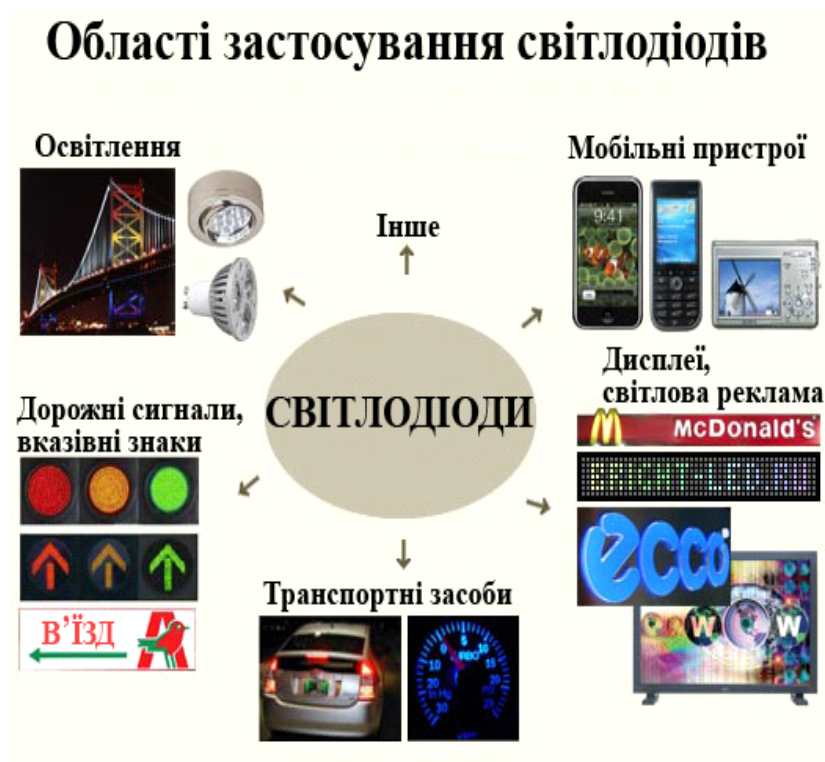


Рис. 36. Застосування світлодіодів

Звичайні світлодіоди (LED) виготовляють із різних неорганічних напівпровідникових матеріалів. Існують також світлодіоди, що виготовлені із органічних сполук. Це багатошарові тонкоплівкові структури, що складаються із шарів декількох полімерів, які ефективно випромінюють світло при проходженні через них електричного струму. Конструкцію органічного світлодіода представлено на рис. 37.

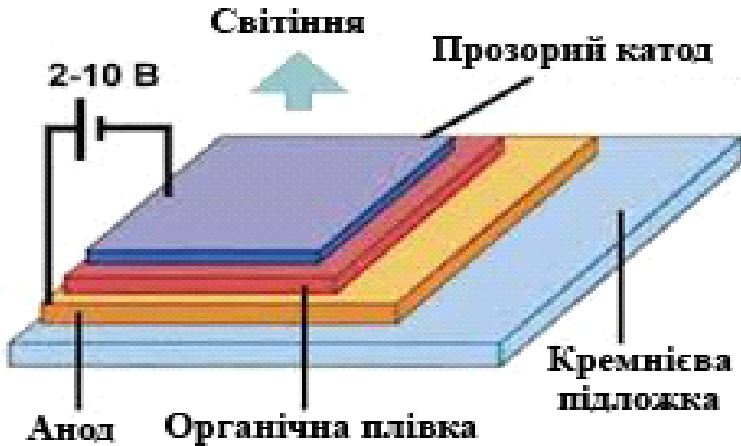


Рис. 37. Конструкція органічного світлодіода

Органічні світлодіоди (OLED) знаходять застосування у створенні пристроїв для відображення інформації (дисплеїв). Передбачається, що вони замінять рідинно-кристалічні дисплеї. На рис. 38 показано OLED-телевізор. Крім того, OLED широко застосовуються у мобільних телефонах, для створення приладів нічного бачення.



Рис. 38. OLED-телевізор

Відмінність між LED і OLED полягає в тому, що світлодіоди представляють собою точкові світлові прилади на кшталт лампочок, а органічні світлодіоди – це плоскі панелі, що світяться (рис. 39) і дають м'яке розсіяне світло. Органічні світлодіоди дозволяють створювати гнучкі екрани (рис. 40).



Рис. 39. Органічний світлодіод

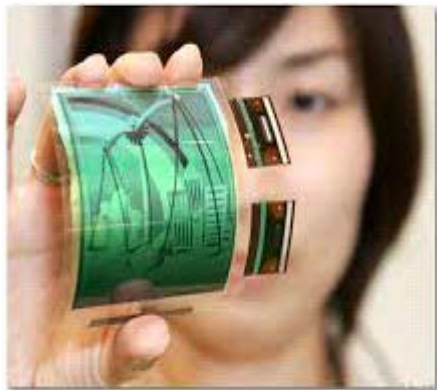


Рис. 40. Гнучкий екран

Ще порівняно недавно світлодіоди були лише пристроями індикації, а сьогодні – це вже високоефективні джерела світла, які у найближчі 10-15 років повністю замінять лампи розжарення. Це має забезпечити велику економію електроенергії. Зараз на освітлення припадає біля чверті всього енергоспоживання на планеті. Спеціалісти підраховали, що якщо всі звичайні джерела світла замінити на світлодіоди, то економія електроенергії складе енергію, яку здатні виробляти 100 атомних електростанцій.

Флуоресцентні мікроскопи – мікроскопи нового покоління

Розповідь про сучасну мікроскопію була б не повною, якщо не розглянути останні досягнення вчених у цій області. Такими досягненнями є, безперечно, створення флуоресцентної мікроскопії надвисокої роздільної здатності. Творці цієї мікроскопії американські вчені Ерік Бетциг і Уільям Морнер, а також німецький вчений Штефан Хелль (рис. 41) одержали Нобелівську премію з хімії за 2014 рік.



Ерік Бетциг



Уільям Морнер



Штефан Хелль

Рис. 41. Лауреати Нобелівської премії з хімії за 2014 рік

Флуоресцентні мікроскопи – це наступне покоління мікроскопів після оптичних та електронних. У них застосовується метод одержання збільшеного зображення з використанням люмінесценції збуджених атомів і молекул зразка. Саме при вивченні явища люмінесценції у школі і є можливість познайомити учнів з фізичними основами дії флуоресцентних мікроскопів.

Найбільш точне визначення люмінесценції дав С. І. Вавилов, який зробив великий внесок у розвиток вчення про люмінесценцію. Люмінесценція – випромінювання, яке являє собою надлишок над тепловим випромінюванням тіла при даній температурі і тривалістю, що перевищує період світлових хвиль. За тривалістю світіння розрізняють **флуоресценцію** (час світіння приблизно 10^{-4} с) і фосфоресценцію (час світіння від 10^{-4} с до кількох хвилин).

Розглянемо спочатку, якими перевагами володіють флуоресцентні мікроскопи відносно електронних мікроскопів. Якщо електронні мікроскопи дозволяють одержувати зображення тільки поверхні зразка, то з допомогою флуоресцентних мікроскопів можна одержувати зображення з деякої глибини всередині зразка. Крім того, електронні мікроскопи не дають можливості вивчати живі клітини і процеси всередині

живих клітин. Цю можливість мають флуоресцентні мікроскопи, причому в реальному часі. Тому вони знайшли широке застосування в біологічних і медичних дослідженнях. Дослідник вносить у клітину з допомогою флуорофора флуоресцентну мітку, помічаючи певну структуру або деяку подію в клітині. Потім цей флуорофор (барвник) збуджується світлом і випромінює світло іншої довжини хвилі. За останні роки розроблені багаточисельні біосумісні флуорофори, кожний із яких характеризується кольором флуоресценції. Це дає можливість спостерігати за декількома об'єктами одночасно, якщо вони закодовані флуорофорами із різними кольорами емісії. На рис. 42 показано забарвлення клітин із використанням органічних барвників.

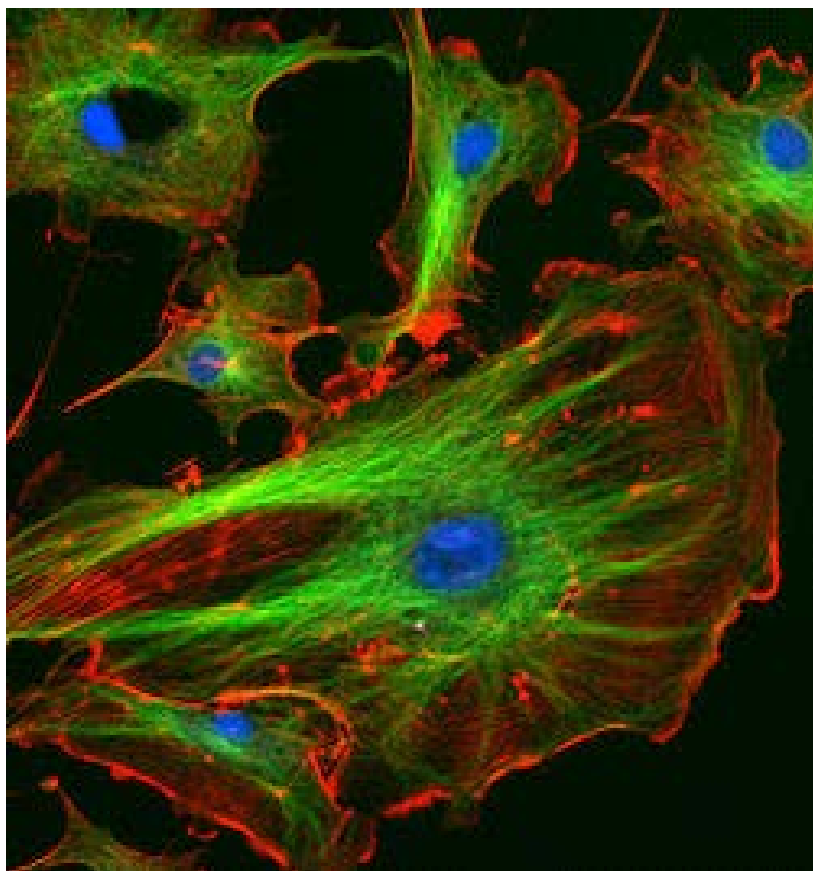


Рис. 42. Забарвлення клітин із використанням органічних барвників

Серед флуорофорів необхідно особливо виділити зелені флуоресцентні білки. За їх революційний вплив на сучасну біотехнологію вчені, які їх розробили, були нагороджені Нобелівською премією за 2008 рік.

Зелений флуоресцентний білок – це білок, який був виділений із медузи і може флуоресцювати в зеленому діапазоні при освітленні його синім світлом. Ген цього білка широко використовується у молекулярній біології як мітка, яка світиться. На рис. 43 показана клітина Пуркіньє із мозжечка людини, яка помічена зеленим флуоресцентним білком.

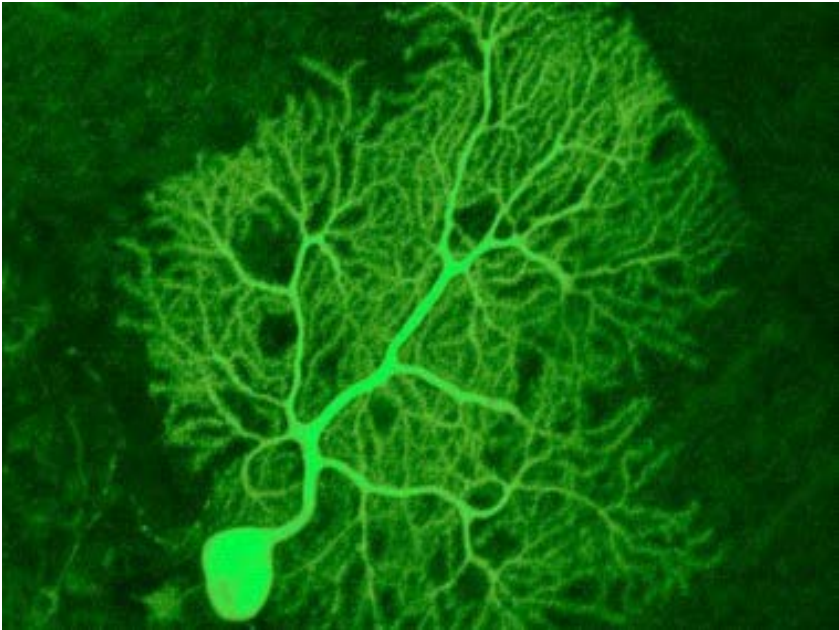


Рис. 43. Клітина Пуркіньє із мозжечка людини, яка помічена зеленим флуоресцентним білком

Як флуорофори можуть використовуватися і квантові точки, які мають навіть деякі переваги перед органічними барвниками.

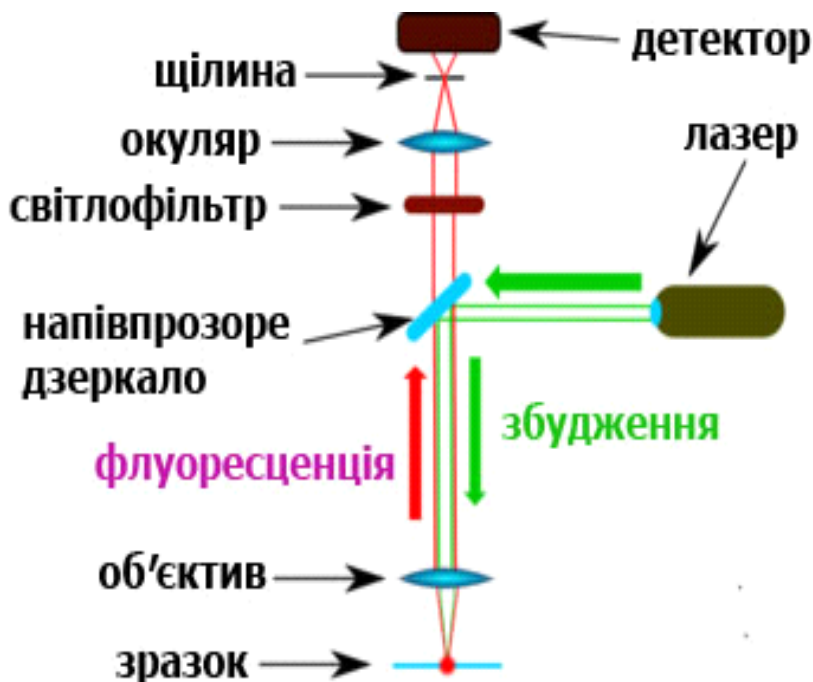


Рис. 44

На рис. 44 представлена спрощена схема скануючого флуоресцентного мікроскопа. Як джерело світла у ньому використовується лазер, який дозволяє опромінювати зразок світлом певної довжини хвилі для збудження флуорофорів одного типу. У мікроскопі використовується напівпрозоре дзеркало, що дозволяє використовувати один і той же оптичний шлях для збудженого (стрілка вниз) і флуоресцентного світла (стрілка вгору). За допомогою такого мікроскопу можна змінювати глибину проникнення в клітину, спостерігати за її окремими «зрізами». Це дозволяє зробити трьохмірну реконструкцію клітини, накопичивши достатню кількість оптичних «зрізів». Зображення в мікроскопі створюється комп'ютером після сканування зразка.

На рис. 45 показаний загальний вигляд флуоресцентного мікроскопа.



Рис. 45. Загальний вигляд флуоресцентного мікроскопа

Але такі мікроскопи, як і оптичні, мають межу роздільної здатності, яка визначається дифракцією світла. Як відомо, в сучасних світлових мікроскопах можна розділити деталі, розмір яких не менший ніж півхвилі.

Нобелівським лауреатам вдалося подолати дифракційну межу в оптиці і створити флуоресцентний мікроскоп надвисокої роздільної здатності. Нобелівським комітетом відмічено два методи, які розроблені вченими і за допомогою яких вони подолали дифракційну межу. Перший метод (**STED-мікроскопія**) – це метод подавлення спонтанного випромінювання. Він розроблений Ш. Хеллем у 2000 році і полягає в тому, що мікроскоп має два лазерних промені: один стимулює світіння флуоресцентних молекул, а другий пригнічує (гасить) випромінювання

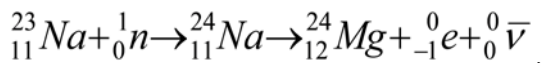
навколо певної ділянки розміром у нанометри. Другий метод (**одномолекулярна мікроскопія**), який розробили Е. Беттінг і У. Морнер у 2006 році, дає можливість «вмикати» і «вимикати» флуоресцентне світіння окремих молекул, а потім накладати окремі зображення на загальну картину. Завдяки цим методам роздільна здатність флуоресцентного мікроскопу досягає всього декількох десятків нанометрів. Відкриття Нобелівських лауреатів стало революційним для всієї світлової мікроскопії і вже зробило великий вплив на усі області науки – фізику, хімію і медицину. Флуоресцентну мікроскопію надвисокої роздільної здатності можна по праву віднести до мікроскопії ХХІ століття.

Нейтрино: вчора, сьогодні, завтра

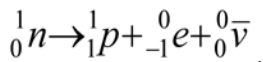
Серед особливо важливих і цікавих проблем кінця ХХ століття можна виділити проблему, яка зв'язана з нейтрино, частинкою, яку часто називають таємничою частинкою або частинкою-привидом. Дійсно, ця частинка була спочатку відкрита «на вістрі пера», так би мовити, з відчаю, щоб врятувати закон збереження енергії.

У фізиці свого часу виникла серйозна проблема щодо розуміння механізму β -розпаду. Ядро до розпаду і після розпаду мало певну кількість енергії. Енергія електронів, які при цьому вилітали, повинна згідно закону збереження енергії дорівнювати різниці цих енергій. Експеримент же показував, що електрони вилітають з різними енергіями. Таким чином, β -розпад ставив під сумнів закон збереження енергії. Питання стояло настільки гостро, що знаменитий датський фізик Н. Бор на конференції виступив з ідеєю про незбереження енергії. Щоб врятувати закон збереження енергії, В. Паулі у 1930 році зробив припущення, що β -розпад не вичерпується випромінюванням електрона і супроводжується вильотом ще однієї частинки – нейтральної і з дуже малою масою. Так,

наприклад, згідно припущення Паулі радіонуклід ${}^{24}_{11}\text{Na}$, який є β -радіоактивним, повинен перетворюватися в стабільний нуклід Магнію ${}^{24}_{12}\text{Mg}$ за такою схемою:



Зараз ми знаємо, що при β^- -розпаді всередині ядра нейтрон перетворюється в протон:



А мовою кварків цей процес можна записати так:

$$n(udd) \rightarrow p(udu) + e^- + \bar{\nu}_e.$$

Передбачена Паулі частинка $\begin{smallmatrix} 0 \\ 0 \end{smallmatrix} \nu$ була названа Е. Фермі в італійському стилі «нейтрино».

Нейтрино дуже слабо взаємодіє з речовиною і тому майже 20 років після того, як Паулі передбачив її існування, ця частинка була невловимою, існувала тільки уявно, поки у 1956 році в США не був поставлений дослід, за допомогою якого і вдалося вперше експериментально виявити нейтрино (точніше, антинейтрино).

Теорія передбачала, що якщо антинейтрино потрапить у протон, то повинні виникнути позитрон і нейтрон:

$$p + \bar{\nu} \rightarrow n + e^+$$

Хоча імовірність такого процесу мала, оскільки антинейтрино має дуже велику проникну здатність, та все ж, якщо антинейтрино буде дуже багато, вчені сподівалися їх виявити. Оскільки величезна кількість антинейтрино повинна виникати в ядерному реакторі, де внаслідок поділу ядер урану утворюється багато β -радіоактивних осколків, то біля реактора в землю закопали ящик зі свинцево-парафіновими стінками. У ящику було 200 л води, оточеної шаром рідкого скінтілятора, що давав спалахи, коли крізь нього проходили γ -кванти. Коли антинейтрино потрапляє в один із протонів молекули води (точка А), виникає позитрон, який негайно анігілює з одним із електронів (точка В), даючи два γ -кванти. Гамма-кванти спричиняли спалахи скінтілятора, які реєструвалися за допомогою спеціальних приладів. А народжений під час реакції нейтрон після деякого блукання захоплювався ядром Кадмію (точка С), спеціально доданого до води. Після цього ядро Кадмію випромінювало кілька γ -квантів, сигналізуючи тим самим про появу нейтрона. За виникненням спочатку двох γ -квантів, які розліталися в різні боки, а потім через невеликий проміжок часу ще кількох γ -квантів і було встановлено експериментально існування антинейтрино. Після експериментального відкриття нейтрино гіпотеза про те, що при бета-розпаді виникає нейтрино (або антинейтрино), стала достовірним твердженням.

За відкриття нейтрино вчений Фредерік Райнес одержав Нобелівську премію з фізики за 1995 рік.

Розповісти учням про нейтрино вчитель може і при вивченні β -розпаду, і при вивченні елементарних частинок. Нейтрино заслуговує особливої уваги з боку вчителя, і не тільки тому, що у нього цікава історія

і властивості, а й тому, що вчені пророкують нейтрино велике майбутнє, вважаючи, що воно вже стає потужним інструментом дослідження мікро- і макросвіту.

Але спочатку про основні характеристики і властивості нейтрино.

Нейтрино – нейтральна фундаментальна частинка з напівцілим спіном, яка приймає участь тільки в слабкій і гравітаційні взаємодіях і відноситься до класу лептонів. Кожному зарядженому лептону відповідає своя пара нейтрино і антинейтрино:

- електрону – електронне нейтрино і електронне антинейтрино;
- мюону – мюонне нейтрино і мюонне антинейтрино;
- тау-лептону – тау-нейтрино і анти-тау-нейтрино.

Нейтрино має ненульову масу, але ця маса дуже мала. Сума мас усіх типів нейтрино складає всього 0,28 МеВ.

Після частинок світла – фотонів – нейтрино є найбільш поширюваними частинками у нашому Всесвіті. Нейтрино постійно народжується в результаті різноманітних процесів, які відбуваються в космосі і на Землі – від вибухів наднових і загибелі великих зірок до реакцій, які протікають на атомних електростанціях. Навіть всередині нашого тіла кожну секунду народжуються біля 5 тисяч нейтрино – це відбувається при розпаді ізотопу калію.

Починаючи з 1960-х років, вчених особливо цікавило космічне нейтрино, особливо сонячне нейтрино. Як відомо, Сонце світить і гріє за рахунок реакції злиття протонів в ядро дейтерію з випромінювання позитрона і нейтрино.

Американський вчений Рамонд Девіс у шахті штату Південна Дакота розмістив на глибині 1400 м ємність із 378 м³ перхлоретилену, і в 1970 році він вперше зміг зареєструвати сонячне нейтрино. А японський вчений Масатосі Косіба сконструював детектор і зумів зареєструвати космічне нейтрино в процесі вибуху над нової зірки 1987А. Йому вдалося зареєструвати 12 нейтрино, 9 з них – у перші 2 секунди.

За виявлення космічних нейтрино Р. Девіс і М. Косіба одержали Нобелівську премію з фізики за 2002 рік.

Вимірний потік сонячних нейтрино в дослідях Р. Девіса виявився приблизно у два-три рази меншим, ніж передбачає стандартна Сонячна модель, яка описує процеси на Сонці. Ця розбіжність між експериментом і теорією одержала назву «проблеми сонячних нейтрино» і більше як 30 років було однією із загадок сонячної фізики.

Її було розв'язано після виявлення нейтринних осциляцій. **Нейтринними осциляціями називають перетворення нейтрино одного виду в нейтрино іншого виду.**

Вперше передбачення про те, що нейтрино може перетворюватися із одного виду в нейтрино іншого виду, висловив радянський вчений Б. М. Понтекорво (рис. 46) ще в 1957 році. За це він свого часу одержав Ленінську премію.



Рис. 46. Б. М. Понтекорво

За експериментальне підтвердження нейтринних осциляцій японський вчений Такаакі Кадзіта і канадський вчений Артур Макдональд (рис. 47) одержали Нобелівську премію з фізики за 2015 рік.



Рис. 47. Такаакі Кадзіта

Артур Макдональд

Т. Кадзіта провів свій експеримент на установці Super-Kamiokande (рис. 48), яка являла собою велетенську бочку під землею і була заповнена дистильованою водою та пронизана тисячами детекторів черенківського випромінювання.

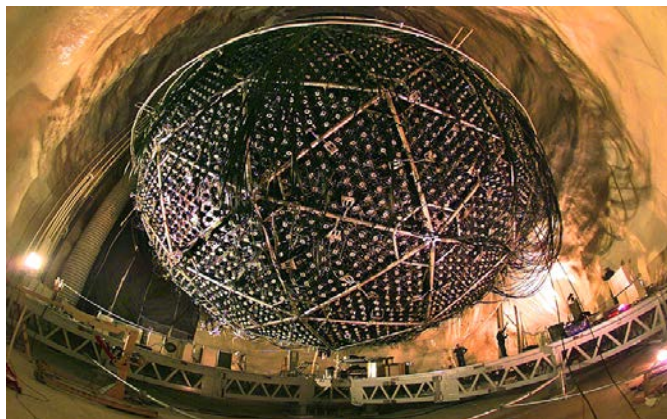


Рис. 48. Установка Super-Kamiokande

А. Макдональд використав детектор нейтрино на установці SNO (рис. 49). Якщо японський експеримент ловив високоенергетичне нейтрино з енергією вище 1 MeV, то канадський експеримент фіксував менш енергетичні частинки, які виходили від Сонця.

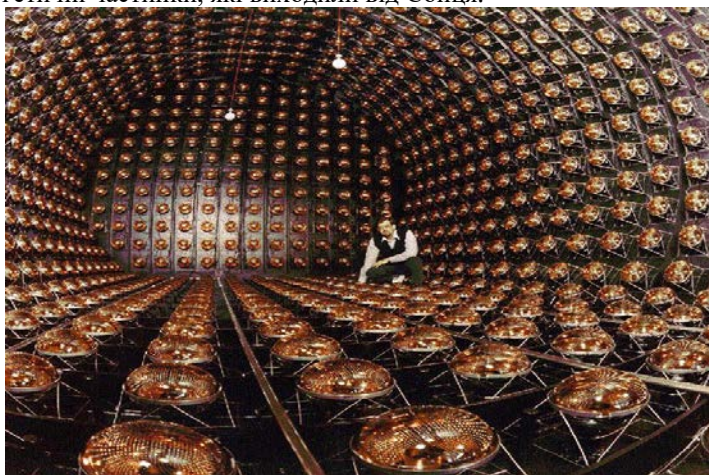


Рис. 49. Використання детектора нейтрино на установці SNO

Нейтринні осциляції можуть відбуватися тільки у випадку ненульової маси частинок. Тому **нейтринні осциляції показали наявність у нейтрино маси**. Вчених, які досліджують нейтрино, в першу чергу цікавить саме маса нейтрино. Вони вважають, що вона допоможе розв'язати одну із найтаємничих загадок – проблему маси-енергії Всесвіту, якої не вистачає. Теоретичні розрахунки показують, що на частку звичайної речовини припадає близько 5% від загальної кількості маси-енергії всього Всесвіту. Ще 30% береться з частинок, які ще не відкриті, а 20% маси-енергії припадає на темну матерію. Із чого вона утворена і чи існує взагалі сучасна фізична наука поки що відповіді не дає.

Не дивлячись на те, що маса нейтрино дуже мала, можливо концентрація нейтрино у Всесвіті досить велика, щоб суттєво впливати на середню густину.

Важливим практичним застосуванням нейтрино є **нейтринна діагностика** промислових ядерних реакторів. Нейтринні детектори дозволяють проводити повний моніторинг АЕС, процесу збагачення урану і роботи центрифуг, здійснювати контроль за непоширенням ядерної зброї.

Теоретично потоки нейтрино можуть бути використані як засоби зв'язку, що викликає інтерес військових. Це дає можливість здійснювати зв'язок із підводними човнами, що знаходяться на глибині, передавати інформацію крізь Землю.

Одним із перспективних напрямків застосування нейтрино є **нейтринна астрономія**. Вивчення властивостей нейтрино допоможе краще зрозуміти динаміку астрофізичних процесів. Крім того, нейтрино без поглинання проходить величезні відстані, що дозволить виявляти і вивчати ще більш віддалені об'єкти.

Дослідження нейтрино дозволить також створити точні прилади для прогнозування деяких природних явищ, таких як землетруси. Формується нова наука – **нейтринна геофізика**, яка займається отриманням інформації про природний реактор в ядрі Землі. Нейтрино, які утворюються в результаті розпаду радіоактивних елементів всередині Землі, можуть використовуватися для вивчення внутрішнього складу Землі.

Гравітаційні хвилі

За створення детектора гравітаційних хвиль та експериментальне підтвердження їхнього існування Нобелівську премію з фізики 2017 р. присудили американським фізикам **Райнеру ВАЙССУ** (Rainer Weiss), **Баррі ВАЙССУ** (Barry C. Barish) і **Кіпу ТОРНУ** (Kip S. Thorne).

Ми досліджуємо Всесвіт переважно за допомогою вивчення електромагнітних хвиль. Цей метод має свої обмеження, пов'язані з особливостями їхнього поширення. Щоб розширити наші можливості, учені давно

намагаються використовувати інші форми випромінювання – нейтрино й гравітаційних хвиль. Саме за дослідження цих «вікон» у Всесвіт присуджувалися Нобелівські премії в галузі фізики в останні роки.

Існування гравітаційних хвиль було передбачено А. Ейнштейном ще 1915 р., виходячи із загальної теорії відносності. Ці хвилі виникають у результаті взаємодії об'єктів дуже великої маси, що породжують збурення простору-часу, які розходяться зі швидкістю світла в усі боки. Сам Ейнштейн вважав, що гравітаційна хвиля чинить на матерію настільки незначний вплив, що її не можна зафіксувати інструментально.

Сам ефект від гравітаційної хвилі доволі складно зафіксувати, проте можна зареєструвати непрямі ефекти. У 1974 р. американські астрофізики Джозеф Тейлор і Рассел Халс виміряли випромінювання подвійної зорі-пульсара PSR 1913+16 та довели, що відхилення періоду її пульсації від розрахункового пояснюється втратою енергії, «віднесеної» гравітаційною хвилею. За це відкриття 1993 р. їм було присуджено Нобелівську премію в галузі фізики.

І, нарешті, 14 вересня 2015 р. лазерно-інтерферометрична гравітаційно-хвильова обсерваторія LIGO вперше безпосередньо зареєструвала гравітаційну хвилю. На перевірку результатів цього відкриття пішло кілька місяців, ще деякий час знадобився на усвідомлення його значення. Крім підтвердження існування гравітаційних хвиль було підтверджено існування класу чорних дір масою 20-60 сонячних, а також отримано підтвердження можливості їхнього злиття, що й породило зареєстровані хвилі.

Абсолютно неймовірною видається інструментальний бік відкриття. Незважаючи на величезну енергію гравітаційної хвилі, її амплітуда є дуже малою. Щоб зареєструвати хвилі такої амплітуди, потрібна була спеціальна методика, що її розробили нинішні лауреати.

За допомогою цієї методики та інструментів LIGO і VIRGO на сьогодні зареєстровано вже чотири гравітаційні хвилі. Остання – від вибуху нейтронної зорі.

Нобелівська премія закономірно увінчала 25-річну працю колективу творців детектора LIGO, який завершив 100-річну одісею ідеї, сформульованої Альбертом Ейнштейном про гравітаційні хвилі.

2.5. Сучасна фізика: пізнання законів природи.

Квантова теорія як якісний стрибок у пізнанні законів природи.

Починаючи вивчення квантової теорії в шкільному курсі фізики, необхідно дати учням уявлення про її роль і місце в фізичній науці. Повідомляємо учням, що наприкінці XIX ст. вченими було проведено ряд фундаментальних досліджень, результати яких не вкладались у рамки існуючих фізичних теорій. До них можна віднести радіоактивність, фотоефект, випромінювання атомів та ін. Особливо драматична ситуація, яка одержала назву «ультрафіолетової катастрофи», склалася щодо проблеми теплового випромінювання абсолютно чорного тіла. Вченим стало ясно, що для пояснення цього й інших явищ необхідні нові ідеї та нові підходи.

І ось 14 грудня 1900 р. М. Планк доповідає на засіданні Німецького фізичного товариства про зміст своєї роботи «До теорії закону розподілу енергії випромінювання у нормальному спектрі», в котрій висуває гіпотезу, згідно якої зміна енергії атомів-осциляторів відбувається не неперервно, як це завжди вважалося в класичній фізиці, а дискретно, порціями, квантами, причому енергія окремого кванта дорівнює $h\nu$. По суті це і був день народження нової, квантової теорії.

Оцінюючи цю теорію, вчитель може навести відомі слова Бора про те, що теорію тільки тоді можна вважати вірною, коли вона є достатньо божевільною. Повідомляємо учням, що в основі квантової теорії й лежать дві такі «безумні» ідеї: ідея квантування та ідея корпускулярно-хвильового дуалізму.

Суть ідеї квантування полягає в тому, що деякі фізичні величини, які відносяться до мікрооб'єкту, можуть за відповідних умов приймати тільки якісь цілком визначені дискретні значення. Про ці величини кажуть, що вони квантуються. Так, наприклад, квантується енергія електрона в атомі.

Друга ідея квантової теорії полягає у тому, що рух мікрооб'єкта характеризується одночасно і хвильовими, і корпускулярними властивостями, якщо в класичній фізиці корпускула і хвиля – дві протилежності, що взаємно виключають одна одну (або частинка, або хвиля), то на рівні мікроявищ ці протилежності діалектично поєднуються в рамках єдиного мікрооб'єкту. Таким мікрооб'єктом є фотон, корпускулярні характеристики якого, такі як енергія й імпульс, визначаються через частоту і довжину хвилі, що є хвильовими характеристиками.

Необхідно звернути увагу учнів на особливу роль постійної Планка в квантовій теорії. Вона служить мірою дискретності і зв'язує корпускулярні і хвильові аспекти руху матерії. Той факт, що ці дві ролі грає

одна і та ж постійна, вказує на внутрішню єдність двох основоположних ідей квантової теорії.

Квантова теорія за 100 років пройшла багато етапів свого розвитку і становлення. Сучасна квантова теорія – це цілий теоретичний напрям, який включає в себе квантову механіку, квантову статистику і квантову теорію поля. Остання, в свою чергу, складається з квантової електродинаміки, теорії слабкої взаємодії, квантової хромодинаміки. У шкільному курсі фізики квантова теорія вивчається в історичній послідовності і охоплює всього два її перших етапи – квантову оптику і квантову теорію атома. Розглянемо ці етапи більш детально.

Першим, хто використав гіпотезу Планка і поширив її безпосередньо на випромінювання, був А. Ейнштейн. У 1905 р. він висловив думку про те, що світло не тільки випромінюється, а й поглинається квантами. Виходячи з цього, Ейнштейн дав блискуче пояснення явищу фотоелефекта (за що отримав Нобелівську премію у 1921 р.), правила Стокса для фотолюмінесценції, явищу фотоіонізації. Так виникла квантова оптика. За-

уважимо, що назва «фотон» для частинки світла з енергією $h\nu$ була запропонована значно пізніше, у 1923 році, А. Комптоном.

Важливо підкреслити учням, що фотони є такими ж реальними частинками, як і атоми речовини. Виявити фотонну структуру світла, аналогічно, як і атомну структуру речовини, можна за допомогою спеціальних дослідів. До таких дослідів можна віднести досліди Боте, Йоффе-Добронравова, Комптона, Вавилова.

Другим вченим, який використав ідею квантування, був Н. Бор. У 1913 р. вийшла його знаменита робота «Про будову атомів і молекул», в якій розглядається теорія планетарної моделі атома водню, що опирається на ідею квантування (Нобелівська премія у 1922 р.). Бор об'єднав у рамках єдиної теорії:

- закономірності лінійчатого спектра атомів водню;
- планетарну модель атома Резерфорда;
- квантовий характер випромінювання і поглинання світла.

Резерфорд високо оцінив атомну теорію Бора. Він писав: «Я вважаю квантову теорію спектра, висунуту Бором, однією із найреволюційніших із усіх, коли-небудь створених в науці».

Розглянемо деякі положення цієї теорії, які чітко не виражаються в шкільних підручниках з фізики. Як відомо, згідно класичної теорії частота випромінювання атома повинна залежати від частоти обертання електрона в атомі. Теорія ж Бора заперечує безпосередній зв'язок частоти випромінювання з частотою обертання електрона. Познайомив-

шись із цією теорією, Ейнштейн зауважив: «Але в такому випадку частота світла не залежить від частоти електрона! Це ж колосальне відкриття!». Саме на це відкриття і повинен звернути увагу вчитель і дати більш глибоке пояснення правилу частот, запропонованого Бором.

Згідно класичної фізики, атом може поглинати будь-які порції енергії, а електрон в атомі може займати орбіту довільного радіуса. Із постулатів же Бора витікає, що в атомі існують дискретні рівні енергії – стаціонарні стани, тобто атом може поглинати енергію лише дозволеними для нього певними порціями, при цьому електрон здійснює так звані «квантові стрибки», переходячи з однієї дозволеної орбіти на іншу.

У такому випадку виникає питання: «А яким чином електрон знає наперед, яку саме енергію він повинен поглинути, щоб перескочити на вищу дозволена орбіту?». На це протиріччя вказував Резерфорд, який в листі до Бора писав: «Мені здається, що ви вимушені припустити, що електрон знав завчасно, де він збирається зупинитися». Можна навести також відоме зауваження Шредінгера, одного із засновників квантової механіки, яке він зробив стосовно до квантових переходів: «Якщо ми збираємося зберегти ці прокляті квантові стрибки, то я шкодую, що взагалі мав справу з квантовою теорією».

У рамках шкільного курсу фізики неможливо дати пояснення квантовим переходам, оскільки квантова механіка, яка пізніше дала відповіді на всі ці запитання, не вивчається у школі. Все це повинен враховувати вчитель при вивченні квантової теорії Бора.

І, нарешті, про положення, яке стосується поняття електронних орбіт. Енергетичні переходи атомів можна пояснювати як мовою орбіт, так і мовою енергетичних рівнів. Краще використовувати мову енергетичних рівнів, оскільки учні ще з курсу хімії знають, що електронних орбіт в дійсності не існує. Якщо ж все-таки користуватись поняттям орбіт, то необхідно пояснити учням, що під орбітою електрона в атомі необхідно розуміти геометричне місце точок, в яких з найбільшою імовірністю може знаходитись електрон.

Пізніше, в 50-ті роки, Бор, сміючись, згадував, як після однієї з лекцій студент запитав його: «Хіба дійсно були такі ідіоти, які думали, що електрон обертається по орбіті?».

Усвідомлення нових революційних фізичних ідей вимагає зміни способу мислення, переосмислення всієї системи накопичених в науці знань. Навіть великі вчені не відразу здатні на це. Можна навести учням приклад дискусії, яка велась багато років між Н. Бором і А. Ейнштейном, які стояли біля самих джерел квантової теорії. Н. Бор довгий час не вірив у реальність ейнштейнівських світлових квантів, а А. Ейнштейн скептично ставився до принципу доповнення, який висунув Н. Бор.

Зіткнення поглядів цих двох видатних вчених виявилось незвичайно плідним для подальшого розвитку фізики.

Все вище викладене і говорить про те, що квантова теорія є якісним стрибком у процесі пізнання законів природи. Без усвідомлення важливості й радикальності цього стрибка неможливе розуміння учнями сучасної фізичної картини світу.

Енергетичний вихід ядерних реакцій.

Питання ядерних реакцій та їх енергетичного виходу є ключовим в ядерній фізиці. Під енергетичним виходом розуміють енергію, яка виділяється при ядерних реакціях. Саме енергетичний вихід ядерних реакцій лежить в основі ядерної енергетики. Розробка способів одержання і використання ядерної енергії залишається і зараз однією із найважливіших науково-технічних проблем.

Але, як свідчать наші дослідження, поняття енергетичного виходу ядерних реакцій більшістю учнів засвоюється формально, без глибокого розуміння енергетичних перетворень, які при цьому відбуваються. Не приділяється належної уваги цьому поняттю і в шкільних підручниках, хоча всі можливості для цього є. Учні, як відомо, ще до вивчення ядерної фізики вже знайомі з поняттям енергії спокою тіла і співвідношенням між енергією спокою і масою тіла

$$E_0 = mc^2.$$

Це співвідношення, як справедливо вважається, є одним із символів XX століття. Саме це співвідношення і є основним способом визначення енергетичного виходу ядерних реакцій.

Нехай маємо ядерну реакцію $A + a \rightarrow B + b$. Запишемо для неї закон збереження повної енергії. Учні із теорії відносності знають, що повна енергія кожної рухомої частини складається із енергії спокою mc^2 і кінетичної енергії E_K . Тоді закон збереження повної енергії запишеться так:

$$m_A c^2 + E_A^K + m_a c^2 + E_a^K = m_B c^2 + E_B^K + m_b c^2 + E_b^K \quad (1)$$

де $E_A^K, E_a^K, E_B^K, E_b^K$ – кінетичні енергії частинок та ядер, m_A, m_a, m_B, m_b – маси частинок та ядер.

Приведемо це рівняння до такого вигляду:

$$(m_A c^2 + m_a c^2) - (m_B c^2 + m_b c^2) = (E_B^K + E_b^K) - (E_A^K + E_a^K) \quad (2)$$

Повідомляємо учням, що в ядерних реакціях енергія виділяється в основному у вигляді кінетичної енергії продуктів реакції. Тому енергетичним виходом Q ядерної реакції і є зміна кінетичної енергії, що виникла в результаті реакції:

$$Q = (E_B^K + E_b^K) - (E_A^K + E_a^K). \quad (3)$$

Якщо реакція проходить з виділенням ядерної енергії, тобто $(E_B^K + E_b^K) > (E_A^K + E_a^K)$, то $Q > 0$, і така реакція називається екзоенергетичною.

Тепер звертаємо ще раз увагу учнів на рівняння (2). Якщо права частина рівності дорівнює Q , то значить ліва частина також дорівнює Q , тобто

$$Q = (m_A c^2 + m_a c^2) - (m_B c^2 + m_b c^2),$$

або

$$Q = (m_A + m_a - m_B - m_b) c^2 = 931(m_A + m_a - m_B - m_b) \text{ Мев}. \quad (4)$$

Це ще одна формула, з допомогою якої визначають енергетичний вихід ядерної реакції. Її аналіз показує, що коли $Q > 0$, то сумарна енергія спокою ядер і частинок, що вступили в реакцію, зменшується.

Ставимо перед класом запитання: за рахунок якої енергії відбувається збільшення кінетичної енергії, яка виділяється в ядерній реакції?

Зрозуміло, що збільшення кінетичної енергії на деяку величину може відбутися тільки за рахунок енергії, яка в ядерній реакції зменшується на таку ж величину.

Учні легко приходять до висновку, аналізуючи рівняння (2), що енергія, яка виділяється в ядерній реакції у вигляді кінетичної енергії продуктів реакції, отримується за рахунок зменшення сумарної енергії спокою ядер і частинок, які вступили в реакцію, тобто частина їх енергії спокою перетворюється в кінетичну енергію.

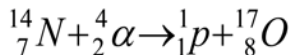
Важливо зазначити, що отримання енергії за рахунок перетворення в неї енергії спокою – це особливість саме ядерних реакцій.

Якщо взяти, наприклад, хімічні реакції, то в них лише приблизно 0,000001% енергії спокою перетворюється на теплоту, тому в хімії зміною енергії спокою, а відповідно, і зміною маси нехтують і вважають, що закони збереження енергії спокою і маси виконуються. В ядерних же реакціях приблизно 0,1%-0,5% енергії спокою перетворюється на кінетичну енергію, тобто закон збереження енергії спокою і маси не виконуються, і на це необхідно звернути увагу учнів.

В ядерних реакціях виконується закон збереження повної енергії.

Як і в хімії, ядерні реакції можуть відбуватись з поглинанням енергії.

У цьому випадку $(E_B^K + E_b^K) < (E_A^K + E_a^K)$ ($Q < 0$) і ядерна реакція називається ендоенергетичною. Прикладом такої реакції є перша штучна ядерна реакція, яку здійснив Е. Резерфорд:



В ендоенергетичних реакціях сумарна енергія спокою ядер і частинок, які вступили в реакцію, не зменшується, а навпаки, збільшується. Це відбувається за рахунок кінетичної енергії частинок, які вступили в реакцію.

Якщо екзоенергетична реакція може відбутися і самочинно, то для того, щоб відбулася ендоенергетична реакція, необхідно, щоб кінетична енергія налітаючої частинки була не менша деякої мінімальної енергії, яка називається порогом ендоенергетичної реакції.

Покажемо, як використовуються наведені формули (3) і (4) для визначення енергетичного виходу ядерних реакцій на прикладі розв'язання такої задачі:

Задача. Визначити енергію ядерної реакції ${}^{10}_5\text{B}(n, \alpha){}^7_3\text{Li}$, яка протікає в результаті взаємодії повільних нейтронів з нерухомими ядрами Бора.

Знайти кінетичні енергії продуктів реакції.

Дано: ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$, $m_{{}^{10}_5\text{B}} = 10,01294$ а.о.м.,

$m_n = 1,00867$ а.о.м., $m_{{}^4_2\text{He}} = 4,00260$ а.о.м.,

$m_{{}^7_3\text{Li}} = 7,01601$ а.о.м.

$Q = ?$ $E_\alpha^K = ?$ $E_{\text{Li}}^K = ?$

Розв'язання: Енергію реакції знайдемо за формулою:

$Q = 931 \cdot (m_{{}^{10}_5\text{B}} + m_n - m_{{}^7_3\text{Li}} - m_{{}^4_2\text{He}}) \text{ MeV} = 931 \cdot (10,01294 + 1,00867 - 7,01601 - 4,00260) \text{ MeV} = 2,80 \text{ MeV}.$

$Q > 0$: реакція проходить з виділенням енергії (реакція екзоенергетична).

Щоб знайти кінетичні енергії продуктів реакції, скористаємось формулою:

$$Q = (E_3^K + E_4^K) - (E_1^K + E_2^K),$$

де E_3^K і E_4^K – кінетичні енергії частинок-продуктів реакції, E_1^K і E_2^K – кінетичні енергії частинок, які вступили в реакцію.

Для даної задачі формула запишеться так:

$$Q = (E_{Li}^K + E_{\alpha}^K) - (E_B^K + E_n^K). \quad (5)$$

Згідно умови задачі $E_B^K = 0$, $E_n^K = 0$, тоді (2) запишеться так:

$$Q = E_{Li}^K + E_{\alpha}^K. \quad (6)$$

Для розв'язання задачі необхідно ще одне рівняння, яке б зв'язувало невідомі E_{Li}^K і E_{α}^K . Застосуємо закон збереження імпульсу. Вважаючи сумарний імпульс частинок до реакції рівним нулю, приходимо до висновку, що і після реакції він повинен дорівнювати нулю:

$$\vec{P}_{Li} + \vec{P}_{\alpha} = 0.$$

Звідси для модулів імпульсів маємо:

$$P_{Li} = P_{\alpha},$$

або

$$m_{Li}v_{Li} = m_{\alpha}v_{\alpha}.$$

Перейдемо від імпульсів частинок до їх кінетичних енергій.

Для цього проведемо такі перетворення:

$$\begin{aligned} (m_{Li}v_{Li})^2 &= (m_{\alpha}v_{\alpha})^2, \\ \frac{m_{Li}v_{Li}^2 m_{Li}}{2} &= \frac{m_{\alpha}v_{\alpha}^2 m_{\alpha}}{2}, \\ m_{Li} \cdot E_{Li}^K &= m_{\alpha} \cdot E_{\alpha}^K. \end{aligned} \quad (7)$$

Розв'язуючи систему (6) і (7), визначимо:

$$E_{Li}^{\kappa} = \frac{m_{\alpha}}{m_{Li} + m_{\alpha}} \quad E_{\alpha}^{\kappa} = \frac{m_{Li}}{m_{Li} + m_{\alpha}}.$$

Округливши значення мас атомів до цілих чисел, одержимо:

$$E_{Li}^{\kappa} = \frac{4Q}{11} = 1,02 \quad E_{\alpha}^{\kappa} = \frac{7Q}{11} = 1,78 \quad \text{MeB;}$$

Визначимо сумарну кінетичну енергію продуктів реакції:

$$E_{\alpha}^{\kappa} + E_{Li}^{\kappa} = 1,02 \text{ MeB} + 1,78 \text{ MeB} = 2,8 \text{ MeB}.$$

Як бачимо, ця енергія дорівнює енергії Q , яка виділяється в ядерній реакції. Кінетичну енергію продуктів реакції і використовують у ядерних енергетичних установках.

Енергетичний вихід ядерних реакцій можна визначити ще за однією формулою у випадку, коли необхідно розв'язати задачу, в якій надаються значення енергій зв'язку ядер, що приймають участь в реакції.

Після вивчення теми «Енергія зв'язку атомного ядра» учні вже знають, що існує два основні способи одержання ядерної енергії: поділ важких ядер та синтез легких ядер. У кожному з цих випадків в результаті реакцій одержуються більш міцні ядра, в яких сумарна їх енергія зв'язку є більшою.

Тому можна без виводу на основі логічних міркувань дати формулу

$$Q = (E_3^{36} + E_4^{36}) - (E_1^{36} + E_2^{36}), \quad (8)$$

де E_1^{36} і E_2^{36} – енергія зв'язку ядер, що вступили в реакцію, E_3^{36} та E_4^{36} – енергія зв'язку ядер-продуктів реакції.

Щоб учням був зрозумілий фізичний зміст цієї формули, необхідно дати таке пояснення. Запишемо відому учням формулу енергії зв'язку ядра

$$E_{\text{я}}^{36} = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}})c^2$$

у такому вигляді:

$$m_{\text{я}}c^2 = Zm_pc^2 + Nm_nc^2 - E_{\text{я}}^{36}.$$

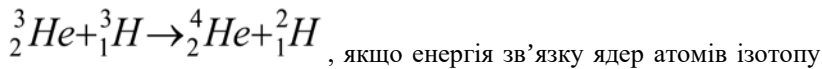
Із неї випливає, що енергія спокою ядра $m_{\text{я}}c^2$ складається із сумарної енергії спокою вільних нуклонів, із яких складається ядро, та енергії зв'язку ядра. В результаті ядерної реакції сумарна енергія спокою вільних нуклонів не змінюється, оскільки згідно закону збереження масового (нуклонного) числа число нуклонів не змінюється. Значить змінюється сумарна енергія зв'язку ядер, що вступили в реакцію.

Енергія, яка виділяється в ядерних реакціях, якраз і дорівнює зміні сумарної енергії зв'язку ядер. Ось чому цю енергію і називають ядерною.

Таким чином, формула (8) має велике пізнавальне значення. Вона показує, що звільнення ядерної енергії відбувається завдяки неоднаковості енергій зв'язку різних ядер. На жаль, у більшості підручників з фізики при розгляді питання про енергетичний вихід ядерних реакцій про енергію зв'язку навіть не згадується.

Покажемо, як використовується формула (8) при розв'язуванні задачі.

Задача. Визначити енергетичний вихід ядерної реакції



Гелію ${}^4_2\text{He}$ – 28,3 МеВ, ядер ізотопу Гелію ${}^3_2\text{He}$ – 7,7 МеВ, ядер атомів тритію – 8,5 МеВ, ядер атомів дейтерію – 2,2 МеВ.

Розв'язання: Оскільки в умові задачі відомі енергії зв'язку атомних ядер, то для визначення енергетичного виходу Q зручно скористатися формулою (8):

$$Q = (E_3^{36} + E_4^{36}) - (E_1^{36} + E_2^{36}).$$

Для нашої задачі формула (8) запишеться так:

$$Q = (E_{{}_4^3\text{He}}^{36} + E_{{}_1^3\text{H}}^{36}) - (E_{{}_2^3\text{He}}^{36} + E_{{}_1^3\text{H}}^{36}).$$

Підставивши числові значення, одержимо:

$$Q = 228,3 + 2,2 - 7,7 - 8,5 = 14,3 \text{ МеВ.}$$

Аналізуючи результат цієї задачі, звертаємо увагу учнів, що $Q > 0$, значить ця реакція є екзоенергетичною. Енергія виділяється у вигляді

кінетичної енергії продуктів реакції (ядер ${}^4_2\text{He}$ і ${}^2_1\text{H}$) за рахунок зростання сумарної енергії зв'язку ядер, тобто в результаті утворення більш міцних ядер.

Визначення енергії ядерних реакцій за допомогою формул (3) і (4) є найбільш точним і загальним способом. Цей спосіб стосується не тільки ядерних реакцій, а й радіоактивного розпаду і реакцій перетворення елементарних частинок. Останні відрізняються від ядерних тим, що в цих реакціях вся енергія спокою одних частинок може перетворитися на енергію спокою і кінетичну енергію зовсім інших частинок. Так, наприклад, при розпаді нейтрона його енергія спокою йде на утворення енергії спокою і енергії руху протона і електрона, а також на надання деякої кінетичної енергії антинейтрину. Зрозуміло, що за радіоактивного розпаду маса частинки, що розпадається, повинна бути більшою суми мас частинок, на які вона розпадається.

Покажемо це на прикладі розв'язання такої задачі.

Задача. Нерухомий нейтрон зазнає β -розпаду. Вважаючи, що протон, який при цьому виникає, також не рухається, визначити енергію антинейтрину. Масу антинейтрину вважати рівною нулю. Маси нейтрона, протона і електрона вважати відомими.

$$\text{Дано: } {}^1_0n \rightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + {}^0_0\bar{\nu}$$

$$E_{\bar{\nu}} = ?$$

Розв'язання: Енергія реакції розпаду:

$$Q = (m_n - m_p - m_e)c^2. \quad (9)$$

З іншого боку:

$$Q = E_p^{\kappa} + E_e^{\kappa} + E_{\bar{\nu}} - E_n^{\kappa},$$

але згідно умови задачі $E_n^{\kappa} = 0, E_p^{\kappa} = 0$, тоді

$$Q = E_e^{\kappa} + E_{\bar{\nu}}.$$

Звідси

$$E_{\bar{\nu}} = Q - E_e^{\kappa}. \quad (10)$$

Для розв'язування задачі необхідно ще одне рівняння, яке зв'яже не-

відомі $E_{\bar{\nu}}$ і E_e^{κ} . З цією метою застосуємо закон збереження імпульсу:

$\vec{p}_e + \vec{p}_{\bar{\nu}} = 0$. Враховуючи, що $p_e = \sqrt{2m_e E_e^\kappa}$, а $p_{\bar{\nu}} = \frac{E_{\bar{\nu}}}{c}$, одержимо:

$$\sqrt{2m_e E_e^\kappa} = \frac{E_{\bar{\nu}}}{c} \quad (11)$$

Розв'язуючи сумісно (1), (4), (5), одержимо:

$$E_{\bar{\nu}} = m_e c^2 \left(\sqrt{\frac{2(m_n - m_p - m_e)}{m_e} + 1} - 1 \right) \quad (12)$$

Якщо підставити в формули (9) і (12) числові значення, то одержимо $Q=0,83$ МеВ, $E_{\bar{\nu}}=0,54$ МеВ. Аналізуючи результати цієї задачі, звертаємо увагу учнів, що енергія, яка виділяється при β -розпаді нейтрона, розподіляється в цій задачі між антинейтрино і електроном ($E_e^\kappa=0,29$ МеВ).

Виділення енергії за радіоактивних розпадів грає дуже важливу роль у геологічних процесах. Як відомо, внутрішні області земної кулі сильно розігріті. По мірі заглиблення від поверхні Землі до її центру температура в земній корі підвищується в середньому до 30°C на кожний кілометр. Так, на глибині 1000 км температура піднімається приблизно до 3000 К. Після відкриття радіоактивності стало ясно, що одним із основних джерел внутрішньої енергії Землі є енергія радіоактивного розпаду урану і торію і їх радіоактивних рядів. А такі грізні явища, як виверження вулканів і землетруси пов'язані з наявністю розігрітих внутрішніх шарів Землі.

Коли підземні води стикаються з цим теплом, вони сильно нагріваються. Теплову енергію Землі (геотермальну енергію) можна використовувати для опалення будинків і теплиць, зігрівання будинків і навіть застосовувати для одержання електроенергії. Так, наприклад, у західній частині Криму заплановано будівництво геотермальних електростанцій, де на глибині 4 км температура води досягає 250°C . Якби можна було використати усього лише 1% геотермальної енергії земної кори на

глибині 10 км, люди мали б у своєму розпорядженні кількість енергії, що 500 разів перевищує усі світові запаси нафти і газу.

Узагальнення фізичних знань на основі фундаментальних фізичних взаємодій.

У методиці навчання фізиці концепція змістовних (теоретичних) узагальнень вперше розглянута в роботі Мултановського В. В. «Фізичні взаємодії і картина світу в шкільному курсі». В цій роботі автор запропонував поетапне викладання навчального матеріалу, при якому до останнього етапу вивчення фізики в старших класах учні мають деяку сукупність знань про фізичні явища, величини, закони, частково об'єднаних фрагментами фізичних теорій. Тоді на останньому етапі є можливість розглянути чотири фундаментальні фізичні теорії на єдиній основі. Такою єдиною основою Мултановський В. В. вважає концепцію взаємодії як загальнофізичного теоретичного узагальнення. До цієї концепції входять: модель взаємодії на рівні елементарних частинок, універсальні фізичні поняття і величини, а також закони збереження. У зв'язку з переходом шкіл на 12-річний строк навчання з'являється можливість реалізувати на практиці концепцію фізичних взаємодій.

Розглянемо цю концепцію більш детально. Поняття взаємодії є фундаментальним для всієї фізики: матеріальні точки взаємодіють між собою, в результаті чого змінюється їх енергія, імпульс, момент імпульсу. Таке визначення взаємодій може бути застосовано на будь-якому структурному рівні поділу матерії, але вихідним при обговоренні фізичної картини світу служить елементарний рівень. Оскільки на останньому досягнутому рівні будови матерії нічого, крім елементарних частинок, не виявлено, взаємодія має місце тільки між ними і здійснюється тільки самими частинками. Елементарний акт взаємодії полягає у поглинанні або випромінюванні однією елементарною частинкою іншої. Наприклад, взаємодія між електронами здійснюється шляхом випромінювання і поглинання ними квантів електромагнітного поля. Розглянута модель мікромеханізму взаємодії приводить до двох важливих положень. Взаємодія відбувається лише за безпосереднього контакту частинок (поглинання або випромінювання однієї частинки іншою), тому вона може передаватися на відстань лише з кінцевою швидкістю. Граничною швидкістю є $c=300000 \text{ км/с} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. З такою швидкістю рухаються частинки без маси спокою (фотони, гіпотетичні гравітони). Енергія і імпульс передаються при взаємодії деякими порціями – квантами – в моменти взаємодії, тобто змінюються стрибкоподібно, а не неперервно. При переході до макрорівня взаємодій маємо справу з тілами – системами, які складаються з величезної кількості елементарних частинок, і полями – сукупностями квантів (переносників взаємодії). Загальну

зміну імпульсу й енергії тіла тепер відносять до діючої на нього з боку поля чи іншого тіла сили. Зрозуміло, що сила не передається на відстань миттєво, макроскопічна взаємодія розповсюджується зі швидкістю, не більшою c . Силу в цьому випадку необхідно розглядати як усереднену характеристику множини елементарних взаємодій. Загальними законами природи для будь-якої замкненої системи взаємодіючих матеріальних точок є закони збереження енергії, імпульсу і моменту імпульсу. На мікрорівні явищ вони просто означають незнищуваність перелічених величин в елементарних актах взаємодій, всяка ж взаємодія є передачею енергії та імпульсу. Збереження величин на макрорівні є наслідком збереження їх при елементарних актах передачі від однієї частинки до другої. Будь-який вид енергії при цьому може бути зведеним до енергії елементарних частинок, а будь-яка сила – до швидкості передачі імпульсу квантами поля.

Із загального погляду взаємодії приводять до двох результатів: зміни вільного стану в процесах короткочасної взаємодії і до утворення зв'язаних станів, при яких взаємодіючі об'єкти на довгий час об'єднуються в стійку систему. Прикладами зміни стану можна назвати зміну швидкості й напрямку руху космічного корабля при взаємодії з планетою, механічний удар, процеси розсіювання елементарних частинок одна на одній. Зв'язаний стан здійснюється для планет і Сонця в Сонячній системі, для електронів і ядер в атомі і т. п.

Зараз вважають незалежними, такими що не можуть бути зведеними одна до одної, чотири взаємодії: сильна, електромагнітна, слабка і гравітаційна. Вони розрізняються радіусом дії та інтенсивністю. Крім цього, взаємодії розрізняють за ступенем універсальності. Так, гравітаційна взаємодія проявляється для всіх елементарних частинок; електромагнітна взаємодія вимагає наявності електричного заряду (або магнітного моменту); сильна взаємодія має місце для групи частинок, які називаються адронами (мезони і баріони) і не проявляється у лептонів; у слабкій взаємодії приймають участь адрони і лептони.

Вся різноманітність явищ матеріального світу, різноманітність рухів і властивостей, які відносяться до будови матерії, зумовлені фундаментальними взаємодіями. Сфера прояву різних взаємодій визначається просторовим діапазоном і пов'язана з тим чи іншим структурним рівнем поділу матерії. На макроскопічному рівні (у макросвіті) не проявляються короткодіючі сильні і слабкі взаємодії, тобто мають місце гравітаційні та електромагнітні. Завдяки наявності електричних зарядів двох знаків можливе існування електрично нейтральних систем: макроскопічні тіла, які складаються з великої кількості заряджених частинок, як правило, в цілому електрично нейтральні або несуть порівняно невеликі

заряди. В такому випадку вирішального значення набуває гравітаційна взаємодія. Вона визначає рух небесних тіл і частково їх будову. Важливе значення має сила тяжіння і для руху всіх тіл на Землі. Поряд із гравітаційними полями в макроскопічній області існують макроскопічні електромагнітні поля як у космічному просторі, так і в земних умовах. Це насамперед можливі електромагнітні випромінювання, а також статичні електричні й магнітні поля. Електромагнітні випромінювання грають вирішальну роль у процесах передачі енергії в космічних масштабах і на Землі. При контактах макроскопічних тіл заряди одного тіла можуть знаходитися поблизу від зарядів другого, що викликає суттєві електромагнітні сили, відомі як сили пружності, тертя, опору середовища. Таким чином, рух макроскопічних тіл, які оточують нас на Землі, визначається гравітаційними і електромагнітними взаємодіями, останніми зумовлені й важливі випромінювання – видиме світло, тепла радіація і т. д.

У мікросвіті (в області 10^{-8} до 10^{-15} м) вирішальну роль грають електромагнітні взаємодії, оскільки гравітаційні порівняно з ними малі (нейтралізація зарядів тут не має місця). Особливо важливо, що електромагнітні взаємодії приводять у мікросвіті до зв'язаних станів елементарних частинок та їх систем. Саме вони об'єднують ядро і електрони в атом, молекулу, кристал. У свою чергу, електромагнітні сили іонізують атом, приводять до розпаду ядра і т. п.

Процеси перебудови в системах заряджених частинок, які викликаються електромагнітними взаємодіями, ведуть до поглинання і випромінювання квантів електромагнітного поля – до випромінювання і поглинання світла. Всі хімічні реакції і біологічні процеси зумовлені також електромагнітними взаємодіями.

Електромагнітні взаємодії залишаються і в наступній області, тобто після 10^{-15} м, але тут більш інтенсивно проявляються сильні взаємодії (для адронів). Результатом сильних взаємодій є, наприклад, зв'язаний стан нуклонів в ядрі. В загальному випадку сильні взаємодії ведуть до взаємних перетворень елементарних частинок.

Наряду із сильними, а для лептонів незалежно від них, проявляються слабкі взаємодії, їх основна арена – процес розпаду елементарних частинок, наприклад, β -розпад.

Концепція взаємодій є фундаментальною для всіх фізичних теорій і дозволяє розглянути їх з єдиної точки зору. Вона об'єднує питання як руху, так і будови матерії. Почнемо з механіки, для якої характерні

об'єкти – матеріальні точки (тіла) з моментом імпульсу $p \cdot r \gg \hbar$.
В цьому випадку можна говорити про координату матеріальної точки та

її імпульс у кожен момент часу, тобто про кінематичний опис руху за допомогою рівняння $x = x(t)$, про траєкторію, швидкість, прискорення.

У макроскопічній області, де можливе вимірювання швидкості, імпульс визначається за формулою:

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (1)$$

або при $v \ll c$ – формулою:

$$p = m_0 v; \quad (2)$$

де m_0 – маса спокою тіла.

Як відомо, між енергією і імпульсом існує зв'язок, який описується формулою, яка є універсальною для будь-яких фізичних об'єктів:

$$E = c \sqrt{p^2 + m_0^2 c^2}. \quad (3)$$

Якщо $p < m_0 c$, то формула (3) дає для енергії:

$$E = \frac{p^2}{2m_0} + m_0 c^2. \quad (4)$$

Оскільки маса спокою не змінюється (область класичної механіки), то до розрахунку приймають тільки кінетичну енергію:

$$E = \frac{p^2}{2m_0} + \frac{m_0 v^2}{2}. \quad (5)$$

Динамічний опис руху полягає у визначенні швидкості зміни імпульсу в часі, який передається матеріальній точці від зовнішньої системи в результаті взаємодії:

$$\frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t} = \vec{F} \quad (6)$$

Швидкість передачі імпульсу $\vec{p}$ є не що інше, як діюча на матеріальну точку сила. Таким чином, основне рівняння динаміки і другий закон Ньютона одержує «природне» тлумачення: вони виражають процес обміну імпульсом між системою і матеріальною точкою.

Формули (5) і (6) входять в ядро класичної механіки і застосовуються тільки для електромагнітної і гравітаційної взаємодії відповідно до макроскопічного прояву останніх.

Крім цього, гравітаційна взаємодія підкоряється закону тяжіння Ньютона:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \quad (7)$$

а електромагнітна взаємодія – закону Кулона:

$$F = k \frac{e_1 e_2}{r^2} \quad (8)$$

Але ці закони не розкривають механізму фундаментальних взаємодій. Необхідно підкреслити, що природа гравітаційної взаємодії взагалі ще не встановлена. Згідно теорії тяжіння Ейнштейна, сили тяжіння зв'язані зі зміною геометричних властивостей простору-часу під впливом матерії. Це зовсім інший механізм взаємодії, порівняно з прийнятим у квантовій теорії, де взаємодія зумовлена обміном частинками. Тому зараз багато зусиль докладається до пошуків гравітонів. Якщо гравітони дійсно існують, то може бути два підходи до проблеми тяжіння. Або гравітаційна взаємодія повністю підпадає під схему опису всіх інших взаємодій, тоді гравітон розглядається як частинка, що забезпечує взаємодію, або не підлягає їй, і тоді гравітони необхідно розглядати як новий вид матерії, який на рівні зі звичайною матерією здійснює викривлення простору-часу. Саме тому подальший розвиток теорії гравітаційної взаємодії є однією із найважливіших проблем сучасної фізики.

Тепер перейдемо до класичної електродинаміки, яка розглядає електромагнітну взаємодію. Ця взаємодія відбувається між електрично зарядженими тілами (зарядами) за допомогою електромагнітного поля.

Силова дія електромагнітного поля характеризується векторами $\vec{E}$ і $\vec{B}$.

Макроскопічний прояв електромагнітної взаємодії – це дія один на одного статичних зарядів, яка описується законом Кулона (8). В загальному випадку зв'язок поля із зарядами зводиться до встановлення залежності між $\vec{E}$ і $\vec{H}$ з одного боку, і розподілом і рухом зарядів (струмів) – з іншого. Така залежність відображається в системі рівнянь Максвелла.

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} H &= j + \frac{\partial D}{\partial t}; & \operatorname{div} B &= 0; \\ \operatorname{rot} E &= - \frac{\partial B}{\partial t}; & \operatorname{div} D &= \rho. \end{aligned}$$

де j – густина струму, ρ – густина заряду.

Але в цих рівняннях розглядається тільки одна сторона зв'язку між зарядами і полем – заряди породжують поле. В той же час дія цього поля на заряди, яка призводить до зміни характеру їх руху, у рівняннях не врахована. Тому ці рівняння необхідно доповнити ще виразом для сили Лоренца:

$$F_e = e \{ \vec{E} + \mu_0 [\vec{v} \cdot \vec{H}] \}.$$

З мікроскопічного погляду мова йде про випромінювання і поглинання квантів поля (фотонів) зарядом. При цьому електричні заряди завжди зв'язані зі статичними полями. Мікроструктуру цих полів складають віртуальні фотони. Вважається, що заряджена частинка, наприклад електрон, постійно випромінює і поглинає кванти електромагнітного поля, тому навколо нього існує хмарка віртуальних фотонів, яка і є статичним полем. Макрозаряд являє собою суму зарядів елементарних частинок, а його статичне поле також утворюється віртуальними фотонами, які випромінюються і поглинаються окремими частинками. Розміщення в такому полі іншого заряду супроводжується передачею йому імпульсу безпосередньо віртуальними фотонами, що і проявляється в

кулонівській взаємодії. Якщо ж заряди починають рухатись прискорено, то це призводить до випромінювання електромагнітних хвиль, які втрачають зв'язок із зарядом і вільно розповсюджуються в просторі. З мікроскопічної точки зору електромагнітні хвилі – це потік реальних фотонів. Зв'язок між макроскопічною і мікроскопічною картиною встановлюється таким співвідношенням. Згідно формули Планка енергія фотона:

$$\varepsilon = h\nu \quad (9)$$

З іншого боку, з формули (3) при $m_0 = 0$

$$\varepsilon = pc \quad (10)$$

Підставивши (9) в (10) маємо:

$$p = \frac{h\nu}{c} \quad (11)$$

Розглянемо, наприклад, як із квантового погляду можна одержати формулу Максвелла для світлового тиску, який здійснює на поверхню тіла потік монохроматичного світла, що падає перпендикулярно до поверхні.

Нехай на одиницю площі поверхні тіла за одиницю часу падає n фотонів. Якщо коефіцієнт відбивання світла дорівнює ρ , то $n\rho$ фотонів відбивається, а $(1 - \rho)n$ поглинається. Якщо імпульс фотона p_δ , то

при відбиванні фотон передає стінці імпульс рівний $2p_\delta$, тому що при відбиванні вектор імпульсу фотона змінює знак на протилежний. Кож-

ний фотон, який поглинається, передає стінці імпульс $p_\delta = \frac{h\nu}{c}$.

Тиск світла на поверхню дорівнює імпульсу, який передають стінці

за одну секунду всі n фотонів: $p = 2 \frac{h\nu}{c} \rho n + \frac{h\nu}{c} (1 - \rho)n$ або

$$p = n \frac{h\nu}{c} (1 + \rho)$$

Це і є формула Максвелла, але записана на «квантовій мові». Справа в тому, що $n h \nu = I$ і є енергією всіх фотонів, падаючих на одиницю

поверхні за одиницю часу, тобто інтенсивність світла

$$p = I/c(1 + \rho).$$

У мікрообласті простору (10^{-8} - 10^{-15} м) механічна схема опису руху і взаємодії перестає діяти. Це пояснюється тим, що взаємодія веде до зміни енергії й імпульсу, а в області, яка розглядається, їх величина стає порівняною зі значенням енергії й імпульсу самих зв'язаних систем.

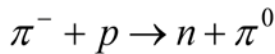
Якщо частинка зв'язана в області Δx , то невизначеність імпульсу, яка зумовлена випромінюванням і поглинанням віртуальних квантів визна-

чається принципом невизначеності:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar.$$

Це співвідношення визначає межу механічного опису руху, оскільки одночасно визначити значення координати й імпульсу не вдається. Електромагнітна взаємодія описується тут тільки квантовою теорією. Наприклад, якщо електрон зв'язаний в області 10^{-10} м (в атомі), то замість точного значення координати в будь-який момент часу можна практично виміряти і теоретично визначити ймовірність розподілу електронів в просторі. Орбіти виступають тут як найбільш ймовірні місця знаходження електрона в атомі. Не знаючи координату і швидкість, неможливо одночасно визначити потенціальну і кінетичну енергії електрона, однак повна енергія має певне значення, зберігається і вимірюється.

Розглядаються квантовою теорією і взаємодії в області простору від 10^{-15} до 10^{-17} м. Але тут поряд з електромагнітною взаємодією діють сильна і слабка взаємодії. Для цих взаємодій характерне нове принципове положення: процеси взаємодії ведуть до зміни стану частинок, причому змінюються і їх маси спокою, тобто зникають одні частинки, а виникають інші в рамках законів збереження. Задача вивчення взаємодії така: визначається число і стан частинок до взаємодії, а потім – число і стан частинок після взаємодії. Як приклад, наведемо декілька реакцій, які викликаються сильною і слабкою взаємодіями. Так, наприклад, піони сильно взаємодіють з нуклонами:



Сума зарядів (електричного, баріонного, лептонного) в початковому і кінцевому станах не змінюється, також виконується енергетичний баланс: енергії частинок, які вступають в реакцію, повинно бути достатньо для утворення кінцевих частинок і надання їм руху у відповідності з законом збереження імпульсу.

Слабкою взаємодією викликаний β -розпад нейтрона:

$$n \rightarrow p + e^{-} + \tilde{\nu}$$

У силу малого радіуса дії сильна і слабка взаємодії не утворюють макроскопічних подів. Роль кванта сильної взаємодії грає π -мезон. Ця частинка існує реально. Сильна взаємодія між нуклонами або іншими адронами пояснюється аналогічно електромагнітній: здійснюється обмін віртуальним піоном. Таким же чином здійснюється і слабка взаємодія. Переносником слабкої взаємодії є векторні бозони, які також виявлені у вільному стані.

І, нарешті, статистична теорія, яка вивчає теплову форму руху матерії. Загальні ідеї про взаємодію охоплюють і цю форму руху. Макроскопічне тіло складається з величезної кількості взаємодіючих між собою мікрооб'єктів – атомів, іонів, молекул. Кожний із них характеризується універсальними величинами – енергією й імпульсом. Але їх зміни в окремих елементарних актах взаємодії носять випадковий характер і прослідкувати за кожною з частинок неможливо. Тому вивчають розподіл випадкових величин по всій сукупності великого числа частинок. Цей розподіл має динамічний характер і визначає значення параметрів макроскопічного стану тіла: температури, внутрішньої енергії тощо.

Такі основні риси концепції фізичних взаємодій, яка зв'язує фундаментальні фізичні теорії в єдину фізичну картину світу і дозволяє з'ясувати фізичну суть великої кількості фізичних явищ, які вивчаються в шкільному курсі фізики і астрономії.

2.6. Формування поняття дуалізму в природничих науках

«Природа не терпить самотності», – говорив свого часу Цицерон. У наш час інтерес науковців до поняття дуалізму неухильно зростає. З'являються навіть роботи, в яких дуалізм розглядається як основоположний принцип, який визначає усі процеси і явища в природі.

У фізиці термін «дуалізм» в широкому розумінні означає:

- 1) існування протилежних властивостей у фізичних об'єктів;
- 2) використання протилежних понять для опису і пояснення фізичних явищ;
- 3) наявність протилежних тверджень у формулюванні законів, які керують фізичними явищами.

Найбільш фундаментальними проявами дуалізму є:

- корпускулярно-хвильовий дуалізм у властивостях елементарних частинок;
- наявність у природі речовини і поля, ферміонів і бозонів, частинок і античастинок, протилежних електричних зарядів, різного знака лептонних і баріонних чисел і т.п.;
- існування у фізичних системах сил відштовхування і сил притягання, одночасна дія яких визначає властивості фізичних систем;
- однозначність і ймовірність в законах фізики;
- дискретність і неперервність в природі, зв'язок між ними.

У шкільному курсі фізики знайомство учнів з поняттям дуалізму обмежується корпускулярно-хвильовим дуалізмом властивостей фотонів. Вважаємо, що настав час поширити це поняття і на частинки речовини,

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

як це зробив у 1924 році Луї де Бройль, який формулу переніс на будь-яку рухомих частинку речовини масою m .

Сформувати в учнів уявлення про хвильові властивості частинок – не проста методична задача. Пропонуємо застосувати при цьому проблемний метод вивчення матеріалу, використавши протиріччя між уявленнями про мікросвіт, які є в учнів після вивчення класичної фізики і тими уявленнями, які покладено в основу квантової теорії. Розглянемо такий уявний дослід. Нехай пучок електронів направляється на перешкоду з двома щілинами **A** і **B**. З іншої сторони перешкоди знаходиться лічильник Гейгера, який реєструє електрони. Нехай він знаходиться в точці **C** і реєструє щохвилини 100 електронів, які проходять через щілину **A** (рис. 50). Щілина **B** у цей час закрита. Якщо закрити щілину **A**, а відкрити щілину **B**, то швидкість рахунку нехай також буде дорівнювати 100 відлікам.

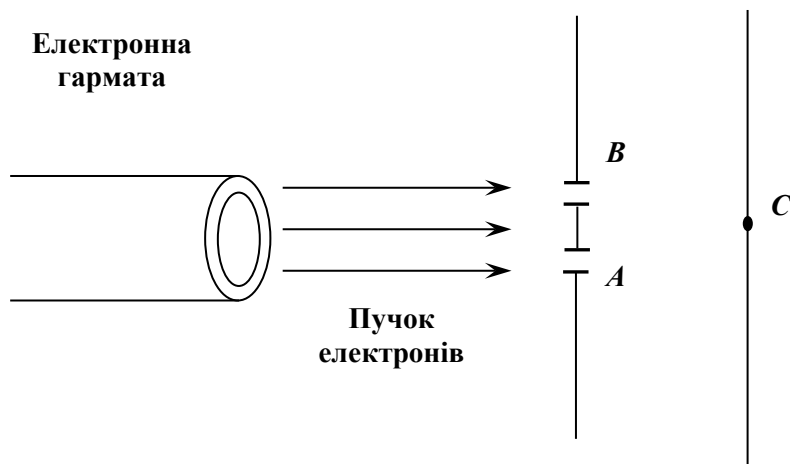


Рис. 50. Умовний експеримент, який ілюструє хвильові властивості електронів.

Звертаємось до класу з запитанням: «А як поведе себе лічильник, якщо спочатку відкрити тільки щілину *A*, а потім поступово відкривати щілину *B*?».

Усі учні майже однотайно відповідають: «Швидкість рахунку лічильника по мірі відкривання щілини *B* буде поступово збільшуватися від 100 до 200 відліків». Після цього вчитель повідомляє, що насправді дослід може показати зовсім протилежне, а саме: поступове зменшення від 100 відліків за хвилину і до нуля. Все залежить від того, в якій точці екрана знаходиться лічильник. В учнів таке повідомлення викликає здивування. Ще більший подив виникає в учнів, коли вчитель повідомляє про те, що можна знайти таке положення лічильника, в якому швидкість рахунку при відкриванні щілини *B* збільшується від 100 до 400 відліків за хвилину. В цьому разі електронів виявляється як би в 2 рази більше, чим при безпосередньому складанні окремих ефектів двох щілин.

Демонструємо учням очікуваний розподіл електронів на екрані у відповідно до класичної механіки (рис. 51), а потім показуємо істинний експериментальний розподіл (рис. 52). Якщо на місці екрану розташувати фотоплівку, то ми одержимо фотографію, яка зображена на рис. 53. Звертаємо увагу учнів, що ми одержали таку саму картину, як і за інтерференції світлових хвиль від двох щілин (рис. 54). Нагадуємо учням, що явище інтерференції є одним із доказів хвильового руху.

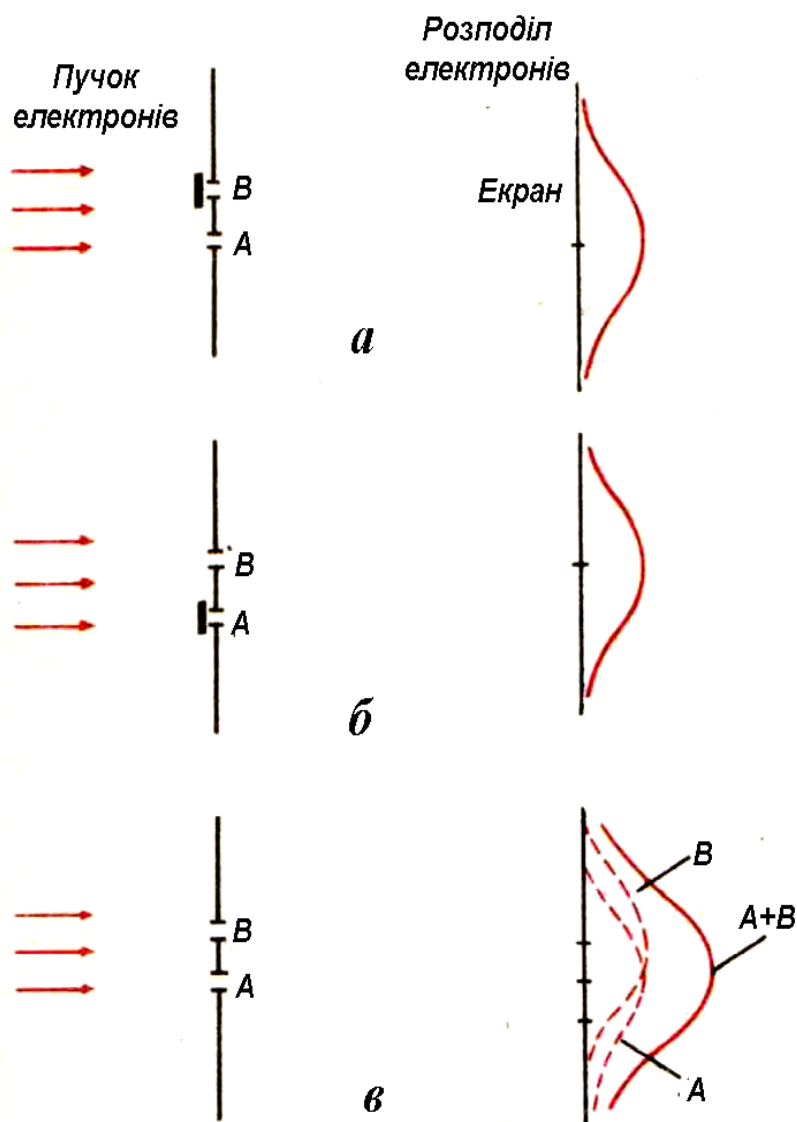


Рис. 51. Розподіл електронів згідно з класичною фізикою.

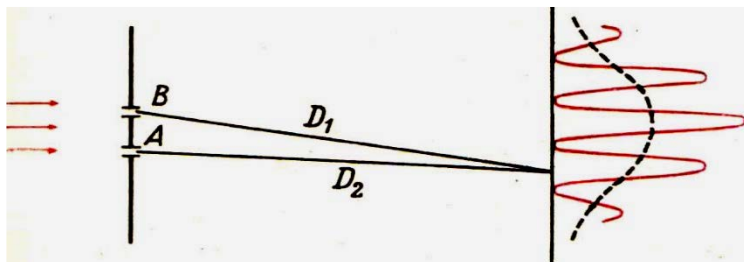


Рис. 52. Розподіл електронів згідно з квантовою теорією.

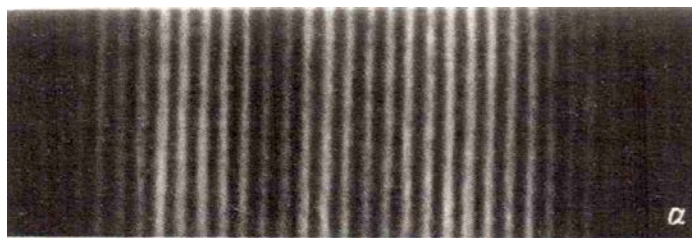


Рис. 53. Інтерференційна картина електронів від двох щілин.

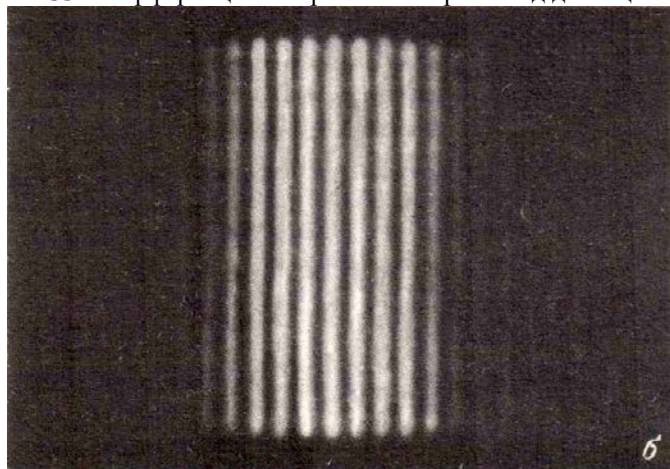


Рис. 54. Інтерференційна картина світла від двох щілин.

Робимо висновок: електрони, які проходять через щілину, мають хвильові властивості.

Ідея Л. де Бройля була спочатку неправдоподібною, оскільки не було дослідних даних, які б підтверджували існування хвильових властивостей частинок. А. Ейнштейн у листі до М.Б. орна з приводу дисертації Л. де Бройля писав так: «Прочитайте її! Хоч і здається, що її писав божевільний, написана вона солідно».

Учням необхідно розповісти про досліди К. Девісона і Л. Джермера, а також досліди Дж. Томсона, у яких вперше спостерігалась дифракція електронів та експериментально підтвердилась гіпотеза Л. де Бройля. Дуже важливими були й досліди В. О. Фабриканта та ін., у яких доведено, що хвильові властивості притаманні кожному електрону зокрема.

Відповідно до гіпотези Л. де Бройля на дослідах були виявлені хвильові властивості пучків рухомих протонів, нейтронів, а також атомів і молекул. Таким чином було доведено, що кожна рухома частинка має хвильові властивості. Проте вони не можуть бути виявлені в макрочастинках, бо завдяки значній масі довжина хвилі де Бройля для них дуже мала. Наприклад, для кульки масою 1 г при швидкості руху 1 см/с, $\lambda = 6,5 \cdot 10^{-29}$ м. Для порівняння оцінимо довжину хвилі де Бройля, яка відповідає рухомому електрону. Рухаючись в електричному полі з різницею потенціалів 1 В, електрон набуває швидкості близько $6 \cdot 10^5$ м/с. Підставивши значення у формулу де Бройля, дістанемо:

$$\lambda = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 6 \cdot 10^5} = 10^{-9} \text{ м.}$$

Довжина хвилі електрона має довжину хвилі звичайних рентгенівських променів, які легко можна виявити.

Відкриття хвильових властивостей електрона показало, що електрон не можна уявляти у вигляді маленької дробинки або кульки. Електрон, як і будь-яка рухома мікрочастинка, має складну структуру з корпускулярними і хвильовими властивостями одночасно. Під час проходження через щілину або тонку фольгу електрони реалізують свої хвильові властивості, а коли потрапляють на фотоплівку – свої корпускулярні властивості, реєструючись у деяких точках фотоплівки.

Корпускулярно-хвильовий дуалізм необхідно розуміти як потенціальну здатність мікрочастинки проявляти різні свої властивості залежно від зовнішніх умов.

Необхідно зауважити, що де-бройлівська хвиля не являє собою електромагнітну хвилю або хвилю якого-небудь іншого фізичного поля. Як показав М. Борн, її необхідно розглядати як хвилю ймовірності. Квадрат амплітуди дебройлівської хвилі в поданій точці простору є мірою ймовірності того, що частинка перебуває в цій точці.

Розглянемо інші прояви дуалізму в природі. Залежно від характеру й числа фундаментальних властивостей, які притаманні елементарним частинкам, визначається зміст таких понять, як однакові й різні частинки. Граничним випадком однаковості є тотожність частинок або фізичних об'єктів, коли між об'єктами немає ніякої різниці ні в їхніх властивостях, ні в структурі, ні в поведінці. Такими тотожними об'єктами є, наприклад, електрони, які перебувають в однакових умовах. Якщо, наприклад, в атомі замінити електрони на інші електрони, то при цьому нічого не зміниться. Граничним випадком відмінності є протилежність фізичних об'єктів, коли об'єкти не мають ніяких однакових властивостей. Відзначимо, що частинки й античастинки не є протилежними об'єктами, оскільки вони, крім різних властивостей (різні заряди), мають і однакові властивості (однакові за величиною спіни й маси). Їх можна вважати полярними об'єктами.

Звертаємо увагу учнів на той факт, що відомі мікрофізичні системи складаються з різних частинок. Однакові частинки або не взаємодіють, або відштовхуються одна від одної й фізичних систем із якісно новими властивостями не утворюють. Так, наприклад, електрони, протони, нейтрони відокремлено не утворюють фізичних систем, але, поєднуючись, утворюють ядра й атоми різних речовин. Таким чином, **дуалізм елементарних частинок має дуже велике значення для формування властивостей фізичних систем. Поява якісно нових властивостей можлива тільки за взаємодії суттєво різних частинок.**

Значну увагу необхідно приділити формуванню дуалістичного світогляду на речовину й поле. Їх вважають протилежними об'єктами, які неможливо звести й відділити одне від одного. Нерозривна взаємодія речовини й поля є основою всіх явищ природи у макросвіті, які ми спостерігаємо.

У мікросвіті стираються межі між полем і речовиною. Як речовина, так і поле складаються з елементарних частинок, котрі взаємоперетворюються. На зміну дуалістичним поняттям речовини й поля приходять відповідні їм поняття ферміонів і бозонів, які відрізняються спіном. Окрім цього, ферміони можна вважати «індивідуалістами», в одному стані може перебувати тільки один ферміон (принцип Паулі), бозони ж є «колективістами», вони можуть заселяти той самий стан у необмеженій кількості.

Об'єктивний дуалізм природи знаходить своє відображення й у важливих фізичних поняттях. До них належать поняття дискретності й неперервності. Ці поняття не можна звести одне до одного, як не можна обмежитися використанням одного з них. Їх не можна відокремити одне від одного, оскільки вони нерозривно взаємопов'язані у всіх фізичних

явищах. Це пояснюється тим, що в них обов'язково беруть участь частинки й поля, які і вносять своїми фундаментальними властивостями елементи дискретності й неперервності.

Дуалізм існує і в одночасному існуванні однозначного та імовірнісного опису фізичних явищ. Неможливо обмежитися тільки одним способом опису фізичних явищ. Класичний детермінований опис виступає як опис найімовірнісного протікання фізичного явища. Тому імовірність не відкидає однозначність, а вказує на її обмежену область дії. Класичний детермінізм виступає як граничний випадок імовірнісної форми причинності. Поведінці окремого мікрооб'єкту властива як випадковість, так і необхідність. Поведінка частинки виступає як випадковість, а імовірність цієї поведінки – як необхідність. Потрапляння електрона, який пройшов щілину, в ту чи іншу точку екрана, є випадковим, а виникнення на екрані результуючої дифракційної картини є необхідним.

Особливу увагу вчителю необхідно приділити в XI класі заключній лекції «Сучасна фізична картина світу». Саме в цій лекції вчитель має можливість розглянути дуалізм у фізиці, розповісти про інші важливі проблеми сучасної фізики, особливо про ті, які ще нею не розв'язані. «Нехай учні відчують, що вивчене в школі – це дуже мала частина того, що відомо сучасній фізиці. Нехай їм захочеться заглянути в цей дивовижний світ сучасних фізичних ідей і по-справжньому зрозуміти те, що залишається не вивченим в школі, нехай у них виникне бажання продовжити свою природничо математичну освіту».

Список використаних джерел

1. Закон України «Про освіту». Стаття 55. Права та обов'язки батьків здобувачів освіти.
2. Про затвердження концепції розвитку педагогічної освіти (№776 від 16.07.2018). URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-konceptsiyi-rozvitku-pedagogichnoyi-osviti> (дата звернення 22.02.2020 р)
3. Андерсон О. А. та ін. Біологія і екологія: підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти: рівень стандарту/О. А. Андерсон, М. А. Вихренко, А. О. Чернінський, С. М. Мінос. К.: Школяр, 2019. 216 с.
4. Біленко О. В., Пелагейченко М. Л. Технології: Підручник для 10 (11) класу закладів загальної середньої освіти. Рівень стандарту. Тернопіль: Астон, 2018. 272 с.
5. Білик Ж. Методика та організація навчально-дослідницької діяльності учнів з біології в контексті STEM-підходу в освіті / Ж. Білик, К. Посто́ва // Освіта та розвиток обдарованої особистості. 2017. №6. С. 27-31.
6. Буковська О. Роль та місце математики у STEM-навчанні (інтерактивний урок математики та біології, 9 клас) / О. Буковська // Математика в рідній школі. 2018. №11. С. 19-25.
7. Вагіна Н. Елементи навчання математики у STEM-орієнтованому освітньому просторі / Н. Вагіна // Математика в рідній школі. 2018. №4. С. 43-48.
8. Величко Л. П. Хімія: підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти: профіл. рівень / Л. П. Величко. К.: Школяр, 2018. 296 с.
9. Войтюк Т. STEM-освіта – шлях в майбутнє / Т. Войтюк // Сучасна школа України. 2017. № 7. С. 4-9.
10. Гончаренко С. У. Методика як наука. Хмельницький: ХГПК, 2000. 30 с.
11. Гончаренко С. І. Фізика: Навчальний посібник для 11 класу школи III ступеня. К.: Освіта, 1995.
12. Дармосюк В. М., Манькусь І. В., Васильєва Л. Я Інноваційне освітнє середовище як фактор підвищення якості вищої освіти/ Інженерні та освітні технології // 2019. Т 7. №3. С. 40-49.
13. Дармосюк В. М., Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С., Пархоменко О. Ю. Інноваційне освітнє середовище: технології створення / Інженерні та освітні технології // 2020. Т 8(1). С. 85-94.
14. Дінжос В. Модель формування технологічної компетентності майбутнього викладача природничо-математичних дисциплін // Питання удосконалення змісту і методики викладання природничо-математичних дисциплін у середній і вищій школі / Щорічний науково-методичний журнал. Миколаїв, 2020. Випуск 26.

15. Дінжос Р. В., Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С. Підготовка вчителя: сучасний вимір. Миколаїв: Іліон, 2021. 292 с.
16. Дінжос Р. В., Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С., Дармосюк В. М. Технологічна компетентність майбутнього викладача природничо-математичних дисциплін як складова його професійної підготовки / Фізико-математична освіта. 2020. Випуск 1(23). С. 76-82.
17. Дінжос Р. В., Недбаєвська Л. С., Манькусь І. В. STEM-майданчики як компонент розвитку нової української школи // Питання удосконалення змісту і методики викладання природничо-математичних дисциплін у середній і вищій школі. Миколаїв, 2018. №24. С. 5-7.
18. Заїка В. STEM-освіта: інноваційна технологія для розвитку здібностей учнів / В. Заїка, І. Переяслова // Директор школи. 2018. № 19-20. С. 65-76.
19. Засекіна Т. М. Фізика і астрономія (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Ляшенка О. І.) : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. К. : УОВЦ «Оріон», 2019. 304 с.
20. Засекіна Т. М. Фізика (профільний рівень) : підруч. для 10 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. К. : УОВЦ «Оріон», 2018. 304 с.
21. Засекіна Т. М. Фізика (профільний рівень, за навчальною програмою авторського колективу під керівництвом Локтева В. М.) : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти / Т. М. Засекіна, Д. О. Засекін. К. : УОВЦ «Оріон», 2019. 304 с.
22. Істер О.С. Математика : (алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту) : підруч. для 11-го кл. закл. заг. серед. освіти / Олександр Істер. Київ : Генеза, 2019. 304 с.
23. Коваленко О. STEM-освіта : досвід упровадження в країнах ЄС та США / О. Коваленко, О. Сапрунова // Рідна школа. 2016. № 4. С. 46-48.
24. Компетентнісний підхід до підготовки педагогів у зарубіжних країнах: теорія та практика: монографія / Н. М. Авшенюк, Т. М. Десятов, Л. М. Дяченко, Н. О. Постригач, Л. П. Пуховська, О. В. Сулима. – Кіровоград: Імекс – ЛТД, 2014. 280 с.
25. Концептуальні засади реформування середньої школи «Нова українська школа». Міністерство освіти і науки України. К., 2016.
26. Концепція НУШ https://nus.org.ua/wp-content/uploads/2017/09/razdel_1_Oglyad.pdf
27. Кузьменко О. Інтеграція фізики і дисциплін професійної підготовки у контексті розвитку STEM-освіти / О. Кузьменко // Рідна школа. 2018. №5-8. С. 69-72.

28. Кузьменко О. Програмно-педагогічне забезпечення у навчанні фізики як елемент STEM-освіти в технічних закладах вищої освіти / О. Кузьменко, Н. Гончарова // Вища школа. 2018. № 5-6. С. 66-78.

29. Манькусь І. В., Дармосюк В. М., Васильєва Л. Я Інноваційне освітнє середовище як фактор підвищення якості вищої освіти // Інженерні та освітні технології. 2019. Т 7. №3. С. 40-49. DOI 10.30929/2307-9770.2019.07.03.04

30. Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С. Технологія майстер-класу джерело формування професійних компетентностей викладача // Витоки педагогічної майстерності. Полтава, 2017. №1. С. 229-233.

31. Манькусь І. В., Недбаєвська Л. С., Дармосюк В. М. Впровадження STEM-майданчиків як сучасних освітніх середовищ у професійній діяльності вчителя // Фізико-математична освіта, 2019. №1 (19). С. 130-134. DOI 10.31110/2413-1571-2019-019-1-020.

32. Мерзляк А. Г. Математика : алгебра і початки аналізу та геометрія, рівень стандарту : підруч. для 11 кл. закладів загальної середньої освіти / А. Г. Мерзляк, Д. А. Номіровський, В. Б. Полонський та ін. Х. : Гімназія, 2019. 208 с.

33. Навчальна програма з фізики для 7-9-х класів для загальноосвітніх навчальних закладів затверджена наказом МОН від 07.06.2017 року № 804.

34. Не пропустити четверту промислову революцію. STEAM-освіта – світовий тренд, що прийшов до України // Соціальний педагог. 2018. № 8. С. 4-6.

35. Огнев'юк В. О., Утюж І. Г. Філософія. Історія філософії : Підручн. Для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. (профільний рівень). К. : Грамота, 2010. 256 с.

36. Поліхун Н. І. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України / Н. І. Поліхун, І. А. Сліпухіна, І. С. Чернецький // Освіта та розвиток обдарованої особистості. 2017. № 3. С. 5-9.

37. Сухомлинський В. О. Вибрані твори: У 5 т. Т. 4. К.: Рад. шк., 1976. 638 с.

38. Тименко В.П. Педагогічний дизайн. Практична обдарованість. Естетична обдарованість / Енциклопедія освіти: 2-ге вид. Київ: Юрінком Інтер, 2021. 1148 с.

39. Швайка Н. Елементи STEM-навчання на уроках біології як важливий чинник соціалізації учнів / Н. Швайка // Біологія. 2019. № 3. С. 2-12.

40. STEM-освіта. Методичні рекомендації // Управління освітою. 2018. № 10. С. 18-31.

ДЛЯ НОТАТОК

Наукове видання

Дінжос Роман Володимирович,
професор, доктор технічних наук;
Манькусь Ірина Володимирівна,
доцент, кандидат педагогічних наук;
Недбаєвська Людмила Степанівна,
доцент, кандидат педагогічних наук.

ПІДГОТОВКА ВИКЛАДАЧА: ДИЗАЙН ОСВІТНЬОГО СЕРЕДО- ВИЩА

Монографія

Редактор *О. Михайлова*
Комп'ютерна верстка *К. Гросу-Грабарчук*
Друк *С. Волинець*. Фальцювальню-палітурні роботи *О. Мішалкіна*.

Підп. до друку 24.09.2025.
Формат 60х84 ¹/₁₆. Папір офсет.
Гарнітура «Times New Roman». Друк різограф.
Ум. друк. арк. 11,16. Обл.-вид. арк. 8,22.
Тираж 50 пр. Зам. № 7075.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.
54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.