Карпатський національний університет імені Василя Стефаника
Факультету природничих наук
Кафедра хімії середовища та хімічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття другого (магістерського) рівня вищої освіти
на тему:

Формування ключових та предметних компетентностей з хімії в закладах середньої освіти з використанням штучного інтелекту

Виконав: здобувач другого
(магістерського) рівня вищої освіти,
групи
Спеціальності: ----------
Криницька Надія Миколаївна

Керівник Лучкевич Є.Р.

Рецензент:

Івано-Франківськ – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП……..3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДҐРУНТЯ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ ТА ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ З ХІМІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
1.1. Аналіз сутності ключових та предметних компетентностей з хімії у закладах середньої освіти …….....6
1.2. Процес формування ключових та предметних компетентностей на уроках хімії.....15
1.3. Можливості інструментів штучного інтелекту у формуванні ключових та предметних компетентностей з хімії……...……22
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ ТА ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ З ХІМІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
2.1. Організація дослідження рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладу середньої освіти……28
2.2. Результати дослідження рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладу середньої освіти……31
2.3. Розробка методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії з використанням штучного інтелекту……....39
ВИСНОВКИ……...……59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……..……..63
ДОДАТКИ……..……69

ВСТУП

Сучасний етап розвитку національної системи освіти, позначений реформою «Нова українська школа» (далі – НУШ), вимагає кардинального переходу від парадигми «знаннєвої» освіти до компетентнісного підходу. Це передбачає формування не лише глибоких предметних знань з хімії (законів, теорій, уміння розв'язувати задачі), але й ключових компетентностей (XXI століття), необхідних для успішної самореалізації в умовах динамічного світу (таких як математична, екологічна, підприємницька та навчання впродовж життя).

Актуальність даного дослідження зумовлена низкою факторів. Основним з них є недостатня ефективність традиційних методик в контексті НУШ, адже вимоги НУШ акцентують увагу на діяльнісному підході та практичному застосуванні знань. Проте, дослідження та результати оцінювання свідчать, що значна частина учнів демонструє лише середній і низький рівні сформованості компетентностей. Знання часто залишаються фрагментарними, несистемними і не перетворюються на стійкі практичні вміння (наприклад, у сфері хімічного розрахунку чи аналізу експерименту), що прямо суперечить сутності реформи.

Також стрімкий розвиток інформаційних технологій, особливо штучного інтелекту (далі – ШІ), докорінно змінює вимоги до освіти. У рамках НУШ учні мають не лише користуватися технологіями, а й розвивати критичне мислення для підтвердження або спростування інформації, згенерованої ШІ, що є важливим компонентом інформаційно-цифрової компетентності. Це створює педагогічний запит на розробку методик, де ШІ виступає не просто інструментом, а персоналізованим ментором в освітньому діалозі.

Крім того, підготовка учнів вимагає персоналізації навчання, що є одним із наскрізних принципів НУШ. Технології ШІ (адаптивне тестування, чат-боти-ментори) можуть ефективно діагностувати індивідуальні прогалини

у знаннях у реальному часі та автоматично генерувати коригуючі завдання, що неможливо реалізувати при традиційному навчанні.

Іще хімія є ідеальною платформою для інтеграції ключових компетентностей, що є серцевиною НУШ. ШІ дозволяє моделювати складні екологічні та економічні сценарії (наприклад, вплив промисловості), що сприяє формуванню екологічної та підприємницької компетентностей, роблячи хімію значущою для повсякденного життя.

Тому розробка та експериментальне обґрунтування методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії в закладах середньої освіти шляхом цілеспрямованого використання потенціалу штучного інтелекту є своєчасним та має високу практичну цінність для реалізації принципів НУШ і модернізації хімічної освіти в Україні.

Об'єктом дослідження виступає процес формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладів середньої освіти.

Предметом дослідження є методика використання штучного інтелекту як засобу формування ключових та предметних компетентностей з хімії.

Мета дослідження – **т**еоретично обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладів середньої освіти з використанням технологій штучного інтелекту.

Гіпотеза дослідження полягає у наступному: формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладів середньої освіти буде відбуватися більш ефективно у порівнянні з традиційною методикою, за умови теоретичного обґрунтування та практичної реалізації методики, в снові якої – цілеспрямоване використання інструментів штучного інтелекту.

1. Уточнити сутність ключових та предметних компетентностей з хімії у закладах середньої освіти.

2. Визначити можливості інструментів штучного інтелекту у формуванні ключових та предметних компетентностей з хімії.

3. Здійснити дослідження рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладу середньої освіти.

4. Розробити та експериментально апробувати методику формування ключових та предметних компетентностей з хімії з використанням штучного інтелекту.

У ході дослідження нами було використано комплекс методів дослідження: 1) теоретичні – аналіз, синтез, узагальнення, систематизація наукової та навчально-методичної літератури; 2) емпіричні – педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний, контрольний етапи), спостереження, тестування, аналіз результатів навчальної діяльності учнів; 3) методи математичного обрахунку експериментальних даних.

Експериментальна база дослідження: гімназія № 261 м. Києва, у педагогічному експерименті взяли участь 58 учнів.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що розроблено та обґрунтовано методику формування ключових та предметних компетентностей з хімії, інтегровану з інструментами штучного інтелекту, яка може бути використана в освітньому процесі. Створено діагностичний інструментарій для оцінки рівнів сформованості в учнів ключових та предметних компетентностей з хімії. Матеріали дослідження можуть бути використані при підготовці вчителів хімії, у системі підвищення кваліфікації педагогічних працівників, а також для розробки електронних навчальних курсів

Обсяг і структура кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг становить 76 сторінок, список використаних джерел – 60 найменувань.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДҐРУНТЯ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ ТА ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ З ХІМІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

1.1. Аналіз сутності ключових та предметних компетентностей з хімії у закладах середньої освіти

У XXI столітті система освіти зазнала суттєвих змін після ухвалення Національної доктрини, у якій визначено, що головною умовою розвитку є формування всебічно розвиненої особистості, здатної самостійно та логічно мислити, по-новому ставитися до навчання, ефективно застосовувати набуті знання й бути компетентною у своїй діяльності. Саме на цих засадах побудована концепція Нової української школи – школи гуманного ставлення, гармонійного розвитку педагога й учня, де основним критерієм успішності виступає здатність навчатися впродовж усього життя.

Мета хімічної освіти в умовах Нової української школи полягає у розкритті сутності науки про речовини, формуванні в учнів уміння співставляти поняття та факти, сприянні всебічному розвитку особистості. Вона передбачає виховання екологічного мислення, формування компетентного учня, який здатен застосовувати набуті знання й уміння на практиці, самостійно здобувати нову інформацію в процесі соціалізації в школі [42, с. 43].

З позиції І.В. Родигіної, компетентнісний підхід спрямований на формування в учнів не лише знань, а й умінь ефективно їх застосовувати в реальному житті. Він орієнтований на розвиток ключових компетентностей, необхідних для успішної самореалізації в суспільстві, зокрема критичного мислення, комунікабельності, творчості та здатності до співпраці. Такий підхід змінює акценти в освітньому процесі: від запам’ятовування інформації – до розуміння, аналізу й практичного використання знань. Учитель у цьому

контексті виступає не лише джерелом інформації, а наставником і партнером у навчанні, який допомагає учням формувати власний досвід, розвивати ініціативність і вчитися впродовж усього життя [46, с. 14].

У системі освіти система компетентностей має трирівневу ієрархічну структуру, яка включає в себе:

1) ключові компетентності (надпредметний рівень) – сюди відноситься вивчення всіх предметів, в комплексі. Це найширші і фундаментальні компетентності, які стосуються всієї системи навчання і є життєво необхідними для успішної самореалізації особистості у суспільстві. Вони формуються під час вивчення усіх навчальних предметів і виходять за їхні межі. Наприклад: навчання впродовж життя – це здатність самостійно шукати знання, організовувати своє навчання та оцінювати власний прогрес; соціальна та громадянська компетентність – це вміння працювати в команді, приймати рішення, поважати культурне розмаїття; інформаційно-цифрова компетентність – це впевнене та критичне використання інформаційно-комунікаційних технологій. Ключові компетентності є базою для всіх інших видів компетентностей і є наскрізними для освітнього процесу;

1) загальнопредметні (міжгалузеві) компетентності (міжпредметний рівень) – охоплюють групи предметів, пов'язаних між собою спільною галуззю знань, методами чи сферою застосування (наприклад, природнича, гуманітарна, математична галузі). Вони формуються на перетині кількох споріднених дисциплін. Наприклад: природнича компетентність формується при вивченні фізики, хімії, біології та географії (стосується розуміння законів природи); мовно-літературна компетентність – розвивається через вивчення української мови, іноземних мов та літератури (стосується ефективної комунікації та аналізу текстів). Вони слугують містком між абстрактними ключовими компетентностями та конкретними навичками, необхідними в межах окремого предмета;

3) предметні компетентності (конкретний рівень). Вони поєднують у собі і ключові, і загальнопредметні компетентності, але мають чітко

визначене завдання і формуються на протязі вивчення одного конкретного предмету (або модуля). Наприклад: компетентність з хімії – це вміння проводити титрування, записувати рівняння реакцій, пояснювати хімічні зв'язки; компетентність з історії – це здатність аналізувати історичні джерела, порівнювати позиції історичних діячів, встановлювати хронологічну послідовність подій. Вони демонструють, наскільки учень засвоїв знання, вміння та навички, характерні саме для цієї навчальної дисципліни, і як він здатен їх застосовувати для вирішення типових завдань у даній сфері [23, с. 24].

Ця трирівнева система забезпечує цілісний підхід до освіти, де предметні знання підкріплені міжгалузевими навичками й і інтегровані в життєво важливі, універсальні здібності.

У контексті даного дослідження нас цікавлять ключові та предметні компетентності з хімії.

Мета хімічної освіти у закладах загальної середньої освіти полягає у формуванні в учнів цілісного уявлення про хімічну картину світу, усвідомленні ролі хімії в розвитку природи, техніки та суспільства, а також у вихованні наукового й екологічного мислення. Вивчення хімії сприяє розвитку пізнавальної активності, логічного та критичного мислення, умінь спостерігати, аналізувати й робити висновки. Важливим завданням є також формування в учнів практичних умінь безпечного використання хімічних речовин у побуті й повсякденному житті, а також усвідомлення відповідальності людини за наслідки своєї діяльності в навколишньому середовищі [32, с. 3].

Згідно з модельною програмою з хімії для 7-9 класів для закладів загальної середньої освіти» (за авторства О.В. Григоровича), внесок хімії у формування кожної з ключових компетентностей учнів полягає у наступному [33, с. 6-12]:

1. Компетентність «Вільне володіння державною мовою» – забезпечує здатність ефективно використовувати українську мову для пошуку та

засвоєння науково-технічної інформації з україномовних джерел під час виконання дослідницьких проєктів, а також включає вміння тлумачити хімічний зміст і грамотно описувати та аналізувати дослідження, використовуючи природничо-наукову термінологію. Володіння мовою також передбачає навички чіткої, лаконічної та аргументованої комунікації – формулювання запитань, доведення думок під час обговорень і презентацій, а також інтерпретацію візуальних даних (графіків, таблиць, інфографіки) та систематичне поповнення власного словникового запасу науковою термінологією українською мовою.

2. Компетентність «Здатність спілкуватися рідною (у разі відмінності від державної) та іноземними мовами» – забезпечує двонаправлену комунікацію: по-перше, вона дозволяє ефективно використовувати іншомовні джерела для пошуку, аналізу та критичної оцінки природничої та технічної інформації, необхідної для дослідницьких проєктів, зокрема, із застосуванням іншомовної наукової термінології. По-друге, вона охоплює вміння чітко та грамотно тлумачити цю інформацію (хімічного змісту, результати досліджень) рідною мовою (усно чи письмово), використовуючи відповідну наукову термінологію, а також обговорювати й успішно розв’язувати природничі проблеми, включно з екологічними. Нарешті, ця навичка передбачає активне поповнення наукового словника рідною мовою і застосування знань з інших мов для пояснення походження (етимології) наукових термінів.

3. «Математична компетентність» – полягає у вмінні застосовувати математичний апарат для роботи з природничими та технічними даними. Вона охоплює здатність оперувати ключовими математичними поняттями та величинами для точної характеристики природних об'єктів, явищ і технологічних процесів. Крім того, ця навичка передбачає ефективне використання математичних методів для повноцінного аналізу та візуальної презентації результатів досліджень, зокрема за допомогою графіків, таблиць та діаграм.

4. «Компетентності в галузі природничих наук, техніки і технологій» – передбачають практичну дослідницьку діяльність, а саме: здійснення точних вимірювань, фіксацію результатів та вміння оцінювати їхню достовірність. Вона включає систематизацію (класифікацію) природних об'єктів, явищ і технологічних процесів, а також їхню характеристику та пояснення, що вимагає використання мови природничих наук і відповідної наукової термінології. Ключовим елементом є здатність застосовувати наукові знання, досягнення техніки та технологій для вирішення як навчальних, так і реальних життєвих проблем. Компетентність завершується самостійним пізнанням природи, зокрема через експерименти, і якісною презентацією отриманих результатів.

5. Компетентність «Інноваційність» – є здатністю до творчого мислення та розвитку, що передбачає вміння аналізувати сучасні тенденції у природничих науках, техніці та технологіях. Ключовим елементом є генерація нових ідей – як для виконання вже визначених дослідницьких проєктів за поточною тематикою уроків, так і для розробки цілком нових проєктів, які сприятимуть глибшому засвоєнню, тлумаченню й аналізу навчальних явищ. Інноваційність також включає соціальний аспект: підтримку конструктивних ідей колег та активну допомогу в їхній реалізації.

6. «Екологічна компетентність» – є комплексною здатністю до активної взаємодії з довкіллям, що охоплює вміння виявляти, аналізувати та ефективно реагувати на екологічні виклики й проблеми, зокрема шляхом ініціювання та реалізації локальних екологічних проєктів. Вона передбачає прогнозування можливих екологічних наслідків людської діяльності та використання знань для тлумачення проблем і пропонування реалістичних шляхів їхнього вирішення. Критично важливою є здатність споживати природні ресурси в повсякденному житті, керуючись принципами збалансованого природокористування. На соціальному рівні ця компетентність вимагає боротьби з несправедливістю у суспільстві та роботи над розширенням можливостей для всіх людей робити вагомий внесок у

добробут спільноти та екосистем.

7. «Інформаційно-комунікаційна компетентність» – полягає в майстерному володінні ІКТ для підтримки навчальної та дослідницької діяльності. Вона охоплює здатність ефективно шукати, обробляти та візуально презентувати результати проєктів, застосовуючи сучасні цифрові інструменти. Крім того, це вміння використовувати наявний та створювати власний цифровий контент хімічного змісту, а також застосовувати інформаційно-комунікаційні технології для дослідження та аналізу довкілля.

8. Компетентність «Навчання впродовж життя» є ключовою для самостійного розвитку і полягає у свідомому управлінні власним навчанням. Вона охоплює вміння чітко визначати освітні цілі та обирати оптимальні шляхи і засоби для їх досягнення. Критично важливим є планування й ефективна організація власної проєктної діяльності, а також постійна робота над самовдосконаленням та здатність швидко адаптуватися до нових умов. Ця навичка також включає розвиток дослідницьких здібностей (зокрема, щодо вивчення природи) і обов'язкове здійснення рефлексії – аналізу власних дій та їхніх результатів.

9. «Громадянські та соціальні компетентності» визначають активну, відповідальну участь у житті громади та суспільства і охоплює кілька ключових сфер. По-перше, вона передбачає поширення суспільно значущої хімічної інформації, участь у вирішенні локальних екологічних проблем та залучення до цього громади, а також дотримання природоохоронного законодавства і відстоювання власної позиції у питаннях збереження довкілля та активну участь у відповідних заходах. По-друге, це здатність до ефективної співпраці в групі під час досліджень природи та реалізації проєктів. По-третє, це турбота про здоров'я: застосування досвіду досліджень і природоохоронної діяльності для збереження власного здоров’я та здоров’я інших, дотримання здорового способу життя та переконання оточуючих у пріоритетності здоров'я в сучасному суспільстві. Нарешті, компетентність включає спільну роботу з людьми різних поколінь та долучення до

суспільних процесів, спрямованих на покращення добробуту і досягнення сталого майбутнього, а також здатність працювати індивідуально і колективно у різних масштабах (від локального до глобального) для розуміння та вирішення складних проблем спільнот.

10. «Культурна компетентність» є здатністю об'єднувати науку і мистецтво. Вона полягає у вмінні використовувати досягнення природничих наук, технологій та технічних засобів для реалізації мистецьких задумів та ідей. Крім того, вона передбачає пояснення того, як природничо-наукові принципи та закономірності лежать в основі різних видів мистецтва.

11. Компетентність «Підприємливість і фінансова грамотність» поєднує ініціативність та економічне мислення в природничій сфері. Вона передбачає вміння генерувати, презентувати та втілювати ініціативи для вирішення природничих проблем у рамках проєктної діяльності. Ключовим є використання проєктів для створення різноманітних цінностей (матеріальних, соціальних, культурних). Компетентність охоплює прогнозування впливу природничих наук на розвиток технологій та нових підприємницьких напрямів, а також аналіз можливостей для заощадження природних ресурсів і прийняття відповідних рішень. Важливими елементами фінансової грамотності є страхування власного здоров’я і життя та обчислення економічного ефекту від реалізації прикладних наукових рішень.

Хімічна предметна компетентність учнів є складовою частиною ключової компетентності в галузі природничих наук і технологій. Оволодіння нею на базовому рівні передбачає здатність учнів мислити та діяти, спираючись на світоглядні орієнтири й ціннісні установки, сформовані під час вивчення хімії. Предметна компетентність з хімії є складним утворенням, основними компонентами якого є знаннєвий (пізнавальний), діяльнісний (поведінковий) і ціннісний (мотиваційний). Розглянемо їх докладніше.

Знаннєвий (пізнавальний) компонент. Цей компонент охоплює теоретичну базу та інформаційне наповнення компетентності. Він відображає

рівень засвоєння учнем основних понять, законів та фактів, необхідних для розуміння хімії як науки [1, с. 29].

Його складовими елементами є:

а) концептуальні знання – розуміння базових хімічних концепцій (атом, молекула, хімічний зв'язок, речовина, реакція, каталіз);

б) фактологічні знання – знання конкретних формул, назв речовин (номенклатури), властивостей основних класів сполук (кислоти, основи, солі, оксиди, органічні речовини);

в) методологічні знання – це знання основних законів хімії (закон збереження маси, закон сталості складу, періодичний закон) та вміння їх пояснювати;

г) хімічна мова – володіння системою символів, формул та рівнянь, необхідних для опису хімічних явищ [1, с. 29].

Тобто, учень може пояснити будову речовини, класифікувати її, описати механізм реакції та формулювати відповідні визначення.

Діяльнісний (поведінковий) компонент. Даний компонент є практичною реалізацією знань. Він охоплює вміння, навички та способи діяльності, які дозволяють учневі застосовувати теоретичні знання для вирішення конкретних завдань і проблем [1, с. 30].

Його складовими елементами є:

а) експериментальні навички – вміння безпечно поводитися з реактивами та лабораторним обладнанням, виконувати базові хімічні операції (фільтрування, розчинення, нагрівання) та спостерігати за ходом реакції;

б) розв'язання задач – вміння проводити розрахунки за хімічними формулами та рівняннями (стехіометрія), працювати з поняттями «моль», «концентрація», «вихід продукту»;

в) інформаційно-аналітичні вміння – здатність аналізувати умови хімічного процесу, планувати хід експерименту, робити висновки на основі отриманих даних та прогнозувати результати;

г) комунікативні навички – вміння презентувати результати свого дослідження, аргументувати свою позицію щодо хімічних питань [1, с. 30].

Тобто, учень розв'язує задачу, проводить лабораторну роботу, складає рівняння реакції та досліджує властивості речовини.

Ціннісний (мотиваційний) компонент. Даний компонент є основою особистісного ставлення до предмета. Він визначає мотивацію до навчання, усвідомлення значущості хімії та формування етичних та екологічних цінностей [1, с. 30].

Його складовими елементами є:

а) особистісна мотивація – це інтерес до хімії, прагнення до саморозвитку в цій галузі, усвідомлення потреби в знаннях для майбутньої професії чи життя;

б) світоглядні цінності – розуміння ролі хімії у формуванні наукової картини світу, усвідомлення єдності матерії та законів її перетворення;

в) етичне та екологічне ставлення – усвідомлення відповідальності за використання хімічних речовин (особливо небезпечних), розуміння впливу хімічних виробництв на навколишнє середовище та формування екологічної культури;

г) критичне мислення – здатність критично оцінювати інформацію про хімічні продукти, процеси та їхній вплив на здоров'я та життя [1, с. 31].

Тобто, учень проявляє ініціативу в дослідженнях, дотримується правил безпеки не з примусу, а через усвідомлення цінності життя та здоров'я, та аргументує необхідність сортування відходів з хімічної точки зору.

Тільки взаємодія всіх трьох компонентів формує справжню предметну компетентність. Учень, який знає, вміє і усвідомлює важливість є повноцінно компетентним у хімії.

Таким чином, сутність ключових і предметних компетентностей з хімії у закладах загальної середньої освіти полягає в тому, щоб сформувати в учнів уміння застосовувати хімічні знання на практиці, розуміти

закономірності перетворень речовин і усвідомлювати їх вплив на довкілля та життя людини. Такі компетентності поєднують наукове мислення, екологічну свідомість, відповідальне ставлення до природи та здатність приймати обґрунтовані рішення. Вони забезпечують не лише засвоєння теоретичних знань, а й розвиток творчості, критичного мислення та готовності навчатися впродовж усього життя.

1.2. Процес формування ключових та предметних компетентностей на уроках хімії

Процес формування ключових та предметних компетентностей на уроках хімії включає цілеспрямовану організацію навчальної діяльності, що поєднує теоретичні знання з практичними вміннями, розвиток пізнавальної активності, критичного та логічного мислення учнів. Важливими складовими цього процесу є педагогічні умови, поетапність діяльності та ефективні методи та засоби навчання хімії.

Так, О.С. Гринюк наголошує на важливості дотримання педагогічних умов формування предметної компетентності з хімії, які включають:

- створення відповідного освітнього середовища, яке стимулює інтерес та потребу в навчанні;

- використання методів, що розвивають мислення, пам'ять та логіку учнів;

- інтеграцію теоретичних знань і практичних умінь;

- застосування сучасних методів навчання, які забезпечують інтелектуальний розвиток;

- формування ставлення до хімії як до науки про речовини та їх перетворення [13, с. 74].

Така умова, *як створення відповідного освітнього середовища, яке стимулює інтерес та потребу в навчанні*, вимагає переходу від пасивної

передачі інформації до активного залучення учнів. Її реалізація можлива шляхом:

- емоційного забарвлення уроків – це використання елементів історії хімії, цікавих фактів про відкриття, а також демонстраційних дослідів (за можливості), що викликають здивування та пізнавальний інтерес;

- безпечної та сучасної лабораторії – це забезпечення доступу до обладнання та реагентів, що дозволяє учням відчути себе дослідниками;

- персоналізації – це надання можливості вибору тем для індивідуальних проєктів або досліджень, що відповідають інтересам учня (наприклад, хімія косметики, харчових добавок, екологічні проблеми) [13, с. 74].

Друга умова – *використання методів, що розвивають мислення, пам'ять та логіку учнів* – передбачає, що хімія є наукою, яка вимагає абстрактного та системного мислення, тому методи мають бути спрямовані на його розвиток.

Її реалізація можлива через:

- проблемно-пошукові методи – це застосування проблемного викладу матеріалу, коли вчитель ставить питання, а учні, ґрунтуючись на вже набутих знаннях, висувають гіпотези та шукають шляхи їх підтвердження (наприклад, прогнозування типу хімічного зв'язку чи продукту реакції);

- евристичні бесіди – це діалог, у якому вчитель спрямовує учнів до самостійного «відкриття» хімічних законів чи понять;

- метод аналогій та моделювання – це використання моделей атомів і молекул, а також порівняння хімічних явищ із вже відомими фізичними чи біологічними процесами, що зміцнює логічні зв'язки [13, с. 75].

Третя важлива умова – *це інтеграція теоретичних знань і практичних умінь*. Це ключова умова, яка перетворює знання (що знає) на компетентність (що вміє). Без практичного застосування теоретична інформація залишається нестійкою.

Її реалізація можлива шляхом:

- лабораторного практикуму – це систематичне проведення практичних і лабораторних робіт, де учні не просто ілюструють теорію, а самостійно досліджують властивості речовин, підтверджують закони чи синтезують прості сполуки;

- практико-орієнтованих задач – це розв'язання задач із реальним змістом (наприклад, визначення масової частки цукру в напої чи розрахунок необхідної кількості реагенту для виробництва);

- створення технологічних карт – це розробка учнями алгоритмів виконання складних хімічних процесів чи аналітичних методів [13, с. 75].

Четверта умова – *застосування сучасних методів навчання, які забезпечують інтелектуальний розвиток*. Ця умова передбачає використання інноваційних технологій, що підвищують ефективність засвоєння матеріалу та розвивають цифрову компетентність.

Її реалізація можлива через:

- інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) – це використання віртуальних хімічних лабораторій (для вивчення небезпечних чи дорогих реакцій), інтерактивних симуляторів, спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання молекул;

- метод проєктів – це організація тривалих індивідуальних чи групових досліджень, які вимагають планування, збору даних, аналізу та публічного захисту (розвиток критичного мислення та комунікативних навичок);

- кейс-стаді (Case study) – це аналіз реальних промислових або екологічних ситуацій, що вимагають хімічного обґрунтування та прийняття рішень [13, с. 76].

П’ята умова – *формування ставлення до хімії як до науки про речовини та їх перетворення* – спрямована на формування ціннісного та світоглядного компонента компетентності.

Її реалізація можлива шляхом:

- екологічної освіти – це обговорення ролі хімії у вирішенні глобальних проблем (забруднення, енергетика), формування відповідального

екологічного мислення;

- профорієнтації – це демонстрація практичного значення хімії у різних сферах (медицина, фармація, інженерія, матеріалознавство), що посилює мотивацію до вивчення;

- етичної складової – це обговорення питань безпеки та етичної відповідальності хіміка, що сприяє усвідомленому дотриманню правил роботи і формуванню здоров'язбережувальної компетентності [13, с. 76].

Отже, педагогічні умови формування предметної компетентності з хімії спрямовані на створення цілісного освітнього простору, який забезпечує всебічний розвиток учня. Вони передбачають організацію навчального середовища, що пробуджує інтерес до предмета, поєднання теоретичних знань із практичними навичками, застосування сучасних технологій та методів навчання. Важливим аспектом є розвиток мислення, пам’яті й логіки учнів, а також формування усвідомленого ставлення до хімії як до науки, що розкриває суть речовин і закономірності їх перетворень у природі та житті людини.

На думку А.С. Волкової, процес формування ключових та предметних компетентностей на уроках хімії є комплексною дидактичною системою, що послідовно розвиває пізнавальні, практичні та ціннісні аспекти особистості здобувачів освіти. Він включає такі етапи [10, с. 720-721]:

1. Мотиваційно-цільовий етап (постановка мети). Ця фаза є початковою і визначальною для всієї подальшої діяльності. Вона спрямована на перетворення зовнішньої вимоги до навчання на внутрішню потребу учня. Фокус тут спрямований на активацію пізнавального інтересу та формування ключової компетентності «Навчання впродовж життя». Дії вчителя включають створення проблемних ситуацій (наприклад, «Як хімічно розрізнити крохмаль і цукор?»), використання кейс-методу (аналіз екологічної чи побутової проблеми), демонстрація загадкових дослідів або відеороликів. Результат для учня полягає в усвідомленні практичної значущості теми (ціннісний компонент) та формулювання власних

навчальних цілей.

2. Змістово-пізнавальний етап (засвоєння теорії). На цьому етапі відбувається активне засвоєння теоретичної бази, необхідної для подальшої практичної діяльності. Фокус тут спрямований на формування знаннєвого компонента предметної компетентності та розвиток математичної та інформаційно-цифрової ключових компетентностей. Дії вчителя включають організацію роботи з навчальним матеріалом із залученням різних джерел; застосування методу порівняльного аналізу та евристичної бесіди для виведення хімічних законів; акцент на міжпредметних зв’язках (наприклад, фізичні основи хімічних зв'язків). Результат для учня полягає у системному засвоєнні понять, формул, номенклатури, вміння пояснювати механізми реакцій.

3. Діяльнісно-практичний етап (застосування). Це ключова фаза, що забезпечує перехід знань в уміння та навички, формуючи діяльнісний компонент предметної компетентності. Фокус тут спрямований на безпосереднє тренування практичних, розрахункових та аналітичних навичок. Дії вчителя включають організацію лабораторних та практичних робіт, де учні не просто ілюструють, а досліджують; надання практико-орієнтованих розрахункових задач (наприклад, приготування розчину заданої концентрації) та застосування віртуальних лабораторій для складних або небезпечних дослідів. Результат для учня полягає у набутті досвіду експериментування, уміння безпечно поводитися з реактивами та проводити хімічні розрахунки.

4. Соціально-комунікативний етап (взаємодія та світогляд). Цей етап інтегрується в попередні фази, але виділяється як окремий, оскільки фокусується на співпраці та ціннісній орієнтації. Фокус тут спрямований на формування соціальної та громадянської, комунікативної та ціннісно-світоглядної компетентностей. Дії вчителя включають організацію роботи в малих групах або парах для виконання досліджень чи проєктів; проведення дискусій та дебатів на теми екологічної хімії (наприклад, утилізація

пластику) та спрямування уваги на етичні аспекти наукових відкриттів. Результат для учня полягає в умінні аргументувати свою думку, працювати в команді, усвідомлення екологічної відповідальності (ціннісний компонент).

5. Оціночно-рефлексивний етап (корекція та поступ). Це завершальна фаза навчального циклу, спрямована на зворотний зв'язок і розвиток критичного мислення та самостійності. Фокус тут спрямований на розвиток ключової компетентності «Навчання впродовж життя» та критичного мислення. Дії вчителя включають застосування самооцінювання та взаємооцінювання за чітко визначеними критеріями (наприклад, оцінка якості звіту чи точності експерименту) та надання учням можливості корегувати помилки. Результат для учня полягає в усвідомленні власного навчального поступу та прогалин, формування навички самоконтролю та планування подальшого навчання.

Таким чином, ці етапи формують комплексну компетентність: учень мотивований, знає теорію, вміє її застосовувати на практиці, здатен взаємодіяти з іншими і критично оцінює результат своєї діяльності.

Ефективне формування компетентностей вимагає цілеспрямованого вибору та інтеграції традиційних, інтерактивних та інноваційних засобів і методів навчання.

Засоби навчання – це матеріальні та ідеальні об'єкти, що використовуються вчителем та учнями для досягнення навчальних цілей [22, с. 39]. Вони поділяються на традиційні та інноваційні засоби (таблиця 1.1).

Методи навчання – це способи взаємодії вчителя та учнів, спрямовані на організацію пізнавальної діяльності [22, с. 40].

Так, методи формування предметних компетентностей безпосередньо спрямовані на засвоєння хімічних знань та навичок. До них відносять:

1) лабораторно-практичний метод – це провідний метод, що забезпечує синтез теорії і практики (3-й діяльнісний компонент). Учні самостійно виконують досліди, фіксують спостереження, формулюють висновки;

2) проблемний виклад. Вчитель створює проблемну ситуацію, демонструє шляхи її розв’язання, залучаючи учнів до співроздумів (1-й мотиваційно-цільовий та 2-й змістовий компоненти);

3) хімічний розрахунок – це розв'язання розрахункових задач, що вимагають застосування хімічних законів (Закон збереження маси, закон Авогадро) та математичних навичок [49, с. 25].

Таблиця 1.1

Традиційні та інноваційні засоби навчання [49, с. 24]

Засіб	*Призначення*	*Компетентність, що формується*
Традиційні (матеріальні) засоби навчання		
Хімічний експеримент	Демонстраційний та лабораторний посуд, реактиви, прилади.	Предметна (діяльнісний компонент), Екологічна (правила безпеки).
Підручники та посібники	Текстова, графічна та довідкова інформація.	Знаннєвий (пізнавальний), Навчання впродовж життя (самостійна робота).
Наочні посібники	Періодична система, таблиці розчинності, моделі кристалічних ґраток, молекул.	Знаннєвий (візуалізація), Математична (робота з таблицями).
Інноваційні (ІКТ) засоби навчання		
Віртуальні лабораторії	Симулятори хімічних дослідів, які неможливо провести у школі (через небезпеку чи вартість). Предметна (діяльнісний), Інформаційно-цифрова.	
Мультимедійні презентації	Відеофрагменти промислових процесів, анімації механізмів реакцій.	Знаннєвий Інформаційно-цифрова.
Онлайн-платформи	Тестові системи, інтерактивні завдання, електронні енциклопедії.	Навчання впродовж життя, Інформаційно-цифрова.

Своєю чергою, методи формування ключових компетентностей (Інтерактивні та інноваційні) інтегрують хімічний матеріал із життєвим контекстом та розвивають наскрізні вміння. Це:

1) метод проєктів – дозволяє розвивати одночасно кілька ключових компетентностей: нформаційно-цифрову (пошук і обробка даних), Комунікативну (презентація) та Навчання впродовж життя (планування роботи). Теми проєктів часто мають екологічне чи соціальне спрямування;

2) кейс-метод (Case Study) – це аналіз реальних, часто проблемних ситуацій (наприклад, хімічна аварія, забруднення води), що вимагає критичного мислення та ухвалення рішень;

3) дискусії та дебати – це обговорення етичних або соціально значущих питань (наприклад, «ГМО: користь чи шкода?»). Це розвиває соціальну та громадянську компетентності та вміння аргументувати свою позицію;

4) само- та взаємооцінювання. Включає використання критеріальних таблиць для оцінки роботи однокласників чи власного поступу [49, с. 25].

У підсумку зауважимо, що успішне формування компетентностей досягається тоді, коли вчитель інтегрує ці засоби та методи, перетворюючи урок хімії з монологу на активний дослідницький та дискусійний майданчик.

1.3. Можливості інструментів штучного інтелекту у формуванні ключових та предметних компетентностей з хімії

Штучний інтелект – це галузь комп'ютерних наук, що займається розробкою систем, здатних виконувати завдання, які зазвичай вимагають людського інтелекту. Це включає навчання, розпізнавання образів, прийняття рішень, розуміння природної мови та розв'язання проблем [12, с. 28].

Штучний інтелект не замінює вчителя, але виступає як потужний інструмент, який дозволяє персоналізувати навчання, автоматизувати рутинні процеси та підвищити ефективність освітньої взаємодії.

Так, персоналізація та адаптивне навчання є найважливішою перевагою ШІ, особливо актуальною для компетентнісної освіти, де кожен учень має різний темп і стиль засвоєння матеріалу. ШІ-системи можуть аналізувати відповіді учня, ідентифікувати, які саме знання не засвоєні, і автоматично адаптувати наступні завдання. Крім того, замість єдиного плану для всіх, ШІ генерує унікальну навчальну траєкторію для кожного учня, посилюючи роботу над слабкими сторонами та пропонуючи поглиблений

матеріал там, де учень демонструє успіхи. Також учень може працювати у власному темпі, отримуючи миттєвий зворотний зв'язок і пояснення від ШІ-асистента, коли це необхідно [17, с. 125].

ШІ дозволяє автоматизувати та оптимізувати роботу вчителя, він бере на себе рутинні та часозатратні процеси, вивільняючи час вчителя для творчої роботи та індивідуальної взаємодії з учнями. ШІ може миттєво перевіряти тести, розрахункові задачі, навіть частково аналізувати письмові роботи та лабораторні звіти, надаючи учням негайний фідбек. Також ШІ-інструменти збирають та візуалізують дані про успішність класу, допомагаючи вчителю прогнозувати ризики неуспішності та вчасно коригувати навчальний план. Іще ШІ може швидко створювати додаткові тренувальні вправи, тести або альтернативні пояснення складних тем, допомагаючи вчителю диференціювати завдання [17, с. 125].

ШІ сприяє розвитку ключових компетентностей та дослідницької діяльності. Він надає інструменти, які роблять навчання більш інтерактивним та практико-орієнтованим. ШІ-симуляції дозволяють учням проводити складні експерименти (особливо в хімії, фізиці) без ризику, формуючи діяльнісний компонент компетентності. Також робота з ШІ-інструментами та критичне оцінювання їхніх результатів (наприклад, перевірка інформації, згенерованої чат-ботом) безпосередньо формує інформаційно-цифрову компетентність та критичне мислення. Іще ШІ може допомогти учням швидко обробляти великі масиви даних для своїх проєктів, що посилює їхню дослідницьку компетентність та навчання впродовж життя [17, с. 126].

Тобто, штучний інтелект трансформує навчальний процес, перетворюючи його з масової передачі знань на індивідуалізовану та високотехнологічну взаємодію. Це дозволяє якісно удосконалити підхід до формування компетентностей, роблячи його більш гнучким, ефективним та орієнтованим на потреби сучасного ринку праці.

Р.О. Ткаченко з колегами зауважує, що інструменти штучного інтелекту (ШІ) радикально трансформують освітній процес, пропонуючи

нові, персоналізовані та інтерактивні засоби для формування як універсальних ключових, так і спеціалізованих предметних компетентностей [52, с. 37].

Так, ШІ допомагає формуванню предметних компетентностей з хімії (знання та діяльність). Його інструменти реалізують діяльнісний і знаннєвий компоненти предметної компетентності з хімії через віртуальні лабораторії, персоналізацію навчання та інтерактивну роботу з хімічною мовою.

Сьогодні ШІ-платформи у сфері *віртуальних лабораторій* повністю трансформують підхід до практичного навчання, усуваючи обмеження, притаманні фізичній шкільній лабораторії (небезпека, висока вартість реагентів, тривалість процесів). Вони допомагають:

- моделюванню складних і небезпечних реакцій. ШІ дозволяє учням безпечно моделювати досліди, які є надто небезпечними для виконання в школі (наприклад, робота з концентрованими кислотами, вибуховими речовинами або отруйними газами). Таке моделювання дає можливість тренуватися без ризику, формуючи необхідні практичні навички та відповідальність (ціннісний компонент) ще до контакту з реальними реактивами.

- формуванню практичних навичок. Віртуальні лабораторії вимагають від учня прогнозування результату, вибору реагентів у правильному співвідношенні, спостереження за віртуальними змінами кольору, температури та фазового стану. Такий підхід усуває страх перед експериментом і дозволяє проводити необмежену кількість спроб, поки учень не досягне правильного результату. Наприклад, симуляції кінетики реакцій (вивчення швидкості), хімічної рівноваги або процесів титрування. Такі процеси часто тривалі або вимагають високоточного обладнання, але у ШІ-середовищі їх можна візуалізувати та прискорити, що робить засвоєння складних теоретичних знань наочним [35, с. 107-108].

Також ШІ сприяє *персоналізованому навчанню та діагностиці* (знаннєвий компонент). Використання ШІ-систем у навчанні переводить його

на адаптивний рівень, де освітній контент підлаштовується під індивідуальні потреби учня; це:

- аналіз відповідей та ідентифікація прогалин. ШІ-системи аналізують відповіді учня на завданнях (наприклад, при розв'язанні стехіометричних задач або визначенні ступенів окиснення) не лише з точки зору «правильно/неправильно», але й з погляду типових помилок. Наприклад, якщо учень постійно помиляється в урівнюванні рівнянь, ШІ ідентифікує, чи проблема в правилах валентності, чи в алгоритмі підбору коефіцієнтів;

- генерація адаптивних навчальних траєкторій. На основі точної діагностики ШІ генерує адаптивні навчальні траєкторії, що дає учневі можливість отримувати додаткові завдання та посилені тренування саме з тих тем, де виявлені прогалини (наприклад, посилені тренування з окисно-відновних реакцій чи номенклатури органічних сполук) [24, с. 34].

Такий підхід забезпечує глибше засвоєння теоретичного матеріалу та підвищує ефективність навчання, оскільки час учня витрачається лише на ті аспекти, які потребують вдосконалення.

Володіння *хімічною мовою* (формули, рівняння, номенклатура) є основою предметної компетентності. ШІ робить процес її вивчення миттєвим та інтерактивним. Він:

- включає перевірку складання рівнянь та номенклатури. ШІ-інструменти (спеціалізовані чат-боти або веб-сервіси) допомагають учням перевіряти правильність складання хімічних формул, урівнювання реакцій та називання речовин за міжнародною номенклатурою IUPAC в режимі реального часу. Учень може ввести формулу, і ШІ не лише скаже, чи вона правильна, але й пояснить помилку (наприклад, чому $FeCl_2$ є правильним, а Fe_2Cl_3 – ні, виходячи з валентності заліза);

- дає миттєвий зворотний зв'язок. Негайний фідбек усуває необхідність чекати оцінки вчителя, дозволяючи учневі одразу виправити помилку і закріпити правильне знання, що значно прискорює формування знаннєвого та комунікативного компонентів компетентності [36, с. 129].

Щодо формування ключових компетентностей, то його інструменти опосередковано сприяють розвитку універсальних навичок, інтегруючи їх у хімічний контекст.

Так, у *межах інформаційно-цифрової компетентності* робота з ШІ-інструментами перетворює учня з пасивного споживача інформації на її активного та критичного користувача. У нього розвиваються навички критичного пошуку та оцінки достовірності, адже коли учень використовує ШІ-пошукові системи чи чат-боти для збору даних про властивості рідкісних хімічних елементів або нових матеріалів, він повинен критично оцінювати достовірність і першоджерело згенерованої інформації. Це вимагає звіряння даних ШІ з авторитетними хімічними базами чи науковими ресурсами, що є суттю цифрової грамотності.

Використання цифрових засобів є ефективним. Так, застосування платформ для створення 3D-моделей молекул (наприклад, складних органічних сполук або полімерів) або використання інтерактивних баз даних вимагає від учнів ефективно оперувати складним програмним забезпеченням [51, с. 103].

ШІ розвиває *критичне мислення та креативність*, виступаючи партнером для роздумів, який кидає виклик учнівській логіці, стимулюючи глибинний аналіз і творчий підхід. Він допомагає розвивати навички аналізу та перевірки фактів. ШІ може генерувати текст, що містить навмисні або випадкові помилки. Наприклад, учень отримує пояснення складного хімічного явища (наприклад, механізму вільнорадикальної реакції), згенероване ШІ. Завдання полягає у редагуванні або критичній оцінці цього тексту, виявленні логічних чи термінологічних неточностей. Це змушує учня не лише відтворити знання, а й глибоко їх осмислити.

Використання ШІ для генерації початкових гіпотез або ідей для дослідницьких проєктів (наприклад, «Які хімічні процеси можуть замінити використання нафти у виробництві пластику?») дозволяє учням швидко пройти етап мозкового штурму і сфокусуватися на найкреативніших та

найжиттєздатніших ідеях [51, с. 104].

Щодо *комунікативної компетентності та навчання впродовж життя*, то ШІ підтримує індивідуальну освітню траєкторію й удосконалює способи представлення наукових результатів. Він сприяє покращенн. наукової комунікації, адже учні використовують ШІ для структурування та оформлення звітів і презентацій за результатами експериментів. Це включає перевірку термінології (відповідність IUPAC), форматування відповідно до наукових стандартів та забезпечення логічної послідовності викладу, що є основою наукової комунікації [51, с. 105].

Своєю чергою, ШІ заохочує до *самостійності та безперервної освіти*. Можливість звертатися до ШІ-помічника з будь-яким питанням (від пояснення складного терміну до допомоги у розв'язанні задачі) поза уроком і миттєво отримувати відповідь заохочує самостійність у навчанні. Це реалізує принцип навчання впродовж життя, оскільки навчальний процес стає доступним 24/7.

У межах ціннісно-світоглядного компоненту ШІ допомагає учням усвідомити соціальну та екологічну роль хімії у глобальному контексті. ШІ може допомогти швидко зібрати та проаналізувати великі обсяги даних про вплив хімічної промисловості на навколишнє середовище (наприклад, статистику викидів парникових газів або забруднення води). Також учні можуть використовувати ШІ для дослідження хімічного складу нових матеріалів та процесів, необхідних для «зеленої» енергетики чи сталого розвитку. Це сприяє формуванню екологічної культури, оскільки учень бачить не лише проблеми, а й наукові шляхи їх вирішення за допомогою хімії [51, с. 106].

Таким чином, інструменти штучного інтелекту є потужним дидактичним засобом, який не замінює вчителя, а підсилює його можливості, перетворюючи уроки хімії на більш індивідуалізований, дослідницький та технологічний процес, що відповідає вимогам сучасної компетентнісної освіти.

РОЗДІЛ 2
ПРАКТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ КЛЮЧОВИХ ТА ПРЕДМЕТНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ З ХІМІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

2.1. Організація дослідження рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладу середньої освіти

Мета даного етапу дослідження полягає у визначенні вихідного рівня сформованості ключових та предметних (хімічних) компетентностей в учнів 8-х класів.

Для досягнення поставленої мети ми визначили наступні завдання:

1. Підібрати інструментарій для оцінювання рівня сформованості ключових та предметних компетентностей.

2. Сформувати вибірку учасників дослідження.

3. Розробити критерії та показники оцінювання.

4. Провести констатувальний етап дослідження для отримання первинних даних.

5. Здійснити кількісний та якісний аналіз отриманих результатів.

Дослідження проводилось на базі Рахівської школи 3 і включало такі етапи:

1. *Підготовчий етап* передбачав аналіз навчальних програм, вибір діагностичного інструментарію, розробку критеріїв оцінювання, формування контрольної та експериментальної груп.

2. *Констатувальний етап.* Включав проведення первинного зрізу знань, умінь та навичок, спрямованого на визначення вихідного рівня сформованості компетентностей.

3. На *формувальному етапі* здійснювалося впровадження експериментальної методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів із використанням штучного інтелекту.

4. *Контрольний етап* включав проведення повторного (підсумкового) етапу дослідження та порівняльний аналіз результатів.

Вибірка дослідження: у педагогічному експерименті взяли участь 58 учнів з двох 8-х класів гімназії № 261 м. Києва. Із загальної вибірки було сформовано дві групи:

- експериментальну групу (ЕГ) – 29 учнів (8-Б клас);

- контрольну групу (КГ) – 29 учнів (8-В).

Для проведення дослідження нами було використано комплекс теоретичних та емпіричних методів:

1. Теоретичні методи включали аналіз науково-педагогічної літератури (Концепція НУШ, навчальні програми, наукові статті) для визначення сутності компетентнісного підходу, а також порівняння та узагальнення для систематизації критеріїв оцінювання.

2. Емпіричні методи:

- педагогічний експеримент (констатувальний, формувальний та контрольний етапи;

- тестування – використання тестів, які охоплюють типові завдання для перевірки знань основних хімічних понять, законів та умінь;

2. Математичний обрахунок отриманих даних.

Для оцінювання рівнів сформованості компетентностей учнів ми розробили програму із завданнями, яка складалася з трьох блоків, що охоплювали як предметну (хімічну), так і ключові компетентності – таблиця 2.1.

Таблиця 2.1

Програма дослідження рівнів сформованості компетентностей учнів

Блок	Мета оцінювання	Компетентності, що перевіряються	Типові завдання	Максимальний бал
Блок 1. Теоретичні знання	Перевірка засвоєння базового хімічного матеріалу.	Предметна (Когнітивний критерій)	Тести закритого типу (вибір однієї/кількох правильних відповідей); завдання на встановлення відповідності.	27 балів
Блок 2. Практичні уміння	Перевірка навичок застосування знань у стандартних та змінених ситуаціях.	Предметна (Діяльнісний критерій); Математична	Розрахункові задачі за рівняннями реакцій; завдання на складання хімічних формул/рівнянь; завдання з хімічною номенклатурою.	19 балів
Блок 3. Ситуативне завдання	Оцінка здатності використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією.	Ключові (Інформаційно-цифрова, Соціальна, Екологічна)	Аналіз тексту/ графіка/статті на хімічну тематику; завдання з оцінки безпеки речовин; міні-проєкт «Хімія у побуті».	14 балів
Всього				60 балів

Оцінювання ми здійснювали за шкалою, де загальний бал (max 60) переводився у якісні рівні сформованості компетентностей:

1. Високий (В) – 46-60 балів. Учень демонструє глибокі, системні та міцні знання. Виконує завдання високої складності, здатний до критичного аналізу та самостійного застосування знань у нових ситуаціях (сформована саморегуляція).

2. Достатній (Д) – 31-45 бали. Учень має ґрунтовні знання, може їх застосовувати, але при виконанні складних, нестандартних завдань може припускатися несуттєвих помилок. Потребує незначної стимуляції.

3. Середній (С) – 16-30 бали. Учень відтворює основний матеріал, але знання фрагментарні. Виконує типові завдання за зразком. Має труднощі у розв'язанні комбінованих задач та аналізі інформації.

4. Низький (Н) – 0-15 балів. Учень засвоїв матеріал на рівні впізнавання. Має значні прогалини у знаннях. Не може самостійно виконувати практичні завдання.

Отримані результати констатувального етапу дослідження ми піддали якісному та кількісному аналізу:

- кількісний аналіз включав визначення відсоткового розподілу учнів за рівнями сформованості (Н, С, Д, В) у кожній групі;

- якісний аналіз включав визначення типових помилок, допущених учнями; ідентифікацію найбільш проблемних тем/розділів хімії, що потребують посиленої уваги; оцінку, які саме ключові компетентності виявилися найменш сформованими.

Таким чином, проведення констатувального етапу дозволяє нам отримати результати, які слугують первинними даними. Подальший аналіз цих даних стане передумовою для початку формувального етапу педагогічного експерименту з використанням штучного інтелекту.

2.2. Результати дослідження рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладу середньої освіти

Базою педагогічного експерименту стала гімназія № 261 м. Києва.

Загальна кількість учнів, що брали участь в педагогічному експерименті – 58 осіб.

Диференціація учнів за статтю: 26 хлопчиків та 32 дівчинки. Віковий ценз учнів - 14-15 років.

Період, обраний для дослідження: 2024-2025 навчальний рік.

З метою визначення рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії учням обох 8-х класів пропонувалися такі практичні завдання:

а) для перевірки засвоєння базового хімічного матеріалу – тести для оцінки знань основних понять; тести на класифікацію та розпізнавання; завдання на встановлення відповідності;

б) для перевірки уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях – розрахункові задачі за рівняннями реакцій; завдання на складання хімічних формул/рівнянь; завдання з хімічною номенклатурою;

в) для оцінки уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – аналіз графіку на хімічну тематику; завдання з оцінки безпеки речовин; міні-проєкт «Хімія у побуті».

На основі показників та критеріїв оцінювання нами було визначено та охарактеризовано рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів обох 8-х класів: початковий, базовий, достатній, та високий.

Наочно результати перевірки засвоєння базового хімічного матеріалу в учнів експериментального та контрольного класів у відсотковому відношенні подано у таблиці 2.2. та на рис. 2.1-2.2.

Як видно з таблиці 2.2, в експериментальному класі *високий рівень* ***засвоєння базового хімічного матеріалу*** мають 10,3% учнів. *Достатній рівен*ь засвоєння базового хімічного матеріалу мають 24,1% учнів експериментального класу. *Середній рівень* засвоєння базового хімічного матеріалу мають 44,9% учнів експериментального класу. *Низький рівень* засвоєння базового хімічного матеріалу мають 20,7% учнів експериментального класу.

Також у експериментальному класі *високим є рівень* сформованості ***уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях*** мають 6,9% учнів. *Достатній рівен*ь сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 20,7% учнів експериментального класу. *Середній рівень* сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 51,7% учнів експериментального класу. *Низький рівень* сформованості уміння

уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 20,7% учнів експериментального класу.

Таблиця 2.2

Результати перевірки рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії

№ з/п	Показник	ЕК		КК		Рівні
		%	осіб	%	осіб	
1	Засвоєння базового хімічного матеріалу	10,3	3	6,9	2	високий
		24,1	7	20,7	6	достатній
		44,9	13	48,3	14	середній
		20,7	6	24,1	7	низький
2	Уміння застосування знань у стандартних та змінених ситуаціях	6,9	2	3,5	1	високий
		20,7	6	17,2	5	достатній
		51,7	15	58,6	17	середній
		20,7	6	20,7	6	низький
3	Уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією	6,9	2	10,3	3	високий
		20,7	6	24,1	7	достатній
		48,3	14	44,9	13	середній
		24,1	7	20,7	6	низький

Щодо рівнів сформованості ***уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією,*** зазначимо такі показники: *високий рівень* цього уміння мають 6,9% учнів експериментального класу; *достатній рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 20,7% учнів експериментального класу; *середній рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 40,2% учнів експериментального класу; *низький рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 24,1% учнів експериментального класу.

Графічно результати констатувального етапу дослідження у експериментальній групі наведено на рис. 2.1

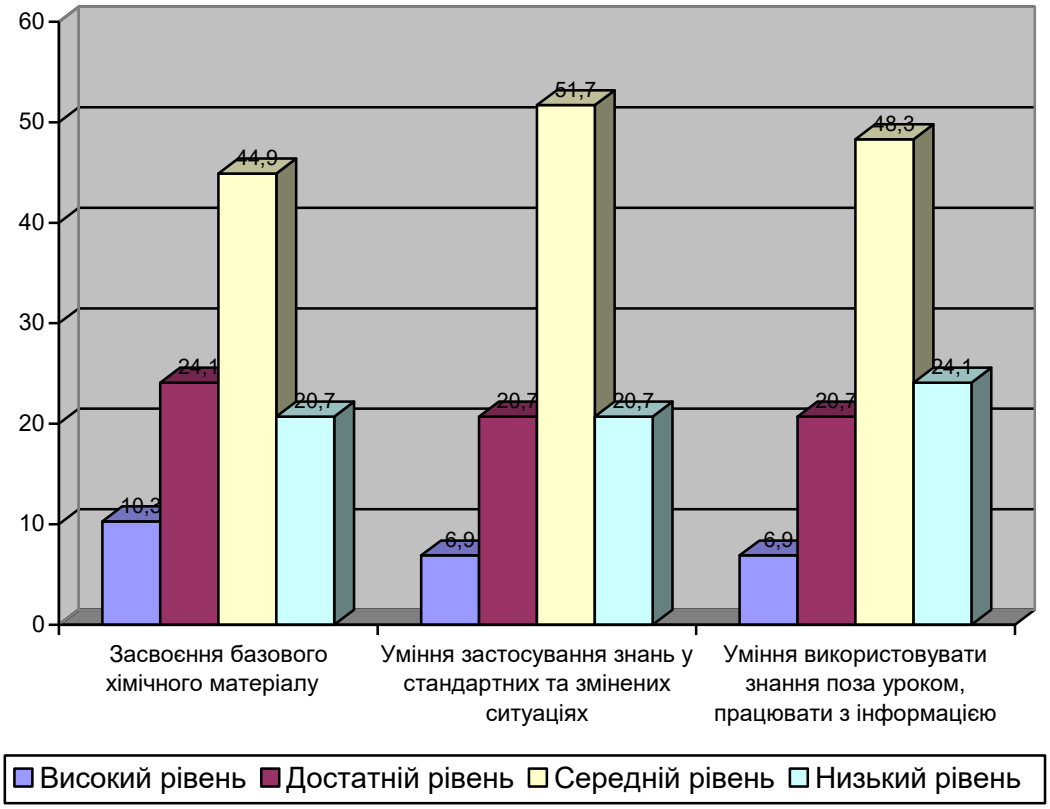


Рис. 2.1. Рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів експериментального класу, %

Щодо контрольного класу, то відповідно з даними таблиці 2.2, у цьому класі *високий рівень* ***засвоєння базового хімічного матеріалу*** мають 6,9% учнів. *Достатній рівен*ь засвоєння базового хімічного матеріалу мають 20,7% учнів контрольного класу. *Середній рівень* засвоєння базового хімічного матеріалу мають 48,3% учнів контрольного класу. *Низький рівень* засвоєння базового хімічного матеріалу мають 24,1% учнів контрольного класу.

Також у контрольному класі *високий рівень* сформованості ***уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях*** мають 3,6% учнів. *Достатній рівен*ь сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 17,2% учнів контрольного класу. *Середній рівень* сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 41,4% учнів контрольного класу. *Низький рівень* сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених

ситуаціях мають 20,7% учнів контрольного класу.

Щодо рівнів сформованості ***уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією***, зазначимо такі показники: *високий рівень* уміння мають 10,3% учнів контрольного класу; *достатній рівень* уміння мають у 24,1% учнів контрольного класу; *середній рівень* уміння мають 44,9% учнів контрольного класу; *низький рівень* уміння мають 20,7% учнів контрольного класу.

Графічно результати констатувального етапу дослідження у контрольній групі наведено на рис. 2.2.

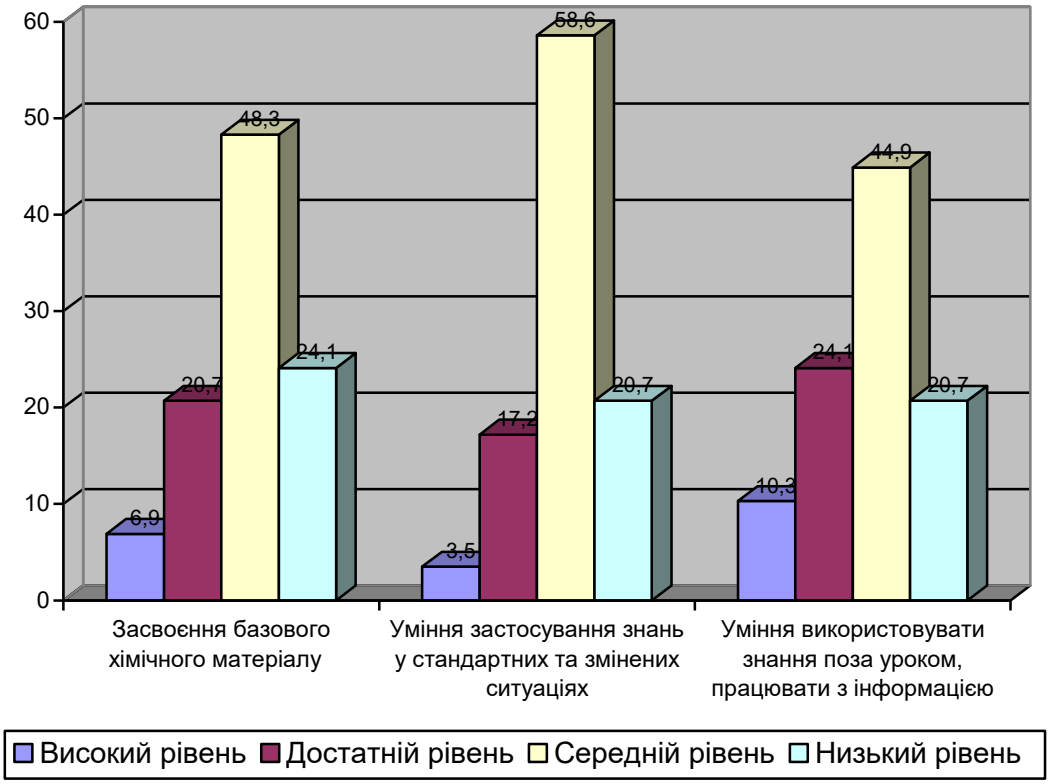


Рис. 2.2. Рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів контрольного класу, %

Порівнявши дані контрольного та експериментального класів, ми виявили, що високий рівень засвоєння базового хімічного матеріалу у експериментального класу більший на 3,4%, ніж у контрольного класу. Щодо достатнього рівня засвоєння базового хімічного матеріалу, то він у експериментального класу також більший на 3,4%, ніж у контрольного класу.

Щодо середнього рівня засвоєння базового хімічного матеріалу, то він у контрольного класу більший на 3,4%, ніж у експериментального класу. Щодо низького рівня засвоєння базового хімічного матеріалу, то він у контрольного класу також більший на 3,4%, ніж у експериментального класу.

Високий рівень сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях у експериментального класу більший на 3,4%, ніж у контрольного класу. Щодо достатнього рівня сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях, то він у експериментального класу також більший на 3,4%, ніж у контрольного класу. Щодо середнього рівня сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях, то він у контрольного класу більший на 6,9%, ніж у експериментального класу. Щодо низького рівня сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях, то він у контрольного класу такий же, як і у експериментального класу.

По умінню використовувати знання поза уроком, працювати з інформаціє, то високий рівень у експериментального класу менший на 3,4%, ніж у контрольного класу. Щодо достатнього рівня сформованості уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформаціє, то він у експериментального класу також менший на 3,4%, ніж у контрольного класу. Щодо середнього рівня сформованості уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформаціє, то він у експериментального класу більший уже на 3,4 %, ніж у контрольного класу. Щодо низького рівня сформованості уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформаціє, то він у експериментального класу більший знову ж на 3,4%, ніж у контрольного класу.

Отже, більшість учнів як експериментального класу, так і контрольного до початку формувального етапу мали середній рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії, а саме – засвоєння базового хімічного матеріалу; уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією. Це проявлялося у тому, що учні як

експериментального, так і контрольного класів:

- уміють відтворювати основні хімічні терміни, закони та поняття на рівні впізнавання, демонструючи задовільне засвоєння базового когнітивного матеріалу;

- мають значні труднощі при необхідності самостійно застосовувати знання для розв'язання нетипових розрахункових задач та балансування складних хімічних рівнянь, що вказує на недостатній розвиток діяльнісного критерію предметної компетентності;

- демонструють низьку здатність до критичного аналізу інформації (наприклад, графіків або текстів на хімічну тематику) та перенесення хімічних знань для вирішення життєвих, побутових або екологічних ситуацій, що свідчить про низький рівень сформованості ключових компетентностей (зокрема, інформаційно-цифрової та екологічної);

- володіють фрагментарними та несистематизованими знаннями.

Порівнявши дані, отримані під час констатувального етапу, і вирахувавши середнє арифметичне, ми визначили рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів (див. табл. 2.3 та рис. 2.3).

Таблиця 2.3

Рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів (констатувальний етап)

Класи	Рівні							
	Високий		Достатній		Середній		Низький	
	%	осіб	%	осіб	%	осіб	%	осіб
Експериментальний	6,9	2	20,7	6	55,2	16	17,2	5
Контрольний	6,9	2	20,7	6	51,7	15	20,7	6

Таким чином, як у експериментальної групи, так і у контрольної групи високий рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії мають 6,9% учнів. Достатній рівень сформованості ключових та

предметних компетентностей з хімії як у експериментальної групи, так і у контрольної групи також однаковий і становить 20,7%; середній рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії у експериментальної групи складає 55,2%, а у контрольної групи – 51,7%. Низький рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії у експериментальної групи становить 17,2%, а у контрольної групи – 20,7%.

Отже, в обох класах констатовано середній рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії у більшості учнів. Це свідчить про наявність базових знань, але недостатній розвиток навичок їх практичного застосування та інтеграції з ключовими компетентностями. Це має такі наслідки:

а) предметні компетентності:

- наявність фрагментарних знань. Учні можуть відтворити основні терміни, формули та закони, а також виконати типові завдання за відомим алгоритмом (наприклад, прості обчислення масової частки або ідентифікація основних класів сполук);

- слабкість у застосуванні. Учні не можуть самостійно розв'язувати нестандартні або комбіновані задачі, мають труднощі з балансуванням складних рівнянь (де потрібен аналіз) та логічною систематизацією матеріалу, що є ознакою низької сформованості діяльнісного критерію;

Б) ключові компетентності (інформаційна, екологічна, математична):

- низька критичність. Учні не вміють ефективно працювати з нетекстовою інформацією (графіками, таблицями), що свідчить про нерозвинену інформаційно-цифрову компетентність;

- відірваність від життя. Учні не здатні перенести набуті хімічні знання для аналізу реальних життєвих ситуацій (наприклад, оцінка екологічних ризиків, правил безпеки з побутовою хімією). Це вказує на слабку сформованість екологічної та соціальної компетентностей;

- брак системності. Знання учнів не об'єднані в єдину систему, що

ускладнює встановлення причинно-наслідкових зв'язків і заважає переходу знань у стійкі навички.

2.3. Розробка методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії з використанням штучного інтелекту

Для формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів із використанням штучного інтелекту нами була розроблена та апробована методика, орієнтована на повний навчальний рік (34-36 тижнів). Методика поєднує традиційні методи викладання хімії з інструментами штучного інтелекту для персоналізації навчання, розвитку критичного мислення, цифрової грамотності, дослідницьких навичок і предметних компетентностей.

Метою методики є формування у восьмикласників ключових компетентностей (цифрова грамотність, критичне мислення, комунікація, навчання впродовж життя, командна робота та відповідальність за власне навчання) та предметних компетентностей з хімії (системне розуміння хімічних понять, експериментальні навички, аналіз даних, уміння моделювати та інтерпретувати результати, дотримання правил безпеки).

Принципи організації навчання за методикою:

1. Гібридність – поєднання очних практичних робіт і онлайн-модулів з адаптивними завданнями.

2. Персоналізація – ШІ-адаптація навчального матеріалу відповідно до рівня учня.

3. Дослідницька орієнтація – проєктні та лабораторні роботи з використанням віртуальних лабораторій.

4. Формативне оцінювання – постійний зворотний зв’язок від системи і вчителя.

5. Етика й медіаграмотність – розуміння можливостей і обмежень ШІ, безпека даних.

Структура методики (приблизно 34 тижні → 4 модулі) – таблиця 2.4.

Таблиця 2.4

Структура методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії з використанням штучного інтелекту

Модуль	Розділ	Структура
Модуль 1 (тижні 1-8)	«Основи хімії та цифрової лабораторії»	Теми: атомна будова, періодична система, хімічні зв'язки, молекули.
		ШІ-інтеграція: адаптивний курс для повторення понять; інтерактивні візуалізації атомів/молекул; чат-бот для пояснень.
		Практика: віртуальна лабораторія - побудова моделей молекул, відпрацювання техніки запису спостережень.
Модуль 2 (тижні 9-17)	«Реакції та їх кількісні характеристики»	Теми: типи хімічних реакцій, стехіометрія, розв'язування задач, прості розрахунки.
		ШІ-інтеграція: автоматичні вправи зі стехіометрії з підказками; аналіз помилок системою; візуалізація реакційних схем.
		Практика: міні-проєкт - моделювання і візуалізація простої реакції у віртуальній лабораторії.
Модуль 3 (тижні 18-26)	«Кислоти, основи, розчинність, pH»	Теми: властивості кислот і основ, індикатори, pH, розчинність.
		ШІ-інтеграція: інтерактивні симуляції pH, автоматичні зворотні зв'язки з пропозиціями дод. матеріалів.
		Практика: комбіновані завдання - віртуальні титрування або демонстраційні відео з датчиками для очного уроку.
Модуль 4 (тижні 27-34)	«Підсумкове дослідницьке завдання та STEM-проєкти»	Теми: інтеграція знань, застосування хімії в повсякденному житті, екологія.
		ШІ-інтеграція: аналітика прогресу учнів для формування команд, генератор ідей для проєктів, інструменти візуалізації даних.
		Практика: груповий STEM-проєкт (реальні або гібридні експерименти) + фінальна презентація.

Засоби та категорії ШІ-інструментів за методикою наведено на рис. 2.3.

ШІ-інструменти	Функція
Адаптивні навчальні платформи	Аавтоматично підбирають вправи, контролюють прогрес, видають диференційовані завдання.
Освітні чат-боти / тьютори	Відповідають на запитання, дають підказки, під керівництвом вчителя можуть пояснювати помилки.
Віртуальні лабораторії та симулятори	Безпечні експерименти онлайн (моделювання реакцій, титрувань, спостережень).
Інструменти для аналізу даних	Прості таблиці, побудова графіків, розрахунки, візуалізації; ШІ може допомогти інтерпретувати тренди
Системи автоматичного оцінювання	Перевірка задач, тестів, коротких відповідей; формативна аналітика для вчителя.
Інструменти для створення візуального/мультимедійного контенту	Для презентацій учнівських проєктів.
Платформи для співпраці	Організація групової роботи, коментування результатів іншими учнями за рубриками, з підсумковими оцінками.

Рис. 2.3. Засоби та категорії ШІ-інструментів за методикою

Приклад щотижневого формату уроків (орієнтир):

1 урок – теорія + ШІ-мікролекція (30-40 хв).

1 урок – практичне завдання / лабораторія (50-75 хв) – реальне або віртуальне.

Домашнє завдання – адаптивні вправи або міні-дослідження (до 45 хв).

Кожні 2-3 тижні – коротке формативне оцінювання через систему.

Наведемо кілька зразків уроку з хімії з використанням штучного інтелекту.

Урок 1.

Тема: *Вуглекислий і чадний гази. Вплив на людину та довкілля (CO2 і CO).*

Клас: 8 клас.

Мета: пояснити фізичні та хімічні властивості CO2 та CO; навчитися порівнювати їхній вплив на здоров'я людини та довкілля; провести моделювання екологічних наслідків.

Ключові компетентності: предметна (когнітивний критерій, діяльнісний критерій); екологічна; безпека життєдіяльності; інформаційно-цифрова.

Матеріали: планшети/ПК, доступ до ШІ-чат-бота, інтерактивна дошка, відеоматеріали (мотивація).

Хід уроку

Час	*Етап*	*Діяльність*	*ШІ-інтеграція*
5 хв.	Організація та мотивація	Перегляд короткого відео (2 хв.) про вплив парникового ефекту та випадки отруєння чадним газом у побуті. Вчитель ставить проблемне питання: «Чому одна молекула Карбону і Оксигену (CO) є смертельною, а інша (CO2) є необхідною для життя?»	Коротке відео-демонстрація (2 хв).
10 хв.	Вивчення нового матеріалу.	Учні працюють у парах. За допомогою чат-бота учні отримують серію питань-завдань (наприклад: «Склади рівняння реакції утворення CO2 при горінні метану» або «Опиши, як CO взаємодіє з гемоглобіном»).	Інтерактивна ШІ-мікропояснювальна сесія: Чат-бот ставить питання, учні вводять відповіді. Якщо відповідь неправильна, ШІ-система дає адаптовану підказку (спрямовану на конкретну помилку учня), а не готову відповідь.
10 хв.	Блок А. Хімічні властивості та формули (CO2).	Учні працюють індивідуально. Завдання: написати ланцюжок перетворень, що включає CO2 (наприклад: C→CO2→H2CO3 →NaHCO3). ШІ-система перевіряє коректність рівнянь та коефіцієнтів.	Предметна компетентність. ШІ-контроль: автоматична перевірка та оцінювання коректності хімічних рівнянь.

10 хв.	Блок Б. Вплив на довкілля (CO_2).	Ситуативне завдання (міні-проєкт): учні використовують ШІ, щоб згенерувати сценарій: «Як зміниться pH Світового океану, якщо рівень CO_2 у атмосфері зросте на 50%?» Учні аналізують відповідь ШІ, перевіряють її на достовірність і роблять висновок.	Екологічна компетентність. Критичне мислення. ШІ-моделювання**:** генерація та аналіз екологічного сценарію, критична верифікація відповіді.
5 хв.	Групове обговорення результатів	Обговорення**:** Вчитель пропонує учням порівняти висновки щодо екологічного сценарію. ШІ-аналітика, яка отримала всі відповіді класу, підказує типові помилки класу (наприклад, «Більшість учнів забула згадати про окиснення океану»).	ШІ-аналітика: груповий фідбек на основі масової обробки даних, отриманих у Блоці Б.
5 хв.	Узагальнення та оцінювання	Вчитель підсумовує вивчене, акцентуючи на правилах безпеки (CO) та екологічній відповідальності (CO_2). Формативне оцінювання активності.	Формативне оцінювання: Автоматична оцінка за результатами виконання завдань у Блоках А і Б, яка враховується у фінальній оцінці.

Домашнє завдання:

1. Адаптивні вправи на платформі: завдання на хімічні властивості CO та CO_2 (ШІ-система подає додаткові завдання з CO тим, хто мав помилки у CO_2, і навпаки).

2. Рефлексивне повідомлення: Написати коротке повідомлення (до 5 речень) на тему: «Що я дізнався нового про безпеку вдома, вивчаючи чадний газ?» (Розвиток соціальної компетентності).

Урок 2.

Тема: *Будова атома. Субатомні частинки (електрон, протон та нейтрон)*

Клас: 8 клас.

Мета: пояснити сучасну модель будови атома; визначити характеристики субатомних частинок (маса, заряд, розташування); навчитися використовувати періодичну систему для визначення їхньої кількості.

Ключові компетентності: предметна (когнітивний критерій, діяльнісний критерій); математична; інформаційно-цифрова; навчання впродовж життя.

Матеріали: планшети/ПК, доступ до ШІ-чатбота, інтерактивна 3D-модель атома (віртуальний симулятор), періодична система хімічних елементів.

Хід уроку

Час	*Етап*	*Діяльність*	*ШІ-інтеграція*
5 хв	Організація та Мотивація	Коротке відео-демонстрація (2 хв) про те, як змінювалося уявлення про атом (від Демокріта до Резерфорда). Вчитель ставить проблемне питання: «Що є спільною основою для всіх речовин у Всесвіті?»	Коротке відео-демонстрація (2 хв), що стимулює інтерес до мікросвіту.
10 хв	Вивчення нового матеріалу. Частинки.	Учні працюють індивідуально, використовуючи ШІ-чатбот. Завдання: Запитати ШІ-бота про одну з частинок (протон, нейтрон, електрон) і отримати інформацію. Учні мають: визначити її символ, масу (прийняту за 1) та заряд.	Інтерактивна ШІ-мікропояснювальна сесія: Чат-бот виступає в ролі «Експерта з частинок». Учні задають питання і отримують адаптовані підказки (наприклад, про те, чому маса електрона не враховується).
10 хв	Блок А. Моделювання та візуалізація.	Учні використовують 3D-симулятор або ШІ-візуалізатор. Завдання: Створити модель атома Літію (Li) та Флуору (F) і порівняти їхню будову (кількість протонів, нейтронів та електронів).	Предметна (діяльнісний критерій). ШІ-візуалізатор: Створення 3D-моделей, що сприяє просторовому мисленню.
10 хв	Блок Б. Тренажер з Періодичною системою.	Учні отримують індивідуальні картки з 5 елементами. Завдання: Заповнити таблицю, використовуючи Періодичну систему, визначаючи Z, Ar, p, n, e. ШІ-система перевіряє правильність обчислення кількості нейтронів ($n=Ar-Z$).	Математична та Предметна (діяльнісний критерій). Система адаптивного тестування: Автоматична перевірка обчислень і фіксація помилок.

5 хв	Швидке групове обговорення результатів	Обговорення: Вчитель запитує: «Чому заряд ядра завжди дорівнює порядковому номеру?». ШІ-аналітика підказує, скільки учнів (за результатами Блоку Б) зробили помилку при розрахунку нейтронів, що потребує додаткового пояснення.	ШІ-аналітика: Груповий фідбек на основі масової обробки даних (типові помилки).
5 хв	Узагальнення та оцінювання	Вчитель підсумовує, акцентуючи на взаємозв'язку між будовою атома та місцем елемента у Періодичній системі. Формативне оцінювання активності та результатів роботи.	Формативне оцінювання: Автоматична оцінка за результатами моделювання та тренажера.

Домашнє завдання:

1. Адаптивні вправи на платформі: ШІ-система генерує 5 завдань для кожного учня на визначення кількості субатомних частинок для тих елементів, де учень допустив помилки у класі.

2. Коротке рефлексивне повідомлення: «Яке відкриття в будові атома я вважаю найважливішим і чому?».

Урок 3.

Тема: *Модель йонного зв'язку. Йонні кристали.*

Клас: 8 клас.

Мета: пояснити механізм утворення йонного зв'язку; навчитися визначати сполуки з йонним зв'язком; проаналізувати властивості йонних кристалів.

Ключові компетентності: предметна (когнітивний критерій, діяльнісний критерій); інформаційно-цифрова; критичне мислення.

Матеріали: планшети/ПК, доступ до ШІ-чатбота, інтерактивна 3D-модель кристалічної сітки, періодична система хімічних елементів.

Хід уроку

Час	*Етап*	*Діяльність*	*ШІ-інтеграція*
5 хв	Організація та Мотивація	Коротке відео-демонстрація (2 хв) про кухонну сіль (NaCl) — її кристалічну будову та властивості (крихкість, розчинність). Вчитель ставить проблемне питання: «Чому атоми Натрію та Хлору, які є небезпечними окремо, утворюють таку стабільну речовину?»	Коротке відео-демонстрація (2 хв) будови кристала NaCl.
10 хв	Вивчення нового матеріалу. Механізм зв'язку.	Учні індивідуально використовують ШІ-чатбот. Завдання: Попросити ШІ пояснити різницю між атомом і йоном. Учні фіксують основні ознаки катіонів та аніонів (заряд, кількість електронів).	Інтерактивна ШІ-мікропояснювальна сесія: Чат-бот виступає «Термінологічним експертом». Надає адаптовані підказки щодо досягнення завершеного зовнішнього енергетичного рівня (правило октету).
10 хв	Блок А. Моделювання утворення зв'язку.	Учні використовують 3D-симулятор або ШІ-візуалізатор. Завдання: Змоделювати покрокове утворення йонного зв'язку в сполуці MgO (магній оксид) — від атомів до йонів Mg^{2+} та O^{2-}.	Предметна (діяльнісний критерій). ШІ-візуалізатор: Створення 3D-моделі, що показує перехід електронів і формування електростатичної взаємодії.
10 хв	Блок Б. Критичний аналіз властивостей.	Ситуативне завдання (дискусія): Вчитель пропонує учням гіпотезу, згенеровану ШІ: «Йонні кристали можуть проводити електричний струм у твердому стані, бо в них є заряджені частинки». Учні мають критично проаналізувати твердження ШІ та спростувати його, пояснивши, чому струм проводиться лише в розплаві/розчині.	Критичне мислення, Інформаційно-цифрова. ШІ-генерація помилки: Розвиток навичок верифікації та обґрунтування наукових фактів.
5 хв	Швидке групове обговорення результатів	Обговорення: Вчитель просить учнів назвати 3 сполуки з йонним зв'язком, що використовуються в побуті (окрім солі). ШІ-аналітика фіксує, чи зробили учні помилку, назвавши сполуки з ковалентним зв'язком (типова помилка).	ШІ-аналітика: Фіксація типових помилок класифікації для негайного корегуючого зворотного зв'язку.
5 хв	Узагальнення та оцінювання	Вчитель підсумовує, акцентуючи на залежності властивостей йонних речовин від типу їхнього зв'язку. Формативне оцінювання активності.	Формативне оцінювання: Автоматична оцінка за результатами моделювання та аналізу.

Домашнє завдання:

1. Адаптивні вправи на платформі: ШІ-система генерує 5 завдань для кожного учня на визначення типу зв'язку у різних сполуках, фокусуючись на слабких місцях учня.

2. Коротке рефлексивне повідомлення: написати коротке повідомлення: «Де в побуті я зустрічаюся з властивостями, характерними для йонних кристалів (наприклад, крихкість, розчинність)?».

Оцінювання компетентностей за методикою:

1. Предметна компетентність (знання й розуміння):

- 10-12 балів (відмінно): чітко та послідовно пояснює поняття, коректно розв'язує задачі стехіометрії, робить висновки з графіків.

- 7-9 балів (добре): невелика кількість помилок у застосуванні формул; потребує підказки.

- 3-6 балів (задовільно): розуміє базові поняття, допущено систематичні помилки.

- 1-2 балів (незадовільно): потребує додатковного індивідуального супроводу.

2. Експериментальна компетентність:

- 10-12 балів: планує експеримент, дотримується безпеки, збирає та коректно інтерпретує дані (в т.ч. у віртуальній лабораторії);

- 7-9 балів: працює з незначними помилками; потребує уточнення в оформленні звіту;

- 3-6 балів: потребує допомоги при виконанні експерименту;

- 1-2 бали: не засвоєно базові принципи проведення експерименту.

3. Ключові компетентності (комунікація, цифрова грамотність, критичне мислення) – оцінюються через проєктну роботу, активність у групі, здатність аргументувати.

Приклади навчальних завдань / проєктів:

1. Міні-дослідження: вплив концентрації розчину на pH – змоделювати у віртуальній лабораторії, зібрати дані, побудувати графік і пояснити закономірність.

2. STEM-проєкт: «Чистота води в нашому районі» – зібрати доступні дані (публічні), проаналізувати з ШІ-інструментом, підготувати рекомендації.

3. Кейс-рольова гра: розіграти ситуацію лабораторного інциденту й розробити план реагування й профілактики (навчальна симуляція).

Щодо *підготовки вчителя до впровадження методики*, то вона має включати:

- короткий курс (6-12 годин) про: основи ШІ в освіті; робота з адаптивними платформами; інтерпретація аналітики прогресу; етичні питання.

- матеріали: сценарії уроків, шаблони звітів, рубрики оцінювання.

- регулярні колегіальні зустрічі для обміну практиками та аналізу даних учнів.

Технічні та організаційні вимоги до впровадження методики:

- пристрої: ПК/ноутбуки або планшети для кожного учня або групи; стабільний інтернет для онлайн-модулів;

- програмне забезпечення: доступ до віртуальної лабораторії, адаптивної платформи, системи для аналітики прогресу (або LMS з такими модулями);

- безпека: політика збереження даних, інформована згода батьків на використання електронних платформ, навчання етичному використанню ШІ.

Критичні зауваження щодо використання ШІ:

1. ШІ – допоміжний інструмент, а не заміна вчителя.

2. Перевіряти коректність автоматичних пояснень і результатів.

3. Забезпечити конфіденційність даних учнів та дотримання законодавства.

4. Навчати учнів критично ставитися до відповідей ШІ (перевіряти джерела).

Очікувані результати. Після завершення роботи за методикою учень/учениця зможе:

- пояснювати ключові хімічні поняття 8-го класу і застосовувати їх у задачах;

- планувати та безпечно виконувати прості експерименти (реальні або віртуальні), записувати та інтерпретувати результати;

- використовувати цифрові інструменти для моделювання хімічних процесів і аналізу даних (таблиці, графіки, прості регресії);

- критично оцінювати інформацію з різних джерел, формулювати аргументи й робити висновки;

- працювати в команді при виконанні проєктів, презентувати результати та відображати процес навчання.

Розроблена методика була упровадження у навчальний процес 8-Б класу; учні займалися за цієї методикою дві перші чверті 2025 року.

Після завершення формувального етапу експерименту в контрольному та експериментальному класах були проведені підсумкові тестування (контрольний етап). Їх мета полягала в тому, щоб встановити, чи підвищився рівень розвитку ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів. Повторне дослідження здійснювалося в експериментальному 8-Б класі – ЕК (29 учнів), з учнями якого проводився формувальний етап експерименту, і контрольному 8-В класі – КК (29 учнів), на розвиток ключових та предметних компетентностей з хімії учнів якого ми не впливали.

Для визначення рівня сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії учням пропонувалися такі ж практичні завдання, як і на констатувальному етапі дослідження. Результати виконання завдань восьмикласниками експериментального та контрольного класів у відсотковому відношенні подано у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Результати перевірки рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів

№ з/п	Показник	ЕК		КК		Рівні
		%	осіб	%	осіб	
1	Засвоєння базового хімічного матеріалу	37,9	11	13,9	4	високий
		51,8	15	34,3	10	середній
		10,3	3	37,9	11	базовий
		-	0	13,9	4	початковий
2	Уміння застосування знань у стандартних та змінених ситуаціях	44,9	13	10,3	3	високий
		44,9	13	44,9	13	середній
		6,8	2	34,5	10	базовий
		3,4	1	10,3	3	початковий
3	Уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією	41,3	12	20,8	6	високий
		48,3	14	37,9	11	середній
		6,8	2	31,0	9	базовий
		3,4	1	10,3	3	початковий

Графічно результати контрольного етапу педагогічного експерименту у експериментальній групі наведено на рис. 2.4.

Як бачимо з таблиці 2.5 та рис. 2.4, у експериментальному класі *високий рівень* ***засвоєння базового хімічного матеріалу*** мають 37,9% учнів. *Достатній рів*ень засвоєння базового хімічного матеріалу мають 51,8% учнів експериментального класу. *Середній рівень* засвоєння базового хімічного матеріалу мають 10,3% учнів експериментального класу. Учнів з *низьким рівнем* засвоєння базового хімічного матеріалу немає.

Також у експериментальному класі *високий рівень* сформованості ***уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях*** мають 44,9% учнів. *Достатній рівен*ь сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 44,9% учнів експериментального класу. *Середній рівень* сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 6,8% учнів експериментального класу. *Низький рівень* сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 3,4% учнів експериментального класу.

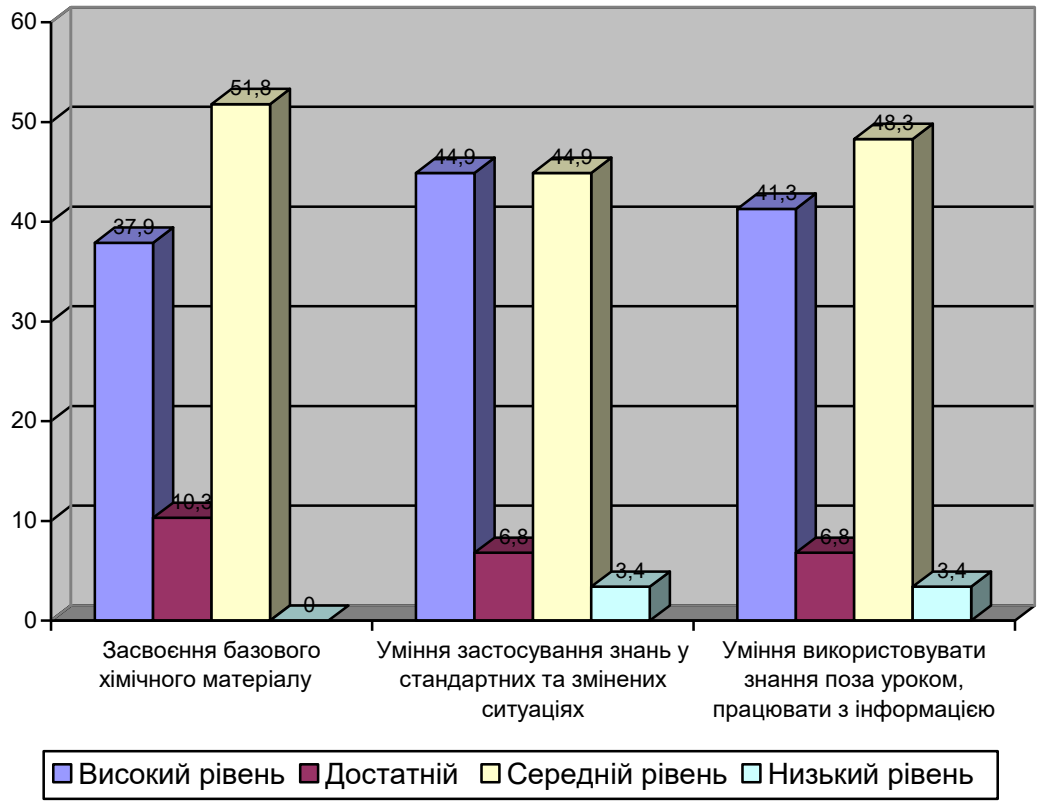


Рис. 2.4. Рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів експериментального класу, %

Щодо рівнів сформованості ***уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією,*** зазначимо такі показники: *високий рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією мають 42,3% учнів експериментального класу; *достатній*

рівень уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 48,4% учнів експериментального класу; *середній рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 6,8% учнів експериментального класу; *низький рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 3,4% учнів експериментального класу.

Порівняльний аналіз рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів експериментального класу на констатувальному та контрольному етапах педагогічного експерименту наведені на рис. 2.5.

Щодо контрольного класу, то відповідно з даними таблиці 2.5, у цьому класі *високий рівень* ***засвоєння базового хімічного матеріалу*** мають 13,9% учнів. *Достатній рівен*ь засвоєння базового хімічного матеріалу мають 34,3% учнів контрольного класу. *Середній рівень* засвоєння базового хімічного матеріалу 37,9% учнів контрольного класу. *Низький рівень* засвоєння базового хімічного матеріалу мають 13,9% учнів контрольного класу.

Також у контрольному класі *високий рівень* сформованості ***уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях*** мають 10,3% учнів. *Достатній рівен*ь сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 44,9% учнів контрольного класу. *Середній рівень* сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 34,5% учнів контрольного класу. *Низький рівень* сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях мають 10,3% учнів контрольного класу.

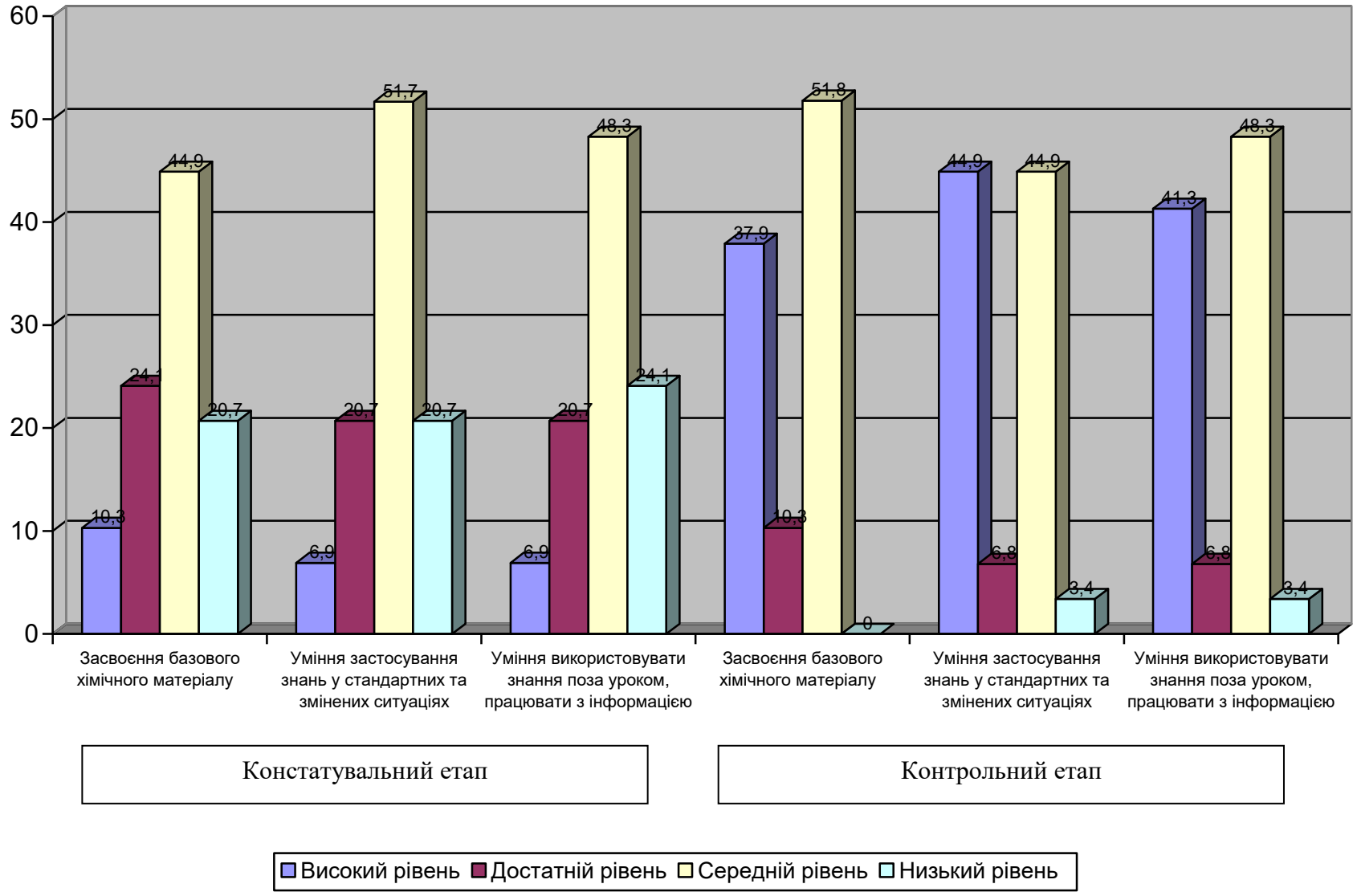


Рис. 2.5. Порівняльний аналіз рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів експериментального класу на констатувальному та контрольному етапах педагогічного експерименту, %

Щодо рівнів сформованості ***уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією***, зазначимо такі показники: *високий рівень* уміння мають 20,8% учнів контрольного класу; *достатній рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 37,9% учнів контрольного класу; *базовий рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 31,0% учнів контрольного класу; *елементарний рівень* уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією – 10,3% учнів контрольного класу.

Графічно результати контрольного етапу експерименту у контрольній групі наведено на рис. 2.6.

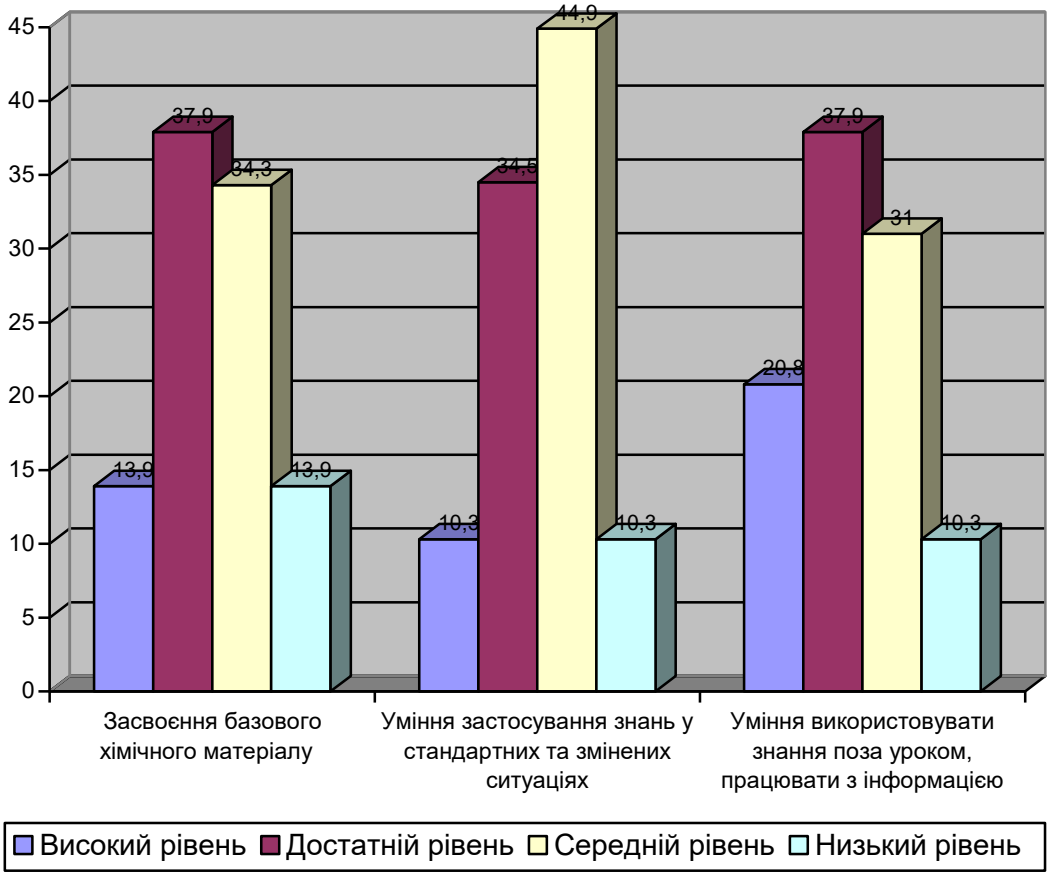


Рис. 2.6. Рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів контрольного класу

Порівняльний аналіз рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів контрольного класу на констатувальному та контрольному етапах педагогічного експерименту наведені на рис. 2.7.

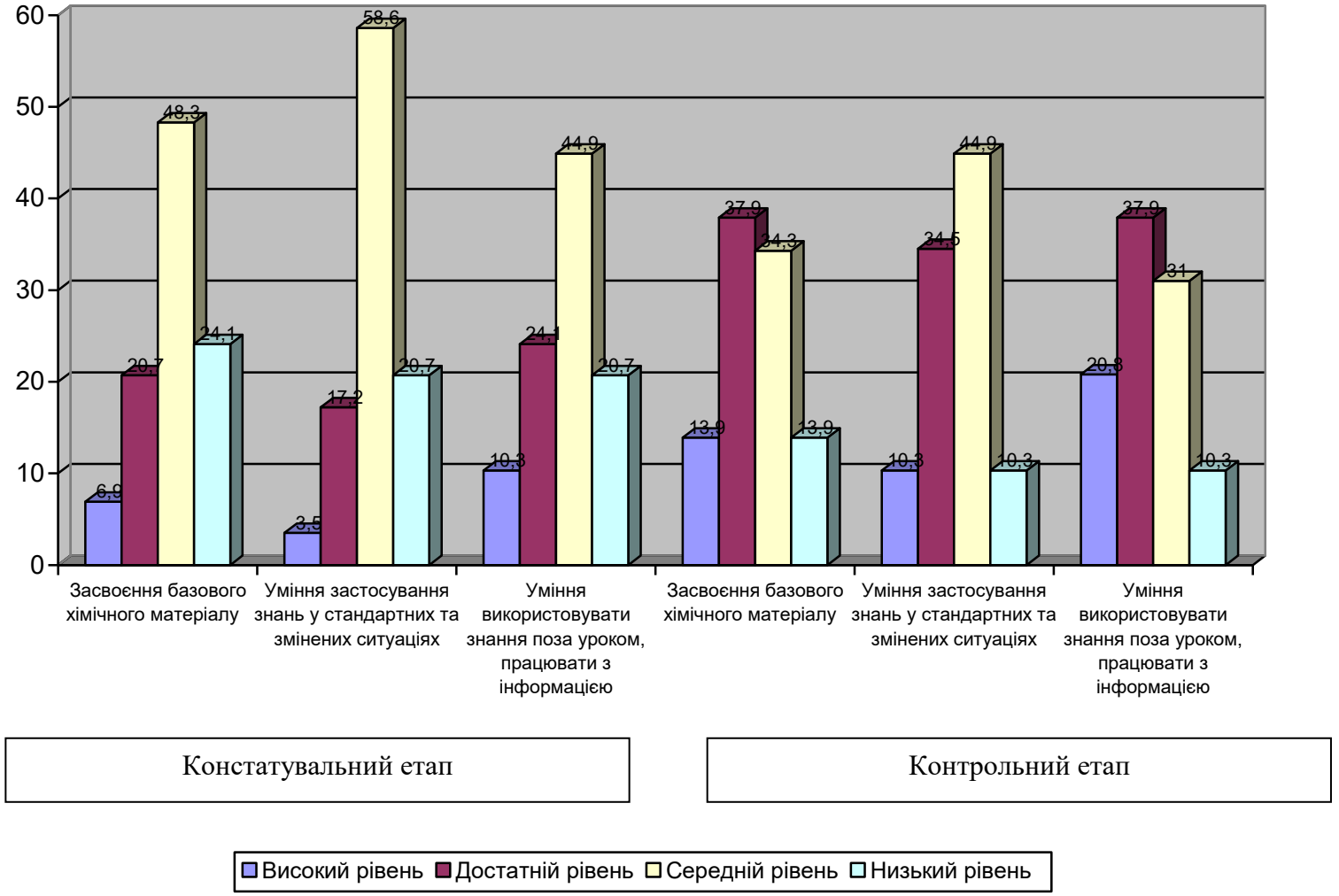


Рис. 2.8. Порівняльний аналіз рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів контрольного класу на констатувальному та контрольному етапах педагогічного експерименту, %

Результати, зазначені у таблиці 2.5 та на рис. 2.7. та 2.8 засвідчили, що рівень засвоєння базового хімічного матеріалу значно підвищився в учнів експериментального класу. Високий рівень засвоєння базового хімічного матеріалу мають 37,9% учнів у ЕК і 13,9% учнів у КК; достатній рівень – 51,8% учнів ЕК і 34,3% учнів КК; середній рівень – 10,3% учнів ЕК і 37,9% учнів КК; низький рівень не зафіксований в учнів ЕК, але його мають 13,9% учнів КК. Позитивними результатами є зростання високого і достатнього рівнів, а також зниження низького рівня засвоєння базового хімічного матеріалу.

Стосовно рівня сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях встановлено, що високий рівень мають 44,9% учнів у ЕК і 10,3% учнів у КК; достатній рівень – 44,9% учнів ЕК і 44,9% учнів КК; середній рівень – 6,8% учнів ЕК і 34,5% учнів КК; низький рівень мають 3,4% учнів ЕК та 10,3% учнів КК. Таким чином, рівень сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях підвищився в учнів ЕК. Позитивним є збільшення кількості восьмикласників ЕК, які мають високий і достатній рівні сформованості уміння застосовувати знання у стандартних та змінених ситуаціях. В учнів КК значних зрушень не відбулося.

Щодо рівня сформованості ***уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією***, зазначимо, що високий рівень мають 41,3% учнів у ЕК і 20,8% учнів у КК; достатній рівень – 48,3% учнів ЕК і 37,9% учнів КК; середній рівень – 6,8% учнів ЕК і 31,0% учнів КК; низький рівень зафіксований тільки у 3,4% учнів ЕК та 10,3% учнів КК. Таким чином, уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією повніше сформовані в учнів ЕК, ніж КК, що підтверджує ефективність проведення формувального етапу експерименту.

Проаналізувавши результати, отримані під час контрольного етапу експерименту, було узагальнено дані та визначено рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів обох класів (середні показники) (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Рівні сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів (контрольний етап експерименту)

Класи	Рівні навчальних досягнень учнів							
	Високий		Достатній		Середній		Низький	
	%	осіб	%	осіб	%	осіб	%	осіб
Експериментальний	41,4	12	48,4	14	6,8	2	3,4	1
Контрольний	13,8	4	37,9	11	34,5	10	13,8	4

Результати експерименту довели, що високий рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії мають 41,4% учнів ЕК і 13,8% учнів КК; достатній рівень – 48,4% учнів ЕК і 37,9% учнів КК; середній рівень – 6,8% учнів ЕК і 34,5% учнів КК; низький рівень зафіксований у 3,4% учнів ЕК та у 13,8% учнів КК. Отже, позитивним є збільшення кількості учнів ЕК із високим і достатнім рівнями сфоровансоті ключових та предметних компетентностей з хімії.

З метою з’ясування ефективності проведення формувального етапу експериментальної роботи ми визначили показники динаміки рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії у восьмикласників, виявлених на початку і в кінці експерименту. Результати засвідчили, що на початку експерименту ключові та предметні компетентності з хімії на високому рівні сформовані у 6,9% учнів ЕК і у 6,9% учнів КК, а на кінець експерименту – збільшилась на 34,5% кількість учнів ЕК із високим рівнем і лише на 6,9% - кількість учнів КК із високим рівнем сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії ; достатній рівень підвищився на 27,7% у ЕК і на 17,2 у КК; середній рівень зменшився на 48,4% в ЕК (у бік достатнього рівня) і на 20,2% у КК; низький рівень зафіксований у 17,2% учнів ЕК і 20,7% у КК на початку експерименту,

а в кінці педагогічного експерименту зафіксовано тільки 3,4%% учнів ЕК з низьким рівнем сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії і 13,8% учнів у КК. Таким чином, рівень розвитку ключових та предметних компетентностей з хімії значно збільшився в учнів ЕК і перевершив показники, які мають учні КК.

Результати педагогічного експерименту засвідчили ефективність розробленої методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії з використанням штучного інтелекту. Рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії у восьмикласників експериментального класу значно підвищився порівняно з контрольним, а саме:

- предметні компетентності – в учнів ЕГ значно покращилася якість розв'язання розрахункових задач, складання рівнянь та хімічної номенклатури. Це свідчить про успішне формування стійких алгоритмічних та практичних умінь завдяки персоналізованому тренінгу за допомогою ШІ;

- ключові компетентності – учні ЕГ продемонстрували вищу здатність до критичного аналізу графічної та текстової інформації, а також краще обґрунтовували рішення в ситуативних завданнях (безпека речовин, хімія у побуті). Це доводить успішне формування навичок, що виходять за рамки суто предметних знань.

Таким чином, результати педагогічного експерименту підтвердили висунуту гіпотезу: формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладів середньої освіти відбувається більш ефективно (у порівнянні з традиційною методикою) при цілеспрямованому використанні інструментів штучного інтелекту.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено ефективність методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів з використанням інструментів штучного інтелекту. У підсумку відзначимо наступне:

1. Сутність ключових і предметних компетентностей з хімії у закладах загальної середньої освіти полягає в тому, щоб сформувати в учнів уміння застосовувати хімічні знання на практиці, розуміти закономірності перетворень речовин і усвідомлювати їх вплив на довкілля та життя людини. Такі компетентності поєднують наукове мислення, екологічну свідомість, відповідальне ставлення до природи та здатність приймати обґрунтовані рішення. Вони забезпечують не лише засвоєння теоретичних знань, а й розвиток творчості, критичного мислення та готовності навчатися впродовж усього життя.

Процес формування ключових та предметних компетентностей на уроках хімії включає цілеспрямовану організацію навчальної діяльності, що поєднує теоретичні знання з практичними вміннями, розвиток пізнавальної активності, критичного та логічного мислення учнів. Важливими складовими цього процесу є педагогічні умови, поетапність діяльності та ефективні методи та засоби навчання хімії.

2. Можливості інструментів штучного інтелекту у формуванні ключових та предметних компетентностей з хімії є надзвичайно широкими та стосуються усіх етапів навчального процесу. ШІ-системи, такі як адаптивне тестування, дозволяють проводити персоналізовану діагностику знань у реальному часі, виявляючи індивідуальні прогалини, і на основі цього генерувати коригуючі завдання, сприяючи формуванню навчання впродовж життя та предметної компетентності (когнітивний критерій). Генеративні моделі (чатботи) можуть використовуватися як інтерактивні ментори для моделювання складних хімічних реакцій і розрахункових задач (діяльнісний

критерій), а також для створення ситуативних сценаріїв з елементами екологічних та соціальних викликів, розвиваючи критичне мислення та ключові компетентності (інформаційно-цифрову, екологічну, підприємницьку) через необхідність верифікації отриманої інформації.

3. У практичній частині кваліфікаційної роботи ми здійснити дослідження рівнів сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів. Дослідження проводилось на базі гімназії № 261 м. Києва і включало підготовчий, констатувальний, формувальний та контрольний етапи. У дослідженні взяли участь 58 учнів, з них було сформовано дві групи: експериментальну та контрольну. Для оцінювання рівнів сформованості компетентностей учнів ми розробили програму із завданнями, яка складалася з трьох блоків, що охоплювали як предметну (хімічну), так і ключові компетентності.

Результати констатувального етапу виявилися наступними: більшість учнів як експериментального класу, так і контрольного на цьому етапі мали середній рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії, а саме – засвоєння базового хімічного матеріалу; уміння використовувати знання поза уроком, працювати з інформацією. Це проявлялося у тому, що учні як експериментального, так і контрольного класів: мали фрагментарні знання (можуть відтворити основні терміни, формули та закони, а також виконати типові завдання за відомим алгоритмом), а також слабко їх застосовували на практиці (не могли самостійно розв'язувати нестандартні або комбіновані задачі, мали труднощі з балансуванням складних рівнянь (де потрібен аналіз) та логічною систематизацією матеріалу. Також у них констатовано низьку критичність, вони не вміли ефективно працювати з нетекстовою інформацією, що свідчить про нерозвинену інформаційно-цифрову компетентність. Відзначили ми й відірваність їх від життя; учні не здатні перенести набуті хімічні знання для аналізу реальних життєвих ситуацій (це вказує на слабку сформованість екологічної та соціальної компетентностей).

4. Для формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів 8-х класів із використанням штучного інтелекту нами була розроблена спеціальна методика. Її метою є формування у восьмикласників ключових компетентностей (цифрова грамотність, критичне мислення, комунікація, навчання впродовж життя, командна робота та відповідальність за власне навчання) та предметних компетентностей з хімії (системне розуміння хімічних понять, експериментальні навички, аналіз даних, уміння моделювати та інтерпретувати результати, дотримання правил безпеки).

Структура методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії з використанням штучного інтелекту включала 4 модулі: модуль 1 (тижні 1-8) – «Основи хімії та цифрової лабораторії»; модуль 2 (тижні 9-17) – «Реакції та їх кількісні характеристики»; модуль 3 (тижні 18-26) – «Кислоти, основи, розчинність, pH» та модуль 4 (тижні 27-34) – «Підсумкове дослідницьке завдання та STEM-проєкти. ШІ-інструменти, які використовувалися за методикою, включали: адаптивні навчальні платформи; освітні чат-боти / тьютори; віртуальні лабораторії та симулятори; інструменти для аналізу даних; системи автоматичного оцінювання; інструменти для створення візуального/мультимедійного контенту; платформи для співпраці.

Розроблена методика була упровадження у навчальний процес 8-Б класу (експериментальний клас); учні займалися за цієї методикою дві перші чверті 2025 року. Після завершення формувального етапу експерименту в контрольному та експериментальному класах були проведені підсумкові тестування (контрольний етап). Їх мета полягала в тому, щоб встановити, чи підвищився рівень розвитку ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів експериментального класу.

Результати контрольного етапу засвідчили ефективність розробленої методики. Рівень сформованості ключових та предметних компетентностей з хімії у восьмикласників експериментального класу значно підвищився порівняно з контрольним. Так, в учнів ЕГ значно покращилася якість

розв'язання розрахункових задач, складання рівнянь та хімічної номенклатури (це свідчить про успішне формування стійких алгоритмічних та практичних умінь завдяки персоналізованому тренінгу за допомогою ШІ); також ці учні продемонстрували вищу здатність до критичного аналізу графічної та текстової інформації, а також краще обґрунтовували рішення в ситуативних завданнях (безпека речовин, хімія у побуті). Це доводить успішне формування навичок, що виходять за рамки виключно предметних знань.

Таким чином, результати педагогічного експерименту підтвердили ефективність методики формування ключових та предметних компетентностей з хімії в учнів закладів середньої освіти при використанні інструментів штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабенко О.М. Предметні компетенції з хімії як складова ключових компетенцій особистості. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2021. №6. С. 28-32.

2. Бібік Н.М. Суперечності процесу запровадження компетентнісного підходу в освітню практику. *Компетентнісно орієнтоване навчання: виклики та перспективи*: Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної конференції. Київ: Педагогічна думка, 2019. С. 8-11.

3. Бобрицька В.І. Професійно орієнтований контекст формування самоосвітньої компетентності майбутнього викладача в умовах магістратури. *Вісник Національного авіаційного університету*. *Психологія*. 2015. № 2. С. 24-30.

4. Бобрицька В.І. Дослідницькі технології в системі загальної середньої освіти. *Педагогічна академія*. 2019. №9. С. 18-21.

5. Бондаревська О. М. Реалізація положень компетентнісного підходу у процесі формування індивідуальних стратегій самостійно-пізнавальної діяльності студентів. Вісник Дніпропетровського університету ім. Альфреда Нобеля. Дніпропетровськ, 2015. Т. 2. Вип. 10. С. 114–119.

6. Великий тлумачний словник сучасної української мови / Уклад. В.Т. Бусел. Ірпінь : ВТФ «Перун», 2003. 1440 с.

7. Вишеславська О.В. Психологія: навчальний посібник. 3-тє вид. Київ: ІНКОС, 2017. 302 с.

8. Возняк О. М. Сутність і змістове наповнення предметної компетентності з хімії. *Наукові записки РДГУ*. 2021. № 17. С. 102-108.

9. Волікова М.М. Сутність понять «компетенція» та «компетентність» в науковому дискурсі. *Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка*. 2019. № 161(5). С. 37-43.

10. Волкова С. А. Формування предметних компетентностей у процесі навчання хімії. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*. 2018. Том 51. С. 718-724

11. Генкал С. Е. Формування предметної компетентності учнів на уроках хімії та біології. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2013. № 4. С. 21-29

12. Глибовець М. М., Олецький О.В. Штучний інтелект. 2-ге вид. Київ : Вид-во Києво-Могилянської академії, 2019. 364 с.

13. Гринюк О.С. Педагогічні умови формування предметної компетентності з хімії. *Наука і освіта*. 2019. №3. С. 73-78

14. Горбань О.М., Бахрушин В.С. Основи теорії систем та системного аналізу. 3-тє вид. Запоріжжя: ЗІДМУ, 2013. 204 с.

15. Горбатюк Н. М., Кормош Ж. О., Бохан Ю. В., Форостовська Т. О. Розвиток дослідницької компетентності майбутніх учителів хімії. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2020. № 3. С. 91-98.

16. Гурняк І.А. Методика реалізації компетентнісного підходу в процесі навчання хімії. 2-ге перевид. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка 2016. 80 с.

17. Гурська М. Штучний інтелект та його можливості в освіті. Вісник ДНПБ ім.. В.О. Сухомлинського. 2024. №16. С. 124-127

18. Демінська Л.О. Умови формування ключових компетентностей учнів у системі загальноосвітніх шкіл. *Педагогічні інновації*. 2016. № 8. С. 36-39.

19. Діденко Л. О. Формування предметних компетентностей з хімії учнів 7 класу засобами інформаційно-комп’ютерних технологій. Харків: ХДУ, 2021. 178 с.

20. Задорожний К.М. Інноваційні технології на уроках хімії. 3-тє вид. Харків: Основа, 2017. 112 с.

21. Карманова А., Мадибекова Г., Кавак Н. та ін. Розвиток професійних компетентностей майбутніх учителів хімії за допомогою цифрових технологій. International Journal of Information and Education Technology. 2024. Том 14, № 2. С. 98-104

22. Княжева А.І. Педагогіка: навчальний посібник. Одеса: Вид-во Ун-

ту Ушинського, 2023. 110 с.

23. Компетентнісний підхід у сучасній освіті: світовий досвід та українські перспективи / За заг. ред. О. В. Овчарук. 2-ге переведи. Київ: «К. І. С.», 2012. 112 с.

24. Криворучко М.В. Персоналізоване навчання природничих предметів за допомогою ШІ. *Науковий вісник БДПУ*. 2023. № 28. С.30-37

25. Лісіна Л., Барліт О. Формування професійної компетентності вчителя: навчально-методичний посібник. 2-гк вид. Запоріжжя: Лана-Друк, 2014. 212 с.

26. Лукашова Н.І. Формування та розвиток понять про хімічну реакцію: навч.-метод.посібник з методики навчання хімії. Ніжин: НДУ ім.М.Гоголя, 2012. 178 с.

27. Лукашова Н.І. Становлення і розвиток методики навчання хімії в загальноосвітніх школах України: монографія. Ніжин: Вид-во НДУ ім. М.Гоголя, 2014. 315 с.

28. Лукашова Н.І., Амельченко М.А. Компетентнісно-орієнтовані завдання як засіб розвитку предметної хімічної компетентності під час вивчення теми «Хімічні реакції». *Крок у науку: дослідження у галузі природничо-математичних дисциплін та методик їх навчання*: зб. тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих учених. Чернігів: НУЧК імені Т.Г. Шевченка, 2019. С.41-48

29. Макєєв С. Ю., Грановська Т. Я., Сидоренко О. В. Формування природничо-наукової компетентності учнів за допомогою завдань формату PISA на уроках хімії у базовій школі. Наукові записки ВНУ ім. Лесі Українки. 2022. № 2. С. 45-51.

30. Малафіїк І.В. Дидактика новітньої школи: навчальний посібник. Київ : Слово, 2015. 630 с.

31. Мельниченко Л. Використання інтерактивних технологій нв уроках хімії. *Хімія*. 2015. № 9. С.24-29.

32. Методичні рекомендації щодо викладання хімії у 2020/2021 навчальному році. Київ: МОН України, 2020. 18 с.

33. Модельна навчальна програма «Хімія. 7-9 класи для закладів загальної середньої освіти» / За авторства О.В. Григоровича. Київ: МОН України, 2023. 68 с.

34. Мороз О. Штучний інтелект: Філософський енциклопедичний словник / В. І. Шинкарук та ін. Київ : Абрис, 2012. С. 727-742

35. Непорожня Л.В. Формування предметної компетентності старшокласників на уроках хімії засобом штучного інтелекту. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. І. Огієнка*. 2024. Вип. 23. С. 106-109.

36. Непорожня Л.В. Природничо-наукова компетентність старшокласників та її формування засобами ІКТ. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету*. 2023. Вип. 18. С. 128-131

37. Ніколаєва І.М. Формування компетентності в хімії майбутніх бакалаврів технології медичної діагностики та лікування. Житомир: Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2018. 198 с.

38. Нікольський Ю.В., Пасічник В.В., Щербина Ю.М. Системи штучного інтелекту: навчальний посібник. 5-те вид., виправл. та доповн. – Львів: Магнолія-2006, 2021. 279 с.

39. Овчарук О. Цифрова компетентність учителя: міжнародні тенденції та рамки. *Нова педагогічна думка*. 2019. №4. С. 52-55.

40. Падун Н.О. Навчально-дослідна діяльність як засіб формування дослідницьких умінь учнів. *Наукові записки НДУ імені М.Гоголя*. 2012. № 1. С. 23-38.

41. Панфілов Ю., Фурманець Б. Компетентнісний підхід в освіті: досвід, проблеми, перспективи. *Теорія і практика управління соціальними системами*. 2017. № 3. С. 55-67.

42. Пластюк А. Організація дослідницької діяльності учнів. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2021. № 7. С. 53-57.

43. Пометун О.І., Пироженко Л.В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: наук.-методичний посібник. 3-тє вид. Київ: Вид-во А.С.К., 2013. 192 с.

44. Рева Т.Д. Теоретико-методичні засади реалізації компетентнісного підходу у навчанні хімічних дисциплін майбутніх провізорів. Київ: Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, 2018. 208 с.

45. Рожко М.М., Ерстенюк Г.М., Капечук В.В., Іванців М.О., Луцак С.М., Дзвонковська В.В., Сенчій В.М. Сучасні підходи до формування високопрофесійного викладача в Івано-Франківському національному медичному університеті. *Медична освіта*. 2019. С.2. С. 65-68.

46. Родигіна І. В. Компетентісно-орієнтований підхід до навчання. 3-тє перевид. Харків: Основа, 2016. 96 с.

47. Рудніцька К.В. Сутність понять «компетентнісний підхід», «компететентність», «компетенція», «професійна компетентність» у світлі сучасної освітньої парадигми. *Науковий вісник Ужгородського університету*. 2016. № 1. С. 241-244.

48. Савченко О.Я. Уміння вчитися як ключова компетентність загальної середньої освіти. *Компетентнісний підхід у сучасній освіті* : світовий досвід та українські перспективи. Київ: К.І.С., 2014. С.34-52.

49. Самчук Н. В. Методи формування ключових компетентностей учнів на уроках хімії. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2022. №9. С. 23-26.

50. Смагін І.І. Педагогічна технологія і методична система в шкільному навчанні. *Вісник Житомирського державного університету*. 2013. Вип. 67. С. 40-43.

51. Табер К. С. Інструменти ШІ у формуванні ключових компетентностей з хімії. *Chemistry Education Research and Practice*. 2024. № 19. С. 101-108.

52. Ткаченко Р.О., Кустра Н.О., Павлюк О.М., Поліщук У.В. Засоби штучного інтелекту: навчальний посібник. 3-тє вид. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2022. 204 с.

53. Топузов О.М. Оцінити компетентності учня. *Освіта України*. 2016. № 7. С.15-18

54. Умаров С. Компетентнісний підхід у викладанні хімії. *Distance Education in Ukraine: Innovative, Normative-Legal, Pedagogical Aspects*. 2023. № 4. С. 22-28.

55. Філіппова Л.В. Теоретико-методичні засади професійно орієнтованого навчання хімічних дисциплін майбутніх магістрів фармації Київ: Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, 2021. 218 с.

56. Хопта Н.С. Досвід впровадження компетентнісного підходу при вивченні студентами медичної хімії. Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology. 2018. 6. С. 31-33.

57. Щербина О.Д. Упровадження компетентнісного підходу шляхом міжпредметної інтеграції на уроках хімії. *Освітній простір*. 2023. № 2. С. 33-37.

58. Chimea T., Kanji Z., & Schmitz S. Assessment of clinical competence in competency-based education. *Canadian Journal of Dental Hygiene*. 2020. № 54(2). С. 83-91.

59. Hutmacher W. Key competencies for Europe. Symposium Berne: report-21. Switzezland, 2022. – 89 p.

60. Gadamer H.-G. Education is Self-Education. *Journal of Philosophy of Education*. 2011. Vol. 46, № 9. P. 243-238.