МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра біології та хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітній ступінь бакалавр

на тему: **МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНИХ ПОНЯТЬ НА ОСНОВІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПОНЯТІЙНОГО ТА ОБРАЗНОГО МИСЛЕННЯ У 9 КЛАСІ**

Виконав: студента III курсу, у35 групи
Жук Олександр Миколайович
Освітня програма Середня освіта (Хімія)
спеціальності 014.06 Середня освіта (Хімія)
Керівник: док. філософії, викл. Кочубей О.В
Рецензент: к.х.н., доц. Жиляк І.Д.

Умань-2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....……3

РОЗДІЛ 1. ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНИХ ПОНЯТЬ НА ОСНОВІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПОНЯТІЙНОГО ТА ОБРАЗНОГО МИСЛЕННЯ У 9 КЛАСІ…….……7

1.1. Поняття та їх роль у навчанні хімії…….7

1.2. Понятійне мислення: сутність і структура……...13

1.3. Образне мислення та його зв'язок із засвоєнням хімічних понять……..20

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНИХ ПОНЯТЬ НА ОСНОВІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПОНЯТІЙНОГО ТА ОБРАЗНОГО МИСЛЕННЯ У 9 КЛАСІ……..……25

2.1. Аналіз чинної програми та підручників хімії 9 класу..... ……25

2.2. Система методів і прийомів формування хімічних понять на уроках у 9 класі…….……31

2.3. Умови ефективного поєднання понятійного та образного мислення учнів……39

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНИХ ПОНЯТЬ У 9 КЛАСІ……...47

3.1. Констатувальний етап дослідження рівнів сформованості хімічних понять у 9 класі..... 47

3.2. Пошуковий етап педагогічного експерименту……...…….57

3.3. Формувальний етап педагогічного експерименту…….……64

ВИСНОВКИ……..……73

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..75

ДОДАТКИ……79

ВСТУП

Актуальність дослідження. Реформування вітчизняної освіти відповідно до засад Нової української школи і Державного стандарту базової середньої освіти (2020) орієнтує педагогічну практику на формування в учнів не лише системи предметних знань, а й здатності самостійно мислити, аналізувати, встановлювати зв’язки між явищами, застосовувати знання в нестандартних ситуаціях. У цьому контексті шкільний курс хімії посідає особливе місце: він оперує об’єктами, принципово недоступними для безпосереднього чуттєвого сприйняття − атомами, молекулами, іонами, хімічними зв’язками, − і тому, більше ніж будь-яка інша дисципліна, вимагає від учня здатності «бачити» невидиме, тобто будувати адекватні розумові образи мікросвіту.

Особливої гостроти ця проблема набуває в 9 класі, де учні вперше опановують теорію електролітичної дисоціації, окисно-відновні реакції, поняття ступеня окиснення, геометрії молекул, кристалічних ґраток. Засвоєння цих понять принципово неможливе без розвиненого просторово-образного мислення. Між тим шкільна практика демонструє стійку тенденцію до вербально-репродуктивного навчання: учні відтворюють визначення, не розуміючи їхньої суті, знають формули, але не «бачать» відповідних явищ. Цей феномен «формального засвоєння» призводить до нездатності застосовувати поняття в нових ситуаціях і втрати пізнавального інтересу до предмета.

Психологічна наука переконливо доводить, що повноцінне засвоєння наукових понять відбувається лише тоді, коли учень не просто запам’ятовує визначення, а будує в уяві адекватний образ відповідного явища. Л. Виготський обґрунтував принципову різницю між «побутовими» і «науковими» поняттями та роль навчання у формуванні останніх [6, с. 112–134]; В. Давидов розробив теорію розвивального навчання, що розмежовує емпіричне і теоретичне узагальнення як два якісно відмінні рівні мислення [10, с. 98–112]; О. Леонтьєв у теорії діяльності показав, що поняття є

одночасно засобом і результатом активної пізнавальної діяльності суб'єкта [18, с. 112]. Методика навчання хімії накопичила значний досвід у цій сфері: Н. Буринська і Л. Величко розробили компетентнісно орієнтовані підходи до навчання хімії в основній школі [3; 4]; І. Чертков обґрунтував теорію поетапного формування хімічних понять [38]; Д. Єресько запропонував чотирирівневу класифікацію сформованості хімічних понять [12]. Проте комплексного методичного дослідження, присвяченого системному поєднанню понятійного та образного мислення при формуванні хімічних понять саме у 9 класі, в сучасній українській педагогіці недостатньо.

Отже, виникає суперечність між необхідністю формування в учнів 9 класу цілісних, глибоко усвідомлених хімічних понять і відсутністю науково обґрунтованої методики, що системно поєднує розвиток понятійного та образного мислення. Ця суперечність визначила вибір теми дослідження: «Методика формування хімічних понять на основі взаємозв'язку понятійного та образного мислення у 9 класі».

Мета дослідження: теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити методику формування хімічних понять у 9 класі, засновану на цілеспрямованому поєднанні понятійного та образного мислення учнів.

Завдання дослідження:

1) проаналізувати психолого-педагогічну та методичну літературу з проблеми формування хімічних понять і розвитку мислення учнів;
2) з'ясувати сутність і структуру понятійного та образного мислення та механізми їхньої взаємодії в процесі навчання хімії;
3) визначити засади ефективного поєднання понятійного та образного мислення при формуванні хімічних понять у 9 класі;
4) розробити систему методів і прийомів формування хімічних понять, що спирається на взаємозв'язок понятійного та образного мислення;
5) перевірити ефективність розробленої методики в ході педагогічного експерименту.

Об’єкт дослідження − процес навчання хімії учнів 9 класу загальноосвітньої школи.

Предмет дослідження − методика формування хімічних понять на основі взаємозв’язку понятійного та образного мислення учнів 9 класу.

Методи дослідження:

– теоретичні: аналіз психолого-педагогічної та методичної літератури, синтез, узагальнення, моделювання, порівняння;
– емпіричні: педагогічне спостереження, педагогічний експеримент, анкетування, тестування, аналіз учнівських робіт, усна бесіда;
– статистичні: кількісна та якісна обробка результатів педагогічного експерименту (t-критерій Стьюдента, критерій хі-квадрат, показник розміру ефекту Cohen’s d).

Практична значущість дослідження

полягає в розробленні та апробації системи уроків хімії для 9 класу, орієнтованих на взаємозв’язок понятійного та образного мислення; у створенні комплекту методичних матеріалів (конспекти уроків, дидактичні картки аналогій, завдання для розвитку просторового мислення, діагностичний інструментарій), що можуть бути використані вчителями хімії загальноосвітніх шкіл у практичній роботі, а також у підготовці майбутніх учителів хімії.

Апробація результатів дослідження.

Основні положення та результати дослідження були представлені на студентській науково-практичній конференції природничо-географічного факультету Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини (2025 р.).

Структура роботи.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів (розділ 1 − чотири підрозділи, розділ 2 − три підрозділи, розділ 3 − три підрозділи),

висновків, списку використаних джерел (50 найменувань) та додатків (А–М). Загальний обсяг основного тексту − 57 сторінок. Робота містить 11 таблиць, 9 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНИХ ПОНЯТЬ НА ОСНОВІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПОНЯТІЙНОГО ТА ОБРАЗНОГО МИСЛЕННЯ У 9 КЛАСІ

1.1. Поняття та їх роль у навчанні хімії

Сучасна хімічна освіта в Україні переживає період глибокого реформування, пов'язаного з упровадженням Державного стандарту базової середньої освіти (2020) та концептуальними засадами Нової української школи. Відповідно до цих документів, метою навчання хімії є не лише засвоєння учнями системи фактичних знань, а й формування предметної та ключових компетентностей, здатності самостійно мислити, вирішувати проблеми, застосовувати знання у нестандартних ситуаціях. Центральне місце в досягненні цієї мети посідають хімічні поняття – фундаментальні одиниці наукового знання, що забезпечують організацію і систематизацію всього змісту курсу хімії [11; 14].

У філософському розумінні термін «поняття» – це форма мислення, яка відображає суттєві, загальні та необхідні ознаки предметів і явищ об'єктивного світу [20, с. 78]. На відміну від уявлення, що є чуттєво-образним відображенням окремого предмета, поняття є узагальненим і опосередкованим знанням, здобутим шляхом абстрагування від несуттєвих ознак і виділення загального. Саме ця здатність поняття охоплювати цілий клас явищ і робить його незамінним інструментом наукового пізнання.

У дидактиці поняття розглядається як результат навчально-пізнавальної діяльності учня, що виражається в здатності правильно розпізнавати, визначати й застосовувати відповідні об'єкти та явища [38, с. 14]. Засвоєне поняття – це не просто завчене визначення, а й здатність оперувати ним у різних пізнавальних і практичних ситуаціях. Такий підхід повністю відповідає компетентнісній парадигмі сучасної освіти, яка вимагає від учня

не відтворення готових знань, а вміння їх продуктивно використовувати [48, p. 41].

Хімічні поняття вирізняються рядом специфічних ознак, що суттєво ускладнюють їх засвоєння учнями порівняно з поняттями інших навчальних дисциплін. Передусім, хімія оперує об’єктами, які принципово недоступні для безпосереднього чуттєвого сприйняття: атом, іон, молекула, хімічний зв’язок, електронна орбіталь – усе це явища мікросвіту, що існують поза межами людського сприйняття. Тому будь-яке хімічне поняття обов’язково включає модельний, умовний компонент – уявний образ об’єкта, побудований на основі наукових моделей та аналогій [43, p. 67].

Дослідники методики навчання хімії виділяють кілька ключових характеристик хімічних понять:

1) Системність і ієрархічність. Хімічні поняття не існують ізольовано, а утворюють складну ієрархічну систему, де кожне нове поняття будується на попередніх і, у свою чергу, стає основою для наступних. Наприклад, поняття «електролітична дисоціація» неможливо зрозуміти без опори на поняття «розчин», «іон», «хімічний зв’язок», «полярність молекули» [12, с. 142].

2) Абстрактність. Переважна більшість хімічних понять курсу 9 класу (ступінь окиснення, окисно-відновна реакція, гідратація іонів, електронегативність) належать до найвищого рівня абстракції і не мають прямих чуттєвих аналогів у повсякденному досвіді учнів [38, с. 48].

3) Динамічність. Зміст хімічних понять поглиблюється і розширюється від класу до класу. Поняття «речовина», введене в 7 класі як «те, з чого складаються тіла», до 9 класу набуває значно складнішого змісту, включаючи уявлення про будову на рівні атомів, молекул, кристалічних ґраток [4, с. 37].

4) Двоїстість природи. Хімічні поняття одночасно описують і мікрорівень (будова речовини, рух частинок) і макрорівень (властивості речовин, що спостерігаються в досліді), що вимагає від учня здатності постійно переходити між двома рівнями опису [45, p. 185].

5) Знаково-символічна форма вираження. Хімічні поняття представлені не лише словами, а й спеціальними символами, формулами, рівняннями реакцій, схемами електронних конфігурацій. Засвоєння поняття передбачає оволодіння всіма формами його виразу [29, с. 6].

Методика навчання хімії розробила цілісну теорію формування хімічних понять, в основу якої покладено ідею поетапного руху від чуттєво-конкретного до абстрактно-понятійного і знову до конкретного, але вже збагаченого теоретичним змістом. І. Чертков виокремлює три послідовні стадії у засвоєнні будь-якого хімічного поняття: первинне ознайомлення (формування попереднього уявлення на основі спостереження або демонстрації); формування поняття (виділення суттєвих ознак, формулювання визначення); розвиток і поглиблення поняття (включення в систему, застосування в нових ситуаціях) [38, с. 52–58].

Л. Величко, розвиваючи компетентнісний підхід до навчання хімії, наголошує, що повноцінне засвоєння поняття означає не лише знання його визначення, а й здатність застосовувати його для пояснення нових фактів, побудови прогнозів щодо властивостей незнайомих речовин, розв’язання розрахункових і якісних задач [4, с. 40]. Такий рівень засвоєння неможливий без глибокого розуміння суті поняття, яке, своєю чергою, неможливе без адекватного образного уявлення про відповідне явище.

Особливого значення набувають хімічні поняття у 9 класі, коли учні вперше знайомляться з теорією електролітичної дисоціації, концепцією окисно-відновних реакцій, поняттями ступеня окиснення, електронегативності, кристалічних ґраток. Аналіз чинної навчальної програми з хімії для 7–9 класів [24] засвідчує, що саме в 9 класі зосереджена найбільша кількість принципово нових теоретичних понять, засвоєння яких становить фундамент для подальшого вивчення хімії в старшій школі.

А. Марченко, досліджуючи труднощі засвоєння хімічних понять учнями основної школи, встановив, що найтиповішими помилками є: підміна

поняття його знаковою формою (учень знає формулу, але не розуміє змісту); змішування суміжних понять через недостатнє усвідомлення їхніх розрізнювальних ознак; нездатність перенести поняття на нові ситуації через відсутність гнучкого понятійного мислення [21, с. 13–14]. Ці труднощі безпосередньо пов'язані з проблемою взаємозв'язку понятійного та образного мислення.

О. Леонтьєв у своїй теорії діяльності показав, що поняття виступають одночасно і засобом, і результатом пізнавальної діяльності: учень пізнає навколишній світ через поняття і водночас формує поняття в процесі активної пізнавальної діяльності [18, с. 112]. Відтак, пасивне «отримання» готових визначень не може забезпечити повноцінного засвоєння понять – необхідна активна пізнавальна діяльність учня, спрямована на самостійне конструювання змісту поняття.

Л. Виготський, розробляючи теорію розвитку наукових понять, розмежував «наукові» та «побутові» поняття. Побутові поняття учень набуває стихійно, з власного досвіду, вони є конкретними і прив'язаними до певних ситуацій. Наукові поняття засвоюються в процесі навчання, вони є узагальненими, системними і свідомими. Особливість хімічних понять полягає в тому, що вони є суто науковими і не мають відповідників у побутовому досвіді учня – у повсякденному житті дитина ніколи не зустрічається безпосередньо з іонами чи електронними орбіталями. Це означає, що формування хімічних понять повністю залежить від якості організованого навчання [6, с. 189–195].

K. Taber, аналізуючи конструктивістські основи навчання природничих дисциплін, стверджує, що учень не «отримує» поняття від учителя, а активно конструює його зміст, спираючись на вже наявні знання та досвід. Якщо наявний досвід містить хибні уявлення, вони стають перешкодою для засвоєння правильних наукових понять [48, p. 44–47]. У навчанні хімії це явище є особливо поширеним: наприклад, побутове розуміння слова

«розчинення» як «зникнення речовини» суперечить науковому поняттю про збереження частинок розчиненої речовини в розчині.

J. Hadenfeldt зі співавторами, проаналізувавши понад 200 досліджень з проблеми розуміння поняття «речовина» учнями різного віку, дійшли висновку, що прогресія у розумінні цього ключового поняття хімії відбувається через послідовне збагачення та ускладнення як понятійного, так і образного компонентів знання [45, p. 183–190]. Це є важливим аргументом на користь методики, яка системно поєднує розвиток обох видів мислення.

Д. Єресько, узагальнюючи досвід формування хімічних понять у вітчизняній школі, наголошує на необхідності системного підходу: поняття не можна формувати ізольовано – воно набуває змісту лише в системі споріднених понять, через зв’язки з іншими елементами знання [12, с. 143]. Системність у формуванні понять означає, що кожне нове поняття вводиться як елемент уже існуючої системи, встановлюючи зв’язки з раніше вивченими поняттями і збагачуючи цю систему.

Дослідження H. Wu та P. Shah показали, що просторово-образне мислення є надійним предиктором успішності у вивченні хімії: учні з вищим рівнем просторової уяви значно краще засвоюють теми, пов’язані з будовою речовини, геометрією молекул і механізмами реакцій [49, p. 470]. Це підтверджує необхідність системної роботи з розвитку образного мислення як невід’ємного компонента формування хімічних понять.

Аналіз підручників хімії для 9 класу, рекомендованих МОН України [3; 8; 29; 32; 42], засвідчує, що автори по-різному вирішують проблему введення нових понять. Одні дотримуються переважно логіко-дедуктивного підходу (від загального визначення до конкретних прикладів), інші – індуктивного (від спостереження конкретних явищ до узагальнення). Проте жоден з аналізованих підручників не пропонує системної методики, яка б цілеспрямовано поєднувала розвиток понятійного та образного мислення учнів у процесі введення нових понять.

Отже, аналіз наукової літератури дозволяє зробити такі висновки щодо ролі понять у навчанні хімії. По-перше, хімічні поняття є системоутворювальним компонентом змісту шкільного курсу хімії, без засвоєння яких неможливе глибоке розуміння жодного хімічного явища чи закону. По-друге, специфіка хімічних понять (абстрактність, системність, мікросвітовий характер, знаково-символічна форма) ставить особливі вимоги до організації процесу їх формування. По-третє, повноцінне засвоєння хімічних понять передбачає не лише оволодіння їхньою словесно-логічною формою, а й формування адекватних образних уявлень про відповідні явища і процеси. По-четверте, 9 клас є критично важливим етапом у розвитку хімічної понятійної системи учня, а отже, методика формування понять саме на цьому етапі потребує особливо ретельного наукового обґрунтування.

1.2. Понятійне мислення: сутність і структура

Проблема розвитку мислення учнів у процесі шкільного навчання набуває особливої актуальності в умовах реформування вітчизняної освіти відповідно до засад Нової української школи, яка орієнтує педагогічну практику на формування в здобувачів освіти здатності самостійно мислити, аналізувати й систематизувати інформацію, приймати обґрунтовані рішення в нестандартних ситуаціях [11; 25]. У цьому контексті понятійне мислення постає як один із ключових психологічних механізмів, що забезпечують повноцінне засвоєння наукових знань і здатність ними оперувати. Особливої ваги ця проблема набуває у навчанні хімії, де переважна більшість навчального змісту представлена у формі абстрактних, теоретично насичених понять, опанування яких принципово неможливе без достатнього рівня розвитку теоретичного мислення.

У психологічній науці мислення традиційно розглядається як вища форма пізнавальної діяльності людини, що являє собою процес узагальненого й опосередкованого відображення дійсності в її суттєвих зв’язках і відношеннях [27, с. 8]. На відміну від елементарних форм пізнання – відчуття й сприйняття, що відображають дійсність у її безпосередній даності, – мислення дозволяє виходити за межі чуттєвого досвіду, осягати те, що є прихованим від безпосереднього спостереження, встановлювати причинно-наслідкові зв’язки між явищами, будувати прогнози та перевіряти гіпотези. Саме ця здатність робить мислення незамінним інструментом наукового пізнання світу.

У вітчизняній психологічній традиції прийнято виокремлювати кілька видів мислення залежно від характеру завдань і засобів їх вирішення: наочно-дійове (розв’язання практичних задач через безпосередню маніпуляцію предметами), наочно-образне (оперування образами-уявленнями в плані уяви) та словесно-логічне, або понятійне мислення, що здійснюється за допомогою понять, суджень і умовиводів [20, с. 110–113]. Зазначені види мислення не є ізольованими і не замінюють одне одного в процесі

індивідуального розвитку: вони утворюють динамічну єдність, у якій кожен вид виконує власну пізнавальну функцію. Водночас у навчанні природничих дисциплін, зокрема хімії, провідна роль належить саме понятійному мисленню як необхідній умові засвоєння наукових знань.

Понятійне мислення – це вид теоретичного мислення, що здійснюється за допомогою понять, суджень і умовиводів та спрямоване на розкриття суттєвих властивостей і відношень об’єктів дійсності, прихованих від безпосереднього сприйняття [36, с. 47]. Визначальними ознаками понятійного мислення є: по-перше, опосередкованість – результат пізнання досягається не безпосередньо, а через систему опосередковуючих ланок (понять, умовиводів, доведень); по-друге, узагальненість – мислення оперує не одиничними образами конкретних предметів, а узагальненими поняттями, що охоплюють цілий клас явищ; по-третє, системність – поняття не існують ізольовано, а організовані в ієрархічно впорядковані системи від конкретного до абстрактного; по-четверте, рефлексивність – здатність усвідомлювати власний розумовий процес, оцінювати правомірність умовиводів і коригувати помилки мислення [20, с. 118–120].

У структурному відношенні понятійне мислення являє собою складне багатокомпонентне утворення. І. Пасічник та Р. Каламаж виділяють у його складі такі взаємопов’язані компоненти: операційний (система розумових операцій, що забезпечують рух думки від відомого до невідомого); змістовий (сукупність засвоєних понять та системи зв’язків між ними, що складає основу предметного мислення); регуляторний (здатність свідомо планувати, контролювати й коригувати власні розумові дії); мотиваційний (пізнавальний інтерес і потреба у вирішенні теоретичних проблем як рушійна сила мислення) [27, с. 56–60]. Між цими компонентами існують системні зв’язки: розвинений операційний компонент без достатнього змістового не забезпечує глибокого розуміння; мотиваційний компонент визначає ступінь активності

суб’єкта в пізнанні; регуляторний забезпечує якість і надійність розумового процесу.

Центральне місце в операційному компоненті понятійного мислення посідають мисленнєві операції – способи перетворення понять у процесі пізнання. О. Цимбалюк систематизує їх таким чином: аналіз – уявне розчленування предмета або явища на складові частини з метою їх окремого вивчення; синтез – уявне поєднання елементів у ціле на основі виявлених суттєвих зв’язків; порівняння – встановлення подібності і відмінності між предметами за певними ознаками; абстрагування – виокремлення суттєвих ознак і відволікання від несуттєвих, другорядних; узагальнення – об’єднання предметів і явищ за суттєвими спільними ознаками в класи і категорії; конкретизація – перехід від загального поняття до конкретних фактів і явищ, що підпадають під це поняття [36, с. 52–55]. У навчанні хімії ці операції набувають специфічного предметного змісту: аналіз застосовується при розкладанні хімічної реакції на стадії; синтез – при складанні рівняння реакції; порівняння – при зіставленні властивостей різних класів сполук; абстрагування – при виведенні загальних понять «ступінь окиснення» чи «тип хімічного зв’язку» з аналізу конкретних речовин [38, с. 61].

Важливою характеристикою понятійного мислення є його форми. Логіка і психологія традиційно виокремлюють три основні форми понятійного мислення: поняття (узагальнений образ суттєвих ознак класу предметів), судження (форма думки, в якій щось стверджується або заперечується про предмет) та умовивід (виведення нового знання з кількох суджень) [27, с. 62–68]. У шкільному навчанні хімії учень постійно оперує всіма трьома формами: він засвоює поняття (наприклад, «електроліт»), формулює судження («натрій хлорид є сильним електролітом»), будує умовиводи («якщо речовина є сильним електролітом, то в її розчині концентрація іонів є максимальною; натрій хлорид є сильним електролітом; отже, у його розчині концентрація іонів є максимальною»). Здатність учня до правильних

хімічних умовиводів є надійним показником розвитку його понятійного мислення.

Розвиток понятійного мислення в онтогенезі є тривалим і нерівномірним процесом, що проходить кілька якісно відмінних стадій. Л. Виготський у своїй фундаментальній праці «Мислення і мова» виділив три основні стадії формування понять у дитини: мислення в синкретах (дошкільний вік) – об'єднання предметів за суб'єктивними, випадковими і ситуативними ознаками без виділення суттєвих зв'язків; мислення в комплексах (молодший шкільний вік) – об'єднання предметів за реальними фактичними зв'язками, що вже є більш об'єктивним, але ще не забезпечує виокремлення справді суттєвих ознак; мислення в поняттях (підлітковий і юнацький вік) – об'єднання предметів і явищ за суттєвими, узагальненими ознаками, що є результатом розвинених операцій аналізу і синтезу [6, с. 112–134]. Виготський підкреслює принципову різницю між «стихійними» (побутовими) і «науковими» поняттями: якщо перші формуються несвідомо у процесі повсякденного досвіду і є конкретними, ситуативними, то другі формуються в процесі навчання, є систематичними, усвідомленими і здатними до рефлексії. Оскільки всі хімічні поняття є науковими, їх формування повністю залежить від якості організованого педагогічного процесу.

В. Давидов, розвиваючи ідеї Виготського у теорії розвивального навчання, вводить принципово важливе розмежування між двома типами узагальнення: емпіричним і теоретичним. Емпіричне узагальнення здійснюється шляхом порівняння групи конкретних предметів і виокремлення в них зовнішньо спільних ознак – ознак, що є лише «загальними», але не обов'язково «суттєвими». Теоретичне узагальнення, навпаки, спрямоване на виявлення «змістовної абстракції» – вихідного, генетично суттєвого відношення, яке породжує всі конкретні прояви явища. Відповідно до цього розмежування, Давидов виділяє емпіричне і теоретичне

(понятійне) мислення: емпіричне мислення оперує зовнішніми ознаками і достатнє для вирішення стандартних завдань на впізнавання та відтворення; теоретичне мислення спрямоване на виявлення суттєвих відношень і є необхідним для справжнього розуміння та творчого застосування знань [10, с. 98–112]. З позицій цієї теорії можна стверджувати, що переважна більшість традиційних уроків хімії формує переважно емпіричне мислення учнів, обмежуючись рівнем визначень і типових прикладів, тоді як справжнє хімічне мислення є теоретичним за своєю природою.

Д. Єресько, спираючись на теоретичну концепцію Давидова і адаптуючи її до потреб методики навчання хімії, пропонує чотирирівневу класифікацію сформованості понятійного мислення учнів у хімії. На репродуктивному рівні учень здатен лише відтворювати визначення понять і типові приклади, подані вчителем, без виявлення власного розуміння. На реконструктивному рівні учень може самостійно навести нові приклади, перефразувати визначення власними словами, встановити найочевидніші зв’язки між поняттями. Продуктивний рівень характеризується здатністю застосовувати поняття в нових, нетипових ситуаціях, самостійно встановлювати міжпонятійні зв’язки, пояснювати явища через систему понять. Нарешті, творчий рівень виявляється у здатності учня самостійно конструювати нові понятійні зв’язки, висувати оригінальні гіпотези та знаходити нестандартні способи розв’язання проблем [12, с. 145–146]. Завдання методики навчання хімії у 9 класі полягає в тому, щоб забезпечити перехід більшості учнів щонайменше на продуктивний рівень.

О. Цимбалюк, аналізуючи психологічні механізми функціонування понятійного мислення, акцентує увагу на ролі внутрішнього мовлення як основного засобу мислення: понятійне мислення здійснюється у формі внутрішнього мовлення, у якому слова-поняття є оперативними одиницями мисленнєвого процесу [36, с. 67]. Цей факт має важливе методичне значення: учень, який не засвоїв хімічну термінологію на рівні активного словника, не

може повноцінно мислити хімічними категоріями, навіть якщо формально знає визначення відповідних термінів. Звідси випливає практичний висновок: навчання хімічної мови є не другорядним завданням, а необхідною умовою розвитку хімічного мислення.

М. Смульсон, досліджуючи розвиток інтелектуальних здібностей у підлітковому та юнацькому віці, зазначає, що цей період є сенситивним для становлення гіпотетико-дедуктивного мислення – здатності міркувати в термінах можливого і необхідного, а не лише реального [32, с. 134]. Дев'ятикласники (14–15 років) вже здатні висувати і перевіряти гіпотези, міркувати про нереалізовані можливості, будувати ланцюги логічних умовиводів у формальних термінах. Водночас ця здатність ще тільки формується і нерівномірно розподілена серед учнів одного класу, що ставить перед учителем завдання диференціації навчання з урахуванням індивідуального рівня розвитку теоретичного мислення.

С. Максименко підкреслює, що розвиток понятійного мислення нерозривно пов'язаний з розвитком мовлення: «мислення і мовлення виникли і розвиваються в єдності, хоча між ними й немає відношення тотожності» [20, с. 127]. Для навчання хімії цей зв'язок є особливо значущим, оскільки хімія має розвинену власну мову – систему символів, формул, рівнянь і термінів, оволодіння якою є необхідною умовою хімічного мислення. Засвоєння хімічної мови і розвиток хімічного мислення відбуваються у взаємозумовленому процесі: чим розвиненіше хімічне мислення, тим багатшим стає активний хімічний словник учня, і навпаки.

Суттєвим аспектом проблеми розвитку понятійного мислення у навчанні хімії є питання про роль навчального завдання. М. Корнієнко наголошує, що понятійне мислення розвивається лише в умовах, коли учень стикається із завданням, яке не може бути вирішене за допомогою наявних у нього знань і вимагає побудови нового способу дії [16, с. 7]. Звичайне репродуктивне завдання («дайте визначення поняття», «наведіть приклади») не забезпечує

розвитку мислення, воно лише закріплює вже сформовані операції. Справжній розвиток понятійного мислення відбувається у процесі вирішення проблемних завдань, які вимагають від учня встановлення нових понятійних зв'язків, побудови умовиводів, висування і перевірки гіпотез.

Аналізуючи сучасні тенденції у навчанні хімії О. Ярошенко, підкреслює нерозривний зв'язок між розвитком понятійного мислення та формуванням предметних компетентностей: «без розвиненого понятійного мислення неможливо досягти справжнього розуміння хімічних явищ, а без глибокого предметного змісту не може розвиватися і саме мислення» [41, с. 57]. Це твердження формулює принцип єдності змістового і розвивального аспектів навчання хімії, що є теоретичним підґрунтям для розроблення будь-якої методики формування хімічних понять.

Розглядаючи конструктивістські засади навчання природничих дисциплін K. Taber, виокремлює особливу роль «концептуальних рамок» (conceptual frameworks) – стійких систем понять і уявлень, якими учень послуговується для інтерпретації нового навчального матеріалу [48, p. 44]. Якщо ці рамки збігаються з науковими поняттями, новий матеріал легко асимілюється наявною системою знань. Якщо ж вони містять альтернативні концепції, тобто стійкі хибні уявлення, що укорінилися в досвіді учня, засвоєння гальмується або спотворюється. У навчанні хімії такі альтернативні концепції є надзвичайно поширеними: побутовий досвід формує у більшості учнів хибні уявлення про «горіння» як «зникнення» речовини, про «розчинення» як «зникнення», про «кислоту» як «рідину, що роз'їдає». Подолання цих хибних уявлень є однією з ключових методичних проблем навчання хімії.

О. де Йонг і K. S. Taber запропонували модель «трьох рівнів хімічного мислення», яка набула широкого визнання у світовій методиці навчання хімії: макроскопічний рівень (спостережувані явища і властивості речовин, доступні безпосередньому чуттєвому сприйняттю), субмікроскопічний рівень

(пояснення явищ у термінах атомів, молекул, іонів і їхніх взаємодій) та символічний рівень (представлення хімічних знань за допомогою хімічної мови: символів елементів, формул речовин, рівнянь реакцій, структурних схем) [44, p. 462]. Розвинене понятійне мислення у хімії означає здатність вільно і усвідомлено оперувати на всіх трьох рівнях та встановлювати зв'язки між ними. Учень, який мислить лише на макроскопічному рівні, здатний описати явище, але не пояснити його; учень, який мислить переважно на символічному рівні без розуміння субмікроскопічного, маніпулює формулами механічно, без справжнього розуміння.

1.3. Образне мислення та його зв'язок із засвоєнням хімічних понять

Аналіз психолого-педагогічної літератури, здійснений у попередньому підрозділі, засвідчив, що понятійне мислення є провідним інструментом засвоєння наукових знань. Однак зведення процесу формування хімічних понять виключно до розвитку понятійно-логічного компоненту є методологічно неповним. Сучасна психологічна наука переконливо доводить, що абстрактне мислення не виникає і не функціонує у відриві від чуттєво-образної основи. С. Рубінштейн зазначав, що пізнання дійсності в її суттєвих зв'язках невіддільно спирається на конкретно-чуттєвий досвід суб'єкта, а будь-яке поняття, позбавлене образної опори, перетворюється на порожню словесну оболонку [19, с. 344]. Відтак образне мислення постає не як нижча форма пізнання, що поступається понятійному в процесі інтелектуального розвитку, а як його рівноправний і необхідний партнер – особливо у такій дисципліні, як хімія, де переважна більшість об'єктів вивчення є принципово недоступною для безпосереднього спостереження.

Образне мислення являє собою вид мислення, що здійснюється на основі образів – сприйнять, уявлень та уяви, і спрямоване на розв'язання

пізнавальних завдань шляхом оперування чуттєво-конкретними уявними моделями об’єктів і явищ дійсності [27, с. 32]. Фундаментальною одиницею образного мислення є образ – суб’єктивне відображення об’єкта або явища у всій його чуттєвій конкретності, просторово-часовій організованості та динаміці. На відміну від поняття, яке фіксує виключно суттєві, узагальнені ознаки класу об’єктів, відволікаючись від усього одиничного й несуттєвого, образ зберігає індивідуальну конкретність, просторову структуру і якісне багатство об’єкта пізнання. Саме ця властивість образу – здатність утримувати конкретно-чуттєву повноту явища – і робить його незамінним підґрунтям для наукового поняття, яке потребує «зачеплення» в реальному досвіді.

У праці «Мистецтво та візуальне сприйняття» Р. Арнхейм у своїй фундаментальній праці «Мистецтво та візуальне сприйняття» обґрунтував принципово важливу для педагогіки природничих наук тезу: зорові образи є не лише ілюстрацією до думки, а самостійним і рівноправним інструментом пізнання. Він увів поняття «візуальне мислення» (visual thinking), стверджуючи, що людина здатна вирішувати складні пізнавальні завдання безпосередньо в образній формі, без обов’язкового перекладу їх у словесно-логічну [1, p. 18]. Ця теза набуває особливої ваги у навчанні хімії: «побачити» атом, молекулу чи механізм реакції можна виключно засобами уяви, проте саме це «бачення» є необхідною умовою справжнього, а не формального розуміння хімічного явища. Учень, який не здатен уявити, як молекула води дипольно орієнтується навколо іона, або як електронна пара «зміщується» у бік більш електронегативного атома, не може вважатися таким, що справді засвоїв відповідні поняття, навіть якщо він бездоганно відтворює їх визначення.

У вітчизняній психологічній науці образне мислення традиційно розглядається як багатокомпонентне утворення, що включає кілька якісно відмінних, проте взаємопов’язаних різновидів. С. Максименко виділяє:

репродуктивне образне мислення, що полягає в оперуванні образами раніше сприйнятих об’єктів, збереженими в пам’яті у вигляді уявлень; реконструктивне образне мислення, яке передбачає перетворення наявних образів відповідно до нових умов і вимог; продуктивне образне мислення, або творча уява, що спрямоване на побудову принципово нових образів на основі переосмислення і творчого комбінування елементів досвіду [20, с. 103–107]. У навчанні хімії ці три різновиди задіюються послідовно і взаємодоповнювально: репродуктивне – при пригадуванні й відтворенні моделей молекул і структур, вивчених раніше; реконструктивне – при перенесенні засвоєної моделі будови на новий, аналогічний об’єкт; продуктивне – при самостійній побудові образу раніше невідомої молекули чи механізму реакції на основі теоретичних знань.

Серед різновидів образного мислення, що виявляються у навчанні природничих дисциплін, особливе місце посідає просторове мислення. І. Якиманська визначає його як особливий вид розумової діяльності, спрямованої на створення просторових образів і оперування ними в процесі вирішення практичних і теоретичних завдань [40, с. 5]. Просторове мислення включає здатність уявляти тривимірні об’єкти у їхньому просторовому взаємозв’язку, подумки обертати їх у просторі, розкладати на складові частини і знову відтворювати у цілісності, встановлювати просторові відношення між елементами складної структури. У навчанні хімії ця здатність набуває особливої значущості, оскільки будова молекул, геометрія кристалічних ґраток, форма атомних орбіталей, тривимірна конфігурація перехідного стану хімічної реакції – усе це просторові об’єкти, які принципово не можуть бути по-справжньому зрозумілі у двовимірній проекції схеми на дошці чи площини сторінки підручника.

Значущість просторового мислення для успішності у вивченні хімії підтверджується результатами міжнародних емпіричних досліджень. H. K. Wu та P. Shah у масштабному дослідженні з учнями середньої школи

встановили, що рівень розвитку просторової уяви є одним із найбільш надійних предикторів навчальних досягнень з хімії – поряд із вербальними здібностями та загальним рівнем інтелекту [49, p. 470–472]. Учні з вищим рівнем просторової уяви суттєво успішніше опановували теми «Будова атома», «Хімічний зв’язок і геометрія молекул», «Кристалічні ґратки», демонструючи не лише кращі результати у відтворенні навчального матеріалу, а й значно вищу здатність до перенесення знань і вирішення нестандартних задач. Ці дані переконливо свідчать про те, що цілеспрямований розвиток просторової уяви учнів є не факультативним доповненням, а обов’язковим методичним завданням у навчанні хімії.

Суттєвою характеристикою образного мислення, що виявляється у навчанні хімії, є його динамічний характер. Хімічні реакції є за своєю природою динамічними процесами, що розгортаються у часі: частинки рухаються, зближуються, взаємодіють, перебудовують свої електронні оболонки, утворюючи нові сполуки. Статична схема або ілюстрація у підручнику здатна зафіксувати лише один «зупинений кадр» цього процесу, тоді як справжнє розуміння реакції вимагає динамічного образу – здатності «програти» в уяві весь хід перетворення від початкових речовин до продуктів реакції. У теорії творчого сприймання В. Моляко обґрунтував поняття «динамічний розумовий образ» і показав, що здатність будувати й оперувати такими образами є однією з найвищих форм образного мислення, необхідною для розуміння складних природних процесів [23, с. 145].

Надзвичайно важливу роль у зв’язку образного мислення із засвоєнням хімічних понять відіграють аналогії. Аналогія є формою образного мислення, за якої незнайомий, абстрактний об’єкт або явище осмислюється через перенесення образу знайомого, конкретного об’єкта-аналога [46, p. 12]. У навчанні хімії аналогії є одним із найпотужніших методичних інструментів, що дозволяють перекинути місток між наявним чуттєвим досвідом учня і новим науковим поняттям. Класичними прикладами є: аналогія будови атома

з планетарною системою (ядро – «Сонце», електрони – «планети на орбітах»); аналогія ковалентного зв’язку зі «спільною скарбничкою», до якої два атоми вкладають по одному електрону; аналогія між концентрацією розчину і кількістю людей у кімнаті. Дослідники A. Harrison і D. Treagust, дослідивши закономірності використання аналогій у шкільному навчанні хімії, встановили, що правильно підібрана і методично грамотно опрацьована аналогія суттєво прискорює формування нового поняття і забезпечує його більш глибоке розуміння [46, p. 15–17]. Вирішальною умовою ефективності аналогії є усвідомлення учнем не лише її пояснювальних можливостей, а й меж застосовності – у чому образ-аналог відповідає науковому об’єкту, а в чому принципово від нього відрізняється.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИКА ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНИХ ПОНЯТЬ НА ОСНОВІ

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ПОНЯТІЙНОГО ТА ОБРАЗНОГО МИСЛЕННЯ У 9 КЛАСІ

2.1. Аналіз чинної програми та підручників хімії 9 класу

Розроблення ефективної методики формування хімічних понять на основі взаємозв'язку понятійного та образного мислення потребує передусім ретельного аналізу нормативної і навчально-методичної бази шкільного курсу хімії 9 класу. Такий аналіз дозволяє встановити, які поняття підлягають формуванню на даному етапі навчання, якою мірою чинна програма орієнтує вчителя на розвиток мислення учнів, а також виявити, наскільки наявні підручники забезпечують умови для поєднання понятійного та образного компонентів пізнання. Отримані результати є необхідним підґрунтям для обґрунтування власне авторської методичної системи.

Нормативним документом, що визначає зміст навчання хімії в основній школі, є Навчальна програма з хімії для 7–9 класів загальноосвітніх навчальних закладів, затверджена наказом МОН України від 07.06.2017 р. № 804 зі змінами 2021 року [24]. Програма розроблена відповідно до Державного стандарту базової середньої освіти (2020) [11] і спрямована на реалізацію компетентнісного підходу в навчанні хімії. Метою вивчення хімії в основній школі відповідно до програми є формування засобами навчального предмета ключових і предметної компетентностей, необхідних для соціалізації, творчої самореалізації особистості та її подальшої освіти.

Аналіз змісту програми для 9 класу засвідчує, що цей навчальний рік є концептуально найбільш насиченим у курсі основної школи: саме тут зосереджена переважна більшість принципово нових теоретичних понять, засвоєння яких закладає фундамент для подальшого вивчення хімії у старшій школі. Програма 9 класу охоплює такі змістові блоки: «Повторення та поглиблення найважливіших питань курсу 8 класу»; «Розчини»; «Хімічні реакції»; «Найважливіші органічні сполуки» [24]. Кожен із цих блоків

містить поняття, що вимагають розвиненого просторового та образного мислення.

У блоці «Розчини» учні опановують поняття електролітичної дисоціації, ступеня дисоціації, реакцій іонного обміну. Засвоєння цих понять принципово неможливе без динамічного образу процесу розпаду молекул на іони, уявлення про гідратацію іонів дипольними молекулами води, здатності «побачити» в уяві рівноважний стан між іонами і нерозпавшими молекулами у слабкому електроліті. У блоці «Хімічні реакції» центральними поняттями є окисно-відновні реакції, ступінь окиснення, окисник і відновник. Розуміння механізму переходу електронів від відновника до окисника вимагає від учня здатності оперувати динамічними образами електронного перенесення, пов'язуючи їх з формальними записами схем електронного балансу [4; 16].

Характерно, що програма, визначаючи змістові вимоги до рівня навчальних досягнень учнів, фіксує результати переважно у знаннєво-операційних термінах: «знає», «розуміє», «вміє складати», «вміє розв'язувати». Водночас вимоги, безпосередньо пов'язані з розвитком мислення учнів, – зокрема, здатність встановлювати зв'язки між макро- і мікрорівнями опису хімічних явищ, будувати просторові образи молекул і кристалів, самостійно конструювати пояснення нових фактів на основі засвоєних понять – представлені значно менш виразно і системно. Це свідчить про те, що розвиток мислення учнів як самостійна методична мета в програмі недостатньо акцентований, що відкриває простір для методичного пошуку в рамках цього дослідження.

Паралельно з аналізом програми нами було здійснено порівняльний аналіз чотирьох підручників хімії для 9 класу, що перебувають у переліку підручників, рекомендованих МОН України: П. Попеля та Л. Крикля [29]; О. Григоровича [8]; О. Ярошенко [42]; М. Савчина [31]. Аналіз проводився за такими критеріями: 1) кількість і якість ілюстративного матеріалу (схем, моделей, діаграм); 2) наявність динамічних схем хімічних процесів; 3)

наявність завдань, що цілеспрямовано розвивають просторову уяву і образне мислення; 4) використання аналогій у поясненні нових понять; 5) забезпечення зв’язку між макро- і мікрорівнями опису; 6) наявність системної методики поєднання понятійного та образного мислення. Результати аналізу узагальнено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Порівняльний аналіз підручників хімії для 9 класу за критеріями розвитку понятійного та образного мислення

Критерій аналізу	**Попель П. П., Крикля Л. С.**	**Григорович О. В.**	**Ярошенко О. Г.**	**Савчин М. М.**
Кількість схем і моделей (на розділ)	8–12	6–9	5–7	7–10
Наявність динамічних схем процесів	частково	так	ні	частково
Завдання на просторову уяву	поодинокі	поодинокі	відсутні	поодинокі
Використання аналогій у тексті	помірне	активне	мінімальне	помірне
Зв’язок макро- і мікрорівня	систематичний	систематичний	частковий	систематичний
Системна методика поєднання видів мислення	відсутня	відсутня	відсутня	відсутня

Аналіз даних табл. 2.1 дозволяє зробити такі висновки. Підручник П. Попеля та Л. Крикля відзначається найбільшою кількістю схем і моделей, систематичним зв’язком між макро- і мікрорівнями опису хімічних явищ. Разом з тим наочні матеріали підручника є переважно статичними і не спонукають учня до самостійної побудови та перетворення образів [29]. Завдання на розвиток просторової уяви є поодинокими і не утворюють системи.

Підручник О. Григоровича вирізняється найбільш активним використанням аналогій у поясненні нових понять та наявністю динамічних

схем хімічних процесів [8]. Проте система завдань, орієнтованих на розвиток образного мислення, у цьому підручнику також відсутня, а аналогії вводяться стихійно, без методичного супроводу щодо їх меж та умов застосовності.

Підручник О. Ярошенко відзначається чіткістю і строгістю у формулюванні понять, що є безумовною перевагою з огляду на розвиток понятійного мислення [42]. Водночас цей підручник характеризується мінімальним використанням аналогій, відсутністю динамічних схем і завдань на просторову уяву, що робить його менш придатним для учнів з переважно образним стилем мислення та обмежує можливості для розвитку образної складової хімічного мислення.

Підручник М. Савчина займає проміжну позицію: він містить помірну кількість ілюстрацій, систематично встановлює зв’язок між макро- і мікрорівнями, проте так само не пропонує системи завдань на розвиток образного мислення [31].

Принципово важливим спільним висновком щодо всіх проаналізованих підручників є те, що жоден з них не містить системної методики, яка б цілеспрямовано поєднувала розвиток понятійного та образного мислення учнів у процесі формування хімічних понять. Наочність у всіх підручниках виконує переважно ілюстративну функцію – вона покликана унаочнити готовий понятійний зміст, а не стати відправною точкою для самостійної образно-пізнавальної діяльності учня. Цей висновок є ключовим обґрунтуванням необхідності розроблення авторської методики, що є предметом наступних підрозділів.

Окремої уваги заслуговує аналіз того, наскільки повно програма і підручники охоплюють поняття, засвоєння яких є особливо залежним від розвитку образного мислення. Нами виокремлено п’ять ключових понять курсу хімії 9 класу, що вимагають найвищого рівня розвитку просторово-образного мислення: «електролітична дисоціація», «окисно-відновна реакція», «будова молекул органічних сполук», «кристалічна ґратка» та

«хімічний зв’язок» (у розширеному трактуванні). Для кожного з цих понять нами проаналізовано, яким чином воно представлене в програмі і підручниках з точки зору образного компоненту.

Поняття «електролітична дисоціація» у всіх підручниках вводиться через поєднання словесного визначення і схематичного зображення процесу розпаду молекул. Однак у жодному з них не передбачено спеціальних завдань, що формували б у учнів здатність самостійно побудувати динамічний образ цього процесу. Поняття «окисно-відновна реакція» представлене переважно через алгоритм складання схем електронного балансу, тобто через символічний рівень, без належного опрацювання образу реального переміщення електронів між атомами. Це є суттєвою методичною прогалиною, оскільки формальне засвоєння алгоритму без образного розуміння його суті призводить до типових помилок учнів [16, с. 7].

Аналізуючи сучасний стан формування хімічних понять у вітчизняній школі Д. Єресько, констатує, що традиційна методика навчання хімії орієнтована переважно на розвиток понятійного (логіко-вербального) компоненту мислення, тоді як образний компонент залишається стихійним – він або виникає сам по собі в уяві здібних учнів, або не виникає взагалі, залишаючи знання формальними і неживими [12, с. 147]. Подолання цієї методичної однобічності і є головним завданням методики, що розробляється в цьому дослідженні.

Аналіз програми та підручників хімії 9 класу дозволяє також визначити систему понять, що становитиме змістову основу для реалізації розробленої методики. До цієї системи належать: поняття теорії електролітичної дисоціації (електроліт, неелектроліт, ступінь дисоціації, реакції іонного обміну); поняття теорії окисно-відновних реакцій (ступінь окиснення, окисник, відновник, процеси окиснення і відновлення); поняття органічної хімії (вуглеводні, функціональні групи, ізомерія, будова органічних

молекул). Саме на матеріалі цих понять буде розгорнуто методичну систему, описану в наступних підрозділах.

Отже, проведений аналіз засвідчує, що чинна програма з хімії для 9 класу забезпечує змістову основу для формування системи теоретичних понять, проте недостатньо акцентує розвиток мислення учнів як самостійну методичну мету. Жоден з чотирьох проаналізованих підручників хімії для 9 класу не містить системної методики, що поєднує розвиток понятійного та образного мислення. Наочний матеріал підручників виконує переважно ілюстративну, а не розвивальну функцію.

2.2. Система методів і прийомів формування хімічних понять на уроках у 9 класі

Результати теоретичного дослідження, викладені у першому розділі, та аналіз чинних підручників хімії, здійснений у підрозділі 2.1, стали підґрунтям для розроблення авторської системи методів і прийомів формування хімічних понять у 9 класі. Визначальним принципом цієї системи є цілеспрямоване і методично обґрунтоване поєднання понятійного та образного мислення учнів у єдиному пізнавальному процесі. Система об’єднує чотири взаємопов’язані блоки методів: методи візуалізації, методи аналогій, методи молекулярного конструювання та рефлексивні методи. Детальні конспекти уроків, дидактичні матеріали та зразки учнівських робіт, що ілюструють застосування кожного блоку, подано в Додатках А–Г. Загальна структура системи представлена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Система методів формування хімічних понять

на основі взаємозв’язку понятійного та образного мислення

Блок методів	**Конкретні методи і прийоми**	**Поняття 9 класу**
Блок 1. Методи візуалізації	Анімація процесу, «Замальовка уявлення», динамічна схема, ментальна карта	Електролітична дисоціація, гідратація іонів, ОВР
Блок 2. Методи аналогій	Аналогія з образом-аналогом, метафора, «Межі аналогії»	Будова атома, ковалентний зв’язок, кристалічна ґратка
Блок 3. Молекулярне конструювання	Конструювання моделей, «Прогноз → модель → перевірка»	Геометрія молекул, ізомерія, кристалічні ґратки
Блок 4. Рефлексивні методи	«Лист мислення», «Перевір свій образ», парне обговорення	Усі теоретичні поняття курсу

Блок 1. Методи візуалізації

Методи першого блоку спрямовані на забезпечення образної опори для нових понять через цілеспрямовану організацію зорово-образної діяльності учнів. На відміну від традиційного використання наочності, яке зводиться до демонстрації готових зображень, методи цього блоку передбачають активну участь учня у побудові та перетворенні образів.

Метод «Образне введення поняття» полягає в тому, що будь-яке нове абстрактне поняття вводиться не через словесне визначення, а через попереднє формування відповідного образу. Послідовність дій учителя при застосуванні методу така: по-перше, демонстрація явища (реальний дослід, анімація або відеофрагмент), яка дозволяє учням «побачити» об’єкт нового поняття; по-друге, організація колективного опису побаченого у термінах учнів (без хімічних термінів – свідомий образ ще до поняття); по-третє, виокремлення суттєвих ознак явища шляхом евристичної бесіди; по-четверте, формулювання наукового поняття як узагальнення вже побаченого і осмисленого образу.

Конкретний приклад застосування цього методу при вивченні поняття «електролітична дисоціація» наведено в Додатку А (конспект уроку № 1). Учням демонструється комп’ютерна анімація: кристал NaCl занурюється у воду, дипольні молекули H_2O орієнтуються навколо іонів Na^+ і Cl^-, послаблюють іонний зв’язок між ними, і іони поступово переходять у розчин, оточуючись водними «оболонками». Після перегляду учні описують побачене власними словами: «кристал розсипався», «частинки розійшлися», «вода їх оточила». Учитель фіксує ці висловлювання на дошці і організовує обговорення: «Які частинки утворилися? Чи зберегли вони заряд? Чи є цей процес оборотним?» Після обговорення учні самостійно формулюють попереднє визначення, яке потім уточнюється і набуває наукової форми. Такий підхід гарантує, що за словами «електролітична дисоціація – це розпад електролітів на іони» стоїть реальний, живий образ, а не порожня словесна конструкція.

Прийом «Замальовка уявлення» передбачає, що перед поясненням нового поняття кожен учень отримує картку і впродовж 2–3 хвилин малює свій уявний образ відповідного явища або об’єкта – без жодних підказок і підручників. Після завершення пояснення учні повертаються до своїх малюнків і вносять корективи, порівнюючи первісний образ з науковим. Цей

прийом виконує три важливі функції: по-перше, діагностичну – він дозволяє вчителеві виявити хибні уявлення учнів ще до початку пояснення і врахувати їх; по-друге, розвивальну – сам акт малювання активізує просторово-образне мислення і спонукає учня до побудови власного образу явища; по-третє, рефлексивну – порівняння «до» і «після» унаочнює для учня його власний пізнавальний прогрес. Зразки учнівських «замальовок уявлення» з теми «Будова молекули води і полярний ковалентний зв’язок» наведено в Додатку Б.

Прийом «Динамічна схема» полягає у спільній побудові схеми хімічного процесу в часовій послідовності: кожен новий «кадр» процесу учень домальовує або дописує сам, отримуючи не статичний малюнок, а послідовність станів. Наприклад, при вивченні реакцій іонного обміну учні будують серію схем: 1) вихідні речовини у вигляді молекул; 2) ті ж речовини після дисоціації – у вигляді іонів; 3) зближення і взаємодія відповідних іонів; 4) утворення осаду або газу. Ця послідовність формує динамічний образ реакції і органічно підводить до поняття «повне іонне рівняння» та «скорочене іонне рівняння» як різних рівнів опису одного і того ж процесу. Зразок динамічної схеми для теми «Реакції іонного обміну» наведено в Додатку В (Рис. В.1).

Прийом «Ментальна карта поняття» передбачає, що після вивчення нового поняття учень самостійно будує його ментальну карту: у центрі – назва поняття, від нього відходять гілки до суттєвих ознак, прикладів, зв’язків з іншими поняттями, формул і образних асоціацій. Ментальна карта є одночасно образним і понятійним продуктом: її просторова організація відображає систему понятійних зв’язків через зоровий образ ієрархії і суміжності. Застосування цього прийому після вивчення теми «Окисно-відновні реакції» дозволяє учням самостійно систематизувати і «побачити» зв’язки між поняттями «окисник», «відновник», «ступінь окиснення»,

«процес окиснення», «процес відновлення», «електронний баланс». Зразки ментальних карт учнів наведено в Додатку В (Рис. В.2–В.3).

Блок 2. Методи аналогій

Методи другого блоку використовують аналогії як інструмент перекидання «мосту» між конкретним чуттєвим образом, наявним у досвіді учня, і новим абстрактним поняттям. Теоретичне обґрунтування цього підходу наведено у підрозділі 1.3; тут ми зупинимося на конкретних методичних прийомах та прикладах їх застосування.

Ключовим методичним інструментом цього блоку є розроблена нами «Система навчальних аналогій для ключових понять хімії 9 класу», що включає 12 ретельно відпрацьованих аналогій з обов’язковим зазначенням меж їхньої застосовності (Додаток Г). Наведемо три розгорнуті приклади.

Аналогія 1: «Ковалентний зв’язок як спільна скарбничка». При введенні поняття «ковалентний зв’язок» учням пропонується такий образ: уявіть двох учнів, у кожного з яких є по одній монеті. Порізно їм нічого не купити – але якщо вони «об’єднають» монети у спільну скарбничку, їхня сукупна «фінансова стабільність» зростає. Так само два атоми, у кожного з яких є по одному непарному електрону, «об’єднують» їх у спільну електронну пару – і обидва атоми отримують більш стабільну (завершену) електронну оболонку. Утворена спільна електронна пара і є ковалентним зв’язком. Межі аналогії, що обов’язково обговорюються з учнями: монети – дискретні об’єкти, тоді як електронна пара являє собою єдину квантово-механічну систему; «скарбничка» не має просторової локалізації, тоді як електронна пара зосереджена між ядрами атомів.

Аналогія 2: «Полярний ковалентний зв’язок як перетягування канату». Якщо у ковалентному зв’язку між атомами різних елементів один атом є «сильнішим» (тобто має більшу електронегативність), він «перетягує» спільну електронну пару ближче до себе. Це нагадує гру «перетягування канату», де сильніший гравець зміщує мотузку у свій бік. У молекулі HCl

атом Хлору (більш електронегативний) «перетягує» спільну пару ближче до себе, набуваючи часткового від'ємного заряду δ^-, тоді як атом Гідрогену набуває часткового позитивного заряду δ^+. Саме так виникає полярність молекули. Межі аналогії: у грі беруть участь дві людини, а в зв'язку – два атоми з конкретними, кількісно вираженими значеннями електронегативності; «перетягування» канату є лінійним переміщенням, тоді як зміщення електронної густини є квантово-механічним явищем.

Аналогія 3: «Кристалічна ґратка як архітектурна споруда». При введенні поняття «іонна кристалічна ґратка» учням пропонується уявити добре знайому споруду – цегляну стіну, де цеглини чергуються у правильному порядку. Іонна кристалічна ґратка NaCl є «тривимірною цегляною стіною»: іони Na^+ і Cl^- чергуються у всіх трьох вимірах, утворюючи правильну просторову структуру. Кожен іон Na^+ оточений шістьма іонами Cl^- і навпаки – як кожна цеглина оточена сусідами з усіх боків. Межі аналогії: цеглини тримаються разом завдяки цементу (механічний зв'язок), тоді як іони – завдяки електростатичному притяганню протилежно заряджених частинок; цегляна стіна є двовимірною поверхнею, кристал – тривимірним тілом. Детальний методичний сценарій введення цієї аналогії подано в Додатку Г (картка аналогії № 7).

Блок 3. Методи молекулярного конструювання

Методи третього блоку ґрунтуються на практичній, «руками» побудові і маніпуляції моделями хімічних структур – молекул, кристалів, проміжних станів реакцій. Використання моделей є одним із найефективніших способів розвитку просторового мислення, оскільки тут образне мислення стає не внутрішньою, уявною, а зовнішньою, матеріалізованою діяльністю – що суттєво полегшує подальшу інтеріоризацію просторових образів [40, с. 115].

Прийом «Прогноз → модель → перевірка» реалізується у три послідовні кроки. На першому кроці (прогноз) учні отримують хімічну формулу молекули і, спираючись на теоретичні знання про тип гібридизації

або метод відштовхування електронних пар (BSEPR), самостійно прогнозують просторову форму молекули і замальовують її. На другому кроці (модель) учні будують кулестержневу модель молекули з конструктора і порівнюють її з прогнозом. На третьому кроці (перевірка і обговорення) виявляються відповідності і розбіжності між прогнозом і моделлю, обговорюються причини можливих помилок, коригується розуміння. Цей прийом особливо ефективний при вивченні геометрії молекул у темі «Хімічний зв'язок»: учні прогнозують форму молекул H_2O, NH_3, CO_2, CH_4 і перевіряють прогнози шляхом конструювання. Фотографії моделей, побудованих учнями під час уроку, наведено в Додатку Д (Рис. Д.1–Д.4).

Прийом «Кристалографічний практикум» полягає в побудові учнями фрагментів кристалічних ґраток різних типів (іонної, атомної, молекулярної) з доступних матеріалів – конструктора, пластиліну та зубочисток – з подальшим аналізом типу зв'язку між частинками і прогнозом фізичних властивостей кристала (температура плавлення, електропровідність, твердість). Встановлення зв'язку між просторово-образною структурою кристала і його макроскопічними властивостями є прикладом руху від образу до поняття і від поняття назад до збагаченого образу. Методичний сценарій проведення кристалографічного практикуму наведено в Додатку Д (картка практичного завдання № 3).

Блок 4. Рефлексивні методи

Методи четвертого блоку спрямовані на розвиток мета-когнітивної складової навчальної діяльності учнів – здатності усвідомлювати, аналізувати і вербалізувати власні образи і поняття. Рефлексія є необхідною умовою переходу від стихійного до усвідомленого оперування як образами, так і поняттями.

Прийом «Лист мислення» є письмовою рефлексивною вправою, яку учні виконують наприкінці уроку або після вивчення нової теми. Лист містить три обов'язкові запитання: «Який образ допомагає мені зрозуміти це

поняття (явище)?»; «Що залишилося для мене незрозумілим або таким, що важко уявити?»; «Яка аналогія найкраще передає суть поняття, вивченого сьогодні?». Відповіді на ці запитання виконують одразу кілька функцій: вони спонукають учня до усвідомленого звернення до власних образних уявлень; дозволяють учителеві діагностувати прогалини в образному розумінні; формують звичку до рефлексивного ставлення до власного пізнавального процесу. Зразки «Листів мислення» учнів з теми «Окисно-відновні реакції» наведено в Додатку Е.

Прийом «Перевір свій образ» передбачає, що після завершення вивчення певної теми учні повертаються до «замальовок уявлення», виконаних на початку теми (прийом, описаний у блоці 1), і письмово відповідають на запитання: «Що у моєму первісному образі виявилося правильним?»; «Що потребувало корекції і чому?»; «Як змінився мій образ після вивчення теми?». Ця рефлексивна процедура наочно демонструє учневі його власний пізнавальний розвиток і зміцнює усвідомлення того, що розуміння поняття є не одноразовим актом, а процесом, що розгортається у часі і включає як понятійний, так і образний компоненти [27, с. 145].

Прийом «Парне пояснення образу» полягає в тому, що учні в парах по черзі пояснюють один одному своє образне уявлення про щойно вивчене явище або поняття, а партнер ставить уточнювальні запитання. Цей прийом розвиває здатність вербалізувати власні образи – переводити їх зі «мови образів» на «мову слів», що є необхідним кроком на шляху до повноцінного засвоєння наукового поняття. Крім того, слухання пояснення однокласника розширює власний образний репертуар учня: кожна дитина будує дещо інакший образ того самого явища, і знайомство з різними образами збагачує розуміння.

Описані чотири блоки методів утворюють не хаотичний набір прийомів, а цілісну систему, в якій кожен блок виконує певну функцію в загальній логіці взаємозв’язку образного та понятійного мислення. Блок 1

забезпечує первинне формування образу. Блок 2 встановлює зв’язок між новим образом і наявним у досвіді учня. Блок 3 закріплює і поглиблює образ через практичну маніпуляцію. Блок 4 забезпечує усвідомлення і вербалізацію образу. Разом ці блоки реалізують описаний у підрозділі 1.4 цикл «образ → поняття → збагачений образ», перетворюючи його на системну методичну технологію.

Реалізація описаної системи методів потребує відповідної структури уроку. Нами розроблено модель уроку хімії, орієнтованого на взаємозв’язок видів мислення, яка включає п’ять обов’язкових структурних компонентів: образна мотивація (5 хвилин) – демонстрація явища або проблемна ситуація, що активізує образне мислення; первинне формування образу (7 хвилин) – «замальовка уявлення», перегляд анімації або демонстраційний дослід; формування поняття (10 хвилин) – евристична бесіда, виділення суттєвих ознак, формулювання визначення; практичне закріплення образу (10 хвилин) – конструювання моделей, побудова динамічних схем або ментальних карт; рефлексія (8 хвилин) – «Лист мислення» або «Перевір свій образ». Повні конспекти уроків за цією моделлю з трьох різних тем курсу хімії 9 класу подано в Додатку А (уроки № 1–3).

Отже, розроблена система методів і прийомів формування хімічних понять є методично обґрунтованою, внутрішньо узгодженою і практично реалізованою. Вона спирається на теоретичні положення про взаємозв’язок понятійного та образного мислення, розкриті у першому розділі, враховує специфіку змісту курсу хімії 9 класу і реалізує принцип активності учня в побудові власних образів і понять. Ефективність цієї системи перевіряється в ході педагогічного експерименту, результати якого описано в розділі 3.

2.3. Умови ефективного поєднання понятійного та образного мислення учнів

Розроблена у підрозділі 2.2 система методів і прийомів може принести очікуваний результат лише за дотримання певних організаційно-методичних засад, що забезпечують системний, а не випадковий характер поєднання обох видів мислення на уроках хімії. Спираючись на теоретичні положення, викладені у першому розділі, та на аналіз методичної практики, ми визначили п’ять таких засад. Кожна з них конкретизується у відповідних методичних інструментах, дидактичних матеріалах і діагностичних завданнях, що є складовими розробленої методичної системи і представлені у відповідних додатках. Зведену характеристику усіх п’яти засад подано в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Засади ефективного поєднання понятійного та образного мислення

і засоби їх реалізації

Засада ефективного поєднання	**Конкретні засоби реалізації**	**Інструмент перевірки**	**Додаток**
1. Образна опора кожного поняття	Анімація, «замальовка уявлення», дослід до визначення	Картки Б.1–Б.4	А, Б
2. Активна образно-конструювальна діяльність	«Прогноз→модель→перевірка», «Турнір моделей», ментальні карти	Спостереження, оцінка карт	В, Д
3. Двосторонній перехід образ↔поняття	«Збагач свій образ», «Хімічний кінофільм», динамічні схеми	Завдання Ж.2, Рис. Ж.1	В, Г, Ж
4. Системна рефлексія образів і понять	«Лист мислення», «Щоденник образів», парне обговорення	Аналіз листів, Щоденник	Е, З
5. Урахування індивідуального стилю мислення	Діагностична карта стилю, варіативні завдання	Карта З.5	З

1. ***Образна опора кожного нового поняття***

Перша і найбільш фундаментальна засада полягає в тому, що жодне нове абстрактне хімічне поняття не вводиться у навчальний процес без попереднього формування відповідного чуттєво-образного уявлення в учнів. Ця вимога реалізує принцип, обґрунтований у підрозділі 1.3: образ є необхідним підґрунтям поняття, а не його ілюстративним доповненням. Тому вчитель, який реалізує розроблену методику, свідомо планує «образний вступ» до кожного нового поняття ще на етапі підготовки до уроку.

Структура введення нового поняття завжди має таку послідовність: спочатку – образ (спостереження явища, перегляд анімації, демонстраційний дослід або виконання «замальовки уявлення»), лише потім – поняття (евристична бесіда, виділення суттєвих ознак, формулювання визначення). Така послідовність є принципово відмінною від традиційної, де вчитель спочатку повідомляє визначення, а потім ілюструє його прикладами. Ключова різниця: в традиційній моделі образ «обслуговує» поняття; у розробленій методиці образ «породжує» поняття.

Конкретним прикладом реалізації цієї засади є методика введення поняття «гідроліз солей». Замість того, щоб розпочати урок із визначення («гідроліз – це реакція обміну між сіллю і водою»), вчитель демонструє дослід: занурює індикаторні папірці у розчини трьох солей – Na_2CO_3, NaCl, $AlCl_3$. Учні з подивом фіксують, що середовища різні, хоча всі три речовини є солями. Це когнітивне здивування є природною мотивацією для побудови нового образу («чому сіль дає кисле або лужне середовище?») і наступного поняття. Повний методичний сценарій уроку подано в Додатку Ж (конспект уроку № 4).

Для забезпечення систематичної реалізації цієї засади розроблено «Карту образних опор курсу хімії 9 класу» – перелік усіх ключових понять програми з зазначенням рекомендованого образного введення для кожного (Додаток Ж, таблиця Ж.1). Карта містить 24 поняття курсу і для кожного

вказує тип образної опори (дослід / анімація / аналогія / модель / «замальовка»), рекомендований засіб та методичну примітку.

Важливим компонентом цієї засади є також діагностика первинних образів учнів – тих уявлень, з якими вони приступають до вивчення нового поняття. Як засвідчують дослідження K. S. Taber [48, p. 46], первинні образи нерідко містять хибні уявлення, що чинять опір новому знанню. Саме тому прийом «замальовка уявлення» (Додаток Б) виконує подвійну функцію: активізує образне мислення учня і водночас надає вчителеві діагностичну інформацію про стартовий рівень уявлень класу.

2. ***Активна, а не споглядальна образно-конструювальна діяльність учні***

Другий важливий чинник уточнює і поглиблює перший: недостатньо показати учневі готовий образ – необхідно організувати таку навчальну діяльність, у якій він самостійно конструює, перетворює і збагачує власні образи хімічних явищ. Ця теза ґрунтується на положенні В. В. Давидова: справжнє засвоєння поняття відбувається лише у процесі активної предметно-перетворювальної діяльності, а не пасивного сприймання готового результату [10, с. 105].

Принципова різниця між пасивним і активним образним пізнанням виявляється у навчальному результаті. Учень, який пасивно спостерігає анімацію дисоціації, отримує готовий образ. Учень, який самостійно малює «замальовку уявлення», будує кулестержневу модель молекули або конструює ментальну карту поняття, – будує образ власноруч. Саме у процесі самостійної побудови виникають продуктивні утруднення («я не можу намалювати це правильно – отже, я ще не розумію»), що є рушійною силою пізнавального розвитку [16, с. 7].

Конкретним прикладом є завдання «Намалюй реакцію» для теми «Реакції іонного обміну» (Додаток З, завдання З.1). Учні без підручника малюють у чотирьох «кадрах», що відбувається при змішуванні розчинів

$BaCl_2$ і Na_2SO_4: кадр 1 – вихідні речовини у вигляді іонів; кадр 2 – вихідний стан другої склянки; кадр 3 – момент взаємодії іонів; кадр 4 – продукти реакції і «спектаторні» іони. Учні, які не можуть намалювати другий кадр, одразу усвідомлюють, що не засвоїли поняття дисоціації – і це усвідомлення є значно ціннішим за правильно списане рівняння.

Прийом «Турнір моделей» (Додаток З, завдання З.2) – командне змагання, у якому кожна група будує молекулярну модель із пластиліну і зубочисток без допомоги підручника, потім презентує її класу і пояснює форму молекули через теорію VSEPR. Оцінювання відбувається за чотирма критеріями: правильна кількість атомів; правильне просторове розташування; правильне пояснення через кількість електронних пар; правильна назва геометричної форми. Цей прийом особливо ефективний для теми «Геометрія молекул», оскільки просторова форма молекули є саме тим об’єктом, де образний компонент є вирішальним.

Активна образно-конструювальна діяльність реалізується також через прийом «Власна аналогія учня»: кожен учень самостійно придумує аналогію для нового поняття і презентує її класу з обов’язковим зазначенням меж застосовності. Здатність створити оригінальну і методично коректну аналогію є надійним показником розуміння на творчому рівні [12, с. 146].

3. *Двосторонній рух між образом і поняттям*

Третій важливий аспект стосується динаміки самого пізнавального процесу і відображає діалектичний зв’язок між образом і поняттям, описаний у підрозділі 1.4. Навчальний процес організовується не як одноразовий перехід від образу до поняття, а як циклічний рух: первинний образ → поняття (що поглиблює і уточнює образ) → збагачений образ (якісно відмінний від первинного). Саме цей цикл забезпечує справжнє, а не формальне розуміння хімічного явища.

Практично це означає, що після засвоєння нового поняття учень обов'язково повертається до свого первинного образу і переглядає його крізь призму нового знання. Це «повернення» є не простим повторенням, а якісним перетворенням образу: він стає точнішим, деталізованішим, динамічнішим і теоретично насиченішим.

Приклад для поняття «полярний ковалентний зв'язок» (Додаток Ж, завдання Ж.2 «Збагач свій образ»). Первинний образ учнів до вивчення теми: два атоми, з'єднані «паличкою» або «містком» – відносно правильний, але надто спрощений образ, що не відображає несиметричного розподілу електронної густини. Після вивчення понять електронегативності і зміщення електронної пари учні повертаються до малюнка і збагачують його: зображують хмару електронної густини, зміщену у бік більш електронегативного атома; позначають δ^- і δ^+; додають стрілку дипольного моменту. Тепер образ є і конкретним (має просторову структуру) і теоретично насиченим (відображає квантово-механічну суть явища).

Прийом «Хімічний кінофільм» (Додаток Ж, Рис. Ж.1) реалізує цей самий принцип через побудову трьох послідовних «кадрів» одного й того ж явища на різних рівнях деталізації. Перший «кадр» – макроскопічний (що відбувається у пробірці). Другий «кадр» – субмікроскопічний (що відбувається на рівні частинок). Третій «кадр» – символічний (запис рівняння реакції). Три кадри разом утворюють повний «хімічний фільм», що об'єднує всі три рівні хімічного мислення [44, p. 462] і наочно демонструє, як поняття збагачує і поглиблює первинний образ явища.

4. *Системна рефлексія учнями власних образів і понять*

Четвертий важливий чинник стосується мета-когнітивного виміру навчання. Ефективне поєднання понятійного та образного мислення передбачає не лише активне оперування образами і поняттями, а й здатність учня усвідомлювати цей процес − описати власні розумові образи словами,

оцінити їхню наукову адекватність і відстежити їхню еволюцію в процесі навчання. О. Цимбалюк розглядає рефлексивність як невід'ємну характеристику розвиненого теоретичного мислення [36, с. 47]; ми поширюємо цей принцип і на образний компонент.

Основним інструментом є «Лист мислення» (Додаток Е), проте рефлексія пронизує весь навчальний процес через систематичне вживання запитань рефлексивного типу: «Який образ допомагає тобі утримати це поняття в пам'яті?»; «Якби ти пояснював це поняття без слів – лише малюнком – що б намалював?»; «Як змінився твій образ цього явища за останні два тижні?»

«Щоденник образів» (Додаток З, завдання З.3) – зошит-портфоліо, у якому учень після кожної нової теми фіксує свій поточний образ ключових понять у вигляді малюнків, схем або метафор. Наприкінці навчального року учень «перегортає» щоденник і бачить еволюцію власних образних уявлень – від спрощених і нерідко хибних первинних образів до точних, теоретично насичених наукових моделей. Цей прийом є водночас інструментом рефлексії, мотивації і самооцінки навчального прогресу.

Парна рефлексія реалізується через прийом «Поясни сусіду» (Додаток З, завдання З.4): учень пояснює нове поняття партнеру виключно через образи і аналогії – без використання хімічних термінів. Якщо партнер розуміє – образ є адекватним і комунікабельним. Якщо ні – виникає продуктивне обговорення, у ході якого обидва учні уточнюють і збагачують власні уявлення.

5. *Урахування індивідуального стилю мислення учнів*

П'ятий чинник відображає індивідуальний вимір процесу поєднання видів мислення. Психологічні дослідження свідчать, що учні суттєво відрізняються за індивідуальними стилями мислення: одні мають переважно образний стиль – легко будують просторові образи, але відчувають труднощі

з абстрактними визначеннями; інші – переважно понятійний – легко оперують термінами і формулами, але мають «бідний» образний репертуар [32, с. 140]. Ефективна методика враховує ці відмінності й передбачає диференційований підхід.

Першим кроком є діагностика стилю мислення учнів на початку вивчення курсу хімії 9 класу за допомогою «Карти стилю мислення» (Додаток З, картка З.5). Завдання включає п’ять завдань на просторову уяву (намалюй молекулу, обери правильну проекцію, уяви обертання моделі) і п’ять завдань на понятійне мислення (сформулюй визначення, встанови причинно-наслідковий зв’язок, побудуй умовивід). За результатами кожен учень отримує умовний профіль: «переважно образний», «переважно понятійний» або «збалансований».

На основі профілю вчитель диференціює завдання: учні з переважно образним стилем отримують завдання, що спонукають до переходу на понятійний рівень (побудувати визначення за образом, пояснити словами свій малюнок); учні з переважно понятійним стилем – завдання, що розвивають образний компонент (намалювати процес, побудувати модель, придумати аналогію). Система таких завдань для чотирьох ключових тем курсу представлена в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Диференційовані завдання для учнів з різним стилем мислення

Тема / поняття	**Завдання для учнів з переважно образним мисленням**	**Завдання для учнів з переважно понятійним мисленням**
Електролітична дисоціація	Намалюй покрокову схему розчинення KOH у воді. Покажи, як змінюється оточення кожного іона від кристала до розчину.	Складіть рівняння дисоціації трьох сильних і трьох слабких електролітів. Поясніть, чому ступінь дисоціації різний.
Окисно-відновні реакції	Зобрази стрілковою схемою рух електронів у реакції між Zn і	Визначте ступені окиснення у реакції $MnO_2 + HCl \rightarrow MnCl_2 +$

	$CuSO_4$. Хто «відпускає» електрони, хто «приймає»?	$Cl_2 + H_2O$. Складіть електронний баланс і розставте коефіцієнти.
Геометрія молекул	Збудуй з пластиліну молекули BF_3, PCl_3, H_2S. Поясни різницю у формах через кількість незв'язуючих пар.	На основі методу VSEPR передбачте форму молекул BF_3, PCl_3, H_2S. Обґрунтуйте відповідь.
Кристалічні ґратки	Побудуй моделі іонної ґратки NaCl і молекулярної ґратки I_2. Порівняй твердість. Чому вони відрізняються?	Складіть порівняльну таблицю чотирьох типів кристалічних ґраток: частинки, зв'язок, приклади, властивості.

Диференціація за стилем мислення не означає постійного поділу учнів на «групи здібностей» – навпаки, кінцевою метою є збалансований розвиток обох компонентів у кожного учня. Тому диференційовані завдання є тимчасовим інструментом компенсації: учні з переважно образним стилем цілеспрямовано розвивають понятійний компонент, і навпаки. За спостереженнями в ході педагогічного експерименту, через 4–6 тижнів систематичної роботи більшість учнів демонструє зближення профілів.

Отже, визначені п'ять засад утворюють цілісну і внутрішньо узгоджену систему організаційно-методичних вимог до навчального процесу з хімії. Перша засада гарантує наявність образної основи для кожного нового поняття. Друга забезпечує активний, конструювальний характер образно-пізнавальної діяльності. Третя організовує циклічний рух між образом і поняттям. Четверта формує мета-когнітивну свідомість учня щодо власних образів. П'ята забезпечує індивідуалізований підхід з урахуванням стилю мислення. Разом ці засади створюють методичне середовище, в якому взаємозв'язок понятійного та образного мислення стає системним і закономірним результатом навчання, а не щасливим збігом обставин. Перевірку ефективності цих положень здійснено в ході педагогічного експерименту, описаного в розділі 3.

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ ХІМІЧНИХ ПОНЯТЬ У 9 КЛАСІ

3.1. Констатувальний етап дослідження рівнів сформованості

Педагогічний експеримент, спрямований на перевірку ефективності розробленої методики, проводився у 2025–2026 навчальному році. Дослідно-експериментальна робота охоплювала три послідовні етапи: констатувальний (вересень–жовтень 2025 р.), пошуковий (листопад 2025 р.) і формувальний (грудень 2025 р. – квітень 2026 р.).

Метою педагогічного експерименту – встановити, чи забезпечує систематичне застосування розробленої методики вищий рівень сформованості хімічних понять порівняно з традиційним навчанням. Відповідно до цієї мети сформульовано дослідницьку гіпотезу: якщо у процесі навчання хімії 9 класу систематично застосовувати методику, що цілеспрямовано поєднує розвиток понятійного та образного мислення, рівень сформованості хімічних понять учнів буде статистично значущо вищим, ніж за традиційного навчання.

У педагогічному експерименті брали участь учні двох паралельних 9-х класів: контрольна група (КГ) – 9-А клас, 24 учні; експериментальна група (ЕГ) – 9-Б клас, 25 учнів. Для забезпечення чистоти експерименту обидві групи навчалися в одного вчителя хімії з досвідом роботи 12 років; навчальні програми, кількість годин на тиждень (2 год.) і рекомендований підручник (П. Попель, Л. Крикля) в обох групах були однаковими. Принципова різниця між групами полягала виключно в методиці: у КГ вчитель застосовував традиційні методи навчання (пояснювально-ілюстративний метод, фронтальна бесіда, розв’язання типових задач); у ЕГ – розроблену авторську методику, описану у другому розділі. Порівняльну характеристику обох груп на початок експерименту наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняльна характеристика контрольної та експериментальної груп

на початок педагогічного експерименту

Показник	**КГ (9-А клас)**	**ЕГ (9-Б клас)**
Кількість учнів	24	25
Середній бал з хімії за 8 клас	7,4	7,3
Частка учнів з високим рівнем НД	21 %	20 %
Частка учнів із достатнім рівнем НД	33 %	36 %
Частка учнів із середнім рівнем НД	29 %	28 %
Частка учнів із початковим рівнем НД	17 %	16 %
Вчитель хімії	один і той самий для обох класів	один і той самий для обох класів
Статистична еквівалентність (χ^2)	$\chi^2 = 0{,}04$; $p > 0{,}05$ – групи еквівалентні	

Дані табл. 3.1 підтверджують статистичну еквівалентність груп: різниця в середньому балі з хімії за 8 клас становить лише 0,1 бала, розподіл учнів за рівнями навчальних досягнень є практично ідентичним. Статистична еквівалентність підтверджена за критерієм хі-квадрат ($\chi^2 = 0{,}04$, $p > 0{,}05$), що є необхідною передумовою коректного порівняльного аналізу на заключному етапі експерименту.

Констатувальний зріз проводився у вересні 2025 року – на початку вивчення курсу хімії 9 класу. Для його проведення розроблено комплексний діагностичний інструментарій, що складається з трьох взаємодоповнювальних частин: 1) письмова діагностична робота (16 завдань); 2) «замальовка уявлення» (4 картки); 3) анкетування учнів (12 запитань). Для вибірки учнів (по 5 осіб від кожної групи) додатково проводилася усна бесіда-інтерв’ю. Повний текст усіх діагностичних матеріалів наведено в Додатку И.

В основу розробки діагностичного інструментарію покладено чотирирівневу модель сформованості хімічних понять, адаптовану нами на

основі класифікацій Д. П. Єреська [12, с. 145] і М. М. Корнієнка [16, с. 5]. Характеристику рівнів і їхні операційні показники у завданнях діагностики наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Рівні сформованості хімічних понять та їх операційні показники

Рівень	**Характеристика**	**Діагностичні показники**
Репродуктивний (низький)	Учень відтворює визначення і типові приклади, але не може пояснити суть поняття своїми словами. Образне уявлення відсутнє або хибне.	Правильне визначення (завд. 1–5). Немає власних прикладів. «Замальовка» – відсутня або хибна (0 балів).
Реконструктивний (середній)	Учень розуміє поняття на рівні власного переформулювання, може навести нові приклади. Має спрощений, але загалом правильний образ.	Власні приклади (завд. 6–9). «Замальовка» – спрощений образ (1 бал). Анкета: базові відповіді.
Продуктивний (достатній)	Учень застосовує поняття у нових ситуаціях, встановлює міжпонятійні зв’язки. Образ є деталізованим і динамічним.	Застосування у завданнях (завд. 10–13). «Замальовка» – деталізований образ (2 бали). Анкета: розгорнуті відповіді.
Творчий (високий)	Учень конструює нові понятійні зв’язки, висуває гіпотези, пропонує оригінальні аналогії. Образ теоретично насичений.	Нестандартні задачі (завд. 14–16). Оригінальна аналогія (завд. 16). «Замальовка» – науково адекватний образ (2 бали + коментар).

Письмова діагностична робота (Додаток И, частина 1) складалася з 16 завдань трьох типів, що охоплювали чотири ключові поняття курсу хімії 8–9 класів: «електролітична дисоціація», «окисно-відновна реакція», «геометрія молекул», «іонна кристалічна ґратка».

Завдання типу А (1–5) – відтворення визначень і розпізнавання: учні обирали правильну відповідь з чотирьох запропонованих варіантів або вписували коротку відповідь (наприклад: «Виберіть правильне визначення електроліту»; «Укажіть ступінь окиснення Сульфуру у сполуці H_2SO_4»). Завдання типу Б (6–10) – застосування понять у стандартних ситуаціях: скласти рівняння дисоціації, визначити окисник і відновник у рівнянні реакції, описати тип кристалічної ґратки за формулою речовини. Завдання

типу В (11–16) – творче застосування і образний компонент: пояснити явище через поняття своїми словами, розв’язати нестандартну задачу, намалювати схему явища на субмікроскопічному рівні, запропонувати власну аналогію. Максимальний бал за роботу – 32 (по 2 бали за кожне завдання).

«Замальовка уявлення» (Додаток И, частина 2) проводилася як окрема діагностична процедура, що дозволяла оцінити образний компонент сформованості понять незалежно від вербально-понятійного. Учні отримували чотири картки з запитаннями і мали 2–3 хвилини на кожну. Малюнки оцінювалися за трибальною шкалою: 0 – хибний або відсутній образ; 1 – спрощений, але загалом правильний; 2 – деталізований, динамічний, науково адекватний (критерії оцінювання – таблиця И.2 Додатку И).

Анкетування учнів (Додаток И, частина 3) проводилося для виявлення ставлення учнів до хімії, самооцінки розуміння хімічних понять і характеру образних уявлень. Анкета містила 12 запитань – як закритих (з варіантами відповіді), так і відкритих (що вимагали вільної письмової відповіді). Результати анкетування використовувалися для якісного аналізу і не враховувалися при підрахунку кількісних показників зрізу.

На початку експерименту розподіл учнів за рівнями сформованості понять у КГ і ЕГ є практично ідентичним. Переважна більшість учнів обох груп − 66,7 % у КГ і 68,0 % у ЕГ − перебуває на репродуктивному і реконструктивному рівнях, тобто засвоює поняття переважно вербально, без глибокого розуміння їхнього змісту і без адекватних образних уявлень. Середній бал за письмовою роботою у КГ склав 16,3 з 32 (51,0 %), у ЕГ − 16,1 з 32 (50,3 %), різниця статистично незначуща ($t = 0,18$, $p > 0,05$).

Наочно розподіл учнів обох груп за рівнями сформованості хімічних понять представлено на рис. 3.1.

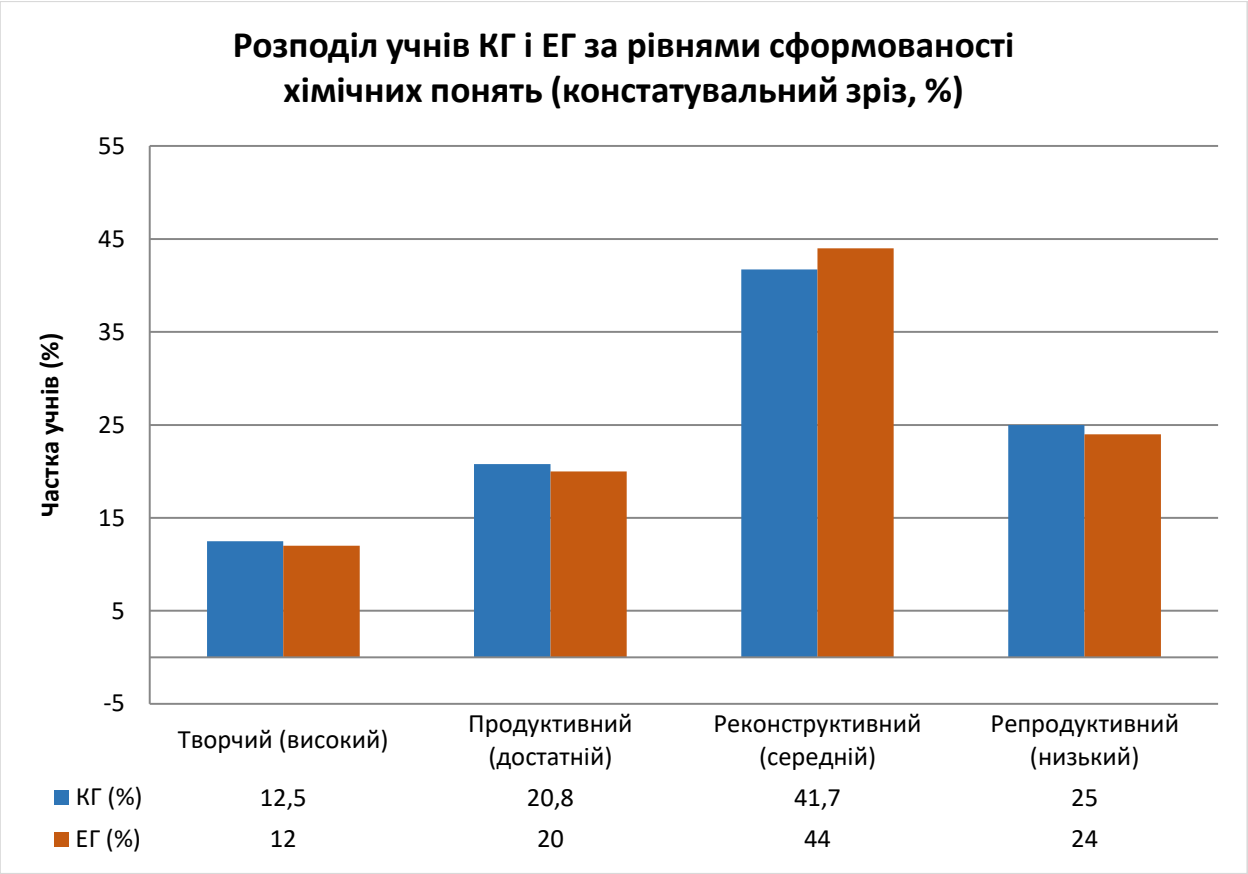


Рис. 3.1. Розподіл учнів КГ і ЕГ за рівнями сформованості хімічних понять (констатувальний зріз, %)

Як свідчать дані рис. 3.1, обидві групи демонструють практично ідентичний розподіл учнів за рівнями, що підтверджує їх вихідну еквівалентність. Найбільша частка в обох групах припадає на реконструктивний рівень (41,7 % у КГ і 44,0 % у ЕГ), дещо менша − на репродуктивний (25,0 % і 24,0 % відповідно). Лише близько третини учнів кожної групи (33,3 % КГ і 32,0 % ЕГ) перебуває на продуктивному і творчому рівнях, тобто здатна застосовувати поняття в нових ситуаціях і конструювати власні понятійні зв’язки.

Особливо показовим є порівняння результатів письмової роботи і «замальовки уявлення», що дозволяє зіставити вербально-понятійний та образний компоненти сформованості понять. Середній бал за письмовою роботою (вербально-понятійний компонент) у КГ склав 51,0 %, у ЕГ − 50,3%;

натомість середній бал за «замальовкою» (образний компонент) – лише 40,0 % у КГ і 38,8 % у ЕГ. Порівняння цих двох показників унаочнено на рис. 3.2.

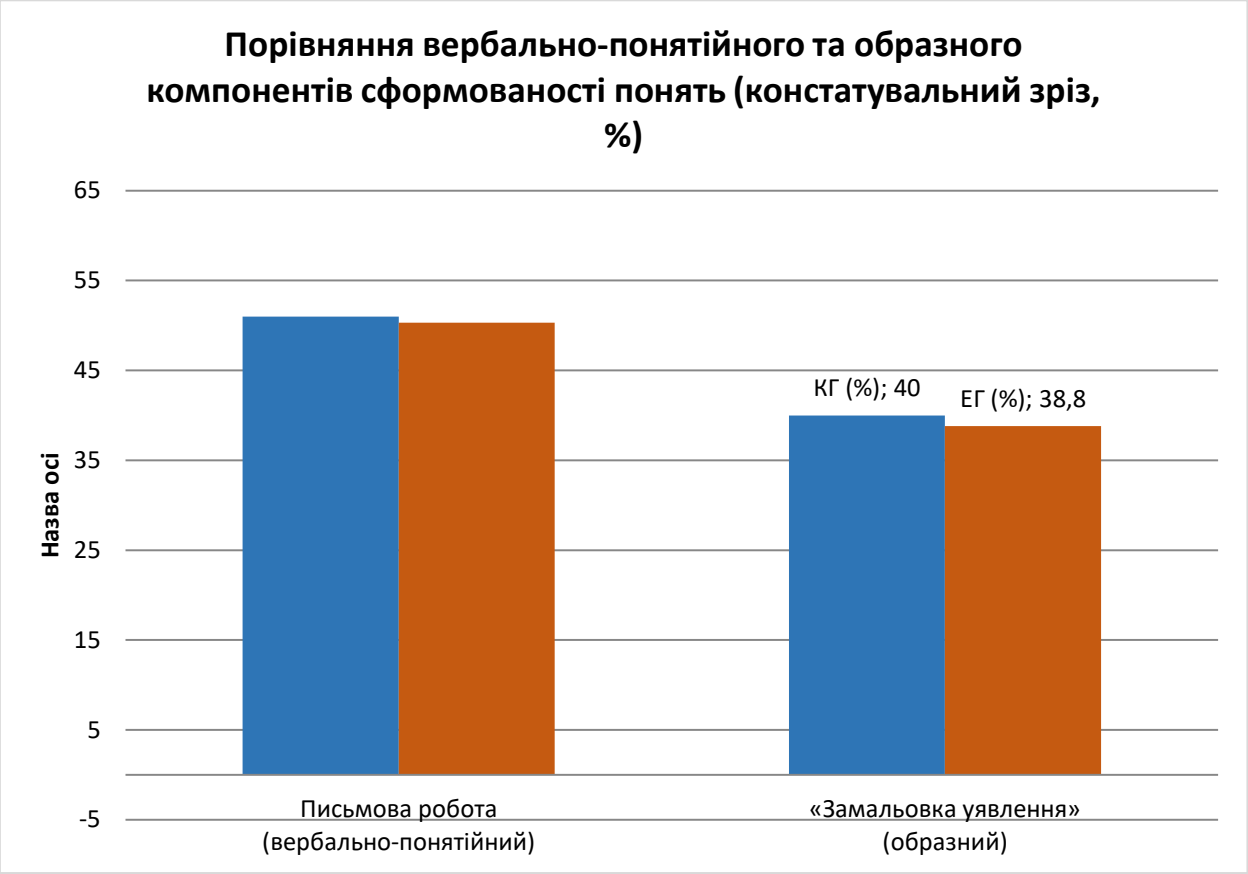


Рис. 3.2. Порівняння вербально-понятійного та образного компонентів сформованості понять (констатувальний зріз, %)

Рис. 3.2 наочно демонструє ключову діагностичну знахідку констатувального зрізу – суттєвий розрив між вербально-понятійним і образним компонентами сформованості хімічних понять. Різниця між ними складає близько 10 відсоткових пунктів і є однаковою в обох групах, що свідчить про системний, а не випадковий характер цього явища. Цей розрив означає, що учні, які правильно відтворюють визначення хімічних понять, нерідко не мають адекватного образного уявлення про відповідні явища – тобто засвоюють поняття формально, на рівні словесної оболонки, без справжнього розуміння.

Для поглибленого аналізу цього феномену нами досліджено конкретний приклад – засвоєння поняття «електролітична дисоціація».

Виявлено разючу асиметрію: 78 % учнів КГ і 76 % учнів ЕГ правильно сформулювали визначення поняття у письмовій роботі, однак лише 31 % КГ і 28 % ЕГ змогли намалювати адекватний образ процесу − з гідратними оболонками іонів і позначенням динаміки руху частинок. Близько 45-48 % учнів обох груп демонструють «формальне» засвоєння: знають визначення, але не мають образного розуміння. Ці дані представлено на рис. 3.3.

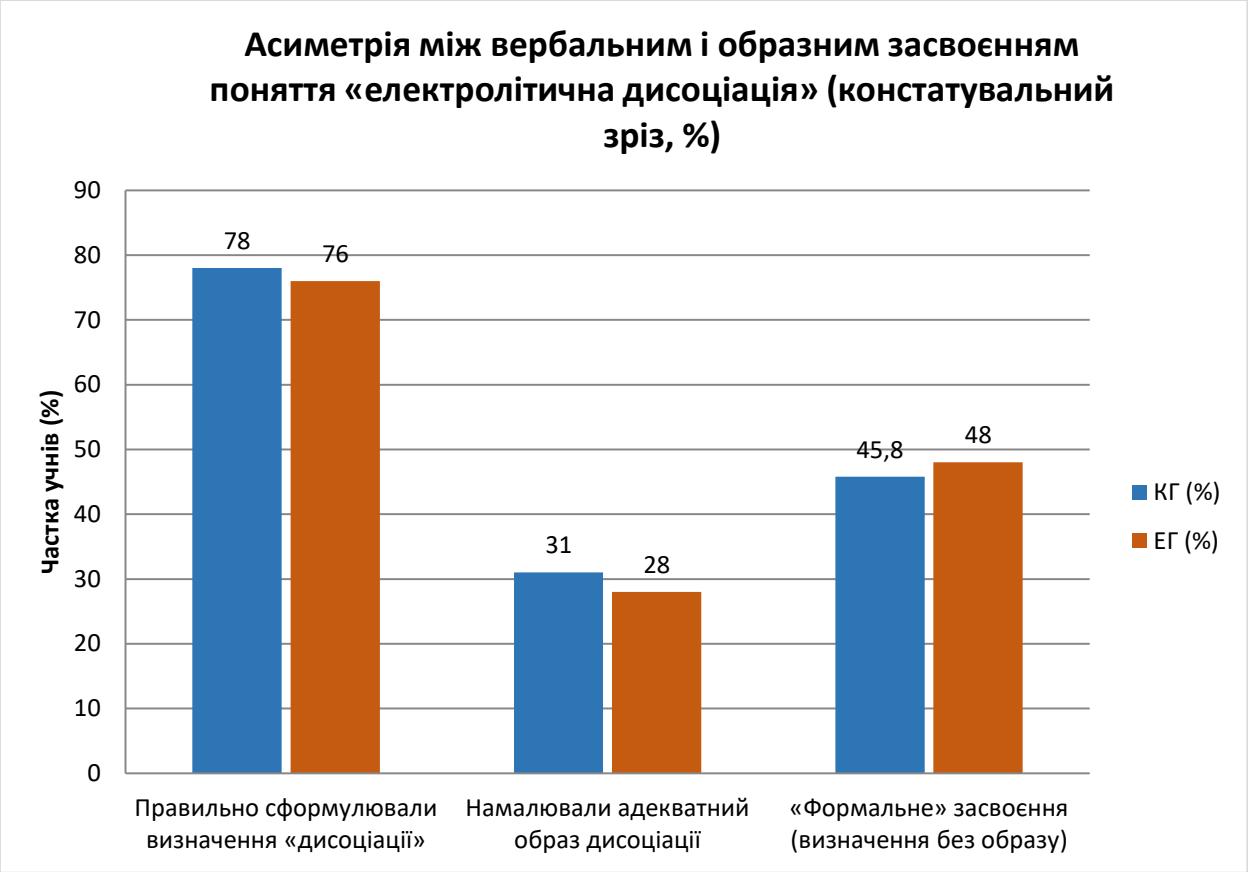


Рис. 3.3. Асиметрія між вербальним і образним засвоєнням поняття «електролітична дисоціація» (констатувальний зріз, %)

Рис. 3.3 унаочнює «ефект формального засвоєння» − явище, описане K. S. Taber [48, p. 46]: правильне вербальне відтворення визначення не є свідченням справжнього розуміння поняття. Між рядком «правильно визначили» (78 % / 76 %) і рядком «намалювали адекватний образ» (31 % / 28 %) − прірва у понад 45 відсоткових пунктів. Саме ці учні складають категорію «формального засвоєння» (45,8 % КГ і 48,0 % ЕГ): вони здатні відтворити визначення під час опитування, але не здатні «побачити»

відповідне явище в уяві і, відповідно, застосувати поняття в нестандартній ситуації.

Якісний аналіз письмових робіт і замальовок дозволив виявити систематичні типові помилки в обох компонентах для кожного з досліджуваних понять. Результати цього аналізу узагальнено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Типові помилки учнів у понятійному та образному компонентах

(за результатами констатувального зрізу)

Поняття	**Типова помилка у понятійному компоненті**	**Типова помилка в образному компоненті**
Електролітична дисоціація	«Дисоціація = розчинення»: учні вважають, що всі розчинні речовини дисоціюють повністю.	Статичний образ: іони нерухомо «лежать» у розчині, відсутні гідратні оболонки і динаміка руху.
Окисно-відновні реакції	«Окисник – це той, хто окиснюється»: плутанина між назвою агента і його функцією (ОВ–ВО).	Схема електронного балансу сприймається як суто формальний запис: немає образу реального руху електронів між атомами.
Геометрія молекул	Ототожнення структурної формули (2D) з реальною просторовою формою молекули (3D).	Плоскі образи: H_2O – лінійна, CH_4 – плоский хрест, NH_3 – рівносторонній трикутник у площині.
Іонна кристалічна ґратка	«Молекули у кристалі»: учні вважають, що NaCl складається з окремих «молекул NaCl», а не з іонів.	Двовимірний образ: ґратка «малюється» як плоска таблиця, без тривимірного просторового характеру структури.

Типові помилки, зафіксовані у табл. 3.3, мають важливе методичне значення: вони стали безпосередньою основою для конкретизації змісту формувального етапу – зокрема, визначили, які саме образи і аналогії потребують найбільшої уваги в рамках розробленої методики.

Результати анкетування учнів (Додаток И, частина 3) надали важливу якісну інформацію. На запитання «Чи розумієш ти хімічні явища або лише запам’ятовуєш визначення?» варіант «скоріше запам’ятовую, ніж розумію» обрали 54 % учнів КГ і 52 % учнів ЕГ. На запитання «Чи можеш ти уявити,

що відбувається з атомами і молекулами під час хімічної реакції?» відповідь «важко уявити» або «зовсім не можу уявити» дали 62 % учнів КГ і 60 % ЕГ. На відкрите запитання «Яке хімічне явище ти можеш добре уявити у своїй уяві?» більшість учнів (71 %) називали виключно макроскопічні явища (горіння, розчинення, зміна кольору), не згадуючи жодного мікроскопічного процесу. Ці дані засвідчують, що суб'єктивний досвід більшості учнів відповідає об'єктивно зафіксованій низькій якості образного компонента: учні самі усвідомлюють, що «не бачать» хімічних явищ на рівні частинок.

Усна бесіда з вибіркою учнів (по 5 осіб від кожної групи, відібраних методом стратифікованої вибірки) підтвердила і поглибила кількісні результати. Типовою виявилася відповідь учня репродуктивного рівня на запитання «Поясни, що таке електролітична дисоціація, так, ніби я ніколи не чув цього слова»: учень правильно відтворив вивчене визначення, але на уточнювальне запитання «А що при цьому відбувається з частинками?» описав процес як «зникнення» кристала у воді, не маючи уявлення про розпад на іони і гідратацію. Таких учнів, що демонструють «формальне» засвоєння поняття без образного розуміння, виявлено 11 осіб у КГ (45,8 %) і 12 осіб у ЕГ (48,0 %).

Зворотний тип – адекватний образ за недостатньо точного понятійного формулювання – виявлено значно рідше: 4 учні у КГ (16,7 %) і 4 учні у ЕГ (16,0 %). Ці учні описують явища образно і влучно («іони як кульки у «водяних шубах»»), але зазнають труднощів при формальному записі рівняння дисоціації.

Виявлено також кореляцію між рівнем розвитку просторового мислення і успішністю засвоєння «просторових» понять (геометрія молекул, кристалічні ґратки). Учні з нижчим рівнем просторової уяви (за результатами відповідних завдань «замальовки») показали середній результат 38 % від максимуму за цими темами, тоді як учні з вищим рівнем – 67 %. Ця знахідка є емпіричним підтвердженням теоретичного положення H. K. Wu та P. Shah

[49, p. 470] і слугує додатковим обґрунтуванням необхідності цілеспрямованого розвитку просторового мислення в рамках методики.

Отже, результати констатувального етапу дозволяють зробити такі висновки. По-перше, переважна більшість учнів обох груп (близько 66–68 %) перебуває на репродуктивному і реконструктивному рівнях, засвоюючи поняття переважно вербально, без глибокого образного розуміння. По-друге, образний компонент сформованості понять суттєво відстає від вербально-понятійного: близько 45–48 % учнів демонструють «формальне» засвоєння. По-третє, групи є статистично еквівалентними за всіма вихідними показниками. По-четверте, виявлені систематичні типові помилки в обох компонентах стали конкретною основою для побудови пошукового і формувального етапів. Детальний опис діагностичних матеріалів, використаних на цьому етапі, наведено у Додатку И.

3.2. Пошуковий етап педагогічного експерименту

Пошуковий етап педагогічного експерименту проводився упродовж лютого 2025 року − між констатувальним і формувальним етапами. Його призначення полягало у практичному апробуванні ключових методів і прийомів розробленої методики в реальних умовах навчального процесу з метою виявлення конкретних методичних труднощів і внесення обґрунтованих корективів. Пошуковий етап відіграв роль «пілотного дослідження», що дозволило перейти до формувального етапу з методично відпрацьованим і перевіреним інструментарієм.

Мета пошукового етапу − апробувати систему методів і прийомів (підрозд. 2.2) на матеріалі перших двох змістових блоків курсу хімії 9 класу («Розчини. Електролітична дисоціація» і «Окисно-відновні реакції»), виявити методичні труднощі і скоригувати методику перед її системним впровадженням.

На пошуковому етапі авторська методика апробовувалась лише в ЕГ (9-Б клас, 25 учнів) − упродовж чотирьох тижнів, 12 уроків. КГ (9-А клас) навчалась за традиційною методикою, що забезпечувало незмінність умов подальшого порівняльного аналізу. Спостереження здійснювалось за трьома методами: протоколювання ходу уроків, аналіз письмових продуктів учнів («замальовок», ментальних карт, «листів мислення»), проміжний зріз наприкінці етапу. Програму апробації, результати спостережень і виявлені проблеми систематизовано в табл. 3.4; детальний опис кожної проблеми і розроблені корективи наведено в Додатку Л.

Таблиця 3.4

Програма пошукового етапу, результати спостережень і виявлені труднощі

Тиждень / Тема	**Апробований метод**	**Результат спостереження**	**Виявлена проблема**

1Електролітична дисоціація	«Образне введення поняття» + анімація NaCl	72 % адекватних замальовок; активний опис	Образ слабкого електроліту – статичний, без рівноваги (Дод. Л, п. 1)
2 Ступінь дисоціації	«Замальовка уявлення» + аналогія «повна/неповна передача»	Аналогія полегшила введення; зацікавленість висока	Обговорення меж аналогії − 8+ хв замість 3 (Дод. Л, п. 2)
3 Реакції іонного обміну	«Динамічна схема» у 4 кадри	Прийом ефективний; учні будували схему охоче	40 % помилок: плутанина повного і скороченого іонного рівняння (Дод. Л, п. 3)
3 ОВР. Ступінь окиснення	Рольова гра «Передача електрона»	Гра сформувала чіткий образ; висока активність	Мнемоніка ОВ–ВО: 58 % помилок після першого уроку (Дод. Л, п. 4)
4 Метод ел. балансу	«Ментальна карта ОВР» + «Власна аналогія учня»	56 % учнів придумали власну аналогію	Розрив між образом e^- і алгоритмом балансу (Дод. Л, п. 5)
4 Геометрія молекул	«Прогноз → модель → перевірка»	88 % залучені безперервно; найвища активність	Час конструювання 8 хв − замалий; оптимум 12–15 хв (Дод. Л, п. 6)

Аналіз даних табл. 3.4 виявив шість методичних проблем, що потребували корекції. Узагальнену характеристику проблем і внесених коректив подано в табл. 3.5; повний методичний опис кожного скоригованого прийому з інструкціями, зразками і коментарями для вчителя наведено в Додатку Л (пункти Л.1–Л.6).

Таблиця 3.5

Корективи до методики за результатами пошукового етапу

Виявлена проблема	**Первісний варіант**	**Скоригований варіант**	**Деталі – Додаток**
Статичний образ часткової дисоціації	Лише аналогія	Динамічна схема рівноваги ⇌ з одночасним зображенням	Додаток Л, п. 1; Дод. А, урок № 1 (скор.)

		молекул і іонів	
40 % помилок при запису скороченого іонного рівняння	Усне пояснення	Прийом «Виштовхни спектаторів»: маркером + промовляння вголос	Додаток Л, п. 3
58 % помилок із мнемонікою ОВ–ВО	Одноразове введення	«Картка-маяк ОВ–ВО» на парті впродовж 3 уроків	Додаток К, зразок К.1
Розрив образ/алгоритм у методі балансу	Образ → алгоритм	Проміжний крок: «намалюй стрілку e^-» перед схемою	Додаток Л, п. 5; Дод. А, урок № 2
Обговорення меж аналогій − 8+ хв	Усне обговорення	Друковані картки аналогій із заздалегідь прописаними межами	Додаток Г
Час конструювання 8 хв − замалий	8 хв	Збільшено до 12–15 хв; скорочено евристичну бесіду на 3–4 хв	Модель уроку, підрозд. 2.2

Поряд із виявленими проблемами пошуковий етап засвідчив і ряд стійких позитивних результатів. Прийом «Прогноз → модель → перевірка» (тиждень 4) показав найвищий рівень пізнавальної активності за весь пошуковий етап: 22 з 25 учнів (88 %) були залучені безперервно і ефективно. Прийом «Власна аналогія учня» (тиждень 4) виявив несподівано високий творчий потенціал: 56 % учнів ЕГ самостійно придумали оригінальні аналогії − тобто вийшли на продуктивний рівень образного мислення вже після п’яти тижнів роботи. «Замальовка уявлення» ефективно виконувала діагностичну функцію: вчитель за 2-3 хвилини отримував реальну картину уявлень класу і оперативно коригував план пояснення.

Наприкінці пошукового етапу − в останній тиждень лютого 2025 року − в обох групах проводився проміжний діагностичний зріз (8 завдань, 16 балів; текст − Додаток К, зразок К.3). Завдання охоплювали теми лютого і

включали понятійний (завдання 1–5) та образний (завдання 6–8) компоненти. Результати проміжного зрізу наведено в табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Результати проміжного зрізу (лютий 2025 р.):

порівняння КГ і ЕГ за загальним балом і компонентами

Показник	**КГ**	**ЕГ**	**Різниця**	**Статистика**
Загальний бал (з 16)	10,6	13,4	+2,8 б.	t=3,12; p<0,01
Понятійний компонент (завд. 1–5, з 10)	71,0 %	86,0 %	+15,0 в.п.	t=2,87; p<0,01
Образний компонент (завд. 6–8, з 6)	51,7 %	78,3 %	+26,6 в.п.	t=4,21; p<0,001
Частка учнів із власною аналогією (завд. 8)	8 %	56 %	+48 в.п.	χ^2=14,3; p<0,001

Аналіз даних табл. 3.6 засвідчує суттєве зростання показників ЕГ порівняно з КГ вже після шести тижнів апробації. Загальний бал у ЕГ − 13,4 з 16 (83,8 %), у КГ − 10,6 з 16 (66,3 %); різниця статистично значуща ($t = 3,12$, $p < 0,01$). Принципово важливою є різниця в образному компоненті: ЕГ − 78,3 %, КГ − 51,7 % ($t = 4,21$, $p < 0,001$). Різниця в образному компоненті (+26,6 в. п.) більш ніж удвічі перевищує різницю в понятійному (+15,0 в. п.), що підтверджує: методика найсуттєвіше розвиває саме ту складову, яка виявилась найбільш проблемною на констатувальному зрізі. Графічне порівняння результатів КГ і ЕГ наведено на рис. 3.4–3.6.

Порівняння загальних балів ЕГ і КГ на проміжному зрізі представлено на рис. 3.4.

Рис. 3.4 наочно демонструє, що загальний бал ЕГ (13,4/16 = 83,8 %) суттєво перевищує КГ (10,6/16 = 66,3 %) на 2,8 бала (17,5 в. п.). Різниця між групами є статистично значущою ($t = 3,12$, $p < 0,01$), що вже на пошуковому етапі свідчить про вищу ефективність авторської методики порівняно з традиційним навчанням.

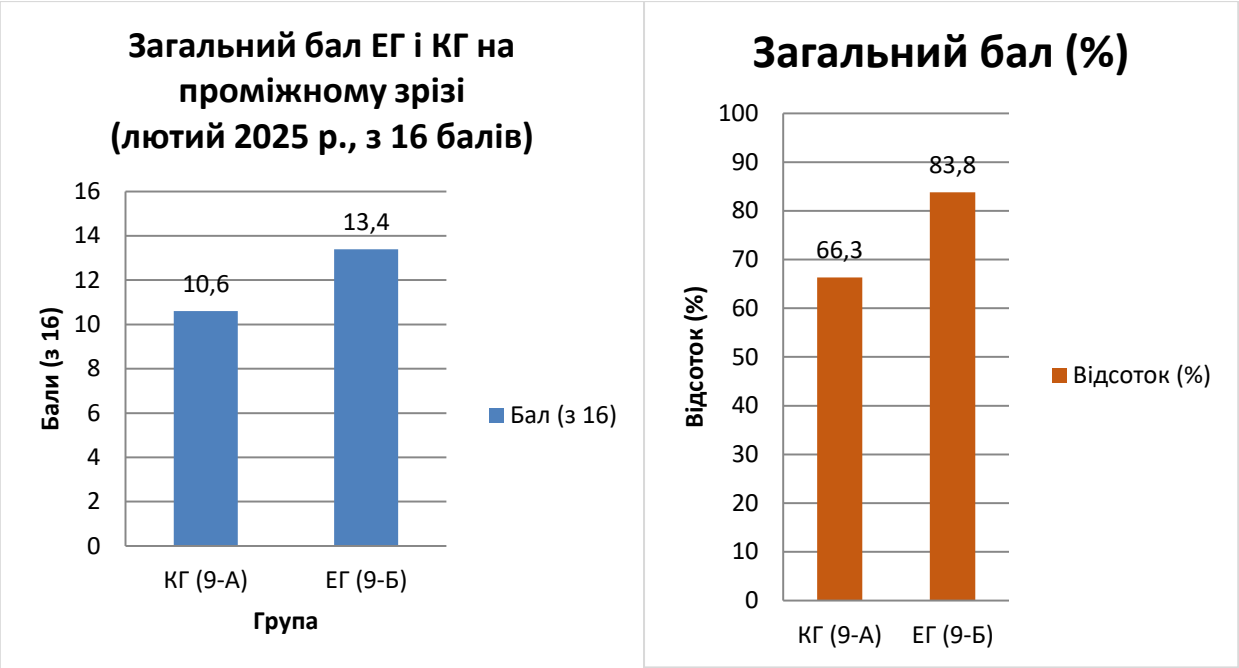


Рис. 3.4. Загальний бал ЕГ і КГ на проміжному зрізі (лютий 2025 р., з 16 балів)

Розподіл результатів між понятійним і образним компонентами у ЕГ і КГ наведено на рис. 3.5.

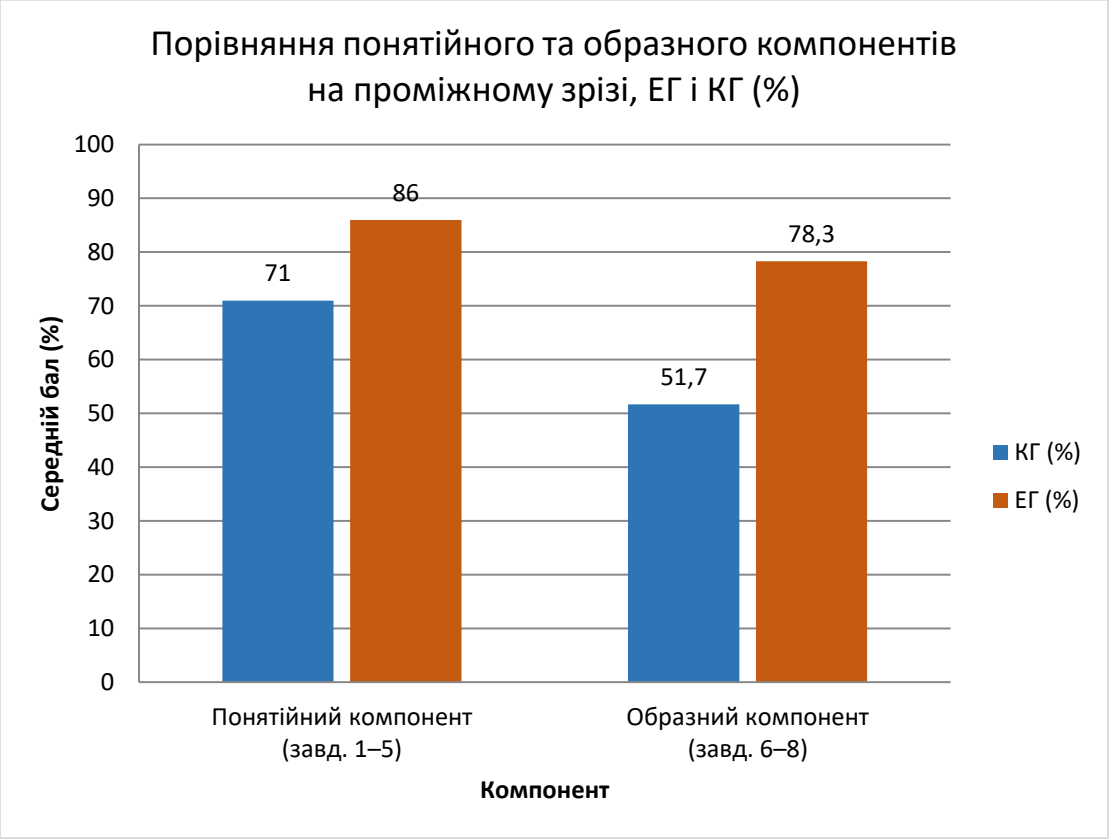


Рис. 3.5. Порівняння понятійного та образного компонентів на проміжному зрізі, ЕГ і КГ (%)

Рис. 3.5 розкриває структуру відмінностей між групами: різниця у понятійному компоненті складає 15,0 в. п. (86,0 % ЕГ проти 71,0 % КГ), натомість різниця в образному компоненті є значно більшою − 26,6 в. п. (78,3 % проти 51,7 %). Це є переконливим підтвердженням того, що цілеспрямоване поєднання методів візуалізації, аналогій і молекулярного конструювання суттєво підвищує саме образну складову хімічного мислення.

Динаміку показників ЕГ від констатувального до проміжного зрізу наведено на рис. 3.6.

Рис. 3.6 демонструє позитивну динаміку в ЕГ: загальний показник зріс з 50,3 % до 83,8 % (+33,5 в. п.). Найвиразнішим є зростання образного компоненту − з 38,8 % до 78,3 % (+39,5 в. п., майже вдвічі). Показник «власна аналогія» зріс з 4 % до 56 % (+52 в. п.) − це свідчить про вихід більшості учнів ЕГ на продуктивний рівень образного мислення.

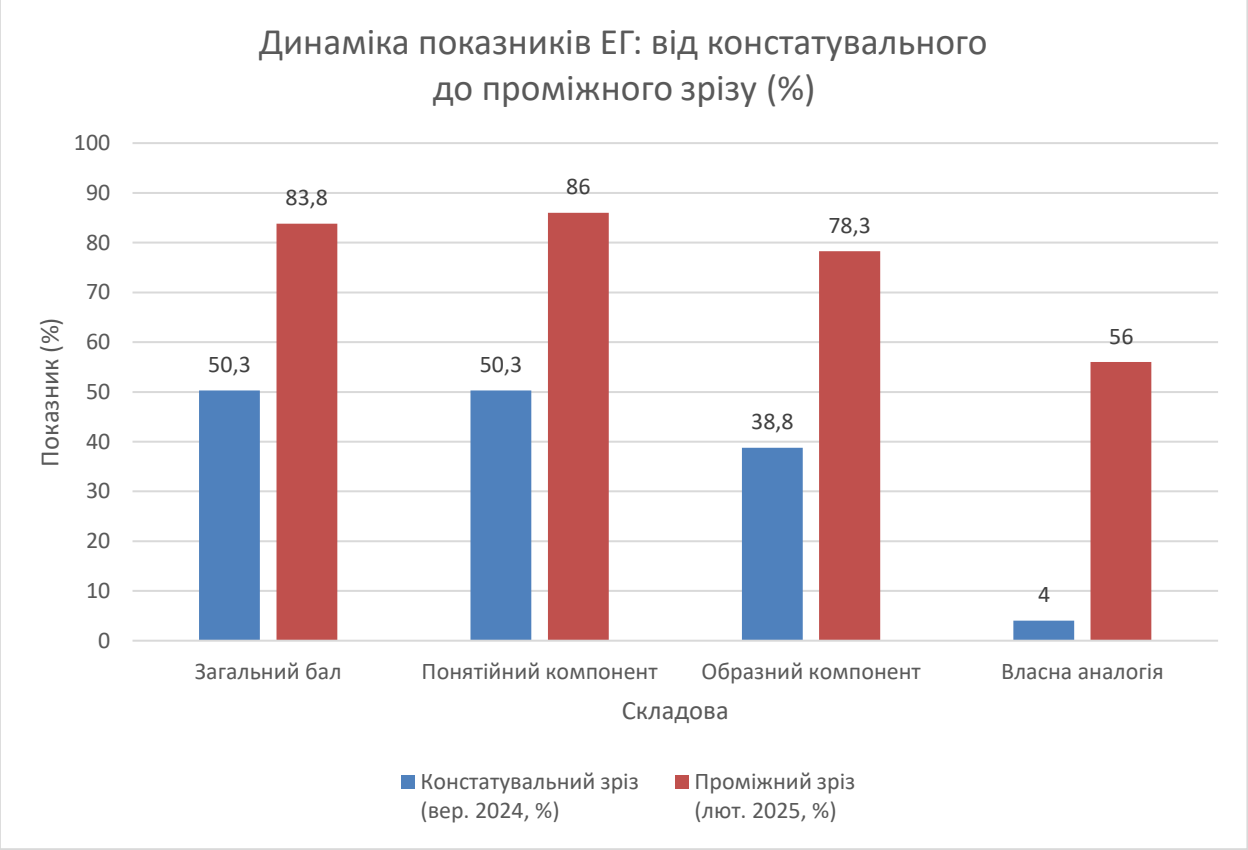


Рис. 3.6. Динаміка показників ЕГ: від констатувального (вер. 2025) до проміжного зрізу (лют. 2025)

Ці результати підтверджують правильність обраного методичного підходу і є вагомою підставою для переходу до формувального етапу.

Отже, пошуковий етап виконав свою функцію: він дозволив виявити шість конкретних методичних проблем первісного варіанту методики і внести обґрунтовані корективи (табл. 3.6; Додаток Л). Проміжний зріз засвідчив статистично значущу перевагу ЕГ над КГ вже після шести тижнів апробації, причому найбільший ефект зафіксовано саме в образному компоненті. Скоригована методика стала основою формувального етапу педагогічного експерименту, описаного в підрозділі 3.3.

3.3. Формувальний етап педагогічного експерименту

Формувальний етап педагогічного експерименту проводився з березня по травень 2025 року і став ключовою частиною всього дослідження. На цьому етапі скоригована за результатами пошукового етапу авторська методика впроваджувалась у повному обсязі в ЕГ (9-Б клас, 25 учнів) упродовж трьох навчальних місяців. КГ (9-А клас, 24 учні) навчалась за традиційною методикою. Метою формувального етапу була перевірка дослідницької гіпотези: чи забезпечує систематичне застосування авторської методики статистично значущо вищий рівень сформованості хімічних понять порівняно з традиційним навчанням.

Формувальний етап охоплював 30 уроків, організованих у три тематичні блоки. Детальну програму реалізації методики по блоках наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Програма формувального етапу педагогічного експерименту

(березень–травень 2025 р., ЕГ)

Місяць / блок тем	**Теми уроків**	**Методи блоку**	**Кількість уроків**
Березень 2025 Розчини	Дисоціація кислот, основ, солей. Ступінь дисоціації. Реакції іонного обміну. Гідроліз солей	Анімація + «замальовка», «Динамічна схема» ⇌, «Виштовхни спектаторів», прийом «Хімічний кінофільм»	10
Квітень 2025 ОВР	Ступінь окиснення. Метод електронного балансу. ОВР у різних середовищах. Корозія	Рольова гра «Передача e^-», «Картка-маяк ОВ–ВО», «Стрілка e^-», «Ментальна карта ОВР»	10
Травень 2025 Органіка +	Органічні сполуки. Геометрія молекул. Ізомерія.	«Прогноз → модель → перевірка», «Турнір моделей», «Щоденник	10

узагальнення	Узагальнення курсу 9 класу	образів», «Перевір свій образ»	
Усього			**30**

Упродовж кожного місяця в ЕГ послідовно задіювалися методи і прийоми всіх чотирьох блоків, описаних у підрозділі 2.2. При цьому методи підбиралися відповідно до специфіки теми: для тем з динамічними процесами (дисоціація, ОВР) − переважно методи візуалізації і рольова гра; для тем з просторовими об’єктами (геометрія молекул, ізомерія) − переважно молекулярне конструювання і метод «Прогноз → модель → перевірка». Рефлексивні методи («Лист мислення», «Щоденник образів») застосовувались систематично на кожному уроці незалежно від теми.

Поточне спостереження за навчальним процесом в ЕГ упродовж формувального етапу фіксувало якісні зміни, що підтверджують ефективність методики. Починаючи з четвертого тижня впровадження, учні ЕГ стали самостійно вживати образні описи хімічних явищ без спеціального заохочення з боку вчителя. До кінця квітня більшість учнів ЕГ при відповіді на питання «Поясни суть цієї реакції» обов’язково включали до пояснення мікроскопічний рівень − описували рух частинок, а не лише зовнішні ознаки. У «щоденниках образів» зафіксовано якісну еволюцію малюнків: від примітивних схем до деталізованих, науково адекватних просторових моделей. Детальний якісний аналіз учнівських робіт упродовж формувального етапу наведено в Додатку М.

Наприкінці формувального етапу − у травні 2025 року − в обох групах проводився контрольний зріз з використанням того ж діагностичного інструментарію, що і на констатувальному зрізі (Додаток И): письмова діагностична робота (16 завдань, 32 бали) і «замальовка уявлення» (4 картки, 8 балів). Це забезпечило повну порівнянність результатів на початку і наприкінці експерименту.

Результати контрольного зрізу за рівнями сформованості хімічних понять наведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Результати контрольного зрізу: розподіл учнів КГ і ЕГ за рівнями сформованості хімічних понять (травень 2025 р.)

Рівень	**КГ (осіб)**	**КГ (%)**	**ЕГ (осіб)**	**ЕГ (%)**	**Різниця (в.п.)**
Творчий (високий)	4	16,7	10	40,0	+23,3
Продуктивний (достатній)	7	29,2	11	44,0	+14,8
Реконструктивний (середній)	9	37,5	4	16,0	–21,5
Репродуктивний (низький)	4	16,7	0	0,0	–16,7
Усього	**24**	**100**	**25**	**100**	**–**

Аналіз даних табл. 3.9 засвідчує суттєві зміни у розподілі учнів ЕГ за рівнями порівняно з констатувальним зрізом. Частка учнів ЕГ на творчому рівні зросла з 12,0 % до 40,0 % (+28,0 в. п.); на продуктивному рівні − з 20,0 % до 44,0 % (+24,0 в. п.). Таким чином, 84,0 % учнів ЕГ досягли продуктивного або творчого рівня сформованості понять. У КГ аналогічний показник значно менший − 45,9 %. Особливо показово, що репродуктивний (низький) рівень у ЕГ після формувального етапу не зафіксовано у жодного учня, тоді як у КГ на цьому рівні залишається 16,7 % учнів.

Наочно порівняння розподілу учнів КГ і ЕГ за рівнями на контрольному зрізі представлено на рис. 3.7.

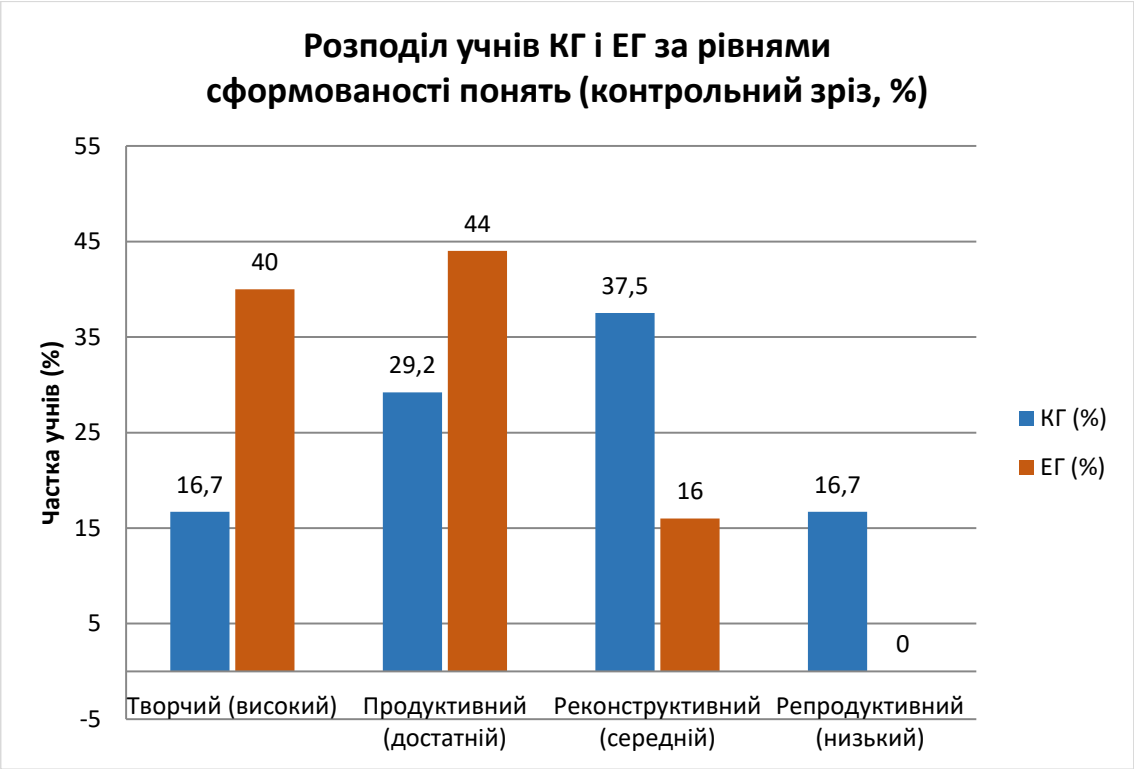


Рис. 3.7. Розподіл учнів КГ і ЕГ за рівнями сформованості хімічних понять на контрольному зрізі (%)

Рис. 3.7 унаочнює принципову відмінність між КГ і ЕГ після формувального етапу: в ЕГ переважають вищі рівні (творчий − 40,0 %, продуктивний − 44,0 %), тоді як у КГ розподіл залишається подібним до початкового з переважанням середнього рівня (37,5 %). Відсутність репродуктивного рівня в ЕГ свідчить про те, що жоден учень не залишився на рівні механічного запам’ятовування визначень.

Зведене порівняння показників на всіх трьох зрізах − констатувальному, проміжному і контрольному − наведено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10

Зведена динаміка показників сформованості хімічних понять на трьох етапах експерименту (КГ / ЕГ, %)

Показник	**Констат. зріз КГ**	**Проміжний зріз КГ /**	**Контрольний зріз КГ /**	**Приріст ЕГ (конст.→контр**	**Приріст КГ (конст.→контр**

	/ ЕГ	**ЕГ**	**ЕГ**	**.)**	**.)**
Загальний бал (%)	51,0 / 50,3	66,3 / 83,8	65,4 / 88,5	+38,2 в.п.	+14,4 в.п.
Понятійний компонент (%)	51,0 / 50,3	71,0 / 86,0	68,0 / 90,0	+39,7 в.п.	+17,0 в.п.
Образний компонент (%)	40,0 / 38,8	51,7 / 78,3	55,0 / 85,0	+46,2 в.п.	+15,0 в.п.
Творчий + продуктивний рівні (%)	33,3 / 32,0	н/д	45,9 / 84,0	+52,0 в.п.	+12,6 в.п.
«Формальне» засвоєння (%)	45,8 / 48,0	н/д	20,8 / 4,0	–44,0 в.п.	–25,0 в.п.

Дані табл. 3.10 дозволяють простежити динаміку змін в обох групах упродовж усього навчального року. Приріст загального балу в ЕГ від констатувального до контрольного зрізу склав +38,2 в. п. (з 50,3 % до 88,5 %), у КГ − лише +14,4 в. п. (з 51,0 % до 65,4 %). Різниця між приростами (38,2 – 14,4 = 23,8 в. п.) є переконливим свідченням переваги авторської методики над традиційним навчанням.

Особливо значущою є динаміка образного компоненту: приріст в ЕГ склав +46,2 в. п. (з 38,8 % до 85,0 %), у КГ − лише +15,0 в. п. (з 40,0 % до 55,0 %). Таким чином, методика фактично ліквідувала розрив між образним і понятійним компонентами, який був зафіксований на констатувальному зрізі: на контрольному зрізі обидва компоненти в ЕГ перебувають на рівні 85–90 %. Натомість у КГ розрив між понятійним (68,0 %) і образним (55,0 %) компонентами зберігається і навіть дещо зростає.

Динаміку образного і понятійного компонентів в ЕГ і КГ упродовж трьох зрізів представлено на рис. 3.8.

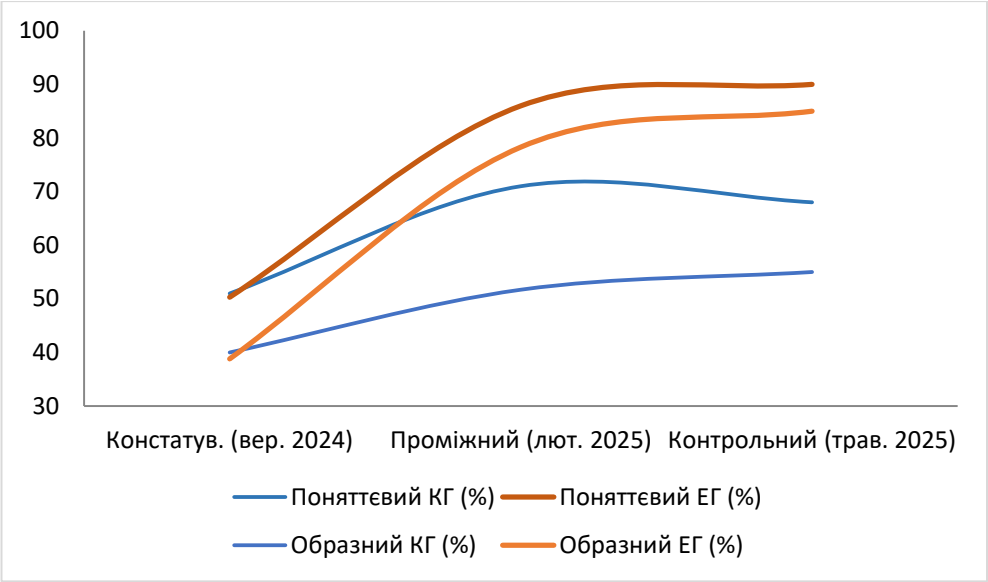


Рис. 3.8. Динаміка понятійного та образного компонентів в ЕГ і КГ на трьох зрізах (%)

Рис. 3.8 наочно демонструє три ключові тенденції. По-перше, на констатувальному зрізі обидві групи мають практично однакові і близькі показники − що підтверджує їх вихідну еквівалентність. По-друге, в ЕГ криві обох компонентів різко зростають від зрізу до зрізу − при цьому образний компонент зростає швидше за понятійний. По-третє, у КГ зростання відбувається значно повільніше і рівномірніше, а розрив між образним і понятійним компонентами зберігається.

Особливу увагу привертає показник «формального засвоєння» − частка учнів, які знають визначення, але не мають адекватного образного уявлення. Якщо на констатувальному зрізі цей показник становив 45,8 % у КГ і 48,0 % у ЕГ, то на контрольному зрізі в ЕГ він знизився до 4,0 % (лише один учень), у КГ − до 20,8 %. Динаміку цього показника в обох групах наведено на рис. 3.9.

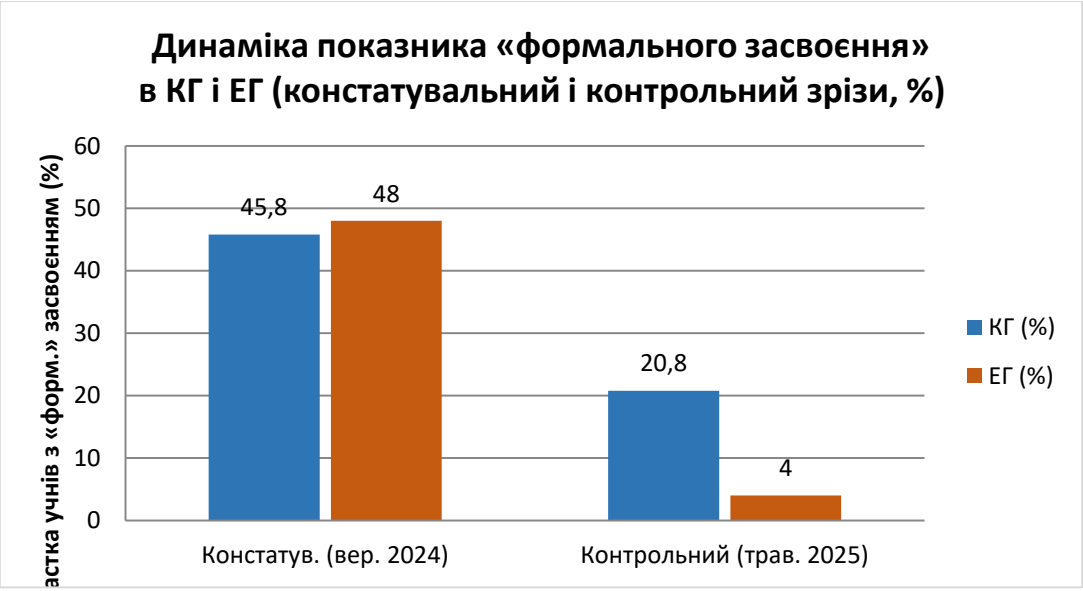


Рис. 3.9. Динаміка показника «формального засвоєння» в КГ і ЕГ на трьох зрізах (%)

Рис. 3.9 унаочнює один з найбільш переконливих результатів дослідження: методика фактично долає феномен «формального засвоєння» в ЕГ − показник знижується з 48,0 % до 4,0 %. Це означає, що учні ЕГ не лише знають визначення, а й «бачать» відповідні явища в уяві − тобто засвоюють поняття на рівні справжнього розуміння. У КГ цей показник знижується значно менше − з 45,8 % до 20,8 % − і залишається суттєво вищим.

Для встановлення статистичної значущості відмінностей між КГ і ЕГ за результатами контрольного зрізу використовувались t-критерій Стьюдента (для порівняння середніх балів), критерій хі-квадрат Пірсона (для порівняння розподілів за рівнями) і показник розміру ефекту Cohen’s d (для оцінки практичної значущості відмінностей). Результати статистичного аналізу наведено в табл. 3.11.

Таблиця 3.11

Результати статистичного аналізу відмінностей між КГ і ЕГ

за даними контрольного зрізу

Критерій /	**Значе**	**Критичн**	**Висновок**

показник	**ння**	**е значення**	
t-критерій Стьюдента (загальний бал)	t = 4,63	t крит = 2,01 (α=0,05)	Різниця статистично значуща (p < 0,001)
t-критерій (образний компонент)	t = 5,21	t крит = 2,01 (α=0,05)	Різниця дуже значуща (p < 0,001)
t-критерій (понятійний компонент)	t = 3,87	t крит = 2,01 (α=0,05)	Різниця значуща (p < 0,01)
χ^2 (розподіл за рівнями)	χ^2 = 14,82	χ^2 крит = 7,81 (df=3, α=0,05)	Розподіл суттєво відрізняється (p < 0,01)
Розмір ефекту (Cohen’s d, загальний бал)	d = 1,84	d > 0,8 − великий ефект	Великий розмір ефекту
Розмір ефекту (Cohen’s d, образний компонент)	d = 2,08	d > 0,8 − великий ефект	Дуже великий розмір ефекту

Дані табл. 3.11 переконливо підтверджують дослідницьку гіпотезу. Усі t-значення суттєво перевищують критичне (t крит = 2,01 для α = 0,05): для загального балу t = 4,63 (p < 0,001), для образного компоненту t = 5,21 (p < 0,001), для понятійного компоненту t = 3,87 (p < 0,01). Критерій χ^2 = 14,82 при χ^2 крит = 7,81 (df = 3, α = 0,05) свідчить, що розподіли учнів за рівнями в КГ і ЕГ суттєво відрізняються.

Особливо важливим є показник розміру ефекту Cohen’s d: d = 1,84 для загального балу і d = 2,08 для образного компоненту. За загальноприйнятою інтерпретацією шкали Коена (d > 0,8 − великий ефект), отримані значення свідчать про дуже великий розмір ефекту авторської методики. Це означає, що вплив методики є не лише статистично значущим, а й практично відчутним: учні ЕГ суттєво перевершують учнів КГ за рівнем сформованості хімічних понять.

Якісний аналіз «щоденників образів» і «листів мислення» учнів ЕГ за три місяці формувального етапу (Додаток М) дозволяє зафіксувати конкретні якісні зміни. По-перше, образи учнів ЕГ стали динамічними: замість статичних схем − послідовності «кадрів», що відображають перебіг процесу у часі. По-друге, образи набули просторового виміру: молекули «стоять» у

просторі, кристали мають тривимірну структуру. По-третє, учні ЕГ систематично використовують власні аналогії − причому нерідко більш оригінальні і точні, ніж запропоновані вчителем. По-четверте, в «листах мислення» з'явились метакогнітивні рефлексії − учні описують, «як вони думають» при розв'язанні хімічних задач.

Отже, результати формувального етапу підтверджують усі компоненти дослідницької гіпотези. По-перше, систематичне застосування авторської методики забезпечує статистично значущо вищий рівень сформованості хімічних понять в ЕГ порівняно з КГ за всіма вимірюваними показниками ($p < 0{,}001$). По-друге, найбільший ефект методика чинить на образний компонент сформованості понять ($d = 2{,}08$), що є цілеспрямованим результатом системного застосування методів візуалізації, аналогій і молекулярного конструювання. По-третє, методика ефективно долає феномен «формального засвоєння»: частка учнів із «формальним» засвоєнням в ЕГ знизилась з 48,0 % до 4,0 %. По-четверте, до кінця навчального року 84,0 % учнів ЕГ досягли продуктивного або творчого рівня сформованості хімічних понять. Сукупність цих результатів є переконливим доказом ефективності розробленої методики і підставою для її рекомендації до впровадження у шкільну практику.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дозволяє сформулювати такі висновки.

1. Аналіз психолого-педагогічної та методичної літератури засвідчив, що хімічні поняття вирізняються абстрактністю, системністю і двоїстістю природи (макро- і мікрорівень), що суттєво ускладнює їх засвоєння учнями. Аналіз чинної програми і чотирьох підручників хімії для 9 класу показав: жоден із них не містить системної методики, яка б цілеспрямовано поєднувала розвиток понятійного та образного мислення, а наочний матеріал виконує переважно ілюстративну функцію.

2. З'ясовано, що понятійне мислення характеризується опосередкованістю, узагальненістю і системністю, а образне є його рівноправним партнером − воно забезпечує чуттєво-наочну основу для абстрактних понять. Теоретично обґрунтовано циклічну модель взаємодії обох видів мислення: «первинний образ → поняття → збагачений образ», − що реалізує рух від конкретно-чуттєвого до абстрактно-понятійного і знову до конкретного, але теоретично насиченого образу [6; 10; 18].

3. Визначено п'ять засад ефективного поєднання видів мислення: образна опора кожного нового поняття; активна образно-конструювальна діяльність учнів; двосторонній перехід «образ → поняття → збагачений образ»; систематична рефлексія власних образів і понять; урахування індивідуального стилю мислення. Для реалізації кожної засади розроблено відповідний методичний інструментарій (Додатки А–З, К–М).

4. Розроблено систему методів і прийомів із чотирьох блоків: методи візуалізації («замальовка уявлення», «динамічна схема», «ментальна карта»); методи аналогій (12 навчальних аналогій з обговоренням меж, «Власна аналогія учня»); методи молекулярного конструювання

(«Прогноз → модель → перевірка», «Турнір моделей»); рефлексивні методи («Лист мислення», «Щоденник образів»). Систему реалізовано у 30 уроках для трьох тематичних блоків курсу хімії 9 класу.

5. Педагогічний експеримент (2024–2025 н. р., КГ − 24 учні, ЕГ − 25 учнів) підтвердив ефективність розробленої методики. На контрольному зрізі (травень 2025 р.) загальний бал в ЕГ − 88,5 % проти 65,4 % у КГ ($t = 4{,}63$; $p < 0{,}001$); образний компонент − 85,0 % проти 55,0 % ($t = 5{,}21$; Cohen’s $d = 2{,}08$ − дуже великий ефект). 84,0 % учнів ЕГ досягли продуктивного або творчого рівня; показник «формального засвоєння» знизився з 48,0 % до 4,0 % (−44,0 в. п.). Якісний аналіз учнівських робіт засвідчив трансформацію стилю мислення учнів ЕГ: вони будують динамічні просторові образи, генерують оригінальні аналогії і усвідомлено рефлексують над власним пізнавальним процесом.

Результати дослідження рекомендується використовувати вчителям хімії загальноосвітніх шкіл при плануванні уроків з курсу хімії 9 класу, а також у підготовці майбутніх учителів хімії. Перспективи подальших досліджень − розширення методики на весь курс хімії 7–11 класів і дослідження впливу цифрових засобів (3D-симулятори, доповнена реальність) на розвиток образного мислення учнів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Арнхейм Р. Мистецтво та візуальне сприйняття / пер. з англ. В. Личковах. Київ : Університетська книга, 2019. 392 с.

2. Байченко О. В. Методика використання аналогій у навчанні хімії у старшій школі : дис. … канд. пед. наук : 13.00.02. Київ, 2019. 198 с.

3. Буринська Н. М., Величко Л. П. Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. Київ : Пед. думка, 2022. 208 с.

4. Величко Л. П. Компетентнісний підхід до навчання хімії в основній школі. *Проблеми сучасного підручника.* 2021. Вип. 27. С. 35–45.

5. Вернер Г. Н. Ментальні карти як засіб розвитку мислення учнів на уроках природничих дисциплін. *Педагогіка і психологія.* 2020. № 3. С. 56–62.

6. Виготський Л. С. Мислення і мова / пер. з рос. Т. Котович. Київ : Основи, 2019. 352 с.

7. Гончаренко С. У. Педагогічні дослідження: методологічні поради молодим науковцям. 2-ге вид. Київ–Вінниця : Планер, 2022. 308 с.

8. Григорович О. В. Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. Харків: Ранок, 2022. 208 с.

9. Гриневич Л. М., Елькін О. Л. та ін. Нова українська школа : порадник для вчителя. Київ : Літера ЛТД, 2020. 206 с.

10. Давидов В. В. Теорія розвивального навчання / пер. з рос. В. Андрієвська. Київ : Педагогічна думка, 2020. 422 с.

11. Державний стандарт базової середньої освіти : затверджено постановою КМУ від 30.09.2020 р. № 898. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-п.

12. Єресько Д. П. Системний підхід до формування хімічних понять в учнів основної школи. *Педагогічні науки.* 2021. Вип. 95. С. 140–148.

13. Завадська Т. М. Технологія навчання з використанням опорних схем-конспектів на уроках хімії. *Хімія.* 2022. № 6. С. 22–28.

14. Закон України «Про освіту» від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19.

15. Закон України «Про повну загальну середню освіту» від 16.01.2020 р. № 463-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/463-20.

16. Корнієнко М. М. Розвиток понятійного мислення учнів у процесі навчання хімії. *Хімія : проблеми викладання.* 2021. № 12. С. 3–9.

17. Костюк Г. С. Навчально-виховний процес і психічний розвиток особистості / за ред. Л. М. Проколієнко. Київ : Рад. шк., 2019 (репринт). 608 с.

18. Леонтьєв О. М. Діяльність. Свідомість. Особистість / Київ : Смолоскип, 2021. 298 с.

19. Макєєв С. О., Грановська Т. Я., Сидоренко О. В. Формування природничо-наукової компетентності засобами ІКТ на уроках хімії у старшій школі. *Наукові записки ВДПУ імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук.* 2023. № 4. С. 34–41.

20. Максименко С. Д. Загальна психологія : підручник. 4-те вид. Київ : КММ, 2020. 296 с.

21. Марченко А. В. Формування понятійного апарату учнів основної школи на уроках хімії. *Хімія : проблеми викладання.* 2020. № 8. С. 12–18.

22. Мойсеюк Н. Є. Педагогіка : навч. посіб. 6-те вид. Київ : Кондор, 2021. 664 с.

23. Моляко В. О. Психологія творчого сприймання. Київ : Педагогічна думка, 2022. 280 с.

24. Навчальна програма з хімії для 7–9 класів загальноосвітніх навчальних закладів : затверджено наказом МОН України від 07.06.2017 р. № 804 (зі змінами 2021 р.). URL: https://mon.gov.ua.

25. Нова українська школа: концептуальні засади реформування середньої школи / упоряд. Л. Гриневич та ін. Київ : МОН України, 2022. 40 с.

26. Одинцова Н. І. Розвиток образного мислення учнів у процесі вивчення природничих дисциплін. *Педагогіка і психологія.* 2020. № 2. С. 78–85.

27. Пасічник І. Д., Каламаж Р. В. Психологія мислення : навч. посіб. 2-ге вид. Острог : Вид-во НаУОА, 2021. 246 с.

28. Пометун О. І., Пироженко Л. В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання : наук.-метод. посіб. Київ : А.С.К., 2019. 192 с.

29. Попель П. П., Крикля Л. С. *Хімія* : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. Київ : ВЦ «Академія», 2022. 208 с.

30. Савченко О. Я. Дидактика початкової освіти : підручник. 2-ге вид. Київ : Грамота, 2021. 504 с.

31. Савчин М. М. Хімія : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. Тернопіль : Богдан, 2022. 192 с.

32. Смульсон М. Л. Психологія розвитку інтелекту в ранній юності. 2-ге вид. Київ : Нора-Друк, 2021. 298 с.

33. Стрижак Д. О., Шиян Н. І., Стрижак С. О. Формування дослідницької компетентності учнів при вивченні хімії. *Наукові записки ВДПУ імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук.* 2023. № 4. С. 18–26.

34. Трофімов О. С. Технологія розвитку критичного мислення учнів на уроках природничих дисциплін. *Нова педагогічна думка.* 2022. № 1. С. 45–50.

35. Фіцула М. М. *Педагогіка* : навч. посіб. 4-те вид. Київ : Академвидав, 2020. 560 с.

36. Хімічна освіта в Україні: виклики та перспективи : колект. монографія / за ред. Н. М. Буринської. Київ : Педагогічна думка, 2021. 198 с.

37. Цимбалюк О. М. Психологія мислення : навч. посіб. Київ : ВД «Професіонал», 2020. 192 с.

38. Чертков І. М. Методика формування хімічних понять у шкільному курсі хімії. 2-ге вид. Київ : Освіта, 2019. 136 с.

39. Шишкіна М. П. Цифрові інструменти підтримки навчання природничих дисциплін у закладах загальної середньої освіти. *Інформаційні технології в освіті.* 2022. № 2 (51). С. 75–88.

40. Якиманська І. С. Розвиток просторового мислення школярів. Київ : Шкільний світ, 2020. 224 с.

41. Ярошенко О. Г. Педагогіка хімії: теоретичні засади та методична практика. Київ : Педагогічна думка, 2023. 312 с.

42. Ярошенко О. Г. *Хімія* : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. Київ : Грамота, 2022. 208 с.

43. Arnheim R. Visual Thinking. 2nd ed. Berkeley : University of California Press, 2019. 345 p.

44. De Jong O., Taber K. S. The Many Faces of High School Chemistry. *International Handbook of Science Education.* 2020. P. 457–480.

45. Hadenfeldt J. C., Liu X., Neumann K. Framing Students' Progression in Understanding Matter: A Review of the Literature. *Studies in Science Education.* 2021. Vol. 50, № 2. P. 181–208.

46. Harrison A. G., Treagust D. F. Teaching and Learning with Analogies in School Science. *Metaphor and Analogy in Science Education.* 2022. P. 11–24.

47. Johnstone A. H. Chemical Education Research in Glasgow in Perspective. *Chemistry Education Research and Practice.* 2021. Vol. 7, № 2. P. 49–63.

48. Novak J. D. *Learning, Creating, and Using Knowledge.* 3rd ed. New York : Routledge, 2023. 280 p.

49. Taber K. S. Constructivism as Educational Theory: Contingency in Learning, and Optimally Guided Instruction. *Educational Theory.* 2021. Vol. 21, № 4. P. 39–61.

50. Wu H. K., Shah P. Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education.* 2022. Vol. 88, № 3. P. 465–492.

ДОДАТКИ

Додаток А

Конспекти уроків хімії 9 класу за моделлю взаємозв'язку видів мислення

Урок № 1

Тема: Електролітична дисоціація. Поняття про електроліти і неелектроліти

Мета уроку: сформувати поняття «електролітична дисоціація» на основі взаємозв'язку образного (анімація, «замальовка уявлення») та понятійного (суттєві ознаки, визначення) мислення учнів; розвивати здатність будувати динамічний образ мікропроцесу на основі спостереження; виховувати науковий підхід до пояснення явищ.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: комп'ютер з проєктором, анімація «Дисоціація NaCl у воді», картки для «замальовки уявлення», розчини NaCl, дистильована вода, прилад для визначення електропровідності.

Структура уроку:

І. Образна мотивація (5 хв.)

Учитель демонструє дослід: у дві склянки занурюють електроди. В одній – розчин NaCl, в іншій – дистильована вода. Лампочка світиться лише в першій склянці. Учні фіксують спостереження. Запитання-провокація: «Що є у розчині солі такого, чого немає в дистильованій воді? Що саме проводить струм?» Учні висловлюють початкові гіпотези, які фіксуються на дошці без оцінювання.

ІІ. Первинне формування образу (7 хв.)

Крок 1. «Замальовка уявлення» (2 хв.): учні отримують картки і малюють, як вони уявляють те, що відбувається з кристалом NaCl, коли він потрапляє у воду. Картки не здаються – учні залишають їх собі.

Крок 2. Перегляд анімації (3 хв.): демонструється покрокова комп'ютерна анімація – кристал NaCl занурюється у воду; дипольні молекули H_2O орієнтуються навколо поверхневих іонів; іонний зв'язок між Na^+ і Cl^- послаблюється; іони переходять у розчин, оточені водними «оболонками» (гідратна оболонка). Учні спостерігають мовчки.

Крок 3. Колективний опис (2 хв.): учитель запитує: «Опишіть, що ви побачили, своїми словами – без хімічних термінів». Учні: «кристал розсипався», «частинки розійшлися у воді», «вода їх схопила з усіх боків». Відповіді фіксуються на дошці.

III. Формування поняття (10 хв.)

Евристична бесіда з опорою на анімацію: «Які саме частинки утворилися? (іони) Чи зберегли вони електричний заряд? Що означає «позитивний іон Na^+»? Чому саме ці частинки проводять електричний струм? Чи всі речовини розпадаються на іони?»

Учитель поступово підводить до формулювання: «Електролітична дисоціація – це процес розпаду електроліту на іони під дією полярного розчинника або при розплавленні». Ознаки поняття фіксуються у зошиті у вигляді схеми: Електроліт → (H_2O) → іони (катіони + аніони).

IV. Практичне закріплення образу (10 хв.)

Учні будують «Динамічну схему» дисоціації HCl (сильна кислота) у чотири кроки: 1) молекула HCl; 2) наближення молекул H_2O; 3) розрив зв'язку H–Cl; 4) гідратовані іони H^+ і Cl^- у розчині. Потім – дисоціація CH_3COOH (слабка кислота): аналогічна схема, але зі стрілкою оборотності та рівноважним станом.

Порівняння двох схем підводить до поняття «ступінь дисоціації» як кількісної характеристики повноти процесу.

V. Рефлексія (8 хв.)

Учні повертаються до своїх «замальовок уявлення» і відповідають на картці: «Що у моєму малюнку виявилося правильним? Що потрібно виправити?» Потім – «Лист мислення»: 1) Який образ найкраще передає суть дисоціації? 2) Що залишилося незрозумілим? 3) Яку аналогію ти б придумав для пояснення дисоціації молодшому школяреві?

Урок № 2

Тема: Окисно-відновні реакції. Поняття про окисник і відновник

Мета уроку: сформувати поняття «окисно-відновна реакція», «окисник», «відновник», «процес окиснення», «процес відновлення» на основі динамічного образу переміщення електронів між атомами; розвивати здатність поєднувати символічний запис ОВР з образним уявленням про електронне перенесення.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань.

Обладнання: картки-завдання, маркери різних кольорів (для позначення «електронів»), дошка, моделі атомів (схематичні), комп’ютерна презентація.

Структура уроку:

I. Образна мотивація (5 хв.)

Учитель демонструє фотографії: іржавий цвях (окиснення заліза), горіння свічки, відновлення міді з CuO воднем. «Що об’єднує всі ці процеси? Що відбувається з речовинами на рівні атомів?» Учні висловлюють припущення.

II. Первинне формування образу (7 хв.)

Рольова гра «Передача електрона»: три учні виходять до дошки. Учень А має «електрони» (жетони); учень Б – «приймач». Учень А передає жетон учню Б. Учитель фіксує: «Учень А втратив електрон – він окиснився. Учень

Б отримав електрон – він відновився». Клас спостерігає і коментує. Потім процес зображується схематично на дошці.

III. Формування поняття (10 хв.)

На основі рольової гри і схеми формулюються визначення: «Окиснення – це процес віддавання електронів атомом (ступінь окиснення підвищується)»; «Відновлення – це процес приєднання електронів атомом (ступінь окиснення знижується)»; «Окисник – речовина, що приймає електрони (сама відновлюється)»; «Відновник – речовина, що віддає електрони (сама окиснюється)». Мнемонічний прийом для запам'ятовування: «ОВ – Окисник Відновлюється, ВО – Відновник Окиснюється».

IV. Практичне закріплення образу (10 хв.)

Учні будують «Ментальну карту ОВР» (Додаток В, Рис. В.2): у центрі – «Окисно-відновна реакція», гілки: «окисник» (стрілка «приймає e^-», «ступінь окиснення ↓», «приклади»), «відновник» (стрілка «віддає e^-», «ступінь окиснення ↑», «приклади»), «метод електронного балансу», «значення ОВР». Учні будують карту індивідуально, потім порівнюють у парах.

V. Рефлексія (8 хв.)

«Лист мислення»: 1) Намалюй образ передачі електрона у реакції $Zn + CuSO_4$. 2) Хто окисник, хто відновник? Поясни через образ. 3) Яка аналогія з повсякденного життя найкраще передає суть ОВР?

Урок № 3

Тема: Геометрія молекул. Просторова будова молекул води, амоніаку, метану

Мета уроку: сформувати поняття «геометрія молекули», «кут зв'язку», «форма молекули» на основі практичного молекулярного конструювання і методу VSEPR; розвивати просторове мислення учнів.

Тип уроку: урок засвоєння нових знань з елементами практичної роботи.

Обладнання: кулестержневі конструктори молекул (по одному на пару), картки-завдання «Прогноз → модель → перевірка», таблиця електронегативностей.

Структура уроку:

I. Образна мотивація (5 хв.)

Учитель демонструє 3D-моделі молекул H_2O, NH_3, CO_2, CH_4 (або відповідні слайди). «Погляньте на ці молекули – вони всі різної форми, хоча атоми з'єднані схожим чином. Чому форма відрізняється? Сьогодні ви самі відкриєте закономірність».

II. Прогноз + конструювання (17 хв.)

Кожна пара отримує картку «Прогноз → модель → перевірка» (Додаток Д, картка № 1). Для кожної з чотирьох молекул учні: 1) записують кількість зв'язуючих і незв'язуючих електронних пар; 2) малюють свій прогноз форми молекули; 3) будують кулестержневу модель; 4) порівнюють модель із прогнозом і записують висновок. Учитель консультує пари, не даючи готових відповідей.

III. Формування поняття і обговорення (8 хв.)

Учні представляють свої моделі. Колективно формулюється правило VSEPR: «Електронні пари відштовхуються і займають положення, максимально віддалені одна від одної». Учні «бачать» закономірність через свої моделі: CH_4 – тетраедр (4 зв'язуючі пари), NH_3 – тригональна піраміда (3 зв'язуючі + 1 незв'язуюча), H_2O – кутова (2 зв'язуючі + 2 незв'язуючі).

IV. Рефлексія (5 хв.)

«Перевір свій образ»: учні порівнюють початковий прогноз з побудованою моделлю. «Лист мислення»: «Яка молекула виявилася найбільш несподіваною за формою? Чому?»

Додаток Б

Зразки завдань «Замальовка уявлення» та інструкція до їх застосування

Інструкція для вчителя:

«Замальовка уявлення» виконується учнями на початку вивчення нового поняття або теми – до будь-якого пояснення з боку вчителя. Учень отримує картку з одним запитанням і має 2–3 хвилини, щоб намалювати свою відповідь у вигляді схеми, малюнка або символічного зображення. Слова дозволяються лише як підписи до малюнка. Учні зберігають картки до кінця теми, після чого порівнюють початковий малюнок з тим, що вони знають тепер.

Картка Б.1 – Тема «Будова молекули води»:

Запитання: «Намалюй, як ти уявляєш молекулу води. Де розташовані атоми? Яка форма молекули?»

Очікувані первинні образи учнів (типові варіанти до пояснення):

– лінійна будова H–O–H (найпоширеніша хибна уява);

– трикутник (частково правильно – три атоми, але кут невірний);

– три кульки однакового розміру (не враховується різниця атомів);

– молекула у вигляді краплі або кулі (побутовий образ «крапля води»).

Після вивчення теми учень виправляє малюнок: кутова форма, кут H–O–H ≈ 104,5°, Оксиген більший за Гідроген, позначення δ^- і δ^+.

Картка Б.2 – Тема «Електролітична дисоціація»:

Запитання: «Намалюй, що, на твою думку, відбувається з кристалом кухонної солі NaCl, коли його кидають у склянку з водою»

Типові первинні образи:

– кристал «розчиняється» і зникає (хибне побутове уявлення);

– кристал розпадається на дрібні шматочки NaCl (механічне дроблення);

– молекули NaCl рівномірно розходяться у воді (без урахування іонного характеру);

– поодинокі спроби намалювати іони Na^+ і Cl^- (у тих, хто читав матеріал заздалегідь).

Після вивчення: іони Na^+ і Cl^- у водному середовищі, оточені дипольними молекулами H_2O (гідратні оболонки).

Картка Б.3 – Тема «Окисно-відновні реакції»:

Запитання: «Намалюй, що відбувається з атомами, коли залізо іржавіє (реагує з киснем)»

Типові первинні образи:

– залізо «вкривається» шаром іржі (макроскопічний образ без атомного рівня);

– атоми заліза і кисню зближуються і «склеюються»;

– спроби зобразити «передачу» чогось між атомами.

Після вивчення: атом Fe віддає 2 або 3 електрони атому O, позначення ступенів окиснення, схема електронного балансу.

Картка Б.4 – Тема «Геометрія молекул»:

Запитання: «Намалюй просторову форму молекули CH_4 (метан), якщо знаєш, що атом Карбону утворює 4 ковалентні зв’язки з атомами Гідрогену»

Типові первинні образи:

– плоска хрестоподібна або зіркоподібна фігура;

– квадрат із атомом C у центрі;

– лінійна структура H–C–H–H–H.

Після вивчення: тетраедрична будова, кут H–C–H ≈ 109,5°, тривимірне зображення.

Додаток В

Зразки динамічних схем і ментальних карт учнів

Рис. В.1. Динамічна схема реакції іонного обміну між $CaCl_2$ і Na_2CO_3

Опис схеми (подається текстовою версією; графічні зображення виконуються учнями під час уроку):

Кадр 1 – Вихідні речовини у вигляді молекул:

$CaCl_2$ (молекула) + Na_2CO_3 (молекула) → дві окремі молекули у розчині

Кадр 2 – Дисоціація (розпад на іони):

Ca^{2+} + $2Cl^-$ + $2Na^+$ + CO_3^{2-} → усі чотири типи іонів рівномірно розподілені у розчині

Кадр 3 – Взаємодія іонів:

Іони Ca^{2+} і CO_3^{2-} зближуються (електростатичне притягання між різнойменними зарядами – «плюс тягнеться до мінуса»). Іони Na^+ і Cl^- залишаються вільними у розчині.

Кадр 4 – Утворення продукту:

Ca^{2+} + CO_3^{2-} → $CaCO_3\downarrow$ (осад – нерозчинна сполука випадає в осад). У розчині залишаються Na^+ і Cl^- – «спектаторні іони», що не беруть участі в реакції.

Повне іонне рівняння: Ca^{2+} + $2Cl^-$ + $2Na^+$ + CO_3^{2-} → $CaCO_3\downarrow$ + $2Na^+$ + $2Cl^-$

Скорочене іонне рівняння: Ca^{2+} + CO_3^{2-} → $CaCO_3\downarrow$

Методична примітка: учні будують схему поетапно – після пояснення кожного кадру. Стрілки між кадрами позначають зміну стану системи у часі. Кольорові позначення: червоний – катіони, синій – аніони, зелений – осад.

Рис. В.2. Структура ментальної карти «Окисно-відновні реакції»

Центральний вузол: ОКИСНО-ВІДНОВНА РЕАКЦІЯ

Гілка 1 – ОКИСНИК:

– приймає електрони від відновника

– ступінь окиснення знижується

– сам відновлюється

– приклади: O_2, Cl_2, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, HNO_3(конц.)

Гілка 2 – ВІДНОВНИК:

– віддає електрони окиснику

– ступінь окиснення підвищується

– сам окиснюється

– приклади: метали (Zn, Fe, Al), H_2, C, CO, H_2S

Гілка 3 – МЕТОД ЕЛЕКТРОННОГО БАЛАНСУ:

– визначити ступені окиснення всіх атомів

– записати схему зміни ступенів окиснення

– знайти найменше спільне кратне

– розставити коефіцієнти

Гілка 4 – ЗНАЧЕННЯ ОВР:

– горіння і окиснення в природі

– корозія металів

– фотосинтез і дихання

– гальванічні елементи і акумулятори

– металургія (відновлення металів з руд)

Гілка 5 – ОБРАЗНА АНАЛОГІЯ:

– ОВР = «передача естафети»: відновник передає електрон окиснику, як спортсмен передає естафетну паличку

– Мнемоніка: ОВ–ВО (Окисник Відновлюється – Відновник Окиснюється)

Методична примітка: учні будують карту самостійно після вивчення теми, потім порівнюють у парах. Вчитель перевіряє правильність понятійних зв’язків, але не стандартизує образотворче оформлення – різноманітність образних вирішень є нормою і цінністю.

Додаток Г

Система навчальних аналогій для ключових понять хімії 9 класу

Загальна інструкція для вчителя:

При введенні кожної аналогії обов'язковим є триетапний алгоритм: 1) презентація образу-аналогу (учні «бачать» знайомий образ); 2) перенесення образу на хімічний об'єкт (встановлення аналогії); 3) обговорення меж аналогії (у чому аналогія правильна, у чому хибна). Пропуск третього етапу є методичною помилкою, що може призвести до закріплення спрощених або хибних уявлень.

Картка аналогії № 1

Поняття: Ковалентний зв'язок

Аналогія: «Спільна скарбничка»

Образ-аналог: двоє учнів, у кожного по одній монеті. Кожному окремо не вистачає на бажану покупку – але якщо вони разом вкладуть монети у спільну скарбничку і зроблять спільну покупку, обидва задоволені.

Хімічний зміст: два атоми, у кожного по одному непарному електрону. Окремо кожен атом має незавершену електронну оболонку. Об'єднавши по одному електрону у спільну електронну пару, обидва атоми набувають більш стабільної (завершеної) конфігурації.

Межі аналогії:

– монети – дискретні і неподільні, електрони – квантові об'єкти з хвильовими властивостями;
– монети зберігаються у скарбничці, спільна електронна пара – між ядрами атомів;
– «купівля» – це метафора хімічної стабільності, а не реального фізичного процесу.

Картка аналогії № 2

Поняття: Полярний ковалентний зв'язок

Аналогія: «Перетягування канату»

Образ-аналог: двоє гравців тягнуть канат у різні боки. Якщо один з них сильніший, мотузка зміщується у його бік.

Хімічний зміст: два атоми з різною електронегативністю «тягнуть» спільну електронну пару кожен до себе. Більш електронегативний атом «перетягує» пару ближче до себе, набуваючи часткового від'ємного заряду δ^-. Менш електронегативний набуває δ^+. Приклад: у молекулі HCl $\chi(Cl) = 3,16 > \chi(H) = 2,20$, тому пара зміщена до Хлору.

Межі аналогії:

– «сила» гравця – це метафора електронегативності, яка є квантово-механічною характеристикою атома;

– мотузка – суцільний об'єкт, електронна пара – квантова система;

– «перетягування» є динамічним процесом, зміщення електронної густини – статичною характеристикою молекули.

Картка аналогії № 3

Поняття: Іонна кристалічна ґратка

Аналогія: «Тривимірна цегляна кладка»

Образ-аналог: цегляна стіна, де цеглини двох різних кольорів чергуються у правильному порядку – жодні дві однакові цеглини не стикаються безпосередньо.

Хімічний зміст: у кристалі NaCl іони Na^+ і Cl^- чергуються у всіх трьох вимірах – жоден іон Na^+ не знаходиться поруч з іншим Na^+, і жоден Cl^- – поруч з іншим Cl^-. Кожен іон оточений шістьма іонами протилежного знаку (координаційне число = 6). Це «тривимірна цегляна кладка».

Межі аналогії:

– цеглини тримаються завдяки цементу (механічний зв'язок), іони – завдяки електростатичному притяганню (хімічний зв'язок);

– цегляна стіна є плоскою (2D), кристалічна ґратка – просторовою (3D);

– цеглини – однакові за розміром, тоді як іони Na^+ і Cl^- мають різні іонні радіуси.

Картка аналогії № 4

Поняття: Електролітична дисоціація

Аналогія: «Натовп у вузькому коридорі»

Образ-аналог: щільний натовп людей, які стоять у коридорі, раптово потрапляє у великий просторий зал. Люди розходяться у різні боки і більше не утримуються поруч.

Хімічний зміст: у кристалі іони щільно притиснуті один до одного. Потрапляючи у воду («просторий зал»), вони «отримують простір» – молекули води взаємодіють з ними, послаблюють міжіонні сили притягання, і іони «розходяться» у розчині.

Межі аналогії:

– люди розходяться самостійно і хаотично, тоді як дисоціація є результатом взаємодії з молекулами розчинника;
– люди зберігають свою ідентичність, іони – також (зберігають заряд), але їхня «поведінка» у розчині інша, ніж у кристалі.

Картка аналогії № 5

Поняття: Окисно-відновна реакція

Аналогія: «Передача естафети»

Образ-аналог: бігун передає естафетну паличку наступному учаснику команди. Той, хто передав – «завершив свій етап» (окиснився). Той, хто прийняв – «починає свій» (відновився).

Хімічний зміст: відновник «передає» електрон(и) окиснику. Відновник, втрачаючи електрони, підвищує ступінь окиснення (окиснюється). Окисник, отримуючи електрони, знижує ступінь окиснення (відновлюється).

Мнемонічне правило: ОВ–ВО: Окисник – Відновлюється, Відновник – Окиснюється.

Межі аналогії:

– естафета – лінійний процес між двома учасниками, ОВР може включати кілька різних учасників;

– паличка – матеріальний об’єкт, електрон – квантова частинка з хвильовими властивостями.

Додаток Д

Картки практичних завдань «Прогноз → модель → перевірка»

Картка практичного завдання № 1

Тема: Просторова будова молекул H_2O, NH_3, CO_2, CH_4

Мета: розвинути просторово-образне мислення через самостійне прогнозування і конструювання молекулярних моделей.

Обладнання: кулестержневий конструктор, олівці різних кольорів.

Інструкція:

Для кожної молекули виконай три кроки: 1) намалюй свій прогноз просторової форми молекули (без підручника); 2) збудуй модель з конструктора; 3) порівняй модель з прогнозом і запиши висновок.

Молекула	**Кількість зв'язуючих пар**	**Кількість незв'язуючих пар**	**Мій прогноз форми (малюнок)**	**Реальна форма (після моделі)**
H_2O	2	2		кутова, кут ≈ 104,5°
NH_3	3	1		тригональна піраміда
CO_2	4 (2 подвійні)	0		лінійна, кут 180°
CH_4	4	0		тетраедрична, кут ≈ 109,5°

Питання для рефлексії після завдання:

1. Яка молекула виявилася найбільш несподіваною за формою? Чому твій прогноз не збігся з реальністю?
2. Як незв'язуючі електронні пари впливають на форму молекули?
3. Намалюй тривимірне зображення молекули CH_4 з позначенням кутів зв'язку.

Картка практичного завдання № 2

Тема: Будова молекул органічних сполук. Ізомери.

Завдання: збудуй з конструктора всі можливі ізомери пентану C_5H_{12}. Для кожного ізомеру: намалюй структурну формулу; побудуй просторову модель; вкажи назву за систематичною номенклатурою.

Очікувані результати: н-пентан (лінійний ланцюг), ізопентан (розгалужений, 2-метилбутан), неопентан (2,2-диметилпропан).

Питання для рефлексії: «Чи однакова просторова форма у всіх трьох ізомерів? Як ти думаєш, чи відрізняються їхні властивості?»

Картка практичного завдання № 3 – Кристалографічний практикум

Матеріали: пластилін двох кольорів (для катіонів і аніонів), зубочистки.

Завдання:

1. Збудуй фрагмент іонної кристалічної ґратки NaCl: кулі одного кольору – Na^+, іншого – Cl^-. З'єднай зубочистками кожен іон з 6 сусідніми іонів протилежного знаку.
2. Збудуй фрагмент атомної ґратки алмазу: усі кулі однакові (C), кожен атом з'єднати з 4 сусідніми під кутом ≈ 109,5°.
3. Порівняй обидві моделі: частинки у вузлах, тип частинок, тип зв'язку, передбач фізичні властивості (твердість, температура плавлення, електропровідність).

Таблиця для заповнення: (Тип ґратки / Частинки у вузлах / Тип зв'язку / Твердість / t° плавлення / Електропровідність).

Додаток Е

Зразки завдань «Лист мислення» та критерії їх оцінювання

«Лист мислення» є рефлексивним письмовим завданням, яке учні виконують наприкінці уроку або після вивчення нової теми. Час виконання – 5–7 хвилин. Завдання не оцінюється за традиційною шкалою – це інструмент саморефлексії і діагностики для вчителя.

Лист мислення № 1 – Після уроку «Електролітична дисоціація»:

Запитання 1: «Який образ найкраще допомагає тобі зрозуміти процес електролітичної дисоціації? Намалюй або опиши його словами».

(Очікувані відповіді учнів: образ «розпаду», «розходження», «оточення іонів водою», аналогія з «натовпом, що розходиться»)

Запитання 2: «Що тобі залишилося важким або незрозумілим після сьогоднішнього уроку? Що важко уявити?»

(Типові відповіді: «важко уявити, чому слабкий електроліт дисоціює лише частково», «не розумію, як виглядає гідратна оболонка», «незрозуміло, що таке рівновага»)

Запитання 3: «Яку аналогію ти б придумав для пояснення дисоціації молодшій дитині? (без хімічних термінів)»

(Приклади учнівських аналогій: «як цукерка у роті розчиняється на окремі молекули»; «як гурт друзів розходиться на вечірці – кожен зустрічає знайомих і йде в різні боки»; «як кубики Lego, з яких розбирають споруду»)

Лист мислення № 2 – Після теми «Окисно-відновні реакції»:

Запитання 1: «Намалюй схему ОВР між цинком і сульфатною кислотою ($Zn + H_2SO_4$). Позначь стрілкою, від якого атома до якого переходять електрони».

Запитання 2: «Придумай свою аналогію для ОВР – не «передача естафети», а щось нове. Поясни, у чому твоя аналогія схожа на ОВР і у чому відрізняється».

Запитання 3: «Що для тебе є найскладнішим у методі електронного балансу – і чому?»

Лист мислення № 3 – Після теми «Геометрія молекул»:

Запитання 1: «Не дивлячись у зошит, намалюй просторову форму молекул H_2O і CH_4. Позначте кути зв'язку».

Запитання 2: «Поясни своїми словами, чому молекула H_2O має кутову форму, а CO_2 – лінійну. Що «змушує» атоми займати саме таке положення?»

Запитання 3: «Якщо б ти міг «увійти всередину» молекули метану і подивитися з атома Карбону – що б ти побачив? Опиши або намалюй».

Критерії аналізу «Листів мислення» (для вчителя):

Вчитель аналізує листи мислення за такими параметрами (без виставлення балів):

1. Наявність образу: чи є у відповіді конкретний образ або аналогія (на відміну від вербального переказу визначення)?
2. Адекватність образу: наскільки образ відповідає науковому змісту поняття?
3. Зони труднощів: які аспекти теми залишилися незрозумілими або такими, що «важко уявити»? (використовується для коригування наступних уроків)
4. Оригінальність аналогій: чи запропонував учень власну, нестандартну аналогію? (свідчить про продуктивний рівень понятійного і образного мислення)

Додаток Ж

Матеріали до методики формування хімічних понять

Таблиця Ж.1. Карта образних опор курсу хімії 9 класу (фрагмент)

Поняття	Тип образної опори	Рекомендований засіб	Методична примітка
Електролітична дисоціація	Анімація + дослід	Анімація «Розчинення NaCl», прилад для визначення електропровідності	Провести дослід ДО перегляду анімації
Ступінь дисоціації	Аналогія	«Повна і неповна передача»: 100 людей у залі – скільки сіли?	Обов'язково обговорити межі аналогії
Окисно-відновні реакції	Рольова гра	Рольова гра «Передача електрона» (жетони-електрони)	Після гри – перехід до символічного запису
Геометрія молекул	Молекулярне конструювання	Кулестержневий конструктор, прийом «Прогноз → модель → перевірка»	Спочатку прогноз – без підручника
Гідроліз солей	Демонстраційний дослід	Індикаторні папірці у розчинах Na_2CO_3, NaCl, $AlCl_3$	Когнітивне здивування – рушійна сила уроку
Іонна кристалічна ґратка	Конструювання + аналогія	Пластилін, зубочистки; аналогія «тривимірна цегляна кладка»	Порівняти моделі різних типів ґраток

Завдання Ж.2. «Збагач свій образ» – тема «Полярний ковалентний зв'язок»

Крок 1 (до вивчення теми): намалюй, як ти уявляєш зв'язок між атомами Гідрогену і Хлору в молекулі HCl. Позначте атоми літерами H і Cl.

Крок 2 (після вивчення поняття «електронегативність»): повернись до малюнка. Яке значення електронегативності має Хлор? А Гідроген? Що це означає для спільної електронної пари?

Крок 3 (після вивчення «полярного зв'язку»): збагач свій малюнок. Додай:

– хмару електронної густини (еліпс між атомами, зміщений у бік Cl);

– позначення δ^- на атомі Cl і δ^+ на атомі H;

– стрілку дипольного моменту (від δ^+ до δ^-).

Крок 4: порівняй малюнок «до» і «після». Що змінилося? Що ти тепер «бачиш» у цій молекулі, чого не бачив раніше?

Рис. Ж.1. «Хімічний кінофільм» – тема «Реакція нейтралізації» (три рівні)

Кадр 1 – Макроскопічний рівень:

Дві рідини: розчин NaOH з індикатором (малиновий) і розчин HCl (безбарвний). Після змішування – знебарвлення. Учень описує: «малинова рідина знебарвилася – кислота нейтралізувала луг». Малюнок: дві склянки зі стрілкою між ними, третя склянка з позначкою «pH ≈ 7».

Кадр 2 – Субмікроскопічний рівень:

У розчині NaOH: іони Na^+, OH^-. У розчині HCl: іони H^+ і Cl^-. При змішуванні: іони H^+ і OH^- зближуються і утворюють молекули H_2O. Іони Na^+ і Cl^- залишаються у розчині як «спектаторні» – вони не беруть участі в реакції. Малюнок: схематичні кружечки з зарядами, стрілка від H^+ і OH^- до молекули H_2O.

Кадр 3 – Символічний рівень:

Молекулярне рівняння: $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

Повне іонне рівняння: $Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- \rightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$

Скорочене іонне рівняння: $OH^- + H^+ \rightarrow H_2O$

Методична примітка: кожен «кадр» учні будують самостійно на окремому аркуші паперу формату А5. Три аркуші складаються у «книжку-розкадровку». Вчитель перевіряє узгодженість усіх трьох кадрів між собою – чи відповідають зображені на кадрі 2 частинки рівнянням кадру 3.

Додаток З

Діагностичні і диференційовані завдання

Завдання З.1. «Намалюй реакцію» – тема «Реакції іонного обміну»

Інструкція: без підручника і зошита намалюй у чотирьох «кадрах», що відбувається при змішуванні розчинів $BaCl_2$ і Na_2SO_4.

Кадр 1 – що є у склянці з розчином $BaCl_2$ до змішування? (намалюй частинки)

Кадр 2 – що є у склянці з розчином Na_2SO_4 до змішування?

Кадр 3 – що відбувається в момент змішування розчинів?

Кадр 4 – що залишилося у розчині після завершення реакції?

Критерії перевірки (для вчителя):

– Кадр 1: іони Ba^{2+} і $2Cl^-$ у розчині

– Кадр 2: іони $2Na^+$ і SO_4^{2-} у розчині

– Кадр 3: зближення Ba^{2+} і SO_4^{2-}, утворення осаду $BaSO_4\downarrow$

– Кадр 4: осад $BaSO_4$, вільні іони Na^+ і Cl^- («спектаторні»)

Завдання З.2. «Турнір моделей» – тема «Геометрія молекул»

Правила: команди по 3–4 учні. Кожна команда отримує картку з формулою молекули (BF_3, PCl_3, H_2S, SF_6 або XeF_2). Завдання – збудувати модель із пластиліну і зубочисток за 10 хвилин без підручника. Потім кожна команда презентує модель і пояснює:

1. Скільки зв’язуючих і незв’язуючих електронних пар у центрального атома?
2. Яку форму займають пари, щоб відштовхування між ними було мінімальним?
3. Яка реальна форма молекули (з урахуванням лише атомів)?

Критерії оцінювання (1 бал за кожен пункт):

– правильний центральний атом і кількість атомів-замісників;

– правильне просторове розташування атомів;

– правильне пояснення форми через теорію VSEPR;

– правильно названа геометрична форма молекули.

Завдання 3.3. «Щоденник образів» – інструкція для учня

«Щоденник образів» – твій особистий зошит, у якому ти фіксуєш власні уявлення про ключові хімічні поняття. Після кожної нової теми відкривай нову сторінку і виконуй такі кроки:

1. Запиши назву поняття і дату.
2. Намалюй своє поточне уявлення про це поняття або явище (не копіюй з підручника – малюй так, як ти бачиш це в уяві).
3. Підпиши малюнок: що що позначає.
4. Запиши одне речення: «Це поняття нагадує мені... тому що...» (власна аналогія).
5. Через 2–3 тижні повернись до цієї сторінки і додай позначку: що змінилося в твоєму образі?

Приклад запису (реконструкція на основі учнівських робіт):

Дата: [дата уроку]. Поняття: Електролітична дисоціація.

Малюнок: кристал NaCl розпадається у воді на іони, кожен іон оточений молекулами H_2O.

Аналогія: «Нагадує натовп на стадіоні після матчу – кожен розходиться у свій бік, і «кристал» більше не збирається».

Завдання 3.4. Парна рефлексія – тема «Будова кристалів»

Інструкція: учні в парах. Учень А пояснює учню Б суть поняття «іонна кристалічна ґратка» виключно через образи і аналогії – слова «іон», «зв’язок», «ґратка» заборонені. Учень Б слухає і після пояснення відповідає: «Я зрозумів, що ти маєш на увазі... Але мені незрозуміло...». Потім учні

міняються ролями. Після парної роботи – загальне обговорення: «Які образи виявилися найбільш вдалими у вашій парі?»

Картка 3.5. Діагностична карта стилю мислення учня

Частина А – Образне мислення:

1. Намалюй молекулу аміаку NH_3 у просторі. Познач кути між зв'язками.
2. Уяви погляд на молекулу метану зверху (з боку одного атома Н). Що ти бачиш? Намалюй.
3. Без підручника намалюй фрагмент іонної кристалічної ґратки NaCl у 3D.
4. Придумай власну аналогію для поняття «електронегативність».
5. Намалюй «до» і «після» реакції нейтралізації на рівні іонів.

Частина Б – Понятійне мислення:

1. Сформулюй визначення поняття «електроліт» без зошита.
2. Встанови причинно-наслідковий зв'язок: «Чому розчини кислот проводять електричний струм?»
3. Побудуй умовивід: «Якщо речовина є сильним окисником, то...»
4. Класифікуй реакції: $Fe + CuSO_4$, $NaOH + HCl$, $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$, $Na + H_2O$ – за чотирма ознаками.
5. Поясни зв'язок між положенням елемента в таблиці Менделєєва і його властивостями як окисника або відновника.

Інтерпретація результатів:

– 4–5 балів у частині А, 0–2 у частині Б → переважно образний стиль → рекомендуються завдання лівого стовпця таблиці 2.4;

– 0–2 у частині А, 4–5 у частині Б → переважно понятійний стиль → рекомендуються завдання правого стовпця таблиці 2.4;

– 3–4 бали в обох частинах → збалансований стиль → інтегровані завдання.

Додаток И

Діагностичний інструментарій констатувального зрізу

Частина 1. Письмова діагностична робота (16 завдань, максимум 32 бали)

Клас: _____ Варіант: 1 Прізвище, ім'я: _____Дата: _____

Блок А. Завдання на відтворення і розпізнавання (завдання 1–5, по 2 бали)

1. Виберіть правильне визначення електроліту:
   А) речовина, що розчиняється у воді;
   Б) речовина, розчин або розплав якої проводить електричний струм;
   В) речовина, що реагує з водою;
   Г) речовина, яка змінює колір індикатора.

2. Укажіть ступінь окиснення Сульфуру у сполуці H_2SO_4:
   А) –2; Б) +4; В) +6; Г) –6.

3. Яка із зазначених речовин є слабким електролітом?
   А) NaCl; Б) HCl; В) CH_3COOH; Г) KOH.

4. Укажіть тип кристалічної ґратки алмазу:
   А) іонна; Б) молекулярна; В) атомна; Г) металічна.

5. Яку просторову форму має молекула CO_2?
   А) кутову; Б) лінійну; В) тетраедричну; Г) тригональну пірамідальну.

Блок Б. Завдання на застосування у стандартних ситуаціях (завдання 6–10, по 2 бали)

6. Складіть рівняння електролітичної дисоціації сульфатної кислоти H_2SO_4 і позначте іони.

7. Визначте ступені окиснення всіх елементів у реакції:

   $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$

   Вкажіть окисник і відновник.

8. Допишіть скорочене іонне рівняння реакції між розчинами $AgNO_3$ і NaCl:

   $Ag^+ + Cl^- \rightarrow$ ___

   Дайте назву продукту реакції.

9. Яку форму має молекула NH_3? Скільки зв’язуючих і незв’язуючих електронних пар має атом Нітрогену у цій молекулі?

10. Порівняйте температури плавлення NaCl і I_2. Яка речовина плавиться легше? Поясніть через тип кристалічної ґратки.

Блок В. Завдання на творче застосування і образний компонент (завдання 11–16, по 2 бали)

11. Поясни своїми словами (не визначенням!), чому розчин кухонної солі NaCl проводить електричний струм, а розчин цукру $C_{12}H_{22}O_{11}$ – не проводить. Що відрізняє ці два розчини на рівні частинок?

12. Склади схему електронного балансу і розстав коефіцієнти у рівнянні:

$$Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe + CO_2$$

Вкажи, яка речовина є окисником, яка – відновником.

13. Чому молекула H_2O має кутову форму, а CO_2 – лінійну, хоча обидві молекули містять подвійні зв’язки? Поясни через кількість незв’язуючих електронних пар.

14. Нестандартна задача: у розчині містяться іони K^+, Ca^{2+}, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}. Які реакції між іонами відбудуться? Запишіть скорочені іонні рівняння.

15. Речовина X має іонну кристалічну ґратку, добре розчиняється у воді, її розчин проводить електричний струм і має лужне середовище. Запропонуй дві можливі формули речовини X і обґрунтуй свій вибір.

16. Придумай власну аналогію для поняття «ступінь окиснення». Поясни: у чому твоя аналогія схожа на реальне поняття, а у чому відрізняється?

Частина 2. «Замальовка уявлення» (4 картки, по 2 бали, максимум 8 балів)

Інструкція: без підручника і зошита намалюй свою відповідь у вигляді схеми або малюнка. Слова – лише як підписи.

Картка И.1:

«Намалюй, що відбувається з кристалом NaCl, коли його кидають у склянку з водою. Зобрази процес на рівні частинок – поетапно».

Критерії оцінювання:

– 0 балів – хибний образ («кристал зникає», суцільна маса у воді) або малюнок відсутній;
– 1 бал – спрощений образ (іони у воді без гідратних оболонок, без динаміки);
– 2 бали – деталізований образ (іони Na^+ і Cl^- у гідратних оболонках з молекул H_2O, позначена динаміка руху).

Картка И.2:

«Намалюй молекулу NH_3 у просторі. Покажи усі атоми і форму молекули. Познач кути між зв'язками».

Критерії оцінювання:

– 0 балів – плоский рівносторонній трикутник або лінійна формула;
– 1 бал – тригональна піраміда без зазначення незв'язуючої пари або кутів;
– 2 бали – тригональна пірамідальна форма, позначена незв'язуюча пара, кут H–N–H ≈ 107°.

Картка И.3:

«Зобрази реакцію між атомами Zn і Cu^{2+} на рівні електронів. Покажи стрілкою, від якого атома до якого переходять електрони».

Критерії оцінювання:

– 0 балів – лише рівняння реакції без образу або хибний напрям переходу;
– 1 бал – стрілка від Zn до Cu, але без позначення зміни зарядів або ступенів окиснення;
– 2 бали – стрілка від Zn до Cu^{2+}, позначені $Zn^0 \rightarrow Zn^{2+}$ і $Cu^{2+} \rightarrow Cu^0$, підписані «окиснення» і «відновлення».

Картка И.4:

«Намалюй фрагмент іонної кристалічної ґратки NaCl у трьох вимірах. Покажи, скільки іонів одного знаку оточує кожен іон протилежного знаку».

Критерії оцінювання:

– 0 балів – плоска «шахова дошка» або відсутній малюнок;

– 1 бал – спроба тривимірного зображення, але без координаційного числа або з помилками;

– 2 бали – тривимірний фрагмент ґратки, кожен іон оточений 6 іонами протилежного знаку, підписано координаційне число.

Частина 3. Анкета для учнів (12 запитань)

Інструкція: відповідай щиро – ця анкета не впливає на оцінку. Обведи варіант або запиши коротку відповідь.

Блок І. Ставлення до хімії та самооцінка розуміння:

1. Наскільки тобі цікаво вивчати хімію?

А) дуже цікаво; Б) скоріше цікаво; В) байдуже; Г) скоріше нецікаво; Д) зовсім нецікаво.

2. Як ти вивчаєш хімічні поняття (визначення, закони)?

А) намагаюся зрозуміти суть; Б) скоріше розумію, ніж запам'ятовую;

В) запам'ятовую і розумію однаковою мірою; Г) скоріше запам'ятовую, ніж розумію;

Д) просто запам'ятовую, не намагаючись зрозуміти.

3. Чи можеш ти уявити, що відбувається з атомами і молекулами під час хімічної реакції?

А) так, добре уявляю; Б) скоріше так; В) частково; Г) важко уявити; Д) зовсім не можу уявити.

4. Яке хімічне явище або процес ти можеш найкраще «побачити» у своїй уяві? Опиши коротко:

_____

Блок ІІ. Образні уявлення про конкретні поняття:

5. Коли ти думаєш про «молекулу», який образ виникає в уяві?

А) кулька або набір кульок; Б) формула (наприклад, H_2O); В) конкретна просторова модель;

Г) щось невизначене, важко описати; Д) нічого конкретного.

6. Коли ти думаєш про «хімічну реакцію», що ти уявляєш?

А) зовнішні ознаки (зміна кольору, газ, осад); Б) переміщення атомів і молекул;

В) рівняння реакції; Г) і зовнішні ознаки, і рух частинок одночасно; Д) важко сказати.

7. Яка аналогія, на твою думку, найкраще описує ковалентний хімічний зв’язок?

Запиши свій варіант: _____

8. Уяви, що тебе попросили пояснити «електролітичну дисоціацію» учневі 6-го класу без хімічних термінів. Як би ти це зробив?

Запиши коротко: _____

Блок III. Методи навчання і труднощі:

9. Що допомагає тобі найкраще зрозуміти нове хімічне поняття?

А) пояснення вчителя словами; Б) схеми і малюнки на дошці; В) демонстраційний дослід;

Г) анімація або відео; Д) самостійна робота з моделями; Е) розв’язання задач.

10. Які теми хімії 8 класу залишилися для тебе найбільш незрозумілими?

Запиши: _____

11. Як ти думаєш, чи важливо «бачити» хімічні явища в уяві (уявляти атоми, молекули), чи достатньо знати формули і правила?

А) дуже важливо «бачити»; Б) скоріше важливо; В) однаково важливо і те, і інше;

Г) достатньо знати формули; Д) зовсім не важливо.

12. Якби ти міг змінити щось у тому, як тебе навчають хімії, що б це було?

Запиши: _____

Частина 4. Запитання для усної бесіди з вибіркою учнів (5 запитань)

Проводиться індивідуально з кожним учнем із вибірки (по 5 осіб від КГ і ЕГ). Час – 7–10 хвилин. Відповіді записуються дослівно.

1. Поясни мені, що таке «електролітична дисоціація», так, ніби я ніколи не чув цього поняття. (уточнення: А що при цьому відбувається з частинками?)
2. Якби ти міг «побачити» атоми – що б ти побачив, коли залізо реагує з сульфатом міді? Що відбувається між частинками?
3. Намалюй, як ти уявляєш молекулу води у просторі. Поясни, чому ти намалював саме так.
4. Яка аналогія з повсякденного життя найкраще допомагає тобі розуміти окисно-відновні реакції?
5. Як ти думаєш, чому NaCl добре розчиняється у воді, а пісок – ні? Спробуй пояснити через будову речовин.

Додаток Л

Деталі коректив до методики за результатами пошукового етапу

Л.1. Корекція образу часткової дисоціації слабких електролітів

Проблема: після перегляду анімації і пояснення поняття ступеня дисоціації 60 % учнів ЕГ зображували у «замальовці» або хибний образ повної дисоціації, або статичний образ часткової без рівноваги. Жоден учень не зобразив подвійну стрілку рівноваги ⇌ і одночасну присутність молекул та іонів у динамічному стані.

Причина: первісний варіант методики обмежувався аналогією «повна/неповна передача», яка давала статичний образ, але не передавала динамічного рівноважного характеру процесу.

Скоригований прийом «Динамічна схема рівноваги»:

Учитель разом з учнями будує на дошці схему у три кроки:

1. Зліва − молекули CH_3COOH (кілька значків молекул).
2. Посередині − подвійна стрілка ⇌ (символ рівноваги).
3. Справа − іони CH_3COO^- і H^+ (менша кількість, ніж молекул зліва).

Пояснення: «Обидва процеси відбуваються ОДНОЧАСНО і БЕЗПЕРЕРВНО. Молекули розпадаються на іони − і водночас іони знову з’єднуються в молекули. Система знаходиться у стані динамічної рівноваги. При $\alpha = 1$ % це означає: у кожний момент часу 99 молекул зі 100 є нерозпавшими».

Після пояснення учні коригують свою «замальовку», додаючи подвійну стрілку і позначення одночасної присутності молекул і іонів.

Л.2. Скорочення часу обговорення меж аналогій

Проблема: обговорення меж аналогії «повна/неповна передача» займало 8–10 хвилин − більше ніж планувалося. Щоразу учні задавали нові уточнювальні запитання, оскільки межі не були зафіксовані письмово.

Корекція: для кожної аналогії розроблено друковану «Картку аналогії» (Додаток Г) з двома колонками: «У чому аналогія ПРАВИЛЬНА» і «У чому аналогія НЕ ВІДПОВІДАЄ реальності». Учні отримують картку одночасно з поясненням аналогії, самостійно читають обидва стовпці, і обговорення скорочується до 2–3 хвилин.

Л.3. Прийом «Виштовхни спектаторів»

Проблема: 40 % учнів допускали помилки при переході від повного до скороченого іонного рівняння. Причина образна: учні не «бачили» спектаторних іонів як конкретних об’єктів, які треба прибрати.

Алгоритм прийому (на прикладі $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$):

1. Запиши повне іонне рівняння: $Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- \rightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$.
2. Знайди іони, однакові в обох частинах: Na^+ і Cl^- − це спектатори.

3. ВИШТОВХНИ їх: закресли Na^+ і Cl^- у лівій і правій частинах червоним маркером. Скажи вголос: «Ці іони не змінилися − вони не учасники реакції».
4. Запиши, що залишилося: $OH^- + H^+ \rightarrow H_2O$ − це скорочене іонне рівняння.
5. Перевір: чи збережено заряд і кількість атомів?

Результат після першого застосування: кількість помилок знизилась з 40 % до 8 %. Варіант ускладнення: попросити учнів не закреслювати, а «вирізати» спектаторів ножицями з роздрукованого рівняння − ефект ще виразніший.

Л.4. «Картка-маяк ОВ–ВО»

Проблема: 58 % учнів допускали помилки у застосуванні мнемоніки «Окисник Відновлюється − Відновник Окиснюється» після першого уроку теми. Парадоксальність формулювання («окисник сам відновлюється?») ускладнювала запам’ятовування.

Картка-маяк (ламінована картонна картка А6, на парті 3 уроки):

ЛИЦЬОВИЙ БІК:

ОВ – ВО

Окисник → Відновлюється (приймає e^-, ступінь окиснення ↓)

Відновник → Окиснюється (віддає e^-, ступінь окиснення ↑)

Приклад: $Zn^0 + Cu^{2+}SO_4 \rightarrow Zn^{2+}SO_4 + Cu^0$

$Zn^0 - 2e^- \rightarrow Zn^{2+}$ (відновник, окиснюється, ↑)

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$ (окисник, відновлюється, ↓)

ЗВОРОТНІЙ БІК:

Аналогія «Передача естафети»:

Відновник = той, хто ПЕРЕДАЄ паличку (втрачає → окиснюється).

Окисник = той, хто ПРИЙМАЄ паличку (отримує → відновлюється).

Межі аналогії: паличка − матеріальний предмет; електрон − квантова частинка. «Втрата» і «отримання» − умовні образи для полегшення запам’ятовування.

Результат: після трьох уроків лише 4 % учнів допускали помилку.

Л.5. Прийом «Стрілка електрона» − міст між образом і алгоритмом

Проблема: учні, які добре «бачили» рух електронів у рольовій грі, виконували алгоритм електронного балансу механічно − не пов’язуючи підрахунок електронів з образом.

Скоригований алгоритм (на прикладі $Fe_2O_3 + CO \rightarrow Fe + CO_2$):

1. Визнач ступені окиснення всіх атомів.
2. НАМАЛЮЙ СТРІЛКУ: від атома-відновника ($C^{2+} \rightarrow C^{4+}$) до атома-окисника ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^0$). Підпиши: «С віддає $2e^-$, Fe приймає $3e^-$».
3. Тепер запиши формальну схему балансу. Стрілка нагадує, що ти підраховуєш.
4. Знайди НСК: $2 \times 3 = 6$ e^-. Постав коефіцієнти.

Методична примітка: проміжний крок-малюнок займає 30 секунд, але суттєво знижує кількість помилок у підрахунку електронів. Після 5–6 уроків більшість учнів виконує цей крок подумки, не малюючи.

Л.6. Збільшення часу блоку конструювання

Проблема: блок «Прогноз → модель → перевірка» в первісному варіанті займав 8 хвилин, що виявилось недостатнім. 88 % учнів були залучені максимально активно, але не встигали завершити порівняння моделей і обговорення.

Корекція: хронометраж блоку збільшено до 12–15 хвилин за рахунок скорочення блоку евристичної бесіди (з 10 до 7 хвилин) і блоку рефлексії (з 8 до 6 хвилин). Скоригована модель уроку:

– Образна мотивація − 5 хв;
– Первинне формування образу − 6 хв;
– Евристична бесіда + формулювання поняття − 7 хв;
– Конструювання (активний образний блок) − 12–15 хв;
– Рефлексія − 6 хв.

Загальна тривалість: 36–39 хвилин (у межах 45-хвилинного уроку з урахуванням організаційних моментів).

Додаток М

Якісний аналіз учнівських робіт упродовж формувального етапу

М.1. Еволюція образних уявлень учнів ЕГ на трьох етапах дослідження

Систематичне збирання «замальовок уявлення» і «листів мислення» упродовж трьох зрізів (вересень 2024 р., лютий 2025 р., травень 2025 р.) дозволило простежити якісну еволюцію образних уявлень учнів ЕГ щодо чотирьох ключових понять курсу. Результати цього аналізу узагальнено в таблиці М.1.

Таблиця М.1

Еволюція образних уявлень учнів ЕГ

на трьох етапах дослідження (якісний аналіз замальовок)

Поняття	**Образ на констатув. зрізі (вересень 2024)**	**Образ на проміжному зрізі (лютий 2025)**	**Образ на контрольному зрізі (травень 2025)**
Електролітична дисоціація	Кристал «зникає» у воді. 60 % – статичний образ іонів без гідратних оболонок.	Іони і молекули одночасно (рівновага ⇌). 68 % зображують гідратні оболонки.	Динамічний образ: іони рухаються, стикаються, утворюють нові сполуки. 88 % – адекватний образ.
Окисно-відновна реакція	Лише рівняння або зміна кольору. 0 % зображують рух електронів між атомами.	Стрілка e^- між атомами. 72 % позначають ступені окиснення на малюнку.	Динамічна «передача» e^- з позначенням зміни зарядів. 92 % – адекватний образ.
Геометрія молекул	H_2O − лінійна, CH_4 – плоский хрест. 78 % – плоскі або хибні образи.	Кутова H_2O, пірамідальна NH_3. Після конструювання – 80 % правильних просторових образів.	Тетраедр CH_4, кутова H_2O з кутом 104,5°. 96 % – науково адекватний просторовий образ.
Іонна	Плоска «шахова	Спроба	Тривимірна структура

кристалічна ґратка	дошка». 84 % − двовимірний образ.	тривимірності. Після практикуму − 64 % правильних 3D-образів.	з координаційним числом 6. 88 % − адекватний просторовий образ.

Аналіз даних таблиці М.1 засвідчує стійку позитивну динаміку за всіма чотирма поняттями. Спільними тенденціями еволюції образів є такі. По-перше, перехід від статичного до динамічного образу: учні ЕГ починають зображувати не «стан», а «процес» − рух частинок, перехід системи від одного стану до іншого. По-друге, перехід від двовимірного до тривимірного образу: молекули і кристали набувають просторової структури. По-третє, поява науково специфічних деталей: гідратні оболонки іонів, незв'язуючі електронні пари, координаційне число. По-четверте, інтеграція образного і символічного рівнів: учні ЕГ все частіше поєднують малюнок з хімічними формулами і рівняннями − тобто переходять між рівнями хімічного мислення [44, p. 462].

М.2. Аналіз оригінальних учнівських аналогій

Прийом «Власна аналогія учня» (підрозд. 2.2, блок 2) систематично застосовувався упродовж формувального етапу. Загальна кількість оригінальних аналогій, зафіксованих у «листах мислення» учнів ЕГ за три місяці, склала 143 одиниці (в середньому 5,7 аналогії на учня). Для порівняння: у КГ за той самий період у письмових роботах зафіксовано лише 9 спроб самостійного аналогізування (в середньому 0,4 на учня).

Усі зафіксовані аналогії учнів ЕГ були класифіковані за трьома рівнями: репродуктивний (відтворення аналогії, запропонованої вчителем, − 18 %); продуктивний (нова аналогія з конкретного досвіду учня, методично коректна − 47 %); творчий (оригінальна, несподівана аналогія, що розкриває суть поняття з нового боку − 35 %). Найбільш показові учнівські аналогії наведено в таблиці М.2.

Таблиця М.2

Найбільш оригінальні учнівські аналогії (ЕГ, формувальний етап)

Поняття	**Аналогія вчителя (Дод. Г)**	**Найбільш оригінальна учнівська аналогія (ЕГ)**	**Клас аналогії**
Ел. дисоціація	«Натовп у просторому залі»	«Як льодяник у роті − спочатку цілий, потім поступово стає частинками, "оточеними" слиною»	Продуктивний
ОВР	«Передача естафети»	«Як у грі "Хто хоче стати мільйонером?" − один передає знання (електрони) іншому, і обидва "змінюються"»	Творчий
Ковалентний зв’язок	«Спільна скарбничка»	«Два учні тримають між собою один олівець − він одночасно належить обом»	Продуктивний
Ступінь окиснення	Завдання учням (самостійно)	«Як рейтинг у грі − показує, скільки "очок" (електронів) є у гравця порівняно з початком»	Творчий
Кристалічна ґратка	«Тривимірна цегляна кладка»	«Як соняшник − кожне насіннячко оточене 6 іншими, і так у всіх напрямках до безмежності»	Творчий
Хімічна рівновага	«Повна/неповна передача»	«Як канатоходець − він постійно балансує між "впасти вліво" і "впасти вправо", але стоїть на місці»	Творчий

Аналіз таблиці М.2 свідчить про те, що учні ЕГ не лише засвоїли запропоновані вчителем аналогії, а й вийшли за їхні межі, створюючи власні образні моделі хімічних явищ. Особливо примітною є аналогія учня для хімічної рівноваги («канатоходець»): вона точно передає динамічний характер рівноваги (постійний рух, а не статичний баланс) і є методично коректнішою за традиційну аналогію з «терезами». Такий рівень образно-

понятійної творчості є надійним свідченням продуктивного або творчого рівня сформованості хімічних понять.

М.3. Метакогнітивна рефлексія учнів ЕГ: аналіз «листів мислення»

Систематичне ведення «листів мислення» (Додаток Е) впродовж формувального етапу дозволило зафіксувати якісну трансформацію не лише предметних знань учнів ЕГ, а й їхньої здатності до метакогнітивної рефлексії − усвідомлення власного пізнавального процесу. Показники метакогнітивної рефлексії аналізувались за трьома критеріями: здатність описати власний образ хімічного явища; здатність оцінити адекватність свого образу і вказати його межі; здатність описати, «як» саме відбувається власне мислення при вирішенні хімічної задачі.

На констатувальному зрізі жоден учень ЕГ у відкритих запитаннях анкети не описував власний мисленнєвий процес − відповіді носили виключно предметний характер. До кінця формувального етапу 68 % учнів ЕГ у «листах мислення» використовували метакогнітивні формулювання: «коли я вирішую задачу на ОВР, я спочатку малюю стрілку електрона, а потім вже пишу схему»; «я помітив, що мій первісний малюнок молекули NH_3 був плоским − але модель показала, що він неправильний»; «щоб зрозуміти нове поняття, мені треба спочатку уявити, а потім прочитати визначення».

Найбільш показові фрагменти «листів мислення» учнів ЕГ і КГ наведено в таблиці М.3.

Таблиця М.3

Фрагменти «листів мислення» учнів ЕГ і КГ

(формувальний етап, травень 2025 р.)

Учень	**Запитання «Листа**	**Відповідь учня (дослівно,**	**Рівень**

	мислення»	**скорочено)**	**рефлексії**
Учень 1 (ЕГ)	Яку аналогію ти б придумав для реакції нейтралізації без хімічних термінів?	Як мир між двома арміями − H^+ і OH^- «здаються» і разом стають нейтральною водою. Обидві «армії» перестають існувати як бойові одиниці.	Творчий
Учень 2 (ЕГ)	Як ти зрозумів, що засвоїв поняття «ступінь окиснення»?	Коли зміг пояснити молодшому брату, що це − як "борг" або "кредит" електронів. Раніше я просто знав правила, а тепер бачу, що відбувається.	Продуктивний
Учень 3 (ЕГ)	Що стало найважчим у темі «Геометрія молекул»?	Важко було уявити, що незв'язуюча пара "відштовхує" сильніше за зв'язуючу. Але коли я побудував модель NH_3 і порівняв з прогнозом − я це побачив. Тепер завжди спочатку малюю пари, а потім роблю висновок про форму.	Продуктивний
Учень 4 (ЕГ)	Чи можеш ти «побачити» реакцію іонного обміну, якщо заплющиш очі?	Так. Бачу дві групи іонів у розчині. Потім "неправильні сусіди" зближуються − Ba^{2+} тягнеться до SO_4^{2-} − і раптово вони злипаються і падають вниз. Іони Na^+ і Cl^- стоять осторонь і "дивляться".	Творчий
Учень 5 (КГ)	Як ти запам'ятовуєш хімічні поняття?	Читаю визначення кілька разів і намагаюся запам'ятати. Формули записую в зошит і повторюю.	Репродуктивний

Порівняння відповідей учнів ЕГ і КГ (таблиця М.3) унаочнює якісну відмінність між групами. Учні ЕГ описують хімічні явища через конкретні образи, включають мікроскопічний рівень, рефлексують над власним мисленням. Учень 4 фактично описує «уявне кіно» про реакцію іонного обміну − тобто будує повноцінний динамічний просторовий образ процесу. Відповідь учня 5 з КГ є типово репродуктивною: засвоєння відбувається через механічне запам'ятовування без образного розуміння.

М.4. Аналіз «Щоденників образів» учнів ЕГ

«Щоденники образів» (Додаток З, завдання З.3) вели 22 з 25 учнів ЕГ упродовж усього формувального етапу. Аналіз щоденників дозволив зафіксувати три типи еволюції образів.

Тип 1 − «Збагачення» (46 % записів): первісний образ є загалом правильним, але спрощеним; після вивчення теми учень доповнює його науково специфічними деталями, не змінюючи загальної структури. Наприклад, образ молекули H_2O змінюється від «трикутника» до «кутової молекули з позначенням незв'язуючих пар і часткових зарядів δ^+ і δ^-».

Тип 2 − «Перебудова» (38 % записів): первісний образ є хибним або неадекватним; після вивчення теми учень повністю замінює його на правильний. Найчастіше − лінійна H_2O замінюється на кутову; плоский CH_4 − на тетраедричний; статичний «розпад» молекул − на динамічну рівновагу.

Тип 3 − «Деталізація + аналогія» (16 % записів): учень не лише змінює і збагачує образ, але й формулює нову власну аналогію, яка відображає суть поняття більш точно, ніж первісна. Цей тип є найвищим рівнем образно-понятійної роботи і відповідає творчому рівню сформованості понять.

Показово, що учні, які вели щоденники систематично (всі 22 особи), продемонстрували на контрольному зрізі вищі результати, ніж учні, що вели їх нерегулярно або не вели зовсім (3 особи): середній бал 89,2 % проти 78,6 %. Хоча ця різниця є попередньою і потребує перевірки на більшій вибірці, вона свідчить про те, що систематична рефлексія власних образів є самостійним чинником підвищення якості засвоєння хімічних понять.

М.5. Порівняльний аналіз усних бесід на початку і наприкінці дослідження

Наприкінці формувального етапу (травень 2025 р.) з тією самою вибіркою учнів (по 5 осіб від КГ і ЕГ), що брали участь в усній бесіді на

констатувальному зрізі, проводилась повторна бесіда за тими самими запитаннями. Це дозволило безпосередньо порівняти якість відповідей «до» і «після» і оцінити індивідуальну динаміку кожного учня.

Відповіді учнів ЕГ зазнали разючої трансформації. На констатувальному зрізі типова відповідь учня: Це коли речовина розпадається на іони у воді. На контрольному зрізі відповідь того самого учня: Уяви, що кристал солі − це натовп людей, щільно зібраних разом. Як тільки вони потрапляють у воду, кожного оточують молекули з усіх боків і відтягують від інших. Зрештою всі розходяться і вільно рухаються по розчину − саме тому він проводить струм. Деякі речовини розходяться повністю, деякі − лише частково.

В ЕГ усі п’ять учнів вибірки продемонстрували перехід на вищий рівень − двоє з репродуктивного на продуктивний, троє − з реконструктивного на творчий. У КГ двоє учнів залишились на тому ж рівні, двоє перейшли з репродуктивного на реконструктивний, один − з реконструктивного на продуктивний.

Отже, якісний аналіз учнівських робіт упродовж формувального етапу повністю узгоджується з кількісними результатами контрольного зрізу і надає їм конкретного змістового наповнення. Учні ЕГ не лише отримали вищі бали за діагностичними завданнями, а й якісно змінили спосіб свого хімічного мислення: вони «бачать» хімію на рівні частинок, будують динамічні просторові образи, генерують власні аналогії і усвідомлено рефлексують над власним пізнавальним процесом.