

## РОЗДІЛ 4

### МЕТОДИЧНА СИСТЕМА ЗАСТОСУВАННЯ ЗАВДАНЬ У НАВЧАЛЬНО-ВИХОВНОМУ ПРОЦЕСІ З ХІМІЇ

В даному розділі представлена сутність розробленої концепції дослідження та описана методика її реалізації.

#### **4.1. Концепція поєднання розв'язування та складання учнями завдань з хімії як єдиний навчально-пізнавальний процес**

У процесі розробки концепції дослідження ми виходимо з таких психолого-педагогічних положень та ідей:

1. Проблема необхідності використання навчальних завдань з хімії аналізується нами в контексті виявлення характерних особливостей навчально-виховного процесу як складового процесів пізнання й розвитку. Оскільки шлях розвитку суспільства – це систематичне розв'язування різноманітних завдань (наприклад, на сучасному етапі хімічна наука розв'язує такі основні проблеми людства – енергетичну, екологічну, сировинну та продовольчу), то відповідно й навчально-виховний процес повинен моделювати діалектику пізнання шляхом постановки й вирішення завдань. Це наближає навчання до реалій сьогодення і розвитку людства. Проте ми також надаємо важливого значення висвітленню тернистого шляху становлення та розвитку хімічної науки. На нашу думку, під час формування змісту навчальних завдань з хімії найбільш доцільно дотримуватись історико-логічного підходу.

2. Висвітлення структури змісту хімічної науки як системи, що містить ряд фундаментальних учень (будова речовини, закономірності перебігу хімічних реакцій, періодична зміна властивостей хімічних елементів і речовин тощо), через призму тематичних, міжтематичних та міжпредметних зв'язків шляхом розв'язування та складання навчальних завдань сприяє системності у формуванні знань та вмінь, розвитку творчого мислення учнів. За такого підходу завдання з хімії та їх застосування (розв'язування і складання) розглядаються нами поліфункціонально, а саме як мета, метод, форма та засіб навчання.

3. Процес розв'язування та складання навчальних завдань виступає в органічній єдності загального та особливого. У першому випадку (як загальне) він переважно відображає закономірності здобуття загальної середньої освіти і є складовим компонентом цієї системи, а у другому (як особливе) – віддзеркалює специфіку шкільної хімічної освіти, окремих

тем та понять, особливості учнів (рівень підготовки, здібності, пізнавальний інтерес тощо).

4. Особистісна зорієнтованість поєднання процесу розв'язування та складання завдань під час вивчення хімії виявляється, насамперед, у гуманістичному ставленні до учнів як рівноправних суб'єктів навчально-пізнавальної діяльності, суттєвому покращенню мотивації навчання, а також як ефективний засіб розвитку творчої обдарованості, талантів, інтересів учнівської молоді, виявлення та формування їх емоційно-ціннісного ставлення до явищ навколишнього світу.

5. Поєднання процесу розв'язування та складання завдань учнем являє собою логічно завершений навчально-пізнавальний цикл і сприяє розвитку здатності людини до комунікацій, критичного аналізу, що набуває особливо важливого значення в сучасних умовах існування різних інформаційних джерел. Гармонізація відносин учень (клас) ↔ учитель, учень (клас) ↔ учень веде до взаємної відповідальності, покращення психологічного клімату в колективі класу.

6. Застосування системного підходу на всіх етапах навчально-пізнавальної діяльності, від аналізу завдання як поняття і його конкретних видів (запитання, вправи, задачі), які потребують розв'язування, до системи навчальних завдань як компонента системи діяльності, а також самої навчальної діяльності як складової процесу пізнання навколишнього світу, що стає передумовою самостійного складання завдань учнем.

7. Навчально-виховний процес, що базується на багатоцентровості джерел формування завдань, створює динамічну систему навчально-пізнавальної діяльності, яка перебуває в неперервному розвитку. Такий підхід обумовлює необхідність систематичного зростання професійного рівня вчителя шляхом самовдосконалення. Діяльність педагога має не командний, а коригувальний характер, оскільки він виступає як реалізатором технології навчання, так і співучасником пошукового руху удосконалення суб'єктів, об'єктів (навчальних завдань) та способів їх пізнання. Розширення спектру використання завдань від традиційного виконання до їх активного складання покращує активність учнів, формує свідоме ставлення до навчання, їх власну позицію через евристичний характер діяльності учнів.

З огляду на викладене вище провідними пріоритетами та принципами розробленої концепції ми вважаємо такі:

- пріоритет розвивального навчання;
- принцип єдності процесу пізнання навколишнього світу та розвитку людини;
- принцип природовідповідності щодо організації та методики проведення всіх етапів навчально-пізнавального процесу з метою

створення умов для самоорганізації і неперервного розвивального руху його учасників;

– принцип орієнтації на посилення суб'єкт-суб'єктних взаємодій між учасниками навчально-пізнавального процесу (вчитель-учень, учень-учень, вчитель-вчитель) та реалізації зворотного зв'язку для його коригування.

#### **4.2. Дидактична модель застосування завдань з хімії та педагогічна технологія її реалізації**

Технологізація навчання в сучасних умовах стає типовим явищем. На нашу думку, засновником технологічного підходу в навчанні можна вважати Я.А.Коменського, який майже 400 років тому зазначав, що навчання має стати «механістичним» і гарантувати позитивний результат. Для цього необхідно у навчанні виділяти чітку мету, засоби її досягнення, правила і послідовність застосування засобів навчання. Наприклад, Я.Коменський стверджував: «Учневі необхідно демонструвати зразок речі, вже зробленої, або речі, яку ще тільки потрібно зробити. Перший випадок вигідніший для вчителя, другий – корисніший для учня» [192, 541], або: «Кожен учень нехай звикає бути одночасно вчителем» [192, 596]. Із наведеного чітко випливає значення діяльнісного підходу в навчанні щодо постановки завдань.

У сучасних умовах збереглася не тільки вихідна ідея стосовно мети, засобів навчання, правил їх застосування, кінцевого результату, але й проведено їх подальшу деталізацію, зокрема в працях В.П.Беспалька [23], В.В.Гузєєва [102], М.В.Кларіна [183; 184], Ю.І.Машбиця [256] та інших дослідників. Проте в літературі відсутня однотайна думка щодо трактування поняття «технологія навчання» взагалі [286] та в хімічній освіті зокрема [70; 502]. У табл.4.1 наведені основні параметри педагогічних парадигм в історичному контексті, які пропонує В.В.Гузєєв [102, 165], з нашими доповненнями стосовно навчальних завдань.

На нашу думку, найбільш загальноприйнятні визначення зазначеного поняття наводять Ю.І.Машбиць та С.У.Гончаренко, оскільки, згідно Ю.І.Машбиця, педагогічна технологія – це «система матеріальних та ідеальних (знання) засобів, що використовуються в навчанні, і способів функціонування цієї системи» [256, 56], або, згідно С.У.Гончаренка, – це «у загальному розумінні системний метод створення, застосування й визначення всього процесу навчання і засвоєння знань з урахуванням технічних і людських ресурсів та їх взаємодії, який ставить своїм завданням оптимізацію освіти» [94, 331].

Таблиця 4.1

## Основні параметри педагогічних парадигм

<u>Емпірична технологія (традиційний підхід)</u>		
Вимоги. Прогнозування. Успішність. Узагальнення досвіду	<u>Педагогічна технологія (алгоритмічна)</u>	
	Планування результатів навчання. Програма. Управління. Діагностика	<u>Освітня технологія (стохастична)</u> Суб'єктність. Проектування. Ймовірність. Моніторинг
50-80-і рр. XX ст.		90-і рр. XX ст. по теперішній час
Школа пам'яті	Школа мислення	Школа розвитку
Учень виконує завдання	Учень творчо виконує завдання	Учень складає (творить) завдання

Аналіз даних понять дає змогу визначити основні вимоги, які ми враховували під час розробки технології навчання.

По-перше, **вимога пріоритетності**. Оскільки навчання первинне, а технологія вторинна, то без навчання немає й технології навчання. Отже, технологія повинна базуватись на теоріях, що описують навчально-виховний процес. Доцільно у даному випадку згадати принцип природовідповідності, основи якого розроблені Я.А.Коменським [191, 192], а у вітчизняній філософії конкретизовано – Г.С.Сковородою та іншими дослідниками народної педагогіки [124; 407]. Ми враховували, що діти від природи різні, вони мають різні нахили і здібності, а отже, й різні можливості для свого розвитку. Це дає нам підстави зробити висновок, що навчальні технології необхідно узгоджувати з людиною, а саме – з її потребами та можливостями, тобто з людською природою, а не навпаки.

Значний вплив природовідповідності на навчальний процес досліджувала М.В.Гриньова, яка зазначала, що навчальна діяльність для учня повинна стати продовженням природних процесів саморегуляції. Зовнішнім впливом для учня є навчальне завдання, яке містить утруднення. Педагог має формувати в учня такі механізми, які б спонукали його до подолання утруднень і успішного виконання навчальної задачі [99, 295].

По-друге, **вимога системності**. Оскільки навчання – цілеспрямований процес передачі й засвоєння знань, умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності, а навчальний процес – система організації такої діяльності, то технологія навчання також являє собою складну структуровану систему, завдяки якій проходить адаптація теорії до практики навчання. Основні компоненти такої системи: цілеутворення і планування результатів навчання та прогнозування тенденцій

найближчого розвитку учнів; засоби та моделі (методи, прийоми, організаційні форми) навчання, залежність умов їх застосування від поточних результатів; засоби педагогічного моніторингу. Серед засобів навчання особливо виділяємо навчальні завдання, які концентрують у собі зміст навчального матеріалу через відповідну систему понять, а також спричинюють саму навчальну діяльність. При цьому модель навчання також є системою, що включає методи і організаційні форми навчання, які складають її дидактичну основу, і педагогічну техніку з відповідними засобами та прийомами.

По-третє, **вимога відкритості**, оскільки навчальна діяльність проходить у відкритих системах, які є надзвичайно складним утворенням. І хоча навчальна технологія зорієнтована на певну сторону навчального процесу, її впровадження впливатиме на всю систему. Водночас технологія повинна бути спрямована, що означає чітку орієнтацію даної технології на певну сторону навчальної діяльності, – в іншому випадку практично неможливо однозначно встановлювати та коригувати її вплив на результат навчання.

По-четверте, **вимога динамічності**. Оскільки технологія навчання є способом організації навчальної діяльності, а остання перебуває у динаміці, то технологія має бути динамічною системою, тобто мати здатність оновлюватися і саморозвиватися відповідно до змін, що відбуваються як у конкретній навчальній ситуації (мікросистемі), так і до змін у суспільстві (макросистемі). Проте при цьому технологія повинна бути і стабільною через наявність певного ядра методів, прийомів та форм діяльності, що дають їй можливість стійкого та ефективного функціонування в різних навчальних ситуаціях.

Нами у процесі дослідження розроблено модель особистісно зорієнтованого навчання застосування завдань з хімії (рис.4.1), яка визначає теоретичні основи, організацію та проведення навчального процесу. Теоретичним підґрунтям у процесі розробки нами даної моделі та відповідної технології навчання стали провідні положення теорій педагогіки та психології, а саме: теорій пізнання, діяльнісного підходу у навчанні, задач, поетапного формування розумових дій, розвивального навчання, укрупнених дидактичних одиниць та методики навчання хімії тощо, які адаптовані до нашого експериментального дослідження, а їх розгляд проведено в попередніх розділах монографії. На такій теоретичній основі нами сформовано концепцію дослідження, для реалізації якої розроблено відповідну педагогічну технологію. Остання аналогічно задачному підходу у навчанні містить три основні компоненти, – мотиваційно-змістовий (I), процесуальний (операційний) (II) і управлінський (III), що перебувають у тісній взаємодії на кожному етапі учіння.

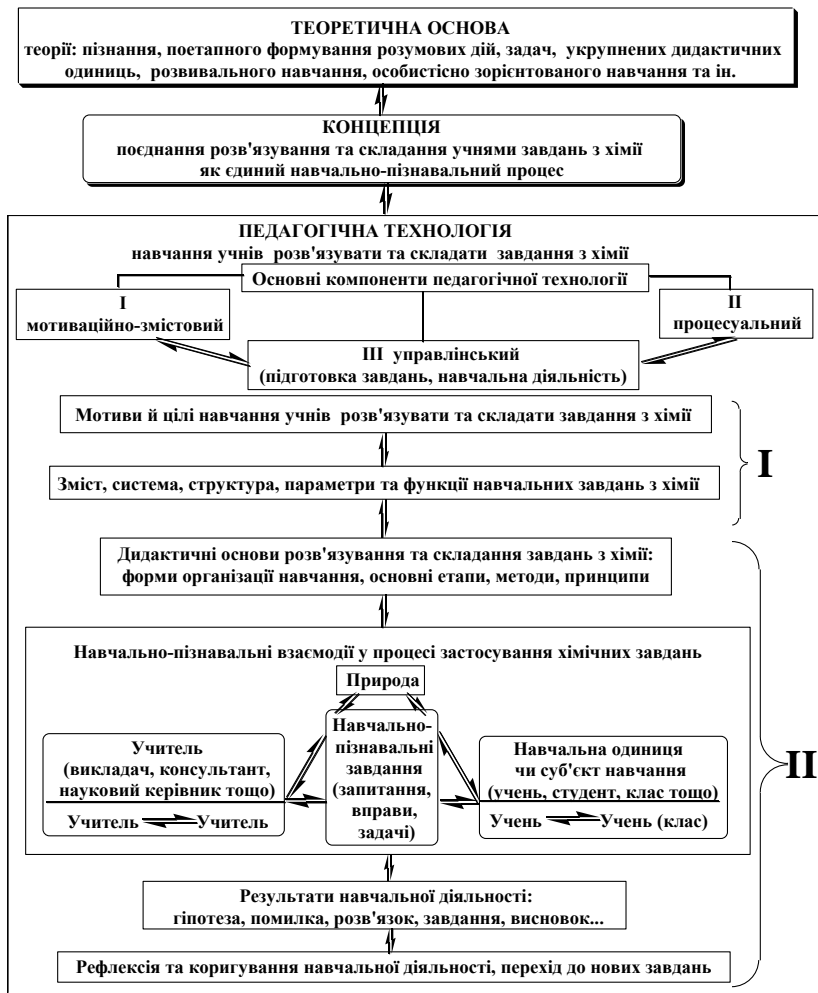


Рис.4.1. Модель організаційної структури особистісно зорієнтованого навчання учнів розв'язувати та складати завдання з хімії

**Мотиваційно-змістовий компонент (I)** нашої технології сприяє перетворенню зовнішнього цілеутворення у внутрішні потреби для кожного суб'єкта навчального процесу.

На першому етапі застосування завдань з хімії (мотиваційно-орієнтувальному) переважає прогнозована вчителем мотивація діяльності, яка забезпечується шляхом:

- реалізації змісту навчання через обґрунтований підбір системи завдань згідно описаних вище вимог (див. підрозділ 3.3, табл.3.9);
- можливості вільного вибору учнями темпу навчання та кількості завдань після засвоєння основних прийомів та способів розв'язку;
- стимулювання до виконання ускладнених завдань, усвідомлення ролі набутих знань та досвіду для майбутньої діяльності тощо.

Наприклад, згідно психологічних досліджень А.Ф.Есаулова, правильно підібрана навчальна задача у відповідності з індивідуально-типологічними особливостями учня і рівнем його розвитку не тільки інтенсивно стимулює психічні функції, включаючи його інтелект, але й мобілізує всю особистість в цілому, охоплює його емоційну сферу, інтереси, думки і потреби [489, 213]. Враховували також, що реально кожен школяр спрямовується кількома мотивами, оскільки навчальна діяльність завжди полімотивована. Таким чином, даний етап ми вважаємо визначальним через те, що він ініціює, спрямовує і коригує увесь процес навчання учнів розв'язувати та складати завдання з хімії.

Учень має сприйняти навчальне завдання, поданого вчителем чи іншим учнем, тобто, поставити собі індивідуальне завдання на виконання. Але це він зробить тільки у випадку появи у нього власного бажання до виконання цього завдання. Надалі при наявності позитивних спроб мотивація значно посилюється, з'являється почуття успіху [25, 7; 485, 73].

Дослідження показує, що за звичайних умов, як правило, відповідь учня уважно сприймає тільки вчитель, інші учні частково звертають увагу на відповідь однокласника. Це призводить до того, що в учнів суттєво знижується мотивація і результативність навчання. Нами встановлено, що складання завдань учнями покращує форми комунікації в класі, оскільки за таких умов кожен учень навчає інших, – хтось уміє більше спостерігати, хтось – краще доводити, аргументованіше пояснювати тощо. За таких умов учитель має не тільки сам правильно ставити завдання, але й уміти швидко аналізувати завдання учнів. Як показує дослідження, значна частина вчителів не готові до такої діяльності, оскільки зустрічаються з численними логічними труднощами, що, на їх погляд, гальмують хід уроку.

Проектування технології навчання нами розпочиналось із постановки мети, формулювання основних ідей та визначення вимог (принципів) до самої технології навчання (зокрема, відбору та структурування системи завдань, підходів до їх розв'язування і т.п.). Мета визначалась на підставі огляду літератури, наших власних досліджень та

досвіду викладацької роботи упродовж тривалого часу, виявлення суперечностей існуючої системи навчання тощо.

Стратегічною метою навчання під час застосування завдань, на нашу думку, є формування системи способів діяльності, а не системи знань чи фактів. За традиційного підходу основна увага вчителів спрямовується на формування в учнів інформаційного масиву.

Мета шкільного курсу хімії – засвоїти провідні ідеї, які формують систему хімічної науки і сприяють вирішенню найбільш актуальних проблем людства. Традиційно навчальні завдання з хімії спрямовуються на формування системності теоретичних знань, а їх застосування супроводжується широким використанням хімічної мови – термінології, символіки тощо. Основна провідна ідея та задача дослідження – перетворити навчальні завдання з хімії в ефективний засіб розвитку особистості. Реалізація такої ідеї проходить шляхом різних форм діяльності через поєднання процесу розв’язування та складання завдань, що сприяє розвитку суб’єктів навчальної діяльності та засвоєнню основ хімічної науки.

Нами визначено цілі формування в учнів уміння розв’язувати та складати завдання з хімії:

- забезпечення засвоєння учнями основ хімічної науки згідно вимог шкільного курсу хімії, – усвідомлення змісту теоретичного (хімічні поняття, закони, теорії, закономірності) та фактичного матеріалу (властивості, добування, поширення та значення речовин тощо) шляхом задачного підходу у навчанні;

- формування та розвиток в учнів інтелектуальних і практичних умінь шляхом навчання їх необхідним способам навчально-пізнавальної діяльності (від репродуктивної до творчої), які обумовлені оперуванням та застосуванням хімічних та хіміко-технологічних знань, життєвого досвіду учнів;

- виховання в школярів належного емоційно-ціннісного сприйняття та ставлення до навчальних завдань з хімії як засобів пізнавальної діяльності, а також усвідомлення значення розв’язування та складання завдань як методу розвитку та удосконалення особистості.

Стратегічна мета навчання реалізується через тактичні цілі, які досягаються на окремих уроках чи на їх серії. При цьому ми прагнули домогтися, щоб конкретна мета формулювалась діагностично.

Розглянемо дану вимогу на такому прикладі: один з недоліків сучасних підручників та збірників завдань з хімії полягає у відсутності завдань на доведення. Якщо ж поставити мету навчання «формування в учнів уміння застосовувати доведення», то такий підхід не буде діагностичний, а отже, і технологічний. На нашу думку, необхідно



провести таку деталізацію мети, щоб можна було здійснювати її об'єктивну діагностику. Наприклад, у даному випадку В.Ф.Паламарчук [295, 113] рекомендує такі окремі цілі:

- вміти висувати гіпотезу;
- розуміти і давати визначення її складових понять;
- підбирати необхідні аргументи та визначати спосіб доведення,

формулювати висновок, який випливає з доведення тощо.

Детальний аналіз уміння здійснювати необхідні дії дає підстави зробити висновок, що вони є наслідком більш простіших. Наприклад, «розуміти і давати визначення складових понять» визначає необхідні вміння з пошуку суттєвих ознак об'єктів. Отже, вмінню доводити має передувати вміння порівнювати, яке, в свою чергу, також складається з більш елементарних умінь, наприклад, розпізнавати об'єкти за їх загальними та особливими ознаками тощо. Звідси випливає важливий висновок, що уміння знаходити суттєві ознаки у досліджуваному об'єкті – один із найефективніших підходів до вирішення поставленої проблеми і створення необхідних умовиводів. При цьому ми виділяємо особливу важливість уміння вчителя визначати опорні поняття, якими має володіти учень для виконання поставленого завдання.

Виокремлення навчальних понять, що відповідають окремим елементам знань, на нашу думку, дає змогу, по-перше, намітити шляхи вирішення проблеми конструювання навчальних завдань, які є складовими будь-якого процесу навчальної діяльності; по-друге, визначити методичні шляхи їх застосування, тобто побудову самого процесу навчальної діяльності.

Реалізація діяльності з виокремлення опорних понять можлива тільки на основі системно-структурного аналізу змісту теми кожного уроку. При цьому виникає складна система взаємозв'язків нових та вихідних понять. Частина понять, які безпосередньо зв'язані з новими і утворюють найбільшу частоту логічних зв'язків ми, аналогічно авторам [262], відносимо до опорних, інші – до допоміжних. Таким чином, трактування навчального поняття як засобу мислення може бути різним (тобто є відносним) і залежить від умов навчальної діяльності, – нове, опорне чи допоміжне поняття. Це нами враховувалось під час підготовки до уроку навчальних завдань, які також є основними, спрямованими на вивчення чи закріплення нових понять, або допоміжними, спрямованими на актуалізацію чи уточнення опорних понять. Перші складають основний модуль завдань, інші – перехідний (див. рис.3.6). Але таких перехідних модулів може бути кілька, залежно від кількості опорних понять, які включені в навчальну діяльність.

Вважаємо, що саме опорне поняття визначає тільки зміст діяльності, а безпосереднє застосування поняття через систему навчальних завдань визначає рівень знання та вміння щодо володіння, оперування даним поняттям, застосування в аналогічних чи нестандартних ситуаціях. Сюди ж відносимо всі операції формування розумових дій, які є обов'язковими на кожному навчальному занятті в процесі застосування чи формування будь-яких понять.

Розглянемо можливість виокремлення та застосування опорних понять під час вивчення хімії на прикладі формування поняття про оксиди.

Проведення системно-структурного аналізу поняття «оксиди», що представлено Н.М.Буринською у сучасному підручнику з хімії для 8 класу («Оксиди – це складні речовини, утворені двома елементами, одним з яких є Оксиген із ступенем окиснення -2» [40, 13]), дало нам змогу виокремити наступні основні опорні поняття, серед яких є родові (складні речовини) і видові ознаки (два елементи, одним з яких є Оксиген із ступенем окиснення -2). Подальший аналіз основних опорних понять дав нам змогу визначити орієнтовний перелік допоміжних опорних понять, які разом з основними утворюють систему опорних понять, а саме:

- *поняття про оксиди*: прості і складні речовини, хімічний елемент, якісний склад речовини, хімічна формула речовини, індекс, Оксиген, ступінь окиснення, класифікація, спільні та відмінні ознаки, електронейтральність речовини, додатні та від'ємні числа, елементарні математичні операції, спільне кратне, життєвий досвід учнів щодо ознак найбільш поширених речовин тощо;

- *систематичні та тривіальні назви оксидів*: якісний склад речовини, знаки і назви хімічних елементів та їх вимова, корінь та суфікс слова, римські цифри, сталий та змінний ступінь окиснення, життєвий досвід учнів щодо назв найбільш поширених оксидів тощо.

До переліку опорних нами формально не представлені поняття щодо змісту діяльності, проведення основних розумових операцій (порівняння, аналіз, синтез, класифікація, узагальнення), оскільки:

- вони попередньо сформовані в межах інших навчальних предметів і водночас одержують подальший розвиток під час вивчення хімії;

- необхідно мати на увазі їх обов'язкову приховану (латентну) присутність на кожному етапі навчальної діяльності;

- самі хімічні поняття водночас є і засобом розвитку прийомів логічного мислення суб'єктів навчальної діяльності, і – продуктом розумової діяльності під час оперування ними.

Розглянемо можливий варіант методики формування поняття про оксиди з використанням задачного підходу, тобто, коли навчальна діяльність учнів та вчителя спрямована на вирішення окремих завдань, які

упорядковані і утворюють певну систему згідно змісту навчального матеріалу та логіки його вивчення [383].

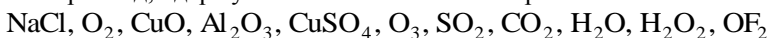
Якщо ми поставимо за мету сформувати в учнів розуміння поняття «оксиди», то вона не буде діагностичною, – оскільки у такому вигляді важко контролювати її реалізацію. Можливий варіант уточнення мети враховує перелік основних ознак, які містить дане поняття: сформувати в учнів розуміння поняття «оксиди» шляхом встановлення та критичного аналізу суттєвих ознак даного поняття, а саме: «оксиди це складні речовини», «оксиди утворені двома елементами», «одним з елементів оксиду є Оксиген», «ступінь окиснення Оксигену –2».

У такому вигляді мета діяльності вчителя та учнів стає діагностичною, тобто можна аналізувати кожен елемент її структури у процесі формування нового поняття. Відповідно ми будували і хід уроку, щоб вказані елементи чітко усвідомлювались учнями. Наприклад, можливий хід уроку, що ми реалізували на практиці, – вчитель на дошці у довільному порядку проводить запис хімічних формул деяких відомих речовин. До переліку речовин ми включали і учнівські пропозиції, щоб у остаточному варіанті було кілька оксидів металічних та неметалічних елементів, прості речовин (обов'язково  $O_2$  і  $O_3$ ), будь-яка відома учням оксигеновісна сіль тощо. Система допоміжних запитань для активізації діяльності учнів (допоміжне опорне поняття – життєвий досвід учнів щодо ознак найбільш поширених речовин):

- кухонна сіль ( $NaCl$ );
- речовина, яка необхідна для дихання усім живим організмам ( $O_2$ );
- речовина, яка утворюється під час прожарювання мідної дротинки на повітрі ( $CuO$ );
- сполука Алюмінію, яка щільно вкриває поверхню металу на повітрі ( $Al_2O_3$ );
- речовина, водний розчин якої має синій колір і застосовується для обприскування винограду ( $CuSO_4$ );
- речовина, яка утворюється з кисню в атмосфері під впливом УФ-випромінювання ( $O_3$ );
- речовина, яка утворюється під час спалювання сірки в атмосфері кисню чи на повітрі ( $SO_2$ );
- речовина, яка утворюється внаслідок спалювання вугілля в атмосфері кисню чи на повітрі ( $CO_2$ );
- речовина, яка є рідиною за звичайних умов, переходить у пару при  $100\text{ }^{\circ}C$ , замерзає при  $0\text{ }^{\circ}C$  ( $H_2O$ );
- речовина, яка містить Гідроген та Оксиген і необхідна для більшості сучасних зачісок ( $H_2O_2$ );

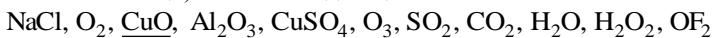
– сполука Оксигену з Флуором ( $\text{OF}_2$ , запише і пропонує сам учитель) тощо.

Наприклад, одержуємо такий остаточний варіант:



Можливі й інші варіації речовин, але загальну кількість недоцільно збільшувати, щоб не розпорошувати увагу учнів.

Наступний крок, – підкреслимо формули речовин, які належать до оксидів – одного з класів неорганічних речовин, що і є об'єктом нашого ознайомлення (можна зауважити, які варіанти класифікацій ми вже знаємо, наприклад, метали і неметали, прості й складні речовини, явища фізичні і хімічні тощо). Записи на дошці:

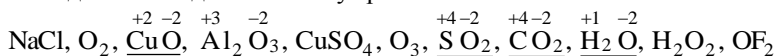


Логічно виникає запитання: «Які спільні ознаки мають речовини, формули яких підкреслені, а отже, й оксиди?». У ході обговорення при необхідності можливі чергові допоміжні запитання вчителя, щоб спрямувати учнів на пошук спільних ознак даних речовин, тобто, суттєвих ознак оксидів: «Скільки елементів містять речовини, формули яких підкреслені?», «До складу речовин входять однакові чи різні елементи?», «Який хімічний елемент завжди входить до складу оксидів?», або «Чому дані речовини називають оксидами?» тощо.

За деякий час нами виокремлено наступні ознаки: оксиди це складні речовини; оксиди утворені двома елементами; одним з елементів оксиду завжди є Оксиген.

Ознака щодо ступеня окиснення Оксигену є прихованою (латентною), а тому її найбільш важко знаходять учні. Наступні допоміжні запитання: «Чому до даного переліку не ввійшли речовини  $\text{H}_2\text{O}_2$  та  $\text{OF}_2$ ?». Доходимо висновку, що перелік попередньо визначених ознак є обов'язковим, але недостатнім, оскільки  $\text{H}_2\text{O}_2$  та  $\text{OF}_2$  мають усі три встановлені ознаки оксидів, але не є оксидами.

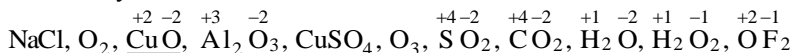
Наступний крок, – спробуємо визначити ступінь окиснення Оксигену в речовинах, які нами підкреслені. Застосовуємо серію допоміжних запитань, які пов'язані з визначенням ступеня окиснення елементів, при цьому акцент – речовина електронейтральна. Результат спільної діяльності дає нам змогу зробити такі записи:



Знову пошук спільної ознаки для підкреслених формул приводить до висновку, що це ступінь окиснення Оксигену  $-2$ .

З точки зору подальшого розвитку критичного мислення логічно виникає запитання щодо ступеня окиснення Оксигену в речовинах  $\text{H}_2\text{O}_2$

та  $\text{OF}_2$  для аргументації їх не входження до класу оксидів. Подальші доповнення у записах на дошці:



Таким чином, усі суттєві ознаки нами встановлені шляхом актуалізації необхідних понять сукупністю основних та допоміжних запитань, які утворюють певну логічну систему, що притаманна об'єкту вивчення.

Наступний крок для усвідомлення і закріплення суттєвих ознак оксидів як нерозривної системи, подальшого розвитку критичного мислення, вміння аргументувати свою думку проводимо на прикладі інших речовин, формули яких записані на дошці. У кожному випадку запитуюмо: «Чому дана речовина не є оксидом?». Перелік прикладів, зрозуміло, розширюємо. Стежимо за тим, щоб учень будував свою відповідь у стилі доведення, яке, на жаль, практично не застосовується на уроках хімії.

- Приклад. Як довести, що дана сполука (наприклад,  $\text{H}_2\text{O}$ ) є оксидом. Розглянемо один з можливих підходів такого доведення.

*Перший етап:* пошук суттєвих ознак оксидів – до складу мають входити два елементи, один з яких Оксиген, ступінь окиснення Оксигену  $-2$ .

*Другий етап:* гіпотеза – щоб довести приналежність речовини до оксидів, необхідно, щоб вона мала три суттєві ознаки, притаманні оксидам, а саме: до складу мають входити два елементи, один з яких Оксиген, ступінь окиснення Оксигену  $-2$ .

*Третій етап:* аналіз хімічної формули речовини (опорні поняття – знаки хімічних елементів, індекс, складні речовини, хімічний елемент, ступінь окиснення, правило електронейтральності речовини, міжпредметні поняття – додатні та від'ємні числа, елементарні математичні операції тощо).

Аналіз хімічного складу:  $\text{H}_2\text{O}$  – два елементи, один з яких Оксиген. Визначення ступеня окиснення Оксигену:  $(+1) \cdot 2 + x = 0; \Rightarrow x = -2$ . Отже,

ступінь окиснення Оксигену  $-2$ :  $\overset{+1}{\text{H}}\overset{-2}{\text{O}}$ . Таким чином, усі три суттєві ознаки, притаманні оксидам, наявні. Отже, дана речовина є оксидом. Аналогічний аналіз у випадку  $\text{H}_2\text{O}_2$  дає змогу встановити, що дана речовина не є оксидом.

*Четвертий етап:* як узагальнення пропонуємо записати формулу оксиду будь-якого хімічного елемента R у загальній формі. Якщо вважати, що ступінь окиснення елемента дорівнює  $+x$ , то в результаті спільного пошуку з учнями класу одержуємо наступну формулу  $\overset{+x}{\text{R}}\overset{-2}{\text{O}}_x$ .

Дослідження показує, що такий аргументований підхід до застосування понять сприяє не тільки їх усвідомленому розумінню, але й формує певні вміння дослідницької діяльності (висування гіпотези, пошук шляху та подальше її доведення, формулювання висновку).

Залучення учнів до постановки запитань по ходу уроку, наведення прикладів тощо, тобто до процесу складання та розв'язування навчальних завдань, посилює пізнавальну спрямованість їх діяльності. При такому підході на уроці переважає не інформаційний, а проблемно-пошуковий характер діяльності, учень безпосередньо разом з учителем відкриває нові сторінки знання. Зазначимо, що є ряд визначень оксидів, які можуть бути предметом критичного аналізу, зокрема науково-методичного аналізу вчителем або навчально-пізнавального навіть на уроці учнями. Наприклад, згідно підручника О.С.Габрієляна [72, 63], оксиди – це складні речовини, які складаються з двох елементів, один з яких – Оксиген. Відсутність тільки однієї ознаки оксиду щодо ступеня окиснення Оксигену, вводить в дане поняття широкий спектр інших сполук, які однозначно не є оксидами. До речі, автор підручника таке визначення пропонує учням відразу після вивчення ними ступеня окиснення [72, 59-63]. Водночас, викладене вище визначення оксидів, згідно Н.М.Буринської [40, 13], можна вважати науково обґрунтованим.

Подальше формування вміння доводити та критично мислити може проходити також через аналіз достатніх та обов'язкових вимог, постановку нових аналогічних чи обернених завдань тощо. Наприклад, довести, що водний розчин алюміній хлориду має кислу реакцію. Можливий як теоретичний, так і експериментальний спосіб доведення. Чи справедливе обернене твердження: якщо водний розчин має кислу реакцію, то це розчин алюміній хлориду? Ні, оскільки кисле середовище у водному розчині притаманне не тільки багатьом іншим солям, а також кислотам.

Інший приклад. Формування вміння з розв'язування задач окремих типів, як правило, зводиться до застосування певних алгоритмів дій. Вважаємо, що така технологія призводить до формування виключно виконавських дій. Але це не означає, що алгоритми не повинні мати місце в навчанні. На нашу думку, це мають бути так звані орієнтувальні алгоритми чи алгоритми планування діяльності. Отже, в даному випадку необхідний широкий аналіз усіх об'єктів навчального завдання та зв'язків між ними, наприклад, назва об'єктів, їх суттєвих ознак, якісна та кількісна характеристика згідно умови завдання, форма якісних (ознаки теоретичних понять, властивості окремих елементів чи речовин, класів сполук тощо) та кількісних (розрахункові формули, відношення між умовою та вимогою завдання) взаємозв'язків між об'єктами завдання тощо.

Технологізація стосується також чіткого підбору засобів навчання (врахування вимог до завдань), їх застосування (етапи) та поточної діагностики. Остання дає змогу проводити коригування навчальної діяльності з метою одержання очікуваного кінцевого результату.

У процесі дослідження ми комплексно вирішували принципи конструювання технології навчання з урахуванням таких основних факторів:

- психолого-дидактичних вимог до відбору та структурування системи завдань;

- психологічної структури навчально-пізнавального процесу;

- методичних підходів для реалізації особистісно зорієнтованого навчання учнів розв'язувати та складати завдання з хімії.

Наприклад, запропонована технологія навчання учнів розв'язувати та складати завдання з хімії, поряд із системним формуванням основ хімічних знань та способами їх творчого застосування, передбачає розгляд історичного розвитку науки, боротьбу ідей, досягнень та помилок учених. Такий підхід у процесі навчання хімії дає змогу:

- формувати в учнів критичне мислення;

- висвітлювати роль хімії у пізнанні природи (формування хімічної картини природи як компонента наукового світогляду);

- розкривати вирішення основних проблем людства (енергетичної, продовольчої, сировинної, екологічної);

- розвивати особистість учня засобами хімії та мотивацію навчання.

Нами враховувались також реальні пізнавальні можливості учнів, що дало змогу реалізувати розвиток особистості у процесі навчання. Зміст завдань з хімії узгоджували із чотириккомпонентним змістом загальної освіти (згідно І.Я.Лернера) і виділяли такі основні напрямки:

- наукові знання про природу, зокрема, методологію хімічного пізнання та хімічну картину природи як вищий рівень узагальнення і систематизації хімічних знань; відомості про речовини (властивості, добування та основи хімічної технології, застосування та значення);

- способи діяльності, обумовлені оперуванням і застосуванням хімічних та хіміко-технологічних знань; інтелектуальні та практичні вміння і навички;

- досвід творчої і проблемно-пошукової (евристичної) діяльності, саморозвитку і самореалізації творчого потенціалу особистості;

- досвід емоційно-ціннісного ставлення до явищ навколишнього світу, хімічних речовин і матеріалів, процесу пізнання і одержаних знань, освіти, самого себе та інших людей.

Дані компоненти включені до розроблених нами навчальних завдань у різних взаємозв'язках, вони спрямовані на реалізацію ідей особистісно зорієнтованого навчання в контексті шкільної хімічної освіти.

**Процесуальний (операційний) компонент (II)** технології навчання (див. рис.4.1) реалізується безпосередньо під час застосування завдань і залежить як від параметрів навчального завдання, так і від рівня навчально-пізнавальної діяльності (див. рис.3.5). У кожному випадку, за результатами наших досліджень, стоїть певна стратегія навчання. Наприклад, на першому (репродуктивному) рівні стратегія зорієнтована на відкриття учням за допомогою вчителя загального методу чи конкретних прийомів розв'язування та складання завдань певного типу, на другому (частково-продуктивному) рівні – навчання розпізнаванню приналежності окремих завдань чи підзавдань до певного типу завдань, що розв'язуються та складаються вже відомими учням методами; на третьому (продуктивному) рівні – навчання методам пошуку розв'язків та складанню завдань; на четвертому (творчому) рівні – навчання самостійної постановки науково-дослідницьких завдань та методам пошуку їх вирішення.

Якщо на першому етапі застосування завдань з хімії в учнів переважають мотиваційно-орієнтувальні дії, на другому – виконавські, то на третьому – контролювально-рефлексивні дії процесуальної складової, але у кожному випадку вони є результатом суб'єкт-суб'єктних навчально-пізнавальних відносин. Рефлексія учнів власної діяльності є, на наш погляд, особливо важливою складовою навчально-пізнавального процесу. Ми погоджуємось з думкою Г.О.Балла, що «одна з особливо важливих дидактичних цілей полягає у тому, щоб розвивати рефлексію учнів, спрямовану на власну навчальну діяльність, і поступово формувати вміння самостійно управляти нею» [18, 146]. Тобто, відбувається поступовий перехід від навчання під керівництвом учителя до самонавчання.

Основні методичні ідеї, які були використані під час навчання учнів розв'язувати та складати завдання з хімії, реалізовані у нашому дослідженні у трьох аспектах – гносеологічному, психолого-педагогічному і хімічному (предметному). Вони зводяться до такого.

#### **Гносеологічний аспект:**

– застосування навчальних завдань з хімії як моделювання процесу пізнання навіть у випадку репродуктивних завдань асоціюється з міні-дослідженням і включає відповідні етапи його аналізу та розв'язування, а тому завдання у навчанні застосовуються на всіх його етапах;

– мінімізація виконавської спрямованості завдань, яка переважно має місце в традиційній шкільній практиці, і посилення творчої (дослідницької) спрямованості навчального процесу шляхом запровадження поєднання розв'язування та конструювання завдань як єдиного нерозривного процесу пізнання;



- поєднання аналізу якісних та кількісних характеристик об'єктів (елемент, речовина, реакція) під час розгляду навчального хімічного завдання як засобу пізнання, що створює передумови для ґрунтовної та багатогранної діяльності, втім числі для розвитку критичного мислення;
- поліфункціональна роль моделювання як методу пізнання під час вибору гіпотез та методів розв'язування навчальних завдань з хімії та засобу їх складання.

#### **Психолого-педагогічний аспект:**

- розв'язування та складання завдань з хімії як реалізація ідеї оборотності з точки зору основних методів та операцій мислення (аналіз і синтез, індукція і дедукція, узагальнення і конкретизація тощо);
- мотивація навчальної діяльності через її особистісно зорієнтований характер, рефлексію її етапів та результатів, усвідомлення учнем значення завдань як засобу самовдосконалення і збагачення життєвого досвіду;
- спрямування навчально-виховного процесу з хімії на формування в учнів системи дій, а не їх фрагментів;
- урахування положень теорії поетапного формування розумових дій шляхом широкого застосування символіко-схематичних та табличних форм представлення хімічних завдань, їх розв'язків як ефективних засобів наочності та матеріалізації мислення;
- застосування зошитів з друкованою основою, що дає змогу навчати учнів використовувати знання у самому процесі їх засвоєння, одночасного виконання завдань з хімії різної складності для учнів з різним рівнем навчальних можливостей;
- підвищення рівня складності завдань за кількома напрямками, зокрема: 1) пропозиції вчителя (підручника, збірника завдань тощо), учнів та результатів їх спільної різнорівневої та багатогранної пізнавальної діяльності (аналітична, репродуктивна, пошукова, експериментальна, ігрова, комунікативна тощо); 2) широка міжтематична та міжпредметна інтеграція; 3) поєднання змісту завдань з текстовими та позатекстовими компонентами підручника тощо;
- застосовуванню учнями знань та вмінь у змінених умовах має передувати їх навчання спрямовувати знання та вміння для зміни цих умов (переформулювання чи модифікація умови, складання нових завдань тощо).

#### **Хімічний аспект:**

- відповідність завдань змісту шкільної хімічної освіти та концентрування його у трьох основних блоках знань: про хімічні елементи, речовини та хімічні реакції. Кожен блок містить окремі взаємозв'язані системи завдань, що призначені для засвоєння відповідних систем понять. Виокремлення блоків узгоджується з ідеєю укрупнення

дидактичних одиниць [488], а також із принципом генералізації змісту навчання. Кожна з систем має спіралеподібний розвиток завдяки ускладненню та урізноманітненню завдань за змістом та способами діяльності, що уможливило інтелектуальний розвиток суб'єктів навчальної діяльності. Наприклад, поняття «хімічний елемент» та «хімічна речовина» нами аналізувались з точки зору статичної та динамічної. У першому випадку вони описуються вченням про будову речовини, у другому – проходить збагачення даних понять на якісно новому рівні через поняття «хімічні реакції», що створює передумови для розгляду хімічних речовин у динаміці завдяки вченню про закономірності перебігу хімічних реакцій. Можна також розглядати переходи статико-динамічні елемент-елемент, речовина-речовина, елемент-речовина з точки зору вчення про періодичну зміну властивостей хімічних елементів та їх сполук;

– засобом генералізації змісту завдань є провідна задача хімічної науки – одержання речовин та матеріалів із заданими властивостями. Проте в сучасних умовах гуманізації хімічної освіти зміст завдань має включати також екологічну складову, оскільки багато екологічних проблем мають хімічну природу, а тому їх можна вирішити методами хімічної науки. Основним критерієм під час відбору змісту завдань є реалізація принципу науковості, доступності, історизму та гуманізації.

На підставі зазначених ідей нами сформовані принципи розв'язування системи навчальних завдань (табл.4.2), які стали подальшим розвитком загальних принципів розв'язування окремих задач В.В.Власова [68, 50]. Ряд принципів нами додано у зв'язку з розглядом не окремих, а системи навчальних завдань, зокрема поєднання розв'язування та складання завдань, мотивації, моделювання, ускладнення, аналогії та оберненості, рефлексії, відкритості та комунікації, принцип дій замінено на принцип інтеграції та генералізації дій, доповнено та уточнено трактування принципів розвитку, поєднання алгоритмізації та евристики, ієрархічності, актуалізації.

Механізмом реалізації розробленої технології є розв'язування та складання навчальних завдань як єдиний та нерозривний процес пізнання. Звідси випливає основне завдання наступного компонента розробленої технології, **управлінського (III)**, – сприяти реалізації зазначеного механізму і спрямовувати навчально-пізнавальну діяльність учнів на всіх етапах застосування завдань. Особливо відзначимо роль управління під час підготовки завдань як учителем на основі аналізу мотиваційно-змістової складової, так і учнями в процесі складання завдань; проведенні поетапної діагностики навчальних досягнень учнів шляхом розробки процедур і засобів моніторингу навчання; внесення відповідних коректив до запропонованих завдань тощо. Зокрема, для усного виконання ми

застосовували прості якісні чи нескладні розрахункові завдання і пропонували їх школярам у процесі пояснення нового матеріалу або як вправи для запам'ятовування способу дій. Ілюстрацію такого підходу наведено нижче на прикладі серії розроблених нами завдань (підрозділ 4.4, завдання 5-12), які застосовували у процесі вивчення відносної молекулярної маси речовини.

Таблиця 4.2

Основні принципи розв'язування системи навчальних завдань з хімії

Найменування	Трактування
Принцип поєднання розв'язування та складання завдань	Розв'язування та складання завдань як єдиний нерозривний процес пізнання
Принцип мотивації	Узгодження мети та усвідомлення потреби пізнавальної діяльності усіма суб'єктами навчального процесу
Принцип моделювання	Моделювання як засіб пізнання та метод розумової діяльності у процесі застосування навчальних завдань
Принцип ускладнення	Застосування системи завдань з поступово зростаючою складністю, трудністю та проблемністю
Принцип аналогії та оберненості	Застосування в системі завдань з аналогічними та оберненими шляхами розв'язування
Принцип рефлексії	Самоконтроль за виконанням окремих дій та операцій для остаточного виконання вимоги завдання; самоаналіз за рівнем знань та сформованих умінь у процесі навчально-пізнавальної діяльності та розв'язування даного завдання зокрема
Принцип відкритості та комунікації	Усі суб'єкти навчальної діяльності вільно обмінюються думками, гіпотезами, завданнями, що дає змогу вихідну (статичну) структуру системи завдань трансформувати у різноманітні динамічні структури
Принцип інтеграції та генералізації дій	Основні підходи до розв'язування завдань (аналітичний, синтетичний чи їх поєднання) формуються та реалізуються за допомогою інтеграції окремих дій та їх модулів з наступною генералізацією і вибором варіанта розв'язку
Принцип розвитку	Джерелом розвитку розв'язування завдання слугують різноманітності між відомими (даними) і шуканими об'єктами за змістом, характером відношень, способом їх виявлення тощо
Принцип повноти розв'язку	Усі процеси розв'язування завдань охоплюються обмеженим числом схем

Найменування	Трактування
Принцип інваріантності	Схеми розв'язування завдань інваріантні їх предметним сферам
Принцип відповідності	Існує відповідність між схемами розв'язування і формальними класами завдань
Принцип одноманітності	Усі схеми розв'язування завдань мають загальну основу, що визначається хімічними законами
Принцип ієрархічності	Будь-яка схема розв'язування завдань включає кілька ієрархічно підпорядкованих рівнів чи послідовності виконання, а саме: аналіз завдання, пошук шляхів розв'язування та їх реалізація, рефлексія діяльності
Принцип взаємозв'язку загального і конкретного	Дії в схемах розв'язування залежно від рівня розв'язування можуть бути загальними і конкретними, останні випливають із відповідних загальних дій
Модульний принцип	На будь-якому рівні розв'язування складається з типових дій – модулів, основними з яких є: аналіз – виділення окремого із загального; синтез – упорядкування частин
Принцип актуалізації	Розв'язування конкретного завдання виходить із схеми підстановки в нього на місце абстрактних об'єктів і відношень конкретних даних, які представлені в умові в явній чи латентній формі
Принцип поєднання алгоритмізації та евристики	Алгоритмізація окремих систем операцій розв'язування (виявлення відношень, характеристика конкретних об'єктів тощо) створює оптимальні умови для евристичної діяльності суб'єкта (поява гіпотез)

У процесі нашого дослідження встановлено, що розроблена технологія навчання дає змогу учневі прискорити навчальні дії, оскільки під час складання та розв'язування аналогічних і обернених завдань він витрачає менше часу на аналіз останніх. У випадку традиційної методики запис умови задачі проводиться двічі (другий раз, наприклад, за рівнянням реакції), на що витрачається додатковий час, а розуміння змісту задачі від цього не полегшується.

Отже, управлінська складова технології навчання через підготовку завдань, моніторинг їх застосування створює умови замкненого (циклічного) управління. Такий підхід забезпечує, з одного боку, неперервність навчально-пізнавального процесу, а з іншого боку, – відкритість та неповторюваність, оскільки відбувається взаємодія всіх трьох компонентів технології навчання. Це в свою чергу уможливорює реалізацію саморозвитку і самовдосконалення усіх суб'єктів навчального процесу та технології навчання в цілому.

Розроблена нами дидактична модель організаційної структури застосування завдань з хімії (див. рис.4.1) розкриває відповідні основні напрямки навчально-пізнавальної діяльності (рис.4.2) [369]. З цих напрямків жоден не виступає у чистому вигляді як у середній, так і у вищій школі. Як правило, традиційні контакти вчитель-учень (учень як приклад навчальної одиниці чи суб'єкт навчання) або викладач-студент здійснюються завдяки широкому спектру засобів навчання та пізнання. Проте головна дійова особа – це природа, яка фігурує в усіх природничих дисциплінах. Якщо в такій системі переважає діяльність у напрямках 1 та 2, то вчитель (викладач), насамперед, є вченим-дослідником, який широко використовує різноманітні засоби пізнання природи. Результати своїх досліджень він представляє в наукових публікаціях, спілкується з колегами (7, 8) тощо. Поступово він формує наукову школу з своїх учнів – послідовників (3, 4), які здатні до самостійних навчально-пізнавальних контактів (5, 6).

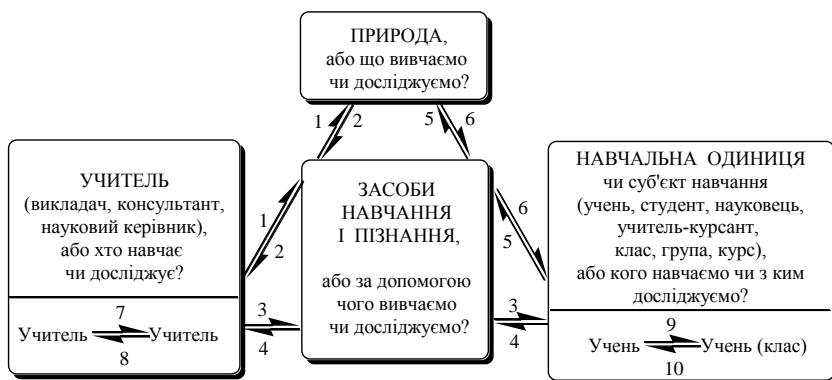


Рис.4.2. Схема навчально-пізнавального процесу під час вивчення природничих дисциплін (1-10 – основні напрямки навчально-пізнавальної діяльності та відповідні взаємодії)

Наукова діяльність викладача вищих навчальних закладів у напрямках 1-2 доповнюється активною педагогічною діяльністю в напрямках 3-4 (наприклад, хімія як наука і як навчальний предмет). Взаємодії 5-6 сприяють частковому чи повністю самостійному вивченню навчального матеріалу за допомогою підручників та інших посібників, комп'ютерних програм, спостережень, дослідів тощо. Але вчитель-викладач існує і тут. Це автор підручника чи монографії, який заочно або стаціонарно спілкується з учнем (студентом, аспірантом і т.п.) шляхом

постановки певних завдань для самостійної роботи. У підручників з'являється нова функція – функція самоосвіти. Ціла мережа навчальних закладів реалізує заочну, дистанційну форму навчання. Навіть в системі шкільної освіти існує екстернат, Мала Академія Наук, що передбачають різні форми діяльності учнів. Зрозуміло, що частка та рівень взаємодій 5-6 у напрямку: учень→студент→аспірант→докторант і т.п. суттєво зростає.

Аналогічна структура взаємодій (рис.4.2) характерна і на шкільному рівні, але ефективне її функціонування можливе за умови гармонійного поєднання діяльності вчителя і учнів в усіх напрямках з широким використанням комплексу засобів навчання і пізнання, серед яких важливу роль відіграють різноманітні завдання. Напрямки 3-4 характеризуються найбільшою часткою навчально-пізнавальних взаємодій, що виникають на шкільному рівні. Завдяки взаємодіям 3 проходить процес викладання – передача інформації, формування знань та умінь, одночасно це і процес розвитку та виховання; 4 – відтворення вихідної інформації у формі різноманітних результатів діяльності учня. Можливі різні варіанти реалізації етапу передачі інформації (форми, методи, прийоми). Наприклад, для молодих учителів найбільш характерна форма уроку – розповідь або, в кращому випадку, розповідь з елементами бесіди. На таких майже монологічних уроках переважно лунає голос вчителя: пояснює, розповідає, дає завдання, демонструє, доповнює і коментує відповіді учнів, виправляє помилки. Взаємодії 4 (учень→учитель) другорядні за таких обставин, а тому їх результативність незначна, досить часто вони просто формальні. Вчитель не створює належні умови для постійного зворотного зв'язку з учнями класу, а тому в нього нема можливості коригувати перебіг уроку. За такого підходу вчитель недооцінює потенціальні можливості учнів класу або просто не робить спроб у реалізації таких можливостей. Як наслідок, виникає формалізм у знаннях – механічне заучування без розуміння суті явищ, понять, законів, формул тощо. Учні можуть навіть давати правильні відповіді на запропоновані вчителем завдання, але без пояснення, обґрунтування, доведення. Урок перетворюється для учнів у рутинну працю або, в кращому випадку, – в жорсткий алгоритм. Розвиток учнів на таких уроках незначний, аналогічно нема і значного розвитку вчителя, його педагогічної майстерності, оскільки він працює стереотипно в напрямках 1-4. Кожен вчитель підсвідомо відтворює в своїй педагогічній діяльності стереотип особистого шкільного чи вузівського навчального життя.

У напрямку пояснювально-ілюстративні → частково-пошукові → дослідницькі методи навчання зростає їх вплив на результативність уроку, розвиток учнів. Посилюється активність навчальних взаємодій 3-4

учитель↔учень (клас), і рівновага поступово зсувається вліво, учні більше відповідають, пояснюють, аналізують, дискутують тощо. З'являються і навчальні взаємодії між учнями (9-10), які координує вчитель. Учні доповнюють один одного, задають запитання, виправляють та рецензують відповіді і т.п. Діяльність вчителя різко ускладнюється, – він не просто працює, а творить, імпровізує як досвідчений шахматист. Різниця тільки в тому, що шахматист на кожен наступний хід може витратити чималий час для міркування, а у вчителя є в запасі, в кращому випадку, кілька секунд, а здебільшого рішення потрібно приймати миттєво. До таких уроків вчителі ретельно готуються, що, безумовно, сприяє підвищенню їх науково-технічного, психолого-педагогічного та загально-культурного рівня. Таким чином, це обумовлює інтенсивнішу діяльність учителя в напрямках 1-2. Як результат, – численні методичні системи вчителів-новаторів з хімії, зокрема М.П.Гузика, А.О.Белікова, О.В.Березан, А.І.Сологуба, Ю.Г.Шмуклера та багатьох інших. Відбувається суттєве збагачення самої системи засобів навчання завдяки появі цілої низки національних чинних та експериментальних підручників, широкого спектру інших навчальних видань учених, методистів, вчителів.

Звідси доходимо висновку про необхідність посиленої професійної підготовки вчителів в аспекті моделювання можливих ситуацій практичної діяльності, розширення частки педагогічної практики в навчальному процесі. Однією з основних умов для творчої діяльності вчителя хімії є уникнення стереотипів під час його підготовки у вищих навчальних закладах та подальшій перепідготовки, на що нами вказано в працях [385; 386; 451; 520].

Нами встановлено, що складання завдань дає змогу реалізувати ідеї особистісно зорієнтованого навчання. Завдання за умови їх комплексного використання (аналіз умови та можливих способів розв'язування, складання завдань на основі матеріалу підручника та інших засобів навчання чи інформації взагалі тощо) стають потужним джерелом розвитку мислення особистості, виховання, мотивації навчання. За такого підходу до виконання завдань як методу навчання і пізнання навколишнього світу зростає роль особистості в прийнятті рішень. Це реалізується не тільки у формальній фіксації (запису) складеного чи відповіді виконаного завдання, – це завершальний етап у кожному випадку. Прийняття рішень має місце також під час проведення спостережень та їх аналізу, під час роботи з навчальною та довідковою літературою, інших можливих життєвих ситуацій. Відбувається систематична фільтрація широкого політематичного інформаційного потоку, який концентрується учнем у запитаннях і задачах. Зазначений

підхід дає змогу максимально розкрити і реалізувати внутрішні уподобання та нахили учня, які він представляє у виборі тематики завдань (наприклад, хімічні задачі з історичним, біологічним, медичним та іншим змістом) та їх форми (завдання текстові, завдання-малюнки, завдання-пантоміми, завдання-вірші тощо).

Таким чином, на нашу думку, схема В.П.Беспалька [23, 55] може бути доповнена складанням завдань, які є подібними до пропонуванних у навчальних посібниках. Такий вид діяльності ми відносимо до продуктивної; він відповідатиме третьому рівню, згідно визначення В.П.Беспалька. Якщо ж у процесі складання завдань створюються принципово нові види задачних конструкцій, то це вже діяльність четвертого – творчого (дослідницького) рівня. Отже, складання навчальних завдань також містить елементи дослідницької діяльності.

Навчальні взаємодії (контакти) 9-10 учень↔учень (клас) значно посилюються, а також зростає їх рівень у різних аспектах – за змістом, формами та ін. Здебільшого це творчі, продуктивні взаємодії, дискусії, оскільки кожен учень може і прагне запропонувати авторський варіант завдання чи відповіді. Зазначена форма роботи активізує розумову діяльність, розвиток учнів. Посилення навчально-пізнавальних взаємодій 5-6 виявляється в самонавчанні, роботі з додатковою літературою, використанні міжпредметних зв'язків. Поступово частина функцій вчителя переходить до учнів класу (розробка завдань та їх представлення, обговорення відповідей чи гіпотез розв'язування, виявлення помилок та їх аналіз тощо). За таких обставин суттєво зростає роль учителя, – він і керівник навчальних взаємодій, і їх учасник (самостійний пошук розв'язків, участь у дискусіях), і вчитель (пояснення, коментарі, оцінювання учнів). Це зумовлює продуктивнішу його діяльність у напрямках 1-2 і дає змогу ефективніше працювати в напрямках 3-4. В учнів виникає внутрішня мотивація навчально-пізнавальної діяльності, проба власного «Я» в різних ситуаціях. Таким чином, зміст навчального матеріалу з хімії стає не самоціллю, а засобом реалізації продуктивної діяльності учнів на уроках. Відбуваються кількісні зміни, – зростає кількість навчально-пізнавальних контактів в усіх напрямках під час виконання творчих та розробки різноманітних завдань, а це спричинює зміни якісні, – створення атмосфери продуктивної діяльності на уроці, передумовою та наслідком якої є постійний розвиток учителя та учня.



### 4.3. Експериментальне навчання учнів розв'язувати та складати завдання з хімії

У даному підрозділі розглянемо на конкретних прикладах реалізацію пропонованих методичних підходів навчання учнів розв'язувати та складати завдання з хімії.

#### 4.3.1. Застосування навчальних завдань на основі хімічних формул речовин або їх встановлення

Для подальшого розгляду введемо такі скорочення: ХФР – хімічна формула речовини, ХЕ – хімічний елемент, РХР – рівняння хімічної реакції.

Хімічні символи та формули – це і об'єкт вивчення в шкільному курсі хімії, і засіб здобуття подальшої інформації. Розглянемо деякі можливі підходи на цьому шляху у процесі використання якісних та розрахункових завдань.

Перші та наступні розрахункові задачі з використанням хімічних формул речовин, як правило, у практиці вчителів та згідно більшості публікацій [49; 50; 265; 421; 498; 522 та інші], полягають у пошуку відповідної математичної формули, яка ілюструє відношення об'єктів предметної сфери. Проте у процесі дослідження звертали увагу не стільки на розрахунки, скільки на комплексну роботу з такими завданнями (аналіз, переформулювання, конструювання обернених та аналогічних задач, формулювання запитань, пошук надлишкових чи недостатніх даних тощо). За таких умов розрахункові завдання ставали потужним фактором розвитку учнів, і ми уникали «арифметичної хімії», що зводиться до сліпого використання хімічних та математичних формул.

Зрозуміло, що навчання учнів складати завдання з хімії – це тривалий процес. Наша методика передбачає, щоб під час складання завдань учень спочатку аналізував умову всього завдання з учителем і визначав його вид відносно вихідного. Розглянемо найбільш типові види завдань згідно логіки їх розв'язування, з якими знайомили учнів під час вивчення знаків хімічних елементів:

- пряме завдання – вихідне, яке пропонують для виконання. Наприклад, запишіть назви хімічних елементів за їх символами: S, H, O;
- аналогічне завдання – змінюють у вихідному завданні один з відомих параметрів, а об'єкт пошуку залишають без змін. Наприклад, запишіть назви хімічних елементів за їх символами: N, Al тощо.
- обернене завдання – міняють місцями у вихідному завданні відомі та невідомі параметри. Відоме вихідного завдання стає шуканим в оберненому. Наприклад, запишіть символи хімічних елементів за їх назвами: Сульфур, Гідроген, Оксиген, Нітроген, Алюміній.

У працях [367; 370; 387; 391; 392] на основі історичного та системно-структурного дослідження хімічної формули речовини нами визначено перелік можливих прямих та обернених навчальних завдань, які згруповані в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Навчальні завдання  
на основі хімічних формул речовин або їх встановлення

№	Завдання пряме	Завдання обернене
1	Назва речовини за хімічною формулою	Встановлення ХФР за її назвою
2	Визначення якісного складу речовини	Встановлення ХФР за відомими ХЕ (символи чи їх назви)
3	Класифікація речовин	Встановлення можливої ХФР чи групи речовин за суттєвими чи загальними ознаками
4	Визначення валентності та ступеня окиснення атомів хімічних елементів у сполуці	Встановлення можливої ХФР за валентністю чи ступенем окиснення ХЕ
5	Серія завдань, що базується на теорії будови речовини	В залежності від підзавдання 5.1-5.3: визначення ХФР конкретної чи загальної за параметрами будови даної речовини чи групи речовин (вид хімічного зв'язку, тип кристалічної ґратки, структурна формула речовини тощо)
5.1	Визначення можливого типу хімічного зв'язку в речовині на основі аналізу будови атомів хімічних елементів	
5.2	Визначення числа і виду електронів, які беруть участь в утворенні хімічного зв'язку	
5.3	Складання електронної, структурної та інших формул речовини	
6	Обчислення відносної молекулярної ( $M_r$ ) та молярної маси речовини ( $M$ )	В залежності від підзавдання 6.1-6.2: встановлення ХФР тощо
6.1	Обчислення $M$ ( $M_r$ ) речовини за ХФР	
6.2	Обчислення $M$ ( $M_r$ ) газової суміші (або суміші нуклідів)	
7	Обчислення молярної маси еквівалента речовини в хімічній реакції	Обчислення молярної маси речовини за молярною масою її еквівалента чи складових хімічних елементів і встановлення ХФР тощо

Продовження табл. 4.3

№	Завдання пряме	Завдання обернене
8	Визначення кількісного складу речовини (число атомів, кількість речовини хімічних елементів, відношення вказаних величин)	Знаходження ХФР за числом атомів, кількістю речовини елементів, їх відношенням тощо
9	Обчислення масових співвідношень між хімічними елементами	Знаходження найпростішої ХФР за співвідношенням мас ХЕ
10	Обчислення масових часток елементів (W) у речовині	Знаходження ХФР за масовими частками ХЕ
11	Обчислення густини речовини (як правило, у газуватому стані) за молярним об'ємом	Обчислення молярної маси речовини за густиною і молярним об'ємом; обчислення молярного об'єму за густиною і молярною масою речовини
12	Обчислення відносної густини газуватої речовини	Обчислення молярної маси за відотною густиною речовини і встановлення можливої ХФР тощо
13	Обчислення маси структурної одиниці речовини (атом, молекула, йон)	Обчислення молярної маси і встановлення можливої ХФР за масою структурної одиниці речовини
14	Обчислення маси речовини	В залежності від підзавдання 14.1-14.6: обчислення кількості речовини (або наступний крок – числа будь-яких структурних одиниць речовини) за масою і молярною масою речовини; обчислення кількості речовини (або наступний крок – числа будь-яких структурних одиниць речовини) за відомими параметрами, що дають змогу обчислити масу речовини (наприклад, за густиною і об'ємом) та її молярну масу (наприклад, за відотною густиною) тощо
14.1	Обчислення маси речовини за кількістю речовини	
14.2	Обчислення маси речовини за числом структурних одиниць речовини (атом, молекула, йон)	
14.3	Обчислення маси речовини за масою, або кількістю речовини, або числом структурних одиниць одного з хімічних елементів у складі речовини	
14.4	Обчислення маси газуватої речовини за її об'ємом (н.у.)	
14.5	Обчислення маси речовини за молярною теплою її утворення ( $Q_m$ ) і теплою утворення ( $Q$ ) для відомої кількості речовини	

Наведені завдання не є окремими типами чи видами, а утворюють цілісний широкий спектр і логічно впливають із відомостей на основі відомої хімічної формули речовини. Проаналізуємо деякі з наведених прямих та обернених завдань, можливі шляхи варіації форми їх представлення та ускладнення на конкретних прикладах.

Нумерація прикладів (перша цифра) відповідає нумерації завдань, що наведені в табл.4.3.

Завдання 3 (табл.4.3).

• Приклад 3.1 (пряме завдання). До яких класів речовин можна віднести воду?

Відповідь:  $H_2O$  – складна речовина, неорганічна речовина, оксид тощо.

Завдання на класифікацію різноманітних хімічних об'єктів (3, табл.4.3) є винятково важливими, оскільки їх застосування сприяє формуванню знань і розвитку розумових операцій аналізу і синтезу, порівняння, узагальнення, пошуку суттєвих і загальних ознак хімічних речовин, їх класифікації і систематизації тощо.

• Приклад 3.2 (обернене завдання до 3.1). Вкажіть формулу складної неорганічної речовини, рідкої за звичайних умов:  $H_2O$ ;  $H_2$ ;  $H_2S$ ;  $CH_2O$ ;  $CH_3OH$ . Відповідь:  $H_2O$ .

Встановлення ХФР можна проводити за комбінованими відомостями про елементи та речовини. Це широке коло завдань, спрямованих на конкретизацію понять чи їх встановлення; на порівняння окремих речовин, їх груп та класів; пошук різних класифікаційних ознак, закономірностей; знання властивостей речовин, їх застосування та добування; використання історичних, екологічних та інших цікавих відомостей. Завдання цього виду широко використовуються нами як у навчальному процесі, так і позакласних заходах. Для них характерні як текстові, так і інші форми представлення завдань. У дослідженні ми змінювали традиційну виключно текстову форму.

• Приклад 3.3 (пряме завдання). Визначте і вкажіть на місці знаків питання невідомі об'єкти (числа та ін.) відповідно до закономірності у кожному рядку:

1)	<table border="1"><tr><td><math>H_2O</math></td><td>18</td></tr><tr><td><math>CH_4</math></td><td>16</td></tr><tr><td><math>H_2</math></td><td>?</td></tr></table>	$H_2O$	18	$CH_4$	16	$H_2$	?	2)	<table border="1"><tr><td><math>H_2O</math></td><td>3</td></tr><tr><td><math>CH_4</math></td><td>5</td></tr><tr><td><math>H_2</math></td><td>?</td></tr></table>	$H_2O$	3	$CH_4$	5	$H_2$	?	3)	<table border="1"><tr><td><math>H_2O</math></td><td>2</td></tr><tr><td><math>CH_4</math></td><td>4</td></tr><tr><td><math>H_2</math></td><td>?</td></tr></table>	$H_2O$	2	$CH_4$	4	$H_2$	?	4)	<table border="1"><tr><td><math>H_2O</math></td><td>4</td></tr><tr><td><math>CH_4</math></td><td>5</td></tr><tr><td><math>H_2</math></td><td>?</td></tr></table>	$H_2O$	4	$CH_4$	5	$H_2$	?
$H_2O$	18																														
$CH_4$	16																														
$H_2$	?																														
$H_2O$	3																														
$CH_4$	5																														
$H_2$	?																														
$H_2O$	2																														
$CH_4$	4																														
$H_2$	?																														
$H_2O$	4																														
$CH_4$	5																														
$H_2$	?																														

Відповідь:

- 1) 2 (відносна молекулярна маса речовини  $M_r$ );
- 2) 2 (число атомів в молекулі);
- 3) 2 (число атомів Гідрогену в молекулі);
- 4) 6 (число літер у назві, вода – 4, метан – 5, водень – 6).

• Приклад 3.4 (обернене завдання до 3.3). Визначте і вкажіть на місці знаків питання невідомі хімічні формули відповідно до закономірності у кожному рядку:

1)	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>H<sub>2</sub>O</td><td>18</td></tr><tr><td>CH<sub>4</sub></td><td>16</td></tr><tr><td>?</td><td>2</td></tr></table>	H <sub>2</sub> O	18	CH <sub>4</sub>	16	?	2
H <sub>2</sub> O	18						
CH <sub>4</sub>	16						
?	2						

2)	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>H<sub>2</sub>O</td><td>3</td></tr><tr><td>CH<sub>4</sub></td><td>5</td></tr><tr><td>?</td><td>2</td></tr></table>	H <sub>2</sub> O	3	CH <sub>4</sub>	5	?	2
H <sub>2</sub> O	3						
CH <sub>4</sub>	5						
?	2						

3)	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>H<sub>2</sub>O</td><td>2</td></tr><tr><td>CH<sub>4</sub></td><td>4</td></tr><tr><td>?</td><td>2</td></tr></table>	H <sub>2</sub> O	2	CH <sub>4</sub>	4	?	2
H <sub>2</sub> O	2						
CH <sub>4</sub>	4						
?	2						

4)	<table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>H<sub>2</sub>O</td><td>4</td></tr><tr><td>CH<sub>4</sub></td><td>5</td></tr><tr><td>?</td><td>6</td></tr></table>	H <sub>2</sub> O	4	CH <sub>4</sub>	5	?	6
H <sub>2</sub> O	4						
CH <sub>4</sub>	5						
?	6						

Деякі відповіді оберненого завдання (2-4) поліваріантні:

- 1) H<sub>2</sub> (ХФР↔M<sub>r</sub>);
- 2) H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> та ін. (ХФР↔число атомів у молекулі);
- 3) H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> тощо (ХФР↔число атомів Гідрогену в молекулі);
- 4) H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> (ХФР↔ число літер у назві).

• Приклад 3.5. Визначте закономірність розміщення ХФР і напишіть пропущені формули: Si, SiO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>, P, ..., H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ..., SO<sub>3</sub>, ... .

Відповідь: закономірність – неметал, відповідний вищий оксид, гідрат оксиду, або відповідна кислота. Таким чином, пропущені ХФР – фосфор(V) оксид P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, сірка S, сульфатна кислота H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

• Приклад 3.6. У кожному випадку дві речовини мають спільну ознаку, а третя – ні. Визначте спільну ознаку та зайву речовину («білу ворону»).

Варіант	Речовини	Відповідь (деякі варіанти)	
		Спільна ознака двох речовин	«Біла ворона»
1	H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Прості речовини	H <sub>2</sub> O
2	H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	У газуватому стані легші за повітря	O <sub>2</sub>
3	H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Складові компоненти повітря	H <sub>2</sub>
4	H <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	Гази (за звичайних умов)	H <sub>2</sub> O

Завдання 4 (табл.4.3). Для виконання завдань на визначення валентності та ступеня окиснення атомів хімічних елементів у сполуці опубліковані численні алгоритмічні вказівки, які націлюють школярів на заучування догматичних правил. Наша методика передбачає розв'язування таких завдань проводити шляхом логічного усвідомлення, спрямованого на розвиток учнів.

Розглянемо недостатньо типові для шкільної практики деякі обернені завдання, які можна вивести на основі системно-структурного аналізу хімічної формули речовини. Якщо хімічні елементи, які утворюють речовину, невідомі, то однозначно встановити їх за валентністю чи ступенем окиснення неможливо, оскільки одне й те саме значення можуть мати кілька елементів. Для однозначно відповіді до тексту завдання необхідно вносити додаткову інформацію. Без зазначеного доповнення такі конструкції можуть бути основою для завдань на встановлення загальних формул або перехід від загальних до

конкретних (приклад 4.1), що приведе в останньому випадку до поліваріантних відповідей.

• Приклад 4.1. Напишіть формули оксидів, які мають загальну формулу  $EO_2$ .

Хід розв'язку: оксид  $\rightarrow$  ступінь окиснення Оксигену(-2)  $\rightarrow$  ступінь окиснення елемента E(+4)  $\rightarrow$  можливі елементи  $\rightarrow$  C, Si, Ge та ін. У даному прикладі ступінь окиснення елемента входить до складу латентної (прихованої) умови. Подальший аналіз розв'язків дає можливість сформулювати варіанти наступних завдань (приклади 4.2-4.4).

• Приклад 4.2. Запишіть загальну формулу оксиду для таких речовин  $CO_2$ ,  $SiO_2$ ,  $GeO_2$ . Відповідь:  $EO_2$ .

• Приклад 4.3. Запишіть загальну формулу оксиду, якщо ступінь окиснення елемента дорівнює +4. Відповідь:  $EO_2$ .

Ускладнення вихідного прикладу шляхом переходу від загального до конкретного, від оксидів до сполук Оксигену приводить до поліваріантних відповідей.

• Приклад 4.4. Напишіть формули сполук Оксигену, які мають таку загальну формулу  $EO_2$ . Можливі відповіді: оксид ( $SO_2$ ), пероксид ( $BaO_2$ ), надпероксид ( $KO_2$ ).

Розглянемо приклад на кмітливість, який також має ряд відповідей.

• Приклад 4.5. Визначте формули хімічних речовин, які послідовно представлені в даному ряді  $\boxed{Ca\ H\ 2\ S\ O\ 3}$  відповідними символами елементів та індексами. Відповідь: 1) Ca,  $H_2$ , S,  $O_3$ ; 2) Ca,  $H_2S$ ,  $O_3$ ; 3) Ca,  $H_2SO_3$ ; 4)  $CaH_2$ ,  $SO_3$ ; 5)  $CaH_2$ , S,  $O_3$ ; 6) Ca,  $H_2$ ,  $SO_3$ .

Наступний приклад (модифікація попереднього) ми пропонуємо виконувати на швидкість чи запис максимального числа хімічних формул речовин за певний проміжок часу.

Приклад 4.6. Із наведених символів хімічних елементів та індексів спробуйте написати хімічні формули речовин, що складаються з 1, 2, 3 та 4 хімічних елементів:  $\boxed{H, S, Ca, O, 1, 2, 3}$ .

Завдання 6 (табл.4.3). Розглянемо завдання на доведення, які є надзвичайно рідкісними в шкільній практиці, що нами було зазначено в [378; 398].

• Приклад 6.1. Доведемо твердження, що чисельне значення молярної маси речовини дорівнює її відносній молекулярній масі.

На початку використаємо поняття «відносна молекулярна маса», а далі – «молярна маса»:

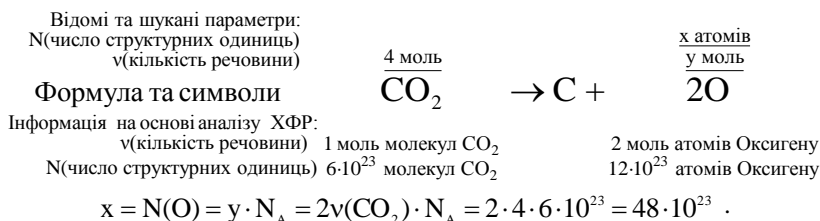
$$M_r(A) = \frac{m_0(A)}{\frac{1}{12} \cdot m_0(^{12}C)} = \frac{m_0(A) \cdot N_A}{\frac{1}{12} \cdot m_0(^{12}C) \cdot N_A} = \frac{M(A)}{\frac{1}{12} \cdot M(^{12}C)} = \frac{M(A)}{\frac{1}{12} \cdot 12} = |M(A)|$$

У ході дослідження широко застосовували підручник з хімії як джерело для складання різноманітних завдань.

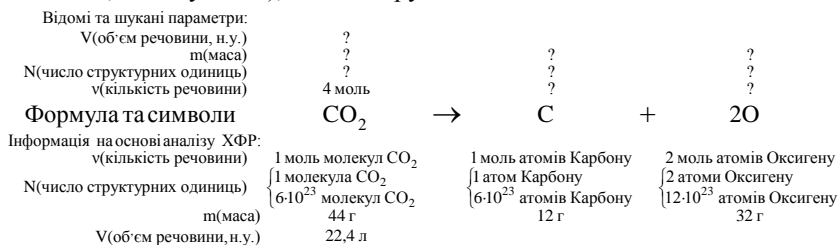
Завдання 8 (табл.4.3).

• Приклад 8.1 (пряме завдання, задача підручника з хімії [35, 60]).  
Яке число атомів Оксигену містить вуглекислий газ  $\text{CO}_2$  кількістю речовини 4 моль?

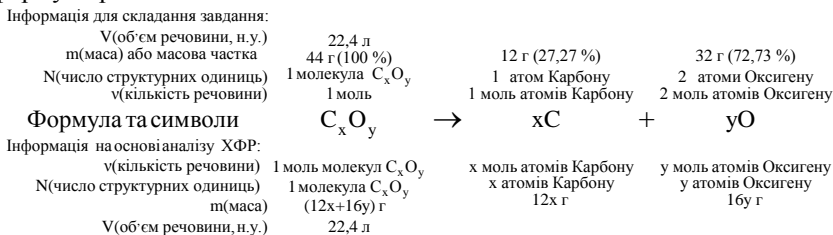
Схема можливого розв'язку:



У процесі обговорення розв'язаної задачі доходимо з учнями висновку, що на основі її умови можна визначати й інші параметри (об'єм вуглекислого газу за н.у., кількість речовини складових хімічних елементів, їх масу тощо), що ілюструє подана схема:



На основі інформації про речовину та складові хімічні елементи спрямовуємо учнів на деякі обернені завдання для встановлення хімічної формули речовини:



Завдання 10 (табл.4.3).

Оскільки в шкільному курсі хімії обернені завдання на встановлення хімічної формули речовини за відомими масовими частками хімічних елементів досить поширені, розглянемо їх детальніше. В різних

посібниках [16; 20; 293 та ін.] розглядається алгоритмічний підхід до встановлення складу речовини за відомими масовими частками хімічних елементів. Наші методичні підходи спрямовані на логічне виведення усіх розрахункових формул через пояснення вчителя чи завдання для учнів.

• Приклад 10.1. Покажіть, що для встановлення найпростішої формули речовини  $A_xB_y$ , справедливе таке рівняння:

$$x : y = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)} = \nu(A) : \nu(B)$$

Розв'язування: у сполучі  $A_xB_y$  масові частки елементів дорівнюють:

$$w(A) = \frac{x \cdot A_r(A)}{M_r(A_xB_y)}, \quad w(B) = \frac{y \cdot A_r(B)}{M_r(A_xB_y)}. \quad \text{Відповідно} \quad \text{знаходимо}$$

$$x = \frac{w(A) \cdot M_r(A_xB_y)}{A_r(A)}, \quad y = \frac{w(B) \cdot M_r(A_xB_y)}{A_r(B)}. \quad \text{Знаходження} \quad \text{індексів,}$$

таким чином, можливе за відомими масовими частками елементів та відносною молекулярною масою або іншими параметрами, які дають змогу розрахувати  $w(A)$ ,  $w(B)$  і  $M_r(A_xB_y)$ . Звідси впливає найбільш поширений спосіб встановлення найпростішої формули речовини через співвідношення індексів:

$$x : y = \frac{w(A) \cdot M_r(A_xB_y)}{A_r(A)} : \frac{w(B) \cdot M_r(A_xB_y)}{A_r(B)} = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)}.$$

Якщо формула невідомої речовини  $A_xB_y$ , то справедливе відношення  $m(A) : m(B) = xA_r(A) : yA_r(B)$ , яке можна представити у такій формі:

$$x : y = \frac{m(A)}{A_r(A)} : \frac{m(B)}{A_r(B)}$$

Під час розв'язування використовуємо знайоме школярам опорне поняття «кількість речовини» і одержуємо спільно з учнями іншу, не менш поширену, форму рівняння для встановлення найпростішої формули речовини:

$$x : y = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)} = \frac{m(A)}{A_r(A) \cdot m(A_xB_y)} : \frac{m(B)}{A_r(B) \cdot m(A_xB_y)} =$$

$$= \frac{m(A)}{A_r(A)} : \frac{m(B)}{A_r(B)} = \frac{m(A)}{M(A)} : \frac{m(B)}{M(B)} = \nu(A) : \nu(B)$$

На завершальне відношення спрямовуємо учнів і таким чином:

$$x : y = N(A) : N(B) = \frac{N(A)}{N_A} : \frac{N(B)}{N_A} = \nu(A) : \nu(B).$$



До умови обернених завдань ми вводили результати, які одержані під час визначення масових часток елементів у речовині чи інших відомостей на основі відомої хімічної формули (пряма задача). Для прикладу наводимо розроблене нами багатоваріантне завдання, яке є ілюстрацією табличної форми навчальних завдань (табл.4.4).

• Приклад 10.2 (багатоваріантне завдання). Проаналізуйте в таблиці пряму (вихідну) та аналогічну задачу на обчислення масової частки хімічного елемента в речовині, а також обернені задачі та встановлення ХФР. Сформулюйте відповідну умову задачі у кожному випадку.

Варіант	Речовина	Масова частка XE	Характеристика задачі
1	CO <sub>2</sub>	W(C)=?	Пряма (вихідна)
2	XO <sub>2</sub>	W(X)=0,2727	Обернена
3	CX <sub>2</sub>	W(C)=0,2727	Обернена
4	CO <sub>x</sub>	W(C)= 0,2727	Обернена
5	CO <sub>2</sub>	W(O)=?	Аналогічна
6	CX <sub>2</sub>	W(X)=0,7273	Аналогічна обернена
7	CO <sub>x</sub>	W(O)=0,7273	Аналогічна обернена
8	XO <sub>2</sub>	W(O)=0,7273	Аналогічна обернена

Вихідне завдання (з використанням табл.4.4): визначте масову частку хімічного елемента у відомій речовині (табл.4.4, остання колонка).

Обернене завдання: для встановлення хімічної формули невідомої речовини в табл. 4.4 представлена масова частка одного з елементів у кожному варіанті. Визначте невідомі речовини та сформулюйте можливу умову завдання. Самостійно складіть аналогічні та обернені завдання.

Таблиця 4.4

Приклад багатоваріантного завдання для встановлення хімічної формули невідомої речовини

Варіант	Невідома речовина	Масова частка	Відома речовина
1	XO <sub>2</sub>	W(X)=0,2727	CO <sub>2</sub>
2	HX	W(X)=0,95	HF
3	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> X <sub>v</sub> O <sub>7</sub>	W(X)=0,4127	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
4	XBr	W(X)=0,0805	LiBr
5	K <sub>2</sub> X	W(X)=0,2909	K <sub>2</sub> S
6	Na <sub>2</sub> SO <sub>x</sub>	W(O)=0,4507	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
7	XSO <sub>3</sub>	W(S)=0,3077	MgSO <sub>3</sub>
8	Ангідрит CaSO <sub>x</sub>	W(Ca)=0,3333	CaSO <sub>4</sub>
9	X(NO <sub>3</sub> ) <sub>v</sub>	W(N)=0,1073	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
10	XPO <sub>4</sub>	W(X)=0,2213	AlPO <sub>4</sub>
11	Cr <sub>x</sub> O <sub>v</sub>	W(O)=0,3158	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>

Варіант	Невідома речовина	Масова частка	Відома речовина
12	X(SCN) <sub>3</sub>	W(X)=0,2435	Fe(SCN) <sub>3</sub>
13	Мідний блиск Cu <sub>2</sub> X	W(Cu)=0,8	Cu <sub>2</sub> S
14	X <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	W(S)=0,1026	Ag <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
15	X(CH <sub>3</sub> COO) <sub>y</sub>	W(X)=0,3552	Zn(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>
16	HgX	W(Hg)=0,9263	HgO
17	Na <sub>2</sub> [X(OH) <sub>4</sub> ]	W(Na)=0,1433	Na <sub>2</sub> [Pb(OH) <sub>4</sub> ]

Зауважимо, якщо пряма задача на встановлення масових часток елементів у сполуці має єдину відповідь, то обернена їй – одну чи декілька.

• Приклад 10.3. Оксид одновалентного елемента містить 11,11 % одного з елементів. Визначте формулу оксиду.

В конструкції даної задачі використані такі основні опорні поняття: «валентність», «оксид» та «масова частка елемента».

Розв'язування: позначимо формулу оксиду E<sub>2</sub>O, оскільки елемент одновалентний, а молярну масу невідомого елемента через x. Якщо відома масова частка Оксигену чи елемента, відповідно одержимо два рівняння і дві відповіді:

$$w(O) = \frac{A_r(O)}{2A_r(E) + A_r(O)} = \frac{16}{2x + 16} = 0,1111; \Rightarrow x = 64 \Rightarrow E \equiv Cu ;$$

$$w(E) = \frac{2A_r(E)}{2A_r(E) + A_r(O)} = \frac{2x}{2x + 16} = 0,1111; \Rightarrow x = 1 \Rightarrow E \equiv H .$$

Таким чином, дане обернене завдання має дві відповіді: купрум(I) оксид Cu<sub>2</sub>O і водень оксид H<sub>2</sub>O. Дослідження показує, що більшість учнів знаходить формулу H<sub>2</sub>O, а окремі з них – Cu<sub>2</sub>O.

Розглянемо приклад подальшого ускладнення завдання, що містить інформацію про масові частки хімічного елемента, проте її недостатньо для встановлення формули речовини [387]. Навчаємо учнів у такому випадку виявляти у змісті завдання латентну умову.

• Приклад 10.4. Масова частка Гідрогену в кислоті становить 1,25 %, є також Фосфор(V) та Оксиген. Визначте формулу кислоти.

Розв'язування.

Позначимо формулу кислоти H<sub>x</sub>P<sub>y</sub>O<sub>z</sub>; масові частки Фосфору та Оксигену відповідно w(P)=y; w(O)=z<sub>1</sub>, або y<sub>1</sub> + z<sub>1</sub> = 100 – 1,25 = 98,75.

Якщо прийемо масу речовини за 100 г, то кількість Гідрогену, Фосфору та Оксигену відповідно рівні (в моль): 1,25/1=1,25; y<sub>1</sub>/31; z<sub>1</sub>/16. Виходячи з принципу електронейтральності речовини (латентна частина умови завдання), можемо скласти рівняння:

$$(+1) \cdot 1,25 + (+5) \cdot y_1/31 + (-2) \cdot z_1/16 = 0.$$

Одержуємо систему двох рівнянь з двома невідомими:

$$\begin{cases} (+1) \cdot 1,25 + (+5) \cdot y_1/31 + (-2) \cdot z_1/16 = 0 \\ y_1 + z_1 = 98,75 \end{cases},$$

розв'язування якої дає змогу встановити масові частки Фосфору (38,75 %) та Оксигену (60,00 %), а подальше розв'язування стає вже традиційним і отримуємо формулу  $\text{HPO}_3$ .

Завдання 13 (табл.4.3).

• Приклад 13.1 (задача з підручника хімії [35, 36]). Маса атома Флуору становить  $3,15481 \cdot 10^{-23}$  г. Визначте відносну атомну масу Флуору, якщо  $\text{а.о.м.} = 1,66057 \cdot 10^{-24}$  г.

Для обчислень використаємо три значущі цифри:

$$A_r(\text{F}) = \frac{m_0(\text{F})}{\text{а.о.м.}} = \frac{3,15 \cdot 10^{-23} \text{ г}}{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}} \approx 19,0 \text{ (а.о.м.)}.$$

На основі аналізу розв'язку задачі доповнюємо її умову запитанням до учнів: «Які додаткові обчислення можна провести на основі інформації задачі?». Встановлюємо, наприклад, обчислення маси атома Карбону (в подальших темах уточнюємо – маси атома Карбону-12):

$$m_0(\text{C}) = 12 \cdot \text{а.о.м.} = 12 \cdot 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} \approx 19,9 \cdot 10^{-24} \text{ г}$$

У ході подальшого обговорення з учнями доходимо висновку, що відносно вихідної задачі підручника можливі такі обернені задачі:

- обчислення маси атома Флуору, якщо його відносна атомна маса дорівнює  $A_r(\text{F})=19$ , а  $\text{а.о.м.} \approx 1,66 \cdot 10^{-24}$  г ;
- обчислення величини атомної одиниці маси, якщо відносна атомна маса Флуору  $A_r(\text{F})=19$ , а маса атома Флуору  $m_0(\text{F})=3,15 \cdot 10^{-23}$  г.
- обчислення маси атома Карбону, якщо відносна атомна маса Флуору  $A_r(\text{F})=19$ , Карбону  $A_r(\text{C})=12$ , а маса атома Флуору  $m_0(\text{F})=3,15 \cdot 10^{-23}$  г.

Таким чином, складання обернених і аналогічних завдань (якісних та розрахункових) на основі вихідних у процесі вивчення хімічної формули речовини давало нам змогу вирішення як комплексного охоплення необхідних опорних понять, так і поєднання якісної та кількісної характеристики хімічної речовини шляхом проведення різноманітних розумових операцій.

#### 4.3.2. Застосування навчальних завдань на основі рівняння хімічної реакції

У наших працях [368; 372] на підставі ґрунтовного системно-структурного аналізу рівняння хімічної реакції продемонстровані можливі напрямки складання завдань. Наприклад, для РХР:  $aA + bB = cC + dD + Q_p$ , де А, В – вихідні речовини; С, D – продукти реакції; а, b, с, d – відповідні стехіометричні коефіцієнти;  $Q_p$  – тепловий ефект реакції (або  $\Delta H_p$  – ентальпія реакції), на прикладі двох вихідних речовин можна скласти такі відношення їх стехіометричних коефіцієнтів:

$$a : b = v(A) : v(B) = \frac{v(A)}{N_A} : \frac{v(B)}{N_A} = N(A) : N(B), \quad (1)$$

$$a : b = v(A) : v(B) = [v(A) \cdot V_m] : [v(B) \cdot V_m] = V(A) : V(B) \quad (2)$$

$$a : b = v(A) : v(B) = \left[ \frac{p \cdot V(A)}{RT} \right] : \left[ \frac{p \cdot V(B)}{RT} \right] = V(A) : V(B) \quad (3)$$

$$a : b = v(A) : v(B) = \left[ p(A) \cdot \frac{V}{RT} \right] : \left[ p(B) \cdot \frac{V}{RT} \right] = p(A) : p(B), \quad (4)$$

$$a : b = v(A) : v(B) = \frac{v(A)}{V} : \frac{v(B)}{V} = C(A) : C(B), \quad (5)$$

де N, V, p, C – відповідно число структурних одиниць, значення об'єму, парціального тиску та молярні концентрації речовин, що вступили в реакцію. Звертаємо увагу учнів, що аналогічні відношення справедливі для всіх стехіометричних коефіцієнтів. Співвідношення (1) – може слугувати ілюстрацією закону постійних відношень (сталості складу) Пруста за умови одержання дальтонідів. Співвідношення (2) – ілюстрація закону об'ємних відношень Гей-Люссака та наслідку із закону Авогадро про молярний об'єм. Ідентичний до (2) результат (3) отримуємо з використанням рівняння Клапейрона-Менделєєва, що дає змогу зазначити справедливість співвідношень (2), (3) за умови використання об'ємів речовин за однакових умов (температура, тиск). Співвідношення (2)–(5) – це ілюстрації моделі ідеального газу на прикладі хімічних реакцій (газуваті реагенти чи продукти реакції): (2), (3) – об'єми для газів в умові задачі наведені за однакових температури та тиску; (4) – парціальні тиски для газів в умові задачі наведені за однакових температури та об'єму; (5) – концентрації для газів в умові задачі наведені за однакового об'єму.

Одержані рівняння (1)–(5) дають змогу проводити як взаємні розрахунки представлених фізичних величин, так і обернені –

знаходження стехіометричних коефіцієнтів, а останні можуть надалі слугувати визначенню складу речовин:

$$N(A) : N(B) = V(A) : V(B) = p(A) : p(B) = C(A) : C(B) = v(A) : v(B) = a : b \quad (6)$$

Взаємозв'язок фізичних величин для однієї речовини (на прикладі речовини **A**):

$$\frac{m_1(A)}{m_2(A)} = \frac{v_1(A)}{v_2(A)} = \frac{N_1(A)}{N_2(A)} = \frac{V_1(A)}{V_2(A)} = \frac{p_1(A)}{p_2(A)} = \frac{C_1(A)}{C_2(A)} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad (7)$$

де  $Q_1, Q_2$  – теплові ефекти реакції, що відповідають  $m_1(A), m_2(A)$ , або  $v_1(A), v_2(A)$  і т. д. Відповідно на прикладі речовин **A** і **B** отримуємо:

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{a \cdot M(A)}{b \cdot M(B)} = \frac{N(A) \cdot M(A)}{N(B) \cdot M(B)} = \frac{V(A) \cdot M(A)}{V(B) \cdot M(B)} = \frac{C(A) \cdot M(A)}{C(B) \cdot M(B)} \quad (8)$$

Зазначені рівняння дають змогу проводити розрахунки наступних фізичних величин: маси, кількості речовини, структурних одиниць, об'ємів, парціального тиску, концентрацій, теплових ефектів. Отже, ретельний аналіз рівняння хімічної реакції завжди дає змогу учням усвідомити інформацію потрібну для низки обчислень. Проілюструємо це на прикладі вихідного РХР, якщо всі речовини газуваті:

Кількість речовини згідно з умовою завдання і рівнянням реакції:

до реакції	$v(A)$	$v(B)$	0	0	
результат реакції	$v(A) \times a/a$	$v(A) \times b/a$	$v(A) \times c/a$	$v(A) \times d/a$	
після реакції	0	$v(B) - v(A) \times b/a$	$0 + v(A) \times c/a$	$0 + v(A) \times d/a$	
Рівняння хімічної реакції	<b>aA</b>	<b>+ bB</b>	<b>= cC</b>	<b>+ dD</b>	<b>+ Q<sub>p</sub></b>
Згідно з рівнянням реакції					
M (молярна маса), г/моль	M(A)	M(B)	M(C)	M(D)	
v (кількість речовини), моль	a	b	c	d	
m (маса), г	a × M(A)	b × M(B)	c × M(C)	d × M(D)	
V (об'єм, н. у.), л	a × V <sub>m</sub>	b × V <sub>m</sub>	c × V <sub>m</sub>	d × V <sub>m</sub>	

При цьому подаємо загальну форму завдання, згідно якого повністю реагує речовина **A** і для такої умови наведені всі наступні розрахунки на прикладі кількості речовини реагентів та продуктів реакції (результат реакції, після реакції). Наголошуємо, що не обов'язково наводити згідно рівняння реакції всі можливі фізичні величини, а достатньо тільки тих, які необхідні для виконання завдання. У більшості випадків – це найбільш поширена кількість речовини.

Для побудови найпростіших якісних завдань на основі РХР ми використовували підходи, запозичені з філології. На прикладі звичайного речення можна ставити (складати) запитання як до окремих членів речення, так і до речення в цілому.

РХР, як і речення, може стати предметом для конструювання різноманітних завдань якісних чи розрахункових, – що стосуються:

- формул (чи їх складових – елементів, індексів) вихідних речовин або продуктів реакції;
- стехіометричних коефіцієнтів;
- умов перебігу реакції;
- деяких особливостей вихідних речовин чи продуктів реакції (газ, осад, забарвлення, запах та ін.);
- теплових ефектів;
- абсолютних величин мас, об'ємів речовин або відповідних їх відношень тощо.

РХР може також стати предметом різноманітних завдань на пошук класифікаційних ознак тощо. До кожного вихідного завдання можна складати серії аналогічних та обернених завдань. Системно-структурний аналіз рівняння хімічної реакції дав нам змогу виокремити перелік можливих прямих та обернених навчальних завдань, які згруповані в табл.4.5 і відповідають шкільному (в окремих випадках поглибленому) курсу хімії.

Розглянемо деякі приклади якісних та розрахункових завдань на основі РХР, які наведені в табл.4.5.

Таблиця 4.5

Навчальні завдання на основі рівняння хімічної реакції

№	Завдання пряме	Завдання обернене
1	Назви речовин та встановлення невідомих об'єктів хімічних перетворень (продуктів реакції)	Встановлення невідомих об'єктів хімічних перетворень (реагентів)
2	Класифікація хімічних реакцій (узагальнення)	Наведення прикладів конкретних реакцій на підставі загальних ознак (конкретизація)
3	Підбір стехіометричних коефіцієнтів у схемі реакції на основі закону збереження маси речовини	Встановлення невідомої ХФР у рівнянні реакції на основі закону збереження маси речовини
4	Обчислення співвідношень між реагуючими речовинами та продуктами реакції: кількості речовини, мас, об'ємів, парціальних тисків, концентрацій	Обчислення стехіометричних коефіцієнтів у РХР за відомими співвідношеннями кількості речовини, мас, об'ємів, парціальних тисків, концентрацій між реагуючими речовинами та продуктами реакції; встановлення можливої ХФР (індекси, ХЕ)

Продовження табл. 4.5

№	Завдання пряме	Завдання обернене
5	*Обчислення за РХР для реагентів чи продуктів реакції значень екстенсивних (маса, об'єм тощо) та інтенсивних (молярна маса еквівалента) фізичних величин, а також параметрів, які характеризують реакцію в цілому (тепловий ефект реакції, тиск, молярна маса реакційної суміші тощо)	**Обчислення відомих значень фізичних величин прямого завдання; встановлення ХФР на основі відомих значень екстенсивних (об'єм, кількість речовини тощо) та деяких інтенсивних (молярна маса, густина, відносна густина тощо) фізичних величин реагентів чи продуктів реакції. Сама хімічна реакція може бути відомою чи латентною частиною умови завдання
6	Обчислення за РХР, якщо речовина-реагент входить до складу суміші: встановлення значень фізичних величин реагента (чистої речовини); завдання, позначені *	Обчислення частки чи концентрації речовини-реагента в суміші; обчислення значень фізичних величин вихідної суміші (маса, об'єм, молярна маса); завдання, позначені **
7	Обчислення за РХР, якщо один з реагентів узятий з надлишком: встановлення речовини, яка реагує повністю; завдання, позначені *	Встановлення значень фізичних величин реагентів до початку взаємодії за відповідними значеннями реагентів та продуктів реакції після завершення взаємодії; завдання, позначені **
8	Обчислення (завдання, позначені*), пов'язані з наявністю втрат у процесі хімічних перетворень, за відомим відносним виходом продукту	Обчислення відносного виходу продукту реакції; завдання, позначені**
9	Закономірності перебігу хімічних реакцій	Залежно від підзавдання 10.1-10.4
9.1	Якісні завдання щодо закономірностей перебігу хімічних реакцій	Характеристика реагентів, продуктів та хімічної реакції в цілому за відомими наслідками її перебігу
9.2	Обчислення швидкості реакції	Обчислення концентрацій чи парціальних тисків речовин, константи швидкості, порядку реакції тощо
9.3	Обчислення теплового ефекту реакції	Обчислення теплот утворення речовин тощо
9.4	Обчислення константи рівноваги за рівноважними концентраціями чи парціальними тисками газуватих речовин	Обчислення вихідних та рівноважних концентрацій чи парціальних тисків газуватих речовин

### Завдання 1 (табл.4.5).

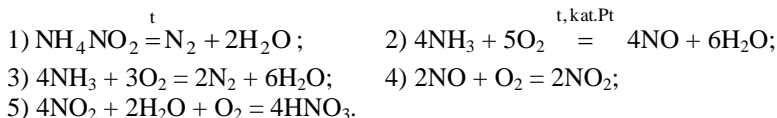
Якщо рівняння реакції представлено формулами речовин, можна визначати їх назву і навпаки. Наша методика передбачає формування в учнів розуміння, що РХР – це модель хімічного перетворення, а тому звертаємо їх увагу, що реально реагують речовини, а не формули. Оскільки спектр якісних завдань на встановлення ХФР на основі хімічних перетворень надзвичайно широкий, розглянемо їх деякі загальні варіанти (табл.4.6) та конкретні приклади:

Таблиця 4.6

### Деякі конструкції якісних завдань на основі РХР

№	Відомі параметри	Завдання
1	Вихідні речовини (назви чи ХФР)	Запис РХР, умови перебігу, назви продуктів реакції
2	Вихідні, проміжні і кінцеві речовини (ХФР) у ланцюжку перетворень	Запис РХР, умови перебігу, назви речовин
3	Вихідні, кінцеві речовини (назви чи ХФР) у ланцюжку перетворень	Запис РХР, умови перебігу, встановлення проміжних речовин, назви речовин
4	Вихідні, кінцеві і деякі проміжні речовини (назви чи ХФР) у ланцюжку перетворень	Запис РХР, умови перебігу, встановлення невідомих проміжних речовин, назви речовин
5	Вихідні речовини, реагенти (назви чи ХФР) у ланцюжку перетворень, умови перебігу реакцій	Запис РХР, встановлення проміжних і кінцевих речовин, назви речовин
6	Кінцеві речовини, реагенти (назви чи ХФР) у ланцюжку перетворень, умови перебігу реакцій	Запис РХР, встановлення вихідних і проміжних речовин, назви речовин
7	Деякі або одна з проміжних речовин, реагенти (назви чи ХФР) у ланцюжку перетворень, умови перебігу реакцій	Запис РХР, встановлення вихідних і кінцевих речовин, назви речовин

Для складання прикладів використаємо таку вихідну інформацію:



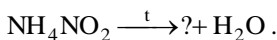
• Приклад 1.1 (вихідне завдання, яке за структурою є типовим для більшості уроків та посібників). Напишіть можливі продукти взаємодії таких речовин:





Спектр можливих обернених завдань до вихідного надзвичайно широкий. Наприклад, невідома одна чи кілька речовин.

- Приклад 1.2. Визначте невідому речовину згідно схеми реакції:

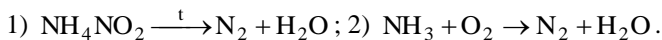


Якщо запропонувати тільки відомі продукти реакції, – відповідь у багатьох випадках стає поліваріантна.

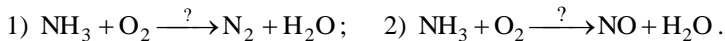
- Приклад 1.3. Визначте можливі вихідні речовини за відомими



Можливі відповіді:



- Приклад 1.4. Зазначте умови реакції у кожному випадку:

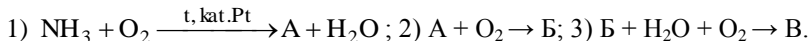


У першому випадку проходить звичайне згоряння амоніаку в атмосфері кисню, а в другому – каталітичне окиснення.

Якщо ряд хімічних реакцій є ланцюжком послідовних перетворень, то можна конструювати такі завдання:

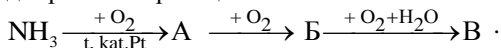
- Приклад 1.5. Визначте невідомі речовини в наведених схемах і

підберіть відповідні стехіометричні коефіцієнти:



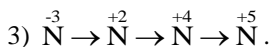
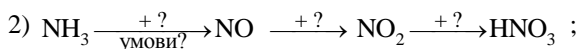
Це завдання можна спростити, якщо до схеми внести відповідні стехіометричні коефіцієнти, або – ускладнити, видозмінивши форму схеми перетворень (приклад 1.6).

- Приклад 1.6. Визначте невідомі речовини в наведених схемах, складіть відповідні рівняння реакцій:



Наведені форми завдань досить поширені на етапі узагальнення й систематизації вивченого матеріалу в школі, на вступних іспитах з хімії до вищих навчальних закладів. Ми пропонуємо учням також серію обернених завдань на складання перетворень (приклад 1.7) з практично ідентичним формулюванням до попередніх:

- Приклад 1.7. 1)  $\text{A} \xrightarrow[t, \text{kat.Pt}]{+\text{O}_2} \text{B} \xrightarrow{+\text{O}_2} \text{B} \xrightarrow{+\text{O}_2+\text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$  ;

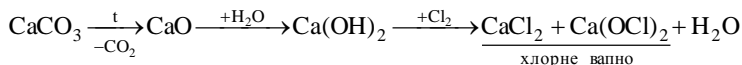


Якщо ланцюжок перетворень представляти назвами речовин, то паралельно ми перевіряли знання учнів хімічної номенклатури; подальше ускладнення проводили під час використання тривіальних назв.

- Приклад 1.8. Напишіть рівняння реакцій за такими схемами:

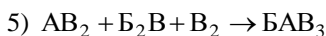
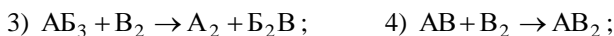
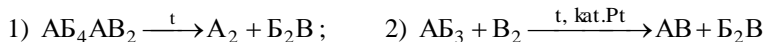
Вапняк → негашене вапно → гашене вапно → хлорне вапно.

Відповідь:



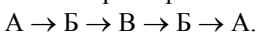
Наступне ускладнення застосовували у формі так званих завдань «АБВГДЕйки», в яких усі речовини чи хімічні елементи в тексті завдання або в схемі перетворень закодовано літерами, або використовували також змішану форму – текст плюс рівняння реакцій, що представлено в наступних прикладах.

- Приклад 1.9. Визначте невідомі елементи та речовини згідно наведених схем реакцій, де кожному елементу відповідає певна літера:

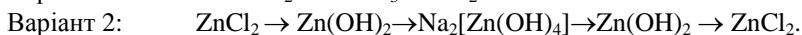


Відповідь: А – Нітроген; Б – Гідроген; В – Оксиген.

- Приклад 1.10. Запропонуйте можливі речовини для проведення зазначених перетворень і складіть відповідні рівняння реакцій:



Можливі відповіді (у формі схеми перетворень):



Нами встановлено, що варіацій подальших ускладнень є надзвичайно багато, зокрема, розглянемо випадки пошуку конкретних речовин через їх можливі перетворення.

- Приклад 1.11. Дано такі речовини:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$  та необхідні каталізатори. Напишіть можливі рівняння реакцій між ними та продуктами їх взаємодії.

Деталізуємо дане завдання у формі наступного прикладу.

- Приклад 1.12. Дано такі речовини:  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_2$  та необхідні каталізатори. Напишіть можливі рівняння реакцій між ними та продуктами їх взаємодії з метою добування чотирьох складних та двох простих речовин.

Дослідження показує, якщо попередні два завдання (1.11; 1.12) наводяться в різних дидактичних посібниках, то обернені до них є надзвичайною рідкістю (з переліку продуктів різних реакцій встановити мінімально можливу кількість вихідних речовин для їх добування).

- Приклад 1.13. Запропонуйте мінімальну кількість вихідних речовин для добування таких продуктів реакції:  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $HNO_3$ ,  $NO$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $NO_2$ . Запишіть відповідні рівняння реакцій.

Нами встановлено й інший спосіб конструювання завдання, якщо не розділяти традиційно вихідні речовини та продукти реакції, а запропонувати провести такий пошук учням. Ми вважаємо, що це нагадує варіант філологічного завдання, коли з довільно розташованих окремих слів треба скласти логічне речення.

- Приклад 1.14. Складіть з усіх представлених хімічних формул речовин можливе рівняння реакції:  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ ,  $O_2$ .

Відповідь:  $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$ .

Розглянемо подальше ускладнення даного завдання 1.12.

- Приклад 1.15. Складіть з представлених хімічних формул речовин за винятком однієї («біла ворона») можливе рівняння реакції:  $NO$ ,  $N_2$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O$ ,  $O_2$ .

Відповідь: Варіант 1:  $4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow{t, \text{kat.Pt}} 4NO + 6H_2O$ .

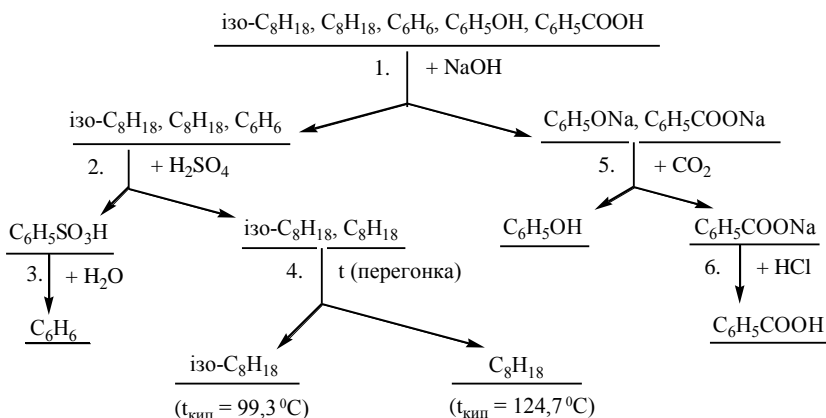
Варіант 2:  $4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$ .

Завдання даного прикладу можна розглядати як умову з надлишковими даними; цікаво, що в різних учнів ці «зайві» дані бувають різні.

Вимога завдання може мати практичне спрямування, наприклад, добування речовини чи її розпізнавання, видалення домішок, запропонувати обладнання та реактиви для проведення досліду тощо. Розглянемо приклад такого завдання, що пропонувалось на хімічній олімпіаді [450, 21].

- Приклад 1.16. Запропонуйте схему розділення суміші, що складається з ізооктану, октану, бензену, фенолу та бензойної кислоти.

Розв'язування (один із можливих варіантів):



Завдання 3 (табл.4.5). Це перші розрахункові тренувальні завдання після введення поняття «рівняння хімічної реакції», що використовується для закріплення таких понять: індекс, коефіцієнт, хімічний елемент, хімічна речовина, символ, формула, атом, молекула, формульна одиниця тощо, а також формування свідомого використання закону збереження маси речовин.

• Приклад 3.1. На підставі закону збереження маси речовин підберіть стехіометричні коефіцієнти у схемі реакції:  $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Можливе таке формулювання: підберіть стехіометричні коефіцієнти у схемі реакції. В останньому випадку до латентної умови входить інформація про підбір стехіометричних коефіцієнтів на основі закону збереження маси речовин.

Розглянемо деякі обернені завдання:

• Приклад 3.2. Заповніть пропуски ХФР у рівняннях (1-5) та схемі (6) хімічних реакцій:

- 1)  $\dots + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;                      2)  $\dots + 2\dots = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
 3)  $\text{CH}_x + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;                      4)  $\text{XH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{XO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;  
 5)  $\dots + \dots = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ;                      6)  $\dots + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

Відповідь: 1)  $\text{CH}_4$ ; 2)  $\text{CH}_4, \text{O}_2$ ; 3) 4; 4) C, Si; 5)  $\text{CH}_3\text{OH}, \text{O}_2$ ; 6) вуглеводні та інші органічні речовини складу  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ .

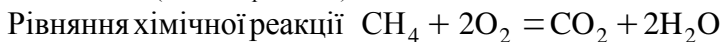
У даному прикладі предметом пошуку може бути вся ХФР (1, 2, 5, 6) чи її складова частина – індекс (3), хімічний елемент (4). У випадку (4, 6) завдання буде мати поліваріантні відповіді. Останній випадок (6) базується не на розрахунках, а виключно на знанні властивостей речовин, проте він включений в загальну схему, щоб продемонструвати і як можливий комплект завдань, так і нерозривну єдність якісних та розрахункових завдань.

Завдання 5 (табл.4.5). Перелік варіацій завдань надзвичайно широкий, і деякі з них ілюструє приклад 5.1 та відповідна схема.

• Приклад 5.1. Визначте (конкретизацію невідомої фізичної величини якісно і кількісно проводимо з учнями), наприклад, об'єм кисню за н. у., необхідний для спалювання метану масою 1,6 г. Відповідь: 4,48 л.

Відомі та шукані фізичні величини:

V(об'єм речовини, н.у.)	?	?	?	?
m(маса)	1,6 г	?	?	?
v(кількість речовини)	?	?	?	?

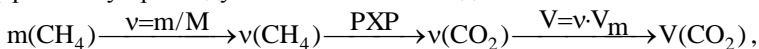


Згідно з рівнянням реакції:

v(кількість речовини)	1 моль	2 моль	1 моль	2 моль
m(маса речовини)	16 г	64 г	44 г	36 г
V(об'єм речовини, н.у.)	22,4 л	44,8 л	22,4 л	44,8 л

Розв'язування можна і бажано проводити різними шляхами, але в кожному випадку з ретельним аналізом інформації, яку отримуємо згідно з рівнянням реакції та умовою завдання.

Нами досліджено структуру найбільш поширених шкільних задач для проведення обчислень згідно рівняння хімічної реакції. Структура задачі обумовлена характером відношень між об'єктами предметної сфери (відомими та невідомими параметрами). Наочною ілюстрацією структури задачі є представлення її розв'язку у вигляді графа, який містить відповідні знаково-символічні позначення фізичних величин предметної сфери задачі та взаємозв'язок і переходи між ними для виконання вимоги задачі. Побудову таких графів як одного з виду моделювання використовували на різних етапах навчальної діяльності, а саме: під час пояснення методики розв'язку задачі, у процесі її безпосереднього розв'язування чи складання тощо. У даному випадку граф розв'язку прикладу 5.1 має такий вигляд:



а на рис.4.3 наведено структуру задачі у загальній формі для проведення обчислень на основі РХР згідно прикладу 5.1.

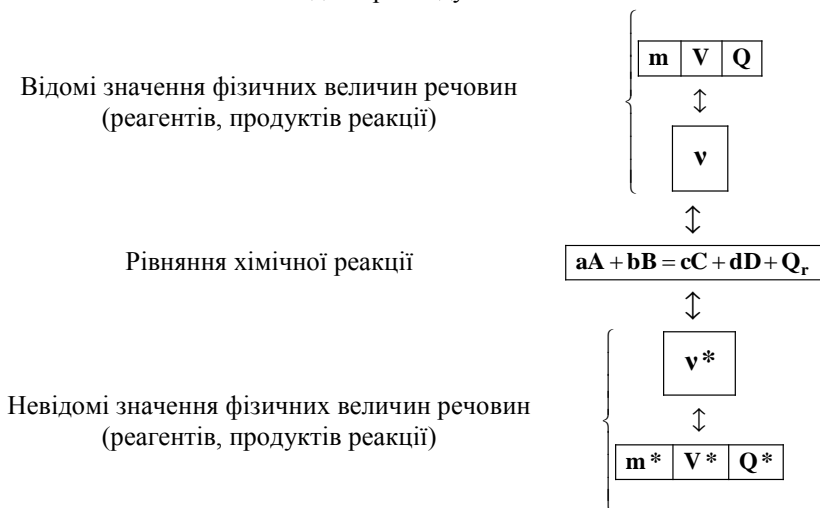


Рис.4.3. Структура задачі для проведення обчислень невідомих значень фізичних величин речовин на основі РХР

Розглянемо обернене завдання до прикладу 5.1.

• Приклад 5.2 (обернене завдання до 5.1). Для повного згоряння вуглеводню масою 1,6 г витратили 4,48 л (н. у.) кисню. Визначте невідому речовину. Відповідь:  $\text{C}_x\text{H}_y$ .

Представлений приклад є одним із можливих варіантів, який ми використовували для формулювання умови оберненої задачі на встановлення ХФР згідно зі схемою після проведення найпростіших розрахунків.

Інформація				
для складання завдання:				
V(об'єм речовини, н.у.)	22,4×k л	44,8×k л	22,4×k л	44,8×k л
m(маса)	16×k г	64×k г	44×k г	36×k г
ν(кількість речовини)	1×k моль	2×k моль	1×k моль	2×k моль
Рівняння хімічної реакції				
	$\text{C}_x\text{H}_y + (x+0,25y)\text{O}_2 = x\text{CO}_2 + 0,5y\text{H}_2\text{O}$			
Згідно з рівнянням реакції:				
ν(кількість речовини)	1 моль	(x+0,25y) моль	x моль	0,5y моль
m(маса)	(12x+y) г	32×(x+0,25y) г	44x г	0,5y×18 г
V(об'єм речовини, н.у.)	22,4 л	(x+0,25y)×22,4 л	22,4x л	0,5y×22,4 л

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності. Для аналізованого прикладу 5.2  $k=0,1$ . Змінюючи коефіцієнт пропорційності  $k$  та обрані фізичні величини (маса, об'єм, кількість речовини), ми спільно з учнями розробляли серії обернених задач до прикладу 5.1.

Інший приклад можливої оберненої задачі на встановлення ХФР нами проведено в роботі [398] і проаналізовано в підрозділі 3.2.

У рамках загального підходу до обчислень за РХР можна виокремити згідно з чинною програмою вивчення шкільного курсу хімії [321] кілька найпоширеніших завдань 6-8 (табл.4.5), які постають при незначних ускладненнях (відгалуженнях) від основного шляху розв'язування.

Завдання 6 (табл.4.5).

• Приклад 6.1 (ускладнення прикладу 5.1). Визначте об'єм повітря (н. у.) необхідний для спалювання метану масою 1,6 г. Об'ємну частку кисню в повітрі прийміть рівною 0,2. Відповідь: 22,4 л.

Ускладнення задачі порівняно з 5.1 обумовлено знаходженням параметрів (маса, об'єм тощо), які характеризують чисту речовину.

Завдання 7 (табл.4.5).

• Приклад 7.1 (ускладнення прикладу 5.1). Визначте склад кінцевої суміші в об'ємних частках та молярну масу суміші після завершення взаємодії метану масою 1,6 г та кисню об'ємом 8,96 л (н.у.) за умови, що всі речовини перебувають у газуватому стані. Відповідь: 22,8 г/моль.

У даному випадку ускладнення задачі (розв'язування наведено нами вище в підрозділі 3.2) обумовлено встановленням речовини, яка є в надлишку, а подальші обчислення фізичних величин проводяться за речовиною, що реагує повністю аналогічно структурі задачі 5.1 (див. рис.4.3). Вміст речовини-реагента може бути представлений також її

часткою (масова, об'ємна, молярна) в суміші з іншими домішками, концентрацією у розчині, молярною масою суміші тощо.

Завдання 8 (табл.4.5).

• Приклад 8.1 (ускладнення прикладу 5.2). Термохімічне рівняння реакції згоряння метану таке:

$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 890 \text{ кДж}$ . Визначте теплоту, яку можна отримати внаслідок згоряння метану масою 1,6 г, якщо відносний вихід продукту 80 %. Відповідь: 71,2 кДж.

У даному випадку ускладнення задачі обумовлено наявністю втрат втраг у ході перебігу реакції чи практичного виходу речовини.

Рівень складності завдань для проведення обчислень на основі РХР зростає при введенні до складу умови кількох ускладнень попередніх видів, наприклад, через наявність домішок у вихідній сировині та втрат у ході перебігу реакції.

• Приклад 8.2. Масова частка ферум(III) оксиду в червоному залізняку становить 80 %. Визначте, яку масу чистого заліза можна одержати з 1000 г руди, якщо відносний вихід його становить 90 %.

Розв'язування:

$$1) \quad m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,8 \cdot 1000 = 800 \text{ (г)}$$

$$2) \quad m(\text{Fe}) = w(\text{Fe}) \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{2 \cdot 56}{160} \cdot m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,7 \cdot 800 = 560 \text{ (г)}$$

$$3) \quad m_{\text{практ.}}(\text{Fe}) = \eta(\text{Fe}) \cdot m_{\text{теор.}}(\text{Fe}) = 0,9 \cdot 560 = 504 \text{ (г)}, \text{ або}$$

$$\text{або } m_{\text{практ.}}(\text{Fe}) = \eta(\text{Fe}) \cdot w(\text{Fe}) \cdot w(\text{Fe}_2\text{O}_3) \cdot m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1000 = 504 \text{ (г)}$$

• Приклад 8.3 (обернений приклад до 8.2). Визначте масу червоного залізняку, що містить 80 мас.% ферум(III) оксиду для одержання заліза масою 504 г, якщо відносний вихід його становить 90 %.

Розв'язування:

$$1) \quad m_{\text{теор.}}(\text{Fe}) = m_{\text{практ.}}(\text{Fe}) / \eta(\text{Fe}) = 504 / 0,9 = 560 \text{ (г)}$$

$$2) \quad m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m_{\text{теор.}}(\text{Fe}) / w(\text{Fe}) = 560 / 0,7 = 800 \text{ (г)}$$

$$3) \quad m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = m(\text{Fe}_2\text{O}_3) / w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 800 / 0,8 = 1000 \text{ (г)}$$

$$\text{або } m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{m_{\text{практ.}}(\text{Fe})}{\eta(\text{Fe}) \cdot w(\text{Fe}) \cdot w(\text{Fe}_2\text{O}_3)} = \frac{504}{0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,8} = 1000 \text{ (г)}$$

Для уникнення плутанини в учнів на окремих етапах розв'язування задачі ми пропонуємо математичний прийом, так званих відрізків, довжина яких змінюється відповідно до значень шуканих фізичних величин:

Пряма задача	Обернена задача
$m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) \rightarrow m_{\text{практ.}}(\text{Fe})$	$m_{\text{практ.}}(\text{Fe}) \rightarrow m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3)$
$m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3)$	$m_{\text{практ.}}(\text{Fe})$
<hr/>	<hr/>
$m(\text{Fe}_2\text{O}_3)$	$m_{\text{теор.}}(\text{Fe})$
<hr/>	<hr/>
$m_{\text{теор.}}(\text{Fe})$	$m(\text{Fe}_2\text{O}_3)$
<hr/>	<hr/>
$m_{\text{практ.}}(\text{Fe})$	$m_{\text{техн.}}(\text{Fe}_2\text{O}_3)$
<hr/>	<hr/>

Можлива також комбінована задача, яка включає всі вище наведені ускладнення, наявність надлишку одного з реагентів, домішок, втрат у ході перебігу реакції. Звертаємо увагу учнів, що відповідна структура такої задачі буде також комбінацією попередніх структур, аналогічною комбінацією буде і сам хід розв'язку.

Складання плану розв'язування у вигляді пропонованих опорних схем-графів, ми розглядали як згорнуті алгоритми. Наше дослідження показало, що такі допоміжні графічні зображення сприяють «матеріалізації» процесу розв'язування, оскільки «граф розв'язування задач – це один із методів розкладу процесу розв'язування цієї задачі на етапи, виділення в процесі його окремих кроків» [234, 481]. Учні навчали розбивати вихідну задачу на серію простіших підзадач, які ставали окремими кроками у процесі розв'язування. Проте необхідно зауважити, що застосуванню граф-схем розв'язків задачі передували розв'язування задачі у розгорнутій формі з аналізом усіх окремих кроків. Граф-схема задачі нами формувалась як результат узагальнення з учнями ходу розв'язку, усвідомлення взаємозв'язку між об'єктами предметної сфери. Надалі, після сформування в учнів необхідних умінь, переходили до застосування граф-схем як засобу аналізу умови задачі. Таким чином, доходимо висновку, що граф-схеми задачі являють собою як результат навчальної діяльності, так і інструмент її перебігу.

#### 4.3.3. Застосування навчальних завдань, пов'язаних з приготуванням розчинів

Розрахункові задачі шкільного курсу хімії з теми «Розчини» входять до переліку достатньо важливих з точки зору їх практичного значення. Оскільки даним задачам характерна значна насиченість математикою, то доцільно, на нашу думку, не захоплюватись численними алгоритмами під час розв'язування окремих видів задач, а навчати учнів свідомо розуміти хімічні формули та рівняння з якісної і кількісної сторони в напрямку поступового ускладнення завдань. Аби показати на конкретних прикладах



розроблену нами методику [376], ми виокремили прямі навчальні завдання з даної теми, розробили до них обернені завдання і в загальному вигляді представили в табл.4.7.

Таблиця 4.7

Навчальні завдання для проведення обчислень, пов'язаних з приготуванням розчинів

№	Завдання пряме	Завдання обернене
1	Обчислення масової частки речовини у розчині при змішуванні речовини і розчинника	*Обчислення маси розчину, розчинника чи розчиненої речовини
2	Обчислення масової частки речовини у розчині при змішуванні розчину і розчинника	Завдання, позначені *
3	Обчислення масової частки речовини у розчині при змішуванні речовини і розчину	Завдання, позначені *
4	Обчислення масової частки речовини у розчині при змішуванні двох розчинів	Завдання, позначені *; обчислення масової частки вихідних розчинів
5	Обчислення масової частки речовини у розчині при змішуванні речовини-кристалогідрату і розчинника	Завдання, позначені *; встановлення ХФР кристалогідрату
6	Обчислення масової частки речовини у розчині при змішуванні речовини-кристалогідрату і розчину	Завдання, позначені *; обчислення масової частки вихідного розчину; встановлення ХФР кристалогідрату
7	Обчислення молярної концентрації речовини у розчині при змішуванні двох розчинів	Обчислення об'єму та молярної концентрації вихідних розчинів
8	Обчислення масової частки речовини у розчині за молярною концентрацією речовини та густиною розчину	Обчислення густини розчину; обчислення молярної концентрації речовини у розчині; встановлення ХФР
9	Обчислення масової частки речовини у розчині за коефіцієнтом розчинності при даній температурі	Обчислення коефіцієнта розчинності речовини у розчині; встановлення відповідної температури
10	Обчислення коефіцієнта розчинності речовини у розчині при змішуванні речовини і розчинника	Завдання, позначені *
11	Обчислення коефіцієнта розчинності речовини у розчині при змішуванні речовини і розчину	Завдання, позначені *

Продовження табл. 4.7

№	Завдання пряме	Завдання обернене
12	Обчислення коефіцієнта розчинності речовини у розчині при випарюванні розчинника з розчину	Завдання, позначені *
13	Обчислення коефіцієнта розчинності речовини при змішуванні речовини-кристалогідрату і розчинника	Завдання, позначені *; встановлення ХФР кристалогідрату
14	Обчислення коефіцієнта розчинності речовини при змішуванні речовини-кристалогідрату і розчину	Завдання, позначені *; встановлення ХФР кристалогідрату
15	Обчислення маси речовини, яка випаде в осад (чи виділиться у вигляді газу) при зміні температури вихідного насиченого розчину чи видалення розчинника	Завдання, позначені *; обчислення коефіцієнта розчинності речовини при відповідних температурах
16	Обчислення маси речовини-кристалогідрату, яка випаде в осад при зміні температури вихідного насиченого розчину чи видалення розчинника	Завдання, позначені *; обчислення коефіцієнта розчинності речовини; встановлення ХФР кристалогідрату

Завдання 1 (табл.4.7).

• Приклад 1.1 Визначте масову частку речовини А у розчині, одержаному в результаті її розчинення у воді, якщо їх маси дорівнюють 40 і 160 г відповідно.

Для полегшення сприйняття задачі та її аналізу ми пропонуємо схему, в якій *результати переформулювання та розв'язування виділені курсивом*. У характеристиці вихідної та кінцевої систем записуємо дані умови та встановлюємо фізичні величини, що їх характеризують. Таким чином, аналіз задачі, її переформулювання переходять у безпосереднє розв'язування:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A)-?	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Речовина А} \\ \text{H}_2\text{O} \end{array} \right.$	40	<i>1</i>	<i>40</i>
		160	<i>0</i>	<i>0</i>
		Сума: 200	—	<i>40</i>

$$\text{Відповідь: } w(A) = \frac{m(A)}{m_{\text{p-ny}}(A)} = \frac{m(A)}{m(A) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{40}{40 + 160} = 0,2.$$

Наступний крок, – не захоплюємось новими задачами, а продовжуємо спільно з учнями досліджувати з різних сторін нашу вихідну, складаємо обернені до неї. Умова та розв'язок більшості наведених прикладів представлені схемами, які поетапно складають учні у процесі розв'язування. Експеримент показує, що розуміння змісту та

структури задачі покращується під час формулювання її умови іншим учнем за попередньо складеною схемою (приклад 1.2).

• Приклад 1.2 (завдання обернене до 1.1). Схема умови та наступного розв'язування такі:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		м, г	w(A)	m(A), г
w(A)-?	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Речовина А} \\ \text{Н}_2\text{О} \end{array} \right.$	<i>x</i>	<i>l</i>	<i>x</i>
		160	0	0
		Сума:	160+x	—

Відповідь: m(A)=40 г.

• Приклад 1.3 (завдання обернене до 1.1). У даному випадку запишемо тільки формулу для обчислення, а згідно неї формулюємо з учнями умову та схему задачі:

$$w(A) = \frac{m(A)}{m_{\text{р-ну}}(A)} = \frac{m(A)}{m(A) + m(\text{H}_2\text{O})} = \frac{40}{40 + x} = 0,2$$

Проводимо поступове ускладнення змісту задачі, продовжуємо формулювати зміст усіх вихідних прикладів та їм обернемо разом з учнями. Завдання 2 (табл.4.7).

• Приклад 2.1 (ускладнення прикладу 1.1).

Схема умови та наступного розв'язку (звертаємо увагу учнів, що інформація про розчин А використана з розв'язку вихідного прикладу 1.1, що полегшує сприйняття задачі) такі:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		м, г	w(A)	m(A), г
w(A)-?	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Розчин А} \\ \text{Н}_2\text{О} \end{array} \right.$	200	0,2	0,2 200
		800	0	0
		Сума:	1000	—

Відповідь: w(A)=0,04.

Завдання 3 (табл.4.7).

• Приклад 3.1 (ускладнення прикладу 1.1 або 2.1).

Схема умови та наступного розв'язування такі:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		м, г	w(A)	m(A), г
w(A)-?	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Речовина А} \\ \text{Розчин А} \end{array} \right.$	50	1	50
		200	0,2	0,2 200
		Сума:	250	—

Відповідь: w(A)=0,36.

Завдання 4 (табл.4.7).

- Приклад 4.1 (ускладнення прикладу 3.1).

Схема умови та наступного розв'язування такі:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		м, г	w(A)	m(A), г
w(A)-?	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Розчин}_1 \text{ A} \\ \text{Розчин}_2 \text{ A} \end{array} \right.$	200	0,2	0,2·200
		800	0,05	0,05·800
		Сума:	1000	—

Відповідь: w(A)=0,08.

Постійно звертаємо увагу учнів, що прості задачі стають підзадачами у складніших. Наприклад, відповідь прикладу 1.1 стає підзадачею у прикладах 2.1, 3.1, 4.1 (розчин А).

Надалі з метою навчання школярів переходу від конкретного до загального проводимо моделювання завдання на змішування розчинів у загальній формі, коли відсутні конкретні значення фізичних величин.

- Приклад 4.2 (завдання у загальній формі, ускладнення прикладу 4.1). У яких масових співвідношеннях необхідно змішати два розчини речовини А з масами розчинів та масовими частками А, що дорівнюють відповідно  $m_1, w_1, m_2, w_2$ , щоб у кінцевому розчині масова частка речовини А становила w.

Схема умови та наступного розв'язування такі:

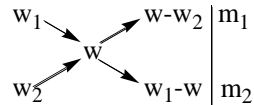
Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		м, г	w(A)	m(A), г
w(A)-?	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Розчин}_1 \text{ A} \\ \text{Розчин}_2 \text{ A} \end{array} \right.$	$m_1$	$w_1$	$m_1 \cdot w_1$
		$m_2$	$w_2$	$m_2 \cdot w_2$
		Сума:	$m_1+m_2$	—

Складаємо рівняння:  $m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = (m_1 + m_2)w$  і розв'язуємо його:

$$m_1 \cdot w_1 - m_1 \cdot w = m_2 \cdot w - m_2 \cdot w_2;$$

$$m_1(w_1 - w) = m_2(w - w_2); \text{ або } \frac{w - w_2}{w_1 - w} = \frac{m_1}{m_2}$$

Останнє рівняння і є основою славнозвісного «правила хреста» чи «правила розведення», яке, на жаль, деколи без належного пояснення догматично вводиться на уроках чи факультативних заняттях у формі алгоритму.



Завдання 5 (табл.4.7).

Певні ускладнення в учнів виникають під час розв'язування задач на розчинення у воді кристалогідратів, що засвідчують наші спостереження та публікації інших авторів [467]. У ході навчання учнів розв'язувати такі задачі ми використовували аналогічні підходи з урахуванням специфіки зміни їх змісту.

Модифікуємо вихідний приклад 1.1, – речовиною А буде кристалогідрат, наприклад, мідний купорос.

• Приклад 5.1 (ускладнення прикладу 1.1). У воді масою 160 г розчинили мідний купорос масою 40 г. Визначте масову частку купрум(II) сульфату в добутому розчині.

Схема умови та наступного розв'язування такі:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		m, г	w(CuSO <sub>4</sub> )	m(CuSO <sub>4</sub> ), г
w(CuSO <sub>4</sub> )-?	$\left\{ \begin{array}{c} \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \\ \text{H}_2\text{O} \end{array} \right.$	40	$160/250=0,64$	$0,64 \cdot 40=25,6$
		160	0	0
		Сума: 200	–	25,6

$$\text{Відповідь: } w_{\text{к}}(\text{CuSO}_4) = \frac{m_{\text{к}}(\text{CuSO}_4)}{m_{\text{к}}(\text{р-ну})} = \frac{25,6}{200} = 0,128, \text{ або } 12,8 \%$$

Завдання 6 (табл.4.7). Надалі проводимо наступне ускладнення, – кристалогідрат змішуємо з розчином.

• Приклад 6.1 (ускладнення прикладу 5.1). У розчині купрум(II) сульфату масою 200г [w(CuSO<sub>4</sub>)=0,2] розчинили мідний купорос масою 50 г. Визначте масову частку купрум(II) сульфату в добутому розчині.

Схема умови та наступного розв'язування такі:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		m, г	w(CuSO <sub>4</sub> )	m(CuSO <sub>4</sub> ), г
w(CuSO <sub>4</sub> )-?	$\left\{ \begin{array}{c} \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} \\ \text{Розчин CuSO}_4 \end{array} \right.$	50	$160/250=0,64$	$0,64 \cdot 50=32$
		200	0,2	$0,2 \cdot 200=40$
		Сума: 250	–	$32+40=72$

$$\text{Відповідь: } w_{\text{к}}(\text{CuSO}_4) = \frac{m_{\text{к}}(\text{CuSO}_4)}{m_{\text{к}}(\text{р-ну CuSO}_4)} = \frac{72}{250} = 0,288.$$

У ході навчання проводимо також розгляд обернених задач, зокрема – встановлення складу невідомої розчиненої речовини.

• Приклад 6.2 (завдання обернене до прикладу 6.1). При розчиненні у воді масою 160 г кристалогідрату MeSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O масою 40 г одержали

розчин з масовою часткою  $\text{MeSO}_4$ , що дорівнює 12,8 %. Визначте невідому сіль.

Схема умови та наступного розв'язку такі:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		м, г	$w(\text{MeSO}_4)$	$m(\text{MeSO}_4)$ , г
$w(\text{MeSO}_4)=0,128$	$\frac{\text{MeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{\text{H}_2\text{O}}$	40	$(x+96)/(x+186)$	$40(x+96)/(x+186)$
		160	0	0
	Сума:	200	—	$40(x+96)/(x+186)$

Остаточне рівняння має вигляд:

$$w(\text{MeSO}_4) = \frac{m(\text{MeSO}_4)}{m_{\text{р-ну}}(\text{MeSO}_4)} = \frac{40 \cdot (x+96)/(x+186)}{200} = 0,128$$

Відповідь:  $x = 64 \Rightarrow \text{Me} \equiv \text{Cu}$ , сіль – мідний купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Завдання 7 (табл.4.7).

Під час розв'язування задач з використанням поняття «молярна концентрація» зауважуємо учням, що в більшості випадків приймаємо густини вихідних та кінцевого розчину однаковими (якщо вони не наведені в умові задачі). Очевидно, що за такого припущення в ході змішування кінцевий об'єм розчину завжди дорівнює сумі вихідних об'ємів.

Аналогічно попереднім прикладам проводимо моделювання задач з використанням поняття «молярна концентрація» і складаємо відповідні обернені задачі (обчислення об'єму та молярної концентрації вихідних розчинів).

Завдання 9-16 (табл. 4.7). Є різні підходи до розв'язування задач з використанням поняття «коефіцієнт розчинності» ( $k_s$ ). Оскільки в учнів уже сформовані вміння застосовувати фізичну величину «масова частка» ( $w$ ), ми спрямовували їх навчання (приклад 9.1) на вміння здійснювати перехід від однієї фізичної величини до іншої  $k_s \rightarrow w$ .

• Приклад 9.1. Визначте масову частку  $\text{CuSO}_4$  у насиченому розчині при  $30^\circ\text{C}$ , якщо коефіцієнт розчинності ( $k_s$ ) купрум(II) сульфату у воді при  $30^\circ\text{C}$  дорівнює 250 г/л.

Розв'язування:

1) Маса розчину:

$$m(\text{р-ну } \text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4) + m(\text{H}_2\text{O}) = 250 + 1000 = 1250 \text{ (г)}.$$

2) Масова частка  $\text{CuSO}_4$ :

$$w(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4) / m(\text{р-ну } \text{CuSO}_4) = 250 / 1250 = 0,2.$$

Розглянемо обернену задачу, – знаходження  $k_s$  речовини за її масовою часткою, в якій перехід  $w \rightarrow k_s$  складатиме тільки один з її етапів.

- Приклад 9.2. На рис.4.4 представлений графік залежності коефіцієнту розчинності  $\text{CuSO}_4$  у воді від температури. Визначте за якої температури проводили розчинення, якщо масова частка насиченого розчину купрум(II) сульфату дорівнює 20 %.

Відповідь: 30 °С.

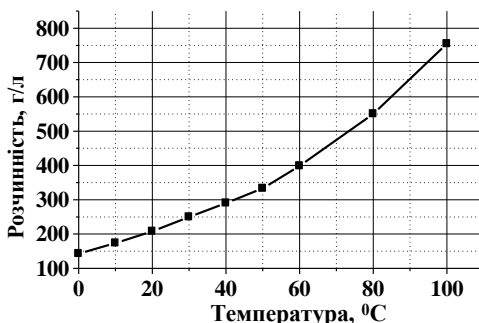


Рис.4.4. Залежність розчинності  $\text{CuSO}_4$  у воді від температури

Під час розв’язування такого прикладу, який є нетиповим для навчальних посібників з хімії, учні здійснюють не тільки перехід  $w(\text{масова частка}) \rightarrow k_s(\text{коефіцієнт розчинності})$ , але також і  $k_s(\text{коефіцієнт розчинності}) \rightarrow \text{температура}$ . Таким чином, школярі у процесі виконання завдань з хімії використовують набуті вміння з математики щодо застосування графіків.

Розглянемо обернену задачу на приготування насиченого розчину.

- Приклад 10.1. Коефіцієнт розчинності купрум(II) сульфату у воді при 30 °С становить 250 г/л. Визначте масу води, яку треба додати до купрум(II) сульфату масою 40 г, щоб добути насичений за даної температури розчин.

Відповідь: 160 г.

У ході розв’язування даного прикладу учні здійснюють перехід  $k_s \rightarrow w$ . Це перша підзадача, яка вже їм знайома (приклад 9.1), а наступна підзадача – аналогічна до прикладу 1.1.

Завдання 16 (табл.4.7). Певні труднощі викликають в учнів задачі, пов’язані з пошуком речовини, яка викристалізовується під час охолодження розчинів. Проте в рамках розробленого нами підходу, це тільки додатковий варіант можливих комбінацій фізичних величин, між якими навчаємо учнів виявляти взаємозв’язки.

- Приклад 16.1. Визначте масу кристалогідрату  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , що випаде в осад внаслідок охолодження насиченого при 80 °С розчину  $\text{CuSO}_4$  масою 310 г до 30 °С. Коефіцієнти розчинності  $\text{CuSO}_4$  у воді при 80 °С і 30 °С відповідно становлять 550 г/л і 250 г/л.

Можливий хід розв’язування такий:

1) Масова частка купрум(II) сульфату у кінцевому розчині при 30 °С (знайомий нам прийом переходу  $k_s \rightarrow w$ ):

$$w(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4) / m_{\text{р-ну}}(\text{CuSO}_4) = 250 / 1250 = 0,2$$

2) Маса купрум(II) сульфату у вихідному розчині при 80 °С:

$$m(\text{CuSO}_4) = w(\text{CuSO}_4) \cdot m_{\text{р-ну}}(\text{CuSO}_4) = \frac{550}{1550} \cdot 310 = 110$$

3) Приймаємо масу кінцевого розчину  $\text{CuSO}_4$  рівну  $x$  г. Маса  $\text{CuSO}_4$  у даному розчині:  $m(\text{CuSO}_4) = 0,2x$  г.

4) Приймаємо масу осадженого кристалогідрату за  $y$  г. Маса  $\text{CuSO}_4$  у даному кристалогідраті:  $m(\text{CuSO}_4) = 0,64y$  г (аналогічний приклад 5.1).

$$\text{Остаточна система рівнянь: } \begin{cases} x + y = 310 \\ 0,2x + 0,64y = 110 \end{cases}$$

Таким чином, аналогічно як описано у попередніх п.4.3.1 та п.4.3.2, навчали учнів у складній (комбінованій) задачі виділяти окремі елементарні підзадачі, які знайомі учням, шляхом ретельного дослідження структури вихідної задачі.

Розроблені нами схеми завдань з хімії є засобом графічного зображення їх змісту та розв'язування, вони відіграють важливу роль у процесі навчання. Наприклад, Н.Г.Салміна зазначає, що застосування графічних моделей в процесі розв'язування задач виступає ефективним засобом як аналізу і розв'язку задач, так і переробки інформації [344, 116].

Обчислення за рівняннями реакцій у розчинах можна розглядати як комбіновані і численні приклади таких задач та їх розв'язування наведені нами в роботах [320; 448; 450].

#### **4.4. Завдання з хімії як засіб організації особистісно зорієнтованого навчання**

В.М.Мадзігон наголошує на двох важливих принципових ситуаціях, без яких неможливе якісне передавання знань, а саме: «По-перше, це розвивати у молоді здібність самостійно ставити творчі завдання. При цьому слід урахувувати, що розв'язання проблеми не дасть учневі або студенту очікуваного результату, якщо сама проблема була поставлена без їхньої активної участі. По-друге, якщо розвинути в молодих допитливість і творчий підхід до проблеми, то запитання в них виникатимуть самі по собі, все піддаватиметься сумніву. В цій ситуації з'являються бажання і здатність діяти творчо і брати на себе відповідальність за логічне розв'язання проблеми. Саме це є найважливішим педагогічним чинником освіти» [245, 6]. Розроблена нами технологія застосування навчальних завдань з хімії максимально враховує парадигму сучасної особистісно зорієнтованої освіти, основні принципи якої описують В.В.Гузєєв [104], С.І.Подмазін [308], І.С.Якиманська [491] та інші.



Розглянемо деякі підходи, які дали нам змогу реалізувати концепцію дослідження під час застосування завдань з хімії для розвитку особистості учня. Оскільки основним індикатором і первинним показником покращення ефективності навчального процесу є мотивація учіння, то виокремимо фактори і відповідні наслідки, що її спричиняли у ході експериментального навчання. Як показало дослідження, такими основними факторами і наслідками є:

- 1) позитивна реакція учня на навчальне завдання;
- 2) можливість реалізації різного темпу навчання;
- 3) покращення умов комунікації в шкільному колективі;
- 4) можливість вільного вибору завдання;
- 5) раціональне планування особистої навчально-пізнавальної діяльності;
- 6) широке застосування засобів наочності з хімії;
- 7) неперервний розумовий розвиток учнів;
- 8) ефективна діяльність на різних пізнавальних рівнях;
- 9) застосування навчальної гри;
- 10) застосування підручника з хімії в комплекті з робочим зошитом.

Розглянемо наведені фактори і наслідки.

1) **Позитивна реакція учня на навчальне завдання** виникає, оскільки у більшості випадків воно є результатом складання (діяльності) учня, класу чи вчителя. А це, в свою чергу, «важлива передумова організації пошукової діяльності школяра, що набуває в кінцевому підсумку характер проблемної діяльності» [303, 10].

Учень вірить в успішне виконання завдання, а тому почуття успіху супроводжує його на всіх етапах навчальної діяльності. На нашу думку, це допомагає уникати хемофобії, яка, згідно [506], набуває поширення в школі і розпочинається з психологічної реакції учня на хімічні задачі.

2) **Можливість реалізації різного темпу навчання** шляхом поєднання фронтальної, групової та індивідуальної форм організації навчання. Кожен учень після пояснення вчителя (новий матеріал, методика виконання завдань тощо) може обрати власний навчальний темп руху вперед, який координує вчитель. Реалізація групової та індивідуальної форм організації навчання забезпечується завдяки застосуванню розроблених нами робочих зошитів з друкованою основою [364; 394], а також інших засобів навчання (підручники, збірники завдань, довідники, журнали, Інтернет тощо). Працюючи індивідуально, учень не залишається самотнім. Наприклад, ряд завдань, які наведені нами в [364; 389; 390; 394] мають у своєму змісті певні підказки. Н.Ф.Тализіна відзначає, що навчання з підказками більш ефективне, ніж без підказок. Особливо велике їх значення там, де вони допомагають уникнути типових

помилки [412, 292]. Прийом підказок вчителем чи іншими учнями аналогічно застосовувався нами під час колективної форми навчання.

### **3) Покращення умов комунікації в шкільному колективі.**

Складання навчальних завдань та їх наступне розв'язування передбачає широкий обмін думками, консультації, критичний аналіз, висування гіпотез, формування діалогічної форми спілкування вчителя з дітьми та дітей між собою тощо. Ми намагались у процесі навчання активізувати психічну діяльність учнів аби досягти їх пізнавальної активності. Як показало дослідження, розроблена нами технологія застосування навчальних завдань дає змогу активізувати психічну діяльність учнів, оскільки через комунікацію виникає здорова конкуренція, співпереживання і взаємодопомога, радість за успіх як власний, так і інших учнів. В умовах колективної пошукової діяльності діти вчать не тільки мислити, але й набувати навичок ефективного спілкування. Вони оволодівають способами співдружності, співпраці під час виконання навчальних завдань. Одночасно розв'язування та складання завдань мінімізує виконавські дії і сприяє формуванню творчих дій, зокрема, – самонавчанню, самовихованню, вмінню доводити тощо, які в сукупності формують елементи світогляду учня.

Таким чином, вважаємо, що в умовах запропонованої нами педагогічної технології створюються умови реалізації особистісно зорієнтованого виховання, згідно І.Д.Беха (використання співпереживання як психологічного механізму у вихованні особистості, систематичний аналіз власних і чужих вчинків тощо) [25, 124-125].

**4) Можливість вільного вибору завдання** на уроці чи вдома. Вибір навчального завдання учнем змінює характер його діяльності. За таким умов учень стає більш відповідальним, самостійним.

Ми систематично проводили колективний розгляд завдань (обов'язкові завдання), що давало можливість кожному учню засвоїти основні прийоми та способи діяльності, а згодом подальший рух кожного учня проходив насамперед тільки з його ініціативи.

Складання завдань нами не абсолютизується. Як тільки у основній частині класу з'являються навички такої діяльності на рівні елементарних завдань, ми переходимо до комбінованих, де вихідні завдання стають підзавданнями, та вільного вибору учнів. Це може бути вибір варіанта домашнього завдання, підготовки конспекту, розв'язання завдань під час закріплення, все, що, не порушуючи ходу пізнання, дозволяє учневі усвідомити процес суб'єктивного вибору. Відповідальність за цей вибір і його результат сприяє становленню морально розвинутої особистості учня.

Особливо відзначимо роль домашніх завдань, які, вважаємо, є необхідні, оскільки сприяють систематичній пізнавальній діяльності учня.

Проте під час визначення характеру домашніх завдань враховуємо думку В.О.Сухомлинського, що домашні завдання повинні відрізнятися від класної роботи характером розумової праці [410, 366], а також інші чинники – мотиваційні (зацікавленість, цільові установки, потреби тощо), часові, інформаційні (кількість навчальних завдань, їх складність і трудність, пізнавальна цінність, форма тощо), особистісні (можливості учнів, рівень підготовленості, здібності до опанування певними знаннями, уміннями, сформованість навичок навчальної праці, активність, дисциплінованість тощо). Серед найбільш типових домашніх завдань застосовуємо такі: підбір коефіцієнтів у схемах реакцій, які запропоновані в класі; проведення домашніх спостережень та дослідів; складання завдань за різними інформаційними джерелами (наприклад, постановка запитань до окремих частин навчального матеріалу); порівняння вивчених хімічних об'єктів; узагальнення за матеріалом окремого питання чи уроку в цілому; особистісна оцінка вивчених явищ та подій в навколишньому світі; міжпредметні завдання у процесі підготовки рефератів, повідомлень тощо.

**5) Раціональне планування особистої навчально-пізнавальної діяльності** на уроці та в позаурочний час, можливість розвитку природних нахилів до вивчення окремих предметів шляхом застосування завдань з міжтематичним та міжпредметним змістом.

Реалізація міжпредметних зв'язків на рівні завдань певним чином обмежується, як правило, застосуванням завдань з історичним, виробничим, медичним, хімічним змістом, який частково урізноманітнює завдання, але не поширюється на спосіб його виконання (наприклад, праця В.Я.Шевцова [474] та інші). Відзначимо певне поширення в теперішній школі хімічних завдань з історичним змістом. Ми поділяємо думку зарубіжних дослідників щодо використання історії науки, досягнень та помилок вчених під час вивчення хімії [507; 517], оскільки це сприяє розвитку критичного мислення школярів. Широке застосування елементів історії хімії у процесі складання навчальних завдань нами представлено в працях [366; 389-391] та інших.

Ми пропонуємо завдання не лише міжпредметні за змістом, а й за способом їх застосування, методами розв'язування та складання. Зазначений підхід обумовлений об'єктивним процесом пізнання навколишнього світу, який завжди є комплексним, а тому й навчальний процес (а це форма пізнання) під час виконання деяких завдань, на нашу думку, доцільно проводити в межах кількох предметів [375; 382].

Наприклад, ціла низка фізико-хімічних констант застосовується під час розв'язування задач на уроках фізики або хімії, які входять до умови завдання чи наведені в довідкових таблицях. Традиційно у навчанні, в гіршому випадку, учні запам'ятовують константи, у кращому –

користуються довідниками. Ми використовуємо задачний підхід для знаходження одних констант на основі інших, які є найбільш поширеними. Складаємо спільно з учнями міжпредметне завдання і спрямовуємо їх на пошук цих констант, що нами представлено в [375].

- Приклад. Обчисліть такі константи: заряд електрона (прийміть, що стала Фарадея дорівнює 96500 Кл/моль), масу протона, електрона, нейтрона, універсальну газову сталу, сталу Больцмана і сталу Лошмідта. Порівняйте одержані результати з довідковими даними.

Розв'язування: до прихованої частини умови входять інші константи, які встановлюємо з учнями у процесі аналізу та розв'язування задачі. Наприклад, при обчисленні заряду електрона – це стала Авогадро, для якої використовуємо її наближене значення  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ ; відповідно заряд електрона та інші константи обчислюємо до трьох значущих цифр (більшої точності шкільні задачі не потребують) і порівнюємо їх з довідковими даними (табл.4.8):

$$q_e = \frac{F}{N_A} = \frac{96500 \text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

Таблиця 4.8

Деякі фундаментальні фізико-хімічні константи

Константи	Значення фізико-хімічних констант	
	Згідно розрахунків	Згідно довідника [96]
Елементарний заряд $q_e$	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$	$1,6021892 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Маса спокою протона $m_p$	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$1,6726485 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Маса спокою нейтрона $m_n$	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$1,6749543 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Маса спокою електрона $m_e$	$9,05 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$	$9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Атомна одиниця маси а.о.м.	$1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$	$1,6605655 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Універсальна газова стала R	$8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$	$8,31441 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})$
Стала Больцмана $\gamma$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$	$1,380662 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}$
Стала Лошмідта $N_L$	$2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$	$2,686754 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$

До складу атома нукліду Гідрогену-1 (Протію)  ${}^1_1\text{H}$  входить один протон та один електрон. Оскільки маса електрона значно менше (в 1836 разів) від маси протона, то першою можна знехтувати. Отже, маса протона наближено дорівнює масі атома Протію:

$$m_0(\text{H}) = m_p = \frac{M(\text{H})}{N_A} = \frac{1 \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

Таку масу запишемо і для нейтрона, оскільки маса останнього приблизно дорівнює масі протона. Масу електрона та атомної одиниці маси пропонуємо учням розрахувати самостійно вдома.

Для розрахунку універсальної газової сталої достатньо знати, що за нормальних умов (н.у.) молярний об'єм ідеального газу дорівнює  $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$ . Значення температури та тиску, що відповідають н.у.:  $T_0 = 273 \text{ К}$ ;  $p_0 = 101325 \text{ Па} = 760 \text{ мм. рт. ст.} = 1 \text{ атм}$ .

Залежно від вибору одиниць вимірювання тиску та молярного об'єму універсальна газова стала матиме різні значення, одне з них:

$$R = \frac{p_0 \cdot V_m}{T_0} = \frac{101325 \text{ Па} \cdot 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}}{273 \text{ К}} \approx 8,31 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

$$= 8,31 \frac{\text{Н}/\text{м}^2 \cdot \text{м}^3}{\text{К} \cdot \text{моль}} = 8,31 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{К} \cdot \text{моль}} = 8,31 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль}).$$

Знаючи універсальну газову сталу та число Авогадро, розраховуємо значення іншої константи – сталої Больцмана, яку часто застосовують в молекулярній фізиці:

$$r = \frac{R}{N_A} = \frac{8,314 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж}/\text{К}.$$

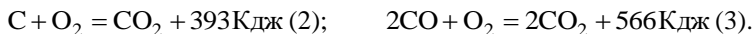
Аналогічно легко розраховуємо сталу Лошмідта – число молекул в одиниці об'єму ідеального газу за н.у.:

$$N_L = \frac{N_A}{V_m} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}}{22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}} \approx 2,69 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

Дослідження показує, що перехід від математичної до хімічної символіки здебільшого викликає в учнів сильне гальмування щодо застосування традиційних математичних операцій [382]. Тому ми знайомили учнів з символами хімічних елементів та формулами найбільш поширених речовин під час навчання природознавства, фізики, математики, що суттєво розширювало спектр реальних об'єктів навчальних завдань у цих предметах.

Практично неможливо визначити теплоту згоряння вуглецю до карбон(II) оксиду  $\text{CO}$ , оскільки утворюється суміш продуктів. Розглянемо конкретне завдання щодо вирішення даної проблеми і використаємо алгебраїчні прийоми роботи з термохімічними рівняннями хімічних реакцій.

Приклад. Визначте невідомий тепловий ефект реакції (1) якщо відомі теплові ефекти реакцій (2) і (3), тобто теплоти згоряння вуглецю та карбон(II) оксиду до вуглекислого газу:  $2\text{C} + \text{O}_2 = 2\text{CO} + Q_x$  Кдж (1);



Математичний підхід до розв'язування: з рівняння (2) знаходимо, що  $C = CO_2 + 393 \text{ Кдж} - O_2$ , відповідно з (3):  $2CO = 2CO_2 + 566 \text{ Кдж} - O_2$ . Підставляємо в рівняння (1) замість  $C$  і  $CO$  їх значення:  $2CO_2 + 2 \cdot 393 \text{ Кдж} - 2O_2 + O_2 = 2CO_2 + 566 \text{ Кдж} - O_2 + Q_x$ . У результаті розв'язування  $2 \cdot 393 \text{ Кдж} = 566 \text{ Кдж} + Q_x$  або  $Q_x = +220 \text{ Кдж}$ . Остаточне термохімічне рівняння реакції:  $2C + O_2 = 2CO + 220 \text{ Кдж}$ .

Міжпредметні зв'язки під час розв'язування та складання завдань реалізуємо також шляхом застосування комп'ютерної техніки. Наприклад, типова задача та її розв'язування на приготування розчинів має такий вигляд під час застосування програми Exel, яка є складовою кожного програмного забезпечення Microsoft Word. На рис.4.5 наведені три варіанти (F, G, H) та розрахункова формула на прикладі варіанта G:  $G6 = (G2 * G3 + G4 * G5) / (G2 + G4)$ . Введення нових даних дає змогу відповідно збільшувати число варіантів завдань. Аналогічно можна застосувати дану програму для складання інших типів розрахункових задач.

	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	<b>Приготування розчину (змішування двох систем певної маси)</b>								
2	Маса першої системи (р-н, розчинник, речовина, г)						100	200	110
3	Масова частка речовини у першій системі						0,6	0,5	0,6
4	Маса другої системи (р-н, розчинник, речовина, г)						100	200	220
5	Масова частка речовини у другій системі						0,4	0,2	0,4
6	Масова частка речовини в одержаному розчині						0,5	0,35	0,466667

Рис.4.5. Вікно програми Microsoft Exel та приклад на приготування розчинів

У роботах [366; 389; 390] та інших нами наведено численні приклади розробки завдань з певним змістом. Розглянемо серію завдань про алюміній, у складанні яких учні приймали безпосередню участь.

*Завдання з історичним змістом.* До винайдення способу одержання металу X методом електролізу вартість його була на рівні золота. На Всесвітній виставці в Парижі в 1855 р. метал X демонструвався для виготовлення ювелірних виробів. На королівських прийомах найбільш шановним персонам ставили столові прибори, виготовлені з X, а всім іншим – із золота та срібла.

*Завдання з військово-історичним змістом.* Метал Х у період російсько-японської війни (1905 р.) використовували з метою отримання водню для аеростатів, використовуючи суміш Х та КОН (тв.). Дані компоненти тверді і їх зручно було транспортувати, а при добавлянні води отримували бажаний продукт.

*Завдання з географічним змістом.* Метал Х – найбільш поширений серед металів у земній корі.

*Завдання з технічним змістом.* Якщо порошок металу Х та заліза під тиском вилітає з сталльної труби і згоряє в атмосфері кисню, то температура полум'я досягає 3000-3500 °С. Такий «вогняний ніж» легко ріже кількаметрові бруски бетону чи граніту.

*Завдання з екологічним змістом.* Чому при підвищеній кислотності (наприклад, наслідок кислотних дощів) у водоймищах швидко зростає вміст алюміній-іонів?

Цілий спектр аналогічних завдань з хімії, які складаються з міжпредметним змістом, описано нами в роботах [367; 368]. Такі завдання застосовували також як окремі підказки в рамках комбінованих завдань, під час ігрових ситуацій на уроках чи позаурочних заходах тощо. Складання учнями хімічних завдань з певним змістом дає змогу враховувати їх індивідуальні здібності та нахили до певних навчальних предметів.

**6) Широке застосування засобів наочності з хімії** (моделі молекул, хімічний експеримент [396], схеми завдань [371; 376; 379] тощо) сприяло ефективній навчальній діяльності на всіх її етапах. При цьому застосовували два підходи, а саме: засоби наочності є складовою частиною вимоги завдання (наприклад, скласти прилад чи модель молекули тощо), або учень їх відтворював як засіб розв'язування завдання (наприклад, схема-модель завдання, розумовий експеримент тощо). З метою комплексного застосування засобів наочності у кожному випадку навчали учнів виявляти в них як якісну, так і кількісну характеристику.

**7) Неперервний розумовий розвиток учнів.** Виконання типових навчальних задач, як правило, формує інтелектуальний аспект мислення, а особистісний аспект мислення реалізується під час виконання творчих задач. Оскільки зазначені аспекти мислення тісно взаємозв'язані і їх взаємодія обумовлена рефлексією, то нами в ході дослідження особлива увага приділялась рефлексії учнів усіх етапів власної діяльності. Нами враховувались висновки психологів щодо інтелектуальної рефлексії, яка визначається предметно-операційним рухом думки в процесі пошуку розв'язку, а також – особистісної рефлексії, яка пов'язана з осмисленням суб'єктом себе не тільки як вирішувача задачі, але й цілісної особистості, що реалізує і розвиває при цьому свою індивідуальність [406, 100]. Звідси випливає, на нашу думку, роль особистісної рефлексії у початковій

мотивації навчання та під час виконання завдань (мотивація успіху), проведення самоаналізу для мобілізації власних інтелектуальних ресурсів тощо.

Увесь хід та результати експерименту дають підстави стверджувати, що відкриття принципу розв'язування завдання – це тільки частина діяльності учня. Ретельний аналіз учнем кожного успіху (чи невдачі) під час виконання завдання сприяє його особистісному та інтелектуальному розвитку, що виражається в активній самоперебудові особистості і коригуванні мислення відповідно. Всі суб'єкти навчального процесу, а точніше, – рефлексивно-навчального, знаходяться в активній позиції по відношенню до завдання–об'єкта. Учні та вчитель беруть участь у створенні методики розв'язку, процесу його реалізації, обробки та аналізу одержаних даних. Кожен суб'єкт не тільки одержує інформацію про об'єкт (завдання), але й під дією самоаналізу одержує особистісно важливу інформацію про себе, що сприяє саморозвитку. Отже, об'єктом виступають як навчальні завдання з хімії, так і процес їх виконання, діяльність вчителя, класу тощо. Дослідження показує, що такий підхід сприяє формуванню діалектичного мислення учнів, яке вбачаємо у їх здатності виявляти структуру, внутрішні зв'язки, сутність хімічних об'єктів, розглядати явища, речовини в суперечностях, що обумовлюють розвиток, а це, в свою чергу, є необхідною умовою формування природничо-наукового мислення школярів.

**8) Ефективна діяльність на різних пізнавальних рівнях** – репродуктивному, частково-продуктивному, продуктивному та творчому (науково-дослідницькому) як через наявність різних видів завдань, так і шляхом їх поступового складання.

Елементи дослідницької діяльності в навчальному процесі ми впроваджували шляхом широких варіацій виникнення проблемних ситуацій у процесі засвоєння і закріплення знань (застосування основних та допоміжних опорних понять, міжтематичних та міжпредметних зв'язків, актуалізація життєвого досвіду учнів, зміна структури вихідного завдання, – з недостатніми та надлишковими вихідними даними, з багатьма варіантами розв'язку, з відсутністю вимоги тощо); стимулювання вчителем творчих проявів учнів (гіпотеза, критичний аналіз, обґрунтування власної думки, інший спосіб розв'язку чи погляд на об'єкт діяльності, складання завдання, вміння фантазувати тощо), утримування вчителя від раптових оцінок навіть помилкових підходів учнів та усунування інших перепонів для мислення, показ учням можливості застосування аналогій для творчого пошуку тощо. Нами враховувалось, що проблемна ситуація має знаходитися в зоні найближчого розвитку учнів, щоб учні з певним досвідом, спираючись на допомогу педагога,



змогли б вирішити її самостійно. Критерієм розуміння матеріалу, індикатором готовності дітей мислити слугували як відповіді учнів на завдання вчителя, так і запитання, які виникали в учнів.

У старших класах як ефективну форму реалізації дослідницької діяльності ми застосовували навчальні конференції. Останні розглядали як реалізацію методу проєктів, який не застосовувався у вітчизняній школі з 30-х років. Нами в ході дослідження апробовані поліпредметні навчальні конференції під час вивчення хімії в 10-му класі, тематика яких була спрямована на висвітлення значення хімічних речовин у нашому житті, наприклад, «Все про воду», «Нітроген та його сполуки у нашому житті», «Метали у нашому житті» тощо. Відповідно з позицій різних наук (хімія, фізика, біологія, медицина, екологія, історія та інші), а отже і навчальних предметів, учні проводили збір необхідної цікавої інформації, проводили деякі експериментальні дослідження. Таким чином, старшокласники під керівництвом учителя хімії, а також кількох учителів з інших предметів, фактично моделювали діяльність вченого на прикладі окремих тем. Учні працювали з різноманітними інформаційними джерелами, проводили підготовку рефератів-повідомлень і на їх основі складали різноманітні цікаві завдання. У ході діяльності, яка охоплювала 6-7 місяців, була передбачена індивідуальна та групова робота в межах окремої теми, самостійна робота учнів з епізодичними консультаціями вчителя та обговоренням одержаних результатів у групі та між групами. Результати пошукової діяльності заслуховували як на самій конференції, так і під час подальшого проведення уроків у класах учасників конференції, їх молодших колег (8-9 класи), а також у позаурочній діяльності. Розроблена нами форма роботи привчала дітей працювати в команді, розвивала здатність творчо мислити, презентувати свої ідеї та результати пошуку, ставити запитання і аргументовано давати відповіді, сприяла розвитку індивідуальних нахилів до окремих предметів, застосуванню комп'ютерної техніки. Наприклад, учні розвивали свої навички роботи з MS Word, MS Publisher, MS PowerPoint, Internet Explorer тощо.

9) **Застосування навчальної гри** чи її елементів з урахуванням вікових особливостей учнів, змісту навчального матеріалу тощо. При цьому нами брались до уваги погляди народної педагогіки на гру у навчанні як форму реалізації природовідповідності [124; 407], а також численних дослідників (К.Д.Ушинського [437, 478], О.М.Леонтьєва [228, 505], Г.І.Щукіної [485, 61], П.Граната (P.Granath) і Д.Расела (J.Russell) [508] та інших) та винятково сучасної думки В.О.Сухомлинського щодо [410, 103] гри: «Тисячу разів сказано: навчання – праця, і її не можна перетворювати в гру, але не можна ставити китайську стіну між працею та грою <...> Без гри не може бути повноцінного розумового розвитку».

Результати експерименту засвідчують, що, на жаль, є дві крайності щодо застосування навчальної гри. Деякі вчителі проводять урок виключно у формалізованому стилі, що створює напруження у класі, мотивація учнів до навчання незначна. Протилежна крайність, яка у сучасній школі досить поширена, полягає у надмірній демократизації навчального процесу, оскільки нерідко весь урок проходить в ігрових ситуаціях, що трактується як нестандартний урок.

У ході дослідження ми дотримувались і рекомендували вчителям знаходити оптимальне співвідношення між грою та навчанням, щоб використовувати дидактичні можливості гри в навчальний та позанавчальний час. З цією метою нами в працях [364; 394; 399] та інших розроблені ряд навчальних завдань, які можуть стати елементами ігрових ситуацій і спрямовані для розвитку логічного мислення дітей на уроках хімії (завдання «біла ворона», на встановлення закономірності розміщення об'єктів, поліпредметні завдання тощо, зокрема наведені вище приклади п.4.3.1: 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 4.5, 4.6 та інші).

**10) Застосування підручника з хімії в комплекті з робочим зошитом.** Розроблена педагогічна технологія відкриває великі можливості роботи з підручником, який, ми вважаємо, провідним засобом навчання, що нами окреслено в роботах [374; 377] та інших.

У ході дослідження нами визначено основні напрямки навчальних завдань, що дають змогу ефективно застосовувати підручник з хімії:

- особистісно-ціннісне ставлення до навчальної інформації підручника (хімічні процеси і речовини у нашому житті тощо);

- аналіз тексту (постановка запитань до окремих фрагментів тексту, виділення ключових понять, головної інформації в тексті та переказ її «своїми словами», відповіді на запитання підручника, користування покажчиком тощо);

- аналіз ілюстрацій підручника (коментар до таблиці, рисунка, схеми, графіка; постановка запитань до ілюстрацій; формулювання пояснювальних підписів до ілюстрацій; збирання приладу за рисунком; зарисовка приладу за описом у тексті хімічного досліду; порівняння інформації схем, таблиць та ін.);

- порівняння, систематизація, класифікація і узагальнення об'єктів вивченого матеріалу (теоретичні поняття, хімічні елементи, речовини, реакції тощо);

- використання текстових та позатекстових компонентів підручника (схем, рисунків, діаграм тощо) під час пояснення вчителем нового матеріалу, закріплення або домашнього завдання;

- конструювання учнями різноманітних завдань (текстових, ілюстраційних тощо) за матеріалом підручника (складання узагальнювальної таблиці або схеми на основі вивченого матеріалу тощо);

- застосування методик, інформації, інструкцій і вказівок підручника для пошуку відповіді на поставлені теоретичні чи експериментальні завдання;

- використання підручника як довідника для пошуку чи обчислення фізико-хімічних констант, складання хімічних формул і рівнянь реакцій;

- самостійне вивчення деяких питань описового характеру тощо.

Для інтенсифікації навчальної діяльності під час застосування підручника на уроці нами розроблено зошити з хімії на друкованій основі [364; 394]. За результатами проведеного дослідження діяльність з хімічним текстом на прикладі застосування робочих зошитів та підручників можна умовно розділити на три етапи [373]:

1) діяльність учня щодо читання тексту (аналогічно вивчення окремого питання, виконання завдання тощо). На цьому етапі (*мотиваційно-змістовому*) важливі прийоми з формування інтересу. Наприклад, можна під час опису фізичних властивостей амоніаку зазначити, що дана речовина легко зріджується. Але ми намагались паралельно поставити запитання-проблему: давайте поміркуємо, чому амоніак легко зріджується і де використовують цю властивість тощо. Таким чином, мінімізується інформаційний підхід, а посилюється аналіз причинно-наслідкових зв'язків;

2) *орієнтування* в тексті, яке виникає в ході його читання (в процесі ведення уроку чи розгляду окремого питання, в процесі виконання завдання тощо). Діалогічний виклад навчального матеріалу в підручнику чи в ході уроку в супроводі запитань акцентує увагу учнів і спрямовує на вирішення поставленого завдання. Використовували під час експерименту і діалог учителя з собою – яким він вчить учня міркувати, порівнювати, робити правильні висновки тощо, але при цьому уникає догматичного ведення уроку;

3) *навчально-рефлексивна* робота над текстом чи його елементами після його прочитання. Розроблена технологія навчання формує у дітей вміння виявляти приховані в тексті запитання, висувати гіпотези і перевіряти їх, тобто особисто вести діалог.

Такий підхід нами використаний в робочих зошитах з хімії [364; 394], які застосовували в експериментальному навчанні, і завдяки яким вчитель мав змогу:

- створювати умови для диференційованої діяльності (репродуктивна, пошукова, творча);

- працювати в межах різних організаційних форм (фронтальна, групова, індивідуальна);

- враховувати індивідуальні особливості учнів (підбір і конструювання відповідних прикладів і задач, методи розв'язування, темп навчання);

- реалізувати можливість взаємонавчання (аналіз різних гіпотез, відповідей, способів розв'язування тощо);
- проводити оптимально-ефективне керівництво навчальною діяльністю (консультація, допомога під час виконання завдань, алгоритми дій, проблемні ситуації);
- створювати оптимальну мотивацію навчання через вільний вибір завдань чи за порадою (не вказівкою) вчителя, конкуренцію в учінні, використання життєвого досвіду учнів та актуалізацію міжпредметних знань і вмінь, самоаналіз та самооцінку діяльності;
- об'єктивно оцінювати етапи розвитку кожного учня, використовувати завдання, які складені учнями;
- враховувати різний темп у навчанні (при необхідності можна повторити з учнями раніше вивчений матеріал) тощо.

Застосування робочих зошитів з друкованою основою розглянемо на прикладі вивчення поняття «відносна молекулярна маса» (основний модуль). Усі завдання, які бажано скласти учням, позначені зірочкою (\*), а приклади виконання деяких завдань – курсивом, реальні пропуски в робочих зошитах для учнівських записів опускаємо за винятком таблиць. Ряд завдань утворюють так званий перехідний модуль, мета якого – актуалізація необхідних опорних знань і вмінь. Ми вважаємо, що не обов'язково це мають бути нові завдання, краще попередні чи їм аналогічні. Але вчитель має визначити ці опорні поняття. В даному випадку, на нашу думку, це поняття такі: знаки хімічних елементів та хімічна формула речовини, індекс, відносна атомна маса, вимова назв тощо.

Розглянемо приклади можливих завдань перехідного модуля з попередніх тем, які є комплектом прямих, аналогічних, обернених завдань, завдань з конкретним та узагальненим змістом тощо.

- 1. Заповніть таблицю згідно першого прикладу (курсив) для характеристики хімічних елементів:

№ п/п	Назва	Символ	Вимова	$A_r$
1)	<i>Нітроген</i>	<i>N</i>	<i>Ен</i>	<i>14</i>
2)	Оксиген			
3)		S		
4)			Це	
5)		Si		28
6)	Гідроген		Аш	
7)		Cu		
8)	Аурум			197
9)*				
10)*				

Чи є в таблиці надлишкові відомості для виконання окремих завдань?

У процесі виконання завдань звертаємо увагу учнів, які завдання є аналогічні, обернені.

- 2. Запишіть за допомогою хімічної символіки:

- |                        |                                  |
|------------------------|----------------------------------|
| 1) 2 атоми Кальцію;    | 6) 10 молекул води;              |
| 2) 3 атоми Хлору;      | 7) 4 молекули вуглекислого газу; |
| 3) 6 атомів Оксигену;  | 8) 6 молекул хлору;              |
| 4) один атом Алюмінію; | 9) 5 молекул кисню;              |
| 5)*                    | 10)*                             |

У даному завданні учні самостійно складають власні приклади для запису хімічного елемента (5) та речовини (10).

- 3. Визначте, що означають наступні записи:

- 1) 6O: *наприклад, – шість атомів Оксигену;*  
 2) 5S; 3) 3O<sub>2</sub>; 4) O<sub>3</sub>; 5) 3O; 6) 4H<sub>2</sub>; 7) 4H; 8) 4H<sub>2</sub>O; 9) 5CO<sub>2</sub>; 10) 7Fe.

Ми вважаємо за доцільне і епізодично пропонуємо учням завдання не тільки з конкретними об'єктами, але й у загальному вигляді чи їх поєднання.

- 4. Проведіть стрілки від загальних до відповідних конкретних формул речовин:

CO		SO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub>	X <sub>2</sub>	Zn
N <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>
O <sub>3</sub>	XY <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		MnO <sub>2</sub>

Далі розглянемо завдання нового тематичного модуля «Відносна молекулярна маса». Пропонуємо учням зрозуміти формулу для визначення відносної молекулярної маси речовини A<sub>x</sub>B<sub>y</sub>C<sub>z</sub>, M<sub>r</sub>(A<sub>x</sub>B<sub>y</sub>C<sub>z</sub>) = xA<sub>r</sub>(A) + yA<sub>r</sub>(B) + zA<sub>r</sub>(C) шляхом розгляду якісних та кількісних параметрів, що її характеризують. Аналіз даного рівняння дає підстави для висновку, що можливі завдання даного модуля можуть бути спрямовані таким чином (табл.4.9):

1) визначення M<sub>r</sub> речовини за відомою хімічною формулою (традиційний підхід переважної більшості посібників з хімії) або визначення M<sub>r</sub> кількох речовин за відомими хімічними формулами та порівняння їх значень (малопоширені завдання);

2) визначення невідомої хімічної формули речовини (ХФР) чи складових її хімічних елементів (ХЕ) за відомим значенням M<sub>r</sub>. Такі завдання рідкісні в більшості посібників при формуванні даного поняття, але згодом з'являються під час розв'язування більш складних задач;

3) аналіз реальності значення маси речовини (табл.4.9, №6) – надзвичайно рідкісні завдання.

Таблиця 4.9

Основні напрямки конструювання завдань під час вивчення відносної молекулярної маси речовини

№ п/п	ХФР	Символи ХЕ, або $A_r$	Індекси ХЕ	$M_r$ (або $m$ , а.о.м.)
1)	+	+	+	?
2)	+?	+?	+	+
3)	+?	+	+?	+
4)	+?	?	+	+
5)	+?	+	?	+
6)	+	+	+	+?

Позначення: відомі (+), невідомі (?) та частково відомі параметри (+?).

• 5. Обчисліть відносну молекулярну (формульну) масу та масові співвідношення між елементами для таких речовин:

1)  $H_2SO_3$ : *наприклад,*

$$M_r(H_2SO_3) = 2A_r(H) + A_r(S) + 3A_r(O) = 2 \cdot 1 + 32 + 3 \cdot 16 = \underset{m(H)}{2} + \underset{m(S)}{32} + \underset{m(O)}{48} = 82$$

$$m(H) : m(S) : m(O) = 2 : 32 : 48 = 1 : 16 : 24.$$

$$2) M_r(CaCO_3) = A_r(Ca) + A_r(C) + 3A_r(O) = ; \quad m(Ca) : m(C) : m(O) = ;$$

$$3) M_r(CuSO_4) = ; \quad m(Cu) : m(S) : m(O) = ;$$

$$4) M_r[Ca(NO_3)_2] = ; \quad m(Ca) : m(N) : m(O) = ; \quad 5)*.$$

Наступні два завдання №6 та №7 обернені до попереднього.

• 6. Спробуйте визначити невідомі елементи чи індекси елементів та встановити хімічну формулу речовини на основі відомої відносної молекулярної маси:

$$1) M_r(H_2EO_3) = 82.$$

*Розв'язування:*

$$M_r(H_2EO_3) = 2A_r(H) + A_r(E) + 3A_r(O) = 2 \cdot 1 + x + 3 \cdot 16 = 82; \quad x = 32 \Rightarrow E = S$$

$$2) M_r(EO_3) = 100; \quad 3) M_r(E_2CO_3) = 106; \quad 4) M_r(Na_2SO_x) = 142; \quad 5)*.$$

• 7. Складіть хімічні формули речовин на основі відомостей про відносні атомні маси хімічних елементів та їх масових співвідношень у речовині:

$$1) m(H) : m(S) : m(O) = 1 : 16 : 24 = 2 : 32 : 48 = 2A_r(H) : A_r(S) : 3A_r(O) \Rightarrow H_2SO_3$$

$$2) m(S) : m(O) = 1 : 1; \quad 3) m(H) : m(O) = 1 : 8; \quad 4) m(C) : m(H) = 3 : 1; \quad 5)*.$$

Учитель зазначає, що у завданнях 1-7 ми використовували знання символів хімічних елементів, їх відносні атомні маси, індекси. Зараз спробуємо виконати серію завдань, які їм аналогічні, але для цього нам необхідно краще зорієнтуватись у хімічній формулі речовини, а саме – добре розуміти індекс та відносну молекулярну масу.

• 8. Розмістіть наведені хімічні формули у порядку зростання відносних молекулярних мас речовин (міркування намагайтесь проводити усно):

1) CO, O<sub>2</sub>; 2) NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>; N<sub>2</sub>O; 3) O<sub>3</sub>, O<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>; 4) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>; 5)\*.

• 9. Вкажіть для кожної пари хімічних речовин, яка з них має важчі молекули і в скільки разів:

1) SO<sub>3</sub> і CH<sub>4</sub>:

$$M_r(SO_3)/M_r(CH_4) = \frac{m_0(SO_3) / \frac{1}{12} m_0(C)}{m_0(CH_4) / \frac{1}{12} m_0(C)} = m_0(SO_3)/m_0(CH_4) = 80/16 = 5$$

2) O<sub>3</sub> і O<sub>2</sub>; 3) H<sub>2</sub> і H<sub>2</sub>S; 4) CO<sub>2</sub> і N<sub>2</sub>O; 5)\*.

• 10. Складемо завдання обернене до попереднього. Визначте відносну молекулярну масу речовини, якщо її молекула:

1) у п'ять разів важча за молекулу метану CH<sub>4</sub>:

$$m_0(A)/m_0(CH_4) = M_r(A)/M_r(CH_4) = 5 \cdot$$

Звідки,  $M_r(A) = 5 \cdot M_r(CH_4) = 5 \cdot 16 = 80$ .

2) у два рази важча за молекулу кисню O<sub>2</sub>;

3) у 17 разів легша за молекулу сірководню H<sub>2</sub>S;

4) має таку ж масу як молекула вуглекислого газу; 5)\*.

• 11. Визначте невідомі параметри і заповніть пропуски в таблиці.

Складіть аналогічну або обернену задачу до попередніх вихідних задач.

№ п/п	Хімічний символ чи хімічна формула	Що означає даний запис?	Маса, а.о.м.
1)	5 N	5 атомів Нітрогену	5 · 14 = 70
2)	?	5 атомів Нітрогену	?
3)	?	?	5 · 14 = 70
4)	3 Ca	?	?
5)*			
6)	2 O <sub>2</sub>	?	?
7)*			
8)	?	10 атомів Калію	?
9)*			
10)	?	4 атоми ?	4 · 12 = 48
11)*			
12)	?	4 молекули ?	? · ..... · ? · ..... = 8
13)*			
14)	2 SO <sub>x</sub> (?.....)	2 молекули ?	2 · 64 = 128
15)*			
16)	SX <sub>3</sub> (?.....)	?	32 + ? · ..... = 80
17)*			

• 12. Чи може маса води (в а.о.м.) дорівнювати 1) 9; 2) 18; 3) 25; 4) 36?

Наведені приклади ілюструють наші підходи до застосування навчальних завдань у процесі формування основних хімічних понять. Ми вважаємо, що важливим критерієм засвоєння поняття учнями є самостійне складання ними найпростіших аналогічних та обернених завдань, оскільки це засвідчує про усвідомлення суттєвих ознак нового поняття чи способів діяльності. У вчителя за такої методики застосування навчальних завдань робочі зошити стають засобом педагогічної комунікації через створення умов для диференційованої діяльності на уроці, оскільки шляхом розв'язування та складання різних завдань та їх варіацій враховуються індивідуальні особливості учнів у рамках різних організаційних форм (фронтальна, групова, індивідуальна), реалізуються інтерактивні методики навчання, активізується виконання домашніх завдань тощо.

На основі дослідження можемо виокремити такі основні етапи діяльності вчителя для реалізації розробленої технології:

1) відбір певного змісту, необхідних методів та організації навчання, які дають змогу формувати мотивацію, пізнавальні проблеми для подальшого пошуку їх вирішення в навчальній діяльності;

2) виокремлення основних опорних та допоміжних понять, аналіз їх структури та відношень між ними, які необхідно знати учням під час розв'язування хімічних завдань, тобто побудова операційної моделі, на основі якої вони зможуть самостійно вирішувати навчальні проблеми в околі даних понять;

3) розробка системи хімічних завдань для формування запланованих навчальних дій, які дають змогу реалізувати операційну модель;

4) реалізація операційної моделі шляхом навчально-пізнавальної діяльності учнів та створення умови для її саморегуляції.

На прикладі конкретних тем («Хімічні формули речовин», «Рівняння хімічних реакцій», «Приготування розчинів», див. п.4.3.1-4.3.3) показано та обгрунтовано, що:

– проведення системно-структурного аналізу об'єктів навчальних завдань з хімії (хімічна формула речовини, рівняння хімічної реакції тощо) дає змогу виявляти основні види якісних та розрахункових завдань і на цій основі цілеспрямовано складати й розв'язувати конкретні завдання;

– розроблені загальні підходи системного застосування завдань з хімії шляхом навчання учнів проводити їх розв'язування та складання (перехід від простих до складніших завдань, від конкретних до узагальнених, від вихідних до обернених та аналогічних, зміна формулювання умови тощо) дають змогу формувати в учнів динамічні системи пізнавальної діяльності;



– аналіз структури хімічного завдання дає змогу учням виявляти як окремі об'єкти та відношення між ними, так і цілі підзавдання, що сприяє формуванню усвідомленого підходу до вибору розв'язку;

– перехід від прямих до обернених завдань шляхом модифікації умови дає змогу одержувати поліваріантні відповіді;

– застосування розроблених робочих зошитів з хімії дає змогу вчителю створювати оптимальну мотивацію навчання (вільний вибір завдань чи за порадою вчителя, конкуренція в учінні, використання життєвого досвіду учнів, актуалізація міжпредметних знань і вмій, самоаналіз та самооцінка діяльності), умови для диференційованої навчальної діяльності, працювати в рамках різних організаційних форм, реалізувати можливість взаємонавчання тощо.

Отже, на основі розробленої педагогічної технології застосування навчальних завдань з хімії згідно концепції дослідження, конкретних прикладів, методику розв'язування та складання навчальних завдань у формі окремих блоків можемо стверджувати про наявність у сукупності розроблених завдань усіх ознак, які притаманні системі згідно [343, 464], а саме: цілісності, структурності, ієрархічності, взаємозв'язку системи завдань з хімії і суб'єктів навчання, множинності опису.

Цілісність розробленої системи навчальних завдань з хімії, на нашу думку, обумовлена наявністю окремих видів завдань, які не є механічним об'єднанням, а взаємозв'язані через зміст хімічної освіти, методи і форми навчальної діяльності, реалізацію міжтематичних та міжпредметних зв'язків (внутрісистемних і міжсистемних зв'язків). Виконання розробленої системи завдань з хімії – результат вищої якості, ніж механічна сума вмій під час виконання окремих завдань.

Структурність системи навчальних завдань з хімії обумовлена наявністю сітки зв'язків та відношень через розміщення окремих завдань (див. табл.3.9, вимоги до розміщення завдань) як у порядку зростання їх складності, так і різних видів розумової діяльності.

Ієрархічність системи навчальних завдань з хімії має кілька рівнів, – кожен вид завдання нами розглядається як система, елементами (компонентами) якої є окремі завдання. Досліджувана система завдань з хімії є компонентом складнішої системи, наприклад, системи навчально-пізнавальної діяльності.

Взаємозв'язок системи завдань з хімії і суб'єктів навчання (середовища) виявляється у тому, що існує взаємовплив через свої властивості системи завдань та суб'єктів навчально-пізнавальної діяльності. Наприклад, через навчально-пізнавальну діяльність учнів вихідна (статична) система завдань зазнає змін (модифікація, переформулювання, складання завдань тощо) і стає динамічною.

Відповідно зазнають змін суб'єкти навчання, а усвідомлення ними змін щодо особистісного розвитку є, на нашу думку, найбільш важливим наслідком зазначеного взаємозв'язку.

Множинність опису системи завдань з хімії – означає її принципову складність. Наприклад, існують різні підходи до класифікації навчальних завдань з хімії, кожен з яких описує певні ознаки завдання чи їх системи.

Отже, можемо зазначити, що розроблена нами система навчальних завдань з хімії – це упорядкована цілісна множина окремих видів хімічних завдань (запитань, вправ, задач), що знаходяться між собою у певних відношеннях і зв'язках.

#### **4.5. Результати педагогічного експерименту**

У даному підрозділі представлені результати педагогічного експерименту щодо апробації розробленої методики та їх обговорення.

В експериментальному навчанні упродовж 1997-2005 рр. приймали участь понад 1400 учнів загальноосвітніх шкіл кількох регіонів України (Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Одеська, Сумська та Херсонська область). Для його організації та обробки одержаних результатів використовували рекомендації, наведені в роботах [2; 69; 93; 105; 164; 218; 219; 264; 270; 275; 492] та інших.

У ході експерименту використовували різноманітні навчальні посібники з хімії, а також розроблені нами збірники тестових завдань [403; 404], навчальну програму [401] та зошити з друкованою основою (робочі зошити з хімії) [364; 394]. Навчальні посібники одержали гриф Міносвіти України і були включені до переліку рекомендованих до застосування в загальноосвітніх школах згідно інформаційних збірників Міносвіти України (1998, №17-18, с.29; 1999, №13-14, с.41; 2000, №13, с.7 та ін.). Таке навчально-методичне підґрунтя науково-дослідної роботи сприяло забезпеченню масовості педагогічного експерименту.

Використовували комплекс відомих форм контролю знань. Для вихідних та підсумкових зрізів застосовували розроблені тестові завдання [395; 400; 403; 404], які попередньо пройшли валідизацію шляхом обчислення коефіцієнтів кореляції з результатами навчальної успішності учнів, а також розрахунком коефіцієнтів надійності згідно [2]. Тематичний і підсумковий контроль був однаковий для учнів контрольних і експериментальних груп. В експериментальних класах широко застосовували самоконтроль, що полягав у рефлексії власної діяльності як учня, так і вчителя, фіксації одержаних результатів на фоні запланованих, оскільки такий вид діяльності передбачає і експериментальна методика з розв'язування та складання завдань.