

РОЗДІЛ 3

СИСТЕМНО-СТРУКТУРНА ПОБУДОВА ЗМІСТУ, ПРОЦЕСІВ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ І СКЛАДАННЯ НАВЧАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ З ХІМІЇ

На думку багатьох фахівців у галузі психології та педагогіки, одна з причин відсутності в учнів належних знань та вмій з розв'язування завдань, особливо розрахункових задач, полягає в тому, що вони сприймають їх тільки як тимчасову дію, яку необхідно виконати і знайти відповідь [443, 99].

Чинні програми з хімії (наприклад, [321]) як показує дослідження, не передбачають формування в учнів загальних уявлень про сам процес розв'язування та структуру завдань, а підручники і навчальні посібники не містять необхідних для цього відомостей.

Оскільки будь-який складний об'єкт можна розглядати завдяки взаємозв'язаним компонентам як систему з деякою структурою, застосуємо системно-структурний підхід до аналізу навчального завдання. Саме завдання одночасно є, з одного боку, складною структурованою системою, а з іншого, – компонентом більш складної структури – навчально-пізнавального процесу. Останній можна розглядати з позицій задачного підходу як процес постановки (складання) та вирішення завдань суб'єктами навчально-пізнавальної діяльності. Наприклад, М.Д.Ярмаченко вказує, що у педагогіці та педагогічній психології задача і суб'єкт, що її розв'язує, розглядається як єдина система [301, 122]. Зрозуміло, що однією з умов належного функціонування такої системи є не тільки включення різноманітних навчальних завдань, але й їх ефективне застосування. Знання структури завдання дає змогу суб'єктам навчальної діяльності – учневі та вчителю – виробляти уніфікований підхід з точки зору логіки пізнання до їх застосування та вирішення. Таким чином, виникає необхідність дослідження структури навчального завдання та його параметрів, відповідно – процесів складання та розв'язування завдань. Для реалізації поставленої мети нами були визначені такі завдання:

- дослідити зміст та структуру навчальних завдань з хімії;
- дослідити зміст та структуру процесів розв'язування і складання навчальних завдань з хімії як єдиної системи процесу пізнання;
- виявити в досліджуваних системах різноманітні типи зв'язків між окремими складовими компонентами;
- визначити умови ефективного функціонування кожної з цих систем та умови їх подальшого розвитку.

3.1. Зміст і структура навчальних завдань

Аналіз психолого-педагогічної літератури засвідчує одностайну думку вчених щодо складної структури задачі, проте трактування її складових відрізняється. Зведені наслідки аналізу представлені в табл.3.1.

Таблиця 3.1

Трактування основних складових частин та параметрів задачі згідно літературних джерел

Трактування	Література
Об'єкт задачі – це предмет (невідомий), у відношенні до якого формулюється вимога задачі	К.К.Джумасв [120, 8]
Предметна сфера – це клас фіксованих (названих, позначених) об'єктів (предметів), про які йде мова в задачі	Л.М.Фрідман [443, 16]
Умова задачі – це опис (частіше всього у формі словесного формулювання) всіх чи деяких компонентів початкового стану задачної системи	В.М.Глушков та співавтори [463, 67]
Умови – це більш-менш (залежно від характеру самої задачі і того, хто її вирішує) визначені інформаційні системи, з яких варто виходити під час спроб розв'язування	А.Ф.Есаулов [489, 18]
Умова – наявна сукупність об'єктів, упорядкованих певними відношеннями	Ю.М.Кулюткін [215, 18]
Умова – інформація, яка необхідна для аналізу та розв'язування задачі	М.І.Махмутов [254, 47]
Умова задачі – «ті дані, які обумовлюють розв'язування і включаються як необхідні посилання у хід міркування, що веде до розв'язку»	С.Л.Рубінштейн [337, 86]
Елементи предметної сфери разом із наявними відношеннями утворюють умову задачі	Л.М.Фрідман [443, 16]
Вимога задачі полягає в знаходженні об'єкта, за яким задані в умові висловлювані форми переходять в істинні висловлювання	К.К.Джумасв [120, 8]
Вимога – це те, до чого потрібно прагнути або чого потрібно досягти в процесі перетворення вихідних інформаційних систем	А.Ф.Есаулов [489, 18]
Вимога задачі вказує на те, що необхідно шукати у даних умовах	Ю.М.Кулюткін [215, 18]
Вимога задачі – це результат, який характеризує зміну в задачній системі під час розв'язування задачі	Ю.І.Машбиць [255, 61]
Вимога задачі – це вказівка про мету розв'язування задачі, це те, що потрібно встановити в результаті її розв'язування	Л.М.Фрідман [443, 16]
Оператор задачі – сукупність тих дій (операцій), які необхідно провести над умовою задачі, щоб виконати її вимогу	Л.М.Фрідман [443, 16]

Більшість публікацій в психолого-педагогічній літературі спрямовані на висвітлення структури задачі. Ці відомості нами взяті за основу під час аналізу структури завдання, оскільки у кожному з його видів (вправи, запитання, задачі) наявні загальні складові компоненти. Наприклад, згідно С.Г.Шаповаленка, в запитанні завжди є і елементи умови [468, 542]. На складну структуру запитання вказують і філософи, зокрема І.Т.Фролов, – що в запитанні представлені як проблематичний, так і асерторичний боки. Останній характеризує представлене запитання, виділяє дещо, існування чого мається на увазі в ньому і ознаки чого поки невідомі, а також окреслює клас можливих значень невідомого; цей бік деколи виступає на перший план [439, 74].

Щодо системи та структури В.Оконь [280, 183] визначає: «Система – це точно упорядкована предметно і логічно група складових, що відповідає своїм функціям, а також зв'язкам між цими складовими. Групу таких зв'язків (співвідношень) ми називаємо структурою». Звідси можемо зробити такий висновок: набір об'єктів, які не зв'язані між собою деякими зв'язками, утворюють не систему, а сукупність. Тому, наприклад, можна спрямовувати вимогу навчального завдання виключно на пошук таких зв'язків між об'єктами системи.

Система як цілісний об'єкт має певні властивості, які, згідно Г.О.Балла, є такими:

- структурні властивості, що характеризують: а) окремі компоненти системи, розглядувані як єдине ціле; б) відношення між компонентами системи; в) відношення між окремими компонентами і системою в цілому;
- функціональні властивості, що характеризують систему як єдине ціле;
- субстратні властивості, що характеризують окремі компоненти системи [18, 12].

Структуру задачі А.М.Сохор трактує як характер внутрішніх відношень (зв'язків, залежностей) між даними і шуканими величинами, а тому рекомендує для вивчення структури задачі розглядати не її умову як таку, а розв'язок [359, 132]. Аналогічної думки дотримується А.І.Шаповалов, який пропонує представляти структуру задачі у формі розгалуженого графа [471, 7]. Математична (і логічна) залежність між даними і шуканими виявляється у розв'язку, а не в умові задачі, де вона задана імпліцитно. Задачі, які допускають різні розв'язки, мають кілька різних структур. Водночас А.М.Сохор виділяє в методичному аспекті структуру умови задачі, в дидактичному – структуру розв'язку [359, 133]. Вважаємо, що зазначені аспекти і пояснюють різні трактування задачі та її

структури як окремого виду навчального завдання та виду діяльності, що обумовлює виникнення відповідних структур.

Ю.І.Машбиць акцентує увагу на тому, що традиційні шкільні задачі – це задачні ситуації, оскільки задачами вони стають за умови, по-перше, коли відбиваються в свідомості учня, по-друге, коли сприймаються ним. У даному випадку, як ми вважаємо, Ю.І.Машбиць розглядає завдання як діяльність. Зокрема, залежно від того, чи міститься в умові мета або вимога, всі навчальні задачі Ю.І.Машбиць розподіляє на дві групи. Першу групу («власне задачі») складають такі, в умові яких є вимога. Вимога формулюється як знаходження деякого об'єкта чи його характеристик. До другої групи належать навчальні задачі (як правило, їх називають «завдання»), де суб'єкту задається мета, наприклад, вивчити деякий матеріал тощо [255, 61].

На нашу думку, завдання (запитання, вправи, задачі) належать до названих груп, оскільки в обох випадках є певна умова, наприклад, відомі та невідомі параметри (перша група) чи відома назва параграфу (друга група); є також вимога, наприклад, знайти невідомі параметри (перша група) чи вивчити параграф (друга група). За умови, коли завдання сприймається суб'єктом до виконання, воно стає навчальним (реальний об'єкт навчально-пізнавальної діяльності), в іншому випадку – це завдання (можливий об'єкт навчально-пізнавальної діяльності).

Подібний підхід пропонує також Е.А.Майдановська, яка виділяє в завданнях три відносно самостійні частини: мету дії; об'єкт дії, що формується; зв'язки та відношення, які визначають її операційний склад [247, 12]. Дані складові частини наявні у будь-якому завданні, незалежно від предметно-специфічного змісту. Одночасно вони є складовою дії, спрямованою на їх виконання.

Аналогічне трактування структури кожного виду навчального творчого завдання описує Г.В.Сирота, який включає у таку діяльність змістовий, процесуальний і мотиваційний компоненти [349, 13]. Таким чином, у розглянутих випадках використано діяльнісний підхід до пояснення структури завдання.

Спробу представити задачу як об'єкт та як засіб діяльності здійснює Я.Г.Опілат, який у структуру задачі включає запитання, процеси пошуку і обґрунтування відповіді на запитання, процеси перевірки вихідної гіпотези та оцінювання [283, 9].

Найбільш узагальнені варіанти розуміння задачі як складної системи описують автори теорії задач, зокрема В.В.Власов, Г.С.Костюк, Г.О.Балл, Ю.І.Машбиць та ін. На думку В.В.Власова, основними складовими елементами задачі є такі: 1) вихідний стан перетворювального об'єкта; 2) кінцевий стан перетворювального об'єкта; 3) перетворювальні дії;

4) засоби перетворення; 5) режими перетворення. У різних задачах ці елементи можуть бути відомі, невідомі, шукані [68, 33].

Г.С.Костюк та Г.О.Балл характеризують задачу як систему, «обов'язковим компонентом якої є предмет, що знаходиться в деякому актуальному стані, і вимога задачі, тобто модель необхідного стану цього предмета» [198, 15]. Структура задачі, яка представлена Г.О.Баллом [18, 32], на нашу думку, є найбільш уніфікованою з точки зору охоплення спектру можливих предметних задачних систем. Позитивно, що автор не вважає остаточною пропоновану структуру, оскільки можливі подальші її деталізації.

Структура будь-якої задачі, за І.Я.Лернером, містить умову (У), запитання (З) чи вимогу, в якій втілена проблема, і шукане, на шляху до якого та формулювання відповіді (В) суб'єкт, що розв'язує задачу, здійснює один чи кілька кроків (– – –). Відповідна схема задачі: **У – З – – – → В** [309, 24]. Близьку думку висловлює і М.І.Махмутов, що словесне формулювання задачі складається з двох частин: вимоги, запитання (імперативної частини) та умови – інформації, необхідної для аналізу та розв'язку [254, 47].

У методиці навчання математики подібні підходи до трактування складових компонентів задачі знаходимо у В.Г.Коваленка і І.Ф.Тесленка [187, 6] та в М.В.Метельського [260, 176].

У табл.3.2 представлені основні складові частини або структура задачі згідно проведеного нами узагальнення літературних джерел. Практично всі дослідники виокремлюють вимогу задачі, яку в деяких випадках називають запитанням чи трактують як шукане. Аналогічно більшість авторів вказують на умову як окрему складову. Проте в ході дослідження нами встановлено досить широке трактування умови – деякі автори до складу умови вводять інформацію про відомі (дані) та невідомі параметри чи предмети (вимога, шукане), інші – їх розділяють. Більш загальне трактування умови знаходимо у Г.О.Балла (вихідний предмет задачі) та Л.М.Фрідмана (предметна сфера). Г.О.Балл [18, 75] зазначає, що вихідний предмет пізнавальної задачі несе інформацію як про відомі, так і про невідомі предмети; різниця тільки у тому, що у першому випадку ця інформація достатньо повна, а у другому – недостатньо повна. На думку Л.М.Фрідмана, елементи предметної сфери (відомі та невідомі об'єкти) разом з відношеннями, які їх зв'язують, утворюють умову (чи умови) задачі [443, 16]. Ми вважаємо, що аналогічні відомі та невідомі об'єкти містять й інші види завдань, зокрема, вправи і запитання, оскільки суб'єкт повинен мати певні знання, в іншому разі він не виконає поставлене завдання.

Таблиця 3.2

Основні складові частини (структура) задачі згідно літературних джерел

Умова	Об'єкт	Вимога	Шукане	Предмет	Інше	Література
		+		Вихідний предмет		Г.О.Балл [18, 41]
+	Вихідний та кінцевий стан об'єкта перетворення		+		Дії, засоби та режими перетворення	В.В.Власов [68, 33].
+	+	+				К.К.Джумаєв [120, 7]
Дані			+		Приховані суперечності	В.Г.Коваленко і І.Ф.Тесленко [187, 6]
		+		+		Г.С.Костюк і Г.О.Балл [198, 15]
+	+	+			Відношення	Ю.М.Кулюткін [215, 18]
+		Запитання	+			І.Я.Лернер [309, 24]
	Об'єкт дії	Мета дії			Зв'язки та відношення	Е.А.Майдановська [248, 12]
+		+				М.І.Махмутов [254, 47]
+	+	+			Зв'язки (функції), вказівки про способи і засоби розв'язування	Ю.І.Машбиць [255, 61]
+		+			Зв'язки (функції)	М.В.Метельський [260, 176]
Дані			+		Зв'язки (функції)	А.М.Соход [359, 132]
Дані			+		Відношення	А.І.Уман [433, 10]
+	*	+	Невідоме	Предметна сфера	Оператор, відношення	Л.М.Фрідман [443, 16]
+		Запитання			Зміст	Л.Ф.Чикваніа [465, 19]
+		+				С.Г.Шаповаленко [468, 542]
+		+			Зв'язки	А.І.Шаповалов [471, 4]
+		+			Зв'язки	А.Ф.Есаулов [489, 18]

Ряд авторів розглядають детально і структуру умови, зокрема А.Ф.Есаулов виділяє в умові задачі вихідні, привнесені і шукані параметри [489, 18], а Л.Ф.Чикванаїа вказує, що умова задачі об'єднує фактичні, квазі, формальні й латентні дані [465, 19].

Деякі автори до складу основних компонентів задачі вводять об'єкти, які, на нашу думку, не потребують окремого виділення. Наприклад, Л.Ф.Чикванаїа, крім умови, до складу задачі включає запитання та зміст, що містить формальні і пізнавальні елементи [465, 19], а Ю.І.Машбиць [255, 61] – вказівки про способи і засоби розв'язання. Стосовно відношень чи зв'язків між компонентами задачі частина авторів відзначає їх як окрему складову в структурі задачі, але називає по-різному, – зв'язки, відношення тощо. На нашу думку, зміст задачі охоплює всі складові, а зазначені об'єкти є компонентами умови задачі.

Дослідження показує, що є два протилежні погляди щодо складу умови, – деякі автори включають вимогу завдання до умови, інші – тільки відомі параметри. На нашу думку, з погляду логічної побудови завдання його умову можна вважати моделлю предметної сфери, яка презентується через формулювання. Тому вимогу завдання ми не відносимо до складу його умови.

Отже, на основі проведеного дослідження ми вважаємо доцільним запропонувати свою структуру навчального завдання [380], яка представлена на рис.3.1 і містить такі компоненти:

- предмет завдання (предметна сфера), що включає об'єкти завдання та відношення між ними;
- умова, яку з точки зору логічного складу завдання можна вважати моделлю предметної сфери і яка подається шляхом формулювання;
- вимога завдання – визначає невідомий параметр, яким може бути або об'єкт, або відношення, або сама діяльність. Вимога завдання не входить до складу його умови, але вона також представлена через формулювання.

Формулювання завдання виконує ряд функцій, по-перше, є описом-поданням умови та вимоги (наприклад, текстове, символічне, символічно-графічне тощо), по-друге, створює семантичні зв'язки (явні чи приховані) в предметній сфері, по-третє, надає завданню певної форми (наприклад, текст, схема, таблиця, рисунок, аудіозапис тощо). Усі зазначені складові завдання, представлені через формулювання, утворюють його зміст та форму. Отже, навчальне завдання, можна трактувати і як вид діяльності учня (завдання прочитати текст, підготувати реферат, провести дослід, розв'язати задачу тощо), водночас – і як об'єкт дії учня (запитання, вправа, задача). А з точки зору структури, навчальне завдання – це

складна система, що включає ряд компонентів, між якими існують певні взаємозв'язки.

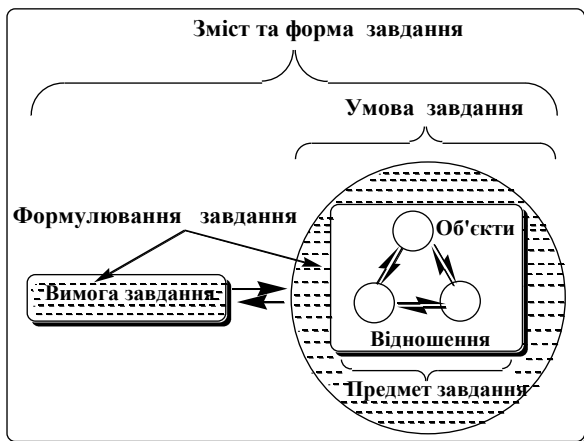


Рис.3.1. Структура навчального завдання

Вважаємо, що зміст завдання складають усі його складові компоненти, а усвідомлення суперечності між невідомим та відомим спричинює виникнення проблеми. У навчальному процесі формулювання завдання відіграє важливу роль, оскільки за схемою задачі учень формулює її зміст, виходячи з аналізу наявних зв'язків. Формулювання задачі «своїми словами» є першим етапом її розуміння та усвідомлення.

На нашу думку, потрібно розрізнити структуру вихідного завдання, незалежно від суб'єкта (її можна назвати статичною), і структуру, яка виявляється в ході розв'язку, (її можна назвати динамічною). Зрозуміло, що динамічна структура, тобто структура розв'язку, буде залежати як від суб'єкта, так і від вихідної статичної структури. Подібну думку висловлює і А.Ф.Есаулов [489, 22], який зазначає, що, оскільки вихідні дані модифікуються під час розв'язування задачі, структурна характеристика її досить динамічна. Така динаміка переформулювань буде тривати до тих пір, поки задача не буде виконана. Паралельно, на нашу думку, відбувається така видозміна: завдання→навчальне завдання→навчальна задача, оскільки змінюються як об'єкти дії (запитання, вправа, задача), так і суб'єкти навчально-пізнавальної діяльності (учень, вчитель).

Наступним етапом розгляду навчального завдання є визначення параметрів, які характеризують його як у статиці (вихідне завдання), так і в динаміці (процес розв'язування). У табл.3.3 подані основні параметри,

що, на думку багатьох дослідників, характеризують задачу, а в табл.3.4 – трактування даних параметрів.

Таблиця 3.3
Основні параметри, що характеризують задачу

Складність	Проблемність	Трудність	Література
+	+	+	В.І.Андрєєв [5]
+	+	+	Г.О.Балл [18]
+		+	Г.С.Костюк [197]
+	+	+	І.Я.Лернер [232]
+		+	А.М.Сохор [359]
Ємність		+	М.В.Зуєва [154]
+		Важкість	А.І.Шаповалов [471]

Ми вважаємо, що під час аналізу поняття потрібно враховувати його якісну та кількісну характеристики у випадку їх наявності. Розглянемо під таким кутом зору підходи дослідників до трактування **складності завдання**. Більшість авторів (табл.3.4) вважає даний параметр об'єктивною характеристикою навчального завдання. Відносно назви «складність» – вона для більшості є загальноприйнятною, тільки М.В.Зуєва вводить поняття ємність задачі [154, 71], але трактує його подібно до інших авторів, зокрема, задачі малої ємності відносить до простих, великої ємності – до складних і комбінованих.

Оскільки ми навчальне завдання розглядаємо як систему, то погоджуємось з точкою зору Г.О.Балла, що складність – це характеристика, застосовувана до будь-якої системи [18, 118]. На думку І.Я.Лернера [232, 87], складність задачі, що впливає на трудність її розв'язку, залежить від трьох факторів: 1) від складу умови (чим більше даних, тим складніша задача); 2) від віддаленості запитання задачі і відповіді на неї, тобто, від кількості проміжних суджень, логічних ланок, які необхідно здійснити, щоб знайти розв'язок; 3) від складу розв'язку, тобто від числа висновків, які можна і необхідно зробити в результаті розв'язування задачі.

Проаналізуємо зазначені фактори. Перші два фактори виокремлюють також й інші автори. Для ілюстрації об'єктів навчального матеріалу та зв'язків між ними А.М.Сохор пропонує структурні формули, які з математичної точки зору являють собою графи [359, 90]. На думку А.М.Сохора, складність задачі залежить від характеристики її структурної формули [359, 134]. Подібне трактування оцінки складності завдання через число операцій у розв'язку та число замкнених контурів у граф-

схемі розв'язку задачі пропонують також В.І.Андреев [5], А.І.Шаповалов [471] та ін.

Таблиця 3.4

Трактування основних параметрів задачі згідно літературних джерел

Трактування	Література
Рівень складності задач, навчальних завдань частіше визначається через число: <ul style="list-style-type: none"> – операцій у розв'язку; – замкнених контурів у граф-схемі розв'язку задачі; – етапів (і відповідно прийомів) діяльності, що дають змогу зняти суперечності між умовою і вимогою задачі; – відносно простих задач, на які вдається розбити складнішу задачу чи завдання 	В.І.Андреев [5, 126]
Складність проблемної задачі обумовлена обсягом знань (наприклад, хімічних), які необхідні для її розв'язування	В.М.Давидов [112, 4]
Складність задач залежить від числа співвіднесених один з одним даних в умові задачі; від числа ланок розв'язку; від числа висновків, які випливають з умови задачі у відповідності з її вимогою	М.О.Данилов і М.М.Скаткін [118, 182]
Ємність задачі визначається тим мінімумом теоретичного та фактичного матеріалу, який необхідно використати, або, як говорять психологи, актуалізувати під час її розв'язування	М.В.Зуєва [154, 71]
Складність виконання навчального завдання оцінюють за числом кроків у алгоритмі, за яким воно виконується	Автори [190, 36]
Складність задачі «обумовлюється відбитими в змісті об'єктивними умовами, якістю і кількістю елементів проблемних ситуацій, співвідношеннями між ними»	Г.С.Костюк [197, 48]
Складність задачі – об'єктивна категорія. Складність задачі залежить від числа елементів розв'язку, тобто від етапів на шляху між запитанням і відповіддю. Складність задачі обумовлена її структурою і змістом, вимагаючи системи об'єктивних дій, незалежних від суб'єкта і його даних	І.Я.Лернер [232, 86]
Складність задачі – це об'єктивна категорія	А.М.Сохор [359, 131]
Складність є об'єктивною властивістю змісту навчального предмета і не залежить від підготовленості того, хто даний предмет вивчає	В.С.Цеглін [459, 10]
Складність задачі є її об'єктивною властивістю	А.І.Шаповалов [471, 7]
Трудність – характеризує обсяг психічної діяльності (розумової праці), необхідної для виконання завдання.	Г.О.Балл [17, 81]
Трудність проблемної задачі має суб'єктивний характер і залежить від досвіду творчої діяльності кожного учня, тому може бути визначена тільки на практиці	В.М.Давидов [112, 4]

Трагування	Література
Трудність задачі – характеристика непостійна, залежить від підготовки учня та його розвитку	М.В.Зуєва [154, 72]
Трудність визначається вимогами, які ставить задача до суб'єкта, і наявними у нього даними для її розв'язування (знаннями, вміннями, здібностями)	Г.С.Костюк [197, 48]
Трудність – суб'єктивна категорія, пов'язана з різними точками відліку у різних розв'язуючих суб'єктів. Трудність характеризує можливість суб'єкта подолати об'єктивну складність задачі, оперативно подолати перешкоду, спричинену самою задачею	І.Я.Лернер [232, 86]
Трудність задачі залежить від конкретного суб'єкта	А.М.Сохор [359, 131]
Трудність змісту навчального предмета – суб'єктивна характеристика, зв'язана з рівнем підготовки того, хто пізнає	В.С.Цетлін [459, 10]
Важкість задачі визначається ставленням до неї самого учня, його знаннями	А.І.Шаповалов [471, 7]
«Рівень проблемності може бути схарактеризований як ступінь невідповідності (рівень неузгодженості) тих знань, умінь і особистих властивостей, якими володіє учень, і тими, які йому необхідні для вирішення навчальної проблеми чи для виконання відповідного етапу науково-дослідного завдання»	В.І.Андрєєв [5, 127]
Рівень проблемності задачі – важливий аспект її складності і джерело труднощі, характеристика, що показує, у якій мірі для розв'язування задачі є потреба вийти за межі алгоритмів, наявних у розпорядженні суб'єкта діяльності	Г.О.Балл [17, 81]
Рівень проблемності задачі має визначатись через співвідношення кількості нових типів дій (чи окремих компонентів дій), які формуються під час розв'язування даної конкретної задачі і кількості використовуваних у процесі розв'язування цієї ж задачі раніше сформованих типів дій (або їх компонентів)	А.В.Фурман [447, 45]

Такий погляд щодо оцінки складності, на нашу думку, частково обмежений стосовно завдань з хімії. Наприклад, завдання – записати рівняння хімічної реакції взаємодії заліза з сульфатною кислотою – матиме різну складність у випадку уточнення стану кислоти – розбавлена чи концентрована, хоча з погляду кількості етапів вирішення завдання рівноцінні, – необхідно записати тільки одне рівняння хімічної реакції. У даному випадку на складність уплинула природа об'єкта (розбавлена сульфатна кислота проявляє загальні властивості кислот, а концентрована – додатково і ознаки сильного окисника).

Очевидно, що зазначений підхід дослідників [5; 232; 359; 471] до оцінки складності завдання виправданий тільки за умов рівноцінності

окремих кроків–ланок графу чи етапів розв’язування задач. Отже, якщо ми на основі вихідного завдання складаємо аналогічні або проводимо поступове його ускладнення через збільшення числа рівноцінних етапів, або збільшуємо кількість вихідних об’єктів, які рівноцінні за складністю до вихідного завдання, то у такому випадку можна застосувати підхід А.М.Сохора та інших авторів до аналізу складності завдань.

Розглянемо алгоритмічний підхід до оцінки рівня складності завдань. Наприклад, автори [190, 36] складність виконання навчального завдання оцінюють за числом кроків в алгоритмі, за яким воно виконується. Чим менше кроків містить алгоритм, тим простіше завдання, і навпаки, – чим більше кроків в алгоритмі, тим складніше завдання. Г.О.Балл уточнює такий алгоритмічний підхід і вводить поняття:

– «реальної складності задачі», яку оцінюють за кількістю ефективних операцій в реально здійснюваному (чи такому, який, можливо, здійснюється) алгоритмічному чи квазіалгоритмічному процесі розв’язування задачі,

– «нормативної складності задачі», – за кількістю таких операцій в нормативному алгоритмічному способі її розв’язування [18, 121].

Наші погляди збігаються з точкою зору Г.О.Балла [18, 126], що структурні формули А.М.Сохора [359] – це графи нормативних (а не реальних, як у дослідженні В.М.Пушкіна [324]), процесів розв’язування задач, вимоги яких полягають або у засвоєнні учнями деякого навчального матеріалу, або у знаходженні значення деякої невідомої величини. Проте, на нашу думку, сам алгоритмічний підхід має певні обмеження: по-перше, далеко не всякий навчальний матеріал має алгоритмічну структуру; по-друге, вичленування алгоритму пов’язано з численними труднощами і має суб’єктивний характер (не кожен знайде алгоритм оптимальної довжини); по-третє, для більшості навчальних завдань, особливо творчого характеру, неможливо скласти ні алгоритмів, ні структурних схем їх виконання.

Останній фактор складності завдання, за І.Я.Лернером [232, 87], а саме: залежність складності від числа висновків, які можна і необхідно зробити в результаті розв’язування задачі, на нашу думку, є оригінальний, інші автори його практично не коментують, але згадують. Дослідження даного фактору складності дає нам змогу сформулювати такі висновки:

– напрямів вирішення завдання може бути кілька для одержання єдиної відповіді, що нами представлено в [398];

– одержана відповідь загалом може мати різні конкретні результати (різні конкретні відповіді);

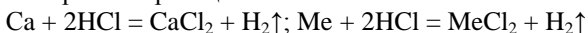
– загальна умова завдання може сприяти появі різних шляхів конкретних розв’язків;

– складність може залежати від висновків, які впливають на модифікацію завдання.

Для ілюстрації сформульованих висновків розглянемо задачу, яка була запропонована нами на хімічній олімпіаді [423, 6].

• Сплав кальцію та невідомого двовалентного металу загальною масою 26,8 г обробили надлишком хлоридної кислоти. Виділився водень об'ємом 19,04 л (н.у.). Визначте невідомий метал та його масову частку в сплаві.

Для розв'язування введемо позначення: $v(\text{Ca})=x$ моль, $v(\text{Me})=y$ моль, $M(\text{Me})=z$ г/моль. Кількість речовини водню: $v(\text{H}_2)=19,04:22,4=0,85$ моль. На основі рівнянь реакцій



та умови задачі можна скласти систему двох рівнянь:

$$40x + zy = 26,8 \text{ та } x + y = 0,85.$$

Звідки $y=7,2(40-z)$. Очевидно, що останнє рівняння має розв'язок тільки при $z < 40$. Такій умові відповідають лише два метали – магній та берилій. Остаточна відповідь: 1) $w(\text{Mg})=40\%$; 2) $w(\text{Be})=7,8\%$.

Зауважимо, що математичний розв'язок системи двох рівнянь з трьома невідомими, яка наведена в задачі, може мати безліч відповідей, але поєднання хімічного та математичного розв'язування дає нам дві відповіді. Підхід, що використано в даній задачі, на нашу думку, є ілюстрацією та подальшим розвитком третього фактору складності задач за І.Я.Лернером [232, 87].

Отже, з нашого погляду, рівень складності завдання визначається якісними та кількісними параметрами об'єктів предметної сфери, характером їх взаємозв'язків, а також спектром вимог завдання. Таким чином, складність обумовлена предметною сферою завдання та характером вимоги.

Розглянемо **трудність навчального завдання**. Більшість дослідників вживають назву «трудність завдання», А.І.Шаповалов – «важкість» (див. табл.3.4). Проте щодо характеристики даного поняття, то всі однотайні, що якщо «складність» – категорія об'єктивна, то «трудність» – суб'єктивна. Трудність залежить від конкретного суб'єкта, від підготовки учня та його розвитку [154, 72; 459, 10], визначається ставленням до задачі самого учня, рівнем його знань [471, 7], виявляється в здогадці, як необхідно діяти, оперувати даними, щоб задовольнити вимогу задачі [360, 18] тощо. І.Я.Лернер [232, 86] характеризує трудність як можливість суб'єкта подолати об'єктивну складність задачі, оперативно подолати перешкоду, спричинену самою задачею. Автори [190, 35] відзначають трудність навчального матеріалу, як поняття значною мірою суб'єктивне, оскільки суб'єктивна і сама характеристика складності.

На нашу думку, на трудність завдання впливає його складність (об'єктивна складова) та рівень знань і вмінь учня (суб'єктивна складова). Г.О.Балл також пов'язує трудність задачі з її складністю. Він пропонує розрізняти інтегральну трудність задачі, яка характеризує обсяг витрачених ресурсів, і диференціальну трудність – інтенсивність їх витрачання [18, 114].

І.П.Підласий та співавтори [190, 37] розробили критерій складності-трудності навчальної інформації, який має такий аналітичний вираз:

$$K_t = \frac{T}{\alpha} \cdot n, \text{ де } K_t - \text{показник складності-трудності; } T - \text{час на вивчення}$$

навчальної інформації; α - досягнутий показник навчання; n – число допущених помилок. Така спроба кількісної характеристики є позитивною. Проте, як показує наше дослідження, на практиці виникає ряд проблем щодо застосування такого показника, зокрема, під час врахування допущених помилок, які можуть мати широкий спектр від механічних до ґрубих (принципових).

Аналіз діяльності учнів дав можливість узагальнити основні труднощі та їх причини (окремі з них представлені вище в підрозділі 2.3), які відчують учні під час виконання завдань з хімії, а саме:

– *дидактичні* (непідготовленість учнів до такого виду діяльності – пасивність на уроці, низька мотивація тощо);

– *методичні* (застосування вчителем недосконалих методів навчання – якщо в процесі вивчення матеріалу недостатня активність учнів, то під час його закріплення вона завжди значно нижча; пропонувані завдання занадто складні; діяльність та матеріал змісту одноманітні тощо);

– *психологічні* (страх учнів до такого виду діяльності – несприйняття завдання, невміння виражати свою думку, побоювання припуститися помилок тощо);

– *предметні* (слабке розуміння хімічної символіки; несформованість уміння виявляти причинно-наслідкові зв'язки, зокрема склад↔будова↔властивості↔застосування речовин; епізодичне чи недосконале використання під час вивчення хімії міжпредметних зв'язків та життєвого досвіду учнів тощо).

Таким чином, на нашу думку, трудність можна трактувати як суб'єктивну складність навчального завдання. Складність завдання як його статична характеристика зумовлює складність діяльності (динамічна характеристика завдання), що виражається у труднощі завдання для учня. Відповідно зумовлюється характер діяльності учня: репродуктивна (незначні утруднення), продуктивна (значні утруднення).

Проаналізуємо **проблемність навчальних завдань**. Якщо попередні параметри завдання (складність та трудність) дослідники трактують

майже однаково, то в даному разі цього не спостерігається (див. табл.3.4). Наприклад, В.І.Загвязинський рівень проблемності навчальних задач оцінює відношенням кількості нешаблонних кроків, які необхідні для розв'язування задачі, до загальної кількості кроків [140]. В.І.Андрєєв описує п'ять рівнів проблемності: перший – дуже низький, виконавчо-відтворювальний; другий – низький, виконавчо-інструктивний; третій – середній, виконавчо-дослідницький; четвертий – високий, дослідницько-логічний; п'ятий – дуже високий, дослідницько-евристичний [5, 127]. На нашу думку, як і перші два низькі, так і останні два високі рівні можна звести до одного у кожному випадку через те, що розрізнити їх на практиці неможливо.

А.В.Фурман [447, 48-50] виділяє чотири рівні розв'язку учнями проблемних задач:

- перший рівень – самостійний низькопродуктивний: усвідомлення, прийняття і розв'язування задачі здійснюються відразу ж після безпосереднього аналізу її умови і вимог. Має місце інтуїтивний розв'язок учнем задачі незначної чи середньої складності;

- другий рівень – самостійний продуктивний;

- третій рівень – сумісний високопродуктивний. Пошукова розумова діяльність учня здійснюється у спонтанному діловому співробітництві з партнером;

- четвертий рівень – сумісний максимально продуктивний.

У даному випадку, ми вважаємо, що наведений перший рівень проблемних задач більше нагадує вправи (які не є проблемними для учнів), а тому не потребує спеціального виділення.

Як відомо, складність навчальної інформації трансформується у свідомості учня в суб'єктивну складність, яка визначає для нього трудність завдання. Застосування різних методик розв'язування задач може змінити складність завдання, а відповідно – його трудність та проблемність. Наприклад, на хімічних олімпіадах тривалий час експериментальні задачі на встановлення якісного складу речовин без використання додаткових реактивів були складними для учнів, а тому відповідно мали значну трудність та проблемність. Після розробки методики їх розв'язування рівень труднощі та проблемності задач зменшився, хоча при цьому рівень їх складності залишився без змін.

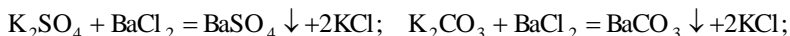
Розглянемо конкретний приклад такого завдання [448, 21].

- У довільно пронумерованих пробірках містяться розчини калій сульфату, калій карбонату, барій хлориду та соляної кислоти. Як не використовуючи інших реактивів, розпізнати ці речовини? Напишіть рівняння відповідних реакцій.

Для розв'язування складаємо таблицю попарних взаємодій вказаних реагентів:

Речовина	K ₂ SO ₄	K ₂ CO ₃	BaCl ₂	HCl
K ₂ SO ₄	X	–	BaSO ₄ ↓	–
K ₂ CO ₃	–	X	BaCO ₃ ↓	CO ₂ ↑
BaCl ₂	BaSO ₄ ↓	BaCO ₃ ↓	X	–
HCl	–	CO ₂ ↑	–	X

Рівняння реакцій:



Виходячи з наведеної таблиці, за випаданням осаду і виділенням газу можна визначити невідомі речовини.

Усі наведені рівняння хімічних реакцій є ілюстрацією хімічних властивостей речовин, що вивчаються в шкільному курсі хімії. Як свідчать результати дослідження, такі завдання сприймаються значно легше у випадку ознайомлення учнів з методикою їх розв'язування відразу після вивчення відповідних якісних реакцій, ніж представлення їх окремо. Це дає нам підстави стверджувати, що зміни в методиці застосування навчальних завдань, наприклад, через поєднання процесу їх розв'язування та складання, дає змогу аналогічно суттєво зменшити їх трудність та проблемність.

Отже, дослідження показало, що навчальне завдання включає ряд об'єктів, між якими існують певні взаємозв'язки, і спрямоване на пошук будь-якої з його складових чи формулювання завдання в цілому. Ми виділяємо три параметри, що характеризують навчальне завдання, – складність, трудність та проблемність. Складність визначається статичною структурою завдання, до складу якого входить ряд компонентів, основними з яких є умова завдання та його вимога, і які обумовлюють кількість підзавдань. Учні можуть знати повністю чи частково, як виконувати дане завдання (або підзавдання), або мають відповідний алгоритм діяльності, але при цьому в учнів різний рівень умінь та навичок, необхідних для виконання даного завдання. Наприклад, один допускає згортання розумових дій, інший – ні. Отже, трудність завдання полягає здебільшого в реалізації задуманого. Але якщо під час виконання завдання учні усвідомлюють утруднення як проблему («Що і як робити?»), то виникає задачна ситуація, яка визначає проблемність завдання в цілому та окремих підзавдань, отже, йдеться про проблемність завдання. Оскільки проблемним для учня є не кожне завдання, а тільки те, яке сприяє усвідомленню його труднощі через існуючу суперечність між

відомим та невідомим, для розв'язання такого завдання учням потрібні нові знання чи нові способи діяльності.

Зрозуміло, що проблемність визначається рівнем знань, умінь та навичок учнів, а тому має суб'єктивний характер. На рівень проблемності впливає також рівень складності та трудності завдання. Якщо трудність завдання у процесі його вирішення лежить переважно в операціональній площині діяльності, то проблемність – в орієнтувальній. Таким чином, має місце взаємний вплив параметрів навчального завдання, а саме: число підзавдань визначає складність, складність обумовлює трудність, а обидва ці параметри разом впливають на проблемність завдання.

3.2. Підходи до розв'язування навчальних завдань з хімії

З'ясування структури та параметрів навчальних завдань дає змогу визначити підходи до їх розв'язування. В.В.Гузєєв вказує, що в науковій літературі поняття «підхід» трактується як: а) точка зору, з якої розглядається об'єкт; б) принцип загальної стратегії діяльності, кут зору; в) засіб, метод, інструмент пізнання і перетворення дійсності [102, 110]. Це обумовлює той факт, що різні автори під час розгляду підходів до процесу розв'язування завдань трактують їх по-різному. Звідси виникає необхідність у дослідженні змісту та структури процесів розв'язування і складання навчальних завдань з хімії.

Аналіз психолого-педагогічної літератури показує, що існують різні підходи до тлумачення процесу розв'язування завдань. Наприклад, А.Ф.Есаулов [489, 195] зазначає, що розв'язування задачі досить часто розглядається з одностороннього і вузького розуміння самої задачі або як мети, даної в певних умовах, або такої, у якій запитання ставиться зі сторони, а не тим, хто розв'язує. Ми вважаємо, що такий підхід не дає змоги реалізувати всі потужні можливості задачного підходу у навчанні.

Дослідження засвідчує, якщо на прості запитання з хімії значна частина учнів здатна відповідати за умови належного опрацювання навчального матеріалу, то з його ускладненням ситуація кардинально змінюється. Найбільша проблема для переважної кількості учнів – це розв'язування задач, а одна з її причин полягає в тому, що учні не мають чітких уявлень про загальну структуру процесу розв'язування задачі. Вони не знають, з яких етапів складається цей процес, які операції входять до кожного з етапів, які методи та способи розв'язування можна використати залежно від змісту та структури задачі тощо.

Наприклад, Ю.М.Лабій розробив цікавий, з нашого погляду, збірник задач з хімії. Проте можливості останнього не розкриті повністю, якраз через звужене розуміння процесу розв'язування, яке автор розглядає на

рівні двох етапів: складання математичних рівнянь за умовою задачі та їх розв'язування [220, 5-6]. Отже, Ю.М.Лабій надає перевагу так званому «розрахунковому» підходу.

С.Г.Шаповаленко більше деталізує процес розв'язування, але не розширює спектр його трактування: «Розв'язати розрахункову задачу означає: користуючись хімічними поняттями і хімічною мовою, виявити чисельні дані, представлені в прихованому вигляді в задачі; встановити залежності між виявленими даними і шуканими числами; на основі знайденої залежності провести відповідні математичні дії» [469, 543].

На думку С.А.Шапоринського, щоб розв'язати задачу, необхідно на основі умови задачі виділити в об'єкті предмет дії, провести з предметом як системою елементів певні операції (інколи тільки розумові) на основі відомої учню (раніше вивченої) закономірності, не вказаної, проте, яка мається на увазі і міститься імпліцитно в умові задачі [472, 180].

Подібні трактування щодо розв'язування задачі висловлюють Г.О.Балл (така дія на предмет задачі, що обумовлює її перехід із вихідного у стан вимоги) [18, 34] та О.М.Матюшкін (така система перетворень умови задачі, за якої досягається її вимога) [253, 32].

Л.М.Фрідман розглядає діяльність суб'єкта як систему процесів розв'язування задач [443, 48], а Г.С.Костюк як неперервну взаємодію суб'єкта з об'єктом, в якій суб'єкт через аналіз і синтез розкриває об'єктивні відношення між даним і шуканим, визначає шукане, виявляючи його відношення до даного [197, 229-230].

В.І.Загвязинський [140, 28] включає в процес розв'язування задачі, яким керує педагог, відношення, що у цьому процесі виникають, використовувані засоби і одержані результати як складові компоненти структурної одиниці процесу навчання. Від себе додамо, що засоби розв'язування – це все, що людина використовує під час розв'язування задачі, – знання, прилади, оператори, умова задачі тощо.

Як показує дослідження, термін «розв'язування задачі» в психолого-педагогічній літературі представлений у різному змісті: як мета чи план; як процес чи результат вирішення суб'єктом певної конкретної проблеми. Спільне для всіх випадків – діяльність суб'єкта, без якого не може бути самого розв'язування. Ми враховуємо той факт, що розв'язування окремих завдань є складовою частиною дидактичного завдання. Отже, доцільно трактувати дані поняття у вузькому та широкому розумінні, що узгоджується з системним підходом до розгляду будь-якого об'єкта чи процесу.

Таким чином, на нашу думку, розв'язування хімічних завдань у вузькому розумінні означає застосування суб'єктами навчального процесу набутих хімічних знань, сформованих умінь та навичок для виконання

вимоги завдання; у широкому розумінні – це пізнавальна діяльність суб'єктів навчального процесу, спрямована на реалізацію дидактичних завдань хімічної освіти. Вважаємо, що зазначена пізнавальна діяльність полягає у свідомому виборі методів та способів виконання завдання на основі ґрунтовного аналізу його змісту та структури, а також у поточній та завершальній рефлексії результатів такої діяльності.

Аналіз розв'язування задач як форми діяльності дає змогу розглянути структуру даного процесу. П.Я.Гальперін у кожній дії виділяє орієнтувальну, виконавчу та контрольну частину [76]. У випадку розв'язування навчальних задач Н.М.Тулкібаєва [425, 22-23], А.В.Усова [436, 17], В.М.Глушков та співавтори [463, 68] доповнюють вищезазначений перелік плануванням, Т.Гергей і Ю.І.Машбиць [80, 9] – орієнтуванням на виконання. Відповідно в межах кожного з етапів розв'язування задач автори [463, 68] виділяють таку наступність дій: орієнтування (уточнення характеристик мети дії, виділення властивостей об'єктів, по відношенню до яких необхідно провести перетворення); планування (визначення складу і наступності перетворень); виконання (здійснення перетворень); контроль (перевірка досягнень мети дії).

Подібне трактування наводить і Л.М.Фрідман [443, 75], але називає такі дії розумовими, що містять операції, аналогічні тим, які зазначені авторами [80; 463]: орієнтувальні (пошук типу задачі, аналога, опорних понять, пошук плану розв'язку тощо), виконавчі, контрольні-корекційні. У діяльність з розв'язування задач Л.М.Фрідман включає три компоненти:

- умову задачі, над якою проводяться кроки-перетворення (специфічний компонент);
- загальнологічні правила, за якими проводиться перетворення умови (логічний компонент);
- евристику, яка спрямовує процес розв'язування (евристичний компонент) [443, 46].

На нашу думку, вищезазначені погляди П.Я.Гальперіна, В.М.Глушкова, Ю.І.Машбиць та інших авторів характеризують діяльність щодо розв'язування задачі з функціонального боку, а погляди Л.М.Фрідмана – із функціонально-змістового. Оскільки обидва боки в практичній діяльності мають місце, ми вважаємо, що їх необхідно враховувати під час розв'язування як задач, так і інших навчальних завдань.

Розглянемо підходи, прийоми, методи та способи, які застосовують у процесі розв'язування завдань, а також відповідні етапи та операції, у ході яких відбувається їх реалізація. На нашу думку, найбільше значення повинен мати гносеологічний підхід, який має розглядати завдання не тільки як об'єкт чи засіб діяльності, а значно ширше, – щоб розв'язування та складання завдань мало одночасно як логічну завершеність і

замкненість, з точки зору нерозривного пізнавального циклу, так і неперервність і відкритість, з точки зору процесу пізнання природи.

Процесом застосування завдань керує педагог, а тому ми виокремлюємо важливий педагогічний підхід до розв'язування задачі. З цього приводу А.М.Сохор наголошує, щоб зрозуміти учня, який ще не бачить розв'язку, необхідно по-справжньому стати на його точку зору, проникнутися його сумнівами, необхідно бути педагогом. Педагог повинен відійти від позиції людини, якій все давно зрозуміло [360, 23]. Трактуючи думку А.М.Сохора в сучасних поняттях, вважаємо, що це означає застосування таких методів навчання і мотивації, які нададуть пізнавальній діяльності учнів під час розв'язування завдань особистісно зорієнтованого характеру.

З точки зору логіко-психологічного підходу до розв'язування завдань, виникає проблема формування логічних знань та розумових дій, які необхідно використати під час розв'язування завдань різних типів, а насамперед – пошуку методів та способів розв'язування.

Поняття «методи розв'язування» трактується в літературі по-різному. Деякі автори традиційні способи розв'язування хімічних задач відносять до методів або їх не розрізняють. Наприклад, В.Д.Нікіфоров до методів розв'язування відносить такі: алгебраїчний, арифметичний, графічний [272, 23]. Д.П.Єрїгін та Є.О.Шишкін вживають такі поняття як графічний метод, так і графічний спосіб розв'язування [128, 34].

Частина авторів саме поняття «метод розв'язування» трактують за допомогою поняття «підхід до задачі» або з ним ототожнюють. Наприклад, Н.М.Тюлькібаєва і А.В.Усова [426, 42] під методом розв'язування задач розуміють підхід до процесу розв'язування задачі і виділяють два такі підходи – евристичний та алгоритмічний. С.Ю.Каменецький і В.П.Орехов [176, 33] за характером логічних операцій під час розв'язування розрахункових задач розрізняють аналітичний та синтетичний метод, а А.М.Сохор [360, 94] називає їх відповідно аналітичний та синтетичний підхід до задачі.

Л.М.Фрідман метод чи спосіб розв'язування ставить у залежність від характеру задач. Якщо задачі алгоритмічного характеру, то метод їх розв'язку може бути представлений у формі навчального алгоритму, в інших випадках – у формі особливої евристичної схеми [443, 77].

Ми поділяємо зазначені вище погляди авторів, які практично ототожнюють поняття «метод розв'язування» і «підхід до задачі», а також трактування «методу», яке висловлює Н.Ф.Тализіна. Оскільки процес розв'язування задачі є стороною пізнавальної діяльності людини, то таку сукупність дій називають прийомом (чи методом) пізнавальної діяльності [412, 196]. Звідси ми вважаємо, що підхід до задачі – це також певна

сукупність дій, яка може включати один чи кілька методів розв'язування. Отже, саме поняття «підхід» є тотожне або більш широке за «метод».

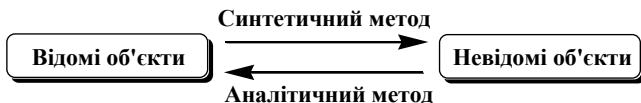
Цілий спектр методів розв'язування в математиці пропонують автори [488, 37]: методи протиставлення; обернених задач; узагальнення; аналогії. В [489, 182] описується виключна роль аналога, що виявляється під час аналізу окремих частин задачі і в процесі наступного інтегрування даних задачі в єдину систему. На нашу думку, пропоновані методи розв'язування важливі і мають місце, але стосуються розв'язування системи задач, а не окремої задачі. На сьогодні більшість вчителів хімії, на жаль, застосовує окремі задачі, які можна назвати сукупністю, але не системою.

О.С.Зайцев [144, 86], М.В.Зуєва [154, 68-69] та інші щодо формування вміння розв'язувати хімічні задачі рекомендують використовувати дедуктивний підхід. Це означає не просто озайомлювати учнів з розв'язуванням конкретної задачі, але й розкривати перед ними загальний спосіб дій, показувати можливі зміни в умові задачі і різні варіанти знаходження невідомих величин.

Оскільки процес розв'язування завдань є найбільш складною формою навчально-пізнавальної діяльності, обумовленої перебігом мислительних процесів, то звідси виникають і відповідні методи, зокрема: аналітичний та синтетичний метод, індуктивний та дедуктивний метод, а за характером їх застосування це може бути метод алгоритмічний чи евристичний.

Якщо основну задачу умовно записати $A \Rightarrow X$, де A та X – відповідно відомий та невідомий об'єкт, і вона містить ряд окремих підзадач $a_1 \dots a_n$, то процес розв'язку при застосуванні синтетичного методу схематично можна представити так: $A \Rightarrow a_1, \dots, a_n \Rightarrow X$. При застосуванні аналітичного методу розв'язок починається з вимоги задачі: «Що необхідно знайти?» чи «Що необхідно зробити, щоб виконати вимогу задачі?». Виникає серія допоміжних задач $X \Rightarrow B_1, \dots, B_n \Rightarrow A$, а сам розв'язок буде такий: $A \Rightarrow B_n, \dots, B_1 \Rightarrow X$ [260, 180].

Схематично застосування даних методів можна представити таким чином:



У першому випадку розв'язування будується від умови завдання до його вимоги (запитання), тобто від відомих об'єктів до невідомих (синтетичний метод); у другому – від невідомих об'єктів до відомих (аналітичний метод). Перший метод простіший у використанні і

відповідно найбільш поширений серед вчителів, він використовується під час розв'язування як хімічних, так і фізичних та математичних задач. Проте можливості синтетичного методу досить обмежені, його застосування не сприяє формуванню вміння самостійно мислити, що, на нашу думку, пояснює значні труднощі у більшості учнів під час розв'язування хімічних задач.

Деякі автори ([101, 18; 471, 13] та ін.) надають перевагу аналітичному методу як ефективнішому для розв'язування учнями розрахункових задач з хімії порівняно з синтетичним методом. Наше дослідження показує, що аналітичний метод сприяє гнучкішому володінню хімічними поняттями, полегшує розпізнавання відношень, формальної структури задачі, розвиває логічне мислення.

Розглянемо на конкретному прикладі (обчислення за рівнянням хімічної реакції, якщо речовина-реагент входить до складу суміші) застосування синтетичного та аналітичного методу.

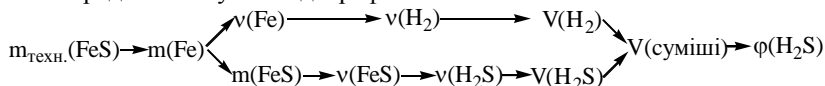
- Задача: технічний ферум(II) сульфід масою 16 г, який містить 7 % металічного заліза, взаємодіє із соляною кислотою з виділенням газоподібних продуктів. Обчисліть їх об'єм (н.у) і склад газової суміші в об'ємних частках.

Розв'язку передує аналіз умови та вимоги задачі. Насамперед з'ясовуємо склад газової суміші – вона містить водень (взаємодія заліза з соляною кислотою) та сірководень (взаємодія ферум(II) сульфідом з соляною кислотою). Надалі проводимо обчислення. Якщо в результаті такого аналізу рухаємось від вимоги до умови, то застосуємо аналітичний метод розв'язку.

Хід міркування, щоб виконати вимогу задачі – знайти $\varphi(\text{H}_2\text{S})$:

- для знаходження $\varphi(\text{H}_2\text{S})$ необхідно знати $V(\text{H}_2\text{S})$ і $V(\text{суміші})$;
- для знаходження $V(\text{суміші})$ необхідно знати $V(\text{H}_2)$ і $V(\text{H}_2\text{S})$;
- для знаходження $V(\text{H}_2)$ і $V(\text{H}_2\text{S})$ необхідно знати $v(\text{H}_2)$ та $v(\text{H}_2\text{S})$;
- для знаходження $v(\text{H}_2)$ та $v(\text{H}_2\text{S})$ необхідно знати $v(\text{Fe})$ та $v(\text{FeS})$;
- для знаходження $v(\text{Fe})$ та $v(\text{FeS})$ необхідно знати $m(\text{Fe})$ та $m(\text{FeS})$;
- для знаходження $m(\text{FeS})$ необхідно знати $m(\text{Fe})$ і $m_{\text{техн}}(\text{FeS})$;
- для знаходження $m(\text{Fe})$ необхідно знати $W(\text{Fe})$ і $m_{\text{техн}}(\text{FeS})$.

У випадку синтетичного методу хід міркування проходить від умови в напрямку вимоги задачі. Відповідні етапи обчислення у даному випадку можна представити у вигляді графа:



Якщо в наведеному прикладі можна застосовувати на вибір аналітичний або синтетичний метод розв'язування, то зміна змісту задачі

може вплинути на метод її розв'язування. Для ілюстрації сказаного розглянемо розв'язок наступних задач.

• Задача. 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.

Розв'язування:

1) Кількість речовини метану:

$$v(\text{CH}_4) = m(\text{CH}_4) / M(\text{CH}_4) = 1,6 / 16 = 0,1 \text{ (моль)}.$$

2) Кількість речовини кисню: $v(\text{O}_2) = V / V_m = 8,96 / 22,4 = 0,4 \text{ (моль)}$.

3) Визначаємо речовину, яка прореагувала повністю. Згідно РХР $v(\text{CH}_4) : v(\text{O}_2) = 1 : 2$. Таким чином, для згоряння 0,1 моль метану необхідно 0,2 моль кисню, а останнього є 0,4 моль, отже, кисень є в надлишку.

4) Рівняння реакції з результатами аналізу та обчислень

Кількість речовини згідно з умовою завдання і рівнянням реакції:

до реакції	0,1 моль	0,4 моль	0 моль	0 моль
результат реакції	0,1 моль	$0,1 \cdot 2 / 1 = 0,2 \text{ моль}$	$0,1 \cdot 1 / 1 = 0,1 \text{ моль}$	$0,1 \cdot 2 / 1 = 0,2 \text{ моль}$
після реакції	0 моль	$0,4 - 0,2 = 0,2 \text{ моль}$	0,1 моль	0,2 моль
Рівняння хімічної реакції	CH_4	$+ 2\text{O}_2$	$= \text{CO}_2$	$+ 2\text{H}_2\text{O}$
Згідно з рівнянням реакції v (кількість речовини)	1 моль	2 моль	1 моль	2 моль

5) Об'ємні частки речовин у суміші після завершення реакції:

$$\varphi(\text{O}_2) = \chi(\text{O}_2) = v(\text{O}_2) / v(\text{суміші}) = 0,2 / 0,5 = 0,4; \text{ аналогічно}$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = \chi(\text{CO}_2) = 0,1 / 0,5 = 0,2; \quad \varphi(\text{H}_2\text{O}) = \chi(\text{H}_2\text{O}) = 0,2 / 0,5 = 0,4.$$

б) $M(\text{суміші}) = \chi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \chi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \chi(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 28,8 \text{ (г/моль)}$

• Задача (обернена до попередньої). Після взаємодії метану і кисню утворилась суміш газова суміш, що містить кисень кількістю речовини 0,2 моль, а її молярна маса дорівнює 28,8 г/моль. Визначте масу метану.

Розв'язування:

1) Рівняння реакції з результатами аналізу та обчислень

Кількість речовини згідно з умовою завдання і рівнянням реакції:

до реакції	$x \text{ моль}$	$(2x + 0,2) \text{ моль}$	0 моль	0 моль
результат реакції	$x \text{ моль}$	$x \cdot 2 / 1 = 2x \text{ моль}$	$x \cdot 1 / 1 = x \text{ моль}$	$x \cdot 2 / 1 = 2x \text{ моль}$
після реакції	0 моль	0,2 моль	$x \text{ моль}$	$2x \text{ моль}$
Рівняння хімічної реакції	CH_4	$+ 2\text{O}_2$	$= \text{CO}_2$	$+ 2\text{H}_2\text{O}$
Згідно з рівнянням реакції v (кількість речовини)	1 моль	2 моль	1 моль	2 моль

$$2) M(\text{суміші}) = \frac{0,2}{0,2 + 3x} \cdot 32 + \frac{x}{0,2 + 3x} \cdot 44 + \frac{2x}{0,2 + 3x} \cdot 18 = 28,8$$

$$x = 0,1 \text{ (моль)}$$

$$3) m(\text{CH}_4) = v(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_4) = 0,1 \cdot 16 = 1,6 \text{ (г)}.$$

Якщо розв'язування першої (вихідної) задачі було проведено переважно синтетичним методом, то оберненої до неї – синтетично-аналітичним, а наступної, що наведена нижче – переважно аналітичним методом.

• Задача. Відносна густина за воднем суміші трьох газів, що утворилась у результаті неповного термічного розкладу сульфур(VI) оксиду, дорівнює 36. Скільки відсотків речовини зазнало розкладу?

Розв'язування:

1) Молярна маса одержаної суміші:

$$M(c) = D(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = 36 \cdot 2 = 72 \text{ (г/моль)}.$$

2) Припустимо, що на початку реакції об'єм SO_3 рівний 100 л, з якого x л зазнали термічного розкладу:

До реакції	100л	0 л	0 л
Результатреакції	x л	x л	$0,5x$ л
У стані рівноваги	$(100-x)$ л	x л	$0,5x$ л



Згідно з рівнянням реакції

2 л	2 л	1 л
-----	-----	-----

3) Об'єм утвореної суміші в стані рівноваги: $V(c) = (100 + 0,5x)$ л.

4) На основі знайдених результатів і відомих значень молярних мас компонентів суміші складаємо рівняння:

$$\frac{(100-x) \cdot 80}{100+0,5x} + \frac{64x}{100+0,5x} + \frac{32 \cdot 0,5x}{100+0,5x} = 72; \quad x = 22,2 \text{ (л)}.$$

5) Ступінь розкладу SO_3 дорівнює: $\eta(\text{SO}_3) = \frac{22,2}{100} \cdot 100 \% = 22,2 \%.$

Таким чином, наше дослідження показує, що в реальній практиці під час розв'язування завдань з хімії застосовують паралельно різні методи (аналіз і синтез, індукція і дедукція тощо), оскільки вони взаємодоповнюють один одного, сприяють одночасному оперуванню складовими умовами і вимогами завдання, проведенню перетворення та інших етапів, з яких складається розв'язування. Аналогічна думка, що процес розв'язування задачі складна аналітико-синтетична діяльність суб'єкта, знаходимо у Г.С.Костюка [197, 47], а також у інших дослідників.

Розрізняють два принципово різні підходи до розв'язування завдань: алгоритмічний і неалгоритмічний, чи евристичний. Вони відрізняються один від одного згідно [234, 485; 443, 68] та інших авторів наявністю або відсутністю гарантії одержання правильного результату. У першому

випадку той, хто розв'язує, здійснює свою діяльність з розв'язування даної задачі відповідно до відомого йому алгоритму, у другому – головна складова частина його діяльності полягає в пошуку плану, способу чи методу розв'язування даної задачі. Пізнавальну діяльність учнів, крім алгоритмічного підходу, можна спрямовувати на основі правил-орієнтирів, які являють собою широкі евристичні приписи [295, 95].

Евристичні методи Ю.М.Кулюткін [215, 8] визначає як методи, за допомогою яких людина відкриває нові способи розв'язування, буде нестереотипні плани і програми, а евристики – метаспособи, за допомогою яких відшукуються конкретно-змістові способи розв'язування. Якщо ми використаємо прийом протиставлення до наведеного вище трактування, то можемо зробити висновок, що алгоритмічний метод передбачає застосування відомих способів розв'язування.

Поняття алгоритму виникло в математиці, і трактування даного поняття більшістю авторів досить подібні, деякі з них наведені в табл.3.5.

Таблиця 3.5

Трактування поняття «алгоритм» згідно літературних джерел

Трактування	Література
Процедура алгоритмічна, якщо вона містить ефективні операції	Г.О.Балл [18, 26]
Алгоритм – система правил для розв'язування певного класу задач	С.У.Гончаренко [94, 22]
Алгоритм – система точно визначених правил дій (програма) із зазначенням, як і в якій послідовності ці правила застосовувати до первісних даних певної задачі, щоб одержати її розв'язок	М.А.Криницький [204, 87]
Алгоритм – точний загальнозрозумілий припис про виконання в певній (у кожному конкретному випадку) послідовності елементарних операцій (з деякої системи таких операцій) для розв'язування будь-якої із задач, що належать до деякого класу (чи типу)	Л.Н.Ланда [222, 41]
Алгоритмом називається така чітка послідовність операцій, яка вирішує всі задачі деякого даного класу	Л.Н.Ланда [223, 101]
Алгоритм – це сукупність правил, дотримання яких автоматично породжує вірний розв'язок	П.Ліндсей, Д.Норман [234, 485]
Навчальний алгоритм – це система приписів, виконання яких обов'язково приводить до запрограмованого результату	В.Ф.Паламарчук [295, 96]
Навчальний алгоритм – це припис, користуючись яким будь-який учень, що має певні знання і точно виконуючий цей припис, правильно вирішить будь-яку задачу даного виду	Л.М.Фрідман [443, 69]

Алгоритм може бути заданий у формі словесної програми (текстово –розгорнутий варіант) чи в формі інструкції для роботи з таблицею, у вигляді формули чи послідовності формул (згорнутий варіант алгоритму) тощо. Г.О.Балл узагальнює випадки застосування людиною алгоритмів і взагалі моделей способів розв'язування задач:

- вказана модель представлена у вигляді розгорнутого припису (інструкції), що містить зміст та послідовність необхідних операцій;
- представлена тільки спрощена (згорнута) модель способу розв'язування задачі, але суб'єкт володіє способом переходу від неї до розгорнутого припису;
- суб'єкт пам'ятає припис і поопераційно відтворює його;
- послідовність операцій, передбачена приписом, сформована на рівні навички [18, 58].

У літературі описані такі основні типи алгоритмів:

– **з точки зору мети**, яку досягають з їх допомогою, виділяють два види: алгоритми перетворення та алгоритми розпізнавання. При цьому алгоритми перетворення містять операції (чи навіть алгоритми) розпізнавання, а алгоритми розпізнавання можуть містити операції (і навіть алгоритми) перетворення [222, 108];

– **з точки зору розв'язування задач**: 1) алгоритми обчислень за формулами; 2) алгоритми побудови об'єктів за відомими їх властивостями; 3) алгоритми перетворень даних об'єктів [97, 6].

Застосування алгоритмів визначило вимогу до їх застосування, зокрема, М.І.Кондаков визначає такі вимоги для будь-якого алгоритму:

- *детермінованість* – алгоритм повинен бути повністю визначеним, загальнозрозумілим і точним;
- *масовість* – алгоритм повинен володіти можливістю застосування його не до однієї задачі, а до цілого класу однотипних задач;
- *результативність* – властивість, що означає знаходження шуканого результату після виконання кінцевого числа кроків [193, 31].

Л.М.Фрідман доповнює такий перелік вимогою, що люди (учні), для яких дається даний алгоритм, мають володіти усіма операціями, наведеними у його вказівках [443, 70], а М.А.Криницький вказує на дискретність означуваного алгоритмом процесу – розчленованість його на окремі елементарні акти, можливість виконання яких людиною або машиною не викликає сумніву [204, 87]. На нашу думку, представлені вимоги, є одночасно властивостями алгоритмів.

Алгоритми в навчальному процесі набули широкого застосування. Наприклад, автори [426] розглядають їх як засіб управління процесом формування в учнів узагальнених умінь.

Володіння алгоритмом характеризує наявність в учня певного типу мислення, але сам метод побудови алгоритму в загальному випадку не є алгоритмом. Важливо навчити учнів не тільки застосовувати алгоритми, але й ці алгоритми будувати [222, 482]. Таку думку Л.Н.Ланди, ми вважаємо, можна ввести до методологічних принципів алгоритмічного навчання. Основні переваги та значення алгоритмів у навчальному процесі, згідно Л.Н.Ланди, можна виділити такі [222, 145]:

- велике значення в навчанні має вироблення певних навичок, які повинні бути максимально автоматизовані. Жодний творчий процес неможливий, якщо окремі ділянки його не автоматизовані;

- навчання алгоритмам не зводиться до їх заучування. Правильно поставлене навчання передбачає їх самостійне відкриття, побудову, формулювання. Навчання алгоритмам є засобом виховання якостей творчого мислення;

- навчання алгоритмам не має замінити виховання в учнів кмітливості, спостережливості, пошуку самостійних кроків, але є ряд елементарних задач, де необхідно раціонально мислити, а не шукати методом «проб та помилок».

Ряд авторів (Л.М.Аркавенко [7], Е.І.Барчук [20], Г.Боднер (G.Bodner) [500], Н.М.Буринська [34], Г.І.Грученко [101], О.С.Зайцев [144], Н.Є.Кузнецова [210], М.С.Пак [293], Є.Л.Тараканова [413], Л.Г.Трусєв [424], Г.І.Хохлова [456], С.Г.Шаповаленко [468] та ін.) відзначають широке застосування алгоритмів у процесі навчання хімії, – алгоритмічно будуються відповіді під час опису хімічних об'єктів (хімічні елементи та речовини), виконуються лабораторні роботи (долити, додати і т.п.), розв'язуються хімічні задачі, якщо здійснюється підстановка числових даних у формулу тощо.

Яскраву думку висловив О.С.Зайцев: «Застосування алгоритмів – процес не творчий, але необхідний для формування творчого мислення. Ні про яке творче хімічне мислення не може бути мови, якщо учень не знає порядку заповнення електронами енергетичних рівнів та підрівнів атома, будови періодичної системи Д.І.Менделєєва (це все алгоритми!) і подібних видів навчально-наукової діяльності» [144, 109].

Таким чином, доходимо висновку, що алгоритми в процесі пізнання необхідні, але їм притаманний ряд недоліків, на які варто зважити. У процесі дослідження ми виявили такі недоліки алгоритмів:

- алгоритми породжують психологічний бар'єр, який важко усунути. Він виявляється, наприклад, у виникненні утруднень під час виконання навіть простих завдань за відсутності алгоритму чи необхідних вказівок зі сторони вчителя;

– застосування алгоритмів призводить до формалізму в навчанні, зокрема оперування хімічною символікою та розрахунковими формулами без їх усвідомлення (хімічна арифметика);

– є цілий ряд задач з хімії, до яких не можна застосувати алгоритмічні підходи, аналогічно алгоритми пізнавальної та практичної діяльності учнів не можуть бути створені з усіх питань навчального курсу;

– традиційно існує методика пропонувати учням алгоритми у готовому вигляді. Вважаємо, що такий шлях не є кращим, хоча в деяких випадках з метою економії часу учням доцільно давати готові алгоритмічні приписи. З точки зору розвитку учня значно краще, коли він самостійно або за допомогою вчителя відкриває відповідний алгоритм. Такий підхід представлений нами в праці [371] (див. п.4.3.3 приклад 4.2);

– алгоритми не завжди прості, загальні, економні і не завжди сформовані в чіткій послідовності операції, тобто в алгоритмічній формі. Наприклад, евристичні приписи алгоритмічної форми щодо розв'язування хімічних завдань суттєво відрізняються своїми підходами у різних авторів;

– однотипність алгоритмів, які не враховують різні варіації діяльності під час виконання одного завдання.

Якщо в процесі опису хімічних об'єктів доцільно дотримуватись певних алгоритмів-орієнтирів діяльності, то у випадку розв'язування задач такі алгоритми мають бути тільки орієнтовні, оскільки способи розв'язування можуть бути різні. Наприклад, Г.І.Хохлова [456, 150] пропонує алгоритм знаходження хімічної формули органічної речовини за продуктами згоряння: 1) записати коротку умову задачі; 2) знайти відносну молекулярну масу шуканої речовини; 3) знайти найпростішу формулу шуканої речовини; 4) знайти масу шуканої речовини; 5) знайти масу Карбону і Гідрогену в шуканій речовині; 6) перевірити чи містить речовина Оксиген, а якщо так, то визначити його масу; 7) знайти відносну молекулярну масу найпростішої формули шуканої речовини; 8) порівняти відносні молекулярні маси істинної та найпростішої формул шуканої речовини; 9) знайти істинну формулу шуканої речовини; 10) записати відповідь задачі.

На нашу думку, пропонований алгоритм має такі недоліки:

– надмірна деталізація окремих операцій не сприяє розвитку вміння проводити аналіз задачі;

– учень не спрямовується на пошук розв'язку задачі іншим способом;

– ряд понять представлені автором не коректно, наприклад, не можна вживати поняття «маса» до формули речовини тощо.

Розглянемо конкретний приклад аналогічної задачі (запропонована для державної підсумкової атестації з хімії [139, 52, задача №14]) на згоряння органічної речовини.

• **Задача.** У результаті спалювання газуватого вуглеводню масою 2,8 г утворилися карбон(IV) оксид масою 8,8 г і водяна пара масою 3,6 г. Відносна густина речовини за воднем становить 28. Визначити молекулярну формулу вуглеводню.

У праці [398] нами на основі дослідження цієї задачі описані шість способів розв'язування, з яких розглянемо три, а саме: перший ілюструє наявність надлишкових даних в умові задачі, другий – охоплює всі дані для проведення розв'язку; третій – також ілюстрація надлишкових відомостей, але у розв'язку переважає математичний спосіб.

Перший спосіб: оскільки це вуглеводень (умова задачі), то можлива формула C_xH_y , для встановлення якої треба визначити індекси, тобто x та y . Їх можемо знайти, якщо б ми знали масові частки Карбону та Гідрогену. Для знаходження останніх потрібно знати їх масу (маса вуглеводню відома з умови задачі) та молярну масу речовини (відома густина за воднем). Таким чином, основні кроки розв'язку включають знаходження таких величин:

$m(C) \rightarrow w(C) \rightarrow m(H) \rightarrow w(H) \rightarrow x, y \rightarrow$ формула речовини.
Відповідні обчислення наступні.

1) Відносна молекулярна маса вуглеводню C_xH_y :

$$M_r(C_xH_y) = M_r(H_2) \cdot D(H_2) = 2 \cdot 28 = 56.$$

2) Кількість речовини карбон(IV) оксиду:

$$\nu(CO_2) = \frac{m(CO_2)}{M(CO_2)} = \frac{2,8 \text{ г}}{44 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}.$$

3) Оскільки $\nu(CO_2) = \nu(C)$, то $\nu(C) = 0,2$ моль.

4) Маса Карбону $m(C) = \nu(C) \cdot M(C) = 0,2 \text{ моль} \cdot 12 \text{ г/моль} = 2,4 \text{ г}$.

5) Масова частка Карбону $w(C) = \frac{m(C)}{m(C_xH_y)} = \frac{2,4}{28} \approx 0,857$.

6) Масова частка Гідрогену: $w(H) = 1 - w(C) = 1 - 0,857 = 0,143$.

7) Індекси у формулі невідомої речовини:

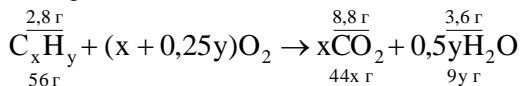
$$x = \frac{w(C) \cdot M_r(C_xH_y)}{A_r(C)} = \frac{0,857 \cdot 56}{12} = 4; \quad y = \frac{w(H) \cdot M_r(C_xH_y)}{A_r(H)} = \frac{0,143 \cdot 56}{1} = 8$$

Отже, молекулярна формула речовини C_4H_8 , а до надлишкових даних в умові задачі потрапляє маса води.

Другий спосіб.

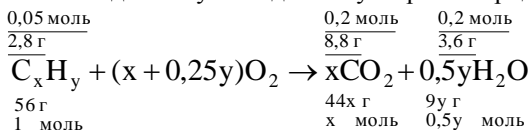
1) Див. перший спосіб.

2) Використаємо інформацію про згоряння вуглеводню і запишемо відповідне рівняння реакції:



$$\text{Згідно з рівнянням реакції: } x = \frac{56 \cdot 8,8}{2,8 \cdot 44} = 4; \quad y = \frac{56 \cdot 3,6}{2,8 \cdot 9} = 8.$$

До такої ж відповіді доходимо, використовуючи розрахунки кількості речовини вихідного вуглеводню та утворених продуктів реакції:



$$x = \frac{1 \cdot 0,2}{0,05} = 4; \quad y = \frac{1 \cdot 0,2}{0,05 \cdot 0,5} = 8.$$

У цьому разі ми використали всі дані згідно умови задачі.

Третій спосіб: якщо з умови задачі залишимо тільки відомості про відносну густину речовини за воднем, а також, що невідома речовина є вуглеводнем, то задача також матиме єдиний розв'язок.

1) Див. перший спосіб.

2) Виходячи з формули вуглеводню C_xH_y , і використовуючи знайдене значення M_r , отримаємо:

$$M_r(\text{C}_x\text{H}_{2x}) = xA_r(\text{C}) + yA_r(\text{H}), \text{ або } 56 = 12x + y.$$

Максимальне число атомів Гідрогену у випадку алканів дорівнює $2x+2$, а тому можемо записати таку систему:
$$\begin{cases} 56 = 12x + y \\ y \leq 2x + 2 \end{cases}$$

Розв'язуючи нерівність $56 - 12x \leq 2x + 2$, отримуємо $x \geq 3,85$, а оскільки індекс може бути тільки цілим числом, то $x=4$. Тоді $y = 56 - 12x = 56 - 12 \cdot 4 = 8$. Молекулярна формула речовини C_4H_8 .

У процесі аналізу даної задачі ми ставили до учнів таке запитання: «Чи можна сформулювати умову задачі, щоб дані не виявились надлишковими?». Під час обговорення учні доходять висновку, що необхідно зняти інформацію, що дана речовина є вуглеводнем. У такому формулюванні «У результаті спалювання речовини масою 2,8 г утворилися тільки...» і т.д. за наступним текстом задачі усі дані стають необхідними для розв'язку. Доповнення «тільки» при такій конструкції досить принципове, оскільки обмежує число хімічних елементів, які містить вихідна речовина.

Узагальнюючий аналіз розв'язаної задачі ми завершували постановкою до учнів ряду запитань, щоб виявити розуміння взаємозв'язку умови задачі та шляхів її використання, а саме: «Яка інформація умови задачі дає змогу встановити: 1) відносну молекулярну масу речовини; 2) молекулярну формулу речовини; 3) структурну формулу речовини?».

Щодо для третього запитання встановлюємо відсутність таких відомостей. Уточнюємо запитання: «Які відомості розв'язку дають змогу запропонувати можливі структурні формули речовини?». Доходимо висновку, що це знайдена нами молекулярна формула речовини – C_4H_8 . У ході наступного обговорення взаємозв'язку склад \leftrightarrow будова речовини виявляємо наявність серії ізомерів, що відповідають такій хімічній формулі C_4H_8 : циклоалкани – циклобутан, метилциклопропан; алкени – 1-бутен, цис-2-бутен, транс-2-бутен, 2-метилпропен.

Наведені приклади дають змогу нам висловити думку, що алгоритми, які пропонують автори не повинні мати примусового характеру, а спрямовувати учнів на пошук оптимального розв'язку, або після розв'язування задачі за даним алгоритмом запропонувати учневі розв'язати задачу іншим способом.

Якщо перед суб'єктом виникає проблемна задача, для якої він не знає алгоритм розв'язування, то її вирішення стає можливим завдяки тому, що людина володіє деякими додатковими засобами розв'язування, відмінними від відомих алгоритмів. Ці засоби називають евристичними, серед яких В.М.Глушков та співавтори [463, 89] виділяють такі:

- евристичні відомості – це будь-які вказівки про факти й закономірності, які належать до об'єктів, що використовуються під час розв'язування задачі і врахування яких сприяє останньому;

- евристичні приписи – вказівки про операції, які необхідно виконати з цими об'єктами;

- евристичні рекомендації – вказівки про бажані (чи небажані або неприпустимі) операції чи їх наступність і т.п. Евристичні рекомендації, що містять вимоги до послідовності операцій, нерідко називають стратегіями.

Згідно [234, 485], евристичні засоби більше нагадують емпіричні правила; це процедури чи описи, якими відносно легко користуватись і цінність яких виправдовується попереднім досвідом розв'язування задач. Проте на відміну від алгоритмів евристичні засоби не гарантують успіху.

До евристичних засобів можуть належати також асоціації, чуттєві образи тощо. Прикладами евристичних засобів з досить вузькою сферою застосування є підказки і натяки, які стосуються змісту конкретної індивідуальної задачі. Прикладами евристичних засобів, що володіють

надзвичайно широкою сферою застосування, можуть слугувати, на думку Г.О.Балла, основні закони формальної та діалектичної логіки [18, 98].

Велика роль у розробці евристичних засобів належить Д.Пойа, – він сформулював загальні правила, які лежать в основі пошуку розв'язку задачі [310; 311].

Психологічний зміст евристичних процесів складає висування гіпотез (як інтуїтивних, так і усвідомлених), формування планів і стратегій [109, 59]. При цьому інтуїція не протиставляється логіці, а сприяє використанню інформації, що накопичена в різних нестандартних комплексах, які містять і логічні ознаки [109, 310].

Ми вважаємо, що важливе завдання викладача в практичній діяльності не абсолютизувати жоден з підходів, оскільки в навчанні необхідні завдання як алгоритмічного характеру, так і задачі для розвитку творчого мислення. Отже, можемо сформулювати висновок, що діяльність з розв'язування задач як алгоритмічного, так і евристичного типу містить і алгоритмічні, і евристичні елементи.

Стосовно способів розв'язування задач, то в методичних посібниках здебільшого наводять їх перелік, і тільки окремі автори висловлюють тлумачення даного поняття, а саме як:

- сукупність засобів реалізації того чи іншого методу розв'язування задач [426, 42];
- послідовність операцій, за допомогою яких розв'язується, може розв'язуватись чи повинна розв'язуватись задача (сюди входять алгоритми, зразки розв'язків тощо [463, 67];
- будь-яка процедура, у процесі здійснення якої розв'язувач може забезпечити розв'язування даної задачі [18, 37].

Вважаємо, що дані трактування є правомірні і не суперечать одне одному. Плутанина в літературі виникає відносно змішування методів та способів розв'язування. На важливий аспект способу розв'язування задач вказує Ю.І.Машбиць [255, 65], – він являє собою систему дій, які виконують різні функції – орієнтувальну, виконавську, контрольну. Якщо ж аналізувати дію як одиницю навчальної діяльності, то в ній також можна виділити три частини: орієнтувальну, виконавську, контрольну. Спосіб розв'язування задач деякого типу можна вважати засвоєним учнями тільки в тому випадку, якщо у них сформовані всі його частини.

На нашу думку, звідси впливає важливий висновок щодо методики навчання під час застосування завдань з хімії, яка має враховувати зазначені види діяльності. Адже у повсякденній практиці переважають виконавські функції, а для учня необхідна належна мотивація навчання, щоб виникало усвідомлення необхідності такої дії, – за таких умов дія стає діяльністю.

Аналіз літератури та практичні спостереження дали нам змогу виокремити такі три основні способи розв'язування хімічних завдань: логічний, математичний і експериментальний. Математичний включає кілька різновидів: арифметичний, алгебраїчний, геометричний, графічний (рис.3.2).

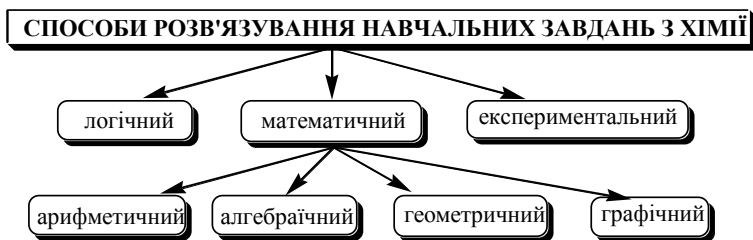


Рис.3.2. Основні способи розв'язування навчальних завдань з хімії

На практиці здебільшого поєднують кілька способів, оскільки сам процес розв'язування завдання базується на певних логічних операціях і вимагає застосування різних способів у процесі аналізу завдання, визначенні його типу чи виду, пошуку взаємозв'язку між умовою та вимогою завдання тощо. Об'єктом пізнавальної діяльності учня в процесі розв'язування завдання може бути як його безпосередній зміст, так і сукупність спрямованих на розв'язування даного завдання дій, а також уяв та поняття, що лежать в їх основі.

Далі перед нами виникло питання: **«Як обрати необхідний спосіб розв'язування?»**. Як показало дослідження, для цього необхідно:

По-перше, уважно проаналізувати вимогу завдання для встановлення його виду. Ми вважаємо, що в шкільній практиці найчастіше зустрічаються хімічні завдання таких видів:

1) завдання на знаходження шуканого. Вимога – визначити, обчислити, знайти, розпізнати невідоме. Шуканий об'єкт – значення фізичної величини речовини (маса, об'єм, кількість речовини, число структурних одиниць, густина тощо); невідома хімічна речовина чи елемент; число, що характеризує певну ознаку хімічних об'єктів (число електронів, номер періоду і т.п.) тощо;

2) завдання на опис, порівняння, класифікацію, узагальнення, конкретизацію, доведення, пояснення тощо. Такі завдання містять слова «порівняти», «довести», «перевірити», «чому?», «обґрунтувати» і т.п.;

3) завдання на перетворення чи побудову. Характерна особливість – задані певні об'єкти (елементи, вирази), з яких необхідно створити, побудувати, конструювати інший об'єкт з наперед заданими властивостями, наприклад, провести ряд хімічних перетворень, скласти

рівняння окисно-відновної реакції з використанням методу електронного балансу, зібрати прилад для проведення хімічного експерименту, скласти модель молекули тощо.

Проте завжди є комбіновані (змішані) завдання. Наприклад, завдання на розпізнавання хімічних речовин містять елементи першого та третього виду, оскільки розпізнавання речовин потребує їх перетворення.

По-друге, – вибрати стратегію розв'язування задачі. Поняття стратегії ширше, ніж поняття плану розв'язування конкретної задачі. У процесі розв'язування задачі у людини виникає модель проблемної ситуації, в якій фіксуються ознаки об'єктів, що входять до складу умови задачі, їх зв'язки і взаємовідношення. Згідно Ю.М.Кулюткіна, стратегія розв'язування полягає у поступовому встановленні цих взаємозв'язків та взаємовідношень [215, 29]. На думку В.О.Моляко, стратегія має охоплювати всю структуру процесу розв'язування: підготовчі дії (розуміння умов), плануючі дії (формування задуму) і реалізуючі дії (перевірка задуму, експерименту) [268, 57]. Сама стратегія розв'язування, за Л.Л.Гуровою, базується на деякій загальній гіпотезі. Це прогноз усього розв'язку, вичерпний і повністю розроблений план, що виражає один із можливих способів розв'язування, який людина формує чи обирає з відомих їй [109, 58-59]. На нашу думку, трактування стратегії розв'язування, яке запропонував В.О.Моляко, є найбільш комплексне і воно було використано нами в ході дослідження.

Велике значення в пошуках та здійсненні розв'язування завдань відіграє моделювання, про що засвідчили в галузі теорії задач такі дослідники, як Г.О.Балл [18], Л.Л.Гурова [109], В.В.Давидов [111], Ю.І.Машбиць [255-257], Н.Г.Салміна [344; 345], Л.М.Фрідман [443-445], В.А.Штофф [483], у тому числі у методиці навчання хімії, зокрема Н.Є.Кузнєцова [209] та інші.

Ми вважаємо, що сучасну хімію не можна уявити без хімічних формул, рівнянь реакцій, а це все – знакові моделі, які є постійною складовою вивчення хімії. Задачі та інші завдання є навчальними моделями різноманітних задачних ситуацій, а їх розв'язування – продовження процесу моделювання згідно вимог конкретного завдання як складової ширшого навчально-пізнавального процесу. Навчальна модель як продукт мислительного аналізу сама стає засобом мислительної діяльності [428]. Наприклад, на важливе значення знакової діяльності, яка має істотний вплив на розвиток вищих форм пам'яті у школярів усіх вікових груп вказує у дисертаційному дослідженні Т.Б.Хомуленко [455, 339].

Використовуючи моделювання, можна проводити різноманітні варіації під час розв'язування та складання завдань, що зокрема нами продемонстровано на прикладі знакових моделей – хімічних формул

речовин та рівнянь хімічних реакцій у працях [367; 368; 370; 372; 390; 391; 521 та ін.]. У даному випадку поняття «модель» використано нами як стартове для пошуку пізнавальної інформації на його основі.

Розглянемо конкретний приклад: використаємо інформацію підручника з хімії 9 класу Н.М.Буринської, де описана схема (модель) утворення хімічного зв'язку на прикладі фтороводню [36, 50], як вихідну для формулювання традиційного завдання для учнів: «Які електронні хмари перекриваються в процесі утворення хімічного зв'язку в молекулі фтороводню?». У даному випадку відповідь єдина: s-електронна хмара Гідрогену та р-електронна хмара Флуору.

Сформулюємо обернене завдання: в утворенні хімічного зв'язку в молекулі беруть участь s- та р-електронні хмари. Запропонуйте можливі формули речовин, якщо в молекулі один хімічний зв'язок.

Відповідь поліваріантна: галогеноводні. Якщо ми в умові завдання не будемо вказувати, що в молекулі один хімічний зв'язок, то спектр відповідей розшириться. Таким чином, ми широко застосовували моделювання на всіх етапах навчально-пізнавального процесу з хімії.

Проаналізуємо інший приклад із збірника задач з хімії [128, 11].

• Задача. Суміш етилену та ацетилену об'ємом 16,8 л за н.у. має масу 20,5 г. Визначте об'єм кожного газу в суміші.

У посібнику, наведено такий розв'язок:

$V(C_2H_4) = x$ л; $V(C_2H_2) = (16,8 - x)$ л.

$$m(C_2H_4) = M(C_2H_4) \cdot v(C_2H_4) = M(C_2H_4) \cdot \frac{V(C_2H_4)}{V_m} = 28 \frac{x}{22,4} = \frac{x}{0,8}$$

$$m(C_2H_2) = M(C_2H_2) \cdot v(C_2H_2) = M(C_2H_2) \cdot \frac{V(C_2H_2)}{V_m} = 26 \frac{16,8 - x}{22,4} = \frac{13(16,8 - x)}{11,2}$$

$$\frac{x}{0,8} + \frac{13(16,8 - x)}{11,2} = 20,5$$

Результат: $x = 11,2$. Отже, $V(C_2H_4) = 11,2$ л; $V(C_2H_2) = 16,8 - 11,2 = 5,6$ л.

Перевірка: $V(C_2H_2) = x$ л; $V(C_2H_4) = (16,8 - x)$ л.

$$m(C_2H_4) = 28 \frac{16,8 - x}{22,4} = \frac{13x}{0,8}; m(C_2H_2) = \frac{26x}{22,4} = \frac{13x}{11,2}; \frac{13x}{0,8} + \frac{13x}{11,2} = 20,5.$$

Результат: $x = 5,6$; $V(C_2H_2) = 5,6$ л; $V(C_2H_4) = 16,8 - 5,6 = 11,2$ л.

Пропонований авторами розв'язок є традиційним для більшості інших збірників і, ми вважаємо, що він розрахований на учнів з розвинутою уявою та «згорнутим» мисленням, частка яких у кожному класі є традиційно незначна. Тому ми у ході експериментального навчання розробили і застосовували моделювання задачі у формі схеми [379], яка покращує проведення аналізу задачі (курсивом у схемі виділено результати такого аналізу):

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		V, л	v, моль	m, г
$V_c=16,8$ л; $m_c=20,5$ г; $V(C_2H_4)-?$ $V(C_2H_2)-?$	$\left\{ \begin{array}{l} C_2H_4 \\ C_2H_2 \end{array} \right.$	x	$x/22,4$	$28x/22,4$
		y	$y/22,4$	$26y/22,4$
Сума:		16,8		20,5

Остаточна система рівнянь:
$$\begin{cases} x + y = 16,8 \\ 28x/22,4 + 26y/22,4 = 20,5 \end{cases}$$

Склавши схему-модель, задачі її розв'язок стає компактним, наочним і дає змогу створювати серію аналогічних та обернених задач. Згортання розумових дій у даному випадку пов'язане тільки з пропуском одиниць вимірювання фізичних величин у пропонованій схемі, проте у самому ході розв'язування під час виділення окремих етапів, безумовно, одиниці вимірювання фіксуються в письмовій чи усній формі

Процес розв'язування завдань, на нашу думку, можна розглядати як процес пізнання, оскільки під час їх виконання суб'єкт, як правило, одержує нові знання, вміння чи їх удосконалює. Ми погоджуємось з думкою Л.М.Фрідмана [443, 195], який відзначає, що основна трудність розв'язування для суб'єкта пов'язана з побудовою моделей, і для більшості задач, особливо складних, необхідно будувати різного роду допоміжні моделі (схематичні, табличні, графічні і т.д.). З одного боку, ці моделі є фіксацією результату аналізу задачі, а з іншого – побудова таких моделей організовує і спрямовує детальний та глибокий аналіз задачі.

У процесі дослідження ми здійснювали моделювання змісту задач з хімії як складової частини пізнавальної діяльності і засобу розв'язування та складання задач. Відповідні результати узагальнені нами у посібнику [362], а для ілюстрації розглянемо приклад обчислення молярної маси газової суміші (аналогічний підхід застосовували для суміші нуклідів).

- Задача. Визначте молярну масу газової суміші, утвореної при змішуванні за н.у. CO (825 л) та CO₂ (175 л).

Для полегшення аналізу задачі ми пропонуємо учням наступну схему (моделювання умови та розв'язку), в якій результати переформулювання та розв'язування виділені нами курсивом. У характеристиці вихідної та кінцевої систем записуємо дані умови та встановлюємо параметри, що характеризують окремі компоненти і утворену суміш відповідно. Таким чином, аналіз і переформулювання задачі поступово переходять у безпосереднє розв'язування:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система			
		V, л	v, моль	M, г/моль	m, г
M(c)-?	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO} \\ \text{CO}_2 \end{array} \right.$	825	825/22,4	28	28 · 825/22,4
		175	175/22,4	44	44 · 175/22,4
		Сума:	1000	44,64	

1) $m(\text{CO}) = 28 \cdot 825/22,4 \approx 1031$ (г).

2) $m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 175/22,4 \approx 344$ (г).

3) $m(c) = m(\text{CO}) + m(\text{CO}_2) = 1031 + 344 = 1375$ (г).

4) $M(c) = m(c)/v(c) = 1375/44,64 = 30,8$ (г/моль)

Або аналізуємо з учнями такий шлях розв'язування:

$$\varphi(\text{CO}) = \frac{825}{825 + 175} = 0,825; \varphi(\text{CO}_2) = 1 - 0,825 = 0,175.$$

$$M(c) = 0,825 \cdot 28 + 0,175 \cdot 44 = 30,8 \text{ (г/моль)}.$$

Виділення окремих елементарних задач (підзадач) у процесі розв'язування дає змогу учням усвідомити структуру задачі, а також полегшує її поточний та завершальний аналіз. Надалі проводили видозміну умови (моделювання змісту), наприклад, використовуємо тільки об'ємну частку.

- Задача. Визначте молярну масу суміші CO і CO₂, якщо об'ємна частка CO₂ в цій суміші рівна 0,175.

Розв'язування: проведемо переформулювання умови і перейдемо до конкретних одиниць. Якщо приймемо об'єм суміші 1000 л, то отримаємо умову попереднього прикладу, якщо ж приймемо кількість речовини суміші рівну 1 моль, то схема результатів аналізу та розв'язку буде наступна:

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		v, моль	M, г/моль	m, г
$v(c) = 1 \text{ моль}$ $\varphi(\text{CO}_2) = 0,175$ $M(c) = ?$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO} \\ \text{CO}_2 \end{array} \right.$	0,825	28	0,825 · 28
		0,175	44	0,175 · 44
		Сума:	1	

$$M(c) = m(c)/v(c) = 30,8/1 = 30,8 \text{ (г/моль)}.$$

До аналогічної відповіді прийдемо, якщо приймемо масу суміші рівну 1 г. Схема результатів наступного аналізу та розв'язування

Кінцева система	Схема задачі	Вихідна система		
		v, моль	M, г/моль	m, г
$m(c)=1$ г; $\varphi(\text{CO}_2) = 0,175$; $M(c)=?$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{CO} \\ \text{CO}_2 \end{array} \right.$	y	28	28y
		x	44	44x
		Сума:		28y+44x=1

Одержуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 28y + 44x = 1 \\ 0,175 = \frac{x}{x + y} \end{cases}$$

Можливе також розв'язування у загальному виді:

$$M(c) = \frac{m(c)}{v(c)} = \frac{m(\text{CO}) + m(\text{CO}_2)}{v(c)} = \frac{v(\text{CO}) \cdot M(\text{CO}) + v(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{v(c)} =$$

$$= \frac{\varphi(\text{CO}) \cdot v(c) \cdot M(\text{CO}) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot v(c) \cdot M(\text{CO}_2)}{v(c)} = \varphi(\text{CO}) \cdot M(\text{CO}) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)$$

У ході розгляду даного завдання пропонуємо учням різні шляхи міркувань, що в подальшому узагальненні впливає в один із способів обчислення молярної маси суміші.

Таким чином, можемо зазначити, що у процесі розв'язування завдань з хімії здійснюється кілька видів моделювання:

- хімічне – запис схеми-моделі задачі з використанням хімічних позначень (хімічні формули речовин, рівняння хімічних реакцій тощо);
- математичне – запис системи математичних співвідношень, які описують досліджувані об'єкти, процеси або явища;
- логіко-психологічне – прийняття людиною завдання (перехід від моделі зовнішнього завдання до внутрішнього), актуалізація знань для проведення предметних моделювань (хімічне, математичне тощо), пошук логічних відношень між об'єктами завдання, між відомими та невідомими параметрами, конструювання гіпотези та відповідної моделі розв'язування, переформулювання завдання, узагальнення способів розв'язування задач, застосування задачних ситуацій та моделей для складання завдань тощо.

Розглянемо етапи та операції, які виникають у процесі розв'язування завдань. Ряд авторів розрізняють основні етапи в процесі розв'язування задачі, інші – вказують тільки окремі операції (дії) [111, 154] чи оператори [256, 81]. Частина зазначає окремі операції в межах виділених етапів. При цьому під оператором розуміють елемент системи, який забезпечує певну дію з інформаційним потоком [257, 14].

У посібниках з курсів методики навчання хімії, як правило, виділяють тільки окремі дії чи правила для розв'язування, останні суттєво

відрізняються між собою за кількістю та змістом таких операцій. Таким чином, в методиці навчання хімії не сформовані єдині загальноприйняті підходи до розуміння процесу розв'язування як складної форми діяльності, що має певну структуру, тобто містить етапи та операції. Саме ж структурування навчальної задачі, згідно авторів [249], можна розглядати як методичну умову її розв'язування.

У додатку Е (табл.Е.1) нами представлені основні етапи розв'язування задач за літературними даними. У випадку наведення авторами однакових чи близьких за змістом назв етапів розв'язування задач ми їх об'єднували.

Різні дослідники виділяють різну кількість етапів у процесі розв'язування задач чи навчальних проблем, а саме:

- 2 етапи – Ю.М.Лабій [220, 5-6];
- 3 етапи – Ю.М.Кулюткін [215, 62], П.І.Підкасистий [304, 115], Я.О.Пономарьов [315, 119-120], В.Оконь [280, 226], В.А.Крутецький [207, 201], А.І. Шаповалов [471, 5];
- 4 етапи – М.Г.Алексєєв [4, 26], В.М.Глушков та співавтори [463, 67], Д.Пойа [310, 202], О.М.Матюшкін [253, 50], Н.М.Тулькібаєва і А.В.Усова [426, 40], Л.М.Фрідман [443, 58-59];
- 5 етапів – Н.О.Менчинська [259, 62]; Д.П.Єригін і Є.О.Шишкін [128];
- 6 етапів – А.Ф.Есаулов [489, 168], Д.М.Кірюшкін і В.С.Полосін (на прикладі експериментальних задач) [181, 97];
- 7 етапів – А.К.Грабовий [98];
- 8 етапів – Л.М.Фрідман і Е.М.Турецький [445, 27], М.О.Данилов і М.М.Скаткін (дослідницьке завдання) [118, 170], П.М.Решетник [333, 64].

Наприклад, у випадку чотирьох етапів процес розв'язування задачі має таку наступність (згідно [463, 67]):

- 1) ознайомлення та аналіз умови задачі;
- 2) складання плану розв'язування задачі;
- 3) здійснення розв'язку;
- 4) перевірка правильності розв'язування задачі, одержання висновків з проведеної роботи, пошуки інших розв'язків.

За результатами дослідження (узагальнення відомостей табл.Е.1, реалізація розробленої методики застосування завдань з хімії) нами встановлено, що оптимальне число основних етапів під час розв'язування навчальних завдань з хімії є три. Ці етапи та відповідні підетапи представлені в табл.3.6.

Таблиця 3.6

Основні етапи навчальної діяльності з розв'язування хімічних завдань

Основні етапи	Основні підетапи
<p>I</p> <p>Усвідомлення змісту завдання та його логічний аналіз</p>	<ul style="list-style-type: none"> – усвідомлення умови завдання та семантичний аналіз тексту (виділення з тексту елементарних умов, окремих об'єктів та їх характеристик); – усвідомлення вимоги (запитання) завдання; – фізичні величини: позначення, одиниці вимірювання, зведення до однієї системи одиниць; – пошук латентної інформації та її аналіз (закони, теорії, поняття, довідкові дані, хімічні формули, рівняння реакцій тощо), включення латентної інформації в опорну; – порівняння відомих та невідомих параметрів; – пошук відношень та причинно-наслідкових зв'язків між об'єктами завдання; – схематичний (короткий) запис умови та вимоги завдання (побудова предметної, словесно-символічної, символічної, символічно-графічної моделі завдання); – переформулювання умови (спрощення, доповнення, видозміна завдання тощо)
<p>II</p> <p>Пошук та реалізація плану розв'язування</p>	<ul style="list-style-type: none"> – аналіз утвореної проблемної ситуації та пошук шляхів її вирішення (постановка проблем, висування та обґрунтування гіпотез, визначення типу чи виду завдання, аналітико-синтетичний аналіз шляхів його розв'язування, вибір методу та способу розв'язування); – пошук підзавдань, відомих і аналогічних завдань до вихідного, пошук алгоритму; – проведення розв'язування (логічного, математичного, експериментального чи змішаного) з постійним аналізом та коригуванням його окремих дій
<p>III</p> <p>Перевірка та навчально-пізнавальний аналіз завдання</p>	<ul style="list-style-type: none"> – перевірка відповіді та критичний аналіз розв'язку завдання згідно поставленої вимоги; – перевірка відповіді згідно її реальності; – перевірка відповіді шляхом розв'язування іншим способом (у тім числі експериментальним); – значення даного завдання як об'єкта пізнання; – складання нових завдань шляхом модифікації вихідного завдання (задачне моделювання) тощо

Наш триетапний вибір ґрунтується на позиції, що складові частини дії людини містять мотиваційно-орієнтувальну, виконавську та контрольну частини. Кожний з пропонованих нами етапів відповідно включає всі ці частини, але одна з них є основна. Відповідно, на першому етапі переважають мотиваційно-орієнтувальні дії, на другому – виконавські, на третьому – контролювальні.

Аналогічні дії можемо констатувати у трьох фазах розв'язування проблеми, які описує В.Оконь [280, 226]:

Проблема → Проблемна ситуація → Формування гіпотез розв'язку →
1 ФАЗА 2 ФАЗА
→ Перевірка розв'язку з систематизацією одержаної інформації
3 ФАЗА

Г.С.Костюк [197, 228] вказує, що центральним моментом у розв'язуванні задачі є знаходження шляху, принципу або основного способу її розв'язання. Ідея його виникає у вигляді здогадки, припущення або гіпотези. Остання являє собою випереджувальний синтез або задум можливого розв'язання, що спирається на попередній аналіз умови задачі. Таким чином, усі етапи діалектично взаємозв'язані.

Для виконання вимоги задачі, тобто проходження всіх зазначених етапів розв'язку, суб'єкти навчальної діяльності мають володіти певними методами, засобами та способами розв'язування.

Для з'ясування узгодженості запропонованої нами структури основних етапів процесу розв'язування навчальних завдань з хімії ми проаналізували узагальнені відомості з літератури щодо нашого підходу – в додатку Е (табл.Е.2). На підставі одержаних результатів можемо сформулювати наступне: якщо загальні етапи розв'язування навчальних завдань (на прикладі задач) автори теорії задач (Г.О.Балл, Л.М.Фрідман, Ю.І.Машбиць) та вчені-методисти зазначають подібні, то окремі операції є більш деталізовані у перших і не впроваджені у практику методики навчання хімії. Зокрема, такі операції, як перевірка з детальним аналізом ходу розв'язування, складання завдань не є типовими операціями для більшості проаналізованих посібників, де розглядаються питання методики розв'язування задач з хімії. Отже, проблема складання завдань з хімії (як складова частина процесу їх розв'язування учнями) потребує свого вирішення.

Щодо подальшого складання завдань на основі вихідного, то крім описаних в літературі аналогічних, обернених та узагальнених завдань, вважаємо можливі також їх комбінації, а саме, – аналогічні обернені, аналогічні узагальнені, обернені узагальнені (рис.3.3). У радіальному напрямку у межах кожного із секторів на даній схемі проходить ускладнення завдань.

У табл.3.7 представлено ілюстрацію застосування даної схеми (див. рис.3.3) на прикладі складання завдань для запису рівнянь хімічних реакцій.



Рис.3.3. Схема можливих шляхів складання завдань на основі розв'язування вихідного завдання

Таблиця 3.7

Приклади складання деяких завдань з хімії на основі вихідного завдання

Схема завдання	Вид завдання
$\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow ? + ?$	Вихідне завдання
$\text{KOH} + \text{HCl} \rightarrow ? + ?$	Аналогічне завдання
$\text{MeOH} + \text{HAn} \rightarrow ? + ?$	Узагальнене завдання (або завдання у загальній формі)
$? + ? \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$	Обернене завдання
$\text{MeOH} + \text{HCl} \rightarrow ? + ?$	Аналогічне узагальнене завдання
$? + ? \rightarrow \text{MeAn} + \text{H}_2\text{O}$	Обернене узагальнене завдання
$? + ? \rightarrow \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$	Аналогічне обернене завдання

Дослідження показує, що за традиційного навчання учні важче виконують обернені та узагальнені завдання, оскільки їх вони сприймають як окремі (незалежні) завдання. Під час експериментального навчання нами проводилось складання різних видів завдань як вчителем, так і учнями на основі вихідного відразу ж після його виконання, або з незначним проміжком часу. За таких умов учні без особливих ускладнень виконували більшість запропонованих завдань з хімії.

У процесі складання завдань учням пропонували також змінювати їх формулювання, що розглянемо на прикладі оберненого завдання (див. табл.3.7):

– текстова форма: «Напишіть рівняння хімічної реакції, якщо продуктами взаємодії є натрій хлорид і вода»;

– текстово-схематична форма: «Напишіть рівняння хімічної реакції згідно схеми: ? + ? → натрій хлорид + вода»;

– поєднання текстово-схематичної та знаково-символічної форми: «Напишіть рівняння хімічної реакції згідно схеми: ? + ? → NaCl + H₂O»;

– знаково-символічна форма, яка передбачає формулювання умови завдання учнями самостійно згідно схеми: «? + ? → NaCl + H₂O».

Деякі завдання на основі вихідного можуть мати кілька відповідей. Наприклад, наведене вище обернене завдання (див. табл.3.7), матиме дві відповіді, а саме:



Таким чином, як підходи до розв'язування завдань з хімії, так і весь процес розв'язування ми розглядаємо з різних точок зору:

– з *найбільш важливої гносеологічної*: підходи до використання завдань з хімії, щоб їх розв'язування та складання мало одночасно як логічну завершеність і замкненість з точки зору нерозривного пізнавального циклу, так і неперервність і відкритість з точки зору процесу пізнання природи;

– з *наукової*: методи хімічних та інших наук, які відтворюються (застосовуються) під час виконання та складання завдань;

– з *предметної (хімічної) та міжпредметної*: знання та вміння, які необхідно мати з хімії та інших навчальних предметів, щоб успішно виконати завдання;

– з *педагогічної*: методи навчання і мотивації, які необхідно застосувати, щоб пізнавальна діяльність учнів у процесі розв'язування завдань з хімії мала особистісно зорієнтований характер;

– з *організаційної*: форми організації застосування завдань з хімії, щоб реалізувати мотиваційно-орієнтувальну, виконавську та контрольну складову навчальної діяльності учнів на кожному етапі їх розв'язування;

– з *логіко-психологічної*: логічні знання та розумові дії, які необхідно використати для розв'язування завдань різних типів. Уміння правильно міркувати повинна мати кожна людина, це виражається зокрема в розумінні понять, правил їх формулювання та методів утворення (аналіз, порівняння, узагальнення тощо), методів наукового мислення (класифікація і систематизація об'єктів, визначення, доведення, гіпотеза та ін.). Правильно підібране завдання сприяє розвитку особистості.

З'ясування основних підходів та етапів розв'язування завдань з хімії, обґрунтування необхідності поєднувати їх розв'язування та складання, визначення основних напрямків щодо складання завдань на основі вихідного (аналогічні, обернені тощо) дало нам змогу викристалізувати наступну сферу дослідження – вимоги до складання навчальних завдань з хімії.

3.3. Вимоги до складання навчальних завдань з хімії

Цілий спектр дослідників визначають процес навчання як діяльність суб'єктів спрямовану на виконання різноманітних завдань. Звідси випливає проблема безпосереднього складання чи конструювання навчальних завдань, а також – їх застосування. Як правило, щодо застосування завдань, яке включає діяльність вчителя з підбору завдань, включення їх у безпосередній навчальний процес та розв'язування, вироблені певні усталені методичні підходи, що практично не змінюються. Аналогічно залишається досить консервативним підхід до побудови завдань, який здебільшого має емпіричний характер і є досить суб'єктивним, оскільки залежить від автора підручника чи збірника завдань. Таким чином, виникає проблема складання завдань з хімії, яка включає ряд окремих підпроблем, а саме: вимоги до навчальних завдань з хімії; загальні закономірності складання, підбору та упорядкування окремих завдань для формування системи завдань тощо. Виникає також проблема складання завдань безпосередньо у ході навчального процесу чи його завершення як на основі завдань посібників, так і численних задачних ситуацій, які виникають у процесі навчання.

Основна частина вчителів орієнтується на завдання посібників, тільки окремі з них ціною величезних витрат часу на підготовку до уроків, ціною великого напруження на уроці застосовують різноманітні прийоми модифікації завдань. Наприклад, як показує наше дослідження, більшість учителів задовольняється традиційними підручниками (86 %) та задачниками (92 %, див. рис.2.8), а складання завдань учнями використовують у своїй педагогічній практиці тільки окремі вчителі, а основна частина дуже рідко чи ніколи (відповідно 58,5 і 22,1 %, див. рис.2.9).

Деякі автори рекомендують загальні підходи щодо вибору змісту завдань [47; 52], інші – конкретні алгоритмічні приписи для складання завдань з хімії. Розглянемо приклад алгоритму, який запропонував Л.Г.Грусев [424, 57] для складання розрахункових задач вчителем та учнями:

- 1) запишіть рівняння реакції;

- 2) знайдіть молярні маси (M) вихідних речовин або продуктів реакції;
- 3) визначте маси (m) чи об'єми (V) речовин, що беруть участь в реакції ($m = M \cdot \nu$ чи $V = V_m \cdot \nu$);
- 4) знайдіть дані або відповіді задачі шляхом перемноження маси або об'єму на стехіометричний множник K (K – відношення відповідних стехіометричних коефіцієнтів);
- 5) одержані дані і відповіді задачі перетворіть (умова, вимога задачі);
- 6) сформулюйте умову задачі.

На нашу думку, наведена схема має ряд недоліків – відсутність широкого аналізу кожного етапу, варіацій змісту умови, вимоги, форми подання умови тощо, а головне – задача є локальною і виврана із загального контексту пізнавальної діяльності учня. У даному випадку ставиться тільки конкретна мета – скласти задачу чи її розв'язати.

Для визначення необхідних вимог щодо навчальних завдань з хімії нами проведено аналіз відповідної літератури, результати якого представлені в додатку Ж (табл.Ж.1).

Ми вважаємо, що ряд авторів у перелік вимог до навчальних завдань відносять вимоги не до завдання як об'єкта діяльності, а до діяльності взагалі. Тому ряд наведених вимог визначають не складання, а застосування завдань. Наприклад, систематичний контроль і облік вчителем ходу виконання завдання, надання своєчасної допомоги у вигляді додаткового пояснення прийому і способу виконання дій, диференціація завдань залежно від індивідуальних особливостей учнів [45, 27-28]; доцільність у старших класах застосовувати задачі, які потрібно розв'язувати на кількох уроках [430, 9]; необхідність під час розв'язування розглядати факти і явища в різних аспектах [349, 13]; допомога у засвоєнні ознак і зв'язків понять, способів оперування ними [422, 9]; вимога від учня виконання дії, що формується [247, 12]; враховування рівня вимог до засвоєння матеріалу [347, 98]; поглиблення і закріплення знань [292, 6] тощо.

Про необхідність застосування системи завдань зазначають багато авторів у галузі теорії задач, зокрема М.О.Данилов і М.М.Скаткін [118], І.Я.Лернер [231], Ю.І.Машбиць [255], А.І.Уман [433], а також методисти-хіміки – Ю.В.Ходаков та співавтори [65], Н.Є.Кузнецова [209], А.І.Шаповалов [471] та інші. Дана проблема також висвітлюється в дисертаційних дослідженнях таких вчених: М.А.Дацюк [115], М.В.Деревенець [117], Н.М.Зверева [148], Г.А.Кімаск [178], Е.А.Майдановська [247], Г.В.Сирота [349] та інші.

Водночас існують достатні відмінності у поглядах вчених стосовно вимог до системи навчальних завдань. Наприклад, І.Я.Лернер [231, 50], Г.А.Кімаск [178, 12-13] вважають, що в основу системи пізнавальних задач має бути поставлений єдиний, скрізний критерій, що визначає співвідношення пізнавальних задач з точки зору складності їх розв'язку. Таким головним критерієм щодо конструювання системи завдань Е.А.Майдановська вважає вимогу виконання учнем необхідної дії [247, 12]; І.К.Цитович і П.М.Протасов – чіткість формулювання завдань [460, 8]. Оскільки система завдань створює певну систему діяльності, то основним ґрунтом для розробки системи діяльності учнів, згідно І.Я.Лернера, є уявлення про рівні знань [309, 55], а М.О.Данилова і М.М.Скаткіна – рівні пізнавальної самостійності учнів (рівень відтворення готових знань, їх застосування в знайомій і незнайомій ситуації) [118, 152-158].

На нашу думку, причина існуючої певної розбіжності у підходах різних авторів до висвітлення аналізованого питання полягає у поліфункціональності навчальних завдань (функція об'єкта, мети, засобу, процесу, мотивації, рефлексії діяльності тощо). Тому намагання одних авторів виділити складність завдання як основний критерій при побудові їх системи передбачає розгляд завдань як об'єкта діяльності, а вимога орієнтуватись на рівні знань – як процесу та мети діяльності.

Відомо, що структура кожного виду навчального творчого завдання включає змістовий, процесуальний і мотиваційний компоненти. Крім основних функцій навчання, виховання і розвитку, вони виконують ще функції контролю і діагностики. Звідси впливають відповідні орієнтири вимог до навчальних завдань. Кожне навчальне завдання повино мати навчальну, розвивальну та виховну спрямованість, а задача вчителя – сприяти її реалізації. Вважаємо, що процес навчання має моделювати процес пізнання, який створює умови для розвитку особистості. Виховна складова релізується через цілий спектр факторів, особливо через усвідомлення необхідності вчитися, завдяки чому формується стабільна, а не тимчасова мотивація, через атмосферу успіху чи невдачі, через особистісну оцінку результатів виконання завдань як рефлексію діяльності, так і громадську оцінку об'єктів, явищ, процесів, які мають місце у змісті завдання, у процесі їх виконання та обговорення. Ці моменти вчать працювати у колективі, організовувати власну діяльність, мати власну думку на події, явища тощо. Таким чином, ми розглядаємо вимоги до завдань комплексно, оскільки нерозривним є сам процес їх розв'язування та пізнання. Як правило, одне й те саме завдання під час навчання хімії ми застосовували по-різному, звертали увагу не стільки на

кількість, скільки на якість (тип, форма тощо) завдань та спосіб їх розв'язуванням учнем.

Створення оптимальної системи завдань з хімії вимагає застосування системного підходу. Згідно А.І.Шаповалова, для цього необхідно визначити відношення між елементами знань та їх окремими компонентами [471, 6]. Сукупність відношень системи знань дає можливість виділити систему задач, у якій реалізуються ці відношення і зв'язки. Подібний підхід знаходимо в інших авторів, зокрема А.І.Уман, під системою навчальних завдань розуміє таку їх організацію, за якої на перший план виступають зв'язки між завданнями всередині блоку (виділеної групи) і зв'язки між блоками в лінійній послідовності навчального матеріалу [433, 24].

На нашу думку, найбільш багатогранне визначення пропонує Т.О.Завада, яка до системи завдань підручника відносить послідовний ряд дидактично обґрунтованих видів завдань, які взаємозв'язані з текстом і характером розумової діяльності при їх усвідомленні, включають школярів у різноманітну за характером розумову діяльність з урахуванням зростання рівня її складності [138, 79].

Важливе застереження приводить І.Я.Лернер, – «не випадкова сукупність пізнавальних задач, а їх система, що відповідає певним показникам, є необхідною умовою розвитку пізнавальної самостійності» [309, 25].

Ми погоджуємось з І.Я.Лернером і вважаємо, по-перше, що необхідно вести мову не про випадкову сукупність завдань, яка є звичайним набором завдань, а про систематизовану сукупність завдань, тобто вони мають бути упорядковані згідно певних вимог. По-друге, підхід до підбору завдань у системі повинен бути не тільки лінійний (як у А.І.Умана [433, 24]), а й лінійно-концентричний (спіралеподібний). Перший підхід передбачає поступове зростання складності, перехід до нових понять, їх узагальнення, а концентричний – висвітлення на базі нових понять інших ознак вивчених об'єктів, застосування нових понять на базі вже сформованих умінь та навичок, а також розгляд нових понять у взаємозв'язку з попередніми.

У дослідженні ми використовували системно-структурний підхід до конструювання завдань. З нашого погляду, він полягає у розгляді завдання як системи з певним структурним складом і як компонента більш складного процесу розв'язування завдань. Звідси, вважаємо, впливає зворотний зв'язок впливу різних факторів на сам процес розв'язування, ефективність якого залежить як від особливостей структури завдання, так і від якостей суб'єктів (вчитель, учень) пізнавального процесу та їх взаємодії. Ось чому в навчальних посібниках,

на нашу думку, важливо будувати різні завдання у плані ускладнення за певними параметрами з розрахунку на одного і того самого учня та на різних учнів. Тобто, ми переконані, що задачі можуть виступати в ролі індикаторів прихованих можливостей учнів.

З метою розробки конкретних вимог до складання завдань з хімії розглянемо сформовані в літературі погляди щодо рекомендованих завдань у навчанні та загальних вимог до них, далі до складових частин окремого завдання, а також до системи завдань в цілому. На нашу думку, достатньо повний перелік вимог до системи задач описує І.Я.Лернер:

- охоплення основних доступних учням типів проблем даної науки і суміжних з нею;
- охоплення (часткове чи повне відтворення) важливих в освітньому відношенні і доступних методів науки;
- охоплення важливіших характеристик творчої діяльності;
- охоплення різних рівнів складності задач з урахуванням необхідності розвивати пізнавальну самостійність, оптимальну для середньої загальної освіти і різних груп учнів;
- урахування дидактичних вимог до структури задач, їх змісту, повторення тощо [309, 27].

Подібні вимоги наводять також автори [45, 27; 118, 182; 135, 49; 414, 246-247]. Розроблені вимоги взяті нами за основу з метою подальшої деталізації та доповнення з урахуванням специфіки навчального предмета «хімія». Оскільки складання будь-якого завдання чи їх системи передбачає наявність певного змісту, виникає необхідність конкретизувати зазначені вище вимоги.

Перші пропозиції щодо змісту хімічних завдань були висловлені авторами першого збірника завдань Я.Л.Гольдфарбом та Л.М.Сморгонським [88, 60-63] і вони включали такий зміст: розпізнавання та визначення речовин; розділення сумішей і очищення речовин; одержання речовин; з'ясування ходу (механізму) і напрямку реакції; визначення складу чи будови речовини; вибір раціональної конструкції приладу чи знаходження і усунення дефектів у запропонованому приладі; визначення властивостей елементів та їх сполук; класифікація речовин, явищ і понять. На сьогодні перелік таких завдань конкретизується можливими підходами до їх класифікації, які описані нами в підрозділі 1.2.

Основна вимога до завдань у процесі вивчення хімії – відповідність змісту хімічної освіти. Дану вимогу відзначають Н.М.Буринська [34, 135], П.О.Глоріозов і О.П.Клещова [85, 39], Г.А.Кімаск [178, 12], Д.М.Кірюшкин [179, 97], А.О.Павлова [292, 6], І.Я.Трепш [422, 9] та інші. Згідно концепції І.Я.Лернера [414], зміст освіти включає такі компоненти:

систему знань про природу, суспільство, людське мислення, способи діяльності; систему інтелектуальних і практичних навичок, які є основою різноманітної діяльності; досвід творчої діяльності; досвід емоційно-ціннісного ставлення до явищ навколишнього світу. Отже, відповідно мають бути групи навчальних завдань, кожна з яких призначена для засвоєння певного компонента змісту хімічної освіти.

Дана родова вимога щодо змісту хімічної освіти включає також видову вимогу – охоплення основних доступних учням типів проблем даної науки і суміжних з нею через виявлення основних положень навчальної дисципліни [118, 182; 135, 49; 309, 25; 347, 98; 414, 246-247]. У межах навчального предмета «хімія», ми вважаємо, що основою змісту хімічних завдань мають стати три змістові лінії, що включають поняття про хімічний елементи, речовини та хімічні реакції, а методологічною основою змісту хімічних завдань – єдність якісної та кількісної характеристики хімічних об'єктів (елементів, речовин, реакцій).

На рис.3.3 наведена схема можливих напрямків складання прямих (вихідних) та обернених завдань з хімії для ілюстрації впливу природи речовини на її властивості та застосування. Взаємно спрямовані стрілки вказують на можливість складання завдань як на основі відомої речовини (прогноз чи пояснення властивостей, галузей застосування), а також встановлення складу чи будови невідомої речовини на основі відомих її якісних чи кількісних параметрів (властивостей), галузей застосування, історичних відомостей тощо [387; 389; 390].

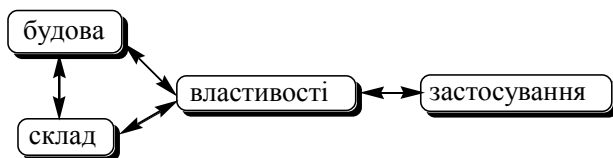


Рис.3.4. Схема можливих напрямків складання прямих та обернених завдань на основі відомої хімічної формули речовини чи її встановлення

Розглянемо серію завдань (складені з учнями 11-х класів), які ілюструють деякі шляхи реалізації зазначеної схеми (рис.3.4) для встановлення невідомої речовини (у даному випадку мурашиної кислоти) [405].

- Яку речовину називають *Acidum formicicum*?

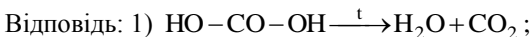
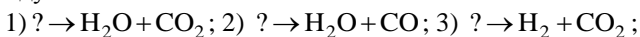
Підказки: назва речовини походить від червоних мурашок (*Formica rufa*), в організмі яких вона була знайдена ще в XVII ст. У вільному стані зустрічається у таких природних об'єктах: сік кропиви, хвоя ялинки, ідкі

виділення мурашок і бджіл, у незначних кількостях – піт і сеча тварин, організм гусениць.

• Яку речовину застосовують у медицині для розтирання під час ревматизму у вигляді 1,25 %-вого розчину, відомого під назвою «мурашиного спирту» або spiritus formicarum?

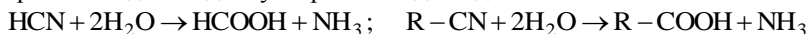
Підказка: назва історична, цей засіб колись готували настоюванням мурашок на спирту.

• Визначте невідомі вихідні речовини згідно таких продуктів їх розкладу:



• Яку речовину можна розглядати як нітрил мурашиної кислоти?

Відповідь: синильну кислоту, оскільки нітрили карбонових кислот при взаємодії з водою утворюють відповідні кислоти



• У кожному стовпчику розміщена речовина та певний параметр, який її характеризує. Визначте невідомий параметр і запишіть його значення для мурашиної кислоти:

1)	HCOOH	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₆ H ₆	CH ₃ OH
	?	sp ³	sp	sp ²	sp ³

2)	HCOOH	CH ₄	C ₂ H ₂	C ₆ H ₆	CH ₃ OH
	?	-4	-1	-1	-2

3)	HCOOH	H ₂ SO ₄	HOOC-COOH	H ₃ PO ₄
	?	98	90	98

4)	HCOOH	H ₂ SO ₄	HOOC-COOH	H ₃ PO ₄	CH ₃ COOH
	?	2	2	3	1

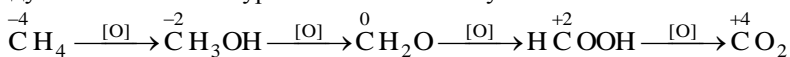
Відповідь: ознаки-параметри та їх значення для мурашиної кислоти

- 1) sp², гібридизація атома Карбону;
- 2) +2, ступінь окиснення атома Карбону;
- 3) 46, відносна молекулярна маса;
- 4) 1, основність кислоти.

• Речовини розміщені у порядку закономірності їх перетворення. Яке перетворення мається на увазі? Яка має бути наступна речовина?



Відповідь: речовини розміщені у порядку їх поступового окиснення, продуктом окиснення мурашиної кислоти є вуглекислий газ



Отже, на нашу думку, цілеспрямовані варіації змісту завдання (та форми у даних прикладах) дають змогу проводити формування необхідних знань та вмій учнів з хімії.

Доходимо висновку про необхідність оптимального поєднання усіх складових частин змісту завдань з хімії, щоб вони не ставали «голими» обчисленнями. Водночас необхідність охоплення і проблем суміжних наук ставить вимогу включення до хімічних завдань елементів предметного змісту інших дисциплін – біології, історії, екології, медицини тощо, а також елементів політехнічних знань. Зазначену вимогу ми трактуємо як **вимогу до хімічного змісту завдань**.

Відомо, що зміст завдання має бути узгоджений з наявними в учнів необхідними знаннями, уміннями та навичками для його виконання, відповідно мають бути враховані вікові особливості учнів. Це означає, що зміст завдання учні мають розуміти, а для цього текст завдання повинен мати:

- чітку, прозору і логічну структуру;
- новизну текстових суб'єктів, суперечність між ними повинна не маскуватись, а чітко виділятися з використанням стилістичних чи логічних прийомів;
- проблемні ситуації повинні отримувати свій розв'язок у даному тексті чи знаходити опору в наявних знаннях [444, 100-101].

Згідно С.Л.Рубінштейна [337, 87], суттєву роль у задачі відіграє її формулювання, видозміни якого впливають на її трудність. Звідси впливає необхідність достатньо чіткого формулювання умови та вимоги завдання, оскільки від формулювання завдання залежить усвідомлення проблеми. Якщо відповідні вміння та навички в учнів ще не сформовані, то зміст завдань повинен містити детально алгоритмізовану інструкцію для проведення необхідних дій [45, 27].

Дану вимогу ми формулюємо як **доступність змісту завдань**. Проте вважаємо, що в системі завдань мають бути й завдання, які мають так званий прихований (латентний) зміст (див. п.4.3.1, приклад 10.4). У такому випадку вищенаведена вимога сприятиме диференційованому підходу до учнів, оскільки залежно від рівня їх знань та вмій змінюватиметься рівень доступності змісту завдання.

На думку М.В.Кларіна [184, 22], М.Д.Ярмаченка [301, 55-56], завдання повинні відповідати потребам та інтересам даної (конкретної) групи учнів, урахувати їх життєвий досвід. Вважаємо, що дану вимогу можна

трактувати як **мотиваційно-емоційну** щодо змісту завдань. Наприклад, дитині, як і дорослому, необхідний динамізм емоцій, їх різноманіття, але в межах оптимальної інтенсивності [444, 113]. До даної вимоги ми відносимо також наявність у змісті завдання нової чи незвичної інформації та форми подання завдань, які надають їм дослідницького спрямування і викликають пізнавальний інтерес [365; 399].

Дослідження показує, що під час складання завдань необхідно також зважати на **вимогу узгодженості змісту завдань з матеріалом підручника**, незалежно від місця розміщення завдань, – безпосередньо в підручнику чи в окремих збірниках. У роботах [374; 377] нами проаналізовані ряд підручників та збірників завдань з хімії і встановлено, що позатекстові компоненти підручників практично не застосовуються в запропонованих завданнях. Тільки як виняток в окремих підручниках та збірниках задач з'являються спеціальні вправи, спрямовані на формування вміння працювати з підручником, завдання за текстом підручника чи ілюстраційним матеріалом, завдання на виготовлення рисунків, таблиць, підготовку рефератів і повідомлень тощо.

Зміст завдання реалізується через його умову та вимогу, а тому продовжимо розгляд вимог до цих компонентів, які учень сприймає через формулювання завдання. Більшість авторів у галузі методики навчання хімії, наприклад І.К.Цитович і П.М.Протасов, визначають вимогу щодо умови задачі, яка не повинна містити зайвих даних, не потрібних для її розв'язку [460, 8]. Проте ми вважаємо, що дана вимога справедлива тільки на початковому етапі формування вміння виконувати завдання певного типу, а згодом можливі різні варіації умови (недостатня чи надлишкова кількість даних елементів тощо). Такий підхід використовують і в інших природничих дисциплінах, – математиці, фізиці, наприклад, Л.Ф.Чикванаіа [465], П.М.Ерднієв [488], В.А.Крутецький [207], Д.С.Людмилов [240] та інші. Доцільний він і для навчання хімії, що нами представлено в [398].

Складовими компонентами умови завдання є об'єкти предметної сфери. Нами встановлено, що варіації предметної сфери під час складання завдань можливі за такими напрямками: кількість, природа та форма об'єктів, характер взаємовідношень між ними.

Л.М.Фрідман формулює вимоги до об'єктів предметної сфери на прикладі правильних задач [442, 33-34]:

- усі вказані в задачі елементи предметної сфери повинні існувати;
- усі вказані в задачі відношення повинні бути дійсно визначені для тих елементів предметної сфери, відношення для яких задані в умові задачі;
- сфера значень кожної із заданих у задачі змінних не повинна бути пустою;

– усі твердження, задані в умові задачі, повинні бути істинними. Всяка неправильна задача не має розв'язку. Проте це не означає, що ці задачі не можна використовувати в практиці навчання. Розбір деяких неправильних задач, з'ясування причини їх «неправильності» виявляється досить повчальним.

Наприклад, в [382] нами зроблено застереження щодо обчислення складу суміші речовин під час розв'язування задач, які наведені в деяких збірниках з математики, оскільки не завжди вказано про які відсотки йде мова – об'ємні чи масові. Відповідно результат розв'язування буде різним, а тому у ході навчання ми проводимо з учнями аналіз змісту завдання на предмет його коректності.

Дослідження показує, що повчальним являється і розбір одержаної відповіді у результаті розв'язування задачі. Розглянемо такий приклад.

• Доведіть, що існують сполуки (загальної формули EH_x), які містять 12,5 % Гідрогену за масою.

Розв'язування: формула сполуки EH_x , де x – валентність невідомого елемента, а також відповідно – число атомів Гідрогену.

$$W(\text{H}) = \frac{x}{A_r(\text{E}) + x} = 0,125, \text{ звідки } A_r = 7x. \text{ Підбором цілочисельних значень}$$

індекса x отримаємо дані, які свідчать про три можливі відповіді:

x	1	2	3	4
A_r	7	14	21	28
E	Li	N	–	Si
EH_x	LiH	N_2H_4	–	SiH_4

Проводимо з учнями розв'язування іншим способом з використанням масових співвідношень хімічних елементів. Для початку переформулюємо умову: прийнемо масу речовини 100 г, тоді маса невідомого елемента рівна $100 \text{ г} - 12,5 \text{ г} = 87,5 \text{ г}$. Наступний розв'язок:

$$m(\text{E}) : m(\text{H}) = 87,5 : 12,5 = 7 : 1 = 14 : 2 = 21 : 3 = 28 : 4.$$

Звідки впливають три відповіді:

- 1) $7 : 1 = A_r(\text{Li}) : A_r(\text{H}) ; \Rightarrow \text{LiH};$
- 2) $14 : 2 = 28 : 4 = 2A_r(\text{N}) : 4A_r(\text{H}) ; \Rightarrow \text{N}_2\text{H}_4 ;$
- 3) $28 : 4 = A_r(\text{Si}) : 4A_r(\text{H}) ; \Rightarrow \text{SiH}_4.$

Інший спосіб розв'язування з використанням закону еквівалентів:

$$\frac{m(\text{E})}{m(\text{H})} = \frac{M_E(\text{E})}{M_E(\text{H})}; \quad M_E(\text{E}) = \frac{m(\text{E})}{m(\text{H})} \cdot M_E(\text{H}) = \frac{87,5}{12,5} \cdot 1 = 7;$$

$M(\text{E}) = M_E(\text{E}) \cdot n = 7n$, а далі див. отриману вище таблицю.

Таким чином, можемо стверджувати, що всі етапи діяльності під час застосування навчальних завдань з хімії стають предметом ретельного аналізу.

Розглянемо **вимоги до характеру розумової діяльності**, яку створюють завдання. Діяльнісний підхід у навчанні аргументовано доводять дослідження П.Я.Гальперіна і Н.Ф.Талізної, а саме формування системи дій, як і окремої дії, здійснюється за допомогою системи вправ, призначеної для формування окремої дії [76; 412]. Відомо, що поряд з предметною діяльністю учень здійснює логічну діяльність, яка включає порівняння, абстрагування, класифікацію, конкретизацію, аналіз, синтез, висновок та інші розумові дії. Засвоєння навчального матеріалу відбувається успішно в тому випадку, коли в структурі пізнавальної діяльності учнів поєднуються всі її види. Якщо один з видів діяльності відсутній, то знання учнів перестають відповідати тій повноті і якості, які задаються програмою навчального предмета і змістом підручника.

Навчання учнів прийомам розумових дій ми починаємо як і з використання матеріалу навчального предмета «хімія», так і з паралельним введенням міжпредметного матеріалу, актуалізацією життєвого досвіду школярів. Це пояснюється тим, що завдання ми розглядаємо не стільки як об'єкт розв'язування, скільки як об'єкт для формування в учнів тих чи інших дій, які входять у загальну пізнавальну діяльність під час застосування (розв'язування та складання) навчальних завдань з хімії.

Автори [118, 107-108] рекомендують застосовувати в навчанні три типи вправ:

1) складання завдань, тобто переведення практичної потреби в певну задачу, завдання, приклад з використанням наукових знань, констант, таблиць тощо;

2) розв'язування «готових задач»;

3) аналіз, перевірка, інтерпретація відповіді.

Наше дослідження показує, що на сьогодні переважно застосовуються завдання другого типу, рідше третього і надзвичайно обмежені, чи майже відсутні, першого типу.

Розглянемо конкретний приклад завдання першого типу щодо використання наукових знань, яке нами розроблено і представлено в [375] (інші приклади щодо складання завдань наведені в підрозділі 4.3).

• **Задача.** Доведіть, що закон Авогадро (в однакових об'ємах газуватих речовин за однакових тиску й температури міститься однакове число молекул) є наслідком рівняння Клапейрона-Менделєєва.

Розв'язування: якщо приймемо, що N – число молекул газу, то кількість речовини $\nu = \frac{pV}{RT} = \frac{N}{N_A}$. Звідки $N = \frac{pV}{RT} \cdot N_A$. Якщо різні гази перебувають в однакових об'ємах за однакових умов (температура і тиск), тобто:

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n; p_1 = p_2 = p_3 = \dots = p_n; T_1 = T_2 = T_3 = \dots = T_n$$

$$\text{Тоді } N_1 = N_2 = N_3 = \dots = N_n, \text{ оскільки } N = \frac{pV}{RT} \cdot N_A = \text{const.}$$

Отже, закони хімії допомагають краще розуміти закони фізики і навпаки, оскільки закони природи єдині.

Екологізація освіти дає змогу розширити спектр змісту завдань щодо використання наукових знань. Наприклад, ми використовували відомості про вплив речовин на довкілля, про наявні домішки, обчислювали їх концентрації в природних та побутових об'єктах різноманітних геометричних форм (річка, озеро, кімната тощо) та порівнювали з гранично допустимими концентраціями (ГДК). Наприклад, ГДК (в мг/л) деяких речовин у водоймищах санітарно-побутового призначення: плюмбуму (свинцю) – 0,1; цинку – 1,0; ртуті – 0,005 [96, 767-770]. ГДК деяких речовин у повітрі представлені в табл.3.8.

Таблиця 3.8

Гранично допустимі концентрації деяких речовин у повітрі [96, 763-764]

Речовини	ГДК у виробничих приміщеннях, мг/м ³	ГДК у житлових приміщеннях (середньодобова), мг/м ³
Сульфур(IV) оксид	10	0,15
Пари ацетону	200	0,35
Пари бензину (у перерахунку на Карбон)	100	1,5
Пари оцтової кислоти	5	–
Цементний пил	5	–
Ртуть металічна	0,01	0,0003

На основі повідомлень засобів масової інформації учні проводили нескладні розрахунки як на уроках хімії, так і математики з використанням довідкових даних. Як показує дослідження, розв'язування таких задач сприяє розвитку екологічного світогляду учнів, оскільки вони мають змогу об'єктивно і обгрунтовано давати реальну оцінку щодо аналізованих навколишніх об'єктів.

Особливої уваги потребує **вимога до складності завдання**, яка є об'єктивною характеристикою завдання і залежить від кількості, природи та форми об'єктів предметної сфери та взаємозв'язків між ними.

При формуванні системи завдань вони мають ускладнюватися, на думку Г.А.Кімаска, за такими чотирма лініями: 1) ускладнення змісту навчального матеріалу; 2) диференціація завдань за групами учнів; 3) підвищення складності всередині кожної групи за рахунок збільшення самостійної роботи учнів від завдання до завдання; 4) переведення учня в групу з більш складними завданнями [178, 12-13]. Ми погоджуємось щодо першої лінії ускладнення завдань, запропонованої автором, але вважаємо, що всі інші лінії ускладнення стосуються методики застосування завдань, а не їх системи.

Можливі різні способи ускладнення завдань, які будуть обумовлювати ускладнення діяльності учнів, але при цьому ми ще враховуємо динаміку загального розвитку учнів та зміни в навчальних програмах. Наприклад, Г.І.Шелінський та А.Д.Смирнов у методичному посібнику (60-і роки) [476, 82] вказують, що задачі на так звані надлишок і нестачу в елементарному курсі хімії майже не розглядаються; задачі такого типу можуть бути дані найбільш сильним учням, використані на позакласних заняттях, на шкільних олімпіадах тощо. У сучасних шкільних програмах [321, 18] зазначені типи задач є обов'язковими для вивчення.

На нашу думку, у процесі виконання завдань учнями велика роль належить поточним запитанням вчителя, які мають бути зв'язані з новими та попередніми знаннями школяра. Мистецтво вчителя полягає в оптимальному співвідношенні інформаційних та проблемних запитань. Однак, будь-яке завдання, і запитання вчителя у тім числі, згідно М.І.Махмутова, має бути складним настільки, щоб викликати утруднення учнів, і одночасно бути посильним для самостійного знаходження відповіді [254, 47].

Вважаємо, що основні варіації складності навчальних завдань з хімії можливі через зміни таких параметрів:

- об'єкти предметної сфери (природа, кількість, форма);
- характер взаємовідношень між об'єктами предметної сфери;
- латентна частина умови завдання;
- число можливих способів розв'язку чи відповіді;
- форма подання завдання (текст, рисунок, таблиця, графік, модель об'єкта тощо).

Ураховуючи розглянуті нами параметри навчальних завдань (підрозділ 3.1), можна зазначити, що самі завдання у процесі комплектування їх у систему насамперед мають будуватись за складністю

та рівнями пізнавальної діяльності. На нашу думку, відповідні завдання, які вирішуються на різних рівнях, можна подати схематично (рис.3.5).

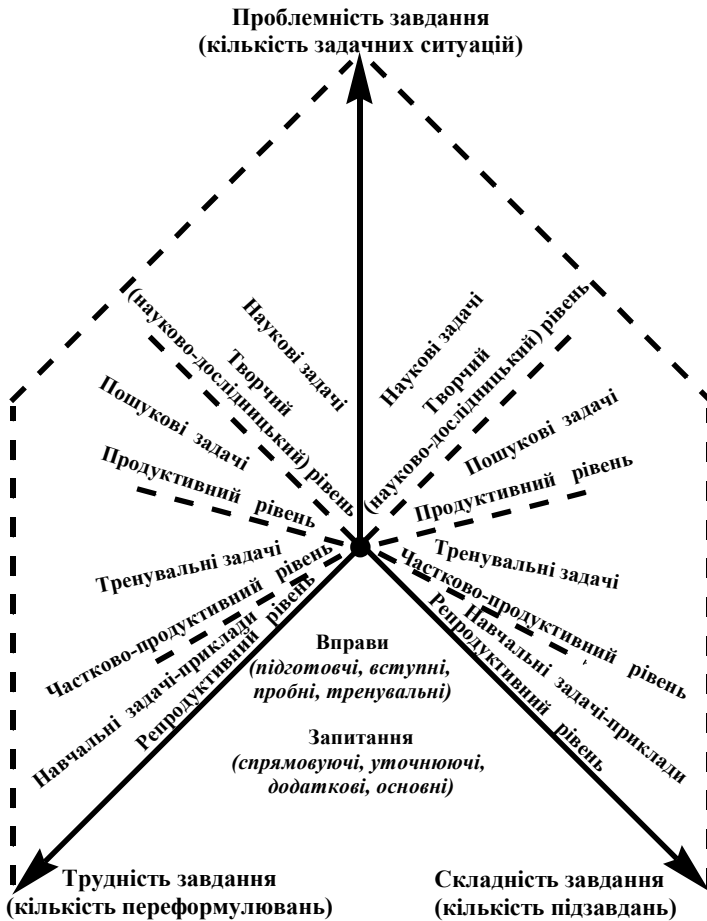


Рис.3.5. Розподіл основних видів навчальних завдань залежно від параметрів завдання та рівня пізнавальної діяльності

Перша вимога, щодо складності, є об'єктивною характеристикою навчального завдання. Друга, стосовно пізнавальної діяльності, реалізується завдяки її організації, яку, за І.Я.Лернером [233], можна реалізувати на трьох чи, за В.П.Беспальком [23], – на чотирьох пізнавальних рівнях. У своєму дослідженні ми розглядаємо чотири рівні, перші три рівні навчально-пізнавальні (за теорією В.П.Беспалька [23, 55]

– учнівський, алгоритмічний та евристичний), а четвертий – науково-дослідницький (чи творчий, за трактуванням В.П.Беспалька). Під час взаємодії суб'єкта із завданням у першого виникає певна трудність та проблемність. Таким чином, розроблена нами схема дає змогу упорядкувати основні види навчальних завдань (запитання, вправи, задачі) залежно від параметрів завдання (складність, трудність, проблемність) та рівня пізнавальної діяльності.

Важлива **вимога до форми представлення змісту завдання**, яка повинна узгоджуватись з вимогами до матеріалізації знань. Н.Г.Салміна в [344] вказує на наступні ступені матеріалізації: побудова схеми (моделі), робота тільки з науковою символікою із збереженням розгорнутого запису, скорочення символічного запису. Знакова модель, яка складається услід за графічною, забезпечує перехід дії на внутрішній план. У процесі навчання ми враховували зміну форм діяльності від предметної до графічної і навпаки. Поділяємо аналогічну думку В.В.Сорокіна [357, 119-121], який вважає, що графічні форми представлення та виконання завдань є ефективнішими на перших кроках формування знання порівняно із знаковою (науковою символікою) і словесними формами, оскільки графічна форма краще виявляє структуру знання. Тільки згодом учням можуть бути представлені завдання в знаково-символічній формі (на слух чи у записі).

У нашому дослідженні відповідна система інформації і система завдань будується з урахуванням цієї важливої закономірності. При цьому ми проводили варіації прямих і обернених завдань за формою подання, – перехід від тексту завдання до його знаково-символічної чи графічної моделі і навпаки. Зазначені вимоги нами використані у процесі розробки методики розв'язування та складання завдань з ряду тем шкільного курсу хімії, де виникає можливість моделювання умови задачі у вигляді схеми, зокрема з тем «Суміші», «Розчини» (приклади наведені в п.4.3.3). Ми вважаємо, що достатньо перспективною формою подання змісту завдання є таблиця з елементами тексту. Наприклад, фрагмент багатоваріантного завдання «Суміші» (окремі завдання проаналізовані вище в підрозділі 3.2).

• Речовини **A** і **B** утворюють газову суміш. У таблиці представлені параметри, що характеризують вихідні компоненти (хімічна формула речовини, її об'єм) та суміш (масова і об'ємна частка першого компонента **A**, відносна молекулярна маса суміші).

1. Визначте на основі розрахунків параметри, які позначені в таблиці знаками запитання (?).

2. Проаналізуйте чи достатньо даних в умові задачі для її розв'язання, чи можливо є надлишкові відомості.

3. Складіть аналогічну та обернену задачу до вихідної.

Варіант	Компоненти суміші				Параметри суміші		
	Речовина А		Речовина В		w(A)	φ(A)	M _r
	XФ(A)	V(A), л	XФ(B)	V(B), л			
1	CO	825	CO ₂	175	?	?	?
2	CO	825	CO ₂	?	0,750	0,825	30,8
3	CO		CO ₂		?	0,825	
4	CO		CO ₂		0,750	?	
5	CO		CO ₂		0,750	0,825	?
6	CO		CO ₂		?	?	30,8
7	CO		?			0,825	30,8
8	?		CO ₂			0,825	30,8

У ході розв'язування чи складання завдань можливий перехід від табличної форми до текстової і навпаки. Наше дослідження показує [362; 371; 386], що завдяки поєднанню схематичної та табличної форми подання завдань учень має змогу краще сприймати прямі, аналогічні та обернені завдання, взаємозв'язок між ними, усвідомлювати та формулювати умову завдання на основі табличних даних.

У системі завдань кожне з них розміщується не випадково, а за певними критеріями. Наприклад, в [478, 150] вважають за доцільне під час розміщення завдань дотримуватись двох ключових, паралельних один одному напрямків: рівномірного кількісного розподілу за темами і параграфами, а також поступового ускладнення. На нашу думку, основною вимогою наступності розміщення окремих завдань у межах системи має бути врахування характеру процесу засвоєння знань. Ми погоджуємось з підходом В.О.Онищука, який пропонує виходити з наступності таких основних ланок: актуалізації опорних уявлень учнів → сприйняття та усвідомлення фактичного матеріалу → осмислення закономірних зв'язків між явищами та процесами реального світу → розкриття внутрішньої сутності досліджуваного об'єкта → узагальнення і систематизація знань [281, 130].

В.Г.Бейлінсон [21, 110], узагальнюючи дослідження логіків і психологів та практики навчання, також висловлює подібну думку і визначає таку логічну наступність завдань: опис → порівняння → пояснення → самостійний висновок (оцінка) → застосування знань, умінь в інших умовах і для вирішення нових задач. При цьому, на думку М.В.Зуєвої, для досягнення високої якості вміння застосовувати знання необхідно на кожному етапі навчання використовувати спеціально підібрані і складені завдання зростаючої складності, диференційовані завдання, розраховані на роботу з різними групами учнів, а також включати навчальні, тренувальні та контролювальні завдання в різноманітні види самостійних робіт [153, 9]. Щоб організувати продуктивну пізнавальну діяльність учнів під час розв'язування типових

хімічних задач, М.В.Зуєва пропонує передбачати аналіз і повторення розв'язків, застосування аналогічних задач і комбінованих, складання учнями власних варіантів задач. Спочатку учням пропонують усно розв'язувати прості задачі, далі переходять до складання обернених до них і аналогічних задач, а потім – до розв'язування складних і комбінованих задач.

Н.С.Кузнецова при побудові системи завдань, спрямованих на формування хімічних понять, вважає доцільним блочний підхід [209, 60], який передбачає наявність завдань різних типів з поступовим ускладненням.

Результати проведеного дослідження дали нам змогу узагальнити підходи щодо розміщення окремих завдань у межах їх системи, а саме: наявність прямих та обернених переходів від теорії до практики, від простого до складного, від абстрактного до конкретного, від чуттєвого до раціонального, від дії до думки, від загального до окремого тощо. Встановлено, що доцільно проводити поступове ускладнення завдань в межах одного опорного поняття чи формованого вміння за характером діяльності в межах модуля чи кількох опорних понять або вмінь у блоці. Варіації завдань за логікою їх виконання (вихідні, аналогічні, обернені, узагальнені, комбіновані), на нашу думку, мають проходити паралельно з їх ускладненням. З метою підтримки належного емоційно-психологічного стану ми вважаємо доцільним варіації завдань з певним змістом, формою подання (рисунок, схеми, таблиці тощо), завдання на рефлексію діяльності і спрямовані на формування в учнів тих чи інших дій, які входять у загальну діяльність із розв'язування задач. Наприклад, проаналізувати завдання модуля і схарактеризувати описані явища, величини, які характеризують кількісну ситуацію задач; побудувати для кожної задачі її математичну модель або граф, або перейти від повної умови до умови з недостатньою даних чи з надлишковою інформацією тощо.

Проведене нами упорядкування класифікації навчальних завдань з хімії (див. підрозділ 1.2) дає змогу упорядкувати й діяльність щодо їх складання та компонування в окремі модулі та блоки. При цьому з урахуванням певних вимог ми проводимо побудову завдань різних типів і видів, а далі – визначаємо вимоги щодо їх підбору в певній наступності у тематичний кластер-блок (рис.3.6), який є основною одиницею певної структури (наприклад, збірника завдань) і являє собою деяку систематизовану сукупність завдань різних типів та видів. Окремі завдання – це структурні компоненти кластера-модуля (1) та кластера-блоку. Якщо модуль та блок містить сукупність завдань, то кластерна їх побудова вимагає системи взаємозв'язаних завдань. Зокрема, кластер-модуль – система взаємозв'язаних завдань, які призначені для формування знань та вмінь, як правило, з одного опорного поняття або

кількох (комбінований модуль). Кластер-блок завдань являє собою структурну навчально-пізнавальну одиницю більш високого рівня побудови, містить кілька взаємозв'язаних кластерів-модулів і призначений для формування знань та вмінь з окремого тематичного поняття. При цьому між модулями та блоками не виникає розриву, а перехід забезпечується перехідним модулем (2) – системою різноманітних підготовчих та допоміжних завдань (навідні запитання, тренувальні вправи, проблемні задачі) для актуалізації необхідних опорних понять, які мають створити оптимальні умови для сприйняття нового поняття, завдань нового модуля чи блоку. Завдання перехідного модуля можуть застосовуватись у різноманітних ситуаціях, – на різних етапах уроку, під час самостійних робіт учнів тощо. Наприклад, крім традиційних завдань, які є складовими модуля, можна закінчувати урок постановкою запитання чи проблеми, яка не може бути вирішена за допомогою одержаних знань, тобто складають перехідний модуль. Таким чином, утворюється полімодульна структура в межах одного блоку та поліблочна в межах системи завдань.

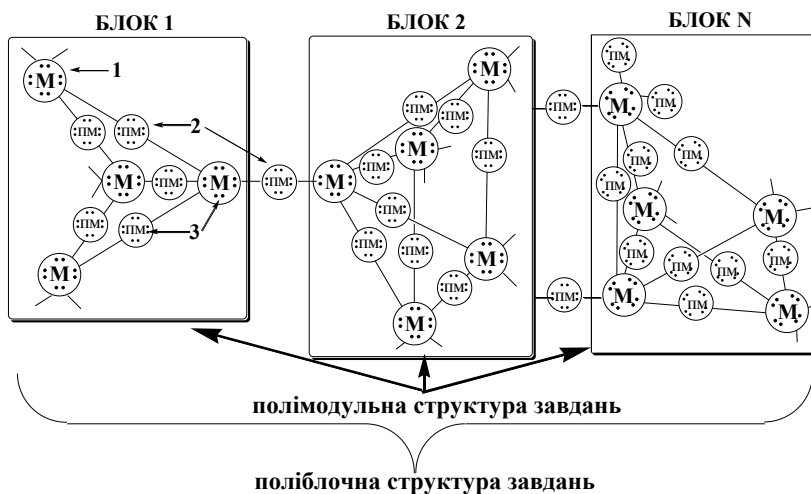


Рис.3.6. Схема системи навчальних завдань з хімії:

1 – основний модуль, 2 – перехідний модуль, 3 – окремі завдання модуля

Вважаємо, за необхідне ввести також **вимогу щодо доцільності завдань**. Суттєвою характеристикою навчальної задачі є її співвідношення з метою навчання. Оскільки для досягнення мети необхідний набір задач, то таке співвідношення проводимо для всього

набору. Ми поділяємо думку І.Я.Лернера [309, 55], що далеко не всі знання, які складають зміст конкретного предмета, мають засвоюватись учнями на рівні їх застосування у новій ситуації. Цілий спектр завдань, на нашу думку, достатньо реалізувати на репродуктивному рівні, а на продуктивний рівень насамперед виносити завдання, які охоплюють основні проблеми сучасної хімії (вплив складу та будови речовини на її властивості, практичне застосування речовин залежно від їх властивостей, роль хімії у вирішенні екологічних проблем і т.п.). Відповідно з точки зору доцільності перевагу надаємо завданням якісним над розрахунковими. З точки зору вимоги доцільності завдання нами також проводився критичний аналіз їх змісту, складності, форми подання, мотивації, а в межах системи – їх взаємозв'язок, достатня кількість завдань у блоці і в модулі тощо.

Г.О.Балл виділяє навчальні задачі, які спрямовані на формування навчальних дій, та критеріальні задачі, спрямовані на формування дій, які суб'єкт повинен навчитись здійснювати [18, 139]. Ми погоджуємось з його висновком, що при розробці системи навчальних задач їх необхідно співвідносити з критеріальними, але, разом з цим, необхідно пам'ятати про принципову відмінність у функціях цих типів задач [18, 142]. Таким чином, визначену нами вимогу доцільності завдань, ми обґрунтовуємо також через необхідність узгодження навчальних та критеріальних завдань, а останні узгоджуються з вимогами до знань та вмінь учнів.

Аналіз літератури та результати проведеного дослідження надали нам змогу визначити ряд застережень щодо складання завдань. Ми вважаємо, що складаючи навчальні завдання з хімії, треба уникати:

- переважної перевірки фактологічного (описового) матеріалу;
- надлишку негативних емоцій на завдання, які дитина не може виконати, та надлишку однотипних позитивних емоцій;
- ускладнення навчальних задач шляхом застосування занадто значної кількості обчислень;
- занадто значної кількості подібних задач під час розв'язування;
- задач, розв'язування яких вимагає тільки механічної діяльності;
- нечіткості формулювання завдань;
- непродуманих вправ (нереальні хімічні формули речовин, рівняння реакцій тощо);
- розв'язування значної кількості конкретних вправ без проведення необхідного узагальнення.

Узагальнюючи представлений матеріал даного підрозділу, ми згрупували окремі вимоги у такі п'ять блоків **основних вимог до системи навчальних хімічних завдань**, які представлені у табл.3.9:

Таблиця 3.9

Основні вимоги до побудови системи навчальних завдань з хімії

Родові вимоги	Видові вимоги
Вимоги до хімічного змісту завдань	<ul style="list-style-type: none"> – відповідність хімічного змісту завдань навчальній програмі та підручнику; – використання в завданнях текстових та позатекстових (рисунки, таблиці і т.п.) компонентів підручника; – охоплення доступних учням основних проблем хімічної науки (будова речовини, залежність властивостей речовини від її складу та будови, залежність практичного застосування речовини від її властивостей, історія хімії та роль вчених у її розвитку, екологічні аспекти хімічних виробництв та застосування речовин) і суміжних із нею дисциплін тощо
Психолого-логічні та науково-гносеологічні вимоги	<ul style="list-style-type: none"> – охоплення основних процедур розумової (порівняння, узагальнення, класифікація, аналіз, синтез тощо) та творчої діяльності (самостійний перенос знань та умінь у нову ситуацію); – охоплення основних методів пізнання та хімічної науки (спостереження, експеримент, моделювання тощо); – альтернативне мислення (бачення нової функції об'єкта, самостійне комбінування відомих способів діяльності в новий, побудова принципово нового способу розв'язку тощо); – урахування вікових особливостей учнів; – застосування прямих, аналогічних, обернених, узагальнювальних завдань та їх складання; – мотиваційно-емоційний аспект або психологічна комфортність завдань: відповідність потребам та інтересам даної групи учнів; урахування життєвого досвіду; ставлення до об'єктів та явищ навколишнього світу; врахування індивідуально-типологічних особливостей учнів (різні типи мислення, види пам'яті тощо)
Вимоги до складності завдань	<ul style="list-style-type: none"> – оптимальна складність (посильність) завдання через орієнтацію умови на досягнутий, а вимоги завдання на перспективний рівень розвитку учня («зону найближчого розвитку»); – зростання складності змісту, способів діяльності та форми завдання в межах окремих (чотирьох) рівнів навчально-пізнавальної діяльності
Вимоги до форми завдань	<ul style="list-style-type: none"> – різноманітність формулювання завдань; – необхідна доступність змісту завдань; – різноманітність завдань за формою виконання (усні, письмові, експериментальні, тестові, якісні, розрахункові, індивідуальні, групові, ігрові тощо)
Вимоги до розміщення завдань	<ul style="list-style-type: none"> – методична доцільність завдань; – достатня кількість та повторюваність завдань окремих типів за змістом, складністю та формою подання, різної спрямованості (розв'язування в класі і вдома, самостійна та дослідницька робота, індивідуальна та групова тощо); – наступність та взаємозв'язок підготовчих, допоміжних і основних, в т.ч. узагальнювальних завдань, що відповідають головній дидактичній меті навчання на даному етапі

- вимоги до хімічного змісту, які визначають вибір необхідних хімічних об'єктів предметної сфери навчального завдання;
- вимоги психолого-логічні та науково-гносеологічні, які визначають вибір зв'язків між об'єктами предметної сфери завдання;
- вимоги до складності завдань, які визначають вихідну (статичну) структуру навчальних завдань;
- вимоги до форми навчальних завдань, які визначають спосіб їх формулювання;
- вимоги щодо розміщення окремих навчальних завдань для формування їх системи.

На основі даних вимог нами визначені відповідні видові вимоги, які також можуть мати подальшу деталізацію у формі підвидових вимог. Складність увійшла до окремої позиції родової вимоги, але поряд з цим, на нашу думку, варіації складності можливі і необхідні в межах усіх інших позицій (родові та видові вимоги) і відповідно кожна буде визначати притаманну їй особливість ускладнення завдання.

Вище (див. рис.3.3) нами наведено можливі шляхи складання навчальних завдань на основі вихідного завдання. Проте учень може скласти також завдання з використанням інформації вчителя, підручника, засобів масової інформації, результатів навчальної діяльності (одним з яких є розв'язок вихідного завдання) тощо, тобто на основі навколишнього інформаційного середовища. Дослідження структури навчальних завдань, процесу їх розв'язування та складання, а також вимог до системи завдань з хімії дало нам змогу розробити структурно-логічну схему процесу їх складання (рис.3.7), що містить три основні етапи.

Перший етап складання навчальних завдань з хімії спрямований на виявлення учнями задачної ситуації в інформаційному середовищі і включає такі підетапи:

- аналіз хімічних об'єктів (хімічні речовини, явища, поняття тощо) інформаційного середовища;
- пошук задачної ситуації шляхом усвідомлення властивостей виявлених об'єктів і відношень між ними та результатів навчальної діяльності.

Наприклад:

- аналіз розв'язаної задачі, результатів хімічного експерименту, текстових та позатекстових компонентів підручника, інформації довідників, окремих хімічних понять (суттєві та несуттєві ознаки, взаємозв'язок з попередніми поняттями), якісних та кількісних параметрів об'єктів задачних ситуацій та відношень між ними;
- усвідомлення хімічних законів та умов їх застосування на практиці, розуміння переходу загальне↔особливе↔індивідуальне на прикладі хімічних об'єктів тощо.

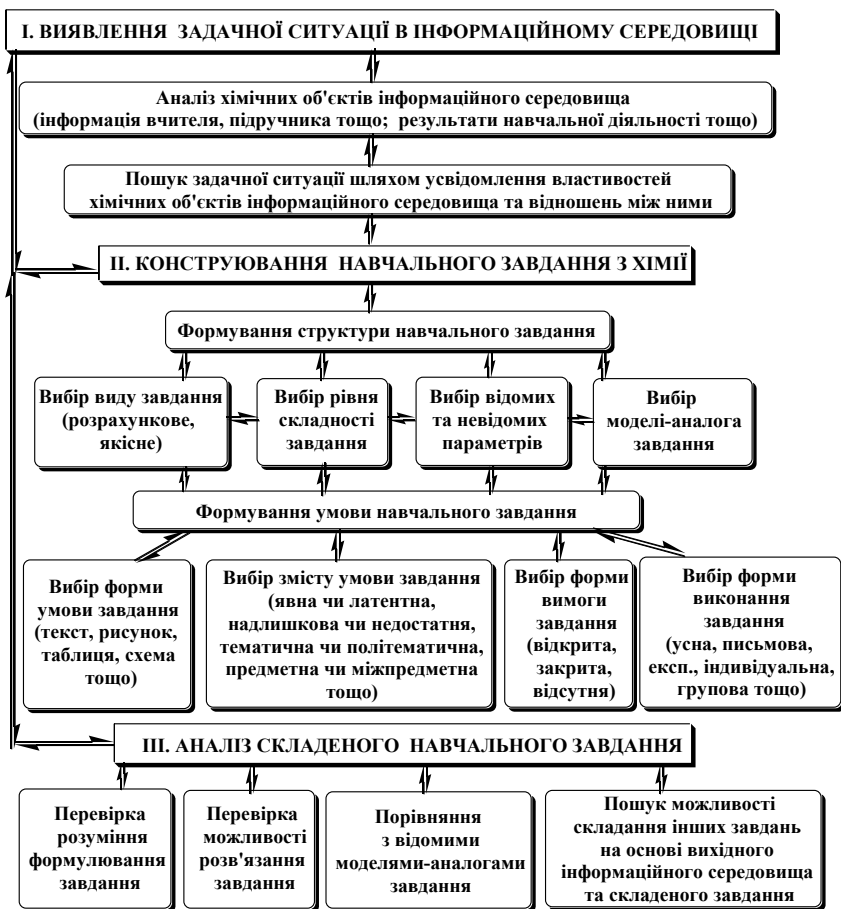


Рис.3.7. Структурно-логічна схема процесу складання завдань з хімії

У результаті діяльності учня на даному етапі він може сказати: «Мені відомо, що ... ». Таким чином, задачна ситуація стає усвідомлена учнем, коли об'єкти та їх відношення виокремлені ним з інформаційного середовища.

Наступний (другий) етап полягає в безпосередньому конструюванні навчального завдання (модель задачної ситуації). Виникає проблемна ситуація, яка зумовлена необхідністю модельного чи реально-практичного представлення виокремлених з інформаційного середовища об'єктів та їх

відношень. При цьому учень може використати як модель-аналог відоме йому завдання або скласти принципово нове. Наприклад, на основі відомостей про хімічну речовину (склад, будова, властивості, застосування тощо) учні конструювали завдання на встановлення цієї речовини (див. рис.3.4), що нами представлено в [387].

На третьому етапі проводиться аналіз розробленого завдання, що сприяє його уточненню. Подальше конструювання нових завдань утворює неперервний замкнений цикл складання-розв'язування, що ілюструють численні приклади підрозділу 4.3.

Отже, розроблена структурно-логічна схема процесу складання навчальних завдань з хімії містить і розв'язування завдань. При цьому, ми завжди пам'ятали, що складене навчальне завдання не є самоціллю. Набуті знання та вміння з хімії школярі використовували у різних навчальних ситуаціях і відповідно на різних пізнавальних рівнях, а саме: від найпростіших (репродуктивних), – постановка запитань до тексту чи ілюстрації підручника, – до складніших (творчих), – складання аналогічних та обернених завдань з поступовим ускладненням, завдань за результатами спостережень чи експериментальних досліджень тощо. Учень на кожному з етапів свідомо планував особисту діяльність, реалізував план дій і проводив аналіз одержаних результатів, одним з яких є і складене навчальне завдання. Такий підхід обумовлений тим, що як у процесі розв'язування завдань з хімії, так і під час їх складання найважливішою, з нашого погляду, є навчальна діяльність учня та особистісна рефлексія її результатів.