

В.І. СТАРОСТА

МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ДЕЯКИХ ЗАВДАНЬ З ХІМІЇ

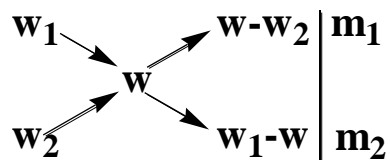
Кінцева система		Вихідна система		
		м, г	w(A)	m(A), г
w(A) - ?	Розчин ₁ А	m ₁	w ₁	m ₁ · w ₁
	Розчин ₂ А	m ₂	w ₂	m ₂ · w ₂
	Сума: m ₁ + m ₂			m ₁ · w ₁ + m ₂ · w ₂

$$m_1 \times w_1 + m_2 \times w_2 = (m_1 + m_2)w;$$

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

$$m_1(w_1 - w) = m_2(w - w_2);$$

$$\frac{w - w_2}{w_1 - w} = \frac{m_1}{m_2}$$



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СТАРОСТА В. І.

МЕТОДИКА
РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ
ДЕЯКИХ ЗАВДАНЬ З ХІМІЇ

Навчально-методичний посібник

Ужгород – 2003

**УДК 54 (075.8)
ББК 74.265.7я73
С-77**

**Рекомендовано до друку редакційно-видавничою
радою Ужгородського національного університету
(протокол №3 від 19 грудня 2002 року)**

**Рекомендовано науково-методичною радою
Закарпатського інституту післядипломної
педагогічної освіти
(протокол № 4 від 26 грудня 2002 року).**

Автор: Староста В. І., кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії УжНУ

Рецензенти:

Базель Я.Р., доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри аналітичної хімії УжНУ.

Сагарда В.В., доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри педагогіки та психології УжНУ.

Секереш К.Ю., кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії УжНУ.

Петечук В.М., доцент, кандидат фізико-математичних наук, заступник директора Закарпатського інституту післядипломної педагогічної освіти.

Сірко І.П., методист Закарпатського інституту післядипломної педагогічної освіти.

Староста В. І.

С-77 **Методика розв'язування та складання деяких завдань з хімії.**

Навчально-методичний посібник. – Ужгород: УжНУ, 2003. - 127 с.

ISBN 966-7400-26-7

УДК 54 (075.8)

ББК 74.265.7я73

В посібнику представлена авторська концепція, що полягає в необхідності навчати учнів методам розв'язування та складання завдань при вивченні хімії як цілісного процесу пізнання. Методика розв'язування та складання завдань при вивченні шкільного курсу хімії представлена на прикладі таких тем "Обчислення за хімічними формулами речовин", "Обчислення за рівняннями хімічних реакцій", "Встановлення хімічних формул речовин", "Суміші", "Розчини".

Для вчителів хімії середніх та спеціалізованих навчальних закладів, студентів хімічних факультетів.

ISBN 966-7400-26-7

© Староста В.І., 2003

ЗМІСТ	сторінка
Передмова	4
1. Методика розв'язування та складання задач з теми “Обчислення за хімічними формулами речовин”	5
1.1. Основні фізичні величини, що застосовуються при вивченні шкільного курсу з хімії	5
1.2. Загальні підходи та конкретні приклади	6
1.3. Завдання для проведення обчислень на основі відомої хімічної формули речовини A_xB_y	13
2. Методика розв'язування та складання задач з теми “Обчислення за рівнянням хімічної реакції”	19
2.1. Основні розрахункові формули	19
2.2. Завдання для проведення обчислень на основі рівняння хімічної реакції	22
3. Методика розв'язування та складання задач з теми “Встановлення формули речовини”	27
4. Методика розв'язування та складання задач з теми “Суміші”	42
5. Методика розв'язування та складання задач з теми “Розчини”	51
6. Завдання для самостійної роботи	59
6.1. Обчислення за хімічними формулами речовин та рівняннями хімічних реакцій	59
6.2. Масова частка елемента в речовині	62
6.3. Суміші	66
6.4. Реакції в сумішах	69
6.5. Розчини	73
6.6. Хімічні реакції в розчинах	85
6.7. Якісні завдання на розпізнавання невідомих об'єктів (хімічні елементи, речовини, вчені тощо) на основі різних відомостей	90
6.8. Охолодження розчинів	98
6.9. Встановлення складу органічних речовин	101
7. Перелік використаної та рекомендованої літератури.	118
Додаток 1. Схеми аналізу для розв'язування та складання деяких задач з хімії	120
Додаток 2. Схема системи зв'язків між елементами кількісної характеристики об'єктів	121
Додаток 3. Основні фізичні величини, які застосовуються при вивченні шкільного курсу хімії	122
Додаток 4. Розчинність деяких неорганічних речовин у воді при кімнатній температурі	124
Додаток 5. Молярні маси (г/моль) деяких неорганічних речовин	125
Додаток 6. Молярні маси (г/моль) деяких органічних речовин	126
Додаток 7. Основні етапи розв'язування задач з шкільного курсу хімії	127

ПЕРЕДМОВА

Мета даного посібника – вироблення відповідних вмінь та навичок не тільки для розв’язування задач з хімії, але й для їх складання. Це один з потужних резервів інтенсифікації навчального процесу при вивченні хімії, що дає змогу максимально індивідуалізувати процес навчання. Традиційна методика використання завдань в більшості випадків досягла максимальної ефективності на рівні завдань, які представляє завжди тільки вчитель (моноцентричний підхід). Проте, як правило, ці завдання орієнтовані на поверхневі зрізи в межах окремих тем. Наступні імпровізації питань (створення з вихідних питань чи відповідей учнів задачних ситуацій) проводяться вчителем в окремих випадках, а ще рідше до них залучаються учні. Розв’язування задач в більшості випадків зводиться до використання формул згідно певних алгоритмів. Методична література описує, в основному, окремі прийоми виконання завдань, в яких *переважає виконавська діяльність учня*, що реалізується в рамках загального інформаційно-пояснювального підходу. Учні не завжди розуміють причину такої діяльності. В посібнику представлена авторська концепція, що полягає в необхідності навчання учнів розв’язуванню та складанню завдань при вивченні хімії як єдиного нерозривного процесу пізнання.

Деякі види діяльності учнів та вчителя при зазначеному підході:

- розв’язування звичайної «готової» задачі;
- складання оберненої та аналогічної задачі до вихідної з конкретними чисельними даними;
- складання оберненої та аналогічної задачі до вихідної в загальному виді;
- складання задачі за деякими елементами, спільними з вихідною задачею;
- розв’язування чи складання задачі, узагальненої за деякими параметрами до вихідної задачі (часткове узагальнення);
- формулювання питань до задачі чи задачної ситуації, тексту підручника, таблиць тощо;
- пропуски в умові задачі учень заповнює своїми чисельними даними;
- складання задач за даною формулою чи рівнянням, схемою, таблицею, рисунком тощо;
- складання задач з використанням різних інформаційних джерел (підручник, довідкова література, матеріал дослідів і спостережень, інтернет тощо);
- складання задач з недостатніми чи надлишковими даними та ін.

Автор з радістю сприйме як всі пропозиції щодо співпраці в даному напрямі, так і зауваження, а всім читачам бажає активної та творчої роботи.

Автор

1. МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ЗАДАЧ З ТЕМИ “ОБЧИСЛЕННЯ ЗА ХІМІЧНИМИ ФОРМУЛАМИ РЕЧОВИН”

1.1. Основні фізичні величини, що застосовуються при вивченні шкільного курсу хімії

Одна з умов правильного оформлення розв'язку задачі – вміле застосування позначень фізичних величин та одиниць вимірювання. Фізичні величини характеризують різноманітні конкретні об'єкти, а їх значення є відповідною кількісною характеристикою. В додатку 3 представлені основні фізичні величини, що застосовуються при вивченні шкільного курсу хімії (ШКХ) - назви, позначення, вимова та відповідні приклади запису. Звертаємо увагу на необхідність чіткого дотримання вказаних позначень та одиниць вимірювання.

Кількісна характеристика об'єкта (КХО) є чіткою системою зв'язків і позначень (назв, символів) її елементів [1]. Елементами КХО є:

1) фізична величина, якою характеризується об'єкт; 2) об'єкт, який характеризується фізичною величиною; 3) відповідність фізичної величини (рівність чи нерівність) об'єкта можливому її розміру; 4) числове значення; 5) одиниця фізичної величини.

Елементи КХО складають три групи:

I. Фізична величина об'єкта (до цієї групи входять 1-й і 2-й елементи кількісної характеристики об'єкта).

II. Відповідність фізичної величини об'єкта можливому її розміру (включає 3-й елемент).

III. Розмір (числове значення і одиниці вимірювання) фізичної величини об'єкта (включає 4-й і 5-й елементи).

Елементи кожної з цих трьох груп нерозривні (див. додаток 2).

Без позначення будь-якого з п'яти елементів чи наявності порушення зв'язків між ними КХО не може вважатися правильною.

Аналіз навчально-методичної літератури показує, що найчастіше трапляються такі групи недоліків у КХО: відсутність назви чи символу одного з елементів КХО; невідповідність чинним Державним стандартам назв чи символів елементів кількісної характеристики об'єкта; зайві доповнення; порушення послідовності зв'язків елементів КХО кількісної характеристики об'єкта; невідповідність фізичної величини об'єкта; нераціональність КХО.

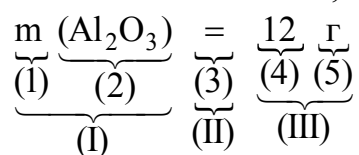
В додатку 2 представлена схема системи зв'язків між елементами КХО. КХО може бути: а) словесна; б) символічна; в) словесно-символічна. Відповідні приклади наведені нижче (позначення: 1, 2, 3, 4, 5 – елементи; I, II, III – групи елементів кількісної характеристики об'єкта)

а) Кількісна характеристика об'єкта - словесна;

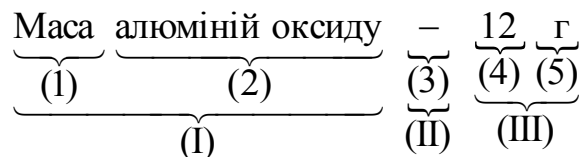
Маса алюміній оксиду дорівнює дванадцяти грамам

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I		II	III	

б) Кількісна характеристика об'єкта - символічна;



в) Кількісна характеристика об'єкта - словесно-символічна.



1.2. Загальні підходи та конкретні приклади

Якщо проаналізувати чинну програму з шкільного курсу хімії [14], то важливе місце в спектрі вимог до знань та вмінь учнів займає проведення різноманітних розрахунків за хімічними формулами. Виконання завдань можна розглядати не тільки як засіб досягнення навчальної мети, але і потужний метод навчання, розвитку і виховання за умови його комплексного використання. Кількість виконаних завдань на уроці не завжди буде визначати якість сформованих умінь. Якщо ж ці завдання взаємопов'язані, формуються в атмосфері творчої співпраці вчителя і учнів класу, то суттєво зростає і ефективність такої взаємодії і подальша мотивація до навчання.

Хімічні формули – це і об'єкт вивчення в шкільному курсі хімії, так і засіб здобуття подальшої інформації при виконанні чи складанні різноманітних завдань. Розглянемо деякі можливі підходи на цьому шляху при використанні розрахункових задач. Згідно [29] задача складається з таких основних частин:

1. Предметна область. Це клас фіксованих (названих, позначених) об'єктів (предметів), про які йде мова в задачі.
2. Відношення, які зв'язують об'єкти предметної області.
3. Вимоги задачі. Це вказівка про мету розв'язування задачі, це те, що потрібно встановити в результаті розв'язування задачі.
4. Оператор задачі – сукупність тих дій (операцій), які необхідно провести над умовою задачі, щоб виконати її вимогу.

Поскілки перша і друга частина утворюють умову, то можна зазначити, що задача складається з: 1) умови; 2) вимоги; 3) оператора задачі. Перші розрахункові задачі з використанням формул хімічних речовин, як правило, полягають у пошуку відповідної математичної формули, яка ілюструє відношення об'єктів предметної області. Тобто, змістовна цінність таких задач не є високою, але вони є важливими з кількох причин: по-перше, сприяють закріпленню початкових хімічних понять, зв'язку між ними, формуванню вмінь та їх свідомому використанню, а останнє стає умовою виконання наступних завдань більш насичених за предметною областю та операторами; по-друге, це форма і засіб реалізації міжпредметних зв'язків (особливо з фізикою та математикою); по-третє, за умови комплексної роботи з такими завданнями (аналіз, переформулювання, конструювання обернених та аналогічних задач,

формулювання питань, пошук надлишкових чи недостатніх даних тощо) вони стають потужним фактором розвитку учнів, а не “арифметичною хімією”, що зводиться до сліпого використання хімічних та математичних формул.

Поскілки розгляду хімічних формул передують символи хімічних елементів і останні автоматично стають опорними поняттями в наступних темах, для початку проведемо відповідну актуалізацію наших знань. Одне з перших нових понять, пов’язаних з розрахунками, яке виникає в шкільному курсі хімії, - це поняття *відносної атомної маси хімічного елемента*. Опорні формули для розв’язування перших розрахункових задач:

$$A_r(E) = \frac{m_0(E)}{\frac{1}{12}m_0(^{12}\text{C})} = \frac{m_0(E)}{\frac{1}{12} \cdot 19,93 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = \frac{m_0(E)}{1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}} = \frac{m_0(E)}{1 \text{ а.о.м.}}, \quad (1)$$

де $m_0(E)$ і $m_0(^{12}\text{C})$ – відповідно маси атомів елемента E та нукліда Карбону-12.

Приклад 1 (інформація підручника [2, с.36] - в нашому випадку це буде *вихідна задача*).

Маса атома Флуору рівна $3,15481 \cdot 10^{-23}$ г. Визначте відносну атомну масу Флуору, якщо а.о.м. = $1,66057 \cdot 10^{-24}$ г.

Даний приклад розв’язаний в підручнику:

$$A_r(\text{F}) = \frac{m_0(\text{F})}{\text{а.о.м.}} = \frac{3,15481 \cdot 10^{-23} \text{ г}}{1,66057 \cdot 10^{-24} \text{ г}} \approx 18,9984(\text{а.о.м.}) \approx 19.$$

Доповнимо умову задачі питанням: “Що додатково ми можемо розрахувати на основі даної інформації?”; це ж питання можемо поставити на основі аналізу проведеного розв’язку задачі. Приходимо до висновку, що можна також знайти масу атома Карбону (в подальших темах можна уточнити – масу атома Карбону-12):

$$m_0(\text{C}) = 12 \cdot \text{а.о.м.} = 12 \cdot 1,66057 \cdot 10^{-24} \text{ г} = 19,92684 \cdot 10^{-24} \text{ г} \approx 19,93 \cdot 10^{-24} \text{ г}$$

Після розв’язку проводимо аналіз вихідної задачі і приходимо до варіантів можливих обернених задач до вихідної, які пропонуємо скласти учням. Тобто, невідомими величинами можуть стати почергово маса атома Флуору, атомна одиниця маси, маса атома Карбону (приклади 2-4).

Приклад 2. Визначте масу атома Флуору*, якщо відносна атомна маса Флуору $A_r(\text{O})=19$, а $1 \text{ а.о.м.}=1,66 \cdot 10^{-23}$ г.

(*В подальших темах після вивчення будови атома можна провести відповідне уточнення і називати, наприклад, нукліду Флуору-19 чи ^{19}F , проте зараз це взагалі маса атома елемента Флуору).

Приклад 3. Визначте величину атомної одиниці маси, якщо відносна атомна маса Флуору $A_r(\text{O})=19$, а маса атома Флуору $m_0(\text{F})=3,15481 \cdot 10^{-23}$ г.

Приклад 4. Визначте масу атома Карбону, якщо відносна атомна маса Флуору $A_r(\text{O})=19$, а маса атома Флуору $m_0(\text{F})=3,15481 \cdot 10^{-23}$ г.

Поскілки за стартові (початкові) відомості, як правило, приймається в більшості завдань інформація про A_r , M_r чи відповідні молярні маси, то, фактично, - це і є напрям прямої (вихідної задачі) – обчислення маси структурних одиниць речовини – атома, молекули, йона та ін. Частіше

зазначені дані і не приводяться в умові задачі, а є її *латентною* (прихованою) частиною, а учні мають змогу користуватись таблицею хімічних елементів чи молярних мас речовин. Подібні розрахунки корисні і пізнавальні для учнів, так як засвідчують про надзвичайно малі маси атомів хімічних елементів, молекул речовин, що спричиняє незручності при проведенні розрахунків, а звідси **практичну доцільність і зручність використання відповідних відносних мас.**

Вивчення наступного поняття **“відносна молекулярна маса”** розширює спектр можливих завдань, деякі з яких представлені в пр. 5 та 6. Зміст завдань визначається вимогами до знань та вмінь учнів до чинної програми з хімії, проблема в конструюванні завдань обумовлена розділенням існуючого змісту на фрагменти елементів знань. Проте такий процес не повинен бути механічним розкרוюванням програми; це швидше нагадує мозаїку, окремі фрагменти якої складають єдину цілісну картину. Тому пр.5 і 6 спрямовані на такий комплексний підхід. Завдання, **позначені зірочкою (*)**, учні складають самостійно, або під керівництвом вчителя аналогічно до попередніх чи розробляють свій авторський варіант.

Приклад 5. Визначте невідомі параметри і заповніть пропуски в таблиці. Складіть аналогічну та обернену задачу для **кожної вихідної** задачі

Варіант	Хім. символ чи хім. формула	Що означає даний запис ?	Маса, а.о.м.	Хар-ка задачі(вих., ан., оберн.)
1.	5 N	5 атомів Нітрогену	5x14=?	вихідна
2.	?	5 атомів Нітрогену	?	обернена
3.	?	?	5x14=70	обернена
4.	3 Ca	?	?	Аналогічна до вих.№1 або нова вихідна задача
5. *				
6.	2 O ₂	?	?	Вихідна
7. *				
8.	?	10 атомів Калію	?	Вихідна
9. *				
10.	?	4 атоми ?	4x12 = 48	Вихідна
11.*				
12.	?	4 молекули ?	?...x?... = 8	Вихідна
13.*				
14.	2 SO _x (?.....)	2 молекули ?	2x64 = 128	Вихідна
15.*				
16.	SX ₃ (?.....)	?	32+?... = 80	Вихідна
17.*				
18.*				Вихідна

Приклад 6. Визначте невідомі параметри і заповніть пропуски в таблиці.

№ п/п	Хімічна формула	M _r	Склад молекули	Відношення мас елементів	Склад молекул (сумарний)
1	3H ₂ O	18	2 атоми Гідрогену(H) 1 атом Оксигену(O)	2 : 16 = 1 : 8	6 атомів H, 3 атоми O

2	5H ₂ O	...	...	...	...
3	4CO ₂	...	...	...	...
4	3.....	...	1 атом Сульфуру, 2 атоми Оксигену	...	...
5	.....	80	1 атом ..., 3 атоми ...	32 : 48 = 2 : 3	5 атомів ..., 15 атомів ...,
6	3.....	...	2 атоми Гідрогену, 1 атом Сульфуру, 4 атоми Оксигену	...	... атомів H, ... атомів S, ... атомів O
7	2.....	...	...	...	4 атоми H, 2 атоми S
8	2P _x O _y	142	...	62 : ..=.. : ..	...
9*	.....			

формуванні вміння аналізувати якісний та кількісний склад речовини, використовувати масові співвідношення елементів в речовині. Представлені прямі та обернені завдання в (пр. 5 і 6) не вичерпують всі можливі варіанти, проте дають змогу учневі чітко розмежувати поняття “коефіцієнт” та “індекс”. Таблична форма вдало показує взаємозв’язок прямих та обернених завдань, а тому її бажано використовувати поряд з традиційними текстовими формами завдань; аналогічний прийом при вивченні будови речовини див. приклади 7, 8:

Приклад 7. Заповніть пропуски в таблиці для характеристики будови атомів хімічних елементів. Складіть аналогічні та обернені завдання.

Варіант	Назва елемента	Хімічний символ	Масове число нукліда	Число			Електронна конфігурація атома
				протонів	нейтронів	електронів	
1	Карбон	...	12	...	...	...	...
2	...	N	...	2	2	...	...
3	...	...	40	20	...	...	...
4	Оксиген	...	...	...	8	...	...
5	...	...	35	...	...	...	[Ne]3s ² 3p ⁵
6	...	...	...	...	12	...	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ²

Приклад 8. Заповніть пропуски в таблиці для характеристики будови йонів. Складіть аналогічні та обернені завдання.

Варіант	Назва йона	Хімічна формула	Масове число нукліда	Число			Електронна конфігурація йона
				протонів	нейтронів	електронів	
1	флуорид-йон	F ⁻	...	9	10	...	...
2	літій-йон	...	7	...	...	...	1s ²
3	...	Mg ²⁺	12	...	...
4	...	...	...	13	14	...	1s ² 2s ² 2p ⁶
5	...	O ²⁻	16	...	...	...	...
6	...	...	...	16	16	18	...

Величину кількості речовини можна розраховувати в залежності від вихідних даних за формулами (2-5):

$$\nu = \frac{m}{M} \text{ (моль) (2); } \nu = \frac{V}{V_m} \text{ (моль) (3); } \nu = \frac{N}{N_A} \text{ (моль) (4); } \nu = \frac{Q}{Q_m} \text{ (моль) (5),}$$

де m , M , V , V_m , N , N_A , Q , Q_m – відповідно маса, молярна маса, об'єм, молярний об'єм, число частинок (атоми, молекули, йони, протони та ін.), число Авогадро, теплота утворення (або згорання), молярна теплота утворення (або згорання) речовини. Таким чином, значення кількості речовини, є перехідним мостиком для розрахунку інших параметрів (рис.1). Кожна пряма лінія включає взаємопов'язані відповідною формулою (2-5) поняття. Якщо невідома і відомі величини знаходяться на прямій лінії, - задача одноходова; якщо ні, - двоходова, а звідси зрозуміла роль і необхідність знаходження ν .

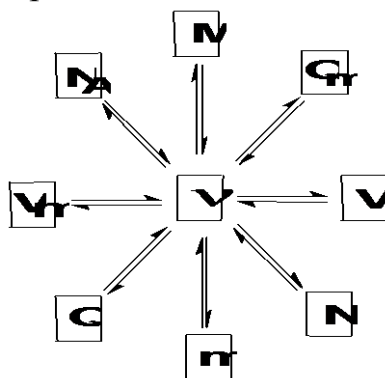


Рис.1. Схеми деяких обчислень з використанням поняття “кількості речовини”.

При необхідності таким перехідним мостиком може стати інший параметр, наприклад, маса речовини (рис.2). Зазначені найбільш поширені шляхи не є остаточними (можливі додаткові переходи-взаємозв'язки, деякі з них зазначені нижче), конструювання їх на основі вивчених залежностей також може стати як одним із завдань для взаємозв'язку понять, так і умовою для формування свідомих алгоритмічних підходів при розв'язуванні задач.

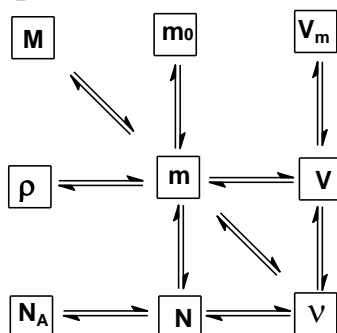


Рис.2. Схеми деяких розрахунків з використанням поняття “маса речовини”.

Встановимо математичний зв'язок між опорними поняттями молярна маса елемента та його відносна атомна маса (аналогічно молярна маса речовини та її відносна молекулярна маса), оскільки ці початкові поняття в курсі хімії

формується поступово і необхідно встановити між ними взаємозв'язок. Це може бути форма інформації чи навіть завдання, наприклад, у такому формулюванні:

Приклад 9. Покажіть, що для даного елемента чисельне значення молярної маси, вираженої в г/моль, рівне його відносній атомній масі, тобто, $|M(E)| = |A_r(E)|$.

Розв'язування:

$$\begin{aligned} M(E) &= \frac{m(E)}{\nu(E)} = \frac{m_0(E) \cdot N}{N/N_A} = m_0(E) \cdot N_A = A_r(E) \cdot \frac{1}{12} m_0(^{12}\text{C}) \cdot N_A = \\ &= A_r(E) \cdot \frac{1}{12} M(^{12}\text{C}) = A_r(E) \cdot 1 \text{ (г/моль)} \Rightarrow |M(E)| = |A_r(E)| \end{aligned}$$

Аналогічним способом показуємо, що для даної речовини чисельне значення молярної маси, вираженої в г/моль, рівне її відносній молекулярній масі.

Розрахунок маси атома (аналогічно маси молекули) можна провести за формулами (1) та (6):

$$m_0(E) = \frac{M(E)}{N_A} \quad (6)$$

Проілюструємо це наступними прикладами 10 та 11.

Приклад 10. Визначте масу молекули води, якщо відомі такі величини: відносна молекулярна маса води $M_r(\text{H}_2\text{O})=18$, маса атома Карбону-12 $m_0(^{12}\text{C})=19,93 \cdot 10^{-27}$ кг.

Розв'язування: згідно умови використовуємо опорну формулу (1):

$$m_0(\text{H}_2\text{O}) = M_r(\text{H}_2\text{O}) \cdot \frac{1}{12} m_0(^{12}\text{C}) = 18 \cdot \frac{1}{12} \cdot 19,93 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 29,9 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Проте можлива інша форма формулювання такої задачі з використанням інших вихідних даних.

Приклад 11. Визначте масу молекули води, якщо відомі такі величини: $M(\text{H}_2\text{O})=18$ г/моль; $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

Розв'язування:

$$m_0(\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{N_A} = \frac{18 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 29,9 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

В обох випадках вихідні дані орієнтують учня на пошук необхідних опорної формули чи поняття.

Якщо представити умову: “Визначте масу молекули води”. Учень автоматично вийде чи повинен вийти на варіант розв'язку прикладу 9, оскільки до латентної умови ввійдуть і $M(\text{H}_2\text{O})=18$ г/моль, і $N_A=6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, а ці параметри є такими, що достатньо часто використовуються в практиці розрахунків. Можливий вихід при розв'язку і на варіант прикладу 8, але при цьому необхідно спочатку визначити масу атома Карбону. Складність завдання при його останньому формулюванні зросте, оскільки ускладниться етап попереднього аналізу умови і встановлення можливого напрямку розв'язку.

Закріпленню знань сприяє виконання та складання завдань, направлених не тільки на використання окремих формул, але і на перехід від однієї до іншої формули. Для початку це знову максимальне використання підручника.

Приклад 12 [2, с. 60]. Яке число молекул містить вуглекислий газ CO_2 кількістю речовини 4 моль?

Розв'язування: $N(\text{CO}_2) = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 4 \text{ моль} = 24 \cdot 10^{23} \text{ молекул}$.

На основі вихідної задачі можемо разом з класом провести додаткові розрахунки і визначити також: масу вуглекислого газу, число атомів Карбону та їх масу, число атомів Оксигену та їх масу, а перелік обернених задач при такому підході значно розшириться. До даної задачі можна повернутись також після вивчення поняття “молярний об'єм” [2, §27] і доповнити проведені розрахунки.

Приклад 13. Який об'єм займає за н.у. вуглекислий газ CO_2 кількістю речовини 4 моль?

Розв'язування: $V(\text{CO}_2) = V_m \cdot \nu = 22,4 \text{ л} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot 4 \text{ моль} = 89,6 \text{ л}$.

Тому досить ефективна на цьому етапі таблична форма аналізу і відповідне переформулювання учнями умови задачі.

Для початку це аналіз на основі однієї речовини (схема 1, додаток А). В залежності від умови задачі за результатами аналізу її хімічної формули формується нижня частина такої схеми. В подальшому зазначену схему можна використовувати як один з варіантів підзадачі при виконанні більш складних задач, наприклад, встановлення формули невідомої речовини. Таким чином, учень приходить до висновку, що аналіз та розв'язування задачі – це пошук взаємозв'язку між відомими та невідомими параметрами. Шлях пошуку, наприклад, у нашому випадку при використанні відомої хімічної формули за схемою 1 (додаток А) та при необхідності за опорними схемами рис.1-2 (спосіб 1). Проте можливий інший підхід (спосіб 2), який будується на основі першого способу і разом з ним стає основою алгоритмічних дій:

$m(\text{C}) \leftarrow N(\text{C}) \leftarrow \nu(\text{C}) \leftarrow \nu(\text{CO}_2) \rightarrow N(\text{CO}_2) \rightarrow m(\text{CO}_2)$ і т.д.
Вимога завдання та шлях розв'язку умова завдання вимога завдання та шлях розв'язку

Якщо для розв'язування можна використовувати різні способи, то для конструювання таких елементарних задач – досить зручно перший. Наприклад, відносно нижньої частини (схема 1) вводимо любий коефіцієнт-множник, бажано цілочисленний для полегшення розрахунків і формулюємо умову нових завдань. Табличну форму бажано також використовувати для урізноманітнення форм представлення умови задачі поряд з традиційною – текстовою, а після кількох кроків вона стає основою для складання завдань (приклад 14).

Приклад 14. Визначте невідомі параметри і заповніть пропуски в представленій таблиці. Зазначте у кожному варіанті, чи є з представлених величин надлишкові дані, або чи їх не вистачає для проведення обчислень.

N п/п	ХФР	m, г	M, г/моль	ν , моль	N, 10^{23} молекул	V, л н.у.	ρ , г/л н.у.	m_0 , 10^{-23} г
1	H_2O	36	?	2	?	?	0,804	3,0

2	CO ₂	?	44	?	0,6	?	?	?
3	H ₂	4	?	2	?	?	?	?
4	O ₂	?	?	?	?	2,24	?	?

Або “сформулюйте умову задачі згідно представленої таблиці”

	ХФР	М, г/моль	m, г	v, моль	N (число атомів чи молекул)
1	H ₂ O	18	36	2	6•10 ²³ молекул H ₂ O
2	H ₂ O	...	90	...	...
3	Ca	...	...	5	... атомів Ca
4	CO ₂	...	...	...	60•10 ²³ молекул O ₂
5	...	...	5,6	0,1	... атомів ...
6	XO ₂	...	4,4	0,1	... молекул ...
7	XO ₂	...	320	...	30•10 ²³ молекул ...

В таблиці представлені тільки кілька варіантів прямих, але зрозуміло, що число аналогічних і обернених завдань практично необмежене. Таблична форма представлення таких стандартних розрахункових задач досить ефективна для формування вміння розв'язувати, ставити питання і складати завдання, розвивати спостереження, логіку мислення. Можливо частина клітинок залишається пустою після проведення розрахунків, так як не всі поняття ще вивчені, але це є і резерв для майбутніх повторень, це і резерв для домашніх завдань, індивідуалізації роботи тощо. Зазначені перші кроки стають основою для подальшого розвитку при поступовому ускладненні завдань (порівняння величин, комбіновані завдання тощо). Наприклад, порівняти, яка речовина містить більше частинок, займає більший об'єм, має більшу масу тощо при відомих певних параметрах. Зазначені та інші операції сприяє реалізувати таблична форма шляхом розрахунків чи логічних міркувань з відповідним аналізом необхідних опорних хімічних чи математичних формул.

Який же перелік розрахунків може провести учень на основі відомої хімічної формули? Нами на основі відомостей з чисельних джерел інформації систематизовані основні напрямки такої діяльності та доповнені необхідними опорними знаннями і можливими варіантами обернених завдань.

1.3. Завдання на основі відомої хімічної формули речовини A_xB_y

1. Назва речовини: наприклад, H₂O - вода, гідроген оксид.

Поскілки назва речовини може бути як тривіальна, так і міжнародна (остання формується згідно правил номенклатури IUPAC), то відповідно виникає серія синонімічних назв. Однозначний висновок про назву речовини за відомою ХФВ ускладнюється, якщо даній формулі відповідає кілька ізомерів (наприклад, C₄H₁₀ - бутан, ізобутан) чи алотропних модифікацій (наприклад, С – графіт, алмаз).

Обернене завдання: відтворення ХФВ за її назвою. Використання тривіальних назв речовин дає змогу урізноманітнити традиційні конструкції завдань. Наприклад, напишіть в кожному випадку можливі хімічні формули індивідуальних речовин чи в складі сумішей: вода, важка вода, вапняна вода,

хлорна вода, бромна вода, сірководнева вода, тверда вода, окиснена вода, мінеральна вода, морська вода, кип'ячена вода і т.п.

2. Визначення якісного складу речовини: наприклад, до складу H_2O входять хімічні елементи Гідроген та Оксиген.

Можлива і більш детальна інформація про ізотопи хімічного елемента (наприклад, H_2O , D_2O).

Обернене завдання: складання ХФВ за відомими хімічними елементами (символи чи їх назви); число варіантів зростає, якщо використати ізотопи елементів. Наприклад, складання ХФВ води, які містять ізотопи 1H , 2H , ^{16}O .

3. Місце даної речовини (чи групи речовин) в системі класифікацій речовин (прості і складні, органічні і неорганічні, електроліти і неелектроліти тощо): наприклад, H_2O - складна речовина, неорганічна речовина, оксид тощо.

Це надзвичайно важлива інформація, використання якої дає змогу конструювати різноманітні завдання, які сприяють формуванню знань і розвитку вмінь проводити логічні операції аналізу та синтезу, порівняння, узагальнення, пошуку суттєвих і загальних ознак речовин, їх класифікацію і систематизацію та ін.

Обернене завдання: пошук ХФ окремої речовини чи групи речовин за відомими суттєвими чи загальними ознаками.

Наприклад, вкажіть формулу складної неорганічної речовини, яка за звичайних умов перебуває в рідкому стані:

А) H_2O ; Б) H_2 ; В) H_2S ; Г) CH_2O ; Д) CH_3OH . Відповідь: А.

4. Серія завдань, що базуються на теорії будови речовини:

- **визначення можливого типу хімічного зв'язку в даній речовині на основі аналізу будови атомів складових хімічних елементів:** наприклад, в молекулі H_2O між атомом Гідрогену та Оксигену існує ковалентний полярний хімічний зв'язок;
- **визначення числа та природи електронів, які приймають участь в утворенні хімічного зв'язку:** наприклад, сумарне число електронів, які приймають участь в утворенні хімічного зв'язку в молекулі H_2O , рівне 4; з них по 1 s-електрону атома Гідрогену і 2 sp^3 -електрони атома Оксигену;
- **складання електронної, структурної, стереохімічної формули речовини:** наприклад, електронна і структурна формули молекули води



Обернене завдання: пошук ХФВ, якщо відомі параметри будови даної речовини чи групи речовин - тип хімічного зв'язку, тип кристалічної ґратки, структурна чи інша формула речовини і т.п.

5. Визначення валентності і ступенів окиснення ХЕ у сполуці A_xB_y ,

наприклад, валентність елементів - $\overset{I}{H_2} \overset{II}{O}$, ступінь окиснення - $\overset{+1}{H_2} \overset{-2}{O}$.

При складанні завдань бажано пам'ятати, по-перше, завдання для визначення валентності, як правило, пропонують для речовин молекулярної

будови. По-друге, в більшості випадків для неорганічних сполук електропозитивну складову в формулах ставлять на перше місце. Проте, в формулах бінарних сполук неметалів у відповідності з встановленою практикою на перше місце ставиться та складова, яка розміщена раніше в наступному ряді: Rn, Xe, Kr, B, Si, C, Sb, As, P, N, H, Te, Se, S, At, I, Br, Cl, O, F.

Обернене завдання: встановлення ХФР за відомою валентністю чи ступенем окиснення складових хімічних елементів; складання ХФВ* за відомими валентностями чи ступенями окиснення невідомих ХЕ.

(*Однозначно встановити невідомий ХЕ за валентністю чи ступенем окиснення неможливо, оскільки одне й те ж саме значення можуть мати кілька елементів, а тому в текст завдання необхідно вводити додаткову інформацію для однозначної відповіді. Без вказаного доповнення такі конструкції можуть бути основою для задач на складання загальних формул чи на перехід від загальних до конкретних, що призведе в останньому випадку до поліваріантних відповідей).

Як правило, такі завдання формулюють для речовин молекулярної природи. Деколи у перелік даних необхідно включати відомості про структурну формулу речовини. Із завданнями на застосування поняття “валентність” можна ознайомитись в [24, 26].

6. Обчислення відн. молекулярної (M_r) та молярної маси (M) речовини.

Опорні поняття та відомості: хімічна формула, індекси, відносні атомні маси ХЕ $A_r(E)$ чи їх молярні маси $M(E)$, $|M|=|M_r|$, $M_r(A_xB_y)=xA_r(A)+yA_r(B)$.

Приклад: $M_r(H_2O)=2A_r(H)+A_r(O)=2+16=18$; $M(H_2O)=18$ г/моль.

Обернені завдання: знаходження індексів у формулі речовини за відомими A_r і M_r ; знаходження відносної атомної маси елемента A_r , якщо відома відносна молекулярна маса речовини M_r , A_r іншого елемента та всі індекси у формулі.

7 (факультативно). Знаходження молярної маси еквівалента речовини $M(f_{\text{екв}} A_x B_y)$ за умови відомої хімічної реакції її утворення.

Опорні поняття та відомості: хімічна формула, індекс, закон еквівалентів.

Наприклад, для сполуки $A_x^{+y} B_y^{-x}$ згідно закону еквівалентів можна записати:

$$\frac{x \cdot M(A)}{M(A_x B_y)} = \frac{x \cdot M(A)}{M(A_x B_y)} \cdot \frac{xy}{xy} = \frac{x \cdot M(A)/xy}{M(A_x B_y)/xy} = \frac{M(A)/y}{M(A_x B_y)/xy} = \frac{M\left(\frac{1}{y} A\right)}{M\left(\frac{1}{xy} A_x B_y\right)}$$

де $\frac{1}{y}$, $\frac{1}{xy}$ - відповідні фактори еквівалентності для елемента та сполуки.

Звідки $M\left(\frac{1}{xy} A_x B_y\right) = M\left(\frac{1}{y} A\right) + \left(\frac{1}{x} B\right)$, або в загальному виді

$$M(f_{\text{екв}} A_x B_y) = M(f_{\text{екв}} A) + M(f_{\text{екв}} B).$$

Приклад: $4Al+3O_2=2Al_2O_3$

$$Al_2O_3 \Rightarrow M(1/6 Al_2O_3) = \frac{M(Al_2O_3)}{6} = \frac{102}{6} = 17 \text{ (г/моль), або}$$

$$M(1/6Al_2O_3) = M(1/3Al) + M(1/2O) = \frac{27}{3} + \frac{16}{2} = 9 + 8 = 17 \text{ (г/моль)}$$

Обернені завдання: знаходження молярної маси еквівалента елемента за відомими значеннями молярних мас еквівалентів речовини та іншого елемента; знаходження маси речовини за відомими значеннями молярних мас еквівалентів елемента та речовини і масою елемента; знаходження маси елемента за відомими значеннями молярних мас еквівалентів елементів та маси одного з них та ін.

8. Визначення кількісного складу речовини (число атомів елементів із складу цієї речовини чи їх відношення).

Опорні поняття та відомості: хімічна формула, індекс.

Приклад: Речовина - H_2O :

$$N(H) = 2, N(O) = 1; N(H) : N(O) = 2 : 1; \nu(H) : \nu(O) = 2 : 1.$$

Обернені завдання: знайти формулу речовини за відомим числом атомів хімічного елемента (ХЕ) в складі молекули чи кількістю речовини ХЕ в складі одного моля речовини; знайти формулу речовини за відомими відношенням атомів ХЕ чи кількістю речовини ХЕ та молярною масою речовини.

9. Знаходження масових співвідношень між елементами речовини.

Опорні поняття та відомості: хімічна формула, індекс, відносні атомні маси ХЕ, або молярні маси ХЕ, або маси атомів ХЕ.

Приклад: $H_2O \Rightarrow m(H) : m(O) = 2 : 16 = 1 : 8$.

Обернене завдання: знаходження найпростішої формули речовини за відомими відношенням мас ХЕ $m(A) : m(B)$.

10. Знаходження масової частки елемента (w) в речовині.

Опорні поняття та відомості: хімічна формула, індекс, відносні атомні маси ХЕ, відносна молекулярна маса речовини, молярні маси ХЕ, молярна маса речовини, маси ХЕ, маса речовини, масова частка елемента в речовині:

$$w(A) = \frac{x \cdot A_r(A)}{M_r(A_x B_y)}; w(B) = \frac{y \cdot A_r(B)}{M_r(A_x B_y)}$$

$$\text{Приклад: } H_2O \Rightarrow w(H) = \frac{2 \cdot A_r(H)}{M_r(H_2O)} = \frac{2 \cdot 1}{18} \approx 0,1111; w(O) = \frac{1 \cdot A_r(O)}{M_r(H_2O)} = \frac{1 \cdot 16}{18} \approx 0,8889,$$

$$\text{або } w(O) = 1 - w(H) \approx 0,8889.$$

Обернені завдання: знаходження формули речовини за відомими A_r ХЕ, масовими частками ХЕ та M_r ; знаходження невідомого хімічного елемента (A_r ХЕ) за відомими масовими частками ХЕ, індексами та M_r ; знаходження M_r за відомими параметрами для окремого ХЕ (A_r , масова частка та індекс) та ін.

11. Знаходження відносної густини речовини (як правило, для речовини в газуватому стані).

Опорні поняття та відомості: хімічна формула, відносна густина газу $D = \frac{M_1}{M_2}$,

молярні чи відносні молекулярні маси речовин M_1, M_2 .

Приклад: $D(H_2) = \frac{M(CO_2)}{M(H_2)} = \frac{44}{2} = 22.$

Обернені завдання: знаходження молярної маси невідомої речовини за відомою відносною густиною та молярною масою іншої речовини; знаходження молярної маси газу, відносно якого визначено D .

12. Обчислення маси структурної одиниці речовини (атом, молекула, йон). Наприклад, маса молекули води рівна

$$m_0(H_2O) = \frac{M(H_2O)}{N_A} = \frac{18 \text{ г/моль}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 29,9 \cdot 10^{-27} \text{ кг}.$$

Обернене завдання: обчислення молярної маси і встановлення можливої ХФР за відомою масою структурної одиниці даної речовини.

13. Обчислення густини речовини в газуватому чи конденсованому стані за відомим відповідним молярним об'ємом

Наприклад, густина води в рідкому стані

$$\rho_p(H_2O) = \frac{M(H_2O)}{V_m} = \frac{18 \text{ г/моль}}{18 \text{ мл/моль}} = 1 \text{ г/мл}.$$

Обернене завдання: обчислення молярної маси і встановлення можливої ХФР за відомою густиною і молярним об'ємом (у випадку газоподібних речовин, якщо умови відмінні від нормальних, застосовуємо рівняння Клапейрона-Менделєєва); обчислення молярного об'єму речовини за відомими значеннями її густини і молярної маси

14. Знаходження маси речовини.

Опорні поняття та відомості (в залежності від підзавдання 14.1-14.6): хімічна формула, індекс, коефіцієнт, відносні атомні маси ХЕ чи їх молярні маси, відносна молекулярна та молярна маса речовини, $M_r(A_xB_y) = xA_r(A) + yA_r(B)$, $|M| = |M_r|$, кількість речовини, або маса молекули та число молекул чи інших часток тощо, формули зв'язку шуканої маси з відомими параметрами згідно умови завдання:

$$\begin{aligned} m(A_xB_y) &= N(A_xB_y) \cdot m_0(A_xB_y) = \nu(A_xB_y) \cdot M(A_xB_y) = \frac{N(A_xB_y)}{N_A} \cdot M(A_xB_y) = \\ &= \frac{V(A_xB_y)}{V_m} \cdot M(A_xB_y) = \frac{Q(A_xB_y)}{Q_m} \cdot M(A_xB_y) = \frac{m(A)}{w(A)} = \frac{m(B)}{w(B)} \end{aligned}$$

Можливі підзавдання:

- 14.1. Знаходження маси речовини, якщо відома кількість речовини.
- 14.2. Знаходження маси речовини, якщо відоме число її структурних одиниць N (атомів, молекул, йонів та ін.). Зрозуміло, якщо число структурних одиниць рівне одиниці, то це буде маса відповідної структурної одиниці, виражена в а.о.м., грамах тощо.
- 14.3. Знаходження маси речовини, якщо відома маса або кількість речовини, або число структурних одиниць одного елемента зі складу цієї речовини.
- 14.4. Знаходження маси газуватої речовини, якщо відомий її об'єм. Якщо це об'єм одиничний, то отримуємо значення густини речовини.

- 14.5. Знаходження маси речовини, якщо відома мольна чи питома теплота утворення (згорання) речовини та відповідна теплота для невідомої маси.
- 14.6. Знаходження маси речовини за відомими значеннями її густини та об'єму (в даному випадку знання хімічної формули стає надлишковою інформацією).

Обернені завдання (в залежності від підзавдання 14.1-14.6):

- знаходження кількості речовини (або наступний крок – число любых структурних одиниць речовини) за відомими масою і молярною масою речовини;
- знаходження кількості речовини (або наступний крок – число любых структурних одиниць речовини) за відомими параметрами, що дають змогу обчислити масу речовини (густина і об'єм) та її молярну масу (наприклад, відносна густина);
- знаходження молярної маси речовини за відомою масою і кількістю речовини або параметрами, що дають змогу їх розрахувати;
- знаходження маси елемента в речовині за відомою масою речовини та масовою часткою елемента або параметрами, які дають змогу обчислити його масову частку;
- знаходження числа молекул речовини за відомою M_r (чи формулою речовини) та масою речовини в а.о.м.;
- знаходження M чи M_r речовини за відомими масовою часткою та M чи A_r елемента, що входить до складу речовини;
- знаходження молярного об'єму речовини в газуватому чи конденсованому стані за відомим значенням густини чи параметрами, що дають змогу її розрахувати та ряд інших.

Даний перелік згодом можна продовжити, так як учень на основі знання ХФР може проводити цілий спектр розрахунків з використанням відомостей про будову речовини (ступінь окиснення елементів для речовин немалекулярної природи; число протонів, електронів та нейтронів в молекулі чи молі речовини; число електронів в молекулі, які приймають участь в утворенні хімічного зв'язку; заряд йонів та ін).

2. МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ЗАДАЧ З ТЕМИ “ОБЧИСЛЕННЯ ЗА РІВНЯННЯМ ХІМІЧНОЇ РЕАКЦІЇ”

2.1. Основні розрахункові формули

Розглянемо *основні опорні поняття, які можна виявити при аналізі рівняння хімічної реакції і використати в практичній діяльності для проведення різноманітних розрахунків, в т.ч. складання завдань.*

Оскільки для хімічних реакцій дефектом маси Δm можна знехтувати, то всі розрахунки на основі рівняння хімічної реакції базуються на законі збереження маси речовини М. В. Ломоносова, який в даному випадку для реакції



де А, В – вихідні речовини; С, D – продукти реакції; а, b, с, d – відповідні стехіометричні коефіцієнти; Q_p - тепловий ефект реакції, можна представити в такій формі

$$m(A) + m(B) = m(C) + m(D), \quad (2)$$

де $m(A)$, $m(B)$, $m(C)$, $m(D)$ – відповідні маси речовин А, В, С, D. Якщо стехіометричні коефіцієнти виражають число структурних одиниць речовини, то рівняння (2) можна представити у формі

$$a \cdot m_0(A) + b \cdot m_0(B) = c \cdot m_0(C) + d \cdot m_0(D), \quad (3)$$

де $m_0(A)$, $m_0(B)$, $m_0(C)$, $m_0(D)$ - маси структурних одиниць речовин А, В, С та D відповідно. Вихідне рівняння (1) та відповідні вирази закону збереження маси речовини (2), (3) мають всі властивості алгебраїчного рівняння з точки зору проведення математичних перетворень. Домножимо рівняння (3) на число Авогадро N_A :

$$a \cdot m_0(A) \cdot N_A + b \cdot m_0(B) \cdot N_A = c \cdot m_0(C) \cdot N_A + d \cdot m_0(D) \cdot N_A \quad (4)$$

Поскілки у випадку речовини А: $m_0(A) \cdot N_A = M(A)$, для інших речовин – аналогічно, то отримуємо наступне рівняння

$$a \cdot M(A) + b \cdot M(B) = c \cdot M(C) + d \cdot M(D) \quad (5)$$

Отже, стехіометричні коефіцієнти в рівнянні хімічної реакції можуть означати як число структурних одиниць речовини, так і кількість речовини.

Якщо в рівнянні (1) домножити всі стехіометричні коефіцієнти на деяке позитивне число k , то подальший аналіз дає змогу отримати інформацію, яку можна використати для складання серії аналогічних завдань:

$$ka \cdot M(A) + kb \cdot M(B) = kc \cdot M(C) + kd \cdot M(D) \quad (6)$$

Величина k може означати число структурних одиниць або кількість речовини, наприклад, $\nu(A) = k$ моль. В такому випадку:

$$k \cdot M(A) + kb/a \cdot M(B) = kc/a \cdot M(C) + kd/a \cdot M(D) \quad (7)$$

Відповідні маси на прикладі двох речовин А і В для кожного випадку рівні

$$\begin{aligned} m_1(A) &= a \cdot M(A); \quad m_1(B) = b \cdot M(B); \\ m_2(A) &= ka \cdot M(A); \quad m_2(B) = kb \cdot M(B); \\ m_3(A) &= k \cdot M(A); \quad m_3(B) = kb/a \cdot M(B). \end{aligned}$$

Відношення одержаних мас речовин:

$$\frac{m_1(A)}{m_1(B)} = \frac{m_2(A)}{m_2(B)} = \frac{m_3(A)}{m_3(B)} = \frac{a \cdot M(A)}{b \cdot M(B)} \quad (8)$$

Аналогічне відношення отримаємо іншим шляхом:

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{a \cdot m_0(A)}{b \cdot m_0(B)} = \frac{a \cdot m_0(A) \cdot N_A}{b \cdot m_0(B) \cdot N_A} = \frac{a \cdot M(A)}{b \cdot M(B)} \quad (9)$$

Відношення мас також можемо представляти з використанням відносних молекулярних мас речовин:

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{a \cdot m_0(A)}{b \cdot m_0(B)} = \frac{a \cdot \frac{m_0(A)}{1/12 m_0(^{12}\text{C})}}{b \cdot \frac{m_0(B)}{1/12 m_0(^{12}\text{C})}} = \frac{a \cdot M_r(A)}{b \cdot M_r(B)} \quad (10)$$

Незначна видозміна отриманого рівняння призводить до закону еквівалентних відношень Ріхтера:

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{a \cdot M(A)}{b \cdot M(B)} = \frac{M(A)/b}{M(B)/a} = \frac{M(f_{\text{екв}} A)}{M(f_{\text{екв}} B)} \quad (11)$$

Представимо розрахункові можливості рівняння хімічної реакції через відношення стехіометричних коефіцієнтів (знову на прикладі двох речовин):

$$a : b = \nu(A) : \nu(B) = \frac{\nu(A)}{N_A} : \frac{\nu(B)}{N_A} = N(A) : N(B), \quad (12)$$

$$a : b = \nu(A) : \nu(B) = [\nu(A) \cdot V_m] : [\nu(B) \cdot V_m] = V(A) : V(B), \quad (13)$$

$$a : b = \nu(A) : \nu(B) = \left[\frac{p \cdot V(A)}{RT} \right] : \left[\frac{p \cdot V(B)}{RT} \right] = V(A) : V(B) \quad (14)$$

$$a : b = \nu(A) : \nu(B) = \left[p(A) \cdot \frac{V}{RT} \right] : \left[p(B) \cdot \frac{V}{RT} \right] = p(A) : p(B), \quad (15)$$

$$a : b = \nu(A) : \nu(B) = \frac{\nu(A)}{V} : \frac{\nu(B)}{V} = C(A) : C(B), \quad (16)$$

де N , V , p , C - відповідно число структурних одиниць, значення об'єму, парціального тиску та молярні концентрації речовин, що вступили в реакцію. Аналогічні відношення можна записати для всіх стехіометричних коефіцієнтів. Співвідношення (12) – може слугувати ілюстрацією закону постійних відношень Пруста (закону сталості складу) при умові одержання дальтонідів. Співвідношення (13) – ілюстрація закону об'ємних відношень Гей-Люссака та наслідку з закону Авогадро про молярний об'єм. Ідентичний до (13) результат (14) отримуємо з використанням рівняння Клапейрона-Менделєєва, що дає змогу зазначити справедливість співвідношень (13), (14) при умові використання об'ємів речовин за однакових умов (температура, тиск). Співвідношення (13), (14), (15), (16) – ілюстрації моделі ідеального газу на прикладі хімічних реакцій (газуваті реагенти чи продукти реакції): (13), (14) - об'єми для газів в умові задачі приведені за однакових температури та тиску; (15) - парціальні тиски для газів в умові задачі приведені за однакових температури та об'єму; (16) - концентрації для газів в умові задачі приведені за однакового об'єму. Таким чином, при формулюванні завдань для проведення розрахунків на основі рівняння хімічної реакції у випадку газуватих речовин необхідно в залежності від шуканих чи відомих фізичних величин вказувати відповідні умови (тиск, температура, об'єм). Співвідношення (16) від тиску не залежить, а тому може бути використане і для конденсованих систем, наприклад, рідких розчинів.

Отримані рівняння (12)-(16) дають змогу проводити як взаємні розрахунки представлених фізичних величин, так і обернені – знаходження стехіометричних коефіцієнтів, а останні можуть слугувати кроком при необхідності подальшого знаходження складу речовин:

$$N(A) : N(B) = V(A) : V(B) = p(A) : p(B) = C(A) : C(B) = \nu(A) : \nu(B) = a : b \quad (17)$$

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

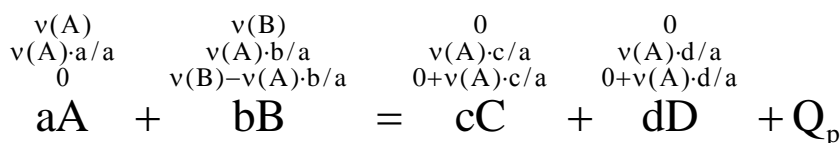
$$\frac{m_1(A)}{m_2(A)} = \frac{v_1(A)}{v_2(A)} = \frac{N_1(A)}{N_2(A)} = \frac{V_1(A)}{V_2(A)} = \frac{p_1(A)}{p_2(A)} = \frac{C_1(A)}{C_2(A)} = \frac{Q_1}{Q_2} \quad (18)$$

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

$$\frac{m(A)}{m(B)} = \frac{a \cdot M(A)}{b \cdot M(B)} = \frac{N(A) \cdot M(A)}{N(B) \cdot M(B)} = \frac{V(A) \cdot M(A)}{V(B) \cdot M(B)} = \frac{p(A) \cdot M(A)}{p(B) \cdot M(B)} = \frac{C(A) \cdot M(A)}{C(B) \cdot M(B)} \quad (19)$$

Зазначені рівняння дають змогу проводити розрахунки наступних фізичних величин: маси, кількості речовини, структурних одиниць, об'ємів, парціальних тисків, концентрацій, теплових ефектів. При цьому ретельний вихідний аналіз рівняння хімічної реакції завжди дає інформацію необхідну для подальших обчислень, що можна ілюструвати на прикладі рівняння (1), якщо всі речовини газуваті:

Кількість речовини згідно умови завдання і рівняння реакції:
до реакції
результат реакції
після реакції



Згідно рівняння реакції
M (молярна маса), г/моль
v (кількість речовини), моль
m (маса), г
V (об'єм, н. у.), л



При цьому прийнята загальна форма завдання, згідно якого повністю реагує речовина **A** і для такої умови представлені всі наступні розрахунки на прикладі кількості речовини реагентів та продуктів реакції (результат реакції, після реакції). При цьому не обов'язково приводити згідно рівняння реакції всі можливі фізичні величини, а достатньо тільки ті, які необхідні для виконання завдання. В більшості випадків – це кількість речовини, що дає можливість провести інші розрахунки.

2.2. Завдання для проведення обчислень на основі рівняння хімічної реакції

Розглянемо деякі напрямки складання завдань, обов'язковою складовою яких є проведення розрахунків на основі рівняння хімічної реакції.

1. Підбір стехіометричних коефіцієнтів у схемі реакції на основі закону збереження маси речовини.

Це перші розрахункові тренувальні завдання після введення поняття «рівняння хімічної реакції». Таким чином, проводиться закріплення знань та вмінь використовувати наступні поняття: індекс, коефіцієнт, хімічний елемент, хімічна речовина, символ, формула, атом, молекула, формульна одиниця тощо; формування свідомого використання закону збереження маси речовин.

Приклад 1. На підставі закону збереження маси речовин підберіть стехіометричні коефіцієнти в схемі реакції: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$.

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

Обернені завдання: встановлення у рівнянні чи схемі реакції хімічних формул речовин (ХФР).

Приклад 2. Заповніть пропуски ХФР у рівняннях (а, б, в, г, д) та схемі (е) хімічних реакцій: а) ... + 2O₂ = CO₂ + 2H₂O; б) ... + 2... = CO₂ + 2H₂O;

в) CH_x + 2O₂ = CO₂ + 2H₂O; г) XH₄ + 2O₂ = XO₂ + 2H₂O;

д) ... + ... = CO₂ + 2H₂O; е) ... + ... → CO₂ + H₂O.

Відповідь: а) CH₄; б) CH₄, O₂; в) 4; г) C, Si; д) CH₃OH, O₃; е) вуглеводні та інші органічні речовини складу C_xH_yO_z, вуглець, фулерени, карбон(II) оксид.

В даному пр. 2 предметом пошуку може бути вся ХФР (а, б, д, е) чи складова частина ХФР - індекс (в), хімічний елемент (г). У випадку (г, е) завдання буде поліваріантне за відповіддю. Приклад 2е базується не на розрахунках, а виключно на знанні властивостей речовин, проте він включений в загальну схему, щоб продемонструвати і як можливий комплект завдань, так і нерозривну єдність якісних та розрахункових завдань.

2. Обчислення масових співвідношень між реагуючими речовинами та продуктами реакції.

Виконання таких завдань на основі рівняння хімічної реакції проводимо згідно рівнянь (9), (10), (11). Це операції аналогічні, які використовуємо при вивченні хімічних формул.

Обернені завдання: на основі відомих масових співвідношень між речовинами встановлення стехіометричних коефіцієнтів у рівнянні хімічної реакції; встановлення ХФР (індекси, хімічні елементи).

Приклад 3. Визначте алкан, при згоранні якого в атмосфері кисню маса вуглекислого газу в 2,75 разів більше маси алкану.

Розв'язування: загальна формула алканів та рівняння реакції в даному випадку стають латентною частиною умови завдання. Необхідно також знати властивості речовин, вміння проводити підбір коефіцієнтів:

	Згідно умови	m г		2,75m г
	$C_n H_{2n+2}$	+	$(1,5n + 0,5)O_2$	→ $nCO_2 + (n + 1)H_2O$
Згідно рівняння реакції				
M (молярна маса)	(14n+2) г/моль			44 г/моль
ν (кількість речовини)	1 моль			n моль
m (маса)	(14n+2) г			44n г

Згідно отриманого рівняння реакції та відповідного аналізу складемо математичне рівняння: $44n/(14n + 2) = 2,75$, звідки n=1. Невідомий алкан – метан CH₄.

3. Обчислення співвідношень структурних одиниць, об'ємів, парціальних тисків, концентрацій між реагуючими речовинами та продуктами реакції.

В залежності від агрегатного стану речовин використовуємо рівняння (12)-(16), напр., речовини газуваті - (12)-(16), реакції в розчинах - (12), (16).

Обернені завдання: на основі відомого співвідношення (структурних одиниць, об'ємів, парціальних тисків, концентрацій) між речовинами встановлення стехіометричних коефіцієнтів у рівнянні хімічної реакції та інших співвідношень.

4. Обчислення невідомих значень фізичних величин речовини за відомою однією з фізичних величин (маса, кількість речовини, об'єм, число структурних одиниць, парціальний тиск, концентрація), що характеризують реагуючі речовини чи продукти реакції, або безпосередньо саму реакцію в цілому (тепловий ефект реакції, вихідні та кінцеві тиск, молярна маса суміші тощо).

Перелік варіацій завдань надзвичайно широкий (див. додаток 1). Необхідно зазначити, що люба модель об'єкта має певні недоліки. РХР, як модель реальної хімічної взаємодії також їх не уникає. Наприклад, використання поняття «число структурних одиниць речовини», коли такі числа одиничні, коректно за умови, якщо реакція є елементарна.

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

Розв'язування: аналіз рівняння реакції та умови завдання

Згідно умови	1,6 г	x л	
	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$		
Згідно рівняння реакції			
M (молярна маса)	16 г/моль	32 г/моль	
ν (кількість речовини)	1 моль	2 моль	
m (маса)	16 г	64 г	
V (об'єм, н. у.)	22,4 л	44,8 л	

Подальший розв'язок можна і бажано проводити різними шляхами, але в кожному випадку з ретельним аналізом інформації, яку отримуємо згідно рівняння реакції і умови завдання. (Відповідь: 4,48 л).

Відомі та невідомі фізичні величини можемо колективно чи індивідуально змінювати якісно чи кількісно (приклад 5).

Приклад 5 (видозміна умови прикладу 4 і одночасне використання підручника [6, с. 104]). Термохімічне рівняння реакції згорання метану наступне:



Визначте теплоту, що виділиться при спалюванні метану масою 1,6 г.

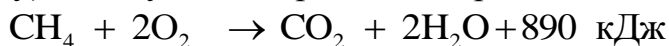
Розв'язування: аналіз рівняння реакції та умови завдання

Згідно умови	1,6 г	x кДж	
	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 890 \text{ кДж}$		
Згідно рівняння реакції			
M (молярна маса)	16 г/моль		
ν (кількість речовини)	1 моль		
m (маса)	16 г		

Відповідь: 89 кДж.

Позитивний мотиваційний ефект до виконання та складання завдань справляє на учнів те, що на основі видозмінених вихідних даних, вони отримують однакову відповідь.

Приклад 6. Визначте вихідну кількість речовини (або об'єм за н.у., або масу) метану, якщо при його згоранні

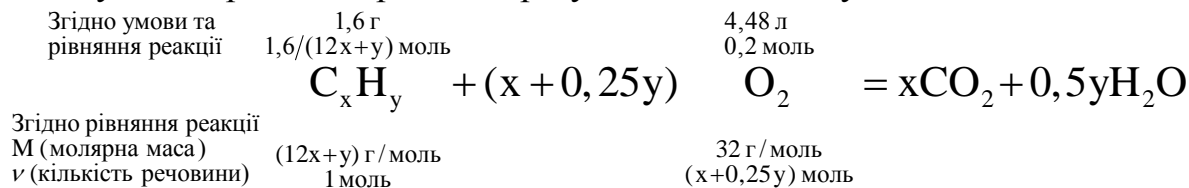


- утворився вуглекислий газ масою 4,4 г;
- витратили кисень об'ємом 4,48 л (н. у.);
- утворився вуглекислий газ кількістю речовини 0,1 моль;
- число молекул утвореного вуглекислого газу рівне $0,1N_A$;
- утворилась вода масою 3,6 г;
- виділилась теплота рівна 89 кДж. (Відповідь: 0,1 моль).

Обернені завдання: пошук відомих фізичних величин вихідного завдання; встановлення ХФР на основі відомих значень екстенсивних (об'єм, кількість речовини тощо) та деяких інтенсивних (молярна маса, молярна маса еквівалента, густина, відносна густина тощо) фізичних величин реагентів чи продуктів реакції. Сама хімічна реакція може бути явна чи латентна частина умови завдання. Як правило, в таких обернених завданнях в процесі розв'язку ми рухаємось до встановлення молярної маси речовини чи складових її елементів. Використовуючи (11) ми можемо встановлювати молярну масу еквівалента речовини чи складових елементів, тобто, також проводити ідентифікацію ХФР.

Приклад 7. Для повного згорання вуглеводню масою 1,6 г витратили 4,48 л (н. у.) кисню. Визначте невідому речовину.

Розв'язування: рівняння реакції з результатами аналізу та обчислень



- Кількість речовини кисню: $\nu(\text{O}_2) = V/V_m = 4,48/22,4 = 0,2$ (моль).
- Кількість речовини вуглеводню: $\nu(\text{C}_x\text{H}_y) = m/M = 1,6/(12x + y)$ (моль).
- Кількість речовини вуглеводню згідно рівняння реакції та отриманих даних: $\nu(\text{C}_x\text{H}_y) = \nu(\text{O}_2)/(x + 0,25y) = 0,2/(x + 0,25y)$ (моль).
- Остаточне рівняння: $\nu(\text{C}_x\text{H}_y) = 1,6/(12x + y) = 0,2/(x + 0,25y)$.

В результаті розв'язування: $x : y = 1 : 4 \Rightarrow \text{CH}_4$ - метан.

Представлений пр.7 є одним із багатьох можливих варіантів формулювання умови оберненої задачі на встановлення ХФР згідно схеми 2 (додаток 1) після проведення найпростіших розрахунків згідно схеми 3 (додаток 1). В рамках загального підходу при проведенні розрахунків за рівнянням хімічної реакції можна виділити згідно чинної програми з хімії [14] кілька найбільш поширених елементарних підзадач, які виникають при незначних ускладненнях (відгалуженнях) від основного шляху розв'язку.

4.1. Одна з реагуючих речовин в надлишку.

Виникає підзадача встановлення цієї речовини і проведення подальших розрахунків фізичних величин згідно п.4 за речовиною, що реагує повністю.

Приклад 8. 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 в газуватому стані.

Розв'язування: рівняння реакції з результатами аналізу та обчислень

Кількість речовини згідно умови завдання і рівняння реакції:	0,1 моль	0,4 моль	0 моль	0 моль
до реакції	0,1 моль	$0,1 \cdot 2/1 = 0,2$ моль	$0,1 \cdot 1/1 = 0,1$ моль	$0,1 \cdot 2/1 = 0,2$ моль
результат реакції	0 моль	$0,4 - 0,2 = 0,2$ моль	0,1 моль	0,2 моль
після реакції				
	CH_4	$+ 2\text{O}_2$	$= \text{CO}_2$	$+ 2\text{H}_2\text{O}$
Згідно рівняння реакції ν (кількість речовини)	1 моль	2 моль	1 моль	2 моль

Об'ємні частки речовин в суміші після завершення реакції:

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

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

$$M(\text{суміш}) = \chi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \chi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \chi(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 14,4 \quad (\text{г/моль}).$$

Аналіз рівняння реакції також вказує, що молярна маса суміші в даному випадку до і після взаємодії не змінюється, так як не змінюється кількість речовини в ній.

Обернені завдання: встановлення речовини, що є в надлишку чи недостатці за відомими фізичними величинами продуктів реакції та вихідних речовин; всі обернені завдання згідно п.4.

Приклад 9. Після взаємодії метану і кисню утворилась газова суміш, що містить кисень кількістю речовини 0,2 моль, а її молярна маса рівна 14,4 г/моль. Визначте масу метану.

Розв'язування: рівняння реакції з результатами аналізу та обчислень

Кількість речовини згідно умови завдання і рівняння реакції:	x моль	(2x+0,2) моль	0 моль	0 моль
до реакції	x моль	$x \cdot 2/1 = 2x$ моль	$x \cdot 1/1 = x$ моль	$x \cdot 2/1 = 2x$ моль
результат реакції	0 моль	0,2 моль	x моль	2x моль
після реакції				
	CH_4	$+ 2\text{O}_2$	$= \text{CO}_2$	$+ 2\text{H}_2\text{O}$
Згідно рівняння реакції ν (кількість речовини)	1 моль	2 моль	1 моль	2 моль

$$M(\text{суміш}) = \chi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \chi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \chi(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) =$$

$$= \frac{0,2}{0,2 + 3x} \cdot 32 + \frac{x}{0,2 + 3x} \cdot 44 + \frac{2x}{0,2 + 3x} \cdot 18 = 14,4 \Rightarrow x = 0,1 \text{ (моль)}$$

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

4.2. Речовина-реагент входить до складу суміші.

Тобто, в реагуючій системі містяться домішки (інші речовини), які в даній реакції є інертними. Виникає підзадача встановлення значення фізичної величини, що характеризує вміст домішки чи речовини-реагента (маса, об'єм тощо). Вміст речовини-реагента може бути представлений також її часткою (масова, об'ємна, молярна) в суміші з іншими домішками, концентрацією у розчині, молярною масою суміші та ін.

Приклад 10 (видозміна умови прикладу 4). Визначте об'єм повітря (н. у.) необхідний для спалювання метану масою 1,6 г. Об'ємну частку кисню в повітрі прийміть рівною 0,2. (Відповідь: 22,4 л).

Обернені завдання: встановлення частки чи концентрації речовини-реагента в суміші; встановлення фізичних величин вихідної суміші (маса, об'єм, молярна маса тощо); всі обернені завдання згідно п.4.

4.3. Втрати в ході перебігу реакції.

Виникає підзадача встановлення величини цих втрат чи практичного виходу. Вихід реакції можна визначати за допомогою різних фізичних величин (маса, кількість речовини, число структурних одиниць, об'єм, парціальний тиск, концентрація, тепловий ефект):

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{v_{\text{практ.}}}{v_{\text{теор.}}} = \frac{N_{\text{практ.}}}{N_{\text{теор.}}} = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теор.}}} = \frac{p_{\text{практ.}}}{p_{\text{теор.}}} = \frac{C_{\text{практ.}}}{C_{\text{теор.}}} = \frac{Q_{\text{практ.}}}{Q_{\text{теор.}}} \quad (20)$$

Приклад 11 (видозміна умови прикладу 4). Термохімічне рівняння реакції згорання метану наступне: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 890 \text{ кДж}$.

Визначте теплоту, яку можна отримати при згоранні метану масою 1,6 г, якщо вихід реакції 80 %. (Відповідь: 71,2 кДж).

Обернені завдання: розрахунок параметрів вихідних речовин за відомими продуктами реакції та їх виходами; встановлення виходу реакції за відомими параметрами вихідних речовин та продуктів реакції; всі обернені завдання згідно п.4.

5. Розрахунок теплового ефекту реакції.

Аналіз на прикладі кількох рівнянь реакцій із зазначеними тепловими ефектами дає змогу вивести наслідок із закону Гесса.

$$Q_p = \sum Q_{\text{утв}}(\text{прод. реакції}) - \sum Q_{\text{утв}}(\text{реагенти}), \text{ або} \\ Q_p = [cQ_{\text{утв}}(\text{C}) + dQ_{\text{утв}}(\text{D})] - [aQ_{\text{утв}}(\text{A}) + bQ_{\text{утв}}(\text{B})], \quad (21)$$

де $Q_{\text{утв}}(\text{A})$, $Q_{\text{утв}}(\text{B})$, $Q_{\text{утв}}(\text{C})$, $Q_{\text{утв}}(\text{D})$ - відповідні теплоти утворення речовин А, В, С, D.

6. Розрахунок швидкості реакції. Якщо реакція (1) є елементарна, то закон діючих мас в кінетиці хімічних реакцій записується в формі

$$V = kC_A^a C_B^b \quad (22)$$

де C_A , C_B – молярні концентрації речовин А і В, k – константа швидкості хімічної реакції.

7. Розрахунок константи рівноваги. Якщо реакція (1) є оборотна: $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$, то можливий розрахунок константи рівноваги K_p :

$$K_p = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b} \quad (23)$$

де $[A]$, $[B]$, $[C]$, $[D]$ - відповідні рівноважні концентрації речовин.

Таким чином, кожне рівняння хімічної реакції з підручника, конспекту, збірника задач та ін. джерел інформації може стати потужним джерелом як для проведення різноманітних розрахунків, так і для всіляких задачних конструкцій. Однак, ніколи не треба абсолютизувати умову задачі, - це

динамічна система, яка змінюється в ході рішення, в якій ретельно шукаємо недостатні чи надлишкові дані, формулюємо додаткові питання тощо. Важливо в кожному випадку детально аналізувати в навчальному колективі всі логічні етапи завершеної чи майбутньої задачі, які стають усвідомленим алгоритмом наступних самостійних дій у кожного учня. Безперечно, що можливі інші комбіновані завдання, що включають окремі підзавдання, наприклад, комбінація п.4.1+4.3 та ін.

3. МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ЗАДАЧ З ТЕМИ “ВСТАНОВЛЕННЯ ФОРМУЛИ РЕЧОВИНИ”

В першому розділі посібника нами були представлені основні шляхи пошуку інформації на основі відомої хімічної формули речовини (ХФР). Не менш цікавою і пізнавально важливою є обернена задача, що полягає у встановленні невідомої речовини і відповідно ХФР на основі різноманітних інформаційних даних. Зрозуміло, що чим більший перелік можливих варіацій таких завдань за змістом, формою, складністю та ін., тим більш повний спектр знань і умінь учнів буде знаходитись в постійному оновленні та розвитку.

Встановлення ХФР базується, як правило, на таких трьох китах:

- інформація тільки про хімічні елементи (будова атома, знаходження та колообіг в природі, роль і значення в живій та неживій природі, історичні та ін. відомості), що входять до складу речовини;
- інформація тільки про речовину (будова, властивості, застосування, добування, відомості історичні, екологічні та ін.);
- інформація як про речовину, так і складові елементи.

Інформація може бути як цифрова для проведення розрахунків, так і якісна. Проте можлива і латентна (прихована) інформація, яка розкривається на основі аналізу представлених даних та подальшого їх використання. В більшості випадків така інформація комбінована, оскільки містить якісні і кількісні характеристики. Наприклад, назва речовини може включати як якісні параметри (назви хімічних елементів, катіонів, аніонів, функціональних груп тощо), так і кількісні – валентність елементів, число атомів Карбону в головному ланцюгу та ін. Тому поділ задач на якісні та розрахункові в таких випадках досить умовний і краще їх об'єднувати поняттям теоретичні завдання. Навіть звичайні АБВГДЕйки, якщо уважно їх аналізувати, містять комбіновану інформацію. В рамках зазначеного підходу однозначно можна виділити тільки завдання теоретичні та експериментальні за формою їх розв'язування. Останні базуються на проведенні якісного чи кількісного аналізів, результати яких дають змогу однозначно встановити невідомі речовини, або довести їх склад. Якісний аналіз включає не тільки проведення хімічних перетворень, але й результати спостережень (фізичні властивості речовин, моделі молекул чи кристалічних ґраток тощо). Можливі також і завдання, що включають проведення певного експерименту і теоретичне розв'язування. Оскільки наслідки любого експерименту аналізуються на теоретичному рівні, можливо, більш доцільно називати такі завдання експериментально-теоретичні. Тому наш наступний розгляд будемо направляти на інформацію, яка дає змогу проводити

складання завдань з метою встановлення ХФР. В кожному випадку ми повинні також знати, яку ХФР будемо встановлювати. Поскільки ХФР може бути найпростіша (емпірична), істинна (молекулярна), структурна, електронна, стереохімічна, то зрозуміло, що і задачні сюжети повинні бути напрямлені на їх знаходження. Або іншими словами, якщо представимо деяку бінарну сполуку в загальному виді $A_x B_y$, де **A** і **B** – хімічні елементи, **x** і **y** – відповідно їх індекси, то предметом нашого пошуку може бути люба із зазначених позицій, в т.ч. і формула речовини (структурна, електронна, стереохімічна), яка ілюструє її будову. Спробуємо сконцентрувати основні схеми для складання завдань при встановленні ХФР, що віддзеркалюють переходи $ХФР \Leftrightarrow$ інформація про речовину (рис. 1). Такі переходи в залежності від постановки завдання деколи містять елементи вгадування. На такий вид діяльності в школі здебільшого накладено табу, проте інтуїція, яка завжди паралельно слідує з вгадуванням, неодмінний супутник любого дослідження. Частина завдань на встановлення ХФР нами представлена в [25,26], - їх тільки внесемо в перелік можливих способів та їх груп, а на інших конструкціях зробимо акцент.

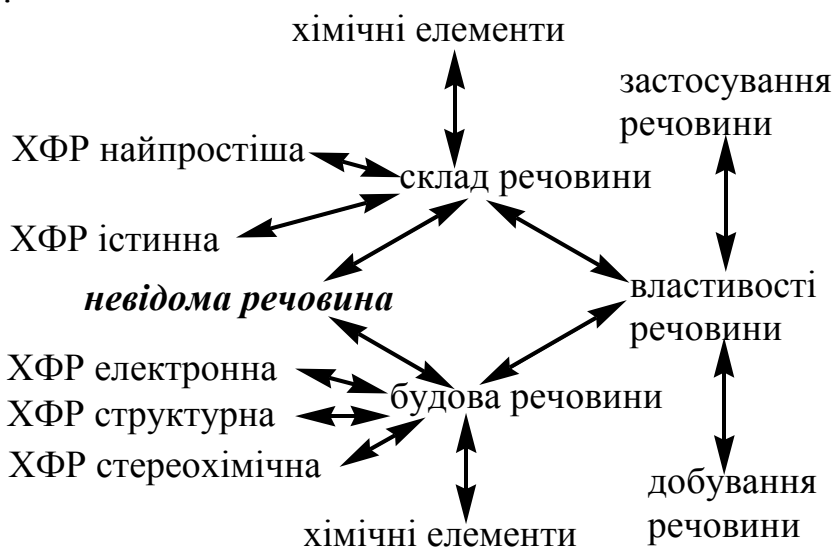


Рис. 1. Основні схеми для складання завдань при встановленні ХФР.

1. Встановлення ХФР за її назвою.

*Опорні поняття та відомості**: тривіальні та систематичні назви, правила номенклатури неорганічних та органічних речовин. (*В подальшому розгляді конкретизація опорних понять та відомостей опущена, поскільки в залежності від змісту завдання, такий перелік може мати різну насиченість).

Такі завдання найбільш поширені в дидактичній літературі, поскільки знання прямих і обернених завдань назва \Leftrightarrow формула складають фундамент хімічної мови. Основні схеми таких завдань нами представлені в [1].

2. Встановлення ХФР за відомою молярною чи відносною молекулярною масою речовини.

Молярна чи відносна молекулярна маса M_r речовини можуть бути відомі, або відомі параметри, що дають змогу їх визначити. Якщо завдання на встановлення, наприклад, M_r конкретних речовин мають єдину відповідь, то обернені до них завдання (приклад 1) можуть мати кілька варіантів відповіді.

Приклад 1. Визначте ХФР, якщо у кожному випадку $M_r=28$: а) C_xH_y ; б) C_xA_y ; в) Х. (Відповідь: а) C_2H_4 ; б) CO ; C_2H_4 ; C_2D_2 ; в) CO ; C_2H_4 ; C_2D_2 ; N_2 ; B_2H_6).

Видозмінимо зміст завдання і введемо в перелік невідомих частково чи повністю тільки символи елементів (приклад 2).

Приклад 2. Визначте невідомі елементи і запишіть ХФР, якщо у кожному випадку $M_r=28$: а) C_2X_4 ; б) CX ; в) X_2 ; г) X_2Y_6 ; д) C_2X_2 . (Відповідь: а) C_2H_4 ; б) CO ; в) N_2 ; г) B_2H_6 ; д) C_2D_2).

В подальших прикладах акцент на варіації змісту вихідних завдань ми зараз опускаємо, але в реальних умовах навчання це необхідно проводити разом з учнями, оскільки встановлюються і закріплюються опорні поняття, що сприяє ефективному виконанню аналогічних та обернених завдань. Поступове збільшення числа невідомих параметрів (індекси, хімічні елементи) призводить до збільшення ймовірних відповідей. Такий прийом залишається невикористаним резервом в більшості сучасних дидактичних посібників.

3. Встановлення ХФР за відомою валентністю чи ступенем окиснення складових хімічних елементів.

Однозначно встановити невідомий елемент за валентністю чи ступенем окиснення неможливо, оскільки одне й те саме значення можуть мати кілька елементів, а тому в завдання необхідно вводити додаткову інформацію для однозначності відповіді. Без зазначеного доповнення такі конструкції можуть бути основою для завдань на встановлення загальних формул або на перехід від загальних до конкретних (приклад 3), що призведе в останньому випадку до поліваріантних відповідей [21].

Приклад 3. Напишіть формули оксидів елементів, які мають загальну формулу EO_2 .

Хід аналізу: оксид \rightarrow валентність Оксигену(II) \rightarrow валентність E(IV) \rightarrow можливі елементи \rightarrow C, Si, Ge та ін. В даному прикладі 3 валентність елемента входить до складу латентної (прихованої) умови. Подальший аналіз розв'язків дає можливість сформулювати варіанти обернених завдань (приклади 4, 5):

Приклад 4. Запишіть загальну формулу оксиду для таких речовин CO_2 , SiO_2 , GeO_2 .

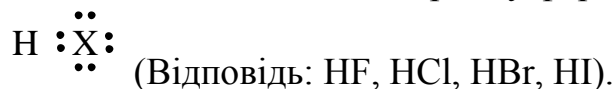
Приклад 5. Запишіть загальну формулу оксиду, якщо валентність елемента дорівнює чотири.

Незначне ускладнення прикладу 5 (перехід від загального до конкретного, перехід від оксидів до сполук Оксигену) може призвести до збільшення варіативності відповіді, що ілюструє наступний приклад 6.

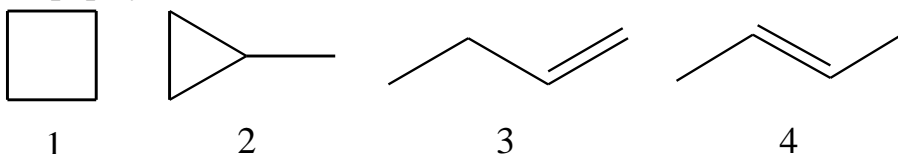
Приклад 6. Напишіть формули сполук Оксигену, які мають таку загальну формулу EO_2 . (Можливі відповіді: оксиди (SO_2), перокси (BaO_2), надперокси (KO_2)).

4. Встановлення ХФР за відомими іншими її формулами (структурні, електронні, стереохімічні).

Приклад 7. Визначте ХФР, що мають електронну формулу

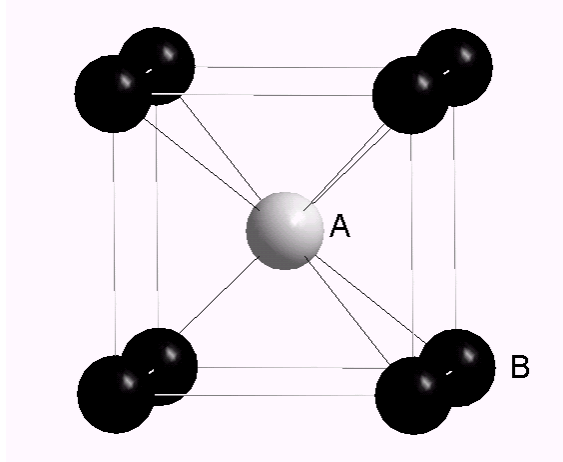


Приклад 8. Визначте формули та запишіть назви вуглеводнів, що мають такі структурні формули:



(Відповідь: C_4H_8 – циклобутан (1), метилциклопропан (2), 1-бутен (3), 2-бутен (4)).

Приклад 9. На малюнку наведено елементарну комірку кристалічної ґратки сполуки, що складається з елементів **A** і **B**. Визначте склад цієї речовини.



В ході розв'язку таких завдань, які, на жаль, дуже рідко використовуються, проходить широке використання міжпредметних зв'язків (фізика, стереометрія), розвиток просторової уяви. Вчителю необхідно зауважити учням, що атоми, розміщені на гранях, ребрах або у вершинах елементарної комірки, належать одночасно декільком коміркам, тобто формально одній комірці належить певна частка атома. В даному випадку атом елемента **A** належить повністю одній комірці. У вершинах комірки містяться 8 атомів **B**, а оскільки кожен з них належить одночасно 8 сусіднім коміркам, то в одній комірці міститься $8 \cdot \frac{1}{8} = 8$ атомів **B**. Таким чином, формула сполуки **AB**.

Бажані в користуванні також взаємопов'язані конструкції завдань, поскільки предметом пошуку може виявитись люба з формул речовини від найпростішої до стереохімічної. Інший приклад реалізації завдань даної групи може бути напрямлений на встановлення структурної формули речовини за відомою істинною. Якщо у випадку неорганічних речовин молекулярної будови такі відповіді майже завжди однозначні, то при розгляді органічних речовин, внаслідок можливої ізомерії, виникає кілька відповідей. Це добрі тренувальні завдання, але при необхідності виділити у відповіді тільки окрему структурну формулу в умову завдання необхідно вносити додаткову інформацію, що ілюструє наступний приклад 10.

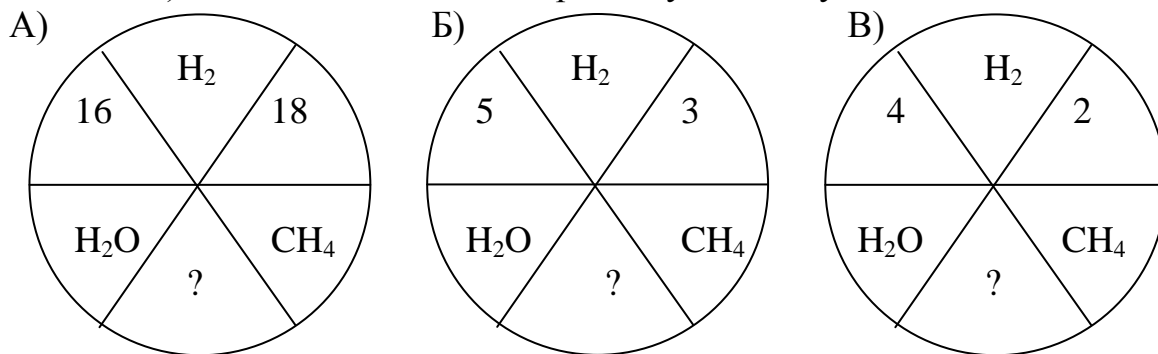
Приклад 10. Алкан містить в своєму складі 5 атомів Карбону. Визначте структурну формулу, якщо при його радикальному монохлорванні утворюються: а) тільки первинний хлоралкан; б) первинний та вторинний хлоралкан. (Відповідь: а) 2,2-диметилпропан; б) *n*-пентан).

Завдання на встановлення структурної формули за властивостями речовини можуть існувати як окремо, так і доповнювати розрахункові задачі. Цей прийом вдало використовується, наприклад, в [31] та олімпіадних завданнях різних рівнів (див. літературу).

5. Встановлення ХФР за комбінованими відомостями про елементи та речовини.

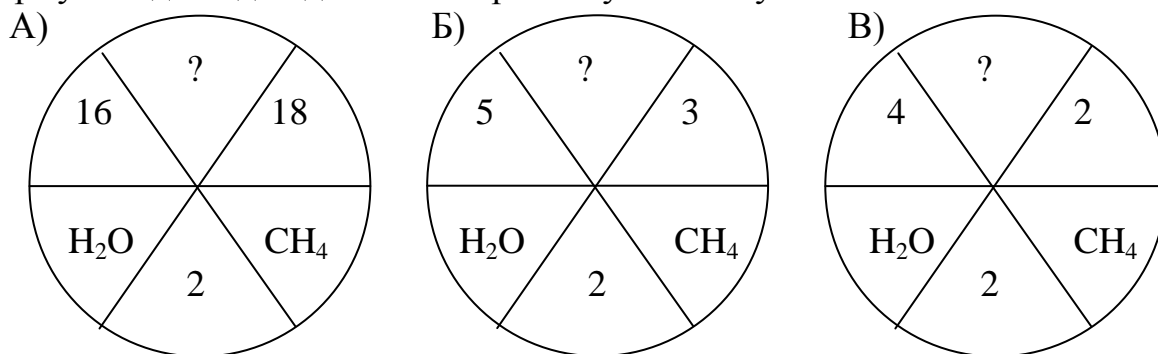
Це широке коло завдань, направлених на конкретизацію понять чи їх встановлення; на порівняння окремих речовин, їх груп та класів; пошук різних класифікаційних ознак, закономірностей; знання властивостей речовин, їх застосування та добування; використання історичних, екологічних та інших цікавих відомостей про речовини та елементи. Завдання цього виду широко використовують як в навчальному процесі, так і позакласних заходах поскільки їх зміст максимально сприятливий для реалізації різноманітних конструкційних схем (рис. 1). Для них характерні як текстові, так і інші форми представлення завдань, а тому і ми видозмінимо традиційну текстову форму.

Приклад 11. Визначте і вкажіть на місці знаків питання невідомі об'єкти (числа та ін.) відповідно до закономірності у кожному колі:



Відповідь: А) 2 (M_r водню); Б) 2 (число атомів в молекулі); В) 2 (число атомів Гідрогену в молекулі).

Приклад 12. Визначте і вкажіть на місці знаків питання невідомі хімічні формули відповідно до закономірності у кожному колі:



Дане завдання обернене до пр. 11 і деякі відповіді стають поліваріантні: А) H_2 ($XФР \Leftrightarrow M_r$); Б) H_2 , N_2 та ін. ($XФР \Leftrightarrow$ число атомів в молекулі);

В) H_2 , H_2S , C_2H_2 та ін. (ХФР \Leftrightarrow число атомів Гідрогену в молекулі).

Приклад 13. Визначте закономірність розміщення ХФР і напишіть пропущені формули: Si, SiO_2 , H_2SiO_3 , P, ..., H_3PO_4 , ..., SO_3 , (Відповідь: закономірність – неметал, кислотний оксид з максимальним ступенем окиснення неметалу, гідрат оксиду або відповідна кислота. Таким чином пропущені ХФР – фосфор(V) оксиду P_2O_5 , сірки S, сульфатної кислоти H_2SO_4).

Приклад 14. У кожному випадку дві речовини мають спільну ознаку, а третя – ні. Визначте спільну ознаку та речовину – “білу ворону”.

Варіант	Речовини	Спільна ознака	“Біла ворона”
1	H_2 , O_2 , H_2O	Прості речовини	H_2O
2	H_2 , O_2 , H_2O	Оксигенвмісні речовини	H_2
3	H_2 , O_2 , H_2O	Гази	H_2O
4	H_2 , O_2 , H_2O	Два атоми в молекулі	H_2O

Приклад 15. Формули хімічних речовин представлені в даному ряді послідовно згідно відповідних символів та індексів. Визначте формули цих речовин та назвіть їх CaH_2SO_3

Приклад 16. З представлених хімічних символів та індексів спробуйте написати хімічні формули речовин, що складаються з 1, 2, 3 та 4 хімічних елементів: $H, S, Ca, O, 2, 3$.

Так звані завдання-теореми не є традиційні в рамках вивчення шкільної хімії і відповідно представлені незначною кількістю публікацій, наприклад, [5-7], хоча, на наш погляд, така форма завдань є досить цікавою і вчить учня доводити, аргументувати свою відповідь. Склад речовини можна як встановлювати, так і доводити реальність існування конкретної речовини. Наступний приклад являє собою складене завдання з історичним змістом, що включає необхідність доведення:

Приклад 17. Доведіть справедливність правила, яке встановив французький хімік Жерар Шарль Фредерік (1816-1856), і згідно якого *сума атомів Гідрогену і Нітрогену в органічних сполуках завжди складає число парне*.

Можливе розв’язування: розглянемо на прикладі алкану C_xH_{2x+2} , в якому у атомів Гідрогену $-H$ замінено на у аміногруп $-NH_2$: $C_xH_{2x+2-y}(NH_2)_y$
 $N(H) + N(N) = 2x + 2 - y + y + 2y = 2x + 2 + 2y = 2(x + 1 + y)$. Отже, отримувана сума є парним числом, оскільки добуток двох чисел, одне з яких є 2, а інше – натуральне число $(x + 1 + y)$, завжди є парним числом. Аналогічне доведення на прикладі нітросполук, амінокислот пропонуємо провести самостійно як читачеві, так і учням.

Наступні завдання з історичним (пр.14) та екологічним (пр.15) змістом.

Приклад 18. Визначте невідому речовину X за такими підказками:

1. Німецький хімік і лікар Іоганн Іоахим Бехер (06.05.1635-10.1682) отримав речовину X при дії сірчаної кислоти на винний спирт. Вчений зазначав, що речовина X подібна до болотного газу, але на відміну від нього горить кіптявим полум’ям і має слабкочасниковий запах.

2. В 1795 р. голандські хіміки Бонд і Ловеренбург, повторили досліди Бехера, отримали газ X і встановили, що він складається з Карбону та Гідрогену.

3. Голандські хіміки Бонд і Ловенберг встановили, що речовина X здатна сполучатися з хлором, утворюючи маслянисту речовину. За цією властивістю вчені назвали газ X “олефіновим”, тобто “маслородним” газом. Сполука “маслородного газу” з хлором отримала назву “масло голандських хіміків”.

Відповідь: X – етилен.

Приклад 19. Речовина X одна з алотропних модифікацій хімічного елемента Y . Об’ємна частка X в повітрі, більша ніж 10^{-8} % викликає сильне подразнення дихальних шляхів, а потім отруєння людини. Дія X на живі організми аналогічна дії радіоактивних променів. Завдяки окисним властивостям X використовують для дезинфекції питної води і повітря. В природних концентраціях, які характерні для морського узбережжя, X має цілющу дію – стимулює дихання, покращує та нормалізує сон і артеріальний тиск. Визначте невідомі X та Y

Відповідь: X – озон, Y – Оксиген.

6. Встановлення ХФР через масові співвідношення хімічних елементів.

Якщо формула невідомої речовини $A_x B_y$, то справедливе відношення

$$m(A) : m(B) = xA_r(A) : yA_r(B). \quad (1)$$

Незначна математична трансформація вихідного рівняння (1) виводить нас на інший шлях встановлення складу речовини, який використаємо в способі 7:

$$x : y = \frac{m(A)}{A_r(A)} : \frac{m(B)}{A_r(B)}. \quad (2)$$

Приклад 20. Визначте ХФР $H_x O_y$ через масові співвідношення складових її елементів $m(H) : m(O) = 1 : 16$. (Відповідь: $H_2 O_2$).

Можливий хід розв’язування:

$$m(H) : m(O) = 1 : 16 = 2 : 32 = (2 \cdot 1) : (2 \cdot 16) = xA_r(H) : yA_r(O) = 2A_r(H) : 2A_r(O).$$

Це типовий приклад, але видозміна завдання (до невідомих величин попадають не тільки коефіцієнти, але й один з елементів) створить умови для творчості при розв’язуванні:

Приклад 21. Визначте ХФР $H_x B_y$ через масові співвідношення складових її елементів $m(H) : m(B) = 1 : 16$. (Відповідь: $H_2 O_2$; $H_2 S$).

Можливий хід розв’язування: спосіб 1 див. приклад 14; спосіб 2:

$$m(H) : m(B) = 1 : 16 = 2 : 32 = (2 \cdot 1) : (1 \cdot 32) = xA_r(H) : yA_r(B) = 2A_r(H) : A_r(S).$$

В даному випадку вже отримуємо дві відповіді. Якщо перейти на сполуки, що містять три елементи, то можливі варіації конструкцій завдань від простих до складних ще більше зростають.

7. Встановлення ХФР за відомими масовими частками складових хімічних елементів

Слід зазначити, що в шкільному курсі хімії це один з найбільш поширених способів, а тому на ньому зупинимось більш детальноше.

На прикладі сполуки $A_x B_y$ масові частки елементів рівні:

$$w(A) = \frac{x \cdot A_r(A)}{M_r(A_x B_y)} = \frac{x \cdot A_r(A)}{x \cdot A_r(A) + y A_r(B)}, \quad (3)$$

$$\text{аналогічно } w(B) = \frac{y \cdot A_r(B)}{M_r(A_x B_y)} = \frac{y \cdot A_r(B)}{x \cdot A_r(A) + y A_r(B)} \quad (4).$$

Пропонований в різних посібниках алгоритмічний варіант встановлення складу речовини за відомими масовими частками елементів можна логічно вивести. Це може бути пояснення вчителя, або завдання для учнів. В наступних задачах це вже буде фактично як підзадача, що усвідомлена учнем і стала не тільки опорним знанням, але і вмінням.

Приклад 22. Покажіть, що для встановлення складу речовини $A_x B_y$, справедливе таке рівняння:

$$x : y = \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)} = \nu(A) : \nu(B) \quad (5).$$

Розв'язування: З рівнянь (3), (4) знаходимо $x = \frac{w(A) \cdot M_r(A_x B_y)}{A_r(A)}$,

аналогічно $y = \frac{w(B) \cdot M_r(A_x B_y)}{A_r(B)}$. Знаходження індексів, таким чином, можливе

за відомими масовими частками елементів та відносною молекулярною масою, або іншими параметрами, які дають змогу розрахувати $w(A)$, $w(B)$ і $M_r(A_x B_y)$. Звідси також інший, найбільш поширений, варіант встановлення складу речовини через співвідношення індексів:

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

Використаємо інше опорне поняття “кількість речовини” і продовжимо перетворення отриманого рівняння. Тоді можемо трансформувати відношення для встановлення складу речовини в іншій формі:

$$\begin{aligned} x : y &= \frac{w(A)}{A_r(A)} : \frac{w(B)}{A_r(B)} = \frac{m(A)}{A_r(A) \cdot m(A_x B_y)} : \frac{m(B)}{A_r(B) \cdot m(A_x B_y)} = \\ &= \frac{m(A)}{A_r(A)} : \frac{m(B)}{A_r(B)} = \frac{m(A)}{M(A)} : \frac{m(B)}{M(B)} = \nu(A) : \nu(B) \end{aligned}$$

На завершальне відношення можна вийти і наступним чином:

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

Отже, традиційна дорога з розв'язування більшості таких задач на встановлення складу речовини зводиться до підзадач на знаходження відношення стехіометричних індексів та молярної маси речовини. Проте можна рухатись і від підзадачі на знаходження молярної маси речовини через відомі масові частки елементів: $x \Leftarrow M \Rightarrow y$.

При конструюванні таких завдань бажано використати результати, що отримані при виконанні тренувальних завдань, метою яких є встановлення ма-

сових часток елементів в речовині чи інших відомостей на основі відомої хімічної формули. Проте, якщо вихідна задача матиме єдину відповідь, то складена на її основі обернена - одну і більше. Для прикладу розглянемо задачу, яка є досить повчальна і приводиться в різних редакціях в деяких задачниках [9].

Приклад 23. Доведіть, що існують сполуки (загальної формули EH_x), які містять 12,5 % Гідрогену за масою.

Розв'язування: формула сполуки EH_x – де x – 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

Проведемо розв'язування іншим способом з використанням масових співвідношень елементів. Для початку переформулюємо умову: прийемо 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 випливають три відповіді: $7 : 1 = A_r(\text{Li}) : A_r(\text{H}); \Rightarrow \text{LiH};$
 $14 : 2 = 28 : 4 = 2A_r(\text{N}) : 4A_r(\text{H}); \Rightarrow \text{N}_2\text{H}_4;$
 $28 : 4 = A_r(\text{Si}) : 4A_r(\text{H}); \Rightarrow \text{SiH}_4.$

Інший спосіб розв'язування з використанням закону еквівалентів (можна реалізувати на факультативних заняттях):

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

далі див. отриману вище таблицю.

При виконанні завдань на встановлення складу речовини особливу увагу необхідно звертати на правильність округлення отримуваних результатів, а при конструюванні доцільно використовувати відносні атомні маси хімічних елементів з точністю до десятих. При такому підході кінцеві результати будуть більш коректні.

Можлива конструкція завдання, що містить інформацію про масові частки елемента чи елементів, проте її недостатньо для встановлення складу речовини. В такому випадку необхідно вводити в зміст завдання явну чи латентну умову, яка використовується в подальшому розв'язуванні (приклад 18.)

Приклад 24. Кислота містить 1,25 % Гідрогену, а також Фосфор(V) та Оксиген. Визначте формулу кислоти.

Розв'язування: позначимо формулу кислоти $\text{H}_x\text{P}_y\text{O}_z$; масові частки Фосфору та Оксигену відповідно $w(\text{P}) = y_1$; $w(\text{O}) = z_1$, або $y_1 + z_1 = 100 - 1,25 = 98,75$.

Якщо прийемо масу речовини за 100 г, то кількість Гідрогену, Фосфору та Оксигену відповідно рівні: $1,25/1=1,25$; $y_1/31$; $z_1/16$ (моль). Виходячи з принципу електронейтральності речовини (латентна частина умови завдання), можемо скласти рівняння: $(+1) \cdot 1,25 + (+5) \cdot y_1/31 + (-2) \cdot y_1/16 = 0$. Рішення обох

рівнянь призводить до встановлення масових часток Фосфору (60,00 %) та Оксигену (38,75 %), а подальше розв'язування стає вже традиційне і отримуємо формулу HPO_3 .

Аналіз дидактичної літератури свідчить, що зміст завдань на встановлення ХФР включають в більшості випадків, як правило, інформацію про масові частки ХЕ та молярну масу невідомої речовини, або параметри, які дають змогу їх встановити, наприклад, продукти згорання, відносна густина тощо. Пропонована схема додатку 1 на прикладі невідомої речовини C_xO_y вказує перелік традиційно використовуваних та інших параметрів, які можуть бути включені в зміст завдань (один із варіантів пр.25) і, таким чином, урізноманітнити навчально-пошукову діяльність учнів та вчителя при їх складанні.

Приклад 25. До складу молекули речовини входить Карбон та Оксиген. Маса Карбону в молекулі речовини рівна $2 \cdot 10^{-23}$ г, що складає 27,27 % маси молекули. Визначте невідому речовину. (Відповідь: вуглекислий газ CO_2).

В даному випадку предметом пошуку при встановленні ХФР стали невідомі індекси елементів Карбону та Оксигену, аналогічну таблицю можна скласти для встановлення невідомих хімічних елементів при відомих індексах.

8. Встановлення ХФР на основі рівнянь хімічних реакцій.

Спектр завдань надзвичайно широкий і вони традиційно поширені в дидактичній літературі. Безперечний шедевр змісту, це одна з олімпіадних задач Чуранова С.С. про знаходження речовини, після згорання якої залишився тільки мокрий пісок (відповідь: силан SiH_4). Частина таких завдань, які виникають на перших етапах вивчення хімії, розглянуті нами в [25].

Розглянемо деякі варіанти якісних завдань (див. табл.) на встановлення ХФР на основі хімічних перетворень:

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

Для конкретного прикладу використаємо таку вихідну інформацію:
 $\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{t^0} \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$; $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0, \text{кат. Pt}} \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
 $\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$; $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3$

Приклад 26 (вихідне завдання). Напишіть у кожному випадку можливі продукти реакції при взаємодії таких речовин:

А) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow$; Б) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0, \text{кат. Pt}}$; В) $\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow$; Г) $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$.

Одне з обернених завдань до (пр. 26) можливе наступне (пр. 27).

Приклад 27. Зазначте умови реакції у кожному випадку:

А) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ Б) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

Якщо ряд хімічних реакцій зв'язані ланцюжком послідовних перетворень, то виникає можливість конструювання наступних завдань (пр. 24, 25).

Приклад 28. Визначте невідомі речовини в наступних перетвореннях та підберіть відповідні коефіцієнти:

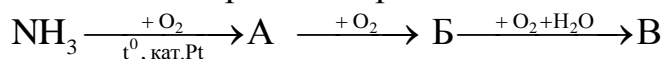
А) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0, \text{кат. Pt}} \text{A} + \text{H}_2\text{O}$; Б) $\text{A} + \text{O}_2 \rightarrow \text{B}$; В) $\text{B} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{B}$.

Поскільки позначення підзавдань та речовин збігаються, доцільно останні позначати, наприклад, пронумерованими цифрами:

А) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0, \text{кат. Pt}} \text{№1} + \text{H}_2\text{O}$; Б) $\text{№1} + \text{O}_2 \rightarrow \text{№2}$; В) $\text{№2} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{№3}$.

Завдання можна представити в полегшеному варіанті, якщо в схему внести відповідні стехіометричні коефіцієнти, або - ускладнити, видозмінивши у формі послідовної схеми перетворень (пр. 26).

Приклад 29. Визначте невідомі речовини в наступних перетвореннях, запишіть відповідні рівняння реакцій:



Такі форми завдань (пр. 26) досить поширені на етапі узагальнення й систематизації вивченого матеріалу в школі, на вступних іспитах з хімії до вищих навчальних закладів. Можна запропонувати серію обернених завдань з практично ідентичним формулюванням до (пр. 26):

Приклад 30. $\text{A} \xrightarrow[t, \text{кат. Pt}]{+\text{O}_2} \text{B} \xrightarrow{+\text{O}_2} \text{B} \xrightarrow{+\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}} \text{HNO}_3$

Приклад 31. $\text{NH}_3 \xrightarrow[\text{умови?}]{+?} \text{NO} \xrightarrow{+?} \text{NO}_2 \xrightarrow{+?} \text{HNO}_3$

Приклад 32. $\text{N}^{-3} \rightarrow \text{N}^{+2} \rightarrow \text{N}^{+4} \rightarrow \text{N}^{+5}$

Предметом пошуку може бути вся ХФР чи окремі невідомі елементи. Більшість завдань по встановленню ХФР на основі рівнянь хімічних реакцій можна розглядати як обернені до вихідних задач при проведенні найпростіших розрахунків і тоді ж їх складати. Аналогічний прийом бажано використовувати і при складанні експериментальних завдань після проведення відповідних дослідів.

Для конкретного прикладу розглянемо ще один варіант такої реалізації, який базується на пропонованих завданнях державної підсумкової атестації для 11 (12)-х класів загальноосвітніх навчальних закладів [Завдання державної підсумкової атестації для 11 (12)-х класів загальноосвітніх навчальних закладів // Інформаційний збірник Міністерства освіти і науки України, 2001.- № 3-4.- С. 5-58].

Проаналізуємо в стилі критичного мислення одну з задач [Задача № 14, с.52] для шкіл (класів) хіміко-біологічного профілю, що пропонується в якості прикладу завдань до білетів з хімії *(дана частина рукопису підготовлена спільно з вчителем-методистом **Староста К.Є.**):

Приклад 33. У результаті спалювання газуватого вуглеводню масою 2,8 г утворилися оксид карбону(IV) масою 8,8 г і водяна пара масою 3,6 г. Відносна густина речовини за воднем становить 28. Визначити молекулярну формулу вуглеводню. (Відповідь: C_4H_8).

Розв'язування: *перший спосіб.*

Міркуємо так: поскільки це вуглеводень (умова задачі), то можлива формула C_xH_y , і для її остаточного встановлення необхідно визначити індекси, тобто x та y . Їх можемо знайти, якщо б ми знали масові частки Карбону та Гідрогену, а щоб знайти останні 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 величин:

$m(C) \rightarrow w(C) \rightarrow m(H) \rightarrow w(H) \rightarrow x, y \rightarrow$ формула речовини, або конкретно:

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) Знаходимо кількість речовини карбон(IV) оксиду:

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

3) Поскільки $v(CO_2) = v(C)$, $v(C) = 0,2$ моль.

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

5) Масова частка Карбону $w(C) = \frac{m(C)}{m(C_xH_y)} = \frac{2,4}{2,8} \approx 0,857.$

6) Знаходимо масову частку Гідрогену:

$w(H) = 1 - w(C) = 1 - 0,857 = 0,143.$ Таким чином, при такому розв'язуванні до надлишкових даних в умові задачі попадає маса води.

7) Знаходимо індекси у формулі невідомої речовини:

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

Отже, молекулярна формула речовини C_4H_8 .

Другий спосіб.

Знову виключимо з даних умови масу води, але оберемо трохи інший напрям розв'язку. Визначимо відношення кількостей речовини елементів Карбону та Гідрогену, що дасть змогу встановити найпростішу формулу речовини, а знаючи її відносну молекулярну масу, - знайдемо істинну формулу.

1)-4) див. перший спосіб.

5) Знаходимо масу Гідрогену в речовині:

$$m(H) = m(C_xH_y) - m(C) = 2,8 \text{ г} - 2,4 \text{ г} = 0,4 \text{ г}.$$

6) Кількість Гідрогену: $v(H) = \frac{m(H)}{M(H)} = \frac{0,4 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль}.$

7) Відношення кількостей речовини елементів Карбону та Гідрогену:
 $v(C) : v(H) = 0,2 : 0,4 = 1 : 2$. Отже, найпростіша формула речовини C_xH_{2x} .

8) Використовуємо отриману найпростішу формулу та знайдене значення M_r :
 $M_r(C_xH_{2x}) = xA_r(C) + 2xA_r(H)$

$$56 = 12x + 2x. \quad \text{Звідки} \quad x = 4; \quad 2x = 8$$

Отже, молекулярна формула речовини C_4H_8 .

Третій спосіб.

Якщо ми виключимо з переліку даних величин масу вихідного вуглеводню, то шлях даного розв'язку трохи видозміниться.

1)-3) див. перший спосіб.

$$4) \text{ Кількість речовини } H_2O: v(H_2O) = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{3,6 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль.}$$

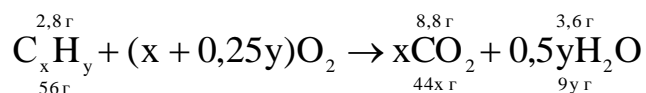
5) Кількість речовини Гідрогену: $v(H) = 2v(H_2O) = 0,4$ моль.

Далі див. 7) та 8) другий спосіб.

Четвертий спосіб.

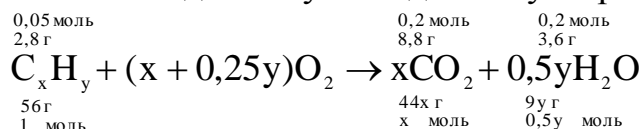
1) див. перший спосіб.

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



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

До ідентичної відповіді можемо прийти з використанням розрахунків кількості речовини вихідного вуглеводню та утворених продуктів реакції:



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

В даному випадку ми використали всі дані згідно умови задачі. Проте можна було знайти тільки один з індексів, а інший знаходити за допомогою відомої відносної молекулярної маси. Таким чином, до надлишкових умов може потрапити інформація про масу води чи масу вуглекислого газу.

П'ятий спосіб.

Використовуючи схему реакції згорання вуглеводню: $C_xH_y \rightarrow xCO_2 + 0,5yH_2O$,

можемо записати таке рівняння: $44x \cdot 3,6 = 8,8 \cdot 9y$, що дає змогу знайти від-

ношення індексів: $x : y = \frac{8,8 \cdot 9}{44 \cdot 3,6} = 0,5 = 1 : 2$, а далі завершення задачі одним із

розглянутих способів. Надлишкова інформація – маса вихідного вуглеводню.

Шостий спосіб.

Якщо виключимо всю дану нам інформацію, за виключенням відомостей про відносну густину речовини за воднем та приналежності її до вуглеводнів, 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: $M_r(C_xH_{2x}) = xA_r(C) + yA_r(H)$, або $56 = 12x + y$. Максимальне число атомів Гідрогену у випадку алканів було б рівне $2x+2$, 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 поскільки індекси можуть набувати тільки позитивні і цілочисленні значення, то $x=4$ (при $x \geq 5$ права частина рівняння в записаній системі більше від лівої, що не може бути). Тоді $y = 56 - 12x = 56 - 12 \cdot 4 = 8$. Молекулярна формула речовини C_4H_8 .

При аналізі задачі можна поставити таке питання: “Чи можна сформулювати умову задачі, щоб чисельні дані не виявились надлишковими?”. В процесі обговорення учні приходять до висновку, що необхідно зняти інформацію, що дана речовина є вуглеводнем. В такому формулюванні “У результаті спалювання речовини масою 2,8 г утворилися тільки...” і т. д. за попереднім текстом всі дані виявляться необхідними для розв'язку. Доповнення “тільки” при такій конструкції досить принципове, поскільки обмежує число хімічних елементів, що можуть входити до складу вихідної речовини. Таким чином, ми провели не тільки розв'язок, але й пошук оптимальних способів розв'язування, конструктивно-критичний аналіз з наступною коректурою тексту. Перелік можливих аналогічних задач, які можемо скласти на знаходження невідомої формули дуже широкий і це також реальні завдання для учнів. Узагальнюючий аналіз розв'язаної задачі (приклад 7) можна завершити постановкою до учнів наступних питань:

- За допомогою яких даних задачі можна встановити відносну молекулярну масу речовини?
- За допомогою яких даних задачі можна встановити молекулярну формулу речовини?
- За допомогою яких даних задачі можна встановити структурну формулу речовини?

Останнє питання лишається відкрите – таких даних нема. Уточнюємо питання: Які відомості дають змогу запропонувати можливі структурні формули речовини? Відповідь: знайдена молекулярна формула речовини - C_4H_8 . В ході наступного обговорення відповіді приходимо до висновку про наявність серії ізомерів: циклоалкани - циклобутан, метилциклопропан; алкени - 1-бутен, цис-2-бутен, транс-2-бутен, 2-метилпропен.

Нами не ставиться мета вимагати від авторів задач чи задачників формулювати зміст задач без надлишкових даних. Скоріше навпаки, конструкція завдань може передбачати, або ні, як недостатні, так і надлишкові

дані, але прилюбій конструкції автору і вчителю бажано направляти учнів не тільки на розв'язування представленого завдання, а і на його осмислений аналіз. Використання такого комплексного підходу, що базується не тільки в розв'язуванні, але і ретельному аналізі наслідків розв'язку, використаних даних, пошуку оптимального змісту за формою та інформаційною насиченістю сприяє всебічному розвитку учня, вчить критично мислити. В цих умовах виконання завдань з хімії стає не самоціллю, а засобом формування творчої мислячої людини.

4. МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ЗАДАЧ З ТЕМИ “СУМІШІ”

Суміші – реальні об'єкти, які нас оточують. В доквітлі та сучасній техніці існують суміші речовин, речовини різного ступеня чистоти, але абсолютно чистих речовин немає. Яскраві приклади: повітря, склад якого вивчається у 8 класі, природний газ і нафта (10 клас); наявність для багатьох хімічних елементів ізотопів, що враховується при встановленні відносної атомної маси елемента (9 кл.); хімічні речовини утворюють чисельні мінерали, які крім основної речовини завжди містять домішки (9-10 кл.); сировина для хімічних виробництв (9-11 кл.). Дидактичне значення вивчення сумішей полягає в тому, що проходить закріплення попередніх і формування нових знань і вмінь, які в свою чергу отримують подальший розвиток при вивченні розчинів, хімічних елементів та їх сполук.

Звужимо коло нашого розгляду, так як “суміші” – це надзвичайно широке поняття і виключимо з нашого аналізу, по-перше, розчини, оскільки поняття “розчин”, як правило, вживають для опису рідкої чи твердої фази, що містить кілька речовин, одну з яких називають розчинником, а інші - розчиненими речовинами; по-друге, - хімічні реакції в сумішах. Варіанти найбільш типових сумішей при конструюванні завдань: суміш двох чи кількох речовин, суміш ізотопів хімічного елемента, суміш речовини та домішок. Зазначені конструкції можуть охоплювати зміст всієї задачі чи її частину, тобто бути складовими комбінованих задач.

Основні опорні поняття та рівняння при складанні та розв'язуванні завдань на дану тематику:

- масова частка речовини **A** в суміші (**A+B**):

$$w(A) = \frac{m(A)}{m(c)} = \frac{m(A)}{m(A) + m(B)}, \quad (1)$$

- об'ємна частка речовини **A** в суміші:

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{V(c)} = \frac{V(A)}{V(A) + V(B)}, \quad (2)$$

- молярна частка речовини **A** в суміші: $\chi(A) = \frac{v(A)}{v(c)} = \frac{v(A)}{v(A) + v(B)}$ (3)

У випадку газової суміші об'ємна частка речовини рівна її молярній частці

$$\varphi(A) = \frac{V(A)}{V(c)} = \frac{v(A) \cdot V_m}{v(c) \cdot V_m} = \frac{v(A)}{v(c)} = \chi(A) \quad (4)$$

Реальна ситуація, коли речовина, наприклад, A_xB_y містить домішки. В такому випадку склад суміші можна задати через масову частку будь-якого елемента цієї речовини. Наприклад, масова частка елемента A в суміші:

$$w_c(A) = \frac{m(A)}{m(A_xB_y) + m(\text{дом})} = \frac{m(A)}{m(c)} = \frac{w_p(A) \cdot m(A_xB_y)}{m(c)} = w_p(A) \cdot w(A_xB_y) \quad (5)$$

де $m(A_xB_y)$, $m(A)$, $m(\text{дом})$ і $m(c)$ - маси речовини A_xB_y , елемента A , домішки та суміші відповідно; $w_c(A)$, $w_p(A)$, $w(A_xB_y)$ – масові частки елемента A в суміші та речовині, масова частка A_xB_y в суміші відповідно.

Деякі способи обчислення молярної маси суміші:

$$M(c) = \sum_{i=1}^n \chi_i M_i = \frac{m(c)}{v(c)} = \frac{\rho(c) \cdot V(c)}{v(c)} = \rho(c) \cdot V_m \quad (6)$$

Можна запропонувати й інші розрахункові формули, але не варто, бо вони є похідними від вже нам знайомих (1-6) і можуть стати основою завдань для використання вивчених понять.

Поскілки найбільш елементарні задачі пов'язані з застосуванням формул (1-4), то тренувальні завдання корисно конструювати в табличній формі (див. табл. 1). Це дає змогу комбінувати завдання за логічним стилем розв'язку (вихідні, аналогічні, обернені), так і за змістом та інформаційною насиченістю використовуваних параметрів (M_c , V , ρ , v , m , V_m , w , φ , χ), що характеризують суміш та її компоненти. Таким чином, отримуємо багатоваріантне завдання на основі серії вихідних (див. далі таблицю на основі деяких розглянутих прикладів). Задавати інформацію про склад суміші можна як в безрозмірних (w , φ , χ), так і в певних одиницях вимірювання (V , v , m), або ж параметрах, що характеризують суміш в цілому (молярна маса M_c , густина ρ_c , відносна густина D). Зрозуміло, що залежно від вихідної інформації виникають різні серії підзадач. Подальшу деталізацію проведемо на прикладі суміші газів. Для початку розглянемо перехід від інформації про компоненти до знаходження параметрів суміші (склад, молярна маса та ін.). Перейдемо до складання та аналізу конкретних прикладів.

Приклад 1. Змішали гази CO (825 л) та CO_2 (175 л). Визначте склад утвореної суміші в об'ємних та масових частках, молярну масу утвореної суміші.

Аналіз задачі: фактично в структурі задачі представлені окремі підзадачі, тобто вона є комбінована. Якщо встановлення складу суміші в об'ємних частках (φ) можна провести відразу, то наступні шукані величини (w , M_c) - тільки шляхом кількох перетворень. В тексті завдання не зазначені умови (тиск, температура), для яких представлені об'єми компонентів суміші, поскілки для любых умов масові та об'ємні співвідношення компонентів в газовій суміші є сталими. В ході переформулювання умови і наступного рішення можна прийняти конкретні н.у. ($V_m=22,4$ л/моль), або використовувати молярний об'єм V_m в загальному виді. Для полегшення сприйняття задачі та її аналізу можна запропонувати наступну схему, в якій результати переформулювання та

розв'язування виділені курсивом. У характеристиці вихідної та кінцевої систем записуємо дані умови та встановлюємо параметри, що характеризують окремі речовини і утворену суміш відповідно. Таким чином, аналіз задачі, її переформулювання поступово переходять в безпосереднє розв'язування:

Кінцева система		Вихідна система		
		V, л	v, моль	m, г
$w(\text{CO}) - ?$ $\varphi(\text{CO}) - ?$ $M(c) - ?$	CO	825	$825/22,4$	$28 \cdot 825/22,4$
	CO ₂	175	$175/22,4$	$44 \cdot 175/22,4$
Сума:		1000	44,64	1375

- $\varphi(\text{CO}) = \frac{825}{825 + 175} = 0,825$; $\varphi(\text{CO}_2) = 1 - 0,825 = 0,175$.
- $m(\text{CO}) = 28 \cdot 825/22,4 \approx 1031$ (г).
- $m(\text{CO}_2) = 44 \cdot 175/22,4 \approx 344$ (г).
- $m(c) = m(\text{CO}) + m(\text{CO}_2) = 1031 + 344 = 1375$ (г).
- $w(\text{CO}) = 1031/1375 = 0,750$; $w(\text{CO}_2) = 1 - 0,750 = 0,250$.
- $M(c) = m(c)/v(c) = 1375/44,64 = 30,8$ (г/моль).

Виділення окремих етапів при розв'язуванні чітко вказує на структуру задачі, що містить окремі підзадачі, а також полегшує її поточний та завершальний аналіз. При бажанні легко знайти також в пр. 1 кількості та масові частки елементів в аналізованій суміші та ряд іншої інформації.

Предметом пошуку при складанні варіантів обернених задач може бути знаходження вихідного об'єму чи маси одного з компонентів, встановлення хімічних формул одного чи обох компонентів та ін.

Приклад 2. В результаті змішування CO (825 л) з певним об'ємом CO₂ отримали газову суміш з масовою часткою CO₂ рівною 0,250 (н. у.). Визначте вихідний об'єм CO₂.

В даному і наступних прикладах опускаємо деталізацію окремих етапів і приводимо тільки схему аналізу та розв'язку:

Кінцева система		Вихідна система		
		V, л	v, моль	m, г
$w(\text{CO}_2) = 0,250$	CO	825	$825/22,4$	$28 \cdot 825/22,4$
	CO ₂	x	$x/22,4$	$44 \cdot x/22,4$
Сума:				$1031 + 1,96x$

Завершальне рівняння: $w(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{CO}) + m(\text{CO}_2)} = \frac{1,96x}{1031 + 1,96x} = 0,250$.

В результаті розв'язування отримуємо: $x = 175$ л.

Зазначена схема в обох прикладах є не тільки інформаційною, але й допоміжною. Учень чітко бачить шукані параметри, взаємозв'язок між ними та умовою задачі, що полегшує наступне розв'язування. В подальшому дана схема сприяє складанню вчителем спільно з учнями можливих аналогічних та обернених задач до вихідної, а отже, більш глибокому розумінню опорних понять, які представлені в змісті задачі. *Позитивний ефект для розуміння, наступного аналізу і розв'язування задачі дає самостійне формулювання учнем умови задачі за запропонованою схемою.*

Проілюструємо взаємозв'язок між способами представлення складу суміші і одночасно складаємо наступну обернену задачу до пр. 1.

Приклад 3. В газовій суміші CO і CO₂ об'ємна частка карбон(II) оксиду рівна 0,825. Визначте масову частку CO в такій суміші.

Якщо ж умову задачі доповнити завданням: запропонуйте можливі об'єми чи маси вихідних компонентів, значення яких би задовільняли умові, то задача стане поліваріантна за відповіддю.

Перший спосіб розв'язування: переформулюємо умову задачі і прийmemo об'єм вихідної суміші за 1000 л. Тоді, $V(\text{CO}) = 825$ л; $V(\text{CO}_2) = 175$ л. Подальший розв'язок див. пр. 1. Відповідь $w(\text{CO}) = 0,750$.

Другий спосіб розв'язування: переформулюємо умову задачі і прийmemo кількість вихідної суміші $\nu(c) = 1$ моль. Поскілки молярна частка рівна об'ємній (латентна частина умови), то $\nu(\text{CO}) = 0,825$ моль; $\nu(\text{CO}_2) = 0,175$ моль. Подальший розв'язок аналогічно пр. 1. Таке переформулювання має істотну перевагу тому, що для суміші газів при $\nu = 1$ моль чисельне значення кількості речовини рівне молярній та об'ємній частці.

Третій спосіб розв'язування: переформулюємо умову задачі і прийmemo кількість речовини вихідної суміші рівну ν моль. В такому випадку $\nu(\text{CO}) = \chi(\text{CO}) \cdot \nu(c) = \varphi(\text{CO}) \cdot \nu(c)$ (моль), аналогічно – $\nu(\text{CO}_2) = \chi(\text{CO}_2) \cdot \nu(c) = \varphi(\text{CO}_2) \cdot \nu(c)$ (моль).

Проведемо розв'язування в загальному виді до завершального етапу:

$$w(\text{CO}) = \frac{m(\text{CO})}{m(\text{CO}) + m(\text{CO}_2)} = \frac{\nu(\text{CO}) \cdot M(\text{CO})}{\nu(\text{CO}) \cdot M(\text{CO}) + \nu(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)} = \frac{\varphi(\text{CO}) \cdot \nu(c) \cdot M(\text{CO})}{\varphi(\text{CO}) \cdot \nu(c) \cdot M(\text{CO}) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot \nu(c) \cdot M(\text{CO}_2)} = \frac{\varphi(\text{CO}) \cdot M(\text{CO})}{\varphi(\text{CO}) \cdot M(\text{CO}) + \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)} \quad (7)$$

Аналіз отриманих результатів (7) свідчить, що переформулювання даної умови на конкретну кількість речовини суміші не впливає на остаточний результат.

Приклад 4. В суміші CO і CO₂ масова частка карбон(II) оксиду рівна 0,750. Визначте об'ємну частку CO в такій суміші.

В даному випадку переформулювання умови доцільно проводити з прийняттям маси суміші рівною 1 г. У цьому випадку масова частка компонента рівна чисельному значенню його маси. Проте можливе розв'язування і в загальному виді:

$$\varphi(\text{CO}) = \chi(\text{CO}) = \frac{v(\text{CO})}{v(\text{CO}) + v(\text{CO}_2)} = \frac{m(\text{CO})/M(\text{CO})}{m(\text{CO})/M(\text{CO}) + m(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2)} =$$

$$= \frac{w(\text{CO})/M(\text{CO})}{w(\text{CO})/M(\text{CO}) + w(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2)} \quad (8)$$

Отримана формула (8) вказує, що при переформулюванні умови можемо приймати любую масу суміші і це не впливає на остаточний результат.

Досить поширені завдання на встановлення молярної маси суміші. В пр. 1 були задані конкретні величини (об'єми) вихідних компонентів. Для знаходження молярної маси суміші розглянемо завдання, які більш важко сприймаються учнями, - коли склад суміші задано в об'ємних чи масових частках.

Приклад 5. 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 прийемо об'єм суміші 1000 л, то отримаємо умову пр. 1, якщо ж прийемо кількість речовини суміші рівну 1 моль, то схема результатів аналізу та розв'язку буде наступна:

Кінцева система		Вихідна система		
		v, моль	M, г/моль	m, г
$v(c) = 1 \text{ моль};$ $\varphi(\text{CO}_2) = 0,175;$ $M(c) - ?$	CO	0,825	28	$0,825 \cdot 28$
	CO ₂	0,175	44	$0,175 \cdot 44$
	Сума:	1		$23,1 + 7,7 = 30,8$

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

До аналогічної відповіді прийдемо, якщо прийемо масу суміші рівну 1 г. Схема результатів наступного аналізу та розв'язку:

Кінцева система		Вихідна система		
		v, моль	M, г/моль	m, г
$m(c) = 1 \text{ г};$ $\varphi(\text{CO}_2) = 0,175;$ $M(c) - ?$	CO	y	28	28y
	CO ₂	x	44	44x
	Сума:	x + y		$28y + 44x = 1$

Отримуємо систему рівнянь:

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

Можливе також розв'язування в загальному виді:

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

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

Таким чином, пропонуємо учням різні шляхи міркувань, що в подальшому узагальненні впливає в один із способів обчислення молярної маси суміші згідно (6).

Аналогічний хід розв'язку можемо використати при внесенні в зміст завдання інформації про масові частки компонентів (приклад 6).

Приклад 6. Визначте молярну масу суміші CO і CO₂, якщо масова частка CO₂ в цій суміші рівна 0,250.

На етапі переформулювання можемо прийняти масу вихідної суміші рівну, наприклад, 1 грам (спосіб 1), або кількість речовини суміші рівну 1 моль (спосіб 2), або – проводимо розв'язування в загальному виді, приймаючи масу суміші рівну $m(c)$ г (спосіб 3). В останньому випадку також є можливість використання допоміжних схем:

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	M, г/моль	v, моль
$m(c);$ $w(\text{CO}_2);$ $M(c) - ?$	CO	$m(c) \cdot w(\text{CO})$	28	$m(c) \cdot w(\text{CO})/28$
	CO ₂	$m(c) \cdot w(\text{CO}_2)$	44	$m(c) \cdot w(\text{CO}_2)/44$
Сума:		$m(c)$		$v(c)$

Остаточна розрахункова формула:

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

$$= \frac{w(\text{CO}) + w(\text{CO}_2)}{w(\text{CO})/M(\text{CO}) + w(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2)} = \frac{1}{[1 - w(\text{CO})]/M(\text{CO}) + w(\text{CO}_2)/M(\text{CO}_2)}$$

З кінцевого виразу стає зрозуміло, що можемо приймати любі конкретні дані, так як це не впливає на остаточну відповідь. Проте необхідно зазначити, що переходити до способу 3 бажано після засвоєння перших двох, поскільки, як правило, вони формують схему логічних конкретних кроків, які узагальнює третій спосіб.

На основі відомостей про молярну масу суміші $M(c)$ можна визначати як кількісний, так і якісний склад суміші.

Приклад 7. Молярна маса газової суміші CO і CO₂ рівна 30,8 г/моль. Визначте склад суміші в об'ємних та масових частках.

Схема результатів наступного аналізу та розв'язку:

Кінцева система	Вихідна система			
		v , моль	M , г/моль	m , г
$M(c)=30,8$ г/моль; $v(c) = 1$ моль; $m(c) = 30,8$ г	CO	x	28	$28x$
	CO ₂	$1-x$	44	$44(1-x)$
	Сума:	1		$28x+44(1-x)=30,8$

Завершальне рівняння: $28x + 44(1 - x) = 30,8$. В результаті розв'язування:

$x = \chi(\text{CO}) = \varphi(\text{CO}) = 0,825$. Знаходження масової частки є елементарною підзадачею, яка вже аналізувалась вище.

Аналіз розв'язування прикладів 3 і 4 та формул (6), (7), (8) свідчить, що можлива конструкція завдання на встановлення хімічної формули речовини (ХФР), яка входить до складу суміші, а точніше встановлення її молярної маси на основі відомостей про склад суміші та речовини за такими відомими параметрами чи їх комбінаціями:

масова і об'ємна частки речовини, молярна маса одної з речовин в суміші, молярна маса суміші, сума або різниця молярних мас речовин тощо.

Приклад 8. Об'ємна частка CO в його суміші з невідомим газом X рівна 0,825. Визначте X, якщо молярна маса даної суміші 30,8 г/моль.

Такі завдання достатньо типові і розв'язування проводимо за допомогою різних переформулювань або за формулою (6).

Проаналізуємо наступне завдання (пр. 9), конструкція якого практично не використовується в збірниках шкільного курсу хімії.

Приклад 9. Об'ємна та масова частки карбон(IV) оксиду в суміші з невідомим газом відповідно рівні 0,175 та 0,250. Визначте невідомий газ.

Перший спосіб розв'язування: скористаємось отриманими формулами (7), або (8) і отримаємо $M(X) = 28$ г/моль. Можливі відповіді: CO; C₂H₄; C₂D₂; N₂; B₂H₆. При бажанні мати кілька варіантів відповіді зміст можна залишити без змін, в іншому випадку, - необхідна додаткова інформація про окремі речовини суміші (наприклад, обидві речовини суміші оксигеновмісні, або містять однаковий якісний склад тощо).

Другий спосіб розв'язування: переформулюємо умову задачі і прийmemo, наприклад, вихідну суміш об'ємом 1000 л за н.у. Схема аналізу та розв'язку аналогічна прикладу 1:

Кінцева система	Вихідна система			
	V , л	v , моль	m , г	
$V(c) = 1000$ л; $w(\text{CO}_2) = 0,250$; $\varphi(\text{CO}_2) = 0,175$	X	825	$825/22,4$	$x \cdot 825/22,4$
	CO ₂	175	$175/22,4$	$44 \cdot 175/22,4$
	Сума:	1000	44,64	$36,83x + 343,75$

Отримуємо рівняння: $0,250 = \frac{343,75}{36,83x + 343,75}$. Звідки $x=28$.

Третій спосіб розв'язування: більш раціонально при переформулюванні умови прийняти кількість речовини суміші рівну 1 моль, або масу суміші рівну 1 г. В першому випадку отримуємо рівняння:

$$0,250 = \frac{44 \cdot 0,175}{44 \cdot 0,175 + 0,825x}, \text{ а в другому } 0,175 = \frac{0,25/44}{0,25/44 + 0,75/x}$$

В процесі подальшого аналізу приходимо до висновку, що можлива конструкція завдання і на встановлення ХФР обох компонентів:

Приклад 10. Визначте невідомі гази **A** і **B** за такими відомостями:

- сума їх молярних мас рівна 72 г/моль;
- в суміші **A** і **B** об'ємна та масова частка речовини **A** відповідно рівні $\varphi(A) = 0,175$; $w(A) = 0,250$.

Перший спосіб розв'язування: приймаємо кількість речовини суміші рівну 1 моль. Схема аналізу та розв'язування:

Кінцева система		Вихідна система		
		ν , моль	M , г/моль	m , г
$\nu(c) = 1 \text{ моль};$ $w(A) = 0,250;$ $\varphi(A) = 0,175$	B	0,825	y	$0,825y$
	A	0,175	x	$0,175x$
	Сума:	1		$0,175x + 0,825y$

Отримаємо остаточну систему рівнянь:
$$\begin{cases} 0,250 = \frac{0,175x}{0,175x + 0,825y} \\ x + y = 72 \end{cases}$$

Другий спосіб розв'язування: приймаємо масу суміші рівною 1 г. Схема аналізу та розв'язування:

Кінцева система		Вихідна система		
		m , г	M , г/моль	ν , моль
$m(c) = 1 \text{ г};$ $w(A) = 0,250;$ $\varphi(A) = 0,175$	B	0,750	y	$0,750/y$
	A	0,250	x	$0,250/x$
	Сума:	1		$0,750/y + 0,250/x$

Отримаємо систему рівнянь:
$$\begin{cases} 0,175 = \frac{0,750/y}{0,750/y + 0,250/x}; & x = 44; y = 28. \\ x + y = 72 \end{cases}$$

Якщо ми використаємо поняття “масова частка елемента в речовині”, “масова частка елемента в суміші”, то зможемо, таким чином, з інших вихідних даних встановити кількісний склад та молярну масу суміші. Але для початку складаємо задачу, якщо вихідна суміш містить такі кількості речовини:

$$v(\text{CO}) = v(\text{C}) = 0,825 \text{ моль}; v(\text{CO}_2) = v(\text{C}) = 0,175 \text{ моль};$$

$v_c(\text{C}) = 0,825 + 0,175 = 1,000 \text{ моль}; m_c(\text{C}) = 1 \cdot 12 = 12 \text{ г}$. Масова частка Карбону в суміші рівна $12/30,8 = 0,39$. Сформулюємо з цих даних можливе завдання:

Приклад 11. Масова частка Карбону в суміші CO і CO₂ рівна 39,0 %. Визначте молярну масу суміші та її склад в об’ємних і масових частках.

Переформулюємо відому інформацію задачі для себе в такій редакції: суміш CO і CO₂ масою 100 г містить 39 г Карбону. На основі аналізу та використання зазначених опорних та інших відомостей складаємо наступну схему:

Кінцева система	Вихідна система			
	m, г	M, г/моль	w _p (C)	m(C), г
$m(c) = 100 \text{ г};$ $w_c(\text{C}) = 0,39;$ $w(\text{CO}) - ?$ $\varphi(\text{CO}) - ?$ $M(c) - ?$	CO	28	$12/28 = 0,43$	$0,43y$
	CO ₂	44	$12/44 = 0,27$	$0,27x$
	Сума: $x + y = 100$			$0,43y + 0,27x = 39$

Отримаємо систему рівнянь:
$$\begin{cases} 0,43y + 0,27x = 39 \\ x + y = 100 \end{cases}$$

Можливі завдання, які не потребують проведення розрахунків (хоча при необхідності їх можна проводити), а тільки логічного мислення.

- Визначте, яка речовина CO чи CO₂ в їх суміші має більшу масову частку, якщо об’ємні частки компонентів однакові.
- Визначте, яка речовина CO чи CO₂ в їх суміші має більшу об’ємну частку, якщо масові частки компонентів однакові.
- Визначте, які можливі значення може набувати молярна маса суміші CO і CO₂.
- Чи залежить молярна маса суміші азоту і карбон(II) оксиду від зміни її складу?

Нами проаналізовані варіанти конструкцій деяких завдань на прикладі однієї конкретної газової суміші. Як зазначено вище, можливі аналогічні завдання, коли компонентами суміші є ізотопи, або речовини, що їх містять; суміші речовин та домішок і т.п. Проте навіть наша вихідна задача може мати ще значну кількість похідних від неї. Аналіз складених завдань – їх конструкцій, змісту, шляхів переформулювання умови, напрямку розв’язку і т.п. тільки сприятиме свідомому використанню поняття “суміші” для проведення різноманітних розрахунків.

5. МЕТОДИКА РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ЗАДАЧ З ТЕМИ “РОЗЧИНИ”

З розрахункових задач шкільного курсу хімії тема “Розчини” входить до переліку найбільш важливих як з точки зору їх практичного значення, так і популярних за чисельними публікаціями в навчально-методичній літературі. Особливість таких задач відносно інших – більша насиченість математикою. В [37, с. 544] відмічено, що знання з курсу математики учні важко переносять на хімічні задачі. Вихід з проблеми: необхідно навчити учнів розуміти хімічні формули та рівняння з якісної та кількісної сторони, тоді математичний апарат прийде в дію. Традиційні підходи базуються в пошуку шляхів, способів, прийомів розв'язання таких розрахункових задач, як правило, виходять на насичення за рівнем сформованих вмій та навичок в учнів. Тому в рамках даної концепції спробуємо зробити наступний крок в методиці навчання при розв'язуванні задач, зробити його разом з учнем по складанню завдань на прикладі цієї теми, що сприяє кращому розумінню нових понять та взаємозв'язків між ними.

Основні опорні поняття та рівняння при складанні та розв'язуванні завдань на дану тематику (на прикладі водного розчину речовини А):

- масова частка – відношення маси речовини до маси розчину:

$$w(A) = m(A)/m(\text{розчину}) = m(A)/(m(A) + m(H_2O))$$

- молярна концентрація – відношення кількості речовини до об'єму розчину:

$$C(A) = \nu(A)/V(\text{розчину})$$

- розчинність або коефіцієнт розчинності (k_s) – маса речовини, що насичує за даних умов розчинник масою 100 г. Для газів розчинність здебільшого представляють по відношенню до розчинника об'ємом 1 л.

- масова концентрація – відношення маси речовини до об'єму розчину:

$$\rho(A) = m(A)/V(\text{розчину})$$

- молярна концентрація еквівалента – відношення кількості речовини еквівалента до об'єму розчину:

$$C(f_{\text{екв}} A) = \nu(f_{\text{екв}} A)/V(\text{розчину})$$

- об'ємна частка речовини – відношення об'єму речовини до об'єму розчину:

$$\varphi(A) = V(A)/V(\text{розчину})$$

- молярна частка речовини – відношення кількості речовини до суми кількостей речовин усіх компонентів розчину (в нашому випадку А і вода):

$$\chi(A) = \nu(A)/\nu(\text{розчину}) = \nu(A)/(\nu(A) + \nu(H_2O))$$

Основні розрахункові формули в рамках чинної програми [14] – перші дві, на яких зосередимо нашу увагу, і поскільки поняття «насичений розчин» також існує в програмі, розглянемо деякі приклади з використанням коефіцієнта розчинності. Основну частину задач будемо аналізувати на прикладі традиційних задач на так зване “змішування”.

***Задачі з використанням поняття
«масова частка розчиненої речовини»***

Приклад 1 (Вихідна задача). Визначте масову частку речовини **A** у розчині, одержаному в результаті її розчинення у воді, якщо їх маси рівні 40 і 160 г відповідно.

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

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A) - ?	Речовина A	40	1	40
	H ₂ O	160	0	0
	Сума:	200		40

Відповідь: $w(A) = 0,2$.

Наступний крок, – *не захоплюємось новими задачами*, а продовжуємо вивчати з різних сторін нашу вихідну, що призводить до появи обернених задач (один з відомих параметрів стає невідомим). Цей пошук, як усі наступні етапи проводимо спільно з учнями і складаємо відповідні схеми. Позитивний ефект розуміння змісту та структури задачі дає формулювання умови задачі іншим учнем за складеною схемою. Дві такі обернені задачі і форми відповідних схем:

Приклад 2. Схема умови та наступного розв'язку:

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A)=0,2	Речовина A	x	1	x
	H ₂ O	160	0	0
	Сума:	160 + x		x

Відповідь: $m(A) = 40$ г.

Приклад 3. Схема умови та наступного розв'язку:

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A)=0,2	Речовина A	40	1	40
	H ₂ O	x	0	0
	Сума:	40 + x		40

Відповідь: $m(H_2O) = 160$ г.

Наступний крок - аналогічні задачі (в даному посібнику ми опускаємо, але не при роботі з учнями) та поступове ускладнення змісту задачі: змішування розчинника і розчину А (приклад 4), розчину А з речовиною А (приклад 5), двох розчинів А (приклад 6). Зміст прикладів 4-6 та обернених завдань можна запропонувати сформулювати учням. Умова та етапи розв'язування прикладів 4-6 представлені наступними схемами:

Приклад 4. Схема умови та наступного розв'язку:

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A) - ?	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;">Розчин А</div> </div>	200	0,2	$0,2 \cdot 200$
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;">H₂O</div> </div>	800	0	0
	Сума:		1000		40

Відповідь: $w(A) = 0,04$.

Приклад 5. Схема умови та наступного розв'язку:

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A) - ?	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;">Речовина А</div> </div>	50	1	50
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;">Розчин А</div> </div>	200	0,2	$0,2 \cdot 200$
	Сума:		250		$50 + 40$

Відповідь: $w(A) = 0,36$.

Приклад 6. Схема умови та наступного розв'язку:

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A) - ?	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;">Розчин₁ А</div> </div>	200	0,2	$0,2 \cdot 200$
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="font-size: 3em; margin-right: 5px;">{</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 5px;">Розчин₂ А</div> </div>	800	0,05	$0,05 \cdot 800$
	Сума:		1000		$40 + 40$

Відповідь: $w(A) = 0,08$.

В рамках такого моделювання перейдемо в загальну форму завдання, тобто коли відсутні конкретні фізичні величини:

Приклад 7. В яких масових співвідношеннях необхідно змішати два розчини речовини А з масами розчинів та масовими частками А відповідно рівними m_1, w_1, m_2, w_2 , щоб у кінцевому розчині масова частка речовини А стала рівна w .

Схема умови та наступного розв'язку при $w_1 > w_2$:

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A) - ?	Розчин ₁ А	m ₁	w ₁	m ₁ · w ₁
	Розчин ₂ А	m ₂	w ₂	m ₂ · w ₂
	Сума: m ₁ + m ₂			m ₁ · w ₁ + m ₂ · w ₂

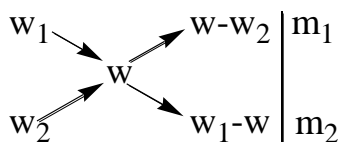
Складаємо рівняння: $m_1 \cdot w_1 + m_2 \cdot w_2 = (m_1 + m_2)w$ і розв'язуємо його:

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

$$m_1(w_1 - w) = m_2(w - w_2);$$

$$\frac{w_1 - w}{w - w_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Останнє рівняння і є основою славного «правила хреста» чи «правила розведення», яке, на жаль, деколи без належного пояснення догматично вводиться на уроках чи факультативних заняттях:



Звертаємо увагу, що *окремі задачі стають підзадачею в рамках більш складних*. Чи можлива інша конструкція? Так, аналіз структури вихідної задачі (приклад 1) дає можливість запропонувати найпростіший варіант однієї з них, коли невідомо, що добавляли до води – речовину А чи її розчин.

Приклад 8. До води масою 160 г добавили речовину А або її розчин невідомої концентрації. Визначте відповідні маси в кожному випадку, якщо масова частка А в утвореному розчині рівна 20 %.

Кінцева система		Вихідна система		
		m, г	w(A)	m(A), г
w(A)=0,2	Речовина А, або розчин А	x	y	xy
	H ₂ O	160	0	0
	Сума: 160 + x			xy

Остаточна система рівнянь:

$$\begin{cases} 0,2 = \frac{xy}{160 + x} \\ 0 < y \leq 1 \end{cases} \text{ . В результаті розв'язування отримуємо } 40 \leq x < 160.$$

Завдання з використанням поняття «молярна концентрація розчиненої речовини»

Приклад 9. Змішали розчин речовини А об'ємом 0,4 л [$C(A)=0,6$ моль/л] та воду об'ємом 0,8 л. Визначте молярну концентрацію речовини А в одержаному розчині.

Кінцева система		Вихідна система		
		V, л	C(A), моль/л	$\nu(A)$, моль
C(A) - ?	Розчин А	0,40	0,6	$0,6 \cdot 0,40$
	H ₂ O	0,80	0	0
	Сума:	1,20		0,24

Відповідь: $C(A) = 0,2$ моль/л. Необхідно зауважити, що при розв'язуванні таких задач в більшості випадків приймаємо густини вихідних та кінцевого розчину однаковими, тобто, в ході змішування кінцевий об'єм розчину завжди рівний сумі вихідних об'ємів.

Аналогічно прикладам 2-8 можемо проводити моделювання задач з використанням поняття «молярна концентрація розчиненої речовини».

Задачі з використанням поняття «коефіцієнта розчинності» і «масова частка розчиненої речовини»

Приклад 10. Визначте масову частку $CuSO_4$ у насиченому розчині при 30 °С, якщо коефіцієнт розчинності (k_s) купрум(II) сульфату у воді при 30 °С рівний 25 г/100 мл.

Є різні підходи до розв'язування задач з використанням поняття «коефіцієнт розчинності». Якщо ж використаємо знайоме вже нам поняття «масова частка», хід розв'язку може мати наступний вид:

1. Маса розчину: $m(p - \text{ну } CuSO_4) = m(CuSO_4) + m(H_2O) = 25 + 100 = 125$ (г).

2. Масова частка купрум(II) сульфату:

$$w(CuSO_4) = m(CuSO_4) / m(p - \text{ну } CuSO_4) = 25 / 125 = 0,2.$$

Для оберненої задачі напрошується знаходження коефіцієнта розчинності за відомою масовою часткою, проте давайте складемо трохи іншу (приклад 11).

Приклад 11. На рис.1 представлений графік залежності коефіцієнту розчинності $CuSO_4$ у воді від температури. Визначте при якій температурі проводили розчинення, якщо масова частка насиченого розчину купрум(II) сульфату рівна 20 %.

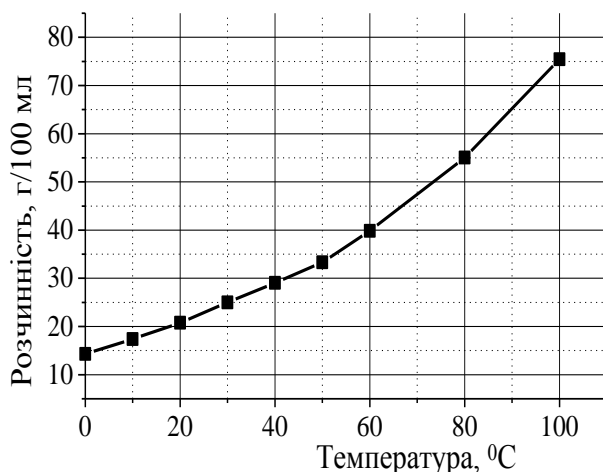


Рис. 1. Залежність розчинності CuSO_4 у воді від температури.

В даному випадку необхідно не тільки здійснити перехід $w \rightarrow k_s$, але й провести роботу з графіком для встановлення переходу $k_s \rightarrow$ температура.

Приклад 12. Коефіцієнт розчинності купрум(II) сульфату у воді при 30°C рівний 25 г/100 мл. Визначте масу води, яку необхідно додати до купрум(II) сульфату масою 40 г, щоб отримати при вказаній температурі насичений розчин. (Відповідь: 160 г).

Якщо перейти від коефіцієнта розчинності до масової частки, то ми виділимо окрему підзадачу (приклад 10) і наступний розв'язок вже елементарний. Таким чином, проводимо часткове переформулювання умови – зміна однієї інформації на іншу і попадаємо в знайомі стереотипи завдань (приклади 1-8). Аналогічно виникають обернені завдання (приклади 13,14).

Приклад 13. Коефіцієнт розчинності купрум(II) сульфату у воді при 30°C рівний 25 г/100 мл. Визначте масу солі, яку необхідно додати до води масою 160 г, щоб отримати при вказаній температурі насичений розчин CuSO_4 . (Відповідь: 40 г).

Приклад 14. При 30°C насичений розчин купрум(II) сульфату отримали шляхом розчинення безводної солі масою 40 г у воді масою 160 г. Визначте коефіцієнт розчинності та масову частку CuSO_4 . (Відповідь: $k_s=25$ г/100 мл; $w=0,2$).

Незначні ускладнення в учнів виникають при розв'язуванні задач на розчинення у воді кристалогідратів. Проведемо модифікацію прикладу 1, - речовиною А буде кристалогідрат:

Приклад 15. У воді масою 160 г розчинили мідний купорос масою 40 г. Визначте масову частку купрум(II) сульфату в одержаному розчині.

Кінцева система	Вихідна система			
	m, г	w(CuSO_4)	m(CuSO_4), г	
w(CuSO_4) - ?	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	40	$160/250=0,64$	$0,64 \cdot 40=25,6$
	H_2O	160	0	0
Сума:		200		25,6

Відповідь: $w(\text{CuSO}_4)=0,128$.

Аналогічна модифікація прикладу 5:

Приклад 16. У розчині купрум(II) сульфату масою 200 г [$w(\text{CuSO}_4)=0,2$] розчинили мідний купорос масою 50 г. Визначте масову частку купрум(II) сульфату в одержаному розчині.

Кінцева система	Вихідна система		
	м, г	$w(\text{CuSO}_4)$	$m(\text{CuSO}_4)$, г
$w(\text{CuSO}_4) - ?$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	50	$160/250=0,64$ $0,64 \cdot 50=32$
	Розчин CuSO_4	200	0,2 $0,2 \cdot 200=40$
Сума:		250	$32+40=72$

Відповідь: $w(\text{CuSO}_4)=0,288$.

Один з варіантів обернених задач до прикладу 15 – встановлення складу невідомої розчиненої речовини.

Приклад 17. При розчиненні у воді масою 160 г кристалогідрату $\text{MeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ масою 40 г отримали розчин з масовою часткою MeSO_4 рівною 12,8 %. Визначте невідому сіль.

Кінцева система	Вихідна система		
	м, г	$w(\text{MeSO}_4)$	$m(\text{MeSO}_4)$, г
$w(\text{MeSO}_4)=0,128$	$\text{MeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	40	$(x+96)/(x+186)$ $40 \cdot (x+96)/(x+186)$
	H_2O	160	0 0
Сума:		200	$40 \cdot (x+96)/(x+186)$

Остаточне рівняння:

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

Відповідь: $x = 64 \Rightarrow \text{Me} \equiv \text{Cu}$, сіль – мідний купорос.

Певні ускладнення викликають в учнів задачі пов'язані з пошуком речовини, яка викристалізується при охолодженні розчинів. Проте в рамках зазначеного підходу, це тільки додатковий варіант можливих комбінацій фізичних величин, між якими необхідно виявити взаємозв'язки.

Приклад 18. Визначте масу кристалогідрату $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, яка випаде в осад при охолодженні насиченого при 80°C розчину CuSO_4 масою 310 г до 30°C . Коефіцієнти розчинності CuSO_4 у воді при 80°C і 30°C відповідно рівні 55 г/100 мл і 25 г/100 мл.

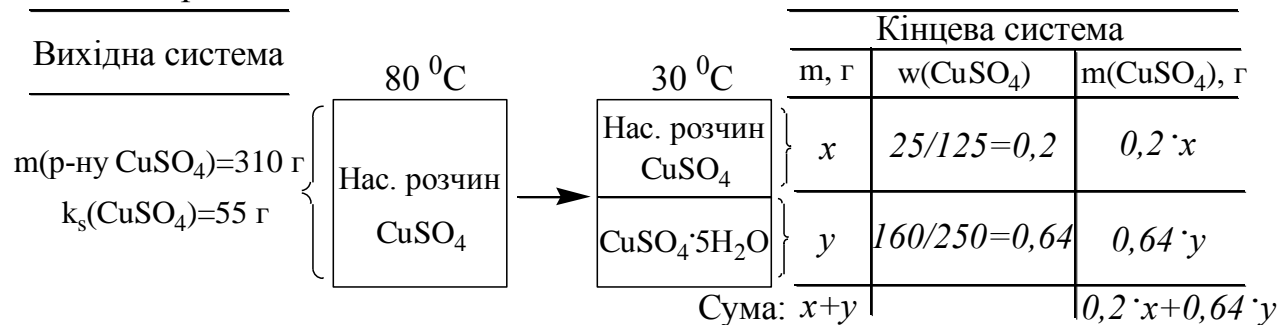
Можливий хід розв'язку:

1. Масова частка купрум(II) сульфату у кінцевому розчині (див. приклад 10).
2. Маса купрум(II) сульфату у вихідному розчині:

$$m(\text{CuSO}_4) = w(\text{CuSO}_4) \cdot m(\text{p} - \text{ну CuSO}_4) = \frac{55}{155} \cdot 310 = 110 \text{ (г)};$$

або: при $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ в насиченому розчині CuSO_4 масою 155 г міститься 55 г CuSO_4 ,
 310 г — $x\text{ г}$.

Все інше представлено на схемі:



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

Безумовно, що спектр можливих завдань не вичерпується представленими, наприклад, корисно встановити взаємозв'язок між масовою часткою та молярною концентрацією речовини та ін., що і зроблено в наступній частині посібника.